

日本地震工学会誌

Bulletin of JAEE

No.17

Jul.2012

東日本大震災 特集号3

特 集：次の巨大地震に備える



<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17号 2012年7月)

Bulletin of JAEE (No.17 July.2012)

INDEX

巻頭言：

会員のベクトルを同じ方向に向けよう／川島 一彦	1
-------------------------	---

JAEE提言：

地震被害の軽減と復興に向けた提言 ー東日本大震災を受けてー／日本地震工学会	2
---------------------------------------	---

平成24年度日本地震工学会総会・特別講演：

懸念される南海トラフ巨大地震／阿部 勝征	6
----------------------	---

特集：次の巨大地震に備える

巨大地震のハザード予測と科学コミュニケーション／瀬戸 一起	7
九州から見える超巨大地震・津波防災の巨象／原田 隆典	9
南海トラフの巨大地震に対する減災に向けた東海地域の取り組み／護 雅史	14
南海トラフの巨大地震に対する高知県の取り組み ー高知工科大の活動を中心としてー／甲斐 芳郎	18
大分県南東部の小規模集落における津波避難場所の現状／梶田 幸秀	22
技術者と経営者の社会的責任に関する一考察／佐藤 清	26
Eーディフェンス実験にみる都市建物の地震被害例／長江 拓也	32
避難施設である体育館の耐震性／山田 哲	38
吊り天井の地震対策／元結正次郎	41
津波避難ビルの構造設計法／田尻清太郎、福山 洋、深井 敦夫、壁谷澤寿一、中埜 良昭	45
鉄道構造物の耐震設計基準の改訂／室野 剛隆	51
道路橋の耐震設計基準の改定の概要／星隈 順一、堺 淳一、片岡正次郎	57
東日本大震災におけるトラフィック分析と接続性を考慮した 防災災害情報システム／内田 法彦、柴田 義孝	64
ジェンダー・多様性の視点に基づいた救援・復興ー東日本大震災の経験からみた課題／池田 恵子	68

学会ニュース：

ヘルムート・クラヴィンクラー先生のご逝去を悼む／中島 正愛	72
一般社団法人日本地震工学会第3回社員総会ならびに講演会・贈呈式報告／渡壁 守正、永野 正行	74
■研究委員会の動き	78

学会の動き：

行事	79
会員・役員・委員会の状況	80
会務報告	82
論文集目次	84
出版物在庫状況	85
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	87
日本地震工学会15WCCEE寄付お礼ご報告	88

編集後記

会員のベクトルを同じ方向に向けよう

川島 一彦

●日本地震工学会会長、東京工業大学教授



日本地震工学会は会員数約1200人で、小さい学会と言われるかもしれませんが、わたしはそうは思いません。日本建築学会や土木学会、地盤工学会など、周辺に会員数が万を超える大学会有るため、こうした声が出るのだと思いますが、万を超える大学会有る範囲な領域をカバーしているために会員数が多いのです。ある特定の専門領域で活動する学会には会員数1000人以下の学会が多数あります。いわば、総合商社と専門商社の違いなのです。地震工学という間口が広く、奥行き深い学問領域に関わる専門技術者、研究者を1200人規模で抱えている学会は本会を置いて他にはありません。

もう一つ本会の特徴は、非常に高学歴の会員から構成されていることです。学位を持っている会員がどの程度いるかを調べてみると、会員の80%が学位を持っています。30代の会員に限ると、実に94%の会員が学位を持っています。わたしは、工学系の学会でこれほど学位取得者の多い、高学歴の会員から構成されている学会を知りません。本会は、

大変大きなパワーを持った学会だということができます。

しかし、こうした高い能力を持つ会員から構成されていても、会員のベクトルがばらばらな方向を向いていたのでは、学会として大きな力は発揮できません。地震災害の軽減に関する工学的な知識、技術の推進を図ることにより、安全・安心な社会の創造と保全に貢献するという共通の方向に会員のベクトルを向け、会員が一致協力して社会のニーズに答えるために活動を展開することが重要です。このためには、わたしは研究委員会活動が本会にとってきわめて重要な役割を持っており、活力の源泉だと思っています。研究委員会活動は、共通の目的に向かって会員が議論し、活動する場を提供すると同時に、これにより社会のニーズに貢献することにつながるためです。

たとえば、性能規定型耐震設計法に関する研究委員会では、本会でしか実施できない広範囲な施設、構造物を対象とする性能規定型耐震設計のあり方と実例を研究し、3年間の研究成果を「性能規定型耐震設計—現状と課題」と題した報告書としてまとめ、鹿島出版会から出版しました。また、原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会（亀田弘行委員長）では、日本原子力学会と協力して原子力施設の耐震問題に取り組み、4年間をかけて「原子力発電所の地震安全問題に関する地震工学分野のロードマップ」をとりまとめました。東日本大震災前から研究に着手し、原子力発電所の耐震問題を考える上で、社会に大きく貢献する研究成果を世に送り出すことができました。

さらに、本会の活動を活発にするためには、関連学会との協力が重要です。平成23年3月東日本大震災後には、本会と土木学会、日本建築学会、地盤工学会、日本機械学会、日本地震学会の6学会が、東日本大震災被害調査連絡会を立ち上げ、被害調査に関する情報交換からスタートし、平成24年3月には「東日本大震災に関する国際シンポジウム」を実施しました。6学会が連携したことにより、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ました。これは、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の地震防災問題を取り上げるために、本会が貢献すべき役割の重要性をよく表しています。

また、6学会に日本都市計画学会、日本原子力学会が加わった8学会で東日本大震災合同調査報告書編集委員会が設置され、「東日本大震災合同調査報告書」を作成しつつあります。まだ確定していませんが、合計30巻近くの報告書が震災後3～5年の間に出版される予定となっています。本会も関連学会と協力して「地震・地震動編」、「原子力編(仮称)」の作成を幹事学会として担当しています。

東日本大震災からやがて1年半が経過しようとしています。被災地の復興は遅々として進んでいません。災害の中で最も過酷な災害は戦争であると言われていました。戦後、戦争はすべきではないということと戦争はないということとを混同し、最も過酷な災害に対する法整備も体制作りも怠ってきた日本が、広域的な大災害に対峙するノウハウに欠けているのは当然のことかもしれません。わたしは被災地で偶然知り合った、ある牡蠣養殖業を営んでいる漁民の方から、「私たちのような被害を今後なくすために、日本地震工学会で勉強して行って下さい」と言われたことが忘れられません。私たちは幕末の動乱期に日本を襲ったと同じ地震の激動期を迎えようとしていると言われていました。本会の会員のベクトルを同じ方向に向け、社会に貢献できる活動を展開して行きたいと願っております。

地震被害の軽減と復興に向けた提言 — 東日本大震災を受けて —

●一般社団法人 日本地震工学会

まえがき

3月11日は9月1日、1月17日と並んで、我が国の震災史上、歴史に残る日となった。地震工学は、地震学、地震動、構造工学、構造動力学、地盤工学、津波、設計論、防災工学等、広範囲な学問・技術体系を結集し、地震災害から国民の生命と財産を守ることを目的とする工学である。

地震工学の困難な点は、我々が守らなければならない国民の生命と財産、これを支える各種の施設、システムは膨大な数に上り、いつも地震は弱点を突いてくるという点である。我々が戦うべき地震という敵がどこまで強いのかもよくわかっていない。3月11日前にはMw9.0の巨大地震が日本周辺に起るとは考えられていなかった。観測網の整備もあり従来知られていなかったほど強力な地震動が観測されるようになってきている。さらに、断層変位のように技術的対応に限られる敵もいる。

最新の科学に基づいた予測を出すことを目的とする理学と違って、工学は膨大な社会資産に対する責任を負っている。膨大な資産はその建設時の最新の知見に基づいて建設すればそれでのいではなく、人間活動に資するため建設後100年、200年といった長スパンにわたって機能を発揮していくことが求められている。

世界第1級の地震国であり、本来人間の居住に適さない沖積平野に大都市が位置し、また、国土の80%が山地で土砂崩壊が起りやすい上、長い海岸線を抱える我が国は地震の格好の餌食になりやすい自然条件を持っている。日本人はハンディーといってもよい厳しい自然環境を克服し、多様で豊かな文化・文明を築いてきた。これには、地震工学の進展が大きく貢献してきている。しかし、今後、安全、安心を求める国民のニーズに応えるためには、さらに飛躍的な向上を図っていくことが求められている。

2011年3月11日の大震災は、我が国の社会、産業、地域経済に甚大な被害を与えたのみならず、その影響は広く世界にも波及した。この大震災を受け、復興に向けて努力するだけでなく、将来に起こりうる大災害への対応に、本震災の教訓を生かさなければならぬ。そして、震災を経験した私たち世代の責務として、現世代のみならず将来世代にわたって安全、安心な生活を送ることができるよう、大局的な見地に立った対策を速やかにかつ着実に実行しなければならない。

本提言は、東日本大震災の教訓に基づき、社会の変容による災害の進化を想像し、これを未然に防ぐために国、国民、地震工学の専門家がなすべき事項をまとめたものである。最期に、提言のとりまとめを担当した「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）の委員各位に深甚なる謝意を表す次第である。

平成24年5月24日

一般社団法人 日本地震工学会
会長 川島一彦

一般社団法人日本地震工学会
理事会

会長	川島 一彦	東京工業大学
副会長	運上 茂樹	国土交通省国土技術政策総合研究所
副会長	若松加寿江	関東学院大学
副会長	芳村 学	首都大学東京
理事	澤本 佳和	鹿島建設(株)
理事	矢部 正明	(株)長大
理事	東 貞成	一般財団法人 電力中央研究所
理事	大谷 章仁	(株) I H I
理事	佐藤 俊明	清水建設(株)
理事	渡壁 守正	戸田建設(株)
理事	中埜 良昭	東京大学生産技術研究所
理事	高橋 徹	千葉大学
理事	鹿嶋 俊英	(独)建築研究所
理事	斉藤 大樹	(独)建築研究所
理事	木全 宏之	清水建設(株)
理事	五十田 博	信州大学
理事	山中 浩明	東京工業大学
理事	庄司 学	筑波大学
理事	永野 正行	東京理科大学
監事	河村 壮一	耐震環境コンサルタンツ
監事	翠川 三郎	東京工業大学

一般社団法人日本地震工学会
広域・システム災害対応特別調査研究委員会

委員長	東畑 郁生	東京大学
幹事	中村 孝明	(株)篠塚研究所
委員	八嶋 厚	岐阜大学
	翠川 三郎	東京工業大学
	松富 秀夫	秋田大学
	高田 一	横浜国立大学
	丸山 喜久	千葉大学
	欽田 泰子	神戸大学
	矢代 晴実	東京海上日動リスクコンサルティング(株)
	東 貞成	一般財団法人 電力中央研究所

目 次

提言要旨

1. 東日本大震災の特徴と教訓
2. 国への提言
3. 国民への提言
4. 地震工学の専門家への提言
5. 日本地震工学会の決意表明

提言要旨

日本地震工学会は、地震工学および地震防災に関する学術・技術の進歩発展をはかり、地震災害の軽減に貢献することを目的とする一般社団法人です。工学や社会システムの広い分野をカバーする特徴ある学会として活動をしています。平成23年に東日本を襲った大震災の被害実態、その後の復旧・復興への努力、そして近い将来に予想される大地震への対策構築などの状況を鑑み、日本社会全体に向けて次の提言を行います。

国へ

- ◆強靱なインフラ施設無くして地震に強い社会はあり得ない。したがって国はハード対策に注力し、人命の保護と災害の抑制に貢献する耐震化施策を、これまで以上に進める。
- ◆大震災を国家的危機と捉え、国家運営の見地から、国民の利益・福祉の拠りどころである経済基盤を護ることに努力を傾注する。
- ◆経済基盤が抱える災害リスクを明らかにし、経済基盤を揺るがす致命的被害を防止する。安全で豊かな社会の拠りどころとなる経済基盤を護り伝えるという基本姿勢を短期的な見地から破棄してはならない。
- ◆民間企業や個人が自主防災の努力を行いやすくなるよう、制度改革を図る。

国民へ

- ◆震災を経験した現代は、長期的かつ大局的な見地に立ち、将来世代への責任を果たす。安全で豊かな社会を将来世代へ引き継ぐことが、現代の責任である。
- ◆日本国は世界的にも稀な地震危険地域に存在していることを認識し、日常生活の中で災害の恐ろしさを子孫に語り伝える。
- ◆安全に絶対はないことを理解する。
- ◆災害の受忍限度を把握し、それぞれの安全目標を定め、自助努力を以って一定レベルの安全を確保する。

地震工学の専門家へ

- ◆社会の変容にともなう災害の変化を認識し、新たなタイプの災害を未然に防ぐため、慣習に囚われない想像力を発揮して、将来の新たな災害に対する技術開発を推進する。
- ◆社会システム全体としての安全性を捉え、そこから問題となる課題を探り出し、改善するという発想を持つ。
- ◆安全と安心の違いを認識し、国民が安心を実現できるよう、真摯に努力する。
- ◆安全を実現しようとする国民の自助努力を真剣に支援する。

日本地震工学会の決意表明

- ◆性能明示型耐震設計を推し進め、様々な構築物やシステムの耐震安全性を判断できる分かりやすい指標を提案し、併せて、安全確保とそ

れに必要なコストとの関係を把握できる情報を発信する。

- ◆災害予測情報の提供、地震・津波警報システムの拡充・改良など情報化防災社会の実現に貢献する。
- ◆地震に強い社会の構築を目指し、専門的な立場から、ハード対策とソフト対策のバランス・融合のあるべき姿を追究する。
- ◆国民に対し、地震の脅威や心構え、防災・減災の方策など、アウトリーチ活動を積極的に推進し、国民の自助努力に対して情報支援を行う。

1. 東日本大震災の特徴と教訓

東日本大震災は、失われた人命の多さだけから見ても未曾有の災害であったが、人々が未曾有と実感するに至った災害の特徴を俯瞰的に考察する。

一被災の広域波及と相互連関一

第一の特徴は、被害の広域性と波及性である。このことは単に被害の空間的広がりや数の多さを意味しているのではなく、様々な被害が互いに連関し、緊急対応を妨害しあい、二次的な災害を遠地にまで及ぼしたことを意味している。たとえば、製油所の被災に加え、津波で港湾の荷揚げ施設が破壊され、道路や鉄道の輸送も途絶したため、被災地の燃料が不足し、救援や緊急活動に多大な影響を及ぼした。工業生産のサプライチェーンの中で、重要な部品生産拠点が停止を余儀なくされた結果、遠く海外の工場までが操業停止した事態も見られた。また、放射能漏れを起因とした風評から、福島県の農・海産物の市場価格が低落し、その影響は被災地以外の地域にも波及した。このように、社会の細部に至るまでものごとが複雑に関わりあっている我が国においては、たとえある地域を揺るがす災害であっても、災害地域のみならず、遠地や海外にまで影響が及ぶことになる。これは各種ライフラインに加え、物流や情報伝達を支える社会基盤施設が高度に組織化され、また機能的に関連している現在社会の脆さを意味している。災害の広域波及のメカニズムや、施設の機能的関連性を考慮した防災研究は、これまで深く取り扱われたことがなかった。

一複合災害一

第二の特徴は、自然災害の複合効果が如実に現れたことである。地震動によってため池が決壊し、洪水流が下流の集落を襲い、犠牲者を伴う甚大な被害が発生した。強い揺れとそれに続く津波によって電源供給施設が破壊された原子力発電所もその例である。地殻が沈降した地域に台風の高潮が襲来することが憂慮された。平成23年夏季にはそのようなことは起こらなかったが、平成24年以降も同じリスクが続いている。また、液状化によって基礎部の津波抵抗に不足を生じ、津波被害を大きくした構造物は少なくない。複合災害の実態を調べることは必ずしも容易ではないが、複合災害が災害の規模を大きくすることは確かな事実であり、この種の研究を深化させることが重要である。

一膨大な個人資産の喪失と失業一

第三の特徴は、住居、宅地など膨大な個人資産の喪失と失業である。個人資産の喪失については、仙台周辺の宅地造成地の崩壊、津波による住居被害の例などがそれに当てはまる。また、関東地方では、軟弱地盤の液状化によって多数の住宅が沈下・傾斜した。この場合、逸失資産に加え復旧のための資金が必要になり、個人にとっては二重の負担となる。個人の損害を税金で補償するのは社会制度上困難であり、また地震保険も不十分な状況では、早期の生活再建は非常に難しい。一方で、被災地

域の経済活動は長期に亘って停止し、その結果、生活再建の根幹である雇用が失われていく。失業問題は生活再建の足枷となる。地震防災にかかわる専門家は、早期の生活再建を実現するための課題をハード・ソフト両面から探り、これを改善する枠組みに積極的に係わっていくことが重要である。

一社会の変容と新たな災害の様態一

第四は、東日本大震災を含めたこれまでの地震災害を俯瞰的に捉え、気づくことである。それは地震災害が起きる度に、新たに生じた脅威と対峙する構図が繰り返り起きていることである。これは社会の変容と共に、災害の様態が変化していることに起因している。例えば、関東大震災では木造家屋の火災が猛威を振るった。大火災の要因は炭や練炭による昼食の支度であったとされている。戦後、台風による洪水が頻発したのは、台風そのものの規模もさることながら、戦中戦後の治水の不備が原因であったと考えられている。兵庫県南部地震では犠牲者の多くは建物の倒壊や家具の転倒による圧死であった。これにより木造家屋の耐震化や家具の支持強化が話題となったことは記憶に新しい。また、東日本大震災の犠牲者の多くは、沿岸域に住む人々の大津波による溺死であった。その結果、現在は津波対策が大きな課題となっている。地震工学、防災工学は地震災害の経験と教訓を学習し、防災・減災技術の深化を進めてきた。たとえば地震国である我が国の大都市圏にはもともと地盤の悪い場所が多く、地震の災害を受けやすい。そういうところに総計数千万の人々が暮らしている。このような状況に対して地震工学は多くの試行錯誤の努力を行い、大都市域の地震危険度を徐々に低い水準に抑えてきたのである。しかし、現状は決して満足できるものではなく、社会の変容に応じて発生する新たな災害の可能性を予見し、広く社会に知らせることが必要である。

2. 国への提言

一ハード対策に注力を一

防災・減災対策には、耐震設計・耐震補強に代表されるいわゆるハード対策と、防災マニュアルや緊急対応組織の整備、防災訓練などのソフト対策がある。巨大災害から国家と社会を護るためにはいずれの対策も重要であることは論を待たないが、ソフト対策は2次災害の防止や救命に重要ではあるが、防災施設や安全な避難施設を整えてこそ、これらが生きてくる。強靱なインフラ施設なくして地震に強い社会はあり得ない。災害の破壊力を軽減し、また地域復興の原動力となる産業基盤を守るためにハード対策が基本となることを忘れてはならない。事実、主要道路や鉄道の早期復旧を可能にしたのは、現在まで耐震化に向けて継続的な努力が行われてきたことによる所が大きい。ハード対策にこれまで以上に注力すべきである。

一国民の利益・福祉の拠りどころである経済基盤を護ることを防災の基本とする一

人命の保護が最重要課題であることは言うまでもないが、ここで強調するのは、国民の利益・福祉の拠りどころである基盤を護ることである。我が国の場合、基盤とは「物づくり」、これを支える建物、物流、エネルギー、情報通信などである。こうした経済基盤を失うことは、国家の危機であり、国民生活は世代を超えて困窮する。また、被災地の復興においても、雇用の源泉である地域の産業、これを支えるインフラが重要であることは、現下の状況から明らかである。人命の保護に加え、経済基盤を護るために、国民間の短期的な人気・不人気に左右されることなく、必要な施策を優先的に実施しなければならない。国民生活の拠りどころ

である経済基盤の重要性を正しく認識し、これを広く国民に知らせるとともに、次の世代に護り伝えることを防災の基本とするべきである。

一経済基盤の抱えるリスクを明らかに一

稀な巨大地震では、国家の経済基盤を揺るがす相当の被害が生じることを覚悟しなければならない。この場合、早期の復旧と修復を目指すことが重要である。そのためには、経済基盤の基本となるライフライン、インフラ施設、生産・物流施設、情報通信施設などが抱えるリスクを明らかにすると同時に、これらがエネルギー・物流・人流に与える影響を考慮しつつ復旧方策を国全体として検討しておく必要がある。

一民間企業や個人の自主防災への努力を行いやすくするための制度の拡充を一

防災・減災への努力を国民が全て行政に依存することは、この提言では支持しない。国民や産業界が自主的な努力を真剣に積み重ねることが、真に大きな成果を生む、と信じているからである。しかし現下の法や社会制度の下では、防災への投資が税制上は優遇されていない。また、町内あるいは共同住宅の耐震事業で必要な合意形成には、話し合いと合意までの労力や時間に加えて、複雑な保険制度への調整が必要とされ、容易に進まないのが実情である。そのような状況を改善するための制度改革を進めるべきである。

3. 国民への提言

一長期的かつ大局的な見地に立った行動を一

巨大地震の発生は、数百年に一度程度の長い間隔を持つ。地震防災は、長期的な視点に立ち、現世代のみならず、将来世代の生活設計まで踏み込んだ取り組みが必要である。また、一つの決定が複雑に連鎖し、様々な人々の生活に影響する今日、不用意な決断や短慮な行動は、社会に思わぬ大きな不利益をもたらす。これらの点を十分踏まえ、国民は、眼前の状況に振り回されることなく大局的かつ長期的な見地に立ち、震災の教訓を踏まえて、国民の利益・福祉の拠りどころである経済基盤を含む安全で豊かな社会を将来の世代に引き継ぐよう、努力しなければならない。これは、震災を経験した私たち世代が、民主主義国家の主権者として将来の世代に対して負っている責務である。

一世界でも稀な地震危険地域に住んでいることを認識する一

日本は、世界的に見ても稀な地震危険地域に位置している。そこに居住する我々は、地震災害の脅威に日々曝されている事実を認識しなければならない。この脅威は、家族、住居、地域社会など生活の拠りどころを根こそぎ崩し去る重大事象であるとともに、その影響は公助の限界を超えた広範囲に及ぶ。また、日々変容する社会は、予想が難しい新たな災害の可能性を秘めている。国民は、地震の脅威に関心を持ち、居住地の危険度の把握から食料備蓄に至るまで、日常的に防災を意識した行動をとるべきである。さらに、過去の災害の記憶を風化させないためにも、日常生活の中で災害の恐ろしさを子孫に伝えることが重要である。

一安全に絶対はない一

多くの国民は安全を絶対のものとする傾向にある。「絶対に壊れない」とか「1つの構造物も壊れてはいけない」、「絶対に防潮堤を越える津波は来ない」、「絶対に安全でなければならない」等、安全を絶対のものとすることは現実と乖離し、安全への道筋を閉ざすことになりかねない。国民が現実を見ずに絶対の安全を求め、それが達成されたと錯覚した途端に、国民は安全への努力をしなくなるであろう。このことは、現実に大地震が発生した場合のリスクを押し上げるだけでなく、安全をさ

らに高めようと努力する人々に対し、「今まで絶対安全だと言ってきたのはウソだったのか」と批難するという、不幸な事態を引き起こしかねない。安全とは、現実と理想の狭間で各種の技術的、財政的、社会的制約を考慮し、多くの国民にとって「災害の起きる可能性が受容できるレベル以下に取っている状態」を意味している。「低いレベル」と「ゼロ」との間には大きな違いがあること、一人でも犠牲者を出すことは不条理ではあるが、現実を直視すると、社会のマジョリティーが災害から生命と財産を守ることができるようにすることが重要であることを認識しなければならない。より確かな安全への努力の道筋を閉ざさないためには、国民は、「安全に絶対はない」ことを認識しなければならない。

一国民は自助努力を以て安全を確保する一

稀な巨大地震では、耐震基準を含めた公的規制では、国民の生命・財産を護りきれぬものではない。また、公的保証や財政援助も国民から見ると十分ではない。したがって、相当の被害を受忍しなければならないのが現状である。国民の安全は他から与えられるのではなく、自らが努力して獲得しなければならないところが大きいという点を認識しておかなければならない。このためには、国民はどこまでなら耐え得るか、それぞれの目標を定めることが重要である。そして、自助努力をもって、一定レベルの安全確保を目指すべきである。これを地震工学の専門家が支援しなければならないことは、当然である。

4. 地震工学の専門家への提言

一慣習に囚われない想像と発信一

大災害が発生する度に、新たな災害の様態が現れるのは、社会の変容も一つの理由ではあるが、われわれ専門家が十分な想像力を持ち得なかったことも大きな問題である。これまでの災害経験の延長線上での防災対策は、複雑に変容する社会には不十分であり、およそ防災に関与する専門家は、想像力をもって、新たな災害の危険性を予見し、信念を持って発信する。特に、都市型の複合災害、これが及ぼす災害規模の拡大と連鎖など、これまでの被害想定では示されていない災害の様態を積極的に発信すべきである。

一社会システム全体としての安全性を見る一

東日本大震災では、人・物・エネルギーは十分行き渡らず、地域復旧の遅れを助長し、また企業努力の及ばないところで事業停止を余儀なくされた。産業施設、社会基盤施設は相互に関連したシステムとしての脆さを露呈する結果となった。これは、構造物単体に着目したこれまでの耐震設計法や耐震診断に、重要な課題を示唆している。システム、あるいは仕組み全体としての安全性を評価し、そこから問題となる課題を探り出し、そこを改善するという発想が必要である。つまり「木を見て森を見るのではなく、森を見てから木を見る」に、発想を転換すべきである。

一情報発信は、先ず安全認識の違いを理解する一

専門家が主張する安全と、国民が求める安心とは必ずしも一致していない。この違いは、国民の誤解や不信を招き、場合によっては誤った行動による社会的不利益を被ることがある。風評被害はその実例である。実現象がある程度不確定であるという条件の下で、リスクが受容できる水準にとどまっている状況を安全と呼ぶ場合が多い。これに対して安心は、未知性や恐ろしさ、情報の出し手の信頼性などを含む主観的なものである。専門家は、安全は安心の必要条件の一つに過ぎないことを認識し、国民の心情や置かれている立場を理解した上で、国民が少しでも安心と感ずることができる社会を目指して、真摯に努力すべきである。

一工学の本質を踏まえ、国民に向けて安全に関わる説明や情報発信を行う一

解明しきれない自然現象や構造物の不確実な挙動、さらに制約条件としての時間やコストを前提に、自然現象を含めた外力に対して構造物が備えるべき安全の度合いを合理的に定め、具現化するのが工学である。これは、地震災害が持つ不確実性の下では、絶対的な安全はないことを意味している。専門家は、安全性に関わる説明や情報発信において、先ず、このような工学の本質を共通の理解とすべきである。その上で、地震工学者は安全を実現しようとする国民の自助努力を真摯に支援する。

5. 日本地震工学会の決意表明

地震防災・減災は、分野を超えた総合技術によって、はじめて可能になる。地震学、建築、土木、地盤、機械工学、防災学など様々な分野が集う日本地震工学会は、広範囲な地震工学分野からの研究・開発、情報発信に責任を有している。日本地震工学会は、この視点から、以下の事項を実施し、社会の地震防災の向上と防災・減災を目指す国民の自助努力に貢献する。

一安全と必要コストの周知を一

世界的にも見ても過酷な地震危険地域に住む我々は、一定程度の防災への負担を負わなければならない。しかしながら、多くの国民は、どの程度の負担をすれば、どの程度の安全が保たれるのかを把握していない。この原因は、様々な産業施設、社会基盤施設が持つべき耐震性能とこれを達成するために必要なコストに関する情報が専門家から発信されていないためである。日本地震工学会は、性能明示型耐震設計を押し進め、様々な構築物やシステムの耐震安全性を判断できる分かりやすい指標を提案し、併せて、安全確保とそれに必要なコストとの関係を把握できる情報を公表する。

一情報化社会の発展を地震防災の実践にも一

情報の創出と発信・受信、人間への伝達など、情報化技術の発展は目覚ましい。この趨勢を地震防災の実践にも積極的に取り込むべきである。たとえば、地震災害予測情報の提供、地震・津波警報システムの拡充・改良などの研究を通じて、情報化防災社会の実現に貢献する。

一ハードとソフトの防災技術の融合一

稀な巨大地震災害に対しては、従来型のハード強化策だけでは、コストの制約によって、十分な安全を達成することができない。そこで、情報伝達や避難誘導などのソフト対策が注目されている。しかし避難所が破壊されればソフト対策も無意味となるほか、国家の運営に不可欠な経済基盤や、震災復興の柱となる地域の産業施設も、ソフト対策では災害から護ることができない。したがって、日本地震工学会は、高度に専門的な立場から、ハードとソフトのバランス・融合のあるべき姿を追究する。

一アウトリーチ等、社会への情報還元活動を積極的に一

国民一人一人が、地震の脅威や防災に関心を持ち、必要最小限の防災知識を持つことが重要である。しかしながら、日常生活の中で、このような知識を得る機会は必ずしも多くない。日本地震工学会は、国民の自助努力を支援する立場から、学校や住民説明会など、様々なチャンネルを利用し、地震の脅威や心構え、だれでもできる防災・減災の方策などを説明する機会を積極的に造る。

懸念される南海トラフ巨大地震

阿部 勝征

● (公財) 地震予知総合研究振興会理事、地震調査研究センター所長、東京大学名誉教授

1. 中央防災会議における防災対策の変更

中央防災会議が設置された当時は、過去に起きた最大規模の地震を想定するという考え方が採られていた。しかし、2011年東北地方太平洋沖地震の教訓と、それを事前に想定できなかった事態を受け、防災対策の考え方を大きく変更した。

今後の想定される地震・津波の考え方を図1に示す。防災対策で対象とする地震・津波の考え方として大きく変更した点は、今後はあらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討するという点である。このため、津波対策には以下の2つのレベルを想定する。

1) 発生頻度は極めて低いものの、甚大な被害をもたらす最大クラスの津波に対しては、人命を守ることを最優先する。

2) 発生頻度は高く、津波高さは低いものの大きな被害をもたらす可能性がある津波に対しては、人命保護に加えて財産保護、地域の経済活動の安定化、効率的な生産拠点の確保の観点から海岸保全施設等の整備につとめる。

以上のような考え方にに基づき、今後懸念される南海トラフ巨大地震の防災対策の検討が行われている。

2. 懸念される南海トラフ巨大地震

南海トラフ沿いの巨大地震は、南から押し寄せるフィリピン海プレートが陸側のユーラシアプレート下に潜り込む場所で発生する。ここでは過去に繰り返し巨大地震が発生している。

新しく想定した南海トラフ巨大地震の震源域を図

2に示す。2003年に公表したモデルは、史上最大の地震であった1707年の宝永地震を想定していたが、2012年3月31日に公表した南海トラフの巨大地震は、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの地震を想定している。その震源域は、北側はプレートの深い領域まで拡大させ、西側は日向灘までを考慮している。そして、東北地方太平洋沖地震を踏まえ、トラフ軸に沿った浅い地域に津波地震の震源域を想定している。震源域の面積は2003年モデルの2倍程度になり、地震のマグニチュードは9.0になる。その結果、想定される津波高さは、2003年モデルよりも2～3倍程度増大している。また、いくつかの想定モデルから求められた中の最大値として求めた想定される震度分布では、震度6強以上となる地域は2003年モデルよりも大幅に拡大している。

今後、中央防災会議は新しく想定された南海トラフ巨大地震の地震動、津波高さを受けて、人的被害、建物被害、経済的被害などの被害想定を行う予定である。

3. 今後の方針

懸念される南海トラフ巨大地震の震源域付近の西日本では人口も多く、東日本大震災よりも被害がさらに甚大になると予想される。今後、被害想定ならびに被害軽減のための防災対策の方針、大綱を検討する予定である。



阿部 勝征氏

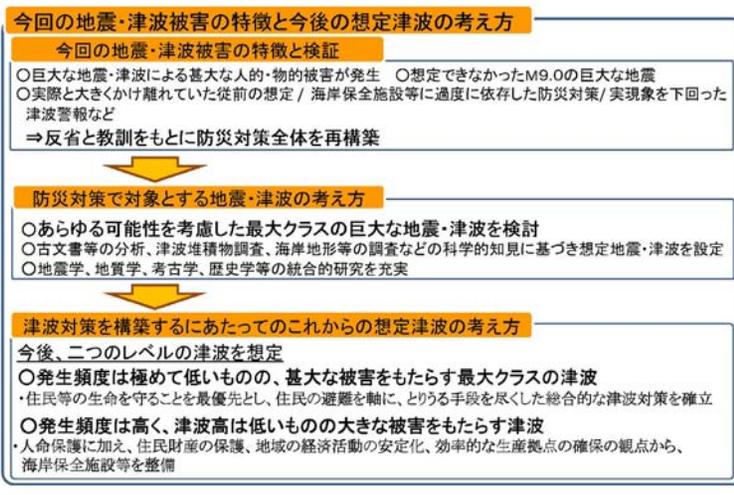


図1 今後の想定地震・津波の考え方

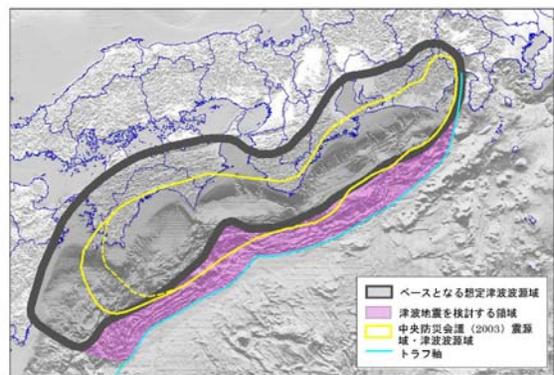


図2 新しく想定した南海トラフ巨大地震の震源域

巨大地震のハザード予測と科学コミュニケーション

瀨瀬 一起

●東京大学地震研究所 教授

1. はじめに

特集「次の巨大地震に備える」の巻頭言のようなものを書いて欲しいとのご依頼を、川島会長と会誌編集委員会からいただいた。編集委員会からは「想定地震に対する地震動予測」という仮題もいただいたが、ここでは現在の自分をもっとも悩んでいることを書かせていただくと考えて、このようなタイトルとした。

地震学では「巨大地震は大体M 8弱より大きい地震を指す」¹⁾ので、 M_w 9.0²⁾～9.1³⁾の東北地方太平洋沖地震（以下、東北地震と略記）を巨大地震と呼んでは表現として弱いだろう。そこで我々は、こなれない言葉だが「超巨大地震」と呼んでいる⁴⁾。つまり、「次」とは当然、東北地震の次であろうから、東北地震の経験を踏まえて次の巨大地震に備えるということは、超巨大地震になることも念頭においてハザードを予測することになるだろう。なお、ここでハザードとはもちろん、地震動だけではなく津波なども含むことになる。

2. 南海トラフの地震

ハザード予測は大別して、震源モデルの構築とハザードの計算というふたつの部分に分けられる。前者は主に地震学などいわゆる科学が担当する部分であり、後者は主に地震工学など工学が担当する部分であろう。そして、後者は本学会会員などの努力で随分、精度が向上したが、前者は依然として大きな曖昧さを伴うのが現状である。東北地震では、地震そのものが想定外であったので、震源モデルを構築するという作業自体が行われなかった。

昨年（2011年）末に内閣府防災担当⁵⁾から公表された南海トラフの地震の震源モデル（図1）は、こうした地震の科学の力不足への反省を踏まえたものと想像できるし、これまでは最大でもM 8.5程度の巨大地震しか考慮されなかったが⁶⁾、地震動と津波に対してM 9.0あるいは9.1の超巨大地震が想定されている。また、地震動や津波の計算が行われた後、本年（2012年）3月31日に行われた報道発表では「科学的知見に基づき、南海トラフの巨大地震対策を検討する際に想定すべき最大クラス」と述べられた⁷⁾。

この微妙な報道発表は、現時点で得られる科学的知見を最大限活用してはいるが、それでも地震の科学に

限界があるので、完璧に科学的な最大モデルではないと読むべきである。たとえば、震源モデルの西端を図1の場所に設定した理由については、少々長くなるが引用すると「最近のフィリピン海プレートの形状等に関する研究成果によれば、四国沖から日向灘にかけてのフィリピン海プレートの運動方向には大きな変化はなく、プレートの厚さも概ね同じ薄い構造であるが、九州・パラオ海嶺が沈み込んでいる付近で、フィリピン海プレートは厚い構造となっていること」⁵⁾しか述べられていない。

震源モデルの西端付近でプレートが厚くなっているのは科学的な事実だが、そこで超巨大地震の断層破壊が止まるということに関しては、何か科学的根拠が挙げられているわけではない。それどころか、九州・パラオ海嶺を突き抜けて琉球海溝まで断層破壊が及ぶとの説まで現れている⁸⁾。ところが、報道発表を聞いた記者たちは「科学的に考えうる最大」と理解して記事を書いたので⁹⁾、多くの国民もそう捉えたであろう。

筆者を含めた研究者は常識的に考えて内閣府防災担当が述べたことが正しいと感じるが、そうした常識を超えた事象が起こることを忘れてはならないというのは、東北地震と東日本大震災の最大の教訓だったはずである。言い換えれば、これは科学コミュニケーションの問題だと言うことができるかも知れない。

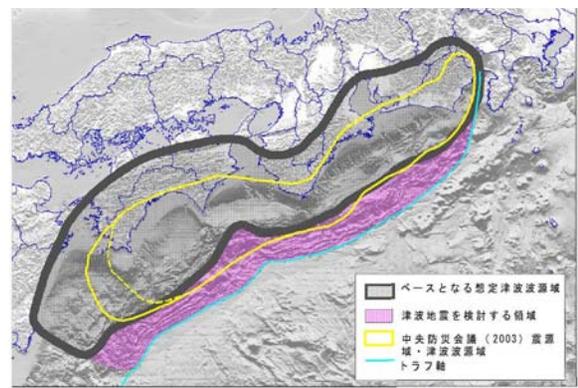


図1 南海トラフの地震の震源モデル⁵⁾

3. 首都直下地震

「次の巨大地震」の例として、南海トラフの地震に並んで首都直下地震が挙げられることが多いだろう。

しかし、中央防災会議¹⁰⁾が首都直下地震と定義する地震群のうち、大きなものを地震調査委員会⁶⁾が「その他の南関東で発生するM7程度の地震」と呼ぶくらいであるから、それらを巨大地震とは言い難い。それでも政治的あるいは経済的機能の集中した地域を襲う首都直下地震の重要性は、南海トラフの地震に匹敵するであろうから、編集委員会の求めにここで応じたい。

首都直下地震でまず触れなければならないと筆者が考えるのは、本年(2012年)1月に起こった発生確率「4年以内70%」の騒動である。ごく短く言えば、東北地震により首都圏で誘発される地震のうち、M7以上のものが起こる確率を計算した研究グループがあった。使われた計算式はMと地震個数の関係式であるGutenberg-Richterの式と、誘発地震の数を余震の数に見立てた改良大森公式である。

余震と同じように誘発地震も時間が経つにつれ急速に少なくなるから、発生確率を公表するならその時点の値を公表しないと誤った情報になってしまう。ところが、昨年9月の値が本年1月のある新聞の朝刊1面に載ってしまったので大騒動となったのである。著名な欧米メディアからも直接問い合わせが来る事態になって、当時、勤務先の広報部門に所属していた筆者は部下とともにこの大騒動が鎮静化するよう最大限の努力をしていた。

発端から約1カ月、ようやく努力が実ろうとしていた頃、同じ新聞社が再び、公表前の新しい震度予測の情報を入手して、中央防災会議の2005年予測¹⁰⁾にはなかった震度7が現れる旨の記事を朝刊1面に掲載したので、大騒動は振り出しに戻ってしまった。しかも、この新しい震度予測を担当していたのが筆者自身の研究グループであったため、それから4月上旬まで続いたできごとは筆舌に尽くせないものであった。

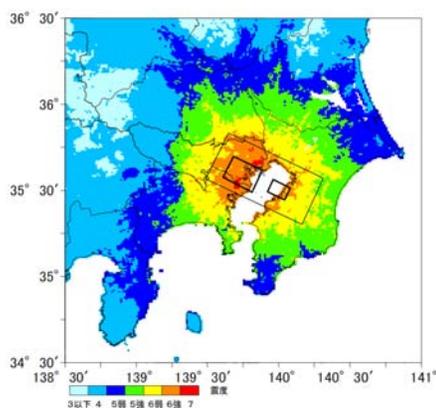


図2 首都直下地震の予測震度分布¹¹⁾

大騒動が続く中で特に腐心したのは、図2のような予測震度分布¹¹⁾がひとり歩きしないようにということ

であった。ここで使われているシナリオ地震動予測の手法では、震源モデルは多数の仮定の上に作られた可能性(シナリオ)のひとつに過ぎない。ところが、予測結果が公表されると、そのシナリオの地震しか起きないと思込まれる危険性が常につきまとう¹²⁾。特に、騒動によって首都直下地震への住民の関心が異常に高まっている中では、この危険性がひどく高くなっていたので、図2を報道発表する際には細心の注意を払ったつもりだったが、結果はみなさんが新聞やテレビで見られたとおりである。

4. おわりに

地震工学や地震学は国民の生命や財産に関わる自然現象を扱っている。そのため、科学は万能といった科学コミュニケーションをしていると、知らぬ間に国民の安全をおびやかす事態に陥りかねない。東北地震ではそんな事態を多数目の当たりにした。今後の巨大地震のハザード予測で同じ過ちを繰り返してはならない。

参考文献

- 1) 宇津徳治：「地震活動総説」、東大出版会、1999
- 2) 気象庁：報道発表資料第28報、21頁、2011
- 3) Global CMT Project：Global CMT Catalog、2011
- 4) 大木聖子・纈纈一起：「超巨大地震に迫る」、NHK出版、205頁、2011
- 5) 内閣府防災担当：「南海トラフの巨大地震モデル検討会中間とりまとめ」、71頁、2011
- 6) 地震調査委員会：「全国を概観した地震動予測地図」報告書(分冊1)、213頁、2005
- 7) 内閣府防災担当：「南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について」、4頁、2012
- 8) 古本宗充：科学、Vol. 81、No. 10、1045-1046、2011
- 9) たとえば読売新聞：4月1日朝刊、2012
- 10) 中央防災会議：「首都直下地震対策専門調査会報告」、92頁、2005
- 11) 文部科学省：「首都直下地震防災・減災プロジェクトにおける震度分布図の公表について」、7頁、2012
- 12) 岡田義光・纈纈一起・島崎邦彦：地震の予測と対策、科学、Vol. 82、No. 6、636-643、2012



纈纈 一起

1980年東京大学理学系研究科修士課程修了。東京大学地震研究所助手、オーストラリア国立大学客員研究員、東京大学地震研究所助教授を経て現職。理学博士、専門分野：応用地震学。

九州から見える超巨大地震・津波防災の巨象

原田 隆典
●宮崎大学 教授

1. はじめに

「地震災害が怖くない社会」ができればどんなに素晴らしいことだろう。残念ながら、多くの先人の努力にも関わらず、現代社会はいったん巨大地震が起こると、国が衰退してしまうほどの危機をはらんでいる。2011.3.11以降、このような意識が全国的に高まった。九州各県からの東北被災地への支援を通じ、被災地の現状を知るにつれ、我が地域は大丈夫か、地域を守るには何をすればよいか等の不安が生じているのが現状だ。3.11当初の「想定外」という言葉から「最悪の事態へ備える」へと想定が高まり、不安と恐怖を盛り上げているように思える。著者自身、「災害の想定と危機管理の在り方」について一定の答えをみつけようと地域で講演会を始めた(例えば、¹⁾)。幸い、1923年関東大震災当時と比べ、市民の教育レベルは高いため、これらの「最悪事態」という言葉に振り回されることなく冷静さが保たれ、九州の超巨大地震・津波被害の想定と対策が一歩ずつ動き始めている。

ここでは、動き始めている九州の超巨大地震・津波防災の現状と課題の列記は、委員長高橋和雄(長崎大学名誉教授)の「長崎県地域防災計画見直しに関する提言」²⁾に譲り、むしろこの提言や宮崎県の地域防災計画に関係し、今後の課題や地震工学会に期待すること等について著者の考えたことを記述し、会員からのご指導・意見を募集したい。

表題は、片山恒雄先生(東京大学名誉教授)から教わった「巨象も踊る」という本³⁾を意識したものである。この本は、巨額な赤字を出して不振に陥っていたIBMを立て直したルイス・ガースナー氏の自伝書である。これに倣って地震防災を巨象にたとえると、地震工学の成果によって「巨象も踊る」ことになれば、地震工学の勝利である。

2. 過去のデータからみる大被害地震の規則性

—日本列島は地震被害の多発期に突入—

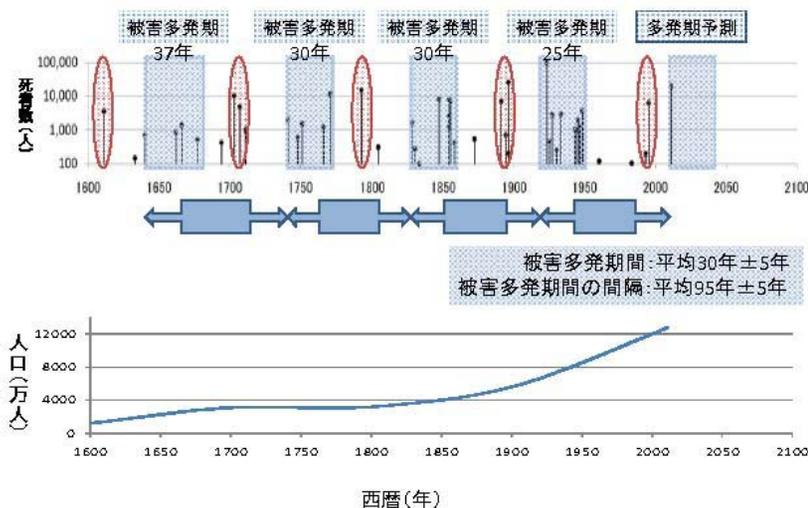


図1 過去400年間の大被害地震の発生パターンと人口の履歴

我が国において、「20世紀」の100年間に、死者・行方不明者数が1,000人以上となった「大被害地震」が9回も起こっているという事実を、どのくらいの市民が知っているだろうか。知らない市民が圧倒的に多い。

