

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land Infrastructure Management
No.183 May 2004

平成 15 年度地震防災研究室調査研究成果概要報告書

地震防災研究室

Annual Report of Research Activities, Earthquake Disaster Prevention Division, 2003

Earthquake Disaster Prevention Division

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

平成 15 年度地震防災研究室調査研究成果 概要報告書

日下部毅明
真田 晃宏
上原 浩明
片岡正次郎
長屋 和宏
中尾 吉宏 *1
松本 俊輔
谷屋 秀一 *2

概要

地震防災研究室において平成 15 年度に実施した調査研究の成果をまとめたものである。道路網の地震時リスク評価及び防災対策の評価、リアルタイム災害情報技術の調査、地震動の工学的特性の解明と設計地震動の設定、強震計の点検調査等の調査研究成果の概要、及び学会などでの口頭発表論文及び雑誌などへの投稿論文を含んでいる。

キーワード：地震防災、防災計画、リアルタイム災害情報、設計地震動、地震ハザードマップ、強震観測

*1 現 国土技術政策総合研究所 企画部 研究評価・推進課 課長補佐

*2 現 大阪市役所

Annual Report of Research Activities,
Earthquake Disaster Prevention Division, 2003

Takaaki KUSAKABE

Akihiro SANADA

Hiroaki UEHARA

Shojiro KATAOKA

Kazuhiro NAGAYA

Yoshihiro NAKAO *¹

Shunsuke MATSUMOTO

Hidekazu TANIYA *²

Synopsis

This note is the annual report of research activities of the earthquake disaster prevention division in 2003. This includes researches such as: method of assessment of seismic risk on road networks and evaluation of earthquake disaster countermeasures; research on real-time disaster information technology; investigation into engineering characteristics of earthquake motions and evaluation procedure for seismic design ground motions; maintenance of strong-motion observation sites. In addition, this also includes accepted papers at congresses.

Key Words : earthquake disaster prevention, disaster prevention planning, real-time disaster information, seismic design ground motion, seismic hazard map, strong-motion observation

*¹ Currently, Deputy Head, Research Administration and Evaluation Division, Planning and Research Administration Department, National Institute for Land and Infrastructure Management.

*² Currently, Osaka cityhall.

目 次



調査研究

試験研究費

1. ナウキャスト地震予測の建設分野での活用に関する研究 1
2. 公共土木施設に対する地震防災投資効果に関する研究 2
3. 強震計管理費 3

技術研究開発調査費

4. リアルタイム災害情報システムの開発 5

原子力試験研究費

5. 想定地震の特性を考慮した設計用地震動に関する研究 7

道路事業調査費

6. 道路施設の防災事業の優先度評価手法に関する研究 9
7. 地域別の地震ハザードを考慮した設計地震動に関する研究 11
8. 道路に係る地震被害想定手法に関する研究 13
9. 設計用断層変位の設定手法に関する研究 15

河川総合開発事業調査費

10. 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 17

地方整備局等依頼経費

11. 河川施設の強震計の点検調査 21
12. 地震計ネットワーク情報の活用 22
13. 道路管理における震後対応能力及び道路施設の耐震性を向上させる方策に関する調査... 23
14. 管理施設の地震時における即時震害予測システム整備業務 25

調査研究

試験研究費

ナウキャスト地震情報の建設分野での利活用に関する研究

Study on utilization of Nowcast earthquake information in administration and construction of public works

(研究期間 平成15年度～平成17年度)

危機管理技術研究センター地震防災研究室	室長	日下部 毅明
Research Center for Disaster Risk Management	Head	Takaaki KUSAKABE
Earthquake Disaster Prevention Division	主任研究官	上原 浩明
	Senior Researcher	Hiroaki UEHARA

【研究目的及び経緯】

ナウキャスト地震情報（「緊急地震情報」に名称変更）は巨大地震の発生時に初期微動であるP波を検知して解析・処理し被害が予測される地域に主要動が到達する前に主要動の到達時間、地震規模に関する情報を発表するものであり、広範囲に被害を発生させる巨大地震の減災手段としてナウキャスト地震情報の研究が活発化している。ナウキャスト地震情報は管理者によるコントロールが比較的容易な鉄道やガスサービスの分野で、先駆的な活用が見られる一方、その活用が期待される公共土木施設の管理などの建設分野では、どのような対象にどのように情報提供することで効果が発揮されるか全く未知である。

本研究は緊急時・短時間の情報提供によって受け手を適切な行動に誘導する方法およびナウキャスト地震情報が有効性を発揮する建設分野での対象とその効果を明らかにしようとするものである。

平成15年度においては①建設分野において効果が期待される事象の抽出、事象の想定、問題点の抽出 ② 適用事象における有効な情報伝達手法案の検討 ③ 適用事象における利活用イメージの作成 について実施した。

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
Research Center for Disaster Risk Management
Earthquake Disaster Prevention Division

室長
Head
研究官
Researcher

日下部 毅明
Takaaki KUSAKABE
谷屋 秀一
Hidekazu TANIYA

In this study, a loss valuation method of earthquake disaster is developed to plan effective seismic reinforcement project. A case study is conducted to evaluate cost benefit of earthquake disaster prevention project of road infrastructures. This report shows a result of the case study.

【研究目的及び経緯】

阪神大震災以後、各種耐震設計基準の見直しが進められている。しかし一方で、今日のように厳しい財政状況下では、耐震のみに限りなく投資することはできず、数多くの既存施設が必要な耐震性能を確保するように補強する場合、優先付けが必要となる。本研究では、種々の道路施設が組み合わされたネットワーク特性を考慮し、地震時の経済的損失等を含めた、社会経済的視点から見て可能な限り客観的で、科学的な評価手法を提案する。最終的には、耐震補強優先度の決定、施設の防災投資のアカウントビリティの向上および社会的要請を反映した耐震設計基準の高度化に貢献できることを目的としている。

15 年度は、これまでに提案した地震損失評価手法を更に検討して、公共事業評価と同様に費用便益分析に基づいて妥当性を評価するための客観的・実務的な手法を提案した。また、本手法を用いて、モデル地域の実際のデータを用いたケーススタディーを行い、評価手法の妥当性を検討し、最終成果として取りまとめた。

【研究内容】

過年度の成果である地震の防災投資効果の評価手法を、以下に 2 点に留意して取りまとめた。

- ① 単一道路ではなく、道路網としての通行機能を評価できるように検討した。
- ② なるべく評価精度を落とさず、かつ実務的観点から検討した。

また、本手法の妥当性を検討するために、ケーススタディーを実施した。解析対象は東海地方からモデル地域を選び、その国道及び主要県道のデータに基づいてモデル化したものである。本対象地域は東海地震などの大地震が予想される地域であり、また旧基準(H8 年防災総点検現在)の施設も多いことから、地震時における大規模な直接・間接被害、波及被害の拡大化が危惧されている。

【研究成果】

防災投資効果の評価手法の計算フローは、図-2 に示すとおりである。図-2 に示す順に従いケーススタディーを実施した。本研究における費用便益分析は、耐震補強による防災投資効果を評価することを目的としており、便益及び費用を次のとおりになっている。

- ・ 便益：耐震補強実施により被害減少額(対策効果)
- ・ 費用：耐震補強費+維持管理費

なお、耐震補強対策は、橋脚部分の補強を想定している。また、維持管理費は、国土交通省 道路局 都市・地域整備局の費用便益分析マニュアルを参照し、設定した。

本稿では、モデル地域に被害を与え得る地震を対象としてモデル地域の対象道路の道路施設に耐震補強を実施した場合の費用便益分析結果を示す。図-3 に対象地域の道路ネットワークモデル図を示す。

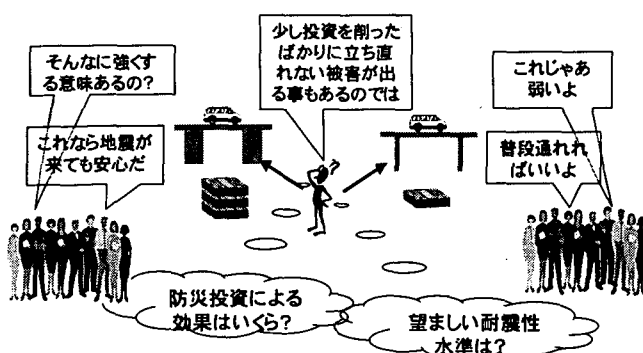


図-1 地震防災投資に対する社会的要請

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
 Research Center for Disaster Risk Management
 Earthquake Disaster Prevention Division

室長
 Head
 主任研究官
 Senior Researcher

日下部 毅明
 Takaaki KUSAKABE
 上原 浩明
 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15年度は高密度強震観測（9地区95観測点）の保守点検及び平成15年1月～平成15年12月に発生した18地震により記録された地震観測記録の回収とデータ処理、松崎地区等で発生した機器の故障の修理等を実施した。また、一般強震観測施設では国総研所有観測施設の保守点検、観測施設及び観測記録データベースの拡充を行った。

観測記録取得地震一覧表¹⁾

発生日時					震央地名	震源				M	最大震度	観測地点												
						北緯	東経	深度	深度			相良	焼津	沼津	松崎	神戸西	神戸東	小田原	幕張・習志野	館山				
月	日	時	分	秒		度	分	度	分	(km)														
3	13	12	12	58	茨城県南部	36	5.2	139	52	47	5.0	4												
4	8	4	17	27	茨城県南部	36	4.1	139	55	47	4.6	3												
5	10	11	45	53	千葉県北西部	35	48.5	140	6.7	70	4.6	3												
5	12	0	57	6	茨城県南部	35	51.9	140	5.3	47	5.3	4	○	○							○	○	○	○
5	12	0	59	17	茨城県南部	35	52.3	140	4.3	50	4.6	3									○	○	○	○
5	17	23	33	11	千葉県北東部	35	44.1	140	39	47	5.3	4									○	○	○	○
5	26	18	24	33	宮城県沖	38	49	141	39	72	7.1	6弱	○	○	○	○					○	○	○	○
7	11	14	23	57	神奈川県西部	35	30	139	5.9	21	4.1	3									○	○	○	○
7	26	7	13	32	宮城県北部	38	24.1	141	10	12	6.4	6強											○	○
8	4	20	57	15	茨城県北部	36	26.3	140	37	58	4.9	4											○	○
8	18	18	59	40	千葉県北西部	35	48	140	6.7	69	4.8	3										○	○	○
9	20	12	54	52	千葉県南部	35	12.9	140	18	70	5.8	4		○	○	○					○	○	○	○
9	30	13	10	0.5	千葉県北西部	35	41.3	140	14	73	4.3	2											○	○
10	8	23	35	12	兵庫県南東部	34	40.8	135	8.4	14	4.2	2								○	○			
10	15	16	30	36	千葉県北西部	35	36.6	140	3.1	74	5.1	4									○	○	○	○
10	31	10	6	31	福島県沖	37	49.7	142	42	33	6.8	4										○	○	○
11	12	17	26	42	東海道沖	33	10.2	137	3.4	398	6.5	4										○	○	○
11	15	3	43	52	茨城県沖	36	25.7	141	10	48	5.8	4											○	○

