

日本地震工学会誌

Bulletin of JAEE

No.8

Jul.2008

会長挨拶：鈴木 浩平

特集：1968年十勝沖地震から40年・1978年宮城県沖地震から30年



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

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8号 2008年7月)

Bulletin of JAEE (No.8 July.2008)

INDEX

会長挨拶：

会長就任にあたって／鈴木 浩平	1
-----------------	---

追悼：

名誉会員 金井 清先生のご逝去を悼んで／工藤 一嘉	2
---------------------------	---

特集：1968年十勝沖地震から40年・1978年宮城県沖地震から30年

1968年十勝沖地震・1978年宮城県沖地震の頃 ―地震学・地震防災学の視点―／太田 裕	4
土木分野の被害と教訓／柳沢 栄司	9
1968年十勝沖地震による鉄筋コンクリート造建築物の被害と教訓／岡田 恒男	13
建築分野の被害と教訓(宮城県沖地震を中心として)／柴田 明德	18
機器・配管・タンクの耐震化の歩みと随想／柴田 碧	23
1978年宮城県沖地震-ライフラインの被害と教訓／磯山 龍二	29
宮城県沖地震の被害想定／田中 礼治	35

学会ニュース：

第8回通常総会・講演会／吉田 郁政	41
日本地震工学会・大会―2008 一般発表およびセッションテーマの募集案内／源栄 正人	47
第14回世界地震工学会議のJAEE特別セッション／笠井 和彦、源栄 正人、小堀 徹	48
津波災害の軽減方策に関する研究委員会報告／松富 英夫	51
次世代型地震工学実験施設のあり方に関する研究委員会報告／川島 一彦	53

学会の動き：

会員・役員・委員会の状況	56
行事	59
会務報告	60
論文集目次・出版物	62
入会・会員情報変更の方法	64

編集後記

会長就任にあたって

鈴木 浩平

●首都大学東京名誉教授・副オープンユニバシティ長



このたび日本地震工学会の会長に就任致しました鈴木でございます。私の出身分野は機械工学ですので、多くの会員の方々には馴染みが薄いことかと思えます。そこで、簡単な自己紹介も含めて機械工学の分野と地震工学の関わりについて述べます。機械の分野が地震や耐震設計と関わり

始めたのは、1960年代からだと思えます。その契機となったのは1964年6月に発生した新潟地震であり、石油コンビナートをはじめ多くの工場・生産施設に火災を含む被害が生じました。直後に東大生産技術研究所が発行した「生産研究」の新潟地震特集号で、当時の岡本舜三教授は、「これからは、工場や機械設備の耐震化が重要な課題になる」と指摘されていました。実際に、この地震の被害調査には、柴田碧先生を始め機械系の研究者が参加されています。

さらに、この頃から日本に建設が始められた原子力発電所の压力容器や機器・配管系などの耐震設計をどう進めるかについての研究プロジェクトが機械学会などで始められ、大学やメーカーなどが連携しての研究活動が盛んになって行きました。それ以降、機械工学の分野では、柴田碧、下郷太郎、佐藤壽芳などの諸先生をリーダーとして、主として機械力学、振動学、材料力学の研究者が中心となって、耐震設計法、免震・制振技術、ダンパーの開発設計などの発展に力を注いで現在に至っております。私自身もこのような流れの中で育てられてきました。

しかし、機械系の地震工学はそれだけでは成り立たず、機械工学に軸足を置きながらも常に建築、土木、地盤工学、地震学の研究者、技術者からの協力を頂きながら成果を得てきたのであり、言い方を変えればもっとも横断的なスタンスの要求される領域なのかもしれません。私も幸いにして多くの優秀な他分野の友人に恵まれ、そのお陰でさまざまな知見を得ることができました。今回、初の機械系からの会長ということになりましたが、先達たちの40年以上にわたる努力が認められたのかという感慨を持つと同時に責任の重さも感じているところです。

さて、2001年に創設された本学会も青山博之初代会長を始めとする歴代会長、副会長、理事会メンバーの

ご尽力、何よりも多くの会員の皆様の厚いご支援のもとで存在感のある横断的学会として着実に発展していると言えます。特に、昨今の地震工学を取り巻く状況は、地震や地震被害対策、復興計画などに対する本学会の責務が改めて要請されているように感じられます。昨年7月に生じた新潟県中越沖地震では多数の家屋や地盤に被害が出ましたが、何よりも柏崎・刈羽の原子力発電所の被害が国際的にも大きな問題となりました。幸い、重要な施設や設備には深刻な被害はなかったものの、現在もなお被害状況の精査と今後の耐震対策に多くのエネルギーがつきこまれております。原子力施設に限らず、エネルギープラントや生産施設は、地盤、土木、建築それに機械など多分野の技術からなる総合構造システムであり、改めて多分野の共同作業の重要性が浮き彫りになりました。本学会の活動基盤のひとつが多分野の協同にあるとする由縁です。

5月に発生した中国・四川大地震は、まだ詳しい被害状況は不明の所が多いのですが、極めて大規模で深刻な被害が報告され、今後、地震防災、復興対策などにおいて国際協力、国際支援が要請されると思われます。日本が有する優れた耐震技術、復興技術などを広めていくことが一層求められ、研究面での協力、支援が強調されると予想されます。本年10月に北京で開催される世界地震工学会議(WCEE)においても、その立場からの本学会の果たす役割は大きいと思えます。

本原稿を書いている現在も、6月14日に発生した岩手・宮城内陸地震での行方不明者、被害者救出のニュースが流れております。小長井一男前副会長、濱田政則次期会長など本学会のメンバーが連日テレビなどを通じてこの地震のメカニズム、地盤や道路などの被害状況について解説をされています。地震工学会も合同調査団の一構成団体として協同行動に参画しております。

地震は時、場所を選ばずに無差別的に襲来するので、それぞれの被害教訓を真摯に検証、研究して、新しい決意で研究に挑まなくてはなりません。社会的に地震の恐さが認識されている現在こそ、本学会の存在意義を主張して学会を拡大する絶好の機会ともいえましょう。特に、次代を背負う若い研究者、技術者、学生の皆様に、それぞれの分野から地震工学の領域に参画して下さることを強く訴えたいと思います。

浅学非才の私ですが、一年間、頑張りたいと思います。どうぞ宜しく日本地震工学会をご支援下さい。

名誉会員 金井 清先生のご逝去を悼んで

工藤 一嘉

●日本大学総合科学研究所生産工学部



本会名誉会員の金井 清先生は、わが国と世界の地震工学（エンジニアリングサイスモロジー）を萌芽期から第一人者として牽引してこられましたが、平成20年4月13日に満百歳の天寿を全うされ永眠されました。会員の皆様にご報告申し上げ、謹んでご冥福をお祈り申し上げます。

金井先生は明治40年（1907年）7月25日に生誕され、青年期の初めころまで現在の広島市南区東本浦町で育ちになりました。金井先生は昭和3年に広島高等工業学校電気科（現、広島大学の前身）を卒業され、母校で助手をお勤めでしたが、昭和6年に東京帝国大学地震研究所の妹澤克惟先生の門をたたかれ、妹澤先生と面談された次の日から仕事を開始されたとのことです。以来昭和43年に定年を迎えられるまでの37年に及ぶ地震研究所でのご活躍が始まりました。昭和9年に助手に、昭和16年に技師、昭和36年東京大学助教授、昭和38年教授を歴任されました。地震研究所では初代の強震計観測センター長や地震研究所所長事務取扱などを歴任されています。また非常勤講師として、国内の多くの大学で教鞭をとられましたが、海外でも昭和34-35年にCalifornia大学（Los Angeles校、Berkeley

校）、California Inst. Tech.の招聘教授をはじめ、メキシコ自治大学・チリ大学などで特別講義をされました。東京大学をご定年の後には日本大学に請われて生産工学部教授として赴任され、昭和47年から5年間学部長と日本大学理事を、昭和51年には日本大学副総長に就任されました。昭和52年の日本大学ご定年後も顧問あるいは非常勤講師として、傘寿をお迎えのころまで日本大学の発展に直接ご尽力されました。

金井先生の初期のご研究の多くは妹澤先生との共同研究ですが、そのほとんどが地震研究所彙報に英文で掲載されています。その最初の論文は地震波が地殻に垂直に入射した場合の地表の応答を数値解析されており、後の金井先生の代名詞の一つとも言える「重複反射理論」に関わる内容で、極めて因縁が深い印象を受けます。しかし、なんと言ってもこの時期の金字塔は、表層がある場合のRayleigh波のご研究で、妹澤先生とともに分散曲線のもう一つの系列 M_2 波の存在を発見されたことでしょう（1935年）。層がある場合のRayleigh波の位相速度に分散性があることは妹澤先生によって発見（ M_1 系列）されていました（1927年）。 M_1 を想定して数値計算を進められる中で、金井先生は「レーレー波の分散曲線を、試行錯誤法で計算している時、予想外の答えが出て、説明がどうしてもできないので、計算用紙を“紙袋”の中にしまいこんでおいたのは昭和6年であった。一中略—妹澤先生の外遊があったりしたので、レーレー波の分散曲線が2種類あるという確信を得て最初に発表したのは昭和9年—後略」（地震研究所創立五十年の歩み）と述懐されています。当時は数表・手回し計算機などを駆使して数値解を求める以外になかったこと、発見の正しさを確認するため幾度か検算をされたであろうことを思うと、電子計算機の中で育った世代の我々には想像を絶するものがあります。弾性波動論の最後の大きな発見がお二人によって成し遂げられたと言えましょう。

この時期に同時並行的に建物の振動や地下逸散の問題にも多くの論文を書かれております。昭和16年に、「筋違いの耐震効果の理論」で工学博士（東京帝国大学）の学位を取得しておられます。先生は、博士論文を書かれたころから振動台の作成・実験や木造の振動実験など、それまで数理的研究一筋から、研究の範囲を広げられたように思います。長野地震（1941年）の被害調査は地震研究所の建物の

外で行った初めてのお仕事と伺いましたが、その報告（彙報）の詳細さには驚かされます。この調査の過程で苦々しくお感じになったようですが、「さががけの解説はじゃま震災時」という名言（句）を残されています。1940年を過ぎたころから、それまで年間10数編（ほとんどが英文）という驚異的論文発表のペースが極端に少なくなります。しかも日本語に限られ、明らかに太平洋戦争の影を感じます。研究を続けることも難しい時代でしたでしょうが、発表できなかったことの方が理由として大きかったと想像しています。同世代の故萩原尊禮先生の著書「地震予知と災害（丸善）」に戦時中の大地震や噴火そして軍部の影響を述懐された部分（p56）があります。「一前略—金井清さんがこの二つの地震（東南海地震・三河地震、筆者挿入）を大変詳しく調べられました。ところが、金井さんが広島原爆調査に行っている留守に、八月十五日を迎えたのです。一中略—金井さんの調査記録は命令に忠実に従った女子職員の手によりすべて焼却されてしまったのです。大変残念なことでした」

昭和22年から20年間日立鉱山地下3ヶ所（150、300、450m）での地震観測をされました。その目的は M_2 -waves（Sezawa waves）の実在性を確認するために地中振幅分布を把握することでしたが、所期の目的以上に輝かしい成果が地震工学の分野にもたらされました。すなわち地震動予測式（実験式）として名高い「金井式」の創出に繋がったことです。基盤の概念や観測から得られた地震動の速度スペクトル一定などの知見が背景となっています。この観測にやや遅れますが、ほぼ同時期に表層の地盤震動にも着目され、木造家屋等の震害に最も強く関連するのがS波の重複反射であることを指摘されると共に、常時微動の測定結果が地盤震動特性の把握に有効な手段であることを提案されました。それには国内各地（後にCaliforniaでも実施）で精力的に測定した事例が背後に控えていましたが、共同研究者・協力者の田中貞二先生、吉沢静代氏、故長田甲斐男氏、故森下利三氏、故鈴木富三郎氏などの方々が大いに支えられたと伺っています。

常時微動の観測解析が建築基準法にある4種地盤（当時）の判定に援用されてきたこと、さらに多くの分野にも利用され、地震工学の分野で燦然と輝くご業績の一つかと思えます。この一貫したご業績が評価され、昭和31年に「地盤の振動と建物の耐震性に関する一連の研究」で日本建築学会賞を、そして昭和52年には「常時微動を観測して地盤を調べる方法を開発し、耐震設計用の地震動を予測する金井式と呼ばれる公式を確立するなど耐震工学の発展に大きく貢献しました（後略）」により『朝日賞』を授賞されています。

長野地震でも触れましたが、震害調査も先生の重要な研

究の位置づけと考えられます。終戦直後の南海地震（1946年）、福井地震（1948年）、桜島噴火（1946年）、今市地震（1949年）などの他、米国に招かれた時期にチリ地震が発生し（1960年）たため、カリフォルニアから米国の調査団員として参加され、帰国後に新潟地震（1964年）、松代群発地震（1965年～）など、被害地震の多くを調査されています。その中で、松代地震群を強震計で移動観測をされています。そのデータに基づき、前掲の「金井式」を震源近傍まで適用できるように改良されましたが、強震計による移動観測は、少なくとも国内では初めての例ではないでしょうか。当時の普及型強震計の重量が数10～100kgもあったので、6か所も臨時に置かれたことは驚異的なことです。福井地震の後に我が国の強震計を開発するための委員会メンバーとして、また地震研究所強震計観測センター長の初代として、強震観測事業推進連絡会議の委員などを通して強震観測の発展に貢献されました。

金井先生のご生涯の中で、広島原爆との関わりに触れざるを得ません。原爆が投下された時は東京におられましたが、萩原先生の文章にありますように、学術研究会議（当時文部大臣所管）の要請で即刻現地に赴かれ、爆弾の威力を計るために墓石の調査をされました。この調査で被爆され、被爆者と認定されました。それ以来、命の限界を意識されるようになったと述懐されております。調査中に遭遇された故郷広島の惨状について、後にご覧になった映画、絵画、体験記などや「ヒロシマノート」（大江健三郎著）をもってしても「筆舌に尽し難し」と記されています。

金井先生はスポーツとお酒をこよなく愛された方でもありました。特に野球では投手でしたが、「投手と捕手しかボールをさわらなかった、ギネスブックものの試合もある」とお酒が入ると良くご自慢されていました。そのお酒は、お歳を召されてからでもかなりの酒量でありました。地震研究所の談話会や地震災害研究部門の研究会にご出席いただいた後などに、お酒を片手に若手と議論し、若手同士の議論を楽しんでおられました。現在は発刊されていませんが、「趣味の雑誌 酒」に寄稿された（1985年）短い随想で、酒豪（地震工学者では世界一とのジョーク）を自認しておられます。その記事には毛筆で「酒 金井清」が記されており、大変味わい深い書に思えます。

先生の中心的なご業績を紹介させていただきましたが、何故か、ほんの一部しかご紹介出来ていないような思いに駆られます。金井先生の場合は、紹介を割愛したご業績・受賞・交流・談話・随筆などにむしろ真髓が多く含まれているが故かもしれません。

ご遺影は先生のお米寿のお祝いの時のもので、お好きだったお酒をお持ちになっている部分をあえて含めました。

金井先生どうぞ安らかにやすみください。

1968年十勝沖地震・1978年宮城県沖地震の頃 —地震学・地震防災学の視点—

太田 裕

●東濃地震科学研究所

1. 1960—70年代

地震関連の諸学は「研究は観測につれ、観測は地震につれ」の発展を常としている。この観点から、たまたま、「強震観測を核とした地震諸学の変遷」について考える折があり、福井地震以来の50余年を以下のように4区分したことがある[太田(2006)]。

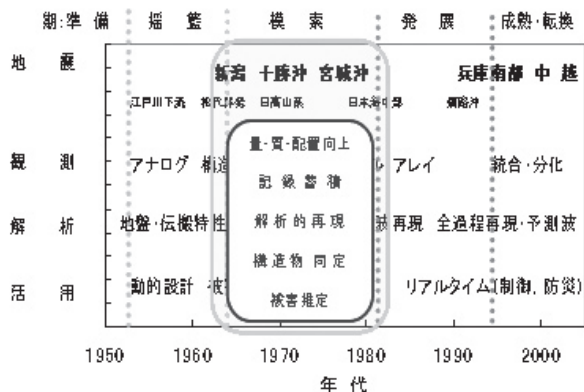
準備・揺籃期：1948-1963

模 索 期：1964-1980

発 展 期：1981-1994

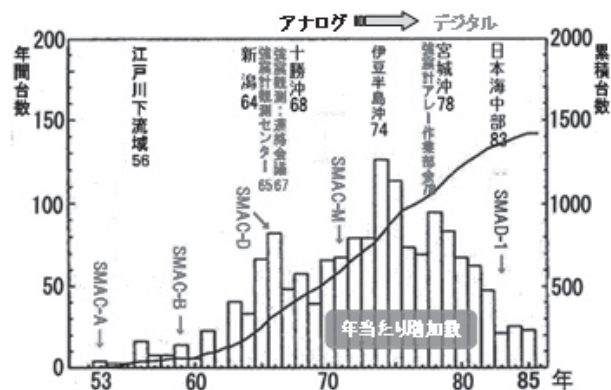
成熟・転換期：1995-

これは年代区分点を「顕著な地震が発生し、前例のない強震記録が得られたとき」とか「地震(工)学上の大きな進展をみたとき」においた私案である。この区分に従い、各期を代表する国内・近海の主要地震を掲げ、主要研究課題を列挙する形で第1図を作成した。これから、40周年を迎える十勝沖地震(1968)と30周年となる宮城県沖地震(1978)は、第2期を代表する地震群であることが判る。ここでは幕開けを新潟地震(1964)におき、この期を“模索期”としているが、これは地震関連の諸学が、次なる発展に向けて、模索の幅を拡げ、併行して内なるエネルギー充実に努めた「模索と蓄積」の時期と捉えていることによる。この時期を代表する両地震は地域住民に多大の被害を与える一方、地震の本性を考究し、地震がもたらす人間界への影響について視野を広げるべく、記念碑的位置付けを持つ。



第1図 地震関係諸学の発展：1950年～現在までの時代区分と主題

この時期をみるための格好の資料として田中(2005)のチャートがある(第2図)。これは、この時期を含む1985年に至る、わが国の強震観測体制の整備状況を鮮明に描いている。当初たった1台で始まった強震観測が1964年新潟地震を契機に急増し、1968年頃は既に500台を越え、1978年宮城県沖地震時には1,000台の大台に達する等、わが国の強震観測体制が段階的に充実してきた様子がハッキリと判る。強震観測事業推進連絡会議(SEMOC)の発足は1967年であった。



第2図 強震観測体制の展開(1953年～1985年)
[田中(2005)]

米国ではParkfield地震(1966)時に地表断層から80m地点で得られた強震(加速度)記録にもとづき「変位波」を解析的に再現した研究(安芸, 1968)があり、観測と解析とが調和に向けて発達した時期ともなっている。この期の前半は、時あたかも、学園紛争が拡大の一途をたどった時代でもあった。

筆者自身も、十勝沖地震は研究者としての駆け出しの頃の地震であり、八戸市(青森県)において長周期の地盤特性観測を実施する等、思い出も多い。また、宮城県沖地震は近代都市「仙台」を直撃したことから、「地震と人間」の問題に積極的に取り組むべきことを教えてくれた地震であり—現在もその延長線で研究を続けている—、特に忘れ難いものとなっている。以下、外国の地震等にも留意しながら、往時を思い起こしてみたい。

2. 1968年十勝沖地震

理科年表を繙くと、「昭和43年5月16日 40.7N 143.6E M 7.9 三陸沖、青森を中心に北海道南部・東北地方に被害。死52,傷330、建物全壊673、半壊3004、青森県下で道路損壊が多かった。津波があり、三陸沿岸3～5m、襟裳岬3m、浸水529、船舶流失沈没127、コンクリート造建築の被害が目立った」と淡々と記述している。しかし、地震の度に新しい課題が噴出するのは、この地震も例外ではない。いくつかを列挙する。