ここで、大きな被害をもたらした大被害地震を詳しく紹介する。図1は、1600年から2011年の約400年間での死者・行方不明者数100人以上の地震の発生年等を宇佐美龍夫の日本被害地震総覧⁴⁾より取り出し、その「被害地震の発生年と死者・行方不明者数」と「日本の人口」をプロットしたものである⁵⁾。

図1に示すように1,000人以上の死者・行方不明者が出る地震が頻繁に起こる「被害多発期」の期間は25年間から37年間であり、このような「被害多発期」の間にも、同じように1,000人以上の死者・行方不明者が出る地震が起こっていることがわかる。6,400人を超える死者・行方不明者を出した1995年の阪神・淡路大震災、約2万人の死者・行方不明者となった2011年東日本大震災も図1にプロットしている。

この図に示す過去の被害多発期の発生パターンから推察すると、2011年東日本大震災は次の被害多発期の始まりであることがわかる。すなわち、多くの犠牲者が出る地震が頻発する時期に突入したと考えて、今後は、国・自治体・企業・市民がそれぞれの立場において大被害地震に対する最大級の危機管理をしなければならぬ時代と言える。

これからの地震被害を最小限に食い止めるためには、日本中の人々が、こんなに多くの地震が起こる国に暮らしているという事実を知り対策を考え、これを実施する。その対策効果と費用を検証する。このような地震被害を減らす考え方が当たり前であるような社会環境になれば、2011年から始まったと考えられる次の被害多発期での犠牲者は激減できる。

このような「地震被害の履歴」と「次の被害激減対策」と「その効果に関する情報発信」において、学術団体としての地震工学会が果たす役割は大きい。図1の履歴が繰り返すならば、次の大被害地震までの時間は少ない。

「巨象の実像をつかんで躍らせる」ためのビジョンと研究課題を明示し、研究成果を世に問う準備を急がなければならない。

3. 宮崎県の超巨大地震・津波防災の現状と課題

宮崎県のこれまでの地震被害想定は、過去の記録と地震学の学説に基づき、日向灘で起こるM7.5の「日向灘南部地震」、「日向灘北部地震」と直下地震M6.5の「えびの小林地震」および中央防災会議が示していたM8クラスの「東南海・南海地震」の合計4つのシナリオ地震を採用していた。

「日向灘南部地震」は、1662年の日向灘地震（地元では「とんどころ地震」と呼ぶ）を再現したものである。この地震の津波によって7つの村が海に没したとの記録があり、その地域の一郭に50年毎に石碑が建立されてきた⁵⁾。いま、この日向灘地震が起こると、宮崎平野では震度6強の揺れとともに液状化が広い範囲で発生し、その10分後に5～6mの津波が沿岸部を襲うと想定されている。最悪のケースで死者数1,000人弱の被害想定となっている⁶⁾。

2011.3.11以降の7月より従来の被害想定の見直しが始まった。従来の想定に加えて、M8とM9の日向灘地震並びに、中央防災会議が検討している日向灘を含むM9南海トラフ地震、の3つの巨大または超巨大地震シナリオによる被害想定と防災計画を2013年3月までに策定する予定である。

M9日向灘地震とM9南海トラフ地震では、400kmと長い沿岸線を持つ宮崎県沿岸部に7～15m程度の津波が来襲すると考えられる。西日本の太平洋沿岸部には15m以上の津波が考えられる。

よく知られているように関東圏には、標高10m以下に住む人口100万人以上の都市が密集しており、また、東九州を含む西日本の太平洋沿岸部にも、5万から100万人以上の地域が広く分布している。このため、M9

南海トラフ地震による強震震動と津波被害の広域複合災害にどう備えるかが課題となるが、被害規模としては、100兆円を超えることが想像できる。このことは、東北被災地の経験と、いま進んでいる地域再建の経験が直接的に使えない被害規模を意味する。

広域大規模複合災害の被害想定ができた後に策定する防災計画においては、東九州沿岸地域のどこをどの程度守るのか、バックアップ機能を持つ都市をどの程度機能強化するのか、事前準備と事後の復旧・再建準備とその財源の確保をどのようにするのか等、難しい課題が多い。

災害対策基本法に基づく防災基本計画は、各省庁の策定する防災業務計画と都道府県および市町村地域防災計画に分かれており、国が衰退してしまうほどの被害規模を考えたものではない。県単位では対処できない課題が多いため、この枠組みの改正も視野に入れる必要がある。このため、内閣府は、2012年6月に「南海トラフ巨大地震対策協議会」を設置し、その下に九州ブロック会議など西日本を6つに分けたブロック会議も設置し、ブロック毎の被災時の協力体制、国への要望などに取り組む動きを始めている。

この際に重要なことは、企業を例にするとわかりやすいが、何に失敗すると倒産するかを企業は常に考えているように、各ブロックの限界災害規模または、致命的被害規模を評価しておくことだと思う。今後、具体的に地域防災計画を策定する中でこれらの課題をいかに克服していくのかの模索が始まる。

このように国が衰退してしまうほどの広域大規模複合災害への財源や対処の戦略等、これまで全く経験蓄積が無い国の行財政整備への提言や、広域大規模複合災害の可能性並びに、各ブロックの限界災害規模とブロック毎の事前準備と事後の復旧・再建準備とその財源配分に関する基礎的研究に関して、地震工学会が情報を発信すべく検討を始める時期だと思う。

もう一つ指摘したいことは、いま中央防災会議で想定しているM9南海トラフ地震の震源域は西日本と四国の中央を貫く中央構造線を越えた内陸部まで広がっているため、中央構造線と周辺の活断層が連動する地震シナリオに関する地震学的検討が不足しているということである。

4. 超巨大地震・津波防災における「危機管理と企業防災」のすすめ

日本列島は、自然の猛威の厳しい地域にあり、狭い国土に多くの人口を抱え、資源少国であるにもかかわらず、明治維新の開国以来、「欧米列強に追いつけ追い越せ」というスローガンの元に、殖産興業・富国(殖

産興業による経済力向上)強兵を目的として、近代産業の育成を図った。1923年関東大震災、第2次世界大戦での敗北等の国家的危機を乗り越えるため、敗戦後は加工貿易で経済発展を目指し、世界一流の産業・経済発展を遂げてきた。そして、いま世界経済が不安定化してきたところに起きた2011年東日本大震災により、再び国家的危機に直面している。

地震・津波による原子力発電所(原発)事故は世界初のことであり、これが国家的危機に拍車を掛けている。国土が広く自然の猛威が少ないアメリカ、フランスの原発保有数がそれぞれ104基、59基であるのに対し、狭い国土で自然の猛威の厳しい日本は、それを50基も造ってきた。単位平方キロメートル当たりの原発の数(原発密度)は、世界第1位だろう。このことだけでも原発に関する危機管理(安全管理)能力に問題があったといわざるを得ない。

大小を問わず事故や災害は思わぬ時にやってくる。被災した後に「こうしておけば良かった」と後悔するのが一般的な人間だろう。このことは行政や企業にも当てはまる。人口の集中や社会の複雑化とネットワーク化、グローバル化に伴って、ほんの小さな失敗や事故が瞬く間に広がってしまい、結果的に大被害へと拡大する時代に暮らしていることを、私たちは忘れてはならない。事実、金融危機、自然災害によるサプライチェーン問題等が現実化し、日本でも、社会や企業において、「危機管理」や「リスクマネジメント」という言葉が頻繁に使われるようになり、被害拡大を防ぐための「一歩先を見据えた戦略と事前準備」の必要性が認識され始めている。

この「リスク」という言葉は、好ましくないものという漠然とした意味で使われることも多い。しかし、よく知られているように、これを定量化する時には、「リスク:R」は「損失額:C」と「その損失をもたらす事故発生確率:P」をかけ、 $R=C \cdot P$ として定義される。このように捉えると、「リスク:R」を減らすには、「損失額:C」または「事故の発生確率:P」を減らすという2つの基本的対策があることがわかる。

この定義からリスクを見ると、日本の危機管理の特徴として、災害が発生しないように構造物や堤防を整備する「事故の発生確率:P」を減らす対策に重点が置かれすぎていることがわかる。災害が発生した時には、早期復旧のためにお金を使い損失額を減らす努力をするが、災害規模が大きくなれば、このような泥棒を捕まえて縄を編むような泥縄的対応では、2次、3次災害が起り、損失額が増えることになりかねない。今後は、「損失額:C」を減らすための「戦略と計画的対策」と「技

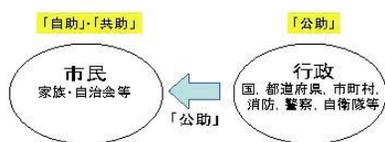
術開発」の2点に重点を移す必要があると思われる。

ところで、防災の目的は「国民の生命と財産を守ること」と言われるが、相対的に「命を守る」の方に重点がおかれてきたように思う。2011.3.11の経験を踏まえると、「産業や企業を守ること」を推進し、「人命と産業を守る」という2本柱を立て直して、本来の防災の目的を推進する必要があると思う。その理由は、グローバル化した現代社会では、産業・企業が被災すると、我が国の経済力が激減し、結果的に再建が困難になり、生き延びた人が大変苦勞することになるからである。もし、企業防災がすすむと、「企業とその従業員が健全」となり、「地域の被害が激減」し、「行政の対応・復旧費が激減」し、結果的に「地域が健全」という正のスパイラル効果が現れてくる。

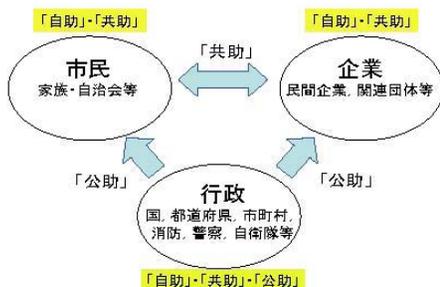
国家的危機状態として想定される戦争、経済破綻、テロ等の国防と同様に、国家的危機状態になるような大きな自然災害、事故に備える一元的な組織や制度が必要な時代になっていると思う。

上記に企業防災の重要性を述べたが、このことを考慮すると、従来からよく使われる防災における「自助」「共助」「公助」の考え方は、防災を担う対象を「行政」対「市民」の2つに区分し、その役割として捉える考え方に基づいていることがわかる。しかし、いまの日本社会における企業は、経済、雇用に至る国民生活全般に極めて大きな影響を与える存在である。企業が自然災害で被災すると、世界や国、並びに地域の経済・雇用に深刻なダメージを与えるまでに社会における企業の役割は大きくグローバルになっている。防災に関する法律として「災害対策基本法」が制定された1961年当時と現在の社会情勢は大きく違い、防災を「行政」対「市民」の2つに区分して捉えるだけでは、社会の防災力向上は進まない。また、1995年阪神・淡路大震災でこれまでは想定していなかった「行政」機能が庁舎の倒壊、ライフライン損失によって麻痺し、公助の要となる「行政」が被災し、復旧が混乱したが、幸いに国や他自治体の「共助」により乗り切ることができた。2011.3.11でも再び「行政」機能が麻痺した。

今後の防災においては、企業と行政の防災・減災を考慮しておかなければならない。したがって、防災対象を「行政」、「市民」に「企業」を加えた3つに区分し、それぞれの役割から防災・減災を捉えると、「自助」「共助」「公助」を3つの区分に広げて適用することの必要性がわかる。このような災害への備えと対応の担い手～行政と企業防災を考えた自助、共助、公助の新しい枠組み～を模式的に示すと、図2(b)のようになる(図2(a)は従来の考え方を示す)。



(a) 従来の自助、共助、公助の考え方



(b) 新しい自助、共助、公助の考え方

図2 防災・減災における従来および新しい「自助」「共助」「公助」の考え方の説明⁵⁾

ここでいう「市民」は、これまでと同様に家族と自治会（隣近所）で構成される。「行政」も、これまでと同様に自衛隊、警察、消防を含む国、都道府県、市町村となる。新しく加える「企業」は、民間企業とJAや商工関連団体・組織が含まれる。これら3区分の「市民」「行政」「企業」には、それぞれの役割として「自助」と「共助」の体制を構築する必要がある。このことは、行政BCP（事業継続計画）、企業BCPとも呼ばれ、行政、企業にはその機能を維持し継続するための「自助」「共助」が強く求められることを意味する。

著者は、企業防災に公的資金を投入できる制度が必要であると思う。宮崎県では、2012年度予算に企業防災支援費並びに、県庁の防災拠点施設整備とそのバックアップ拠点整備の調査費を計上している。

5. 危機管理におけるコンピュータシミュレーション(CS)技術の重要性

これまでのように過去の災害経験を教訓にして防災・減災対策をすることは重要である。しかし、超巨大地震・津波災害は、極めて稀にしか起こらず、発生すると国家が衰退するような被害となる「低頻度激甚災害」に対しては、過去の災害経験に頼りすぎる、いわゆる経験主義は通用しないことを肝に銘じて、上述したような「危機管理」の手法を取り入れる必要がある。「危機管理」では、想定外の事が起こったとしても

対応を誤らないようにすることが目標になる。言い換えれば、起きた状況に臨機応変にベターな方向への反応ができるようにしておくことが目標となる。このような危機管理能力向上を図るためには、経験の蓄積と同時に、起こり得るあらゆる状況の組み合わせを想定し、対処の仕方を訓練することが必要になる。幸い、コンピュータの性能・技術が充実してきているので、コンピュータ内に超巨大地震を数百回発生させたCSによって、被害の様子を観察する。これにより現存の防災機能や地域の弱点を洗い出すことができ、これらの弱点の対策案を取り入れたシミュレーションを繰り返し、対策案の効果を見る。こうして効果的な対策の実施が進み、地域全体の防災力が向上すると思う。また、被害状況を市民に公開することにより、地震・津波被害を減らす考え方が当たり前であるような社会の醸成ができ、臨機応変に反応できるようになる可能性がある。かつて、寺田寅彦が述べた「被害の方は注意次第でどんなにでも減らせる可能性がある」ことが実現できる段階にあると思う。

暫定的だが、日向灘を含むM9南海トラフ地震による地震動や津波計算結果を昨年7月から公開してきた⁷⁾。2012年3月、中央防災会議から公表されたM9南海トラフ地震も、既に私達が想定したM9地震や浸水域等と殆ど同じである。

震源断層から一貫して捉えた地盤・基礎・重要生産施設・社会基盤構造物の地震動と津波の複合応答挙動の予測と対策案の効果に関するCS技術の研究開発⁷⁾は、今後の重要な研究課題であると思う。

6. おわりに

—地震災害の研究レベルと専門家が肝に銘じるべきこと—

災害の研究は、医学や生産工学の分野に比べるとかなり遅れている。この原因は、ひとえに、自然災害の脅威を認識することよりも、健康で豊かな生活の追求に重点を置いてきたからに他ならない。人類が始まって以来の重要な関心事は、病気、感染症や怪我による死を防ぐための課題の解決や、より快適な生活のための道具を生み出すことに向けられてきた。この関心事への強い動機が医学や生産工学を発展させてきた。

地震災害が重要な関心事となったのは近年のことである。これまで築いてきた社会が、いかに地震災害に対して脆弱なものであるかを日本人が強く認識し、いまの社会を再構築する覚悟を持つことが重要である。

現代社会は地震災害によって国が衰退するという危機をはらんでいる。そうならないためにも地震災害の研究は、医学や生産工学の研究レベルに達する必要がある。どんなに豊かな社会であっても、安全保障の無い社会は衰退してしまう。

ここで、地震災害をなくすために、もうひとつ重要なことがある。それは、「自然災害の研究レベルを上げ、災害をなくす画期的な方法を見つけ出す天才的な研究者の出現を待つ。と同時に、国民の皆が地震の現象やメカニズムと被害の知識を身につけて、災害のイメージをつかみ、その場の状況に応じて臨機応変に反応できるようになる」ことである。これには、災害・防災教育が効果的であるが、その具体的制度が確立されていない。また、地震に関する講義のある大学や大学院での教育が、主に地震学・地質学と地震工学の先生方によって別々に行われているため、学生の両分野（地震学と地震工学）での研究成果に関する理解が乏しい。さらに、災害行財政学のような講義ができる先生方は少ないように思う。このため分野横断的な地震工学会が教材を整備し、「社会の意思決定に関わる人」への災害・防災教育を充実してゆくことは必要だと思う。

最後に最も重要なことは、災害に対して責任のある仕事で暮らしをたてている研究者、専門家、行政、政治家等の行動指針や責任の在り方だと思う。その理由は、最近、専門家の勉強不足や自己満足、無責任体質により、災害が拡大し、国民の信頼が揺らいでいるように感じるからである。

失敗における先人の知恵として、「落とし穴は常に己にある」ということが伝えられてきている。「医者の不養生」のように、病気を治す知識や技術のある医者自身が重い病気にかかってしまう例えである。このことは、地震災害や原発災害において、地震大国といわれ、一流の研究者・技術者のいる国で、超巨大地震災害で国が衰退しかねない現状や、電気を製造する原発で、電気が無くなって制御不能に陥っている現状に当てはまる。専門家のハングリー精神の欠如は、勉強不足、自己満足、自意識過剰を生み出し、「挑戦する力」と「本質を見抜く力」を衰退させてしまうということはいま一度、過去の先人の失敗から学ぶ必要があると思う。

これも片山恒雄先生（東京大学名誉教授）から教わった本だが、「ロング・グッドバイ」⁸⁾の中に、「あなたは自己満足、自己充実、自意識過剰の権化、お高くとまった、ならずものよ」という文章がある。ならずものにならないためには、災害に対して責任のある人の

心構えとして、以下の3つが重要なのだと思う。

- (1)自己満足せず、ハングリー精神（精神的不満足）を持ち、正しい「予測」、「想定」に基づく情報を広く発信し、対策を呼びかけること
- (2)どんなに豊かな社会でも、安全保障の無い社会は衰退すること、国防と同様に国家的危機に陥る災害研究・対策に投資を惜しまないことを呼びかけること
- (3)結果が間違ったら、社会に対してきちんとした「責任」を取ること

人には、物事を完成させることが得意な人や、新しい事を始めるのが得意な人、それを発展させる人等がいると思う。地震工学会に集まる全ての人が、今後5年～25年間で重要かつ挑戦すべきだと思われるそれぞれの得意分野の研究と実務を頑張ることがこの分野の一層の進歩につながる。その結果として、より社会に役立つ情報と技術の発信ができるのだと思う。

参考文献

- 1) 宮崎大学：防災シンポジウムin宮崎2011資料、平成23年度防災・日本再生シンポジウム、国立大学協会および国立大学協会九州支部会議との共催、11月、2011年。
- 2) 長崎県地域防災計画見直し検討委員会：長崎県地域防災計画見直しに関する提言、長崎県庁、3月、2012年。
- 3) ルイス・V・ガースナー、Jr.：巨象も踊る、日本経済新聞社、12月、2002年。
- 4) 宇佐美龍夫：新編日本被害地震総覧、東京大学出版会、1996年。
- 5) 一般社団法人みやざき公共・協働研究会：みやざきの自然災害～地震・津波・火山・気象災害を知って備える～、原田隆典、村上啓介監修、ISBN978-4-9906494-0-1、(有)サン・グロー、6月、2012年。
- 6) 宮崎県庁：宮崎県地震被害想定調査報告書、3月、1997年。
- 7) 宮崎大学ベンチャー企業（株）地震工学研究開発センター、ホームページ (<http://www.eerc.co.jp/>)。
- 8) レイモンド・チャンドラー：ロング・グッドバイ、村上春樹訳、早川書房、2007年。



原田 隆典

1980年東京大学大学院工学研究科博士課程修了（工学博士）、同年宮崎大学工学部土木工学科助教授を経て、1997年同大学教授、専門分野：地震工学、災害学。

南海トラフの巨大地震に対する減災に向けた東海地域の取り組み

護 雅史

●名古屋大学減災連携研究センター 准教授

1. はじめに

1976年に当時東京大学理学部助手であった石橋氏によって唱えられた東海地震説に端を発する南海トラフで発生する大地震に対して、中央防災会議による震源域の見直しや東海地震大綱、東南海・南海地震大綱など、種々の政策が打ち出されてきた。これらを受けて、東海地域では様々な地震・津波防災に向けた取り組みがなされてきている。

2万人に迫る死者・行方不明者となった2011年3月11日の東日本大震災を受けて、政府は、2011年12月に南海トラフで発生する巨大地震の新たな想定震源域を、また2012年3月には、震度と津波高さの推定結果を公表した。この結果を受け、各自治体は被害想定や地域防災計画の見直しを迫られている。また、これまで比較的消極的であった産業界も非常な勢いで動き始めており、産官学民が一体となった防災・減災対策が推し進められようとしている。

本稿では、南海トラフの巨大地震に対する減災に向けた東海地域における産官学民、およびこれらの連携した取り組みについて紹介する。また、やや手前味噌ではあるが、名古屋大学での取り組みについても紹介させていただきたい。

2. 産官学民の取り組み

2.1 各自治体の取り組み

各自治体では、以前から、政府が定めた地震対策大綱等を基本にして、被害想定や地域防災計画を策定するとともに、継続的に防災・減災に向けた取り組みを実施してきている。各県の取り組みは、以下のHPを参照されたい。

愛知県：<http://www.pref.aichi.jp/bousai/>

岐阜県：<http://www.pref.gifu.lg.jp/bosai-bohan/>

静岡県：<http://www.e-quakes.pref.shizuoka.jp/shiraberu/hondana/pdf/244-2011.pdf>

三重県：<http://www.bosaimie.jp/index.action>

しかし、南海トラフの巨大地震に関連して、中央防災会議より2011年12月に公表された新たな想定震源域、続く2012年3月に公表された揺れや津波高さの推定結果は、これまでの結果を遥かに上回るものであったため、各自治体は、被害想定や地域防災計画の早急

な見直しを行いつつある。ただし、これらには多大な時間と予算が必要である上、自治体間で矛盾がない、県境を越えたシームレスな地震ハザードマップが望ましいことから、各自治体が連携しながら検討を進めていくことを期待したい。

2.2 産業界の取り組み

産業界においては、2004年新潟県中越沖地震等の経験により、企業継続計画（BCP）等、地震防災・減災に向けた取り組みが進められつつあったが、2011年東日本大震災を契機にその動きが活発化している。特にサプライチェーンの問題や工業団地等の同種企業が連携してBCPを考える地域連携BCP（あるいは地域継続計画（DCP））等に注目が集まっている。また、さらに大きな連携の枠組みとして、中部地方整備局が事務局となった取り組みが始まったがこれについては、2.5節で詳しく述べる。

2.3 民間（NPO等）の取り組み

各地域に根差した防災啓発活動の他、例えば、防災リーダー塾など、これまでも自治体や大学と連携した防災人材育成を中心とした活動を継続的に実施してきている。自治体や大学における防災関係者が限られている中、NPOやボランティア等の民間の力が今後も非常に重要であることは想像に難くない。

2.4 大学の取り組み

ここでは、東海地域の4大学（岐阜大、静岡大、名古屋大、三重大）の特色のある取り組みについて紹介する。ただし、著者が知る範囲での紹介であるため、漏れがあることについてはご容赦願いたい。

岐阜大学では、岐阜県や県内建設業界の技術者が、所定の科目を履修することにより共通の高度な知識を持った総合技術者（社会基盤メンテナンスエキスパート：ME）を養成することを目的とした社会基盤メンテナンスエキスパート養成ユニット（<http://www1.gifu-u.ac.jp/~ciam/>）を設置している。

名古屋大学では、後述の減災連携研究センターを設置して、活動を開始した。このうち、2012年度から始める防災・減災カレッジは、行政、事業者団体、地域団体、ボランティア団体等と連携し、それぞれの機関、団体等が実施していた人材育成を、連携・協働して役割分担することにより、効率的かつ統一的、一体的に

実施し、地域及び各分野の防災人材を効果的に育成することを狙いとしている。

三重大学では、三重県等と連携して、「三重防災コーディネーター養成講座」や「美しく国おこし・三重さきもり塾」を開設している。

静岡大学では、静岡県との連携により、自治体や企業等における災害に関する従事者を対象とした、「ふじのくに防災フェロー養成講座」を開設している。

上記のように、各自治体、各大学は各県内での連携体制を築きながら防災人材育成等の各種施策に取り組んでいることがわかる。

また、東海地域の名古屋大学、名古屋工業大学、豊橋科学技術大学の3大学は、愛知建築地震災害軽減システム研究協議会（減災協議会）との連携を図りながら、耐震改修で実際に利用できる各種の工法の開発や評価、モニタリング手法の検討など、地震災害軽減に向けた検討を継続的に実施している。

しかし、限られた時間と予算の中でより効率的に防災・減災を推進していくためには、さらに広域な連携が必要である。次節ではその取組みの一例を紹介する。

2.5 広域連携の仕組みづくり

東海地域の4県（愛知、岐阜、静岡、三重）と3政令指定都市（静岡、名古屋、浜松）、及び4大学（愛知、岐阜、静岡、三重）が連携し、情報交換等を含めた交流を図るための「東海四県三市及び国立4大学連携シンポジウム」を昨年（2011年）から開催している。昨年（2011年）第1回は静岡市で、第2回（今年）は名古屋市で開催された（図1参照）。



図1 東海四県三市及び国立4大学連携シンポジウム

また、これまで交流の機会が少なかった西三河9市1町においても、同様の活動が始まりつつあり、2012年5月に第1回の会合、及び懇親会が開催され、今後も前向きな活動を行っていくことが確認された。

産業界では、上述したように、中部地方整備局が事務局となって、「東海・東南海・南海地震対策中部圏戦略会議」が設置された（<http://www.cbr.mlit.go.jp/senryaku/senryaku.htm>）。この組織は、東日本大震災を踏まえ、運命を共にする中部圏の国、地方公共団体、学識経験者、地元経済界が幅広く連携し、東海・東南

海・南海地震等の巨大地震に対して総合的かつ広域的視点から一体となって重点的・戦略的に取り組むべき事項を「中部圏地震防災基本戦略」として協働で策定し、フォローアップしていくことを目的としている。組織には、学識経験者の他、幹事会として、国の地方支分部局等が31機関、地方公共団体13機関、経済団体4機関、ライフライン系関係機関28機関、報道関係機関10機関の合計86機関が参画している。2011年12月には、中間とりまとめとして、戦略の推進に向けた10の【優先的に取り組む連携課題】が提示されている（図2参照）。この会議体を軸として、例えば、中部経済産業局では、産業界が連携して「東海地域の新たな産業防災・減災を考える研究会」を立ち上げ、中部圏のBCP普及・啓発を主たる目的とした「中部地域産業防災フォーラム」を設立し、活発な活動を行っている。

中部圏地震防災基本戦略【中間とりまとめ】概要

IV 基本戦略の推進に向けて

基本戦略の実行性を高めるために、次の事項を推進する。

- ・東海・東南海・南海地震対策中部圏戦略会議の定期的な開催
- ・各種施策、取組を具体化するためのアクションプランの策定
- ・広域的かつ実践的な地震・津波防災訓練の継続実施
- ・進捗状況の定期的なフォローアップの実施

さらに、中部圏として「優先的に取り組む連携課題」を選定し、重点的に取り組む。

【優先的に取り組む連携課題(案)】

1. 災害に強いものづくり中部の構築
～企業防災・減災と地域連携BCPの普及促進～
2. 災害に強い物流システムの構築
～多様な輸送モード・ルートの検討等～
3. 災害に強いまちづくり
4. 情報伝達の多層化・充実と情報共有の強化
5. 防災意識改革と防災教育の推進
6. 確実な避難を達成するための各種施策の推進
7. 防災拠点のネットワーク形成に向けた検討
8. 道路閉鎖・航路閉鎖等のオペレーション計画の策定
9. 災害廃棄物処理のための広域的連携体制の整備
10. 関係機関相互の連携による防災訓練の実施

図2 中部圏戦略会議による中間とりまとめでの優先的に取り組む10の連携課題(案) (http://www.cbr.mlit.go.jp/senryaku/pdf/3_gaiyou.pdf, 2012.6.10 DL)

名古屋都市センターでは、約半年間の準備期間を経て、2012年4月より、「減災まちづくり研究会」を立ち上げた。本研究会では、都市計画やまちづくりを専門とする学識経験者や自治体、建設業界、NPO等を構成員とした連携体制の下で、震災前復興計画策定とGISを活用した減災まちづくり情報システム構築を大きな目的として掲げて活動を進める予定にしている。

3. 名古屋大学の取り組み

2012年1月に名古屋大学減災連携研究センターが正式に設置された。ここでは、まずその前身と位置づけられる中京圏地震防災ホームドクター計画の10年の歩みについて振り返り、次に減災連携研究センターの取組みを簡単に紹介する。

3.1 中京圏における地震防災ホームドクター計画

中京圏における地震防災ホームドクター計画は、大

学・市民・行政・マスメディア・企業等の適切な役割分担に基づく緊密な協働によって、地域防災力向上にむけた活動を推進するもので、2001年にスタートして現在も継続している。大学の研究成果やアイデア、教育力・開発力により「ヒト・コト・モノ」の各側面から継続的に活動することで、社会の信頼感が醸成され、地域をまとめる求心力となり、着実な成果につながってきた。地域の様子を常に見守りながら、災害が起きる前により強い健全なまちをめざす10年以上にわたる活動は、地域の防災文化として定着し、地域防災モデルケースとして国内外で注目されている。以下では、その主な活動を「ヒト・コト・モノ」の観点で纏めて示す。

3.1.1 ヒトづくりとしての活動

ヒトづくりに関する活動は、枚挙に暇がないほどであるが、その中から、現在も継続している活動を中心にいくつかを紹介する。

- (1) NSL (Network for Saving Lives) : マスメディア・行政・大学による防災懇話会で、ほぼ月1回のペースで開催されている。春には、新人のための1日研修会も実施している。これにより、普段からマスコミとの顔の見える関係が構築されている。
- (2) 名震研 : 自治体・公益企業・大学の防災担当者の情報交換会を、年に2、3回開催している。
- (3) 愛知県設計用入力地震動研究協議会 : 地元の設計者・建設会社の拠金による研究協議会である。現在は、以前に作成した設計用入力地震動の見直しを行っている。
- (4) あいち防災カレッジ : 防災意識啓発の地域リーダーを育成する。修了生は、あいち防災リーダー会 (APLA) として活動している。防災人材養成講座としては、この他に愛知県や名古屋市が主催の名古屋市災害ボランティアコーディネーター養成講座、防災まちづくりアドバイザー養成講座、耐震化アドバイザー養成講座等とも連携している。
- (5) 高校生防災セミナー : 県内の高等学校から生徒と教員が参加して、4日間の日程で開催している。2011年度より愛知県と名大が連携して、高大連携高校生防災教育推進事業として新たに活動を開始した。
- (6) 海外の耐震・防災教育 : JICA・建築研究所等に協力しながら活動している。

3.1.2 コトづくりとしての活動

コトづくりに関する活動としては、地震観測に関わることとして、多数の調査観測による地震・地盤・建物データ収集・整理・公開、廃棄された強震計による観測体制整備、自治体震度計更新と旧機材活用、非専門家との連携観測「Pネット」などがある。また、地域

防災交流ホールや災害アーカイブを設置して、地域防災啓発活動の場の整備と利用、地域防災資料の収集と整理を行ってきた。さらには、ハザードマップ作成などに関連して、行政の調査等へも数多く参画してきている。小・中・高校生と教員を対象として、学校から地域へ発信する防災教育を推進することにより、防災教育・啓発の体系化と支援も行ってきた。

3.1.3 モノづくりとしての活動

モノづくりに関する活動としては、大都市圏強震動総合観測ネット、地域防災力向上シミュレータ、深部地盤構造データベース等の防災関連情報システムの構築、廉価強震計E-catcher、次世代型震度計SWING、建物簡易計測装置ミクロンなどの計測機器の開発、さらには、ぶるるシリーズ (図3参照) に代表される様々な体感型振動・耐震教材を作成している (<http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp/laboFT/bururu/>)。これらの活動は現在も継続しており、地盤ぶるるやNew Everest、MAGICぶるるなどの新たな教材も開発している。

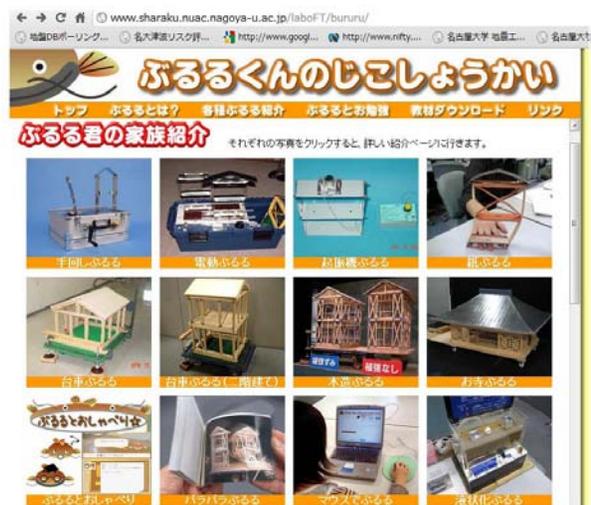


図3 ぶるるシリーズの一例

3.2 名古屋大学減災連携研究センター

名古屋大学減災連携研究センターは、産官学民の地域密着型の様々な連携により、東海地域における自然被害を軽減していくための戦略を、研究、人材育成などを通じて構築していくことを目指して、2012年1月に正式に設置された組織である。本センターでは、固有学問分野における災害・減災研究を一層進めるとともに、分野連携により知識を集約して、総合的かつ最適な減災戦略を構築するための研究を推進することとしている。また、このような活動は、決して一大学だけで実現できるものではなく、地元自治体や企業との連携はもとより、国の防災関連研究機関や行政、周辺大学、NPO等との緊密な連携を深める必要があるこ



図4 減災連携研究センターのイメージ

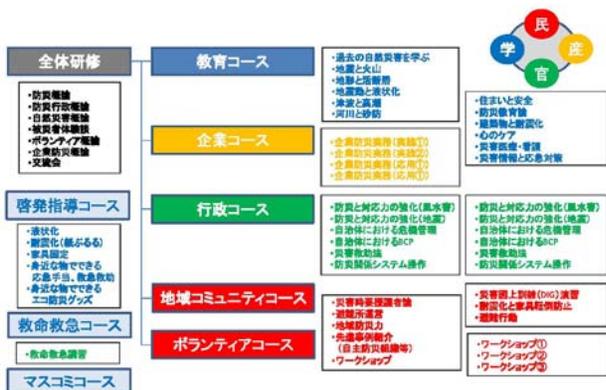


図5 防災・減災カレッジ(防災人材育成研修)

とから、減災の志を持つ産学官民の「集いの場」を提供していくことを目指している(図4参照)。

本センターは、6名の専任教員、3つの寄附研究部門に所属の8名の教員の他、名古屋大学の環境学研究科、工学研究科、医学系研究科、教育発達科学研究科、大害対策室から、自然災害科学や防災工学、救命医学、心理学等の兼任教員32名で構成されている。さらには、受託研究員や、災害研究を主導する研究機関から7名の客員研究員を招聘するとともに、産官学民で活躍する17名の外部有識者からなる社会連携推進会議を設置している。

現在、南海トラフの巨大地震や津波に関する災害予測の高度化と総合減災対策の構築を目指した研究プロジェクトを準備するとともに、愛知県などと連携して防災人材育成研修「防災・減災カレッジ」を推進している(図5参照)。この他にも、防災を支える市民団体や一般市民に向けて、防災関連の講演会を防災アカデミーとして毎月開催している(図6参照)。また、自然災害に関する様々な現象に関する一般市民の疑問について、各専門分野の教員が司会者との会話を通して分かり易く解説するげんさいカフェ(図7参照)を毎月開催しており、毎回大勢の参加者で賑わっている。

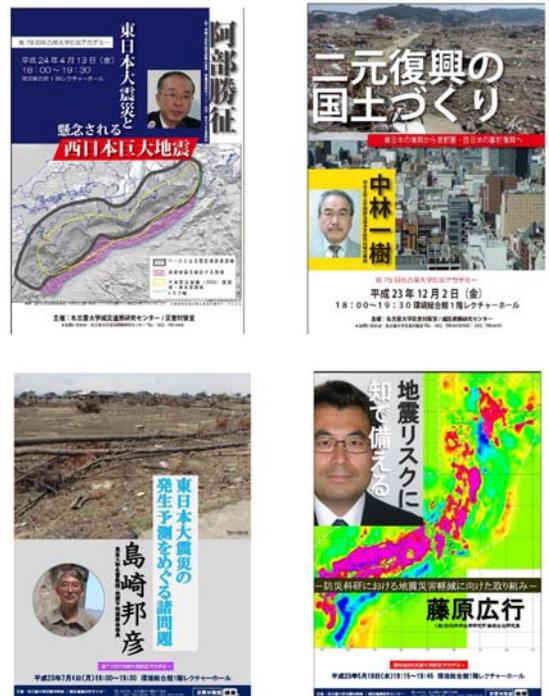


図6 防災アカデミーの開催(毎月1回開催)



図7 げんさいカフェの様子(毎月1回開催)

4. おわりに

本稿では、南海トラフの巨大地震に対する減災に向けた東海地域における産官学民の取組みについて簡単に紹介した。我々は、偶然にも与えられたこの貴重な猶予時間を最大限に生かして、将来やってくる巨大地震からこの地域を守っていく責務がある。そのためには、産官学民の「連携」による普段からの「顔の見える関係づくり」が最も重要なキーワードの一つであると考えている。



護 雅史

名古屋大学減災連携研究センター准教授。1991年名古屋大学大学院工学研究科建築学専攻修了。建設会社で15年間勤務の後、2006年10月名古屋大学大学院環境学研究科准教授を経て現職。専門は、耐震工学、建築基礎、地震防災。博士(工学)

南海トラフの巨大地震に対する高知県の取り組み —高知工科大の活動を中心として—

甲斐 芳郎

●高知工科大学システム工学群 教授

1. はじめに

去る3月31日、内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」は「南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について（第一次報告）」を公表し、高知県沿岸各地で20mを超える大津波の可能性を示しました。本稿では、この結果も踏まえ、高知工科大学での取り組みを中心にこの大津波に対する高知県の対応を紹介したいと思います。

2. 災害予測

防災の基本は、災害により生じる状況を如何に現実的に詳細に想像できるかにあると思います。市民一人ひとりにはなるべく悲惨な状況には会いたくないと思っています。その結果、いくら悲惨な予想を示しても自分自身にはそこまで悲惨な状況は生じないだろうと思いがちです。そこで、高知工科大学では東京大学地震研究所堀宗朗教授が開発を進めているIES¹⁾を導入し、巨大地震により発生する高知県内各地の震災状況をより具体的に示すように活動を続けています。その内容は主に地震応答解析と津波遡上解析からなっています。以下では、それぞれで実現しようとしている中身について概説します。

2.1 地震応答解析

IESでは個別の建物を解析するのではなく、図1に示すように地域の建物全体の地震応答を評価します。これにより、地震後の倒壊建物の分布、避難路の状況が確認できるほか、一般市民にも地震時の地域の被害状況が把握しやすく、耐震補強の重要性などわかりやすく説明できると考えています。

このように多くの建物についてそれぞれ地

で作成するのは、大変な手間がかかります。そこで、このように多数の建物の解析を可能にするために、地図情報を利用して、個々の建物の解析モデルを自動的に生成するところにIESの特徴があります。高知工科大学では、この地震応答シミュレーションの精度を向上させるために、以下の活動を行っています。

まず、地盤情報の導入です。高知市はその中心部のほとんどが厚い沖積層で覆われており、その地層構造が地表の振動に大きな影響を及ぼすと考えられます。そのため、高知「ユビキタス（防災立国）」実証事業²⁾では現地で得られたボーリングデータに基づき、約125mメッシュで作成した地盤モデルを公開しています。このデータをIESに取り込み、地層構造に関わる様々な解析の為に共通データ（IESではCMDと呼んでいます）を構築するクラスを開発しました。これにより、地盤の応答解析はもとより、地盤と建物の相互作用モデルを用いた解析や、地盤の液状化予測が行えるようになるなどIESの可能性を大きく発展させることができると考えています。

もう一つの取り組みは、建物の個別情報の導入です。地図情報では建物の形状は把握できるものの木造、

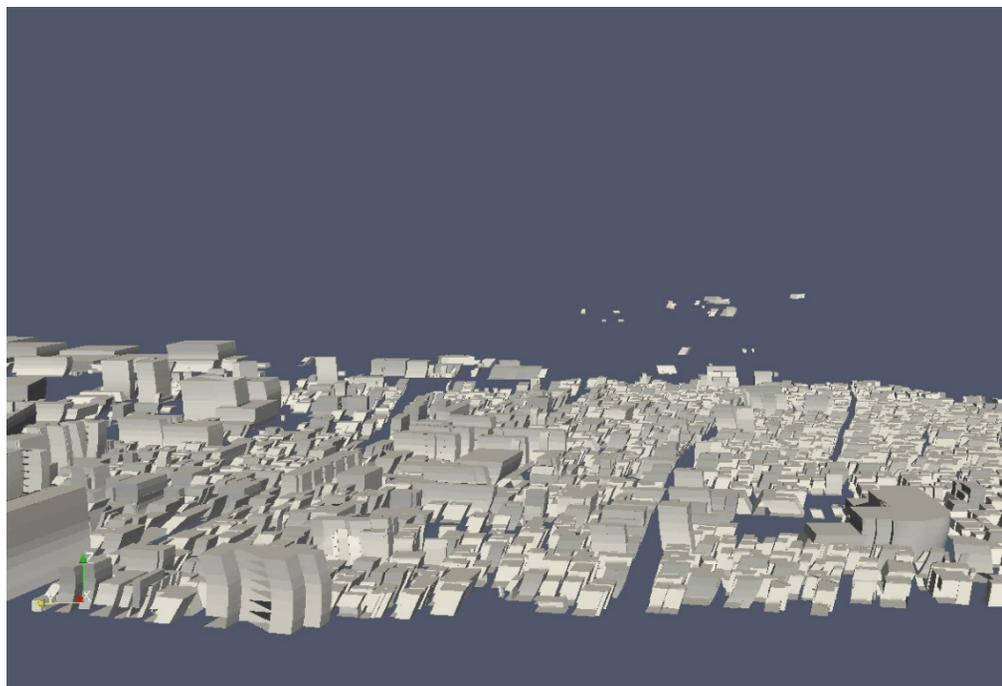


図1 地震応答解析の例

RC造、S造といった建物の構造種別や、建設年代を特定することはできません。高知工科大学では、自治体が保有する建物の個別情報をIESに取り込み、それぞれの建物の構造種別や建設年代が特定できるように作業を進めています。これにより、建物の構造種別や建設年代に応じた復元力特性、損傷限界、倒壊限界が設定できるようになります。また、この作業に並行して、各構造の非線形特性に応じた応答解析モデルを用いた応答解析ツールをIESに組み入れる作業も行っています。

以上の作業により、より詳細な地震被害予測が可能になるものと考えています。

2.2 津波遡上解析

IESでは津波遡上解析のデータを地震応答解析と同様に地図情報から自動発生させます。これにより、地震応答解析と津波浸水解析を共通のデータから行うことができ、その結果、例えば地震により倒壊した建物による津波浸水の状況の変化なども検討することができます。また、これらの解析結果はアニメーションにより表現することにより、一般市民にも地震による避難路の状況や地域ごとの津波到達までの時間などを分かりやすく提示することができ、災害に対する市民の認識を高めることができると考えています。

高知工科大学では、この津波遡上解析に東北大学災害制御研究センター今村文彦教授が開発した津波解析プログラム³⁾を導入し、海底断層モデルによる波源の生成から遠洋から沿岸までの津波の伝播、陸域への津波の遡上が評価できるよう、作業を進めています。

現状では中央防災会議が公開している最小でも50mメッシュのモデルを用いていますが、図2に示した解析事例のように将来的には1mメッシュ程度までメッシュを細かくし、個々の建物間を津波が遡上していく様子までリアルに表現できるように解析精度を上げていきたいと考えています。

さらに、スーパーコンピュータを用いた超高速演算も目標としています。

東日本大震災では、従来津波は来ないであろうと思われていた地域にも大きな津波が押し寄せたことが、多くの犠牲者を生む原因にもなりました。このような事態はどこにでもありうることです。「南海トラフの巨大地震モデル検討会」が発表した報告はそれを未然に防ぐためのものですが、それでも自身の地域にはそのような津波は来ないだろうと思う人もいるかもしれません。もちろん、想定するまでもなく地震発生直後に津波が押し寄せる地域の方々は、被害想定に関わらず高い避難意識を持っていると思います。

津波被災のイメージが薄い地域に対して、解析を用いた警報を考えています。南海トラフで発生する津波が沿岸に到達するまでにはそれなりの時間がかかります。そこで、津波発生直後に実際の津波の波源を特定し、その波源を用いた津波遡上解析を超高速で行い、津波到着前に想定される津波遡上域を発信することで、津波遡上を真剣に考えていない地域の人々にも実際に津波が間もなく押し寄せることを具体的に伝えることができると考えています。このような作業を中小の津波に対しても継続的に行うことにより、予想に用いられている津波遡上解析の妥当性を日常的に市民に了解してもらい、いざという時に信用してもらえればと考えています。

2.3 津波避難ナビシステム

前項に示したように、津波発生直後の津波遡上解析を防災に役立てるためには、解析結果を早期に当事者に伝達する仕組みが必要です。ここでは、その一例として東京工科大学デザイン学部板谷朋基助教が開発