参考文献

1) 地震・火山月報 気象庁

技術研究開発調査費

リアルタイム災害情報システムの開発

Development of real-time disaster information systems

(研究期間 平成 15～17 年度)

危機管理技術研究センター Research Center for Disaster Risk Management Research Coordinator for Earthquake Disaster Prevention	地震災害研究官	松尾 修 Osamu MATUO
危機管理技術研究センター砂防研究室 Research Center for Disaster Risk Management Erosion and Sediment Control Division	主任研究官 Senior Researcher	国友 優 Masaru KUNITOMO
危機管理技術研究センター水害研究室 Research Center for Disaster Risk Management Flood Disaster Prevention Division	研究官 Researcher	武富 一秀 Kazuhide Takedomi
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	主任研究官 Senior Researcher	真田 晃宏 Akihiro SANADA
高度情報化研究センター情報基盤研究室 Research Center For Advanced Information Technology Information Technology Division	主任研究官 Senior Researcher	中島 淳 Atsushi NAKAJIMA

[研究目的及び経緯]

防災・減災のための対策・対応を効率的に行い、生命や財産の損失を防止するために、迅速な情報の取得と共有、危険度に関する判断、そして国民・地方公共団体への理解しやすい形での情報発信が必要であり、並びに最新の的確な情報に基づいた措置が重要である。

そこで、本研究において、リアルタイムに災害情報を収集、解析、提供できる体制の構築へのリモートセンシング技術・情報処理技術・通信技術などの活用を図ることを目的として研究開発を実施している。

平成 15 年度は、災害情報の組織間共有・統合に関する技術の開発改良について、災害対応業務、特に情報伝達の実情や災害情報システムの運用状況を中心として、課題を整理するとともに、防災担当部局それぞれの果たすべき役割を元に、伝達すべき情報を明確化した。また、施設維持管理等の平常時業務についても分析を行い課題の体系化を行うとともに、災害対応業務及び関連する維持管理業務に必要な情報と機能の全体像を示して論理モデルを作成した。

被災状況の迅速な把握、即時被害予測に関する技術の開発に関しては、災害後の状況把握への航空レーザスキャナデータの活用のための処理・解析過程の時間短縮化方策を検討した。また、データ取得仕様、取得データの処理時間とデータ精度の関係について明らかにするとともに、レーザスキャナを活用し火山活動に伴う地殻変動を計測した上でハザードエリアの見直しを行うリアルタイム火山ハザードマップ作成システムの構築仕様を作成した。さらに、航空レーザスキャナデータを用いた河道解析データ作成手法の開発に関し、水面下の河道断面推定手法を開発した。

原子力試験研究費

想定地震の特性を考慮した設計用地震動に関する研究

Study on Design Ground Motion Considering Characteristics of Scenario Earthquakes

(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
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

日下部 毅明
Takaaki KUSAKABE
片岡 正次郎
Shojiro KATAOKA
松本 俊輔
Shunsuke MATSUMOTO

[研究目的及び経緯]

現在、原子力施設の耐震設計基準では、敷地に重大な影響を及ぼすと考えられる地震を想定して基準地震動を作成し、それをもとに設計用地震動を設定することとされている。しかし、基準地震動はマグニチュードと震央距離のみから作成される場合が多く、想定地震が発生した場合に敷地で生じる地震動の特性が必ずしも十分には反映されていない。このような背景から、本研究は想定地震の特性を取り入れることにより、従来よりも地震動の特性を適切に反映した設計用地震動の設定手法を開発することを目標として実施するものである。15年度は、マグニチュード5以上の中規模及び大規模地震を対象として、加速度震源スペクトルの短周期レベルをパラメータとした地震動強度の評価式を作成した。

道路事業調査費

道路施設の防災事業の優先度評価手法に関する試験調査

Study on Prioritization of Road Components for Disaster Prevention Countermeasures

(研究期間 平成 14～15 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
Head
研究官
Researcher

日下部 毅明
Takaaki KUSAKABE
中尾 吉宏
Yoshihiro Nakao

Loss of certain road components will have a greater impact on the system performance (e.g., post-earthquake traffic flow) than will other components. The present study develops a measurement for prioritizing road components for disaster prevention countermeasures based on their importance and vulnerability.

〔研究目的及び経緯〕

兵庫県南部地震以降、防災総点検結果に基づいて要対策箇所に対する防災対策が進められており、一定の進捗が見られるが、依然として要対策箇所は残されている。また、公共事業の効果を分かりやすいアウトカム指標で説明することが求められており、防災対策事業についても、厳選された要対策箇所に対して合理的な基準で優先順位を付けることにより、アウトカム指標の効率的な向上を図ることが必要とされる。そこで、本研究では、地震災害及び斜面災害の発生可能性や、個々の道路施設の防災上の重要性を考慮し、防災ニーズに関する地域特性も踏まえて防災対策事業の優先度を合理的に評価する手法を開発することを目的とする。

15年度は、道路被災がネットワーク機能に及ぼす影響度に関してのネットワーク解析を多数実施し、ネットワーク機能の観点から道路の防災上の重要性を簡便に評価する方法を提案した。更に、震災対策に関して整理された教訓等に基づいて、道路の重要性評価でネットワーク機能以外に考慮すべき観点について検討を加え、道路の防災上の重要性を様々な観点から総合評価する方法を提案した。

〔研究内容〕

本研究では、被災した場合に道路ネットワーク機能に及ぼす影響が大きい道路区間の特性について検討し、その結果に基づいて、ネットワーク機能の観点から道路の重要性を評価する際に考慮すべき評価項目や項目毎の評価を総合化して重要性を評価する方法を提案した。次に、兵庫県南部地震等で得られた震災対策の教訓や公共事業の進め方等に関する知見に基づき、道路

の防災上の重要性評価にあたって更に考慮すべき評価項目について検討を加え、様々な観点から総合的に道路の防災上の重要性を評価する方法を提案した。

〔研究成果〕

1. ネットワーク機能に着目した重要性評価

被災した場合に道路ネットワーク機能に及ぼす影響が大きい道路区間の特性について検討するため、道路ネットワーク上で交通量や迂回距離等が異なる区間を切断した場合のネットワーク解析を多数実施し、総走行費用の増加と総走行時間の延長に伴って生じる損失額を被災影響度として評価した。解析対象としたのは我が国の特定の県内における主要県道以上の道路ネットワークであり、解析においては平常時の交通（輸送機能）を想定した。ネットワーク解析の結果から、被災影響度と比較的高い相関が認められたのは、切断区間の交通量、第一迂回路の長さ（切断区間長に対する比）、第一迂回路の混雑度（迂回路の交通容量に対する交通量の比）である（以下、これらをまとめて「3諸量」とする）。また、本研究では、ネットワーク形状が異なる場合の被災影響度についても検討するため、上述の実ネットワークモデルに加え、図-1のような典型的なネットワークモデルも対象とした検討を行った。ここで、実モデルと典型モデルでは全体で発生・集中する交通量が異なることにより損失額が大小する影響や、上述の3諸量の大きさがネットワーク毎に異なる影響を取り除くため、損失額及び3諸量のそれぞれについて、ネットワーク毎の最大値で規準化して検討をすることとした。損失額と3諸量の関係を回帰分析した結果を図-2に示す。同図の縦軸は、回帰分析の結果

に基づいて3諸量から区間閉塞の被災影響度を評価した結果（総合評価値）を示している。図-2には、検討対象とした3種類のネットワークの解析結果をまとめて示しているが、規準化した損失額と3諸量には一定の相関が認められる。以上の検討から、切断区間の交通量、第一迂回路の長さ及び混雑度をそれぞれ評価し、回帰分析結果に基づく重み掛けで総合化を施せば、平常時の輸送機能の観点からの道路の防災上の重要性を概ね評価できることが確認された。また、第一迂回路の長さや混雑度については、道路の代替性（リダンダンシー性）を表す評価項目であることから、階層図への反映にあたっては、これらを代替性として1つにまとめ、代替性の評価項目を評価する指標として、第一迂回路の長さや混雑度を位置付けることとした。

更に、本研究では、図-1に示した典型的なネットワークモデルに防災拠点（仮定）を仮定し、閉塞区間を種々の位置に仮定したネットワーク解析を施すことにより、道路の区間閉塞が地震時の輸送機能（緊急活動に係る交通）に及ぼす影響度を評価した。その結果、地震時の輸送機能には、防災拠点へ向かう交通が区間閉塞に伴って迂回する距離（防災拠点へのアクセス性）が大きな影響を及ぼすことが認められた。そこで、地震時の輸送機能の観点から道路の防災上の重要性を評価する場合に考慮する評価項目として、防災拠点へのアクセス性を抽出した。

2. 道路の防災上の重要性評価

ここでは、兵庫県南部地震等によって得られた震災対策に関する教訓等に基づき、道路の防災上の重要性評価にあたってネットワーク機能の観点から更に考慮する必要がある評価項目の有無や、ネットワーク機能以外の観点から考慮すべき評価項目について検討した。検討では、評価項目毎の評価に必要なデータの入手容易性や評価の簡便性に配慮するとともに、重複する評価項目が抽出されないようにした。ただし、定量評価がしにくい評価項目であっても、道路の重要性評価に考慮することが不可欠な場合が想定される評価項目もあり、防災担当者が状況に応じた評価を設定することもできるため、そのような評価項目についても、道路の防災上の重要性評価に考慮すべき項目として階層図に整理した。

3. 重要性評価の階層図と評価項目

1. 及び2. の検討により提案した階層図と評価項目を図-3に示す。道路は、日常生活及び経済活動を支える重要な社会基盤であると同時に、災害時の緊急活動・復旧活動を支援する役割があり、階層図では「平常時の輸送機能」と「地震時の輸送機能」を取り入れている。地震時は平常時に比べ防災拠点とその他の地

域を結ぶ交通の確保が重要であり、ネットワーク解析の結果も参考にして、防災拠点へのアクセス性を評価項目として取り入れた。また、緊急活動が速やかに行えない場合には時間経過とともに効果が減少することにも配慮し、階層図には早期啓開への影響度が取り入れている。更に、公共事業は限られた予算の中で効率的・効果的に実施していくことが求められているため、事業の効率性を大項目に位置付け、他事業との関連で震災対策が優先的に実施される場合があること等を反映した。公共施設には、歴史的価値、ランドマーク的な存在等、多種多様な価値観が求められることがあり、階層図には橋固有の価値も取り入れた。図-3の階層図を構成する評価項目について、アンケート調査により一対比較（AHP）すれば、評価項目毎の重みを算定でき、それぞれの項目の評価を重み掛け総合化して防災上の重要性を種々の観点から総合的に評価できる。

【施工性】や【他事業との関連性】については特に画一的な評価の方法が提案できるものではないが、防災担当者が状況に応じて評価の方法を適切に設定すれば、これらの項目も考慮した道路の重要性の評価をすることができる。

