

1. はじめに

都市・土木を対象とする災害調査、ソフトインフラとしての災害情報提供、社会経済条件をふまえた耐震設計、というように災害リスクマネジメントに関連して土木計画学分野が取り組むべき課題は多方面に及んでいる。それにもかかわらず、いずれの課題も殆ど手つかずのままであったことは否定できない。一方、安全・安心といった高度な生活水準指標が要求される時代にあつて、社会基盤整備をささえる土木計画学の研究成果、デジタル地上波放送といった新技術を実際面に適用していくことは急務であるといえよう。

当部会では、「災害調査」、「耐震設計」、「災害情報」という3つのテーマに対応して班を構成し、今われわれが取り組むべき課題について検討を進めてきた。そしてこれらに関係する施策ならびに確立された関連研究分野に目をむけるために、省庁、ライフライン企業等、また耐震工学、安全工学の専門家の参加を求めた。

部会内では討議を重ねるにつれ、設定されたテーマが膨大な課題内容を含むことを悟るに至った。スペシャルセッションではフロア参加者からの意見もふまえて真に今取り組むべき課題を絞り込んでいきたい。本稿はこれに対して各班の目標と作業方針を表明し、議論のたたき台を提供するものである。

以下に当部会の参加メンバーを記す。

家田 仁 (東京大学)：主査
塚口 博司 (立命館大学)：A班リーダー
能島 暢呂 (岐阜大学)：B班リーダー
片田 敏孝 (群馬大学)：C班リーダー
浅田 純作 (群馬大学) (以下五十音順)
天国 邦博 (パシフィックコンサルタンツ(株))
飯田 克弘 (大阪大学)
五十嵐 亨 (応用地質(株))
及川 康 (群馬大学)

小谷 通泰 (神戸商船大学)
黒田 勝彦 (神戸大学)
小池 則満 (名古屋工業大学)
酒井 利夫 (建設省)
佐藤 尚次 (中央大学)
島村 誠 (JR 東日本)
杉田 秀樹 (建設省)
高橋 和雄 (長崎大学)
高橋 宏直 (運輸省)
塚本 直幸 (大阪産業大学)
富田 安夫 (神戸大学)
中村 孝明 ((株)篠塚研究所)
橋本 隆雄 ((株)千代田コンサルタント)
濱中 拓郎 (日本工営(株))
秀島 栄三 (名古屋工業大学)
日野 泰雄 (大阪市立大学)
福島 徹 (姫路工業大学)
松村 哲男 ((財)道路新産業開発機構)
森川 雅行 (運輸省)
山本 幸司 (名古屋工業大学)
塚兼 敏和 (北海道開発コンサルタント(株))

2. A班 (災害調査論)

2. 1 目的

本グループは、各種の災害に対して、土木計画学の視点から必要となる調査を対象とし、調査項目、調査時期、調査方法、調査結果の分析方法等について、近年発生した災害の調査事例を用いて整理するとともに、これに基づいて、今後の災害調査要領の検討(提案?)を行うことを目的とする。

土木計画学の視点から対象として取り組むべき災害としては、

- ・震災
- ・津波災害
- ・水害等の気象災害
- ・火山災害

キーワード：災害調査、耐震設計、災害情報

が挙げられよう。このうち、震災は生起する場所・時期を予測することが極めて困難な災害であり、水害ならびに火山災害は予めその危険性が予測できる可能性があるという特徴があるから、調査のあり方がやや異なると考えられるが、本グループは、未曾有の大災害であった阪神・淡路大震災をベースとして震災に重点を置きつつ、他の災害についても可能な範囲で取りまとめることとした。

災害が発生すると、救急・救助、復旧、復興というように、時間軸上に主要な活動が位置付けられるが、そのそれぞれの局面において、状況把握が不可欠であり、それを円滑に行うためには、災害に関する明確な調査論ならびに具体的な調査要領が非常に重要となってくる。

ここで、災害調査の目的は、

- 1) 救急・救助活動に役立てる。
- 2) 復旧活動に役立てる。
- 3) 復興活動に役立てる。
- 4) 将来の地域・都市計画等に役立てる。
- 5) 学術的記録を残す。

等に整理される。このように、災害調査にはその結果を速やかに分析し、リアルタイムで救急・救助に活用するというものと、かなり長いスパンで活用するというものまで多様な活用方法があることが分かる。

