

# 日本地震工学会誌

Bulletin of JAEE

**No.16**

Mar.2012

**東日本大震災 特集号2**

特 集：震災から1年

— 浮かび上がった問題点と今後の方向 —



<http://www.jaee.gr.jp/>

一般社団法人 日本地震工学会  
Japan Association for Earthquake Engineering

〒108-0014 東京都港区芝5-26-20 建築会館  
Tel:03-5730-2831 Fax:03-5730-2830

# 日本地震工学会誌 (第16号 2012年3月)

Bulletin of JAEE (No.16 March.2012)

## INDEX

### 巻頭言：

会長メッセージ／川島 一彦	1
---------------	---

### お知らせ：

日本地震工学会表彰規定の充実とスペシャルアドバイザー制度の創設について／運上 茂樹	5
---	---

### 特集：震災から1年— 浮かび上がった問題点と今後の方向 —

気象庁でのマグニチュード決定および緊急地震速報 ：東北地方太平洋沖地震でのパフォーマンスと課題／干場 充之	6
気象庁における長周期地震動に関する情報の発表に向けた取り組み／相澤 幸治	10
仙台平野の津波浸水域と建物の脆弱性／越村 俊一	14
河川堤防の地震動被害と今後の課題／佐々木哲也	18
東日本大震災への対応について ～ 復旧・復興に向けて ～／川嶋 直樹	22
東日本大震災に対する鉄道構造物の対応／石橋 忠良	28
長周期地震動と建築物への影響／大川 出	32
建物被災度判定システムの実建物群への適用 — 超高層ビルの被災直後の健全性評価に向けて —／大類 哲	36
東日本大震災における機械構造物の被災状況／皆川 佳祐	40
東日本大震災からの復興に向けた岩手県の取り組み — インフラストラクチャーの再生を中心として —／平井 節生	44
東日本大震災に対する関連学会の活動評価の試み／近藤 伸也	48
被災地からの声	54

### 学会ニュース：

日本地震工学会創立10周年記念式典／矢部 正明	62
日本地震工学会年次大会2011開催報告／山中 浩明	64
東日本大震災国際シンポジウム開催報告／川島 一彦	66
企画事業実施報告／木全 宏之	68
■研究委員会の動き	70
■災害調査報告 (日本建築学会・日本地震工学会の協働による2011年トルコ・ワン地震の被害調査報告)	77

### 学会の動き：

行事	81
会員・役員・委員会の状況	82
会務報告	84
論文集目次	86
出版物在庫状況	89
本学会に関する詳細はWeb上で／会誌への原稿投稿のお願い／問い合わせ先	91

### 編集後記

# 会長メッセージ

川島 一彦

●日本地震工学会会長



日本地震工学会では、年2回、印刷物による会誌を発刊してきていますが、2011年11月に東日本大震災特集号を増刊号として発刊したところ、会員の皆様に高い評価をいただくことができました。地震工学が包含する幅広い分野を横断的にまとめて示すことは日本地震工学会にしかできない役割であることを再認識させられた次第です。東日本大震災に関してはまだ多くの情報提供が必要であることから、これを特集号の第2弾としてお届けするために、例年1月に刊行している新年号を3月に遅らせて刊行することにし、ここに東日本大震災特集号(第2報)をお届けします。

さて、一般社団法人化に伴う2年任期の最初の会長として、2011年5月の総会において会長職を引き継いでからもうじき1年が経とうとしています。理事会の中で議論し、必要な事項は速やかに実行することを基本に、この1年弱の間にいろいろな取り組みをして参りました。また、日本地震工学会の発展を通して会員の皆様の活動を支援するために、今後の1年余の任期中で取り組むべきと考えている点も多数あります。

以下には、現在までの1年弱の期間に理事会として取り組んできた事項と、今後の1年余の期間に取り組む必要があると考えている事項を示し、会員の皆様へのメッセージとしたいと思います。

## これまでの1年間

### 1) 理事会執行部体制の見直し

会長に就任して最初に感じたことは、委員会の中には理事会からの干渉を嫌い独立王国を築き、この10年間に実施してきた活動の繰り返しをしているだけで、日本地震工学会のこれからの10年をどのようなビジョンで立ち向かうかという視点を欠いている委員会があるという点でした。また、会長一総務担当理事の権限は強いのですが、理事が委員会を所掌するのに対して副会長には指揮監督権限が与えられていないため、副会長が”お飾り”になっているということも感じました。

このため、理事会において審議し、日本地震工学会の活動をより活発にするために必要なより上位で長期的視点を要する課題を副会長に担っていただくと同時に、理事並びに理事が所掌する委員会に対する副会長の指揮監督系統を明確にしました。これにより、後述するように、過去の繰り返しから脱した顕彰制度やJAEEスペシャルアドバイザー制度の創設等、今後の日本地震工学会にとって重要な成果が出てくるようになってきました。今後、理事会メンバー全員が責任を持って意思決定プロセスに参加し、誰もが必要と考えていながら実行できない体制に陥らない理事会を目指す必要があると考えています。

### 2) 顕彰制度の創設

日本では米国等に比較すると顕彰の機会が少ないと言われています。顕彰は若手の地震工学研究者の昇進や社会的評価の向上のために大変大切です。従来、日本地震工学会では35才以下の若手に対する論文奨励賞と年次大会の発表論文に与えられる優秀論文発表賞はありましたが、論文賞はありませんでした。また、名誉会員の制度はありましたが、地震工学および地震防災の進歩・発展、日本地震工学会の発展に顕著な功績があると認められた正会員あるいは法人会員を顕彰する仕組みがありませんでした。このため、功績賞と論文賞を新設することとしました。

また、2011年11月に開催された日本地震工学会10周年記念において、日本地震工学会の発展に貢献した歴代の総務担当理事や学会職員に対して功労賞を差し上げましたが、これを制度化し、日本地震工学会の活動、運営、発展に顕著な功績があると認められた正会員に功労賞を授与できるようにしました。

これによって、日本地震工学会では、1) 名誉会員の称号の他に、地震工学や日本地震工学会の発展に貢献した正会員または法人会員を顕彰する功績賞、功労賞、2) 論文部門に対する顕彰のための論文賞、論文奨励賞、優秀論文発表賞を授与する仕組みが整いました。

### 3) JAEEスペシャルアドバイザー制度の創設

現在、団塊世代の退職が進んでいますが、退職するとせっかく長年にわたって培った実力を持ち、今までに比較して時間的余裕が持てるようになったにも関わらず、専門家としての立場を失い、社会貢献がしにくい会員が多数おられると思います。こうした専門家を日本地震工学会として評価、認定し、“JAEEスペシャルアドバイザー”という肩書きを活用してライフタイムに渡って活発な活動を継続して頂きたいというのがこの制度の創設の狙いです。2012年1月から応募を開始しており、まもなくJAEEスペシャルアドバイザーが世の中に出ていく予定となっています。

### 4) 東日本大震災への取り組み

この会誌がお手元に届く頃には東日本大震災から1年が経ち、各種の追悼記念が一段落した頃だと思います。3.11という表現が誰にも通用するようになったことから明らかなように、東日本大震災が我が国の社会、経済に与えた影響は大きく、また、今後の東海地震、南海・東南海地震、首都圏直下型地震等、我が国に大きなインパクトを与える地震の発生に対する社会的な懸念も大きく増大しました。東日本大震災に対して、日本地震工学会では現在までに以下の取り組みをして参りました。

#### (1) 6学会東日本大震災被害調査連絡会

震災後、日本地震工学会、日本建築学会、土木学会、地盤工学会、日本機械学会、日本地震学会と協力して東日本大震災被害調査連絡会（通称、6学会連絡会）を立ち上げました。6学会連絡会の当初の目的は被災地の各機関に対する重複した取材を避け、地震被害情報をできるだけ関連学会間で共有することでした。この目的を達成した段階で6学会連絡会の議論は次第に、1) 被害情報を国際的に発信する説明責任を果たすとともに、情報共有をはかるべきではないか、2) 1995年兵庫県南部地震後に、日本建築学会、土木学会、地盤工学会、日本機械学会で26巻にのぼる阪神・淡路大震災調査報告書を刊行し、これがその後の地震被害に関する調査、研究に大きな役割を果たしたことから、東日本大震災でも関連学会の協力で合同調査報告書を編集すべきではないかという方向に発展してきました。これを受けて、以下の(2)、(4)が実現しました。

#### (2) 東日本大震災国際シンポジウム

東日本大震災と同時にインド洋津波地震、中国・四川地震、チリ・マウリ地震、ニュージーランド・クライストチャーチ地震、トルコ・バン地震等、近年発生した地震から何を学ぶかに関する国際シンポジウムを日本地震工学会、日本建築学会、土木学会、地盤工学会、日本機械学会、日本地震学会の6学会主催で2012年3月3、4日に開催しました。約440名が参加し、約200編の論文発表が行われました。米国、チリ、ニュージーランド、台湾、タイ、フランス、イギリス、中国、カナダ、インドネシア、スロベニア、スイス等16カ国から約100名の参加者があり、これに在日中の約40名の海外参加者を含めると、海外からの参加者は約140人と、全体の1/3以上となりました。

なお、3月1-2日には日本建築学会のシンポジウムが実施され、3月3-4日の国際シンポジウムをはさんで3月5-6日には土木学会のシンポジウムが開催される等、シームレスに東日本大震災関連の行事が開催されました。これは海外も含め外部から見て各学会がばらばらな取り組みをすべきではないとの考えに基づき、上記6学会被害調査連絡会等で調整された結果です。

#### (3) 日本地震工学会論文集・東日本大震災特集号

前述したように2011年11月に発刊した会誌「東日本大震災特集号」の他に、論文集でも東日本大震災に関する特集号を刊行することにしました。2011年11月にアブストラクト受付を開始し80編余が応募され、2012年9月には特集号を刊行予定です。なお、従来、地震被害調査報告は“論文”のカテゴリーには入れられていませんでしたが、地震被害の正確な認識と評価は地震工学研究や地震防災対策を考える上でまさにスターティングポイントであること

から、理事会で議論し、従来の”論文”と”報告”の区分を見直し、地震被害調査報告も論文のカテゴリーに入れるようにしました。これに伴い、投稿規定上の論文集の定義も見直しました。

#### (4) 7学会東日本大震災合同調査報告書の作成

2012年2月に日本地震工学会、日本建築学会、土木学会、地盤工学会、日本機械学会、日本地震学会、日本都市計画学会の7学会間で東日本大震災合同調査報告書を作成することが合意され、このため東日本大震災合同調査報告書編集委員会が立ち上げられました。今後、1～3年を目処に、順次、調査報告書を刊行することになります。日本地震工学会も関連学会と協力して共通編等を刊行することを目指しています。

#### (5) 提言

東日本大震災の特徴は広域的に被害が発生し、これが国土の一体的活用を図っている我が国のいろいろな産業に大きなシステムの、連鎖的被害をもたらしたことです。この反省から、今後発生が懸念されている広域災害に対する取り組みを念頭に、「広域・システム災害対応特別調査研究委員会」（東畑郁生委員長）を組織し、日本地震工学会としての提言をとりまとめつつあります。

#### 5) トルコ・バン地震への調査員派遣

トルコ・バン地震の被害調査のため、被害調査担当者を公募し、これに基づいて沼田宗純会員を被災地に派遣しました。現地は標高が高く気温が低い上、トルコ語が通用しない等、大変厳しい条件でありましたが、建築学会調査団と一緒にあって貴重な震災情報を得ることができました。公募に基づくタイムリーな調査団の派遣は今後とも継続していく必要があります。

#### 6) ウェブサーバーの更新

電腦学会を標榜する日本地震工学会にとって、適切なウェブの運用はきわめて重要ですが、現在までに使用してきたサーバーやウェブシステムはすでに耐用年数を過ぎ、更新が必要になってきました。このため、本年度の当初予算に含まれておりませんでした。理事会で協議し速やかに対応すべきとの結論に達し、従来の内部サーバー方式から外部サーバー方式に切り替え、2012年4月からの新規システムの稼働開始を目指して、現在システムを開発中です。かなりの投資となりますが、電腦学会である日本地震工学会にとって死活的な重要性を持った問題であることから、このように対応することとしたものであります。

#### 7) 新会員証への切り替え

日本地震工学会の会員証は従来紙ベースでしたが、これだと使いにくい上に、和文表記だけですから国際化にも対応できません。もとよりこれは日本地震工学会の発足以来、経費を抑えるための苦肉の策でしたが、理事会で検討してみると、さほどの出費を伴うことなくプラスチック製会員証への切り替えができることがわかりました。このため、1面は日本語、もう1面は英語表記にしたプラスチック製の新会員証に切り替えることにしました。2012年5月から一斉にこれに変わる予定です。

### これからの1年間

これから私の会長としての任期である2013年5月までの期間において、現理事会メンバーによって以下の事項を実施、もしくは少なくともその実現に向けた努力をしてみたいと考えています。

#### 1) 研究委員会活動の充実

もとより、研究委員会は日本地震工学会の活力の源泉です。個別領域に対する活動は日本地震工学会誕生前から日本建築学会、土木学会、地盤工学会、日本機械学会等の大学会において取り組まれています。しかし、地震工学という裾野が広く多面的な取り組みが求められる領域では、分野横断的取り組み、異分野融合の重要性は論を待ちません。明確なビジョンを持った研究委員長の下に各分野の専門家が集まった10程度の研究委員会を設け、活発な

成果を出し会員に還元できる体制にしたいと考えています。

## 2) 次の大災害への備え

今世紀前半までには発生が危惧されている大震災に対して、日本地震工学会としてどのように貢献すべきかを考えることは本会にとって重要です。東日本大震災では企業の事業継続プランの実施が重要な役割を果たしたと言われていますが、これは個人レベルからいろいろな組織レベルにわたって重要です。異分野横断的な専門家を有する日本地震工学会の特性を活かし、想定シナリオからスタートし、社会的対応に至る提言も含めた検討を実施して行きたいと考えています。

## 3) ニュースレターの抜本的見直し

電脳学会である日本地震工学会にとってニュースレターは会誌を補う上で大変重要な役割を担っています。しかし、現在までのニュースレターは関連項目を時系列に並べただけで、会員にとって重要なニュースは何か、どのようなニュースをヘッドラインで伝えるべきかといった編集姿勢を持っていません。米国地震工学会のニュースレターを参考に、設立から10年経った日本地震工学会にとって有益な新しいスタイルのニュースレターを配信できるようにしたいと考えています。

## 4) 第16回世界地震工学会議の日本開催

2012年9月に第15回世界地震工学会議がポルトガルで開催されます。この際に2016年の第16回WCEEの開催地が決定されますが、この際には日本開催を提案すべきだと考えています。世界地震工学会議は1956年に第1回がサンフランシスコで開催され、日本では1960年の第2回と1986年の第9回が開催されています。国際会議の主権に対しては、運営の大変さからこれを躊躇する意見が強いのですが、地震工学分野に限らず、国際会議の開催という点では、日本の国際競争力は確実に低下してきています。

現在では国際会議の運営のすべてを代行するコンベンション専門業者が育っており、こうした業者と組んで、少数の専門家メンバーが専門内容のハンドリングをすれば国際会議を切り盛りできる仕組みができあがっています。ある意味で、確実に多数の参加者が見込める国際会議は儲かるビジネスになってきてきているのです。日本も適切な貢献を考える必要があると考えています。

## 5) 海外会員の獲得とこれによる日本地震工学会の国際化

米国地震工学会 (EERI)では約2,200人の会員のうち20%弱の400人が海外会員です。カナダ100人、日本70人、英国25人と多数の海外会員がいます。海外会員の獲得は、海外において日本の技術が正当に評価されるために重要です。これは、日本のお家芸とも言える地震工学技術に対する評価の向上が、技術分野だけに止まらず日本そのものの評価の向上につながるところが大きいからです。

日本には毎年多数の留学生が地震工学を勉強に来てくれていますから、これらの学生を中心に海外会員の獲得に力を入れていく必要があります。このためには、研究成果や活動内容の英語発信を進めていく必要があります。

## 6) 公益法人化への取り組み

日本地震工学会は2010年2月に一般社団法人として再出発しましたが、本学会の役割を考えると公益社団法人への移行が可能であると考えられます。これは一般社団法人に比較し公益社団法人の方が税制上の優遇措置がある等、メリットがあるためです。すでに理事会では公益社団法人化を目指した可能性の検討を開始していますが、この結果を待ち、メリットがあると判断された場合には総会に諮った上で、この方向で進んで行きたいと考えています。

以上、長くなりましたが、2011年5月以降、現在までの1年弱の期間における取り組みと、今から2013年5月までの1年余の期間において日本地震工学会として取り組むべきと考えている事項を示しました。もとよりこれらの取り組みに対しては理事会が一丸となり、会員の理解と支援の下に実施しなければ到底実現できるものではありません。会員の皆様のご協力、ご支援をお願い申し上げる次第です。

## 日本地震工学会表彰規定の充実と スペシャルアドバイザー制度の創設について

運上 茂樹

●国土交通省国土技術政策総合研究所

日本地震工学会理事会では、本会の活動をより一層活発化、充実化すると同時に、より貢献度の高い優れた論文を社会に発信できるように論文集を一層充実させるための方策を検討して参りました。その一環として、この度、特に若手研究者や若手技術者の活躍の場を増やし、その活動をサポートできるような顕彰機会を増やすこと、さらに、退職等により第一線の活動から退かれたシニア会員に日本地震工学会としての立場で社会貢献活動をして頂くことを目的として、論文賞等の「表彰規定」が充実されるとともに、「日本地震工学会スペシャルアドバイザー制度」が創設されることになりました。本文では、その概要を報告いたします。

表彰およびスペシャルアドバイザーに関する規約および内規は、平成23年12月22日に開催されました理事会で決定され、現在、本会のWebページに掲載されていますので、会員の皆様におかれましては是非ご一読いただきたくお願いいたします。

新たに創設されました論文賞等を含む表彰につきましては、早速平成23年度からのスタートとなり、すでに推薦受付や審査が進みつつあるところです。スペシャルアドバイザーについては平成24年度からの委嘱・活動を予定しています。御関心を持っていただける場合には、本会のWebサイトから申請書をダウンロードいただき、事務局宛申請をお願いいたします。

### (1) 表彰規定の充実

表彰規定は、「一般社団法人日本地震工学会定款第3条(8)項」および「一般社団法人日本地震工学会一般規則第2条(5)項」に規定される「業績の表彰」に基づいています。

従来は、論文集に掲載された論文を対象にした「論文奨励賞」および年次大会への発表論文を対象にした「優秀論文発表賞」の2つのみでした。これに、功績部門として「功績賞」と「功労賞」が、また、論文部門としては論文奨励賞と優秀論文発表賞に加えて「論文賞」が新たな表彰として創設されました。

1) 「功績賞」は、地震工学および地震防災の進歩・発展、日本地震工学会の発展に顕著な功績があると認められた正会員あるいは法人会員に授与されます。

2) 「功労賞」は、日本地震工学会の活動、運営、発展に顕著な功績があると認められた正会員に授与されます。なお、本功労賞は、本会創立10周年記念事業の一環で創設されたものですが、これが表彰規定に正式に位置づけられました。

3) 「論文賞」は、日本地震工学会論文集に地震工学および地震防災に関する論文を発表し、独創的な業績を挙げ、これが地震工学および地震防災における学術・技術の進歩、発展に顕著な貢献をなしたと認められる論文の著者である正会員あるいは学生会員に授与されます。

選考方法等は別途内規に定められています。各賞ごとに選考委員会等が設置され、業績の表彰の募集および選考作業が行われ、選考委員会等の推薦に基づいて理事会で受賞者が決定されます。受賞者は社員総会において表彰されるとともに、賞状が贈られます。

### (2) スペシャルアドバイザー制度の創設

今回創設されたスペシャルアドバイザー制度は、「一般社団法人日本地震工学会定款第3条(5)～(7)項」に規定される「地震工学及び地震防災に関する振興・普及・広報・交流活動」に基づいています。

スペシャルアドバイザーとは、地震工学および地震防災に関する分野において豊富な経験を有するとともに、その経験を地震工学および地震防災に関する振興・普及・広報・交流活動等に生かすための活動を行うために日本地震工学会が委嘱する研究者、あるいは、技術者です。本会からの依頼に応じて以下のような活動を行うことが期待されています。

- 1) 地震工学及び地震防災に関する講演会、講習会、研修会、セミナー等での講演
- 2) 学術・技術の調査・研究に係る委員会活動、アドバイス
- 3) その他、日本地震工学会の活動目的に資する振興・普及・広報・交流活動

スペシャルアドバイザーは、地震工学および地震防災に関連した経験年数40年以上を有する名誉会員および正会員を対象とし、申請に基づいて確認、審査し、登録決定時には会長から委嘱が行われます。任期は2年とし、継続も可能となっています。

# 気象庁でのマグニチュード決定および緊急地震速報 ：東北地方太平洋沖地震でのパフォーマンスと課題

干場 充之

●気象研究所

## 1. はじめに

東北地方太平洋沖地震のマグニチュード(以下、M)は9.0であり、これはわが国で近代的な地震観測が始まってから最大のものである。それでは、このMはどのように求められるのだろうか？ 一方、この地震に対しては、緊急地震速報(警報)が発せられている。本稿では、気象庁のM決定および緊急地震速報に関して、まず、そのバックグラウンドについて触れ、次に、東北地方太平洋沖地震時のパフォーマンスについて述べ、さらに、顕著になった問題や課題について記す。

## 2. 気象庁のM

### 2-1 Mの決定プロセス

気象庁のMは、中規模より大きい地震の場合、固有周期6秒、減衰定数0.5の変位計相当の記録から求めるのが基本である(変位M。この他に小～微小地震の場合は、速度波形から求める速度Mがある)<sup>1)</sup>。各観測点の水平2成分それぞれの最大振幅、震央距離、深さから観測点個々での値を求め、それを平均することで地震のMとしている。顕著な地震では、ほとんどの場合、“気象庁M”と呼ばれるものは、この変位Mである(変位Mが求められない場合は、極まれに、速度Mを用いる場合もある。気象庁一元化震源カタログには、変位M、速度Mのいずれを用いているかが明記される)。

気象庁の震源位置とMは、解析の迅速性と精度に応じて、速報値、暫定値、確定値と更新される<sup>2)</sup>。速報値は、津波予報に用いられるもので、決定には迅速さが重視される(地震直後2~3分)。このため、使用する観測点数を絞って解析する。TVのテロップやニュース速報で用いられるのは、通常この速報値である。一方、暫定値は、気象庁一元化カタログに掲載するMを推定するため、検測者が会話的に吟味を繰り返しながら多くの観測点のデータを使って求めるもので、迅速さではなく正確さが重視される。通常、地震発生の翌日に求めているが、震度5弱以上の場合や津波予報をおこなったような顕著な地震の場合には、1~2時間後に求めることがある。時々、1~2時間後に「気象庁はMを修正」と報道されることがあるが、これは、速報値から暫定値に更新されたことによる。一方、確

定値は、数ヵ月後に、観測点の不具合(たとえば、時刻ずれなど)がないことを確認した上で、気象庁一元化カタログに載せる値として確定される。ただし、暫定値から修正されることはまれで、暫定値の値がそのまま確定値になることがほとんどである。

気象庁では、この変位Mとは別に広帯域地震計の波形から得られる100-300秒の地震波形をCentroid Moment Tensor (CMT)解析により、地震モーメントを求めさらにモーメントM(以下、 $M_w$ )をルーティン的に求めている。顕著な地震の場合には、地震後5~15分程度で最初の値を得るが、その後、検測者の吟味を重ねて翌日から数日後には確定しHP等に掲載される。

なお、最近、緊急地震速報の運用開始とともに、さらに、“緊急地震速報のM”が加わった。これは、検測者の手を介すことなく、3成分を合成した最大変位振幅から求めるものである。現在、津波警報の迅速化の観点から、陸域、および、沿岸付近で発生した地震に対しては、緊急地震速報の最終報のMの値を速報値とする運用を行っている(沿岸から遠い海域に対しては、震源決定精度が悪いのでこの運用は行っていない)<sup>3)</sup>。

気象庁のMは、顕著な地震の場合には、変位Mであり、よって、固有周期6秒の変位計相当の波形から求めている。この特性により、6秒よりも長周期の波は実際の振幅よりも小さな値として記録される。長周期になればなるほど、実際の値よりも小さくなる。一般に、地震が大きくなるほど、長周期の波が卓越するようになる。このため、 $M_w$ が8を超えるような巨大地震の場合には、気象庁Mが過小評価する可能性(いわゆる“Mの飽和”)が指摘されていた。今回の東北地方太平洋沖地震では、この問題が顕著化したといえる。

### 2-2 東北地方太平洋沖地震でのM

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震では、14時46分の地震発生の3分後にM7.9と推定し、この値をもとに津波予報を行った<sup>4)</sup>。前述の様に、この値は速報値である。なお、この震源位置は沿岸から遠いため、緊急地震速報の最終報のMではなく、検測者による緊急検測によるものを用いた。

その後、検測者による会話検測を経て、16時00分の報道発表でM8.4と発表し、暫定値に切り替えた。さらに、17時30分の報道発表で $M_w$ を8.8と発表した。こ

これは、気象庁の広帯域地震計は南西諸島以外ではほとんどの観測点で振りきれたため、海外の観測点も含めて、通常用いている30分間の波形の周期100-300秒帯の解析による結果である。しかしながら、この地震では通常より複雑なかたちで巨大な破壊が連続して発生しているため、上記のデータでは地震モーメントを評価するには短すぎると判断し、50分間の200-1000秒の周期帯の波形を用いて再解析した<sup>5)</sup>。その結果、 $M_w$ を9.0と推定し、13日12時55分に発表した。現在、この値が一般に使われている。

この様に、本震のMの発表は、速報値(7.9、変位M、14時49分)、暫定値(8.4、変位M、16時)、 $M_w$ (8.8、17時30分)、 $M_w$ (9.0、13日)と推移した。この地震では、 $M_w$ が一般向けに報道発表され、その値が用いられている。このような措置は、今回が初めてである。変位Mの8.4では、地震の震源の様子を十分に表わしていないとの判断からであろう。

気象庁では、今回の地震に伴って津波警報を発表し、その後、警報の切り上げを続けた。第一報は速報値のMを用いたが、その後の切り上げは沖合や沿岸での潮位観測データに基づくもので、Mの更新によるものではない<sup>4)</sup>。

なお、3月11日15時15分の最大余震については、暫定値でM7.4と求めたのち、 $M_w$ として7.7を報道発表している(3月22日)。その後、改めてデータを精査し、変位Mとして得られた7.6としている(12月8日)。現在、一般向けのMとして、 $M_w$ が用いられているのは、東北地方太平洋沖地震の本震(M9.0)のみである。

### 2-3 M推定に関わる課題

東北地方太平洋沖地震では、一般向けのMとして、 $M_w$ が用いられているものの、今後も気象庁のMとしては、変位Mを用いることが原則である。一般向けとして $M_w$ を用いるのは、今回のような超巨大地震等の際に限られる。

M推定に関して今回の課題は、津波予報時のM推定についてであり、迅速性を維持したうえで、どのように $M_w$ (あるいは、地震の全体像)を推定するか、ということであろう。この検討が現在進んでおり、それを踏まえた津波予報のあり方が議論されている<sup>6)</sup>。

## 3. 緊急地震速報

本節では、干場・尾崎<sup>6)</sup>やHoshiya et al.<sup>7)</sup>の内容を要約し、気象庁の緊急地震速報の運用と東北地方太平洋沖地震でのパフォーマンスを述べる。

### 3-1 緊急地震速報の運用

気象庁の緊急地震速報では、気象庁検知網(約200

地点)と防災科研Hi-net(約800地点)からのデータを処理し、震源決定では5つの方法(B- $\Delta$ 法、テリトリ法、グリットサーチ法、EPOS震源、着不着法)を併用している。また、Mは、その時点までの最大変位振幅から、P波部分に適用するP波M式と、波形全体の最大振幅に適用する全相M式を用いて推定している。

最大5点の観測点から得られるMの中央値を緊急地震速報のMとしている。震源位置とMは、時間の経過とともに、新たに加わったデータを取り込み更新される。得られた震源位置とMから、PGVの距離減衰式、地盤の増幅特性、PGVから震度への経験的な換算式を用いて震度予測を行う。世界的には、はじめの数秒間みのデータから最終的なMを推定し、震度を予測するという考え方も多い中で、気象庁では、時間の経過とともに解析に用いる波形の長さも長くして、震源、M、予測震度を逐次更新していく方式をとっている。なお、現在の運用では、震度を予測する地点は震度計の観測地点(全国で、約4300点)である。

気象庁の緊急地震速報には、「予報」と「警報」の2種類がある。「予報」は、高度利用者向けのものであり、予測された震度が3以上、または、 $M \geq 3.5$ と推定された場合、あるいは、観測した加速度が $100\text{cm/s}^2$ を超えた場合、に発表される。時間の経過とともに更新された震源位置とMに応じて、「予報」も更新される。通常1つの地震に対して、数報から十数報が発表される。「予報」では震度4以上が予測される場合には、その地域名も付される。「警報」は、「予報」のうち、特に、いずれかの予測地点で震度が5弱以上と予測された場合に、震度4以上の地域に対して発表される。「警報」は、一般向けに発表されるもので、TV、ラジオ、携帯電話の放送メールサービス等を用いて広く放送される。一旦「警報」が発表されると、更新された震源位置とMによる予測震度が全ての地域で5弱未満となっても取り消されない。これは、再び、予測震度が5弱以上となる場合を想定し、1つの地震に対して、何度も発表、取り消し、を繰り返す混乱を避けるための措置である。一方、震度3以下と予測していた地点が、新たに、震度5弱以上と予測された場合には「警報」の更新が行われ、その地域が付加される。

なお、上記したように、1つの地震に対して、緊急地震速報を逐次更新していき、震源位置やMの変化が収まったと判断された時に、最終報が出される。

### 3-2 東北地方太平洋沖地震でのパフォーマンス

東北地方太平洋沖地震では、OURIにおいてP波を11日14:46:40.2に検知し、トリガがかかった<sup>8)</sup>。図1には、この地震でのMと震源位置の推定の変遷を、図2には、

時間経過毎の「予報」と「警報」の発表状況と、その時点での揺れ分布を示す(なお、このアニメーションは気象研究所<sup>9)</sup>)。

この地震では、「予報」を15報まで発表することになるが、その第1報は、14:46:45.6(図2-A)である。ただし、この時点でのMは4.3と小さい。これは、この地震の最初の数秒間の振幅が極めて小さいこと、特に、変位振幅はノイズレベル程度であることによる<sup>10)</sup>。Mは第2報で5.9、第3報で6.8(図2-B)と大きくなり、第4報で7.2と推定した時点で、宮城県中部で震度5弱と予測される地点があり、この14:46:48.8の第4報は「警報」となった(図2-C)。この「警報」は、TV、ラジオ、携帯電話の放送メールサービス等により放送され、NHKでは全国放送で、また、他の民報では東北ローカルで放送された。「警報」が発表された時点では、東北地方のいずれの場所でもS波の到着以前であり、また、その時点での震度も2以下である。警報の基準である震度5弱以上が観測されるのは、「警報」が発表されてから約15秒経ってからである(図2-D)。なお、「警報」が発表されたのち、Mの値は一旦6.3まで減少する。これは、2番目の観測点(ICHINM)でも最初の数秒間の変位振幅が小さいためである。その後、Mは徐々に大きくなり、最終報(第15報、14:48:37.0、地震検知から116.8秒後、図2-E)では、8.1と推定している。この値は、変位振幅から求める気象庁のMとしては、ほぼ上限に近いものである。2-1で述べたように、変位

Mは $M_w$ が8以上になると飽和することが知られている。実際、気象庁一元化カタログで求められている変位Mは8.4である。

なお、Mの計算には通常最大5点までを用いるが、今回の地震では、そのうちの1観測点からの信号が品質チェックで不適切と判断されたため、4点での推定を行っている。

### 3-3 緊急地震速報に関わる技術的な課題

東北地方太平洋沖地震を経験し、あらためて認識された技術的な課題としては、主に、巨大地震の震源域の広がりへの対応と、広域で連発する余震への対策、があげられる。

緊急地震速報の最終報(第15報、14:48:37.0)では、東京は震度4と予測している。このタイミングは、図2-Eで示す時点(震源時から139秒)であり、これは関東地方で本格的な強震動が始まる前である。実際に観測された最終的な震度(図2-F)は、関東地方で震度6強や6弱のところもあり、この震度予測は過小予測である。この過小評価は、現在の方法に、震源域の広がりと後続破壊への対応が不十分であったためと思われる。この地震の震源域が南に広がっていることや破壊継続時間の長さが影響している。

本震後の数週間の間、余震に対して震源やMを適切に決められず、震度を過大に予測し、その結果、過大な警報を発表することが相次いだ。これは、広い余震域の中でほぼ同時に複数の余震が発生したために、システムが混乱した場合が多い。たとえば、本震後から4月28日までの49日間で、警報(つまり、いずれかの地点で震度5弱以上を予測)を発表した回数の70回のうち、いずれの地点でも震度2以上が観測されなかったのは17回である。ちなみに、2007年10月の運用以降、東北地方太平洋沖地震直前の2011年2月までの41ヶ月間で警報の回数は17回で、そのうち、震度2以上が観測されなかったのは1回である(その原因はソフトウェアの不具合<sup>11)</sup>)。

現在、これらの課題に対処するためのいろいろな提案が行われ、議論が進められている<sup>6)</sup>。

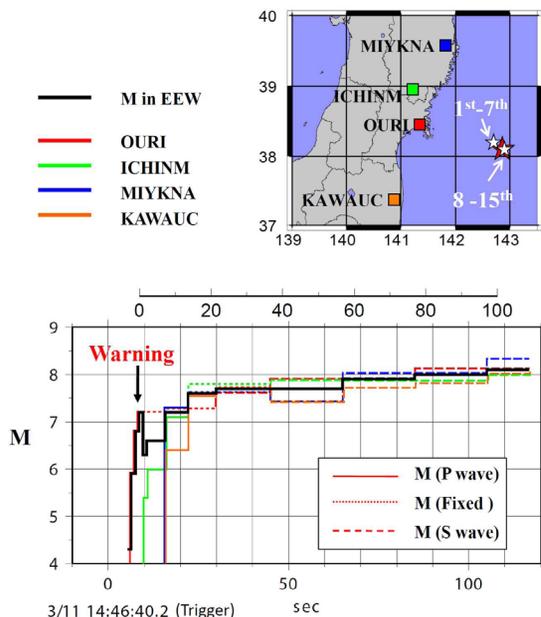


図1 震源決定とM推定。(上)第1~7報(トリガから5.4~11.0秒)と8~15報(15.9~116.8秒)での震央推定位置(深さは10km)。(下)M推定の時間経過。トリガおよび「警報」からの経過時間を示す(Hoshihara et al.<sup>7)</sup>より)。カラー版は学会HPを参照。

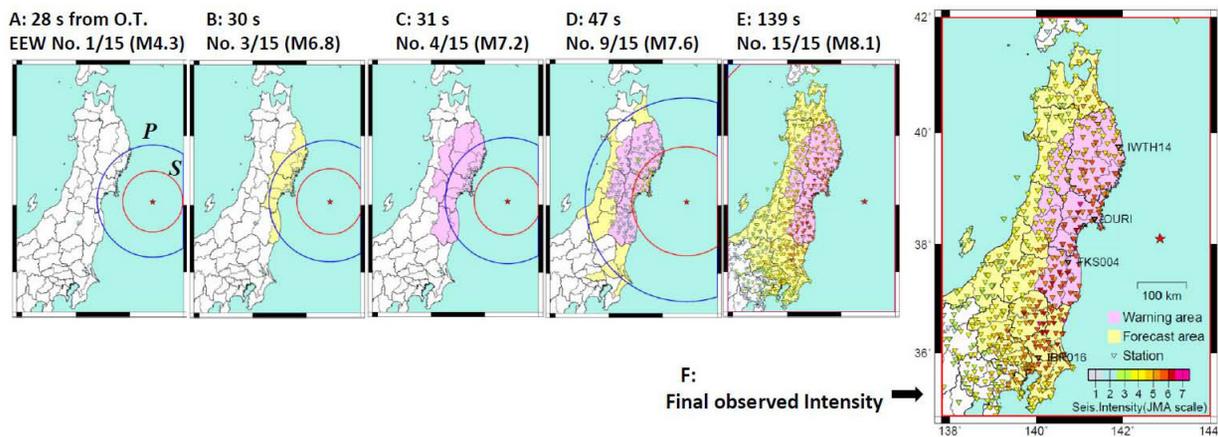


図2 緊急地震速報の「予報」, 「警報」の発表状況と, その時点での揺れの分布。A:最初の「予報」, B:第3報, C:「警報」, D:最初の震度5弱以上, E:最終報, F:最終的に観測された震度。(干場・尾崎<sup>6)</sup>から抜粋)。カラー版は学会HPを参照。

### 謝辞

会誌編集委員会からはこの原稿の執筆の機会を与えて頂いた。解析には気象庁の検知網データのほか、防災科研のK-NET, KiK-netのデータを使用した。なお、気象庁一元化震源カタログの作成には、防災科研や大学等からのデータも使用され、また、緊急地震速報は、防災科研等の協力を得て運用されている。

### 参考文献

- 1) 詳細なM決定の手順については、地震火山月報(カタログ編)のCD-ROMを参照
- 2) 気象庁: 震源要素(速報値、暫定値、確定値)の違いについて、地震火山月報(防災編)、平成15年7月号、巻頭ページ、2003、<[http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/monthly200307/200307yougo\\_kaisetu.html](http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/monthly200307/200307yougo_kaisetu.html)>
- 3) 気象庁: 緊急地震速報の技術を活用した津波警報・注意報の迅速化について、報道発表資料平成18年9月7日、2006、(<http://www.jma.go.jp/jma/press/0609/07b/20060907EEW.html>)
- 4) Ozaki, T.: Outline of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (Mw9.0) -Tsunami warnings/advisories and observations-, Earth Planets Spaces, 63, 827-830, 2011.
- 5) Hirose, F., K. Miyaoka, N. Hayashimoto, T. Yamazaki and M. Nakamura, Outline of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (Mw9.0) - Seismicity: foreshocks, mainshock, aftershocks, and induced activity-, Earth Planets Spaces, 63, 513-518, 2011.
- 6) 干場充之、尾崎友亮: 2011年東北地方太平洋沖地

震での緊急地震速報と津波警報、地震2、(受理)、2012.

- 7) Hoshiba, M., K. Iwakiri, N. Hayashimoto, T. Shimoyama, K. Hirano, Y. Yamada, Y. Ishigaki, and H. Kikuta: Outline of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (Mw 9.0) —Earthquake Early Warning and observed seismic intensity—, Earth Planets Spaces, 63, 547-551, 2011.
- 8) 気象庁、2011、災害時地震・津波速報:平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震、<[http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji\\_201101/saigaiji\\_201101.html](http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_201101/saigaiji_201101.html)>
- 9) 気象研究所、2011、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震関連 <<http://www.mri-jma.go.jp/Dep/sv/2011tohokutaiheiyo/index.html>>
- 10) Hoshiba, M. and K. Iwakiri: Initial 30 seconds of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake (Mw9.0) -amplitude and  $\tau_c$  for magnitude estimation for Earthquake Early Warning -, Earth Planets Spaces, 63, 553-557, 2011.
- 11) 気象庁: 2009、緊急地震速報(警報)の誤報について(第2報), <<http://www.jma.go.jp/jma/press/0908/25b/200908251700.html>>



### 干場 充之

京都大学理学部卒。気象研究所、南カリフォルニア大学研究員、ミュンヘン大学客員研究員、気象庁地震火山部を経て、2008年より2度目の気象研究所勤務、博士(理学)。

# 気象庁における長周期地震動に関する情報の発表に向けた取り組み

相澤 幸治

●気象庁地震火山部地震津波監視課 調査官

## 1. はじめに

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震では、東京都内や大阪市内の高層ビルで内装材被害や家具・什器等の転倒が生じた<sup>1)2)</sup>ほか、石油タンクでスロッシングの被害が発生<sup>3)</sup>するなど、東日本から西日本の各地で長周期地震動の影響とみられる被害が報告されている。高層建築物等の増加<sup>4)</sup>など都市の高層化が進展し、地表で観測している震度では評価できない長周期地震動による影響を受ける人口が増加している現状を踏まえ、気象庁では長周期地震動に対する新たな地震情報の発表に向けた検討を進めているところである。本稿ではその経過を紹介する。

なお、用語について整理する。気象庁では周期数十秒以上の成分もモーメントマグニチュードの算出等に

用いているが、ここでは、周期1、2秒から20秒程度の日本国内に立地する長大構造物を対象とした周期帯を長周期とし、さらに大きな揺れの継続時間が数十秒程度以上のものを「長周期地震動」と呼ぶ。

## 2. 長周期地震動と震度

気象庁では、地震動を観測後数分程度以内に、各地で観測された震度を地震情報で発表している。明治以来、震度は気象官署等における体感や被害状況から判定していたが、平成3年から、計測震度の活用を開始し、平成8年以降は、全て計測震度を用いるようになった。また、平成8年には、震度とは地動の大きさを表すものと整理し、ある震度が観測された場合に一般に発生する可能性のある被害について「震度階級関連

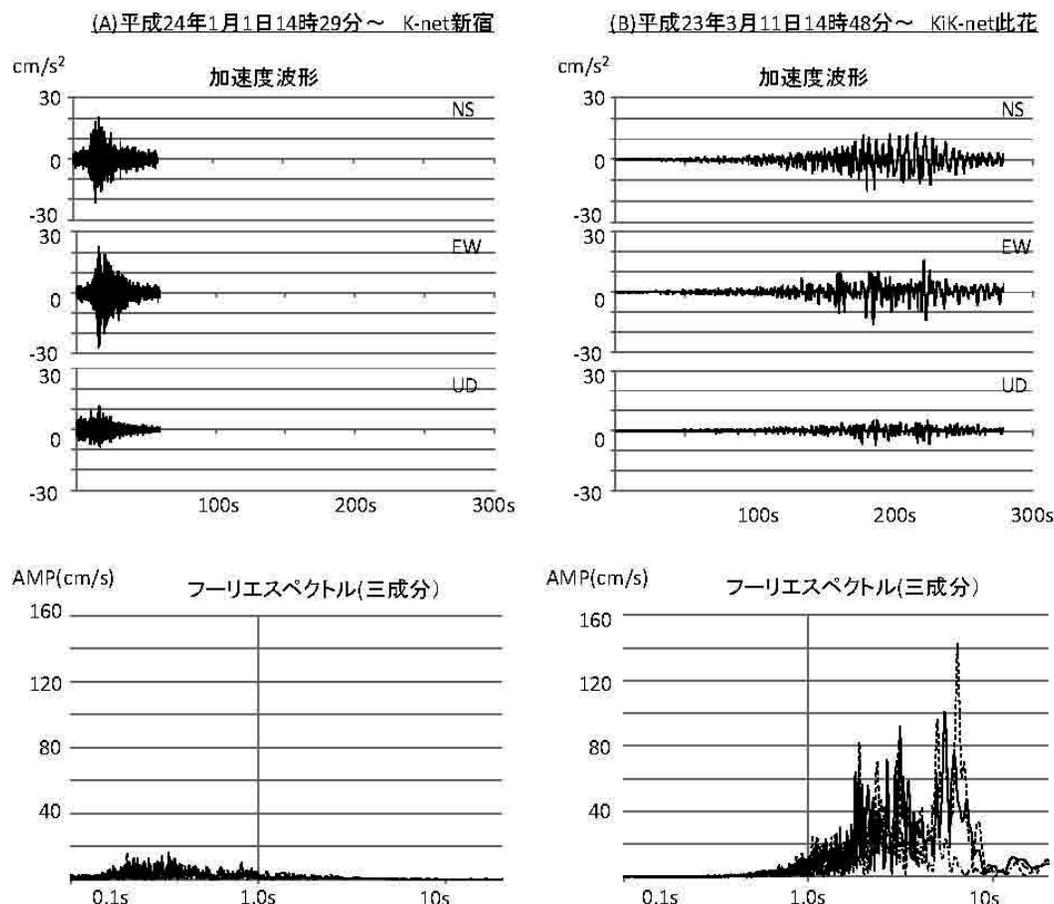


図1 震度3を観測した地点の波形およびフーリエスペクトル

解説表」により解説することとした。現在、気象庁が発表する震度観測点は、防災科学技術研究所や自治体の観測点もあわせて、全国で約4,300地点に上っている。震度は、防災関係機関の初動体制の基準や災害応急対策の開始、また、住民も含め、状況を知るための情報としての役割を担っている<sup>5)</sup>。

計測震度は迅速性と簡潔さの利点を有するが、地震動の周期の違いや、継続時間を評価していない。図1 Aは鳥島近海で発生したM7.0深さ397kmの地震において東京都内で平成24年1月1日14時29分頃から、また、Bは東北地方太平洋沖地震において大阪市内で平成23年3月11日14時48分頃から観測された加速度波形およびそのフーリエスペクトルである。Aは周期1秒以下の成分が、Bは周期1秒以上、とりわけ6～8秒の成分が卓越し、また、Aはほぼ数十秒で揺れが収まっているが、Bは数分程度継続している。しかし、いずれも計測震度に基づく震度階級は3である。

このため、平成8年に気象庁が公表した震度階級関連解説表では、震度では認識しづらい長周期地震動について、注意書きに、「(4) 大規模な地震では長周期の地震波が発生するため、遠方において比較的低い震度であっても、エレベータの障害、石油タンクのスロッシングなどの長周期の揺れに特有な現象が発生することがあります。」と記載し、平成21年の解説表の改訂でも、「大規模構造物への影響」という項目を設け、長周期地震動による超高層ビルの揺れや石油タンクのスロッシングについては、別に解説を行っている。

大阪市内における平成23年3月11日14時50分頃の揺れについて行った聞き取り調査では、1階や地上にいた方から、「多くの方が揺れに気付いた。ゆったりとした揺れで、いつもの地震に比べ揺れが長かった」など、多くの方が地震を感じるという震度3の特徴と共に、周期特性や継時特性を示す表現が得られた。例えば、気象官署における体感による震度観測では、身体に受けた感じがごく急激であったか、急であったか、緩やかであったかによって、地震動の性質を「極急」「急」「緩」に分けて記録していた。図2は1978年伊豆大島近海の地震について静岡地方気象台が取り纏めた資料で、記事に「急」ないし「緩」と記載されている。また、石油タンク事業者の現場で聞き取りを行ったところ、揺れが大きく、ゆっくりとして、かつ継続時間が長い地震の場合、過去の経験からスロッシングに繋がる可能性があると考えて即座に身構える、といった証言もあった。このような例から、人間の体感を活かせば長周期地震動の発生の有無を評価することは可能であるとも考える。しかし、高層ビル等でどの程度の揺

れになるか、といったことを体感だけで評価することはなかなか困難であること、個人の経験差が大きいことから、長周期地震動に対する広く一般に利用可能な情報の発表が必要ではないか考えている。

官署名	震度	発 震			初期微動時間	初動方向		最大全振幅 (mm)	記事	
		時	分	秒		上下	水平			
石廊崎	IV	14日	12	24	47.4	×	+	×	振り切れ	急
網代	IV		12	24	45.2	4.1	-	SE	58	急
三島	IV		12	24	45.2	6.1	-	SE	79	急
静岡	IV		12	24	52.8	11.5	-	ESE	57.3	急
御前崎	III		12	24	56.1	×	+	×	57.6	急
浜松	II		12	25	01.5	14.8	×	×	21.4	緩

図2 静岡地方気象台の地震観測結果に関する資料

### 3. 高層ビル内の揺れの実態に関する聞き取り調査等の結果について

長周期地震動に対する防災情報の発表を検討するに当たって、対象者や利用目的、また、情報内容を検討する必要がある。そのためには、長周期地震動によりどのような被害が発生するか、また、既存の地震情報で何が足りないのかを把握することが重要である。石油タンクのスロッシングについては、前述のとおり、詳細な調査が行われていたため、気象庁では、過去の研究事例<sup>6)</sup>を踏まえつつ、東北地方太平洋沖地震での高層ビル内における人の体感や感情の状況を中心に、家具・什器等の転倒・移動等、人的被害に繋がる恐れのある被害の実態把握および施設管理者等の対応の状況を把握するため、20階建以上のオフィスビルにおいて対面方式による聞き取り調査等を行った。この調査は平成24年2月14日現在、東京都内では40棟、延べ200人に対して実施しており、その後も継続して実施している。