【成果の活用】

本研究により開発された道路施設の防災上の重要性評価手法は、震災対策事業の効率化を支援する事業優先度の評価に活用されることが期待される。

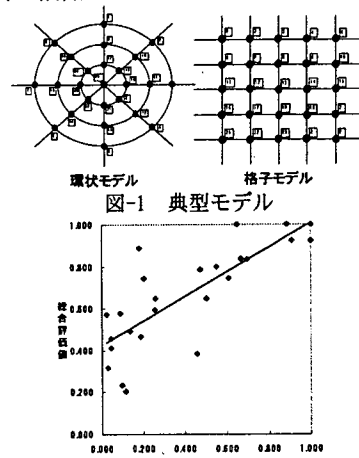


図-1 典型モデル

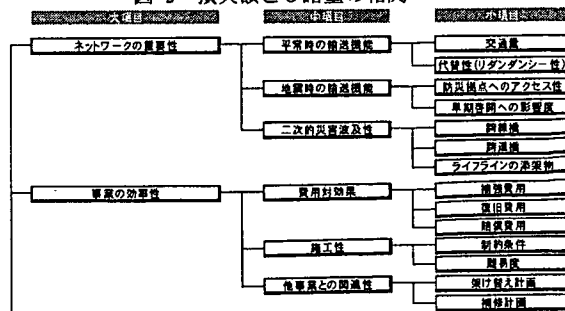


図-2 損失額と3諸量の相関

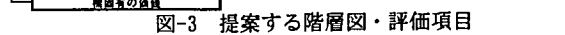


図-3 提案する階層図・評価項目

地域別の地震ハザードを考慮した設計地震動に関する研究

Study on Earthquake Design Motion Based on Regional Seismic Hazard

(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
Head
研究官
Researcher

日下部 毅明
Takaaki KUSAKABE
中尾 吉宏
Yoshihiro Nakao

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

〔研究目的及び経緯〕

過去の地震記録に基づく地震ハザードマップが、従来、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、過去の地震記録に基づいて評価される地震ハザードは、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。そこで、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評価される地震ハザードに基づいて地域毎の設計地震動を適正化する必要がある。地域毎の設計地震動が適正化されることにより、必要な耐震安全性の確保と耐震対策コストの合理化を期待することができる。

本研究は、活断層やプレート境界地震等に関する最新の知見を考慮して評価される地震ハザードに基づき、地域毎の設計地震動を合理的に設定する手法を開発することを目的とするものであり、研究成果により、各種構造物の耐震設計で考慮される地域毎の設計地震動が適正化される。

15年度は、活断層などに起因する内陸地震の震源近傍において評価される地震ハザードが設計地震動の設定に及ぼす影響が大きいことから、震源近傍に適用可能な地震動の距離減衰式を導出した。

〔研究内容〕

本研究では、過去に発生した比較的規模の大きな内陸地震及び海溝性地震（プレート境界地震及びスラブ内地震）について、地盤種別¹⁾毎の地震動の距離減衰特性を検討し、その結果に基づいて、地震動の最大振幅、加速度応答スペクトル及びS I値の距離減衰式を

提案した。距離減衰式の提案にあたっては、地震のタイプ別に確認された地震動の距離減衰特性を考慮した。内陸地震については、近年、震源近傍において非常に強い地震動の実測記録が蓄積されつつあり、震源近傍においても適用可能な距離減衰式が提案された。

〔研究成果〕

1. データセット

強震記録としては、観測地点の地盤種別が分類可能な以下の機関により観測された記録を解析対象とした。

土木研究所/北海道開発局/防災科学技術研究所 (K-NET、KiK-net) /電力中央防災研究所/東京電力電力共通研究/横浜市/建築研究所 (仙台高密度地震観測) /建築学会 (千葉県東方沖地震記録集) /建築学会 (兵庫県南部地震記録集)

上記のうち、距離減衰式の導出に反映したのは、我が国周辺の北緯 30～45° の地域において深さ 120km 以浅で発生し、且つ、地震モーメント等が特定されている地震によって地表面で観測された加速度波形の水平成分記録である。海溝性地震による地震動については、火山フロント通過前後で距離減衰特性が異なることが指摘されており、火山フロント通過前後の地震動の強震記録を同一のデータセットに含めて距離減衰特性を検討することはできない。そこで、本検討では、火山フロント通過前の強い地震動の強震記録を解析対象とするため、強震記録を以下の3種類のデータセットに分類し、それぞれのデータセットを用いた場合の距離減衰式を導出した。

- ・東日本データセット (太平洋プレート)
- ・西日本データセット (フィリピン海プレート)

・北日本データセット (日本海東縁)

ここで、() は地震の発生位置を示している。また、それぞれのデータセットの観測点を図-1 に示す。距離減衰式の導出では、上記3種類のデータセットとともに、内陸地震による地震動の強震記録のデータセットを考慮した。東日本及び西日本データセットにはMw5.5以上の地震の強震記録を整理しており、内陸地震データセットと北日本データセットについては、地震記録が少ないことに配慮して、Mw5以上の地震の強震記録を整理している。それぞれのデータセットに含まれる地震数は表-1 に示す通りであり、解析対象とした地震総数は186個、観測点総数は1,263点、波形総数は10,626波である。

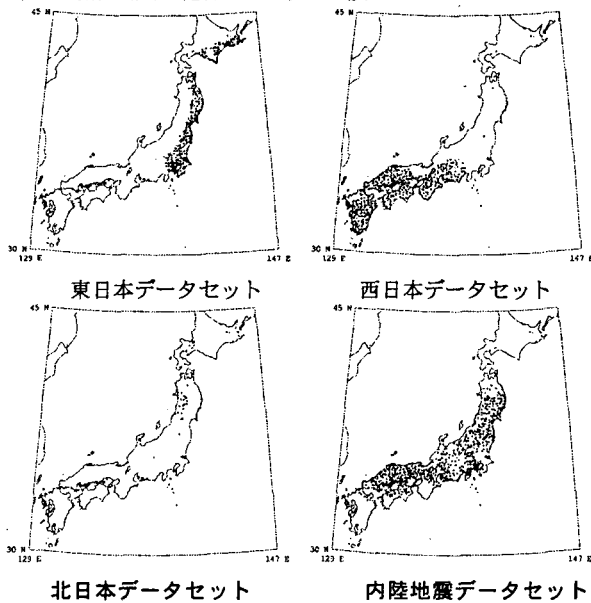


図-1 データセット毎の観測点
表-1 データセット

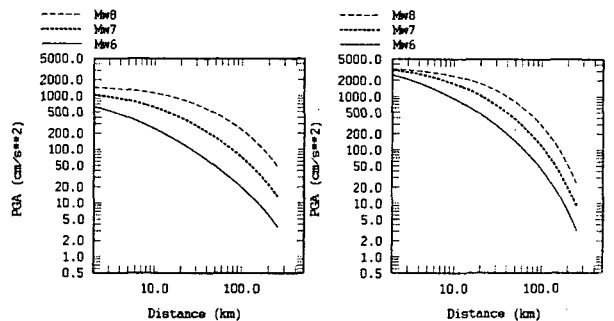
地震のタイプ	海溝性地震			内陸地震	合計
	東日本	西日本	日本海東縁		
地震数	122	14	8	42	186
観測点数	510	456	46	835	1,263
波形数	4,124	1,710	130	4,662	10,626

2. 地震動の距離減衰式

1. に示した合計4種類のデータセットを用いて地震動の最大振幅、減衰定数5%の加速度応答スペクトル及びS I値の距離減衰式を導出した。地震動の最大振幅としては、水平2成分の時刻歴波形を合成した波形の最大値として定義される最大加速度及び最大速度を用いた。加速度応答スペクトルとしては、水平2成分それぞれの時刻歴波形に対して減衰定数5%の加速度応答波形を計算し、その結果を水平面内で合成した波形の最大値を用いている。また、S I値は、水平2成分の時刻歴波形に対する減衰定数20%の速度応答波形を水平面内で合成した波形を作成し、その最大値

を使って描かれた速度応答スペクトルから算定されるものである。距離減衰式は、ダミー変数を用いた二段階回帰分析で導出した。

距離減衰式の導出例として、内陸地震データセットと西日本データセット(海溝性地震)を用いて導出したI種地盤の最大加速度の距離減衰式を図-2 に示す。同図(a)から、導出した内陸地震による地震動の距離減衰式では、Mw7に対して震源近傍で1,000cm²/sec程度の最大加速度が得られている。これは、概ね同程度の規模の内陸地震として、鳥取県西部地震により震源近傍(日野)で観測された1,109gal(水平2成分合成の最大値)と同レベルの地震動強度を与えるものである。震源近傍において実測された非常に強い地震動の強震記録の数は依然として限定されているが、導出された地震動の距離減衰式は、震源近傍における実測の地震動レベルを概ね捉えたものである。また、同図から、海溝性地震と比べて内陸地震の地震動の最大加速度は、距離減衰が小さいことが認められる。このような傾向は内陸地震とその他の海溝性地震(北日本及び東日本データセット)との比較においても認められた。従来、地震動の距離減衰特性の評価にあたっては、内陸地震と海溝性地震が区別されることはなかったが、本検討より、内陸地震による地震動は海溝性地震と異なる減衰特性を有することが認められ、距離減衰式の導出に反映された。



(a) 内陸地震 (b) 海溝性地震(西日本)
図-2 距離減衰式

【成果の発表】

- ①中尾、日下部、村越、田村、確率論的な地震ハザードマップの作成手法、国土技術政策総合研究所研究報告、2003/②中尾、日下部：地震活動域の設定が地震危険度解析に及ぼす影響に関する検討、第27回地震工学研究発表会、2003

【成果の活用】

本研究により提案された地震動の距離減衰式は、地域毎の地震ハザードの評価にあたって重要となる断層近傍の地震動評価や、土木構造物の被害想定に不可欠な想定地震による地震動予測に活用することができる。

【参考文献】1)日本道路協会、道路橋示方書・同解説V耐震設計編、H14

道路に係る地震被害想定手法に関する研究

Study on a Procedure for Evaluation of Earthquake Damage to Road Facilities

(研究期間 平成 15～17 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

Damage evaluation of scenario earthquakes is essential to take effective disaster mitigation measures. In this study, fundamental researches on vulnerability function of road facilities and amplification of ground motion are carried out to propose a procedure for evaluation of earthquake damage to road facilities.