しかし、いずれの場合にも、災害調査は震災直後の非常に混乱した時期から始めなければならないわけであり、さらにそのような混乱期における調査が大部分を占めるあるから、効果的でかつ無理のない実施時期、調査方法等を充分吟味し、緊急課題であるの被害者の救急・救助活動、復旧活動とのバランスを考えながら、必要最小限の調査を効果的に実施するという姿勢が非常に重要である。

そこで、本グループでは、阪神・淡路大震災を中心として、既往災害に関する調査事例を上記の目的と対応させながら整理し、望ましい調査のあり方を探ろうと考えている。

2. 2 作業の手順

本グループでは、以下の手順で作業を行う。

- 1) 阪神淡路大震災に関連して実施された土木分野における調査の調査項目、実施時期、分析方法、実

施主体、結果の公表有無等を網羅的に調べ整理する。まず、各種報告書を用いて概要を把握し、続いて必要に応じてヒアリング等によって精緻化を図る。調査内容に関しては、

- ・インフラの機能障害
- ・インフラ機能障害に伴う代替的な公共サービス
- ・都市施設の被害状況
- ・市民生活
- ・経済活動

等とする。これらに関する調査事例を発災直後、1ヶ月後、3ヶ月後、1年後等の調査時期ごとに区分した上で、以下の項目について調べる。

- ・調査目的
- ・調査項目
- ・調査方法
- ・調査主体
- ・調査費用
- ・データ公表の有無
- ・各種問題点
- ・改善すべきであった点

2) 先に示した5つの調査目的（救急・救助活動、復旧活動、復興活動、将来のまちづくり、学術的記録）と、調査内容（インフラの機能障害、代替的な公共サービス、都市施設の被害状況、市民生活、経済活動）とを対応させる。このような対応表の各要素に対して、適切な調査項目、調査方法、調査時期等が明示的に示せれば、本グループの活動目的はおおよそ達成されると考える。そこで、1)で調べた各調査を該当する箇所に割付けてみる。

このような整理を通して、

・上表の各要素のうちで、既存調査では該当するものがない。

- ・該当する調査はあるが問題点が大きい。

といった要素を明らかにする。

3) 2)で示した欠落箇所を埋めるような調査について、調査項目、調査方法、ならびに実施時期等を検討して、望ましい調査を追加する。

4) 以上を総合して、震災時の望ましい調査体系を提案する。

5) もっとも、震災を中心にすると言っても、阪神・淡路大震災とは異なる被災状況（昼日中の発災、他の季節・時間帯の発災等）についても考慮できるよ

うに、十分に注意する必要がある。

なお、阪神・淡路大震災に関しても、多種多様な調査が実施されたから、「土木計画学の視点」から調査を取りまとめる場合、対象とする範囲を多少検討する必要がある。ここでは、災害に強い（安全に暮らせる）地域づくり・まちづくりに寄与できる防災性を考慮したインフラ整備を目的とし、これらインフラと社会・経済との関わりという観点から、該当するものを選択したいと考えている。

また、水害、火山災害に関しても、ほぼ同様の枠組みで検討する。ただし、これらの場合には、事前調査も考えられるから、実施時期に関してはやや拡大して考える必要がある。

2. 3 予想される成果

本グループにおける活動から得られる成果としては以下のものが考えられる。

- 1) 阪神・淡路大震災等の既往の災害に関連して実施された各種の調査の実施状況を包括的に整理する。
- 2) それに基づいて、災害調査の問題点、改善すべき事項等について検討を加える。
- 3) 以上を踏まえて、将来の災害に備えて、災害調査に関する、実務的に使用可能な調査の方向性を提案する。つまり、震災等が起こった場合に、インフラ整備に関わるプランナー等が迅速に必要な調査に取り掛かれるように、できるだけ具体的な記述とした。

3. B班（耐震設計論）

3. 1 背景と目的

耐震設計の性能規定化に伴って、土木構造物が保有すべき耐震性能の目標水準の規定方法とその実現方法に関連した研究・開発が、活発になされている。そこでは、要素構造物の個別的耐震強化に関する技術的課題が重視される傾向にあるが、その一方で、すべての構造物に一律に高い耐震強度を与えることは不可能であることから、構造物の重要度に応じて異なる耐震性能を設定する必要性が生じている。このため通常は、2～3種類の重要度水準が設定されることが多いが、重要度ランクの設定方法や各構造物のランク付け方法については、具体的な手