行動の困難さについて、東京都内の高層ビル内では、避難階に位置する防災センターの職員等は、「大きな揺れを感じたが、普通に立っていた」「物に掴まりたいと思った」という証言が多かったのに対し、上層階の方は、「物に掴まっても立っていられなかった」「歩けなかった」という証言が多かった。なお、軒高が150mを超えるビルの一部では「何かに掴まりたくなかったが歩くことは出来た」という証言もあった。

什器等の移動、転倒については、いずれのビルでも、上層階になるにつれ、背の高い本棚等が転倒した、キャスター付きの椅子やコピー機が移動した、机の引き出しが開いた、といった証言の増加が共通して認められた。図3は本震時、14時50分頃に東京都内の100mクラスのオフィスビル上層階で撮影された映像であるが、揺れによって机の引き出しが開き、ブラインドが大きく揺れている様子が分かる。このほか、天井材の落下、内装壁のひびなども多くのビルで確認された。



図3 高層オフィスビルにおける本震時の状況

驚愕度や恐怖感について聞くと、「死ぬほど怖かった」「悲鳴が聞こえた」といった証言があった一方で、「特に怖さは感じなかった」「少し驚いたが、冷静に対応できた」といった証言もあり個人差が大きい。なお、何が怖さをもたらしたかに関して聞くと、「過去経験の無い揺れだったから」と証言されるのに加え、「窓から外を見ると隣のビルがぶつかりそうになるくらい揺れていて怖かった」「スライド式書架が左右に大きく移動し、ぶつかり合う音が大きく響いていたことが怖かった」という視覚、聴覚による状況や、「何かきしむような音が聞こえ、ビルが壊れるのではないかと思ひ怖かった」など事態悪化を想像させる状況で恐怖が増したとの証言があった。

揺れの雰囲気について、上層階では「船に乗っているような感じ」「最初円をかくようになって、次第に大きく回る感じ」などの証言が多い。さらに、揺れの継続時間については、上層階、低層階とも、「非常に長かった」など、ほとんどの方が長い揺れと感じられていた。このような揺れによって気分を悪くした方が相当数いたことが明らかとなった。

東京都内の軒高100mクラスの高層ビルにおいて什器が転倒した室内(図4)にいた方に時系列で話を伺った。A氏「少し大きな地震だ、と感じていたところ、次

第に揺れが大きくなり、本棚がガタンガタンと動き始めたので、広いスペースに逃げた。床に胡坐をかいて座っていても体が前後に揺さぶられ、四つん這いにならないと安定を保てなかった。机の上に乱雑に置いたものは落ちていなかったが、しばらくすると、本棚が一斉に倒れ、挟まって身動きが取れなくなった人がいた。揺れは兎に角長く、気持ち悪くなる揺れだった」。B氏「ちょっと大きな地震だ、と同僚と話した後、椅子に座っていたら、周囲の本棚が揺れ始め、抑えようと必死に手を伸ばした。さらに揺れが大きくなって、背後から本棚が倒れてきた。倒れ方がゆっくりだったため、当たっても衝撃は少なかったが、埋もれてしまい、抜け出すのが大変だった」。この証言から、什器等がロッキングを起こしてから転倒するまでにはやや時間があり、地上での震度が次第に成長していった<sup>7)</sup>ことと整合的である。一方、この方々は首都直下地震が起きたとしか思えず、地震情報で、震源が三陸沖、東京都内は震度5弱～5強と聞いても、まったく理解できなかった、とのことであった。



図4 高層ビル上層階での什器の転倒状況

各ビルの防災センター職員などの、3月11日当日の対応は、調査したビルでは震度3ないし4を基準として館内の点検等に入ることになっており、3月11日当日はいずれのビルも基準を超える震度が観測されたため館内点検等を行った、との回答があった。高層階の揺れについて防災センターでイメージ出来たか聞いたところ、震度5弱だったので上層階では揺れが大きいと思ってはいたものの、館内を巡視している職員から「立ってられない」などの連絡があり、想像以上の揺れに驚いた、といった証言が多かった。さらに、館内での天井材の落下等について、震度5弱クラスの地震はかつて経験があるのに何故今回このようなことになったのか、と顧客から問い合わせがあり、その説明に苦慮した、といった証言もあった。高層オフィスビ

ルでは、地震時に防災センターから館内放送を行っている。地表階の加速度計による震度を基準に放送しているビルでは、東北地方太平洋沖地震では基準に達しなかったことから放送を掛けなかったが、上層階で大きな揺れがあったのになぜ放送しなかったのか、と問われ、以後基準を下げて放送することにした、という事例もあった。なお、館内放送は、全館一斉放送であるため、地震だからといって頻繁に流すと飲食店等のテナントなどから苦情が寄せられる、といった証言もあった。ビルの管理会社からは、大きな揺れであったため、そのままビル内に人を留めておいてよいか判断に迷った、という声も多く聞かれた。ビル内に設置した加速度計を活用した安全判定システム等を運用している所ではシステムが有効であった、との話もあったが、継続使用の可否については、管理者だけでは判断できず施工者や設計者などの専門家の確認が必要との声も聞かれた。

今回の聞き取り調査では、免震構造を除き、高層ビルでは上層階ほど揺れが大きいということや、過去の地震の経験から低層階より揺れが大きいことは知っていた、と証言される方は多い。しかし、東北地方太平洋沖地震における揺れはそのイメージを大きく上回っており、特に上層階の方は、地表の観測値である震度を聞いても全く地震の揺れを理解できず、また、震度だけでは、低層階から上層階の揺れを正確にイメージすることが難しく、過小評価に繋がりがねないことも明らかとなった。構造物の継続使用等の判断等に資する構造躯体の評価については、管理会社では設計者・施工者等の専門家の調査および助言が必要であると認識していることも分かった。

これまでの調査結果等を踏まえ、気象庁では、一般に広く提供する長周期地震動に関する情報は、住民、施設管理者、防災関係機関等の方々が、日頃聞きし、かつ、揺れの経験がある地震情報の「震度」では理解しにくい長周期地震動による揺れの体感を理解でき、かつ、室内における人的被害や施設内の長周期地震動特有の現象の発生可能性について、経験がなくともイメージ出来るようなものとし、また、施設管理者等の特定ユーザーが利用しやすいような波形やスペクトル等のデータ提供も併せて行うことが必要ではないか、と考えている。

#### 4. まとめ

気象庁では、長周期地震動に関する情報の発表に向けた検討を行うため、平成23年11月に「長周期地震動に関する情報のあり方検討会」(座長 翠川三郎東京

工業大学教授)を設置し、各分野の方からご意見を頂いているところである。検討会でさらに審議を頂いた上で、平成23年度内に、情報の対象及び目的の整理、発表のタイミングと内容の方向性、分析手法の概略検討等を纏め、平成24年度には、具体的な発表基準や手段を検討し、平成24年度末の発表開始を目指す予定としている。さらに緊急地震速報のような長周期地震動に対する予測情報の発表に向けた調査研究も進めたいと考えている。

#### 謝辞

東京都内の高層ビルに対する聞き取り調査の一部は、工学院大学建築学部の久田嘉章先生と共同で行いました。また(独)防災科学技術研究所強震観測網のデータを利用させていただきました。記して御礼申し上げます。

#### 文献

- 1) 久保智弘・久田嘉章・相澤幸治・大宮憲司・小泉秀斗：2011年東日本大震災における新宿駅西口・超高層建築物のアンケート調査(その1)工学院大学新宿校舎における揺れとアンケート震度調査,日本地震工学会大会-2011梗概集,p.36-37,2011
- 2) 大阪府総務部：咲洲庁舎の安全性等についての検証結果,2011
- 3) 総務省消防庁消防研究センター：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の被害及び消防活動に関する調査報告書(第1報)第3編,p.253-374,2011
- 4) 国土交通省：平成22年度国土交通白書,第2章第2節,p.82,2011
- 5) 気象庁：震度を知る,ぎょうせい,pp.238,1996
- 6) 表俊一郎・檜橋秀衡：1978年宮城県沖地震のアンケート調査解析,日本建築学会研究報告・九州支部,構造系(24),p.201-204,1979
- 7) 気象庁：災害時地震津波速報「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」1.地震・津波の概要(6)震度と地震波形, p.25-62,2011



#### 相澤 幸治

2003年 北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻博士課程後期課程単位取得退学。気象庁企画課、国土交通省砂防計画課火山・地震対策係長等を経て現職。これまで平成20年岩手宮城内陸地震における斜面崩壊・天然ダム対策や、地震・津波・豪雨等に対する緊急防災情報に関する調査などに従事。

# 仙台平野の津波浸水域と建物の脆弱性

越村 俊一

●東北大学大学院工学研究科災害制御研究センター

## 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震・津波は、12都道県で死者・行方不明者19,131人(死者：15,850人、行方不明者：3,281人、警察庁2月15日現在)に上る甚大な被害をもたらし、我が国史上最大規模の超巨大地震津波災害となった。特に岩手県から福島県にかけての津波被害は甚大であり、仙台平野では、海岸線から5 km以上内陸まで津波が浸水し、一般家屋だけでなく、仙台空港などの重要なインフラ設備にも甚大な被害をもたらした。また、宮城・岩手両県の内湾部では、既往最大外力を計画高とした高さ10m以上の防波堤・防潮堤をはるかに上回る規模の津波が来襲し、背後の集落が壊滅的な被害を受けた。津波の被災地では、今後の復旧・復興計画に加え、新たな津波対

策の検討を行うことになる。高所移転案や津波対策の観点からは、ハード対策・ソフト対策・まちづくりの3軸での総合的な津波対策の基本方針に加え、ハード対策の限界をそれぞれもっと強く意識し、海岸堤防等の海岸保全施設の整備に必要となる設計津波の水位設定の考え方も新たに示された。一方、被災地の復興には、被災地における土地利用の考え方を刷新し、津波に強いまちづくりを具現化していかなければならない。さらに、本津波災害の事例に基づき、我が国全体の津波対策を再構築する必要も生じるであろう。その際の基礎となる資料が本津波の浸水域、遡上高、および被害実態であり、我が国全体の津波対策を再構築する上で極めて重要な情報である。

本稿では、上記問題意識に基づき実施した、仙台平

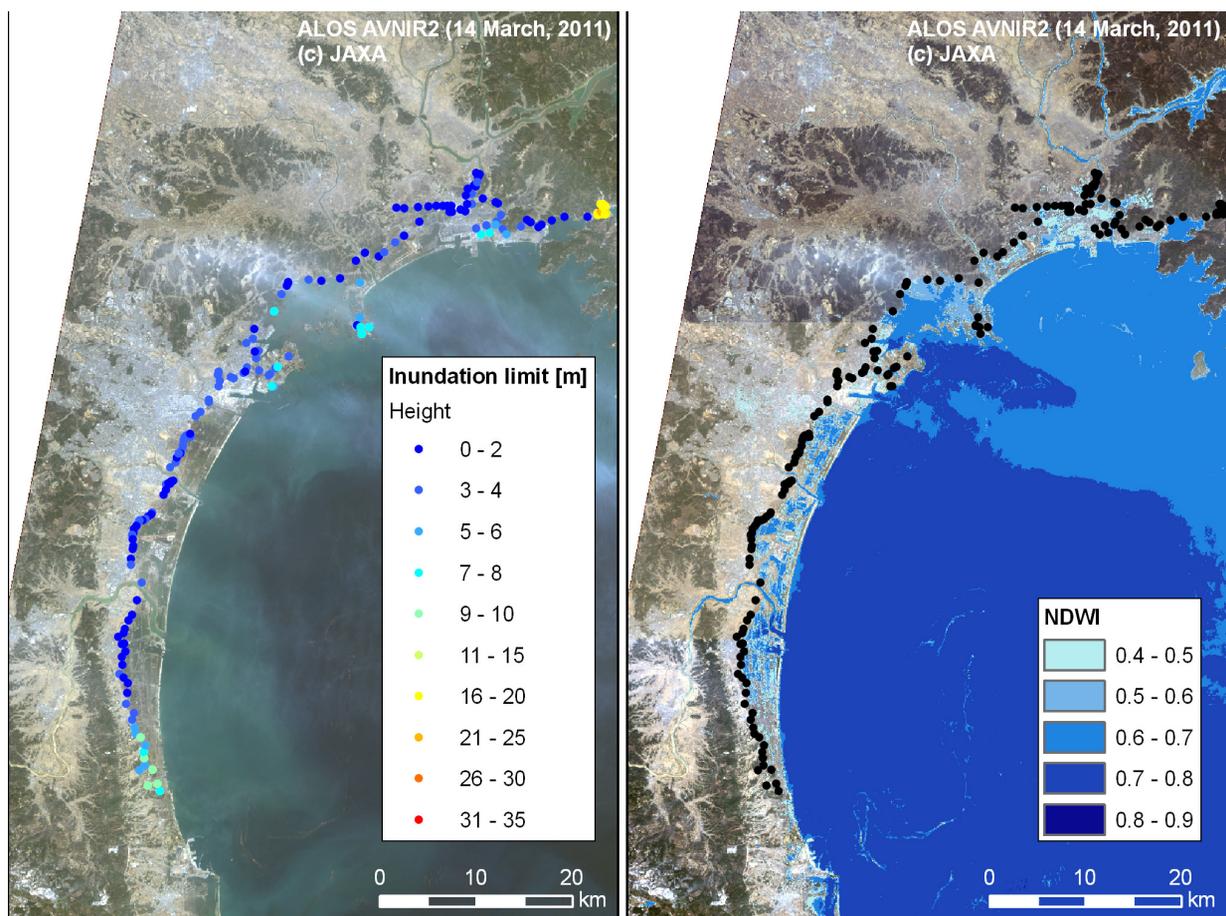


図1 左：津波浸水限界の調査結果(浸水限界の測定点と遡上高の分布)。

右：ALOS AVNIR2画像のフィルタ処理による浸水範囲の把握結果(黒点は現地調査による津波浸水限界の調査地点)。

野における津波浸水範囲および津波被害の調査結果、特に浸水域内の津波浸水深と建物被害状況の関連を明らかにするための調査結果について報告する。

なお、浸水範囲の現地調査については、東北大学、千葉工業大学、防衛大学校、関西大学、大阪市立大学等からの計20名の研究者による研究グループにより実施されたことを付記する。

## 2. 仙台平野における津波浸水域の把握

まず、広域におよぶ津波浸水域をどのようにして把握するかが最初の課題であった。地震発生の翌日から、津波の浸水限界を明らかにするための現地調査を開始した。津波浸水域の現地調査は、漂流物の漂着地点を把握、または現地図における聞き取り調査により、津波の浸水限界点の緯度・経度・標高値の高精度GPS測位を実施した。調査は3月26日から開始し、7月初旬の時点で岩手県・宮城県において計1,000地点における浸水限界点の測定を行った。GPS測位は、まず調査地域内に私設基準点を設置し、スタティック測位（測位方法の一つ）後に遠方の電子基準点を用いて基線解析を実施し、私設基準点の正確な座標を得た。その後調

査者が移動局を持って浸水限界点のスタティック測位を行い、私設基準点のデータを利用して解析・補正した。その結果を図1左に示す。

一方、現地調査だけで広域な津波浸水域を把握することは不可能である。そこで、2011年3月14日に撮影されたALOS AVNIR2画像を用いて浸水域の把握を行った。AVNIR2画像はRGBの可視光のバンドと近赤外のバンドからなり、ここでは可視の青バンドと近赤外のバンドの輝度からNDWIという指標を計算して画像フィルタを作成し、陸上の淡水域を抽出した。現地調査結果はここでキャリブレーションのために利用した。すなわち、浸水限界の測定点におけるNDWIをサンプルとして閾値を決定して浸水範囲を抽出するための画像フィルタを開発した。その結果を図1右に示す。

## 3. 建物被害地図の作成と津波被災関数

極めて広範囲におよんだ津波浸水域と建物の被害であるが、津波浸水域内の建物被害状況と防波堤・防潮堤等の海岸施設の被害状況と関連づけることで、海岸施設がどの程度被害軽減に寄与したかなど、これまでの津波防災対策の検証を行う必要がある。また、海岸

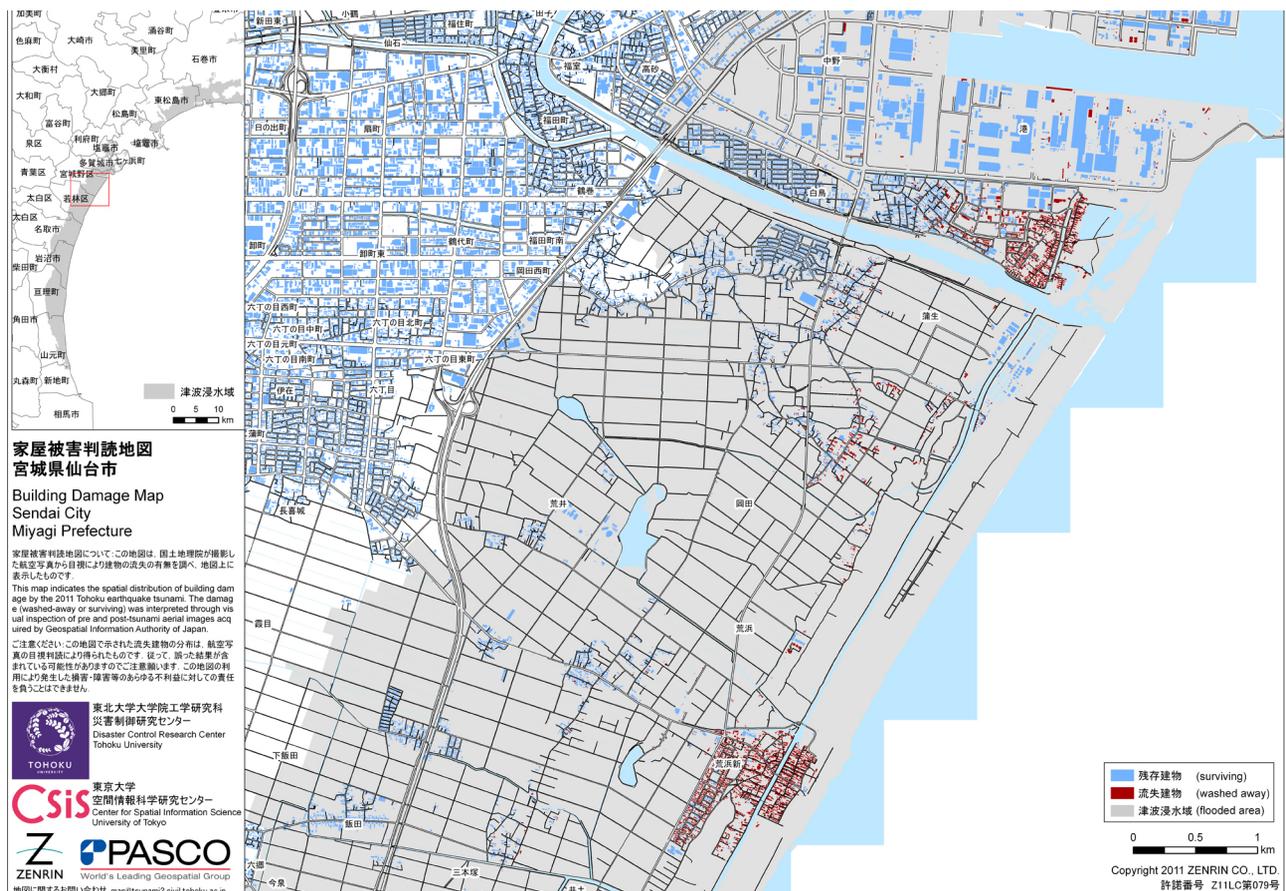


図2 航空写真(国土地理院公開)の判読により明らかにした仙台平野における建物の流失状況(建物被害地図)

の地形、標高や土地利用などの様々な地理的条件や現地調査・シミュレーションによって得られる津波の流体力学的な諸量（浸水深や流速等）と関連づけて考えることで、地域が持つ津波に対する脆弱性が分かる。さらに、復興計画の策定にあたっては、津波被害の実態や地域の脆弱性をきちんと理解し、それらを教訓としてまちづくりに反映させていく必要がある。このような目的のもと、我々は国土地理院が公開している航空写真を用いて建物の流失状況の判読を行った。その結果を図2に示す。さらに、現地調査によって得られた浸水深の測定結果と建物被害状況を関連づけ、津波による建物被害の情報（流失の有無）と統合処理することにより、津波被害関数として建物の脆弱性を明らかにした。宮城県全体の浸水域内建物約16万棟を対象として調査した航空写真による建物被害の判読結果と現地調査により測定した浸水深を関連づけて建物被害関数（建物の流失率と浸水深の関係）としたものを図3に示す。津波に対する建物の脆弱性は、津波の来襲

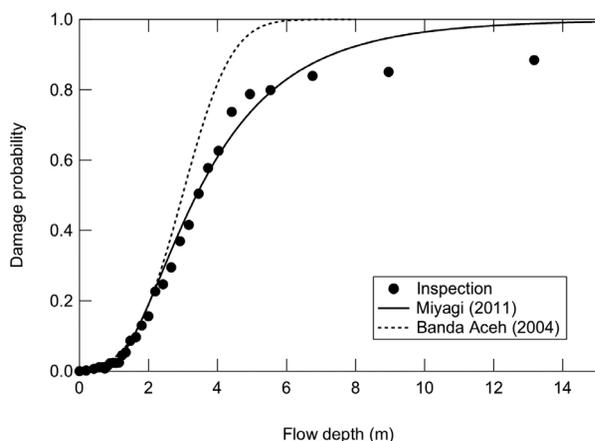


図3 宮城県の津波浸水域内の建物の被害状況から得られた津波被害関数（建物の流失率と浸水深の関係）

状況、土地利用状況、建物の構造や築年数、建物の配置等により異なるが、宮城県全体の特徴として考えると、浸水深が2mを超えると流失率が急激に上昇し、浸水深6mで8割以上の建物が流失していたことが分かった。

大津波を海岸の防潮堤や防波堤だけで防ぐのは不可能である。津波被害関数から考えると、これからの海岸防護施設や多重防護、移転等によるまちづくりにおいて、居住地が2m以上浸かることのないように、その配置などを考える必要がある。あるいは、これからは2m以上浸水する危険性のある場所には、戸建ての住宅は建てないようにする。また、浸水深2m以下になる場所で住宅再建をする場合には、津波によって流さ

れにくい、浮きにくい構造にすることが必要である。

復興計画において想定したまちづくり案や海岸防護施設の配置に基づいて数値シミュレーションを実施し、復興計画におけるゾーニングおよびリスク評価に用いるとともに、今後の東海・東南海・南海地震津波対策に資する、我が国の津波被害予測式を構築することが今後の課題である。

#### 4. 数値シミュレーションによる復興計画の検証

沿岸部の海岸保全施設の高さ・配置、またこれからの都市計画および土地利用計画が、どのように津波に強いまちとして機能しうるかをきちんと評価した上で復興計画を推進していかなければならない。そのためのツールとして数値シミュレーションが極めて重要である。

数値シミュレーションによる津波の伝播・遡上の再現には、その領域（沖合・沿岸および浅海域の伝播、陸上での遡上）と分解能（空間・時間）に応じて数値モデルを使い分ける必要がある。いずれにせよ、支配方程式を差分法により離散化する方法が一般的である。例えば、水深50m以上の沖合においては、津波伝播・波高増幅の非線形性はほぼ無視できるから、運動方程式については線形長波理論が支配方程式になる。あるいは、長距離を伝播する津波を再現する際には波数分散性が無視できなくなるので、分散波理論を用いる。津波が浅海域に達し、陸上での遡上を再現する場合には、非線形長波の運動方程式（浅水理論）に底面摩擦項を付加したものをを用いるのが一般的である。

長波理論の差分法に基づく津波数値計算の場合、座標系と支配方程式を、再現する津波の対象（遠地/近地、外洋伝播/遡上）に応じて適切に選択する必要がある。2011年東北地方太平洋沖地震津波の場合、日本近海の津波の再現には直交座標系による非線形長波理論式を、太平洋全体への外洋伝播を含めた津波を再現する場合には球面座標系による分散波理論式および線形長波理論式が必要である。さらに正確な津波の予測・再現には、方程式系の適切な選択、津波初期水位分布（断層運動による海底地盤変動）、詳細な海底・陸上地形の情報と計算の分解能、土地利用状況等による陸上の津波抵抗則の適切なモデル化等が重要な要件となる。検証には、GPS等により観測された地盤変動（陸上・海底）、沖合、沿岸の津波観測波形、現地調査による津波高（浸水高・遡上高、浸水深、浸水範囲）、津波来襲状況の映像から得られる浸水深や流速等の情報を用いる。特に、検証データに何を利用したかにより、津波発生モデルが異なることに注意が必要である。

以下では、仙台平野における2011年東北地方太平洋

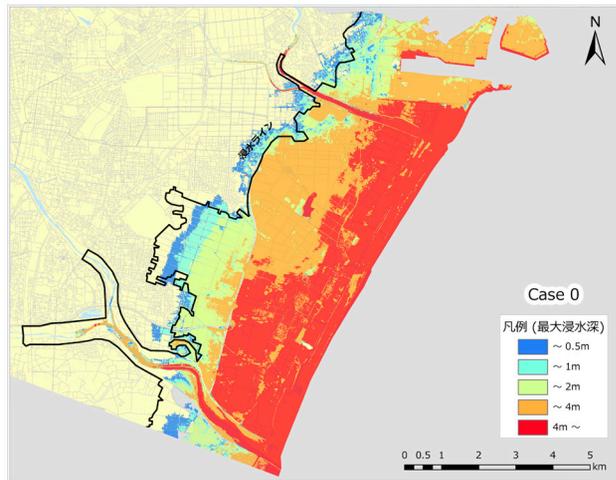


図4 数値シミュレーションによる仙台市における津波の再現計算結果（浸水範囲と浸水深について）

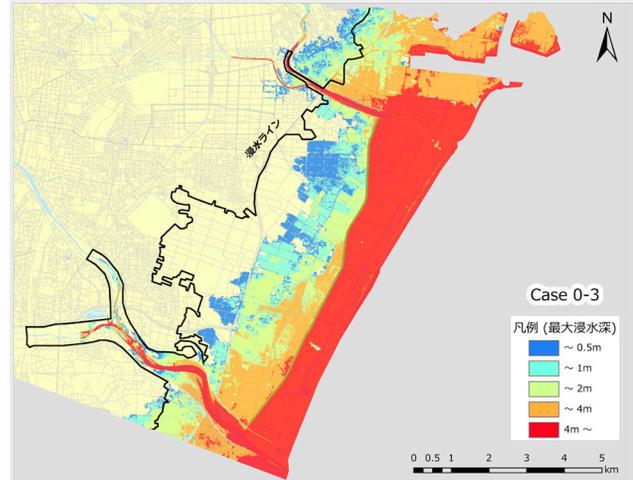


図5 仙台市復興計画（初期の暫定案に基づいたもの）の評価結果（2011年東北地方太平洋沖地震津波の規模を想定して実施したもの）。

沖地震津波の再現と復興計画を評価した結果について紹介する。図4に示すのは、仙台市における津波浸水計算（今次津波の再現）の結果であり、浸水深の空間分布を示したものである。現地調査で得られた浸水深・浸水高分布、また国土地理院による浸水範囲の調査結果等で検証を行った。図5は、仙台市の復興計画（暫定案）における、沿岸部の防潮堤整備（暫定高として6.2m）、県道塩釜・亶理線の嵩上げ（現在の線形で、暫定高として6m）を想定して実施した今次津波を想定したシミュレーションの結果（最大浸水深）である。防潮堤・防波堤の整備や道路の嵩上げにより、今次津波に対して、特に県道から西側で浸水範囲の減少、浸水深の減勢効果が認められる。しかしながら、津波を封じ込めることは依然不可能であり、さらに県道の東側は津波が反射することで浸水深が増加している。東側の土地利用方策と、さらにその地域で活動する人々の生存空間を確保するための方策が準備できるかどうか要件になるだろう。

道路の嵩上げに限らず、多重防御による被害軽減効果を明らかにし、その被害軽減効果やメンテナンスも含めた費用対効果についての社会的合意を得る必要がある。浸水面積、浸水域内の人口、流失家屋の減少効果などを評価尺度にして定量的な検討が必要である。さらに、防御施設は越流することを想定して、裏法尻（施設裏の法面と地盤との接合部）をコンクリートやアスファルトで覆う（盛土のすぐ後に道路があった場合には、盛土部の被害が減少しているという事実がある）などの対策により粘り強い構造にできるかどうか重要である。

### 謝辞

本研究は、NEDO産業技術研究助成事業（プロジェクトID：08E52010a）、科学研究費補助金、および東北大学運営交付金（特別）の補助を受けて実施した研究の成果をまとめたものである。また、建物被害の判読には国土地理院撮影の航空写真を利用させて頂いた。住宅地図は、東京大学・空間情報科学研究センターとの共同研究の一環で、株式会社ゼンリンから提供いただいた。ここに記して謝意を表する。



### 越村 俊一

1995年 東北大学工学部土木工学科卒業、2000年 同大学院工学研究科博士後期課程を修了、博士号取得。その後、東大地震研等で津波の研究に従事。2005年5月に東北大学大学院工学研究科助教授、2007年に同准教授。

主な研究テーマは、次世代津波数値シミュレーションの開発、高度津波情報システムに関する研究など。土木学会論文賞、土木学会出版文化賞、日本産業技術大賞審査委員特別賞、国土技術開発賞最優秀賞、Mohammed El-Sabh Awardなどを受賞。著書多数。

# 河川堤防の地震動被害と今後の課題

佐々木哲也

●独立行政法人土木研究所地質・地盤研究グループ 上席研究員

## 1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東日本大震災では、東北地方から関東地方の広範囲にわたって河川堤防が被災した。このなかには、堤防機能を失うような大規模な被災も生じた。今回の地震による河川施設の被害は、特に東北地方の河川において、津波によって破堤等の甚大な被害が生じたことに加え、地震動による被害が広域的に生じたことである。

この地震による河川堤防の被災は、過去の地震による堤防の被災と比較して、範囲も規模も甚大であったことから、国土交通省では、「河川堤防耐震対策緊急検討委員会」<sup>1)</sup>が設置され、東日本大震災で得られた河川堤防の被災に関する知見を整理し、今後の耐震対策手法の改善等に反映させるべく検討が行われた。この委員会で整理された知見を踏まえ、「河川構造物の耐震性能照査指針」<sup>2)</sup>、「レベル2地震動に対する河川堤防の耐震点検マニュアル」<sup>3)</sup>が改定されている。

ここでは、直轄河川の堤防の被害の内、地震動による被害の概要、被害を踏まえた取り組みと今後の課題について紹介する。

## 2. 地震動による堤防被害の概要

図1に今回の地震の被災箇所を、表1に水系毎の被災箇所数を示す。直轄河川の堤防の被害は、東北地方1,195箇所、関東地方で920箇所の計2,115箇所を確認された<sup>4)</sup>。また、直轄管理区間の被災箇所2,115箇所の中で特に被害の大きかった箇所（東北地方整備局管内29箇所、関東地方整備局管内24箇所）では緊急復旧工事が実施された。さらに本格復旧については、平成24年度出水期までに完了させる予定としている。

堤防機能を失うような大規模な被災の原因は液状化であり、液状化の発生や程度には地震動の強度、継続時間の長さや繰り返し回数の多さが影響したと考えられる。特に、従来から被害の形態として想定されていた基礎地盤の液状化を原因とするものが多数発生した他、これまで地震による堤防の被災として主眼が置かれていなかった堤体の液状化による被災が多数発生した。

## 3. 代表的な被災事例

ここでは、今回の地震において地震動による被害と



図1 被災箇所位置図<sup>1)</sup>

表1 各河川の被災・緊急復旧実施箇所数<sup>4)</sup>

地整名	水系名	被災箇所数	緊急復旧箇所数
東北	馬淵川	13	0
	北上川	646	14
	鳴瀬川	364	9
	名取川	35	0
	阿武隈川	137	6
	合計	1,195	29
関東	久慈川	110	2
	那珂川	129	2
	利根川	659	20
	荒川	55	0
合計	920	24	
合計		2,115	53

して特徴的であった、堤体液状化による被害の事例と、堤体液状化による被災箇所の傾向について紹介する。

### (1) 堤体液状化による被災事例

堤体液状化による被害の代表的な事例として、阿武隈川下流右岸30.6k+34～31.4k+160（宮城県角田市枝野地先）の被災事例を紹介する<sup>5)</sup>。当該箇所では延長約800mに渡り、沈下や縦断亀裂、はらみ出しが発生した。被災後の状況を写真1に、地震後の地盤調査に基づいて作成された縦断図、断面図を図2、図3にそれぞれ示す。特に大きな変が生じた付近では写真1に示すように、堤防天端に沈下、陥没が生じるとともに複数

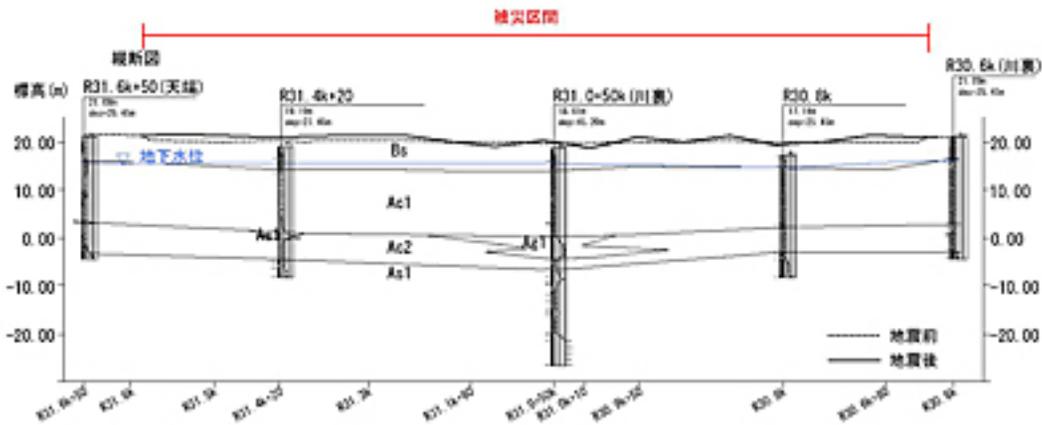


図2 被災箇所地質縦断面図(東北地方整備局提供資料に加筆修正)

の縦断亀裂が生じた。天端の沈下量は最も大きなところで約2.9mである。また、裏のりに大きな水平変位が生じ、裏のり尻部の水平変位量は3mに達するところもあり、崩土は隣接する農地を覆った。このような大きく崩壊した箇所ののり尻付近や堤体の亀裂底部に多数の噴砂痕が確認された。ほとんどの変状が表小段から川裏側にかけて確認されており、表小段から下には目立った変状は見られなかった。さらに、のり尻のごく近傍を除き、川裏側周辺の耕作地等において、特段の変状や噴砂痕は確認されていない。

基礎地盤には層厚15m程度の軟弱粘性土が存在する。堤体は粘性土を主体とする旧堤とその後嵩上げ腹付された砂質土を主体とする新堤部分からなり、変状は砂質土を主体とする新堤部分に集中していた。また、堤体が軟弱粘性土地盤に下にめり込むように沈下し、地下水位が堤体内に存在している。図2に示した通り、被災区間では堤体内に水位が存在するが、被災区間の上記の外側の無被災区間では、地下水位は基礎地盤内にあり、堤体内には水位が確認されていない。

被災状況及び地盤調査結果より、砂質土を主体とする新堤部分の地下水位より下の範囲が液状化したことが被災原因であると考えられる。

(2)堤体液状化による被災箇所の特徴

堤体の液状化による被害は、堤体内が液状化しやすい砂質土であること、堤体内に水位があることが要因と考えられるが、東北地方太平洋沖地震による河川堤防の大規模被災箇所のうち、堤体自体の液状化が一因と考えられる東北地方及び関東地方の直轄河川堤防について、堤体液状化が生じた箇所の諸要因を分析した。

図4は、被災箇所とその近傍の無被災箇所の堤体の土質について、細粒分含有率と塑性指数を整理したものである。図は堤防の沈下率(沈下量Sを堤防Hで除したもの)毎にプロットしている。被害があった箇所については液状化判定の対象となる土質(細粒分含有



写真1 河川堤防の大規模な被害(阿武隈川下流右岸30.6k+34～31.4k+160)<sup>5)</sup>

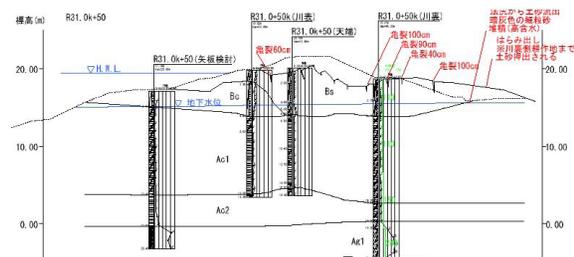


図3 被災箇所の断面図(阿武隈川下流右岸30.6k+34～31.4k+160)(東北地方整備局提供資料に加筆修正)

率35%以下、または細粒分含有率が35%を超えても塑性指数 $I_p$ が15%以下)がほとんどであることがわかる。ただし、塑性指数が15から20の範囲においても比較的大きな沈下率となった箇所も見られることがわかる。

図5は、堤防の沈下率と飽和層厚 $H_{sat}$ (堤体下端から堤体内水位までの盛土厚さ(図6参照))と沈下量の関係を整理したものである。沈下量が大きい箇所では、飽和層厚 $H_{sat}$ が1m以上、かつ堤防高さの2割以上の場合に堤防の沈下量が大きい傾向がみられる。

堤体内の水位が高くなる条件としては、基礎地盤の

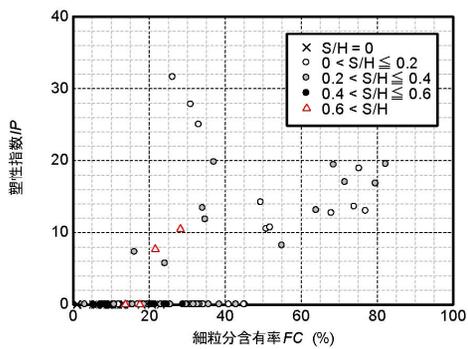


図4 被災箇所とその近傍の無被災箇所の堤体の土質<sup>3)</sup>

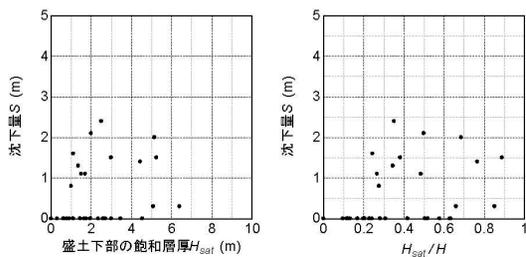


図5 堤体の液状化による沈下量と飽和層厚の関係<sup>3)</sup>

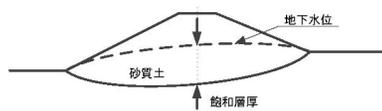


図6 飽和層厚 $H_{sat}$ の定義<sup>3)</sup>

圧密沈下や窪地等を埋めて築堤された場合など、堤体の基礎地盤へのめり込み量が多い箇所や、拓地堤防等のように平常時より外水位が高く、常に堤体内に浸透している箇所が考えられる。

#### 4. 既設対策工の効果

1995年兵庫県南部地震以降、堤防の液状化対策が進められてきた<sup>1)</sup>。堤防において現時点で実施されている耐震対策は、その多くが中規模地震（現在でいうところのレベル1地震動相当）を設計外力として設計されたものであるが、東北地方太平洋沖地震では、このような対策がなされた堤防での被災がほとんど見られなかった。

図7、写真3に代表的な対策箇所の断面図、被災後の状況を示す。当該箇所では川裏側の尻部にグラベルドレーンによる液状化対策が実施されている。被災後の状況から、目立った変状は認められていない。

図8は、中規模地震動に対する耐震点検により対策が必要と判定された箇所のうち、対策済み箇所と未対策箇所における、今回の地震における被災程度の割合を整理したものである。未対策箇所においては何らかの被災が49%に生じ、大規模および中規模被災を合わせて22%程度生じているのに対し、対策箇所では小規

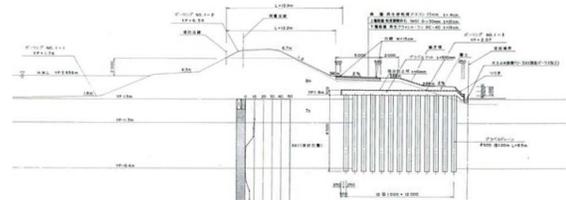


図7 利根川右岸27.75k-51m～28.0k-1mにおける断面図（グラベルドレーンによる対策）<sup>1)</sup>



写真3 液状化対策実施箇所の状況（利根川右岸27.75k-51m～28.0k-1m）<sup>1)</sup>

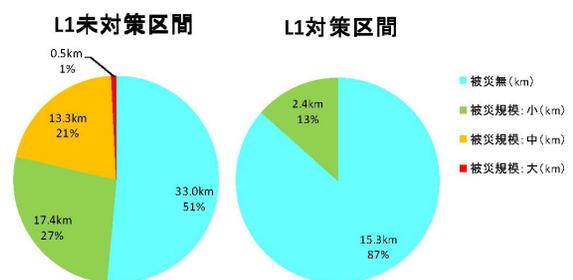


図8 レベル1地震動に対する要対策区間における堤防の被災状況<sup>1)</sup>

模被災が13%生じているのみで、大規模、中規模被災は生じていない。今回の地震では、一部の地域ではレベル1地震動を大きく超える地震動が観測された地域もあるが、兵庫県南部地震以降に進められてきたレベル1地震動に対する液状化対策が、今回の地震に対して効果を発揮したといえると考えられる。中規模地震に対する対策工の設計は、改良範囲内に液状化を生じさせないことや、対策工が外的・内的に安定することを照査しており<sup>6)</sup>、中規模地震動に対して十分な安全余裕を確保するように設計されていたため、結果として、大規模地震動に対しても対策効果を発揮したものと考えられる。

#### 5. 今回の被災を踏まえた対応と今後の課題

今回の地震による被害を踏まえ、「河川構造物の耐震性能照査指針・解説」<sup>1)</sup>、「レベル2地震動に対する河川堤防の耐震点検マニュアル」<sup>2)</sup>が改定されている。

3. で紹介したとおり、今回の地震ではこれまで地震による堤防の被災として主眼の置かれていなかった

堤体の液状化による被災が多数発生した。また、沿岸域においては、河川を遡上した津波が河川堤防を越えて沿川地域に甚大な被害をもたらした。さらに、東北地方から関東地方の太平洋沿岸を中心に地殻変動に伴う地盤沈降が観測された。このような地盤沈降によって、浸水被害が拡大・長期化した地域もある。これらを踏まえ、今回の改定では、主に、堤体の液状化、津波、地殻変動に伴う広域な地盤沈降の3項目について改定がなされている。

堤体自体の液状化については、堤体の液状化による被災メカニズムは十分に明らかになっていないが、これまでの基礎地盤の液状化による沈下、変形の照査とは別に、3. で紹介した今回の被災箇所の事例から堤体材料、堤体内の水位等の条件に基づき、堤体液状化による沈下・変形の発生の有無を判定する手法が盛り込まれた。

河川堤防の耐震性能の照査においては、地震後の河川水の越流を防止する観点から、地震後の堤防高が耐震性能の照査において考慮する外水位（以下、照査外水位という）を下回らないことを照査する。ここで、照査外水位については、津波の影響を受ける場合には津波高を考慮する。中央防災会議においては、住民避難を柱とした総合的防災対策を構築する上で設定する津波と、海岸保全施設等の整備を行う上で想定する津波に2つのレベルの津波を想定することが示された。これを踏まえ、地震の発生に伴い津波の遡上が予想される場合には、耐震性照査で考慮する津波として、施設設計画上の津波高を考慮することとされた。また、広域な地盤沈降については、照査において外水位との比較を行う場合等においては、広域な地盤沈降による河川構造物全体の沈下を考慮することとされた。

今回の河川堤部の被害を踏まえて、指針や点検マニュアルの改定が行われたが、暫定的な部分も多い。以下に今回の地震を踏まえた主な技術的課題を示す。

(1) 今回の地震では、継続時間の長い地震動が堤防被害を拡大させたと考えられる。長い継続時間の地震動が堤防変形に及ぼす影響の定量的な評価と、地震による堤防の変形解析の精度向上を行っていく必要がある。一方で、現在の液状化判定法により液状化すると判定される地点においても、今次の地震において液状化が発生していない例が多く見られている<sup>7)</sup>。堤防の耐震性能照査の精度向上と併せて、液状化強度に及ぼす地震動継続時間の影響等の解明と、液状化判定法の高度化が必要である。

(2) 今回の地震では、堤体の液状化による大規模な被災が目立ったが、堤体の液状化による沈下、変形の定

量的な評価には至っていない。今回の地震による被災の分析等をさらに進め、堤体の液状化による被災のメカニズムの解明を進めるとともに、堤体の液状化の変形解析手法について、基礎地盤の液状化による変形と併せて解析するための手法等を検討する必要がある。(3) 現在、基礎地盤の液状化対策にはかなり大きな費用を要している。一方で、レベル1地震動に対して設計された対策工が、今回の地震において一定の効果を発揮した。これらを踏まえ、レベル2地震動に対する、効果的な対策工法・設計法の開発を進める必要がある。また、堤体液状化に対する合理的な対策手法の開発も必要である。(4) 堤防の耐震性には、基礎地盤の条件、築堤材料、堤体内の地下水位が大きく影響するが、河川堤防は膨大な延長を有し、また長い年月をかけ数々の改築を繰り返して現在に至っており、築堤材料と基礎地盤条件が複雑であるもののその情報が十分でない場合も多い。このため、これらのより合理的な調査法の開発と経済的な耐震診断技術の開発も重要な課題である。

#### 参考文献

- 1) 河川堤防耐震対策緊急検討委員会：東日本大震災を踏まえた今後の河川堤防の耐震対策の進め方について報告書、2011.
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局治水課：河川構造物の耐震性能照査指針・解説、2012.
- 3) 国土交通省水管理・国土保全局治水課：レベル2地震動に対する河川堤防の耐震点検マニュアル、2012.
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局治水課：河川の被災状況及び復旧状況、河川、2011-9、2011.
- 5) 国土交通省国土技術政策総合研究所、(独) 土木研究所：平成23年(2011年) 東北地方太平洋沖地震土木施設災害調査速報、国総研資料第646号、土木研究所資料第4220号、2011.
- 6) 建設省土木研究所：河川堤防の液状化対策工法設計施工マニュアル(案)、土木研究所資料、No.3513、1997.
- 7) 国土交通省液状化対策技術検討会議：「液状化対策技術検討会議」検討成果、2011.