地震名と多重震源説 周知のように震源の決定と命名は気象庁の専務である。気象庁は国内・周辺海域を一陸上で細かく、海域では大まかに一区分し、地域名を冠した名前を充てている。「十勝沖」はその一つで襟裳岬南方の25,000km²にもわたる広大な海域を指している。ここは日本海溝（陸地と太平洋プレート境界）の北端部に位置し、大型地震発生の活発な海域となっている。このため、「十勝沖」のヘッダーをもつ地震は近年だけでも1952年、1968年、そしてごく最近の2003年のようにM8に近い地震が多発している。しかし、海域が広いため、主要波源域がどこかによって、同名の地震ながら、被災域は大きく違ってくる。1952年は十勝平野に被害が集中し、1968年はむしろ青森県側に甚大な被害を与え、2003年は道南西部、苫小牧地区が被災域中心となる等、多様である。この地震は海域で発生する大型地震の場合、地震名と被災域が素直には対応しないことを教えてくれた代表事例である。

通常、気象庁は「震源＝断層破壊の開始点」のスキームで震源位置を確定している。中小の地震の場合、この決定法で大きな問題は生じないものの、Mが8に近い大

型地震ともなるとこれと主要波動源となる断層面上の位置が大きくズレる場合がある。第3図は気象庁の震源（x印）と断層破壊面（の地表面投影）を示したものである。この図から、気象庁の震源は確かに「十勝沖」ブロックにあるものの、破断面の全体は青森県寄りにあることが判る。長宗（1978）は、この地震に対して複数の波動源があり、しかも主要波動源が、気象庁が決めた震源の西方100kmの、青森県太平洋沿岸に近い位置にあることを検証し、多重震源説を提唱した。この考え方を受け入れると、1968年十勝沖地震による被害が主要波動源に近い、青森県東方沿海域に多発した理由もうなずける。少なくとも地震防災上では、この地震は「十勝沖」ではなく「青森県東方沖」地震と呼称する方が相応しい。

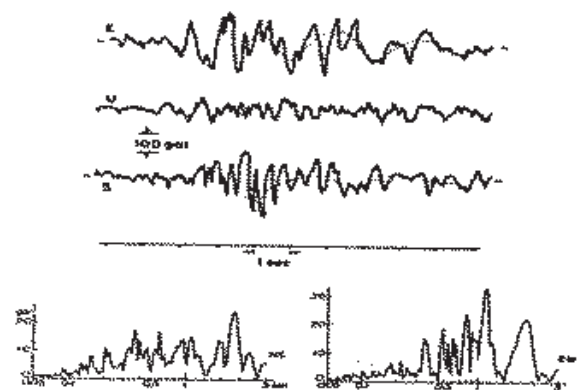
ところで、地震の工学研究者は「地震波振幅の震源距離に伴う減衰経験式」を策定し、実務家は即利用を常としている。しかし、この時「震源距離の与え方次第で、結果が大きく変わる恐れあり」というのが、この地震がもたらした教訓の一つといえようか。

なお、震源過程の、複雑性理解に関する以降の研究進展は目覚ましく、断層面上の「食い違い」の多様性を説明する物理モデルが種々提唱され一バリエーションモデル、アスペリティモデル、往時の多重震源説は内容を一新している[菊地（2003）等が詳しい]。

やや長周期の地盤特性 この時期はわが国の強震観測体制整備が漸進段階にあり、それまで動的設計用入力として定番とされていたEl Centro波（米国）がもつ万能性が次第に疑われ始め、自前の記録を取得したいとの思いが浸透し始めた時期でもあった。そんな中で、八戸市港湾事務所におかれた強震計が2.5secの卓越周期をもつ大振幅の強震動を記録した（第4図）。これに先



第3図 1968年十勝沖地震：震源域と震度分布（気象庁）

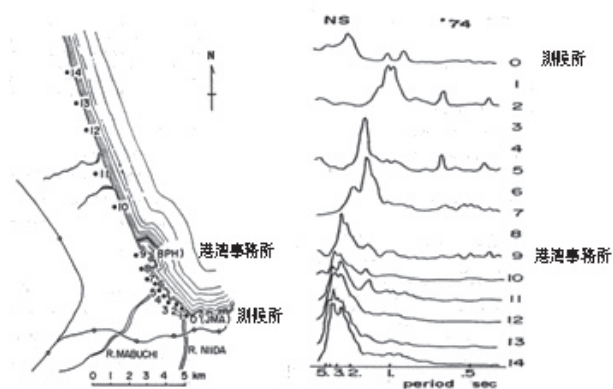


第4図 八戸港湾事務所の強震記録とスペクトル

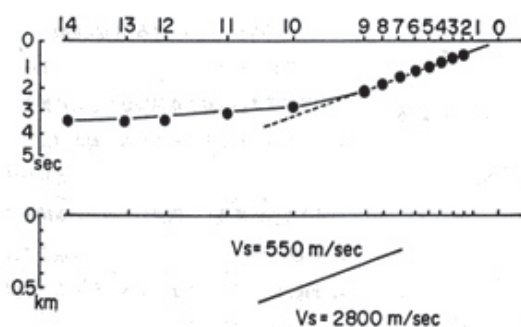
立つ1964年新潟地震でやはり長周期強震動を記録したことで一様に驚いたものの、この場合は強震計設置点が高水性の高い、特異的な砂地盤（正確にはRC造基礎）

上に置かれ、激しい液状化による地盤の大変形を伴ったことから特異記録であるとの判断となった。しかし、八戸港湾の記録は特異事例とみるわけにはいかず、当時発展期にあった大型構造物の設計に対して大きな波紋をなげかけた。そして、この長周期かつ大振幅の強震動のよってきたる原因を考究することが急務となった。

この問題に関わって種々の調査研究が実施された。筆者等も“やや長周期微動測定チーム”を結成して、八戸海岸に沿って南端を測候所（基盤岩上）におき、強震記録観測点（港湾事務所）を経由し、総延長15kmにわたる南北測線を設け、観測を実施した[坂尻他（1974）、鏡味他（1976）]。測点位置、スペクトル等を第5（a）図に示しておく。また、物理探査によるS波速度断面図（岡田、1971）を第5（b）図に掲げておく。



第5（a）図 長周期の微動観測[左：測点位置、右：スペクトル]



第5（b）図 微動観測の卓越周期（上）と地下構造（下）

これらの結果から、周期2.5secで卓越する強震動記録が地震学でいう“基盤岩”（ $V_s \approx 3\text{km/sec}$ ）上に堆積した地盤によって大きく増幅したものであることが確認された。これは、いわゆる金井微動による地盤特性測定法のやや長周期版ともいえる試みであった。その後、この種の調査は計器・測定方式・解析法を改善しながら、そして沖積平野端部で発生する2次表面波にも視野を広げながら、今日に続いている。

地震被害の特異性 震度の公式発表では八戸市を中心とする太平洋沿岸域および襟裳岬を挟む地域で最大震度5と報告されている。しかし、地震の規模が大きいことから、被害が青森県を始め、北海道南西部、岩手、宮城、秋田にまで及ぶ広域災害となった。木造等住家の全壊率は青森県内で特に高く、例えば十和田市牛泊75%、東1番町39%、八戸市滝谷36%等、30%を越える地区が散見され、10%を越える地区が各所でみられる等、被害の局所変動性が顕著であった。このことから、優に震度6を越えた地区が随所にあったことが判り、各地の震度をさらに詳しく知る方法を開発することの重要性を強く印象付けた。強震観測点増強への思いはいうまでもない。

一方、鉄筋コンクリート造の被害が目立ち、函館大学で圧壊し、むつ市役所・三沢高校で一部が圧壊した。八戸市では鉄筋コンクリート造建物の約10%、6棟がかなりの被害を受けた。このことが後日、RC造等の規定改正につながったのは周知の通りである。十和田市では、使用中の石油ストーブの約1%から出火し、1923年関東地震時とは違った「出火源」として注目された。津波は東北地方・北海道の太平洋岸を襲ったが、干潮時であり、被害は大きくなかった。この地震の直後、十勝岳の地震活動が活発化し、地震－火山が直結の地学事象であることを再認識させられた[この項、茅野・宇津（地震の事典、朝倉書店、1987年）を参照]。

なお、この時期の外国の地震としてDasht（Iran, 1968, M7.1、死者15,000人）、雲南（1970、M7.3、死者15,621人）が、死者多発の点で突出している。

3. 1978年宮城県沖地震

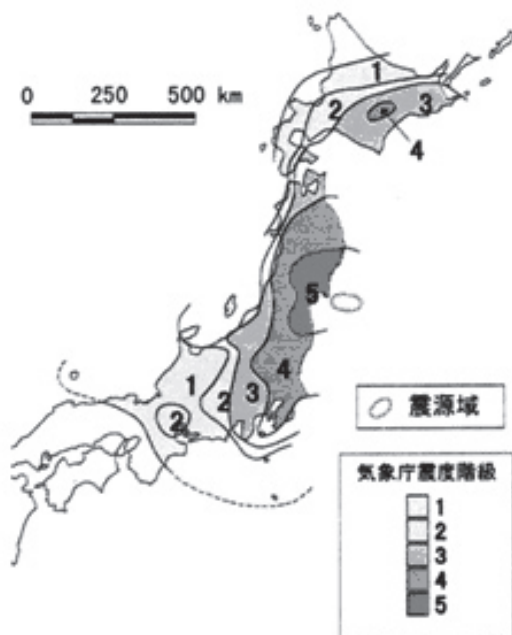
同様に、理科年表は『昭和53年6月12日 38.2N 142.2E M 7.4、宮城県沖、被害は宮城県に多く、全体で死28、傷1325、住家全壊1183、半壊5574、道路損壊888、山崖崩れ529、新興開発地に被害が集中した。ブロック塀などによる圧死18』と簡単に説明している。しかし、この地震も、新たな研究課題を提示した。

地震の発生と強震記録 この海域は歴史上、かなり地震活動の活発なエリアとしてよく知られている。20世紀に入ってからでも1915年（M7.5）、1936年（M7.5）、1978年（M7.4）等、以降も2003年（M7.1）等々と続発している。1978年の地震はやはり、プレート間境界地震に分類されるが、十勝沖（ないしは青森県東方沖）地震と違って、やや小粒となっており、Mの上限は7.5にとどまっている。気象庁の決める震源と主破壊域との間に大きな相違は見当たらない。この地震の記録を正確に捉えた強震計は43台に達した。東北大学建設棟

(SRC造)に置かれた強震計により見事な記録[但し9F(アナログ型)、1F(デジタル型)の混合システムによる]が得られ、この“模索期”を象徴する貴重な資料となっている。

一方、この時期に米国の主導で強震アレイの拠点観測体制を整備することが提案され、わが国では地震研運の足柄アレイが参加、この地震の翌年Imperial Valley(1979)において見事なアレイ記録を得、引き続いて「速度記録」の解析的再現に成功する等、この時期は米国が明らかに一歩先を進んでいた。

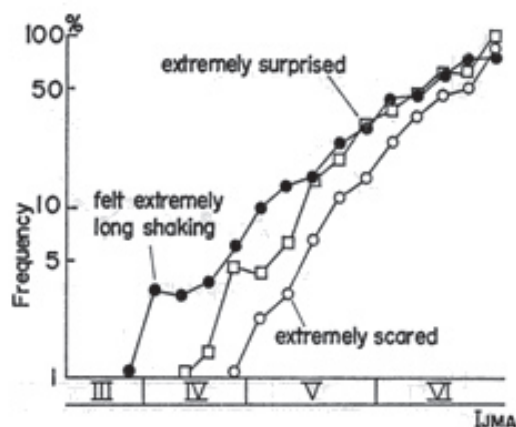
なお、近年に至って確率的長期予報の研究が格段に進み、この地域は「今後30年以内の地震発生確率90%以上」と算定される等、高危険地域の状態が続いている。
震度分布と被害特徴 第6図に震度分布を示す。最大震度は5と報告されているが、このゾーンに仙台市が入っていることで、様々な被害をもたらした。近代都市なるが故の被害として、ライフライン系の供給停止が都市生活者の生活の質を大きく低減させた。復旧が電気-水道-都市ガスのラインナップとなることを示す先行事例となった。被害が目立ったのは沿海低地の新興住宅街、旧市街に隣接する丘陵宅造地の崩壊等々である。市街地で特に目立ったのは道路沿いのブロック塀等の倒壊に伴う死傷者多発であり、特に子供・高齢者に集中した。この問題は、30年を経た今日も繰り返し発生する性懲りもない被害の代表例となっている。街路については「平常時は交通事故に備えて路端を歩くことが良しとされ、地震時にはブロック塀等の危険物から距離をおくべきことを必須とされる」等々、馴



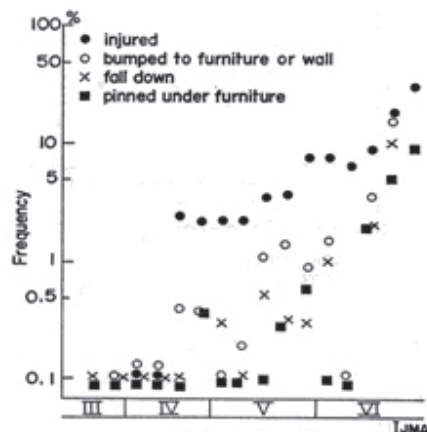
第6図 1978年宮城県沖地震：震源域と震度分布(気象庁)

染みにくいルールを生活文化として如何に浸透させるかの問題が発生した。しかし、こういった問題が顕在化したことを明確に意識した研究者は果たして何人いたのだろうか。

人間行動調査 この地震に対して筆者等は地域の個人を“人間地震計”とみて、震度とか、地震時の人間の心理・行動そしてケガの発生状況等を把握することを目的とする、やや異色の研究を開始した。この一環として、人間心理・行動・ケガ等について震度との関係を調べた。結果の事例を第7(a),(b)図に示しておく。



第7(a)図 震度との関係でみた心理状態

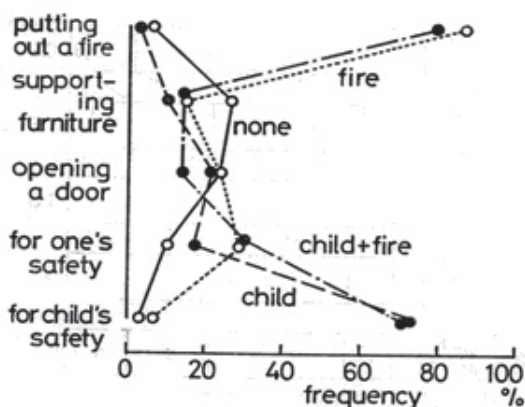


第7(b)図 震度との関係でみた行動とケガ

また、当時の都市型住宅(の代表である)2DK集合住宅の住民を対象として、地震時の室内行動に関する実態調査を試みた[太田・大橋(1979,1980)]。第8(a)図はユレの始まりからそれが収まるまでの時間(<1分以内)における2DK住宅内の住民(主に主婦、112人)の行動軌跡を描いたものである。地震発生が午後5時過ぎであったことから、主婦の多くは夕食の支度でキッチンにいた。ここを起点として、居間・寝室へ、そして玄関から外へと大きな流れをみることができる。



第8 (a) 図 2DKアパート内の地震時行動軌跡



第8 (b) 図 火気と乳幼児の有無による行動パターン (2DKアパート内)

第8 (b) 図はこの流れの中で、彼らが行った行動を単位に区分した結果の1例である。「火気使用中」とか、「乳幼児のケアの要・不要」が行動形態を大きく変えていることがハッキリと読み取れる。なお、この地震の8分前に震度2～3程度の前震があり、これが火気の扱いに効を奏したとの回答も得ている。筆者等は類似の調査を今なお継続している。地震時のこのような事情、立ち居振る舞いは時代は変われど事態はあまり変わらずというのが、残念ながら実情である。やはり、家具等の適正配置と転倒防止等の事前点検が今も王道であることは間違いない。運良く(?)大ユレに先立つ前震に遭遇したならば、これを即活用するというのも一案かも知れない。昨年運用開始の「緊急地震速報」は正に隔世の感を思わせる展開ではある。しかし、これが効を奏するためには「わが家の危険ゾーン、そして危険家具等について世帯毎にあらかじめ熟知しておく」ことが前提となることは間違いない。余

談ながら、この時期「10秒前システム」と称して、筆者等は緊急地震速報の原初システムを提案していたがーHakuno他(1972)ー耳を傾けてくれる人はいなかった。

この時期に起こった外国の激甚地震として、中国唐山(1976,M7.8,死者242,769人)、Iran Tabao(1978,M7.2,死者18,220人)等がある。あまりの死者の故に到底忘れきれぬものではない。

4. その後

1978年宮城県沖地震に引き続いて発生した日本海中部地震(1983)では地震後数分で襲来した津波による人災が際立った。このことから、津波情報発信の迅速化が主題となった。新耐震の諸規定導入は1980年であった。その後しばらくの静穏期を経て阪神淡路大震災(1995)が発生し、「わが国は地震に伴う激甚災害、特に死者多発問題は克服した」との神話はあっさりと覆され、わが国の地震関連諸学は原点に立ち戻ることを余儀なくされた。以降10年余の復興への努力、そして観測体制の高度化・関連知見蓄積の日々を経て、わが国が米国を凌駕し、地震関連諸学の、世界に冠たる先進国として今日を迎えている。その一方で、当該の両地震で噴出した問題の多くは未だ解決には程遠い状況にあることも忘れてはなるまい。

以上、筆者の両地震時のささやかな経験をベースとしながら、この小論を作成した。これが往時を思い、今後を考える際の手掛かりともなれば幸いである。一方、思わぬ記憶違い・誤解があるやも知れない。諸賢のご海容をお願いする次第である。文献のいくつかを掲げておく。

文献

- ・太田裕；地震動と地震防災ー先達の歩みをたどってー、東濃地震科研報告、Seq.No.19,219-228,2006.
- ・田中貞二；わが国の強震観測事始めを振り返って、日本の強震観測50年記念特集、7-16、防災科研報告、264、2005.
- ・長宗留男、地体構造と多重震源、地震、457-468、31、1978.
- ・菊地正幸、リアルタイム地震学、第4章、1-222、2003、東大出版会。
- ・太田裕・大橋ひとみ、地震に伴う人間行動の実態調査(1)、(2)、地震、399-414、32、1979 & 199-214,33,1980.
- ・Hakuno M.et al, A plan for strong earthquake alarm system 10sec before it attacks the city of Tokyo, 6WCEE, New Delhi, India, 1972.