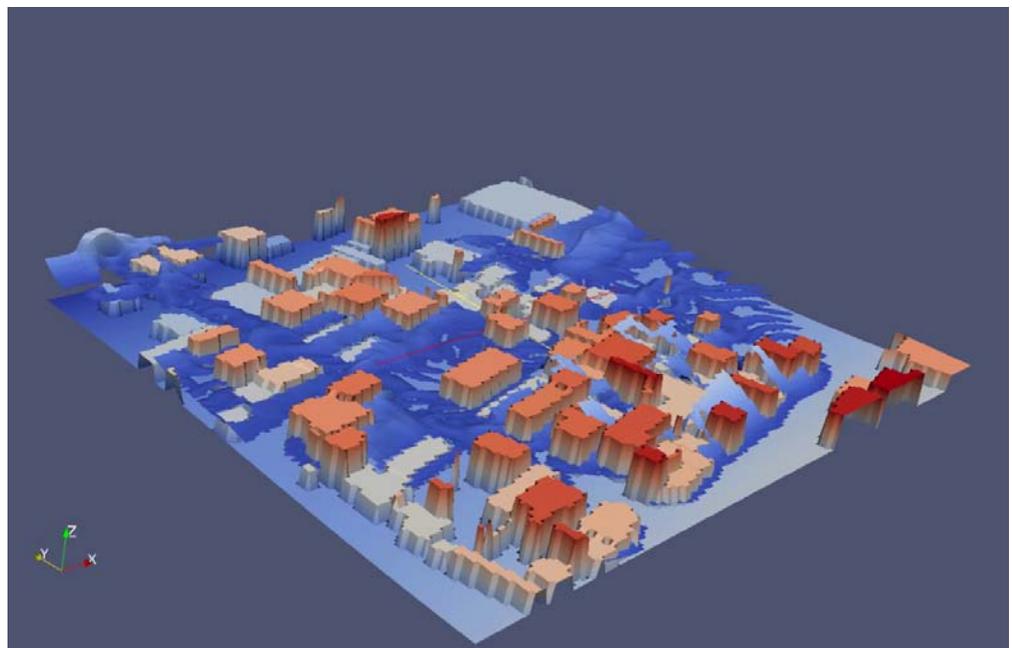


図2 津波遡上解析の例

を進めている「津波等避難ナビシステム“デジタル皆助ナビ”」⁴⁾を紹介します。

このシステムは津波発生時に津波遡上解析により予想した遡上域の解析結果から危険エリアを特定し、スマートフォンから得られる現在地GPS情報より地点での最寄りの避難場所を一つないし複数特定し、その方向を提示するほか、避難者が危険なエリアに向かおうとすると、その方向は危険であることを警告するシステムとなっています。これにより、一般の住民だけでなく、その土地に不慣れた観光客なども適切な避難行動がとれると期待できます。

3. 高知県の取り組み

最後に高知県の取り組みを紹介します。

高知県では3月31日の南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高の予想を受けて、図4に示す取り組み第一弾を公表しました⁵⁾。

この取り組みでは、早期の避難場所、避難経路の設定を最優先項目としています。その際、地域主体の設

定とそのための多様な選択肢の準備が特徴となっています。県は津波避難のために、高台への移転、周辺の高台への避難路の整備、津波避難ビル、津波避難タワー、津波避難シェルターの建設と各種方策について、技術検討や標準設計の整備などの施策を進めることにより、地域の特性に応じて最適な避難方法が設定できるようにしています。

その後、設定が完了した地域から随時設定した施設の整備を進めることとなっています。

避難場所の設定に当たっては、緊急対応の観点だけではなく、生命、財産、文化、産業を守る事前復興の観点に加わっていることは大きな特徴だと思います。

東北地方の現状を見ると、津波に対して人命を守る緊急対応のみならず、被災後の復興に向けての取り組みを如何に円滑に行うかが、非常に大きな課題であることが分かります。

一方で、被災することは悲しいことですが、それにより地域を過去のしがらみにとらわれずより良い状態に復興させるチャンスと考えることもできます。関東



図3 デジタル皆助ナビの画面のイメージ



図4 南海トラフの巨大地震による津波浸水予測 公表後の高知県の対応 (第1弾)

大震災からの復興も、戦後の復興も一度焦土と化したからこそ実現できたのかもしれませんが。それを思えば、被災後により良い状態に復興することは、災害をただ悲しいものとしなないための大切な活動であるともいえます。

ところで、一言に復興と言いますが、これはとても手間のかかる作業です。復旧であれば、過去の状態に戻せばいいのですから、そのイメージは誰にでもあると思います。ところが、復興のイメージとなると、新たに作り出す必要があります。ましてや、被災直後の大変な時期に、皆で腰を据えてお互いの明るい未来について協議を重ねていくことはとても難しいことのように思われます。

被災前の今こそ、真剣に地域の復興についても真剣に考え、具体的な計画を形作っておくことこそ重要なことであると考えます。

参考文献

1) M. Hori, K. Oguri and T. Ichimura: Integrated Simulation for Earthquake Hazard and Disaster Prediction, Journal of earthquake and Tsunami, 3, 121-141, 2009

2) 総務省 高知「ユビキタス(防災立国)」実証事業：高知県地盤災害関連情報ポータルサイト <http://www.geonews.jp/kochi/>

3) F. Imamura, A. C. Yalciner and G. Ozyurt: Tsunami Modelling Manual (Tsunami model), <http://www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/hokusai3/J/projects/manual-ver-3.1.pdf>

4) 東京工芸大学：プレスリリース「津波等避難ナビシステム“デジタル皆助ナビ”」の実証活動に着手 <http://www.teu.ac.jp/press/2012/022565.html>

5) 高知県庁危機管理部南海地震対策課：高知県の今後の対応 <http://www.pref.kochi.lg.jp/uploaded/attachment/72404.pdf>



甲斐 芳郎

1980年東京大学卒、1982年東京大学大学院修了、同年清水建設株式会社研究員、独立行政法人防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センター業務室長を経て現職、博士(工学)、専門分野：耐震工学、鉄筋コンクリート構造

大分県南東部の小規模集落における津波避難場所の現状

梶田 幸秀

●九州大学大学院工学研究院社会基盤部門 准教授

1. はじめに

本稿で紹介する大分県佐伯市米水津（よのうづ）地区は、人口2152人（2012年4月現在）の小規模集落である。この地区は太平洋に面しており、リアス式海岸地区のため、2003年、中央防災会議の東南海、南海地震等に関する専門調査会において、東南海、南海の2連動地震が発生した際に、九州地方の太平洋側で津波高が高くなる地域の一つとして取り上げられた地区である。想定震度は6弱、想定津波高は5mから6m、津波到達時刻は地震発生後約25分前後という地区である¹⁾。その後、2012年3月に発表された内閣府の南海トラフの巨大地震モデル検討会による想定津波高は最大ケースで10mから15mの地区である²⁾。本稿は、佐伯市防災マップ³⁾をもとに、2011年11月7日、著者が大学の技術職員と学生2名とで行った津波避難場所の調査報告と津波避難所要時間の試算結果の報告である。

2. 津波避難場所の状況

(1)米水津地区の概要

大分県佐伯市米水津地区は2012年4月現在、人口2152人のうち65歳以上の方が782人で、全人口に占める割合は約36%である。2010年の国勢調査結果では日本全体では65歳以上の方の人口は約23%なので、高齢化率は全国平均より高い。参考として、2010年に行われた国勢調査では、岩手県陸前高田市や釜石市における65歳以上の方の人口が全体の約35%である⁴⁾。図1に示すとおり、平地が少なく海岸からすぐ側まで山が迫っている地区である（白黒原稿ではわかりにくいと思いますので関心のある方は防災マップ³⁾を見てください）。米水津地区に入ると写真1に示すとおり、あちこちで海面からの高さ表示のポスターを見ることが出来る。また、地区独自（中学校PTA研修部）で過去の津波被害を伝える看板などが設置されており、米水津地区の防災意識の高さがうかがわれた。

(2)津波避難場所の状況

写真3は津波避難場所の一つである立岩神社の様子である。参道入口に津波避難場所への誘導の看板があった。立岩神社の参道は写真(b)の通り、かなり急な階段であり、途中標高10mのところに看板が設置され

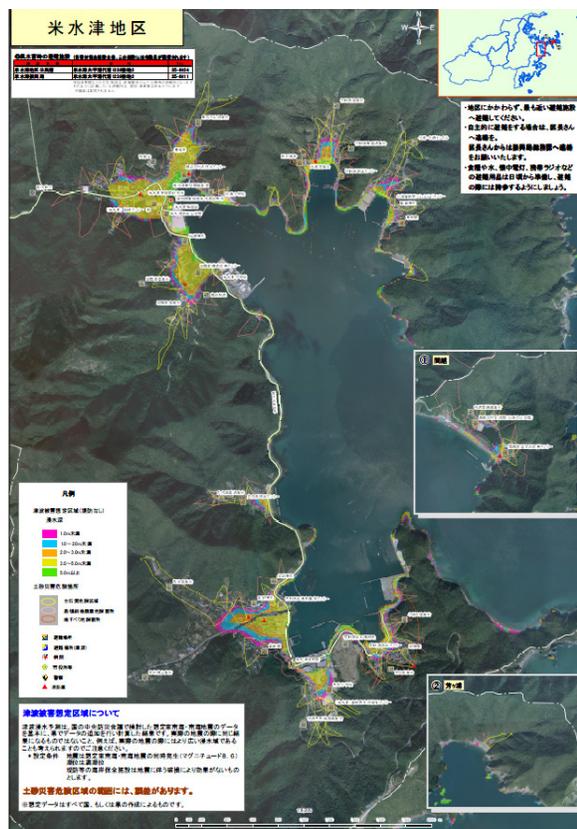


図1 米水津地区航空写真（出典：佐伯市役所ホームページ）



写真1 海面からの高さ表示



写真2 過去の被害状況の看板



(a)立岩神社入り口



(c)立岩神社境内



(b)立岩神社参道



(d)立岩神社境内より海を望む

写真3 立岩神社(津波避難場所)の状況

ている。立岩神社境内の標高は標識がないため正確な数値は分からないが20m程度であると思われる。立岩神社の境内(写真(c))はそれほど広くはないが津波からの避難を考えれば100人程度は収容できる状況であり、境内まで来ると漁港がすぐ側にあるが、避難場所は高所にあることが分かる(写真(d))。実際にこの避難場所を訪れて考えたことは、避難通路が階段であること、また境内には照明施設がなく、参道(階段部)も灯籠がいくつかあるだけである。つまり足の不自由な方(特に車いすの方)や夜間の避難には向かない場所であるといえる。

(3)愛宕神社

写真4は愛宕神社の様子である。愛宕神社の場合、避難道は立岩神社と違い、緩やかな坂道であるが、途中、写真(b)に示すとおり土砂崩れが起きそうな斜面横を通らなければならないため、地震後に土砂崩れが起きていれば、避難できなくなる。また、ここも避難道および避難場所に照明施設はない。

(4)その他

大分県佐伯市米水津地区の2カ所の津波避難場所の状況(2011年11月現在)を紹介したが、米水津地区では、原則として津波避難場所への案内板、避難道の途中に



(a)愛宕神社へのルート



(b)避難路にある斜面

写真4 愛宕神社(津波避難場所)の状況

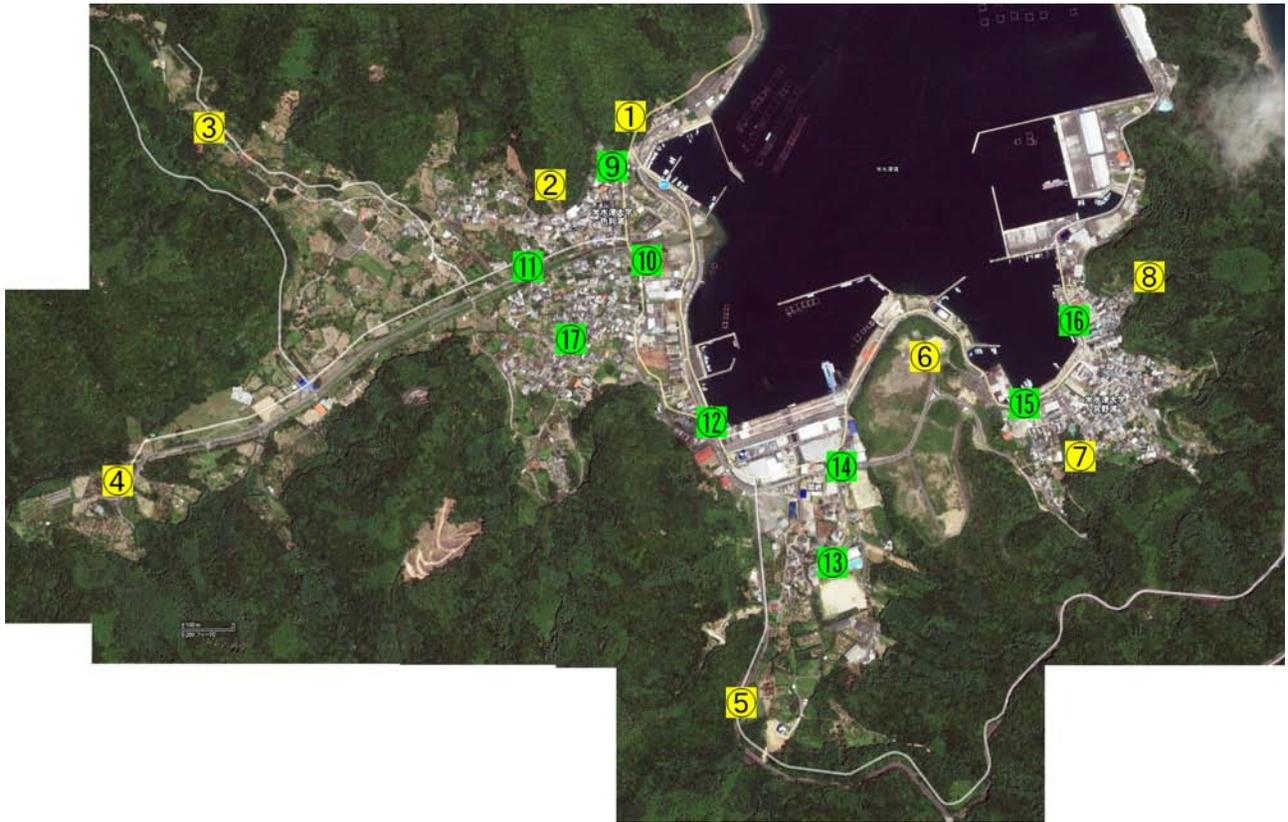


図2 米水津地区色利浦・宮野浦の津波避難場所 (出典：Google map の画像に加筆)

標高10mの案内板 (写真4(a)の黄色の看板) が設置されており、津波避難場所は標高10m以上の場所に設定されていることが分かる。津波避難場所は高所にあるが故に、立岩神社のように階段しか設置されていない箇所も他に何か所があった。また、津波避難場所はあくまで津波からの避難を想定した場所であり、電気も水道もなく、津波が収まった後の避難場所としては向いていない場所にあるのが米水津地区の現状である。

3. 津波避難の現状

津波避難を行う対象者を65歳以上の方 (以降、高齢者と記す) として、津波発生時の避難者の歩行速度の算出を試みた。避難時の歩行速度として、10パーセント速度を用いている。10パーセント速度とは、歩行者の90%がこの値より歩行速度が速いことを示している。今回用いた文献^{5), 6), 7)}の中で標準偏差によって表示されていたものに関しては、歩行速度が正規分布に従うものと仮定して用いた。表1に今回用いた高齢者の10パーセント歩行速度を記す。なお避難所要時間 (歩いた時間) の算出に際しては、基準地点から津波避難場所までの2点間は、一般道 (平坦な道) として移動し、津波避難場所の標高分だけ階段昇降したと仮定した。

表1 高齢者の10パーセント歩行速度

	一般道	階段昇降
歩行速度 (m/sec)	0.83	0.18

表2に米水津地区の色利浦と宮野浦での津波避難所要時間を示す。表中の番号は図2中の番号に対応し、図中の番号①が立岩神社、②が愛宕神社に対応している。また図中の番号が①から⑧が津波避難場所であり、⑨から⑰までが小学校や郵便局、ガソリンスタンドなど公共の施設を表している。

表2 津波避難所要時間

基準地点	津波避難場所	所要時間 (分：秒)
9	1	6:04
10	1	9:53
11	1	13:06
12	5	14:00
13	5	9:25
14	6	8:37
15	7	5:48
16	8	5:19
17	1	14:30

表2より分かるとおり、米水津地区色利浦・宮野浦の場合、最長の避難所要時間は約15分である。津波到達時間が2003年の発表¹⁾では約25分であるので、10分間が避難を開始するまでの余裕時間といえる。平成24年2月7日に気象庁から報告された「津波警報の発表基準等と情報文のありかたに関する提言」⁸⁾をみると、過小評価の恐れがある場合でも地震発生後3分を目処に高さは数字で発表しないものも津波警報第一報が発表されるので、津波警報を聞いたなら速やかに避難を始めれば津波により生命の危険にさらされることは少ないと考えられる。

4. まとめ

私が調査を行った米水津地区は、高齢化の進んだ小規模集落である。残念ながらこのような地区では、高さ10mから15m規模の防潮堤を新規に建設するなど、ハードで津波対策を行うのは難しい。しかし、この地区には、すぐ近くに高台があり津波避難場所の確保には問題がないと思われる。しかし、実際に現地へ赴き調査した結果、以下の対策が必要であることがわかった。(1)夜間避難時の安全の確保、(2)大地震後における避難道の安全の確保、(3)津波避難が終了した後の避難場所(宿泊する場所)の確保、例えば、夜間避難については、神社の本殿は無理にしても手水舎の屋根に太陽光パネルを設置し、夜間の電気を確保するなどの取り組みがあっても良いのではないと思われる。これは小規模集落に限ったことではないが、行政関係者は津波避難場所の設定や、看板の設置だけにとどまらず、地域住民と現地を回り、気づいた点を一つずつ解決していけば、津波により人命が失われる可能性が限り無く小さくなると思われる。

謝辞

本原稿を執筆する機会を与えて頂きました地震工学会誌編集委員会に感謝の意を表します。

参考文献

- 1)中央防災会議事務局：東南海、南海地震の被害想定について、第14回東南海、南海地震等に関する専門調査会配付資料、2003
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/14/siryou2.pdf> (参照2012-06-06)
- 2)南海トラフの巨大地震モデル検討会：南海トラフ巨大地震による震度分布・津波高について(第一次報告)巻末資料、2012
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai_trough/kanmatsu_shiryou.pdf (参照2012-06-06)
- 3)佐伯市役所：佐伯市防災マップ
<http://www.city.saiki.oita.jp/bousai/img/bousaimap/17yonouzu.pdf> (参照2012-06-06)
- 4)総務省統計局：人口等基本集計結果・年齢(3区分)別割合順位、2011
<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/kihon1/zuhyou/agerank.xls> (参照2012-06-06)
- 5)安井一彦、今中祐介：横断歩道における歩行者の歩行速度と挙動に関する研究、平成15年度日本大学理工学部交通土木工学科卒業論文概要集、2003
- 6)足立啓、小松和郎、荒木兵一郎：障害者を考慮した住宅団地の研究(その1)歩行行動からみた障壁の分析、1980年度日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1233-1234、1980
- 7)芳村隆史、早瀬英雄、荒木兵一郎：視覚障害者の安全歩行空間計画に関する研究(その4)駅構内における歩行追跡調査、1980年度日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1229-1230、1980
- 8)気象庁・津波警報の発表基準等と情報文のあり方に関する検討会：津波警報の発表基準等と情報文のあり方に関する提言、2012
<http://www.jma.go.jp/jma/press/1202/07a/teigen.pdf> (参照2012-06-06)



梶田 幸秀

1994年京都大学卒、1998年京都大学大学院博士後期課程中途退学、防衛大学校助手を経て現職、博士(工学)、防災士
専門分野：橋梁構造物の耐震性評価、落橋防止装置の性能評価

技術者と経営者の社会的責任に関する一考察

佐藤 清

● (一財) 電力中央研究所 広報グループマネージャー

1. はじめに

東日本大震災に起因する福島第一原子力発電所の事故後、今後の原子力発電の推進について様々な観点から議論が行われている。

国家の安全保障を確実なものとするために、防衛、食糧と同様に、エネルギーについても現実に根ざした政策ならびにそれを実現する外交努力と技術力の保持が不可欠である。

私自身は、化石燃料資源に乏しい日本の現状と新興国を中心とする世界的なエネルギー需要の増加を考えれば、原子力発電に代わる安全性、安定性、経済性に優れた発電方式が開発されるまで、この発電方式は安全に万全を期して維持すべきであると考えている。

それ故に、大事故の検証から得られた教訓を踏まえて、指摘された問題点をつぶさに点検・改善して、日本の原子力発電の再生を図っていかなければならない。

このような問題意識のもとに、本稿では、技術者と経営者の社会的責任のあり方について、東日本大震災時の東北電力の人々の姿と、女川原子力発電所の敷地高さの決定に大きな影響を与えた同社OBの故 平井彌之助の事績を通して、企業人の使命感と法規範を遵守するという意味について考察する。

また、技術者のみならず政策立案者や経営者の発言への信頼性も揺らいでいる中で、原子力発電の推進に関わった東京電力出身の経営者・依田 直の言行を思い起し、巨大技術に関わる人々の社会的責任のあり方について考えてみたい。

最後に、科学的不確実性を内包する問題に対する意思決定のあり方に関して、今、問われている本質的な問題を浮き彫りにして、これから進むべき方向性について述べたい。

2. 東北電力の災害時対応について

東日本大震災発生から僅か44分後の2011年3月11日の15時30分に、新潟支店から配電復旧応援隊の第一陣が宮城県に向けて出発した。応援隊は上位機関の指示を待たずに出勤を準備し、被災地に向かう途中で指示を受けつつ、現地到着後すぐに応援隊としての責務を果たした。第一陣の総数は社員及び工事会社合わせて561人、一旦、名取市の運動場に集合し、そこから仙台

営業所などに分散して作業を遂行した。3月11日と12日の2日間に、新潟支店管内の配電部門社員約700人が被災地に派遣されたが、その数は支店管内の同部門の社員の約6割に相当する。

「朝の来ない夜はない」とは、同社の海輪 誠社長が常日頃から語っていた言葉であるが、電力安定供給に関する同社経営陣、社員の使命感には凄まじいものがあり、東北地方太平洋岸の原子力・火力発電所が停止状態にある中で、震災後3日間で8割ほどの停電を解消した(図1)。これらはいずれも、会社設立以来、地震、水害、雪害等幾多の自然災害を克服してきた東北電力ならではの底力を示すものであろう。

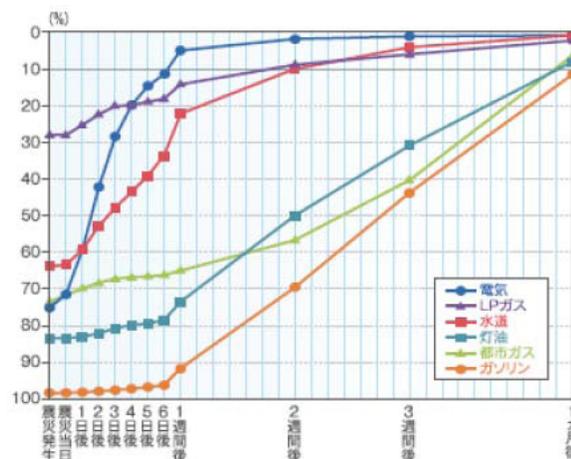


図1 被災三県のライフライン途絶率[※]の推移¹⁾

※途絶率 = (B - A) / B

A: ある時点で当該ライフラインの供給途絶(入手困難)が解消したと答えたサンプル数

B: 当該ライフラインを利用する総サンプル数

時を同じくして、東京電力管内で計画停電が始まり、社会的な混乱が起こる中、東北電力も被災地を除いた計画停電の準備を決めたが、結果的に回避することができた。その間、原子力・火力発電所への外部電源復旧、自治体や医療機関・避難所への電力供給、仮設変電所設置など、優先課題を明確にし、部門を越えて意思統一を図りながら迅速な対応を行った。単なる経済効率性だけでは測ることのできない発送配電一貫体制の強みが、大災害時にも縦横に発揮された。

一方、東北電力女川原子力発電所が立地する宮城県牡鹿郡女川町は、東日本大震災時に来襲した巨大津波

により殆どの集落が飲み込まれ、人口約1万人のうち死者と行方不明者の合計が900人を超えた。地震の震源地は牡鹿半島の東南東130キロの地点で、同発電所は震源地に最も近接した原子力発電所であった。

震災直後、発電所周辺の道路は至る所で寸断され、女川は“陸の孤島”に陥り、生き残った多くの住民が水浸しになった状態で取り残された。そうした中、寒さが厳しくなってきた午後4時過ぎに住民（鮫浦地区の数名の人々）が助けを求めてきたので、同発電所では直ぐに隣接するPRセンターの大ホールを開放した。PRセンターは電気が止まっており、暖房は使えなかったが、イベント用に備蓄してあった使い捨てカイロで暖を取った。その後、徐々に避難者が増える中で、午後9時少し前に、渡部孝男所長らは社員の通勤用バス2台を使って、ライフラインが生きている原子力発電所構内（最初は事務別館、人数が増えるにつれて体育館）に約100人を移送する決断を行い、経営層も直ちにこれを了承した。普段構内に入る場合には身分証明書などの提示が必要であるが、人道的判断でそのような手続きを省略した。避難者受入は2011年6月6日まで約3か月間に及び、最大で364名であった。

地震と津波が発生した時、発電所構内には東北電力とその協力企業の社員約1,700人がおり、非常食として備蓄していたのはレスキューフーズやカップラーメンなど約4,500食であった。ヘリコプターによる仙台方面からの食糧が相当量届くまでの数日間、社員は1日1食、避難された方には1日2食という方針で備蓄食糧を配分した。避難者を収容した体育館の中では、地区ごとにブロックを分け、地域の絆が保ちやすいように配慮するとともに、火気が自由に使えない制約下で、200Vの配線工事を行ってIHクッキングヒーターで、レトルトカレーや（青森県東通村のボランティアによる）蕎麦の提供などを行った²⁾。

3. 女川原子力発電所における津波対策

女川原子力発電所（原子炉設置許可申請：1970年5月、営業運転開始：1984年6月）が立地している三陸沿岸は、巨大津波による被害を何度も受けてきた地域であり、建設計画当初から津波対策は最重要課題の一つであった。同発電所における津波の予想高さは、1970年の1号機建設時点では文献調査等を踏まえて3mとされたが、1987年の2号機建設時には貞観津波の痕跡調査結果や数値シミュレーション解析を踏まえて一気に9.1mになっている。さらに2002年には土木学会が取り纏めた「原子力発電所の津波評価技術」（以下、「津波評価技術」）を用いて、13.6mまで想定を引き上げている。

「津波評価技術」は、それまで培ってきた津波の波源や数値計算に関する知見を集大成して、原子力発電所の設計津波水位の標準的な設定方法を提案したもので、津波予測の過程で介在する様々な不確実性を、設計の中に反映できる特長がある³⁾。

東北電力は津波のシミュレーション技術が無かった1号機建設時（1970年）に、前述の予想高さ（3m）を大きく上回る、敷地の高さO.P.（女川の工事用基準面：東京湾平均海面-0.74m）+14.8m、屋外重要土木構造物や主要建屋1階の高さO.P.+15.0mと決定した。この決定は、同社が1968年に設置した海岸施設研究委員会に参画した土木工学や地球物理学などの専門家が、公共機関による過去の津波記録や学術論文などを精査し、女川における津波や波浪などの設計条件や海岸施設の設計などについての議論を通じて導き出した⁴⁾。

この決定に大きな役割を演じたのが、同社の元副社長であった平井彌之助（1902-1986年）で、当時は電力中央研究所の理事・技術研究所長の職にあったが（図2）、869年に東北地方太平洋岸を襲った貞観地震・津波にも言及し、この規模の津波に備えることを強硬に主張した。委員会では平井の主張を過剰な対策とみる意見が大勢を占めたが、東北電力の経営陣は最終的に平井の説を採択し、上記の敷地高さを決定した。40数年を経て来襲した津波の高さは（最高水位）は、敷地の地盤沈下を考慮するとO.P.約+13.0mであり、敷地の高さを越えることはなかった。津波により1号機屋外重油貯蔵タンクの倒壊と2号機原子炉補機冷却水B系及び高圧炉心スプレイ補機冷却水系の浸水（A系の機能に問題なし）が認められたが、主要な建屋は津波の来襲から防護された。



図2 皇太子殿下（今上天皇）が電力中央研究所行啓時に研究施設をご案内する平井彌之助（手前）〔1965年〕

土木学会による調査で、2号機への浸水は取水設備から原子炉建屋附属棟への海水流入が原因であったことが確認された（図3）。1号機よりも海側にある2号機の取水ポンプ室内に津波対策の水位モニター用に追加

設置されたレベル計を通して、海水が配管・ケーブル
 洞道などを伝わり附属棟内に侵入し、非常用ディーゼル
 発電機の補機冷却水ポンプ1系統を水没させ、当該
 発電機が起動不能になった。津波の押し波に対して、
 水位計の設置場所および止水処理が十分でなかった⁵⁾。

◇女川2号機海水ポンプ室に設置した循環水ポンプ自動停止用水位計の止水処理が不十分だったため、津波の影響により取水路側から海水が流入し、女川2号機原子炉建屋地下3階の原子炉補機冷却水系熱交換器室等(非管理区域)が浸水した。

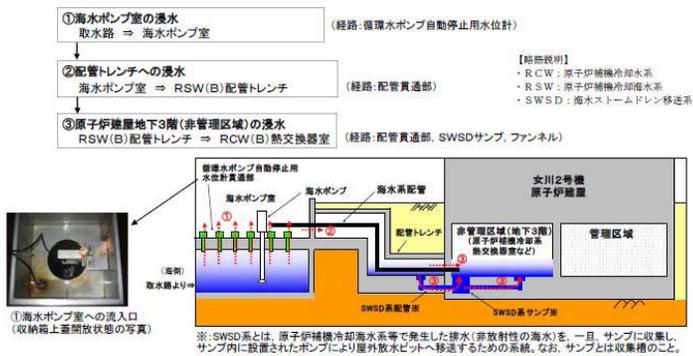


図3 女川原子力発電所2号機 原子炉建屋地下3階(非管理区域)への浸水⁶⁾

平井の対策の基本は、津波の高さと衝撃力に耐える
 ことに加え、引き波で海底が露出して海水を汲み上げ
 る冷却水ポンプが空転することがないように備えるも
 のであり、それらは全て機能した。なお、同時期に建
 設が具体化していた中部電力浜岡原子力発電所につい
 ても、冷却水を400m沖合の海中に設けた取水口から
 海底トンネルで取水し、大津波の引き波でも取水路に
 水が途切れることのないように設計することを助言し
 ている⁷⁾。

土木学会の「津波評価技術」は、前述のとおり原子
 力発電所の設計津波水位の標準的な設定方法を提案し
 たもので、その中に各発電所における津波の予想高さ
 が記されている訳ではない。従って、各原子力発電所
 において、津波高さに関して遵守すべき明確な基準が
 存在しているのではないことに留意する必要がある。
 しかし、平井は津波のシミュレーション技術の無かつ
 た時代に、三陸海岸の南端に位置する女川とその近郊
 における過去の津波にまつわる伝承や記録、学術論文
 などを精査し、揺るぎなき信念に基づく主張を行った。
 過去の経験から、この地方に津波が再び襲撃すること
 は、平井にとっては起こり得る可能性の高い、リアリ
 ティを持って感受できる災厄であった。

平井のこうした炯眼と手腕は、その他でも、軟質地
 盤の八戸や新潟に火力発電所を建設するに際して、基
 礎工事に大型ニューマチックケーソンやスーパーマン
 モスケソンを用いて、想定される地盤沈下に余裕を
 持って備えたことなどに表れている⁸⁾。

平井の安全設計に関する基本姿勢は、法令(時には
 暗黙の規範)を遵守しながら、法令に定める基準や指
 針の本質的な課題を常に自らに問い、技術責任者とし
 て結果責任を全うしようとするものであった。

4. 規格・基準の遵守と想定外への対処

規格・基準の策定は、規制を受ける側に対して標準
 化=均一化を求めることである。多くの場合、規格・
 基準は、科学・技術研究の成果を踏まえて経済合理性
 を考えながら策定される。どのような場合においても
 経済合理性が度外視されることはないが、人の安全や
 健康に関わる規格・基準は、殆どの場合、安全サイド
 に裕度を持たせて策定される。様々な規格・基準があ
 るため、一様には論じられないが、特に、内包する危
 険性が十分には把握できていない未成熟な技術分野に
 においては、当然のことながら、経済合理性を後退させ、
 安全面に裕度を持たせた規格・基準とするべきである。

事業内容によっては、技術の標準化戦略(一種の規
 格・基準化戦略)が成否を決する重要な要因となるケ
 ースが増えている中で、近年、標準化対象技術に包含さ
 れる特許権の取扱いについて、コンソーシアムや学協
 会などで「特許取扱い方針」を定めることが多くなっ
 た。公共財(規格・基準)と排他的な権利(特許権)を
 いかに調和させるべきか、当該事業分野の発展を損ね
 ないように腐心している形跡が見られる。こうした中
 で、日本の主要な学協会は、安全に関わる規格・基準
 については、従前どおり特許権を取得した技術と特許
 出願中の技術をその対象から除外しているように見受
 けられるが、それは妥当な判断であると考えられる。

規格・基準の規制を受ける側が、それを忠実に遵守
 しようとすることはある意味で自然なことであり、時
 間が推移する中で、規格・基準に慣れるにつれて、そ
 れに固執し、「想定外」のことを考えなくなる虞がある。

規格・基準が内包する課題を一番熟知しているのは、
 その策定に関わった技術者や研究者であると思われる
 ため、時代の流れの中で諸学問が進歩し、規格・基準
 を策定した際の前提条件が変容してきていることが推
 察されれば、策定に関わった技術者や研究者は、改訂
 に向けた取組みを迅速に行うべきである。

一方、企業等の組織においては、法令や規格・基準
 が策定されると、そこで示される規範が現実的には守
 るべき上限になってしまうことが少なくないように思
 われる。経済合理性、効率性の追求と惰性から生じる
 陥穽である。しかしながら、人間の安全、生死にも影
 響を与え得る性格の規格・基準である場合には、それ
 らが守るべき最低限の規範であることを自覚させ、「そ

れさえ守っていけば良い」という意識に陥らないような制度的、社会的な仕組み、工夫が必要である。

5. 立場や見解の異なる人々との対話の重要性

日本の国家としての健全な運営を考えれば、防衛力の整備と共に、エネルギーと食糧の安全保障は不可欠で、そのこと自体は社会的、思想的立場を越えて大多数の国民の合意を得られるのではないかと思う。その中で原子力発電については、地震多発国における地震や津波等への安全対策の万全性への危惧や、高レベル放射性廃棄物処分問題の抜本的解決への懐疑から、新たなエネルギー政策における位置づけ・役割を巡って、様々な論戦が繰り広げられている。

福島県への原子力発電所立地は、県と過疎地域であった双葉郡の経済振興政策とも合致し、草創期1970年代の原子力発電には夢があった。小中学生の遠足コースに原子力発電所見学が組み込まれるなど、希望を持って語られていた。一方、原子力発電の推進にネガティブな人々からは、「危険（迷惑）施設の過疎地域への押しつけ」という言葉で語られるが、原子力発電所設置の基本的な考え方を踏まえると、これには真実の側面もあった。だが、地元で多くの雇用を生み出したことに拠り、出稼ぎに行く人々が減少し、交付される補助金で自治体の財政も豊かになるなど、決して弊害だけが生じたのではなかった。そして、高度経済成長期以降に激増する首都圏の電力需要を、40年の長きに亘り支えてきた自負を、この地域の人々は間違いなく懐いていた。

福島第一原子力発電所の事故が起きる以前、2010年7月に同発電所及び福島第二原子力発電所で働いていた人々の「地元比率」（＝福島県内に住民票があった人々の割合）を調査した結果は表1のとおりである。

地域の人々と手を携え、地域の発展と共に歩んで来た発電所であった。

震災後、会津や相馬に避難した人々、様々な事情で遙か首都圏まで避難せざるを得なかった人々の話を時折伺うことがあるが、福島の人々は総じて寡黙で我慢強い。声高でないが故に、深き哀しみを感じる。歴史、文化、懐かしき山河、温もりある何気ない日々の生活を喪失し、“流浪の民”のごとくなくなってしまった人々を前にして語るべき言葉と内容を持ち得るか。南相馬の家族と浪江、双葉の親族、そして友人達が皆避難している私自身にとっても頗る重い問い掛けである。この問題について発言する人々は、自らの哲学、力量（技量）、人格が問われ、人間としての覚悟が試される。

表1 福島第一／第二原子力発電所で働いていた人々の地元比率（2010年7月現在）

福島第一原子力発電所	福島県内に住民票	福島県外に住民票	合計	地元比率
東京電力社員	977人	110人	1,087人	約89.9%
協力企業社員	5,174人	517人	5,691人	約90.9%
合計	6,151人	627人	6,778人	約90.7%
福島第二原子力発電所	福島県内に住民票	福島県外に住民票	合計	地元比率
東京電力社員	673人	82人	755人	約89.1%
協力企業社員	3,443人	353人	3,796人	約90.7%
合計	4,116人	435人	4,551人	約90.4%
両発電所（第一、第二）	福島県内に住民票	福島県外に住民票	合計	地元比率
東京電力社員	1,650人	192人	1,842人	約89.6%
協力企業社員	8,617人	870人	9,487人	約90.8%
総計	10,267人	1,062人	11,329人	約90.6%

※東京電力から入手したデータをもとに筆者が作成

3つの事故調査委員会（政府、民間、国会）で様々なことが明らかになって来る過程で、福島第一原子力発電所においては、何度か有効な津波対策を講じ得る機会があったと思われる。今にして思えば、痛恨の極みである。原子力発電所の安全性確保の観点から、立場の異なる研究者の意見に、新たな科学的知見に、真摯に耳を傾けるべきであったと思う。

三陸海岸と異なり、1896年（明治29年）、1933年（昭和8年）そして1960年（昭和35年）〔チリ地震津波〕の際に、相馬市以南の福島県太平洋岸の市町村では、津波に拠る死者はなく、東京電力も地域自治体にも、巨大津波来襲についての油断があったと思われる。

今、東京電力の人々は非常なる苦難の中にある。だが、被災地住民の苦難はそれ以上のものであることを身近に感じているため、慎重に、冷静に語らなければならないが、電力安定供給への使命感を担い、死力を尽くしてきた数多くの東京電力の人々がいることも紛れもない事実であり、今回の大事故にも拘らず、その事実が消え失せてしまうものではないと思う。

1991年から約8年間電力中央研究所の理事長職にあった依田直（1930年-）は、在任中原子力委員も務め、日本の原子力政策の形成にも深く関与した。河合栄治郎門下で福島県出身の哲人経営者・木川田一隆の懐刀として仕え（図4）、東京電力の副社長時代には電気事業者の中核として原子力ビジョンの検討・策定をリードした。一方で、早くから再生可能エネルギーの役割を認識し、環境派と呼ばれる人々との対話を欠かしてはならないこと、原子力発電を原子力の専門家だけに任せてはならないことを力説した。エイモリー・ロビンス、ウィリアム・ウォーカー、高木仁三郎といっ

た人々と、自ら積極的に交流し、立場を超えて人間としての信頼関係を築いた。依田は常々「原子力反対派の話も聴いて、自分と見解は異なるが領かざるを得ないものがあると思ったら、その事柄に関する自らの見解の拠って立つところを徹底的に検証してみる必要がある。」と語っていた。限りなく進歩する科学技術を人類の幸福増進に役立てるために、技術の倫理性についての考察の重要性にもしばしば言及した。電力中央研究所理事長に就任して3年半後（1995年正月）の職員に対する年頭訓示において語った以下の言葉は、依田の考え方の本質を表している。

「常識がいつも正しいとは限らない。常識に安住せず本質に目を向けることは、常識の裏に潜む真理の探究につながる。常識を疑うことの大切さは、研究開発に取り組んでいる人々には自明のことであろう。だが、研究開発に限らず、既成の価値や通説を鵜呑みにせず、様々な角度から検証して絶えず自分の頭で考え、物事に対処していくことが大切だ。」

他者の意見を尊重する謙虚な心のあり方や、既成の権威に阿らず“常識を疑う”姿勢は、必然的に技術が内包する危険性への知覚と自然に対する畏れの感情にも繋がり、豊饒で人間味溢れる思想を形成していた。



図4 経済同友会の代表としてアメリカ訪れた際の木川一隆(左)と依田直

6. 科学的不確実性と社会的な意思決定について

科学的な不確実性を抱えた問題を、いかに意思決定すべきかは、科学だけでは解決できない、いわゆるトランス・サイエンスの課題が山積する中で、頗る今日的な難問である。社会的意思決定のあり方を問うことは、最終的には、いかに民主主義の質を高めるかという問題に帰着することになり、民主主義のあり方、さらには近代以降の技術文明社会自体が問われている。

民主主義については、偉大な先人が啓発的な論考を重ねている。少し長いが、3人の書物から引用させていただく。まず、法哲学者のハンス・ケルゼンは『民主制の本質と価値』において、「合理的に多数決原理

を導き出しうる根拠は、ただく万人が自由であることが不可能だとすれば、可能な限り多数の人間が自由であるべきだ。即ち社会秩序の一般意志と自己の意志とが矛盾するような人間の数を可能な限り少なくすべきだ」という思想である⁹⁾。」と語った。何とも冷静な、そして醒めた民主主義観である。

続いて、政治学者かつ政治家でもあるアレクシ・ド・トクヴィルは、『アメリカの民主政治』において、「民主政治の法律は、一般に、多数者の福利を増進する傾向をもっている。なぜかという、その法律はすべての市民達の多数者から出てくるものであるから。(中略)貴族政治の法律は、富と権力を少数者の手に独占的に握らせる傾向がある。(中略)それ故に、立法における民主政治の目的は、立法における貴族政治の目標よりも人類にとって一層有益である。けれども、民主政治の利点はそこで終わっている¹⁰⁾。」と語り、民主主義社会の隘路を予見した。

最後に、少し奇矯に思われるかも知れないが、ウィリアム・シェイクスピアの『コリオレイナス』から主人公自身の台詞をお届けする。「この二重の権威というやつ、一方は名分のもとに相手方を軽蔑し、他方は何らの理由なくして傲り昂ぶる、これでは、身分、栄誉、分別を以てしても何の決定もできない、衆愚が否の応のと文句を附けるからだ・・・それでは緊急の場合、必要な対策は全く取れず、いたずらに時を空費し、些事に心を奪われて右往左往するばかりだ。どんな政策にも横槍が入り、一向成果は挙げない¹¹⁾。」徒に、そして、いとも容易く衆愚政治(ポピュリズム)に陥り易い民主主義の弱点を別括している。

長々と引用したのは、民主主義の限界を予め認識した上で、この課題に取り組む必要があると考えたからである。

世界の全体的な構造や歴史の法則に関する厳密な思想的枠組みを強制されない民主主義社会は、ともすれば問題の全体を俯瞰せず、他の問題との関連性にも思いを致すことのない、ある種短絡的な論調や行動に翻弄されやすい。この宿痾への処方箋として、国民の生存に関わる重要な問題については、ポピュリズムを排して、ギルバート・キース・チェスタトンが語った「死者の民主主義(死者をも含めた民主主義)」の理念と、更には未来世代の生存権確保への現実性を踏まえて判断する必要がある。歴史、伝統と未来世代への責務を踏まえた民主主義の寓喩を絵空事に終わらせないための意思決定方式の工夫と、議論に参加するための要件を真剣に考えるべき時である。

科学的な不確実性、複雑性を内包する事柄について、

何らかの意思決定を行うために、一般人の知恵や常識も活用して、科学的合理性を越えた、“社会的合理性”を追求する試みが、地球温暖化問題への対応や、遺伝子組換え作物の是非を巡る議論の中で、行われている。意思決定に参画することは、責任を分担することでもある。地域コミュニティに密接に関わり、検討内容がある程度限定される事柄については、議論の枠組みも比較的設定しやすく、一般人も議論に参画する中で学習し、対象となる事柄へのリテラシーを高めていくことが出来るため、ポピュリズムに流れない工夫を施せば、有用な仕組みではないかと考える。

一方、原子力発電のように対立が激しく、社会的な溝が埋まり難い科学的、技術的な課題においては、立場の異なる人々が拠り所としている科学的知見に関する見解が異なることもあろうが、科学技術を多様な歴史的、文化的文脈で捉える中で生じる見解に相違がある場合が多く、歩み寄りの糸口を探し出すのは、一層困難に思える。

しかし、これを打開する試みも果敢に行われており、その行方を注目したい。まず、スタンフォード大学のジェイムズ・S・フィッシュキン教授が提唱した「討論型世論調査(DP=Deliberative Polling)」は、浅薄で皮相的になりがちな世論調査に、民衆の学習効果を織り込み、議論を重ねて回答を得る過程を重視した調査方式である¹²⁾。今夏、日本のエネルギー・環境政策の策定に際して、この手法が取り入れられる見通しであるが、アメリカの取組みと比して性急さが感じられ、形だけ模倣するようなことにならないように、推進責任者には留意していただきたい。

もう一つが、カナダにおいて使用済み核燃料管理問題の打開に向けて実施された国民協議(熟議民主主義)で、公共政策の倫理的な分析に、最も強力な枠組みを提示し、将来世代、安全性とリスク、負担と受益、包摂(inclusion)とエンパワメント、説明責任と監視を論点に、政策過程から伝統的に排除されていた人々を巻き込んだ“民主的な”対話を実践した¹³⁾。

いずれにおいても専門家の役割は重要性を増し、一般人との交流を通じて、意思決定を支援する任務を負っている。専門家として明確に語り得る科学的・技術的の話題に限定して発言することは技術者・研究者の矜持を表出した姿勢であるとも言えるが、多様な人間が共存して暮らす社会において、一般人が有する知恵や常識の価値を重視するのであれば、科学・技術の知見を有する専門家と社会の間のコミュニケーションの必要性は高まる。その際、一般人が科学的知見・経験を、専門家が社会的知見・経験を相互に獲得出来るよ

うな、柔軟で適度な緊張関係を保持した枠組みを考えることが大切である。双方の勤勉さ、相手の立場を思い遣る心が、このような試みを成功に導く基本的な要件であることを強調し、本稿の筆を擱きたい。