順や評価基準が明確に示されない場合がほとんどである。また、社会経済的側面を考慮して合理的に耐震目標を規定することの重要性や、総合的なシステム機能を確保することを視野に入れた耐震強化の重要性は、強く認識されているものの、その方策を具体的に検討するための場を見出すことが困難であることも事実である。

以上を鑑みて本課題では、土木計画学的なアプローチによって、施設をとりまく立地条件や平常時・被災時の利用条件、あるいはネットワーク特性などの社会経済的諸条件を考慮しつつ、新設構造物の耐震性能レベルや既設構造物の補強優先度を決定するための方法論のベースを確立することを目的として、基礎研究を進めるとともに、実務においても利用可能な方法論を開発することを狙いとするものである。本稿では、耐震設計の三要素ともいえる「外力レベル」、「耐震性能レベル」、「重要度レベル」の設定法について概観するとともに、上記の目標達成に向けての本研究課題の取り組みについて紹介する。

3. 2 耐震設計における「外力レベル」の設定法と発生確率の扱い

災害対策の対象とする外力レベルの規定手法には、大別して3種類の考え方があるとされている。一つは、既往最大規模に基づく規定方法であり、それまでにわが国で発生した最大規模の地震（例えば関東大震災、兵庫県南部地震）を外力設定の根拠とする考え方である。一方、確率論的規模に基づく規定方法は、確率論的地震危険度解析に基づいて、地震動強度と再現期間との関係を示すハザード曲線を求め、100年あるいは1000年期待値などに対応した外力レベルを設定する考え方である。経済論的規模に基づく規定方法としては、社会に要求される最低限の安全性レベルをシビルミニマムとみなして確保する方法や、投資効果が最も高くなる規模の外力レベルを設定する方法がある。

土木学会では「耐震基準に関する提言」において、構造物の供用期間内に1～2度発生する確率を有する地震動を「レベル1地震動」と規定し、供用期間内に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動を「レベル2地震動」と規定した。さらに地震工学委員会耐震設計法特別委員会では、レベル2地

震動を「当該地点における現実的な震源パラメータや地盤パラメータから算定される最大級の地震動」と再定義した。その設定にあたっては、震源断層（内陸活断層、海溝型）を特定できる場合においては、震源特性および地盤増幅特性を十分に考慮して算定する一方、非活断層域において震源断層を特定できない場合には「下限基準としての地震（ $M=6.5$ 程度の直下型地震）」を考慮することとしている。すなわち、上記の3方法とは別に、想定最大規模ともいうべき規定法が採用されたと解釈することができる。

以上のようにレベル2地震動設定の要件には、その発生確率の評価が明示的には含まれていないが、土木計画学的な観点からは、外力レベルの設定における確率論的な扱いは不可欠である。例えば費用便益分析においては、損失と発生確率の積としての「リスク」という形で確率論的表現をとる必要があるため、設定外力レベルに対する発生確率の評価に関しては、別途検討を要することになるであろう。

3. 3 公共構造物の「耐震性能レベル」と「重要度レベル」の設定法について

日本建築学会の「建築および都市の防災性向上に関する提言（第三次提言）」においては、性能表示型耐震設計法の確立を目指した「耐震メニュー（案）」が提案されている。これは建物の耐震性能を決定する際に、建築主と設計者の間での意思疎通を容易にすることを狙いとしたもので、耐震等級（1級～5級）を選定できるようなメニューが提示されている。地震動の強さとしては、D（建物の供用期間中に遭遇する可能性が数回である地震動）から、S（建物の供用期間中に遭遇する可能性が極めてまれな地震動）までの5段階が設定され、機能損傷の程度としては、無被害、軽損、中損、大破・崩壊の4段階が設定されている。私有財としての建築物の耐震性は、財産の付加価値あるいは商品価値としての意味を持ちうることから、耐震水準は個人的選択の問題に帰着される。