土木分野の被害と教訓

柳沢 栄司

●東北大学名誉教授

1. はじめに

十勝沖地震の発生から40年、宮城県沖地震から30年という節目を迎え、各行政機関では社会基盤の耐震化を進めるとともに、被災した地域では学協会共々様々な催しを通して、地域住民の防災意識の向上を図っている。上記の二つの地震の後も、幾つかの大きな被害地震を経験し、さらに兵庫県南部地震という大震災を経験して、耐震工学の研究も大きく進展し、各種構造物の耐震基準の整備も進んで、社会資本の耐震化が進められてきている。最近の地震では、規模や震度階の大きさに比して、被害の程度がやや小さくなっているように思えるが、形態の異なる被害が発生していることも事実である。

このような時期に、東北地方を襲った二つの大きな地震の被害を振り返ってその教訓を考えることは、次に起こるかも知れない地震に対する備えを整える意味からも無駄ではないと思われる。ここでは、特に土木分野の被害を中心に、筆者なりの考えを述べてみたい。

2. 1968年十勝沖地震

2.1 地震被害の特徴と問題点

1968年5月16日に発生した十勝沖地震では、北海道南東部と青森県東部が震度Ⅴの強震に見舞われ、死者49名行方不明3名の人的被害が出たほか、社会基盤に甚大な被害を蒙った^{1), 2)}。ここでは、特に道路・河川・鉄道・港湾・上下水道など土木構造物を中心に被害の概要を述べて、その特徴を思い出してみたい。

道路関連の被害では、北海道では落石や盛土斜面の変形などの被害のほか、国道38号線豊頃村などで道路を横断する管渠の破損による被害が発生した。青森県においても、落石や斜面崩壊のほかに、国道4号線上目時、県道三沢野辺地線の盛土が三沢市駒沢で崩壊す

るなど道路盛土に多くの被害が発生した。

上目時の盛土の崩壊は、土の動的挙動の複雑さを示す一例である。被災状況を示す断面図を図1に掲げるが、盛土は左右を比高差2m程度の田圃に挟まれ、盛土高は低い田面からみても5m程度であった。崩壊した土砂は、50m以上流下して田面に広がった。盛土材料は火山灰質砂質土であり、この付近で得やすい砂質の材料土と思われる。新潟地震の経験で砂が液状化することは既知のことであったが、砂質ロームも液状化する可能性があることを、この事例から学んだ。砂質の火山灰土は、粒子破碎を起こしやすい上に、見かけの比重が軽く、飽和状態に近くなると液状化しやすいことは、2003年宮城県北部地震や三陸南地震の被害でも認められた。火山灰質砂質土の不飽和状態での液状化のメカニズムについては、最近の研究でようやく明かにされた。(例えば文献5)

橋梁の多く、北海道では国道235号線の鵠川橋梁が橋台や橋脚の支承部分が破損するなどの被害が発生した。特に苫小牧市明野1号橋では橋台が傾斜変形したが、この原因について詳細に調査検討がなされ、背面土砂の液状化による土圧の増加に伴う滑動によるものとされた。

河川関係の被害では、北海道では鵠川下流部と十勝川下流部で、また青森県では小川原湖付近の七戸川や赤川で堤防の破壊や沈下が発生した。鵠川下流部の被害は砂地盤の液状化による被災と考えられ、また、十勝川や七戸川の場合では堤防直下の軟弱な泥炭層の影響が大きいとされた。筆者の所属していた河上研究室では、1964年新潟地震で被災した最上川下流堤防の復旧工法に関して研究委託を受けて、模型振動実験を行い、盛土法尻に矢板を打って基礎地盤の流動と沈下を防止することが効果的であることを報告した。宮城県沖地震の被害を見ても、この結果が誤っていなかったことを確信したのを記憶している。

鉄道の被害は、路盤の沈下や変形、隧道の巻き立てコンクリートの被害、橋梁や橋台などに被害が多発したほか、高架橋、青函連絡船の函館・青森の岸壁や栈橋待合室などが被災した。大畑線では、盛土が変形沈下した部分で貨物列車が軌道から脱線転覆した被害例や、南部

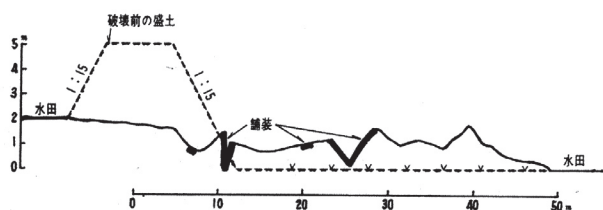


図1 国道4号線上目時の盛土崩壊状況

鉄道が盛土の崩壊など大きな被害を受けて廃線に至ったことなどが注目を浴びた。八戸近郊の盛土の被災箇所では、1994年三陸はるか沖地震で再度被災した例もある。

港湾では、函館、苫小牧、室蘭、青森、八戸の各港で、埠頭の岸壁や護岸に変形やせり出しの被害が発生し、エプロン部の沈下や亀裂など液状化による被害が見られた。

上下水道の被害は、函館、室蘭、苫小牧、岩見沢、青森、八戸の各市では、埋設管に被害が集中し、特に軟弱地盤に敷設された本管、枝管、給水管に被害が発生した。特に王子製紙専用の工業用水道導水管が圧壊・変形・浮上などの被害を受けた。また、都市ガスの配管の損傷により、ガス漏れが生じた都市も多かった。これらの被害を総合的にみると、1978年宮城県沖地震で云われた都市型の災害、すなわちライフラインの被害形態が既に現れていたことが判る。八戸市では、水道管の復旧に際して、管路網のブロック化と管の耐震化などを全国の自治体に先駆けて実施した。復旧対策の考え方が、基本的に「旧に復する」ことに囚われず「強さを増す」ことにあったことが幸いして、三陸はるか沖地震では軽微な被害で済んだ。

札幌市清田団地では、造成宅地の住宅に地盤の変形にともなう被害が発生したが、特に谷部を埋めた盛土上の住宅に被害が集中していた。ここでは2003年十勝沖地震の際にも被害が出ている。青森県でも剣吉中学校の盛土造成地が崩壊し、校庭に避難した児童4名が土砂に巻き込まれて亡くなるという痛ましい事故があった。これらの被害も、後に述べる宮城県沖地震の造成宅地の被害を彷彿とさせるものであり、この問題は長い間未解決のままで残される。

2.2 十勝沖地震の教訓

十勝沖地震では、建物を含めてコンクリート構造物の被害も多く、短柱や壁が破壊されたことから、後に基準が改訂されて帯鉄筋など鉄筋量を増すことが義務付けられたことは、よく知られている。

1964年新潟地震で注目を浴びた、砂地盤の液状化現象による被害も多く見られた。函館市若松町朝市においては護岸が崩壊し、埋め立てた地盤が液状化により亀裂沈下して大きな流動変位を起し、家屋をはじめ道路や埋設管渠に大きな被害が出た。道路や港湾などで盛土や埋め戻しの材料として用いられた砂質土が、液状化して構造物に影響することが再確認され、液状化対策の重要性が改めて認識させられた。

この地震の被害の特徴としては、青森県内の被害はむしろ地盤災害的な要素が多く見られたことにある。

特に青森県南東部では、地震の直前三日間に200mm近い降雨があり、このため盛土や自然斜面では土が飽和状態に近い含水比になり、地下水位が上昇して地震の衝撃で崩壊に至ったケースが数多く見られた。八戸市近郊では、八戸ロームと呼ばれる火山灰質の粘性土・砂質土が泥流状態で流下して、民家や果樹園を押し潰し多くの人命を奪った。規模の大小はあるが、この度の岩手・宮城内陸地震の被害を見ると、火山灰質土に雪解け水という類似性を見出すことができる。

青森県では、農業用ため池が崩壊して下流側に土石流として流下し、農業施設が被災し死者も出た。写真1は、決壊した一里小屋ダムの洗掘後の様子を示したものであるが、センターコアの一部が残っているのが判る。小規模とは云え、ダムの決壊による被害は、我が国では珍しい事象ではあり、アースダムの耐震性について検討が必要であることが再認識された。新潟地震のあと筆者らの研究室でも、アースダムで地震観測を行っていたが、この地震の後、ほかのアースダムやロックフィルダムそして干拓堤防などで地震観測を行い、応答特性に関する研究を進める契機となった。



写真1 決壊した一里小屋ダム

十勝沖地震では、多くの強震記録が得られ、強震観測の重要性が改めて認識された。当時、電子計算機の発達とともに動的数値解析が一般に行われるようになっていたが、米国で得られたTaftやEl Centroの強震記録が入力地震波形としてよく利用されていた。これに加えて、八戸港の強震記録が、日本国内で得られた標準的な入力地震波形の一つとして利用されるようになった。

3. 1978年宮城県沖地震

3. 1 地震被害の特徴

1978年6月12日に発生した宮城県沖地震は、仙台市を中心に宮城県内に甚大な被害をもたらした。この地震被害の特徴は、都市基盤を支えるライフラインが被災して、電気・ガス・水道など都市機能が停止したほか、高層住宅の被害や、造成宅地の変状にともなう家屋被害などが出て、社会生活に重大な影響を与えたことである³⁾。

仙台市の旧市街地は、利府長町構造線の西側の段丘の上にあって、地盤条件の比較的良いところに位置していたため、被害は軽微であった。仙台平野は、この構造線の東側に広がり、海岸に向かって沖積層が厚く堆積している。このため、地震の被害の多くは、この平野部の地盤条件の良くない箇所が発生した。

阿武隈川下流および名取川、鳴瀬川、北上川の河口付近では、河川堤防に亀裂・沈下・すべりなどの被害が発生した。液状化に起因するものと、軟弱地盤に起因するものが見られたことは、十勝沖地震の被害と同様である。

道路関係では、山間部で落石や斜面崩壊が見られたほか、道路盛土の被害も各地で発生した。特に河川堤防と兼用する道路の被災が目立ったが、道路を横断するボックスカルバートや管渠の接続部、橋台の裏込めの沈下により、交通に支障を来した例が多かった。橋梁に関しては、支承の被害のほかに、橋脚のコンクリートに亀裂・剥離などの被害が出た。橋桁が落下した錦桜橋は、この地震に先立つ2月20日に宮城県沖を震源とするM6.7の地震があり、この地震の影響が重なって落橋に至った。

鉄道関係では、在来線の東北本線、仙石線、気仙沼線などで橋梁の被害、路盤の沈下など被害が発生したが、十勝沖地震で見られたような大規模な盛土崩壊はなかった。鉄道橋の被害では、東北本線の江合川橋梁でコンクリート橋脚が打ち継ぎ目でずれるなど大きな被害が、また東北貨物線の行人塚高架橋では柱頭部に亀裂が入るなどの被害が発生した。また、開業間近の東北新幹線では、高架橋の中間梁や、桁の支承が破損する被害や名取川橋梁の橋脚に亀裂が入るなどの被害が発生した。

港湾の被害も石巻、塩釜、仙台、相馬などで埠頭の岸壁に大きな被害が出たが、十勝沖地震におけると同様に敷き砂や裏込め砂の液状化の影響が見られた。石巻港の日和埠頭や中島埠頭では被害が著しく、特に矢板式けい船岸壁に被害が多く見られた。塩釜港では栈橋のエプロン部に沈下などの被害が出たほか、後背地の石油配分基

地の石油タンクのうち2基が被災し、油漏れを起こした。

仙台市の緑が丘団地や黒松団地では、特に沢部を埋め立てた盛土部分や急傾斜地に造成された宅地に変状が起こり、家屋や配管類に被害が多発した。これらの宅地は昭和40年に行われた宅地造成法等規制法の第1次指定以前に造成され、急斜面に土を盛りこぼすような比較的簡単な施工で開発されたもので、宅地造成地の安全性が問題となった。白石市寿山団地は、規制法施行以降（昭和47年着工）の施工であるが、以前は溜め池のあった沢地に高さ20m近い盛土を盛って造成した宅地であった。図2は、被害個所の平面図である。集中豪雨で被災した履歴もあり、盛土内の地下水位も高く、安定性が懸念されていた所であった。

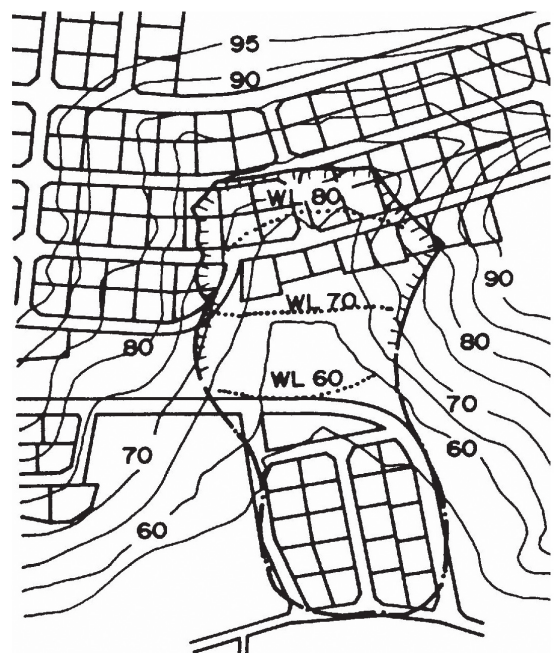


図2 白石市寿山団地の旧地形と被害個所

水道、ガス、電気などの都市生活に不可欠なライフラインに被害が出て、市民生活が大きな影響を受けた。水道関係の被害では、鳴瀬町でP C構造の排水池が倒壊したほか、仙台市、名取市、古川市などで送配水管に多くの被害が出た。管種では、中小口径の石綿セメント管や塩化ビニール管が被災した例が多く、宅造地の被害と同一箇所被害が集中していた。断水期間は概ね1週間以内で、最長でも11日であった。都市ガス関係の被害では、仙台市で有水式ガスホルダーが被災炎上したほか、本支管、供給管に被害が出て、完全に復旧するまでに凡そ1カ月を要した。電力関係では、発電施設には大きな被害は発生せず、変電所の被害や電柱や電線などの配電設備の被害が多かった。復旧に要した日数は、最長で2日であった。

3.2 宮城県沖地震の教訓

1978年宮城県沖地震は、都市機能を維持する各種構造物の耐震設計規準を見直しする契機になった。特にライフラインの被害は、首都圏における地震防災に活かされ、ライフライン関係および危険物の基準類は、この地震を契機に復旧を視野に入れた大きな見直しがなされた。また、復旧協力体制も見直され、自治体が相互に援助する体制も、この地震を契機に整ってきた。兵庫県南部地震を経て、現在では耐震設計指針も改訂されたが、例えばガス導管に関しては、管の耐震性の向上とともに管路網のブロック化や供給停止など、また水道に関しても、配水管網のブロック化や幹線のループ化、非常用貯水槽の設置や緊急遮断など、宮城県沖地震の教訓は活かされている。

筆者の所属していた研究室では、山王海ダムや相野々ダムなど幾つかのフィルダムで地震応答観測を行っており、土構造物の動的挙動や土の動的物性の研究が進められていた。樽水ダムにも地震計を設置して観測を続けていたが、残念ながら宮城県沖地震の記録は主要動の最初の部分のみしか取れなかった。原因は、予算の関係で無停電装置をつけずに商用電源に頼ったために、停電で動作しなかったためである。その後、鉛直アレー観測や高密度アレー観測も手掛けたが、この時の教訓は活かされて無事に観測ができた。

4. 次の地震に備えて

宮城県沖地震から30年を経て、仙台の都市規模も当時より拡大し、新幹線、地下鉄、高速道路、高架鉄道、高層建物など、78年当時には無かった社会基盤構造物が整備されている。政府の地震調査研究推進本部の地震調査委員会では、2007年1月1日の時点での、宮城県沖地震が10年以内に発生する確率が60%、30年以内に発生する確率が99%と公表している。これを踏まえて宮城県では、想定されている幾つかの地震について揺れの大きさの予測を行い、被害予測も行っている。現在の新しい耐震設計基準に基づいて、新規に構築される構造物については十分に耐震的であると判断されるが、既存構造物の中には耐震強度が不足するものも多数存在する。これらの構造物の耐震補強がこれからの大きな課題である。

緊急時において各組織あるいは機関の危機管理体制が本当に機能するかどうかは気になる処である。宮城県沖地震では、筆者の研究室も書棚の転倒や物品の損壊など軽微な被害を受けたが、教職員の安否は比較的早く確認できたものの、学生の安否情報については把握が難しかったことを記憶している。幸にしてこの

時は、居住する建物の被害が小さかったので、学生は全員無事であったが、次の地震では緊急地震速報を受信した時の対応、死者や行方不明者が出た時の対応などについて、平常時から考えておかなければならない。各地域で地域防災計画が立てられ、ハザードマップから緊急時避難所に至るまで準備されているので、緊急時に如何にこの計画が実施できるかが課題である。

5. おわりに

去る6月11日に、地盤工学会東北支部の主催による1978年宮城県沖地震30周年記念シンポジウムが仙台市内で開催された⁴⁾。このとき偶々パネルディスカッションのコーディネーターを務めたが、締めくくりに「思わぬ所に地震が起こり、思いを致さぬ所に被害が出る」と述べたが、不幸にしてこの発言が当たってしまった。岩手・宮城内陸地震が発生し、4000galを超える最大加速度が観測され、大規模な地滑りや山崩れが発生して、多数の死傷者や構造物被害が発生した。幸にして震源が山間部であったために甚大な被害にまでは至らなかったが、断層の評価手法に少なからぬ影響を与えかねない地震であった。

1995年兵庫県南部地震以来、2004年新潟県中越地震、2007年新潟県中越沖地震、そして2008年岩手・宮城内陸地震と、思いもかけない箇所地震が発生し、大きな被害が出ている。しかし、兵庫県南部地震を除いて、基本的には大都市ではないことが幸いしている感がある。地震により強い社会を形成するためには、単に構造物の強さを増すことばかりでなく、生活を支えるソフト面でも耐震化を図ることが重要であり、それも専門技術者に課せられた課題であろう。今後とも、地震に強い都市を実現する努力を続けるのみである。

参考文献

- 1) 1968年十勝沖地震調査報告、1968年十勝沖地震調査委員会 (1969)
- 2) 十勝沖地震総合報告書、啓学出版 (1971)
- 3) 1978年宮城県沖地震調査報告書、土木学会東北支部 (1980)
- 4) 1978年宮城県沖地震30周年記念シンポジウム講演資料集、地盤工学会東北支部 (2008)
- 5) 風間他：不飽和火山灰質砂質土の液状化機構について、土木学会論文集C, Vol.62 No.2, pp546-561, (2006)

1968年十勝沖地震による鉄筋コンクリート造建築物の被害と教訓

岡田 恒男

●東京大学名誉教授、(財)日本建築防災協会 理事長

1. まえがき

1891年濃尾地震による災害が耐震工学研究の、また、1923年関東大震災が翌1924年に市街地建築物法への耐震設計規準の導入のきっかけとなったように、1968年十勝沖地震による建築物の被害、特に、当時の耐震規準に従って設計され、かつ、良好な施工がなされたはずの鉄筋コンクリート造（以下、RC造と略記）建築物の被害は、その後の耐震設計法の発展に非常に強いインパクトを与えた出来事であったと言ってよいであろう。駆け出しの研究者であった筆者にとっても、極論すれば一生の研究生活の方向が定まったと感じたほどの地震被害であった。40年経った今、この地震による被害を振り返り、得られた教訓などを整理してみたい。ただし、地震被害の詳細については、末尾に記した文献等を参照願うこととし、ここでは、被害の概要とこの地震被害より得られた教訓などを筆者の手持ちの資料と記憶などに基づいて述べることにしたい。なお、本稿は文献8)と重複した部分が多いことをお許し願いたい。

2. 地震気象

まず、地震気象を簡単に振り返ってみよう〔文献1)による〕。気象庁によれば、地震が発生したのは、1968年5月16日午前9時45分過ぎ、震源は、青森県八戸市東方約180km、北海道襟裳岬南方約160km、深さ約20kmで、規模は $M=7.8$ であった。震度は苫小牧のⅥが最大で、被害の大きかった青森県および北海道の太平洋沿岸のいくつかの市・町でⅤであったが、現地調査を行った際の印象では八戸市の一部などでは震度Ⅵ相当の被害であった。

3. 強震記録

十勝沖地震で特筆されることの一つは、当時としては多くの強震記録が採取されたことである。文献1)によれば、北海道地区には19台、東北地方には32台の強震計が設置されており、本震、余震合わせて17個の50gal以上の加速度が記録されたとされている。日本における強震計の設置は1950年初頭から開始され、1964年新潟地震の際にもいくつかの記録が採取されているが、これだけの数の強震記録が採取されたのは初

めのことであった。しかしながら、被害の激しかった地域での記録は、運輸省港湾技術研究所が八戸港湾に設置していた強震計の記録が唯一のもので、RC造建築物に被害のあった市街地などには強震計は設置されていなかった。八戸港湾で観測された最大加速度はNS225 gal、EW183 gal、UD114 galで、応答加速度スペクトルの最大値は減衰定数5%で約800 galであったが、被災建築物の解析結果などから大破した建築物のサイトでの地震動はこの記録を上回っていたのではないかと推定もなされている〔文献2)〕。

4. 被害状況

人的被害は、死者48名、行方不明4名、負傷者329名であった。建築物被害は、全壊676棟、半壊2,994棟、一部破損15,483棟であった。

被害建築物で特に目立ったのは、1960年代に建設された建築後10年以内の低層のRC造公共建築物の被害であった。RC造建築物の被害の特徴は、柱、特に、短柱のせん断破壊に起因したケースが多く、長柱の場合も柱頭、柱脚部での曲げ・せん断破壊を生じたものが多い。文献1)によれば、大破以上の被害を受けたものは15棟とされているが、以下に、代表的な大破建築物の被害の概要を示す。