#### 佐々木哲也

1996年東京工業大学大学院理工学研究科修了、同年建設省入省。同省土木研究所研究員、(独)土木研究所研究員、同主任研究員を経て現職。専門分野：道路土工構造物、河川構造物の耐震性評価  
(連絡先 029-879-6770)

# 東日本大震災への対応について

## ～ 復旧・復興に向けて ～

川嶋 直樹

●国土交通省東北地方整備局企画部長

### 1. はじめに

平成23年3月11日14時46分、東日本をマグニチュード9.0という巨大地震が襲いました。本稿を執筆している平成24年2月上旬の時点で、東日本大震災の死者・行方不明者は19,000名あまりに上っています。犠牲になられた方々のご冥福をお祈りいたします。

発災時、筆者は執務室にいて、激しい揺れになすすべもなく呆然としていました。席の横のプリンターは吹っ飛び、積み重ねていた書類は床に散らばり、左手の壁に祀ってあった安全祈願の神棚も落ちてしまいました。東北地方整備局では直ちに非常体制に入り、災害対策室での対応を開始しました。本稿では、初動から、復興に向けて歩み始めた現在までの東北地方整備局における東日本大震災への対応についてご紹介いたします。

### 2. 初動

東北地方整備局の災害対策室は、築56年という老朽庁舎の中にあって唯一近年築造された建物にあり、自家発電、井戸水等のライフラインを確保し、大小56面あるディスプレイでの情報収集、本省とのテレビ会議システムなど、激甚災害を想定した指令本部としての機能を有しています(写真1)。



写真1 震災発生当日夜の東北地整災害対策室の状況

災害対策室に参集してすぐ、防災課長が「ヘリを無人で上げます」と進言しました。東北地方整備局の防災ヘリコプター「みちのく号」は、局庁舎から1時間程度かかる仙台空港に駐機してあります。向こう30年間の発生確率99%と言われていた「宮城県沖地震」を想定した「行動計画」では、職員が空港まで移動する

間に、運航を請け負っている業者のクルーだけで発進、仙台市上空から被災状況を情報収集、その後空港に戻って職員を乗せ、再び飛び立つ、という段取りになっていました。防災課長の進言は日頃の訓練が活かされたものでした。みちのく号は発災37分後に仙台空港を飛び立ち、その直後、仙台空港は津波に水没しました。(写真2)



写真2 防災ヘリコプター「みちのく号」

離陸後、みちのく号は沿岸部を襲う津波や、被災した仙台平野、福島第一原子力発電所などを撮影し、福島空港に向かいました。三陸沿岸の情報収集がしたかったのですが、北の方は当日荒天で飛行を断念しました。

みちのく号からの情報やNHKニュースなどで仙台平野沿岸部が大津波に襲われていることを知りました。専用のマイクロ通信回線を使って太平洋沿岸部の事務所・出張所の職員の安否を確認しましたが、いくつかの事務所は連絡が取れない状況でした。(後で職員に死亡者はいないことが確認できました。)

11日の夜には、国土交通本省の災害対策室とのテレビ会議がありました。当時の大畠章宏国土交通大臣からは、「人命救助が第一である。国土交通省の枠にとらわれず、できることは何でもせよ。」との指示がありました(写真3)。



写真3 国土交通大臣(当時)とのテレビ会議

被災地の正確な情報が得られない中でしたが、「太平洋沿岸部は壊滅状態」という最悪の事態を想定して行動計画を立てました。まず、被災地への救援ルートの確保が重要と考えました。太平洋沿岸部を走る国道6号、45号は大きな被害を受けているとして、内陸部を南北に走る東北道、国道4号を確保し（第1ステップ）、そこから沿岸部の市町村に通じる国道等を16ルート指定して通路を切り開き（第2ステップ）、最終的に国道6号、45号を通していく（第3ステップ）という「啓開作業」を県や自衛隊、警察などと協力しつつ行うことにしました。この作業は、ネットワークの形状から後に「くしの歯作戦」と呼ばれました（図1）。

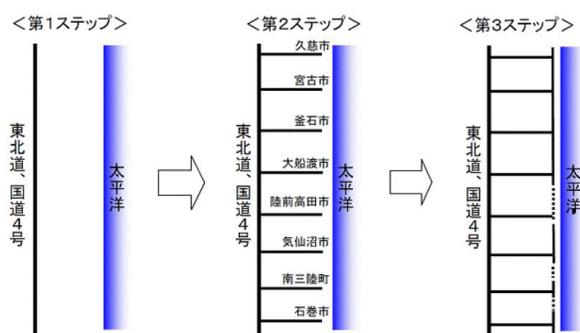


図1 くしの歯作戦（道路啓開）

被災地の事務所や出張所の職員は、通信手段が途絶えた中、地元の建設業者を訪ね、作業への協力を依頼して回りました。業者は直ちに機械やオペレーターを集め、最終的に直轄だけでも52チームが編成されました。職員も建設業者も、自分の家や家族の安否も十分に確認できない中で、被災者救援を第一に参集してくれたのでした。

作業は12日の早朝から、大津波警報が継続する中で開始されました。内陸部の道路は地震による法面崩壊や段差が一部生じてはいたものの、阪神淡路大震災後に施された耐震対策で大きな落橋などはなく、12日中には第2ステップの11ルートまで、15日には15ルートが確保されました。（残る1ルートは原発事故の警戒区域内にあったため断念しました。）しかし、沿岸部の津波に襲われた地域は一面が瓦礫に埋もれ、どこが道路か宅地かもわからない状態で、作業は難航しました。瓦礫の中にご遺体が発見されると、重機を止め、自衛隊の協力を得て収容し、警察に引き渡す、ということが頻繁にありました（写真4）。それでも作業は続けられ、18日には、原発事故の警戒区域内の国道6号と津波による大きな落橋があった国道45号の一部の区間を除いて第3ステップの啓開作業が終わり、「くしの歯作戦」は完了しました。



写真4 岩手県陸前高田市の道路啓開状況

海からの緊急支援物資輸送ルートも啓開が必要でした。航路には、津波でさらわれた木材、漁具などの瓦礫が浮いたり、自動車が沈んだりしていました。大津波警報が解除されるのを待って14日から瓦礫の撤去作業を開始し、23日には太平洋側の10の重要港湾すべてで陸揚げができるようになりました（写真5）。



写真5 落橋した気仙大橋が仮橋で復旧した状況

各港には、16日以降、全国から緊急支援物資を積んだ船舶が入港しました。

仙台空港の復旧については、米軍による「トモダチ作戦」が有名ですが、地方整備局も一役買いました。仙台空港周辺は地震による地盤沈下のため、アクセス鉄道をはじめ、一面水没したままでした。国土交通省では、河川の氾濫による内水災害に備え、1分間当たり30～150m<sup>3</sup>の排水能力を持つポンプ車を保有しています。13日から全国の地方整備局等から応援に来ていた排水ポンプ車を、空港周辺の排水作業に投入しました。作業は3月17日から本格化し、4月2日までの3週間で約500万m<sup>3</sup>、25mプールにして14,000杯分を排水し、



写真6 浸水した仙台空港の排水状況

仙台空港は4月13日に再開しました(写真6)。

なお、この排水ポンプ車は行方不明者の捜索支援でも活躍し、発災直後の3月12日から8月26日までの122日間に各被災地で合計約5,100万㎡、25mプール約142,000杯分を排水しました。

### 3. 応急復旧

「くしの歯作戦」終了時、国道45号には津波による落橋等で通行できない橋梁が8箇所残っていました。これらについては、応急仮設橋の架設や迂回路の確保等で4月10日までに交通確保を行いました。200m規模の橋梁である陸前高田市の気仙大橋と気仙沼市の小泉大橋は大きな迂回が残されました。これらについては大規模な仮設橋で対応することとし、関係者の協力や施工業者の努力の結果、小泉大橋は6月26日、気仙

大橋は予定工期より2箇月も早い7月10日に完成し、国道45号は全通しました(写真7)。

沿岸部の海岸堤防や河川堤防も津波で倒壊・流出などの大きな被害を受けました。内陸部でも、地震動やそれに伴う地盤の液状化等によりクラックや天端陥没などの被害が発生しました。これらについても緊急復旧作業を昼夜分かたず実施しました。北上川下流の石巻市釜谷地区では、道路兼用堤防が流失しましたが、孤立集落の救援のため、トラック1台分通れる幅の道路兼用堤防約1kmを1日で復旧する、という突貫工事を行いました(写真8,9)。



写真7 落橋した気仙大橋が仮橋で復旧した状況



写真8 兼用堤防では道路機能を先行して緊急復旧

仙台南部海岸では、台風期を迎える前の8月31日までに緊急復旧工事を完了しました(写真10)。



写真9 鳴瀬川での夜を徹した緊急復旧状況



図10 仙台南部海岸蒲崎海岸の緊急復旧状況

#### 4. 被災市町村への支援

被災した市町村への支援も重要な活動でした。市町村へは、「リエゾン」として職員を派遣しました。リエゾンとは「橋渡し」の意味で情報連絡員のことですが、今回の被害の大きさに鑑み、「首長の右腕になったつもりで何でも御用聞きをせよ」との特命を与えました。リエゾンはピーク時には沿岸部を中心に31市町村に96名を派遣しました。

国土交通省には「TEC-FORCE(緊急災害対策派遣隊)」という仕組みがあり、今回のような大規模災害発生時には、本省の指揮の下、全国の地方整備局等の職員が駆けつけて被災状況調査、技術支援等の活動を行います。今回も発災翌日には先遣隊が到着し情報収集を行い、その翌日には200名を超える隊員が被災状況調査に現地入りしました。上述の迅速な応急復旧も、TEC-FORCEが速やかな調査や対策立案で支援してくれた賜物と考えています。今回、TEC-FORCEは市町村に派遣したリエゾンとしても活躍しました。

また、TEC-FORCEは全国からさまざまな災害対策

用機械を運んでくれました。これらの機械も市町村支援に役立てました。(写真11)

- 排水ポンプ車(30m<sup>3</sup>/min級)
- 衛星携帯電話



- 対策本部車



- Ku-sat  
(小型衛星画像伝送装置)



写真11 被災市町村を支援した災害対策機械類

仙台空港啓開で紹介した排水ポンプ車もその一つです。Ku-satや衛星通信車は、通信回線が途絶えた市町村との強力な連絡手段となりました。

啓開作業が進んだ道路を通ってリエゾンが各市町村に入った時、被災地は瓦礫の山でした。役場が流出した市町村もあり、首長の安否も確認できませんでした。そんな中でようやく避難先を見つけて首長に会い、持参した衛星携帯電話を差し出すと、東北地方整備局長との間にホットラインが出来上がりました。これを通じて、被災地の厳しい状況がわかってきました。

急遽「物資調達班」を組織し、緊急支援物資を調達して被災地に送ることにしました。もちろんこれは、道路や河川の整備・管理を所掌する国土交通省の仕事ではありませんが、大臣からの「国土交通省の枠にとらわれず、できることは何でもせよ。」との指示に従い、当時の日本土木工業協会東北支部や道路建設業協



写真12 被災市町村への支援物資類

会東北支部の協力を得て、水、食糧、日用品、燃料、仮設トイレ、仮設庁舎など、さまざまな品目を調達し被災地に送り届けました。中には、土葬にせざるを得なかったご遺体を収容するための棺桶や収納袋もありました。これらの支援は、本来の仕組みである県による支援のシステムが整ってきた3月末まで実施しました(写真12)。

さらに、被災地の窮状を正確に全国に向けて情報発信する必要があると考え、東北地方整備局のホームページ上に「被災された市町村の臨時掲示板」を開設しました。首長からのメッセージや、必要としている物資に関する情報など、市町村から送られてくるものをそのまま掲載しました。反響は大きく、ピーク時には1日数万件のアクセスがありました。大阪のNPO法人にはインターネットで情報拡散していただきました。大槌町の掲示板を見た草加市の自治会から不足しているランドセルが町に贈られたりしました。

## 5. 復興に向けて

現在、被災した市町村は復興に向けて動き出しています。東北地方整備局では、被災直後から派遣していたリエゾンに代わり、昨年5月から、一人当たり数箇所の被災市町村を担当する局官(部次長相当)クラスの「カウンターパート」を指名し、週1回程度現地に派遣して技術指導やニーズ把握を行う支援を続けています。また、国土交通本省都市局では1次補正予算を確保して「津波被害市街地の復興手法調査」を実施し、被災市町村それぞれに担当官やコンサルタントを配置して復興計画策定を支援しています。昨年未までに、沿岸部の被災市町村では、福島県の原因被害の一部市町村を除き復興計画が策定されました。今後は、計画を事業に具体化していく過程で引き続き支援を行っていくこととなります。

直轄事業では、三陸沿岸道路とこれに連絡する東西方向の3ルート(合計総延長584km、うち新規区間224km)の全面的な事業化が3次補正で認められました(図2)。

三陸沿岸道路の一部である「釜石山田道路」は、釜石市の鶴住居地区と両石地区を結ぶ区間が発災6日前

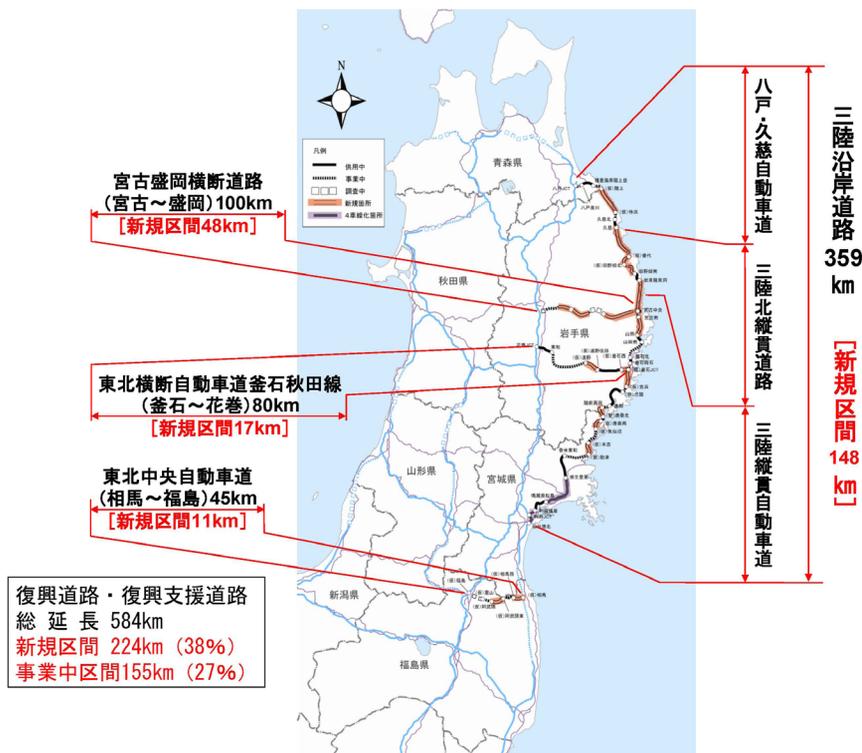


図2 復興道路、復興支援道路の事業計画図

の3月5日に部分開通したばかりでした。今回の震災で鶴住居地区はハザードマップの想定を上回る大津波に襲われましたが、地区の小中学生約570名は、自らの判断で行動し、最終的に完成したばかりの釜石山田道路に逃げ助かったのです(図3)(写真13)。



図3 釜石市の小中学生等が避難した経路

釜石山田道路は津波浸水想定区域を避けて小高い所に建設していたため通行可能であり、通りかかったトラックに救助されて全員避難所まで移動できました。周辺の国道45号は津波のため寸断された状態にあり、雪模様だったことも考え合わせると、釜石山田道路はまさに「命の道」として機能したのです。今後、これらの道路は地域復興のリーディングプロジェクトとし



写真13 避難している方々

て、10年後の完成供用を目標に事業展開を図っていきます。

海岸堤防の復旧に際しては、数十年から百数十年の頻度で発生している津波を設計対象津波群として設定し、一連の海岸や湾ごとに高さが決定されました(図4)。

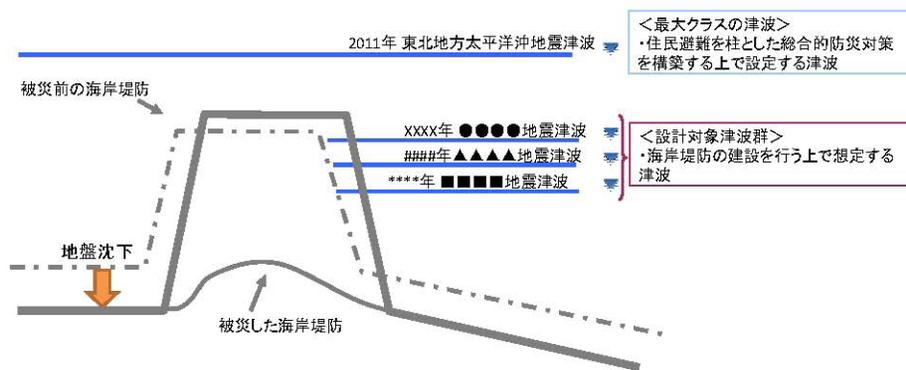


図4 海岸堤防高さの設定イメージ図

今回の震災による大津波を含め、これを上回る「最大クラスの津波」には、命を守ることを第一とし、堤防だけではなく、避難ビルや避難路の整備といった「多重防御」によるまちづくりで対応することとなりました。直轄事業で施工する仙台南部海岸の堤防は、地域復興の前提となる施設であり、今後5年以内の復旧を図っていきます。

## 6. 結び

過去においては、東日本での大地震の前後十数年の間に首都直下や東海・東南海・南海地震が起こる場合が多かったと聞きます。いたずらに恐怖感を煽るのは本意ではありませんが、今回の激しい揺れを直接経験していない地域の人々には、どこか「ブラウン管の先の出来事」と感じている向きもあるのではないかと心配しています。東日本大震災の経験や教訓をぜひ次に活かしていきたいと願っています。

今回の震災では、前述したようにこれまでの耐震対策が功を奏し、国道などの幹線道路では地震動による落橋はありませんでした。しかし、造成地での法面崩落や液状化など、対策を強化しなければならない課題も明らかとなりました。また、津波対策については抜本的な見直しが迫られることにもなりました。今後の研究の更なる進展を期待しております。

一方で今回の震災では、「想定外」という表現が問題視されました。自然災害の猛威に想定など通用しないことを実感させられたことは確かでした。しかし、

海岸堤防の高さでも触れたように、さまざまな対策や防災計画を立てていくには、対象とする災害の想定は不可欠です。仮定や考え方をわかりやすい形で明らかにしておき、実際の災害においてはこれにとらわれることなく、常に最善の避難行動がとれるように心構えを醸成しておくことが重要なのだと考えます。そう

いう観点からの啓発についても、地震工学会の皆様には一役買っていたきたいと思っています。



川嶋 直樹

1984年京都大学大学院修了、同年建設省入省。  
2009年7月より現職

# 東日本大震災に対する鉄道構造物の対応

石橋 忠良

●東日本旅客鉄道（株）構造技術センター所長

## 1. まえがき

東日本大震災からほぼ1年が経過しようとしています。東北新幹線をはじめ、多くの線区が被害を受けました。東北新幹線は地震発生から49日間で全線運転再開、その後9月23日に所定のダイヤに復旧しました。在来線も、津波で被害を受けた線区と常磐線の一部線区を除いて、平常運転に戻っています。地震で直接被害を受けた箇所は復旧を終えましたが、津波による被害線区や原発の影響を受けた線区は一部を除き復旧がなかなか進まない状況が続いています。

## 2. 地震対策

耐震設計は関東大震災以前にはほとんどおこなわれていません。関東大震災後、0.2程度の設計震度を用いる震度法が用いられることとなりました。宮城県沖地震の後、1980年代に建築分野が新耐震設計法に変えられた時期、鉄道のコンクリート構造物の設計基準も同様に、ほぼ1Gまでの弾性応答加速度に耐えられるように、強度と変形性能を確保する設計法に変わりました。さらにその後、阪神・淡路大震災は新幹線、在来線の構造物に大きな被害を生じさせ、地震の大きさに驚かされました。この地震以降、設計基準の地震の大きさが2G程度の弾性応答加速度に対応するようになり変わりました。また、この地震を契機に、過去に造られた構造物に対する耐震補強が本格的に始められるようになりました。それまでは、設計基準が変わっても、適用は新設構造物に限られていました。唯一の例外は、東海地震対策に対する耐震補強がおこなわれていることです。

その後、新潟中越地震が起こり、運転中の新幹線の脱線が起きました。これを契機に、脱線してもまっ

すぐに走り続けられる対策を採ることがおこなわれました。JR東日本ではすべての新幹線車両に脱線しても、車輪とガイドでレールをはさんで走り続けられる装置（L型車両ガイド）を取り付けました（写真1）。さらに、ガイドの役割のレールが転倒などしないように、レールの転倒防止装置の工事を進めています。

## 3. 東日本大震災と被害の概要

### 3. 1 地震の概要

2011年3月11日の14:46頃、三陸沖を震源とするMw9.0の地震が発生しました。最大震度は宮城県栗原市築館で震度7が観測されました。また、東日本の太平洋側を中心に広い範囲で震度6が観測されました。この本震のほか多数の余震も発生し、特に4月7日の23:32頃に宮城県沖（M7.4）で発生した余震は、エリアは限定的でしたが、新幹線構造物などに、本震と同程度の被害を生じさせました。

### 3. 2 鉄道の対応

JR東日本では沿岸と、各変電所に地震計が設置してあります。JR東日本における東北・上越・長野新幹線用の地震計の設置状況を図1に示します。

これらの地震計が地震動を捉えたことにより、東北新幹線では東京 - 青森間の全線にわたり、列車を動かす電気を止め非常ブレーキを動作させました。太平洋

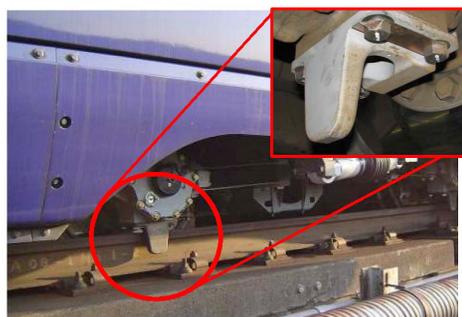


写真1 新幹線の脱線対策 (L型車両ガイド)



図1 地震計の設置状況

沿岸の地震計による地震動の早い検知により、最も揺れの激しかった仙台エリアを2本の新幹線が270km/hで走行中でしたが、新幹線の線路に強い揺れが到達する12～15秒前には非常ブレーキが動作しました。新幹線の営業列車の脱線は無く、お客様の怪我人もありませんでした。

### 3. 3 新幹線構造物の被害状況

表1に東北新幹線の主な被害の箇所数を示します。3月11日の本震で、大宮から岩手沼宮内までの約500kmで、地上設備が約1200箇所の被害を受けました。4月7日の余震までに、約90箇所を残して応急復旧が終了していましたが、この余震により仙台～一ノ関を中心に新たに約550箇所の被害を受けました。

### 4. コンクリート構造物の被害状況と被害分析

新幹線の構造物はほとんどがコンクリート構造物です。そこでコンクリート構造物の被害を中心に報告します。

表1 東北新幹線の主な被害箇所数

主な被害	3/11本震		4/7余震
	被害箇所数	4/7時点で応急復旧未了の被害箇所数	被害箇所数
高架橋柱等の損傷	約100箇所	-	約20箇所
橋桁のずれ	2箇所	-	7箇所
橋桁の支点部損傷	約30箇所	-	約10箇所
電化柱の折損・傾斜・ひび割れ	約540箇所	約60箇所	約270箇所
その他(軌道変位、天井材落下等)	約520箇所	約30箇所	約240箇所
合計	約1,200箇所	約90箇所	約550箇所

### 4. 1 新幹線高架橋

コンクリート構造物は、兵庫県南部地震以降、耐震補強を進めてきています。新幹線高架橋は、せん断破壊が曲げ降伏に先行する柱部材の補強は終えており、引き続き、耐震性能の低いものから順次補強を進めている段階でした。

今回の被害は、被害の大きなもので柱が数cm沈下する損傷のものもありました(写真2)。その他、かぶりコンクリートが剥落した程度のもなどがあり、高架橋柱の耐震性能と被害程度と本数の関係について東北新幹線全線で調べた結果は表2の通りとなっています。耐震補強が進んでいたため、崩壊するレベルの被害はありませんが、概ね耐震性能の低い柱ほど大きな損傷が生じた柱が多くなっています。耐震補強済みの柱はほとんど無損傷でした。同様に、新しい設計基準で造られた構造物もほとんど無被害で、耐震設計、耐



写真2 高架橋の被害

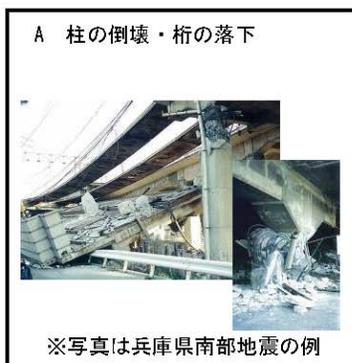
表2 柱の耐震性能と被害程度の分析(柱単位)

損傷度	せん断破壊先行型(耐震補強対策済)	境界型	曲げ破壊先行型				小計
			構造物の耐震性能				
			800gal未満	800～1000gal	1000～1200gal	1200gal以上	
A	0	0	0	0	0	0	0
BB	0	9(1)	0	2(2)	0	0	11(3)
B	0	22(2)	9(0)	18(4)	4(0)	0	53(6)
対象範囲の柱概数	約12,500	約41,600				約54,100	

※表中の数字は3月11日、4月7日の地震被害合計、( )内の数字は4月7日の余震被害再掲

※構造物の耐震性能の区分は、換算弾性応答加速度による<sup>1)</sup>。

※対象範囲は東京～新青森間



震補強が十分効果をあげたことを示しました。

#### 4. 2 新幹線橋脚

橋脚についても高架橋と同様に耐震補強を進めております。今回損傷した橋脚は、補強する予定の相対的に耐震性能の低いものに生じています。橋脚の被害の例を写真3に示します。東北新幹線全線での橋脚の耐震性能と被害程度と本数の関係は、表3の通りです。橋脚の被害は、鉄筋の途中定着部の損傷が数橋生じたのみです。

#### 4. 3 支承部、桁端

支承部の損傷は数多く生じました。桁の移動を抑える支承のアンカーボルトの破断、コンクリートストップの損傷、桁座の損傷などが生じました。大きな地



写真3 橋脚の被害

震力を受けたことから、支承部の弱い箇所には損傷が生じたものです。落橋は無く、数cmの桁の移動が観察されたものもあります。

### 5. 復旧

#### 5. 1 復旧方針の決定

過去の地震の経験から、復旧には、被害箇所ごとの施工業者を早く決めることと、被害状況に応じた復旧方針を早く示すことが大切です。そのため、被害状況が報告される都度、1日から2日で復旧方針図を作成し、現地に渡す体制としました。JR東日本では社内の構造技術センターがその役割を担い、約200件の復旧方針図を作成しました。現場が手待ちにならないよう、早期に復旧方針図を作って渡すことが重要です。現地に行かないと復旧方針図が作れない場合は、直接担当者が現地に行って調査も行いました。また、急を要する場合には、被害報告の当日に復旧方針図を作って渡すことも行っています。さらに、復旧にはすぐ手に入る材料を用いることが大切で、入手できることを確認しながら計画します。合わせてできるだけ既設構造物を壊さないことで瓦礫の発生を最小に、物の搬入、搬出を最小にするように心がけています。

#### 5. 2 高架橋、橋脚、支承の復旧

高架橋や橋脚のかぶりが剥落したものは、帯鉄筋を追加し、クラック注入と断面修復で、応急復旧としま

表3 橋脚の耐震性能と被害程度の分析

損傷度	【基部】 せん断先行 ※補強済み	【基部】 曲げ 1000gal 未満	【段落し部】 せん断 or 曲げ 基部>段落し部	【基部・段落し部】 補強不要	小計
A	0	0	0	0	0
BB	0	0	0	0	0
B	0	2	3(1)	0	5(1)
対象範囲の橋脚概数	約 500		約 8800		約 9300

※表中の数字は3月11日、4月7日の地震被害合計、( )内の数字は4月7日の余震被害再掲

※構造物の【基部】の耐震性能の値は、換算弾性応答加速度による<sup>1)</sup>。

※対象範囲は東京～新青森間



した。幾分沈下したものは、柱を切断して所定の位置にジャッキにてスラブを戻し、鉄筋を接合、帯鉄筋を追加して柱を復旧しました(写真4)。応急復旧を終えて列車は通すこととなりますが、引き続き、鋼板巻きなどの耐震補強をあわせて行いました。

支承部の損傷については、個々の構造物の状況に応じて対処しました。新たにストッパーを新設したり、現行の支承の前面に支承を新しく作り直したりしました。材料もRCにしたり、鋼製にしたりと、現場に合わせた設計・施工としています。

### 5. 3 電柱

今回の被害で、復旧に最も時間を要したものは電柱の損傷です(写真5)。過去の地震でも電柱は被害を受けてきましたが、今回ほど広い地域で大量の電柱が折れたのは初めての経験でした。損傷した電柱は鋼管の電柱に変えたものもありますが、多くは折れた電柱の中空部に高強度モルタルを打設し、再利用して復旧しました。

## 6. 課題への対応

### 6. 1 電柱の耐震補強

多くのコンクリート製の電柱がそのまま残っており、これらの電柱の耐震補強について検討を進めています。既設の電柱の設計は弾性設計となっており、耐震性能を上げるために、変形性能を考慮した設計に変更することと、変形性能を大きくすることが必要と考え、検



写真4 高架橋の復旧状況



写真5 電柱の被害

討を進めているところです。

### 6. 2 津波による被害線区

津波により被害を受けた線区は、JR線としては八戸線、山田線、大船渡線、気仙沼線、石巻線、仙石線、さらに原発の影響も合わせて受けた常磐線があります。重いPC桁が100mも流されているものや、鉄筋コンクリートの橋脚の鉄筋が伸びて切れ、橋脚が折れているものもあり、津波の力のすさまじさを痛感させられました。このうち八戸線は、元の位置で復旧することで工事が進んでおり、流失した鋼桁は、修復して再利用します。津波対策としては、避難路を整備することで対処することとしています。

その他の路線は、地元の復興計画と調整しながら、ルート変更を含めて検討が進められています。沿岸部の鉄道は多くは単線で非常に幅の狭い構造物となります。構造物で津波に抵抗するのは難しいと考えています。津波の無いエリアに造るか、避難方法を整備して津波の可能性のあるエリアに造るかを選択することになると思います。

## 7. あとがき

今回の地震被害をみると、構造物の耐震補強や現行の耐震設計が有効であることが示されました。また、耐震診断も妥当であることを示しています。継続して耐震性能の相対的に低い構造物について着実に補強を続けることが大切だと思っています。今回の地震は多くの被害をもたらしましたが、この経験がわが国の防災強度を着実に上げていくことに役立つことを期待します。

### 参考文献

- 1)石橋忠良, 池田靖忠, 菅野貴浩, 岡村甫: 鉄筋コンクリート高架橋の地震被害程度と設計上の耐震性能に関する検討, 土木学会論文集No.563/I-39, 1997.4
- 2)東日本旅客鉄道株式会社: 東北地方太平洋沖地震と鉄道構造物, SED第37号, 2011.11



### 石橋 忠良

1970年 日本国有鉄道入社  
1987年 東日本旅客鉄道(株)  
1995年 同 構造技術センター所長  
2008年 同 執行役員

◇数多くの鉄道構造物の設計・施工・維持管理・災害復旧等に関わる。

◇工学博士, 土木学会コンクリート委員会常任委員他

# 長周期地震動と建築物への影響

大川 出

●建築研究所

## 1. はじめに

建築分野では、長周期地震動とは周期2秒程度以上の成分を優勢に含む地震動のことをいう。これは主に超高層建築物（高さ60mを超える建築物）や免震建築物の挙動に影響を与える周期範囲である。

この長周期地震動は、一般に大規模な地震の震源で強く発生し、短周期の波動に比べて減衰せずに遠くまで伝わり、さらに構造物立地点直下の深い地下構造によっても増幅を受けるとされる。長周期地震動の卓越周期が超高層建築物の固有周期に近いと、いわゆる共振現象が起き、長い継続時間と相まって、応答が長く繰り返され、減衰係数が小さい場合には、揺れが長く続いて、過大な応答を生じることがあると考えられていたが、事実このことを実証する出来事が今回の地震で生じている。

2004年新潟県中越地震時に東京の超高層建築物で発生したエレベータの不具合は、この長周期地震動が原因とされている。ただし、超高層建築物自体は、その出現以来、構造本体の損傷などを生ずるほどの本格的な長周期地震動を経験したことはない。2003年十勝沖地震や2004年紀伊半島沖地震などでも、超高層建築物は大きな長周期地震動を受けていない。

2011年東北地方太平洋沖地震によって被災地および首都圏を含む広い地域で、長く大きな揺れが観測された。超高層建築物等も、超巨大地震による長継続時間の地震動を日本各地で経験した。被災地周辺での地震動特性は概略、図1のようなものと考えられる。

本稿では、このとき各地で発生した地震動について

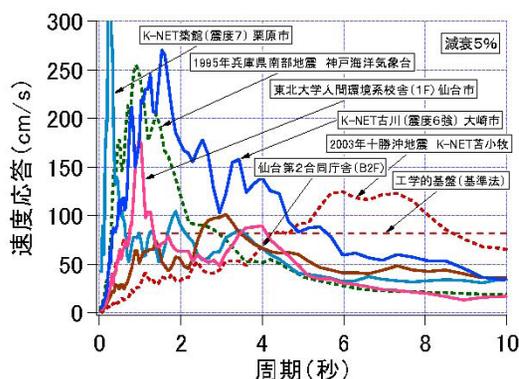


図1 東北地方太平洋沖地震での地震動特性

その特性、強さなどについて検討し、どの程度の長周期地震動が発生していたのかを検証することとしたい。

地震動レベルの比較の基準となるものとして、現在超高層建築物等の設計で実際に使われている地震動を用いる。そのため、まず設計用地震動の現状を次項にて簡単に紹介する。

## 2. 超高層建築物等の設計用地震動について

超高層建築物については、その初期より地震動時刻歴による動的解析が行われてきた。利用された設計用地震動は、各時代の観測データや、地震危険度評価、また地震動予測技術に拠るところが大きい。超高層建築物自体は、構造の長周期化により地震の主要動の影響が低減できることを利点としていたが、近年長周期地震動の影響が当初の想定以上になることが認識され、設計時にも考慮するようになってきている。特に2003年十勝沖地震において苫小牧で長周期地震動による大型石油タンクでのスロッシングによる大規模火災などがあり、その影響の検討が注意深く実施されている。

さて、わが国での超高層建築物の設計用地震動の変遷については別資料を参照していただくとして、2000年に建築基準法の改正があり、超高層建築物や免震建築物の耐震計算にあつては、国土交通省平成13年告示1461号（いわゆる時刻歴告示）に基づき、各性能評価機関において、以下の3種類の地震動が使われるようになった。

(1) 上記告示に示される工学的基盤における加速度応答スペクトルに適合する模擬地震動時刻歴で、その継続時間は60秒以上。これは告示波と呼ばれ、建築法令上に初めて規定された模擬地震動である。

(2) 先のエルセントロ、タフト、八戸の3波について最大速度を25cm/s、50cm/sとした波形が引き続き使われている。これは標準（観測）波と呼ばれている。

(3) 建設地点周辺に将来起こる可能性が高い地震による地震動のうち当該建物に影響が大きいもの。これはサイト波と呼ばれる。サイト波は設計者が自ら設定し作成する。近年、強震動予測手法が急速に発展してきているが、サイト波の作成に適用する方法もさまざまである。

このように、(1)、(2)は与えられるもの、(3)

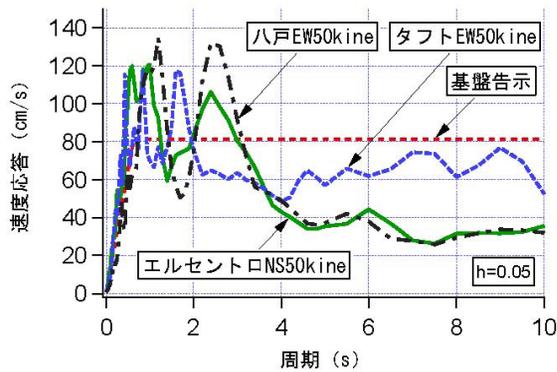


図2 標準3波と告示波の速度応答スペクトル

のみが設計者に課せられる。サイト波の評価・作成は、高度な専門的知識とともに、その妥当性の判断も問われることになる。そのため、(3)については、今回の超巨大海溝地震による観測波が有用な資料となる。なお、(1)、(2)については図2にその速度応答スペクトルを示した。タフト波は長周期領域で結構大きい。

### 3. 東北地方太平洋沖地震における長周期地震動

#### 1) 各地の観測記録の地震動特性

東北地方太平洋沖地震では余震も含めて多くの強震記録が得られた。それらの強震記録の特徴について、被災地、首都圏、それ以外の大都市圏に分けてみた。

全国的な強震観測網によるデータから、宮城県、福島県を中心とする被災地では、大きな揺れではあるものの、既往の最大級の強震記録を大きく上回るものではないことがわかっている。

ただし、大振幅を記録した観測地点の地理的範囲が広く、いずれの地点の記録にも共通して継続時間が非常に長いことが認められる。これは、地震規模が大きく破壊が広域に及び、断層破壊が完了するまでに長い時間を要したことによるものとみられている。

地震動については、防災科学技術研究所のK-NET、KiK-netをはじめとして、気象庁、大学、自治体などの諸機関により、膨大な数の観測記録が得られ公表されている。

建築研究所の観測地点を図3に示すが、さまざまな建築物およびその周辺地盤での強震観測により、やはり多数の大振幅の強震記録を得ている。

より密に観測点が存在する首都圏については同図左上にその観測位置を示した。

以下、地盤上の観測であるK-NETや、建築研究所が実施する建物強震観測結果について紹介する。

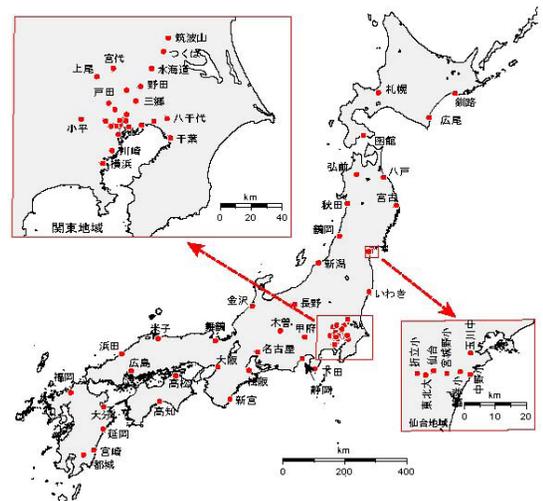


図3 建築研究所の強震観測点

#### 2) 被災地域(宮城、岩手、福島など)における長周期地震動

被災地域では、地震動による被害と沿岸地方における津波被害があり、沿岸地域については津波による被害が支配的であり、同地域での地震動による被害については、よく分かっていない。図4に示す宮城県を中心とする東北地域の代表的な地点でのK-NET記録の5%減衰擬似速度応答スペクトルを図5に示す。



図4 比較に用いた主要強震観測地点(K-NET)

図5は図4に示す地盤上のK-NET観測点の記録を用いた5%減衰擬似速度応答スペクトルの比較である。(なお、各スペクトル値は周期毎に水平2方向の大きい方の値をとっている。)周期2秒以下で200cm/sを上回る地点がいくつかあることがわかる。

図6は建築研究所が実施する東北各地中心部における建物1階、地下階あるいは地表位置での観測記録の擬似速度応答スペクトル(減衰5%)の比較である。同

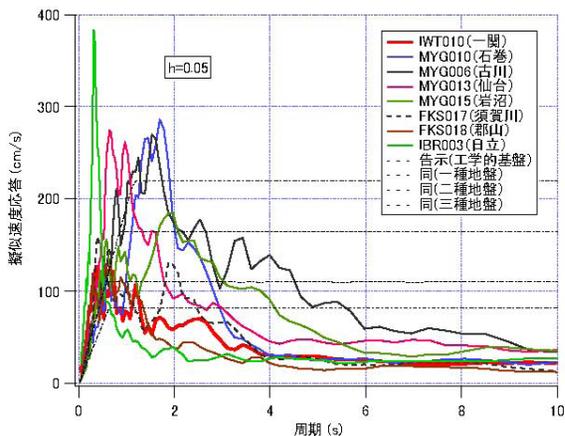


図5 被災地のK-NET観測点での擬似速度スペクトル(周期毎に大きい成分をとった)

じ色の2本の線は同一観測地点での水平2成分を示している。仙台や八戸、秋田、宮古、いわきなどの記録の長周期成分のレベルを見たものであるが、仙台やいわきなどは周期2～3秒の地震動スペクトルレベルが工学的基盤の告示スペクトルを少し上回る程度であるが、地震動レベルは比較的大きい。しかしながら、周期4秒以上では、それほど大きくなく、新潟の方がかえってスペクトルレベルが上回るほどになっている。地震規模(Mw)が9.0と大きく、長周期成分が卓越することが予想されたが、これらの地点では長周期成分の大きな卓越はみられない。

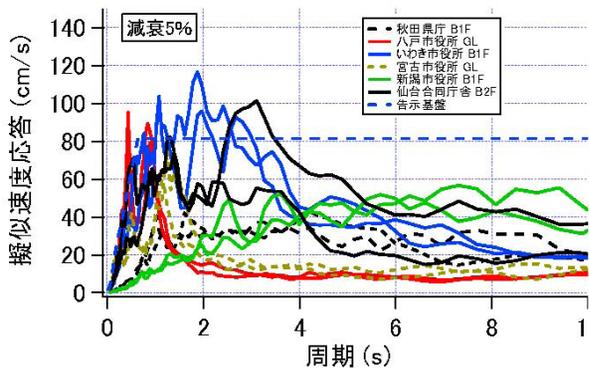


図6 被災地のBRI観測点での擬似速度スペクトル

擬似速度応答スペクトルだけでなく、累積塑性変形などの長継続時間の影響や非線形応答への程度をみるため、エネルギースペクトル(減衰10%)についても同じ地震動を使って図7で比較した。

エネルギースペクトルの比較の対象として、告示スペクトル(工学的基盤)に適合する継続時間120秒、ランダム位相の模擬地震動10波によるエネルギースペクトル平均値を加えて各観測点でのエネルギースペクトルと比較した。ここでも周期4秒程度以上においては、

新潟の記録が比較的大きいものの、地震動のエネルギースペクトルレベルはそれほど大きくない。

一方、本震による揺れの継続時間が非常に長いのが、今回の地震の特徴となっている。

長周期地震動の場合には、特定の卓越周期成分が支配的で選択性の高い、いわゆるあと揺れが長時間続くことが多いが、今回の地震記録では、震源域が広く、前述のように震源での破壊が完了するのに長時間を要したため、短周期成分も長く継続しており、長周期まで含めた広い周期帯域で、同等な地震動レベルとなっているのが特徴である。1978年6月の宮城県沖地震で、上層階で1Gを超える加速度を記録した東北大学の校舎建物でも、今回強震記録が得られている。図8に、1978年宮城県沖地震と今回の記録の波形を比較した。今回の地震における継続時間の長さがよくわかる。

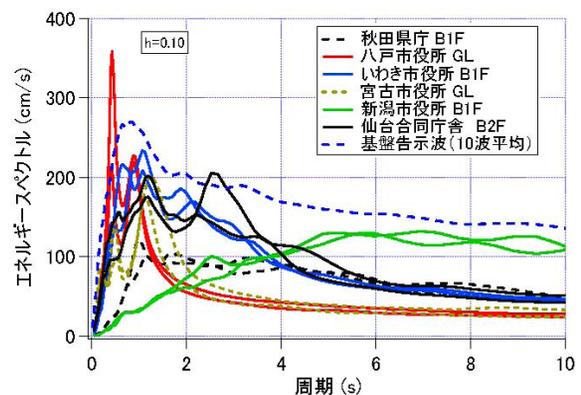


図7 被災地のBRI観測点でのエネルギースペクトル

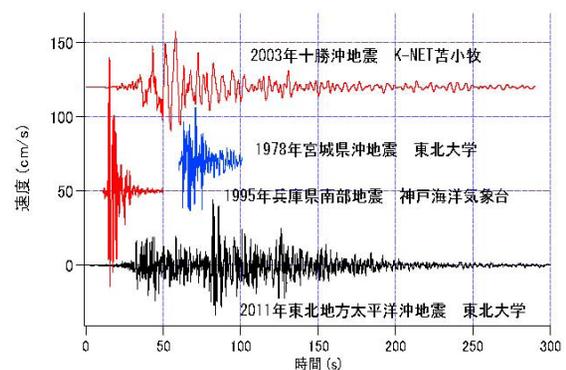


図8 主要地震動の時刻歴の時間長さの比較

### 3) 首都圏における長周期地震動

図9は、東京都北部から埼玉県、図10は東京東部から千葉、湾岸における擬似速度応答スペクトルを比較したものである。周期6～8秒の成分がやや卓越している地点があるものの、告示スペクトルのレベルの半分から、大きくても80カインレベルとなっている。

さらに東京山手から同西部についても、告示スペク

トルレベルの半分程度であり、明瞭な長周期成分の卓越はなくほぼ一樣なレベルとなっている。(図省略)

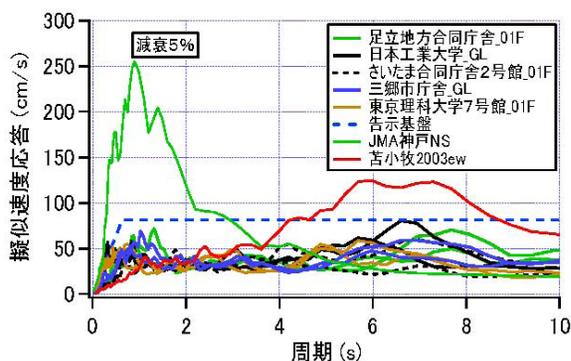


図9 東京都北部から埼玉県地域での地震動

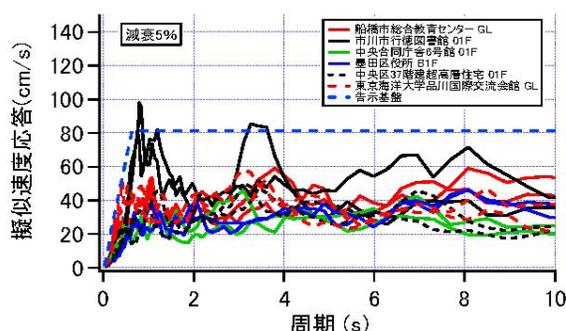


図10 東京東部から千葉湾岸地域での地震動

#### 4) その他の地域における長周期地震動

大阪湾岸は、東北地方太平洋沖地震では震源からの距離が750kmを超えたが、西日本最大級の超高層建築物の上層階で大きなゆれが観測され、エレベータでの閉じ込めや防火扉、スプリンクラーの損傷などが生じた。被災地、首都圏以外の地域での今回の地震における地震動レベルを見たのが図11である。それぞれの観測地点で、卓越する地震動の周期成分があり、それらは地点ごとに異なっている。

わが国の最大級の超高層建築物の一次固有周期が約6～7秒である。図11でその周期帯を眺めると、同じ大阪でも湾岸(此花)と内陸部(柴島)とでは、そのレベルにきわめて大きな差があることがわかる。

首都圏において、地域内では久喜など長周期成分がやや大きく現れている地点がある。

#### 5) 建物応答事例について

長周期地震動に対する応答では、いわゆる共振状態に陥ることが大きな応答を生じる大きな要因である。

共振現象は、地震動の揺れの周期と建物の固有周期が一致する場所に起こりうる。事前にどのような建築物の応答を大きくする地点なのかを判断し、減衰特性が不足する場合には、ダンパーの設置など、建築物に

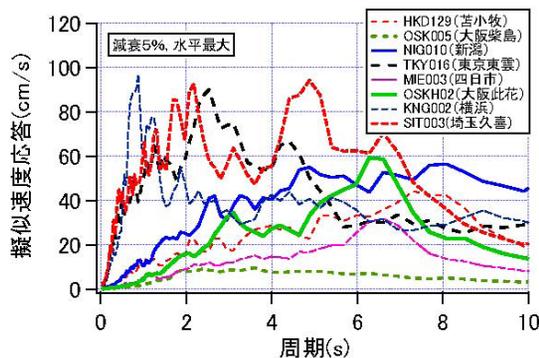


図11 全国主要地点の擬似速度スペクトルの比較 (水平各成分の応答スペクトルのうちの大きい方)

適切な対策を講じることが求められる。

今回の震源に近い大都市である被災地、首都圏ともに、大きな長周期地震動は生じなかった。ただし、南海トラフで発生する大規模海溝地震では、地震波の伝播過程が異なるため、今回とは異なる長周期地震動の様相も考えられる。

図2に示したように、超高層建築物の設計用地震動は2000年以降は告示波によって長周期領域で一定のレベルは確保されるようになったが、それぞれの建設地での地震環境で、それで十分かどうかを判断し、必要に応じてサイト波の適切な選定が求められている。