一方、公共性の強い土木構造物においては、費用負担者と受益者が一致しないことから、耐震水準の選択は社会的選択の問題となり、建築物と同様のアプローチをとることができない。土木学会地震工学委員会耐震設計法特別委員会においては、「レベ

ル1地震動に対して、基本的にはいずれの新設構造物においても無被害レベルの耐震性能を要請することは、現時点での技術的及び社会経済的条件を前提としたシビルミニマム的要求とみなされる」との解釈を示すと同時に、「レベル2地震動に対する新設構造物の耐震性能は、その施設の重要度に応じて決定する必要がある。その際、施設の重要度は、施設を取り巻く種々の地域的条件や施設の利用条件などに応じて、費用便益分析の考え方を基礎において決定すべきである」との考え方を示している。この上でさらに、「施設の重要度ランクを判別し、その重要度ランクに応じて構造物に要求すべき耐震性能ランクを判定する、簡便で実用的な手法を早期に開発すること」の必要性が指摘されている。

このうち「耐震性能レベル」での検討項目は、耐震性能（使用性／安全性／修復性、損傷内容・損傷度、復旧期間）、照査項目（保有耐力、残留変形、ひび割れ幅）、許容被害（外力レベルと重要度レベルの組み合わせによる許容損傷の規定）といった構造損傷に関する要因であり、定量的評価が比較的容易であるといえる。これに対して「重要度レベル」を規定するための検討項目は、例えば以下に挙げるように多種多様である。

- 1) 耐震化効率上の重要度（「構造要素 → システム全体」の影響評価）
- 2) 平常時の機能的な重要度（サービス機能の重要度、公共性、階層的重要度）
- 3) 緊急時の機能的な重要度（救急医療・消防・応急復旧への影響、代替機能の有無、ネットワーク形態）
- 4) 二次災害波及性の面での重要度（人命損失の回避、社会機能への間接的影響の回避）
- 5) 復旧効率上の重要度（優先順位・復旧戦略、復旧の難易度）
- 6) 施設のライフサイクル・コスト（施設の供用期間、資産価値）
- 7) 地域における地震発生への切迫度（将来的な地震危険度）

これらの評価項目を定量化し、さらに相互比較が可能な評価尺度に変換することは困難な作業である。従って、損害回避便益と耐震化費用を含めた純便益の最大化を目標として、個々の構造物の耐震性能を

決定することは、理想的ではあるが、実施することは事実上困難であり、何らかの実用的手法の開発が必要である。

3. 4 本研究課題での取り組みの紹介

上記の背景のもとに本研究課題では、土木計画学のアプローチを有効に活かしつつ、上記引用文にあるように、重要度の簡便かつ実用的な評価手法を開発することを目標としている。そのためには多岐にわたる異分野の知見を共有化・総合化することが望ましい。そこで本研究課題の具体的な活動としては、「現状把握」、「ケーススタディー」、「基礎的研究」を三本柱とした研究会を実施し、問題の所在を明らかにして行く計画である。これまでに終了したものを含めて、活動計画の概要と担当を以下に記す。

- 1) 各方面における「外力レベル」「耐震性能レベル」「重要度レベル」の扱いについての現況報告
構造設計一般（佐藤委員）、建設省（杉田委員、佐野委員）、運輸省（高橋委員）、鉄道施設（島村委員）、設計調査実務（橋本委員、五十嵐委員）、地震危険度（家田委員、能島委員ほか）
- 2) 新規構造物および既存構造物の耐震化計画に関するケーススタディー
 - ・米国の幹線道路網における耐震補強優先付けの事例調査（能島委員）
 - ・地震防災分野におけるリスクマネジメント（中村委員）
 - ・東京都における道路網の耐震補強計画（外部講師）
 - ・電力施設の耐震化計画（外部講師）
- 3) 新規構造物および既存構造物の耐震化計画に関する基礎的研究
 - ・道路網のネットワーク機能性を考慮した地震ハザード評価（家田委員）
 - ・高架橋の耐震性向上に関わる費用便益分析（家田委員）
 - ・重要度評価におけるネットワーク効果（家田委員）
 - ・ネットワーク機能を評価基準とした重要度解析の拡張（能島委員）