①八戸高専：1963～67年建設の地上3階のRC造校舎群（校舎3棟とそれらの連絡棟）。桁行き方向（耐震壁のほとんど無い方向）の短柱の多くがせん断破壊した（写真1）。



写真1 八戸高専：短柱のせん断破壊

- ②八戸市役所：1960年建設のRC造地上4階、地下1階、5層ペントハウス付きの庁舎。一部の柱、壁がせん断破壊し、ペントハウスの最上層が倒壊、落下した。
- ③八戸図書館：1961年建設のRC造平屋建て。桁行き方向に耐震壁が偏心配置されていたので、建築物全体として平面的なねじれ振動により破壊した。耐震壁にはせん断きれつが生じ、柱（長柱）の柱頭、柱脚部が曲げせん断破壊した（写真2）。



写真2 八戸図書館：柱の曲げ・せん断破壊

- ④八戸東高：1963年建設のRC造3階建て。基礎梁と基礎フーチングの間の短柱部分がせん断破壊した。
- ⑤三沢商高：1964年建設の地上3階のRC造校舎。短柱が桁行き方向にせん断破壊した。
- ⑥むつ市役所：1962年建設のRC造地上3階の庁舎。3階の一部の柱が崩壊し、屋根スラブが沈下した。
- ⑦上北農協：1965年建設のRC造3階建て。1階の柱がせん断破壊した。
- ⑧野辺地消防署望楼：1967年建設のRC造2階建て庁舎に5層の望楼が付属。望楼の脚部が破壊した。
- ⑨函館大学：1964～66年建設の地上4階のRC造校舎。1階が崩壊した。

5. 被害の原因と得られた教訓

地震直後から、多くの研究機関により被害の詳細、被害原因についての調査が行われている。文献1)は被害調査の報告を主体としているが、個別建築物の被害原因について触れられている箇所も多い。文献2)には、日本建築学会論文報告集に発表された十勝沖地震関係の21編の論文と8編の討論が収録されているので参考となる。文献3)は壁率ならびに柱率と被害との関係を調査したもので、壁の少ない建築物ほど被害が大きい事を被害建築物のみならず無被害建築物の調査結果も含めて実証的に示した論文である。また、これらの調査結果に基づき、十勝沖地震での被害の状況と原因をマクロに捉えたものには文献4)、文献5)ならびに、文献6)などがある。

ここでは、これらの文献に記載されている1968年十勝沖地震で得られた教訓のうち、極めて単純明快で、かつ、その後の耐震設計に大きな示唆を与えた2つの例を紹介しておく。

5.1 剛性、強度、じん性と地震応答変位との関係について

1968年十勝沖地震の教訓を端的に表したものは、地震の直後に日本建築学会に設置された鉄筋コンクリート構造震害対策特別委員会報告（主査：梅村魁）に示された、『同じように建築基準法、同施行令、日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準」などの規定に従って設計された建物でも、その耐震性能はさまざまで、通常予想される程度の地震では被害をうけるものも含まれている。』との一文ではないかと思う。これは、文献4)の日本建築学会「建築雑誌」に発表され、文献5)の「鉄筋コンクリート構造計算規準（1971）」の付1にも転載されている、「鉄筋コンクリート構造物の地震対策 - 1968年十勝沖地震による被害にかんがみて -」の一部である。

この内容は、RC造建築物が水平地震力を受けたときの水平力—変位関係を模式化した図1を用いて次のように説明されている。

すなわち、ここでは建築物の性質が強度と剛性ならびに変形限界により4種類に分類されており、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲは中低層RC造建築物を、Ⅳは超高層建築物を想定している。また、●印は地震時の予想応答変位、×印は変形限界である。

Ⅰに分類される建築物は壁が多く、剛性・強度とも非常に高い建築物で、このような場合には、通常、設計震度0.2で設計されているにもかかわらず結果として終局強度が設計震度の数倍程度と非常に高いので被

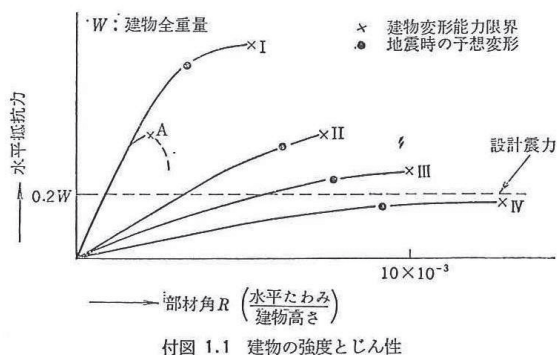


図1 建築物の剛性・強度・じん性と地震被害
[文献5)より引用]

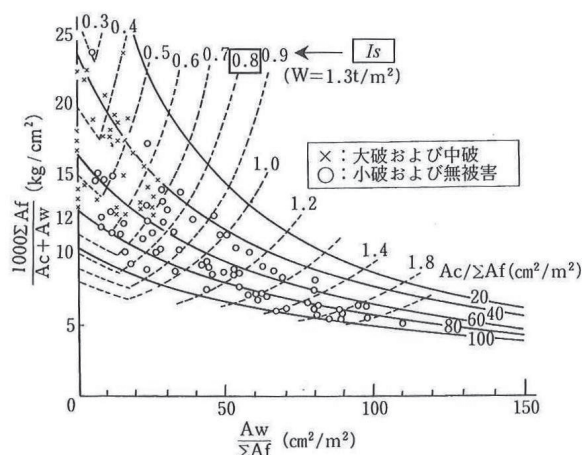
害が少ない。しかし、この種の建築物、あるいは、Ⅱに分類される建築物でも強度あるいは変形限界が中途半端な場合には破線で示したように、設計震度より強度が高くても、十勝沖地震時の激震地での入力震度には耐えられず大被害を生じている。文献1)、文献2)などによれば、先に述べた被害建築物では、八戸高専、八戸市役所、八戸東高など短柱の多い建築物が代表的な例で、終局強度が設計震度の2倍以上ある建築物でも大破したとされている。

Ⅲは壁の少ないラーメン構造で、終局強度は設計震度に比べてあまり高くない。もし、変形限界(×印)が予想応答変位(●印)より大きければ破壊には至らないはずであるが、八戸図書館、むつ市役所、函館大学などの大破建築物ではじん性に乏しく、応答変位が変形限界を超えて被害を受けたものと考えられている。

Ⅳは参考までに超高層建築物を想定し記入したものであるが、丁度この年にわが国はじめての超高層建築物である霞ヶ関ビルが完成している。

5.2 壁量・柱量と強度・被害程度について

志賀敏男らは、壁量・柱量と被害程度との関係を調査し、壁量・柱量の少ない建築物に被害が集中していることをいわゆる志賀マップを用いて示した。図2は、文献3)の志賀マップに、文献7)の既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準の第一次診断法によるIs値、すなわち、建築物の構造体の耐震性能を表す指標の推定値を重ね合わせることにより壁量、柱量と強度、被害との関係を解釈しようとしたものである。志賀マップによれば、被害は横軸が小さく、縦軸が大きいゾーンの建築物、すなわち、壁量が少なく柱量の少ない建築物に生じていることを示している。一方、図中に左下がりに記入されている曲線は、文献7)の第一次診断法によるIs値の推定値、すなわち、終局強度



解図 5.2-1 第一次診断用 Is と震害 (参考文献(4)に加筆)

図2 志賀マップと第一次耐震診断Is値
[文献7)より引用]

の概算値で、図の左上ほどIs値が低いことを示しており、志賀マップに示された被害建築物ゾーンは結果的に終局強度の低いゾーンであったと解釈できよう。

6. 耐震設計、耐震診断への反映

以上、概要を述べたように十勝沖地震によるRC造建築物の被害は、一律に標準設計震度0.2に対する許容応力度設計(強度設計)という当時の耐震設計法に大きな警鐘を鳴らした。すなわち、通常の大地震時には、応答加速度の最大値が1G程度になる可能性は十分あり、このような地震外力に対して、設計震度0.2で設計された建築物が大破・崩壊などの被害を免れるためには、耐震壁を多く配置して実質的な強度を高めておくか、あるいは、強度が十分でない場合にはじん性を付与しておく必要があることが明らかとなった。しかしながら、当時の建物で大きな被害を免れたのはどちらかといえば、前者の、耐震壁が多く配置され実質的な強度が高められていたものがほとんどで、じん性に富む建築物はほとんど無かったため、設計震度0.2に対して強度に余裕のない建築物が大きな被害を受けた。

このため、建築基準法施行令が柱の帯筋規定を強化することでじん性を高めることを主眼として1970年に改定され、日本建築学会の鉄筋コンクリート造計算規準も柱のせん断破壊を防止しじん性を高めることを目的として改定された。更に、1981年には、建築物のじん性に依じて水平力に対する終局的な強度を保有させる、いわゆる、新耐震設計法が建築基準法施行令に採用されることとなった。

また、これらの動きと並行して既存建築物の耐震診

断・耐震補強の研究開発も促進され、1977年には、建築物の終局強度とじん性を組み合わせて耐震性能をIs指標という一つの指標で評価する「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準、耐震改修設計指針・同解説」が刊行された。

7. 結びに代えて

1968年十勝沖地震による被害と教訓を理解しやすくするために、まず、当時の建築物の建設状況、特に、耐震設計の状況を振り返り、次いで、この地震により得られた教訓が世界の地震国における耐震設計法にどのように影響を与えたかについて述べてみたい。

当時は、1964年東京オリンピックを目指した建設ブーム、ならびに、その余波が続いている時期で、RC造あるいは、鉄骨造、鉄骨鉄筋コンクリート造などの近代建築が全国に普及し始めていた時代である。そのような時期にあって戦後建設された近代建築物が最初に大地震に見舞われたのは、1968年十勝沖地震の4年前の1964年新潟地震である。

この地震では、地盤の液状化により建築物、橋梁など多くの近代構造物が沈下・傾斜などの被害を受けた。今でこそ、軟弱地盤の液状化は地震対策の主要な項目の一つと認識されているが、当時は、通常の建築物の耐震設計に考慮されることは極めてまれで、軟弱地盤の液状化対策がなされるようになったのはこの地震以降であると言ってよい。ただし、この地震では、傾斜、沈下により建築物に被害が生じた例はあったものの、建築物自体の振動による被害はそれほど目立たなかったため、建築物の上部構造の耐震性についてはあまり調査が行われず、耐震設計法についての検討もなされなかった。それどころか、RC造4階建ての壁式アパートが完全に転倒してもひび割れ一つ入っていなかったことから日本の建築物の耐震設計は過剰設計ではないかとの声すら聞こえるほどであった。実は、震源域近くでは4年後の十勝沖地震による被害を示唆する、RC造学校校舎の柱がせん断破壊するなどの事例もあったが、地盤の液状化による被害の大きさに比べて数もわずかであったためあまり関心を引くことがなかった。

更に、1968年十勝沖地震の被害を理解するうえで、当時の建築物の構造あるいは構法についても触れておく必要がある。図1では、建築物の水平力に対する性質を4種に分けて説明しているが、建築物の構法から見ると大きく2種類に分けても良いかと思う。

一つは、図1のIのタイプで代表される壁の多い建物である。1924年に市街地建築物法に導入された建築物の耐震設計法は、恐らくこの種の建築物を想定して

いたものと思われる。しかしながら、戦後、欧米の近代建築の影響を受け、壁の少ない、あるいは、まったく壁のない純ラーメン構造が多く建設されるようになってきた。にもかかわらず、耐震設計は、壁が多い建物とまったく同じ手法で行われていた。更に、構造計算法の技術開発が進み、水平力に対する強度が耐震設計法に規定されている設計震度0.2に相当する強度に限りなく近い建築物、すなわち図1のⅢのタイプで、かつ、じん性のあまり無い建築物が建設されるようになっていた。標準設計震度0.2に対する許容応力度設計（強度設計）という当時の耐震設計法では耐震性を確保しきれない建築物の出現である。この種の建築物のストックが増えつつある時期に生じたのが1968年十勝沖地震であった。ただし、当時の世界の地震国での耐震設計法は基本的にはほとんど同じ考えに基づいていた。それどころか、日本の耐震設計規準が要求している設計震度0.2は当時の世界の設計規準の中では最も高いもので、例えば、米国のカリフォルニアの規準が要求しているレベルの2倍から3倍であった。

そのため、1968年十勝沖地震での建築物の被害は米国の耐震工学の研究者の関心と呼び、1970年に仙台で開催された「学校建築の耐震安全性に重点を置いた耐震工学」に関する日米セミナーを皮切りとして、日米の協力研究が開始されるようになった。ほぼ、時を同じくして、1971年には、米国カリフォルニア州でサンフェルナンド地震が発生し、耐震設計された建築物、橋梁などに被害が生じたこともあり、耐震設計法の見直しを目指した多くの研究プロジェクトが日米双方で開始されるようになり、日米協力研究も本格化されるようになった。

これらの結果、日本に於いては1981年に、いわゆる、新耐震設計法が建築基準法に採用され、米国においても1980年代に耐震規準が改正され、表現は異なるが、ほぼ日本と同じ考え方に基づく耐震設計法が採用された。今や、世界の地震国の建築物の耐震設計法は、ほぼ、1G相当の設計用水平力を基準としてじん性に依じてこれを低減する、いわゆる保有耐力設計法が一般的となっている。

1968年十勝沖地震の教訓を反映して世界の耐震設計法は進化し、地震災害は軽減されつつある。しかしながら、日本も含め世界中の地震国では、大地震が発生するたびに建築物の被害が繰り返されていることも現実である。

このような地震被害を軽減するための今後の課題を
順不同で思いつくまま記すと、

- 1) 地震学の進歩を反映した設計用地震動の評価、
 - 2) 建築物の用途に応じた許容損傷の評価
 - 3) 建築物の強度とじん性、および地震応答量の評価
 - 4) 耐震基準の健全な普及
 - 5) 人材の育成
- となろうか。1968年当時に議論した課題が、依然として古くて新しい課題である。

参考文献

- 1) 日本建築学会編「1968年十勝沖地震災害調査報告書」
1968.12
- 2) 日本建築学会編「1968年十勝沖地震調査研究論文集」
1971.09
- 3) 志賀敏男、柴田明德、高橋純一「鉄筋コンクリート
造建築物の震害と壁率」日本建築学会東北支部研究
報告、No.12、1968
- 4) 日本建築学会「建築雑誌」1969.1
- 5) 日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準」
1971
- 6) 梅村魁編・著「鉄筋コンクリート建築物の動的耐震
設計法」1973.08
- 7) 日本建築防災協会「既存鉄筋コンクリート造建築物
の耐震診断基準・同解説」1977（初版）、1990、2001
（改定）
- 8) 岡田恒男「1968年十勝沖地震と鉄筋コンクリート造
建物」建築防災、2000.12

建築分野の被害と教訓 (宮城県沖地震を中心として)

柴田 明徳

●東北文化学園大学

1. はじめに

1978年6月12日に発生した宮城県沖地震 ($M=7.4$) は、当時人口63万の仙台市を直撃し、建築物や土木構造物に大きな被害を与えるとともに、電気、ガス、水道、交通、通信等の近代都市のライフライン機能にさまざまな障害をもたらした。全壊家屋は1183、死者は28人を数えた。

この地震の後、建築物の耐震設計法改定の機運が高まり、1980年には建築基準法が改正され、1950年の建築基準法制定以来30年を経て、動的設計及び弾塑性設計の新しい考え方を取り入れた「新耐震設計法」が制定された。

ここでは、宮城県沖地震の与えたさまざまな教訓を振り返り、この地震が建築物の耐震設計法に与えた影響について考えてみることにする^{1), 2)}。

2. 建築物の被害

1968年の十勝沖地震では、鉄筋コンクリート造建物に厳しい被害が生じ、特に学校校舎の短柱の脆性的なせん断破壊が建築構造界の大きな問題となった。

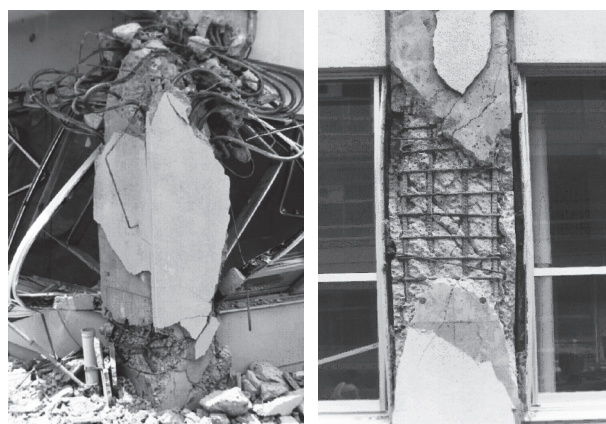
1978年宮城県沖地震でも、十勝沖地震と同様に鉄筋コンクリート造建物の被害が多く生じた。崩壊したものは5棟、大破が10棟以上出ている。耐震壁の不足した低層建物の1層部分の崩壊が多く見られた(写真1)。



写真1 鉄筋コンクリート造3階建物の崩壊

十勝沖地震の経験から、1971年に鉄筋コンクリート柱のせん断設計の基準が改定され、帯筋間隔の規定が

厳しくなった。写真2(a)は、宮城県沖地震の際の旧規定による柱の被害、(b)は71年以後の規定による柱の被害である。帯筋量の増加により柱の軸力保持性能は大幅に増大することが示された。(a)の建物は取り壊しとなったが、(b)の建物(泉高校)は耐震改修をして使用されている。



(a) (b)
写真2 鉄筋コンクリート柱の被害

大被害の建物が出た一方で、小被害や無被害で済んだ建物も多数あった。東北大学の志賀敏男博士は十勝沖地震の被害を基に、鉄筋コンクリート中低層建物の被害は壁と柱の分量でおおよそ決まることを、「志賀マップ」の形で示した(図1)。ゾーンAは危険、B

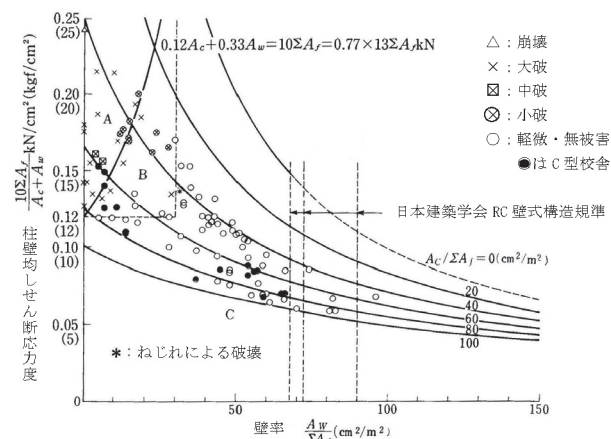


図1 志賀マップ

はやや危険、ゾーンCは安全領域である。これにより、実存建物の耐震性能には大きなばらつきがあり、安全な建物も多いが、被害を生ずるような建物もある割合で存在することが実証的に示された。志賀マップの考え方は、宮城県沖地震の被害にも良く当てはまり、中低層鉄筋コンクリート建物の耐震性能の簡潔で有用な評価法として、1980年の新耐震設計法における「2次設計を必要としない建物」のRC、SRC造の場合の検討手法に取り入れられた。

また、低層鉄骨造建物の被害も多く見られた。倒壊が8棟、大破が28棟生じた。写真3は、鉄骨造2階建て倉庫の1層部分の崩壊で、2階部重量による大きい柱軸力と壁面ブレースの破断が原因である。



写真3 鉄骨造2階建て倉庫の崩壊

またこの地震では、建築物の基礎杭に大きな被害が多数生じた。仙台市長町公営住宅（鉄骨鉄筋コンクリート造11階建て、入居直前）の場合には、コンクリート杭が頭部で圧壊し、全体が1/100程傾斜した（写真4）。この建物は、建物の基礎下を掘り、各戸境壁の下にピアを設け、被害部分の下に基礎を新設し、被害部を撤去してジャッキアップし、新旧基礎の間にコンクリートを打設する、という方法で復旧された（写真5）。