#### 5. おわりに

現在、国土交通省建築基準整備促進事業において、長周期地震動の設定手法の検討が実施されている。また、諸機関で被害調査等の結果を踏まえて、今後発生が懸念される南海トラフでの大地震への対策作業が進められている。それらを見据えながら、建築物に求められる耐震性能に対応した検討用地震動を提案していく必要がある。

#### 参考文献

- 1) 国総研・建研：平成23年東北地方太平洋沖地震被害調査研究(速報)、建築研究報告第132号、平成23年5月
- 2) 防災科学技術研究所、K-NET, KiK-net



**大川 出**

11981年 建設省建築研究所研究員  
2012年 独立行政法人建築研究所 主席研究監

設計地震入力、強震観測  
工学博士

# 建物被災度判定システムの実建物群への適用

— 超高層ビルの被災直後の健全性評価に向けて —

大類 哲

● 鹿島建設 建築設計本部

## 1. はじめに

地震発災直後に建物居住者や入館者の安全確保の観点から、建物管理者にとって避難の要否の判断が喫緊の課題となる。さらに、安全な避難誘導計画を策定するため、建物の被災度を速やかに評価する必要がある。被災度判定は最終的に建築技術者による確認が必要であるが、地震直後の混乱期に、よりの確な判断を下すためには客観的なデータを併用することが望ましい。

一方、建設業者は日本建設業連合会が定める建設BCPガイドラインにより、大震災時に社会インフラの迅速な復旧に従事することが求められている。この時、作業にあたる従業員の安全確保のため、対策拠点となる建物の被災度を地震直後に判定する必要がある。こうした背景から、地震後に観測記録に基づく建物被災度を速やかに評価・発信するシステムを開発し、自社施設への適用により、その有効性の確認を行ってきた。

本システムは、建物内に設置された地震計の記録に基づき被災度判定を行うロジックと、社内ネットワークを通じて統合的に評価結果を表示するシステムから構築され、全社的な情報共有により、災害対策本部と当該建物で共通の情報が閲覧可能となっている。

本報告では、本システムで用いる被災度判定手法と東日本大震災における社内での活用事例を中心に紹介する。また、発生が逼迫しているとされる首都圏直下地震や南海トラフを震源とする海洋型大地震に対し、超高層ビルの半数以上が集中する首都圏において、構造技術者の不足が指摘される中、被災直後の超高層ビルの健全性評価システムとしての可能性を示す。

## 2. 被災度判定手法

### 2. 1 構造体の被災度評価

建物の被災度判定の実施にあたっては、建物の建設地点並びに建物の重要度を勘案し、2つのランクを設定してそれぞれ以下の手順に沿って判定を実施する。

#### (1) Aランク建物 (重要度：高)

重要度の高い建物をAランク建物とする。これらの建物については地震観測装置を設置し、観測記録に基づく被災度判定を実施する。処理の手順を以下に示す。

- ① 計測された加速度記録を処理サーバに転送する。
- ② 地震観測装置より得られた離散階での計測結果に

基づき、モード合成法を用いた応答推定解析を実施し、建物全階での加速度及び層間変形角を評価する。

- ③ 建物基部での加速度時刻歴を用いた弾塑性時刻歴地震応答解析を実施し、塑性率、残留変形角などの部材レベルの損傷を評価する。

式(1)に従い、得られた応答最大値 $X_r$ の基準値 $X_u$ に対する比を求め、構造的損傷に対する重み付け係数 $\beta$ を乗じて累加することにより当該地震時における建物損傷評価係数 $D$ を算定する。

$$D = \sum_i \frac{\beta_i X_r}{X_u} \quad (1)$$

損傷評価に使用する基準値と重み付け係数を表1に示す。さらに、建物損傷評価係数 $D$ の値を用いて、表2に示す4ランクの建物被災度評価を行う。

表1 建物被災度評価用パラメーター一覧

応答値	基準値 $X_u$		重み付け係数 $\beta$	
	S造	RC造	S造	RC造
構造	0.02	0.01	0.2	0.35
層間変形角	0.01		0.3	0.1
残留変形角	0.01		0.3	0.1
降伏部材割合	1.0		0.1	
部材塑性率	8.0		0.1	
破断・局部座屈部材割合	1.0	—	0.3	—
壁せん断塑性率	—	1.0	—	0.35

表2 建物損傷評価係数と被災度判定との関係

建物被災度	損傷評価係数 $D$
無被害・軽微	$D < 0.05$
小破	$0.05 \leq D < 0.25$
中破	$0.25 \leq D < 0.50$
大破	$0.50 \leq D$

#### (2) Bランク建物 (重要度：低)

重要度の比較的低い建物をBランク建物とする。これらの建物については、気象庁が公開する各震度計測地点での震度値に基づき評価した、建物建設地点での震度値と建物構造指標との関係より、建物の被災度を評価する。建物構造指標としては、1995年の兵庫県南部地震時における各種資料を参照して検討を行った。

図1に建物強度指標C(1)値と損傷レベルの関係を示し、図2に耐震診断などで一般的に用いられている耐震指標 $I_s$ 値と損傷レベルの関係を示す。両者を比較し、

損傷レベルとの関係が比較的良好であった建物強度指標C(1)値を判定指標として採用した。

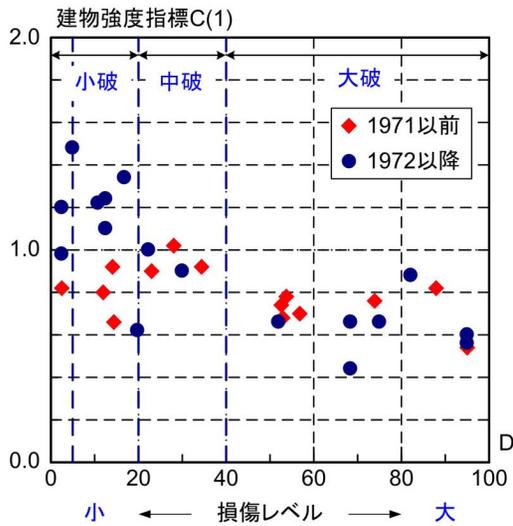


図1 建物強度指標C(1)値と損傷レベルの関係

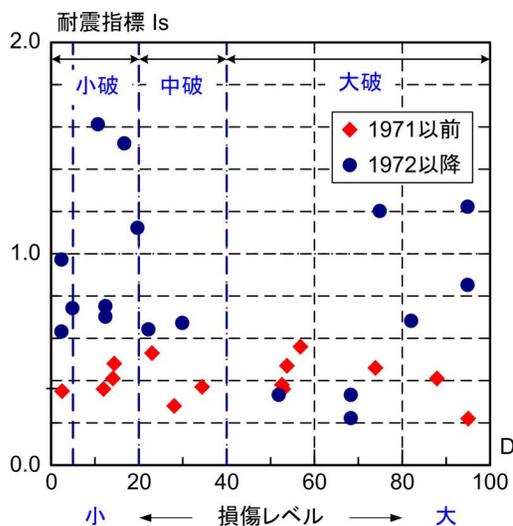


図2 耐震指標Is値と損傷レベルの関係

## 2. 2 振動台実験に基づく天井材の被災度評価

大地震時において構造体には大きな被害がない場合でも、家具・什器類や天井、間仕切り壁等の二次部材が被害を受けた場合、建物の継続使用に大きな支障となる。特に居住者にとって家具・什器類の転倒や天井の落下は生命に関わる可能性もあり、構造体に加えこれらの損傷状況についての評価も重要である。

家具・什器類の転倒については、大学や各種機関により検討が実施されているが、天井材に関しては事例が少なく被災度の評価が困難であったため、実際の天井を模擬した試験体を作成し、振動台による加振実験により振動レベルと天井材の損傷状況について検討を行った。振動台実験の状況を写真1に示す。

実験結果を表3、写真2に示す。天井吊り下げ位置



写真1 振動台実験状況

での最大加速度が $500\text{cm/s}^2$ を超えるあたりから、既存天井、耐震天井とも損傷が大きくなり、既存天井では $1000\text{cm/s}^2$ 以上で天井板の落下が発生した。さらに錘となる空調機器などが設置された場合、 $500\text{cm/s}^2$ でも天井板の落下が見られた。

以上の結果に基づき、天井吊り下げ位置での最大加速度 $500\text{cm/s}^2$ を「天井一部損傷・落下」の判定基準として採用した。

表3 天井の主な被害状況

最大加速度	耐震天井	既存天井	錘付加既存天井
$100\text{cm/s}^2$	被害なし	被害なし	被害なし
$250\text{cm/s}^2$	被害なし	被害なし	化粧板のひび
$375\text{cm/s}^2$	被害なし	野縁受の変形	野縁の座屈
$500\text{cm/s}^2$	野縁受の変形	ステーブルの浮き	天井版の破壊
$750\text{cm/s}^2$	野縁の座屈	野縁の座屈 化粧板の剥落	
$1000\text{cm/s}^2$	化粧板の剥落 ステーブルの浮き	天井版の破壊	
$1500\text{cm/s}^2$	天井版の破壊		



(1) 化粧板の剥落

(2) 天井版の破損

写真2 天井の損傷状況

## 3. 実地震時における活用事例

### 3. 1 2011年東日本大震災

#### (1) 仙台市内

2011年3月11日に発生した東日本大震災における被災度判定結果を以下に示す。なお、以下に示す表示画面は全て本システムにより当日、自動的に作成され、全従業員の上で閲覧可能となったものである。

図3に北海道・東北地区における建物群の建物被災

度評価結果をまとめた表示画面を示す。中破と判定された建物は東北支店と郡山営業所で、盛岡営業所と福島営業所が小破と判定されている。

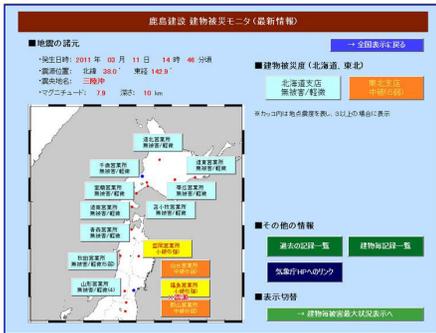


図3 被災度判定結果(北海道・東北地区)

図4にこれらの建物の内、Aランク建物である東北支店ビル(RC造9階建)の評価結果を示す。地震観測記録を用いた解析の結果、層間変形角が約1/220と比較的大きくなり、その他の指標を加味した損傷評価係数は0.37であった。表2に示した判定表に基づき、構造躯体の損傷は中破と判定された。また、各階の加速度から、家具・什器類は転倒するが、天井の損傷・落下の程度は小さいと評価された。



図4 被災度判定結果(東北支店ビル)

図5に観測記録の概要を示す。建物基礎位置での計測震度値は5.6であった。最大加速度は上層階で約500cm/s<sup>2</sup>で約900秒間の記録が観測されており、非常に長時間揺れが継続していることが確認された。

執務時間中の発災であったため、直ちに構造技術者による現地調査が実施され、本建物の継続使用は可能と判定された。また、家具・什器類の転倒や天井の損傷に対する評価は概ね妥当な結果であった。さらに、その後の詳細調査により、構造体の実際の被害は全般的に評価結果に比べて軽微であり、本システムの評価はやや安全側にあることが確認された。

本システムは情報の混乱を避けるため、閲覧可能範囲を従業員の職能に応じて分けており、図3～5に示した包括的な被災度評価結果は全員が閲覧可能である。一方、構造技術者に対しては、図6に示す層間変形角

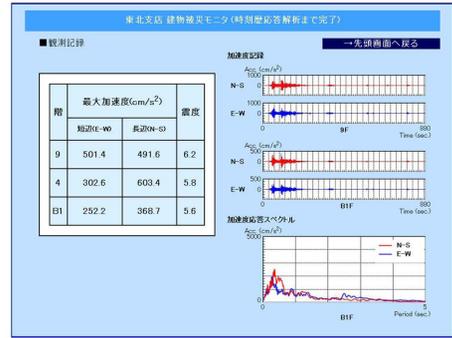


図5 観測記録(東北支店ビル)

分布をはじめ、表1に示した各損傷パラメータの確認が可能となっている。これらは現地の詳細調査を実施する際に有用な情報として活用される。

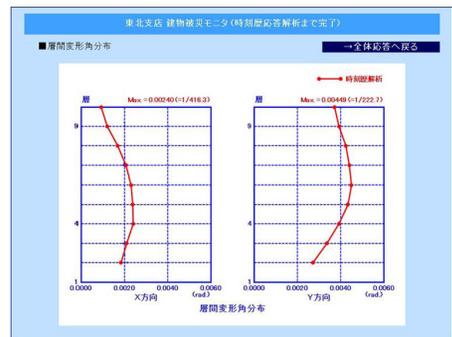


図6 最大層間変形角分布(東北支店ビル)

## (2) 東京都内

東日本大震災では、震源に近い東北地方だけでなく、関東地方でも大きな揺れが長時間にわたり観測された。

図7に赤坂別館ビル(鉄骨造15階建)における観測記録、図8に最大層間変形角分布を示す。建物基部での観測記録の計測震度は4.7、最大層間変形角は約1/250で、損傷評価係数は0.053となり小破と判定された。地震後の調査により被害は机上の資料の落下に留まっており、東北支店ビルと同様、家具・什器の転倒に関する評価は概ね妥当で、構造体の被災度については、やや安全側の評価となっていることが確認された。



図7 観測記録(赤坂別館ビル)

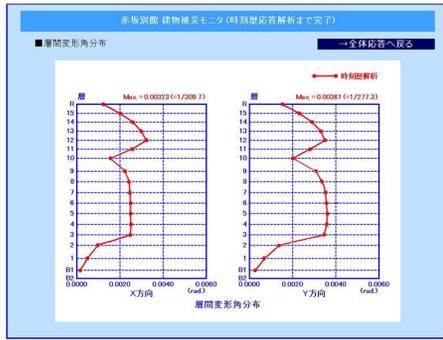


図8 最大層間変形角分布(赤坂別館ビル)



図9 被災度判定結果  
(静岡営業所、2009年駿河湾の地震)

### 3. 2 2009年駿河湾の地震

休日発災の事例として2009年駿河湾の地震の事例を示す。この地震で震度5弱の揺れが観測された静岡市にある静岡営業所の結果を図9に示す。

損傷評価係数は小破判定の下限値ながら0.05で、震源が近く比較的加速度値が大きかったことから、構造体と天井が小破と判定された。地震発生後、震災BCP要綱にのっとり、本社担当者が直ちに出勤し、現地との連絡を取ると同時に被災度判定システムの評価結果を確認した。両者の情報を総合して災害対策本部の招集は不要と判断された。本システムによる客観的な情報が被災度の早期把握に有効であることが確認された。

### 4. まとめ

地震直後の対策拠点の被災度評価を目的に、社内に設置した被災度判定システムは、実際の大地震において正常に稼働し、ネットワークを通じて全従業員が情報を共有することで、震災後の効率的な対応が可能となることを実証した。今後、地震直後のシステム運用経緯を追跡することにより、リスクマネジメント上の問題点を洗い出すと同時に、評価結果と実被害を精査し、評価精度の向上を図っていく予定である。

防災対策としての建物被災度判定は、地震後の救助、復旧活動の拠点となる官公庁施設、病院、学校等において重要である。また、東日本大震災において、特に都心部で顕在化した帰宅困難者問題に対し、高い耐震性を有する超高層ビル内への在留指示を条例化する動きもあり、超高層ビルが近隣の被災者を加えた一時避難場所として供与される事態も想定される。本システムは避難判断の支援を目的として開発されたものであるが、一定規模以下の地震に対しては、建物の健全性を示すことにより在留判断の支援に利用可能である。長時間継続する超高層ビル固有の揺れが与える不安感も指摘されており、余震が続く中、在館者に対して安心情報を提供するシステムとしての活用が期待される。

### 参考文献

- 1) 北村春幸、宮内洋二、福島順一、深田良雄、森伸之(2004)：性能設計における性能判断基準値に関する研究 時刻歴応答解析に基づくJSCA耐震性能メニューの検証、日本建築学会構造系論文集、第576号、pp. 47-54
- 2) 大類哲、小鹿紀英、山田有孝、池田芳樹、鈴木芳隆、清水幹(2006)：建物被災度評価手法に関する検討、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、pp. 215-216
- 3) 鈴木芳隆、小鹿紀英、山田有孝、岡野創、大島穰(2006)：低層鉄筋コンクリート造建物の被災度評価検討、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、pp. 661-662
- 4) 引田真規子、田上淳、小鹿紀英、鈴木芳隆、阿部雅史、宮村正光(2008)：重要施設の機能維持評価を目的とした天井、設備機器の振動台実験と解析 その2 天井の振動台実験、日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)、pp. 749-750
- 5) Y. Suzuki, N. Koshika, A. Yamada, S. Orui and K. Shimizu (2008)：Real-time Building Damage Estimation System based on Observed Building Response, The 14th World Conference on Earthquake Engineering



### 大類 哲

1985年 東北大学卒  
鹿島建設株式会社 武藤記念研究室、  
小堀研究室を経て現職

# 東日本大震災における機械構造物の被災状況

皆川 佳祐

●埼玉工業大学

## 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災は多くの犠牲者を出し、我が国に未曾有の被害をもたらした。プラント、工場、研究所などの産業施設やそれらに内在する大型機械、ボイラ、タンク、ポンプ、配管、クレーン、昇降機などのいわゆる機械構造物も例外ではない。これらの被災は人的被害をもたらした他、産業の停滞により市民の日常や日本経済に大きな打撃を与えた。

このように機械構造物の耐震安全性を向上させることは、人命を守るだけでなく、技術立国である我が国において事業継続の観点からも極めて重要なことである。そのため、震災の後には機械構造物の被災状況や有効であった地震対策事例を調査し、耐震技術に還元する必要がある。今回の震災をうけて、日本機械学会では、「東日本大震災調査・提言分科会」を立ち上げ、被害調査や今後の対策への提言を取りまとめている。その中でも、被害調査は「WG1 機械設備等の被害状況と耐震対策技術の有効性〔主査：藤田 聡（東京電機大学）〕」が主として担当している。本報では、当該WGで実施した被害調査の内容を中心に、東日本大震災における機械構造物の被災状況と課題を中心に紹介する。

## 2. 機械系の被害の概要

### 2.1 機械関連施設の被災状況

今回の震災における機械関連施設の被害に関して、いくつかの特徴が挙げられる。

まず、東日本全域を襲った広域災害であったことである。そのため、代替え拠点として想定していた別の工場も同じく被害を受け、事業継続が困難になるケースが見受けられた。また、地震により損傷した機械構造物を修理もしくは新規製造するための工場も同様に被害を受けたことで、復旧までに多くの時間を費やした。工業用水や電力などのライフラインの被害も、操業再開に時間を要した要因の一つである。

次に、大きな余震が長く続いたことも本震災の特徴の一つとして挙げられる。3月11日の本震後、度重なる余震により、進んでいた復旧工程が振り出しに戻る事例が多々発生した。特に、本震から約1ヶ月経過し、復旧作業も軌道に乗り出した頃に発生した4月7日、11

日の余震（いずれもM7級）は、本震による損傷をさらに進展させた他、地域によっては本震以上の被害を生じさせた。

また、鉄骨造などで簡素に作られた工場では、建屋の被害が多く見受けられた。特に、大型工場建設のために盛土で平地を造成した工場建屋では、被害が大きかった。

一方、以前から宮城県沖地震の発生が危惧されていたことや、2003年の三陸南地震、2008年の宮城岩手内陸地震等を経験していたことで、今回の震災以前からソフト・ハードの両面で地震対策に取り組んでいた企業もあった。このような企業では、従業員の防災意識も高く、被害を最小限に抑えることが出来た。

### 2.2 機械構造物の被災状況

前述の日本機械学会東日本大震災調査・提言分科会では、活動の一環として日本機械学会の特別会員企業等にアンケート調査（約1,000件へ依頼し、230件以上から回答）を行い、その調査結果に基づき、現地調査やヒアリングを実施し、被害の分析を行っている。

そのアンケートの回答によると、「液体貯蔵プールの溢水」、「地盤沈下による埋設管の破損」、「地中配管の損傷」、「シャッターの損傷」、「昇降路内の躯体の被害」、「鉄骨大型建屋の被害」、「重心位置変動による機器の傾斜」、「地震発生時の緊急停止による再稼働時の動作不良」、「停電による設備の故障」、「過去の被害を教訓とした改善による被害低減」などが確認された。また、今回の震災における機械構造物の被害は、「地震動によるもの」、「津波によるもの」、「地盤変状によるもの」に大別された。

現在、アンケート結果をさらに分析中である。今回の地震の特徴として地震波の包絡特性や周波数特性が地域により大きく異なったこともあり、今後、これら地震動特性の違いと機械構造物の被災状況の関係を調査することが望まれる。

## 3. 地震動による被害

ここでは、機械構造物の被害のうち、地震動によるものを示す。

図1は、ボイラ振れ止め部の被害の様子である。図1

のボイラは、運転時の熱膨張を下方に逃がすため上方のみ懸垂支持されている。そのため、地震時に揺れが大きく成長し、振れ止め部に衝突した。そもそも振れ止めは地震時の過大な揺れを抑制するためのものであるが、振れ止め自身に大きな損傷が生じると交換の必要がある。そのため、地震後も交換無く使用出来る振れ止めにするなどの対策が考えられる。

図2は2000m<sup>3</sup>純水タンクの座屈の様子である<sup>(1)</sup>(4月11、12日の余震により発生)。タンクの座屈は兵庫県南部地震や中越沖地震等でも報告されている。図2のプラントと同じ県内にある同様のプラントでは、タンク類の座屈が生じなかったことから、今後は地震動の特性の違い等を考慮し、座屈発生原因を調査することが望まれる。

その他にも、建屋の非構造壁が崩落し、配管などの機械構造物に損傷を与えるなど、建屋内に設置されている機械構造物特有の損傷形態も確認された。

高い耐震安全性が求められる機械設備として、エレベーターが挙げられる。特に近年では建物の高層化が進み、その縦方向の動線となるエレベーターは極めて重要な設備に位置づけられる。エレベーターの被害調査は社団法人日本エレベーター協会が中心となり行っている。表1、図3にエレベーターの被害件数を示す<sup>(2)</sup>。エレベーターの耐震指針は他のそれと同じく、実際の地震被害を教訓に改訂されている。ここでは、エレベーターの被害を、採用した耐震指針毎(1981年指針以前、1981年指針、1998年指針、2009年指針)に分類し、分析を行った。その結果、耐震指針が新しいほど被害率は小さく、これまでの指針の改訂が適切だったことが確認出来た。なお、地域別に分析すると宮城、福島、茨城の被害率が高かった。また、ロープやケーブル類の引っ掛かり、レールの変形、脱レールなどの被害が顕著であった。

エレベーターは建物内に設置される機械設備であり、また、建物とエレベーターの境界を成す昇降路は「非構造部材で構成された構造体」である。そのため、エレベーターの地震被害低減のためには、それら非構造部材の地震被害や耐震性能に関する評価、非構造部材とエレベーターの連成に関する評価などを実施することが重要である。

#### 4. 津波による被害

工場や産業プラントは、材料や製品の輸送の観点、製造工程で大量に利用される冷却水の観点などから、海岸に立地されることが多い。そのため、今回の震災においても津波により多くの施設が打撃を受け、現在



図1 ボイラ振れ止め部の損傷



図2 タンクの座屈((社)火原協会誌<sup>(1)</sup>より)

表1 エレベーターの被害件数

耐震基準	調査件数	被害件数	被害率%
1981年指針以前	48,209	1,485	3.08
1981年指針	168,290	3,975	2.36
1998年指針	144,953	3,388	2.34
2009年指針	6,460	73	1.13

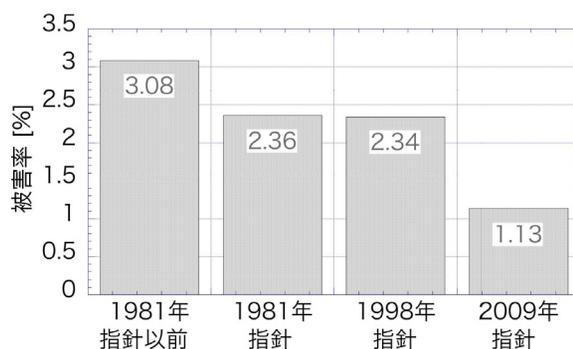


図3 エレベーターの耐震指針と被害率の関係



図4 タンクの浮き上がり被害



図5 タンクの浮き上がり被害(拡大)



図6 ベルトコンベア支持部の流出



図7 FRP水槽の損傷

も操業停止を余儀なくされている。

津波は、「浮力」、「漂流物の衝突」、「水圧」、「冠水」等として、あるいはそれらが複合され、被害を引き起こす。図4、5は、浮力によるLPGタンク（容量60トン、1974年製）の浮き上がり被害である。タンクが津波に浸かり、浮力が働いたことで、アンカーボルトが伸長していることが確認出来る。また、写真左側が海であり、アンカーボルトは浮力で伸長した上に左からの津波による荷重が加わり、図5のような変形をしたものと考えられる。なお、隣接する容量50トン、1992年製のタンクでは、アンカーボルトが太く、津波による被害は生じていなかったため、適切な津波荷重を算出し、設計に反映させることで、このような被害を低減出来ると言える。

図6はベルトコンベアサポート部が津波により流され変形した様子、図7は水圧によりFRP水槽が損傷した様子である。

この他にも、ポンプ用の電動機などの冠水被害が報

告された。この場合、外傷がなくとも内部の錆び付きや汚泥による汚染等が考えられるため、分解、洗浄、点検が必要になった。

今回の震災で観測されたような大津波に対し、被害を全く生じさせないような対策をとることは、困難であろう。しかしながら、被害のシナリオを想定し、浮き上がりが生じてもタンクの流出を防ぐような機構にする、重要度の高い構造物はプラントの高い位置に配置するなどの工夫をすることで、被害の拡大を防ぐことが可能だと考えられる。

## 5. 地盤変状による被害

本震災では、液状化や造成地の崩壊など、地盤変状による機械構造物の被害も確認された。

図8は、配管サポート基礎部の沈下によるアンカーボルトの伸びである。写真撮影地の周辺では液状化が発生し、写真の基礎部も液状化により沈下した。基礎部の沈下量は塗装が若干剥離する程度の微小なもので



図8 基礎部沈下によるアンカーボルトの伸び

あり、上部の配管には目立った損傷は生じなかった。また、別の地域では、液状化により配管サポートが傾斜する被害も発生した。配管とサポートの溶接部が剥離したため、サポートのみが傾斜し、配管自身には被害が生じなかった。

その他、大型タンク周辺の防油堤が液状化により傾斜するなど、一般的に大型構造物周辺の比較的小さな構造物が液状化被害を受けていた。

## 6. 地震対策例

地震対策の一例として、図9に脚部設置板の例を紹介する。免震装置などに比べ比較的容易に導入可能である。以前からこのような対策に取り組んでいる企業も多く、今回も有効例が報告された。今後はこれら进行分析・共有し、被害低減につなげることが望まれる。

また、企業でのヒアリングでは、日頃からの避難訓練や自衛消防組織の活躍により、大きな被害や混乱を防げたとのコメントも多く聞こえた。同じく、工場内の地震計や緊急地震速報に基づく防災システムの稼働、入出場自動検知システムによる従業員の避難状況の確認なども被害低減に一役買った。特に、緊急地震速報は産業機器の地震時運転用のトリガーとして有効と考えられることから、今後の発展が期待される。

## 7. おわりに

ここでは、機械構造物の被災状況を報告した。これらを俯瞰すると、被害の多くは基礎と機械構造物の間、建物と機械構造物の間など、物理的境界で発生していた。今後は、今回の被災状況や地震対策の効果を分析し、被害低減を図ることが望まれる。

最後に、被害に遭われた方にお悔やみ・お見舞いを申し上げる。また、自らも大きな被害に遭われているにも関わらず、不自由な中、被害調査を受け入れてくれた方をはじめ、地域社会の復旧・復興にご尽力頂い



図9 脚部設置板の改善による被害の低減・防止

た方々に感謝の意を表し、結びとしたい。

## 謝辞

本報作成にあたり、日本機械学会 東日本大震災調査・提言分科会 WG1機械設備等の被害状況と耐震対策技術の有効性〔主査：藤田 聡（東京電機大学）〕の委員の方々には多大なるご協力を頂いた。ここに感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) (社)火力原子力発電技術協会：震災からの復興（第二弾）被災状況報告「東北電力(株)仙台火力発電所・新仙台火力発電所と常磐共同火力(株)勿来発電所」、(社)火力原子力発電技術協会会誌火力原子力発電、Vol. 62、No.6、p.386、2011年
- 2) 宮田毅：東北地方太平洋沖地震などによるエレベーターの被害概要、昇降機・遊戯施設等の最近の技術と進歩 技術講演会 講演論文集、pp.1-4、2012年



## 皆川 佳祐

2007年 東京電機大学工学部助教  
2011年 埼玉工業大学工学部講師

- ◇免震、制振装置の研究開発や機械構造物の耐震性評価が専門
- ◇博士(工学)
- ◇日本機械学会東日本大震災調査・提言分科会WG1委員、日本機械学会昇降機システムの安全・安心問題研究会幹事、日本地震工学会会誌編集委員会委員他

# 東日本大震災からの復興に向けた岩手県の取り組み —インフラストラクチャーの再生を中心として—

平井 節生

●岩手県理事（兼）復興局副局長

## 1. はじめに

岩手県において死者・行方不明者計5,980名、家屋倒壊数24,746(2月24日現在)を出した東日本大震災であったが、壊滅的な被害を被った市街地においても、行政や市民の復興への意志は堅固なものがあり、仮設の店舗が急速に増え始め、また、市町村役場は復興計画やそれに続くまちづくり計画の策定に邁進している。岩手県では8月11日に「岩手県東日本大震災津波復興計画」(以下岩手県復興計画)を策定し、現在はその推進管理の段階に入っている。本稿では、同計画の内容を概観した上で、インフラストラクチャーを中心として現在の復興の進捗状況について報告する。

## 2. 岩手県復興計画の概要

### (1) 科学的、技術的な知見に立脚した復興計画

岩手県復興計画は、筆舌に尽くしがたい状況を目の当たりして、人命が失われるような津波被害は今回で終わりにするという基本方針の下、科学的、技術的な知見に立脚し、被災市町村等の復興を長期的に支援するという考え方に基づいている。本計画の策定に当たっては、県内各界の代表者を集めた「岩手県東日本大震災津波復興委員会」(委員長：藤井克己岩手大学学長)を設置し、その下に津波防災等の専門家等で組織した専門委員会を設置した。

本計画は、「いのちを守り 海と大地と共に生きる ふるさと岩手・三陸の創造」を目指す姿とし、復興に向けた3つの原則として、「安全の確保」、「暮らしの再建」、「なりわいの再生」を掲げている。安全で安心な防災都市・地域づくり、住環境の整備や雇用の確保、基幹産業である水産業の再生など、当面する課題から地域が復興する姿まで、基本的な考え方や復興への歩みなどを示している。

### (2) 計画の期間・構成

計画の期間は、迅速な復興の実現を目指すとともに、平成31年度に策定が予定される県の次期総合計画を見据え、平成23年度から30年度までの8年間としている。

第1期の3か年を「基盤復興期間」、第2期の3か年を「本格復興期間」、第3期の2か年を「更なる展開への連結期間」と位置付け、迅速かつ着実な復興の取組を進めていくこととしている。(図1参照)

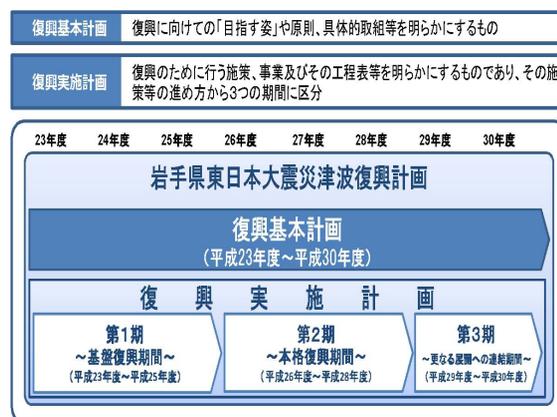


図1 復興計画の期間及び構成

### (3) 復興に向けたまちづくりのランドデザイン

#### ① 津波対策の基本的な考え方

今回の津波に対して防潮堤や湾口防波堤など既存防災施設が果たした役割について検証した結果、津波到達時間を遅らせる効果、浸水の深さを下げる効果、津波エネルギー(流速)を減衰する効果が確認されたが、こうした施設のみでは防御することが困難であることも明らかとなった。

一方、日頃から各地域で実施されてきた避難訓練、地域や小中学校等で行われてきた防災教育等も今回の大震災津波からの避難に一定の寄与がみられた。

これらを踏まえ、本県における津波対策の基本的な考え方として、再び人命が失われることがない多重防災型まちづくりと防災文化を醸成し継承することを目指すこととしている。

#### ② 多重防災型まちづくり

多重防災型まちづくりとは、津波対策の方向性として、被害状況や地理的条件、歴史や文化、産業構造などに応じて、その地域にふさわしい「海岸保全施設」、「まちづくり」、「ソフト対策」を適切に組み合わせたまちづくりを進め、被害をできるだけ最小化するという「減災」の考えにより安全の確保を図る考え方である。

##### i) 海岸保全施設の整備

海岸保全施設の整備は、過去に発生した最大の津波高を目標とするのが望ましいが、地形条件や社会・環境に与える影響、費用等を考慮すると、海岸保全施設のみによる対策は必ずしも現実的でない場合がある。この場合、海岸保全施設の整備目標は、過去に発生し

た津波等を地域ごとに検証し、概ね百数十年程度の頻度で起こり得る津波に対応できる高さとしている。

湾口防波堤や防潮堤、河川堤防、水門、陸こうなど海岸保全施設の整備に当たっては、まちづくりと一体的に検討を行い、地域に最も適した効果的な配置をすることとしている。

今回の津波による海岸保全施設の破壊メカニズムについて詳細な検証を実施し、復旧・整備に当たっては、計画規模を超える津波に対しても破壊されにくい構造を検討する。また、水門や陸こうについては、操作員の安全を確保するため、操作の遠隔化、通信手段・電源等の多重化を図っていく。

## ii) まちづくり

### a 安全な住環境の整備

被災した住宅地や集落については、海岸保全施設の配置計画と市街地・集落の立地や産業の形態を考慮し、住民との合意形成を図りながら総合的に検討を行い、嵩上げや高所移転により安全な住環境を確保していく。

### b 津波防災を考慮した土地利用計画

被災した市街地については、海岸保全施設等により一定の安全性を確保した上で、津波のシミュレーションを参考に、住宅地、商業地、業務地、工業地や必要に応じて建築制限を行う地域などを適切に配置するとともに、災害対応等の中枢となる市町村庁舎や病院、学校、福祉施設等の公共公益施設を安全性の高い場所に配置する。あわせて、避難時間を短縮する防浪(避難)ビルや避難タワー、防災公園や避難路等を適正に配置するなど、津波防災を考慮した土地利用計画とする。

### c 公共施設等と連動した防災

避難場所となる公園や避難路を適切に配置するとともに、幹線道路や鉄道等については、公共施設管理者や民間事業者等と連携し、まちづくりのランドデザインと一体となったルートの見直しや嵩上げによる防災機能の付加、公共施設等の建築物の構造強化等を行うことを検討する。

## iii) ソフト対策

### a 避難計画の策定と情報通信網の整備

津波発生時のシミュレーションにより、浸水範囲や浸水深さ、津波到達時間を明示した津波浸水予測図を作成するとともに、今回の避難行動の実態調査を実施し、高齢者や障がい者など誰もが余裕を持って避難することができるよう、避難距離や避難時間を考慮した避難場所・避難路の配置、避難の手法、津波防災訓練等を定めた避難計画を策定する。

また、災害時にも迅速で確実な情報伝達・提供を可能とする重層的な情報通信ネットワークを構築する。

## b 「防災文化」の醸成と継承

再び津波により人が亡くなることのない、より安全な地域を創り上げていくため、防災意識の向上や、避難行動を促す取組を「防災文化」として醸成し継承していくことが重要である。

このため、災害遺構の保存やメモリアル公園など象徴的施設の整備、津波浸水高の現地表示などを行うとともに、自主防災組織の強化や地域に根ざした津波防災教育の充実を図っていく。

### ③ まちづくりのランドデザインのモデル

岩手県復興計画では、市町村が被災地域ごとに作成する復興プラン等の参考としてもらうため、被災地域における被災の程度と土地利用の形態から被災類型を分類し、それぞれの被災状況に応じた復興パターンを、まちづくりのランドデザインのモデルとして示している。

図2は、その一例であり、都市の機能が壊滅した場合のパターンを示したものの。その他、本編では、都市機能の一部を喪失した場合のパターンや、集落の壊滅や集落の一部喪失のパターンについて、例示している。

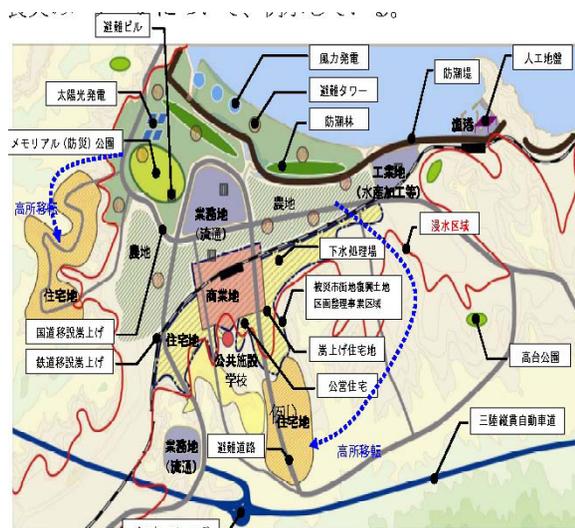


図2 まちづくりのランドデザインのモデル例

## (4) 3つの原則に基づく10分野の取組

岩手県復興計画では、3つの原則(「安全」の確保、「暮らし」の再生、「なりわい」の再生)のもと、10分野の取組を位置付け、計画期間における具体的な取組の内容とその考え方を示している(図3)。

更に、本計画では、復興実施計画として、441の個別のプロジェクトについて、基盤復興期間中の数値目標、概ねの実施期間を示している。

## 3. まちづくりの検討状況

(1) 岩手県沿岸市町村における復興計画等の策定状況  
復興計画等の策定を予定していた岩手県沿岸の12市

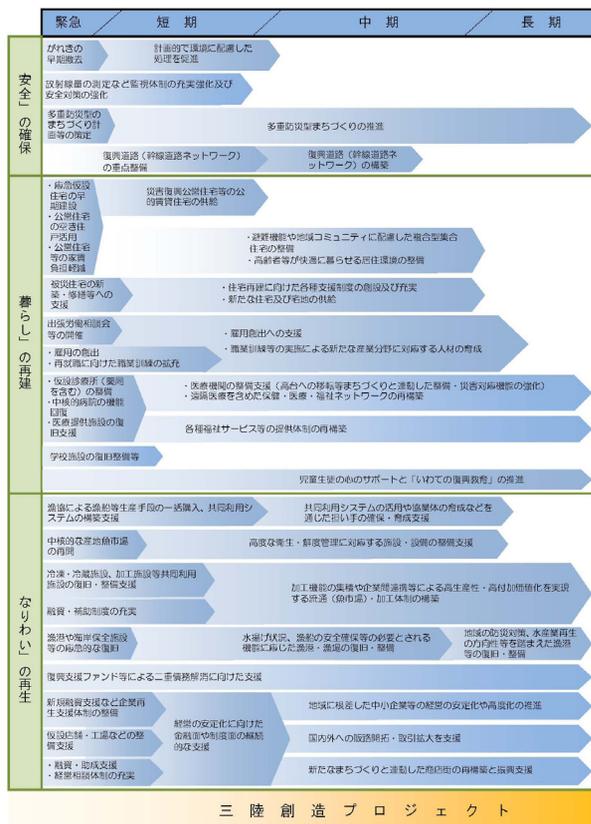


図3 復興に向けた取組の体系

町村 (全て沿岸部) において、平成23年12月26日までに、復興計画等を策定済みである(表1)。

(2) 岩手県沿岸市町村におけるまちづくりの検討状況

市街地が壊滅的な被害に遭った地域におけるまちづくりの大まかな過程は、(1) 業務地域、居住地域、農地、公園などの大まかな配分や主要な道路等のネットワーク形状を決める段階、(2) 土地利用計画を具体的に定め、都市計画とする段階、(3) 区画整理や防災集団移転等具体的な事業の計画を決める段階の3段階に分けられる。沿岸12市町村においては復興計画等が出そろったが、それらの計画がまちづくりのどの段階まで包含しているかという点については、市町村によって区々である。早い例では、陸前高田市において、平成24年2月8日に一部地域において被災市街地復興区画整理の都市計画決定をしている。

(3) 国・県等による支援

岩手県沿岸市町村においては、公共事業予算の縮小等の事情から、被災前から、まちづくりに関われる部門の職員が少なくなっていたが、今回の被災で、その人員すらも、亡くなったり行方不明になったり、大きく棄損した。例えば、大槌町では、全職員137名のうち32名が死亡または行方不明となり、そのうち9名が地域整備課の職員であった。このような体制では、まち

表1 岩手県市町村復興計画等の策定状況

市町村名	復興基本方針、復興計画等策定(予定)時期
洋野町	6/1 復興ビジョン 7/28 震災復興計画(計画期間:6年間)
久慈市	5/2 復興ビジョン 7/22 復興計画(計画期間:10年間)
野田村	5/27 復興基本方針 11/7 東日本大震災津波復興計画
普代村	6/1 災害復興計画基本方針 9/29 災害復興計画(計画期間:8年間)
田野畑村	9/29 復興基本計画(計画期間:5年間)
岩泉町	5/20 震災復興計画(骨子) 9/16 震災復興計画(計画期間:9年間)
宮古市	6/1 震災復興基本方針 10/31 復興基本計画(計画期間:9年間)
山田町	5/23 復興計画策定に向けた基本方針 6/30 東日本大震災津波復興ビジョン 12/22 東日本大震災津波復興計画(計画期間:10年間)
大槌町	6/9 震災復興基本方針 12/26 震災復興計画(計画期間:8年間)
釜石市	7/11 復興まちづくり基本計画復興プラン骨子 10/26 復興まちづくり基本計画(中間案) 12/22 復興まちづくり基本計画(計画期間:10年間)
大船渡市	4/20 復興基本方針 7/8 復興計画(骨子) 10/31 復興計画(計画期間:10年間)
陸前高田市	5/16 震災復興計画策定方針 12/21 復興計画(計画期間:8年間)

づくりはおぼつかないので、市町村におけるまちづくりの人材を確保するべく、県は、独自に市町村に人材を送り込んだほか、国等からの派遣に係るパイプ役を果たしてきた。例えば、URからは、12月1日現在、岩手県沿岸の7市町村に15名の職員が派遣されている。

4. 主要なインフラストラクチャーの検討状況

(1) 防潮堤

岩手県では、復興計画の技術的な裏付けを得るべく設置した「岩手県津波防災技術専門委員会」において、津波対策の方向性、津波対策施設の整備目標、防災型の都市・地域づくりになどについて検討を進めるとともに、市町村との意見交換や国との協議を進め、湾の形状や海岸線の向きなどから岩手県沿岸を24の地域海岸に区分し、平成23年10月20日までに地域海岸個別の堤防高を設定した。(図4参照)

海岸保全施設の災害復旧については、災害査定が12月23日で全て終了した。今後は、早期復旧に向けて順次工事を発注し、平成23年度から概ね5年以内の復旧・整備を目指す。また、河川・海岸構造物の復旧等にあたっては、堤防から受ける圧迫感など景観への影響や、堤防建設に伴う自然環境への影響に配慮する必要があることから、「岩手県河川・海岸構造物の復旧等における環境・景観検討委員会」を設置し検討を進めており、平成23年度内に成果を取りまとめる予定である。

(2) 復興道路

岩手県沿岸部においては、三陸縦貫自動車道、三陸北縦貫自動車道、八戸久慈自動車道の3路線が沿岸部を縦断する形で計画されているが、被災前の時点で岩手県内で供用されていたのは、三陸縦貫自動車道釜石山田道路の一部、三陸北縦貫道路中野バイパス、八戸久慈自動車

## 岩手県沿岸の海岸堤防高の設定

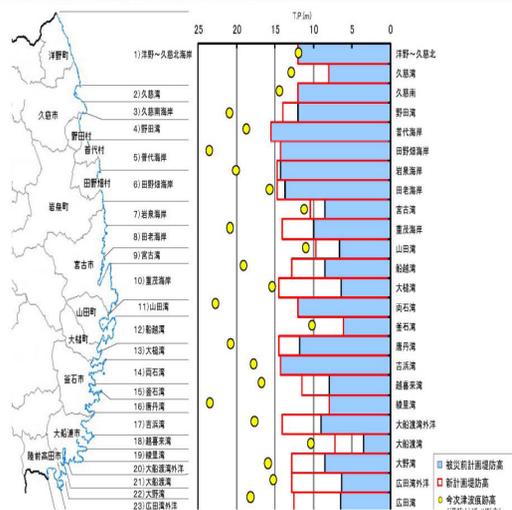


図4 岩手県沿岸の海岸堤防高の設定状況

道久慈道路等延長比で21%に過ぎなかった。しかし、それらの開通している区間が発災当初被災者の避難場所、避難経路として、また、被災地へ物資や人員等を運ぶ救援道路として大きな役割を果たした。このことから、発災当初から、三陸縦貫自動車道等の整備を急ぐべしという声が、沿岸市町村長等から上がるところとなった。

また、東北横断自動車道釜石秋田線については、岩手県内で開通しているのは仙人峠道路等38%に過ぎない。また、地域高規格道路である宮古盛岡横断道路は、達曽部道路1.4キロが完成しているに過ぎないが、救援活動や復興活動においては内陸と沿岸の連絡が不可欠であるため、これらの道路はその要路として大きな役割を果たしている。

これらのことから、岩手県では、上記の道路の復興における役割を重要視し、「復興道路」と総称して、復興計画に位置付け、その早期整備を国に働きかけている。国は未事業化区間の新規事業採択時評価を実施し、社会資本整備審議会道路分科会で「新規事業化は妥当」との審議結果が得られた。国の平成23年度第3次補正予算で、県が要望していた全ての区間が新規事業化され、本県に約607億円（事業費）が配分された。国の平成24年度予算案においても、国全体で約1,088億円（国費）が措置されたほか、体制強化を図るため、南三陸国道事務所の新設が盛り込まれた。国では、三陸沿岸道路の「測量等土地立入り説明会」を11月27日から開催し、測量等を順次実施中である。県では、復興道路の整備促進のため、行政で組織する「復興道路整備促進連絡調整会議」の場で埋蔵文化財調査や保安林解除等の関係機関協議の迅速化を図るとともに、復興道路の整備効果を最大限に波及させるた

め、「いわての道を考える懇談会」（座長：元田良孝岩手県立大学教授）を開催し、「復興道路を核とした道路施策の取組方針」の策定に取り組んでいる。

## 5 復興住宅

岩手県においては、10月7日に避難者がゼロになったが、2月3日現在、13,172戸、31,113名が応急仮設住宅に居住しており、民間賃貸住宅、雇用促進住宅、公営住宅等を合わせると、17,495戸、42,663名が言わば仮住まいの状態にあると見込んでいる。こうした状況に対応するべく、岩手県では10月5日「岩手県住宅復興の基本方針」を策定した。この中で、県と市町村による公営住宅については4,000～5,000戸、民間持家住宅については9,000～9,500戸、民間賃貸住宅等については3,000～3,500戸の供給が必要と推計している。このうち公営住宅について同方針では、出来る限り基盤復興期間（平成23～25年度）に完成させ、市町村の復興まちづくり事業と合わせて行うものなどについては、本格復興期間（平成26～28年度）の早期に完成させることを目標としている。現在、市町村と連携しながら災害復興公営住宅の建設用地を選定中であり、条件の整った箇所から順次、設計委託等の発注準備を進めていく。1月に釜石地区の2団地（約160戸分）、2月に大槌町の1団地（35戸分）について設計業務の入札を行ったところである。