〔研究目的及び経緯〕

東海地震等の切迫性が指摘される中、限られた予算の中での効率的・効果的な地震対策の推進が課題となっている。地震による地域の災害危険度を踏まえた計画的な災害予防と、災害直後での現場における迅速かつ効果的な対処のためには、発生が予想される地震による被害の様相を予め把握しておくことが必要不可欠である。本研究では、表層地盤の増幅特性を考慮した地震動の推定手法および地震力に対する道路施設毎の被害程度を評価する手法を開発し、道路施設の被害想定手法を開発することを目的としている。15年度は、道路施設の被害関数の作成に必要となる既往の地震による被害事例を調査・整理するとともに、表層地盤の地震動増幅特性の評価手法について基礎的な検討を行った。

〔研究内容〕

1.道路施設の被災事例調査

本項目では、過去の地震によって生じた道路施設の被害とその程度を調査・整理するとともに、被災地点で生じたと考えられる地震動の強さを推定した。具体的には以下の通りである。

①既往の地震被害調査報告書からの被災事例抽出

地震による土木施設の被害の抽出については、既往地震の被害報告書を参考とした整理とりまとめにより実施した。本研究での調査対象施設は、橋梁、斜面、盛土とした。調査対象の地震としては、関東地震以降

に発生した、土木施設被害が報告された地震とした。なお、文献調査の後に行った被害の類型化については、文献からの被災状況判断が難しく被害関数の策定に用いることが困難な情報もあったが、ここでは過去の地震による土木施設被害の網羅的な資料作成も目的の一つとして、関東地震以後の地震を対象とした。

②抽出した被災事例の被災程度・形態の類型化

文献から抽出した被災施設については、各施設の被災程度、被災形態により類型化を実施した。被災程度の類型化に当たっては、道路震災対策便覧の分類を基本とした。

③被災地点における地震動の推定

被災事例の抽出結果をふまえ、被災地点における当該地震での地震動強さの推定を行った。地震動強さの指標は、震度(計測震度)、最大加速度、SI値とし、距離減衰式及び微地形分類による表層地盤の増幅率を組み合わせて地表面における地震動強さを推定した。

2.表層地盤の地震動増幅特性

本項目では、被害想定でよく用いられている、地下30mの平均S波速度(AVS30)による地盤の増幅率推定式について、1987年千葉県東方沖地震と1995年兵庫県南部地震の強震記録の分析結果を比較することにより検証を行った。まずそれぞれの地震で得られた強震記録から距離減衰式を作成し、観測値と距離減衰式による推定値との比をとることにより、その観測点における地盤増幅率を算定した。次に、観測点での地盤

構造から得られる AVS30 と得られた地盤増幅率との関係を調べた。

【研究成果】

1. 道路施設の被災事例調査

例として、過去に被災した道路施設の数とその地点での最大加速度の推定値との関係を図-1に示す。図の(a)は道路盛土、(b)は道路斜面の関係であり、被災度を A (大被害)、B (中被害)、C (小被害) として、ある被災度以上に被災した施設の数を示している。これらの図によれば、地震動強さがあまり大きくないと推定される箇所でも A ランク以上の被害が生じている事例があることが分かる。したがって、より精度のよい被害想定のためには、個々の道路施設の特性を考慮した上で被災度判定を行う必要がある。また、大半の被害は 300gal 以下の最大加速度で発生しており、より強い地震動が推定された場合についてはデータが豊富でないため、実験や数値解析の結果等もふまえて被害関数を作成する必要がある。

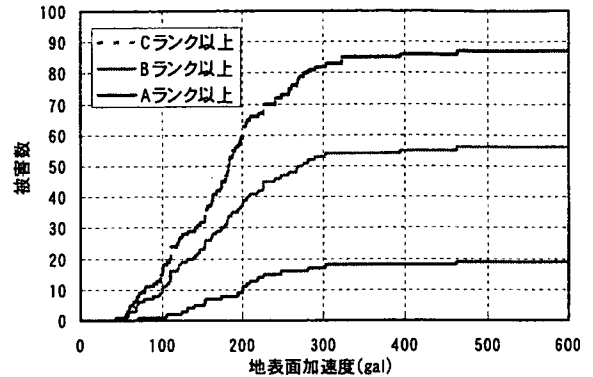
2. 表層地盤の地震動増幅特性

地盤増幅率と AVS30 との関係を図-2に示す。図の(a)と(b)はそれぞれ千葉県東方沖地震と兵庫県南部地震についての関係を示したものであり、増幅率と AVS30 の関係を表す回帰式も示した。この図より、両者とも AVS30 が大きい、すなわち地盤が堅いほど増幅率が小さいという既往の研究と一致する傾向が見られることが分かる。しかし、2つの地震について調べた結果は異なっており、図(b)の方が回帰式の傾きがやや大きく、また回帰式からのばらつきが非常に大きくなっている。このことから、従来よく用いられている AVS30 のみをパラメータとした地盤増幅率の推定式は適用範囲が限定されるものと考えられる。今後精度を向上させるためには、他の地震の事例も含め、地形や地質、地震規模、震源距離等のパラメータを加えた

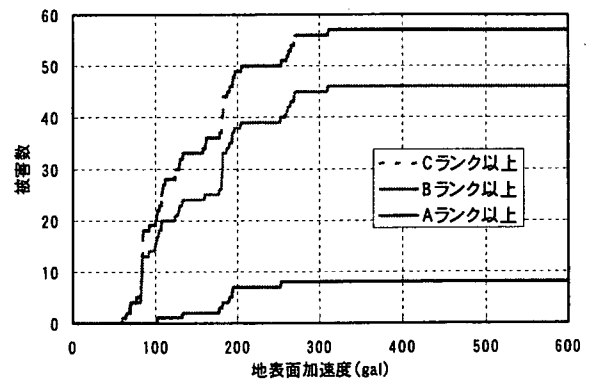
場合についても調査する必要がある。

【成果の活用】

本研究で調査した被災事例は、今後、各施設(橋梁、盛土、斜面)について被災確率と地震動強さの関係として取りまとめ、被害関数を作成する。この被害関数は被害想定手法及び即時震害予測システムに反映させ実用化する予定である。

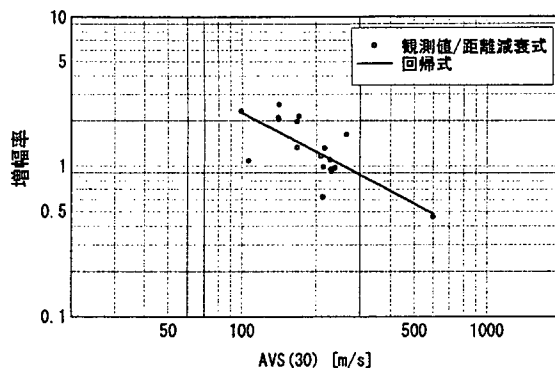


(a) 道路盛土

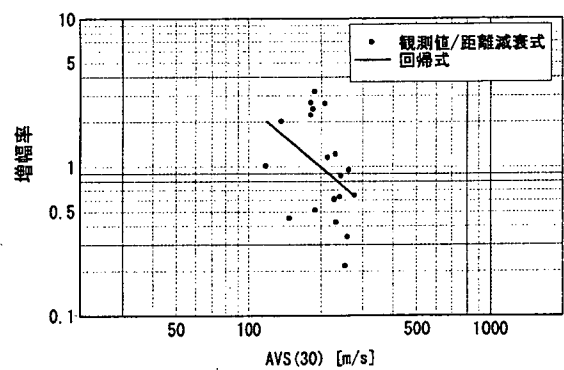


(b) 道路斜面

図-1 道路施設の被害数と地面加速度の関係



(a) 1987年千葉県東方沖地震



(b) 1995年兵庫県南部地震

図-2 AVS30による最大速度の増幅率の評価

設計用断層変位の設定手法に関する研究

Study on Formulation of Design Fault Displacement

(研究期間 平成 15～17 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

Surface fault rupture has caused severe damage to public works such as road bridges. In this study, surface fault rupture due to the past inland earthquakes in Japan is investigated. The relation between the percentage of identifying the surface fault and earthquake magnitude, and the relation between the fault displacement and distance from active faults are demonstrated.

【研究目的及び経緯】

近年トルコ、台湾で発生した地震では、地震断層が出現し、地表面に断層変位が生じたことによる道路橋等の被害が顕著であった。このような断層変位に対する合理的な設計法及び対策について検討を行うことが重要であるが、その際、将来発生する地震の地表面における断層変位の予測を行い、その予測結果に基づいて設計用断層変位を設定する必要がある。本研究は、従来設計法が明確に規定されていない断層変位に対する耐震安全性の確保に資するために、設計用断層変位の設定手法を開発することを目的としている。15年度は、過去の地震の際に発生した断層変位に関する既存の調査結果等を収集・整理することにより、地表に断層変位が出現する地震規模ならびに断層変位が出現する可能性の高い範囲を明らかにした。

【研究内容】

まず、地表に断層変位が出現する地震の規模を調査した。このとき、地震の規模を表す指標として、従来用いられている気象庁マグニチュード(Mj)に加え、モーメントマグニチュード(Mw)についても調べた。

また、地表に断層変位が出現した地震について、その規模と最大変位量の関係を調べることにより、特に注意が必要な地震規模を明らかにした。

位置が明らかな断層変位の調査地点については、その地点から最も近い活断層までの距離と変位量との関係を整理することにより、活断層からどの程度離れた位置まで断層変位の出現する可能性があるかを明らかにするとともに、活断層から離れた位置に断層変位が出現させる地震の特徴を示した。

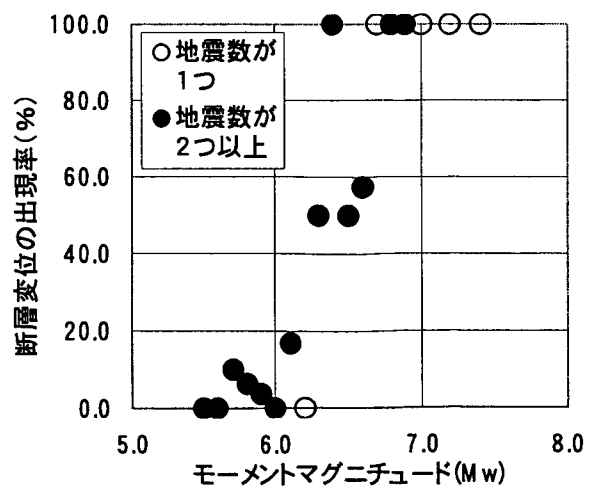
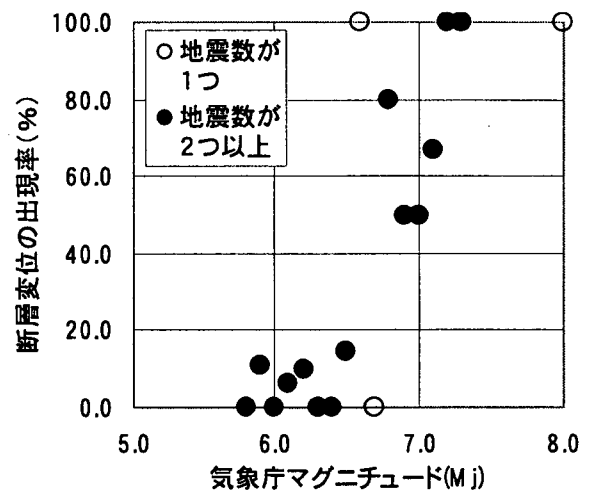