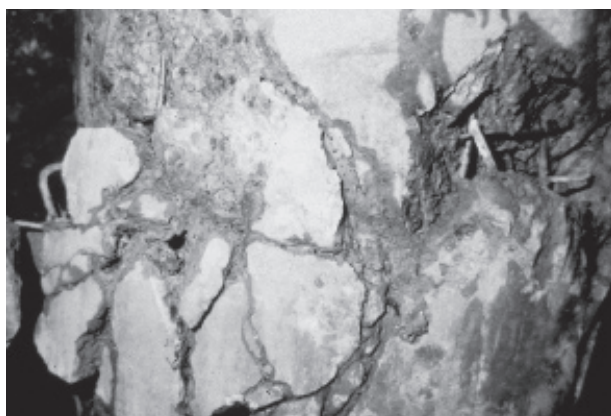


写真4 コンクリート基礎杭の圧壊



写真5 基礎杭頭の補修と補強

また、この地震においては、建物の骨組被害だけでなく、鉄筋コンクリート造の非構造壁の被害が目立った。片廊下型の高層住宅の玄関周りの2次壁にせん断ひび割れの生じたもののがかなり見られた（写真6）。これらの被害は、有事の際の避難・安全に関して重要な問題を提起した。



写真6 非構造壁のせん断破壊

家具転倒などによる室内での負傷の問題も宮城県沖地震で提起された重要な問題である。とくに、高層住宅の上層では、下層に比してはるかに転倒被害が著しかった。家具の壁への緊結、家具の配置の仕方等不断からの留意が必要であることが示された。高齢化の進む今日、室内の地震安全対策は大きな社会的課題の一つである。

窓ガラスの被害も著しかった。はめ殺しパテ止めのガラスが割れて街路に降り注ぐという事態が多数生じた。同様のガラス割れは、6月の宮城県沖地震本震の4ヶ月前に起こった2月宮城県沖地震（M=6.8）でも、仙台市内の各所のビルで生じている。この地震以後、

窓ガラスの耐震性に関する技術は大幅に進展した。

また、建築設備の被害による機能障害が極めて多数生じたことが特筆される。屋上水槽の破損、重量機器類の移動・転倒、配管・継手類の破損、器具類の落下・離脱等、建築設備のあらゆる分野にわたって被害が生じた。建築設備の耐震設計法の整備の必要性が痛感され、1982年には「建築設備耐震設計・施工指針」の初版が日本建築センターから刊行された。

宮城県沖地震は、建築構造の耐震に関する多くの課題と共に、地震時の生活空間の安全確保や建物機能の保全についての重要な問題点を我々に提示した。この地震で、ブロック塀や石塀の倒壊により多くの死傷者が出たことは、忘れてはならない。我々の生活の中に潜む危険を常に意識し、様々な視点から対策を考えてゆくことが求められる。

3. 強震記録と弾塑性応答解析

1978年宮城県沖地震では、仙台と東北地方の諸地域で、強い揺れの記録が多数得られた。

地盤の最大加速度は、仙台市で国鉄管理局432ガル(NS、B1F)、住友生命ビル250ガル(NS、B2F)、七十七銀行295ガル(NS、B1F)、東北大学建設系建物258ガル(NS、1F)、名取市の樽水ダムで235ガル(NS、堤底)、塩釜港で335ガル(NS、地表)、石巻市の開北橋で287ガル(NS、地上)、鳴子ダムで94ガル(NS、地上)であった。

また、東北大学建設系建物と住友生命ビルでは建物の応答記録も得られ、耐震設計上の貴重な資料となった。

図2は、東北大学工学部建設系研究棟(鉄骨鉄筋コンクリート造9階建て、写真7)の1階と9階の加速度強震記録である。NS方向の最大加速度は1階が258ガル、9階が1040ガルで、応答倍率は約4倍である。この建物は耐震壁にせん断ひび割れが生じたものの、大きな地震力に良く耐えることが出来た。



写真7 東北大学工学部建設系建物(改修前)

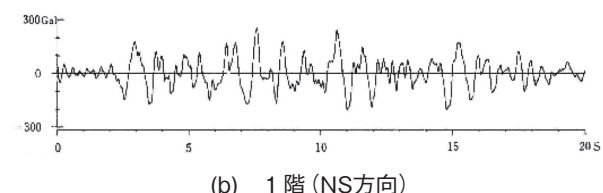
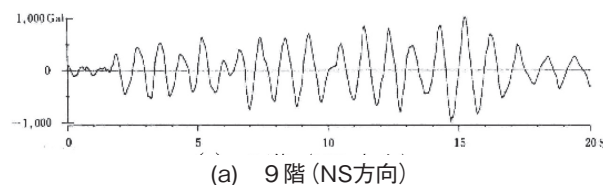


図2 東北大学工学部建設系建物の強震記録
(1978年6月12日)

この建物については、部材の非線形特性を、材両端に非線形曲げバネ、材中央に非線形せん断バネを有する部材モデルで表現した骨組地震応答解析が行われた。解析の結果は実測結果及び被害の状況と良く一致し、弾塑性振動解析の有効性が示された³⁾。図3は、梁間NS方向のコア耐震壁骨組の解析結果である。このような損傷を伴う強い地震に対する建物の揺れが実際に記録され、実証的にその応答性状が解明されたのは、世界最初である。

なお、この研究棟は、両妻耐震壁のコンクリートを打ち替え、桁行に鉄骨ブレースを入れて、2001年3月に改修されている。

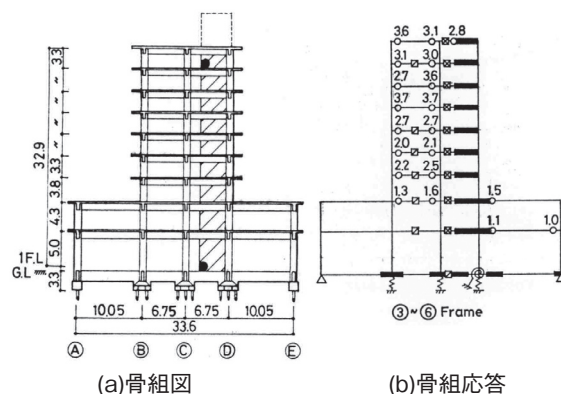


図3 東北大学建設系建物(梁間)
(数字：塑性率、□：せん断ひび割れ、×：せん断降伏)

4. 建物群の被害

仙台駅から東方約4kmの卸町にある敷地約55万 m^2 の仙台卸商団地は、最も激しい建物被害を生じた地区の一つである(図5、点線四角)。この地区は昭和41年から建設が開始され、昭和48年にはほぼ全体が完成した。鉄筋コンクリート造が193棟、鉄骨造が90棟で、大部分が3階以下の低層建物である。地盤は沖積扇状

地で、造成前は湿田であった。

卸商団地では、建設年代・構造形式・地盤状況等の条件が比較的揃っているため、ある区域内の全ての建物を群として捉える全数調査の方法が採用された。

鉄筋コンクリート造建物の全数被害調査の結果から得られた被害率は、無被害が75.6%、小破が15.5%、中破が4.7%、大破が2.6%、全壊が1.6%であった[4]。

ある区域内の建物群の全数被害調査の方法は、この後の地震被害調査で広く用いられるようになった。

また、東北工大小野瀬順一博士は、卸町の商業団地に残されていた団地内建物建設時の大量の図面を基に、建物群としての耐震性能(耐力指標)の分布を対数正規分布の形で求めた(図4)。建物の耐震性能分布の概念は、その後の地震被害想定における建築物の被害予測に広く使われるようになった⁴⁾。

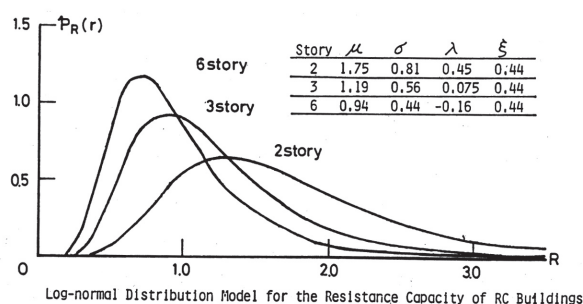


図4 鉄筋コンクリート造建物群の耐震性能の確率分布

5. 地盤と被害

建築物の被害分布では、地盤条件との関連が明らかに見られた(図5)。広瀬川段丘上の仙台旧市街の硬地盤での被害は軽微であったが、仙台東部及び南部の沖積軟弱地盤での被害は著しかった。

また、仙台市周辺の丘陵地での盛土や埋土の造成宅地被害が多数生じ、宅地造成のあり方が大きな問題となった。

1978年宮城県沖地震の後、東北工業大学の阿部良洋博士等により、仙台市内の地盤特性の異なる上杉、卸町、長町の3つの区域で、区域内の鉄筋コンクリート造建物の全数被害調査が行われ、地盤と被害率の関係が検討された。上杉地区は、洪積段丘上の硬地盤地域、卸町は軟弱な沖積表層地盤の地域、長町は沖積地盤が互層の複雑な地盤の地域である。

中破以上の被害率は、上杉、卸町、長町でそれぞれ3.4%、8.9%、10.2%、また大破以上の被害率は、それぞれ0%、4.2%、5.1%となっており、軟弱沖積地盤上の被害が、洪積硬地盤上の被害より大きいことが示された(図6)。このような建物群の被害率は、実存建物

の耐震性能のばらつきと建物に作用する地震力のばらつきの2つの要因によって大きく影響されると考えられる⁴⁾。



図5 建築被害と地盤

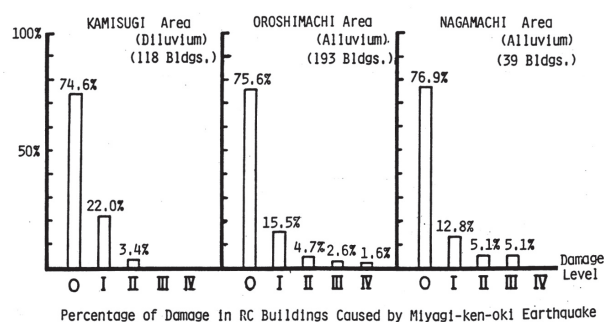


図6 RC造建物の被害率と地盤

都市内の各地域の地盤特性を表層地盤から深い地盤構造まで詳しく把握し、地域特性による地震入力の相違を明らかにして、その結果を建物の耐震設計用地震力の評価や耐震改修などの都市耐震化対策に生かしてゆくことが今後必要である。

6. むすび

1978年宮城県沖地震は、近代都市の諸機能に対して地震がどのような被害を与えるかを如実に示した。

1968年十勝沖地震以来積重ねられてきた広範な建築構造研究の集成があり⁵⁾、これに宮城県沖地震の大きな経験が加わって、1980年に建築基準法が改正され、新耐震設計法が成立した。これにより、わが国の建築構造の耐震性能が大幅に向上したことは、1995年の阪神淡路大震災における建築被害の実態を見ても明らかである。

また、建築物の動的弾塑性解析手法もコンピュータの高速化に伴い大きく進歩し、骨組弾塑性応答が超高層建物の耐震設計に用いられるようになった。

新耐震設計法では弾塑性応答の性質を考慮するために全ての建物周期でエネルギー一定則が導入され、構造特性係数による架構のじん性能に応じた適正耐力の確保が定められた。

1995年阪神淡路大震災の後、建築基準法では仕様規定から性能規定への変革が行われ、2000年には限界耐力法が導入された。これに伴い、短周期におけるエネルギー一定則と中長周期における変位一定則の性質が考慮されることとなった。今後、変形量と共に適切な許容損傷度の設定と評価が、建築物の適正な耐震性能を実現する為の重要な課題となろう。

文献

- 1) '78宮城県沖地震の教訓－実態と課題－、宮城県、1980
- 2) 1978年宮城県沖地震災害調査報告、日本建築学会、1980
- 3) 志賀敏男・柴田明徳・澁谷純一・高橋純一、東北大学工学部建設系研究棟における強震応答実測とその弾塑性応答解析、日本建築学会論文報告集、第301号、昭和56年3月
- 4) 柴田明徳、都市域における建築群の震害確率の予測に関する考察、第6回日本地震工学シンポジウム、1982年12月
- 5) 建築研究報告No.79、新耐震設計法(案)、建築研究所、1977

機器・配管・タンクの耐震化の歩みと随想

柴田 碧

●東京大学名誉教授

0. 随想として

1958年に東海原子力発電所の耐震設計の委員会が発足して、委員として、この問題に着手し、それ以来、地震被害の調査が一段落した感じとなったのが、宮城沖地震であった。それまで、20年、それから、30年、50年がたった。4回?の定年を経て、地震調査の資料は簡単には出てこない。そこで、今回は、機械専攻の著者が、何故、地震に入れあげているか、まず随想的に記してみる。

1931年に生まれた著者の最初の記憶は、多分、1933年の横浜グリーン・ホテルでの、母のクラス会である。母の実家は横浜で、関東地震(1923年)で、父(著者にとっては祖父)を、失ってから、10年、まだ、一寸前の出来事であって、家での毎日の話題であった。そのころ、地震には敏感で、早朝の地震で、祖母に抱かれて、外に出て、明け方の欠けた月が美しく、怖かったのが、地震の最初の記憶であるが、この地震は同定できない。

同定できる、幼時の記憶に残る自然災害は、1935年の浅間山の噴火による東京の降灰である。自宅に来たあんまサンが、「灰が降って目に入ると大変だ」と云っているの聴いて、盲目の人の目に、何故、蠅(ミス・プリでない)が入るのか、不思議に思ったことを思い出す。数え年、四、五つのことで、この後、36年の2、26事件頃の何回の大雪など、記憶に多く、小学校に入る頃になると、気象(地震も)と鉄道が趣味になっていた。それが、やがて、専門に繋がっていく。

中・高での気象・地質、大学・教養での地学を経て、進学に際し、電気・土木・機械のいずれかと云う事から、機械へ、鉄道と関係のある、振動、ラプラス変換、それに新しい問題として、原子炉設計など、大学院時代に、原子力機関車のシステム評価や、原研国一炉(JRR-3?)の設計コンペについて、楽しんだ。先生方のご指導や、現在に至るまで現役の方も居る新旧大学院生Gとしての活動としてであり、最初の遊び的要素のある論文や、アイデアの具体的実現としての成果を得られた。

このような、経験の結果が、東海1号炉の耐震設計の業務(委員会)に繋がり、計算機の勃興、実験装置(振動台)の展開と、研究自体に結びついたのである。

1. 地震の状況の把握

東海ガス炉、JPDRなどの経験を経て、1960年代になって、通産省の原子力安全指針案が纏まり、その19章で耐震設計の基本的考え方が示され、これが、その後、日本電気協会のJEAG4601-1970となった。19章の作成は、動的解析と静的設計の綱引きで、6回の仮案作成の後、纏まった。これに伴い、配管の固有値解析と、固有値減衰値が先ず問題になった。固有値の問題は東海発電所のガス・ダクト(一次冷却系)の固有振動数・モードの問題から、入札各社の近似計算には共通の誤りがあり、実験的にも、実証できた。正確に求めるには、複雑な解析が必要とわかり、1962年から、当時、輸入が予定されていた、初の大型計算機のIBM 704の使用に向け進められ、これは1964年にDYNAPSと名付けた汎用プログラムとして完成した。固有値と共に、重要な減衰値についてを中心に、実配管についての実測が新設計で建設された品川火力、横須賀火力発電所などで行われた。

2. 機器・配管施設の地震被害調査、“知りたかったこと”

実際の地震で何が起きるか。これは地震を待たなければならない。小生の印象・記憶に残る地震について、表1に国内、表2に海外のものを、そのポイントのメモを付記して、宮城県沖のころまで、並べてあるが、これはその間の全てではない。この後の議論している問題で、著者にとって、なんらかの参考になった、記憶上重要な地震である。

先ず、“知りたかったこと”は、いわゆる損傷モードであった。1960年を過ぎて研究の進展に伴い、地震の被害調査の必要性を感じて、文献などで調査を行ったが、近時の地震は戦時中や、地域的關係から、東南海地震—1946の名港火力の煙突の損傷などの記録しかなかった。

3. 十勝沖地震まで

そのようなことから、建築物などに比し、多様性のある機器・配管などの施設では、地震被害調査が重要であると認識した。ここでの話題の、十勝沖、宮城県

表1 本稿に関連した、著者の印象に残った地震(国内)の年表と主題メモ

年	名称(月/日)	規模M	著者の立場でのメモ
1824	濃尾 10/28	M=8.4	曾祖母・負傷・敗血病死<彦根>
1923	関東 9/1	M=7.9	祖父死亡、火災被害<横浜>
1931	参考		著者誕生
1934	*		幼児時・最初のやや強い地震記憶
1941	*		房総半島沖震源、中震数回怖い記憶
1944	東南海 12/7	M=8.0	伝聞による鉄道橋梁大地震被害の記憶
1948	福井 6/28	M=7.3	東京・板橋でスロッシング発生確認
1952	吉野 7/18 h(深さ)=70	M=6.8	最初の強震の経験、<神戸・須磨>
1961	日向灘 11/27	M=7.0	最初の化学プラント被害の認識(写真)
1964	八郎潟(男鹿半島)沖 5/7	M=6.9	最初の現地調査、液状化
1964	新潟 6/16	M=7.9	液状化、プラント諸被害の認識
1968	十勝沖 5/16	M=7.9	本稿 主題 1 発電所・配管被害
1974	伊豆半島沖 5/9	M=6.9	断層直上 零加速度の例の確認(表2参照)
1975	大分県西部 4/21	M=6.4	局所特に上下動の高加速度(1G超)
1978	宮城県沖 6/12	M=7.4	本稿 主題 2
1983	日本海中部 5.26	M=7.7	タンク・スロッシングその他機構の確認

*印：記憶にあるが、理科年表などのカタログで見付らない

沖の二つの地震は、この分野の耐震設計法の確立に、それぞれが、マイル・ストンの役割を果たしている。以下、他の幾つかの同様な意味のある地震とともに、そのポイントを思い出してみよう。

1964年、3月にアラスカ地震があり、日本からの調査も行われた。施設に関連した情報は、新聞に小さく漁村でのタンク火災の報道があったぐらいのように記憶する。5月になって、秋田沖を震源とする地震があり、東大・生産研として、何人かで出かけた。国内出張の旅費も自由にならない時代で、翌月の新潟地震とともに、所長の配慮によった。八郎潟の干拓が進行中で、堤防が完全に消失するなど、液状化の凄さを知った。そして、6月の新潟地震であった。最初の時は、自動車会社の好意で、溢水地も走れるようにと、ディーゼル車に水、食料を積んで出かけ、まだ、2～30cmある水の中を横切って、新潟火力などの施設を訪れた。

1月後の生産研としての再調査の時と合わせて、新潟火力、日本石油、北越製紙、日本ガス化学、新潟鉄工などの調査を行い、液状化の被害のひどさを認識すると同時に、石油関係その他のタンク、火力配管系、製紙関係の機器など、今に至るまで、有益なデータが

得られた。中でも、印象に残るのは、製紙会社のZ型の架空配管の完全破断である。液状化による一方の支持に当たる建物の不同沈下・傾斜も要因に加わっていることが、後ほどの追跡でわかった。タンク火災は続いていて、1kmほど離れた地点からも、黒煙の隙間から見える炎の熱気が感じられ、輻射熱の凄さを知った。全般には、配管破損は、支持建屋などの構造物の損傷に起因するが、火力のボイラーやドラム・配管などのような、吊り下げた系は、応答は大きく、主管の損傷はなかったが、それに接続する小口径配管の破断を引き起こす可能性があることが判かった。これは、今回の話題の両地震でも見られており、配管破断のごく一般的なモードである。その他、水タンクの屋根が内側に破られていた例、マンホールの浮き上がりなど、当時としては、初めての損傷例をみた。これらの原因の究明は後の設計法の指針の改善に、タンクのスロッシングの問題の設計導入などとともに、役立った。また、日本ガス化学で、シアン配管が添架した構内橋が津波で変形し、工場長以下が真っ青になったと言う話なども印象的であった。これらは、後の高圧ガスの耐震設計告示などを経て、原子力発電所だけでなく、核燃サイクル施設の耐震化にも役立っている。

表2 著者の印象に残った地震 《海外分》

年 月 日	地震名称・地名など	規模	メモ、特記被害関係、震度
1556/12/12	甘肅一四川地域 華県	理科年表8.8,	830,000名、死亡 甘肅大地震、100万名死亡として著名
1872/3/26	Auence Valley, Cal.	M>7	長大断層(約400km) X ~ XI
1906/4/18	San Francisco	M=8.2	長大断層(320km、一説、800km) X
1933/3/10	Long Beach	M=6.3	最初の強震記録(Caltech) IX
1940/5/18	Imperial Valley	M=7.1	著名なエル・セントロ地震記録 X
1952/8/22	Kern County	M=6.4	著名なタフト地震記録 3連発 球形タンク倒壊 VIII
1960/5/21	Chile	M=7-1/2	チリ地震前震 Concepcion市、タンク亀裂
1960/5/22	Chile	M=8.3	翌日、三陸等津波被害
1964/3/28	Alaska	M=8.6	津波、海岸地すべり崩壊、油タンク被害
1971/2/9	San Fernando	M=6.5	都市被害、高速道路崩壊
1976/7/27	唐山	M=7.6	230,000名 死亡
1976/8/16	松潘 Sogpan	16日:M=7.2 22日:M=6.7 23日:M=7.2	西安・大雁塔のような石塔縦裂・連発 四川大地震の隣接区域
1977/3/4	Romania Vrancea	M=7.2	球型タンク倒壊、火力発電所被害
1978/6/20	Greece Thesaroniki市(震源東方約30Km)	M=6.5	R C工場、管制塔被害など、死者約50名、断層 直上での零加速度 VIII~IX
1980/1/24	Livermore, Cal.	M=5.6連発 1/27:M=5.2	核融合施設、ワイン・タンク被害、 両地震断層亀裂進展方向問題実証で著名
1983/5/2	Coalinga, Cal.	M=6.5 連発 5/9:M=5.2	穀物(マイロ)のスロッシング VIII
1984/4/24	Morgan Hill, Cal.	M=6.2	変電所被害

以上の出典文献

*1981 理科年表、世界大地震年代表

*地震(1995訳) B.A.Bolt著、松田ほか訳

*2001理科年表、世界のおもな大地震 (上記アメリカの著名地震は収録されていない、つまり、世界的な大地震でない?)