上記の活動を通じて、構造物群がインフラストラクチャーとして発揮すべきシステム機能を性能規

定化し、その具体的な実現手法を新設構造物・既設構造物別に検討するとともに、重要度の合理的な評価手法の開発に取り組んで行く方針である。

4. C班（災害情報論）

4. 1 目的と背景

阪神・淡路大震災そして最近各地で発生している豪雨災害などを契機に、災害情報に関する議論が活発に行われるようになってきた。災害情報の伝達や提供のあり方は、時として被害の大小を左右するため、防災・減災の観点において重要な研究課題であり、ソフトインフラとの位置付けのもとで、土木計画学分野における積極的な研究の取り組みが期待される。

災害情報研究グループは、土木計画学分野が検討すべき災害情報研究の課題を整理するとともに、情報通信技術の革新を踏まえて、今後の災害情報提供のあり方を示すことを目的とする。

4. 2 検討の方針

災害情報伝達の検討は、災害種別、発災の事前か事後か、発信体と受信体の関係などによって、その視点が大きく異なり、災害情報を一般論で議論することは、いたずらに議論を発散させることになる。そこで、本研究グループでは、検討に際して以下のような枠組みを設定し、検討を行うことにした。

- 1) 対象とする自然災害は、地震災害、風水害、火山災害とする。
- 2) それぞれの災害について、発災前後の情報を扱うことを原則とする。
- 3) 住民の情報ニーズに対する情報提供を中心に検討を行う。
- 4) 2005年に実用化されるデジタル地上波を含め、多様な伝達メディアを考慮する。

4. 3 検討の手順

(1) 全体の流れ

2005年に実用化されるデジタル地上波は、回線容量が大きく、地域的な解像度も高いことから、その利用次第では、これからの災害情報伝達のあり方を大きく変える可能性がある。また、2002年には、

I T S への利用などを含め、大規模な社会実験も予定されており、土木学会としては、災害情報伝達への利用も含めてこの社会実験に積極的に関わることが望ましい。

そこで本研究グループでは、(財) 道路新産業開発機構など I T S に関わる関連団体とも協力しあって、災害情報提供にデジタル地上波を有効利用する方法を検討し、この社会実験に参加できるよう、以下のような検討スケジュールを立てた。

- ・フェーズ 1 (平成 11 年度、1999) :
災害情報に対するニーズ整理
- ・フェーズ 2 (平成 12 年度、2000) :
災害情報の提供方法の検討
- ・フェーズ 3 (平成 13 年度、2001) :
災害情報の収集方法等、運用形態の検討
- ・フェーズ 4 (平成 14 年度以降、2002) :
社会実験への参加

(2) フェーズ 1 : 災害情報に対するニーズ整理

災害種別としては、地震災害、風水害、火山災害を、また、各災害について、発災前? 復旧の各段階ごとの情報ニーズの変遷を系統的に整理する。情報ニーズは住民を中心に考え、後のフェーズでは地域・道路管理者等も含めて検討を行う。

地震災害については、阪神・淡路大震災の事例、風水害については、北関東・南東北における平成 10 年 8 月末豪雨災害などの事例、火山災害については、雲仙普賢岳、十勝岳などの事例に関する資料が整っ

ており、そこから住民の情報ニーズを整理する。

(3) フェーズ 2 : 情報提供に関する検討

上記ニーズに対応して、いかにして災害情報を伝達するかについての検討を行う。提供系のメディアとしては、従来のテレビ、ラジオ、インターネットなどに加え、デジタル地上波テレビを対象として考える。特にデジタル地上波テレビについては、その機能特性を踏まえ、運用形態を提案できるよう検討を行う。

(4) フェーズ 3 : 情報収集等、運用形態における課題

情報収集の課題は、その組織や情報管理の問題とも関わる難しい問題であるが、情報提供が可能かなど運用にも関わる問題であるため、その方針程度は明確にしておくことが求められる。災害調査論グループとも協力して検討を行いたいと考えている。

(5) フェーズ 4 : 社会実験に向けて

デジタル地上波は、災害情報の提供に有効な機能を備えており、その社会実験に参加することの意義は大きい。ここでの検討を通じて、社会実験に参加できるレベルまでの提案ができるようにしたいと考えている。

4. 4 予想される成果

研究グループの立ち上げが遅く、まだ、具体的な検討成果を出すには至っていないが、この検討を通じて、土木計画学における災害情報研究の活性化が図れればと思っている。