今後、できる限り基盤復興期間内（平成23年度～25年度）での完成を目指すとともに、市町村の復興まちづくり事業と合わせて行うものなどについては、本格復興期間内（平成26年度～28年度）の早期の完成を目指す。

## 6 おわりに

岩手県におけるインフラストラクチャーの整備推進に当たっては、いろいろな意味での不足（地方公共団体の人手、受注者のキャパシティ、財源等）が立ちほだかっており、それらを一つ一つ解決して、復興を軌道に乗せてゆく。

参考文献：岩手県東日本大震災津波復興計画（平成23年8月9日岩手県）



### 平井 節生

1987年4月 建設省（当時）採用  
2002年7月 四国地方建設局（当時）松山工事事務所長  
2005年4月 国総研ITS研究室長  
2008年4月 岩手県県土整備部技監  
2011年4月 岩手県理事兼復興局副局長

# 東日本大震災に対する関連学会の活動評価の試み

近藤 伸也

●東京大学生産技術研究所

## 1. はじめに

一般的に、災害が発生すると、被災地域のみならず関連する社会全体が大きな打撃を受けるため、防災に関連する研究分野は多岐にわたる。また災害による復旧/復興対応、および対応の検証による教訓の抽出には、各研究分野に関する専門的知見を持った研究者/技術者の集合体である学会の存在が必要不可欠である。東日本大震災の発生から一年経つが、その間、多数の学会による被災地の調査/支援、および提言の発信など様々な活動が行われてきた。これらの活動を振り返り、総合的に俯瞰することで、学会間の連携の必要性和各学会における今後の活動の方向性について検討する必要がある。

これまで大原ら<sup>1),2)</sup>は、2011年8月の時点で学会ウェブサイトのトップページにある情報をもとに関連学会の活動を、①学会における震災対応のための体制整備、②学会間の連携状況、③被災地の復旧・復興への提言活動、④相談への対応や専門家の派遣、という視点から活動状況を分析している。これらの視点から日本地震工学会の活動をみると、震災対応特別組織として対応委員会を設置し、他学会と連携して共同声明を発表するなど、関連学会との連携を重視した活動を行っていることがわかる。

本稿では、学会がウェブで情報発信している東日本大震災に対する活動成果の内容の動向を、防災に関連する視点から分析することを試みる。これにより日本地震工学会の活動の動向を防災の視点から俯瞰することが可能となる。また各学会の動向と比較しながら、今後の活動の方針について検討することができる。

## 2. 分析対象とする学会と分析手法

日本学術会議協力学術団体は2012年2月現在で1933<sup>3)</sup>に及ぶ。東日本大震災以降、日本学術会議は「東日本大震災の総合対応に関する学協会連絡会」を立ち上げた。今回は、この連絡会に参画している21学会を分析対象とする。表1は21学会を示したものである。この表のID番号が今後の分析結果で学会を示す番号となる。そして、2012年2月10日の時点で各学会のウェブページにある東日本大震災に対する活動成果として、調査報告(被害状況や福島第一原子力発電所事故の現状等)、提言、市民への助言に関するもの131点を整理

した。表2は各学会のホームページに掲載されていた活動成果の一覧である。日本地震工学会は、学会誌No.15の東日本大震災特集号に掲載されている原稿である。対象の21学会のうち、16学会でウェブページに活動成果が公開されていることがわかる。

表1 「東日本大震災の総合対応に関する学協会連絡会」に参加した21学会

ID	学会名	11	日本水産学会
1	日本建築学会	12	空気調和・衛生工学会
2	日本自然災害学会	13	日本造園学会
3	地盤工学会	14	日本都市計画学会
4	地域安全学会	15	農業農村工学会
5	土木学会	16	廃棄物資源循環学会
6	日本地震学会	17	日本災害情報学会
7	日本地震工学会	18	日本コンクリート工学会
8	こども環境学会	19	地理情報システム学会
9	日本機械学会	20	日本水環境学会
10	日本原子力学会	21	日本地域経済学会

分析手法は、近藤・目黒<sup>4)</sup>による防災関連学会の研究分野の動向を分析する手法を用いる。本手法は全文検索が可能となる論文データベースを構築してから、あらかじめ設定した分析する種別に該当するキーワードで構成されたキーワード集を構築し、論文データベースにある論文・報告等からキーワードを全文検索して防災に関連する論文を抽出する。そして抽出された論文をキーワードの出現数に基づいて種別からなる研究分野に配分する的中率を算出することで、各学会の研究の動向や学会間の研究動向の類似性に関する評価等を可能とするものである。今回は16学会の活動成果から論文データベースを構築し、分析する種別は既往の研究と同じく「災害」、「対策」と「災害による影響」とする。またキーワード集も同じものを用いる。的中率は学会ごとに算出するものとし、図1のように示される。これはX軸に種別aの項目i、Y軸に種別bの項目jが設定されている。項目iと項目jで構成されたマス目にそれぞれの的中率(%)が記載されている。マス目にある円の面積は分布図における的中率の最大値を最も広くして、的中率の高さに比例させている。分析する種別を組み合わせることにより、下記の3通りの分

表2-1 「東日本大震災の総合対応に関する学協会連絡会」に参加した学会の活動成果 その1

学会	タイトル	発行時期
日本建築学会	建築の原点に立ち返る - 暮らしの場の再生と革新 - 東日本大震災に鑑みて (第一次提言)	2011年9月
日本建築学会	東北地方太平洋沖地震および一連の地震緊急調査報告	2011年4月
日本建築学会	東日本大震災   連続ルポ1   動き出す被災地 わたしたちにできること	2012年1月
日本建築学会	東日本大震災   連続ルポ1   動き出す被災地 自治体間連携による仮設住宅支援員配置事業—大船渡市と北上市による新しい連携のかたち	2012年2月
日本建築学会	東日本大震災   連続ルポ2   仮すまいの姿 海峡を越えた移動と避難生活の現状	2012年1月
日本建築学会	東日本大震災   連続ルポ2   仮すまいの姿 新潟県湯沢町による広域避難者受け入れ「赤ちゃんプロジェクト」の展開	2012年2月
日本建築学会	東日本大震災緊急報告	2011年5月
日本建築学会	東日本大震災緊急報告	2011年6月
日本建築学会	東日本大震災緊急報告	2011年7月
日本建築学会	東日本大震災緊急報告	2011年8月
日本建築学会	東日本大震災緊急報告	2011年9月
日本建築学会	東日本大震災緊急報告	2011年10月
日本建築学会	東日本大震災緊急報告	2011年11月
日本建築学会	東日本大震災緊急報告	2011年12月
日本自然災害学会	2011年東日本大震災：本震・誘発地震・情報	2011年5月
日本自然災害学会	東日本大地震による津波災害現地調査報告～多賀城市-塩竈市-七ヶ浜町-松島町-東松島市～	2011年5月
日本自然災害学会	東京湾ウォーターフロントにおける液状化被害	2011年5月
日本自然災害学会	地震動による地盤と構造物の被害	2011年5月
日本自然災害学会	災害ボランティアの被災地支援	2011年5月
地盤工学会	地震時における地盤災害の課題と対策 2011年東日本大震災の教訓と提言	2011年7月
地盤工学会	東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明	2011年8月
地盤工学会	東日本大震災の学会調査概要	2011年6月
地盤工学会	東北地方太平洋沖地震による青森県・岩手県北部の被災状況の調査概要	2011年6月
地盤工学会	東北地方太平洋沖地震による岩手県沿岸中南部の被災調査の概要	2011年6月
地盤工学会	宮城県北部の港湾と河川施設の被災状況速報	2011年6月
地盤工学会	東北地方太平洋沖地震災害調査報告—宮城県内陸部の被害—	2011年6月
地盤工学会	福島県中通り地区およびいわき地区の地盤災害	2011年6月
地盤工学会	宮城県北部の道路・鉄道の被害状況	2011年7月
地盤工学会	東京湾岸における液状化被害	2011年7月
地盤工学会	2011年東北地方太平洋沖地震による宮城県中部地域の地盤被害	2011年7月
地盤工学会	東北地方太平洋沖地震 第一次被害調査報告(宮城県南部～福島県相馬港)	2011年7月
地盤工学会	東北地方太平洋沖地震による埼玉県内の地盤災害事例	2011年7月
地盤工学会	茨城県北部地域における地震地盤災害	2011年7月
地盤工学会	東北地方太平洋沖地震 宮城県北部地域第一次被害調査速報(A3グループ)	2011年7月
地盤工学会	東北地方太平洋沖地震 宮城県北部第一次調査報告(A1,A2グループ)	2011年8月
地盤工学会	津波被害からの知見とハードの対策の方向性の考察(その1)	2011年8月
地盤工学会	津波被害からの知見とハードの対策の方向性の考察(その2)	2011年9月
地域安全学会	東日本大震災現地調査報告	2011年4月
地域安全学会	地域安全学会による東日本大震災の支援活動—仙台市宮城野区における建物被害認定調査支援活動—	2011年4月
地域安全学会	応急仮設住宅における自治会の発足・運営の現状と課題—陸前高田市における参与観察を通じて—	2011年4月
土木学会・日本都市計画学会・地盤工学会	東日本大震災 第一次総合調査団 中間とりまとめ(案)	2011年4月
土木学会・日本都市計画学会	東日本大震災 地域基盤再建総合調査団(第二次総合調査団) 中間とりまとめ(案)	2011年5月
土木学会	土木学会東日本大震災被害調査団緊急地震被害調査報告書	2011年5月
土木学会・電気学会	ICTを活用した耐災施策に関する総合調査団(第三次総合調査団) 緊急提言	2011年7月
土木学会	支部連合調査団現地調査結果概要報告	2011年9月
地球惑星科学関連学協会	自然災害に向き合う強い日本社会の復興のために-地球惑星科学関連学協会共同声明-	2011年6月
日本地震工学会	日本地震工学会誌No.15東日本大震災特集号	2011年10月
日本地震工学会	東北地方太平洋沖地震：地殻変動と余震等の見直し	2011年10月
日本地震工学会	東北地方太平洋沖地震で観測された強震動	2011年10月
日本地震工学会	東日本大震災を経験して—地震動と建物被害を中心として—	2011年10月
日本地震工学会	液状化・造成地の被害の特徴と課題	2011年10月
日本地震工学会	土木構造物・宅造地の液状化被害と課題	2011年10月
日本地震工学会	東日本大震災による上水道の被害と復旧の課題	2011年10月
日本地震工学会	津波と鉄筋コンクリート造建築物の被災	2011年10月
日本地震工学会	海岸保全施設の被災とそのメカニズムと対策について	2011年10月
日本地震工学会	津波による建築物の被害形態と作用荷重の推定	2011年10月
日本地震工学会	地震動による鉄筋コンクリート造建築物の被害	2011年10月
日本地震工学会	東日本大震災と多発する天井落下被害	2011年10月
日本地震工学会	東日本大震災における超高層・免震建築物の挙動	2011年10月
日本地震工学会	橋梁被害に対する耐震設計法向上と耐震補強の有効性	2011年10月
日本地震工学会	鉄道橋の被害	2011年10月
日本地震工学会	津波による橋梁被害	2011年10月
日本地震工学会	平成23年東北地方太平洋沖地震による港湾施設被害	2011年10月
日本地震工学会	「防災教育」と「3.11での成果」	2011年10月
日本地震工学会	首都直下地震時における帰宅行動と帰宅困難	2011年10月
日本地震工学会	想定を越える大津波からの避難の実態(山田町の事例)	2011年10月
日本地震工学会	原子力発電所の安全に対する地震工学の課題	2011年10月
こども環境学会	東日本大震災支援にかかる行動計画—子どもの参画による、子どもにやさしい「まち」の再生を目指して—	2011年4月
日本機械学会	東日本大震災と災害廃棄物処理	2011年11月

表2-2 「東日本大震災の総合対応に関する学協会連絡会」に参加した学会の活動成果 その2

学会	タイトル	発行時期
日本原子力学会	提言「福島第一地域 クリーンアッププロジェクト(仮称)」の早期立ち上げ	2011年5月
日本原子力学会	福島第一原子力発電所の事故に起因する環境回復に関する提言	2011年6月
日本原子力学会	提言：「環境修復センター」の設置と除染モデル事業による速やかなる検証	2011年7月
日本原子力学会	環境修復技術のご説明資料	2011年9月
日本原子力学会	除染技術カタログVer.1.0	2011年10月
日本原子力学会	EURANOS 除染技術データシート翻訳V1.0	2011年8月
日本原子力学会	EURANOS飲料水管理ハンドブック 仮訳 Ver.1.0	2012年1月
日本原子力学会	EURANOS食糧生産システム管理ハンドブック 仮訳 Ver.1.0	2012年1月
日本原子力学会	福島第一原子力発電所事故対応に関する提言	2011年5月
日本原子力学会	福島原発事故対応に関する提言(放射線影響分科会・クリーンアップ分科会合同)	2011年6月
日本原子力学会	事故放出放射性物質の広域影響に関する検討結果	2011年8月
日本原子力学会	住民避難等の防護対策のあり方に関する提言	2011年11月
日本原子力学会	福島第一原子力発電所1号機～3号機の現状推定	2011年4月
日本原子力学会	福島第一原子力発電所事故からの教訓	2011年5月
日本原子力学会	ふくいちライブカメラ分析	2011年10月
日本原子力学会	福島第一原子力発電所2号機格納容器内気体からの短半減期Xeの検出について	2011年11月
日本原子力学会	内部被ばく	2011年3月
日本原子力学会	東京電力福島第1/第2の事故の概要と経緯	2011年4月
日本原子力学会	INES評価のレベル7への引き上げについて	2011年4月
日本原子力学会	被曝による健康への影響と放射線防護基準の考え方	2011年5月
日本原子力学会	遠隔地被ばくについて	2011年7月
日本原子力学会	食と住居について	2011年7月
日本水産学会	岩手県における水産業の被害	2011年9月
日本水産学会	中国・四国地方における水産業の被害実態	2011年12月
日本水産学会	高知県須崎市野見湾におけるカンパチ養殖業の津波被害状況	2011年12月
日本水産学会	福島県における水産業の被害	2011年12月
日本水産学会	三重県における水産業の被害実態と再生への取り組み	2011年10月
日本水産学会	茨城県における水産業の被害状況	2011年10月
日本水産学会	東日本大震災による北海道の水産業被害と復旧対策について	2011年9月
日本水産学会	東日本大震災からの復興に向けた日本水産学会の行動計画	2011年4月
空気調和・衛生工学会	屋内退避時の健康影響物質吸引の低減に関する注意	
空気調和・衛生工学会	建築物の解体作業時の健康影響物質吸引の低減に関する注意	
空気調和・衛生工学会	避難施設などの多数の人が長期にわたって生活する場所での感染症に関する注意	
空気調和・衛生工学会	生活水の確保と衛生上の注意	
空気調和・衛生工学会	電力不足に伴う計画停電、電力節電に伴う注意	
空気調和・衛生工学会	節電時においても室内で快適に過ごすためのアドバイス	
空気調和・衛生工学会	住宅の夏季における節電対策	2011年7月
空気調和・衛生工学会	住宅の冬季における節電対策	2011年12月
空気調和・衛生工学会	業務用建築における節電メニューと留意点	2011年12月
空気調和・衛生工学会	建築設備技術者のための節電シンポジウム資料	2011年5月
日本造園学会	ランドスケープ再生を通じた震災復興	2011年4月
日本造園学会	東日本大震災復興支援緊急調査報告書	
日本造園学会	東日本大震災復興支援緊急調査報告書 報告資料編	
日本都市計画学会	都市計画Vol.60 No.6 緊急特集：東日本大震災	2011年12月
日本都市計画学会	CPIJ Newsletter「The Great East Japan Earthquake」	2011年9月
農業農村工学会	東日本大震災 復興農村計画への提言(第一次)	2011年7月
農業農村工学会	東日本大震災 復興農村計画への提言(第二次)	2011年11月
農業農村工学会	津波被災地の復興に積極的な貢献を	
農業農村工学会	農山漁村の再生に向けての提案	
農業農村工学会	東日本大震災復興津波対策の提言	
農業農村工学会	津波被災地の農村復興における農道の活用に関する提言	
農業農村工学会	「東日本大震災」農業農村工学会塩害現地調査報告	2011年4月
農業農村工学会	現地調査報告(岩手県陸前高田市)：岩手大学チーム	2011年4月
農業農村工学会	現地調査報告(青森県)：弘前大学・北里大学チーム	2011年4月
農業農村工学会	現地調査報告(福島県相馬市及びその周辺)：山形大学チーム	2011年5月
農業農村工学会	農地等被害状況(仙台市若林区)	2011年3月
農業農村工学会	千葉県浦安市の大規模な液状化現象	
農業農村工学会	宮城県・福島県の浸水範囲図	
廃棄物資源循環学会	災害廃棄物の燃焼試験に関する報告書	2011年8月
廃棄物資源循環学会	津波堆積物処理指針(案)	2011年7月
廃棄物資源循環学会	災害廃棄物分別・処理戦略マニュアル～東日本大震災において～	2011年4月
廃棄物資源循環学会	災害廃棄物早見表	2011年4月

析が可能となる。

- ・ 分析①：「災害」と「対策」
- ・ 分析②：「対策」と「災害による影響」
- ・ 分析③：「災害による影響」と「災害」

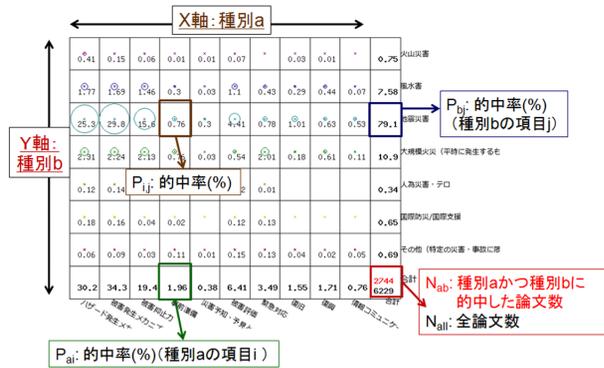


図1 的中率の分布図の表示例

### 3. 日本地震工学会の研究分野の動向

本稿執筆にあたり、表2にある活動成果について研究分野に配分する的中率を学会ごとに算出した。本章では、日本地震工学会の活動成果(学会誌 東日本大震災特集号<sup>5)</sup>)における研究分野の動向について紹介する。

図2は、分析①の結果としてX軸に「対策」、Y軸に「災害」を設定した的中率の分布図である。「災害」として地震災害の「対策」として被害評価をはじめ、ハザード発生メカニズム、被害発生メカニズムを中心に行われていることがわかる。地震災害には津波に関連する用語が含まれているが、洗掘、防波堤、防潮堤などは風水害に含まれているため、風水害の分野に関する内容があるように見られる。

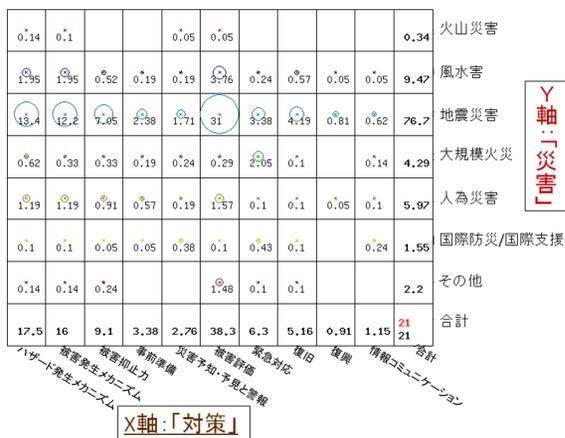


図2 的中率の分布図(分析①：日本地震工学会)

図3は、分析②の結果としてX軸に「対策」、Y軸に「災害による影響」を設定した的中率の分布図である。「対策」としての被害評価の内容が「災害による影響」としての構造物被害の建築と土木、地盤の変状や土構

造物の災害を中心としていることがわかる。これは被害評価という視点からすれば土木、建築、地盤工学の分野に特化していると言える。

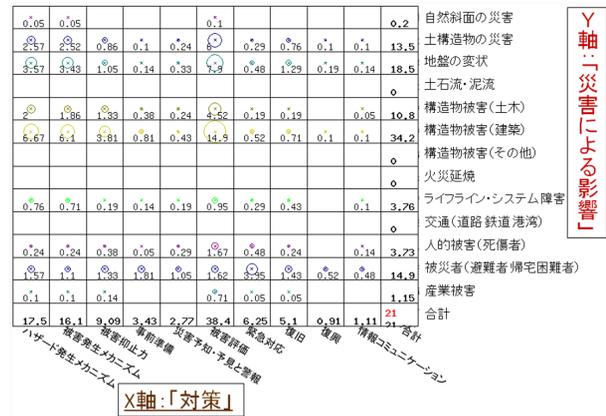


図3 的中率の分布図(分析②：日本地震工学会)

図4は、分析③の結果としてX軸に「災害による影響」、Y軸に「災害」を設定した的中率の分布図である。研究分野として地震災害の構造物被害(建築)や地盤の変状の他に被災者(避難者、帰宅困難者)に着目していることがわかる。この東日本大震災特集号には、首都圏で発生した帰宅困難者に関することや岩手県山田町の津波避難に関する内容が記載されている。

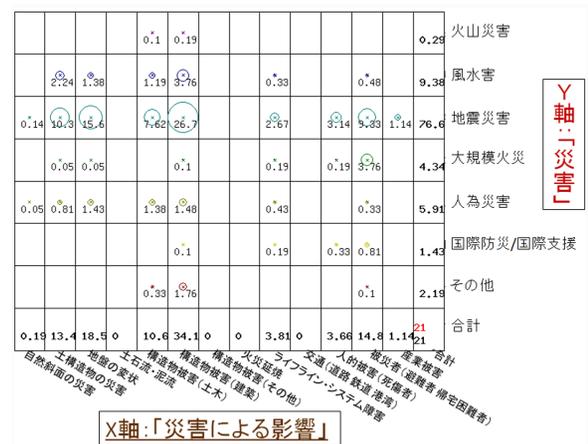


図4 的中率の分布図(分析③：日本地震工学会)

### 4. 重点研究分野の比較

次に各学会で最もの中率が高い研究分野を重点研究分野として整理した。図5は、分析①における各学会の重点研究分野を示したものである。各学会の重点研究分野が大きく「災害」の地震災害と人為災害に分かれていることがわかる。人為災害にはキーワードとして「原子力発電所」が設定されていることから、地震動と津波災害による災害と、福島第一原子力発電所事故に関連する対応に学会の活動が二分されていると言

える。地震災害については、日本地震工学会(7)を含めた9学会(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(7)、(11)、(14)、(15)が「対策」として被害評価を重点的に行っていることがわかる。人為災害については、3学会(10)、(12)、(16)が緊急対応について重点的に行っていることがわかる。これはすでに発生した地震災害については、まずどのような被害が発生したのかをまとめることが優先されるのに対し、福島第一原子力発電所事故に関しては、放射性物質に関する影響に関する見解の発表や広域かつ集団で避難を行うなど緊急対応が優先されることが理由だと思われる。

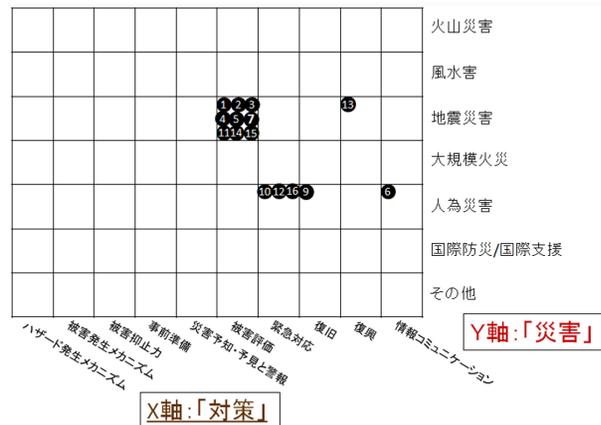


図5 重点研究分野の分布図(分析①)

分析②における各学会の重点研究分野を示したものが図6である。「災害による影響」として被災者を対象にして、「対策」が災害による予知・予見と警報から復興、情報コミュニケーションまでの内容を各学会が重点的に行っていることがわかる。日本地震工学会(7)は構造物被害(建築)の被害評価を重点的に行っている。一方で日本建築学会(1)は被災者の復旧を重点研究分野として活動成果を発信していることがわかる。

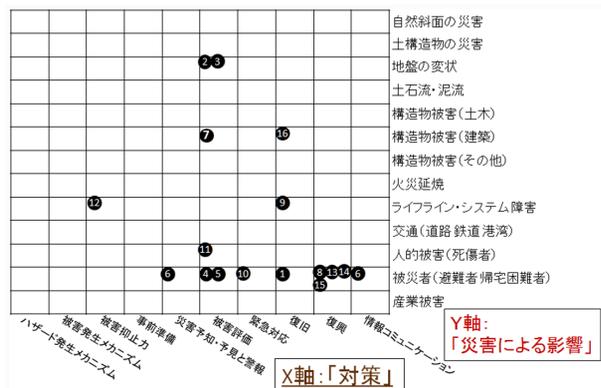


図6 重点研究分野の分布図(分析②)

図7は、分析③における各学会の重点研究分野を示したものである。「災害による影響」として被災者が「災

害」として地震災害によるものと福島第一原子力発電所事故に関するものに二分されており、特に地震災害によるものに6学会(1)、(4)、(5)、(13)、(14)、(15)が成果を発信していることがわかる。日本地震工学会(7)は、地震災害の構造物被害(建築)を重点研究分野として情報発信していることがわかる。

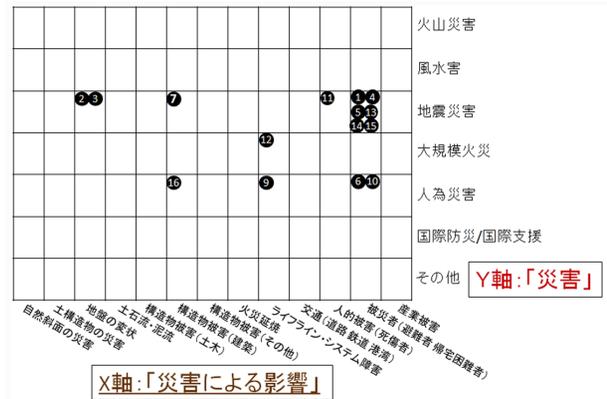


図7 重点研究分野の分布図(分析③)

### 5. 学会間の研究動向の類似性

本章では学会のグルーピングを行い、学会間の研究動向の類似性に関する分析を試みる。グルーピングに用いたクラスター分析では、各学会の的中率をデータセットとして、クラスター化の方法にWard法、類似度にはユークリッド距離を採用した。

図8は、分析①、分析②、分析③における各学会の的中率をとりまとめたものをデータセットとして学会間の研究動向の類似性をグルーピングした結果であ

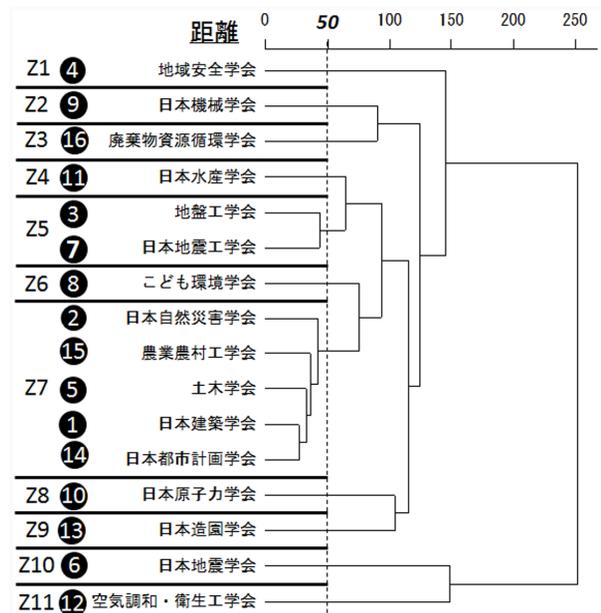


図8 学会の活動動向のグルーピング結果

る。クラスター距離を50で分類すると、16学会を11のグループに分類できる。日本地震工学会は地盤工学会とグループ (Z5) を形成することがわかる。これはともに地震災害の被害評価を中心としているだけではなく、地盤の変状や土構造物の災害などにも言及していることが挙げられる。一方でZ7グループは日本建築学会、土木学会をはじめとした5学会で構成されており、地震災害における被災者の復旧・復興を対象として情報を発信している。その他の9学会は、今回対象とした16学会で見るとそれぞれ独自の内容の活動成果を発信していることがわかる。

## 6. おわりに

東日本大震災の発生から一年間、日本地震工学会が発信した内容は、本稿でみた分析によると「災害」として地震災害、「災害による影響」として構造物被害の建築や土木、および地盤の変状、「対策」として被害評価や被害発生メカニズムを中心としている。これは分析の対象とした16学会の中では、地盤の変状や土構造物の災害まで着目している点で地盤工学会と類似していると言える。

今後の東日本大震災に関する活動成果の発信は、これまでと同様に実際に起こった被害を取りまとめて評価し、そのメカニズムを解明することでよいと考えられる。その成果から次に想定される大災害である首都直下地震や東海・東南海・南海地震への教訓を発信する必要があると言える。

ただし、その対象として取り扱う分野には検討の余地がある。日本地震工学会で対象としている分野は、学会ウェブページ<sup>6)</sup>によれば「地震動や活断層の工学的評価、建築物、道路・鉄道施設、電力・上下水道・ガス・通信等のライフライン施設、地盤・土構造物、河川施設、港湾施設、機械施設等多岐にわたる施設・構造物の地震前の耐震化、地震時の機能維持、地震後の復旧などのほか、国や自治体の地震防災対策、地域防災計画、地震危険度評価、発災後の対応、医療対策、震災時の救援救急システム、震後復興、地震災害調査と分析、さらには国際的な震災軽減の技術的支援、地震防災教育などの分野」と幅広い。学会の会員の知見を結集して対応可能な分野から取りまとめ、その他は関連学会と連携しながら情報を発信していく体制を整える必要があるだろう。

また研究者による東日本大震災に関する学術成果も徐々に公表されてきている。学術論文情報を検索できるサービスで「東日本大震災」と「東北地方太平洋沖地震」で全文検索すると、2012年1月末現在でCiNii

Articles<sup>7)</sup>で242件、J-STAGE<sup>8)</sup>で556件の情報が抽出された。今後、研究が進捗するとともに学術論文が急激に増加することが予想され、関連学会も多岐にわたる。学会間で重複した研究をできるだけなくし、次の大災害への教訓を抽出するためには、大量な学術論文情報をウェブで検索し全体像を俯瞰できる環境整備が不可欠となる。

日本地震工学会が今後も関連学会との連携を重視した活動を重視していくのならば、東日本大震災に関する出版物だけではなく、関連学会と共催したシンポジウムでの内容をウェブ上で公開する必要があるだろう。そのためにまずは学会誌東日本大震災特集号を一般公開することからはじめてはいかだろうか。

## 参考文献

- 1)大原美保・近藤伸也・沼田宗純・目黒公郎：東日本大震災後における関連学会の活動に関する分析－3.11net東京（東日本大震災復興支援研究者ネットワーク）の活動報告 その2－、生産研究、63、739-747、2011。 [http://www.jstage.jst.go.jp/article/seisankenkyu/63/6/63\\_739/\\_article/-char/ja/](http://www.jstage.jst.go.jp/article/seisankenkyu/63/6/63_739/_article/-char/ja/)
- 2)大原美保・近藤伸也・沼田宗純・目黒公郎：東日本大震災後における関連学会の活動状況の俯瞰、第31回土木学会地震工学研究発表会講演論文集、4-060、2011。
- 3)日本学術会議：日本学術会議学術協力団体一覧、 [http://www.scj.go.jp/ja/info/link/link\\_touroku\\_a.html](http://www.scj.go.jp/ja/info/link/link_touroku_a.html)
- 4)近藤伸也・目黒公郎：防災関連学会の研究分野の動向分析に関する基礎的研究、生産研究、63、457-460、2011
- 5)日本地震工学会：日本地震工学会誌 No.15 東日本大震災特集号、2011
- 6)日本地震工学会：日本地震工学会のご案内、 [http://www.jaee.gr.jp/general/gen01/gen01\\_jaee.html](http://www.jaee.gr.jp/general/gen01/gen01_jaee.html)
- 7)国立情報学研究所：CiNii Articles、 <http://ci.nii.ac.jp/>
- 8)独立行政法人科学技術振興機構：科学技術情報発信・流通総合システム(J-STAGE)、 <http://www.jstage.jst.go.jp/browse/-char/ja>



## 近藤 伸也

2005年 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻博士課程を修了。博士(工学)。人と防災未来センター主任研究員を経て2010年4月より現職。主な研究テーマは地方自治体の災害情報マネジメント、防災研究分野の動向分析、大規模災害時における孤立集落支援プログラムのほか、危機管理本部事務局の運営と広報の考え方を身につけることをねらいとした目標管理型危機管理本部運営図上訓練(SEMO)の開発に携わる。

## 被災地からの声

今回の東日本大震災の特集号では、被災された一般の方々からご寄稿をいただきました。また、「東日本大震災津波避難合同調査団（山田町・石巻市担当チーム）」からは聞き取り調査の結果をご紹介します。ご協力頂いた方々に感謝申し上げます。

（会誌編集委員長 斉藤大樹）

### 丘陵地の宅地造成地被害の教訓

（株）復建技術コンサルタント 副技師長 佐藤 真吾

私は、仙台市における造成宅地被害の復旧支援に携わっています。仙台市内の台地・丘陵地では4千箇所以上の宅地被害と、1万棟を超える宅地被害に含まれない建物被害（全半壊建物）が発生しました。これらの被害の大部分は谷埋め盛土上（切盛境界含む）で発生しており、宅地造成盛土が主な原因であることは明らかです。

1978年の宮城県沖地震で被害を受けた宅地の多くは、今回の地震でも再被害を受けました。特に、盛土の滑動も擁壁の変状も認められない所で、宅盤の沈下が原因で建物被害に至ったケースが確認されたことは特筆すべき事象です。

再被害を受けた宅地では、宅盤の品質が非常に低い（地下水位が高く締固め度が非常に低い）状態であることが確認されています。これは、特例措置による公共事業で盛土全体の滑動を抑止し擁壁を新たに再構築しても、各個人で宅盤の補強措置を講じなければ、次に経験する大地震で再び建物が被害を受ける恐れがあることを意味しております。

今回の震災では、被災者から、30年以上前から宅地造成地の被害が予測されたにも関わらず何の対策も講じてこなかったと批判を受けました。上記の新たに確認された事実とともに、再被害を防ぐための対策に頭を悩ませております。

### 津波への思い

及川 勝也

私の住居は、宮城県南三陸町歌津字伊里前三十四番地に建っていた。道路地図を開き宮城県の海岸線を北上、苦もなく岩手県との境に気仙沼市が見つかるが、その南隣である。屋敷は南北に長方形で、南側には5メートルの高さの堤防があり、その向こうは太平洋である。

津波が去った跡には、コンクリートの土台の上に屋敷の片隅に立っていたコンクリートの電柱が横たわっているだけで、祖父が植えて80年の柚子の樹、50年の葡萄の樹も、根こそぎなくなっていた。

私の津波の記憶の始まりは、昭和27年小学5年生の時起きた、カムチャッカ地震で発生したそれである。登校時だったのと、教室が高台に建っていることもあって、避難することなく授業は続けられたように記憶している。テレビも無ければ携帯ラジオなど皆無、まして地震津波速報などあろうはずもない。海岸は見えずとも大人達の右往左往する気配が伝わって来る。先生の話しと何度も鳴り響くサイレンの音に恐怖を感じたことを何時も思いだす。幸いにも浸水に至らず、被害は無かった。

前後して少年雑誌でウェグナーの大陸移動説を知った。内容はここでは省くが、当時は認められてない学説だと結んであった。後年これが津波を起こす源であることは今では誰でも知っていることである。今回を機に人名事典を開いて見た。前世紀の人と思っていたので、私が生まれる10年前に没し50歳だったのには、ちょっぴり驚きだ。

昭和35年チリ津波発生。私は19歳で仙台で生活していたので実際には見ていない。「地震の後には津波の用心」と云われるから、津波の前には地震があるものと思っていたがこの時は違っていた。隣家の漁師は早起きで、何時ものように夜明けの海を眺めに行って驚いた。200メートル先の防波堤まで潮が引いている。「津波だ」と直感した彼は住民に急を告げる行動をとったのは言うまでもない。歌津地区では床下浸水した家もあったらしいが人的被害は無かった。悲惨だったのは隣町の志津川地区で1/3の家が流され46人の死者が出た。

地球の裏側で起きた津波がここまでくるのか？ 調べたことはないが地球が丸いので太平洋に広がった波が再び寄り合わさり大きくなったのだと思う。その地点が志津川沖だったのには、自然界の法則だから仕方ないと諦めるには惨い気がする。これが縁でチリと友好の秤を結び立派な記念碑やイースター島のモアイ像が公園に飾ってあったが、3・11で壊されてしまった。

前日我が家では新築棟上げを終えたばかりで大工さん以下手助けできる大人達は皆志津川に通い、復興作業に当たった。棟上げを終えたばかりの家は長期間雨ざらしになったと、事ある度に父は云っていた。海岸沿いの町はどこも狭く、車社会を見越して道路幅を広げる町づくりに苦勞があったと聞いている。私は長男でこの地に住んで50年、津波注意報が出されたのは数知れず、空振り有り、10

センチから1メートルまでの津波を見てきた。陸地への影響はなかったが、昭和40年代から採る漁業から作る漁業へと変わり、養殖施設が壊される被害を被るようになった。

私の職業は散髪屋である。3月11日には、接客中に揺れがきた。あまりにも大きな揺れにお客さんと二人で理容椅子に身を委ね動くことができなかった。天井と窓ガラスを交互にらみ身構えた。揺れは3回続けて来た。テレビでは3分間だと伝えていたが、私にはもっと長く感じた。止まれ、止まれ、止まれの3分間だった。母は昭和8年の津波の時は、床下浸水したと常々語っていた。

津波は確実に来ると思い、「私は逃げるから続きは明日にしよう」と客を送り出し、ビデオカメラとラジオを持って、小高い湾内を見渡せる自分だけの避難場所に直行した。妻は既に町の指定する避難場所に向かっていた。

何時の頃からかは知らないが、三陸地方には「津波でんでんこ」との諺がある。「津波の時は他人に構わず自分の命は自分で守れ」の意味である。時を浪費して共倒れになるのを防ぐのである。私と妻は普段の避難訓練のとおりに行動して難を逃れた。が、今回の津波では手助けを必要とする人々が大量犠牲になった。保育園で、学校で、病院で、介護施設で、命を奪われた。50年前ならでんでんこも良いが、福祉の進んだ昨今、どうなのだろうか。

書きたくはないが頑固な人、距離と高さを考え違いした人、生きる意欲の薄い人、物事を深く考え無い人等、犠牲になった人々には原因があるはずで、皆で助け合うにはどうすれば良いのかと考えさせられた。今回の津波は史上最大のものと言われる。町造りは、高台に希望する人は多い。今の世の中は津波と戦える程進歩していないと思う。海岸を離れたくない人は仕方ないにしても公共施設はもちろん、住居全て津波を避けられる場所に造るのが最善だろう。生活上の不便が生じたらその時考えたら良いじゃないかと私は主張したい。

「先祖は津波に流され現在の高所に家を建てたのだそうだ」と云っていた家庭も土台石だけになってしまった。何処まで後退すればよいのだろうか？ 今回の地震によって我が屋敷は東に5m移動し、1m沈下したそうである。

プレートテクトニクスの考えからすると、年間西へ5mm、上に1mm動き、千年後には元の位置に戻るようになるらしい。私は運命に逆らわない人生を過ごしてきたように思っている。苦も無く喜びも薄く平々凡々と暮らしてきた。親の介護も、子育てもそれなりに終えた。人生こんなものだろうと思っていた矢先のどんでん返しである。慌てず急がず終焉の青写真を描き直そうと思いつつ日々を過ごしている。

.....

## 「地震が起きたら津波の用意、高台へ逃げろ」 — 祖父、父から語り継がれた言葉が家族の命を救った 千葉 正海

私は、宮城県南三陸町歌津伊里前で牡蠣養殖をしています。平成23年3月11日の地震当日、普段通りカキむき作業をして午後の出荷の時間を迎えようとしていました。

午後2時46分、地震が来ました。作業の手を止めて、家族に声をかけカキ処理場の外に出ました。ゆれは大きく、ドアにすがりながらあたりを見て少しゆれが小さくなったと感じ、元の場所に帰ろうとすると、また、下からつき上げる様な大きさになりました。処理場から30m位前方に、海から水揚げしたカキを入れる約4トンの満水タンクがありました。常時、ろ過した海水を満水にしているのですが、そのタンクの海水が30～40cm位はね上がりタンクと一緒に上下にゆれているのです。処理場の後ろの山はうなり、木々はゆれ、目の上の電線、電柱は大きく振動し、まるで映画でも見ているような感じです。家族と雇用している方に、「こんな地震は今までないぞ！津波が来るから早く逃げろ！」とさげびました。そして長男には、「家に行って嫁さんと、赤ちゃんを見てこい。いいか、これは本番だぞ！」と言いました。

実は、東日本大震災の2日前に私たち家族は“津波さわぎ”を経験していたのです。津波がやってきて、目の前の伊里前湾内にある船の動き、潮の動き方を、カキむき仕事をやめて皆で話しながら見ていました。このときには70cm位の津波で終わりましたから、津波注意報が解除になり、安心して仕事を再開しました。このとき、津波の話しになり、私が5才の時に経験した1960年チリ津波の話し、それからもし将来地震が来たら私たち家族はどの様な行動をとるべきか話し合いながら、カキむき作業をしました。

その結果、もし大きな津波が来たら、1)長男が家族を高台にある小学校または中学校に避難させる、2)私は時間があつたら、船を沖に出すという対応をすることにしました。

私達の南三陸は昔から、「地震が起きたら、津波の用意、高台へ逃げろ」が、父、祖父からの語り継がれてきたことでした。

3月11日午後2時46分に、まさに2日前に話していた事が起こりました。ゆれがおさまり長男が家族の安全を確認して戻って来て、道具をかたづけ、妻は近所の一人暮らしの老人に声をかける。そして処理場の戸締り。私は岸壁にある小さな船で少し沖にある、カキ揚げ船「拓洋丸」に乗り、沖に出る準備をしました。

エンジンをかけて、もやい網をはなし、岸壁にいる長男に「家族を頼むぞ」と声をかけ全速で沖に向いました。10

分位航走して、いつもの島の脇を通ると、1m位潮が汚っていました。それから養殖漁場の沖までは10～15分かかります。

仲間の船も、右、左と航路に向かって走って来ました。

歌津崎沖の40m～50mの水深の所では、海のいたるところで白い泡のうずをまいているのが見えました。進行方向の左手方向に海面のふくれた、そして表面が泡だらけの海がこちらに追って来ているのを確認しました。

浜から6km位出たところだったと思います。航走中に魚群探知機の水深が、10m～12m位上昇しました。いつもこの辺は水深80m位だと思っていたから、あの時が第一波の津波だったのです。それを乗り越えて航走しながら後ろを見ましたが、途中航走して来た島の松林の頭しか見えませんでした。3時30分～4時頃の間だったと思います。それから私は雪の降って来た水深130mの海上で一晩エンジンを廻して船を支えていました。

朝方、明るくなってから、前方に三角形の黒い物が流れてきました。進行方向なので近づいて行くと、なんと家の2階部分が瓦をそっくり載せたまま傾いで流れていたのです。まさかこんな沖合まで、こんな物が流れてくるなんて、信じられない光景でした。陸地に近づくとき湾一面、家屋の壊れた柱、木材などの残骸だらけです。その量といたら志津川湾全体です。昨夜から何度も聞いた「壊滅」という言葉を想い出しました。これを見ただけでも、「あー、もう終わったのだ」と思いました。

漂流物の合間をくぐって何とか伊里前湾に入ったところ、今まで何百何千とあった養殖イカダ、施設が1台もありません。カキ、ワカメ、ホヤ、ホタテ等の養殖イカダが1台もないのです。どこに行ったのか見当もつきません。「何、コレ？」と何回言ったかわかりません。愕然としてしまい

ました。

航路もなくなって、伊里前までは一直線です。考えられないことです。左右にある部落の防波堤もなくなっていました。もうすっかり昨日とは風景が変わってしまいました。私の町“伊里前”に近づくと、国道45号線の橋も橋脚だけを残して崩壊し、入り口にある防波堤も、1体は水没、もう1体の長い方は先だけ10m位残しただけで、真ん中は崩壊して姿もありません。岸づたいに建てた作業所、民家、町中の家々、すべての物が無くなっていました。ようやく船を止める場所を見つけてエンジンを停止したのは朝8時30分頃だと想います。

津波によって海岸沿いの歌津町は非常に大きな被害を受けました。しかし、津波ではなく地震による振動でこわれた家はありませんでした。瓦が落ちた程度です。ただ、避難所の歌津中学校の屋体の隅や校舎の何カ所かにキレツが入っていました。

国道の橋、地区の鋼材を使用した倉庫等のビーム型、エル型鋼、マル棒等はガス溶接機で切断した様な切り口で切れていたものが多かった様です。想像をこえる力が働いたのだと思います。国道の橋も、現場に残ったボルト止め、また、流動止め、耐震装置等、もう一度研究して、今後必ずおこるまさかの災害に役立たせる事が重要だと思います。

私たちの海の復興は、まだまだ遠く、防波堤、岸壁、かさあげなど、手つかずです。カキのイカダ造りも始めたいのですが、資材がありません。困ったものです。国の対応にはスピード感がありません。伊里前の高台移転もその通り、すべてに対する対応が遅すぎます。

でも、皆様のあたたかいご支援をうけながら、少しずつ前に進みたいと思っています。今後ともよろしく願います。

## ■ 東日本大震災津波避難合同調査団（山田町・石巻市担当チーム）

合同調査団（団長：今村文彦東北大学教授）は大津波からの避難の実態を調査して教訓を記録していく事を目的に、研究者・技術者が任意参加している団体です。山田町・石巻市担当チームはその中の1つのチームで、500名の被災者にヒヤリングを行い、被災された時の様子を伺ってきました。以下にその一部を担当者の聞き取りメモという形で紹介します。

東京大学地震研究所 後藤 洋三

### 避難の途中で津波に巻き込まれ（被災場所：石巻市）

地震が起きた時は自宅にいた。津波が来るから逃げろということはいきなり浮かばなかったが、みんなが避難所に集まるだろうと思い、娘と一緒に10～20分以内に避難所になっている渡波小学校へ向かって歩き始めた。

歳のため速く歩くことが出来ず、避難に時間がかかった。途中の渡波駅近くの民家の駐車場まで来たところで津波に遭った。最初は

何とか流されないように塀につかまっていたが、次にそれよりとても大きな波が背中の方から来て、その波に巻き込まれ、私と娘は塀を乗り越えて1回転して、線路の方へ流された。駅のホームも既に冠水していたがそこに偶然、3人連れの家族がいて、旦那さんが娘と私の2人を傘で引っ張ってホームに引きずりあげてくれた。

びしょ濡れだったが、駅前では民間のバスが解放され、高齢者のみを中に収容してくれたため私は暖をとることが出来た。バスは高齢者に限定されていたので娘は別の個人の方の車の中に入れても

らった。それぞれ、そこで一晩を過ごした。それから実家に避難し、3ヶ月間実家にいて、その間自宅には戻らなかった。

インタビューのコメント：災害で自宅での居住が困難になった際の避難生活の場としての避難所と津波の際の避難先とは、明確に区分して一般市民に知らしめる必要があると思われる。また、高齢者の方々の、避難方法・避難距離についても配慮が必要だと思われる。  
(富士常葉大学 池田浩敬)

## 民生委員のとっさの判断 (被災場所:石巻市)

発災時、妻と長女といっしょに自宅にいた。タンスや棚は固定していたので倒れたりしなかったが、食器が散乱してしまった。瀬戸物などを脇によけて通路をつくった。固定していなかった2階の和ダンスは倒れ、室内はめちゃくちゃ。