参考文献

- 1) 電力中央研究所：「エネルギー・環境政策の国民的議論のために」、『DEN-CHU-KEN TOPICS (電中研トピックス)』vol.11、2012年5月
- 2) 東北電力：「それぞれの3.11 - 女川原子力発電所 -」社内誌『BRIDGE』、2011年12月
- 3) 土木学会 原子力土木委員会 津波評価部会：『原子力発電所の津波評価技術』、2002年2月
- 4) 東北電力：「女川原子力発電所における津波の調査結果と安全性への影響」社内誌『BRIDGE』、2011年8月
- 5) 当麻純一：「津波被害の教訓 - 学会活動の現場から -」、日本原子力学会誌 2012年2月号
- 6) 東北電力：「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により発生した津波の調査結果について」、2011年10月
- 7) 大島達治：私家版「技術放談 結果責任を負う事業経営の在りかた」、2011年7月
- 8) 大島達治：私家版『技術放談 - 過去に生きるおとこ - 毒舌・冗説 -』、2003年1月
- 9) ハンス・ケルゼン(長尾龍一訳)：「民主制の本質と価値」『デモクラシー論』、木鐸社、1977年
- 10) アレクシ・ド・トクヴィル(井伊玄太郎訳)：『アメリカの民主政治(中)』、講談社、1987年
- 11) ウィリアム・シェイクスピア(福田恆存訳)：『コロレイナス』、新潮社、1971年
- 12) ジェイムズ・S・フィッシュキン(曾根泰教監修)：『人々の声が響き合うとき 熟議空間と民主主義』早川書房、2011年4月
- 13) ジュヌヴィエーブ・フジ・ジョンソン(船橋晴俊+西谷内博美監訳)：『核廃棄物と熟議民主主義 倫理的な政策分析の可能性』新泉社、2011年8月



佐藤 清 (電力中央研究所 広報グループマネージャー)

1981年に早稲田大学法学部を卒業し、同年電力中央研究所入所。秘書課長、研究管理セクションリーダー、経営企画部次長、CS推進本部総括チームリーダー、材料科学研究所及びエネルギー技術研究所上席スタッフ、広報グループ上席スタッフを経て、現在に至る。

1991年から1993年にかけて米国電力研究所(EPRI)の知的財産活用・事業化および国際戦略を担当する部門に派遣。

E-ディフェンス実験にみる都市建物の地震被害例

長江 拓也

● (独) 防災科学技術研究所 減災実験研究領域兵庫耐震工学研究センター 主任研究員

1. はじめに

1970年代以前に建てられた耐震性能の劣る建物に対して耐震改修を促進することが、来たる大地震における建物被害を軽減するために必要不可欠である。一方で、複数の大都市が同時に被災するというシナリオも視野に、以前にも増して都市の回復力が重要視されている。本稿ではこの視点を踏まえ、多岐にわたるE-ディフェンス実験の中から「長周期地震動と超高層建物」および「直下型地震と近年の鉄筋コンクリート造建物」にテーマを絞って地震応答性状と構造骨組の損傷状態を紹介し、その被害を軽減する方法に関する検証もしくは考察を述べる。そして、E-ディフェンスにおける取り組みを今後の展開も見据えて述べる。

2. 長周期地震動と超高層建物

2.1 現在の知見と想定から問題点を指摘する実験

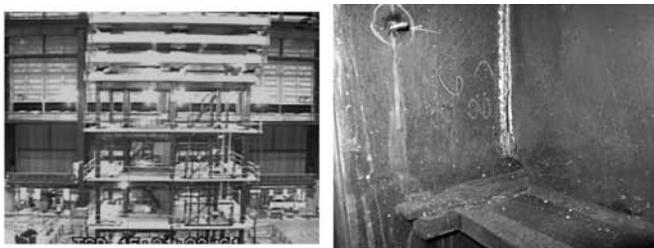
2007年度に行われた超高層鋼構造建物の骨組の耐震性能を検証した実験内容を図1に示す。超高層建物の鋼構造骨組を部分的に製作し、錘とバネから構成される上部装置を設置することで、部分骨組に超高層建物の揺れが加わる実験システムを採用した¹⁾。設計にお

いては高さ80 mの超高層建物を想定した。柱と梁の接合詳細には、1970年代の設計資料に見られる特徴をできるだけ再現した。実験では、3秒付近の周期帯に大きな威力をもつことで注目されていた名古屋三の丸地区における予測地震動(東海・東南海地震を想定)を主に入力した。その加振において、実験システムは2秒を超える周期で3分以上揺れ続けた。骨組は何度も繰り返しゆがみ、梁の端部に塑性ひずみが累積した。実験は骨組が終局状態に達したと判断されるまで続けられ、最終的に全体の約1/5の梁端が破断した(図1(b))。

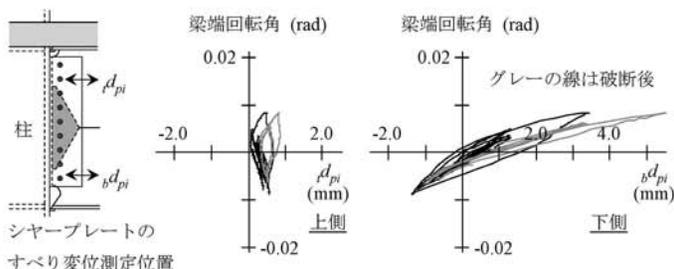
その中でもウェブをボルト接合した現場溶接接合形式の梁の端部には早期に破断が生じた。図1(c)にウェブボルト接合部の変形性状を示す。床スラブの存在によってシヤープレートの下側に大きなすべりが生じている。ウェブの応力伝達が小さく、梁下フランジの負担が増大し破断に至った。ここで対象とした梁端接合部は、現在の日本建築学会指針(鋼構造接合部設計指針)の規定値(接合部強度比1.35以上)を下回っている。すなわち、いま設計すればこのような接合詳細にならないが、そのような知見を有していない時代に設計、建設された既存の超高層建物にはこのような接合



(a) 超高層鋼構造建物の骨組を部分的に再現



(b) 加振状況と破断した梁端の加振後の様子



(c) 問題となる変形特性とフランジ破断が表現された計測

図1 長周期地震動を受ける超高層鋼構造建物の骨組の耐震性能

部が存在している。さらに外力としても近年想定されるようになった長周期地震動が相手となる問題である。あらたな知見と想定を踏まえた再評価が必要であることを指摘した実験と言える。

一方、ビデオ観察によると明らかに梁下フランジが分離し耐震性能を喪失した梁端でも、図1 (b)のように、揺れが終わると破断面が塞がるため、その発見は困難となる。地震を受けた後に建物の損傷度、安全性を確認する作業は多くの問題と絡み合ってくる。筆者も参加する日本建築学会の長周期建物地震対応小委員会においては、こうした問題を慎重に検討している。例えば、都市全体が大地震に襲われた後に、余震に対する安全性も踏まえ、超高層建物内に存在する膨大な数の人を外に出すのか留まらせるのかという判断は容易でない。そこまでの被害が生じなくても、補修の必要性など事業継続に関わる問題について判断するためには骨組の損傷評価が必要となる。こうした背景のもと、本実験では、地震時の床応答記録、地震後の振動特性における有意な変化を特定するモニタリング技術について検証を行い、その有効性を確認した^{2,3)}。図1 (c)のような比較的ミクロな計測によって損傷状態をより具体的に評価する手法の開発にも取り組んだ⁴⁾。今後は各建物の事前解析による評価も併せ、こうした技術を効果的に適用していくことが期待されている。

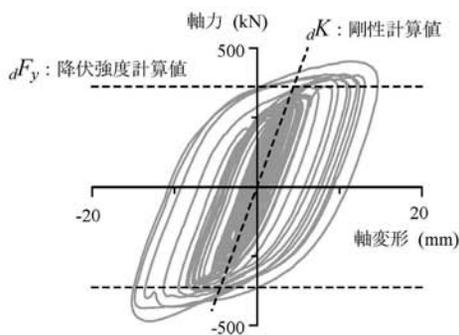
2.2 対策の効果を実証する実験

第二弾として2009年度に行われた実験⁵⁾の内容を図2に示す。2007年度と同様の実験システムの骨組内にダンパーを設置し(図2 (a))、一連の加振を通して損傷抑制効果を検証した。ここでは、事前検討⁶⁾において現実的と判断された骨組強度の20%程度を負担できるダンパー量が採用された。図2 (b)は縦軸に加振時間に対する総入力エネルギーをとっている。名古屋三の丸波を受ける場合には長時間にわたって入力エネルギーが増大し続け、エルセントロ波の場合に比べ7~10倍の量に達した。ダンパーを設置した場合には骨組内においてダンパーが早い段階から降伏し紡錘形の履歴を描き(図2 (c))、骨組に対してそのエネルギー消費が約70%を占めた。結果、梁の端部で消費していたエネルギー(累積塑性ひずみ)が大幅に減少し(図2 (d))、骨組をほぼ無損傷の状態に留めることができた。

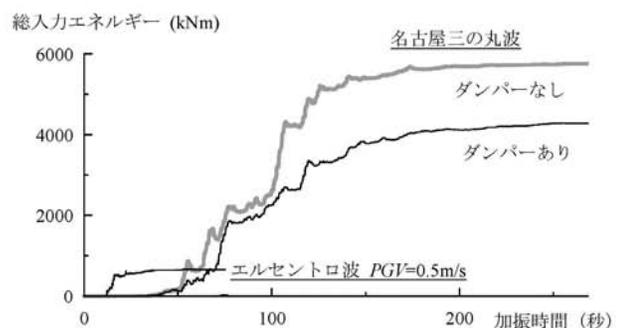
本実験では名古屋三の丸波入力時に、鋼製ダンパーの設置による短周期化が原因で入力エネルギー自体も減少した。一方、元の周期が3秒を超える場合にはその短周期化によって逆に入力エネルギーが増大する⁶⁾。これは、盆地の深さと密接に関わる長周期地震動の周期特性に起因するもので、超高層建物の耐震性は各都市で予測される長周期地震動の周期特性に応じて評価されることとなる。



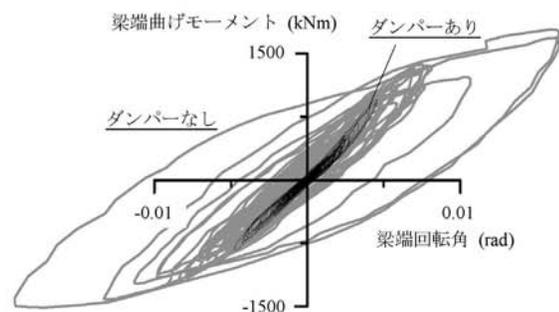
(a) ダンパーの取り付け状況



(c) ダンパーの応答履歴(名古屋三の丸波)



(b) 総エネルギー入力の比較



(d) 梁端部の応答履歴(名古屋三の丸波)

図2 長周期地震動を受ける超高層鋼構造建物に対するダンパー補強

3. 直下型地震と鉄筋コンクリート造建物

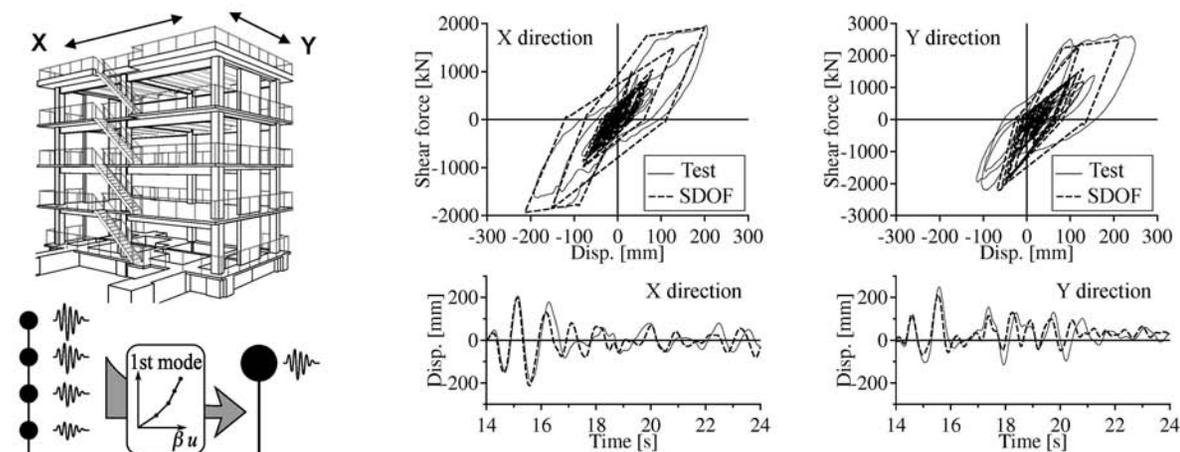
3.1 新耐震設計法に基づく建物の評価と損傷

1995年の兵庫県南部地震においては、鉄筋コンクリート(RC)造建物の倒壊や大破が、新耐震設計法が導入される1981年以前に建てられた建物に多く認められた。一方、新耐震設計法に移行してから30年以上が経ち、今後はこの種の建物が都市のストックの大部分を占めるようになる。ここでは新耐震設計法により設計された4階建てRC造建物の実験⁷⁾について述べる。その内容を図3に示す。X方向が純フレーム構造、Y方向が連層耐震壁フレーム構造であり、柱、梁および壁は新耐震設計法で最も変形能力が高いと評価されるAランクに分類され、その評価に従って建物の保有水平耐力(各部材が曲げ降伏して達するメカニズム時強度)が設定された。具体的には建物重量に対する1階の水平耐力の比(ベースシヤール係数)を0.3-0.4に設定した。各部材が変形能力に期待できるので大地震については粘りで耐える方針に基づく設計になる。

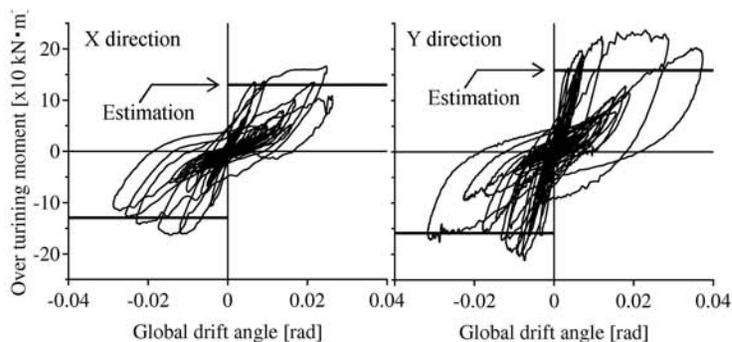
実験では、兵庫県南部地震において観測された地震動(JMA-Kobe波)を100%で入力した場合にX方向、Y

方向のいずれも最大層間変形角が0.03 radを上回った。まず、そのときの1次モード成分を抜き出して1自由度(SDOF)解析による再現性を考察する(図3(a))。骨格曲線は実験で得られた力と変位の関係にフィッティングした。履歴則のルールにはTakeda Modelを採用した。X方向、Y方向ともに変位の時刻歴波形がよく一致していることが分かる。次に、その後の加振も含めて、高次モードの影響が小さい転倒モーメントと全体変形角の関係を取り、設計で一般的に用いられる強度式から計算した保有水平耐力と比較する(図3(b)、ここで強度式には要素試験によって得られた材料強度を反映している)。計算値に対する実験値の比は、X方向で1.2、Y方向で1.5であった。以上から新耐震設計法に基づくRC造建物について、適切な解析用モデルにより時刻歴数値解析が地震応答を大変形領域まで合理的に評価できるということ、および一般的な強度式において評価される保有水平耐力が実際の耐力に対して上記程度のマージンを安全側に有していることが確認された。

一方、骨組が地震時に粘りを発揮するとその変形に見合った損傷を被ることになり、実験では図3(c)に示



(a) 数値解析による地震応答の再現



(b) 一般強度式に基づく保有水平耐力評価



(c) 純フレーム構造で問題となる柱梁接合部の破壊モード

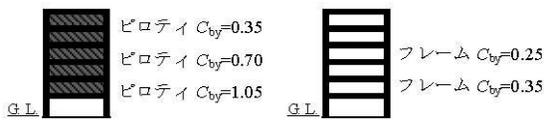
図3 新耐震設計法に基づくRC造純フレーム構造と連層耐震壁フレーム構造に対する実験

すように、補修の難しい柱梁接合部に重度の損傷が集中する結果となった。

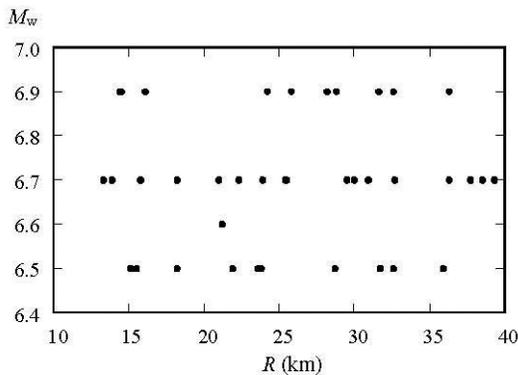
3.2 都市に求められる建物と耐震性能

現在の設計では、評価の信頼性の観点から容易にメカニズムを設定できるよう、腰壁、袖壁等を柱と梁から分離する構造スリットを設けることが多い。

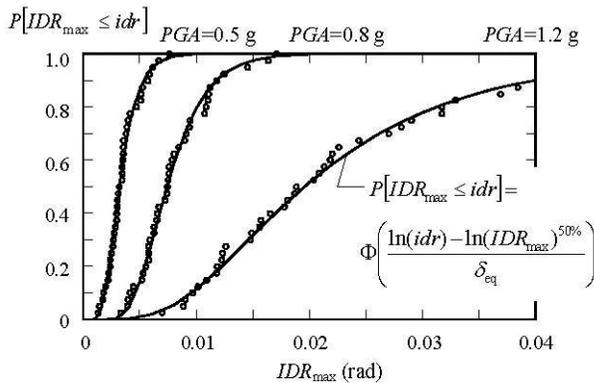
1階が駐車場等のオープンスペースになるピロティ構造は特に都市のマンションにおいて需要が高いが、兵庫県南部地震での1階層崩壊が問題視され、上層部の壁を構造スリットで切り離す措置がとられてきた。しかしこの場合、実験のように大きな変形が骨組全体に生じ大規模な補修が必要になるという問題が危惧される。ここでは、内陸地震を想定し地震ハザードに基づく確率評価^{8),9)}を通してこの問題を考察してみる。ピロティ構造とその壁の無いフレーム構造のモデル建物を用意し(図4(a))、それぞれの構造形式に現実的なメカニズム強度時ベースシヤール係数 C_{by} を設定した。



(a) モデル建物とメカニズム時ベースシヤール係数



(b) モーメントマグニチュードと震源距離

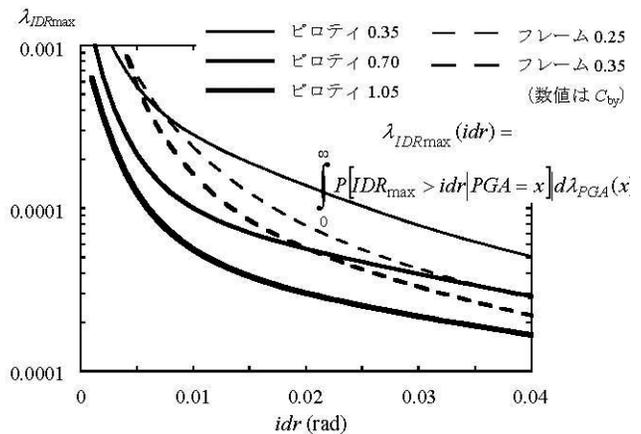


(c) 解析結果の累積分布 (ピロティ $C_{by}=1.05$)

履歴則はTakeda Modelとした。図4(b)に入力地震動を示す。サイトの地盤は15<N値<50で、モーメントマグニチュード M_w が6.5~6.9、サイト震源間距離 R が13~40 kmという条件の40個の地震動を採用した。

解析では40個地震動を最大加速度PGAで基準化し0.1 g刻みで漸増させて、各PGAに対する解析値を統計処理した。図4(c)には代表的な解析結果について最大層間変形角 IDR_{max} をプロットし、対数正規分布でフィッティングしている。PGAに対する分布は対数標準偏差にして0.4~0.6というばらつきを持つ。この値も評価に組み込みPGAのハザードカーブ(日本建築学会荷重指針)から解析結果を展開すると図4(d)に示す最大層間変形角に対する年間超過度数 $\lambda_{IDR_{max}}$ のハザードカーブが求まる。 $\lambda_{IDR_{max}}$ を再現期間にして述べれば、設計限界として広く用いられる最大層間変形角0.01 radに対する再現期間は、ピロティ構造で $C_{by}=1.05$ の場合1785年、フレーム構造で $C_{by}=0.35$ の場合618年である。つまり、ピロティ構造は適切な強度があれば修復性に有利になりうる事が示されている。さらに柱の変形性能評価を反映すると、このとき1階の柱の限界変形角が0.03 rad以上であれば、ピロティ構造の終局限界状態に対する50年超過確率は0.9%と算定される。その目標性能に対する1階の柱の耐震設計は高強度せん断補強筋の適用などによって十分可能である。

今後は修復性等の観点からも有利な構造形式の開発が都市の回復力を高めるために求められる。例として2006年度には、壁付きRC造建物の高い剛性と強度を活用することで基礎すべりに伴う入力低減が期待できる構造形式の高耐震性能が実証された¹⁰⁾。実績となるデータを取得し耐震工学研究の新たな展開を切り開くことはE-ディフェンスがめざす方向性の一つである。



(d) 最大層間変形角のハザード(年間超過度数)カーブ

図4 都市において需要の高いピロティ構造の耐震性能に関する考察

4. 地震被害軽減へのアプローチ

E-ディフェンスにおける実験映像はホームページ上で公開されており(図5)、それらが地震防災活動の場でも利用されている。1970年代に建てられ耐震補強の対象となる建物に関する実験¹⁰⁾では、破壊状況と補強効果を対比する実験が実施された。RC造のみでなく鉄骨造においても、特に破壊メカニズムについて映像は高い説明力と説得力を発揮する¹¹⁾。そのような背景のもと、地震被害の軽減対策の普及に直接的に展開されることを意図した一連の実験が建物内の安全性および機能保持をテーマにして実施された。

兵庫県南部地震を経験した兵庫県(災害対策課)と協働した2006年度の超高層建物の室内被害に関する実験¹²⁾では、実験システムの構築、内部空間の忠実な再現に基づき家具什器の転倒、飛散およびガラス窓の損壊等による被害様相を現出させ、こうした被害の映像を実記録として公開した。一連の研究成果は、都府県研究会(東京都、大阪府、兵庫県、新潟県、静岡県、愛知県、徳島県)等の活動によって、自治体講習用の防災資料として編集が進められた(図6)。



http://www.bosai.go.jp/hyogo/research/movie/movie.html

図5 ホームページ上で公開されている動画

4階建てRC造病院を対象とした実験では、建物の高さ方向に対する建築計画の傾向を反映して各階にX線撮影室、手術室、病室等が設定され、関連する設備機器類とともに室内状況が再現された¹³⁾。耐震構造および免震構造に対して、名古屋三の丸波とJMA-Kobe波を用いた加振が実施され、医療関係者等が考えていなかった地震被害の様相を浮き彫りにした。成果は、医療施設の地震対策の必要性と対策方法に関する「啓発ビデオ、大地震への備え-機能保持をめざして-」および「病院スタッフのための地震対策ハンドブック(図7)」等として取り纏められ、ホームページやYouTube防災科研チャンネルを通して広く公開されている。

2011年度における超高層建物の内部空間、天井設備等の機能に着目した実験¹⁴⁾では、東京大学地震研究所が運用する首都圏地震観測網(MeSO-net)において東北地方太平洋沖地震に際して観測された記録を、東京湾北部地震時の首都圏での想定震度6弱~6強に調整して入力波とした。地震学分野における最新の知見と連携することで、想定地震に対する被害様相をより具体的に捉え、これを起点として対策の普及、被害の予防につなげる取り組みは今後のE-ディフェンス実験のあり方を強く示唆するもので、今後は多岐の内容に対してこのような連携に基づく実験が期待されている。



図6 都府県共同研究会



図7 病院スタッフのための地震対策ハンドブック

5. まとめ

1970年代以前に建てられた耐震性能の劣る建物に対して耐震改修を促進することが、地震による建物被害を軽減するために必要不可欠である。一方で、新耐震設計法による建物群や、超高層建物群についても、大規模な補修を必要とする損傷を被ることが危惧される。建築の問題についていえば、E-ディフェンスでは今後、修復性や機能保持に着目した工学研究がより活発に推し進められると考えている。家具、機器類、天井等の内部空間被害のように対策の徹底、普及が、被害の軽減により深く関わる課題に関しては、実験ごとに社会に還元する道筋をつけた体制が敷かれる。建物の用途を絞りアウトリーチを見定めた病院実験に習うプロジェクト計画も今後増えていくと考えている。

参考文献

- 1) 長江拓也、鍾育霖、島田侑、福山國夫、梶原浩一、井上貴仁、中島正愛、齊藤大樹、北村春幸、福和伸夫、日高桃子：超高層建物の耐震性能を検証する実架構実験システムの構築－E-ディフェンス振動台実験－、日本建築学会構造系論文集、pp.1163、No.640、2009.6
- 2) 飛田潤、福和伸夫、平田悠貴、長江拓也：普及型強震計による高層建物の応答特性と損傷のモニタリング実大震動台実験における高層建物試験体の震動特性評価、構造工学論文集、Vol.56B、pp.229-236、2010.3
- 3) 尾野勝、金澤健司、飯野夏輝、佐藤大樹、北村春幸、長江拓也：実大震動台実験における高層鉄骨造建物の地震損傷検知、日本建築学会構造系論文集、pp.775、No.662、2011.4
- 4) 仁田佳宏、西谷章、星野祐美、長江拓也、中島正愛：マイコンセンサー端末による柱梁溶接部のE-Defenseにおけるモニタリング実証実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2、pp.161、2010.7
- 5) 佐藤大樹、長江拓也、大内隼人、島田侑、北村春幸、福山國夫、梶原浩一、井上貴仁、中島正愛、齊藤大樹、福和伸夫：長周期地震動を受ける超高層建物の鋼製ダンパーによる制振改修に関するE-ディフェンス振動台実験、日本建築学会構造系論文集、pp.1639、No.667、2011.9
- 6) 島田侑、佐藤大樹、長江拓也、北村春幸、福山國夫、梶原浩一、井上貴仁、中島正愛、齊藤大樹、福和伸夫、日高桃子：超高層建物の下層階に部分配置する履歴型ダンパーの効果と影響に関する検討－長周期地震動を想定した耐震改修－、日本建築学会構造系論文集、pp.549、No.649、2010.3
- 7) 長江拓也、田原健一、福山國夫、松森泰造、塩原等、壁谷澤寿海、河野進、西山峰広、西山功：4階建て鉄筋コンクリート造建物を対象とした大型振動台実験、日本建築学会構造系論文集、No.669、pp.1961、2011.11
- 8) C. Allin Cornell and Helmut Krawinkler: Progress and Challenges in Seismic Performance Assessment, PEER Newsletter Vol. 3, No. 2, Spring 2000
- 9) 長江拓也、中島正愛、吹田啓一郎：層降伏する鉄筋コンクリート造ピロティ建物の耐震性能－確率論的評価を通して－、日本建築学会構造系論文集、pp.123、No.610、2006.12
- 10) 壁谷澤寿一、壁谷澤寿海、松森泰造、壁谷澤寿成、金裕錫：実大3層鉄筋コンクリート建物の振動実験、日本建築学会構造系論文集、No.632、pp.1833、2008.10
- 11) 福本早苗、長江拓也：構造実験授業におけるE-ディフェンス実験映像と人力加力実験の効果、日本建築学会技術報告集、No.33、pp.795、2010.6
- 12) 長江拓也、梶原浩一、藤谷秀雄、福山國夫、川辺秀憲、大西一嘉、城戸史郎、中島正愛：家具および非構造部材に着目する高層建物の地震応答再現実験－E-ディフェンス振動台による実規模実験システム－、日本建築学会構造系論文集、pp.1007、No.628、2008.6
- 13) 佐藤栄児、酒井久伸、福山國夫、古川幸、鎌田崇義、寛淳夫、小林健一、井上貴仁、中島正愛：医療施設の機能保持性能を検証するための実大震動台実験－震災時における都市施設の安全性・機能性評価－、日本建築学会構造系論文集、pp.771、No.650、2010.4
- 14) 吉澤睦博、長江拓也、福山國夫、井上貴仁、梶原浩一、齊藤大樹、福和伸夫、北村春幸、中島正愛：E-ディフェンスによるオフィス建物の地震時機能損失に関する実験的研究、日本建築学会(シンポジウム)東日本大震災からの教訓、これからの新しい国づくり、2012.3



長江 拓也

独立行政法人防災科学技術研究所
減災実験研究領域兵庫耐震工学研究
センター 主任研究員。博士(工学)。
文部科学省首都直下プロジェクトに
おける超高層建物実験、防災科学技
術研究所/米国NEES共同研究にお
ける高耐震コンクリート系建物実験に
従事。2012年文部科学大臣表彰若手科学者賞受賞。

避難施設である体育館の耐震性

山田 哲

●東京工業大学建築物理研究センター 准教授

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震およびその余震では、広範な地域が強く揺られたため、体育館においても構造体・非構造部材ともに多くの被害が発生し、顕著な被害が見られた体育館は避難施設として使うことができなかつた。大地震時においても体育館を避難施設として確実に使用できるようにするためには、継続使用を前提とした構造・非構造・設備等の必要性能を明らかにするとともに、それを実現するための設計法・施工法を開発する必要がある。これは一朝一夕で解決できる問題ではないが、今回の地震での教訓を踏まえ、性能向上に向けた動きを進めなければならない。本稿では、東北地方太平洋沖地震およびその余震で被災地の体育館でみられた構造・非構造被害の概要と併せ、体育館を避難施設として使用するために解決すべき問題などについて述べる。なお、紹介する事例は文部科学省を通じて設置者である自治体等から依頼を受け、日本建築学会耐震性能等小委員会S-WGで調査を行ったものに限られており、必ずしも体育館における震動被害のすべてを網羅しているわけではないことをあらかじめお断りしておく。

2. 体育館の構造的特徴と被害事例

学校体育館の構造形式を大まかに分類すると、図1に示すように上部構造を全て鉄骨造としたSタイプ、上部構造の下部をRC造、上部を鉄骨造としたRSタイプ、柱・梁・壁をRC造とし鉄骨造の屋根をかけたRタイプの3つに分けられる。Sタイプ、RSタイプでは、桁方向の鉄骨部分はブレース構造となっている場合が多いが、中にはラーメン構造となっているものもある。

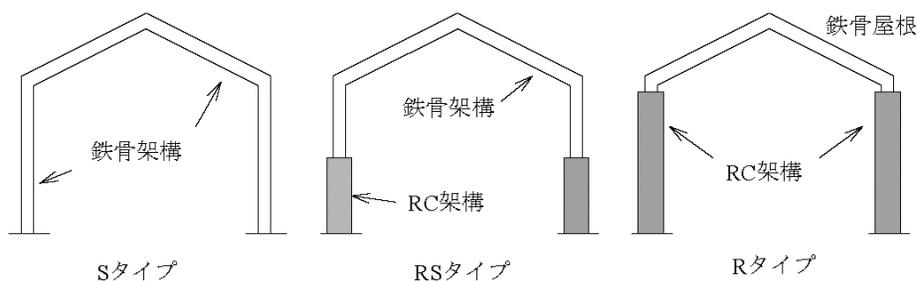


図1 体育館の構造形式

また、いずれのタイプにおいても基礎梁は建物外周構面の下にしか無い場合が多い。

タイプ別の構造被害の特徴であるが、SタイプとRSタイプの体育館では鉄骨柱の柱脚部が損傷した例や、鉄骨部分桁構面のブレースおよびブレース端接合部で破断した例が多い。写真1に柱脚の被害例を、写真2にブレースの被害例を示す。いずれも1982年以降に建設された新耐震の建物での被害であり、被災度区分判定¹⁾において大破に区分される大きな被害であり、避難施設としては使用できなかったものである。

まず柱脚の被害であるが、これはピンとして設計されたと考えられる露出型柱脚のアンカーボルトが伸ばされ、ねじ部で破断したものである。柱脚をピンと仮定した設計は1981年以降も、兵庫県南部地震での露出型柱脚の被害を受けた1995年12月の建設省告示1791号の改正までは一般に行われていた。もちろん、ピンと仮定した場合だけでなくアンカーボルトの塑性化を許容し半剛接としての設計を行った場合においても、骨組の変形に伴う大きな回転が柱脚に生じるとアンカーボルトには塑性化を伴う伸びが生じる。このような場合にアンカーボルトを早期に破断させないためには、伸び能力のあるアンカーボルトを使用する必要があるものの、伸び能力を保証するアンカーボルトであるABR、ABMの規格が制定されたのは2000年であり、一般に使われるようになったのはそれ以降のことである。従来の丸鋼に並目ねじを切削加工したアンカーボルトの場合、ねじ部の有効断面積は軸部の75%程度となることから、鋼材の降伏比が75%以上だと軸部が塑性化する前にねじ部で破断してしまう。降伏比を規定したSNR材が実用化される以前のアンカーボルトは塑性

変形能力が保証されておらず、早期破断するものも含まれる。また、耐震補強された建物でも、補強前から使われているアンカーボルトが破断した例もある。

一方、写真2の例は、ターンバックルブレースの軸部が塑性化する前に胴の部分で破断したものである。



写真1 柱脚の被害例
(アンカーボルトの破断)



写真2 ターンバックルブレースの破断



写真3 ブレース端接合部での破断

建築用JISターンバックルが指定建築材料になったのは2000年であり、それ以前の建物では建築用JISターンバックルが使われていないものもある。軸部が降伏する前にターンバックル胴で破断する被害は、1981年以前に建てられた建物においても多く見られた。前述したアンカーボルト同様に、変形能力が保証されたターンバックルブレースが普及したのは最近のことであることから、1982年以降の建物であっても、中にはターンバックルブレースが早期に破断してしまうものも存在する。また、1981年以前の建物では、接合部が保有耐力接合となっていない場合が多く、写真3に示すように接合部での早期破断が発生している。

柱脚やブレースの損傷は、構造性能の大幅な低下につながるだけでなく、大きな応答変形の発生を伴い、非構造部材にも大きな被害をもたらす。新耐震以前の建物については耐震補強を進めることが重要であるが、新耐震以降の建物であっても、使用されている材料や設計の仮定が現在の基準を満たしていない場合もあることから、新しい建物についても診断・改修を進めることは、大きな被害の発生を防ぐために必要な方策である。また、構造体に顕著な被害がでなくても、外壁

の剥落など非構造部材に大きな被害がみられた場合もある。体育館の鉄骨部分は特に構面外方向の剛性が低く、立体的に複雑かつ大きく変形することが非構造部材の被害の一因となっていると思われる。

Rタイプの体育館では、写真4に示すように鉄骨屋根のRC架構への定着部に大きな損傷を受けた例が多い。鉄骨造の屋根と、4枚の壁が立ったようになっているRC造の架構が、それぞれ独自に大きく変形するために接合箇所被害が発生したと考えられるが、高所からのコンクリートの剥落を伴う被害の発生は非常に危険である。

いずれのタイプにおいても、写真5に示すように、屋根構面における水平ブレースが大きく伸ばされたり、破断した例が多く見られた。水平ブレースについては、大地震時においても弾性に留めている設計がなされているわけではないが、図2に示すように、水平ブレースが大きく伸ばされた場合には構面間のずれや層間変形が局所的に大きくなる。早期に機能が低下した場合や、被災後交換する前に大きな余震を受けた場合には、非構造部材の被害につながりやすい。

次に体育館における非構造部材の被害事例を紹介す

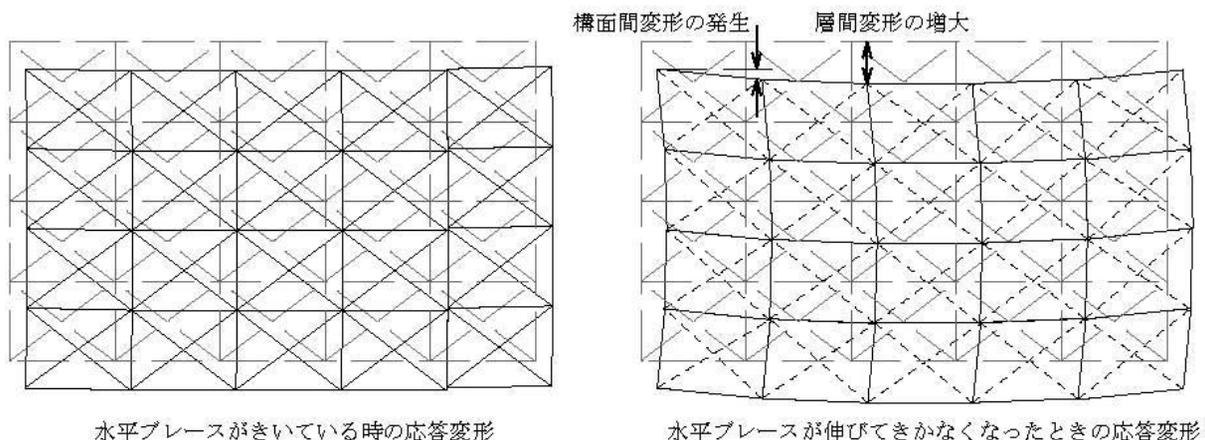


図2 水平ブレースがきいている場合ときかなくなった場合の変形状態の違い



写真4 鉄骨屋根定着部の被害



写真5 大きく伸ばされた水平ブレース



写真6 変形に追従できず剥離した内装



写真7 剥落しかかっている窓サッシ(外観)



写真8 天井の落下

る。写真6は内装(壁の仕上げ)の被害事例である。この体育館はRSタイプであるが、鉄骨部に生じた大きな変形に内装が追従できなかったと考えられるものである。また、鉄骨部の変形が比較的小さかったと思われる場合でも、モルタル仕上げなどではわずかな変形で剥離したと考えられる例が見られた。写真7は外壁が窓サッシ部上端で外れ剥落しかかっている例である。この体育館では構造部材に特に大きな変形が発生したと思われる痕跡は見られなかったことから、外壁の取り付け方に問題があったと思われる。これらはいずれも新耐震の比較的新しい体育館での被害である。また、写真8に示すように、多くの吊り天井が落下したほか、バスケットゴールの留め具が外れ落下する、あるいは照明器具が落下するといった、機器類の落下も多く見られた。高い位置からの落下物は避難施設で使用する以前の問題として大変危険である。不要な天井は取り外し、施設として必要不可欠な機器類に対しては早急に落下防止の対策を講じる必要がある。

3. まとめ

本稿で紹介した例は顕著な被害が見られた体育館の事例であり、全ての体育館が避難施設として機能しないという訳ではないが、避難施設として確実に使用で

きるだけの性能が全ての体育館に備わっている訳ではないことは明らかである。避難所として機能させるためには、耐震性能の目標を最低基準である倒壊防止から機能維持に引き上げる必要がある。機能維持を実現するためには、構造・非構造を総合した応答性状を把握し、必要な構造性能および設計方法を開発して、実証していく研究が必要である。

参考文献

- 1)日本建築防災協会：震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針 第2版，2002.8



山田 哲

1965年6月 大阪府出身
 1988年3月 東京大学工学部建築学科卒業
 1990年3月 東京大学大学院工学系研究科建築専攻修了(工学修士)
 1990年6月 東京大学工学部建築学科助手

1994年11月 博士(工学)(東京大学)
 1995年 日本建築学会奨励賞(論文)受賞
 1998年9月 東京工業大学建築物理研究センター助教授・准教授

吊り天井の地震対策

元結正次郎

●東京工業大学大学院人間環境システム専攻 教授

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方北太平洋沖地震により、広い地域にわたって天井落下の被害が発生した。天井をはじめとする建築における仕上げ材は建築を構成する要素の中で最も居住者に近いところに存在する。このために、天井の損傷および落下は直接的な人的被害あるいは避難経路の遮断などの2次被害を引き起こす可能性が極めて高い。また、幸いにして上記のような被害から免れた場合でも、天井落下によって企業の生産性が著しく低下することで発生する経済的損失は、直接被害を被った建物や地域以外に生活する人々にも広く大きな影響を及ぼすことも今回の地震で再確認されたのではないだろうか。

一方、天井の性能に関する建築基準法による規定としては、「屋根ふき材、内装材、外装材、帳壁その他これらに類する建築物の部分...中略...は、風圧並びに地震その他の震動及び衝撃によって脱落しないようにしなければならない」という記述がなされているのみであり、具体的な方策について記載されていない。このような背景のもと、近年の地震（2001年芸予地震、2003年十勝沖地震、2005年宮城県沖の地震）により発生した天井落下被害を受けた技術的助言が国土交通省からそれぞれ発表されてきた¹⁾。また、3.11の東日本大震災後には、国土交通省による平成23年度建築基準整備促進事業の一環として「地震被害を踏まえた非構造部材の基準の整備に資する検討」（事業主体：一般社団法人建築性能基準推進協会、同検討委員会委員長：坂本功東京大学名誉教授）が実施され、天井の耐震設計に向けた報告がなされた²⁾。

屋根や上階の床から吊られる天井（以下、吊り天井）は、在来工法天井とシステム天井と呼ばれる2種類に大きく分類される。このうち、本稿では重大な被害が多く見られた在来工法天井、特に昭和40年代に普及し始めた鋼製下地在来工法天井に焦点を絞り、その地震対策のあり方について述べるとともに、これまでに当研究室で実験・解析を通して明らかにしてきた鋼製下地材や天井面の力学的特性に関するいくつかの知見を紹介する。ここで示した内容が安全・安心な天井のあり方を考える上で、構造設計者の方々にとって少しでもヒントとなれば幸いである。

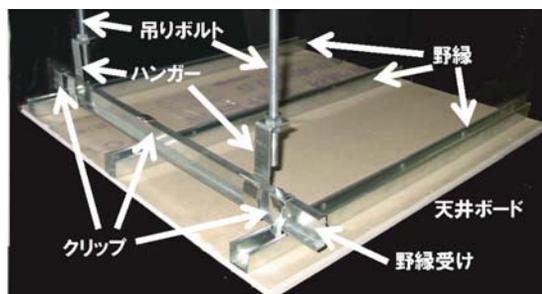


写真1 鋼製下地在来工法天井

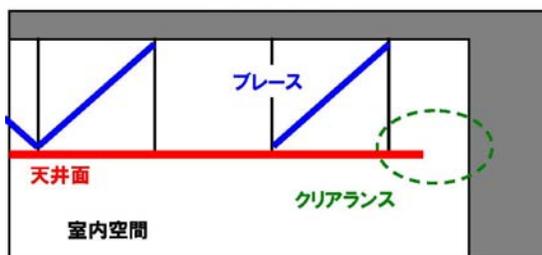


図1 技術的助言の概念

2. 鋼製下地在来工法天井の構成と典型的被害例

写真1は鋼製下地在来工法天井の構成要素を示したものである。施工手順を簡単に説明すると、手順1：天井を設定する屋根あるいは床から吊りボルト（主として直径9mmの全ねじ）を吊り下げる。手順2：吊りボルト下部に所定のレベルに野縁受け（通常、チャンネルと呼ばれる）を設置するためのハンガーと呼ばれる接合金物を取り付ける。手順3：ハンガーに野縁受けを設置する。手順4：野縁受けに野縁（通常、Mバーと呼ばれる）をクリップと呼ばれる接合金物を用いて取り付ける。手順5：野縁に天井面となるボード（石膏ボードなどの不燃材）をビスにて取り付ける。それぞれの部材や接合金物はJISA6517にて規定されている。実際には板厚が薄いJIS規格外品も使用される場合がある。また、前述した国交省による技術的助言では天井の耐震性能を向上されるための方法（図1参照）として、天井を周辺壁などから独立させるためのクリアランスを設けること、ならびに水平抵抗機構としてブレースを設置することが推奨されている。

写真2は今回の地震にて損傷を受けた天井の一例であり、写真3および4は2003年および2005年に発生した天井地震被害例である。いずれの例も吊り天井の工法上の分類としては鋼製下地在来工法天井に属する。



写真2 東北地方北太平洋沖地震による天井落下被害例



写真3 天井落下被害例 (2003年) 写真提供：東急建設中本康氏



写真4 天井落下被害例 (2005年)

詳細な仕様は天井ごとで異なるために落下被害の原因はそれぞれ異なると考えられるが、少なくとも、ここで示した写真の例において天井の直接的な落下原因が「鋼製下地材の接合金物であるクリップの脱落」であることは、野縁が天井ボードとともに落下していることから明らかである。ただし、ここでいう直接的という言葉の意味は天井落下を引き起こした原因という意味であり、むしろ、何故にクリップが脱落したかが重要な問題であり、天井落下の引金となった原因は何かということが力学的には大きな問題となる。

3. 天井の耐震設計の基本的考え方

通常の構造物に対して安全性を検討する行為を行う場合について考えてみると、一般的に、①：設計外力の設定、②：設計外力による発生応力および変位などの算定、③：発生応力・変位などその許容値との比較検討、という手順がとられる。これらは構造設計者の感覚からすれば当然のように思われるが、天井についてはこれまで非構造材という取扱いされてきたこともあり、設計者が安全性を検討するために必要となる上記の情報が不足しているのが現状である。

天井の耐震性を考える上で、2節にて示した天井と周囲の壁などとのクリアランスの有無は大きな意味を有する。天井におけるほとんどの質量は天井面に分布しているために地震時の慣性力は天井面に作用する。このとき、クリアランスがない場合には慣性力は天井面から直接周囲の構造に伝達されるのに対して、クリ

アランスがある場合には天井面に作用する慣性力は吊りボルトや斜め振れ止めを介してスラブや屋根に伝達されることとなる。したがって、前者の場合には天井面ならびに周囲の構造の安定性が問題となり、後者の場合には伝達経路上の構成要素、すなわち、天井面、野縁、野縁受け、斜め振れ止め、吊りボルトおよびそれらの接続金物の安定性が問題となる。よくどちらの天井が安全かという質問を受けることがあるが、この質問はあまり意味がない。なぜならば、天井の安全性は、それぞれの設計思想に応じた力の伝達経路が確保されているか否かに大きく依存するためであり、伝達経路上のどこかに脆弱な部位が存在すれば、クリアランスの有無に関わらず耐震上危険な天井となることは言うまでもない。

なお、前述の項目のうち①については文献2にて基本的考え方が示されていることから、以下では、③について検討したものを示す。

4. 鋼製下地在来工法天井の力学的特性

4.1 クリアランスを設ける場合

クリアランスならびに斜め振れ止めを設ける場合には、天井面に作用する地震時の慣性力が構成下地材を経路としてスラブなどに伝達される。このために経路上にある最も脆弱な部位に損傷が発生することとなる。現段階で、その第1候補として挙げられるのがクリップである。図2はJIS規格を満足するクリップによる接合部を抽出した試験体を用いて、その性能試験を行っ