4. 十勝沖地震

それから、4年たって、起きた十勝沖地震は、著者にとっては三つのポイントで重要であった。八戸火力での配管系損傷が、主管にはないものの、全体には新潟火力と類似していて、配管支持部と接続小口径配管損傷の重要性の認識をした。もう一つは、少し離れた三井石油化学は建屋を除き殆ど損傷がなかった点、また、海岸沿いの化学工場などは無被害に近かった点などが一つと、その反面、丘の上の公共建築物の被害が大きかったことが、第三のポイントであった。計算手段の発展に伴い、構造の変化、特に計算外の壁量の減少が原因と言われているが、本稿の話題外なので触れない。しかし、このとき、見た短柱の問題など後ほどの研究に影響が残った。

その帰途、地点についての明確な記憶がないが、青森近くの石油輸送所で、タンク・ヤードの中型タンク

の”横ずれ”が、約20cm見られた。底板、基礎としての支持土(アスファルト固定)の表面とも損傷の無い状況での”滑り”で、非常に不思議であった。これに関係して、その後、Alaska地震のNAS報告書に、タンク中心付近までの粉雪の吸い込み、Coalinga地震でのマイロ(高粱の1種、表面の滑らかな細粒、飼料)の貯槽のスロッシングによる同様な滑りに加えて、日本海中部地震の秋田火力のタンク周辺に敷かれたジュート製・シートの縁の巻き込みなどから、タンクの浮き上がり時に、底部への空気の吸い込みかと考えるようになった。その後、横国大に移り、当時の助教授の高田一氏の磁気ヘッドの浮上の研究(東大修士時)経験から、その可能性があることがわかり、フィルム状殻のタンクモデルでの、修士論文としての実験で、浮上の状況の再現ができた。これは一見、不思議と思われる現象が、3事例+実験で解決出来た例である。

1969年、第4回地震工学会議(4 WCEE、チリ)の直前で、また、学園紛争の激化のところで、生産研のERSのリポートとして、佐藤壽芳氏と纏めて、南米まで担いでいった。この報告は、開会直後の全体講演に招待された形になったが、当時の南米は遠く、10時間ほどの便の遅れで、飛行場まで主催者が迎えに来てくださり、税関も省略したにも係わらず、僅かの時間差で間に合わなかった。しかし、大会場のプロジェクターの設備は悪く、かえって後での小会議でのセッションで発表した際には、新潟地震とこの二つの地震についての具体的状況についての質問も多く、この分野についての重要性、問題点を世界に示す機会になった。

5. 宮城県沖地震

この地震が起きたとき、高圧ガス保安協会で、17時30分から、高圧ガス関連の耐震基準の制定(通産告示515号、1981年制定)の為の重要度分類の具体的評価法についての、相談の打ち合わせ?で、先生方が数名集まって、雑談をしていた。ゆったりゆるる地震を感じ、ふと外を見ると東京タワーの先端が揺れているのが見え、皆、何処かでの大地震と、意見が一致した。まもなく仙台地区とわかり、また、それと前後して、20分ころに余震を感じた。タワーの先端の揺れから、一同、タンクのスロッシングの心配をしたが、間もなく同席の通産省の方が、仙台?通産局からの連絡で、「東北石油のタンクの損傷があり、海面に流出があるが、火災は起きていない、との報告」と聞いて、やっと安心した。5日ほど後に、現地を訪ね、タンクの下に潜り込み、状況を調べ、1961年のチリ地震の前日に、前震と思われる、Concon 地震で、チリ南部の都市、Concepcionの郊外の製油所であったタイプの底板と側板の間の亀裂と同様であることが判った。タンクの下に入ったので、作業衣を通して、下着まで重油が滲みていたのを思い出す。多少の脱線になるが、この損傷モードについては、思い出がある。前節で述べた、チリでの地震工学会議で、武藤清先生がチリ当局から、タンクなどの被害報告を受け取られた。、河角広先生が、スペイン語は知らないが、写真の説明ぐらいなら、訳せるといわれて、訳して、小生に下さった貴重な資料であるが、この頃は未だコピーも普及せず、河角先生の玉稿も今は見当たらない。この種のタンク損傷は、加速度荷重による座屈で、アルゼンチンのSan Janや、カリフォルニアLivemoreのワイン・タンク被害など小型薄肉のタンクで多く見られ、東大・生産研・千葉実験所の60tonモデルタンクでも、実地震で引き起こすことに成功した。座屈は理論に乗りやすく、基本的な研究は終わっていると考えられる

が、流体の高次振動と殻の高次振動の関連など不明な点が残っている。なお、チリにおける10年ほど前の製鉄所の被害は、痕跡が多く残っていて、大変、役立った。

話をもとに戻して、仙台、塩釜周辺のタンク損傷では、アンカー・ボルトの引き抜きの例や、水槽支持のボルトの破断機構など、新しい知見が得られた。また、当時、解析は進んで、研究員の成果の一部に、基礎の一部の陥没が浮き屋根タンク上縁(ウインド・ガーター)の座屈を引き起こすと云うのが有り、“本当か”という反論もあった。対象の寸法は小さく屋根のあるものであったが、上縁の座屈に加えて、頂部の座屈の実例が塩釜で見つかった。

東北電力新仙台火力、南仙台?変電所、東電双葉変電所などの被害も大きく、とくに、ボイラー内の、加熱管に被害があった。この種の損傷は、十勝沖地震などでも見られたが、炉内への汽水の噴出の程度なので、全て、メーカー固有の関連事項になっていて、ほとんど、詳しくは公表されていない。この調査で、都市ガスが止まると、中華料理が食べられないという、経験をした。これは、超高層ビル内に、都市ガスの中圧管を通すように、サンシャイン60の建設の時期に制限を緩和したことにも通じている。

この頃、ビルの屋上にFRP製の角型水槽が設置され出した。地下水槽からの圧送給水より手軽な為かとも、FRP技術の発展の成果からかとも思われる。この地震で、仙台市内のビルの貯槽が損傷して、大きな水の塊が、地上に降った写真が新聞に出たりした。話は脱線するが、脆い塩化ビニールの円筒水槽の実験を、高速撮影すると、容器の割れた瞬間は、水がほぼ円筒形をして、そのまま、振動台上にあるのが観測される。

当時、このFRP水槽の耐震性が不十分であることに気付いた、後発の大手メーカーは、著者らの研究室に研究員を派遣し、その設計法の確立と、標準設計法と本体・部品の開発を、1m角のパネルで行い、市場に出し始めていた。上述のように、著者は夕方の地震時は学外に居た。研究員に連絡すると、今夕中に仙台に向けて出発するとのことであった。あとで聞くと、水槽の、共通部品と、工員何人かが同行し、翌日早朝、仙台に着いて直ちに、各ビルを廻り、メーカーを問わず、無料で修理し、損傷部位のデータを取った。これは、営業面も含めて成功であり、同社の他種製品の高い知名度とともに、販売向上につながると共に、欠陥データの発見に役立った。そして、同社の設計手法を中心に、標準耐震設計手法の“標準”が確立したように記憶する。地震で業界の気持ちが一気に纏まった例かも知れない。

6. その後の地震と新しい損傷モード

1981年は、高压ガス製造施設の耐震設計に係る通産告示、515号が10月に示された。その他、原子力関係を含めて、いろいろな分野での耐震問題が、一段落した年である。しかし、それから、30年近く経った現在まで、耐震設計法が確立せず、地震の都度大きな損害を生じている分野もある。

宮城県沖地震でも被害の大きかった、電力碍子系の破壊のメカニズムは明確ではない。中国、松潘（今回の四川の地震域の近く）地震での、石塔（西安の大雁塔に似た）の縦裂と大型碍子の同様な破壊の関連は、脆い材料の損傷メカニズムの更なる研究の必要性を示している。タンクのスロッシングは、地震学者の努力によって、近年、高压ガス保安協会の仕事として、全国のマップが一応完成した。一方、球形タンクの、振れ倒壊は、世界でも例は少ないが、メカニズムがはっきりしていない。著者は、東大時代から、碍子の損傷については、専用の振動台の開発、また、振れ地動については、歯車の加工機用の、計測ピックアップの改造品による長期間の計測などを行い、一応の目は付いたが、実被害との対応が不十分で、一般的な設計法に

なるに至っていない。

四川の地震の報道写真でも、学校の損壊の写真などで、“おや”と思うものがある。このように、原子力機器などの施設などについても、地震ごとに、一般の被害調査で新しい損傷モードが見付かる可能性は大きい。

7. 中国、四川大地震の持つ意義

この章は、今回の四川の地震の機構が、われわれ工学者にとって、如何に（地震学の本質面で）重要かを述べる積もりのものであったが、余りにも、特集の主題から離れるので、下記のような短い記述で済ませ、いろいろな地震に応じた工学的問題は別途書く予定にする。

1点だけ記したいのは、四川大地震（汶川－Wenchuan－地震）のように、長大断層によって、発生した地震はわが国の耐震設計の条件としては考えられていない。1906年のSan Francisco 地震を始め、表2にも挙げた例がある。我が国では、東海、東南海、南海の連鎖発生が、話題に成っているが、中央構造線の活動の可能性のように、浅い活断層についての考慮が必要である事を示している。丁度、1ヶ月が経った今、著者として強く感ずる。近々、折を見て纏めたい。



写真1 第1震の震源地の汶川（Wenchuan）県付近の、映秀中学校・校舎 ©2008毎日新聞

著者が気付いた写真は、地震直後の別の角度の写真で、“あれ”と思った理由は、通常の場合、損壊によって、傾斜したRCの建物は、一体の箱状のまま傾斜するのみであるが、この例は、それにより、最上階が、さらに完全に損壊している。この程度の傾斜で損壊することは、強度（水平耐力）がかなり低いからと思われる。中国では、この種の建物は、一般には、メーソンリー構造と判断される。

現地調査と同時に、報道写真などを通じて得られる情報の分析の例として挙げる。

著者が見た写真は入手出来ず、この写真は編集委員会が、HPなどで探して、版權を入手されたものである。（毎日新聞、6月11日朝刊に“1ヶ月後の風景”としての記事の掲載用）。

映秀（鎮）：都江堰から、第1震源の汶川へ約20km行った街。

8. 終わりに

繰り返しになるが、機器・配管系の地震荷重による損傷の状況はさまざまである。勿論、建築・土木の分野でも、同様なことはあるが、それらの分野では、機器・配管施設ほどでない。特に、アンカー・ボルトのように、一見単純にみえるものに危険が潜んでいる。初期の原子力の塔状の容器のアンカー・ボルトの設計計算で、せん断のみを考慮して、転倒による引き抜きを忘れていた例が、よく話題になる。また、そのせん断計算の対象であっても、実際は3種ぐらいの損傷モードがある。わが国の耐震設計は、従来、関東地震などの影響も含めて、海溝型に気を取られ過ぎていた。兵庫県南部地震で活断層に主体が移った感がある。そして、長大断層型、と考へて居るうちに、東海、東南海、南海のほぼ同時発生で、鯨は挑んでくるかもしれない。損傷モードを知り尽くして、対抗するのは、大変、難しいことである。

産業などの多様性に富んだ仙台地域の次期宮城県沖地震は間近かとも云われている。その結果は？先週末にここで、執筆を終了したと思ったら、翌6月14日の岩手・宮城内陸地震であって、東北の被害地震の見出しを新聞スタンドでみた瞬間は、次期宮城県沖かと思ったが、また、異なった性格で、一関・西地点のV-合成加速度値は、4022Galと言う。海外の地震工学者が、一生に1度経験するかどうかのことが、わが国では、年に何回も起きる。最後に自分の文献(論文)を一つ挙げる。ASMEのPVPの依頼の稿で、小生にとって、最初に、日本の機械学会の論文集に論文が載ってから、丁度、50年に当たる。この間、ご指導、協力、戴いた皆様に感謝しきれない感謝を申しあげる。先生方のお名前を挙げて、御礼を申し上げるべきであるが、余りにも多くの方々なので、本稿の筋に直接関係のある2,3の方に留めた。また、常に問題を絶やさない鯨に“敬意”を表し、技術者として、それに負けない努力を続けることを表明する。

四川・秀英の写真の掲載を提案して下さり、その発見と手配、表作成などお手をかけた編集委員の先生方に厚くお礼申し上げます。

参考文献：

SHIBATA, H. : Modeling of Earthquake Motions for Seismic Design of Critical Facilities; Revision of Licensing Criteria of NPP, *Trans. of ASME, JPVT*, Vol.128, Nov.2006. p.486~501

1978年宮城県沖地震-ライフラインの被害と教訓

磯山 龍二

●日本技術開発㈱

地震発生

1978年(昭和58年)6月12日の夕方、東京六本木の東大生産技術研究所(現在は新国立美術館のあるところ)の地下通路を歩いていた際、やや強いゆれが襲ってきた。天井のむき出しのパイプががたがた音を立て、ちょっと怖かったのを今でも覚えている。といっても東京での震度はⅢ程度だったと思う。1978年宮城県沖地震(17:14頃、M7.4)の発生である。

翌日、博士課程1年であった著者は研究室(久保片山研)の調査団に加わり仙台に出発、途中の雷雨などがあって仙台に入ったのは翌々日の朝。仙台の町は特段の被害もなく静かでなんだかあっけない思いがした。実際、市街地中心部では被害は少なく、この時点では電気も復旧していたはずである。最初に情報収集にお邪魔した東北大学工学部のトイレに入って地震の影響、ライフライン被害の実態を身をもって経験することとなった(水が出ない、あとはご想像にお任せする)。

本文は著者等が宮城県沖地震に際して実施した調査・分析結果の概要をまとめるとともに、その成果が後のライフライン地震工学にどう活かされてきたかを概観するものである。後半部分についても著者の個人的な研究について概観するものであり、ライフライン地震工学全般のレビューではないことをお断りしておく。

被害の概要

1978年宮城県沖地震の被害は東部の平野における建物被害、周辺に広がる緑ヶ丘、南光台、泉市(現仙台市泉区)などにおける宅地造成地の被害、そしてこれら地区を中心としたライフライン被害が中心であった。もちろん、ブロック塀の倒壊により、十数名の方が亡くなられたことは明記しておかねばならない。

この地震に際して「都市型震災」という言葉が生まれた。仙台市における住宅全壊率が0.3%程度(約700戸)と低い状況にあったのに対し、都市ガスや水道等の供給処理施設被害による影響が深刻で、これらライフラインが止まるとたとえ住宅倒壊などの被害がなくとも都市生活が困難となる、といった意味合いで名づけられたものと思う。新聞などでは都市型災害という言葉が直後から使われていたが、上記のような意味合

いとしては、当時、東京大学助教授(現東京電機大学教授)の片山恒雄先生の命名であったと記憶している。その後、兵庫県南部地震等の震災を経て現在は明らかに異なった意味で用いられている。

実際、後に述べるように、ある程度の復旧に至るに都市ガスでは約30日、水道でも約1週間を要し、市民生活への影響はきわめて大きかった。

当時の新聞の見出しの一部を引用しておく。「生命線」という言葉は出てくるが、「ライフライン」という言葉が新聞紙上に出てくるのは数日後である。

機能マヒ 仙台大暗黒

すくむ足 走る悲鳴

午後5時15分 その時

生命線断たれ大混乱 ガスも電気もこない

主婦、買出しに殺到(河北新報、6/13)

県民生活はマヒ状態

ガス・水道・電気ストップ

飲食店など休業続出(河北新報、6/13夕刊)

ライフライン地震工学

□よく知られているように「ライフライン地震工学」は1971年米国サンフェルナンド地震の被害と経験から生まれた地震工学の新たな分野である。この地震においては病院等のビルディング、高速道路、ダムなど近代的な構造物に大きな被害が出たが、電力、水道、ガス等の被害とその停止による影響が深刻な問題となった(もっとも高速道路網もライフラインに含まれる)。何より、これら施設、構造物に対してハード的にもソフト的にもほとんど耐震的な配慮がされていなかったことが大きな反省となってライフライン地震工学の誕生を見たものである^{1,2)}。

□ちょうど同じ頃、我が国では初めての試みとなる東京の地震被害想定作業が始まっており、それには水道やガスなどの都市供給施設の被害推定も項目として取り上げられていた。このために、1923年の関東地震による供給施設の被害の調査・分析や、被害推定の面からのサンフェルナンド地震における管路の被害分析などが行われていた²⁾。また、日米によるライフライン