今までにない地震だったので、津波が来るかもと思ったが、少し時間があると思った。地域の避難場所は日和山だったが、家族全員歩くのは無理、15分はかかる。しばらくすると、近所の民生児童委員の方が自宅に声をかけにきてくれ、日和山まで難しいので、より近くの空き家のあるRC造5階の社宅に避難するよう指示してくれた。外へ出た矢先に、次女が孫の車で迎えにきてくれた。車で社宅へ避難。近所の14名が避難していた。その後、黒い水となって海から水が押し寄せる。2階の天井下まで水がきた。社宅駐車場で車で待機していた母親と男の子が水にのまれて流されてしまった。「助けてー」という叫び声が耳から離れない。

水とガレキに辺り一帯が埋まれ、孤立状態に。日が暮れてきて、門脇町で大火災が発生しているのがまざまざと目に入った。恐ろしい光景だった。脱出できたのは5日目、自衛隊員におんぶしてもらい、ゴムボートで門脇町まで、途中からトラックで避難所へ。

インタビューのコメント：民生児童委員による避難場所の機敏な変更判断により14名の方の命が助かったが、低平地住宅地で高齢者のいる世帯における避難の実態や、水が押し寄せ、5日目にやっと救出されるなど、低地部での孤立者救出に困難を極めた状況も注視すべき事実。(首都大学東京 市古太郎)

## 私はここに居ると言ったの (被災場所:石巻市)

3月11日：「大きな地震で夫はすぐに避難しようと言ったが、自分は津波にあったことはないし、昨年のチリ地震津波でも何ともなかったの、私はここに居ると言ったの。主人は車で釜小(指定避難場所)に車で出かけたのだけど、渋滞にあって行けなかったと言って数分で帰ってきた。携帯ラジオで女川のほうでは6mの津波があったと言っていたわ」

「夫は家から歩いて数分のところにある息子の家の様子を見てくると言って、また出かけたわ。自分はテーブルの上に非常用の持ち出し袋を用意した後、家から庭に出て海のほうをポーと見ていたの、そしたら黒い海の壁が押し寄せてくるのを見たの、ゴーという音と地響きがしたわ。それを見てすぐスリッパで二階に上がったのだけど、すぐ水が来て二階の鴨居にぶら下がるようにしたの、でも首のところまで

水が来た。10秒ぐらいだったと思うけどね」

「ダブルのベッドも津波で浮いたけど、ベッドの上はそれほど濡れていなかったの、毛布をかぶりベッドの中に入った。その後、押し入れが2段になっていたの、布団は濡れたけど、中はあまり濡れていなかったの、それを被って一晩過ごしました。南浜のほうでは火の手が上がって燃えていたわ。夜になると月明かりで空がきれい、周りは全部海」

3月12日：「朝が来て外を見ると、前は自分の家と並んでいた家が目の前に見えるのよ。自分がどこに居るのかわからなくなったわ。私の家が20mぐらい流されて、平行に並んでいた北側の家の3軒目の庭の中にあつたのね。一番東端の〇〇さんの息子さん、40代の人なのだけど、助けに行きますよと言ってくれたの、でも大丈夫ですよと言ったわ」

「二日目になるとヘリコプターも上を飛ぶのね。それでアパートの屋上に居る人たちも手を振るのだけど、海に流されている人たちを助けるのが一番みたくて、こちらに来てくれることはなかったわ。結局二晩一人で家に居たの」

3月13日：「三日目に〇〇さんの息子さんが氷の中を来てくれて、ベランダから北側の家の庭に下りたの。〇〇さんの奥さんが寒さでガタガタ震えているの。そこで東から2列目の3軒目の家(その人は避難して居てなかったけど)に勝手に入らせてもらったわ」

「二日間何も食べてないので、避難中の人に食べ物はない?と聞くと、殆どの人は持ってないのね。でも外から訪れてきた人と思うのだけどパンをどうぞと言ってくれた。半分でいいですよと言ったのだけど、いいよ一つくれたわ。〇〇さんの奥さんと二人で食べたの。2列目の西から4軒目の△△さんのところには年子の2人と生まれたばかりの赤ちゃんがいて、5人暮らしだったのだけど、お母さんがおっぱいが出る人いませんかと呼んでいるのよ。ミルクを溶かすお湯もないからね。でも周りにいるのは年寄りばかりでしょ、黙っていたわ。でも自衛隊が持ってきてくれたみたいね。その赤ちゃんは仮死状態だったけど日赤に搬送されて、その後仙台の病院に移され、無事だったわ」

「自衛隊の人が来てくれたの。履いているのはスリッパでしょ、おぶってくれと言ったけど、自分で歩けますと言って歩いたわ。でもスリッパが水の中で脱げそうになって大変だったわ。それでもやっと青葉中に避難して一泊しました。」

3月14日：「夫や孫が心配で30分程サイクリングロードを歩いて釜小学校に行ったの。土手でドラム缶で火を焚いている人がいて、そこで釜小に夫がいると聞いたの」

「小学校の児童の名前の一覧表で孫の所に赤丸が付いていないの。赤丸のついているのはそこにいる子供たちなのね。それで先生と一緒に探して夫、長男、孫たちを見つけました。もう先生も限界のようだった」

インタビューのコメント：65歳の女性でご主人と二人暮らし。すでに独立された息子さんが3人いる。家は石巻工業港から400mほど内陸にあり、木造住宅が海に平行に6軒、それが2列に並んでいた。その海側の西端の家に住んでいた。(東京大学 小川雄二郎)

## 津波は経験しないと、危機感を (被災場所:石巻市)

S食品の下請けで働いていたが休みの日だった。強い地震だったので、津波が来ると思ったが、こんなに大きいとは思わなかった。3分で靴を準備し、ダウンコートをきて、主人、わたし、娘の3人と向いのおばあさんと一緒に歩いて渡波小学校へ避難した。車は渋滞すると思ったので。体育館でラジオを持っている方から「女川では10m以上の津波が押し寄せている」と聞いて、こちらにも来ると思い、3階へ上がった。

体育館では係の人があったけの畳を敷いてくれた。そこで孫と合流した。主人は向かいのおばあさんを家族のいる公民館へ連れて行って外で転んで入院した。

これまで津波の訓練はなかった。津波は経験しないと危機感を持ってない。被災者となっても他人事で、2ヶ月間呆然としていた。誰かと話をするたびに、生死の境をさまよったおぞましい話を聞き、だんだんと同情もしなくなった。頭が真白になった。その後ようやく我に戻り、今度は涙もろくなった。忘れたい気持ちが強くなった。

薬局のおばあさんは未だに行方不明。乾物屋の向いのおばあさんは家具の下敷きになって亡くなった。チリ地震のときも、警察前の通りまで津波は来ていない。逃げなかった人が多かったのではないかと。あれこれ持ち出そうと探し物をしていて人が逃げ遅れ、父の知人も探し物をして逃げ遅れた。

校舎から校庭が海になっているのを見た。夕方になって、着るものもないし、食べる物もない。毛布一枚を5人で引っ張り合って寝た。乾パンもなかった。つぎの日から乾パンの1枚を半分ずつ食べた。パンが来たときは喜んだ。孫にまず食べさせた。ボランティアの支援や義援金などをいただき、人の気持の暖かさがよくわかった。

インタビューのコメント:「津波は経験しないと、危機感を持ってない」との感想が印象的である。大人は想像をすることが苦手である。子供のときから、自分で逃げる、人に告げる、人と一緒に逃げる、人を助ける、を学んでおくべきである。(金沢大学名誉教授 北浦勝)

---

## これからの高台移住は上手いく (被災場所:山田町)

地震の時は田の浜の船越漁村センターで自治会の仕事をしていた。ラジオで緊急地震速報を聞いた。

津波が来ると思ったが防潮堤を越える程大きな物が来るとは正直思わなかった。それでも海岸の近くに足の不自由な老人がいるのを思い出し避難をさせに行った。老人が二階から降りてくるのに時間がかり、その間に二度、近くの自宅に帰って妻に速く逃げるように言った。妻はよそから来たので津波の知識はあまりなかった。ともあれ、その老人を一旦漁村センターまで連れて行った。漁村センターの二階は大丈夫だと思ったが、消防団がそこでは危ないというので、その老人を通りすがりの老人の知人に預けた(老人は無事避難することが出来た)。

それから、坂道を高台の方に逃げる途中で津波が門扉の下から流れ込むのが見え、ハンドマイクで周囲に避難を呼びかけながら逃げた。その後で防潮堤を越える津波が来たようだ。丁度バス停に発車待ちで空の路線バスが止まっていたが津波にのまれ、上手い具合に

90度水平回転して瓦礫をブロックしてくれた。もう一台保育園のバスが田の浜に来ていて園児を下ろし帰ろうとしていたところだったが、消防団の危ないという指示でUターンし、津波が来る直前に路線バスの脇をすり抜けて高台の方に上がった。それでこのバスは助かり、濡れて体の弱った人を暖めたり足の弱い人を移送したりするのに役だった。

自分は浜の近くまで(片道250mくらい)足を運んだことになるが、防潮堤がなければ怖くてそのようなことは出来なかったと思う。

津波をやり過ごしてからは救護活動をしていたが、一部損壊した高台の街の中から2カ所、火の手が上がった。一箇所は東側、消防団が高台の消火栓からホースを引いて制圧しようとしたが、水が出なかった。もう一カ所は西側で、これらの火災が山に広がり、翌日になると被災しなかった街も危険になったので、自衛隊のヘリコプターに来てもらって避難した。

地震の少し前に県から専門家が来て津波防災のワークショップが田の浜地区でも行われた。その時、避難の際の助け合いのルールを決めようという話も有った。

田の浜地区は昭和三陸津波の後、高台移住が行われ、今回も移住地域の大部分は被害を免れたが、次男三男が分家を持つようになると土地がなく、海岸の方にスプロールしてしまった。これからは人口減少の時代なので、もう一度やり直せば上手くいくかもしれない。

インタビューのコメント:田の浜は500m×500mくらい、山裾には高台移転でできた街区がある。話に出てくるワークショップは岩手県沿岸広域振興局土木部宮古土木センターがソフト対策も重要との観点から実施していたもので、山田町内7地区合同で3回開催されていた。この一連のワークショップの成果を反映したハザードマップが地区ごとに作られ、印刷して全戸配布する準備が進められていた段階で3月11日となった。間に合わなかったと担当者は肩を落としていたが、少なくともこの方が足の不自由な老人の救出を思い至ったことには結びついたのではなかろうか?

(東京大学地震研究所 後藤洋三)

---

## 戻っちゃだめだ (被災場所:石巻市)

地震が起きた時は大宮町の友人の家にいました。自宅がある魚町の町内会では、年に一度津波を意識した避難所の確認などを行っていたので、今までにない大きな揺れを感じたことと、停電が発生したのを見て津波が来ると直感し、揺れが収まってすぐに一緒にいた友人と三人で車で避難しました。わりと早い段階で避難を始めたこと、停電によって信号が作動していなかったので直進する分にはスムーズに進めたことから、15分程度で避難所に着きました。

ほっとしたのもつかの間、一旦避難所に来た若い子連れの母親が、避難生活に必要なものを自宅に取りに行こうとしていたので、子供だけでも置いていくよう説得しました。その母親は自宅に戻り、荷物をまとめて外に出たとたん津波に流され、奇跡的に一命は取り留めましたが、避難所に戻って二人の子供達に再会したのは3日目でした。防災無線から放送は流れていましたが何を言っているのかよく分かりませんでした。予測される到達時間や津波高さなどの情報がこの母親に伝わっていれば、こんな危機に直面することもなかった

かもしれません。

インタビューのコメント：海に近い地域にお住まいであったことから、普段から津波に対する意識があり、その結果自らだけでなく、周りの人たちの命を救うこととなった。地震から津波来襲まで時間がある場合には、より具体的で確実な情報を提供しなければならない。（日本工営 佐藤誠一）

## 地震対策は万全だったが・・・（被災場所：石巻市）

50年前に遭遇したチリ地震津波では、自宅にまで津波が襲ってくることは無かった。その経験から、当時と同じ土地で生活している限りは揺れに対する対策だけをしておけば大丈夫と思い、昨年11月に自宅の耐震補強工事を済ませていた。毎年実施されていた防災訓練は、地震対策に役立てようと参加していたが、津波に対しては端から聞く耳を持っていなかった。

地震が起こったとき、揺れがとてもしばりだったので、余震に恐怖を覚えつつ近所の親戚に声掛けをして安否を確認して回った。近所の無事が確認できたので、自宅に戻り、地震直前まで納税組合員から集金した帳簿などを整理するため1階のテーブルに広げていた書類や現金をまとめてやれやれと一息ついたところで、息子が「津波が来た2階に上がれ」と異様な声で叫んだ。夢中で階段に向かったが、テーブル上の書類に気付き、引き返し書類を抱えて再び階段へ。その時既に津波は膝まで押し寄せ、やっとの事で2階へ上がったが、みえるみる水嵩が増して1階天井まで達し、一間一髪の命拾いだった。その後、津波で運ばれた車やがれきで1階は埋まってしまった。強い余震と津波の2波目、3波目におびえ一時は死も覚悟しながら、納戸に置いてあった食料や水で家族3人と一晩過ごした。

今はボランティアの方々の協力で自宅のがれき除去が済み、修理が可能かどうか、可能な場合の修理工費の見積りを専門家に依頼している。しかし、近所の家はみな津波で流されたり、解体されたりで、近所の知り合いは戻ってこないだろうから、できれば元の場所に住みたくないというのが本心だ。市が非住居地域に指定してくれれば、他へ移るきっかけとなるのだが。

インタビューのコメント：地震防災の意識が高いものの、チリ地震の経験から津波に対しては全く警戒していなかった。過去の経験が逆効果となった住民は少なくない。再建にあたって、近所付き合いを重視する声は他からも聞かれた。（日本大学理工学部 仲村成貴）

## 事前に決めていた避難場所（被災場所：山田町）

北浜の海岸近くの自宅で地震に遭遇したが、直ぐに身体障害者（車椅子が手放せない）の弟を連れて「陸中ホテル」に車で避難した。自治体が避難場所に指定している山田北小学校は低地であるため、自宅近くで高台にある「陸中ホテル」を避難場所として事前に家族で決めていた。結果的に、これが良かった。

翌日の12日に弟を連れて山田病院に歩いて行ったが、「北小学校へ行き」と言われた。そこで弟のために毛布だけもらい、身体障害者用のトイレのある「道の駅」に避難した（身体障害者用のトイレが用

意されているところを探したとのことです。「道の駅」で身体障害者である弟を避難させるための救急車を待って2泊し、やっと宮古の病院へ移送してもらった。

1960年のチリ地震の時も家を津波で流されたが、その時の復興事業で45号線の改修高上げ工事が行われたため、北浜の現在の場所に移転してきた。

船乗りの習慣で、今回の地震の後にも直ぐにガスと電気は閉じ、玄関の鍵もかけて、揺れが収まったら直ぐに避難を開始した。ラジオは聞く余裕がなかった。

昨年のチリ地震の時も、陸中ホテルに家族で避難した（指定されていた避難所の北小学校ではなく、より高所の陸中ホテルが安全と思っていた）。

インタビューのコメント：身体障害者の弟を連れて無事に津波被害から逃れているということから、地震直後に直ぐに避難行動をとったということが想像できます。また事前に自宅から近く、より高台に位置している「陸中ホテル」を避難場所として家族間で決めていて、その通りに避難しています。

2010年のチリ津波の時も、同じような行動を取っており、「普段やっていることが災害時に生きた」とこの典型だと思います。（JICA 長谷川庄司）

## もうこんな思いはしてほしい（被災場所：石巻市）

勤務先の生協で地震に遭いました。親が揺れの中で立っていることができず手を貸すこと、バイトさんを物が次々と倒れてくる中から引っ張り出すことで自分自身がいっぱいいっぱい。外を見ると駐車場に座り込んで動けなくなっている人達がいる中、強い揺れで車が動いてバックをしてきていたので大声で「車が動いているから頑張って立って何かにつかまって！」と言っても立ってもらえない。そんな間にも周りはパニック状態。少し揺れが弱くなった時にお腹のことを言われ、身重だと思い出したのです。そんな時に知り合いのおばさんもパニックになり、怒鳴ってきたのです。「早く子供を迎えに行きなさい！心配じゃないの?!」と。私も直ぐに迎えに行くことを考えていましたけど自分の親もそのままにできない。そして保育園が近い距離じゃない。旦那にも電話が繋がらない。その中で親が「保育園はプロだから！あなたが行って何かあったら大変だから一緒に居よう」と言われました。津波警報は鳴っていたけど、自分自身のことや周りの状況から耳に入ってはきませんでした。

生協の方々と最初は避難なんて考えなかったのです。たまたま店長が「外にこのまま居るのもあれだから避難場所はどこ？」と言ったのがきっかけだったのです。避難先の小学校に行くまでも今にも倒れそうな家の真横を通りその間も揺れていたもので、すごく怖かったです。歩いていても揺れが来るたびに足を取られる状態、道にはすごく揺れている車。その中を小学校へ着きました。津波が来た時、わたしたちは2階にいました。津波を見た瞬間「ここに居たら吞まれる！上に行こう」と言い階段に向かったら大勢の人がパニック。親と姉と手をぎっちりつないで上がる時の恐怖。お年寄りが階段を上がれないでいたので、手を貸し、一緒に上がり窓から見た景色はすごく別世界だった。

旦那にもやはり連絡がつかない。来てくれるはずと思うけど、メールも電話も圏外になりダメだった。校庭側の景色に耐えられず、反対側の窓を見た。こっちの方が悲惨だった。雪が降る中たくさんの人達が流されている。直ぐ横にはプロパンのボンベが白い煙を出して迫ってきている。さっきまで一緒に話をしていたお年寄りの方々が流されまいと一人が柱につかまりそれに次々にみんなが腕を組んでいる。私の娘と同じ年くらいの女の子とそのお父さん2人が抱き合いながら流されながらフェンスにつかまっている姿を見て私の娘と旦那とが重なりパニック状態になってしまった。親や周りの人達に「お腹に悪いから見るのやめなさい、とりあえず落ち着いて座っていなさい」と言われた。

校舎の中は灯油のにおいがきつい事に気づき、近くに居たおじさんに話したところ「灯油危ないからタバコ吸うなよ!」「火事になるぞ!」と大声で言ってくれました。男の人達は慌てて火を消したのを覚えています。夕方になるにつれて寒くなりました。カーテンなどは流された人達、濡れた人達に配分されていました。廊下からは「おっばい出る方いませんか?」「オムツ持っている方いませんか?」「ケガされた方が居ます。お手伝いしていただける方居ませんか?」「ぬれた方が居ます。服を誰か貸していただけますか?」などと大きい声を出して走り回っている人達の声の中、ラジオを一生懸命聞きました。トイレに行った時、全身ぬれている女性に会い、「全部ぬぎなさい。服何枚かやるから」と母は言い肌着などを貸しましたが、私はエプロンくらいしか貸せなかった。教室に戻ると周りの人が「妊婦さんが居るから!」と声を掛けてくれて、体を冷やさないようにと言われジャンパーなどを貸していただきました。

夜になるにつれ、波の音が不気味でした。次々に増える人。駅から泳いでやっと来た人、小学校の目の前の歩道橋から来た人で教室は狭くなっていきました。そして、朝になるにつれ、目の前の景色が昨日よりも凄いことを知りました。次々に布団などに包まれて運ばれている遺体の数。本当にすごかった。今でも目に焼き付いていた光景は忘れることができず、子供を保育園に送る時もこのまま3月11日みたいに会えなくなったらどうしようと思います。

私は思います。こんな思いはもう誰にもしてほしくないこと、冷静な判断は難しいこと。だからこそ、今回の恐怖を1人の人でも知っていただき教訓にしてほしい。私達被災者と言われる人達はたくさん地獄を見ました。だからこそ、本当に1人としてももうこんな思いはしてほしくないです。調査の方には沢山の話聞いて多くのの人に伝えてほしいと思います。

インタビューのコメント：ご主人が翌日、避難所の小学校に歩いてきて再会でき、子供は保育園に昨夜迎えに行き無事だと聞きやっと安心したそうです。(山口大学 村上ひとみ)

## 石巻市内の車での移動 (被災場所：石巻市)

水産加工場を自宅で経営していた。地震時には私達夫婦2人と孫1人(2才)および従業員4人がいた。

津波がくると思ったので、揺れが収まって約15分後に自宅の近い従業員2人は帰した。妻は足が悪いので、すぐ避難させようと思い孫2人(小学校1年・2年)のいる渡波小学校に1人で歩いて行かせた。

自宅が遠い(市内：車で30分ぐらい)従業員2人を車で送って行った。孫1人も連れて行った。石巻大橋を通過した頃に大津波警報を聞いた。

従業員を送った帰り道、石巻大橋の手前にきたときに津波がきた。Uターンして逃げる途中で石巻消防署の明りが見えたので、孫と2人で避難した。外は真っ暗で寒かった。石巻消防署の3階に3日間避難した後、妻の避難する渡波小学校にいった。

自宅は全部流された(家全体が約300m流されていた)。鉄骨造の工場の2階は残ったが、4月の余震で全壊した。機械は全部流され仕事はもうできない。建物設備併せると1億円近い資金が必要だ。自宅のローンは支払い終わったばかり。高齢なので銀行も金を貸してくれない。従業員には申し訳ないが廃業を決めた。

町内会の防災訓練では津波が念頭になかった。

[奥様の話]：渡波小学校の体育館に入ってすぐに水がきた。足が悪いので、孫一人を連れて避難していたら助からなかったと思うと、今でも「ザラッ」とした気分になる。孫を夫に頼んだおかげで助かった。避難所で夫と3日後に再会するまで泣いて暮らしていた。

インタビューのコメント：被災者(70代)は石巻市松原町の石巻湾から100mの所に住んでいた。「従業員に申し訳ない」の一言が印象に残る。経営者らしい的確な判断で家族、従業員全員の無事を確保できた。その一方で、車で長い間(30分?)移動しており、津波に遭遇したタイミングと場所共に幸運であったことは否めない。このケースの裏には車で移動中に被災されたケースが多くあると思われる。(奥村組 柳原純夫)

## 要援護者の津波からの避難 (被災場所：山田町)

地震の時は、山田町川向にある仕事場にいた。強度の弱視で、普段から津波に備えて、1人で高台にある自宅に避難する訓練をしていた。仕事場から自宅まで10分ほどであった。地震直後、津波が来ると思い、直に1人で自宅に戻った。2日前の地震の時も避難した。自宅は高台にあるため、まさか、自宅まで津波が来るとは考えもしなかった。避難をする時、防災無線で津波警報を聞いた。津波高さは3mと言っていた。

自宅に着くと、自宅の周囲に近所の人が避難してきていた。自宅の庭先で海に向かって立っていたが、津波が迫ってくるのがわからなかった。近所の人が津波が迫っていることを教えてくれたが、信じられなかった。慌てて、母と妹の3人で避難を始めた。高台に向かう経路の途中には線路があり、自身は横断できなかった。母も高齢で避難に援助を必要とするため、母を妹にまかせて1人で別の経路で避難しようとした。避難の途中で織笠方面から線路に沿って来た津波に襲われた。津波に流され、工場のフェンスの看板にしがみついた。波が引いたとき、親戚が助けてくれた。

身体障害者のため、避難所の生活が難しく、親戚の世話になった。避難所では、特にトイレが怖かった。避難所ではなく親戚所有の空き家に避難していたため、水も食料もなかなかもらえなかった。山田町にも身体障害者への支援制度があると聞いていたが、待っていても何もしてくれなかった。支援制度があったとしても、そのサポートを待っていては津波から避難できないため、自分で避難しなけれ

ばならない。

インタビューのコメント：津波からの避難において、要援護者を確実にサポートすることに多くの課題が残った。要援護者の避難や避難後の生活には、地域内の綿密な計画が必要である。(パシフィックコンサルタンツ 山本一敏、エイト日本技術開発 福岡淳也)

インタビューのコメント：石巻では地震の揺れで津波の危険性をイメージしなかった方が多く、避難所へ行く動機が、津波よりも、家具の転倒や地震の揺れに対する不安にあった方も少なくなかった。このため、避難行動が緩慢になっていたかもしれない。(パシフィックコンサルタンツ 山本一敏)

## 車ごと津波に流された (被災場所：石巻市)

地震の発生時には、海水浴場近くの石巻市浜曾根山の自宅にいた。大きな津波が来るとは思わなかったが、地震の揺れが大きかったので避難の準備を始めた。車のテレビで5mの津波と聞いた。飼っていた犬と鳥を連れて行くため、車から家に戻った。犬と鳥を車に載せたが、えさも必要だと気がつき、また車から家に戻った。そうこうして妻と出発の準備をしている内に、車のテレビで10mの津波と聞いた。その直後、防風林から大きな音が聞こえ、煙のようなものが見えた。津波が押し寄せ、車が浮き上がり、車ごと流された。

不思議と建物にぶつからず、100m程度流され、前のめりになって止まった。車の後部は他の車に乗り上げていた。水が引かず、車の中に閉じ込められてしまった。車の内側からガラスを割って外に出たが、80cmぐらい水がたまっていたため、朝まで車で過ごした。夜中になり、車の周囲の家から助けを求める声、苦しむ唸り声を聞いた。しかし、何もできなかった。渋滞に巻き込まれて、津波に追いつかれ車ごと流されて亡くなった人が多いようだ。翌朝、車から脱出して、渡波中学校に避難した。食料は全くなくて、中学校の職員室にあった砂糖を先生らしい方から小さじ一つ頂いた。3日目に打ち上げられたボラを煮て汁を分けて頂いて食べた。紙コップ1/4位の量だったが有り難かった。

自宅は外形が残っているのですが、修理して使いたい。しかし、市から土地利用の制限の説明がなく、不安だ。

## 合同調査団(山田町・石巻市担当チーム) アイウエオ順

池田浩敬	富士常葉大学
磯打千雅子	日本ミクニヤ
市古太郎	首都大学東京
宇治田和	ランドブレイン
小川雄二郎	東京大学生産技術研究所
紙田和代	ランドブレイン
北浦 勝	金沢大学名誉教授
後藤洋三	東京大学地震研究所
佐藤誠一	日本工営
鈴木 光	消防科学総合センター
田中 努	エイト日本技術開発
中林一樹	明治大学
仲村成貴	日本大学
長谷川庄司	国際協力機構
福岡淳也	エイト日本技術開発
森田哲夫	群馬高等工業専門学校
森田博之	地圏総合コンサルタント
村上ひとみ	山口大学
三上 卓	群馬高等工業専門学校
柳原純夫	奥村組
山本一敏	パシフィックコンサルタンツ



仮設住宅集会室での調査結果報告会



仮設住宅玄関でのヒヤリング

## 日本地震工学会創立10周年記念式典

矢部 正明

●株式会社社長大

日本地震工学会創立10周年記念式典が、2011年11月10日（木）、東京・国立オリンピック記念青少年総合センター 501号室において開催された。日本地震工学会創立10周年記念式典は、久保哲夫前会長時代に計画され、2011年3月28日に開催される予定であったが、2011.3.11東北地方太平洋沖地震が発生したために、その開催が延期されていたものである。式典は、当初の計画を縮小して、10:30から12:30にかけて、木全宏之理事の進行で進められた。運上茂樹副会長の開会の辞で始まり、川島一彦会長による挨拶、歴代会長による挨拶、日本地震工学会功労賞の贈呈、若松加寿江副会長の閉会の辞で終了した。当日は、約70名が参加された。

### 1. 川島会長の挨拶

川島一彦会長は、日本地震工学会の設立準備から今日に至る歩みを、歴代会長在職時の日本地震工学会における大きな出来事とともに紹介された。そして、日本地震工学会は、アカデミックな専門家集団が中核をなしており研究、分析、解析等に関しては他学会と引けを取らない学会であり、この強みを更なる発展の基礎として行く必要があることと、会員の年代別構成をみると50代、40代、30代と徐々に会員数が減少しており、若い会員に対して魅力ある活動が重要であることを述べられた。最後に、現在理事会が取り組んでいる次の2つの活動が紹介された。

1) 東日本大震災に関する活動として、「日本地震工学会誌の臨時増刊号・東日本大震災特集号」、「広域・システム災害対応特別調査研究委員会の活動」、「6学会による東北地方太平洋沖地震被害調査連絡会」、「3

学会地震被害調査連絡会」、「東日本大震災国際シンポジウムの開催」について紹介された。

2) 日本地震工学会のWebの更新に対する取組について紹介された。

### 2. 歴代会長挨拶

青山博之元会長、入倉孝次郎元会長、鈴木浩平元会長、土岐憲三元会長の4名から、挨拶を頂いた。



写真2 青山博之元会長の挨拶

青山博之元会長は、1960年が日本の地震工学の実質的な発足の年であり、それから40年間、地震工学会という学会がないにもかかわらずわが国の地震工学が発展してきたのは個人の熱意と努力によるところが大きいことを紹介された。物事を推進して行く力は、そこに居る個人の熱意と努力が基礎となっていると述べられた。

入倉孝次郎元会長は、地震学と地震工学という2つの分野の活動を、東日本大震災において生じた被害と関連付けながら紹介された。これからは、科学的に考えうる最大級の地震と津波を想定して対策を立てると



写真1 川島一彦会長の挨拶



写真3 入倉孝次郎元会長の挨拶

ともに、想定を超えた場合にも被害を最小限にとどめるための対策を考える必要があるということを地震工学は発信していかなければならないと述べられた。



写真4 鈴木浩平元会長の挨拶

鈴木浩平元会長は、石油化学プラントと火力発電所の東日本大震災における被害について紹介された。機械系の全ての耐震を機械工学分野だけで扱うのは不可能であることと、機械系施設は土木や建築構造物との関連で設置されているので機械系の耐震が土木や建築分野と連携する形で高められるように日本地震工学会の中で進めて欲しいと述べられた。



写真5 土岐憲三元会長の挨拶

土岐憲三元会長は、社会的合意に基づいて想定値は必ず決めなければならないこと、費用がともなうので想定値を際限なく大きくできないこと、想定値を決めても、想定値を超えることを考えながら対策を行うことが、本当に対策を行ったことになる」と述べられた。東海地震、東南海地震そして南海地震の三つが同時か、少し遅れて発生する連動型地震に対する社会システムの課題について述べられた。

### 3. 日本地震工学会功労賞の贈呈

日本地震工学会は、設立準備から創立後の数年間は、数名の会員と事務局職員の献身的な努力によって運営されてきており、その結果、創立10周年を迎え、一般社団法人化することができた。日本地震工学会では、創立10周年事業の一つとして、日本地震工学会の設立準備から創立後の数年間においてその運営に中心にかかわっていただいた歴代総務担当理事11名と事務局職員3名の方に功労賞を贈呈することになった。功労賞を受賞された方々は次のとおりである。

歴代総務担当理事(敬称は省略させていただきます)

大町達夫, 塩原等, 後藤洋三, 清水善久, 吉田望,  
渡辺孝英, 坂本成弘, 石川裕, 勝俣英雄, 犬飼伴幸,  
中原光春

事務局関係(敬称は省略させていただきます)

郡重雄, 井関伶子, 五老海正和

出席頂いた受賞者の方々に日本地震工学会功労賞が、川島会長より贈呈され、受賞者を代表して後藤洋三名誉会員より挨拶があった。



写真6 日本地震工学会功労賞贈呈



写真7 会場の様子

# 日本地震工学会年次大会2011開催報告

山中 浩明

●大会実行委員会委員長／東京工業大学

## 1. はじめに

2011年度年次大会は、2011年11月10日（木）～12日（土）に東京都渋谷区の国立オリンピック記念青少年総合センターにおいて開催された。昨年度は、4年毎に開催されている日本地震工学シンポジウム（第13回）が開催されており、2年ぶり8回目の年次大会となった。なお、同会場では、大会初日の午前中に本学会創立10周年記念式典も実施され、現会長および歴代会長からの挨拶、功労賞表彰などが行われた。

年次大会の準備は、2011年3月から開始されたが、東日本大震災の発生で開催準備はほとんど進まず、実質的には5月になってから始まった。大会実行委員会には、研究や実務で多忙な中堅の方々も多いので、メールでの審議を中心に準備を進め、派手な大会ではなく、学術講演と議論が充実するような大会の運営を目指すことにした。

## 2. 学術講演

今回は、東日本大震災後の初めての年次大会であったこともあり、表1のように、前回に比べて4割増の248編の講演申し込みがあった。このうち、62編は東日本大震災関連の発表であり、地震工学関連分野での横断的議論を行うことができる場としての本学会の存在があらためて認識されていることがわかる。発表セッションは、前回と同様のセッションに加えて、東日本大震災関連の3つのオーガナイズドセッションが追加された。また、35歳以下の若手発表者数も全体の半数以上となった。会員数の減少対策が多くの学会で将来の課題となっているなか、若手講演者数が多いということは頼もしいものである。

3日間での参加者は、393名であり、内100名は非会員であった。会員以外の方々にも興味深い講演が多かったことが伺える。なお、当日の受付で用意した約400部の梗概集が売り切れてしまい、参加費を受け取らなかった参加者にはご迷惑をおかけした。こうした参加者の皆さんは上記の数にカウントしていない。

学術講演は、6会場に分けて行われ（写真1）、各発表は質問を含めて15分間とし、十分な議論の時間を確保することができた。ただ、会場の関係で講演場所が離れてしまい、参加者の皆様にはご不便をおかけした。

表1 2011年度大会発表応募者数

分野	発表数	
震源特性	10	44 (16)
地下構造	6	
地盤震動	23	
地盤の液状化・斜面崩壊	1	
津波・歴史地震その他	4	
地中構造物およびダム	2	120 (89)
杭および基礎構造	3	
地盤と構造物の相互作用	7	
土木構造物	5	
建築構造物	61	
免震・制振・ヘルスマニタリング	32	
耐震補強	7	
新しい構造・材料その他	3	
ライフライン	3	
緊急速報・災害情報	9	
防災計画・リスクマネジメントおよび社会・経済問題	4	
東日本大震災調査	30	36 (16)
最近の地震被害調査	1	
その他	5	
2011年東日本震災における液状化被害の実態とその後の諸対応	14	32 (4)
東北地方太平洋沖地震による強震動-地盤構造が地震動に及ぼす影響-	12	
東北地方太平洋沖地震による橋梁被害	6	
合計	248 (132)	

\*発表数の括弧内の数字は若手発表者数を示す

各セッションでの学術講演の報告は、座長の皆様にお願ひした。司会をご担当くださった皆様には感謝申し上げます。ここでは、紙面の都合で掲載することができ



写真1 講演会場の様子

ないので、学会のWEBサイトで公開する予定である。

本大会では、前回に引き続いて、若手地震工学者を対象にして大会論文優秀発表賞の審査が行われた。35歳以下の講演者によるすべての講演について審査員による慎重な審査が行われた。その結果、本稿末尾に示す13名の皆さんが受賞者に選ばれた。詳細は、学会ホームページに掲載されている。

### 3. 技術フェア

技術フェアは、写真2のように受付と休憩室を兼ねた第7会場(310室)において、出展企業9社(ミットヨ、アーク情報システム、勝島製作所、白山工業、システムアンドデータリサーチ、aLab(エーラボ)、ソフトテックス、サンシステムサプライ、東京測振)により開催された。振動測定機器、ネットワークデータ収集システム、解析ソフトといった多岐にわたる内容で、参加者から多くの関心が寄せられていた。東日本大震災の影響もあり、効果的な減災には地震・振動計測や解析機器がより一層重要になってきている。出展された企業には感謝申し上げる。

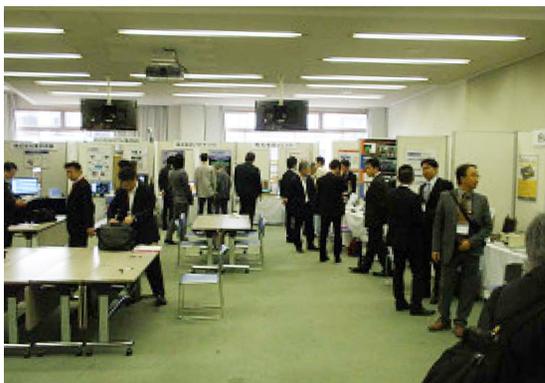


写真2 技術フェア会場の様子

### 4. 交流会

大会初日の10日夕方には、施設内のレストラン「さくら」において交流会が開催され、約60名の参加者を得て大変盛況であった。川島一彦会長の挨拶と乾杯の音頭から開始され、例年よりも参加者が多かった若い学生会員も交えて、会員同士の交流は大いに深まった。懇談が進むなか、当日午前中の創立10周年記念式典に引き続いて、鈴木浩平元会長による挨拶、また功労賞を受賞された勝俣英雄氏から挨拶があり、大いに盛り上がった。最後に、山中浩明大会実行委員長から大会の成功を祈念した挨拶が行われ、学生有志による一本締めによりお開きとなった。

### 5. おわりに

多くの講演者、参加者を得て、第8回年次大会も盛



写真3 交流会の様子

会のうちに終えることができた。多くの皆様には、大会の準備、運営にご協力を頂いた。とくに、川島会長、久保前会長、理事の皆様には、ご理解とご助言を頂いた。皆様には、あらためて感謝をする次第である。

今回も含めて過去の大会では、その準備・運営は、アドホックな実行委員会が担当していた。その結果、大会開催に関するノウハウや改善点が必ずしも十分に次の実行委員会に引き継がれていない場合もあった。また、一部の委員に仕事が集中してしまうことも多かった。本大会の実行委員会では、こうした運営形態は必ずしもベストではないと考え、大会運営に関する委員会の常置化を担当の若松副会長にお願いをした。ぜひ、次回の大会運営が円滑で持続可能なものになることを願っている。

なお、本大会の梗概集の印刷版(写真4)の残部はほとんどないが、PDFをまとめたCDは事務局で入手することができる。



写真4 本大会の梗概集

### 2011年度 日本地震工学会大会論文優秀発表賞

加藤一紀 君(早稲田大学)、壁谷澤 寿一 君(建築研究所)、川島 学 君(三井住友建設(株))、小林正人 君(明治大学)、汐満将史 君(筑波大学)、焦 瑜 君(東京工業大学)、高瀬裕也 君(飛鳥建設(株))、林元直樹 君(気象研究所)、藤生 慎 君(東京大学)、藤田航平 君(東京大学)、松田紳吾 君(明治大学)、三浦弘之 君(東京工業大学)、山本健史 君(戸田建設(株))

(五十音順)

# 東日本大震災国際シンポジウム開催報告

川島 一彦

●日本地震工学会会長

日本地震工学会、日本建築学会、土木学会、地盤工学会、日本機械学会、日本地震学会の6学会主催により、3月3日(土)、4日(日)に建築会館において「東日本大震災から1年—超巨大地震から何を学ぶかに関する国際シンポジウム」を開催した。これは、東日本大震災による被害の実態やそのメカニズム、被害の軽減方策等に関する最新の知見を世界に向けて発信すると同時に、この地震から学ぶべき教訓を世界の研究者、技術者と共有するために実施したものである。東日本大震災の他、近年発生した2011年トルコ・バン地震、2011年ニュージーランド・クライストチャーチ地震、2010年チリ・マウリ地震、2005年スマトラ津波地震等による被害とこれから得られた教訓についても発表が行われた。

主要なトピックスは、(1)地震発生メカニズム、(2)地震動の特性、(3)液状化とこれによる被害、(4)津波とこれによる被害、(5)火災とこれによる被害、(6)土構造物の被害、(7)建築物の被害、(8)交通施設の被害、(9)ライフライン施設の被害、(10)機械及び電力施設の被害、(11)原子力発電所の被害、(12)避難・復旧・復興、(13)その他の最近の地震被害、(14)今後の地震被害に向けた各学会からの提言である。

シンポジウムでは約190編の論文発表が行われた。このうち1/4以上が米国、台湾、チリ、ニュージーランド、英国、フランス、トルコ、スロベニア、カナダ、中国、ギリシャ、インドネシア、イラン、メキシコ、タイ、スイス等海外の16カ国からの発表であった。参加者総数は440名以上に達したが、このうち約100名が海外からの研究者、専門家であり、日本滞在中の海外専門家約40名を含めると約140名となり、全体の1/3が海外の研究者、専門家と、国際色豊かなシンポジウムとなった。この中には、米国地震工学会次期会長、米国太平洋地震工学研究センター所長、第15回世界地震工学会議(ポルトガル)実行委員会委員長、英国機械学会会長、韓国土木学会会長等、国際的にトップクラスの著名な研究者、技術者が多数含まれている。東日本大震災を中心とする最近の大規模地震による被害経験とそこから学ぶべき教訓に関する関心の高さを表している。発表、質疑はすべて英語で行われた。地震被害とそれか

ら学ぶべき教訓に特化したこれほど組織的な国際シンポジウムは過去に類例がない。

論文集は500部用意したが完売した。このため、論文集は自由にダウンロードできるように下記ウェブに掲載している。広く関係者に利用され、今回の震災経験とそれから得られた教訓が広く活用されることを期待している。

<http://www.jaee.gr.jp/event/seminar2012/eqsympo/proceedings.html>

また、3月1日(木)、2日(金)の2日間にわたり、(1)液状化班、(2)建築物班、(3)土木構造物班、(4)原子力施設班に分かれて、現地視察を実施した。合計100名以上の参加者があった。

今回の国際シンポジウムを有意義にしたのは、なんと言っても、6学会が協力したことにある。これにより、広範囲な震災情報の入手が可能となり、国内外の参加者から高い評価を得ることができた。建築、土木、地盤、地震等多様なバックグラウンドを持った会員から構成されている日本地震工学会が貢献すべきは、輪切りにされた専門領域では得られない多様な分野横断型領域だという思いを改めて強くした次第である。

もう一つ、特筆すべきことは、海外も含め外部から見て各学会がばらばらな取り組みをすべきではないとの考えに基づき、6学会被害調査連絡会等において調整し、3月1～2日には日本建築学会シンポジウム、3月3～4日には本国際シンポジウム、3月5～6日には土木学会シンポジウム、3月6～8日には東工大CUEE国際会議と、シームレスに東日本大震災関連の行事を実施できたことである。将来の大規模地震発生時の対応として、関連学会間の連携を今後とも一層強化していくことが重要である。

最後に、今回の国際シンポジウムの開催にあたっては関連6学会の会長、専務理事、事務局長等の皆様の暖かいご理解とご支援を賜った。ここに記して厚くお礼申し上げる次第である。また、今回のシンポジウムでは少数精鋭の実行部会で切り盛りすることを目指した。メンバーのうち、特に、塩原等(幹事長)、運上茂樹、大宮喜文、加藤照之、高橋良和、東畑郁生、塚

本良道、富田孝史、中村いずみ、古屋 治、松崎 裕、若松加寿江の皆様、並びに、楠浩一先生、日本地震工学会鳴原毅事務局長には多大なご協力を頂いた。"我々

も楽しんで国際シンポジウムを実施しよう！"を合言葉に時間を共有できた同志として厚くお礼申し上げる次第である。



写真1 立ち席ができるほど盛況でした(塚本良道先生による)



写真2 カリフォルニア大学バークレイ校Stephen Mahin教授によるキーノート(塚本良道先生による)

# 企画事業実施報告

木全 宏之

●理事・事業企画委員長（清水建設株）

平成23年度に事業企画委員会が実施したイベントについて、概要を報告する。表1に示すとおり、平成23年度は7つのイベントを企画、実施した（本稿作成時点では⑦は未実施）。

- (1) まずは、昨年三月に発生した東北地方太平洋沖地震を受けて、津波、長周期地震動、原子力発電所の地震安全問題に関する講演会や見学会（イベント①、②、⑥、⑦）を開催した。まさにタイムリーなテーマで、いずれも定員を上回る多数の方々に参加いただき、盛況かつ大変有意義なイベントとなった。
- (2) 本学会では、研究委員会活動が精力的に行われている。②、④、⑦のイベントは、それぞれ「津波災害の実務的な軽減方策に関する研究委員会(平成20～22年度)」と「津波対策とその指針に関する研究委員会(平成23～25年度)」、「微動利用技術研究委員会(平成21～22年度)」および「原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会(平成20～23年度)」の成果報告の位置付けとして行ったものである。

(3) ③、⑤、⑥は、一般市民向けのイベントである。

⑤の第16回震災対策技術展は、本学会・川島一彦会長が実行委員会委員長であり、本学会のブースには防災グッズ等を展示した。また、⑥は第16回震災対策技術展の講演会行事の一つとして企画したものであり、(財)震災予防協会が1985年より主催してきた講演会を昨年度より本学会が引き継ぎ、第2回震災予防講演会として実施したものである。今後も継続して企画、実施予定である。

各イベントの詳細については、本学会のホームページの行事報告を参照されたい。当事業企画委員会としては、今後もタイムリーなテーマを扱った講演会や研究委員会の成果報告会等を企画し、引き続き本学会員にとって有用なイベントを企画、実施していく所存である。また、一般市民向けのイベント企画も継続し、社会に向けて積極的に情報発信を行っていく所存である。なお、各イベントにおいて、講師の方々を始めとする関係各位に本紙面を借りてお礼申し上げたい。

表1 平成23年度のイベント

No.	イベント名	開催日	場 所	講 師 ※敬称略
①	E-ディフェンス振動台実験見学会 －長周期地震動による被害軽減対策－	平成23年10月7日	防災科学技術研究所・兵庫耐震工学研究センター	
②	講演会「東日本大震災の津波被害の教訓」	平成23年10月21日	建築会館ホール	松富英夫(秋田大学) 有川太郎(港湾空港技術研究所) 藤間功司(防衛大学) 庄司 学(筑波大学) 奥田泰雄(建築研究所) 中埜良昭(東京大学)
③	関東大震災講演会と追悼碑巡り	平成23年11月4日	両国界隈	武村雅之(小堀鐸二研究所)
④	微動利用技術講習会	平成23年12月14日	東京工業大学	森 伸一郎(愛媛大学) 盛川仁(東京工業大学) 新井洋(国土技術政策総合研究所) 長郁夫(産業技術総合研究所)
⑤	16回震災対策技術展・防災グッズ展示	平成24年2月2～3日	パシフィコ横浜・	－
⑥	第2回震災予防講演会「横浜の地震・津波をふりかえる」	平成24年2月3日	アネックス ホール	武村雅之(小堀鐸二研究所) 柴山知也(早稲田大学) 吉田律人(横浜市)
⑦	「原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会」報告会	平成24年2月21日	建築会館ホール	亀田弘行(京都大学) 高田毅士(東京大学) 二ノ方 壽(日本原子力学会) 蛭沢勝三(原子力安全基盤機構) 伯野元彦(東京大学) 今塚善勝(大林組) 中村 晋(日本大学) 落合兼寛(日本原子力技術協会) 皆川佳祐(埼玉工業大学) 宮野 廣(法政大学) 藤原広行(防災科学技術研究所) 杉野英治(原子力安全基盤機構) 香川敬生(鳥取大学)



写真1 振動台実験状況(イベント①)



写真2 講演会の様子(イベント②)



写真3 東京都慰霊堂の見学(イベント③)



写真4 講習会の様子(イベント④)



写真5 若松加寿江副会長の開会挨拶・テープカット(イベント⑤)

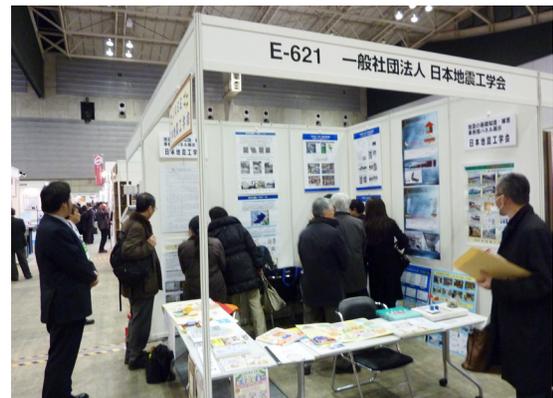


写真6 本学会の展示ブース(イベント⑤)



写真7 川島一彦会長の開会挨拶(イベント⑥)

## ■ 研究委員会の動き

### 〔平成24年度に継続する委員会〕

#### 東日本大震災によるライフライン被害データベース検討委員会(平成23～25年度)

委員長 神戸大学 欽田 泰子

東日本大震災において、上下水道やガス、電力、通信などのライフラインには、広範囲に様々な形態の被害が生じた。本委員会は、今後の学術研究に重要な被害状況が十分に整理・収集されない現状にあることを鑑み、ライフラインの地震被害資料を収集し、GIS(地理情報システム)上の統一した形式によるデータベースの構築、ならびに今後の学術研究やライフライン事業者の地震対策技術の知見となる共有財産として活用させるための方策を検討することを目的に立ち上げた委員会である。