図-1 地震規模別の地表地震断層出現率

【研究成果】

図-1に地震規模別の断層変位の出現率を示すが、地震規模が大きくなるほど出現率が高くなる傾向が明らかである。その傾向は地震規模の指標としてMwを用いた場合の方がより明瞭であり、特にMwが6.7以上の9地震では全て断層変位が出現している。また、Mwが6.3以上の地震については断層変位の出現率が高いことが読み取れる。

図-2は断層変位が出現した地震のMwと最大の断層変位量Dmaxの関係を示したものである。Mwが大きいくほどDmaxも大きくなる傾向がある。横ずれ断層のMwとDmaxの回帰式は

$$\log D_{max} = 1.07M_w - 5.14 \quad (R^2=0.82)$$

となる。逆断層の地震についてはこの回帰式からやや外れているが、事例が少ないため今後さらに検討が必要である。また、過去にはMwが6.6以上の地震で100cm以上の断層変位が出現していることが分かる。

図-3は、位置が明らかな断層変位の調査地点について、その地点から最も近い活断層までの距離と変位量との関係を示したものである。活断層から150m以上離れて200cmを超える変位量を示した地震は、最も規模が大きな濃尾地震(Mj=8.0、Mw=7.4)のみである。また、200m以上離れて100cmを超える変位量を示したのは、濃尾、北伊豆、北丹後、三河の各地震であるが、このうち三河地震は断層面が低角(傾斜角30度)であり、北伊豆地震と北丹後地震では活断層の末端近

くで活断層から枝分かれするように地震断層が出現している。以上から、濃尾地震のように特別に規模が大きい地震、断層面が低角の地震、または活断層の末端近くでは、事前に把握されている活断層の位置から離れた位置でもやや大きな断層変位が出現する可能性がある。ただし、その他の場合には、大きな断層変位が出現する範囲は活断層から150m程度以内である可能性が高いと考えられる。

【成果の活用】

本研究の成果は、土木施設の計画・設計にあたり、断層変位の影響に特に注意すべき地点を把握するための基礎的な資料とすることができる。

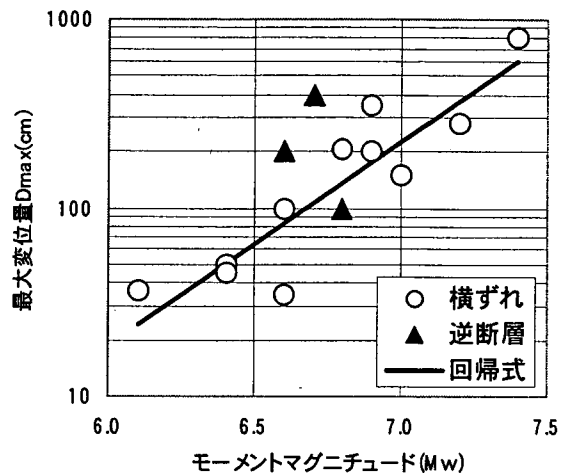


図-2 地震規模と地表の最大変位量との関係

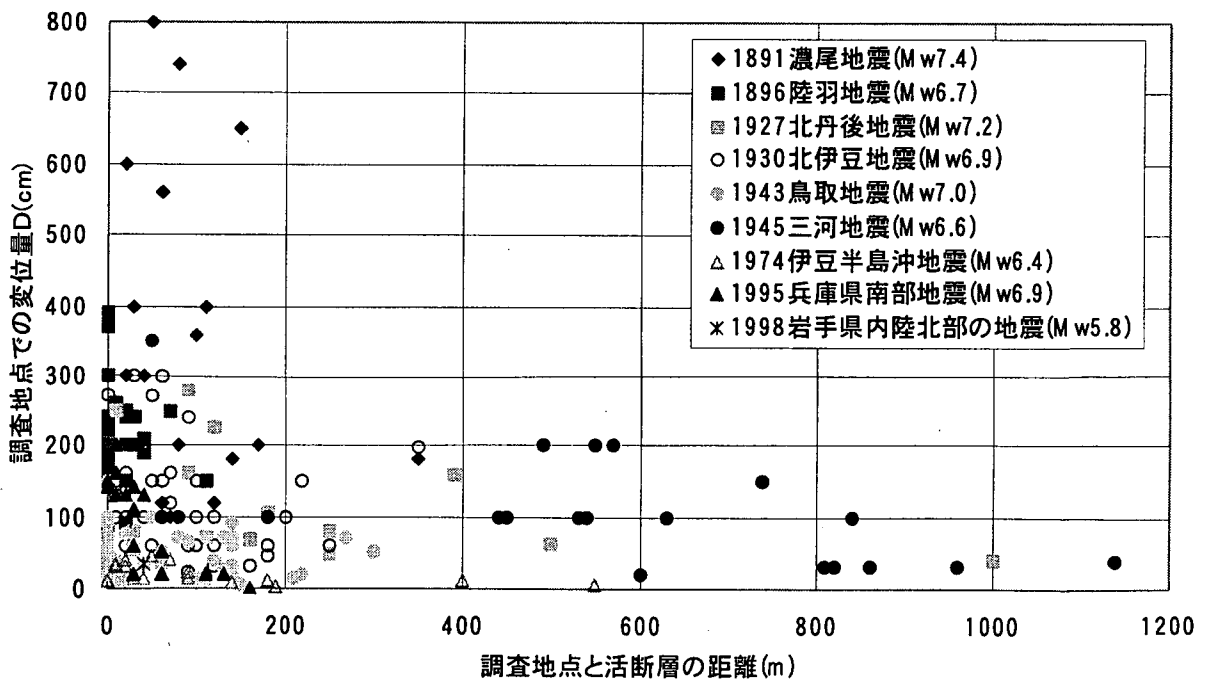


図-3 調査地点における断層変位量と活断層からの距離との関係

河川総合開発事業調査費

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

危機管理技術研究センター地震防災研究室

室長 日下部 毅明

主任研究官 片岡 正次郎

研究官 松本 俊輔

(調査期間 平成12～16)

1 調査の背景および目的

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。

15年度は、兵庫県南部地震(1995)や十勝沖地震(2003)の際にダムサイト岩盤で観測された強震記録を基に、強震記録の加速度応答スペクトルと基準となる加速度応答スペクトルが一致するように振幅調整し、位相特性の異なる複数の入力地震動を作成した。また、作成した入力地震動によりロックフィルダムの動的解析を行い入力地震動の位相特性の違いがダム構造物の地震時挙動に与える影響について検討した。

2 調査方法

2.1 入力地震動の設定

動的応答解析に用いる入力地震動の作成に

あたっては、以下のように振幅特性と位相特性の設定を行った。

入力地震動の振幅特性として、図-1に示すとおり周期0.1秒から0.7秒までの最大加速度応答値が1000galとなる加速度応答スペクトルを設定した。これは、距離減衰式より推定したM8の地震が発生した場合の震源距離10kmのダムサイト岩盤における地震動の加速度応答スペクトル値を参考としたものである。

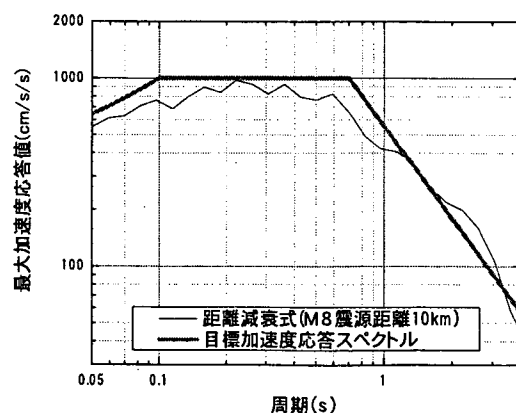
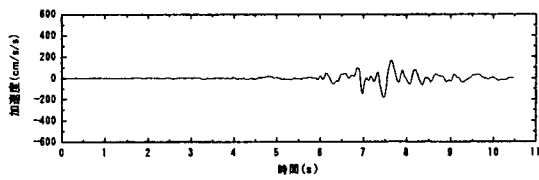
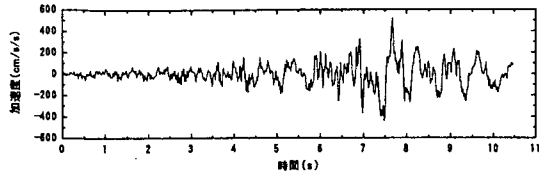


図-1 目標加速度応答スペクトル

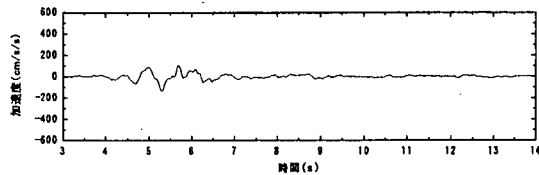
位相特性には、既往の代表的な地震のうち兵庫県南部地震(1995)と十勝沖地震(2003)の観測記録を用いた。ここでは、1995年兵庫県南部地震で観測された一庫ダムと箕面川ダム、権現ダムの観測記録を図-2a)c)e)に示す。これらの観測記録を基に、加速度応答スペクトルが目標値となるように振幅調整し、図-2b)d)f)に示す入力地震動を作成した。



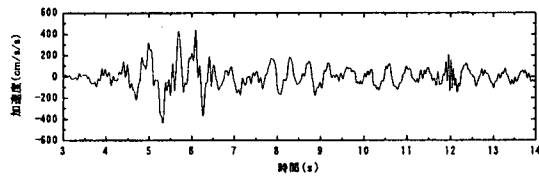
a) 一庫ダム観測記録



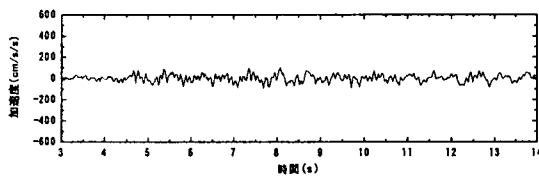
b) 一庫ダム振幅調整波



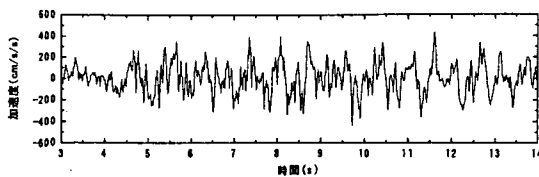
c) 箕面川ダム観測記録



d) 箕面川ダム振幅調整波



e) 権現ダム観測記録



f) 権現ダム振幅調整波

図-2 入力地震動作成例

2.2 フィルダムの動的解析方法

2.2.1 解析モデル

解析に用いるダムモデルは、既存のダムの形状・寸法を参考に図-3に示すモデルとした。

モデルは堤高 90m と 120m の 2 種類とし、ダム形状や要素分割形状は両モデルで相似形とした。なお、最大要素寸法を 2.6m に設定した結果、解析で考慮できる周波数はおよそ 15Hz 以下である。