たものである³⁾。図3(a)は鉛直力を作用させた場合の鉛直力-鉛直変位関係、(b)は水平力を作用させた場合の水平力-水平変位関係である。鉛直載荷の場合の脱落時耐力はおよそ0.5kNである。この値は自重に対するクリップの負担荷重と比較すると10倍程度となっており、常時荷重に対してクリップは十分な安全率を有しているといえる。ただし、注意しなければならない点は、(b)に示すように水平載荷の場合にもクリップは脱落する可能性があるという点である。そのときの値は0.3kN程度となっている。つまり、地震による水平力の伝達過程でクリップに発生する応力が上記の耐力を超えたときにクリップは脱落に到ることとなる。したがって、斜め振れ止め配置が不適切な場合には、斜め振れ止め近傍のクリップに過大な応力が発生することとなり、その結果としてクリップは容易に脱落してしまうことは明らかであり、天井の耐震性能を向上させるためには、クリップの性能に応じ

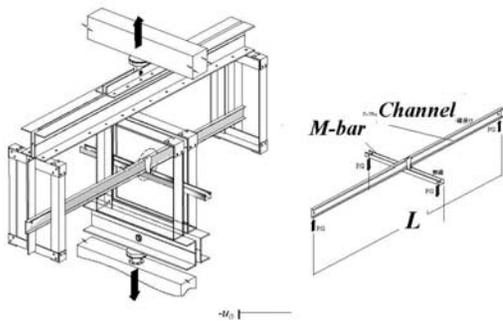
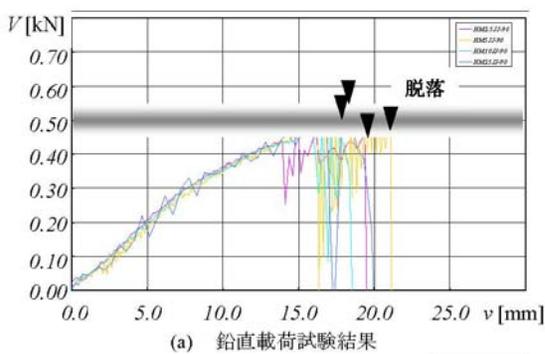
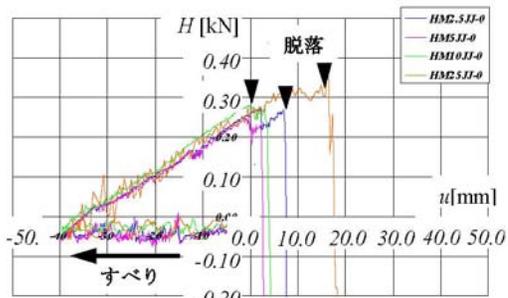


図2 クリップ接合部性能試験



(a) 鉛直載荷試験結果



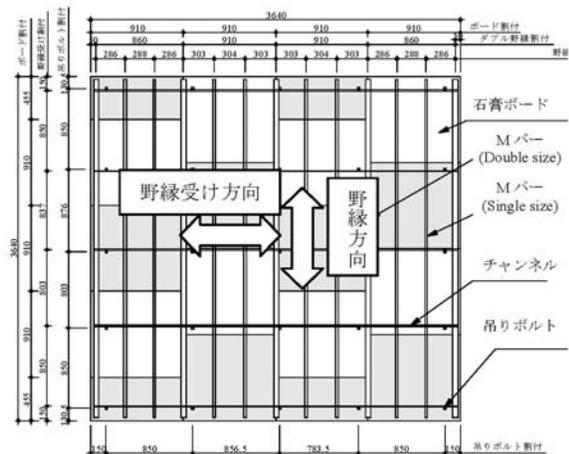
(b) 水平載荷試験結果

図3 クリップ接合部試験結果

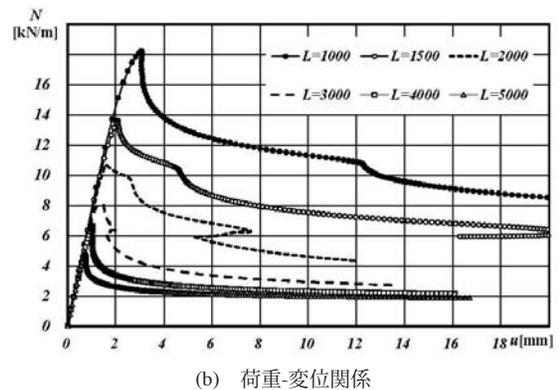
た斜め振れ止め配置計画が極めて重要となる。

4.2 天井面の力学的性状

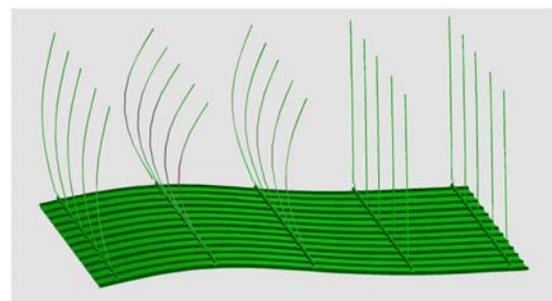
クリアランスを設けない場合には天井の耐震性能は天井面の安定性に強く依存する。ここでは、材長が異なる吊りボルトにて支持された天井面に圧縮力が作用した場合の挙動について解析した結果を述べる。図4は、(a)解析対象、(b)荷重-変位関係、(c)最終変形状態をそれぞれ示したものである。詳細な説明は省略するが、吊りボルトの材軸(鉛直)は荷重方向(水平)とは直交するにも関わらず、吊りボルトには圧縮力が作用し、その値が吊りボルトの座屈耐力に達した段階で天井面は急激に不安定となる。このために、最大耐力点は吊りボルトの長さが長くなるにつれて小さくなる。天井懐の深さは



(a) 解析対象



(b) 荷重-変位関係



(c) 最終変形状態

図4 天井面安定性解析(野縁方向)

の材長を短くすることは難しいが、吊りボルトの有効座屈長さあるいは有効細長比を短く小さくすることで天井面の安定性を確保することができる。

次に、天井面の野縁受け方向に圧縮力が作用した場合の解析結果について述べる。図5はクリップが野縁受け方向には抵抗することなく「すべり」が発生する理想的な状態を考えたモデルの解析結果である。この場合、天井面に作用する圧縮力は野縁受けに伝達されることなく天井面内のみで伝達されるために、(a)に示す荷重変位関係における初期剛性は実験結果と比しかなり小さいものとなっている。このときの座屈モードが(b)である。野縁方向とは異なり、野縁位置を節とするモードとなっている。天井面の座屈変形の進行過程で「節」となる位置にある野縁に上下方向の力が作用する。その上下方向の力、特に下向きの力が野縁から野縁受けに伝達される過程で、野縁・野縁受け間に存在するクリップに引張力が発生することとなる。(c)にクリップ軸力の推移を示す。この引張力がクリップの鉛直耐力を超えた段階でクリップは脱落すると考えら

れる。事実、(c)においてクリップの鉛直耐力に達する変位は(a)に示す実験結果の最大耐力時の変位と対応している。クリップが脱落した後は、天井面の座屈長さが増え、その結果、耐力は急減に低下する。

以上の解析では、前提条件として、圧縮力は天井面内に均一に作用するという仮定を設けていることに注意しなければならない。天井面の一部に圧縮力が集中的に作用する場合には当該部分に局部的な損傷が発生するとともに、損傷が進展することにより天井が落下する被害に到るときもある。また、周囲の構造が天井面内を伝達されてきた力をしっかりと受け止めることが肝要であることを再度強調しておく。

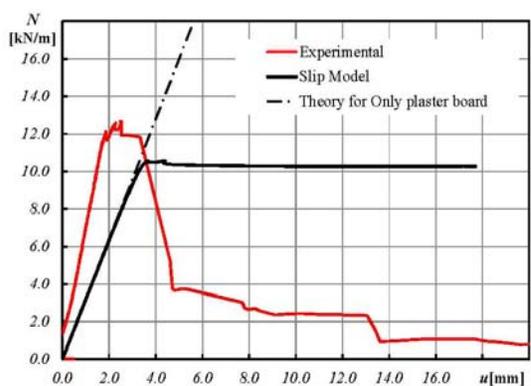
5. まとめ

本稿で述べた内容は、現時点での著者の認識あるいは実験や解析にて確認された事項である。天井の力学的性状の全容が明らかとなったわけではないが、少なくとも天井の耐震性能を向上させる上での注意点は明らかにできたのではないかと考えている。

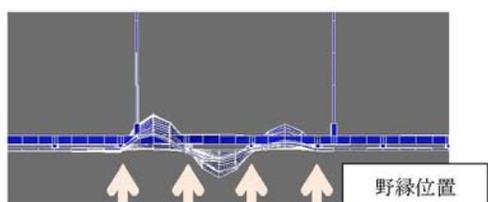
ただし、天井の力学的性状の全容が明らかとされていない現状では、著者が関係した釧路空港エアターミナルビル天井復旧工事で採用した膜天井のように軽量化を図ることや、文献4に示したような天井下地材が損傷を受けた場合でも天井落下を防ぐフェールセーフ的手立てを併せて検討することも重要である。

参考文献

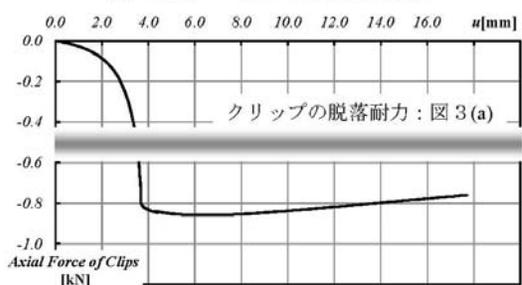
- 1) 国住指第357号(平成13年6月1日)芸予地震被害調査報告の送付(技術的助言)、国住指第2402号(平成15年10月15日)大規模空間を持つ建築物の天井の崩落対策について(技術的助言)、国住指第1427号(平成17年8月26日)地震時における天井の崩落対策の徹底について(技術的助言)
- 2) 平成23年度建築基準整備促進事業：地震被害を踏まえた非構造部材の基準の整備に資する検討、一般社団法人建築性能基準推進協会、2012.3
- 3) 例えば、森田佑輔,佐藤泰章,元結正次郎,吉川昇：鋼製下地在来工法天井におけるクリップ接合の力学的性状、日本建築学会大会梗概集B-1, pp.807-808, 2008
- 4) 佐藤恭章,元結正次郎,笠井和彦,水谷国男,川西拓人,引野剛：損傷を受けた天井およびスプリンクラーの動的性状に関する検討 E-ディフェンス鋼構造建物実験研究その73、日本建築学会大会梗概集C-1, pp.835-836, 2010



(a) 荷重-変位関係(野縁受け方向)



(b) 座屈モード図(野縁受け方向)



(c) クリップ軸力の推移

図5 天井面安定性解析(野縁受け方向)



元結正次郎

1980年福井大学工学部建築学科卒、1985年東京工業大学大学院社会開発工学専攻博士後期課程修了、東急建設株式会社構造設計部を経て、1995年東京工業大学大学院人間環境システム専攻助教授、2011年同教授、工学博士、専門分野：建築構造

津波避難ビルの構造設計法

田尻清太郎

● (独) 建築研究所 構造研究グループ主任研究員

福山 洋

● (独) 建築研究所 構造研究グループ長

深井 敦夫

● 国土交通省国土技術政策総合研究所 建築研究部基準認証システム研究室室長

壁谷澤寿一

● 国土交通省国土技術政策総合研究所 建築研究部基準認証システム研究室研究官

中埜 良昭

● 東京大学生産技術研究所 所長・教授

1. はじめに

従来、津波来襲時には高台への避難が大原則であるが、避難できる高台が近くに無い海岸地域等では、津波避難ビルが高台避難の代替として人命を守る。よって、この津波避難ビルには高台に匹敵する十分な構造安全性が要求される。建築研究所および国土技術政策総合研究所は、2011年度建築基準整備促進事業40番「津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」の事業主体である東京大学生産技術研究所と共に、被災地の復興や今後の津波防災の推進に向け、津波避難ビルの構造設計法に関する検討を行ってきた。以下にその構造設計法の概要および設計例を紹介する。なお、津波被害調査の結果や分析等は文献^{1),2)}にまとめられているので、参照されたい。

2. 背景

中央防災会議より、2003年5月に東海地震対策大綱、12月に東南海・南海地震対策大綱が出され、津波防災に資する津波避難ビルの必要性が認識されてきた。この状況を踏まえ、(財)日本建築センターでは、2004年度の自主研究として津波避難ビルの構造設計法に関する検討が行われた^{3),4)}。その検討の最中の2004年12月に、スマトラ島沖地震によるインド洋大津波の被害が発生した。このような状況の中、内閣府から2005年6月に「津波避難ビル等に係るガイドライン」⁵⁾(以下、「ガイドライン」という)が示され、その巻末資料②「構造的要件の基本的考え方」に、(財)日本建築センターにおける検討結果が引用された。(財)日本建築センターでは、さらに2005年度にも自主研究を継続し、2004年度の成果の一部見直しや試設計の実施等を行っている⁶⁾。

建築研究所、国土技術政策総合研究所および東京大学生産技術研究所は、上記の背景と文献¹⁾に示した津波被害の形態による分類を踏まえ、内閣府「ガイドラ

イン」の構造設計法等について、東日本大震災の津波被害に鑑み妥当性の検証および見直しの必要な項目・内容の検討を行った⁷⁾。

その成果は、2011年11月17日の「津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る技術的助言」(国住指第2570号)の別添に示された「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針⁸⁾(以下、「暫定指針」という)に反映されている。また、これと技術的にほぼ同様の内容が、2011年12月27日に施行された津波防災地域づくりに関する法律等に基づく告示「津波浸水想定を設定する際に想定した津波に対して安全な構造方法を定める件」(平成23年国土交通省告示第1318号)に反映されている。

3. 津波避難ビルの構造設計の概要

今回の見直しでは、津波避難ビルの構造設計の方針として建築物が想定する津波荷重に対して倒壊(写真1)、転倒(写真2)および滑動(写真3)しないことを検証するという「ガイドライン」の考え方を踏襲している。すなわち、津波避難ビルの設計においては表1の3項目に関する検証を行う。また、受圧面の部材の扱いは、従来通り耐圧部材(津波波圧を直接受け、破壊しないように設計する部材)と非耐圧部材(津波波圧を直接受け、破壊することを許容する部材)に分類し、耐圧部材では津波波圧に対して破壊しないことを確認する。

図1に設計の流れを模式図で示す。津波避難ビルの構造設計は下記の流れで行う。

① 津波波圧の算定

津波波圧を、図2および(1)式に示すように、設計用浸水深に水深係数 a を掛けた高さの静水圧として算定する。



写真1 倒壊



写真2 転倒



写真3 滑動

表1 津波避難ビルの構造設計方針

1) 倒壊しないこと: 建築物の各層について津波荷重が水平耐力を上回らないことを確認する。

2) 転倒しないこと: 津波荷重による転倒モーメントが、浮力を考慮した抵抗モーメントを上回らないことを確認する。

3) 滑動しないこと: 水平力が基礎の摩擦力または杭の水平耐力を上回らないことを確認する。なお、別途建築物の水平移動に対する抵抗が期待できる場合にはそれを考慮してよい。

※ 受圧面における耐圧部材は、津波波圧に対して破壊しないことを確認する。

$$q_z = \rho g (ah - z) \text{ -----(1)}$$

ここに、

- q_z : 構造設計用の進行方向の津波波圧 (kN/m²)
- ρ : 水の単位体積質量 (t/m³)
- g : 重力加速度 (m/s²)
- h : 設計用浸水深 (m)
- z : 当該部分の地盤面からの高さ (0 ≤ z ≤ ah) (m)
- a : 水深係数で表2、図3による。

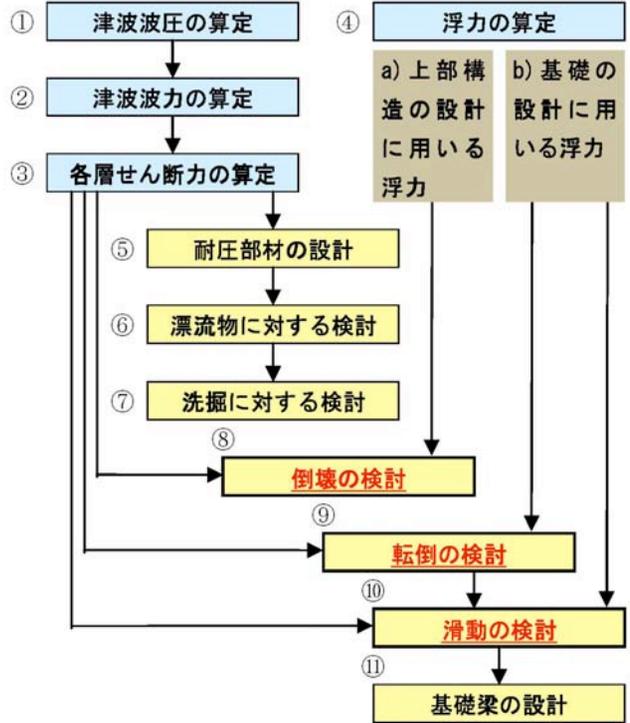
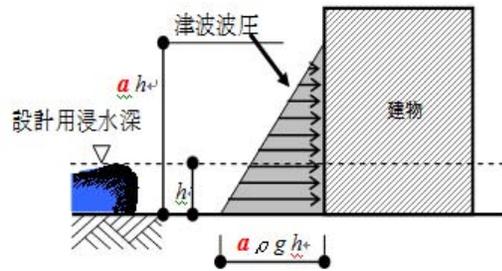


図1 津波避難ビルの構造設計の流れ



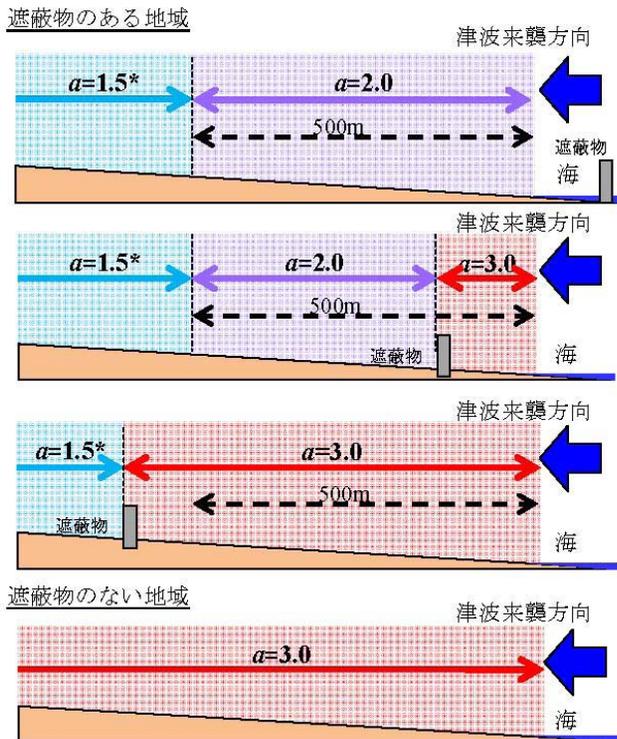
a : 水深係数、 h : 設計用浸水深(m)、 ρ : 水の単位体積質量(t/m³)、 g : 重力加速度(m/s²)

内閣府「津波避難ビル等に係るガイドライン」⁵⁾では、上図の水深係数 a を 3 とし、設計用浸水深の 3 倍の静水圧を与えているが、今回の検討では被害の実態に基づき a を検証した。

図2 波圧の算定法

表2 水深係数 a の設定

海岸や河川等からの距離	遮蔽物あり		遮蔽物なし
	500m以遠	500m未満	距離によらず
水深係数 a	1.5	2	3



* $a=1.5$ への低減は津波の流速増加がない地域を対象とする。

図3 遮蔽物の有無、海岸等からの距離と水深係数 a

「ガイドライン」では、水深係数 a を一律3とし、津波の波圧を設計用浸水深の3倍の静水圧が建築物の片側から掛かるものとして与えているが、今回の検討においては、この「3」が津波の勢いなどによって変化するものと考え、被害の実態に基づき水深係数 a を検証することとした。検証においては、被害を受けた構造物（比較的単純な工作物と建築物）の破壊形式等に応じてその耐力を推定し、静水圧分布を仮定した場合に構造物の耐力と等しくなる水深係数 a を、その場所の計測浸水深を用いて逆算した。

なお、今回の検討において、東日本大震災における津波の波圧は必ずしも考えられる最大のものではなく、この被害のみから津波波圧の最大値を修正することは適切ではないとの考えが示されたことから、ガイドラインに示されている「設計用浸水深の3倍の静水圧」を最大の波圧が作用する場合とし、そこから水深係数 a を低減できる条件を調べた。その条件が表2である。

② 津波波力の算定

津波波力を、開口による波圧低減効果を考慮しつつ、津波波圧を高さ方向に積分して算定する。なお、開口を考慮した津波波力は、内壁等の影響を考慮し開口無しの場合の7割を低減の限度とする。ただし、ピロティ部分には津波波圧が作用しないとして算定することができる。また、建築物各階に作用する津波波力は各階の床位置に集中して働くものとし、下の階の中央高さから当該階の中央高さまでの波圧より算定する。

③ 各層せん断力の算定

津波波力による各層のせん断力は、その階よりも上部に作用する全ての津波波力を足し合わせることでより算定する。

④ 浮力の算定

浮力は、開口からの水の流入状況によって変化するが、それを逐一検討するのは現実的でない。一方、RC構造の柱や杭は、一般に軸力が低いほど耐力も低く算定される傾向にある。そこで、安全側の仮定として倒壊、転倒、滑動の耐力が低めに算定されるよう、軸力が小さくなる以下の2種類の浮力を考える。

a) 上部構造の設計に用いる浮力

倒壊の検討における上部構造の設計に用いる浮力は、一般に各階の開口から浸水深に応じて建築物内部に水が十分に流入した状態のものとし、構造体に働く浸水深以下の躯体体積分の浮力と、床下の空気溜まりによる浮力の和として求める。

b) 基礎の設計に用いる浮力

転倒や滑動の検討における基礎の設計に用いる浮力は、一般に建築物容積分の浮力が基礎底に作用するものとして求める。

⑤ 耐圧部材の設計

耐圧部材である柱と耐力壁が、作用する波力によって破壊しないことを、波力による曲げモーメントおよびせん断力がそれぞれ当該部材の曲げ耐力、せん断耐力を超えないことにより確認する。

⑥ 漂流物に対する検討

漂流物の衝突により建築物が局部崩壊しないことを、外部に面する柱が漂流物により破壊した場合を想定し、その柱軸力が大梁等を介して伝達できることにより確認する。

⑦ 洗掘に対する検討

洗掘に対して、上部構造が傾斜しないよう杭基礎とするか、周辺の地盤をコンクリートで固める等の洗掘防止策を検討する。

⑧ 倒壊の検討

各階の津波荷重時の水平耐力を、②の津波波力を外

力分布とし④a)の浮力を考慮した荷重増分解析により算定し、③で求めた各層せん断力を上回ることを確認する。

⑨ 転倒の検討

基礎下の各支点反力 (= 杭の軸力) を、②の津波波力を外力分布とする荷重増分解析 (浮力を考慮しない) の支点反力と、④b)の浮力を支配面積で按分した各支点到働く浮力の和として求め、これが引張杭については杭の極限引抜抵抗力 (杭体の引張耐力と杭周囲の摩擦力の小さい方とする) 以下に、圧縮杭については杭の極限支持力以下になることを確認する。

⑩ 滑動の検討

⑨の杭の軸力とN-M相関関係等による杭の水平耐力が、③の杭に作用する津波荷重以上となることを確認する。

⑪ 基礎梁の設計

上部構造による応力に加え、杭による応力を累加した応力に対して、基礎梁を設計する。

4. 津波避難ビルに要求される条件

東日本大震災で計測されたような大きな浸水深に対し、今回見直された津波避難ビルの構造設計法による設計では、建築物にどの程度の強度や大きさが要求されるかについて検討を行った。ここでは、耐震計算ルート3として設計されたRC造集合住宅を対象とし、張間方向は連層耐力壁構造で長さを12m、桁行き方向はフレーム構造で構造特性係数 D_s を0.3と仮定した。そして、水深係数 a を1.5, 2.0, 3.0の3種類、浸水深を5, 10, 15mの3種類とし、それらの組合せに対して、本設計法を満足するための張間方向のベースシヤ-係数

(C_B) と、桁行方向の長さを計算した。なお、建築物は各層の高さを3.5m、開口率を0.3とし、建築物の階数は (浸水深 + 4m) / 3.5 + 1 と仮定した。

結果を図4に示す。これより、浸水深が5mの場合には $a=3.0$ でも張間方向の C_B が0.97と、ルート1の計算で満足できる程度であった。次に、浸水深が10mの場合、 $a=1.5$ の張間方向もルート1の設計等で対応できるが、 $a=2.0$ では張間方向の $C_B = 1.44$ 、桁行方向の長さ60mが必要となり、両方向とも、通常の耐震設計よりもかなり強度を上げる必要がある。さらに、 $a=3.0$ の張間方向では、 $C_B = 2.83$ の強度が必要とされ、上部構造と共に杭や基礎の強度を高めるために特別な工夫を要すると思われる。浸水深が15mになると、 $a=1.5$ でも通常よりかなり大きな強度が要求され、 $a=2.0$ の場合は上部構造、杭、基礎等の強度を高めるための特別な工夫を要することが分かる。 $a=3.0$ の張間方向は、 $C_B = 4.56$ と極めて大きな強度が要求される。

以上は主に倒壊に関する検討であるが、津波避難ビルの構造設計法では基礎や杭にも終局時に対応するいわゆる二次設計を要求していることから、転倒や滑動を考えると、杭には従来の許容応力度計算による設計に比べて、相当大きな水平耐力と引き抜き抵抗力が要求されることになる。

これらを総括したのが図4の◎、○、△であり、◎はほぼ従来の耐震設計で対応できるレベルを、○は通常よりもかなり強度を増すなどの工夫を要するレベルを、△は上部構造、杭、基礎等の強度を大きく高めるための特別な工夫を要するレベルを表している。

	浸水深と建築物の階数		
	5m (4F)	10m (5F)	15m (7F)
$a=3.0$ 張間 (長さ 12m) 桁行 ($C_B=0.3$)	◎ $C_B=0.97$ 長さ 40m	△ $C_B=2.83$ 長さ 36m ($C_B=1.0$)	△ $C_B=4.56$ 長さ 54m ($C_B=1.0$)
$a=2.0$ 張間 (長さ 12m) 桁行 ($C_B=0.3$)	◎ $C_B=0.38$ 長さ 15m	○ $C_B=1.44$ 長さ 60m	△ $C_B=2.42$ 長さ 54m ($C_B=0.55$)
$a=1.5$ 張間 (長さ 12m) 桁行 ($C_B=0.3$)	◎ $C_B=0.3$ 長さ 9m	◎ $C_B=0.78$ 長さ 33m	○ $C_B=1.36$ 長さ 54m

(◎は従来の耐震設計による断面や配筋等で対応可能なレベルを、○は強度を高める工夫を要するがほぼ対応可能なレベルを、△は上部構造・杭・基礎等の強度を大きく高めるための特別な工夫を要するレベルを表す)

図4 浸水深ごとに建築物に要求される張間方向の強度 (ベースシヤ-係数 C_B) と桁行方向の長さ

5. 試設計による検討例

津波避難ビル等の構造計算の具体的な流れを提示するため数種の設計例を作成した。ここでは、その一部を紹介する。詳細は文献⁹⁾を参照されたい。

対象建築物は地上6階、地下なし、塔屋1階、高さ18mの鉄筋コンクリート造共同住宅で、桁行方向がラーメン構造、梁間方向が耐力壁付きラーメン構造、杭基礎となっている。平面図、立面図を図5に示す。本建築物は実建築物をアレンジしたものである。原設計は8階建てであるが、上部2層を撤去した6階建てとした。また、妻面の耐力壁を厚くする（例：1階／230mm→350mm）、杭の増設（18本→20本）、杭径の変更（1300φ→1900φ）等により、必要な耐力を確保している。本建築物の保有水平耐力／必要保有水平耐力は桁行方向1.60 ($D_s=0.3$)、梁間方向2.41 ($D_s=0.55$)である。

本建築物に設計用浸水深10m、水深係数 $a=2.0$ に対応する津波波圧が作用する場合の計算の結果、上部構造について、津波作用時耐力／津波荷重によるせん断力は桁行方向1.58、梁間方向1.06であった。また、基礎構造について、杭の引抜抵抗力／引張最大軸力の最小値は1.07、杭の水平耐力／津波波力は1.27であった。

以上、上部構造のほか、特に基礎構造には通常の設計に比べ大きな強度が求められるが、設計対応は可能な範囲である。

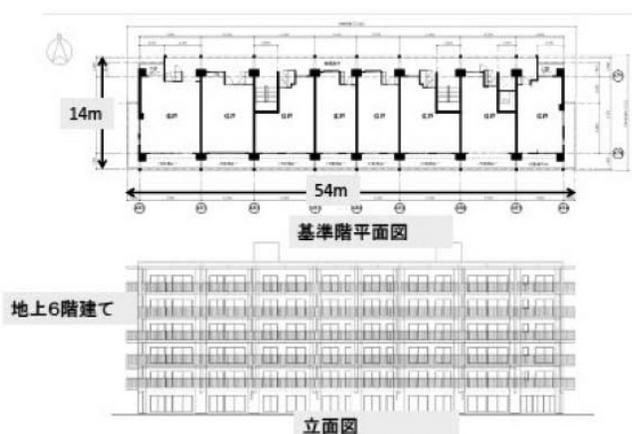


図5 設計例の平面図・立面図

このほか、設計用浸水深を15m、水深係数 $a=2.0$ とした設計例も検討している。これは上述の原設計8階建てを基本に、耐力壁を厚くする（例：1階／230mm→500mm）、杭の増設（18本→34本）、杭径の変更（1300φ→2000φ）等により、必要な耐力を確保している。杭伏図を図6に示す。本建築物の保有水平耐力／必要保有水平耐力は桁行方向1.28 ($D_s=0.3$)、梁間方向2.54 ($D_s=0.55$)である。上部構造について、津波

作用時耐力／津波荷重によるせん断力は桁行方向1.09、梁間方向1.02であった。また、基礎構造について、杭の引抜抵抗力／引張最大軸力の最小値は1.03、杭の水平耐力／津波波力は1.03であった。上部構造のほか、特に基礎構造では極めて大きな強度を確保する必要があり、特別な工夫を要する。

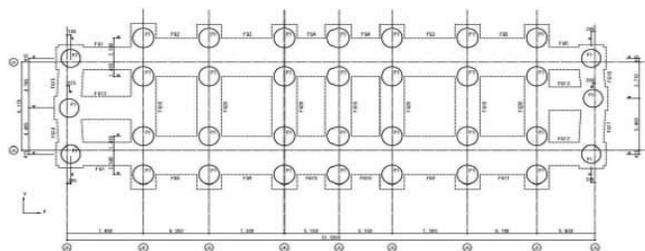


図6 設計例の杭伏図

6. おわりに

津波による被災地の復興と今後の津波防災の推進のために、津波避難ビルの構造設計法を提示した。ただし、津波の被害に関しては、必ずしも全ての現象が技術的に確かめられたわけではなく、各所に安全側の仮定に基づく検討結果が反映されている。すなわち、津波の流勢を考慮した津波波圧の算定やその条件の設定、開口の取り扱い、漂流物への対処、洗掘への対処、ピロティの扱い等に関する知見の蓄積など、残された課題は多い。このような現象をより適切に捉えられるような合理的な算定方法を構築するために、今後さらに技術的な検討を進めていく予定である。

米国では、土木学会基準 (ASCE7) に津波荷重を盛り込むための検討が行われている。今後、日米間での協調を諮るとともに、世界における津波被害の軽減のために、積極的に情報発信を行っていく予定である。なお、本稿で紹介した内容に関しては、国土交通省住宅局補助事業として講習会テキスト「津波避難ビル等の構造上の要件の解説」⁹⁾を用いた行政担当者および確認検査機関所属の確認検査員向けの講習会が2012年2～3月に開催された（主催：一般社団法人建築性能基準推進協会、企画協力：財団法人日本建築防災協会）。この講習会テキストには、暫定指針や津波防災地域づくりに関する法律に基づく告示（平23年国土交通省告示第1318号）の解説と設計例が8例掲載されているので参照されたい。

謝辞

本論文の一部は、平成23年度建築基準整備促進事業40番「津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」に関する東京大学生産技術研究所と建築研究所の共同研究に基づくものである。耐震改修支援センターに設置された「津波避難ビル等の構造設計法等の検討委員会」の委員の皆様をはじめ、ご協力戴きました関係各位に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震調査研究(速報)(東日本大震災)、2011.5、国土技術政策総合研究所資料No.636 / 建築研究資料No.132、<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/20110311/0311quickreport.html>
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震被害調査報告、2012.3、国土技術政策総合研究所資料No.674 / 建築研究資料No.136、<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/20110311/0311report.html>
- 3) 岡田恒男、菅野忠、石川忠志、扇丈朗、高井茂光、浜辺千佐子：津波に対する建築物の構造設計法について、-その1：予備検討-、2004.10、-その2：設計法(案)-、2004.11、ビルディングレター
- 4) 財団法人建築センター：平成16年度津波避難ビルに関する調査検討 報告書、2005.3
- 5) 内閣府：津波避難ビル等に係るガイドライン、2005.6、http://www.bousai.go.jp/oshirase/h17/050610/tsunami_siryo2.pdf
- 6) 財団法人建築センター：平成17年度津波避難ビルの技術的検討調査 報告書、2006.3
- 7) 東京大学生産技術研究所：平成23年度 建築基準整備促進事業「40.津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」、中間報告書、<http://www.mlit.go.jp/common/000172791.pdf>、2011.7、中間報告書(その2)、<http://www.mlit.go.jp/common/000172792.pdf>、2011.10
- 8) 国土交通省：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、2011.11.17、http://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000274.html
- 9) 国土交通省国土技術政策総合研究所、一般社団法人建築性能基準推進協会編、独立行政法人建築研究所協力「津波避難ビル等の構造上の要件の解

説」、2012.2、http://www.kenchiku-bosai.or.jp/seismic/tsunami_text.html



田尻清太郎

2006年東京大学大学院博士課程修了、独立行政法人建築研究所研究員等を経て現職、博士(工学)、専門分野：鉄筋コンクリート構造



福山 洋

1990年東京理科大学大学院博士課程修了、建設省建築研究所研究員等を経て現職および政策研究大学院大学客員教授・東京工業大学客員教授、工学博士、専門分野：鉄筋コンクリート構造、構造設計法



深井 敦夫

1989年京都大学卒業、愛知県住宅計画課長、国土交通省住宅局企画専門官を経て現職、専門分野：建築物の基準認証



壁谷澤寿一

2008年東京大学大学院博士課程修了、東京工業大学研究員、東京大学特任助教、独立行政法人建築研究所研究員を経て現職、博士(工学)、専門分野：鉄筋コンクリート造建築物の耐震性評価



中埜 良昭

1989年東京大学大学院博士課程修了、同大学生産技術研究所講師、助教授を経て現職、工学博士、専門分野：建築耐震構造学

鉄道構造物の耐震設計基準の改訂

室野 剛隆

● (公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部耐震構造研究室 室長

1. はじめに

現行の「鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)」(以下、平成11年標準という)は、1995年の兵庫県南部地震の際に生じた鉄道構造物の大被害を契機に、とりまとめられたものである。この平成11年標準では、従来の耐震設計で考えられてきた地震動に加え、断層近傍域で発生する強烈な地震動をも考慮する2段階設計法を採用するとともに、設計地震動に対して所要の耐震性能を満たしているかということを照査する性能照査型の設計体系も一部導入された。これにより、構造物の安全性は飛躍的に向上したと思われる。

その後、兵庫県南部地震以降、急速に整備された地震観測網により多数の強震動が記録されるとともに、地震工学分野の研究は大きく進展した。さらに、国内外で性能規定化の流れが加速し、鉄道においてもコンクリート等他の設計標準が性能照査型設計に移行した。これらを受けて、耐震設計においても平成17年度より「耐震設計標準に関する委員会」において改訂に関する審議を重ね、平成23年度末の時点では成案が得られていた。そのような中で、平成23年3月11日に東北地方太平洋沖地震が発生した。この地震は、従来の設計標準では想定もしていない巨大な地震であったことから、「鉄道構造物耐震基準検討委員会」を発足させ、この地震に対する設計標準の適用性について検証してきた。

このような経緯を経て、新しい「鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)」(以下、耐震標準という)の考え方がまとまったので、本報ではその骨子について簡単に報告をする。

2. 耐震標準の位置づけ

鉄道の技術基準は、平成13年12月に発出された『鉄道に関する技術上の基準の定める省令(国土交通省令第151号)』(以下、技術基準省令という)により、仕様規定から性能規定化され、それまで数値等の仕様で示していたものから、求めるべき性能を示すことになった。また、それに伴い、技術基準省令の解釈として、具体化、数値化して明示した『解釈基準』(鉄道局長通達)も同時に策定された。耐震標準を含む設計標準は、技術基準省令第24条(構造物)に求められている

性能を示す方法として解釈基準に位置づけられている。

また、設計標準についても前述にもあるとおり性能照査型設計に移行されたことに伴い、設計標準では目的・要求性能が規定されることになり、具体的な性能規定や性能照査手法、許容される変形量の限界値の設定は設計者の判断に委ねられることになった。

設計標準で求めている要求性能が実務者に正しく理解されるためには、性能照査手法の標準的な考え方や最低限度の限界値、検証を満足する一般解等を例示する必要がある、これらをまとめたものが、「鉄道構造物等設計標準・同解説」である。

3. 改訂のポイント

(1) 性能照査型設計への移行

技術基準省令が性能規定化に移行するとともに、関連する国際基準が性能設計に移行する中で、耐震標準も性能規定化に対応することとした。性能照査型設計へ移行することによる意義は以下の通りである。

①国際標準への適合

耐震設計に関連する国際基準としては、ISO2394等があるが、特に重要なのはISO23469「構造物の設計の基本—地盤基礎構造物の設計に用いる地震作用」である。ISO23469は、「経験豊かな」設計技術者および基準策定関係者が地盤基礎構造物の設計に用いる地震作用を定める際に遵守すべき指針の体系を示したもので、いわば、codes for code writersとして書かれたものである。今回の改訂により、これら国際標準との整合性を確保した。

②柔軟な対応

性能のみを規定化する体系では、これまでの仕様に捉われず、自由な発想で設計が可能となる。そのため、新技術の導入に対して柔軟な対応が可能となる。また、これにより、コストダウンやより性能の高い新技術開発へのインセンティブとなることが期待される。

(2) 地震動の見直し

土木学会の第3次提言を受けて、L2地震動の定義を見直した。また、平成11年標準以降、急速に発展した強震観測網により、多数の地震記録が得られており、これらを使うことにより、設計地震動の標準スペクトルを見直した。

(3) 応答値算定法・照査法の高度化

応答値算定方法として、一体型モデルによる動的解析法と分離型モデルによる静的解析法を標準的な手法として位置づけた。それぞれについて、近年の成果を参考にしつつ、応答値の算定方法の高度化を図った。

特に、動的相互作用問題として、慣性相互作用の他に、幾何学的相互作用を重視した。例えば、原則として深い基礎に関しては、地盤種別によらず地盤変位による強制変形を地震作用として考慮した。また、幾何学的相互作用による入力損失効果についても考慮した。

(4) 新しい性能照査方法への取組み

限界状態設計法によらない、新しい指標を用いた照査方法の可能性についても言及した。これは土木学会地震工学委員会でも提唱されているもので、復旧性については、初期建設コストと設計耐用期間における地震後の復旧コストと間接被害の期待値の和、すなわちトータルコストを最小化することを照査指標としたものである。

(5) 地震随件事象や残余のリスクへの配慮

東北地方太平洋沖地震では、設計地震動を越えたとしても、そのことが構造体またはシステムとしてのカタストロフィックな被害に直結させないことの重要性を学んだ。この点については、構造計画の段階で十分な配慮をすることとした。

また、地震動以外に地震に付随して発生し得る地震随件事象に対しては、未解明な部分も多く設計手法も確立していないことから、性能を定めて照査をする対象とせず、線路計画を含めて構造計画の段階で適切に配慮することとした。

4. 内容

(1) 要求性能

地震時における要求性能は安全性について設定し、重要度の高い構造物については復旧性についても設定することとした。

安全性は、想定される作用のもとで、構造物が使用者や周辺の人の生命を脅かさないための性能で、構造物の構造体としての安全性と機能上の安全性を考慮した。この性能は全ての構造物に対して要求される。

構造体としての安全性は、L2地震動に対して、構造物全体が破壊崩壊しないための性能とする。

機能上の安全性は車両が脱線に至る可能性をできるだけ低減するための性能で、少なくともL1地震動に対して構造物の変位を走行安全上定まる一定値以内に留めるための性能とする。

復旧性は、構造物周辺の環境状況を考慮し、想定さ

れる地震動に対して、構造物の修復の難易度から定まる損傷等を一定の範囲内に留めることにより、短期間で機能回復できる状態に保つための性能である。

なお、重要度の高い構造物とは、新幹線鉄道および大都市旅客鉄道の構造物、または開削トンネル等の被害が生じた場合に復旧が困難な構造物である。

安全性のうち、構造安全性はL2地震動に対して、機能上の安全性はL1地震に対して確保するものとする。以上をまとめると表1のようになる。

表1 鉄道構造物の地震時の要求性能

性能	地震動	内容	適用
安全性	L2地震動	崩壊防止	全て
	L1地震動	走行安全に係る変位	全て
復旧性	復旧性照査地震動	修復性	重要度の高い構造物

(2) 設計地震動

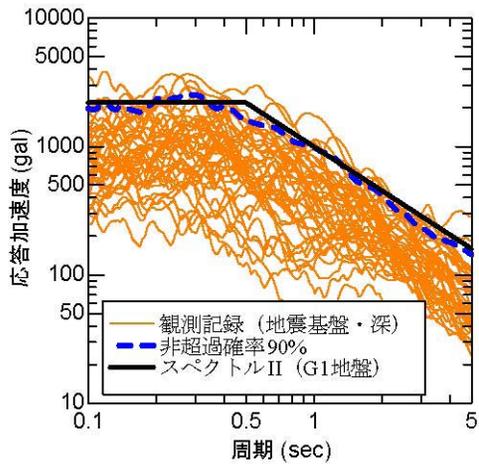
表2に設計地震動の定義を示す。L1地震動については、平成11年標準と同じである。L2地震動に関しては、地震の発生確率を意識した記載を変更し、最大級という定義に変更した。

表2 設計地震動

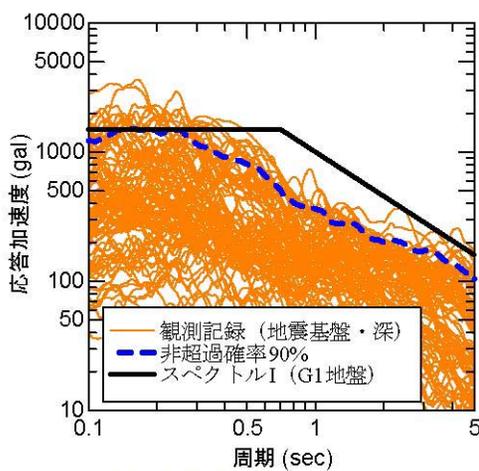
地震動	定義
L1地震動	設計耐用期間中に数回程度発生する確率を有する地震動
L2地震動	建設地点で想定される最大級地震動

近年では、強震動予測の分野では、過去の地震の震源の特性、伝播経路や表層地盤の構造等に関する情報に基づいて、揺れの予測に必要なパラメータが順番に与えられ、同じ情報から誰がやっても一定の信頼ある予測結果が得られるような工夫（レシピ）がなされている。このような現状を踏まえ、鉄道構造物の耐震設計でも、L2地震動の設定においも、この手法を用いて個別に地震動を設定することを基本とした。

ただし、設計の便を考慮して標準地震動（スペクトルIとII）も用意した。この標準地震動は、マグニチュードMと震源距離Rを補正した観測記録群に対して非超過確率が90%になるように設定した（図1）¹⁾。なお、標準加速度応答スペクトルは、L2地震動の地震動強さを、物理的に発生可能と考えられる極限としての最大地震動強さとするのではなく、種々の工学的判断のもとで合理的に設定した（非超過確率90%）。



(a) 内陸活断層による地震 (スペクトルII)



(b) 海溝型地震 (スペクトルI)

図1 観測記録とL2地震動の比較

(3) 応答値の算定

①地盤の挙動評価

地盤の挙動評価は「地点依存の地盤応答解析」によるものとした。地盤応答解析法としては、動的解析法を基本とした。ただし、詳細な検討が不要な場合には、実務的な手法として「地盤種別」による方法を提示した。

動的解析法による場合、注意を要するのが土の非線形特性のモデル化である。従来は、土の非線形モデルにMasing則を用いることが多く、せん断ひずみとともに、土のせん断応力 τ ～せん断ひずみ γ 関係が紡錘型からスリップ状に変化する特徴を表現できなかったが、改良Masing則を用いることにより上記の特性を表現できる実用的なモデルを提案した²⁾。これにより、小さいひずみから大きなひずみレベルまで地盤挙動を評価できるようにした。また、本モデルに用いるパラメータを標準化し²⁾、設計実務での適用性を高めた。

地盤種別による方法では地盤をG0～G7地盤に分類

し、各地盤毎に地表面設計地震動を設定した。

②構造物の応答評価

応答値算定方法として、一体型モデルによる動的解析法と分離型モデルによる静的解析法を標準的な手法として位置づけた。

動的解析では、図2に示すように構造物系と地盤系を並列し、それを相互作用で連結したモデルを標準モデルとした。なお、地盤系は自由地盤を表現したものであり、構造物の存在による影響を受けないように、フーチング面積の100倍程度の広さを有する土柱としてモデル化している。