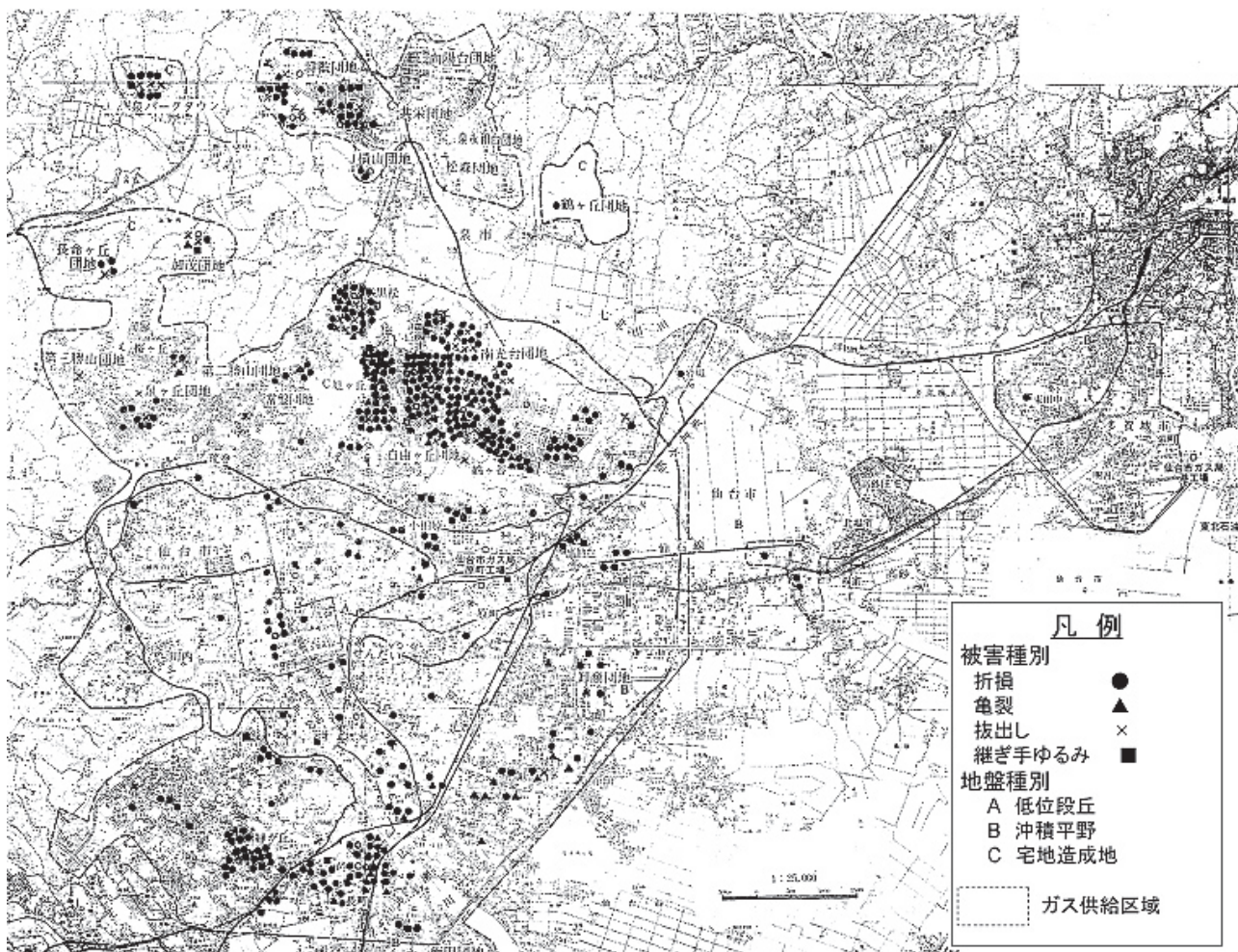


図1 仙台市におけるガス管(低压)の被害分布³⁾

ン地震工学に関する共同研究プロジェクトが立ち上がり、日米において、埋設管路の被害や供給処理施設の地震後の機能、影響等に関する研究が盛んになっていた時期であった。

宮城県沖地震の調査・研究

上記のようなライフライン地震工学の勃興期にあつて、ちょうど1978年宮城県沖地震が発生した。まさに、都市型震災であり、建物や土木構造物の被害がそれほどでなかったわりに供給処理施設の被害とその都市生活に与える影響がきわめて大きい地震で、やや大げさに言えばライフライン地震工学の体系化にはもってこいの地震災害であった。

東大生産技術研究所の久保片山研究室は当時ライフライン地震工学のセンター的な研究機関のひとつであったため、この地震による被害とその影響を徹底的に調査、分析することになった。当時の片山助教授の方針は、「ひとつの研究機関が、ライフラインの仕組みから被害、個々の被害が機能に与える影響、復旧の仕

組みと具体的方法・実施方、市民生活に与えた影響などを、ガス、水道、下水道、電力など横並びで統一的、体系的に調査、分析する」というもので、少なくとも当時では世界的にも例のないプロジェクトであった。

著者はそれまで久保片山研にあって地震動の研究にあたっていたが、とりあえず1年間はこの地震の調査、研究に専任することとなり、資料の収集、分析をはじめた。生まれて初めて現地で地震被害の調査を経験した影響が大きく、この問題にのめりこむことになったといつてよい。

ライフラインの調査といつても当時ほとんど例がなくどう進めてよいかまったくわからず手探りの状態から出発した。埋設管については工事台帳のコピーを送っていただき、1件ごとに場所を確認、管種、管径、被害形態などを記録していくという作業であった。調査、分析は片山助教授の指導のもと、増井技官(現長岡技術科学大学)、学生であった陣内君(現鹿島建設)と著者があつた。これらの調査研究成果は順次、「生産研究」に掲載された^{3~8)}。

以下に当時の調査結果に従い、主な調査、分析結果をまとめる。

○ 埋設管の被害

都市ガス、水道管について工事台帳からすべての被害を拾い、クロス集計により被害要因分析を行った。別途厚生省により宮城県下の水道事業体の被害率が整理されていたので⁹⁾地震動強さとの相関を見たが、これは失敗であった(地震動の観測点不足、地震動推定不完全)。

図1に仙台市の都市ガスの低圧管の被害分布を示す。被害は約540箇所(低圧本支管、供給管、灯外内管の合計)であるが、地域(地盤)を3区分して、要因分析を行った。この結果、

- ・ 仙台市北部、西部の丘陵に開かれた宅地造成地における被害が圧倒的。
- ・ 管種ではねじ継ぎ手鋼管の継ぎ手部の被害が大きい。
- ・ 口径が小さいほど被害が大きい。

という、今では常識的な事実が、一応、定量的に明らかになった。水道管についても同様の分析を行い(配水補助管を含めて約400箇所)、ガス管と同様の結果を得た。水道管では石綿セメント管、硬質塩化ビニール管、鋳鉄管、鋼管の管種別の被害の差異が明確であった(この順に被害が大きい)。

宅地造成地での被害が目撃されたが、著者らはいくつかの宅地造成地の造成図(切り盛り境界がわかる図面)を入手、ここに被害をプロット、分析した。この結果の一部を図2に示すが、切り盛り境界で被害が多いことが歴然としている。

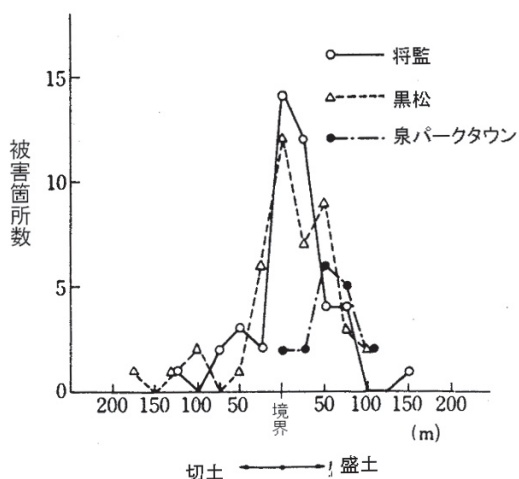


図2 宅地造成地における水道管の被害一切り盛り境界からの距離と被害箇所数⁴⁾

著者はこの原因として、盛土部のすべり等の静的な変位が原因と考えたが(動的変位とする考えもある)、

この経験が後の1983年日本海中部地震における液状化による側方流動の研究につながっていく。

著者らは後に埋設管被害推定式を提案しているが¹⁰⁾、この式の管種、管径別被害率補正係数は宮城県下の水道事業体被害率⁹⁾をベースにした。この係数は兵庫県南部地震の分析結果(後述)と比べて、少なくとも傾向はあっていた。また兵庫県南部地震の分析においても造成地に着目した分析を行ったが、宮城県沖地震の経験に基づくものであった。

○ 施設機能・復旧など

電力施設の被害は変電所の碍子類の損傷が中心であった。送電系統の基幹を形成する仙台及び宮城の両変電所の被害により、大規模な停電が発生した。停電範囲は宮城県内にとどまらず岩手、福島県の広い範囲に及んだ。ただし、送電系統の切り替えなどにより停電範囲を極限化、また、機器の置き換えなどにより停電は比較的短期に解消した(図3)。

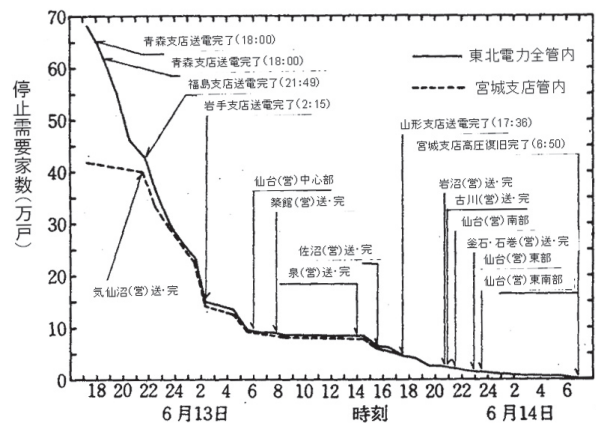


図3 東北電力管内の復旧状況⁶⁾

水道については、本支管の被害箇所は都市ガスよりやや少ない約400箇所であったが、基幹系統の管路に被害がなかったことから、断水は局所に限定され、またこれらも配水管網の操作及び修理により3日程度でほぼ断水を解消した。

都市ガスの復旧はきわめて複雑であった。仙台市ガス局には当時2箇所の工場があったが、市街地に近い原町工場のガスホルダーが倒壊、炎上した。しかし、この工場の供給能力は限定的であり、直接的な機能にこの被害は影響していない。ほぼ健全な状態で生き残った港工場の点検終了後、工場からのガスの供給は可能であった。しかし、中圧管網に4箇所の漏洩が発見され(いずれも伸縮継ぎ手、フランジの緩みなど軽微)、これらを修復、中圧管網は3日で復旧した。

続いて、低圧管網の復旧に入ったが、ガスという特殊性から、復旧手続きはきわめて複雑となった。まず、

全供給エリアをブロック化（管を切断、バルブを設置して分離、図4参照）、各ブロックを昇圧しながら、臭い検知器で漏洩箇所を発見、修理していくというものであった。その前にブロックの全需要家の閉栓作業も必要であった。修理が完了して漏洩がないと判断されたブロックについては、やはり各戸毎の開栓作業を経て供給再開となる。この手順を図5に示す。また、投入された人員と復旧率の推移を図6に示すが、90%を超えるのに20日間程度を要することになった。この復旧スタイルは兵庫県南部地震を含む、その後の震災でも変わらないが、宮城県沖地震でこの手法が確立されたといっていよいと思う。

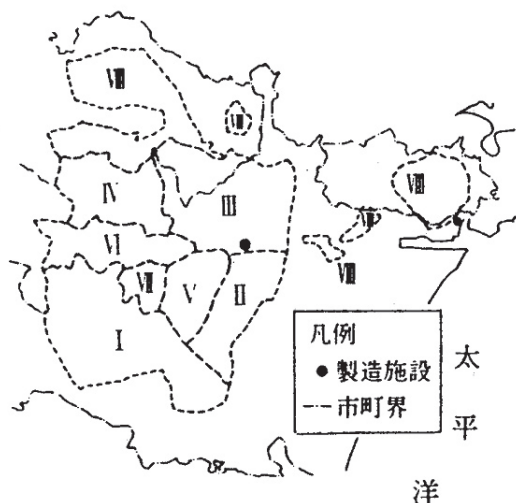


図4 仙台市の都市ガス復旧のためのブロック³⁾

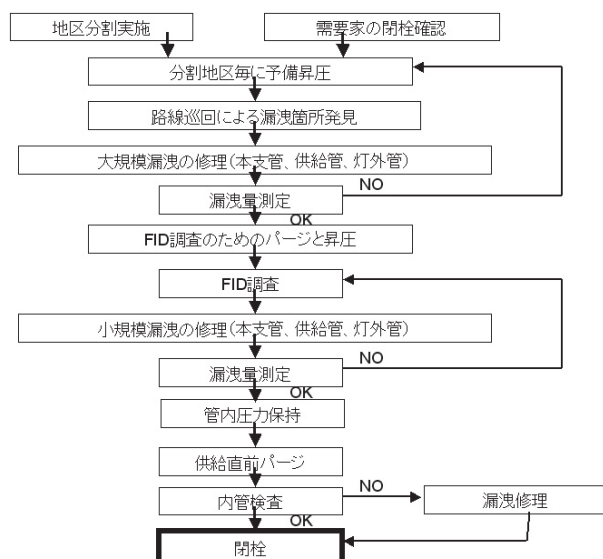


図5 都市ガスブロック分割後の復旧手順³⁾

下水道施設の被害はガスや水道の被害に隠れてあまり目立たなかったが、水洗トイレ普及率の比較的高い都市における初めての被害であったと思う。管路は随

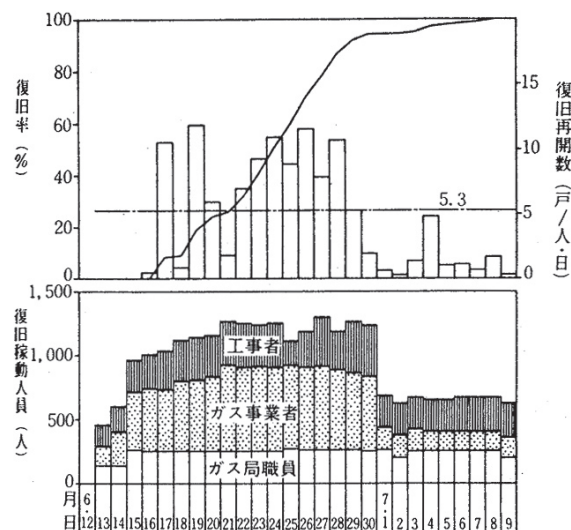


図6 都市ガスの復旧人員と復旧率の推移(仙台市)³⁾

所で継ぎ手の目地のずれ、管やマンホールのクラックなどの被害を受け、地下水の管内への侵入が著しかった。しかし、下水道管路は流下能力さえ保持されれば機能上はそれほど問題ではない（新潟地震の新潟、日本海中部地震の能代などでは液状化の影響で管の浮上、管内への土砂流入により流下能力がほぼなくなった）。問題はポンプ場の被害などによる機能停止であった。仙台市内11箇所のポンプ場の被害、稼働などの状況を表1にまとめる。施設、設備そのものの被害の影響もあるが、停電による機能停止、それも水冷式自家発電の機能支障（断水による）が目立った。このポンプ場機能不全により下水の河川への放流という緊急的な措置がとられた。

宮城県沖地震後の研究の進展と課題等

これまで述べてきた調査分析は地震後の約1年を費やして行われた。これを契機に著者は博士論文のテーマをライフラインの地震時の機能に関するものに変更することになり、宮城県沖地震における各ライフラインの挙動特性や問題を普遍化、一般化する作業から取り掛かることになった。

宮城県沖地震における各ライフラインの地震時及び地震後の挙動は以下のようにまとめられた。この特徴は兵庫県南部地震やその他の地震の経験を経てもそれほどおかしくはないと思っている。

[電力施設]：全国的なネットワークを形成しており、施設の大部分が地上にあり被害発見が容易・修理も早い。停電は広い範囲に及ぶが、ネットワーク特性を活かし復旧は早い。他施設や都市機能への影響がきわめて大きい。

表1 仙台市下水道施設ポンプ場の被害と機能の状況⁷⁾

ポンプ場		源	霊屋	米ヶ袋	愛宕橋	郡山	五ッ谷	鶴ヶ谷北	鶴ヶ谷南	苦竹	志波東	六丁目
種	類	合流式 有人	分流式 無人	合流式 無人	分流式 無人	合流式 有人	合流式 有人	分流式 無人	分流式 無人	合流式 有人	分流式 無人	分流式 無人
排水面積(ha)		55.84	16.60	243.54	158.78	920.00	121.52	139.30	168.00	320.42	53.96	108.00
排水量 (m ³ /sec)	汚水	0.134	0.014	0.510	0.067	0.419	1.007	0.135	0.149	0.236	0.033	0.151
	雨水	0.860				7.687	3.620			2.118		
被害	停電	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	断水			○				○	◎		◎	○
	自家発電装置 故障			○			◎	○	○		○	◎
	電気・機械 系統の故障					○	◎					○
	圧送管の破損			△		◎	△	◎				
	流入管の破損				◎*			○		△		
	建物等の被害	○				○	○	○		○		○
流入汚水の処理		圧送	放流	放流	放流	放流	放流	放流	放流	圧送	六丁目PS ヘオーバー フロー	放流
放流量(m ³)		—	少量	2,000	2,000	450,000	10,000	5,500	少量	—	—	3,000
放流先		—	広瀬川	広瀬川	広瀬川	名取川	広瀬川	近くの沼	高野川	—	—	用水堀
復旧日時(6月)		—	13日 0:30	13日 1:30	14日 16:00	23日 16:25	14日 17:30	14日 10:00	13日 10:00	—	13日 10:00	13日 9:00

* 流入管からの土砂流入(雨水管が誤接されていたため)

- 被害
◎ 最も復旧に影響を与えたと考えられる被害
○→○ 断水による自家発電装置の運転不能
△ 地震発生から約1ヶ月後に発見された被害

[都市ガス施設]:漏洩を放置すれば危険性大きい。被害の発見がきわめて困難である(臭い検知が基本)。復旧に膨大な人員・時間を要す。

[水道施設]:ガスに比べれば危険性は少ない。復旧にあたってネットワーク特性を活かし断水の極限化が可能。代替物がなく住民の要望最も多い。

[下水道施設]:基本的に樹木状ネットワークでリダンダンシー少ない。被害の発見、復旧は困難だが、緊急時には流れていればよい(管路が閉塞しなければよい)。排水不能による下水の放流、水域汚染の実例あり。使用停止、汚水溢れ出し、降雨による二次災害等の発生可能性あり。

上で述べた各ライフラインの特性はいずれも、ライフラインがネットワークから構成されるシステムであり、被害自体に加えてネットワークとしての機能が重要なこと、さらに復旧まで考慮する必要があることを物語っている。今では当たり前といえるかもしれないが、当時は宮城県沖地震の各ライフラインの調査・分析をひとつずつ行いながら理解していったように思う。

宮城県沖地震における我々の調査の目的のひとつは、やや大げさに言えばライフライン地震工学の体系化にあった(少なくとも著者の頭の中には漠然と)。

ただし、成果はすぐ出たわけではなく、何年か思い悩んだ挙句であったが。その一つの成果を図7に示す(文献11)に提案したものを整理したもの)。これはライフラインの地震防災対策の考え方、方法論を示したもので、ライフラインばかりでなく都市防災一般にも適用しうと思っている。これもいまだに完全ではないと思っているが、防災対策の目標の設定、被害とそれに伴う機能(影響)想定、問題点の把握と防災戦略の策定、それに基づく対策計画(アクションプログラム含む)の策定、対策の実施とPDCAループによるマネジメントの実施という最近の防災戦略、対策計画策定のひとつの雛形には到達した感はある。

おわりに

著者の個人的な体験と研究といった観点から宮城県沖地震におけるライフライン被害とその後の調査研究などを振り返ってみた。もちろん我々以外の研究者もこの地震の経験に基づき、活発な研究が行われ、この分野の様々な展開をみせた。ライフライン機能性の研究、復旧プロセスに関する研究、ライフライン相互の連関性に関する研究、被害推定に関する研究等、様々な研究成果が出ている。また、1995年の兵庫県南部地震の経験がこれに加わり、さらに多様な進展をみせて