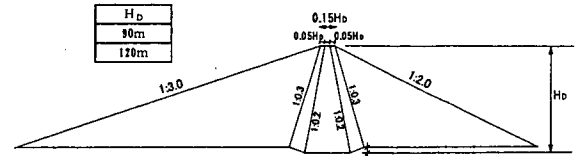


図-3 解析対象モデル(ロックフィルダム)

2.2.2 物性値

単位体積重量、強度特性、弾性波速度、動的ポアソン比、ひずみ依存特性等については、文献類¹⁾²⁾より平均的な物性値を設定した。

ただし、せん断弾性波速度(以下 V_s)、剛性残存率(以下 G/G_0)および減衰率(以下 h)については、物性値のばらつきの影響を検討するため平均と平均 $\pm\sigma$ とした場合について検討を行った。この場合の解析対象モデルは堤高 90m とし、入力地震動は、箕面川ダム観測記録を図-1に示す目標加速度応答スペクトルの 0.7 倍に振幅調整した箕面川ダム観測記録を用いた。

2.2.3 動的解析

上記の解析モデルと物性値を用い動的解析により要素ごとの加速度時刻歴を求める。入力地震動は 2.1 で作成した地震動とし、動的解析手法は、周波数領域における等価線形法による複素応答解析とした。

2.2.4 滑動変位量

想定滑り線は、上流側、下流側それぞれに 20 本を設定した。一例として上流側の 5 本の想定滑り線を図-4に示す。設定した各想定滑り線に対して、2.2.3 で求めた要素ごとの加速度時刻歴をもとにニューマーク法により滑動量の算出を行った。

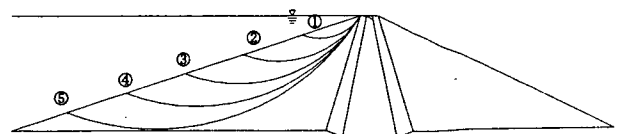
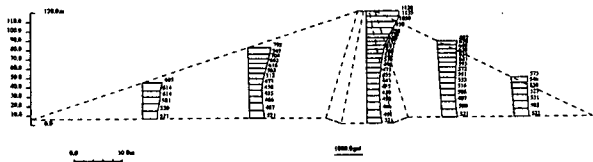


図-4 想定滑り線 (上流側)

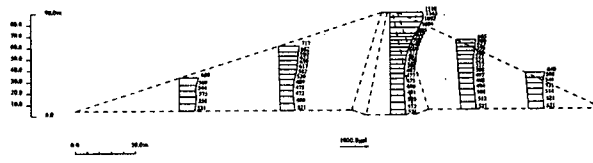
3 調査結果

3.1 最大加速度深度分布

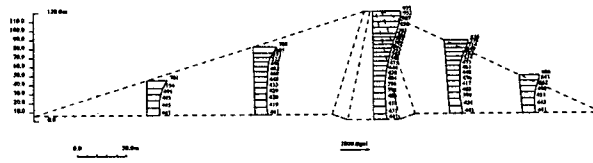
2.2.3の動的解析より算出される各要素に作用する最大加速度分布を図-5に示す。図より、一庫ダム波における天端の最大加速度が他の入力地震動と比較して大きい事、堤高が90mのダムに箕面川ダム波を入力した図-5d)のケースにおいて、比較的天端が揺れにくく、他のケースと異なった特徴的な加速度分布がみられる事がわかる。



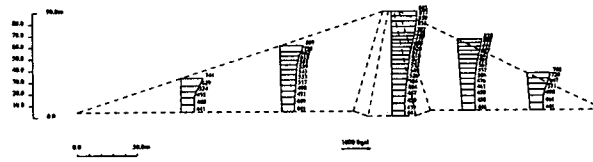
a) 堤高 120m 一庫ダム振幅調整波



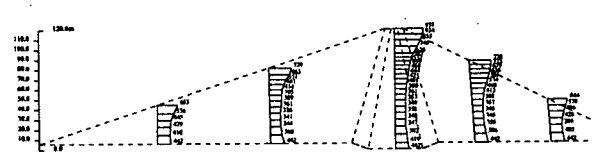
b) 堤高 90m 一庫ダム振幅調整波



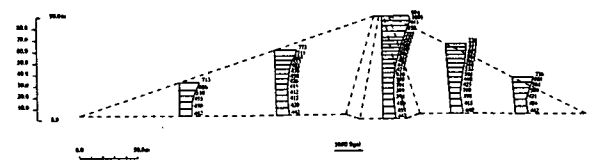
c) 堤高 120m 箕面川ダム振幅調整波



d) 堤高 90m 箕面川ダム振幅調整波



e) 堤高 120m 権現ダム振幅調整波



f) 堤高 90m 権現ダム振幅調整波

図-5 最大加速度深度分布図

3.2 滑動変位置

2.2.4より算出される滑動変位置を表-1に示す。滑動変位置は、全てのケースで図-4に示す上流側の想定滑り線①で最大となる結果となった。

表-1 上流側の想定滑り線① 滑動変位置(cm)

	ダム高 120m	ダム高 90m
一庫ダム振幅調整波	18.5	22.6
箕面川ダム振幅調整波	12.2	5.1
権現ダム振幅調整波	13.9	14.0

一庫ダム波についてはダム高 90m の場合の滑動変位置が大きく、全ケースでの最大値となったが、箕面川ダム波と権現ダム波についてはダム高 120m の滑動変位置がダム高 90m を上回った。

また、図-5において、堤高が 90m のダムに箕面川ダム波を入力したときのみ、他のケースと異なり天端が揺れにくい傾向があったが、滑動変位置においても他のケースと比較して特に変位置が小さい結果となった。これは、今回の解析条件において、最大の滑り量が発生する滑り線が比較的天端に近い場合、天端の応答が滑動変位置の大小に大きく影響しているためと考えられる。

3.3 物性値のばらつき

V_s 、 G/G_0 および h について、物性値を平均と平均 $\pm\sigma$ とした場合の滑動変位置の検討結果を表-2に示す。

表-2 物性値のばらつきの影響

想定滑り線① 上流側滑動変位置(cm)		
せん断弾性 波速度 V_s	平均+ σ	2.8
	平均	3.0
	平均- σ	2.0
剛性残存率 G/G_0	平均+ σ	2.3
	平均	3.0
	平均- σ	0.0
減衰率 h	平均+ σ	2.3
	平均	3.0
	平均- σ	4.0

V_s と G/G_0 のばらつきの影響については、物性値が平均の場合と比較して、平均± σ の場合の滑動変位量が小さくなる結果となった。また、 h のばらつきの影響については、値が大きいくほど滑動変位量が小さくなる結果となった。

上記の結果のうち特に V_s については、一般的に値が大きくなるほど材料が強くなると考えられる。 V_s が平均- σ の場合の滑動変位量が平均よりも小さくなる事については材料強度では上手く説明出来ない。したがって、以下のようにダム的一次固有周期と入力地震動の応答スペクトルの関係について検討した。

3.4 一次固有周期

モデルの初期剛性における一次固有周期と、各地震動が作用し剛性が低下した場合の一次固有周期を表-3に示す。

表-3 一次固有周期の違い(秒)

		ダム高 120m	ダム高 90m
初期剛性		0.62	0.50
一庫ダム 振幅調整波		0.73	0.60
箕面川ダム 振幅調整波		0.76	0.61
権現ダム 振幅調整波		0.76	0.62
せん断弾 性波速度 V_s	平均+ σ	-	0.60
	平均	-	0.72
	平均- σ	-	0.87
剛性残存 率 G/G_0	平均+ σ	-	0.68
	平均	-	0.72
	平均- σ	-	0.95
減衰率 h	平均+ σ	-	0.72
	平均	-	0.72
	平均- σ	-	0.73

表より V_s と G/G_0 のそれぞれが平均- σ となる場合に一次固有周期が 0.9 秒程度となり、他のケースと比較して特に固有周期が長くなる事がわかる。

また、図-6により、入力地震動の加速度応答スペクトルとダムの一次固有周期とを比較すると、0.7 秒より長い周期において入力地震動の加速度応答スペクトル値が小さくなり、0.9 秒付近においては 0.7 秒付近と比較して 30%程度以上小さくなる事がわかる。したがって V_s と G/G_0 のそれぞれが平均- σ と

なる場合に滑動変位量が小さくなる理由の一つとしてダムの長周期化による地震力の低減の影響が考えられる。

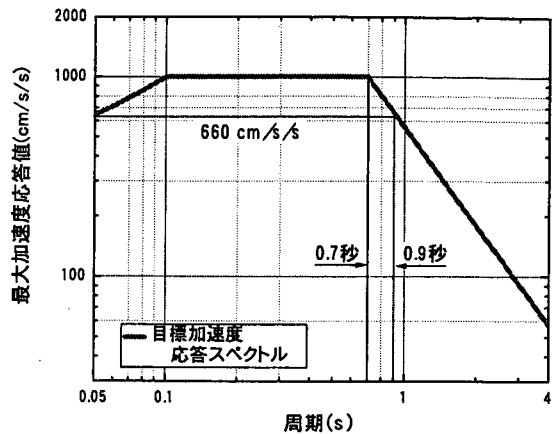


図-6 一次固有周期の長周期化の影響

4 今後の課題

本検討は、ロックフィルダムを対象とした非線形動的解析を行い、地震動の位相特性がダム構造物の動的応答に与える影響について検討した。代表的な観測地震動を用いて検討した結果、最大加速度分布や滑動変位量に、位相特性並びにダム堤体の一次固有周期の変化による地震力の低減の影響が見られた。

3.1や3.2によれば、ある1つの観測記録の位相を用いた結果のみから耐震性を議論することは困難と考えられる。したがって、現時点では詳細な耐震性照査の際には複数の観測記録の位相特性を用いて検討する必要があると考えられる。

また本検討では、M8 の地震から震源距離 10km の位置にあるダムサイトを想定し、非常に強い地震動による検討を行ったが、最も被害が大きいケースにおいても滑動変位量が 22.6cm であった。越流を生じさせないという観点からダムの余裕高(最低でも 2~3 m)を滑動変位量の許容値とする場合、本検討の結果からはダムの耐震安全性は高いと言える。

【参考文献】

- 1) 岡本敏郎ら、ロックフィルダムの地震時安定性評価に関する設計・照査の現状と今後の展望、電力中央研究所、2002.3
- 2) 最新フィルダム工学、(社)電力土木技術協会、1981.3

地方整備局等依頼経費

河川施設の強震計の点検調査

Observation of Strong Ground Motion at River management facilities

(研究期間 昭和60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 室長 日下部 毅明
 Research Center for Disaster Risk Management Head Takaaki KUSAKABE
 Earthquake Disaster Prevention Division 主任研究官 上原 浩明
 Senior Researcher Hiroaki UEHARA