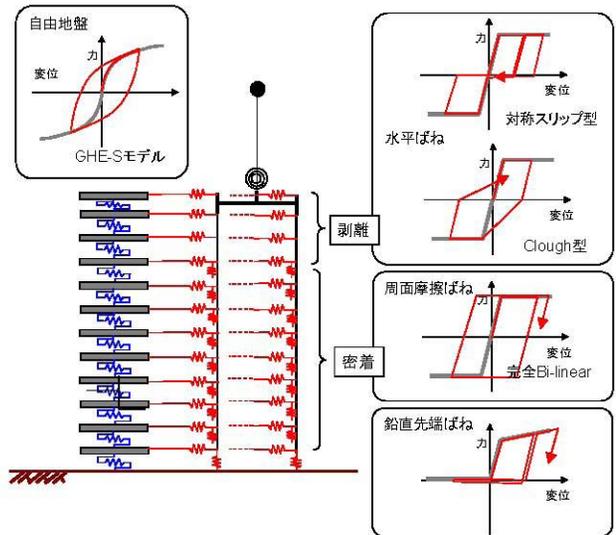


図2 橋梁・高架橋の一体型モデルの標準的な例

静的解析法では、非線形応答スペクトル法を標準的な方法として位置づけた。非線形応答スペクトル法を用いる場合には、構造物全体系の降伏点と骨格曲線をどのように定義するかが重要である。そこで、種々の構造形式について詳細な検討を行った結果、以下のようなことが分かった³⁾。

①橋脚構造のように塑性ヒンジが橋脚下部に限定的に発生する場合には、部材としての降伏点と構造物全体系の荷重～変位曲線の折れ点が一致する。ただし、橋脚の耐力が大きく、杭部材や基礎周辺地盤の塑性化が顕著な場合は、荷重～変位曲線が滑らかな曲線を示すので、両者は一致しない。

③ラーメン高架橋のような不静定構造物では、部材としての降伏点と荷重～変位関係の折れ曲り点は一致しない。ラーメンの4隅に塑性ヒンジが形成された時点で、荷重～変位曲線に明確な折れ曲り点が発生する。

これまで慣用的に用いられているような、初降伏点を構造物全体系の降伏点と考える方法では、適用に限

界がある。そこで、非線形応答スペクトル法で応答値を算定する場合は、荷重～変位曲線上の明確な折れ曲り点を構造物全体系の降伏点として定義することにより、合理的に応答値を評価できるようになった。

③動的相互作用

動的相互作用には、InertialとKinematicな相互作用があり、基礎の断面力なども両者の影響を受ける。鉄道構造物の設計では、従来から両相互作用を考慮しており、地震時に慣性力だけでなく、地盤変位によって基礎に応力が発生することにも着目しており、その影響は応答変位法により評価している。ただし、平成11年標準では、応答変位法は地盤変位が大きくなるG4地盤以上のみ適用が義務付けられていた。しかし、各種条件下での解析を行ったところ、実際には慣性力と地盤変位の相対的な大小関係で、どちらの相互作用の影響が大きいか決定されることが分かった⁴⁾。例えば、免震橋梁や降伏耐力が低いラーメン高架橋などでは、良好な地盤中に建設されていても、上部工からの慣性力が低減される分、基礎の応力は地盤変位による応力が支配的となる。そこで、全ての深い基礎に関して、地盤変位による影響を考慮した。

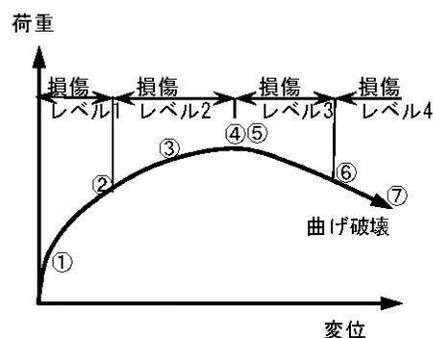
(4) 照査

①安全性

性能照査は、限界状態設計法を基本とした。構造体としての安全性は、L2地震動に対して構造物全体系が破壊しないことを照査するものとする。一般に、「破壊」および「安定」に関して照査する。

単柱式橋脚のような静定構造物の場合は、脚柱の破壊と構造物の破壊は等価であり、部材の破壊が構造物の破壊となる。一方、構造物が複数の構造要素で構成されている不静定構造物の場合、構造物全体系が破壊しないことに対する照査は、一部の構造要素が破壊しても構造物全体系として破壊しないことを照査すればよい。しかし、耐震標準では、構造物の破壊を安全側に照査するために、構造物を構成する部材のいずれかが一つが破壊の限界状態に至った場合を構造物の破壊と等価なものとして仮定し、部材破壊の限界状態を照査することによって構造物の破壊の照査とした。部材の損傷レベルを定義し、各レベル毎に限界値を設定した(図3参照)。

また、基礎の安定に関しては、地震作用により基礎が構造物を支持できなくなり、構造物全体系での破壊に至ることがないことを照査するものとする。安定レベルを定義し、安定レベルごとに限界値を設定した。



- ①: ひび割れ発生点
- ②: 鋼材または部材の降伏点
- ③: コンクリートが圧縮強度に達する点
- ④: 軸方向鋼材の座屈開始点
- ⑤: かぶりコンクリートの剥落開始点
- ⑥: 降伏耐力を維持できる最大変形点
- ⑦: コアコンクリートの圧壊点

図3 RC部材の損傷レベルの概念図

②復旧性

復旧性については、損傷した構造物への進入路の確保や、高架橋下等の構造物周辺の利用状況等により大きな影響を受けるので、これらの構造物周辺の環境状況を考慮した上で、構造物を短期間で機能回復できる状態に保つことを検討するものとする。

構造物を短期間で機能回復するためには、構造物が損傷を受けた場合の構造体の修復と機能の復旧の難易度等を考慮して、構造物を構成する部材等の個々の構造要素の損傷状態を設定する。例えば、一般的な橋梁および高架橋では、損傷が地中部に生じた場合と地上部に生じた場合では、補修・補強の難易度が大きく異なることになる。したがって、構造物の復旧性を考える上では、可能な限り杭などの基礎部材よりも柱等を先行降伏させるなどの配慮が必要となる。また、支承部が損傷した場合は、一般に機能回復の補修が難しいため、可能な限り柱や橋脚等よりも先行して支承部を損傷させないなどの配慮が必要となる。

図4および表3にラーメン高架橋を例にして、以上の考え方を示す。

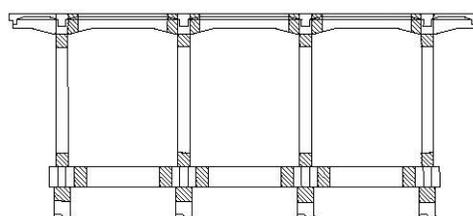


図4 ラーメン高架橋の損傷部位のイメージ

表3 要求性能と損傷レベル、基礎の安定の設定例

構造物の要求性能		復旧性	安全性
損傷レベル	上層梁/地中梁	2	3
	柱	2~3	3
	その他の梁	3	3(4)
基礎の安定レベル		2	3

(5) 性能照査に関する新しい試み

限界状態設計法によらない、新しい照査方法についても検討した⁵⁾。想定される地震動に対して構造物を短期間で機能回復可能な状態に保つためには、構造物周辺の環境状況を考慮し、適用可能な技術により、妥当な経費の範囲内で機能回復できる範囲内に構造物の損傷等の程度をコントロールすることが必要である。一般には、性能評価指標として、『部材の修復性』を『復旧性』に置き換えて議論されているが、より柔軟性のある考え方として、経済性に着目して考えることも可能である⁶⁾。つまり、「妥当な期間および経費で機能を回復できる」という性能を工学的に表現する指標として、「初期建設コスト C_f と設計耐用期間における地震後の復旧コストと間接被害の期待値の和 $\sum P_f \cdot C_f$ すなわちトータルコストの最小化(TCM)」を考えることも可能である。式で表現すれば、式(1)となる。

$$TC = C_f + \sum P_f \cdot C_f \quad (1)$$

こうすれば、線区の重要度や地震活動度などに応じて、柔軟なきめ細かい設計が可能になる。

日本各地で地震危険度解析を行い、生起確率付地震動群を算定し、RC橋脚を対象としてパラメトリックスタディーを実施し、TCMとなる構造物を試算した⁵⁾。東京地区の例を図5と図6に示す。図5によれば、じん性率 μ が2しかない構造物の場合は、降伏震度は0.6程度必要であることを示している。これらを網羅的に図化したのが図6である。このノモグラムを用いれば、TCMになる構造物であるか否か容易に照査することが可能である。

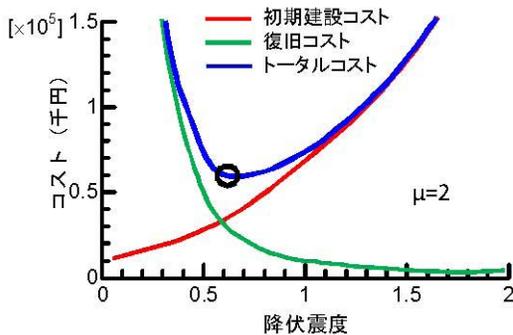


図5 TCMの試算例(じん性率 $\mu=2$ の場合)

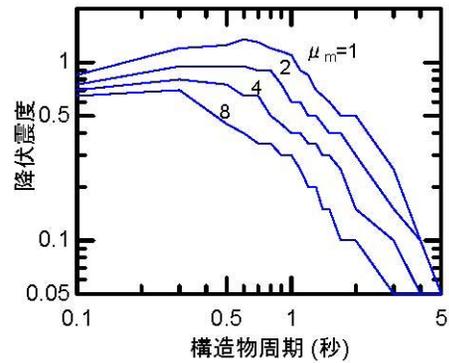


図6 TCMを満足する構造物の照査ノモグラム

(6) 構造計画の重要性

想定される「地震動」に対しては、構造物の性能を照査する体系とし、その安全性を確保している。しかし、設計地震動を越える可能性は排除できない。仮に設計地震動を越えても、それがカストロフィックな被害に結び付かないことが望ましい。現時点の設計体系で、このような事項を性能として要求し、それを照査することは難しい。しかし、単に“設計地震動に対して性能が確保されていればそれでよい”という訳ではなく、設計地震動を越えた場合のシナリオを考え、それに対して配慮をすることが重要であると言える。この点については、リダンダンシーの付与など構造計画の段階で配慮をすることとした。さらに、現時点で対応可能な1つの具体策として、安全性・復旧性の照査以外に、破壊形態の確認を行うこととした。破壊形態を制御することで、設計地震動を越える地震であっても、倒壊等の被害に直結することを防ぐことを期待したものである。

また、地震動以外に地震に付随して発生し得る地震随伴事象に対しても安全性を確保することが望ましいのは言うまでもないが、津波や地表断層変位などの随伴事象に関しては、作用の設定および応答値の評価など、未解明な部分も多いことから、実務的な設計法が確立していない。そこで、随伴事象に関しては、性能を定めて照査をする対象とせず、線路計画を含めて構造計画の段階で適切に配慮することとした。

5. 東北地方太平洋沖地震への対応

(1) 平成11年標準で設計された構造物の安全性

東北地方太平洋沖地震において、平成11年標準により設計された高架橋の損傷は、両柱上部に若干の残留曲げひび割れが発生した程度で、比較的軽微に留まった。そこで、当該箇所における地震動を推定し、構造物の応答解析を行い、被害発生メカニズム及び今回

の地震動における平成11年標準の妥当性について検証した。その結果、平成11年標準で設計された一般的な構造型式を有する高架橋であれば、東北地方太平洋沖地震に対しても十分な安全性を確保していることを確認した。

(2) 地震動について

良好な地盤において、短周期側で平成11年標準のスペクトルIおよびIIを大きく上回ることが確認された。これは今回地震が観測されて地点が、地震基盤が浅い地域に存在しており、その結果、短周期成分が卓越したことが原因の1つであると推定された。そこで、このような地域に0.3秒よりも短周期の構造物を設計する際には、図1で示した標準地震動に加えて、別途、短周期が卓越した地震動¹⁾についても検討することとした。

(3) 液状化について

東北地方太平洋沖地震では、震源から離れた関東地方において、低加速度でありながら地震動が長時間継続することによって広範囲にわたり大規模な液状化が発生したことから、液状化判定法の検証を行った。

耐震標準では累積損傷度法を用いて液状化の判定を行っている。累積損傷度法では、地震動の繰返し回数により液状化強度を補正している。そこで、浦安周辺の地盤を模擬した人工材料に対して、液状化強度試験を行った。得られた液状化強度曲線を用いて、浦安で観測された地震波 (PGAは約150gal) に対して液状化判定を行った結果、液状化指数 $PL=26.1$ と算出され、『顕著に液状化に至る地盤』と判定された。これは実際の被害状況を評価できており、累積損傷度法を用いた液状化判定によって低加速度・長継続時間地震動による液状化程度を評価出来ると考えられる。

(4) 電車線柱について

東北地方太平洋沖地震において、高架橋上に建植されている多数の電車線柱で傾斜・折損等の被害が発生した。そこで、電車線柱の地震応答特性について検証し、電車線柱の応答値の算定方法について提案した。

具体的には、現在の設計実務においては、土木構造物-電車線柱の一体モデルで設計を行うことは稀であり、基本的には、土木構造物と電車線柱を分離して計算を行っている。しかし、分離モデルでは土木構造物のロッキング振動を考慮していないため、電車線柱の応答を過小評価している可能性が分かった。そこで、分離モデルにおいてもロッキング成分を簡易に考慮できるような手法を提案した。

6. おわりに

本報では、平成24年7月に改訂がなされた鉄道構造物の耐震設計基準の骨子について簡単に紹介した。なお、本原稿を執筆している段階では、「鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)」は刊行されていないが、今年度中には刊行の予定である。

謝辞：国土交通省鉄道局技術企画の水野寿洋氏には本原稿の執筆にあたり、ご助言を頂いた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 坂井公俊、室野剛隆、佐藤勉：近年の地震記録に基づいたL2地震動の考え方とその設定方法、鉄道総研報告 Vol.25、No.4、pp.5-12、2011.
- 2) 室野剛隆・野上雄太・田上和也・坂井公俊：GHE-Sモデルによる土の動的非線形挙動の評価方法、鉄道総研報告 Vol.25、No.4、pp.13-18、2011.
- 3) 室野剛隆、佐藤勉：構造物の損傷過程を考慮した非線形応答スペクトル法の適用、土木学会地震工学論文集、第29巻、pp.520-528、2007.
- 4) 豊岡亮洋・室野剛隆・野上雄太・西村隆義：構造形式の差異に着目した慣性力および地盤変位の影響評価、鉄道総研報告 Vol.25、No.4、pp.51-56、2011.
- 5) 坂井公俊、室野剛隆、佐藤勉、澤田純男：トータルコストを照査指標とした土木構造物の合理的な耐震設計法の提案、土木学会論文集A1(構造・地震工学)、Vol.68、No.2、pp.248-264、2012.
- 6) (社)土木学会・地震工学委員会耐震基準小委員会、経済性照査に基づく新しい耐震設計法の実施に向けての検討、2008.



室野 剛隆

1993年京都大学大学院修了、鉄道総合技術研究所に入所し現職に至る、博士(工学)、専門分野：地震工学。

道路橋の耐震設計基準の改定の概要

星隈 順一

● (独) 土木研究所構造物メンテナンス研究センター 橋梁構造研究グループ 首席研究員

堺 淳一

● (独) 土木研究所構造物メンテナンス研究センター 橋梁構造研究グループ 主任研究員

片岡正次郎

● 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 地震防災研究室主任研究員

1. 改定の概要

道路橋示方書V耐震設計編は、「橋、高架の道路等の技術基準」における道路橋の耐震設計基準として適用されており、過去の地震による震災経験や橋の耐震設計技術に対する研究の進展等に応じて改定がなされてきている。平成2年の改定では鉄筋コンクリート橋脚に対してレベル2地震動と橋脚の塑性変形能を考慮した照査法(地震時保有水平耐力法)が導入され、平成8年の改定では兵庫県南部地震の道路橋の被害を踏まえ、内陸直下型地震による地震動を考慮するとともに、地震時保有水平耐力法が本格的に導入された。さらに、平成14年の改定では性能規定型の技術基準を目指した改定が行われるとともに、動的解析による耐震性能の照査が本格的に導入された。

平成24年2月の改定では、東北地方太平洋沖地震をはじめとする近年の地震による道路橋の被災事例の分析や前回の改定以降の調査研究成果等を踏まえて規定の見直し等がなされた。主な改定点は以下のとおりである。

- ① 東海地震、東南海地震、南海地震等のプレート境界型の大規模地震を考慮するためにレベル2地震動(タイプI)を見直した。
- ② 津波に関する地域の防災計画等を考慮した上で橋の構造を計画することを規定した。
- ③ 道路橋示方書において要求される性能を明確にするために、地震の影響を支配的に受ける部材に求められる基本事項を明示した。
- ④ 鉄筋コンクリート橋脚の水平力-水平変位関係の算出方法において、塑性ヒンジの形成メカニズムを踏まえ、軸方向鉄筋の引張ひずみによって定義される限界状態に基づく評価方法を導入した。また、この評価方法において、施工性の向上を図るために新たに使用材料として規定された従来の規定よりも降伏点の高い鉄筋(SD390及びSD490)を軸方向鉄筋として使用する場合の適用性についても示した。
- ⑤ 実験データの蓄積に伴い、矩形断面のコンクリートを充てんしない鋼製橋脚の許容ひずみの算出式を

見直すとともに、矩形断面のコンクリートを充てんした鋼製橋脚の許容ひずみの算出式の適用範囲を拡大した。

- ⑥ 液状化地盤上の基礎の耐震設計法を合理化した。
- ⑦ レベル2地震動に対して支承部に求める機能に基づく基本条件を明確にするとともに、維持管理の確実性及び容易さに配慮し、支承部周辺の構造の合理化を図った。
- ⑧ これまでの地震による道路橋の落橋モードの分析及び近年採用が多い多径間連続橋の地震時の挙動特性等を踏まえ、橋の構造特性に応じてより合理的に落橋を防止できるようにするために、落橋防止システムの規定を見直した。

本稿では、道路橋示方書V耐震設計編における主要な改定点のうち、①、②、③、④、⑥について以下に詳しく紹介する。

2. レベル2地震動(タイプI)の見直し

道路橋の耐震設計では、レベル2地震動として、プレート境界型の大規模な地震による地震動(タイプIの地震動)と内陸直下型地震による地震動(タイプIIの地震動)の2種類を考慮している。東北地方太平洋沖地震と同じプレート境界型の地震である東海地震、東南海地震、南海地震等が近い将来に発生すると考えられていること¹⁾等を踏まえ、今回の改定では、これらプレート境界型の大地震による地震動を推定した結果をもとに、レベル2地震動(タイプI)を見直した。

(1) 標準加速度応答スペクトルの改定

道路橋の設計地震動は、図1のような地盤種別ごとに設定された標準加速度応答スペクトルに、減衰定数別補正係数と地域別補正係数を乗じることで設定される。レベル2地震動(タイプI)の標準加速度応答スペクトルは、大正12年関東地震(M7.9)において東京周辺で生じた地震動を、近年得られた強震記録及び回帰分析法の改良によって高度化された距離減衰式^{2),3)}を用いて推定した結果に基づき、工学的判断を加えて定めたものである。

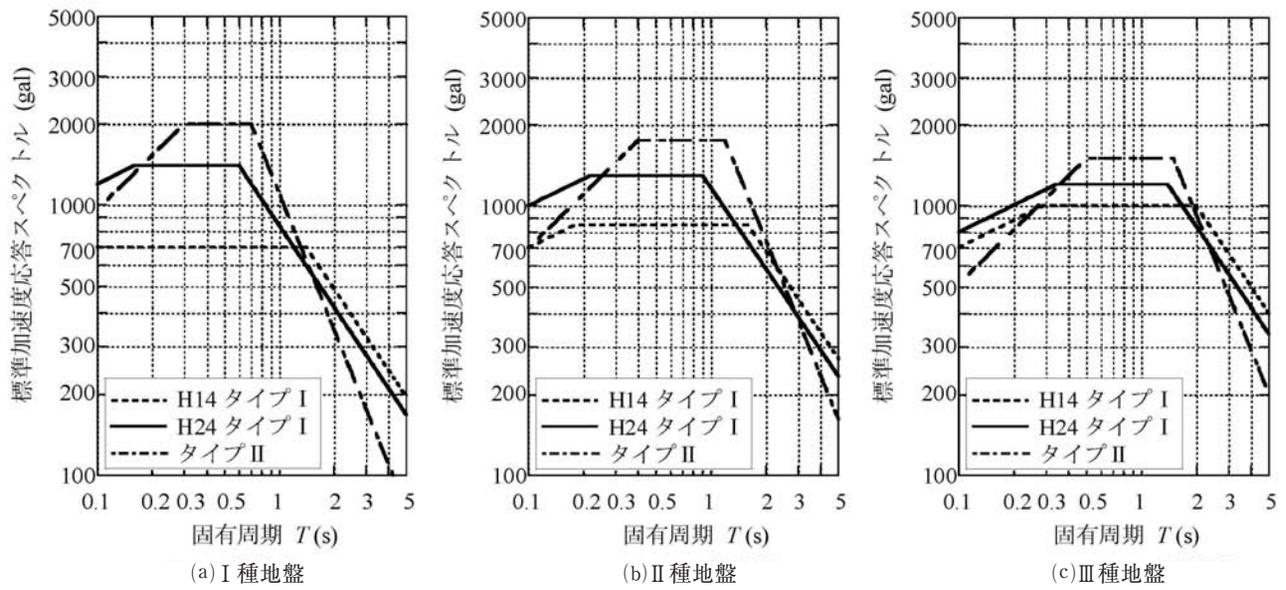


図1 標準加速度応答スペクトルの比較

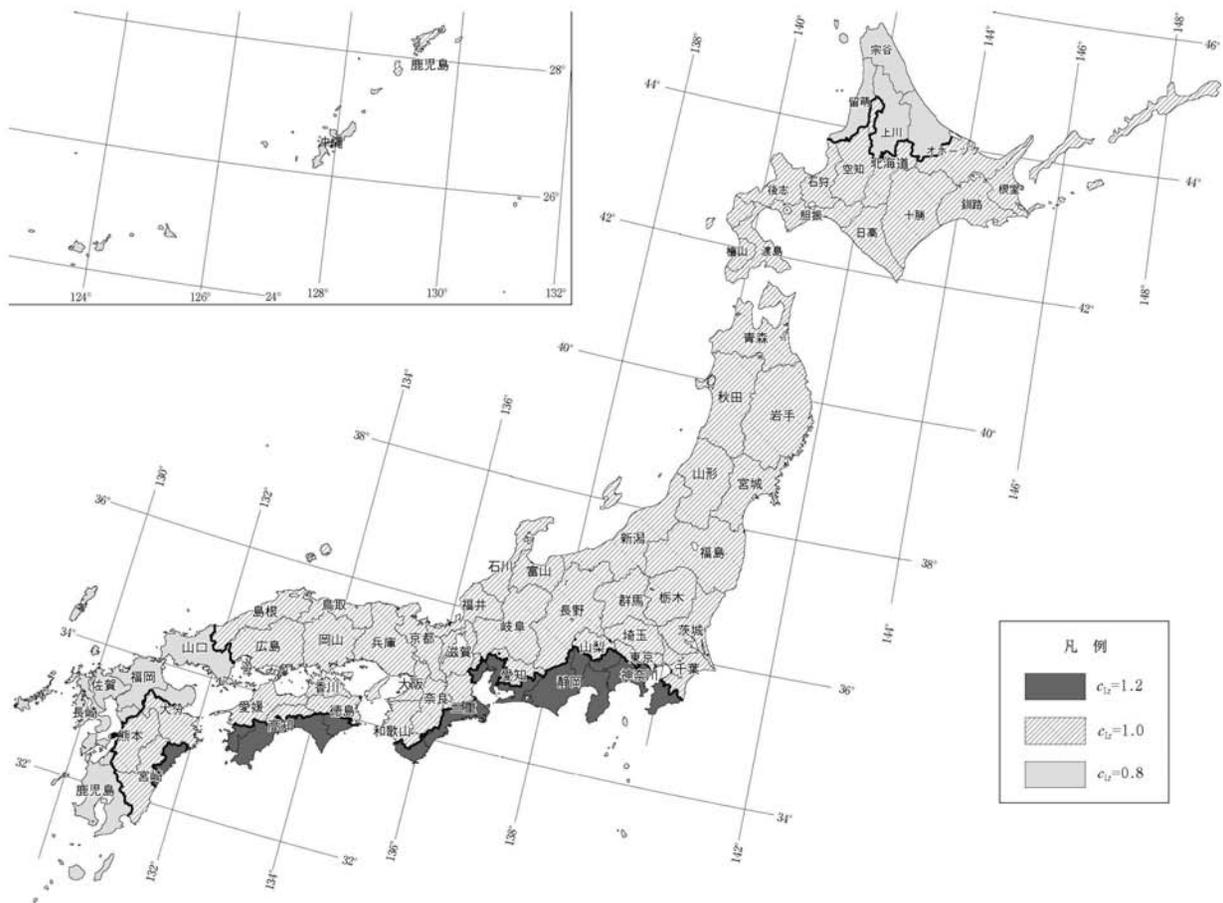
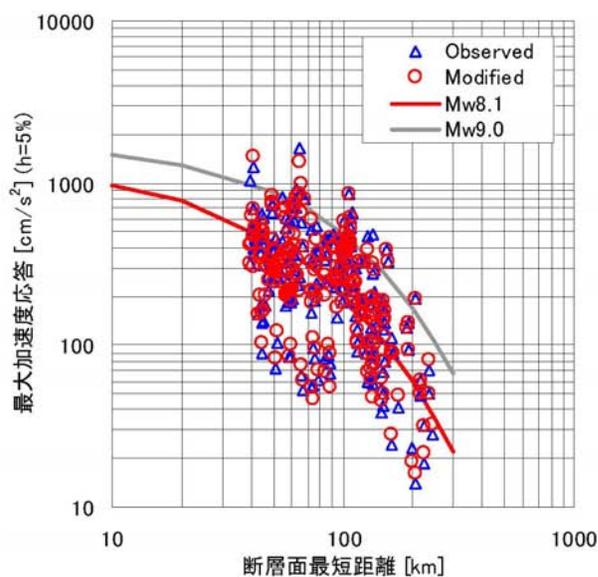
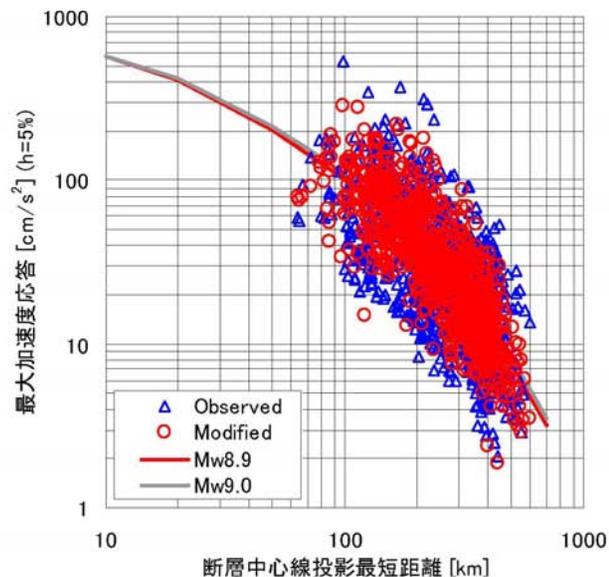


図2 レベル2地震動(タイプI)の地域別補正係数 c_2

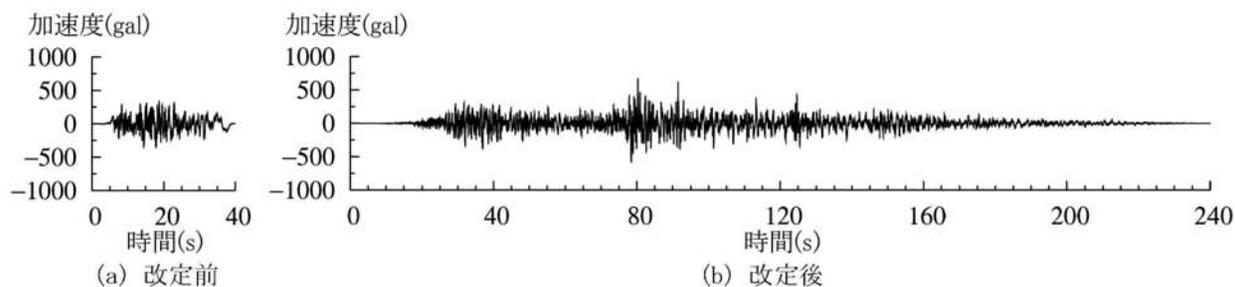


(a) 加速度応答スペクトル値（固有周期1秒）



(b) 加速度応答スペクトル値（固有周期3秒）

図3 東北地方太平洋沖地震の際の観測値と距離減衰式による推定値の比較⁷⁾



(a) 改定前

(b) 改定後

図4 動的解析に用いるレベル2地震動（タイプI）の加速度波形の例（Ⅱ種地盤の3波形の1つ）

図1は、従来のタイプIの地震動、今回見直されたタイプIの地震動及びタイプIIの地震動の標準加速度応答スペクトルを比較して示したものである。今回改定されたタイプIの地震動は、スペクトルのピークは従来のタイプIの地震動に比べて大きく、長周期側についてはタイプIIの地震動より大きい。

また、従来のタイプIの地震動は堅いI種地盤（良好な洪積地盤及び岩盤）よりも軟らかいⅢ種地盤（沖積地盤のうち軟弱地盤）の方がスペクトルのピークが大きく設定されていたが、改定された標準加速度応答スペクトルでは大小関係が逆転している。これは、振幅が大きい強震記録のみを用いて地盤種別ごとの地盤補正係数を算出し加速度応答スペクトルを推定した結果、I、II、Ⅲ種地盤の順に加速度応答スペクトルのピークが全体的に小さくなった結果を取り入れたものである。

(2)地域別補正係数の改定

標準加速度応答スペクトルの改定にあわせて、平成14年・15年の地震防災対策強化地域・推進地域の指定にあたって用いられた震源域⁴⁾等に関する情報をもとに、こうした地震の各地域における影響の度合いを踏まえて、従来の地域別補正係数とは別に、レベル2地震動（タイプI）に対して適用する地域別補正係数を新たに設定した（図2）。その際、東北地方太平洋沖地震、北海道太平洋沖の地震が連動する場合、東海・東南海・南海地震及び日向灘地震が連動する^{5)・6)}場合などの震源域が連動する影響を考慮した上で、大正12年関東地震において東京周辺で生じた地震動よりも強い影響を受けると推定される地域では地域別補正係数を1.2とした。ただし、東北地方太平洋沖地震の際の観測値と距離減衰式による推定値との残差二乗和が最小となるモーメントマグニチュード M_w を算出した結果、

地震動の短周期成分は M_w 8.1～8.3の地震と同程度であることがわかった⁷⁾。例として固有周期1秒の加速度応答スペクトル値の場合を図3(a)に示す。このため、距離減衰式²⁾により短周期の地震動強さを算出する際には M_w 8.3を上限とした。一方、やや長周期地震動は、図3(b)に固有周期3秒の加速度応答スペクトル値について例示したように、 M_w 8.7～8.9程度で残差二乗和が最小となったため、 M_w 9.0を上限とした。

(3)動的解析に用いる加速度波形

動的解析による耐震性能の照査に用いるため、改定した標準加速度応答スペクトルに近い特性を有するように振幅調整した加速度波形を地盤種別ごとに3波形ずつ示した。これらは平成15年十勝沖地震と東北地方太平洋沖地震の際に観測された強震記録をもとに作成したものである。

改定前と改定後の加速度波形を比較した例を図4に示す。改定前の波形(a)は昭和43年日向灘地震($M7.5$)の際に愛媛県宇和島市の板島橋周辺地盤上、改定後の波形(b)は東北地方太平洋沖地震の際に仙台河川国道事務所構内地盤上で得られた強震記録をそれぞれ振幅調整したものである。図からも明らかなように、東北地方太平洋沖地震で観測された地震動は継続時間が長い特性を有していることが特徴であるが、計算機の性能が飛躍的に向上し、継続時間の長い地震動を入力する動的解析が実務上行い得るようになったことも踏まえ、このような地震動を具体的に考慮することとした。

3. 津波を考慮した橋の構造計画の規定

東北地方太平洋沖地震では、極めて大きな津波により道路橋にも大きな被害が生じた⁸⁾ところであるが、今回の改定では、津波に関する地域の防災計画等を考慮した上で橋の構造を計画することを規定した。これは、津波に対しては道路橋単独で対策を考えるのではなく、他の施設も含めた地域全体として計画される防災対策や避難対策等に応じて、その橋を含む路線に求められる性能を検討し、その上で当該性能を満たすことができるような橋の構造を計画することが重要であるという意図である。津波に対する橋の構造計画の考え方の例としては、防災という観点から、津波に関する地域の防災計画等を参考にしながら津波の高さに対して桁下空間を確保すること、また減災という観点から、津波の影響を受けにくいような構造的工夫を施すこと、上部構造が流出しても復旧しやすいように構造的な配慮をすること等を例示した。

なお、既設橋に対する対策という観点や、津波に対して合理的に橋の構造計画ができるようにするという

観点から、今回の震災で津波により上部構造が流出したメカニズムとともに、流出しなかったメカニズムにも着目し、津波の影響をうける橋の挙動や抵抗特性の解明に関する研究が、今後も必要である。

4. 地震の影響を支配的に受ける部材の基本の規定

厳しい財政状況の中、今後の社会資本整備の説明性を高めていく必要があることから、性能規定型の技術基準の導入により、良質で適材適所な新技術の採用が期待されているところであるが、耐震設計の観点から新技術を導入する際に実験等により明らかにすべき事項を明確にするために、今回の改定では地震の影響を支配的に受ける部材の基本に関する規定を新たに節を設けて示した。

新しい材料、装置や構造等の新しい技術を地震の影響を支配的に受ける部材として適用する場合には、その力学的機構が明確であること、実験で確認された条件の範囲内で適用すること等が求められる。特に、動的な特性が部材や装置に生じる速度等の影響により静的な特性と異なる場合、動的な特性が温度等の使用される条件の影響を受ける場合又は長期的な使用により力学的特性が変化する場合がある場合には、適用範囲とそれに応じた力学的特性等に十分留意する必要がある。

ここで、地震の影響を支配的に受ける部材について、実験等により明らかにすべき事項として、次の3つを示している。

- ・破壊に対して適切な安全性を確保すること
- ・地震応答の繰返しに対して挙動が安定していること
- ・部材の抵抗特性を評価する方法が確立されていること

ここで、地震応答の繰返しの影響については、その影響が顕著にならない範囲を設計で考慮する範囲とすることが地震応答の繰返しに対する挙動の安定性を確保する上で重要であることを示している。

5. 鉄筋コンクリート橋脚の水平力-水平変位関係の算出方法の見直し

近年の鉄筋コンクリート橋脚(RC橋脚)における塑性ヒンジの形成メカニズムに関する研究成果^{9),10)}を踏まえ、曲げ破壊型のRC橋脚の限界状態に相当する変位(図5)の算出方法を、各耐震性能の限界状態に相当する変位を直接的に算出する方法に見直した。その上で、塑性ヒンジ長の新しい推定式と軸方向鉄筋の引張ひずみに基づく限界状態の定義を新たに導入している。この手法に基づけば、設計で考慮する限界状態に

おける変位の推定精度は、従来は変動係数にして40% 近かったばらつきが図6に示すように15%程度となり、大幅に改善している¹⁰⁾。

また、新しい算出方法の導入に伴い、その適用範囲を明記しているが、この方法が適用できるのは、充実断面のRC橋脚に対してのみであるとした。これは、近年行われた中空断面を有するRC橋脚模型に対する正負交番繰返し載荷実験¹¹⁾によると、壁厚が薄く、軸圧縮力が大きく、かつ軸方向鉄筋比が高いなどの条件に該当する中空断面のRC橋脚において、その中空断面部に塑性ヒンジが形成される場合には、写真1に示すように曲げの作用を受けた際に圧縮力を負担する壁部のコンクリートの圧縮破壊によって最終的には軸耐荷力を失うという致命的な損傷が生じる場合があること、中空断面の内面の損傷の方が外周面の損傷よりも大きい場合があることが明らかになったこと、地震後における中空断面の内面の点検及び損傷が生じた場合の修復が容易ではないこと、中空断面の内面の損傷を外周面の損傷から推定することに関する十分な技術的知見がないこと等を考慮したためである。中空断面部を有するRC橋脚については、こうした特性を踏まえ、塑性

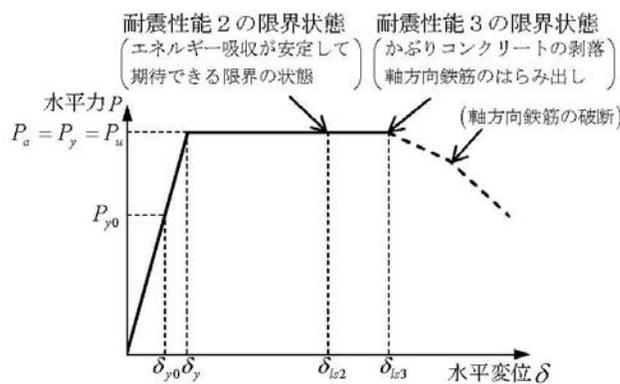


図5 曲げ破壊型のRC橋脚の水平力-水平変位関係と限界状態

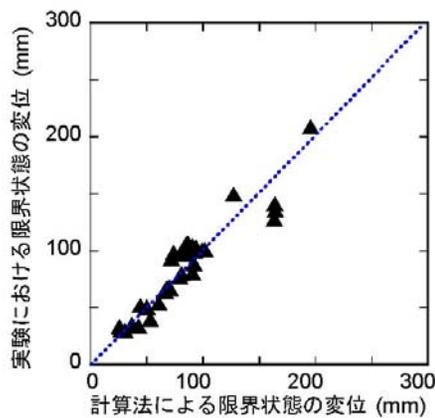


図6 耐震性能2の限界状態の変位の推定精度

変形能が確実に発揮できるような形状及び配筋とすることを構造細目として規定した。この規定を受けて解説では、図7に示すように塑性ヒンジが形成される部位とその近傍で塑性ヒンジの影響を受ける領域は充実断面とすること、塑性ヒンジの影響を受けない領域は中空断面としてもよいが、充実断面から中空断面へと変化する部位が新たな損傷箇所とならないように、適切にハンチ等を設置するなど構造的な配慮を示した。

なお、中空断面RC橋脚の耐震性については、塑性変形能に及ぼす軸力の影響や軸方向鉄筋量の影響の解明、中空断面の内面に対して復旧性の観点から許容できる損傷に関する知見や外周面の損傷から内面の損傷を推定する手法など、技術的な課題が数多く残されている。このため、今後も、実験的な検討の蓄積が必要である。

また、近年鉄筋の配筋が過密傾向にあるRC橋脚の施工性の向上を図ることを目的として、従来の規定よりも降伏点の高い鉄筋 (SD390及びSD490) を軸方向鉄筋として使用することができるようになったが、これ以外にも、所要の塑性変形能を確保しながら配筋の合理化を図るために、塑性化を考慮する領域における帯鉄筋間隔の規定を見直している。従来は、帯鉄筋間隔



(a) コンクリートの破壊状況



(b) 内面の損傷状況

写真1 高軸力・高軸方向鉄筋比の中空断面RC橋脚の破壊形態

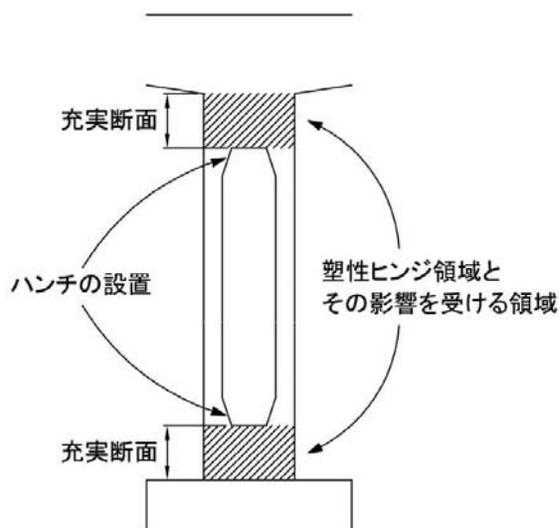


図7 中空断面部を有するRC橋脚の構造の例

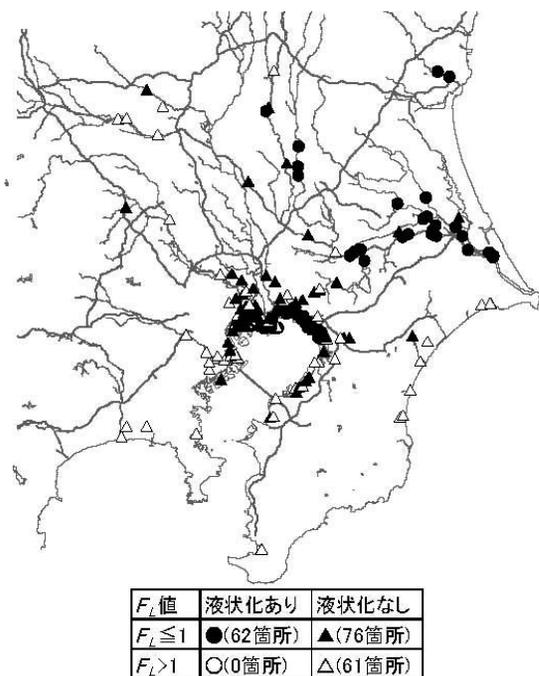


図8 東北地方太平洋沖地震における液化化・非液化化事例に対する液化化の判定結果 (文献13)を元に作図)

は一律に150mm以下とすることを規定していたが、近年、軸方向鉄筋に太径の鉄筋の採用事例が増えつつあり、これに伴って横拘束鉄筋にも太径のものが使われるため、配筋が非常に過密になりコンクリートの施工性への影響が懸念されるような事例もでてきていること、横拘束鉄筋による過度の横拘束は逆に塑性ヒンジが形成される領域を局所化させる場合もあること等が近年の研究により明らかになったことから、今回の改定では、塑性化を考慮する領域においても、帯鉄筋間

隔は帯鉄筋の直径に応じて最大300mmまで抜げることができるとした。また、中間帯鉄筋にはせん断補強筋としての機能を期待せず、横拘束鉄筋としての機能のみを期待するという考え方も示した。

6. 液状化地盤上の基礎の耐震設計法の合理化

東北地方太平洋沖地震では、東北地方から関東地方にかけて広い範囲で液状化の発生が確認された。東北地方太平洋沖地震において観測された地震動は、前述のとおり、継続時間が長いことが1つの特徴であり、これが液状化の発生を助長させた可能性が考えられた。このため、東北地方太平洋沖地震における液状化が発生した事例と液状化が発生しなかった事例に対して、従来規定されていた液状化判定法により、液状化が発生した事例を適切に判定できるかに関する検討が約200地点のデータをもとに行われた^{12), 13)}。事例分析の結果から、図8に示すように液状化発生地点では従来規定されていた液状化判定法によって液状化が発生すると判定され、液状化の発生を見逃すような事例はなかったことが確認されたことから、今回の改定においても従来の液状化判定法に従うこととした。

一方で、従来は液状化判定をレベル2地震動に対するのみ行い、レベル1地震動に対する耐震設計においてはレベル2地震動に対する液状化判定の結果に応じてその影響を考慮するとしていたが、今回の改定では、レベル2地震動(タイプI)の改定において地盤面の震度が見直されたことによりレベル1地震動に対する耐震設計がこの影響を受けることになることから、レベル1地震動に対しても液状化判定を行うことを規定した。

また、従来は、液状化地盤上の基礎の耐震設計においては、タイプIの地震動とタイプIIの地震動について、慣性力は大きい方を用い、地盤の抵抗は小さく見積もるように設定するとしていたが、今回の改定では、技術的な知見を踏まえ、耐震設計の合理化のために地震動のタイプごとに慣性力の大きさと地盤の抵抗特性を組み合わせることを規定した。

7. おわりに

本稿では紙面の都合上、主要な改定点のうちのいくつかを取り上げて紹介した。このほかの改定点については、文献^{14), 15)}等を参照されたい。

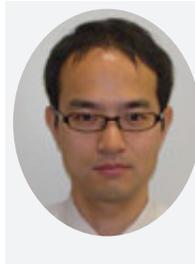
参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部：海溝型地震の長期評価、
http://www.jishin.go.jp/main/p_hyoka02_kaiko.htm
- 2) 片岡正次郎、佐藤智美、松本俊輔、日下部毅明：
短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離
減衰式、土木学会論文集A, Vol. 62, No. 4, pp. 40-757,
2006.
- 3) 片岡正次郎、松本俊輔、日下部毅明、遠山信彦：や
や長周期地震動の距離減衰式と全国の地点補正倍率、
土木学会論文集A, Vol. 64, No. 4, pp. 721-738, 2008.
- 4) 中央防災会議：第4回資料・第9回資料.
- 5) 岡村眞、松岡裕美、千田昇、島崎邦彦：見えてき
た巨大南海地震の再来周期、日本地震学会秋季大会
講演予稿集, p. 16, 2006.
- 6) Furumura, T., Imai, K. and Maeda, T.: A revised tsunami
source model for the 1707 Hōei earthquake and simulation
of tsunami inundation of Ryujin Lake, Kyushu, Japan, *J.
Geophys. Res.*, 116, B02308, 2011.
- 7) 片岡正次郎、金子正洋：距離減衰式から逆算した
東北地方太平洋沖地震のマグニチュード、日本地震
工学会大会 - 2011梗概集, pp. 406-407, 2011.
- 8) 国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法
人土木研究所：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、国土技術政策総合研
究所資料第646号／土木研究所資料4202号、2011.
- 9) 浅津直樹、運上茂樹、星隈順一、近藤益央：軸方
向鉄筋の座屈解析による鉄筋コンクリート橋脚の
塑性ヒンジ長に関する研究、土木学会論文集、No.
682/I-56, pp.177-194, 2001.
- 10) 小森暢行、星隈順一、堺淳一：RC橋脚の地震時
限界状態の評価手法に関する研究、第14回性能に基
づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論
文集、2011.
- 11) ハツ元仁、堺淳一、星隈順一：高軸力・高軸方向
鉄筋比条件下の中空断面RC橋脚の正負交番繰返し
載荷実験、土木学会第67回年次学術講演会(投稿中)
- 12) 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.
- 13) Ishihara, M. & Sasaki, T: Relationship between age of
ground and liquefaction occurrence in the Great East Japan
Earthquake, *Int. Sym. on Engineering Lessons Learned
from the Giant Earthquake*, pp.771-776, 2012.
- 14) 橋梁委員会：道路橋示方書の改定について、道路、
Vol. 854, pp.48-59, 2012.
- 15) 星隈順一：道路橋示方書V耐震設計編 改定の概
要、土木施工、Vol. 53 No. 7, pp.58-63, 2012.