空間的に広くカバーするライフラインの被害情報は、それぞれのライフライン被害の原因究明だけではなく、強震動や液化化などの地盤災害の影響が強く反映されるため地震動・地盤工学分野への基礎情報の提供や、ライフラインユーザーとなる地域や企業の防災計画やリスク管理にも重要な知見を与えることが期待される。

平成23年11月より活動を開始し、福島県いわき市のライフライン事業者と協力して、被害データの整理、被害要因の解明ならびに今後の地震対策計画への利用に向けて委員会活動を行っている。

#### 津波対策とその指針に関する研究委員会(平成23～25年度)

委員長 秋田大学 松富 英夫

本研究委員会は海域施設(養殖施設を含む)、陸域施設、建築物の津波対策(設計を含む)とその指針を研究し、提案することを目的とする。建築物に関しては、建築学会津波荷重WGと連携し、建築学会における津波対策の指針作りに貢献する。

公共事業の縮減や2011年東北地方太平洋沖地震津波災害もあり、津波の防災・減災の重点はソフト面にシフトしており、津波避難を中心にその対策と指針も研究し、提案する。重要施設や避難困難と特定された地域に対する具体的な対策例も提示する。

2011年東北地方太平洋沖地震津波災害を受け、委員会として「鉄筋コンクリート造建物の津波被害実態と津波常襲地域でのあり方」という課題に取り組む。すでに、国土交通省住宅局長より出された「津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について(技術的助言)」において本研究委員会委員の活動が反映されている。

委員会の社会貢献の一形態として、津波災害発生時には調査研究を実施する。その際、他学協会の同種の委員会との連携を積極的に図る。また、津波対策施設の現地視察も積極的に行う(平成23年度：高知県、平成24年度：石垣島)。

#### 地盤情報データベースを用いた表層地質が地震動特性に及ぼす影響に関する研究委員会(平成23～25年度)

委員長 東京工業大学 山中 浩明

表層地質が地震動特性に及ぼす影響(Effects of Surface Geology on Seismic Motion、略してESG)に関する研究は、地震工学だけでなく、地震学、地盤工学、建物基礎の振動学などにも関係するテーマである。1986年にIASPEIとIAEEの合同WGが設置され、過去3回のESG研究に関する国際会議が開催され、2011年8月には4回目の国際会議がカリフォルニアで実施された。国内では、強震動地震学や地盤工学の研究者が中心となり、震災予防協会においてESG研究会が組織され、活発な活動が行われてきた。

ESG研究の一層の発展に、より広い地震工学分野からメンバーを集め、表層地質が地震動特性や被害に及ぼす影響を研究することが重要であると考えられる。さらに、近年の表層地盤に関するデータベースの整備状況を勘案し、地盤情報のデータベースを活用して、表層の地盤や地質が地震動に及ぼす影響を検討することを目的として研究委員会を立ち上げた。

本年度は、4回の研究会を実施し、国内外のESG研究動向、第4回ESG国際会議の報告、関連研究の紹介などの活動を行った。さらに、2011年度年次大会では、「東北地方太平洋沖地震による強震動-地盤構造が地震動に及ぼす影響」と題したオーガナイズドセッションを企画した。13編の講演が行われ、数十名の参加者のもと活発な議論が行われた。

#### システム性能を考慮した産業施設諸機能の耐震性評価研究委員会(平成23～24年度)

委員長 横浜国立大学 高田 一

福島第一原子力発電所で見られるように、大災害でシステムの機能が損傷されると一企業だけでなく、国家レベルでの大事に至る。別の例では、柏崎刈羽原子力発電所の地震被害は、「止まる・冷やす・閉じ込める」の各機能は維持されたが、状態観測(原子炉の運転状況や放射線測定)や情報通信機能の停止、各種配管類の破断、変圧器の火災など、機器や什器系の被害が顕著であった。また、情報通信などは、建屋、設備機器、什器類などが有機的に連なったシステムとして機能しているが、機器や什器類の耐震性能は、設置場所の地震動(例えば応答加速度スペクトル等)を所与として個別に評価している。したがって、本研究委員会は、産業施設の諸機能を建屋、設備機器、什器類などが連なったシステムとして捉え、システムとしての耐震性能を満たすように構成要素の耐震性評価について、また、新たな設計法、評価法について、調査・研究を行うことが目的である。平成23年2月3日に第1回を開催し、これまでに4回開催した。第1回目は、委員長から趣旨と説明、篠塚研究所の中村孝明幹事から事例の紹介があり、その後、各委員および外部から講師を招いて話題提供を行っている。この考え方は、様々な施設に適用できると考えられ、発展性のある調査研究と考えている。

## [平成23年度で終了する委員会]

# 災害リモートセンシング技術の標準化と高度化に関する研究委員会 (平成21～23年度)

委員長 産業技術総合研究所 松岡 昌志

### 1. 委員会の設置目的と概要

近年のリモートセンシング技術の発展は著しく、地震や津波などの大規模災害が発生した際の被害情報の収集手段や、平常時の空間データの取得手段として最近では幅広く利用されている。特に、最近打ち上げられた商業用の高分解能光学センサ画像 (GeoEye や WorldView-2 など) や合成開口レーダ画像 (ALOS/PALSAR や TerraSAR-X など) は、2008年岩手・宮城内陸地震、2010年ハイチ地震、チリ地震、そして、2011年東北地方太平洋沖地震などの災害において広域での被害情報の収集に利用され、応急対応、現地調査、復旧・復興に重要な情報を提供した。

このような背景から、2006年度に設置された「リモートセンシング技術を用いた災害軽減に関する研究委員会」での研究活動の成果を基盤に、研究活動を発展させるために、本委員会を日本地震工学会の研究委員会として申請した。活動機関は、2009年4月1日から2012年3月31日までの3年間で、委員会は、松岡昌志 (産業技術総合研究所、委員長)、越村俊一 (東北大学、副委員長)、三浦弘之 (東京工業大学、幹事)、清野純史 (京都大学)、高瀬嗣郎 (応用地質株式会社)、庄司学 (筑波大学)、中井正一 (千葉大学)、能島暢呂 (岐阜大学)、古田竜一 (リモート・センシング技術センター)、丸山喜久 (千葉大学)、三富創 (アジア航測株式会社)、翠川三郎 (東京工業大学)、村尾修 (筑波大学)、山崎文雄 (千葉大学) の計14人のメンバーから構成された。大学研究者だけでなく、一般企業の研究者もメンバーに加えることで、より実用的なりモートセンシングの防災利用について議論ができるようになった。

### 2. 研究会活動

本研究委員会では活動期間内に、計9回の研究会を開催した。各回においては、委員会メンバー等による話題提供を行うとともに、委員会活動に関する様々な審議を行った。話題提供は以下の内容で行われ、発表資料は、以下のJAEEホームページに掲載している。

<http://www.jaee.gr.jp/research/res13/res13.html>

第1回委員会 (2009.7.7) 衛星画像および現地写真の登録・検索・検証システムの構築 (松岡)、津波被災地探

索のための衛星画像解析技術の整備 (越村)、光学センサ画像の目視判読による2008年中国四川地震での北川県南東部の建物被害分布 (三浦)

第2回委員会 (2009.10.29) 津波高データを用いた津波波源の検討 (高瀬)、リモートセンシングの防災利用に関連した最近の取り組みについて (三富)、ALOSを利用した防災・災害分野での活動状況 (古田)

第3回委員会 (2010.2.24) 被災地の衛星画像分析のためのスペクトルライブラリの整備 (越村)、デジタル空中写真測量に基づく新潟県中越沖地震における建物倒壊の把握 (丸山)、Estimation of Building Damage Ratio due to the 2010 Haiti Earthquake Using PALSAR Images (松岡)

第4回委員会 (2010.4.12) タイにおける災害リモートセンシング (招待: D. Kamthonkiat, タマサート大学)

第5回委員会 (2010.7.15) 高解像度SAR画像を用いた変化抽出 (山崎)、リモートセンシングデータによる被害検出手法について (三浦)

第6回委員会 (2010.12.15) 2008年パキスタン地震を対象としたALOSによる地すべり抽出解析の一考察 (古田)、全国地震動予測地図の基礎データを活用した地震リスク評価 (能島)

第7回委員会 (2011.4.19) 衛星画像から判明した東北地方太平洋沖地震津波の被害と復興に向けての取り組み (越村)

第8回委員会 (2011.8.31) 岩手県沿岸部津波常襲地域における昭和三陸大津波後の住宅立地の変遷 (村尾)、ヨーロッパ滞在記 (山崎)

第9回委員会 (2012.1.26) 2011年東日本大震災および2010年インドネシア・メンタワイ諸島地震津波におけるTerraSAR-X画像の解析 (松岡)、TerraSAR-X画像を用いた2010年ハイチ地震の被害地域の検出に関する検討 (三浦)

### 3. 国際ワークショップ

リモートセンシングの災害軽減への利用に関して、本研究委員会のメンバーは、米国地震工学会 (EERI) や米国多領域地震工学研究センター (MCEER) などと協力して、国際ワークショップを2003年より毎年継続して開催してきた。本委員会の活動期間中に開催された計3回の国際ワークショップは以下の通りである。



写真1 第8回国際ワークショップの参加者

第7回国際WS (2009/9/22-23, Texas Univ., USA)

第8回国際WS (2010/9/30-10/1, 東工大、日本)

第9回国際WS (2011/9/15-16, Stanford Univ., USA)

特に、東京工業大学が主催となって開催された第8回国際ワークショップでは、国内外から防災リモートセンシングに関する著名な研究者の発表が行われ、本委員会からも多数のメンバーが発表した。写真1は第8回国際ワークショップの様子である。

これに関連して、2010年ハイチ地震の後、国際WS参加者が中心となってGoogle Earthとクラウドソーシング技術を利用したリモートセンシング画像による建物被害判読システムが考案され、これに本委員会のメンバーも協力し、ハイチ地震での広域建物被害分布の把握に貢献した。

#### 4. リモートセンシングデータの購入・共有

リモートセンシングによる被害抽出やリスク評価のための技術開発にはデータの解析が必要である。本委員会では、効果的な研究推進のために、各年度の委員会予算の一部を衛星データの購入に当て、商業衛星データについては複数研究機関で共有できるようマルチユーザーライセンスにて購入した。以下に購入データの概要を示す。

2009年度：2010年ハイチ地震による建物被害の把握、WorldView-2画像データ、地域：ハイチ・ポルトープランス、時期：2010年1月15日

2010年度：ハイチ地震前の被災地の状況把握、QuickBird画像データ、地域：ハイチ・ポルトープランス、時期：2009年2月22日

2011年度：タイにおける洪水分布の把握、WorldView-2画像データ、地域：タイ・バンコク、時期：2011年10月頃(予定)

解析事例のひとつとして、図1にハイチ地震で得ら

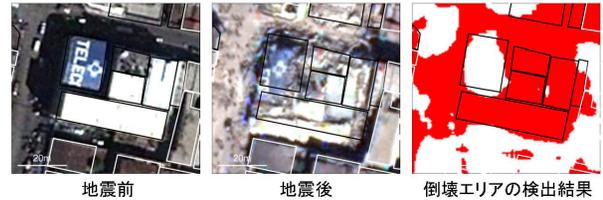


図1 ハイチ地震での倒壊建物の検出結果

れた衛星画像のテクスチャ解析による倒壊建物の自動検出の例を示す。図2には東日本大震災におけるTerraSAR-X画像からの津波浸水域抽出例を示す。

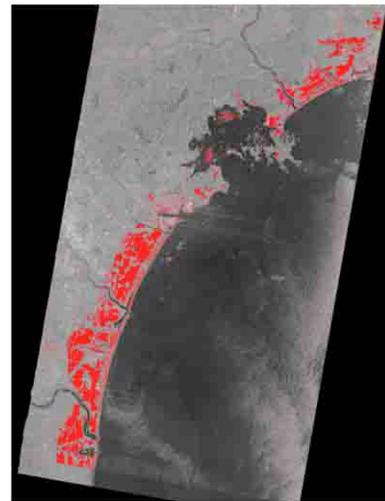


図2 東日本大震災での津波浸水域の抽出結果

#### 5. 論文特集号の企画

本委員会での活動成果を論文として収めるとともに、関連する研究論文を広く公募し、リモートセンシング技術の高度利用を推進すべく地震工学学会論文集特集号を企画している。東日本大震災での津波被害やハイチ地震での建物被害、SAR画像による被害推定手法の高度化など、計10編以上の論文が投稿される予定である。

#### 6. まとめ

本報告では、2009年4月から2012年3月までの3年の期間、日本地震工学学会の中に設置された「災害リモートセンシング技術の標準化と高度化に関する研究委員会」の活動内容とその成果についてまとめた。本研究委員会では、リモートセンシング画像から地震・津波被災地の把握をより合理的かつ高精度に行うため、スペクトルライブラリの整備、汎用的な処理技術の開発、定量的な被害推定などの課題に重点を置き、情報交換や成果の公表を行った。2012年度の国際ワークショップは東北大学にて開催する予定である。東日本大震災でのリモートセンシング技術の活用や課題について、委員会での活動を踏まえ引き続き議論していく予定である。

# 原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会 報告

## —新潟県中越沖地震から東日本大震災へ— (平成20年10月～平成24年3月)

委員長 京都大学名誉教授・原子力安全基盤機構技術顧問 亀田 弘行

### 1. はじめに

本文は、日本地震工学会に設置された「原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会」(2008年10月～2012年3月)の活動経過と成果を報告するものである。本委員会の目的は原子力発電所の地震安全に係る地震工学的研究課題を網羅的に抽出・体系化して地震安全研究ロードマップをとりまとめることであり、同時に日本原子力学会に設置された「原子力発電所地震安全特別専門委員会」(2007年12月～2012年3月)と連携して、原子力発電所の地震安全に関する研究ロードマップ形成に地震工学の観点から貢献することである。

本委員会の活動成果は報告書<sup>1)</sup>にとりまとめられているので、関心ある方は、日本地震工学会から購入されたい。

### 2. 委員会発足の経緯(新潟県中越沖地震)

委員会活動の動機となったのは2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震における東京電力柏崎刈羽原子力発電所の経験であった(写真1)。地震工学の観点からは、設計値をはるかに上回る地震動に曝されたこと、その状況下でも各原子炉の冷温停止が達成されたこと、これにより設計値を超える地震動下でのプラントの安全性を定量的に評価する課題が提起された。



写真1 柏崎刈羽原子力発電所(所内風景、所内変圧器の火災、主蒸気外側隔離弁(無被害))

この経験は、原子力発電所の地震時挙動に関する知見を深化させ、その地震時安全性に関する判断の信頼性を高める機会が与えられたことを意味する。そのためには、原子力施設の安全に係わるシステム安全工学、地震工学、地震学などの多分野の専門家が共同して検討することが不可欠である。またそれは、柏崎刈羽原子力発電所にとどまらず、我が国の他の原発サイトとの関連において重要である。

この状況下で、日本原子力学会は「原子力発電所地震安全特別専門委員会」(以下、AESJ委員会と略称)を設置し、今後の原子力発電所の地震安全に関わる研

究ロードマップを作成する活動を開始した。この活動は関連専門分野の学会の協力を得ることを方針とし、特に、入力地震動、構造系の応答、耐震設計などの地震工学的課題については、地震工学会に協力が要請された。

地震工学会でこの要請を検討の結果、原子力発電所の地震安全に関する検討は、地震、地盤、土木、建築、機械など多くの専門分野に関わる問題であり、横断学会である日本地震工学会が主体的に取り組むに相応しい課題であると判断された。これに基づき、冒頭に述べた原子力発電所の地震安全に係る地震工学的研究課題を網羅的に抽出・体系化して地震安全研究ロードマップをとりまとめることを目的として、日本地震工学会に「原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会」(以下、JAEE委員会と略称)が設置された。

JAEE委員会とAESJ委員会は基本的にはそれぞれが完結した成果を生み出すべく活動するものとされたが、両委員会が独立性を保持しながらも互いに連携することが重要との認識から、一部コアメンバーがJAEE委員会とAESJ委員会の委員を兼務することにより、連携の仕組みを実質的に機能させた。これまで比較的疎遠な関係にあった日本地震工学会と日本原子力学会の新たな交流の場としての意義は大きい。

JAEE委員会の構成は、建築学、土木工学、機械工学、原子力工学、地震学などの分野の研究者・技術者28名の委員と2名のオブザーバー(2011年10月現在)からなる。各委員・オブザーバーの専門は、地震工学、リスク評価、耐震設計、システム安全、プラント設計、強震地震学、免震構造、機械力学、地盤工学、建築構造となっており、本委員会の目的に相応しい総合的な構成である。

### 3. 委員会の活動経過と1年の延長(東日本大震災)

JAEE委員会においては、原子力発電所の地震安全に関するリスク評価・耐震裕度評価・ハザードの理解という、包括的な地震工学的課題を対象に検討を行い、所期の目的である原子力発電所の地震安全のための地震工学的研究ロードマップ表を作成した。その成果はAESJ委員会でも検討され、AESJ委員会の報告書<sup>2)</sup>に反映された。

JAEE委員会の当初の設置期間は2008年10月～2011年3月であり、2011年2月末には最終報告書の原稿もほ

ほ完成していた。そこに2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震が発生し、東日本大震災と呼ばれる大災害をもたらした。この震災の特徴は、地震動災害も軽微なものではないが、それを圧倒的に凌駕する規模で、津波災害が青森県から千葉県までの南北500kmに及ぶ太平洋岸一帯を襲ったことにある。

被災地内には4つの原子力発電所（東京電力福島第一および福島第二、東北電力女川、日本原子力発電東海第二）が立地していたが、そのうち福島第一原発において、地震動下での外部電源喪失とそれに続く津波による非常用電源の機能喪失により全電源が失われ、これを引き金に炉心溶融に至る過酷事故が発生した。一方、他の3原発では、冷温停止状態が達成された（写真2）。



写真2 福島第一原子力発電所への津波の来襲（左2枚、東京電力HP）、女川原子力発電所（右1枚、東北電力HP）

この状況下でJAEE委員会がいかに対応すべきか、入念な検討の結果、期間を1年延長して、東日本大震災の影響をふまえた報告書の再構築を行うこととした。その作業は以下の認識のもとに行われた。

- ・すでに完成していた委員会報告書原稿の意義：JAEE委員会の動機となった新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の経験はなお重要な意味を持つものであり、強震地震動に対する原子力発電所の安全に関する研究ロードマップとして、東日本大震災前に執筆された報告書原稿は十分有意義である。
- ・委員会討議で抜けていた事項：東日本大震災に照らして、これまでの委員会討議で欠けていた2つの重要事項が指摘される。すなわち、リスク課題と耐震裕度における津波への取り組みの不十分さと、ハザードの理解において連動型巨大地震の日本海溝沿いでの発生を想定していなかったことである。この点について報告書を補強することが必要である。

これに基づき、報告書を以下の2部構成とした。

- ・第I部 研究ロードマップの検討結果（2011年3月）
- ・第II部 東日本大震災の発生をふまえた補遺（2011年10月）

第I部には、すでに完成した委員会報告書の原稿をそのまま用いることとし、第II部については、幹事会メンバーを中心とする委員により新たに執筆が行われた。

#### 4. 報告書の構成

このようにして成立した委員会報告書<sup>1)</sup>は、以下のように構成されている。

- ・序
- ・原子力発電所の地震安全に関する地震工学研究ロードマップ表
- ・第I部 研究ロードマップの検討結果
  1. 総説
  2. 原子力発電所の地震安全に関する地震工学分野の研究ロードマップ
  3. 原子力発電所の地震安全に関する地震工学分野の研究ロードマップの基本事項
  4. 研究ロードマップ各論
- ・第II部 東日本大震災の発生をふまえた補遺
  1. 総論
  2. 東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）の発生
  3. 被災地内の原子力発電所の挙動概要
  4. 原子力発電所の挙動から学ぶべき事項
  5. 原子力発電所に関する地震工学的研究ロードマップ（第I部）の検証
  6. 原子力発電所の地震安全に関する地震工学分野の研究ロードマップ（拡充版）
- ・本報告書の活用に向けて
- ・むすび
- ・付録
  - 付録1 委員会名簿
  - 付録2 委員会開催及び関連活動記録
  - 付録3 議事録

#### 5. 委員会の成果

##### (1) ロードマップ表

委員会報告書において、本委員会としての統合的結論が、表1に掲げたロードマップ表である。これは全員参加により練り上げたもので、各委員が共同責任を負う。

表1において、原子力発電所の安全に係わる地震工学技術の体系は、①リスク課題、②耐震裕度（第II部では耐震・耐津波裕度）、および③ハザードの理解という基本事項からなると規定した。これら3項目の基本事項は地震工学者が取り組むべき社会的使命を表すという委員会の基本認識である。この3本柱のもとで個別の技術課題を位置づけることにより、ロードマップ課題の体系化を行った。

表1(a)は第I部から得られたロードマップ表であり、地震動に対する安全課題が掲げられている。これに対し、表1(b)は第II部から得られたロードマップ表

の拡充項目であり、地震動と津波の双方の影響を盛り込んでいる。

表1 (つづき)

(b) 第II部によるロードマップ表の拡充

表1 原子力発電所の地震安全に関する地震学的研究ロードマップ表

(a) 第I部から得られたロードマップ表

基本事項	技術的・研究的な課題		ロードマップへの反映事項		
	大項目	小項目			
リスク課題	設計	要求性能	Ssの工学的決定法	・リスク論もとの基準地震動 Ss の決定法	
		耐震強度	(水平/上下, リスクベースド)	・性能設計中での Sd の再構築	
		運転継続性	弾性設計用地震動 (Sd)	・観測記録によるサイト特性への反映	
		再使用性	静的荷重 (3C) の問題	・性能規定に基づく設計	
		意思決定方法	数値に手を付けるか	・健全度評価	
		安全目標	意義の再定義	・非線形挙動下での荷重の組み合わせ (設計種の問題)	
		残余のリスク	決定論+不確定性評価	・再起動の評価基準 (建屋, 機器)	
		リスク評価 (SPSA) の usability 向上	評価	・耐震設計 (決定論) と残余のリスク (地震 PSA) の統合と体系化	
		システム評価	イベントツリー	・多数基地震 PSA	
		情報基盤	ナレッジのデータベースの整備	-	
耐震裕度	nominal な耐震裕度	破壊のメカニズム	・実力値にもとづく耐震裕度評価と体系化		
		(実験, 地震動指標)	・実力耐震裕度にもとづくフラジリティ評価		
		建屋として	・破壊力学と構造・地盤をつなぐ破壊シミュレーション		
		設備として	・調査技術と調査結果の理解		
		構造・配管, タンク	・大型振動台による裕度評価		
		動的・ポンプ, 電気品	・斜面安定の耐震裕度評価法		
		地盤	■共通課題		
			・減衰		
			・地盤の上下方向の減衰		
			・機器・配管系の適切な減衰		
耐震裕度	応答・挙動の解析法 (設計及び評価)	設備: 構造や動的機器	・大型振動台試験による実現象の再現		
			・共振系で重要となる振動領域まで取り込む動的解析の体系 (10~50Hz)		
			・BCクラスに地震工学・地震工学の知見を反映する (現場の問題, 地震防災の問題, トータルシステムとしての社会からの信頼感の確保)		
			・建物・構築物		
			・解析法		
			FEM に基づく応答解析とその評価体系の確立一設計法の局所応力・局所塑性化をどのように考えるか?		
			・機器・配管		
			・機器の地震時の実挙動の解明 (観測)		
			・電気品		
			・斜面/基礎地盤, 地盤-相互作用		
耐震裕度	地盤	設備: 構造や動的機器	・地盤調査/試験法		
			強度の考え方		
			(動的強度・スケール効果/±20度の考え方/ピーク強度と残留強度の位置付け/均質化法, 論理のモデル化)		
			・地盤-基礎応答解析法のモデル化		
			・地盤材料の強非線形モデル		
			減衰の考え方		
			・周波数依存性を考慮した等価線形解析		
			・力の釣り合いと変形を包括する安定・変形解析法		
			有限要素法 (FEM)		
			・粒子法 (DEM, SPH, MPS, MPM, DDA)		
耐震裕度	屋外重要土木構造物	設備: 構造や動的機器	・基礎地盤と斜面の安定に関する耐震裕度評価法		
			耐震安全性評価基準値		
			(基礎地盤 L5, 斜面 L2) の工学的意義		
			局所破壊 (要素局所安全係数) とすべり安全率の関連性		
			地震継続中の破壊履歴		
			(一度破壊と判定された要素のその後の強度は)		
			局所非線形 (剥離, 誘発上下動, 浮上り) → 水平・上下同時解析による応答の追跡		
			・屋外重要土木構造物		
			・制震		
			・免震		
耐震裕度	維持・管理・診断の工学的的手法	設備: 構造や動的機器	・建屋免震・機器免震活用の技術体系		
			上下地震 (配管)		
			標準設計		
			・軽年劣化		
			・既設発電所の耐震性能照査		
		ハザードの理解	地震ハザード評価手法の高度化	調査	・調査調査におけるユーザー側とプロバイダー側の関係とそれに基づく調査手法の体系化 (ハザードの調査の問題)
				予備	・不確定性を踏まえた意思決定プロセスの体系化 (断層の問題, 工学がインシニアブを取る問題)
				→ 不確定性の定量的評価	・リスク評価における地震震度の明確化
				(活断層の解釈)	・断層-距離減衰式 (スベシフエックとオーバーホール, 整合性の考え方)
				海溝型と内陸型	・断層評価 (原子力 vs 地震本部, 整合性)
完成時点から先のハザード評価	・津波液源モデルと震源モデルの統合的理解				
サイト補正, 深部地盤構造	・議論の拡大, 取東のプロセス				
対象地震の決定プロセス	・継続性を見込んだ設計マネジメント体系 (修復と再開とシャットダウンの地震も含めたハザードの体系)				
リスクチェック, 再開	⇒ 位置付けはハザードではないかもしれない				
建物の上り下り, 周縁寄域	・正確な上下動のシミュレーション (ハザード側の問題)				
社会技術的課題	ハザードの理解	水平動/上下動	・バルスの動特性と衝撃的破壊の関連		
		バルスの扱い方	・シミュレーション技法としてのバルス予測 (ソースの問題, サイトの問題)		
			・役割分担論 (ハザード, PSA/Aec)		
			・安全と安心の乖離の解消に向けて		
			・安全の説明学分野へ		
			(ハザードの問題から切り離す 3Ci と社会リスクとの関連, 一般構造物の3倍の意味, 全国一律に用いる意味)		
			・マルチリスク下での地震安全		
			・地震防災		
			・人材育成		
			・国際リーダーシップ		

基本事項	東日本大震災の発生を踏まえた技術的・研究的な課題	
	大項目	ロードマップへの反映事項
リスク	取東・事故シナリオ	地震・津波 PSA, リスク概念の徹底
	津波に対する残余のリスク概念	リスク論・地震工学・津波工学・システム工学の連携による統合的津波対策評価
耐震・耐津波裕度	本震後の地震工学的事項	将来に向けた技術的課題 (耐震性能照査, 地震対策技術, 緊急対策)
	安定と事故を分けた要因	防潮堤建設の工学的要点
ハザードの理解	---	プラントの水密化のための「耐津波工学」の体系化 (防水, 耐水, 避水による)
	---	巨大な余震のハザード評価技術
新しい概念	低頻度巨大災害に関する概念	ハザード評価における観測資料と計算機科学の協働
	セーフティ・バースト概念	---

(2) 各項目に関する解説

上記のロードマップ表に掲げた各項目について、委員が分担して解説を執筆した。それぞれの項目について、①地震工学的意義、②原子力施設における位置づけ、③研究の現状、④課題(破るべき壁)をコンパクトに記述することを原則とした。報告書の大半のページを占めるこの部分は、執筆担当者が比較的自由に記述することとし、末尾に執筆者名を明記した。限られた委員会の期間という理由もあるが、学会という自由な討議の場で、膨大な内容の課題を討議した結果であるから、全体構成についての共通理解があることを前提に、各委員の個性が表現される方が学会活動に相応しいとの判断があった。

(3) 東日本大震災に関する検証

福島第一原子力発電所の事故が続く中で、東日本大震災下の津波災害と原子力発電所の挙動に関する位置づけと、出来る限りの課題抽出に努めた。その結果が報告書第II部であり、ロードマップ表の表1(b)である。第II部の特色として、原子力安全工学と地震・津波工学の両面から問題に切り込む討議を重ね、それを具体的な記述に結びつけたことが挙げられる。第I部形成の2年半を通じて培われたJAEE委員会とAESJ委員会の協力関係が、第II部作成の段階で結実したとあってよい。

第II部を構築するための討議では、リスク論に基づく地震・津波安全策と、現場主義と「科学的想像力」を兼ね備える技術的洞察力の重要性が認識された。

6. 報告会の開催

委員会報告書の完成を受けて、2012年2月21日の9:30~17:00に、東京の建築会館ホールにて、委員会の報告会を開催した(写真3)。主催は日本地震工学会とし、日本原子力学会の後援を得た。

地震工学会としては、原子力発電所の地震安全に関する初めての本格的行事であったが、参加者数は184名

と盛況で、この問題への関心の高さを示すものであった。

当日のプログラムは以下のとおりである。

日本地震工学会「原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会」報告会

司会：中村隆夫（大阪大学）、吉田 望（東北学院大学）

(1) 開会挨拶：（日本地震工学会・川島一彦会長）

(2) 委員会活動の経過報告（亀田委員長）

(3) 招待講演：福島第一原発事故の要因と課題（日本原子力学会 原子力安全調査専門委員会 技術分析分科会・二ノ方 壽主査）

(4) リスク課題

・リスク論、セーフティーバースト（高田毅士（東京大学））

・地震PSAから地震・津波PSAへ（蛭沢勝三（JNES））

・社会技術的課題（伯野元彦（東京大学名誉教授））

休憩 -昼食

(5) 耐震裕度

・建屋・構築物（今塚善勝（大林組））

・地盤（中村 晋（日本大学））

・設備・機器（落合兼寛（JANTI））

・免震（皆川佳祐（埼玉工大））

\*耐津波裕度

・事故と安定を分けるもの（宮野 廣（法政大学））

・耐津波工学の提言（亀田弘行（京都大学名誉教授））

休憩

(6) ハザードの理解

・地震タイプ、地震動シミュレーション（藤原広行（防災科研））

・津波波源と震源断層の統合理解（杉野英治（JNES））

・ハザードの理解におけるパラダイムシフト（香川敬生（鳥取大学））

(7) 全体討論（モデレーター：亀田委員長・高田副委員長）



写真3 報告会会場風景（川島会長の挨拶）

報告会の特徴は以下のように集約されよう。

- ①地震工学の役割を明示する：ロードマップ表の基本事項の先頭に地震工学者の第一責任事項であるリスク課題を先頭に置いたことをふまえ、プログラムを構成した。
- ②分野横断的な構成の徹底：地震工学会の分野横断的構成（建築、土木、機械、地盤、地震）を網羅するとともに、原子力工学分野との共同の発表の場とした。委員会活動で培われた両学会の連携の成果である。
- ③新潟県中越沖地震と東日本大震災の影響の包括的検証：報告書第I部と第II部の成果を活かし、2つの地震

の影響をふまえた検証とした。地震動の影響、津波の影響に、地震動と津波の相乗的影響も視野に入れた。

全体討論（写真4）では、提出された9件の質問票と会場からの質疑をあわせ、活発な討議が交わされた。大きくまとめると、①動的設計と静的荷重3CIからなる耐震設計法の意義、②設計荷重を超える外力に対するリスク論的対処、③技術を正しく適用する技術ガバナンスの重要性、に係る問題が提起された。個々の討議は、概念的事項から技術的細部にわたるもので、広範囲に及んだ。



写真4 全体討論

## 7. むすび

原子力発電の今後は不透明な状況にある。一方では、エネルギー政策の腰が定まらないまま、日本経済の空洞化が進みつつある。しかしながら、社会がどの方向を選択するにせよ、原子力発電所の地震安全向上の技術の錬磨をゆるがせにはならない。福島第一以外の既存の原発の存在ひとつとってもそれは重要である。本委員会の活動がその一助として役立つことを念願するものである。

ここに、本委員会に熱心に参加された委員各位、リーダー役として委員会を牽引された幹事各位、地震工学と原子力工学の分野間交流に大きく貢献されたAESJ委員会の幹事各位に深謝の意を表する。

最後に、東日本大震災の犠牲となられた方々、復興に向けて健闘される被災者の方々、なかんずく福島第一原子力発電所の事故により平和な生活と産業に大打撃を受けられた方々に、深甚なるお見舞いを申し上げます。同時に、技術者が果たすべき責任を痛感し、今後も正しい技術の追求を続ける覚悟であることを述べて、むすびとする。

## 参考文献

- 1) 原子力発電所の地震安全に関する地震工学分野の研究ロードマップ、日本地震工学会 原子力発電所の地震安全に関する調査委員会、第I部: 2011.3、第II部: 2011.10（2部構成で合本／全380ページ）。（<http://www.jaee.gr.jp/stack/sta02.html>）
- 2) 原子力発電所の”地震安全”に関する検討報告書－地震安全ロードマップ－、日本原子力学会 原子力発電所地震安全特別専門委員会、2012.2.

## ■ 災害調査報告

# 日本建築学会・日本地震工学会の協働による 2011年トルコ・ワン地震の被害調査報告

都市イノベーション研究院 楠 浩一  
 都市イノベーション研究院 田才 晃  
 東京工業大学セキュアマテリアル研究センター 日比野 陽  
 広島大学大学院工学研究科建築学専攻 渡邊 秀和  
 東京大学生産技術研究所都市基盤安全工学国際研究センター 沼田 宗純

### 1. はじめに

2011年10月23日13時41分(現地時間)にトルコ東部で、震源の深さ16km、マグニチュード(Mw)7.1(USGS)の地震が発生した。震央は、Van(ワン)市から北北東16kmに位置する。この地震により、ワン市を中心として建物の倒壊等の甚大な被害が発生した。この地震から17日後の11月9日にもマグニチュード(Mw)5.6の余震が発生し、この余震でも甚大な被害が発生した。この一連の地震によりErcis-Tabanlı-Van地域は広範囲に被害を受けた。死者は、644名であり、10月23日の地震により604名、11月9日の地震では40名が犠牲となった。また、重軽傷者は2,300名を数え、建物被害は14,618棟であった。現地では、多くの住民が住宅を失い、テント生活を余儀なくされた。

一連の地震の後、日本建築学会(以下、AIJ)および日本地震工学会(以下、JAEE)は、トルコ共和国の調査チームと協働して、地震被害調査チームの派遣を決定した。調査団メンバーを表1に示す。

表1 調査団メンバー

氏名	所属
楠 浩一	AIJ 調査団長 横浜国立大学
田才 晃	横浜国立大学 (AIJ)
日比野 陽	東京工業大学 (AIJ)
沼田 宗純	東京大学 (JAEE)
渡邊 秀和	広島大学 (AIJ)
Alper Ilki	Istanbul Technical University (ITU)
Cem Demir	Istanbul Technical University (ITU)
Mustafa Comert	Istanbul Technical University (ITU)
Mucip Tapan	Yuzuncu Yil University
Kutay Orakcal	Bogazici University (BU)
Mubin Uslu	Istanbul Technical University (ITU)
Hamdi Ates	Istanbul Technical University (ITU)
Ahmet Sahin	Istanbul Technical University (ITU)

調査は、12月22日にワン市中心街(図1)から開始し、12月27日まで行われた。12月23日には、ワン市から北へ70kmほどのErcis地域の被害調査も実施した。Ercis

地域は、10月23日の地震で大きな被害を受けた地域である。調査ルートを図2に示す。本稿は、本調査の概要を示すものである。

調査を行った建物は次の通りである。集合住宅は19棟(内7棟は詳細調査)、学校建物は5棟、商業建物が5棟、組積造戸建て住宅は5棟、モスクは5棟、公共建物は4棟(全て詳細調査)、工場は4棟、橋梁は4、空港ターミナルは1棟、ノンエンジニアード戸建てRC



図1 トルコ・ワン市の位置

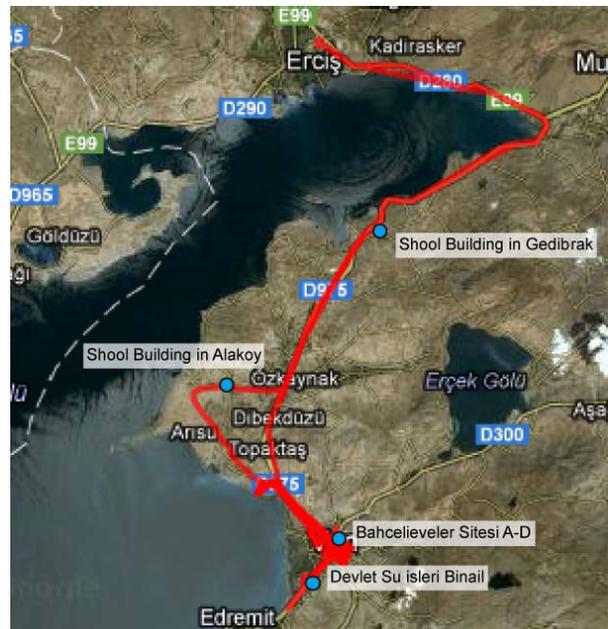


図2 調査ルート



写真1 建物全面

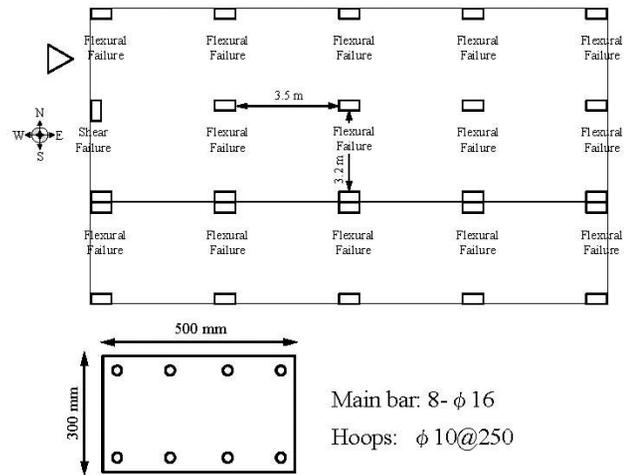


図3 2階平面図と柱の破壊形式



(a) 西側柱のせん断破壊



(b) 柱の曲げ破壊



(c) エキスパンションジョイントの被害

写真2 柱とエキスパンションジョイントの被害

住宅は1棟である。以下では主な調査結果について報告する。

## 2. 建物被害

本章では図2に示す2つの学校建物の調査結果を示す。

### (1) 学校建物 (Alakoy村)

学校建物はAlakoy村にあり、構造的に分離した2つの建物からなっている(写真1)。3階建てと2階建ての建物が並列しており、1階と2階はエキスパンションジョイントにより繋がっている。いずれも鉄筋コンクリートラーメン構造であり、壁は非構造ブロック壁で構成されている。

2階平面図と柱の破壊形式を図3に示す。図中の

三角形印は建物の入口を表す。3階建て建物は桁行き方向4スパン(3.5m)、梁間方向に3スパン(3.2m)の長方形の平面形状をしている。柱は西側の入口隣にある柱以外は全て同じ方向に配置されていた。断面は500mm×300mmであり、φ16程度の丸鋼の主筋8本とφ10程度の丸鋼の補強筋が250mmピッチで配筋されていた。かぶりコンクリート厚さは約20mmであった。クリアスパン高さは約2.1mであった。

せん断破壊した西側の柱の破壊状況を写真2に示す。せん断破壊によりコンクリートが剥落し(写真2(a))、鉄筋が座屈しており、軸力が保持できない状態であった。この柱以外の柱は全て曲げ破壊しており(写真2(b))、地震時には南北方向の揺れが卓越したと推察される。写真2(c)に2階部分のエキスパンシ

ンジョイントを示す。全てのジョイント部に亀裂が生じて、隙間が生じていた。2階高さ位置での隙間は約60mmであった。また、非構造壁にも大きな損傷が見られ、大きなひび割れが生じているものや面外に崩落しているもの(北側構面の壁)があった。

## (2) Gedikbulakの学校建物

対象の学校建物は、10月23日に起こった本震の震央から2km離れた村にある3階建て鉄筋コンクリート造建物で、建設年代は1980年代である。写真3に示すように全ての階が地震により崩壊しているが、幸いにも本震発生日が休日だったために、生徒および教員に死者は出なかった。建物の構造図面や施工状況などの情報が得られなかったため、そこから崩壊の原因を特定することは出来なかった。写真4(a)で示すように、多くの梁や柱が柱梁接合部から抜出し、分離している。これは、写真4(b)で示すように梁主筋の柱への定着長さが短いことや柱梁接合部の拘束効果が足りなかったことが原因と考えられる。また、写真4(b)を見ると梁下端筋の柱梁接合部への定着長さがほとんどないことから、長期荷重に対してのみ考慮し、地震力に対しては構造的に十分な設計がされていないと考えられる。これらのことを考慮すると、建物は地震時に柱梁接合部から次々と柱や梁が分離し、柱や梁が耐力を発揮することがないまま崩壊に至ったと考えられる。



写真3 校舎東側全景

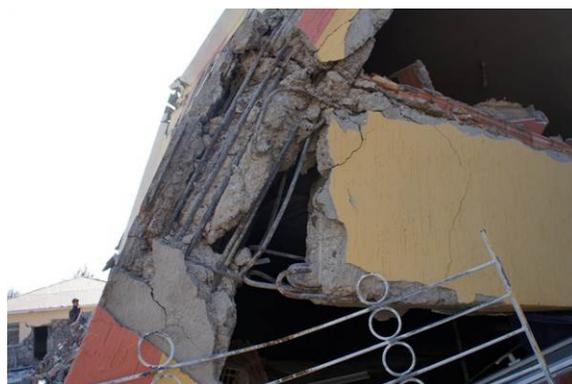
## 3. その他の被害

本章では、橋梁、空港、鉄道、産業施設、そして住宅についての被害の概要を示す。橋梁と鉄道には甚大な被害は見られなかったが、空港は11月9日の余震後に通常運行が再開され、工場も一部の建物が完全崩壊し、アドベ住宅にも甚大な被害が見られた。

橋梁は、道路橋を中心に調査し、現地では主にRCの桁橋が多く見られた(写真5(a))。調査した橋梁の中には、ゴム支承が用いられているものもあり、免震効果と上部構造の温度変化による伸縮を期待した構造と



(a) 柱と梁の分離



(b) 梁主筋の定着破壊

写真4 柱梁接合部の破壊状況詳細

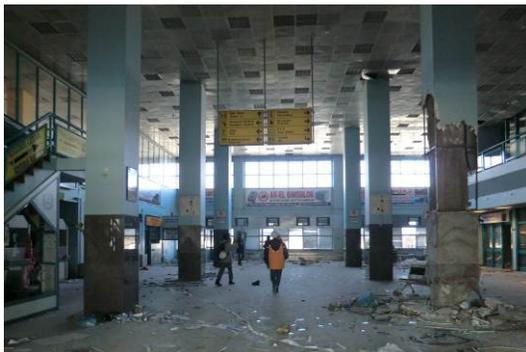
なっていた。鉄道については、イランまでを結ぶ国際貨物輸送線を調査した結果、大きな被害はなく輸送機能を停止することはなかった(写真5(b))。空港は、新旧のターミナルビルが隣接しており、旧ターミナルビルが非構造材の被害により利用が制限されていた。航空機の運航については、11月9日の余震の直後から、新ターミナルビルを利用して、通常運行が行われるようになった(写真5(c))。自動車関連の産業が集積する工場地帯の調査では、主な構造はRCラーメン+コンクリートブロック壁が一様に並んでおり、完全崩壊した工場建物が複数見られた(写真5(d))。そして、写真5(e)は、アドベ住宅の被害であり、建物内部の壁が面外方向に破壊されていた(写真5(f))。



(a) 道路橋の様子



(b) 国際貨物鉄道の写真



(c) 空港の被害の様子



(d) 完全崩壊した工場



(e) アドベ住宅の被害



(f) 面外方向の破壊

写真5 社会基盤施設等の状況

#### 4. 終わりに

2011年ワン地震による建物被害概要について述べた。ほとんどの被害建物は、丸網を主筋にし、手練りのコンクリートを用いた2000年以前の建物であった。被害建物および無被害建物からコンクリートコアを採取し、また建物図面を入手しているため、今後は、材料強度試験を実施するとともに、被害原因のさらなる検討を実施する予定である。

#### 謝辞

本調査研究は、日本とトルコの合同調査団により実施した。Yuzuncu Yil大学、イスタンブール工科大学、ワン市の皆様の協力にここに謝意を示します。イスタン

ブール工科大学の技術職員、博士課程の学生、とりわけイスタンブール工科大学のAlper Ilki博士、Bogazici大学のKutay Orakcal博士には甚大な協力を頂きました。イスタンブール工科大学およびYuzuncu Yil大学の学長、Muhammed Sahin教授およびPeyami Battal教授にも併せて謝意を示します。

#### 参考文献

The Japan Building Disaster Prevention Association (2001). "The standard of damage evaluation and the guidance of repair technology for the buildings hit by earthquakes.", Tokyo, Japan. (in Japanese)



## 行事

### 本会主催・共催による行事

2011年10月1日～3月31日(理事会承認)

日程	行事名	
2011年10月7日	E ディフェンス振動台実験見学会開催(神戸市)	主催
2011年10月21日	東日本大震災の津波被害の教訓開催	主催
2011年11月4日	関東大震災講演会と追悼碑巡り開催	主催
2011年11月10日	日本地震工学会創立10周年記念式典	主催
2011年11月10日	2011年日本地震工学会大会開催(東京・新宿区)	主催
2011年12月14日	JAEE微動利用技術講習会開催	主催
2012年2月2日	第11回国土セイフティネットシンポジウム開催(本会、防災科学技術研究所、NPOリアルタイム地震情報利用協議会)	共催
2012年2月2日～3日	第16回震災対策技術展・展示出展	主催
2012年2月3日	第2回震災予防講演会開催～横浜の地震・津波をふりかえる～	主催
2012年2月21日	原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会報告会開催	主催
2012年3月1日～4日	東日本大震災国際シンポジウム開催 (One Year after the 2011 Eastern Japan Earthquake -International Symposium on What Engineering Lessons We Should Learn from Japan's Giant Earthquake)	6学会 主催

### 後援・協賛による行事

2011年10月1日～3月31日(理事会承認)

2011年10月28日	日本再生シンポジウム「濃尾地震から120年-その教訓を振り返る」	後援
2011年11月8日	第5回日本耐震グランプリ	後援
2011年11月16日	「続・既設建造物の直下の液状化対策工法」	後援
2011年11月25日	シンポジウム「2011年東北地方太平洋沖地震に伴う内陸活断層の挙動と地震活動・地殻変動」	後援
2011年11月27日	「数値震動台研究開発分科会成果発表会」	後援
2012年1月12日	地震防災フォーラム	後援
2012年2月14日	地盤の地震応答解析入門	後援
2012年3月5日	東日本大震災「あれから1年そしてこれから—巨大災害と社会の安全—」	協賛



# 会員・役員・委員会の状況

## (1) 会員の異動

会員種別	2011年5月10日 会員数	2011年7月から2011年12月							現在総数
		入会者	学→正	逝去者	退会者	会員資格停止者	復活者	異動計	
名譽会員	21								21
正会員	1089	34	5		-6		4	37	1126
学生会員	80	60	-5		-2			53	133
法人会員	87	2						2	89

(2011年12月22日理事会承認)

### 新入会者 (2012年7月～12月)

正会員：肥田 剛典 (東京理科大学)

Mahin Stephen (University of California, Berkeley, CA USA)

中野 達也 (宇都宮大学)

小林 源裕 ((独) 原子力安全基盤機構)

Swamy, N.S.Kumar (Ghousia College of Engineering)

上田 遼 ((株) 小堀鐸二研究所)