〔研究目的及び経緯〕

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32年に近畿地方建設局（当時）管内の猿谷ダムにSMAC型強震計を設置して開始された。平成13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880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15年度は各地方整備局が所管する92箇所の観測施設の保守点検と平成15年1月～平成15年12月に発生した459地震による地震観測記録の回収及びデータ処理及び平成15年7月26日に発生した宮城県北部を震源とする地震で得られた強震記録の解析調査を行った。

記録が取得できた地震のうち震度4以上の地震は次表のとおりである。

震度4以上を記録した地震のうち記録取得地震一覧¹⁾

発生日時		震央地名	震源			地震規模 M	最大震度	記録取得観測所数						
月	日		時	分	秒				北緯度	東経度	深度 km			
3	3	7	46	48	福島県沖	37	41.0	141	47	41	5.9	4	阿武隈川	他 8 箇所
3	13	12	12	58	茨城県南部	36	5.2	139	52	47	5.0	4	岩瀨	他 4 箇所
4	12	13	28	44	鹿児島県薩摩地方	31	59.6	130	16	10	4.9	4	高江	他 1 箇所
4	17	2	59	54	青森県東方沖	40	57.4	142	21	40	5.6	4	岩木川	他 3 箇所
4	21	10	18	33	茨城県沖	36	32.1	140	51	53	4.4	4	内川水門	他 1 箇所
5	12	0	57	6	茨城県南部	35	51.9	140	5.3	47	5.3	4	佐原	
5	17	23	33	11	千葉県北東部	35	44.1	140	39	47	5.3	4	佐原	
5	18	3	23	25	長野県南部	35	51.8	137	36	7	4.7	4	豊川	他 4 箇所
5	26	18	24	33	宮城県沖	38	49.0	141	39	72	7.1	6弱	河南	他 18 箇所
6	16	18	34	4.7	茨城県沖	36	50.3	141	16	77	5.1	4	内川水門	他 5 箇所
7	9	2	14	22	伊勢湾	34	54.4	136	51	17	4.1	4	木曾川堤防	他 6 箇所
7	26	0	13	8.2	宮城県北部	38	25.8	141	10	12	5.6	6弱	中下	他 8 箇所
7	26	7	13	32	宮城県北部	38	24.1	141	10	12	6.4	6強	中下	他 13 箇所
7	26	16	56	45	宮城県北部	38	29.8	141	12	12	5.5	6弱	中下	他 6 箇所
8	4	20	57	15	茨城県北部	36	26.3	140	37	58	4.9	4	佐原	他 3 箇所
8	8	9	51	32	宮城県北部	38	31.0	141	14	11	4.6	4	河南	
8	9	2	54	51	宮城県北部	38	27.4	141	10	13	3.8	4	河南	
8	12	9	27	59	宮城県北部	38	29.6	141	11	12	4.3	4	河南	
9	20	12	54	52	千葉県南部	35	12.9	140	18	70	5.8	4	佐原	他 8 箇所
9	26	4	50	7.4	釧路沖	41	46.5	144	4.9	45	8.0	6弱	岩木川堤防	他 11 箇所
9	26	6	8	1.8	十勝沖	41	42.4	143	42	21	7.1	6弱	岩木川堤防	他 6 箇所
9	29	11	36	55	釧路沖	42	21.4	144	33	43	6.5	4	岩木川堤防	他 1 箇所
9	30	1	18	27	宮城県北部	38	22.8	141	10	11	3.8	4	河南	他 2 箇所
10	5	0	29	15	岐阜県飛騨地方	36	0.2	137	17	13	4.5	4	木曾川堤防	他 3 箇所
10	6	20	57	53	山形県村山地方	38	17.1	140	15	8	3.5	4	河川防災ステーション	
10	8	18	6	57	釧路沖	42	33.7	144	40	51	6.4	4	河南	
10	9	8	15	18	釧路沖	42	15.0	144	46	28	5.9	4	河南	
10	15	16	30	36	千葉県北西部	35	36.6	140	3.1	74	5.1	4	岩瀨	他 3 箇所
10	23	14	0	38	宮城県北部	38	27.8	141	12	12	4.4	4	河南	他 2 箇所
10	31	10	6	31	福島県沖	37	49.7	142	42	33	6.8	4	山崎	他 14 箇所
11	12	17	26	42	東海道沖	33	10.2	137	3.4	398	6.5	4	岩瀨	他 10 箇所
11	15	3	43	52	茨城県沖	36	25.7	141	10	48	5.8	4	内川水門	他 13 箇所
11	23	7	0	20	千葉県東方沖	35	34.3	141	7.8	39	5.1	4	小見川出張所	他 2 箇所
12	13	12	32	34	播磨灘	34	33.3	134	18	15	4.6	4	徳島	他 2 箇所
12	22	21	7	49	佐渡付近	37	53.0	138	15	16	4.7	4	関屋大川前	

注) 7月26日発生 of 宮城県北部を震源とする地震では前震、本震、最大余震のみ掲載

参考文献

1) 地震・火山月報(防災編) 気象庁

地震計ネットワーク情報の活用

Utilizing Grand Motion Characteristics Obtained by the Seismograph Network

(研究期間 平成13年度～)

危機管理技術研究センター地震防災研究室	室長	日下部 毅明
Research Center for Disaster Risk Management	Head	Takaaki KUSAKABE
Earthquake Disaster Prevention Division	研究官	長屋 和宏
	Researcher	Kazuhiro NAGAYA

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、地震直後における被災地域の特定や被災状況の把握を目的として、省内の河川・道路などの所管施設近傍あるいは事務所、出張所を対象として、概ね20～40km間隔で全国約700箇所の地盤(地表面)上に地震計を設置すると共にテレメータやマイクロ回線などによるオンライン化された全国規模の地震観測ネットワーク網を平成8年より概ね3年間で整備してきた。

本地震計ネットワークより得られる地震発生および地震動の情報は、各地方整備局および現地事務所における初動体制確立に役立てられているところであるが、本情報が防災支援に資する情報として有益であることから、国土交通省の内外を問わず広く活用していくことが求められている。このため、情報利活用の一環として、平成12年6月より国総研HPにて情報を公開するとともに、平成15年6月からは防災情報提供センターとのリンク付けがされている。

平成15年度には、宮城県沖で発生した5月26日、7月26日の地震、9月26日に発生した「平成15年十勝沖地震」をはじめ、42地震について情報の公開を行った。また、平成15年度のHPへのアクセスは約36,500件であった。公開対象となった地震数、アクセス数ともに本情報の公開以来飛躍的に大きな数字となっているが、地震数については前述の3つの地震で情報の公開対象となる多くの余震が発生したこと、アクセス数については防災情報提供センターとのリンク付けにより情報提供の間口が広がったためと考えられる。

道路管理における震後対応能力及び道路施設の耐震性を 向上させる方策に関する調査

Study on Measures for Improving Earthquake Disaster Management and Seismic Performance of Road Facilities

(研究期間 平成 15 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
主任研究官	片岡 正次郎
Senior Researcher	Shojiro KATAOKA
研究官	中尾 吉宏
Researcher	Yoshihiro NAKAO

The next off-Miyagi earthquake is expected to occur within a few decades. In this study, the damage to road facilities due to the earthquake is evaluated and the course for the policy to improve earthquake disaster management in the Tohoku Regional Bureau is proposed based on the damage evaluation.

〔研究目的及び経緯〕

平成15年5月、7月に発生した三陸南部の地震及び宮城県北部の地震では、それぞれ最大で震度6弱、震度6強を観測した。一方、次の宮城県沖地震は30年以内に99%の確率で発生するといわれ、ますます切迫していることもあり、施設の耐震性向上だけでなく災害対応の改善が急務となっている。本調査では、想定宮城県沖地震による被害を推定するとともに、その被害推定結果に基づいて危機管理能力の向上方策、道路施設の耐震性向上方策を提案することを目的としている。まず想定宮城県沖地震による地震動強度の分布を予測し、そこから東北地方整備局所管の道路施設の被災度を判定した。また、5月、7月の地震時における事務所等での災害対応に関するヒアリング及び被害推定結果等に基づいて災害対応上の課題を抽出し、今後の危機管理能力向上方策の方向性を提案した。

〔研究内容〕

1. 道路施設の地震被害想定

震源モデルとして地震調査研究推進本部による連動ケース（モーメントマグニチュード 8.0）を採用し、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、想定宮城県沖地震の地震動強度の分布を予測した。次に、各道路施設の構造特性と

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災度を判定した。

2. 危機管理能力向上方策の方向性

まず、想定される宮城県沖地震が発生した際に生じる可能性がある震後対応上の課題の整理を行った。その後、課題に対して解決方策を検討するための方向性を、ハード対策（既存施設の補強、新たな施設の設置・整備）、ソフト対策（人員運用面、支援手段導入面、マニュアル・ルール類の整備）の観点から検討した。

〔研究成果〕

1. 道路施設の地震被害想定

想定宮城県沖地震の震度分布を予測した結果を図-1に示す。仙台市は東側が震度6弱、西側が震度5強となり、石巻市から北側では20km×20km程度の範囲で震度6強となっている。この震度分布をもとに道路施設の被災度判定を行った結果、国道4号や45号では交通障害につながるような被害が生じる可能性もあることが分かった。

2. 危機管理能力向上方策の方向性

震後対応上の課題の整理方法として、近年発生した地震（鳥取県西部地震、平成15年5月及び7月の宮城県で発生した地震、同年9月の十勝沖地震）や阪神・淡路大震災時の震後対応上の課題の整理を行うとともに

に、これらの整理結果を踏まえ、起こり得る出来事を時系列上で記述した震後対応シナリオを作成し、新たな課題の抽出を行った(手法1)。また、推定した被害結果が及ぼす交通行動への影響を評価し課題整理を行った(手法2)。このうち、手法1の震後対応シナリオについては4つのケース(①地震発生直後における体制構築・職員参集、②施設点検、他事務所からの点検応援、③道路啓開・応急復旧、④孤立地域の救出、傷病者搬送)を設定し、積雪期における施設点検手法の検討の必要性等の課題を抽出した。

手法2については、被災地通過交通に関するもの1ケース、被災地への隣接地方ブロックからのアクセスに関するもの2ケース、被災地内交通に関するもの3ケースを設定した。このうち被災地内交通に関するケースである災害拠点病院へのアクセスについては、被災地内交通として災害時の広域医療のための傷病者の搬送を想定し、宮城県地域防災計画で示される広域医療圏内の災害拠点病院へのアクセスについて評価した。これによれば国道45号において津波や構造物の被災により各所で通行障害が発生する可能性があること、元々東西方向ルートが少ないがそれらのルートが地形的にも厳しく被災の可能性が高いことからアクセス不能地域が生じる恐れがあることがわかった。