星隈 順一

1992年九州大学大学院修了、建設省
土木研究所研究員、国土交通省建設
施工企画課課長補佐、九州地方整備
局長崎河川国道事務所長、同局企画
部企画調整官を経て現職、博士(工
学)、専門分野：橋梁の耐震設計



堺 淳一

2001年東京工業大学大学院博士後期
課程修了、カリフォルニア大学バーク
リー校博士研究員、独立行政法人土
木研究所研究員を経て現職、博士(工
学)、専門分野：橋梁の耐震設計



片岡正次郎

1996年東京工業大学大学院博士後期
課程修了、東京工業大学・カリフォル
ニア工科大学博士研究員、建設省
土木研究所研究員を経て現職、博士
(工学)、専門分野：地震動・津波外
力の評価

東日本大震災におけるトラフィック分析と接続性を考慮した防災災害情報システム

内田 法彦

●埼玉工業大学人間社会学部情報社会学科 准教授

／柴田 義孝

●岩手県立大学ソフトウェア情報学部 教授

1. はじめに

2011年3月11日14時46分、宮城県沖にて発生したマグニチュード9.0の大地震は、最大震度7を示し、岩手県、宮城県、福島県をはじめとした東北、関東地方に甚大に被害を与え、世界中を震撼させた。現時点でも、死者数は1万5千人、不明者は3千人を超えており¹⁾、死者数は現在も増加し続けている。そして、この災害はこれまで発生した災害と多岐にわたり異例とも言える事態が多数発生した。大津波、原子力発電所の放射能漏れ、電力問題、現在も続いている多くの余震、そして高度に進歩した情報技術が引き起こしてしまった物流や情報の混乱などである。また、これら情報技術に関する震災被害は、比較的被害の少なかった内陸部においても、食糧不足や燃料不足といった深刻な2次災害までも引き起こした。

そうした中、筆者らは、これまでも大地震、津波、豪雨など自然震災における災害情報システムに関する研究を行ってきており、それらの経験から、今回の東日本大震災における支援活動を行ってきた。しかしながら、今回の大震災はこれまでの阪神淡路大震災、中越地震、中越沖地震等とは、災害情報学の観点からも、異例の点が多く、本稿において、震災直後からの行ってきた岩手県立大学での避難活動、安否情報活動、そして被災地でのネットワークの復旧活動の記録について述べ、現在取り組んでいる防災災害情報システムに関する課題について述べていく。

2. 東日本大震災について

東日本大震災に関する被害は、様々な報告がされているが、被害規模の大きさや甚大な津波被害²³⁾、放射能や電力不足などの2次災害以外にも多くの課題が明らかにされてきている。

その中のひとつに、情報の不足及び情報通信の問題がある。情報手段の断絶や必要な情報の不足は大きな不安要素を引き起こした。表1は、東日本大震災における通信状況を表したものである⁴⁵⁾。

以前の震災と東日本大震災における我々の生活環境の変化で大きかったのは、通信環境の変化があげられる。携帯電話は我々の生活に浸透し、光回線などのブロードバンド環境も生活に浸透していった。そのため、

表1 東日本大震災における通信状況(岩手、宮城)

通信メディア	状況	備考
ラジオ	○	地域FMは有効。
固定電話	×	一部アナログ及び公衆電話のみ可。
携帯電話	△	電話は不通。メール、インターネットも輻輳。
インターネット	△	輻輳。自治体サーバは不可。
衛星電話	○	連続3分しか通話できない。
行政無線	△	故障のため一部のみ可。
アマチュア無線	○	昔の機材がほとんど利用できない状態。
衛星通信	○	ほとんど利用されておらず。
無線LAN	○	電力の問題あり。

震災直後に多くの人が携帯電話を通じて被災状況の確認以外にも安否情報や身内への連絡を試みたため、通信が困難な状況が発生した。また、固定回線やインターネット環境も断線や停電により利用できない環境になってしまった。移動体通信各社によると合計2万9千局の基地局が被災や停電のため停止したほか、音声トラフィックは通常の50倍も集中したために、最大70%から95%もの通信規制を実施したほか、メールトラフィックも5倍までトラフィックが増加し、その結果、各所で輻輳のため、連絡不能の状態になった⁶⁷⁾。

このように、今日の高度情報社会における通信手段の断絶及び必要な情報の欠如は多くの人に影響を与え、その結果、災害時にも強い情報通信手法及び必要な情報の提供方法については、防災災害情報システムに関する重要な課題となっている。

3. 災害支援活動と通信状態

岩手県立大学は岩手県中央部の滝沢村に所在しており、津波の被害はなかったものの、停電の他、天井やガラスの破損などの被害があった。しかしながら、電力と商用通信回線のバックアップより、電気及びネットワーク環境が使える状況であった。東北の大学では、秋田県立大学、福島大学と同様に数少ない情報通信が利用できる機関であったことが報告されている⁸⁾。その為、避難所指定はされていなかったが周囲の住民や

学生、また国公立大の受験前日ということもあり、受験生も岩手県立大学へ避難してくる人が多く見られ、急遽、避難所として解放した。そこで、各種サーバ類が機能しなかったこともあり、主にtwitter、学生らによる現地確認、ラジオなどで周辺情報を収集し、学内掲示板への張り出しや、twitterを使った情報発信を避難者向けに行った。

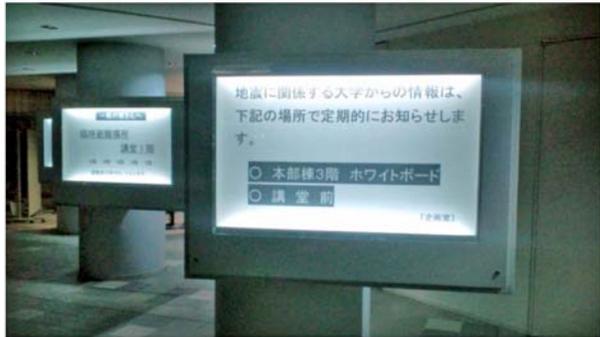


図1 大学における災害情報提供の様子



図2 衛星回線を使った通信復旧作業

また、筆者らのチームは岩手県立大学学生支援室や教職員、静岡県立大学経営情報学部 湯瀬裕昭准教授、福岡工業大学情報通信工学科 杉田薫准教授、独立行政法人科学技術振興機構 (JST)、特定非営利活動法人ゴーフォワードジャパン (GFJ)、KDDI株式会社らの協力で、宮古、田老、大槌、岩泉等沿岸被災地での衛星通信回線や3G回線、無線LANを用いた通信復旧支援活動などを行ってきた⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。

そうした中、図3は、被災時に計測した大学からgoogle.co.jpへのRTT (Round Trip Time)及びPER(Packet Error Rate)の結果である。計測についてはUbuntu Linuxでのping(64bytes)を使用している。

災害直後から、輻輳により高いRTT及びPERを示しているが、翌朝(震災後17時間程)からよりアクセスが集中し一層ネットワーク状態が悪化しているのが分か

る。24時間経過後から、電力の復旧と合わせて回復の兆しが見えるが、このような状態は電力が盛岡市や滝沢村に電力が戻った震災後60時間経過まで続いている。

したがって、今後防災災害情報システムにおいては、このような悪劣な通信環境下でも、重要なデータを届けるための機能が課題となる。

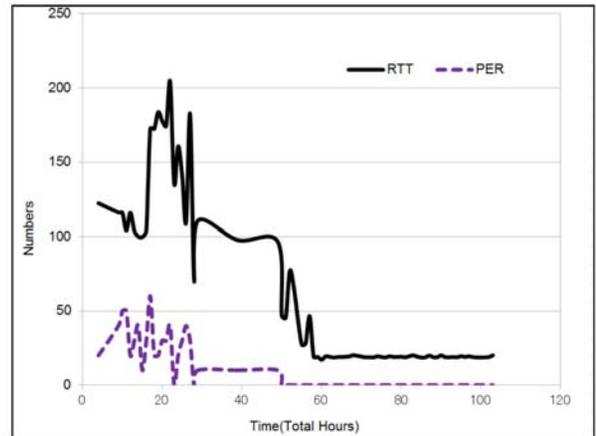


図3 災害時におけるネットワーク状態

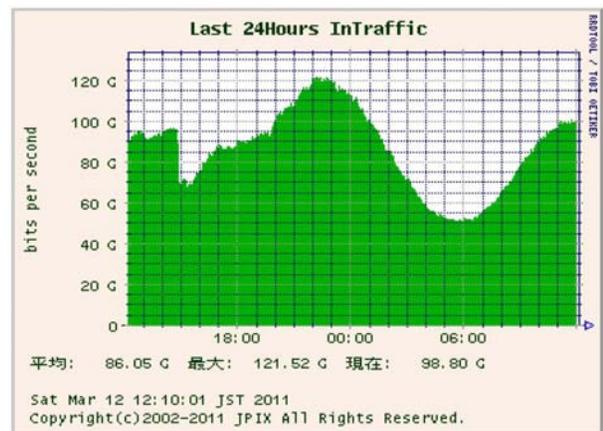


図4 東京における商用回線トラフィック

しかし、一方では、図4のように、東京や大阪におけるトラフィックが著しく低下したことが報告されている¹²⁾。

これは、現在の通信トラフィックの多くが、エンターテインメント目的の動画などマルチメディアコンテンツが占めており、災害直後においてはエンターテインメント系のインターネット利用が激減したためと考えられている。事実twitterにおいても同様の動きが報告されている¹³⁾。震災直後からツイート数は通常時の1.8倍まで利用が増加したが、図5に示すように、それまで57%を占めていたエンターテインメントに関する話題が激減し、72%の話題が地震関係になったことを示している。これも今日の情報通信社会によって発生し

た新たな通信環境の変化であり、災害時には動画や画像などのマルチメディアコンテンツよりも、掲示板や安否情報といったテキストコンテンツが、確実に伝えられるようなQoS (Quality of Service) 制御も課題であると考えられる。

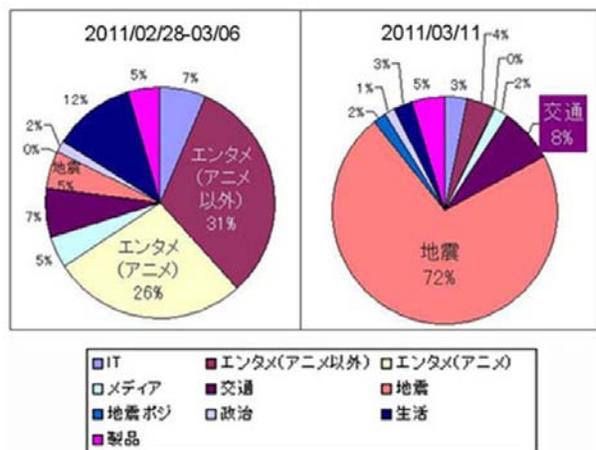


図5 災害前後のtwitter内容の変化

また、筆者らは、前にも述べたように被災地での通信環境の復旧支援活動を行ってきたが、衛星回線や無線LANといった無線通信手法が災害時には有効であり、これらを使って通信回線復旧支援を行った。電力確保といった問題もあるがこのような無線通信技術をベースに切れにくく強固であり、断線した際も早急に復旧できるような通信システムが防災災害情報システムにおいては必要であると考えられる。

4. 今後の課題と取組

これまで述べたように防災災害情報システムにおいては、このように強固な通信環境を提供することが必要であるが、その他にも、災害直後における被災者が必要とする情報コンテンツと救助などの重要なデータが確実に届けられるようなQoS制御法も課題であると考えられる。

そのため、これまで筆者らはコグニティブ無線を防災災害情報システムに導入し、ユーザーポリシーと通信状況を考慮した新たな無線方式の選択と経路選択を行う手法を提案し、評価を行ってきた¹⁴⁾¹⁵⁾。しかし大規模震災では、衛星通信やアマチュア無線等より強固な性質を持つ無線方式も組み込む課題が考えられた。そのため、より強固な通信環境を実現するNDN(Never Die Network)についても研究を行っている。図6に示すようにNDNでは、有線、無線ネットワークやコグニティブ無線よりも大きな災害でも最低限の接続性を示し、復旧もこれまでに比べて早急である必要がある。

これは、柴田、白鳥らによって提唱されたより強固な災害時などを考慮した通信法であり¹⁶⁾、さらに筆者らは、具体的にユーザーポリシーとネットワーク状態を考慮した衛星通信とコグニティブ無線を使ったハイブリッドな最適通信制御方式を提案し、NDN実現に向けた研究を進めている¹⁷⁾¹⁸⁾。

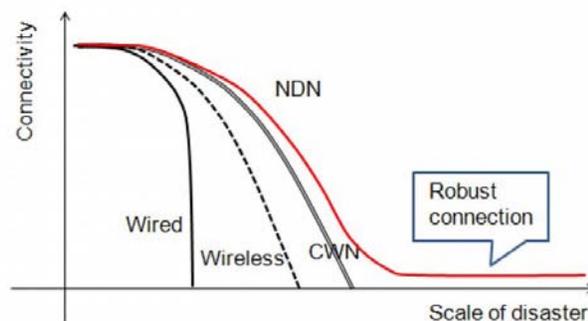


図6 NDNの接続性について

また、我々が想定している防災災害情報システムは図7のようなシステムである。固定中継局の他、自己発電機能を持った移動中継車やバルーン型中継局により動的に災害対策本部と避難所及び住居エリアと接続する。また、それらは衛星回線と複数の無線方式から構成されるコグニティブ無線によって接続され、災害時のユーザーポリシーと通信環境によって、最適な通信方式の選択と経路選択を行うものである。

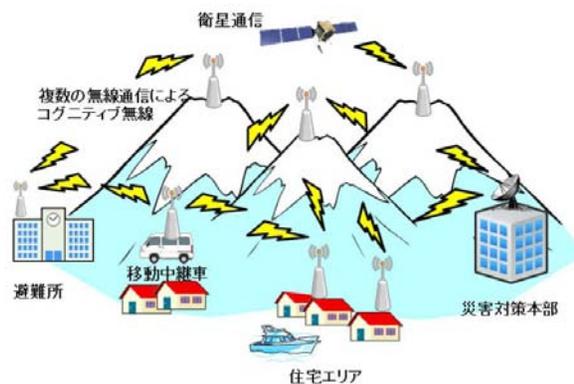


図7 想定する防災災害情報システム

また、安否情報の他、時系列のデータを提供できるWeb-GISを使った災害情報の提供サービス等についても研究が進められている。

今後は、クラウドコンピューティングベースでのサーバ、ネットワークの動的最適構成法の他、Open FlowやSoftware Based Networkなどの新世代ネットワークを用いた災害時及びinbound、outboundコンテンツを考慮した最適通信制御方式の研究も行っていく予定である。

参考文献

- 1) 警察庁, “東日本大震災について”, <http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/index.htm>
- 2) 気象庁, “過去の地震・津波被害”, <http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/higai/higai-1995.html>
- 3) 気象庁, “日本付近で発生した主な被害地震”, <http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/higai/higai1996-new.html>
- 4) 佐々木一十郎 (名取市長), “東日本大震災、被災現場からの報告”, シンポジウム 災害とICT, 総務省東北通信局, 2011年9月
- 5) 柴田義孝, “災害現場における通信確保”, シンポジウム 災害とICT, 総務省東北通信局, 2011年9月
- 6) 松浦敬裕, “東日本大震災 被害及び復旧状況とあらたな災害対策”, 通信と震災 第34回ISPの集いin仙台, 社団法人日本インターネットプロバイダー協会, 2011年11月
- 7) 総務省, “大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方に関する検討会”, http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/saigai/index.html
- 8) Hiroaki YUZE, Naoyoshi SUZUKI, “Development of Cloud Based Safety Confirmation System for Great Disaster”, Fourth International Workshop on Disaster and Emergency, Information Network Systems (IWDENS'2012), 29. March 2012.
- 9) Noriki Uchida, Kazuo Takahata, Yoshitaka Shibata. "Network Relief Activity with Cognitive Wireless Network for Large Scale Disaster", Fourth International Workshop on Disaster and Emergency Information Network Systems (IWDENS2012), pp1043-1047, Mar. 2012.
- 10) Yoshitaka Shibata, Noriki Uchida, Yuji Ohashi. "Problem Analysis and Solutions of Information Network Systems on East Japan Great Earthquake", Fourth International Workshop on Disaster and Emergency Information Network Systems (IWDENS2012), pp1054-1059, Mar. 2012.
- 11) Noriki Uchida, Kazuo Takahata, Yoshitaka Shibata. “Disaster Information System from Communication Traffic Analysis and Connectivity (Quick Report from Japan Earthquake and Tsunami on March 11th, 2011)”, The 14th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2011), pp279-285, Sep. 2011.
- 12) JPIX-テクニカル情報, “トラヒック”, <http://www.jpix.ad.jp/jp/technical/traffic.html>
- 13) NECビッグロブ株式会社, 東日本大震災におけるツイッターの利用状況について, <http://www.biglobe.co.jp/pressroom/release/2011/04/27-1>
- 14) Noriki Uchida, Kazuo Takahata, Yoshitaka Shibata. “Transmission control methods with multihopped environments in cognitive wireless networks”, Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, Vol 1, Number 4, pp249-257, DOI: 10.1007/s12652-010-0025-z.
- 15) Noriki Uchida, Kazuo Takahata, Yoshitaka Shibata. “Proposal of Transmission Control Methods with User Oriented Environment in Cognitive Wireless Networks”, The 4th International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems (CISIS2010), pp. 188-192, Feb.2010.
- 16) 久慈渉, 佐藤剛士, 小出和秀, 柴田義孝, 白鳥 則郎, “ネバー・ダイ・ネットワークと防災システム”, 情報処理学会研究報告, マルチメディア通信と分散処理研究会報告 2008(54), pp. 131-135., 2008.
- 17) Noriki Uchida, Kazuo Takahata, Yoshitaka Shibata and et al., “Proposal of Never Die Network with the Combination of Cognitive Wireless Network and Satellite System”, 13th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2010), pp. 365-370, Sep, 2010.
- 18) Noriki Uchida, Kazuo Takahata, Yoshitaka Shibata, Norio Shiratori. "A Large Scale Robust Disaster information System based on Never Die Network", The 26th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA2012), pp89-96, Mar. 2012.



内田 法彦

1994年 米国テネシー州立大学BS卒、(株)グローバルソフトウェア等に
従事しながら、2011年岩手県立大学
ソフトウェア情報学研究所後期課程
修了、2011年から現職、博士(ソフト
ウェア情報学)
専門分野: 大規模災害情報ネットワー
クシステム、経営情報システム等



柴田 義孝

1985年 米国カリフォルニア大学ロサン
ゼルス校大学院計算機工学専攻博
士課程修了、米国ベル通信研究所専
任研究員を経て 東洋大学工学部情報
工学科教授、1998年から現職、Ph.D,
専門分野: 精細映像通信システム、
大規模災害情報ネットワークシステ
ム等

ジェンダー・多様性の視点に基づいた救援・復興 —東日本大震災の経験からみた課題

池田 恵子
●静岡大学 教授

1. はじめに

2005年に初めて「防災基本計画」および「第二次男女共同参画計画」において男女共同参画の視点を取り入れた防災体制を確立することが政策目標として掲げられて以降、2011年3月11日に発生した東日本大震災が、その実践が求められた最初の大災害となった。

「地域防災計画」（中央防災審議会、2011年12月改定）において、男女共同参画の視点の重要性は、以下の2点から説明される。第一に、少子高齢化など地域社会の変化が進行する現代的状況下で、防災に関する政策・方針決定過程及び防災の現場に女性の参画を拡大することが、地域における生活者の多様な視点を反映した防災対策の実施を可能とし、地域の防災力向上に貢献する。第二に、被災時の男女のニーズの違い等男女双方の視点に十分配慮するよう努めることが、被災者の尊厳という観点から不可欠であり、全体的な被害軽減にもなる。

本稿では、東日本大震災の被災地で試みられた男女共同参画の視点に基づく避難生活・復興支援の取り組みの実践を紹介し、今後の大災害への備えにこの課題が根付くために何が必要か考えてみたい。

筆者は、東日本大震災女性支援ネットワーク・調査チームのメンバーとして、救援・復興の活動に従事した人々を対象に聴き取り調査¹⁾（2011年6月～2012年6月）を行った。調査は、支援者の目を通してみた震災・津波・原発事故の被災状況、避難生活や生活再建の状況を把握することによって、被災者男女のニーズや支援に関する困難を知り、支援の改善や政策提言につなげるという目的で行われた。本稿で活用する資料の一部は、この調査によって収集されたものである。

2. 何が被害と被災経験の男女差を作り出すか

(1) 災害研究におけるジェンダーの視点

男女共同参画、またはジェンダーの視点が災害対応に導入されるようになったのは、災害のもたらす影響、被害の程度や被災経験が男女で違うという実態が徐々に報告されるようになったからである。欧米や発展途上地域を対象とした災害の社会科学研究においては、既に1990年代にはジェンダーの視点の重要性を踏まえた研究・実践領域の確立がみられた²⁾。これら海外の

大災害事例の研究から、男女の被災・復興経験の違いが、人的被害、災害時の性別役割分担の表出、雇用機会など復興資源へのアクセス、防災・救援・復興への参加と役割、女性や子どもへの災害時における暴力などの側面から明らかにされてきた。また、男性間、女性間における被災経験の違いが階層、人種／エスニシティなどの社会層とジェンダーの重なりという視点から解明されてきた³⁾。

一方、日本のアカデミズムにおいて、災害とジェンダーの交差軸が研究対象とされるようになったのは、阪神淡路大震災（1995年）以降である。災害の影響の男女差—雇用や収入機会、安全安心の問題、「震災別居・同居」という言葉に象徴される災害後の男女の役割と労働負担の変化など—については、主として被災地の市民団体によって報告されているが、これらの課題を正面から捉えた学術的研究は、非常に少ない。

(2) 災害脆弱性のジェンダー格差

同一の地域内あるいは世帯内でさえ男女で被害や被災経験に差が生じるのは、社会を構成する集団や個人の間で「災害脆弱性」と「回復力」（レジリエンス）が異なるからである。ワイズナーら⁴⁾は、災害脆弱性を「自然災害のインパクトに備え、対処し、抵抗し、それから回復するための能力に影響を与える個人あるいは集団の特徴と状況」と定義した。物理的な加害力としてのハザードそのものは人的物的被害と同義ではなく、長い時間をかけて社会制度や政策あるいは社会経済的変動の影響の中で構築されてきた脆弱性と回復力を介してはじめて生活における具体的な被害状況へと翻訳される。すなわち、「災害リスク＝脆弱性×ハザード／回復力」と表すことができる（図1）。

災害脆弱性と回復力は、ジェンダー規範や性別役割分担、それらを前提として形成された諸制度・政策の影響を受けて構築される。

例えば、賃金（女性正規労働者の平均所定内給与額は男性の73.3%）、雇用形態（就業者に占める非正規労働者の割合は男性19.9%に対して女性54.7%）などの格差、母子世帯の低所得（母子世帯の平均所得額は一般世帯の38%、貧困率は一般家庭16%に対して48%）などによって、女性は災害時に男性よりも先に解雇され

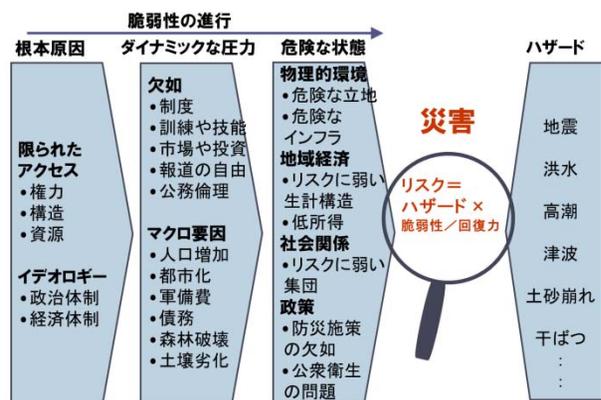


図1 災害とは何か

出典：Wisener, B., et al. eds., [1994] 2004より筆者作成。

る傾向があり、貧困に陥る可能性が高い「危険な状況」にあると言える。また、女性の政治的代表的低さ（地方議会における女性議員の比率は11.3%、自治会長に占める女性の割合は4.3%など）⁵⁾に起因する発言力の弱さは、避難生活において女性が女性特有のニーズを発信できにくいということと直接関係する。このような状況を的確にとらえた災害対応が行われなければ、二次的被害でも男女差が展開することになる。

このように考えるなら、生物としての男女に普遍的または本質的な災害脆弱性は存在しないし、特定の女性集団にある時点で見られる脆弱性は必ずしも継続しないことになる。脆弱性と回復力は、各集団や個人のおかれた状況—ジェンダーだけではなく、年齢、健康状態、障がいの有無、階級、エスニシティ、出入国管理上の地位など多様な要因と、社会政策のあり方、災害の種類と地域社会の文脈で決まる。

(3)政策的対応

国際的な災害・復興支援や災害リスク削減の指針においては、災害脆弱性のジェンダー格差は正が実践的な課題として位置づけられ、具体的方策が採られるようになって久しい。例えば、1997年に始めて作成された『スフィア・プロジェクト：人道憲章と人道対応に関する最低基準』（2011年）⁶⁾では、「人道対応は、災害が男女・少年少女にもたらした影響の違いを理解し、男女・少年少女のニーズや脆弱さ、能力などの違いを把握した上で行われるとき、最も効果を上げる」としている。そのため男女別年齢別データの収集と活用、支援スタッフの性別のバランス確保などと並んで、「人々の脆弱性を高める要因を分析し、災害の影響を特に受けやすい集団の脆弱性を積極的に解消する方向で支援事業を計画する」ことが重要だとされる。

第2回国連防災世界会議（2005年）で採択された「兵

庫行動枠組（2005-2015年）」では、ジェンダー平等の促進が災害リスク削減を有効に推進するために不可欠な横断的課題の一つとして強調されている。

「防災基本計画」（2011年12月改訂）は、総則において「防災に関する政策・方針決定過程及び防災の現場における女性の参画を拡大し、男女共同参画の視点を取り入れた防災体制を確立する」ことを謳い、具体的に、避難場所の運営や自主防災組織に女性の参画を促進する必要性について述べている。

また「東日本大震災復興基本法」（2011年6月）もその基本理念において、「被災地域の住民の意向が尊重され、合わせて女性、子ども、障がい者等を含めた多様な国民の意見が反映されるべき」としている。

しかし、いくつかの先駆的な自治体の例を除き、これらの政策理念は具体的な施策として根付いているとは言いがたい状況ではないだろうか。また、防災や復興における男女共同参画の発想は、基本的に災害時・復興時の対応だけを視野に入れたものであり、平時からのジェンダーの不平等に起因する災害脆弱性の解消—いわゆる「災害リスク削減へのジェンダー平等の主流化」ではない。平時に実現されていない「女性の参画」がいかんして災害時に可能か、具体的な道筋が示されない限り、男女共同参画に基づいた防災体制の確立は絵に描いた餅に過ぎない。

ワイズナーらによる「災害脆弱性の進行」の図式に従ってみても、災害脆弱性のジェンダー格差を解消するには、平時のジェンダー平等に取り組む必要があり、その努力は続けられねばならない。しかし、これは一足飛びに達成できる課題ではない。短期的課題として、防災・救援・復興の活動の中に男女のジェンダー格差を解消する（少なくとも復興過程でさらに格差が拡大しないようにする）工夫を取り込むことが大切である。

3. 東日本大震災における男女の被災経験の違いとそれへの対応

(1) 支援者への聴き取り調査概要

東日本大震災の被災地・被災者支援において、ジェンダーまたは男女共同参画の視点を取り込んだ活動の多くは、避難生活や復興の制度設計の中にその仕組みや共有される理念が存在しない状況で実践されたといっていよう。そのため、聞き取り調査に協力いただいた人（以下「支援者」という）の立場もその活動形態も多様で、取り組みの内容も多岐にわたる。

41事例の支援者（計49名：37個人と4グループ、うち男性は7名）のうち、14事例は女性から女性への支援や男女共同参画の視点から被災地・被災者の支援を開

始した。したがって、これらの事例では、個人や団体が地域社会において被災前から取り組んでいたジェンダー課題（就労、子育て、暴力・女性相談、男女共同参画の推進）の延長線上で支援が行われている。ほかの27事例は、行政や民間支援団体の職員、医療従事者、地方議会議員あるいは様々なリーダー的立場の個人が、被災地で避難生活・復興の事業に従事したりリーダーシップを発揮したりしたものである。

また、16事例は職務の一環として、19事例は震災前の活動や職務を土台とした自発的活動として、6事例は新しい自発的活動として行われた。支援者の出身地は、福島県・宮城県・岩手県で36事例を占めた。つまり調査協力者の大部分は、被災者でもあった。

支援活動の内容は、避難所・仮設住宅コミュニティの運営（自主、行政）、物資の供給（女性用）、相談、対人ケア、サロンや喫茶など集いの場の提供、炊き出し、保育機能の提供、障がい者や外国人への支援全般、就業支援、医療サービスなどである。

(2)男女のニーズとそれへの対応

支援者が支援経験を語る中で指摘した主なジェンダー課題一すなわちジェンダーに起因して起こったと考えられる課題や男女によって異なる形で経験された被災状況一を表1にまとめた。

ここでは、支援者がいかにして表1に列挙した課題を見出すに至ったのか、それをどのように支援に結び付けようとしたかを紹介する。

人々の脆弱性やニーズを把握することの困難

災害によって特に影響を受けやすい人々は、平時から発言権が小さいか、あるいは存在そのものが見えにくいために要望を出しにくく、支援が届きにくい人々でもある。多くの支援者にとって、被災した女性たちが必要とするものやことを知ることも自体が容易ではなかった。また、被災者の多様な状況に応じたニーズの把握が必要であるという発想自体が、必ずしも広く共有されていたわけではない。

支援をする女性が被災した女性に直接ニーズを聞いても答えが得られない状況が多く見られた（「大丈夫、すべて足りている」と答えていた人が、下着を3週間取り替えていなかった事例もある）。そのため、支援者たちはあえて手工芸や女性特有の健康問題など女性が集まる名目がたつようなテーマを選んで集える場を提供したり、記入者のプライバシーが守られるよう密封でき簡便なチェックリスト式のリクエスト票を配布して必要なサービスや女性用品を把握しようとした。

表1 東日本大震災の支援者の経験から指摘されたジェンダー課題

避難と避難生活の課題

避難所の運営・リーダーシップ、仮設住宅の運営・リーダーシップ、避難時の性別役割分業（炊き出し、家族のケアなどの負担、母子避難）、自宅避難者の困難、避難所・仮設住宅での業務（名簿、物資配布など）、避難所のスペース活用（女性用スペース、女性用洗濯物干し場など）、トイレ・入浴の課題、女性と子どもの安全安心、子どもの一時預かり、災害時要援護者の避難、仮設住宅の施設設備・改修、放射能の影響

復興に向けての課題

女性のケア役割がもたらす課題、心身の健康、孤立（特に男性）、女性・子どもへの暴力、個人・世帯の経済的安定（雇用・収入）、長期の遠距離避難、復興の議論への参画

支援者を支援するための課題

支援者の支援環境、行政職員や地域のリーダー層への避難生活の責任の集中（特に男性）、家族関係・同僚との関係、経済的な保障、ハラスメント、被災者であり支援者である困難

出典：東日本大震災女性支援ネットワーク・調査チーム、2012、「最終報告会資料」(<http://risetoggetherjp.org/>)、2012年6月10日、より筆者作成。

なかなか声を出せない立場の人々の要望を把握することは、その旨の明確な意図をもった情報収集を行わない限り困難であった。

参画と意思決定につながる支援

避難生活や復興の過程で特定の集団の災害脆弱性が再生産されないためには、必要とされるものやことを充足していく支援のみでは、不十分である。政策や地域に提起していく力を女性や発言力の弱い人々が身につけてくことができるような支援が必要である。そのため、避難生活や復興に関する情報の入手と発信、意思決定と意思表明を促していくことが重要になる。ある支援者は、被災した保育士たちが保育園を再建する過程を支援する際の経験として「保育士さんたちが施設を建てて、経営者としてやっていくという決断ができない。そこに寄り添っていかなければ、なかなか復旧しない。…自分の家も流されて、どうしていいかわからない。そういう状況で始めたことなのに、…すぐに決断できないのは、人間として当然ではないか。」と述べる。

長期的な災害脆弱性への理解

平時のジェンダーの不平等が復興の過程で再構築あるいは固定化されないための支援の事例もある。

岩手県、宮城県及び福島県における平成24年2月の有効求職者数は、前年同月と比較すると、女性は

10.8%増に対し、男性は2.4%減となっている⁷⁾。すなわち、女性向けの起業支援事業などが多く行われているにもかかわらず、震災は男女の雇用格差を拡大させた。公的な緊急雇用対策を含めた復興関連の雇用政策は、男女を平等に対象に行われたはずであるが、結果として女性には活用しづらいものであった。女性たちは、ケア労働の増加や、仮設住宅からの通勤事情の悪化などのため、男性よりも働きに出づらいつ況になった。仮設住宅コミュニティを支援しているあるNPOは、仮設住宅内に保育施設を設置するのを支援した。その目的は、復興過程において男女の雇用格差、母子家庭の貧困を拡大しないということであった。

4. 救援・復興の制度設計にジェンダー視点が根付くために

地域防災計画が目指す、地域における生活者の多様な視点を反映した防災対策の実施による地域の防災力向上は、災害脆弱性の高い人々発言権がなかったり、存在そのものが見えにくい人々のニーズを把握することから始まる。彼ら／彼女らの脆弱性を理解してそれを解消する方向性で避難生活や復興の支援が行われない限り、災害脆弱性の格差は復興の過程でかえって拡大する恐れがある。そうなれば、次の災害に際して、脆弱性を持った人々が同様な経験をすることになる。

まず、発災後のできるだけ早い段階で、男女別・年齢別のニーズを把握し、それを避難生活や復興の支援計画に活用することを行政や地域の防災体制の中に制度化すべきである。そのためには、行政や民間の支援団体が、初動期にも女性職員を派遣して女性被災者の状況把握を行い易くする。また、平時から地域のジェンダー課題に精通している女性団体や地域の様々な団体と連携しておくことも有効である。

東日本大震災の支援において、被災した女性たちがなかなかニーズを要望しなかった一つの要因として、避難所や仮設住宅コミュニティあるいは復興のための地域における議論の責任者の大半が男性であり、意見表明や意思決定にかかわったり、支援や復興に関する情報を入手したり発信したりする立場に女性が少なかったことがあげられる。すべての人にとって安全で暮らしやすい地域へと復興し、次の災害に備えるためには、声を出しにくい人々の存在を意識して、参加を促す必要がある。

そして、地域における平時のジェンダー課題を意識し、それらを積極的に是正する形で救援や復興の計画を立てることが、脆弱な状況に暮らす人々を減らし、災害に強い地域を作ることにつながるのではないだろ

うか。

参考文献

- 1) 東日本大震災女性支援ネットワーク・調査チーム、「最終報告会資料」(<http://risetogetherjp.org/>)、2012年6月10日、調査メンバーは、ゆのまえ知子、池田恵子、柘植あづみ、吉浜美恵子。41事例(計49名:37個人と4グループ)に半構造化された質問票を用いて行われた。
- 2) 災害とジェンダーに関する研究、実践事例、分析・計画立案・研修ツールは、Gender Disaster Network (<http://www.gdnonline.org/>)に多く紹介されている。
- 3) Enarson, E. & P. G. Dhar Chakrabarti eds., 2009, Women, Gender and Disaster: Global Issues and Initiatives, Sage.
- 4) Wisener, B., et al. eds., [1994] 2004, At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters, Routledge.
- 5) 内閣府男女共同参画局、2012、『平成24年度男女共同参画白書』、および「第3次男女共同参画基本計画における成果目標の動向(平成24年6月21日)」。<http://www.gender.go.jp/index.html> (2012年6月25日最終アクセス)。
- 6) The Sphere Project 2011, The Sphere Project: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response, (<http://www.sphereproject.org/>)。日本語版は、難民支援協会 (<http://www.refugee.or.jp/sphere/>) からダウンロード可。
- 7) 内閣府、2012、『平成24年版男女共同参画白書 特集編: 男女共同参画の視点からの防災・復興』<http://www.gender.go.jp/whitepaper/h24/zentai/pdf/index.html> (2012年6月25日最終アクセス)



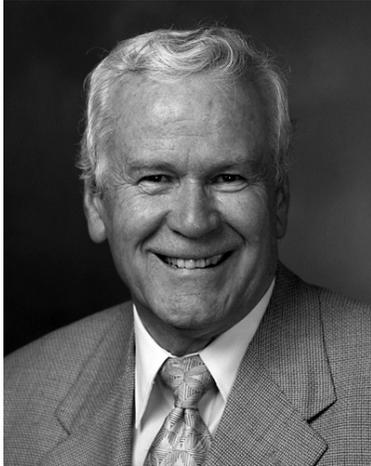
池田 恵子

JICA技術協力専門家などを経て、2000年より静岡大学教育学部教員。専門分野は、社会地理学、南アジア地域研究。バングラデシュ農村を対象に、農村住民の災害対応や地域防災への住民参加について研究している。東日本大震災女性支援ネットワーク (<http://risetogetherjp.org/>) のメンバーとして調査・研修を担当。

ヘルムート・クラヴィンクラー先生のご逝去を悼む

中島 正愛

●京都大学防災研究所 所長・教授



米国スタンフォード大学名誉教授であるヘルムート・クラヴィンクラー (Helmut Krawinkler) 先生は、今年の初めから体調を崩されておりましたが、薬効の甲斐なく、本年4月16日に72歳の生涯を閉じられました。

クラヴィンクラー先生は、1940年にオーストリア・インスブルックでご誕生、ウィーン工科大学をご卒業後に渡米、1971年にはカリフォルニア大学パークレー校 (土木工学専攻) でPh.D.の学位を取得されました。その後1973年にはスタンフォード大学にご奉職、以来ご逝去になるまで、同大学での教育と研究にその生涯を捧げられました。この間30名を超す博士課程大学院生を指導されるとともに、300編にのぼる論文群を発表されてきました。

故イゴール・ポポフ先生、ヴィテモ・ベルテロ先生の指導の下、クラヴィンクラー先生は鋼構造溶接柱梁接合部の耐震性能に関わる研究に励まれ、以来スタンフォード大学に移られてからも鋼構造系の実験研究に従事されました。1970年代後半から1980年代は、地震工学に関わって大型耐震構造実験装置への投資が盛んになった頃で、大型振動台や、オンライン応答実験や仮動的実験と呼ばれた準静的実験システムの導入が、わが国を始めとして多くの国々で検討された時期でした。そのような時代において、クラヴィンクラー先生の研究は、耐震構造実験における寸法効果 (縮小模型で実大挙動が再現しうるか)、速度効果 (ゆっくり

と载荷して地震応答特有の動的挙動が再現できるか)、不静定効果 (部材単体の挙動とそれらが合わさった骨組の挙動の違いはいかに) 等々について、それぞれの優劣や長短を明快に解説したもので、各研究機関が大型耐震構造実験装置を導入する際の意志決定の拠り所となりました。

1990年代になると研究の焦点を「耐震設計法の基本的枠組」へと移され、当時の太平洋地震工学研究センター (PEER: Pacific Earthquake Engineering Research Center) が推進した性能耐震設計法の開発に関わる共同研究の主導者の一人として活躍されました。とりわけ、スタンフォード大学の同僚であった故アリン・コーネル先生とお二人でなした「耐震性能を基盤とした被害評価 (Performance-based earthquake loss assessment)」は、後続する同種の研究に対するマイルストーンとして今なお燦然と輝いています。また、親友であるスロベニアのピーター・ファイファ教授と二人で組織して、1992年、1997年、2004年の3回にわたって開催した「性能耐震設計法に関する国際ワークショップ (俗称: ブレッド (Bled) ワークショップ)」は、性能耐震設計法の考え方を世界に広めるうえで最も影響力の高かった催しとの評価も受けています。

このように耐震工学に関わる研究で多くの成果を挙げられましたが、クラヴィンクラー先生を語るのときに見逃せないのが、彼のもつ個人的なチャームです。1980年代前半から、当時の建設省建築研究所と米国科学財団で主導した「大型実験設備を用いた日米耐震工学共同研究」では、毎年一回つくばで日米合同会議 (JTCC: Joint Technical Coordinating Committee) が開催されました。当時のクラヴィンクラー先生は米国研究チームの最若手のお一人、この会議が、彼と多くの日本の研究者との長きにわたる交流の事始めとなりました。クラヴィンクラー先生を知る方々はよくご承知のように、彼は米国研究者とは言え、元々が欧州人、考え方も人との接し方も普通の米国人とは一味も二味も違います。そんなクラヴィンクラー先生は、日本や日本人の性癖というものを即座にそして深く理解して、さらにお酒や水割りをとめどもなく (?) 飲みながら、

数多くの日本の研究者との交流を築かれました。彼自身はオーストリア人ですが、耐震工学研究界における駐日米国大使としての任を長年にわたって負っていただきました。

クラヴィンクラー先生と交友のあった日本人達が数十名集まり、2008年9月には、クラヴィンクラー先生、奥様のミシェル、一人息子のマルコス、そしてその配偶者ジュリーを招いて、東京で「クラヴィンクラーパーティ」を催すことができたのも楽しい思い出です。

クラヴィンクラー先生はこの1月に体調を崩されましたが、その直後に、彼の研究者としての功績を讃える名誉ある二つの賞が、病床の彼の元に届けられました。一つは、米国地震工学会 (EERI: Earthquake Engineering Research Institute) が授ける最高のものである、「George W. Housner Medal」、もう一つは「米国工学アカデミー (NAE: National Academy of Engineering) 会員」です。クラヴィンクラー先生はこの二つの名誉賞の知らせを受け取ることはできたものの、その喜びをかみしめ、そして多くの同僚、友人、教え子達から祝福されることもないままに、あの世へと旅立たれてしまいました。もう少し生きていてくれればと悔やまれてなりません。

5月30日午後3時から、クラヴィンクラー先生の追悼式がスタンフォード大学教会で執り行われました。数多くの同僚、友人、教え子達はその式に参加されたとのこと。私自身は本務がたて込み追悼式に出席することは叶いませんでしたが、奥様のミシェルのお計らいで、追悼式において私の弔辞を披露する運びとなり、私の友人でクラヴィンクラー先生の同僚であるグレッグ・ディアライン教授が代読してくれました。本稿の末尾にその弔辞の原文を掲載させていただくことをもって、世界の耐震工学の発展と日米研究者交流に多大な貢献をいただいたヘルムート・クラヴィンクラー先生に感謝の意を再度捧げるとともに、先生のご冥福を心よりお祈り申し上げるものです。

<クラヴィンクラー先生追悼式：弔辞(中島正愛)>

Krawinkler Memorial

May 30, 2012

Sayonara, Dear Helmut

Masayoshi Nakashima of Kyoto University, Japan

On behalf of your friends in Japan, I hereby wish to deliver our final thank-you note to you. Our interaction began in early 1980s when you came to Japan as one of the most junior members in the US delegate of a US/Japan joint research project using large-scale testing facilities. The project was implemented in the 1980s under the joint sponsorship of the Japanese Ministry of Construction and the US National Science Foundation. During that time, US and Japanese researchers met regularly, once a year, in Tsukuba, Japan. Your friendliness, generosity, patience, and above all your his in-depth understanding of Japanese people and the Japanese mentality, demonstrated on numerous occasions over many glasses of “sake” and “mizuwari”, meaning scotch on the rocks, won you, by universal acclaim, the distinction of being considered the US ambassador to Japan in earthquake engineering research. Indeed, you were one of the most popular US researchers in the Japanese earthquake engineering community ever since the 1980s when you were introduced to Japan.

Besides your personal charm, of course, we greatly admire your significant accomplishment on the advancement of earthquake engineering research. You are so famous by your initiatives in the development of performance-based earthquake engineering. At the same time, we remember your brilliant experimental research in the early days of your academic career. Your insightful assessments of the pros and cons of various experimental methods, notably addressing issues such as the effect of a specimen’s size, the effect of rate-of-loading, the effect of redundancy, among others, were both deeply original and timely. Indeed, your vision and guidance on the values of respective experimental methods played a pivotal role in the decision-making for many facilities installed in 1980s and 1990s in various parts of the world.

To summarize, all Japanese who knew Helmut will remember you, and many of us treasure fond and happy recollections of inspiring professional and social interactions with you. Once again, thank you so much for all, and Sayonara, Helmut.