永田 聖二 ((財) 電力中央研究所)

川島 学 (三井住友建設 (株))

大島 光貴 (清水建設技術研究所)

早川 崇 (清水建設技術研究所)

崔 瑤 (東京工業大学)

山本 健史 (戸田建設 (株))

Sahoo, Akshay Kumar (GOVERNMENT OF ORISSA)

宇野 州彦 (五洋建設 (株))

岩田 直泰 (公益財団法人鉄道総合技術研究所)

多幾山法子 (京都大学)

王 欣 (愛知工業大学)

津野 靖士 (東京工業大学)

伊山 潤 (東京大学)

藤森 智 ((株) 松田平田設計)

谷 昌典 ((独) 建築研究所)

青木 孝義 (名古屋市立大学)

沼田 淳紀 (飛鳥建設 (株))

岡崎 太一郎 (北海道大学)

柏 尚稔 (大阪大学)

山西 央朗 (東京工業大学)

笠松健太郎 (鹿島建設 (株))

野口 科子 ((財) 電力中央研究所)

原 辰彦 ((独) 建築研究所)

深田 秀実 (小樽商科大学)

尾上 篤生 (興亜開発 (株))

内藤 昌平 ((独) 防災科学研究所)

坂上 貴士 (東京ガス (株))

川上 洋介 ((株) 篠塚研究所)

学生会員：浅野 宏一 (明治大学)

荒川 哲也 (明治大学)

荒木 康祐 (明治大学)

金 東彦 (明治大学)

松田 紳吾 (明治大学)

森泉瑛里子 (明治大学)

市川 稔 (明治大学)

内野 雄元 (明治大学)

境原 直紀 (明治大学)

高橋 遼 (明治大学)

久田 大樹 (明治大学)

山村 晃平 (明治大学)

青木 拓哉 (東京理科大学)

小山 哲央 (東京理科大学)

Liao Xingye (明治大学)

齋藤 良太 (宇都宮大学)

落合 弘和 (長岡技術科学大学)

CALDERON CAHUANA, DIANA LUCIA (千葉大学)

石田 孝徳 (東京工業大学)

Ene, Diana (東京工業大学)

毎田 悠承 (東京工業大学)

金 柱滯 (東京工業大学)

松永 達哉 (東京工業大学)

三本菅良太 (東北大学)

劉 奕歆 (東京大学)

金 秀禧 (東京大学)

汐満 将史 (筑波大学)

神田 和紘 (筑波大学)

糸野智奈美 (慶應義塾大学)

焦 瑜 (東京工業大学)

海原 英正 (神戸大学)

市川 翔太 (東京工業大学)

菅澤 和真 (千葉大学)

坂本 雅敏 (千葉大学)

川村 友太郎 (千葉大学)

角 将文 (千葉大学)

安井真理子 (千葉大学)

新井 一樹 (千葉大学)

片桐 茂樹 (千葉大学)

重藤 迪子 (北海道大学)

中村 亮輔 (東京理科大学)

池田 智紀 (千葉工業大学)

涌井 将貴 (東京大学)

Amrouche Mohamed (東京工業大学)

地元 孝輔 (東京工業大学)

荒木 景太 (東京大学)

神谷 章太 (信州大学)

藤田 航平 (東京大学)

米澤 美貴 (奈良女子大学)

岡崎 汐里 (福井工業大学)

山田 真司 (東京工業大学)

竹ノ谷幸宏 (日本大学)

宮崎 一博 (横浜国立大学)

都丸 貴文 (東京理科大学)

本多 悠希 (東京理科大学)

渡邊 真吾 (東京理科大学)

ジロン ニコラ (慶應義塾大学)

石野 尋生 (千葉大学大学院)

鶴久森 潤 (愛媛大学)

中野 寛隆 (愛媛大学)

※各会員種別内は入会順です。

## (2) 名譽会員 (平成23年6月1日現在)

青山 博之

石原 研而

和泉 正哲

入倉孝次郎

岩崎 敏男

太田 裕

岡田 恒男

小谷 俊介

片山 恒雄

亀田 弘行

北川 良和

後藤 洋三

篠塚 正宣

柴田 明德

柴田 碧

鈴木 浩平

田村重四郎

土岐 憲三

伯野 元彦

山田 善一

吉見 吉昭

※氏名五十音順です。

## (3) 法人会員

【特級】

(建設)

鹿島建設株式会社

清水建設株式会社

大成建設株式会社

(電気・ガス・鉄道・道路)

関西電力株式会社

【A級】

(建設)

株式会社大林組

株式会社熊谷組

株式会社竹中工務店

戸田建設株式会社

大和小田急建設株式会社

(設計・コンサルト)

株式会社阪神コンサルタンツ

(電気・ガス・鉄道・道路)

四国電力株式会社

中部電力株式会社

電源開発株式会社

東日本高速道路株式会社

(各種団体)

社団法人静岡県建築設計事務所協会

社団法人日本建築学会

【B級】

(建設)

株式会社浅沼組

安藤建設株式会社

東亜建設工業株式会社

東急建設株式会社

飛鳥建設株式会社

(設計・コンサルタント)  
 株式会社建設技術研究所大阪本社  
 中央復建コンサルタンツ株式会社  
 株式会社東京建築研究所  
 東電設計株式会社  
 株式会社ニューリジェック  
 (電気・ガス・鉄道・道路)  
 九州電力株式会社  
 中国電力株式会社  
 東京電力株式会社  
 東北電力株式会社  
 日本原子力発電株式会社  
 東日本旅客鉄道株式会社  
 北陸電力株式会社  
 北海道電力株式会社  
 東京ガス株式会社  
 (官公庁・公団・公社)  
 国土交通省国土技術政策総合研究所  
 (各種団体)  
 独立行政法人防災科学技術研究所  
 危険物保安技術協会  
 社団法人日本建設業連合会  
 社団法人日本水道協会  
 全国建設労働組合総連合  
 損害保険料率算出機構  
 財団法人電力中央研究所  
 財団法人日本建築防災協会

社団法人プレハブ建築協会  
 (建材・システムなど)  
 東京鉄鋼株式会社  
 白山工業株式会社  
 【C級】  
 (建設)  
 五洋建設株式会社  
 東洋建設株式会社  
 株式会社福田組  
 株式会社社間組  
 (設計・コンサルタント)  
 株式会社NTTファシリティーズ  
 株式会社大崎総合研究所  
 基礎地盤コンサルタンツ株式会社  
 株式会社構造計画研究所  
 ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社  
 株式会社システムアンドデータリサーチ  
 株式会社社篠塚研究所  
 株式会社ダイヤコンサルタント  
 財団法人地域地盤環境研究所  
 株式会社日建設計  
 株式会社日本構造橋梁研究所  
 株式会社三菱地所設計  
 株式会社安井建築設計事務所  
 (電気・ガス・鉄道・道路)  
 日本原燃株式会社  
 東邦ガス株式会社

北海道ガス株式会社  
 (官公庁・公団・公社)  
 独立行政法人港湾空港技術研究所  
 (各種団体)  
 財団法人愛知県建築住宅センター  
 独立行政法人原子力安全基盤機構  
 社団法人高層住宅管理業協会  
 構造調査コンサルティング協会  
 財団法人国土技術研究センター  
 千葉県耐震判定協議会  
 一般社団法人日本ガス協会  
 社団法人日本クレーン協会  
 社団法人日本建築構造技術者協会  
 財団法人日本建築設備・昇降機センター  
 財団法人日本建築総合試験所  
 社団法人日本免震構造協会  
 社団法人文教施設協会  
 東京都大学図書館  
 (建材・システムなど)  
 株式会社アーク情報システム  
 伊藤忠テクノソリューションズ  
 クボタシューアイ株式会社  
 サンシステムサプライ株式会社  
 日本専門図書出版株式会社  
 株式会社東京測振

(4) 平成23年度役員一覧

会長	*川島 一彦	東京工業大学大学院 教授
副会長	運上 茂樹	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災害研究官
副会長	*若松加寿江	関東学院大学工学部社会環境システム学科教授
副会長	*芳村 学	首都大学東京大学院都市環境科学研究科教授
理事(総務)	澤本 佳和	鹿島建設(株) 技術研究所 上席研究員
理事(総務)	*矢部 正明	(株)長大 構造事業本部副技師長・耐震技術部部長
理事(総務会計)	東 貞成	(財)電力中央研究所 地球工学研究所 上席研究員
理事(会計)	*大谷 章仁	(株)IHI 原子力セクター原子力保守技術部 設計グループ
理事(会員)	佐藤 俊明	清水建設(株) 技術研究所副所長兼企画部長
理事(会員)	*渡壁 守正	戸田建設技術研究所・耐震構造チーム・主管
理事(学術)	*中埜 良昭	東京大学生産技術研究所 教授
理事(学術)	*高橋 徹	千葉大学大学院工学研究科教授
理事(情報)	鹿嶋 俊英	(独)建築研究所国際地震工学センター主任研究員
理事(情報)	*斉藤 大樹	(独)建築研究所国際地震工学センター上席研究員
理事(事業)	木全 宏之	清水建設土木技術本部設計第二部グループ長
理事(事業)	*五十田 博	信州大学工学部建築学科 准教授
理事(事業)	山中 浩明	東京工業大学大学院 准教授
理事(調査研究)	庄司 学	筑波大学大学院 准教授
理事(調査研究)	*永野 正行	東京理科大学理工学部建築学科 教授
監事	*河村 壮一	耐震環境コンサルタント、工学院大学非常勤講師
監事	*翠川 三郎	東京工業大学大学院 教授

\* 印：平成23年6月1日～平成25年5月31日 無印：平成22年6月1日～平成24年5月31日 理事19名 監事2名

(5) 平成23年度委員会および委員長一覧

平成23年12月1日現在

選挙管理委員会	委員長	佐藤俊明	理事・清水建設
役員候補推薦委員会	委員長	澤本佳和	理事・鹿島建設
電子広報委員会	委員長	鹿嶋俊英	理事・建築研究所
会誌編集委員会	委員長	斉藤大樹	理事・建築研究所
事業企画委員会	委員長	木全宏之	理事・清水建設
大会実行委員会(2011)	委員長	山中浩明	理事・東京工業大学
国際委員会	委員長	中埜良昭	理事・東京大学生産技術研究所
論文集編集委員会	委員長	高橋 徹	理事・千葉大学
研究統括委員会	委員長	若松加寿江	副会長・関東学院大学
地震災害対応委員会(常設)	委員長	運上茂樹	副会長・国土交通省国土技術政策総合研究所
将来構想委員会	委員長	運上茂樹	副会長・国土交通省国土技術政策総合研究所
国際化対応委員会	委員長	芳村 学	副会長・首都大学東京
東日本大震災国際シンポジウム実行委員会	委員長	川島一彦	会長・東京工業大学

(仮)広域システム災害対応特別委員会	委員長	東畑郁生	東京大学
10周年記念事業運営委員会	委員長	矢部正明	理事・長大
災害リモートセンシング技術の標準化と高度化に関する研究委員会	委員長	松岡昌志	産業技術総合研究所
津波対策とその指針に関する研究委員会	委員長	松富英夫	秋田大学
原子力発電所の地震安全問題に関する調査研究委員会	委員長	亀田弘行	京都大学名誉教授
システム性能を考慮した産業施設諸機能の耐震性評価研究委員会	委員長	高田 一	横浜国立大学
地盤情報データベースを用いた表層地質が地震動特性に及ぼす影響に関する研究委員会	委員長	山中浩明	理事・東京工業大学
東日本大震災によるライフライン被害データベース検討委員会	委員長	鎌田泰子	神戸大学



## 会務報告

(平成 23 年 7 月～平成 23 年 12 月)

07月01日(金)	・JAE NEWS No.234 配信
07月08日(金)	・拡大正副会長会議 川島会長、運上副会長、若松副会長、芳村副会長他 (於 建築会館305議室 10時00分～12時00分)
07月12日(火)	・川島会長、日本建築学会和田会長、同災害委員会平田委員長、同真木専務理事、 鳴原事務局長 国際シンポジウム開催等について打合せ (於 建築会館：日本建築学会役員室 8時00分～9時00分)
07月15日(金)	・会計部会打合せ 東理事・部会長、大谷会計理事、澤本総務理事、鳴原事務局長、江口氏 (トーヨー企画) (於 本会事務所16時00分～17時00分)
07月20日(水)	・JAE NEWS No.235 配信
07月21日(木)	・会誌編集委員会開催 齊藤理事・委員長他 (於 建築会館303会議室 13時00分～15時00分)
07月21日(木)	・会計税理士監査 (涌井税務会計事務所) 6月定期監査実施 (於 本会事務所13時00分～17時00分)
07月26日(火)	・事業企画委員会震災予防講演企画部会開催 (第1回) 武村部会長、木全理事他 (於 建築会館306議室 16時00分～18時00分)
07月27日(火)	・第9回理事会開催 川島会長、運上副会長、若松副会長、芳村副会長他 (於 建築会館301会議室 17時00分～21時00分)
07月27日(火)	・研究統括委員会 若松副会長・委員長、研究委員会平成23年企画募集締切延長について (メール審議)
08月01日(月)	・JAE NEWS No.236 配信
08月09日(火)	・第4回東北地方太平洋沖地震被害調査連絡会 (6学会) 開催 川島委員長 (本会会長) ・若松委員 (本会副会長) 他関連学会委員 (於 東京大学地震研究所1号館2F事務会議室 16時00分～18時20分)
08月19日(金)	・会誌「震災特集号」No.15号 有識者による会誌座談会開催
08月19日(金)	・川島会長、和田章日本建築学会会長、国土交通省住宅局建築指導課長 井上勝徳氏訪問、環境省水・大気環境局長鷺坂長美氏訪問 東日本大震災国際シンポジウム開催趣旨説明、鳴原事務局長同行 (13時30分～14時30分)
08月20日(土)	・第1回広域・システム災害対応特別調査研究委員会開催 東畑委員長 (前副会長)、中村幹事 (前総務理事) 他 (於 東大工学部1号館2階 セにナー室B (232号室) 10時00分～13時00分)
08月24日(火)	・津波災害の実務的な軽減方策に関する研究委員会開催 松富委員長他 (於 建築会館307議室 13時00分～17時30分)
08月30日(火)	・東日本大震災の総合対応に関する学協会連絡会実務担当者連絡会 (第3回) 開催 中埜理事・鳴原事務局長 (於 日本学術会議5階5-C(1)会議室 10時00分～12時00分)
08月31日(火)	・システム性能を考慮した産業施設諸機能の耐震性評価研究委員会開催 高田委員長、中村幹事他 (於 建築会館305会議室 15時00分～17時00分)
09月01日(水)	・事業企画委員会震災予防講演企画部会開催 (第2回) 武村部会長、木全理事他 (於 建築会館303議室 16時00分～18時30分)
09月09日(金)	・JAE NEWS No.237 配信
09月12日(月)	・HP・サーバー更新に関する打合せ 澤本理事、矢部理事、鳴原事務局長 (於 本会事務所 14時30分～16時20分)
09月14日(火)	・研究統括委員会 若松副会長・委員長、新規委員会設置の承認 (メール審議)
09月15日(水)	・会計税理士監査 (涌井税務会計事務所) 7・8月定期監査実施・上期会計書類及びデータ検査実施 (於 本会事務所 10時00分～17時00分)
09月16日(金)	・JAE NEWS No.238 配信
09月20日(火)	・第5回東北地方太平洋沖地震被害調査連絡会 (6学会) 開催 川島委員長 (本会会長) ・若松委員 (本会副会長) 他関連学会委員 (於 日本機械学会5階会議室 10時00分～11時40分)
09月19日(月)	・澤本理事 本会規程類整理作業 (於 本会事務所 13時00分～17時00分)
09月22日(木)	・川島会長 東日本大震災国際シンポジウム打合せ (於 本会事務所 10時00分～11時00分)
09月22日(木)	・カリフォルニア大学パークレイ校Joseph Penzien名誉教授逝去
09月27日(火)	・地震災害対応委員会開催 運上副会長・委員長、鹿嶋理事他 (於 本会事務所 17時00分～18時30分)
09月27日(火)	・会員理事打合せ 佐藤理事、渡壁理事 (於 本会事務所 15時00分～18時00分)
09月28日(火)	・東日本大震災国際シンポジウム実行部会 (第1回) 開催
09月28日(火)	・第2回広域・システム災害対応特別調査研究委員会開催
09月29日(水)	・会誌編集委員会開催 齊藤理事・委員長他 (於 建築会館301会議室 16時00分～18時00分)
09月29日(水)	・将来構想委員会開催 運上副会長他 (於 本会事務所 13時00分～14時30分)
09月29日(水)	・第10回理事会開催 川島会長、運上副会長、若松副会長他 (於 建築会館308会議室 15時00分～21時00分)
10月03日(月)	・JAE NEWS No.239 配信
10月04日(火)	・事業企画委員会震災予防講演企画部会開催 (第3回) 武村部会長他 (於 専売ビル8階会議室 16時00分～17時30分)
10月07日(金)	・E-ディフェンス振動台実験見学会開催 (企画：事業企画委員会) 岡崎幹事他
10月12日(水)	・Web化に関する打合せ 矢部総務理事、鳴原事務局長 (於 本会事務所 10時00分～11時00分)
10月14日(金)	・大会若手論文発表優秀賞について打合せ 佐藤会員理事、渡壁会員理事 (於 本会事務所 15時00分～18時00分)
10月17日(月)	・会計税理士監査 (涌井税務会計事務所) 9月定期監査実施 (於 本会事務所 10時00分～17時00分)
10月17日(月)	・大会若手論文発表優秀賞について打合せ 佐藤会員理事、渡壁会員理事 (於 本会事務所 16時00分～19時30分)
10月21日(金)	・JAE NEWS No.240 配信
10月21日(金)	・事業企画委員会開催 木全理事・委員長他 (於 建築会館306会議室 10時30分～12時30分)

10月23日(日)	・講演会「東日本大震災の津波被害の教訓」開催（企画：事業企画委員会）
10月24日(月)	・トルコ地震発生 ・本会トルコ地震「地震災害対応本部」設置 川島会長
10月25日(火)	・会誌編集委員会開催 齊藤理事・委員長他（於 専売ビル8階会議室 16時00分～18時00分） ・Web化に関する業者ヒアリング（3社）運上副会長、若松副会長、鹿嶋理事、矢部理事、澤本理事、高橋理事、鳴原事務局長 3業者（於 建築会館305会議室 10時00分～12時30分）
10月26日(水)	・大会若手論文発表優秀賞について打合せ 佐藤会員理事、渡壁会員理事（於 本会事務所 16時00分～19時30分）
10月27日(木)	・大会実行委員会代々木青少年総合センター現地打合せ 鈴木大会実行委員他 鳴原事務局長（於 代々木青少年総合センター センター棟 10時00分～12時30分）
11月01日(火)	・東日本大震災国際シンポジウム実行部会（第2回）開催 川島委員長（本会会長）、若松委員（本会副会長）関連学会実行部会委員（於 建築会館304会議室 17時30分～20時30分）
11月04日(金)	・JAE NEWS No.241 配信 ・関東大震災講演会と追悼碑巡り開催（企画：事業企画委員会）
11月10日(木)	・日本地震工学会創立10周年記念式典開催 ・2011年日本地震工学会大会開催 東京・国立オリンピック記念青少年総合センター（10日～12日）大会実行委員会山中理事・委員長他
11月11日(金)	・正副会長会議開催 川島会長、運上副会長、若松副会長、芳村副会長、澤本理事、矢部理事（於 代々木青少年総合センター センター棟506会議室 16時00分～17時00分） ・第11回理事会開催 川島会長、運上副会長、芳村副会長、若松副会長他（於 代々木青少年総合センター センター棟506会議室 17時00分～20時30分）
11月15日(火)	・JAE NEWS No.242 配信 ・東日本大震災国際シンポジウム実行部会（第3回）開催 川島委員長（本会会長）、若松委員（本会副会長）関連学会実行部会委員（於 建築会館307会議室 17時30分～20時30分）
11月21日(月)	・会計税理士監査（涌井税務会計事務所）10月定期監査実施（於 本会事務所 10時00分～17時00分） ・Web化に関する打合せ 矢部理事、鹿嶋理事、Web選定業者（於（株）長大東京支社（田端）会議室）
11月22日(火)	・日本地震工学会論文集投稿規定改正について電子メール審議（理事会）（発議 若松副会長、高橋理事）
11月23日(水)	・東日本大震災国際シンポジウム実行部会（第4回）開催 川島委員長（本会会長）、若松委員（本会副会長）関連学会実行部会委員（於 建築会館307会議室 17時30分～20時30分）
11月24日(木)	・本会「トルコ地震の第2次調査団派遣団」検討開始を打診 地震災害対応委員会運上副会長・委員長、国際委員会中野委員長 ・川島会長、トルコ地震の第2次調査団派遣の調整開始を了承 ・トルコ地震の第2次調査団派遣団員募集メール発信
11月25日(金)	・システム性能を考慮した産業施設諸機能の耐震性評価研究委員会開催 高田委員長、中村幹事他（於 専売ビル8階会議室 15時00分～17時00分） ・会誌編集委員会開催 齊藤理事・委員長他（於 東京理科大学九段校舎5階 第一会議室 16時00分～18時00分） ・JAE臨時ニュース（日本地震工学会会誌No.15 発行のお知らせ）
11月28日(月)	・トルコ地震の第2次調査団派遣団及び調査日程
11月29日(火)	・建築学会の調査団との協力体制の調整 1. 調査派遣者 沼田 宗純氏（東京大学生産技術研究所助教） 2. 調査行程 12月21日（水）日本発 12月22日（木）～12月25日（日）Van市を中心に現地調査 12月26日（月）現地発 12月27日（火）帰国 3. 日本建築学会の調査団との協力 以下の日本建築学会から派遣される調査団及びトルコ側と協力行動をとり、調査を実施する。 日本建築学会の調査団 楠 浩一氏（横浜国立大学工学部准教授） 田才 晃氏（横浜国立大学工学部教授） 日比野 陽氏（東京工業大学応用セラミックス研究所助教） 渡邊 秀和氏（広島大学工学研究院助教）
11月30日(水)	・トルコ側調査団 Alper Ilki氏（Istanbul工科大学教授） Kutay Orakcal氏（Bogazici大学准教授） Mucip Tapan氏（Yil大学准教授） Mustafa Comert氏（Istanbul工科大学研究助手）
11月30日(水)	・大会若手論文発表優秀賞について打合せ 佐藤会員理事、渡壁会員理事（於 本会事務所 16時00分～18時00分） ・JAE臨時ニュース（論文募集のお知らせ・「2011年東日本大震災」特集号）
12月01日(木)	・JAE NEWS No.243 配信
12月02日(金)	・研究統括委員会 若松副会長・委員長 研究委員会関係規程精査（メール審議）
12月03日(土)	・東日本大震災国際シンポジウム実行部会（第5回）開催 川島委員長（本会会長）、若松委員（本会副会長）関連学会実行部会委員（於 建築会館307会議室 17時30分～20時30分）
12月05日(月)	・会費未納者請求書発送（正会員83名 学生会員42名）
12月12日(月)	・Web打合せ 矢部理事、鹿嶋理事、業務委託業者（於 本会事務所 10時00分～11時20分） ・会計税理士監査（涌井税務会計事務所）11月定期監査実施（於 本会事務所 13時00分～17時00分）
12月14日(水)	・JAE 微動利用技術講習会開催 企画：事業企画委員会（微動利用技術研究委員会研究成果報告 平成23年5月終了）森講師他（東京工業大学 大岡山キャンパス 本館1階 H112 講義室）参加者76名
12月15日(木)	・JAE NEWS No.244 配信
12月21日(水)	・研究統括委員会 若松副会長・委員長 研究統括委員会関係の運用規定細則の改定（メール審議） ・地盤情報データベースを用いた表層地質が地震動特性に及ぼす影響に関する研究委員会 山中委員長、東理事・幹事他（於 建築会館304会議室 10時00分～12時30分）
12月22日(木)	・第12回理事会開催 川島会長、運上副会長、芳村副会長、若松副会長他（於 建築会館304会議室 15時00分～18時30分）予定
12月26日(月)	・Web打合せ 矢部理事、鹿嶋理事、業務委託業者（於 本会事務所 11時00分～12時20分）予定
12月27日(火)	・津波対策とその指針に関する研究委員会開催 松富委員長他（於 建築会館306会議室 13時00分～17時00分）予定
12月28日(水)	・事務所御用納め



## 論文集目次

### 日本地震工学会論文集 第11巻 第3号・第4号・第5号

Journal of Japan Association for Earthquake Engineering, Vol.11, No.3-No.5

#### 目 次

##### 第11巻 第3号

- |   |   |   |        |
|---|---|---|--------|
| 1 | 論文集編集委員会から  | 本会論文編集委員会   |        |
| 2 | 鉛直アレー観測記録により得られるS波の減衰定数の周波数依存性に関する考察<br>Consideration on frequency dependences of near-surface attenuation of S-waves based on vertical array records   | 小林源裕, 儘田豊, 堤英明<br>KOBAYASHI Genyuu,<br>MAMADA Yutaka and<br>TSUTSUMI Hideaki  | 1-20   |
| 3 | 長周期 (1-15 秒) 地震動の全国揺れ易さ分布<br>Shakeability Distribution for Long-period ( 1-15 sec ) Ground Motion in Japan  | 湯沢豊, 工藤一嘉<br>YUZAWA Yutaka and KUDO Kazuyoshi   | 21-39  |
| 4 | 2004 年新潟県中越地震の特性化震源モデルと経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震動シミュレーション<br>Characterized Source Model and Strong Ground Motion Simulation for the 2004 Mid Niigata Prefecture (Niigata-ken Chuetsu) Earthquake Based on Empirical Site Amplification and Phase Effects | 坂井公俊, 野津厚<br>SAKAI Kimitoshi and NOZU Atsushi   | 54-81  |
| 5 | A/Dコンバータのハイブリッド利用による広ダイナミックレンジのデータロガーの開発<br>Development of a New Data Logger with Large Dynamic-range Using Hybrid System of A/D Converters   | 荒木正之, 盛川仁, 伊藤貴盛, 谷川正真, 松本敬太郎<br>ARAKI Masayuki, MORIKAWA Hitoshi, ITO Takamori, TANIGAWA Masachika, and MATSUMOTO Keitaro | 59-72  |
| 6 | 年代別被害関数を用いた木造建物の経年劣化と耐震規定による耐力変化の推定<br>Estimation of Strength Degradation of Wooden Houses by Aged Deterioration and Seismic Design Code using Fragility Curves Classified by Age   | 鈴木達矢, 境有紀<br>SUZUKI Tatsuya and SAKAI Yuki  | 73-84  |
| 7 | 地盤の平均S 波速度を用いた地盤増幅率の推定手法の改良<br>Improvement of Method for Estimation of Site Amplification Factor Based on Average Shear-wave Velocity of Ground   | 山口亮, 翠川三郎<br>YAMAGUCHI Makoto and MIDORIKAWA Saburoh  | 85-101 |

##### 第11巻 第4号

- |   |  |  |      |
|---|--|--|------|
| 1 | 論文集編集委員会から   | 本会論文編集委員会  |      |
| 2 | 波形逆解析による深部速度構造モデル推定に関する検討<br>Study on Estimation of Subsurface Velocity Structure Model using Waveform Inversion | 引田智樹, 笠松健太郎<br>HIKITA Tomoki and KASAMATSU Kentaro | 1-16 |

3	ノートPC内臓加速度センサーとマルチキャスト通信を利用した即時震度情報収集システムの開発 Development of Immediate Earthquake Intensity Information Aggregation System Using PC Built-In Sensors and IP Multicast	柴山明寛、岡元徹、大野晋、妹尾一弘、滝澤修 SHIBAYAMA Akihiro , OKAMOTO Tohru, OHNO Susumu, SEO Kazuhiro And TAKIZAWA Osamu	17-33
4	兵庫県南部地震以降の被害地震データに基づく建物被害関数の検討 Vulnerability Functions of Buildings based on Damage Survey Data of Earthquakes after the 1995 Kobe Earthquake	翠川三郎、伊東佑記、三浦弘之 MIDORIKAWA Saburoh, ITO Yuki and MIURA Hiroyuki	34-47
5	隣接2地点ペアのネットワークに基づく相対地盤増幅率の広域評価 - 東北地方太平洋側のK-NET・KiK-net サイトへの適用 - Evaluation of Relative Site Amplification Factors by Combining Average Spectral Ratios of Strong Ground Motions Simultaneously Observed at Adjacent Two Sites - Application to K-NET and KiK-net Sites in the Pacific Coast Side of the Tohoku district -	池浦友則、加藤研一 IKEURA Tomonori and KATO Kenichi	48-67
6	確率論的地震動予測地図の検証  Validation of the Probabilistic Seismic Hazard Maps for Japan	石川 裕、奥村俊彦、藤川 智、宮腰淳一、藤原広行、森川信之、能島暢呂 ISHIKAWA Yutaka, OKUMURA Toshihiko, FUJIKAWA Satoshi, MIYAKOSHI Jun'ichi, FUJIWARA Hiroyuki, MORIKAWA Nobuyuki, and NOJIMA Nobuoto	68-87
7	建物被害と相関を持つ地震動強さ指標を用い構造種別や層数を考慮した地震被害推定システムの開発 Development of Earthquake Damage Estimation System Considering Building Type Using Seismic Intensity Measure Correlated with Structural Damage	新井健介、境有紀 ARAI Kensuke , SAKAI Yuki	88-107
8	波形データがない震度観測点において提案する被害と対応した地震動強さ指標を推定する方法 Estimation of Seismic Intensity for JMA Seismic Intensity Observation Stations without Strong Ground Motion	新井健介、境有紀 ARAI Kensuke, SAKAI Yuki	52-65

## 第11巻 第5号

### 1 巻頭言

特集号編集委員会  
 風間基樹, 中村 晋, 片岡俊一

### (地震・地震動)

2	2008年岩手・宮城内陸地震における一迫、衣川震度観測点のフーリエスペクトルと応答スペクトルの推定 Evaluation of Fourier and Response Spectra at Ichihasama and Koromogawa Seismic Intensity Observation Sites During the Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in 2008	西川隼人、宮島昌克 NISHIKAWA Hayato and MIYAJIMA Masakatsu	1-16
3	2008年岩手・宮城内陸地震の際に宮城県仙北平野で観測されたやや長周期地震動の特徴	片岡俊一	17-27

	LONG PERIOD GROUND MOTION OBSERVED IN SENBOKU PLAIN, MIYAGI PREFECTURE DURING THE 2008 IWATE-MIYAGI NAIRIKU EARTHQUAKE	Shunichi KATAOKA	
4	<p>スペクトルインバージョンに基づく2008年岩手・宮城内陸地震の余震の震源特性と震源域のサイト増幅特性</p> <p>Source Characteristics of Aftershocks for the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake and Site Amplification around the Source Region Based on Spectral Inversion Technique</p>	<p>木村武志、竹本帝人、塚越 大、坂上実、三宅弘恵、瀨瀬一起</p> <p>Takeshi KIMURA, Teito TAKEMOTO, Masaru TSUKAGOSHI, Minoru SAKAUE, Hiroe MIYAKE and Kazuki KOKETSU</p>	28-40
5	<p>経験的サイト増幅・位相特性を考慮した2008年岩手・宮城内陸地震における河道閉塞地点での地震動の評価</p> <p>Seismic Waveform Evaluation at Watercourse Closure Sites For the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake Based on Empirical Site Amplification and Phase Effects</p>	<p>秦吉弥、中村晋、野津厚</p> <p>HATA Yoshiya, NAKAMURA Susumu and NOZU Atsushi</p>	41-52
6	<p>2008年岩手・宮城内陸地震の被害と地盤の永久変位の関係</p> <p>COMPARISONS BETWEEN DAMAGES AND MOTION PARAMETERS CAUSED BY THE 2008 IWATE-MIYAGI NAIRIKU EARTHQUAKE</p>	<p>神山真、松川忠司、穴澤正宏</p> <p>KAMIYAMA Makoto, MATSUKAWA Tadashi and ANAZAWA Masahiro</p>	53-67
7	<p>荒砥沢ダム上流部で発生した地すべりの滑動計算とその考察</p> <p>SLIDING ANALYSIS OF THE ARATOSAWA LANDSLIDE GENERATED IN THE IWATE-MIYAGI NAIRIKU EARTHQUAKE IN 2008</p>	<p>風間基樹、森友宏、株木宏明、松井哲志</p> <p>KAZAMA Motoki, MORI Tomohiro, KABUKI Hiroaki and MATSUI Tetsushi</p>	68-79
8	<p>2008年岩手・宮城内陸地震で発生した湯ノ倉温泉地区の天然ダム堤体の地盤工学的特性</p> <p>Geotechnical Properties of Yunokura Landslide Dam Induced by 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake</p>	<p>渦岡良介、仙頭紀明、森友宏、風間基樹</p> <p>UZUOKA Ryosuke, SENTO Noriaki, MORI Tomohiro</p>	80-93
	(構造物被害)		
9	<p>2008年岩手・宮城内陸地震における斜面に関わる道路構造物の損傷モード分析とそれを踏まえた被害関数の構築</p> <p>Analysis on Failure Modes of Road Structures due to the Slope Failures in the 2008 Iwate-Miyagi Earthquake and Development of the Related Damage Function</p>	<p>庄司学、櫻井俊彰</p> <p>GAKU Shoji and TOSHIAKI Sakurai</p>	94-106
10	<p>2008年岩手・宮城内陸地震において表層地盤の地震応答特性が低層RC造学校建物の被害に与えた影響</p> <p>The Effect of Seismic Response Characteristics of Subsurface Ground to Damage of Low-rise RC Building in the Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in 2008</p>	<p>三辻和弥、前田匡樹、松川和人、中神宏昌</p> <p>MITSUJI Kazuya, MAEDA Masaki, MATSUKAWA Kazuto and NAKAGAMI Hiromasa</p>	107-121



# 出版物在庫状況

## 刊行図書

2012.03.05現在

刊行日	題名	在庫	価額		
			会員	非会員	学生会員
2006.06.20	性能規定型耐震設計現状と課題 (性能規定型耐震設計研究委員会編 / 鹿島出版会)	○	¥3,360	¥3,360	¥3,360

## 資料集

2001.05.29	エルサルバドル地震・インド西部地震講演会	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2002.01.25	兵庫県南部地震以降の地震防災一何が変わったか、これから何が必要なのか	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2002.11.01	特別講演会「地震対策技術アラカルトー大地震に備えてー」	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2003.08.21	宮城県沖の地震・アルジェリア地震被害調査報告会概要集	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2002.02.14	第6回震災対策技術展「国土セイフティネットシンポジウム-広域リアルタイム地震ネット構築へ向けて」	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2003.01.31	第7回震災対策技術展「地震調査研究の地震防災への活用」	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2003.02.07	第7回震災対策技術展「第2回国土セイフティネットシンポジウム-広域・高密度リアルタイム地震ネット構築へ向けて」	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2005.01.22	第9回震災対策技術展「防災担当者へ伝えたいことー震災時対応者にとっての10年」	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2004.03	性能規定型耐震設計法の現状と課題「平成15年度報告書」	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2004.05.14	第1回性能規定型耐震設計法に関する研究発表会講演論文集	○	¥2,000	¥4,000	¥1,000
2005.03	性能規定型耐震設計法ー性能目標と限界状態はいかにあるべきか「平成16年度報告書」	○	¥3,000	¥4,500	¥1,500
2005.04.04	2004年12月26日スマトラ島沖地震報告会梗概集	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2003.11.28	日本地震工学会大会-2003 梗概集	○	¥4,000	¥8,000	¥1,500
2005.01.11	日本地震工学会大会-2004 梗概集	○	¥5,000	¥9,000	¥2,000
2005.11.21	日本地震工学会大会-2005 梗概集	○	¥6,000	¥10,000	¥2,000
2008.11.03	日本地震工学会大会-2008 梗概集	○	¥5,000	¥10,000	¥2,000
2009.11.12	日本地震工学会大会-2009 梗概集	○	¥5,000	¥10,000	¥2,000
2011.11.10	日本地震工学会大会-2011 梗概集	○	¥5,000	¥10,000	¥2,000
2005.08.31	日本地震工学会誌No. 2	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2006.01.31	日本地震工学会誌No. 3	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2006.07.31	日本地震工学会誌No. 4	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2007.01.31	日本地震工学会誌No. 5	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2007.07.31	日本地震工学会誌No. 6	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2008.01.31	日本地震工学会誌No. 7	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2008.07.31	日本地震工学会誌No. 8	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2009.01.31	日本地震工学会誌No. 9	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2009.07.31	日本地震工学会誌No. 10	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2010.01.31	日本地震工学会誌No. 11	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2010.07.31	日本地震工学会誌No. 12	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2011.01.31	日本地震工学会誌No. 13	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2011.07.31	日本地震工学会誌No. 14	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2011.11.01	日本地震工学会誌No. 15 東日本大震災 特集号	○	¥2,000	¥3,000	¥2,000
2010.11.17	第13回日本地震工学シンポジウム (DVD版)	○	¥5,000	¥10,000	¥3,000

## 資料集 (不定期発行)

2005.01.13	Proceedings of the International Symposium on Earthquake Engineering Commemorating Tenth Anniversary of the 1995 Kobe Earthquake (ISSE Kobe 2005)	○	¥6,000	¥10,000	¥6,000
2007.03	地震工学系実験施設の現状と課題 平成18年度報告書	○	¥3,000	¥4,000	¥2,000
2007.10.26	基礎ー地盤系の動的応答と耐震設計法に関する研究委員会報告「基礎と地盤の動的相互作用を考慮した耐震設計ガイドライン」(案)	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2007.11.20	実例で示す木造建物の耐震補強と維持管理	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2008.04.11	セミナー強震動予測レシピ「新潟県中越沖地震や能登半島地震などに学ぶ」資料	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2008.04.22	セミナー地震発生確率-理論から実践まで-	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2008.05.31	津波災害の軽減方策に関する研究委員会報告書(平成20年5月)	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2009.02.23	セミナー(第2回)「実務で使う地盤の地震応答解析」資料	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2009.04.14	セミナーー構造物の地震リスクマネジメントー	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2010.01.25	講習会「性能設計に基づく耐震設計事例の紹介」	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2011.10.21	講演会「東日本大震災の津波被害の教訓」	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2011.12.14	微動の利用技術<微動利用技術研究委員会報告書>	○	¥2,000	¥5,000	¥1,000
2012.02.21	「原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会」報告書	○	¥8,000	¥10,000	¥8,000

※送料は別途実費でいただきます。

# 強震記録データ

2012.03.05 現在

題 名	在 庫	詳細、申込み方法については、以下のURLにて、確認してください。 <a href="http://www.jaee.gr.jp/disaster/data-hanpu.pdf">http://www.jaee.gr.jp/disaster/data-hanpu.pdf</a>
		定価
<p>兵庫県南部地震における強震記録データベース</p> <p>(財)震災予防協会に設置された強震動アレー観測記録データベース推進委員会(委員長:表俊一郎)とその下部組織であるデータベース作業部会(部会長:亀田弘行)では、わが国におけるアレー観測記録のデータベース化に取り組んできましたが、1995年兵庫県南部地震における16の機関による強震記録292成分ならびに東京大学生産技術研究所によるアレー記録924成分が1枚のCD-ROMに取り纏められました。</p>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●大学等公共機関 ￥40,000</li> <li>●民間機関 ￥80,000</li> </ul>
<p>東京電力(株)柏崎刈羽原子力発電所における強震データ全地点全記録等&lt;改訂版&gt;</p> <p>平成19年7月16日に発生した新潟県中越沖地震に関して、東京電力(株)より柏崎刈羽原子力発電所における設備復旧・安全確保に向けての取り組みの一環として、「本震」「余震」の地震観測記録等の提供を受け、CD-ROM、DVDにて提供して参りましたが、その後、財団法人震災予防協会の要望を受けていただき、東京電力(株)より新たに強震記録の&lt;改訂版&gt;としてこれまでに観測された2004年10月23日から2008年3月31日までの時刻歴データ(データ量は2.95Gbyte.)の提供を受けました。財団法人震災予防協会は、平成22年3月を以て活動停止となったため、平成22年6月より、一般社団法人日本地震工学会から皆様に引き続き提供することとなりました。</p>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●日本地震工学会 &lt;個人会員(正会員・学生会員)&gt;: 6,000円</li> <li>●日本地震工学会&lt;法人会員&gt;: 14,000円</li> <li>●非会員(個人利用): 10,000円</li> <li>●非会員(法人利用): 22,000円</li> </ul>
<p>中部電力(株)浜岡原子力発電所における「2009年8月11日駿河湾の地震」の観測記録</p> <p>2009年8月11日に発した駿河湾の地震等に関して、中部電力(株)より浜岡原子力発電所における耐震性向上に向けての取り組みの一環として、本震及び余震他の地震観測記録等を提供いただける旨の申し出が当学会になされました。この記録は、原子力発電所で観測された貴重なものであり、耐震工学や地震工学・地震学の発展に資することから、今回、当学会においてこれらを記録したCD-ROMを頒布することといたしました。</p>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●日本地震工学会会員(正会員・学生会員): 1部3,000円</li> <li>●日本地震工学会会員(法人会員): 6,000円</li> <li>●非会員(個人): 1部5,000円</li> <li>●法人(非会員): 10,000円</li> </ul>
<p>東京電力(株)福島第一原子力発電所および福島第二原子力発電所において観測された平成23年3月11日東北地方太平洋沖地震の本震記録&lt;改訂版&gt;</p> <p>東京電力(株)から、「平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震においての福島第一原子力発電所および福島第二原子力発電所で観測された強震観測記録等の強震データ記録」について公開されましたが、本会では、この記録は、原子力発電所で観測された貴重なものであり、耐震工学や地震工学・地震学の発展に資することから、当学会においてこれらを記録したデータ提供の申し出を行ないました。その結果、本会から頒布することといたしました。</p>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●日本地震工学会&lt;(正会員・学生会員)&gt;: 5,000円</li> <li>●日本地震工学会&lt;法人会員&gt;: 10,000円</li> <li>●非会員(個人利用): 10,000円</li> <li>●非会員(法人利用): 20,000円</li> </ul>
<p>東北電力(株)女川原子力発電所における「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の加速度時刻歴波形データ</p> <p>東北電力(株)から、「女川原子力発電所における平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(本震)、宮城県沖の地震(余震)時に取得された地震観測記録」について公開されましたが、本会では、この記録は、原子力発電所で観測された貴重なものであり、耐震工学や地震工学・地震学の発展に資することから、当学会においてこれらを記録したデータ提供の申し出を行ないました。その結果、本会から頒布することといたしました。</p>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●日本地震工学会&lt;(正会員・学生会員)&gt;: 5,000円</li> <li>●日本地震工学会&lt;法人会員&gt;: 10,000円</li> <li>●非会員(個人利用): 10,000円</li> <li>●非会員(法人利用): 20,000円</li> </ul>
<p>日本原子力発電(株)東海第二発電所における「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の加速度時刻歴波形データ(CD-ROM)</p> <p>日本原子力発電(株)から、「東海第二発電所における「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の加速度時刻歴波形データ(CD-ROM)」について公開されましたが、本会では、この記録は、原子力発電所で観測された貴重なものであり、耐震工学や地震工学・地震学の発展に資することから、当学会においてこれらを記録したデータ提供の申し出を行ないました。その結果、本会から頒布することといたしました。</p>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>●日本地震工学会&lt;(正会員・学生会員)&gt;: 5,000円</li> <li>●日本地震工学会&lt;法人会員&gt;: 10,000円</li> <li>●非会員(個人利用): 10,000円</li> <li>●非会員(法人利用): 20,000円</li> </ul>



## 本学会に関する詳細はWeb上で

### 日本地震工学会とは

日本地震工学会は、建築、土木、地盤、地震、機械等の個別分野ではなく、地震工学としてまとまった活動を行うための学会として2001年1月1日に発足しました。その目的は、地震工学の進歩および地震防災事業の発展を支援し、もって学術文化と技術の進歩と地震災害の防止と軽減に寄与することにあります。

### ぜひ、皆様も会員に

本会では、これまでに耐震工学に関わってきた人々は勿論のこと、行政や公益事業に関わる人々、あるいは地域計画や心理学などの人文・社会科学に関する研究者、さらには医療関係者など、地震による災害に関わりのある分野の方々を対象とし、会員（正会員、学生会員、法人会員）を募集しています。本会の会員になることで、各種学会活動、日本地震工学会「JAEE NEWS」のメール配信、地震工学論文集への投稿・発表・ホームページ上での閲覧、講習会等の会員割引など、多くの特典があります。

### ホームページをご覧ください

日本地震工学会の会則、学会組織、役員、最近の活動状況などの詳しい情報はホームページをご覧ください。ホームページには、学会の情報の他に、最新の地震情報、日本地震工学会論文集など多くの情報が掲載されています。ぜひご活用ください。

入会方法や入会後の会員情報変更の詳細は本会ホームページ中の「会員ページ」に記載されています。

日本地震工学会ホームページ <http://www.jaee.gr.jp/>  
会員ページ <http://www.jaee.gr.jp/members.html>



## 会誌への原稿投稿のお願い

日本地震工学会会誌では、「地域での地震防災に関する話題」、「地震工学に関連した各種学術会議・国際学会等への参加報告」、「興味深い実験や技術の紹介」、「当学会や会誌への要望や意見」等に関して、皆様からの原稿を募集しております。なお、投稿原稿は原則として未発表のものに限ります。また、「速報性を重視する内容（原則として年2回の発行であるため）」、「ごく限られた会員のみに関係する内容」、「特定の商品等の宣伝色が濃いもの」はご遠慮下さい。

投稿内容、投稿資格、原稿の書き方・提出方法等の詳細は、本会ホームページ中の「投稿・応募ページ」よりご確認頂けます。

日本地震工学会ホームページ 投稿・応募ページ <http://www.jaee.gr.jp/contribution.html>



## 問い合わせ先

不明な点は、氏名・連絡先を明記の上、下記までお問い合わせ下さい。

日本地震工学会 事務局 〒108-0014 東京都港区芝5-26-20 建築会館

TEL : 03-5730-2831 FAX : 03-5730-2830 電子メールアドレス: [office@general.jaee.gr.jp](mailto:office@general.jaee.gr.jp)

## 編集後記：

東日本大震災の発生から一年が経つ。私自身も一研究者として被害調査を行ったが、その中で、関東大震災の被害調査結果を扱う機械学会の論文に出会った。90年近く前のものである。このような先人の努力や知恵の積み重ねが今日の地震工学の礎になっていると言うことに感銘を受けたと同時に、今度は東日本大震災を経験した我々が次世代にその教訓を伝えていかなければならないという使命を痛切に感じた。

さて、これまで1月末、7月末に定期発行してきた本会誌であるが、東日本大震災の発生を受け、2011年10月末(前号)、2012年3月末(本号)に特集号を発行した。手前味噌ではあるが、いずれも本学会の特色を生かした、横断的で広範囲に及ぶ情報を提供出来たと思う。次号は通常通り7月末の発行を予定しているが、引き続き東日本大震災に関する内容をお届けする予定である。

最後になりましたが、ここを借りて、震災から一年というお忙しい中ご執筆頂いた著者の方々、関係者の方々に深く感謝申し上げます。

皆川 佳祐(埼玉工業大学)

## 会誌編集委員会

委員長	齊藤 大樹	建築研究所	委員	井澤 淳	鉄道総合技術研究所
幹事	千葉 一樹	東京理科大学	委員	椋山 健二	芝浦工業大学
幹事	皆川 佳祐	埼玉工業大学	委員	近藤 伸也	東京大学
幹事	津田 健一	清水建設	委員	紺野 克昭	芝浦工業大学
			委員	芝 良昭	電力中央研究所
			委員	副島 紀代	大林組
			委員	中村いずみ	防災科学技術研究所

日本地震工学会誌 第16号 Bulletin of JAEE No.16

2012年3月31日発行(年2回発行)

編集・発行 一般社団法人 日本地震工学会

〒108-0014 東京都港区芝5-26-20 建築会館

TEL 03-5730-2831 FAX 03-5730-2830

©Japan Association for Earthquake Engineering 2011

本誌に掲載されたすべての記事内容は、日本地震工学会の許可なく転載・複写することはできません。

Printed in Japan