これらの課題抽出・整理を踏まえ、震後対応上起こりうる課題をとりまとめた。さらに、これらの課題に対して解決の方向性を検討した。検討結果を表-1に示す。

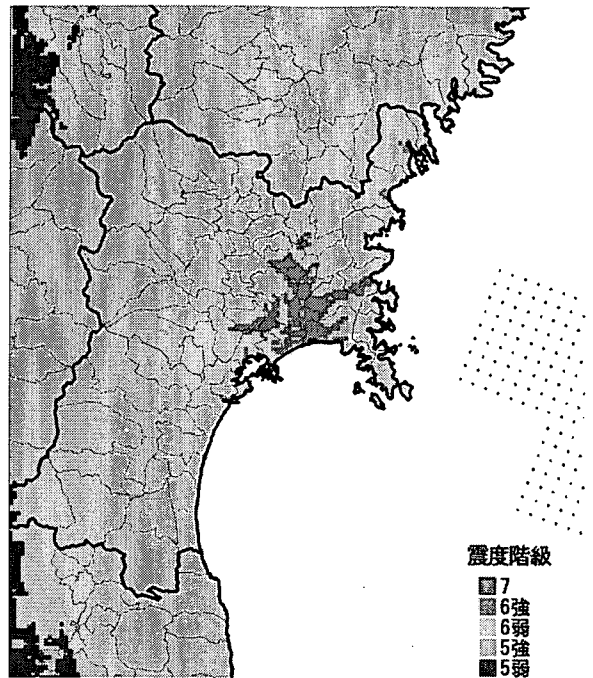


図-1 想定宮城県沖地震の震度分布

[成果の活用]

本調査で策定した道路施設の被害想定は今後の防災事業計画立案に活用される予定である。また、提案した危機管理能力向上方策の方向性に基つき、今後具体的方策及び方策実現のための行動計画を提案する予定である。

表-1 課題の整理と解決の方向性(案)

分類	課題 区分	解決の方向性	区分				
			ハードの整備	ノウハウの活用 (マニュアル等の整備)	ノウハウの活用 (防災技術の高度化)	ツールの活用	人材の活用
全般	本部の被災	庁舎の耐震補強、本部被災時の対応方策の検討	○				
	人員不足	内部人員(応援派遣等)の有効活用方策の検討 (太平洋・日本海間支援ペアなど) 外部人員の有効活用方策の検討 (防災エキスパート、協定業者等)		○			○
移動ルートの途絶・渋滞	孤立集落	三陸道等のネットワーク整備の促進	○				
	点検中断・遅延	被災懸念施設の優先的な耐震補強(仙台バイパスなど)		○			
	通行できるルートの渋滞	各種マニュアルの拡充・整備 迅速な放置車両の撤去、緊急車の移動確保			○		
情報伝達の困難	専用回線の被災	災害時優先電話指定の活用			○		
	一般回線途絶による現地との連絡途絶	被災特性の異なる複数の通信手段の準備					
	情報共有の不足	情報共有システムの導入(現在試験導入中)				○	
状況把握の遅延	CCTVの不足、機能不足	監視機能の強化 (被災想定箇所等へのCCTVカメラ・センサの導入、人工衛星、ヘリ、航空機などの活用)	○				
	情報空白期が存在	被害予測システム(SATURN)の導入				○	
情報提供	マスコミ対応の負荷が大きい	マスコミ対応の検討(対応要員の配置、方法等)			○		
	一般からの問い合わせ対応が負荷	住民、利用者等への情報提供の充実 (情報板、道の駅等の活用)	○				
平常時から の備え の不足	包括的な協定	協定内容のメンテナンス、DB化、システムの構築				○	
	職員の対応能力向上	職員等の防災能力の向上(想定被害を前提とした訓練)					○
	住民協力の不足	一般向けマニュアルの作成・配布(震災時の運転マナー等) 住民ボランティア受け入れ方法の検討		○			○

管理施設の地震時における即時震害予測システム整備業務

Development of a Real-time Earthquake Damage Estimation System to Concerned Facilities

(研究期間 平成15～16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
研究官 長屋 和宏
Researcher Kazuhiro NAGAYA

A real-time earthquake damage estimation system is under development for disaster management of concerned facilities in the Tohoku Regional Bureau. The system is expected to support the decision making just after earthquakes and to outline scenarios of practical disaster drill.

[研究目的及び経緯]

地震発生直後の情報の少ない段階において災害対応を的確かつ効率的に行うためには、緊急に災害規模を把握するとともに被災状況を点検すべき対象を絞り込み、現地へ職員を派遣し、迅速に被害状況を把握する必要がある。また平時には、震後の危機管理体制の構築および適切な防災訓練の実施など防災機能の向上など、地震に対するソフト対策構築のために、想定地震に対するインフラ網の被害想定を行うことが必要である。

本業務は、東北地方整備局における地震発生直後の管理施設の被災状況の把握を目的として、国土技術政策総合研究所 地震防災研究室がこれまで開発を進めてきた即時震害予測システムの整備を平成15-16年度の2カ年に渡り実施するものである。本システムは、地震発生時に所管の地震計ネットワークより得られた地震観測情報を活用し、橋梁などの施設構造物被害や地盤の液状化の可能性およびその程度を予測により把握するものである。本システムの整備により、近い将来発生するとされている宮城県沖地震などの大規模地震発生直後の情報が極めて少ない段階において、施設管理を的確かつ効率的に行うための初動の意思決定をスムーズに行うことができる。また、平時には、想定地震に対する被害想定を行うことで、震後の危機管理体制の構築および適切な防災訓練の実施など防災機能の向上にも資する。

[研究内容]

本業務では、関東地方整備局において試験運用している現行システムを基本と

して、東北地方整備局の災害時における業務モデルに役立つ情報を提供するシステムの構築を実施することとした。前述したようにシステムの構築は、2カ年に渡り実施し、システムを構成する項目及び各年度における整備配分は表-1の通りとした。各整備項目における整備内容は以下の通りである。

1. システム整備

本震害予測システムの整備においては、図-1に示すようにネットワークを通じWEBブラウザを用いて情報の閲覧が行える様に基本システムの開発、導入するものとした。ベースに用いる地図は、関東地方整備局で運用しているものと同様にデジタルロードマップ(DRM)とした。なお、本年度の整備では、基本システムの構造設計、構成ファイルの構築および基礎開発を行うものとし、被害予測を行う閾値ファイル及び地図データの組み込み、動作確認については次年度に実施するものとした。

2. 地震観測地点における増幅倍率の算出

本システムの入力となる地震情報は、東北地方整備局管内の地震計ネットワーク網より得ており、地震計

表-1 即時震害予測システムの整備項目

	H15年度	H16年度
1. システム整備	○	○
2. 地震観測地点における増幅倍率の算出	○	
3. 道路橋の被害危険度判定の閾値算出		○
4. 国道の液状化危険度判定の閾値算出		○
5. 河川堤防の液状化危険度判定の閾値算出		○
6. 河川堤防の沈下量判定の閾値算出		○
7. システムの整備方針、適用形態の提案	○	○
8. 想定地震に対する被害想定機能の改修	○	○

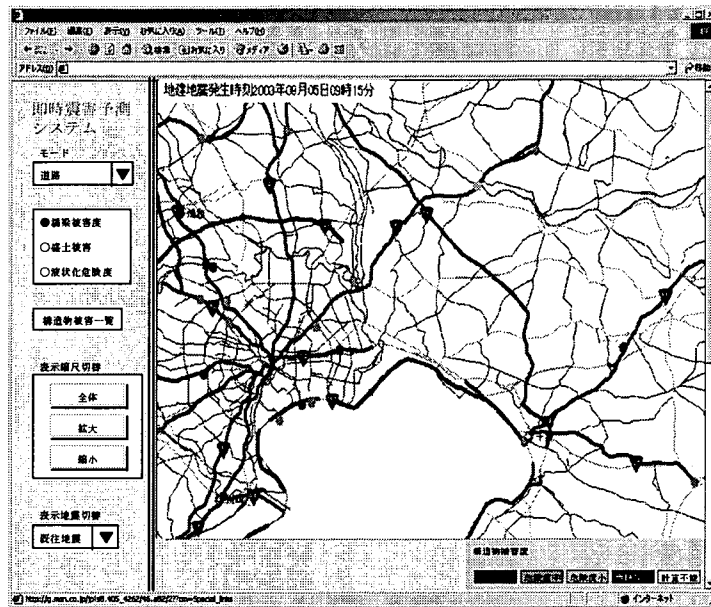


図-1 画面イメージ

(表示内容は、関東地方整備局版によるサンプル)

が観測したデータから被害予測を行う構造物位置における地震動は、以下の手順により予測している。

- ①地震観測点の観測値から地盤応答特性に応じて、観測点直下の工学的基盤面の地震特性値を予測
- ②工学的基盤面において観測点直下の地震特性値から被害予測地点直下の地震特性値を予測
- ③被害予測地点の地盤応答特性を用いて、地表面の地震特性値を予測

この地震特性値の予測に用いる基礎情報として、地震計設置位置における地震応答特性の策定を行った。

各地点における地震応答特性の策定に当たっては、地質柱状図、地盤特性値(TG)などから密度、S波速度、動の変形曲線No.からなる地盤モデルを作成し、地盤応答解析を実施した。解析は、4つの異なる地震加速度波形を用い、解析より得られる加速度応答スペクトル積分値、SI値、最大加速度について工学的基盤の値と地表の値の関係を回帰分析により求めた。求められた地盤応答特性(応答倍率関数)は、地震計設置位置ごとに整理し、地盤応答倍率データベースとしてとりまとめた。

3.システムの整備方針、適用形態の提案

(1) 東北地方における液状化危険度の検討

次年度に実施する各施設の閾値整備の方針策定のうち液状化被害予測のための対象エリアの抽出を目的として、東北地方全体の液状化危険度マップを微地形分類より作成した。

(2) 運用形態に関する検討

SATURNが効果的に活用されるべく運用形態の提示

を目的として、地方整備局の防災業務計画にSATURNがどの様に関連することができるかの検討を行った。本検討結果については、次年度事務所・出張所を対象としたヒアリング結果などと関連づけ運用形態に反映していく予定である。

4.想定地震に対する被害想定機能の改修

震源位置及びマグニチュードの入力による想定地震の被災状況表示機能は、現行システムにも導入されている。しかしながら、地震動分布予測のための距離減衰式が、近年懸念されている海洋型巨大地震及び都市直下型の地震に対応したものとなっていない。このため、近年地震計ネットワークより得られた観測記録を用いた距離減衰式を作成することを目的に、全国の管内地震計設置位置における地盤情報および工学的特性値の整備を行った。本検討結果及びこれまでの観測記録を用い、次年度に地震計ネットワーク記録による距離減衰式を作成する予定である。

[成果の活用]

本システムの整備により、大規模地震発生時に施設管理を的確かつ効率的に行うことが可能になり、初動の意思決定を地整レベルで実施することが可能になる。また、平時においても想定地震に対する被害想定が容易に行うことができ、危機管理体制の構築および適切な防災訓練を実施することが可能となる。

さらに、本研究・開発の最終成果として、即時震害予測システムに関するマニュアルの作成を行うとともに、各地整への展開を図る。

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No.183

May 2004

編集・発行 © 国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675