一般社団法人 日本地震工学会 第3回社員総会ならびに講演会・贈呈式報告

渡壁 守正／永野 正行

●戸田建設

●東京理科大学

日本地震工学会の第3回社員総会および講演会・贈呈式が平成24年5月24日（木）13時30分から19時00分、建築会館ホール（東京都港区）において開催された。また、総会終了後、建築会館ホールホワイエにて懇親会が催され、会員相互の懇親が図られた。その概要を報告する。

【I】講演会ならびに贈呈式（13時30分～15時25分）

社員総会議案に先立ち、基調講演、平成23年度各賞の贈呈式および記念講演が行われた。司会は事業担当理事・木全宏之が担当した。

1. 基調講演

「今後懸念される巨大地震」と題して、東京大学名誉教授の阿部勝征先生が講演された（講演概要は本会誌の「平成24年度日本地震工学会総会・特別講演」を参照）。

2. 平成23年度功績賞、功労賞、感謝状の贈呈式

受賞者は以下のとおりである。

功績賞：正会員・武村雅之、法人会員・独立行政法人防災科学技術研究所

功労賞：正会員・中村孝明、鹿島俊英、盛川 仁

感謝状：法人会員・東京電力株式会社、東北電力株式会社、中部電力株式会社、日本原子力発電株式会社

3. スペシャルアドバイザー委嘱式

委嘱対象者は以下のとおりである。

名誉会員：小谷俊介、後藤洋三

正会員：瀬尾 和大、岩楯 敏広、田蔵 隆、北浦 勝、小川 雄二郎、泉 博允、佐伯 光昭、中山 学、中田 慎介、尾上 篤生

4. 論文賞および論文奨励賞の贈呈式および記念講演

論文賞および論文奨励賞の贈呈式・記念講演が執り行われた。司会は学術担当理事・高橋 徹が担当した。受賞者、論文名は以下の通りである。

論文賞：（正会員）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、「確率論的地震動予測地図の検証」

論文奨励賞：（正会員）秦 吉弥、「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」（正会員）西川 隼人、「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」

功績賞、論文賞、功労賞の3賞は、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」に基づき、新たに創設された。さらに、理事会による審議を経て、強震データの提供により地震工学の発展に寄与された4社の法人会員に、「感謝状」の贈呈が行われた。以下に受賞内容を示す。

(1) 平成23年度日本地震工学会功績賞

◆功績賞

1. 大正12年関東大震災に関する被災調査研究等による地震工学および地震防災の進歩と発展に対する貢献

武村雅之（名古屋大学）

■受賞理由：地震学・地震工学が専門で、震災から国民を守るためには過去の教訓を知ってそれを後世にしっかりと伝えることが重要であるとの考えに基づき、歴史資料や体験記録などをもとに歴史地震の揺れと災害現象の解明に精力的に取り組んできた。特に、四半世紀にも及んでいる関東大震災に関する一連の調査研究では、強震動の観点から、震源過程、揺れの詳細な地域分布の推定を行うとともに、揺れの違いが建物や人々の被災状況に及ぼした影響についても明らかにした。これまで定説となっていた被害統計データを見直した結果は、今後の地震防災対策を検討する上での重要な基礎情報となっている。そして、これらの研究成果を本会も含めて地震防災関連の理学系・工学系の各種学会に多数発表し、本会の大きな役割の一つである関連学協会との連携強化にも大きく貢献している。また、わかりやすく解説した本を多数執筆し、市民レベルへの啓蒙活動も精力的に行っている。本会においては、2002



写真1 功績賞（武村氏）

年から2年間は理事、2005年から2年間は監事、そして2008年から2年間は副会長として本会の運営に貢献されるとともに、2002年から現在に至るまで本会メールニュースの巻頭言の執筆を継続して行い、本会会員の活動に大きく貢献している。

以上の永年にわたる精力的な活動と多大なる成果に対して、功績賞を贈呈するものである。

2. 地震観測網の整備と強震観測データの公開による地震工学および地震防災の進歩と発展に対する貢献

(独) 防災科学技術研究所

■受賞理由：わが国では、現在、数千点で地震観測が行われており、地震発生後早期に強震記録が公開されている。これらのデータは、地震工学研究だけでなく、地震被害の早期評価、避難、応急復旧などの防災実務でも非常に有益な情報源となっている。

防災科学技術研究所による地震観測網〔強震観測網(K-NET、KiK-net)、高感度地震観測網(Hi-net)、広帯域地震観測網(F-net)〕はこうした全国における地震観測とその早期公開の先鞭をつけたものである。

この内、強震観測網(K-NET、KiK-net)については、観測点の詳細な情報、検索機能、ユーティリティプログラム、表層のPS検層や土質調査の結果などもインターネット経由で公開されており、この先進的な試みは、その後の強震観測のあり方に大きな影響を及ぼし、多くの機関でも強震記録を公開し始め、地震工学研究が大いに活性化されることとなった。運用開始から15年以上が経過しているが、その間、様々な地震で貴重な強震動記録を提供してきた。それらのいくつかは、その後の地震工学研究の進展に大きな影響を及ぼした。震源過程のモデル化、1Gを超える大加速度記録の成因解明、長周期地震動評価、液状化を含めた地盤の非線形増幅メカニズムの解明、構造物被害の原因の究明など、強震動記録に基づく研究成果は数限りない。さらに、得られた強震動記録は、耐震設計実務での構造物の動的設計でも活用されている。2011年に発生した東北地方太平洋沖地震においても、K-NETによる強震動記録は非常に有益であり、様々な地震現象の理解と地震被害原因の解明に寄与した。

以上のように、防災科学技術研究所の地震観測網の整備と強震観測データの公開は、地震工学研究の発展に顕著な功績があると認められ、防災科学技術研究所関係者の不断の努力と熱意に敬意を表し、功績賞を贈呈するものである。

(2) 平成23年度日本地震工学会受賞者功労賞

◆功労賞

1. 盛川 仁(東京工業大学)

■受賞理由：2004年より2012年3月までの長年にわたり、本会電子広報委員会委員として、ウェブサーバーシステムの維持・管理に尽力し、本学会の発展と事業の推進に対して貢献

2. 中村孝明(篠塚研究所)

■受賞理由：2009年6月～2011年5月において、本会の総務担当理事として、理事会の企画・運営全般を行うとともに、本学会の発展と事業の推進に対して貢献

3. 鹿嶋俊英(建築研究所)

■受賞理由：2010年6月～2012年5月において、本会の情報担当理事として、ウェブサーバーの更新に尽力し、本学会の発展と事業の推進に対して貢献

(3) 平成23年度日本地震工学会感謝状

1. 東京電力株式会社：平成23年東北地方太平洋沖地震他で観測された強震記録の提供
2. 東北電力株式会社：平成23年東北地方太平洋沖地震で観測された強震記録の提供
3. 中部電力株式会社：平成21年駿河湾の地震で観測された強震記録の提供
4. 日本原子力発電株式会社：平成23年東北地方太平洋沖地震で観測された強震記録の提供

(4) 平成23年度日本地震工学会論文賞

◆論文賞

確率論的地震動予測地図の検証(日本地震工学会論文集第11巻第4号、2011年11月掲載)

石川 裕(清水建設 技術研究所)

奥村俊彦(清水建設 技術研究所)

藤川 智(清水建設 技術研究所)

宮腰淳一(清水建設 技術研究所)

藤原広行(独立行政法人防災科学技術研究所)

森川信之(独立行政法人防災科学技術研究所)

能島暢呂(岐阜大学)



写真2 論文賞(石川氏、ほか6名)

【II】 第3回社員総会 (15時35分～ 18時05分)

1. 総社員総数：1,256名
2. 出席社員数：704名
3. 出席代表理事(会長)：川島一彦
出席理事(平成23年度)
川島一彦、運上茂樹、若松加寿江、芳村 学、澤本佳和、矢部正明、東 貞成、大谷章仁、佐藤俊明、渡壁守正、高橋 徹、鹿嶋俊英、木全宏之、永野正行
出席監事：河村壮一
出席理事(平成24年度)
当麻純一、福喜多 輝、矢代晴実、富田孝史、松田 隆、田村敬一
4. 議長／代表理事(会長)：川島一彦
5. 議事録作成：理事・渡壁守正、理事・永野正行

1)議長選任の経過

定刻に至り司会者、理事・澤本佳和は開会を宣し、平成24年度第3回社員総会は一般社団法人日本地震工学会定款第3章第14条～第18条により、定足数を満たしたので有効に成立する旨を告げた。また、議長については定款第17条により代表理事・川島一彦会長が



写真3 川島会長の挨拶

あたることを宣言した。続いて川島一彦議長(以下、議長)から挨拶の後、議案の審議に入った。

2)議事経過

議長のもと以下の議案に基づき審議が行なわれた。

第3回社員総会 議案

第1号議案 平成23年度事業報告

議長は、第1号議案について理事・澤本佳和に内容を説明させた後、議長はこれを議場に諮ったところ、満場異議なく議決した。

第2号議案 平成23年度収支決算報告・平成23年度監査報告

議長は、第2号議案について理事・東 貞成に内容を説明させた後、続いて監事・河村壮一から会計に関する書類は、綿密に調査したところ、法令に照らしいずれも妥当であることを認めた旨の報告がされた。議長はこれを議場に諮ったところ、満場異議なく議決した。

第3号議案 平成24年度理事の選任

議長は、第3号議案について内容を説明した後、これを議場に諮ったところ、以下の理事、監事の選任について満場異議なく議決した。

- 理事 加藤研一(小堀鐸二研究所)
- 理事 清野純史(京都大学)
- 理事 田村敬一(土木研究所)
- 理事 当麻純一(電力中央研究所)
- 理事 富田孝史(港湾空港技術研究所)
- 理事 福喜多輝(清水建設 技術研究所)
- 理事 松田 隆(大林組 技術研究所)
- 理事 矢代晴実(東京海上日動RC)

任期：平成24年5月24日～平成26年5月31日

これによって、理事・運上茂樹、澤本佳和、東 貞成、佐藤俊明、鹿嶋俊英、木全宏之、山中浩明、庄司 学は任期満了により退任となることの報告がなされた。(就任期日：平成22年5月20日から退任期日：平成24年5月24日)

議長より平成24年度理事会構成が成立した旨報告がなされた。

第4号議案 平成24年度選挙管理委員会委員の選任

議長は、第4号議案について内容を説明した後、議場に諮ったところ、以下の選挙管理委員会委員選任を満場異議なく議決した。

- 正会員 岡野 創(小堀鐸二研究所)
- 正会員 佐藤俊明(清水建設 技術研究所)
- 正会員 渡壁守正(戸田建設 技術研究所)
- 正会員 渡辺和明(大成建設)

第5号議案 平成24年度役員候補推薦委員会委員の選任

議長は、第5号議案について内容を説明した後、議場に諮ったところ、以下の選挙管理委員会委員選任を満場異議なく議決した。

- 正会員 新井 洋(国土交通省国土技術政策総合研究所)
- 正会員 川口 淳(三重大学)
- 正会員 坂田弘安(東京工業大学)
- 正会員 澤本佳和(鹿島建設 技術研究所)
- 正会員 田蔵 隆(富山県立大学)
- 正会員 野畑有秀(大林組 技術研究所)
- 正会員 佐藤 健(東北大学)
- 正会員 幸左賢二(九州工業大学)
- 正会員 高田 一(横浜国立大学)
- 正会員 矢部正明(長大)

第6号議案 平成24年度事業計画

議長は、第6号議案について理事・矢部 正明に内容を説明させた後、議長はこれを議場に諮ったところ、以下の質疑応答があった。

質問：平成24年度事業計画で説明された「地震災害対応委員会」と「3学会地震被害調査連絡会」の違い、および「国際化対応委員会」と「国際委員会」の役割分担の違いがよく分からない。

議長：「地震災害対応委員会」は学会内部での組織として活動、「3学会地震被害調査連絡会」は、他学会との連携組織としての活動である。「国際化対応委員会」では全体方針を打ち出し、「国際委員会」では16回世界地震工学会議誘致活動や海外への情報発信を見据えた英文WEBページの準備など、より具体的な作業を進める。

質問：JAEEとIAEEとの関係はどうなっているのか。

議長：日本にIAEE事務局を置くメリット、サポート体制、明確な位置づけなど議論していきたいと考えている。

これらの質疑応答の後、満場異議なく議決した。

第7号議案 平成24年度収支予算

議長は、第7号議案について理事・大谷章仁に内容を説明させた後、議長はこれを議場に諮ったところ、会場から以下の質問があった。

質問：第8号議案の公益社団法人への移行を踏まえた収支予算であれば、第8号議案を先に議決すべきではないか。

これを受け議長は、第7号議案の議決前に、第8号議案について理事・矢部 正明に内容を説明させることとした。第8号議案の議決後、再び第7号議案を議場に諮ったところ、以下の質疑応答があった。

質問：企画事業費用支出が昨年度と比べて厳しい、基本的な考え方は個々の事業収支バランスさせた計画となっていると考えてよいか。

理事・大谷章仁：その通りである。

以上の質疑を受けたのち、議長はこれを議場に諮ったところ、満場異議なく議決した。

第8号議案 公益社団法人への移行について

議長は、第8号議案について理事・澤本佳和に内容を説明させた後、これを議場に諮ったところ、以下の質疑応答があった。

質問：公益社団法人への移行によって会計監査が厳しくなり事務負担が増大することになるのではないか。

鳴原事務局長：現在も公益社団法人と同等の監査を受けているので、多少の変更はあるが、比較的スムーズに移行できると考えている。

以上の質疑を受けた後、議長はこれを議場に諮ったところ、満場異議なく議決した。

第9号議案 名誉会員の推挙

議長は、第9号議案について内容を説明した後、これを議場に諮ったところ、以下の2012年新名誉会員の推挙

が満場異議なく議決した。

2012年新名誉会員 工藤一嘉氏、大町達夫氏、濱田政則氏 以上3名。

その後、若松副会長により名誉会員の推挙式が執り行われた。

3)「東日本大震災を受けての日本地震工学会の提言」

正会員・東畑郁夫を委員長とする広域・システム災害対応特別委員会で検討を行ってきた提言「地震被害の軽減と復興に向けた提言－東日本大震災を受けて－(案)」が発表された。これに関し、以下の質疑応答があった。

質問：マスコミとの信頼を築くことは、地震工学の広報として非常に重要なことであり、意見交換会などの積極的な活動を考えるべきではないか。

議長：学会活動の広報の一環として、記者との懇談会などマスコミへの情報提供や情報交換をより積極的に行っていきたい。

質問：国内、国際的な経済状況に言及していただきたい。産業、企業に向けての提言も必要ではないか。

東畑委員長：日本の技術レベルの高さをアピールし、海外からの国内誘致を検討している企業に安全・安心を発信できるような提言を盛り込みたい。

議長：会社も広い意味で国民である。防災を産業として取り組むことも重要である。ぜひ提案の原案づくりに協力いただきたい。

質問：防災教育に関する提言も明記すべきではないか。

東畑委員長：学校教育のみならず、家庭内での防災教育をも視野に入れた提言としたい。

質問：国と地方自治体は必ずしも同じではない。地方自治体に対しては国への提言とは違う表現にならないか。

東畑委員長、議長：行政といった表現もありうるが、何でもかんでも行政という表現が必ずしも良いというものではない。

質問：東日本大震災の教訓を基に海外向けの提言があってもよいのではないか。

東畑委員長：現在計画している報告書の英文化、発展途上国へ向け、地震国向けの提言もありうると考えている。

現状の提言は案であり、会場から頂いた意見を提言に適切に反映することを条件に東畑委員長に一任頂くことが議長より提案され、満場異議なく議決した。

以上ですべての議案の審議を終了し、18時05分に平成24年度一般社団法人日本地震工学会第3回社員総会を閉会した。

■ 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年度～)

委員長 神戸大学 鎌田 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を検討することを目的に立ち上げた委員会である。

2012年5月に本年度1回目の委員会が神戸で開催された。福島県いわき市水道・下水道のライフライン事業者の協力の下、管路網と被害箇所GISデータベース化が順調に進んでいることが確認された。8月には、いわき市で委員会ならびに、市との共同研究に向けた打合せを行う予定である。また、委員が個々の研究活動でいわき市以外の市町データベース化を行っているものについては、今後の共有方法について方針を立てる予定である。

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

改訂予定の建築物荷重指針に津波荷重の項を新たに設けることを目的として、建築学会荷重運営委員会の下に津波荷重WGの設置が進められており、本研究委員会委員はこのWGに委員やオブザーバとして参加し、建築物に対する津波対策の指針作りに貢献することとした。

鉄筋コンクリート造建物へ作用する津波流体力に関する大・小規模の水路実験を実施することとした。また、海岸林の津波減勢効果をより正確に評価することを目的として、日本の海岸林の代表樹種である黒松を対象に倒伏、抜根と折損の条件に関する現地試験を岩手県で実施した。

本年度の第1回研究委員会を8月下旬に東京で開催し、前述のWGと大規模水路実験結果について議論することとした。

さらに、6月初旬に1771年八重山地震津波で被災した沖縄県石垣島の津波対策と津波石の視察を行った。

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

本研究会では、表層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(ESG)を検討することを目的として研究委員会活動を行っている。昨年度の4回の研究会において、最新の研究動向の議論、関連研究の紹介、年次大会でのオーガナイズドセッション提案などを行ってきた。今年度も、昨年度と同様に4回程度の研究会を開催し、年次大会でのセッション提案、国内WSの実施、国際WSの開催準備(来年度を予定)などの活動を実施する予定である。研究会は会員に対して公開しているため、参加したい場合には委員長もしくは幹事までご連絡ください。

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

本年3月号にこれまでの経緯を記載したように、3カ月に一度研究会を開催し、各委員からの話題提供および第3回目からは外部講師による話題提供を行っている。第3回目は岐阜大学の能島暢呂教授から「ライフライン等の地震復旧」について、第4回目はJAXAの宇治野功氏から「ロケット打ち上げにおける信頼性」について、第5回目は神奈川県安全防災局の山口良則氏から「高圧ガス施設の耐震基準等」について、それぞれ、これまでの経緯や現状、基本的な考え方などについてお話を伺った。第6回目は、最終年度を迎えて、研究会の成果報告書の内容および成果報告会の実施などについて意見交換を行った。報告書の章立てとしては、産業施設の現状の耐震評価や地震被害についての調査、システム信頼性等を含めたシステム機能評価手法の調査、システムの目標耐震性能を満たす設計法、評価法、とする予定である。



行事

本会主催・共催による行事

2012年1月1日～6月26日 (理事会承認)

日程	行事名	
2012年2月3日	第2回震災予防講演会開催	主催
2012年2月2日～3日	第16回震災対策技術展・本会展示開催	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	共催
2012年3月2日～3日	東日本大震災国際シンポジウム開催 (6学会共催)	共催
2012年3月7日～9日	理論応用力学講演会 (第61回)	共催

後援・協賛による行事

2012年1月1日～6月26日 (理事会承認)

2012年1月12日	地震防災フォーラム	後援
2012年2月2日	第16回震災対策技術展 (横浜)	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1日～2日	シンポジウム東日本大震災からの教訓、これからの新しい国づくり	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
2012年4月24日	地盤工学会主催シンポジウム東日本大震災に関するシンポジウム	後援
2012年6月7日～8日	第6回「地域防災防犯展」大阪	後援
2012年6月20日	NPO国境なき技師団 第7回定例セミナー	後援
2012年7月5日～6日	安全工学シンポジウム2012	協賛
2012年7月25日～27日	日本保全学会「第9回学術講演会」	協賛
2012年7月31日	シンポジウム「増大する地振動レベルと今後の耐震設計」	後援
2012年9月22日～23日	2012年度計算力学技術者 (CAE技術者) 資格認定事業	協賛
2012年11月12日～14日	日本保全学会「第1回 I C M S T 国際会議」	協賛



会員・役員・委員会の状況

(1) 会員の異動

会員種別	2011年12月22日 会員数	2011年12月から2012年6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	
名誉会員	21								21
正会員	1126	29	9	-2	-43		1	-6	1120
学生会員	133	1	-9		-10			-18	115
法人会員	89	1			-3			-2	87

(2012年6月26日理事会承認)

新入会者 (2012年1月～6月)

正会員：高瀬 裕也 (飛鳥建設(株))
 林元 直樹 (気象研究所)
 石川 敬祐 (東京電機大学)
 高田 和幸 (東京電機大学)
 山中 稔 (香川大学)
 飯塚 正義 ((社)プレハブ建築協会)
 新谷 篤彦 (大阪府立大学)
 石垣 昌邦 ((株)四電技術コンサルタント)
 中田 芳貴 (中電技術コンサルタント(株))
 大島 快仁 ((株)地震工学研究所)
 小杉敬太郎 (小杉建築設計事務所)
 柳崎 尚輝 (日本大学)
 八十島 章 (筑波大学)
 磯打千雅子 (香川大学)
 宮久保亮一 ((株)石本建築事務所)

石田 琢志 (戸田建設株式会社)
 幸左 賢二 (九州工業大学)
 坂井 康伸 (清水建設株式会社)
 山浦 晋弘 (株式会社安井建築設計事務所)
 新田貴太男 (有限会社新田建築工学研究所)
 北野 哲司 (名古屋大学)
 甲斐 芳郎 (高知工科大学)
 荒木 康弘 (建築研究所)
 松田 隆 ((株)大林組)
 杉野 英治 ((独)原子力安全基盤機構)
 富田 孝史 ((独)港湾空港技術研究所)
 上田 英明 (青木あすなろ建設株式会社)
 蛭沢 勝三 ((独)原子力安全基盤機構)
 内山 泰生 (大成建設(株)技術センター)

学生会員：谷口 惺 (京都大学)

法人会員：大阪ガス株式会社

(2) 名誉会員 (平成24年7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 明徳
 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・コンサルタント)
 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
 中央復建コンサルタンツ株式会社
 株式会社東大
 株式会社東京建築研究所
 株式会社東電設計
 株式会社ニュージェック
 (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
 一般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
 一般財団法人電力中央研究所
 一般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
 株式会社問組
 (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
 ジュ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
 株式会社篠塚研究所
 株式会社タ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
 大阪ガス株式会社
 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
 一般社団法人日本クレーン協会
 一般社団法人日本建築構造技術者協会
 一般財団法人日本建築設備・昇降機センター
 一般財団法人日本建築総合試験所
 一般社団法人日本免震構造協会

一般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)
 株式会社アーキ情報システム
 伊藤忠テクノソリューションズ
 クボタシーアイ株式会社
 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24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	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
副会長	*当麻 純一	一般財団法人電力中央研究所知的財産センター所長
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)	*福喜多 輝	清水建設(株) 技術研究所安全安心技術センター主任研究員
理事(総務会計)	大谷 章仁	(株)IHI 原子力セクター原子力保守技術部 設計グループ主幹
理事(会計)	*矢代 晴実	東京海上日動リスクコンサルティング(株)リスクモデリンググループリーダー
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(会員)	*加藤 研一	(株)小堀鐸二研究所地震地盤研究部統括部長
理事(学術)	中埜 良昭	東京大学生産技術研究所所長(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)	*富田 孝史	(独)港湾空港技術研究所アジア・太平洋沿岸防災研究センター副センター長
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)	*松田 隆	(株)大林組技術本部技術研究所副所長
理事(事業)	五十田 博	信州大学工学部建築学科 教授
理事(事業)	*清野 純史	京都大学大学院工学研究科都市社会学専攻 教授
理事(調査研究)	*田村 敬一	(独)土木研究所構造物メンテナンス研究センター耐震統括研究監
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主宰
監事	翠川 三郎	東京工業大学大学院 教授

* 印：平成24年6月1日～平成26年5月31日 無印：平成23年6月1日～平成25年5月31日 理事19名 監事2名

(5) 平成24年度委員会および委員長一覧

平成24年7月1日現在

将来構想委員会	委員長	当麻純一	副会長・電力中央研究所
地震災害対応委員会	委員長	当麻純一	副会長・電力中央研究所
3学会地震被害調査連絡会	担当	当麻純一	副会長・電力中央研究所
研究統括委員会	委員長	若松加寿江	副会長・関東学院大学
・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
・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	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
・原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会	委員長	亀田弘行	京都大学名誉教授
・津波等の突発大災害からの避難の課題と対策に関する研究委員会	委員長	後藤洋三	東京大学地震研究所
論文集編集委員会	委員長	高橋 徹	理事・千葉大学
論文集特集号編集委員会	委員長	永野正行	理事・東京理科大学
事業企画委員会	委員長	松田 隆	理事・大林組技術研究所
講演企画部会	部会長	武村雅之	名古屋大学
日本地震工学会大会実行委員会(2012)	委員長	五十田博	理事・信州大学
電子広報委員会	委員長	富田孝史	理事・港湾空港技術研究所
会誌編集委員会	委員長	斉藤大樹	理事・建築研究所
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
功績賞選考委員会	委員長	川島一彦	会長・東京工業大学
論文賞選考委員会	委員長	若松加寿江	副会長・関東学院大学
選挙管理委員会	委員長	渡壁守正	理事・戸田建設技術研究所
役員候補者推薦委員会	委員長	矢部正明	理事・長大
公益社団法人化推進委員会	委員長	当麻純一	副会長・電力中央研究所
16WCEE誘致委員会	委員長	川島一彦	会長・東京工業大学
東日本大震災合同報告書作成委員会	委員長	本田利器	東京大学
・地震・地震動編 報告書作成委員会	委員長	平野光将	東京都市大学
・原子力発電所の被害と復旧編 報告書作成委員会	委員長	川島一彦	会長・東京工業大学
・英文報告書作成委員会			



会務報告

(平成24年1月1日～6月30日現在)

1月 6日(金)	・事務所仕事始め
1月10日(火)	・2012年度大会会場代々木青少年センター会議室予約
1月16日(月)	・ JAEE NEWS No.245 配信 ・会誌編集委員会開催 齊藤理事・委員長他(於 建築会館307会議室 16時00分～18時00分)
1月18日(水)	・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)、運上委員(本会副会長) 関連学会実行部会委員(於 専売ビル8階会議室 18時00分～21時00分)
1月27日(金)	・広域・システム災害対応特別調査研究委員会開催 東畑委員長他(於 建築会館304会議室 14時00分～16時00分)
1月31日(火)	・ JAEE NEWS臨時 (日本地震工学会表彰規定等の充実について)
2月 1日(水)	・ JAEE NEWS No.246 配信
2月 2日(木)	・第16回震災対策技術展開催 式典、開会挨拶 若松副会長、木全理事出席、嶋原事務局長(横浜コンベンションホール) ・第16回震災対策技術展展示出展 企画:事業企画委員会 砂田事業企画委員会幹事、洞委員担当(会期:2月2日～3日)
2月 3日(金)	・東日本大震災国際シンポジウム実行部会(第6回)開催 川島委員長(本会会長)、若松委員(本会副会長)、運上委員(本会副会長) 関連学会実行部会委員(於 建築会館305会議室 18時30分～21時30分) ・第2回震災予防講演会開催 企画:事業企画委員会開催 開会挨拶、川島会長、趣旨説明、木全理事他事業企画委員会委員 会場:パシフィコ横浜・アネックスホール2階203会場 司会 磯打千雅子(講演企画部会・日本ミケーゼ) 開会挨拶 川島一彦(日本地震工学会会長・東京工業大学) “ふりかえり”の重要性:東日本大震災と関東大震災 武村雅之(小堀鐸二研究所) 「東京湾における津波の経験と予測:今後の津波対策に向けて」 柴山知也(早稲田大学理工学術院) 「横浜の関東大震災—その時、市民は?」吉田律人(横浜市史資料室) 参加者:200名
2月 7日(火)	・会計税理士監査(浦井税務会計事務所)12月、01月 定期監査実施(於 本会事務所 10時00分～17時00分)
2月16日(月)	・ JAEE NEWS No.247 配信
2月20日(月)	・東日本大震災国際シンポジウム実行部会(第6回)開催 川島委員長(本会会長)、若松委員(本会副会長)、運上委員(本会副会長) 関連学会実行部会委員(於 カンファレンスB1会議室 13時00分～15時20分)
2月21日(火)	・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 開会挨拶、川島会長、亀田弘行委員長他講師10名(於 建築会館ホール 9時00分～17時00分)参加者190名 ・事業企画委員会開催 木全理事・委員長他(於 建築会館304会議室 10時00分～12時00分)
2月27日(月)	・公益法人認定に関するヒアリング(公益)日本地震学会との開催 澤本総務理事、矢部総務理事、東会計理事、大谷会計理事、嶋原事務局長、日本地震学会理事、古村東大地震研究所教授、工藤事務局長(於 東京大学地震研究所会議室 15時30分～17時00分)
2月27日(月)	・会誌編集委員会開催 齊藤理事・委員長他(於 建築会館308会議室 16時00分～18時00分)
3月 1日(水)	・東日本大震災国際シンポジウム実行部会(第7回)開催 川島委員長(本会会長)、若松委員(本会副会長)、運上委員(本会副会長) 関連学会実行部会委員(於 専売会館8階会議室 18時00分～20時10分)
3月 4日(日)	・ JAEE NEWS No.248 配信
3月 5日(月)	・東日本大震災国際シンポジウム開催(6学会主催) 川島実行委員長(本会会長)他主催学会代表委員(於 建築会館ホール、会議室、専売会館ホール、会議室 9時00分～20時30分)
3月 8日(水)	・16WCEE打ち合わせ 川島会長、運上副会長、芳村副会長若松副会長、嶋原事務局長他(於 建築会館303会議室 10時00分～12時00分)
3月 8日(水)	・第13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 17時00分～20時00分)予定
3月12日(月)	・第13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 17時00分～21時30分)
3月12日(月)	・Web打合せ 矢部理事、鹿嶋理事、澤本理事、東理事、大谷理事、嶋原事務局長、業務委託業者(於 建築会館304会議室 10時00分～12時30分)
3月14日(水)	・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306会議室 15時00分～17時00分)
3月15日(木)	・ JAEE NEWS No.249 配信
3月16日(金)	・会誌編集委員会開催 齊藤理事・委員長他(於 建築会館307会議室 10時00分～12時00分)
3月22日(木)	・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 専売会館8階会議室 13時00分～17時00分)
3月22日(木)	・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)
3月23日(金)	・16WCEE関係者打ち合わせ 川島会長、運上副会長、若松副課長、芳村副会長、嶋原事務局長、日本コンベンション(株)(於 建築会館306会議室 10時00分～12時30分)
3月28日(水)	・会計部会・総務部会合同開催 平成23年度決算案・平成24年度予算案審議 東会計理事、大谷会計理事、澤本総務理事、矢部総務理事、嶋原事務局長(於 建築会館304会議室 14時00分～17時30分)
3月28日(水)	・東日本大震災国際シンポジウム実行部会(第8回)開催 川島委員長(本会会長)、若松委員(本会副会長)、運上委員(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00分～19時30分)
3月29日(木)	・7学会(第2回)東日本大震災合同調査報告書編集委員会開催 和田章委員長、川島本会会長他各関連学会代表委員(於 建築会館201会議室 10時00分～12時30分)
3月30日(金)	・論文賞選考委員会開催 若松副委員長・委員長他関係理事(於 専売会館8階会議室 16時00分～18時00分)
3月31日(土)	・～14時00分会計税理士監査(浦井税務会計事務所)2月定期監査実施(於 本会事務所 10時00分)
4月 2日(月)	・サーバー切り替え作業実施他 ・ JAEE NEWS No.250 配信

4月 3日(火)	・日本学術会議・東日本大震災の総合対応に関する24学協会連絡会開催 鳴原事務局長（日本学術会議6階6C会議室 10時00分～12時00分）
4月 5日(木)	・拡大正副会長会議開催 川島会長、運上副会長、芳村副会長、若松副会長、澤本、矢部総務理事、東、大谷会計理事（於 建築会館305会議室 17時00分～19時30分）
4月 6日(金)	・平成23年度日本地震工学会「論文賞受賞候補者」メール審議発信
4月 9日(月)	・日本地震工学会提言に関する打ち合わせ 川島会長、東畑委員長他関係理事（於 建築会館305会議室 10時00分～12時30分）
4月11日(水)	・平成23年度日本地震工学会論文賞受賞者メール審議承認
4月16日(月)	・拡大正副会長会議開催 川島会長、運上副会長、若松副会長、澤本、矢部総務理事、東、大谷会計理事（於 東京工業大学1号館会議室 16時00分～21時30分）
4月17日(火)	・JAEE NEWS No.251 配信
4月25日(水)	・会誌編集委員会開催 齊藤理事・委員長他（於 専売会館8階会議室 17時00分～19時00分）
4月26日(木)	・事業企画委員会開催 木全理事・委員長他（於 清水建設技術研究所31号会議室 13時30分～17時00分）同清水建設技術研究所見学会実施
4月27日(金)	・第1回16WCEE誘致委員会開催 川島会長（本会幹事学会）他関係理事及び各団体関係委員（於 建築会館305会議室 10時00分～12時30分）
5月 1日(火)	・平成23年度監事監査会開催 河村監事、翠川監事、東会計理事、大谷会計理事、澤本総務理事、矢部総務理事、鳴原事務局長（於 建築会館301会議室 16時00分～17時30分）
5月 2日(水)	・7学会（第3回）東日本大震災合同調査報告書編集委員会開催 和田章委員長、川島本会会長他各関連学会代表委員（於 日本機械学会会議室 10時00分～12時30分）
5月 2日(水)	・JAEE NEWS No.252 配信
5月10日(木)	・JAEE 臨時NEWS 配信（オンラインによる会員登録情報の更新開始お願い）
5月14日(月)	・第14回理事会開催第 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308会議室 17時00分～20時00分）予定
5月15日(火)	・第14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308会議室 17時00分～23時00分）
5月17日(木)	・16WCEE誘致委員会（第2回）開催 川島会長 他関係学会委員（於 建築会館307会議室 17時30分～19時30分）
5月21日(月)	・一般社団法人日本地震工学会第3回定時社員総会ならびに講演会（通知）
5月22日(火)	・日本地震工学会提言打合せ 川島会長、東畑委員長 他関係委員（於 建築会館307会議室 17時00分～19時30分）
5月24日(木)	・JAEE NEWS No.253 配信
5月28日(月)	・日本地震工学会提言「地震被害の軽減と復興に向けた提言—東日本大震災を受けて—」メール審議発信
5月29日(火)	・日本地震工学会提言「地震被害の軽減と復興に向けた提言—東日本大震災を受けて—」メール審議承認(河村監事、翠川監事)
5月30日(水)	・平成23年度決算書類、税務計算書類、法人税申告業務について説明及び報告 涌井税務会計事務所 涌井茂氏、鳴原事務局長（於 本会事務所 13時00分～15時00分）
6月 1日(金)	・一般社団法人日本地震工学会 第3回社員総会ならびに講演会 （社員総会ならびに講演会の概要は本会誌の「一般社団法人 日本地震工学会 第3回社員総会ならびに講演会・贈呈式報告」を参照）
6月 5日(火)	・本会業務委託に関する説明及び報告、松原亜由美氏と面談、矢部総務理事、鹿嶋理事、鳴原事務局長（於 つくば市内 10時00分～11時20分）
6月 8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 建築会館306会議室 15時00分～17時00分）
6月11日(月)	・15WCEE寄付に関するメール審議発信
6月12日(火)	・15WCEE寄付に関するメール審議承認（河村監事、翠川監事）
6月13日(水)	・JAEE NEWS No.254 配信
6月14日(木)	・総務理事打合せ 矢部理事、福喜多理事、鳴原事務局長（於 本会事務所 17時00分～19時00分）
6月15日(金)	・日本地震工学会、「原子力施設の被害編（仮称）」の編集委員会立上げによる打合せ 川島会長、若松副会長、亀田弘行（本会、前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）和田章（日本建築学会会長）日本原子学会より高田毅士（東京大学）、野村進吾（原子力安全基盤機構）、蛭沢勝三（原子力安全基盤機構）、平野光将（東京都市大学）、
6月16日(土)	・16WCEE誘致委員会幹事打合せ 笠井委員 他関係委員（於 工学院大学久田研究室16時00分～18時00分）
6月17日(日)	・東日本大震災合同震災報告書編集委員会（第4回）開催 川島会長、若松副会長、他各学会関係委員（於 日本都市計画学会会議室 14時00分～17時00分）
6月18日(月)	第4号議案 平成24年度選挙管理委員会委員の選任
6月19日(火)	第5号議案 平成24年度役員候補推薦委員会委員の選任
6月20日(水)	第6号議案 平成24年度事業計画
6月21日(木)	第7号議案 平成24年度収支予算
6月22日(金)	第8号議案 公益社団法人への移行について
6月23日(土)	第9号議案 名誉会員の推挙
6月24日(日)	4.名誉会員推挙式
6月25日(月)	5.「東日本大震災を受けての日本地震工学会の提言」発表
6月26日(火)	■懇親会（17：40～19：00）
6月27日(水)	・16WCEE誘致委員会（第3回）開催 川島会長 他関係学会委員（於 建築会館307会議室 18時00分～21時00分）
6月28日(木)	・電子広報委員会（第1回）開催 富田理事・委員長、他委員 矢部理事（於 建築会館3 5会議室 13時00分～15時00分）
6月29日(金)	・会計税理士監査（涌井税務会計事務所）4.5月定期監査実施（於 本会事務所 11時00分～16時00分）
6月30日(土)	・会誌編集委員会開催 齊藤理事・委員長他（於 専売会館8階会議室 16時30分～18時30分）
7月 1日(日)	・選挙管理委員会開催 渡壁理事、矢部理事 他委員（於 専売会館8階会議室 14時00分～16時00分）
7月 2日(月)	・論文編集委員会開催 高橋理事・委員長、若松副会長、永野理事 他委員（於 専売会館8階会議室 16時00分～18時00分）
7月 3日(火)	・研究統括委員会メール審議（新規研究委員会企画書2件の審議・承認）
7月 4日(水)	・事業企画委員会開催（第1回） 松田理事・委員長 他委員（於 建築会館307会議室 14時00分～16時00分）
7月 5日(木)	・第15回理事会開催第 川島会長、芳村副会長、若松副会長、当麻副会長 他理事（於 建築会館34会議室 17時00分～20時00分）予定



論文集目次

日本地震工学会論文集 第12巻 第1号・第2号

Journal of Japan Association for Earthquake Engineering, Vol.12, No.1-No.2

目次

第12巻 第1号

- | | | | |
|---|---|--|-------|
| 1 | 論文集編集委員会から
From Editorial Committee | 本会論文編集委員会
The Journal of JAEE Editorial
Committee | |
| 2 | 平成23年査読者一覧【五十音順】
(論文) | | |
| 3 | 木造と鉄筋コンクリート造の立面的併用構造の地震時外力分布と
その挙動
Lateral Force Distribution and Behavior of Mixed Structure of
Wood and Reinforced Concrete | 辻拓也、五十田博
Takuya TSUJI, Hiroshi ISODA | 1-19 |
| 4 | 2011年長野県北部の地震の震源近傍における高密度の地震動推
定と木造建物被害との比較
Estimation of Strong Motion and Building Damage Survey for
the 2011 Northern Nagano Earthquake | 山田真澄、山田雅行、福田由惟、ス
マイルス・クリスティン、藤野義範、
羽田浩二
YAMADA Masumi, YAMADA
Masayuki, FUKUDA Yui, SMYTH
Christine, FUJINO Yoshinori, and
HADA Koji | 20-30 |
| 5 | 地震動のエネルギー指標に基づく地震動予測結果の妥当性評価
Validation of Predicted Strong Ground Motion Based on Energy
Index of Seismic Wave | 平井俊之、澤田純男
HIRAI Toshiyuki and SAWADA
Sumio | 31-42 |
| 6 | 深部地下構造における地震動増幅特性を考慮した内陸直下地震に
対する硬質地盤上の地震動応答スペクトル予測式の簡易補正法
Estimation of Strength Degradation of Wooden Houses by Aged
Deterioration and Seismic Design Code using Fragility Curves
Classified by Age
(報告) | 糸井達哉、高田毅士
SUZUKI Tatsuya and SAKAI Yuki | 43-61 |
| 7 | 矩形クラックモデルを利用した統計的グリーン関数法による地震
動評価
Evaluation of Earthquake Ground Motion by Stochastic Green's
Function Method using Rectangular Crack Model | 引田智樹
HIKITA Tomoki | 62-79 |

第12巻 第2号

- | | | | |
|---|--|--|-------|
| 1 | 論文集編集委員会から
From Editorial Committee

(論文) | 本会論文編集委員会
The Journal of JAEE Editorial
Committee | |
| 2 | STUDY OF SOIL AMPLIFICATION BASED ON
MICROTREMOR AND SEISMIC RECORDS IN LIMA PERU | Diana CALDERON, Toru
SEKIGUCHI, Shoichi NAKAI, Zenon
AGUILAR, Fernando LAZARES | 1-20 |
| 3 | 2011年東北地方太平洋沖地震を対象としたスーパーアスペリ
ティモデルの提案
A Super Asperity Model for the 2011 Off the Pacific Coast of
Tohoku Earthquake | 野津厚
Atsushi NOZU | 21-40 |
| 4 | 長周期地震動の揺れ易さ係数の変動要因とその低減対策—関東平
野を例として—
Factors of Variability and Measures for the Shakeability of
Long-Period Ground Motion
- Kanto Basin as an Example | 湯沢 豊、南雲秀樹
Yutaka YUZAWA, Hideki
NAGUMO | 41-59 |
| 5 | サイト特性置換手法に基づく2011年長野・新潟県境地震における
柴村横倉集落での地震動の評価
Ground Motion Evaluation at Yokokura Village for the 2011
Nagano - Niigata Border Earthquake Based on the Site-effect
Substitution Method | 秦吉弥、村田晶、野津厚、宮島昌克
Yoshiya HATA, Akira MURATA,
Atsushi NOZU, Masakatsu
MIYAJIMA | 60-77 |



出版物在庫状況

刊行図書

2012.06.30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ワーク構築へ向けて」	○	¥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ワーク構築へ向けて」	○	¥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
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
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
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 (1)	○	¥2,000	¥3,000	¥2,000
2012.03.31	日本地震工学会誌No. 16 東日本大震災 特集号 (2)	○	¥2,000	¥3,000	¥2,000

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ビ「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	「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
2012.02.21	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	¥2,000

※送料は別途実費でいただきます。

強震記録データ

2012.06.30 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。 http://www.jaee.gr.jp/disaster/data-hanpu.pdf 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>（勸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"> ●大学等公共機関 ￥40,000 ●民間機関 ￥80,000
<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<改訂版></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<改訂版>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"> ●日本地震工学会 <個人会員（正会員・学生会員）>：6,000円 ●日本地震工学会<法人会員>：14,000円 ●非会員（個人利用）：10,000円 ●非会員（法人利用）：22,000円
<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"> ●日本地震工学会会員（正会員・学生会員） ：1部3,000円 ●日本地震工学会会員（法人会員）：6,000円 ●非会員（個人）：1部5,000円 ●法人（非会員）：10,000円
<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<改訂版></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"> ●日本地震工学会<（正会員・学生会員）> ：5,000円 ●日本地震工学会<法人会員>：10,000円 ●非会員（個人利用）：10,000円 ●非会員（法人利用）：20,000円
<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"> ●日本地震工学会<（正会員・学生会員）>： 5,000円 ●日本地震工学会<法人会員>：10,000円 ●非会員（個人利用）：10,000円 ●非会員（法人利用）：20,000円
<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"> ●日本地震工学会<（正会員・学生会員）> ：5,000円 ●日本地震工学会<法人会員> ：10,000円 ●非会員（個人利用）：10,000円 ●非会員（法人利用）：20,000円
<p>「南関東・福島県太平洋沿岸における岩盤の鉛直アレー観測網 「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」の本震・余震等の加速度時刻歴波形データ」</p> <p>北海道電力株式会社、東北電力株式会社、東京電力株式会社、中部電力株式会社、北陸電力株式会社、関西電力株式会社、中国電力株式会社、四国電力、九州電力株式会社、日本原子力発電株式会社、電源開発株式会社、日本原燃株式会社（以下、「12電力会社」という）から、「南関東・福島県太平洋沿岸における岩盤の鉛直アレー観測網による「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」の本震・余震等時において取得された地震観測記録」が公開されました。この記録は、複数の岩盤の鉛直アレー観測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、本会から頒布することといたしました。</p>	○	<ul style="list-style-type: none"> ●日本地震工学会<（正会員・学生会員）> ：5,000円 ●日本地震工学会<法人会員> ：10,000円 ●非会員（個人利用）：10,000円 ●非会員（法人利用）：20,000円



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

日本地震工学会 15WCEE 寄付お礼ご報告

日本地震工学会では第15回世界地震工学会議(15WCEE)における発展途上国からの参加者を支援するための寄付並びに展示ブース借り上げ費用のための寄付をお願いしたところ、趣旨にご賛同いただき、下記の会員各位からご寄付をいただきました。厚くお礼を申し上げます。

一般社団法人日本地震工学会
会長 川島一彦

正会員：

(五十音順)

浅岡 顕 殿、荒川秀夫 殿、家村浩和 殿、石川 裕 殿、石山祐二 殿、五十田博 殿、泉 博充 殿、
伊藤智博 殿、井上範夫 殿、運上茂樹 殿、大谷章仁 殿、大原美保 殿、奥山脩二 殿、沖村 孝 殿、
香川敬生 殿、風間基樹 殿、梶田幸秀 殿、勝俣英雄 殿、加藤研一 殿、金子美香 殿、金田勝徳 殿、
川島一彦 殿、北川良和 殿、木全宏之 殿、清野純史 殿、工藤一嘉 殿、葛 漢彬 殿、公塚正行 殿、
小檜山雅之殿、小山真紀 殿、古関潤一 殿、向坊恭介 殿、齊藤大樹 殿、佐伯光昭 殿、坂下雅信 殿、
坂田弘安 殿、澤本佳和 殿、嶋原 毅 殿、成行義文 殿、志波由紀夫殿、下村幸男 殿、白井伸明 殿、
新宮清志 殿、新谷篤彦 殿、鈴木康嗣 殿、曾根 彰 殿、高橋 徹 殿、高山峯夫 殿、田村敬一 殿、
当麻純一 殿、富田孝史 殿、中島裕之 殿、中山 学 殿、永野正行 殿、中埜良昭 殿、原文雄 殿、
半貫敏夫 殿、久田嘉章 殿、福喜多輝 殿、福和伸夫 殿、藤間功司 殿、古屋 治 殿、千場充之 殿、
本田健一 殿、松田 隆 殿、松本慎也 殿、宮島昌克 殿、三宅弘恵 殿、三輪 滋 殿、目黒公郎 殿、
安田 進 殿、矢部正明 殿、山口昭一 殿、吉見吉昭 殿、芳村 学 殿、若松加寿江殿、渡壁守正 殿

法人会員：

株式会社長大 殿、一般社団法人日本建築構造技術者協会 殿

編集後記：

昨年3月に発生した東北地方太平洋沖地震から1年以上経ち、地震によって得られた知見を反映した次の巨大地震に対する被害想定が中央防災会議や内閣府を始めとする各機関から発表され始めています。そのような巨大地震による被害想定を考える上で、今回の会誌の特集記事“次の巨大地震に備える”が参考になりますと幸いです。

最後に、ご多忙の中、原稿をご執筆頂いた著者の皆様、ご協力頂きました関係者の皆様にこの場をお借りして深く感謝いたします。有難うございました。

津田 健一(清水建設)

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	皆川 佳祐	埼玉工業大学	委員	紺野 克昭	芝浦工業大学
幹事	津田 健一	清水建設	委員	佐伯 琢磨	ひょうご震災記念21世紀研究機構
幹事	椀山 健二	芝浦工業大学	委員	桜井 朋樹	I H I
			委員	佐藤 健	東北大学
			委員	田中 清和	大林組
			委員	千葉 一樹	東急建設
			委員	南雲 秀樹	東電設計

日本地震工学会誌 第17号 Bulletin of JAEE No.17

2012年7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