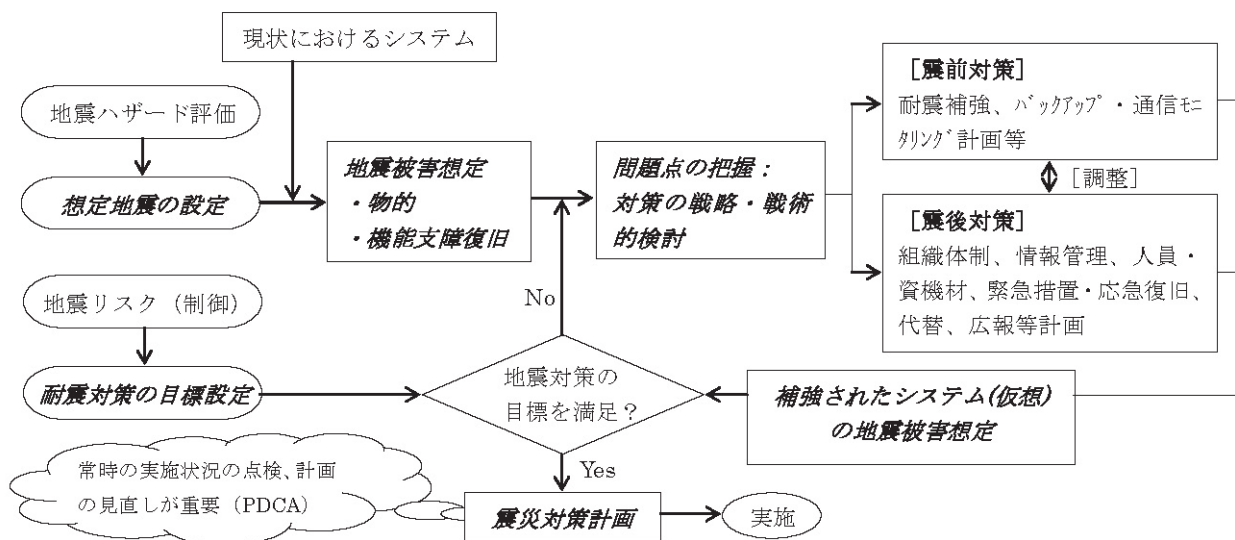


図7 ライフラインの地震防災の考え方

いる。もちろん、個別の要素の耐震性の問題も含めてまだまだ課題は多いが(というか答えはないと思う)、これらの成果は著者が長年従事しているコンサルタント業務においても実務で活かされ、防災に確実に貢献していると感じている。

最後に兵庫県南部地震における調査研究との関連を記しておく。兵庫県南部地震に際して、たまたま著者は水道管路の被害分析を行う機会を得た¹²⁾。本支管レベルで宮城県沖地震の仙台市の10倍にも及ぶ5000箇所以上の被害を扱うことになり、先に述べた宮城県沖地震のガス、水道管路に用いた手法をそのまま適用することにした。宮城県沖地震の際には母集団がそれほど大きくなく、普遍的なというには不満足な結果しか得られなかったが、兵庫県南部地震では確信を持てるレベルでの結果を出せた。GISというツールがあったればこそであるが、20年来気になっていた課題をこの地震でほぼ解決できたと思っている。

最後になったが、著者の地震工学のキャリアーの中でこの地震の経験は全ての基礎になったように思う。

この地震に際してライフラインの調査分析の機会を与え(その後も含めて)ご指導いただいた片山恒雄氏(現東京電機大学教授)に感謝してこの報文ともエッセイともつかない駄文を終わりたい。

参考文献

- 1) Earthquakes, lifelines and ASCE, Civil Engineering-ASCE, Dec. 1973.
- 2) 片山恒雄：供給施設の地震被害と地震防災、日本機械学会誌、第79巻、第689号、昭和51(1976)年4月。
- 3) 片山恒雄、増井由春、磯山龍二、甚内郁郎：1978

年宮城県沖地震による都市供給施設の被害と復旧－都市ガス施設－、生産研究第31巻、第2号、昭和54年2月。

- 4) 片山恒雄、増井由春、磯山龍二、甚内郁郎：1978年宮城県沖地震による都市供給施設の被害と復旧－上水道施設(その1)－、生産研究第31巻、第4号、昭和54年4月。
- 5) 片山恒雄、増井由春、磯山龍二、甚内郁郎：1978年宮城県沖地震による都市供給施設の被害と復旧－上水道施設(その2)－、生産研究第31巻、第6号、昭和54年6月。
- 6) 片山恒雄、増井由春：1978年宮城県沖地震による都市供給施設の被害と復旧－電力施設－、生産研究第31巻、第6号、昭和54年6月。
- 7) 片山恒雄、増井由春、磯山龍二：1978年宮城県沖地震による都市供給施設の被害と復旧－下水道施設－、生産研究第31巻、第7号、昭和54年7月。
- 8) 片山恒雄、増井由春、磯山龍二：1978年宮城県沖地震後の消防・救急活動とごみ処理、生産研究第31巻、第8号、昭和54年8月。
- 9) 鈴木繁：宮城県沖地震における水道の被害状況とその教訓(1)、水道、Vol.23、No.12、1978年12月。
- 10) 磯山龍二、片山恒雄：大規模水道システムの地震時信頼度評価法、土木学会論文報告集、第321号、1982年5月。
- 11) 磯山龍二：ライフラインの地震防災計画、土木学会誌、1988年9月号。
- 12) 磯山龍二、石田栄介、湯根清二、白水暢：水道管路の地震被害予測に関する研究、水道協会雑誌、第67巻、第2号(第761号)、平成10年2月。

宮城県沖地震の被害想定

田中 礼治

●東北工業大学ライフデザイン学部安全安心生活デザイン学科教授

1. 忘れられない「その時」

人生には、忘れられない「その時」が何回かある。1978年6月12日午後5時14分は、筆者の人生で忘れられない「その時」の一つに入る。結婚式なども忘れられない「その時」に入るが、地震の「その時」は結婚式よりも鮮明に覚えている。このことはこれまで一度も妻に話したことがない。この原稿を読まないように願うばかりだ。

地震の時、鉄筋コンクリート8階建ての7階の某先生の研究室にお邪魔し、ソファに座って話をしていた。本震の10分ぐらい前に小さな前震（ごく普通の小さな揺れ方）があり、その時は話を中断したぐらいで、逃げもしなかった。その10分ぐらい後に、また小さな揺れが2～3回やって来たので、またかと思っていますと、突然大きな揺れが襲ってきた。私は、とっさに廊下へ逃げ出していた。この日は6月だというのに真夏のように暑く、運よく廊下側のドアが開いていた。もしドアが閉まっていたらと思うとゾットする。

ほんの2～3秒間の出来事であったろう。廊下へ逃げ出したのはいいが、廊下の壁に両手を突いて立っているのがやっとで、とても歩行ができるような状態ではなかった。

大きな揺れ（揺れ方の表現は大変難しいが、揺れるというよりも、野球のバットで頭を左右から何回も殴られるようなショック的な揺れと表現した方が、分かってもらえるかも知れない。要するに、普通に揺れるというような表現の生やさしい揺れ方ではないのである）が何回続いたか記憶は定かではないが、ショック的な揺れが、これでもか、これでもかと襲って来た。（地震後、地震波を調べてみたら大きな揺れは15回程度で、時間はほぼ20秒間ぐらいであった。しかし、地震の時には、大きな揺れが5分間ぐらい続いたような錯覚に襲われた）

筆者と会話をしていた某先生は、机の下に隠れ怪我をせずに済んだようだ。地震の時は、自分自身を守るのが精一杯で、某先生が、どのような行動をとったのか実のところ憶えていない。ああいうとっさの出来事の場合は、自分自身の判断で身を処する方が、却って安全な場合が多いのかも知れない。

頭を野球のバットで左右から何回も殴られるようなショック的な揺れが20回も続いたろうか、ふっと揺れが小さくなり、やがてストップした。やはり最初に気になったのは、家の事であった。

次に頭に浮かんだ事は、こんなに大きな地震なんだから何処かで（本人は、地震が仙台市中心に起こった事をまだ知らない）相当な被害が出たんだろうな、また、地震被害の調査をしなければならないな、であった。

ここまで考えるのに5秒間ぐらいであったろうか。ふっと我に帰って見ると、待てよ、こんなに大きく揺れたんだから、もしかしたらこの建物も被害を受けたかも知れないと考え、家に帰る前に、まず8階にある研究室へ行ってみようと思った。8階へ行く前にドアから座っていたソファをのぞいて見たらガラスの本棚が上から落下しソファに鎮座していた。死と直面していたことを知った。

7階から8階へ階段を昇り始めた。

階段を昇っていたら、皆が我先にと駆け下りて来た。もう地震は来ないのにといいながら、8階まで昇って行った。

筆者の研究室の向かいでも、各研究室があり、筆者が研究室へ辿り着いた時、ちょうど向かいの室からいつも来る自動車のセールスマンが2人室から出てくる場所であった。その2人が出てきた室を見て愕然とした。なんと、天井の蛍光灯は壊れ、床に散乱しているし、机は1mも移動しており、本棚、キャビネットなど、背の高いものは全て倒れていた。また隣の室のドアが開き、男の人が青い顔をして出てきた。ついで、もう死にそうなほど青い顔をした女の人が狭いドアの隙間から出てきた。あまり、ドアの隙間が少ないので、どうしたのかなと思い近づいて見ると、何と、ドアの傍にあったロッカーが倒れ、ドアをふさいでいた。ロッカーを少し動かし、ドアに隙間を作り、はい出してきた。

ようやく筆者の研究室のドアのノブに手がかった。案の定ドアが開かない。筆者の研究室も、向かいの室同様ドアの傍にあったキャビネットが倒れ、ドアをふさいでいた。幸い研究室にはもう一つドアがあったので、そちらのドアの方へ行き、ノブを押して見ると何か

がつっかえていた、それでも、顔がようやく入るぐらいの隙間ができたので、室を覗いて見て、またも愕然とした。向かいの室と同じく、蛍光灯ランプが床に散乱していた。向かいの室の人の話では、大きな揺れが始まってすぐ、蛍光灯ランプが割れて雨のように天井から降ってきたそうだ。

本棚はすべて倒れ、倒れなかったキャビネットの引き出しは全て開き、机の引き出しからも物が散乱し、とにかく室の中で竜巻が大暴れしたような散らかりようであった。

顔を引っこめ、廊下を見渡すと、その頃には、向かいの各室からも青い顔した人、赤い顔した人が出て来て、もう逃げる気力もなく廊下にただ佇んでいた。

大きな地震に遭ったことのない方々のために参考になればと体験談を書いてみた。こんどの宮城県沖地震ではこの体験を生かそうと考えている。30年という歳月が同じ幸運をくれるかは疑問だ。



写真1 この建物の7階で地震に遭った

2. 1978年宮城県沖地震の被害概況

1978年宮城県沖地震の被害については日本建築学会「1978年宮城県沖地震災害調査報告」（昭和55年2月25日発行）に詳しく報告されている。以下に報告より抜粋して被害概況を表1に示す。

気象庁発表による地震の諸元は次の通りである。

発震時：1978年6月12日17時14分

震源の深さ：40km

マグニチュード：M7.4

1978年の仙台市の人口は62万4千人（宮城県統計課）であり、宮城県沖地震は戦後初めての都市型地震と言われた。死者28人のうち、石堀、ブロック堀、門柱などによる死者が17人と多かった。負傷者が11028人と多いのも特徴であった。負傷の原因の内訳は次のように報告されている。

表1 1978年宮城県沖地震の被害概況（文献1）

区分			計
人	死者	人	28
	負傷	人	11028
建物	全壊	棟	138
	半壊	棟	6238
	一部破壊	棟	127463
罹災世帯数		世帯	7778
罹災者数		人	29736

ガラスによるもの	22.5%
転倒、転落によるもの	22.5%
家具の倒壊によるもの	17.4%
落下物によるもの	13.1%
壁、天井の損害によるもの	5.6%
火傷	3.9%
ブロックの堀	1.6%

写真2～写真6に建築物などの主な被害状況を示す。



写真2 太平洋魚業の建物。1階が倒壊している。



写真3 オビサンの建物。1階が倒壊している。



写真4 パロマの建物。1階が倒壊している。



写真5 ブロック塀の倒壊例



写真6 石垣の倒壊例

1978年に地動250ガルを記録した住友生命ビル(写真7)は現在も現役で活躍している。



写真7 住友生命ビルの現在

1978年の3年後の1981年に宮城県沖地震の教訓などをもとに基準法が改正され、新耐震設計法(現行法)が導入された。この耐震設計法が1995年の兵庫県南部地震で耐震性が検証されることになる。兵庫県南部地震での被害状況を見ると1981年以前の建物に被害が多く、1981年以後の建物に被害が少なかったと報告されている。このことより現行法の耐震性が検証され、1981年以前の建物に対して現行法程度まで耐震性能を向上させることを目標とした「既存建築物の耐震改修の促進に関する法律」が1995年に施行され、現在多くの1981年以前の建物について耐震診断、耐震改修が行われている。

3. 1978年宮城県沖地震以後の宮城県での地震

1978年宮城県沖地震以後、宮城県では表2のように比較的大きな地震が4度も発生している。

表2 1978年宮城県沖地震以後の地震

年月日	地震	マグニチュード
2003年5月26日	宮城県沖の地震	7.1
2003年7月26日	宮城県北部の地震	6.4
2005年8月16日	宮城県沖の地震	7.2
2008年6月14日	岩手、宮城内陸地震	7.2

4. 宮城県地震被害想定

4.1 想定地震について

宮城県では、将来発生すると予測される地震について詳細な検討が行われている。

平成16年3月に宮城県防災会議地震対策等専門部会(委員長 柴田明德 東北文化学園大学教授)から「宮城県地震被害想定調査に関する報告書」が出されてい

る。以下に報告書より抜粋し宮城県地震被害想定について示す。

宮城県では「地震被害想定」調査を昭和59年～61年度（第一次）、平成7～8年度（第二次）、平成14～15年度（第三次）、の3回にわたって行っている。以下に述べるのは第三次のものである。これとは別に国の地震調査研究推進本部地震調査委員会は平成12年11月に「宮城県沖地震の長期評価」を公表しており、今後30年以内の地震の発生確率が99%であると発表している。

宮城県では次の3つの地震に対しての被害想定を行っている。

- ① 宮城県沖地震（単独）
- ② 宮城県沖地震（連動）
- ③ 長町－利府線断層の地震

上記3つの地震の想定マグニチュードは表3の通りである。

表3 想定地震のマグニチュード（文献2）

	地震	マグニチュード
①	宮城県沖地震（単独）	7.6
②	宮城県沖地震（連動）	8.0
③	長町－利府線断層の地震	7.1

想定地震の発生想定位置は図1の通りである。

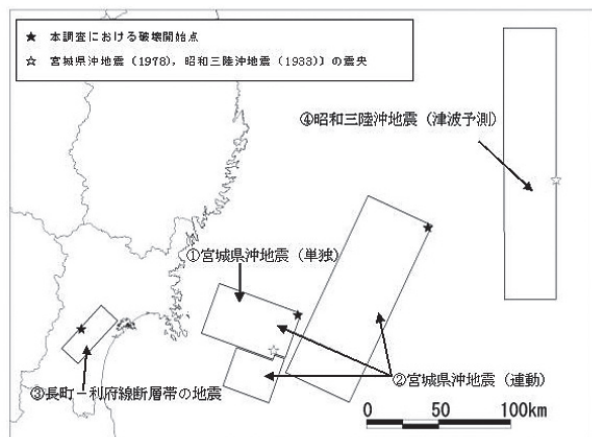


図1 想定地震の発生想定位置（文献2、文献3）

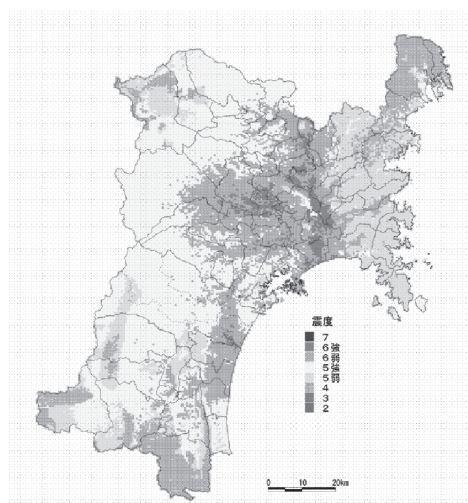
4.2 想定地震による震度分布の予測

想定地震による震度分布の予測を文献2、文献3より抜粋し、図2に示した。例えば単独型の場合、震度の大きい範囲は県北部であると予測されている。また、震度の大きい範囲が比較的広い。

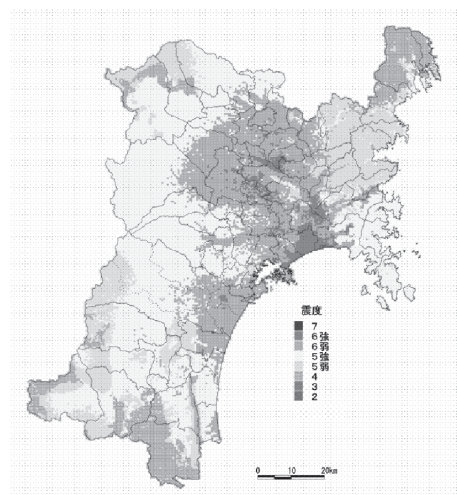
単独型の場合は、震度分布の中心が仙台市から離れ

ている。しかし、長町－利府断層帯の地震の場合は震度分布の中心が仙台になっている。

宮城県沖地震（単独）



宮城県沖地震（連動）



長町－利府線断層帯

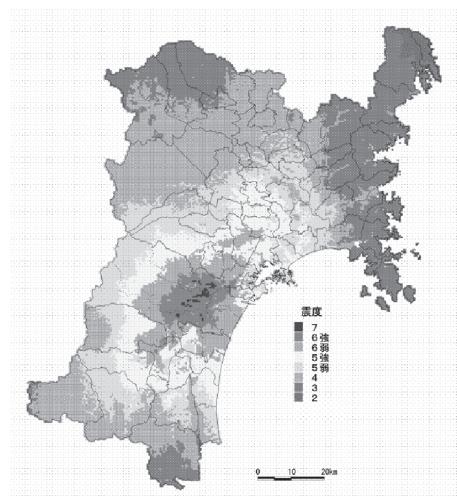


図2 想定地震の震度分布（文献2、文献3）

4.3 想定地震による被害予測

表3に示した3つの想定地震による被害予測を文献2、文献3より抜粋し、表4に示す。

1978年宮城県沖地震の被害は仙台市に集中したのに比べ、想定地震の単独型は震度の大きい部分が県北に集中している。そのため負傷者が1978年宮城県沖地震より減少している。

しかし、地震発生条件が多少変化し、震度分布の中心が仙台市に近くなった場合には、負傷者数は1978年宮城県沖地震の場合と同様相当に多くなることが考えられる。

長町－利府断層帯の地震では震度の大きい地域が仙台市に集中するので、負傷者の数は1978年宮城県沖地震の負傷者数と近似した数になっている。

単独型での場合の全壊、半壊の想定数は約4万棟近くであり、1978年宮城県沖地震の約6400棟より多くなっている。これは、図2の震度分布から分かるように震度の大きい地域が県北の広範囲にわたっているためである。

長町－利府断層帯の地震での全壊、半壊の想定数は約5万5千棟と直下型地震の影響が反映されている。また、この地震における短期避難者数は約17万人と多く、都市型地震の新しい課題である帰宅難民問題の検討が必要であることを示している。さらに、長期避難者数が約4万人程度出現することが想定されている。この数値は小さな市の人口に匹敵しており、小さな市を作る程度のスペースが必要となる、これも今後の検討課題であろう。

表4 地震被害想定調査結果の概要(文献2、文献3)

想定地震			1 宮城県沖地震(単独) (海洋型)	2 宮城県沖地震(連動) (海洋型)	3 長町－利府線断層帯の地震 (内陸直下)
モーメント・マグニチュード (Mw) (※1)			7.6	8	7.1
予想震度			県北部の矢本町から中田町にかけての地域、小牛田町周辺、仙台市東南で震度6強、これらの周辺で震度6弱となり、県北部の中央部を中心に影響を及ぼすと予想される。	県北部の鳴瀬町から桃生町にかけての地域、小牛田町から南方町にかけての地域で震度6強、これらの周辺で震度6弱となり、県北部の中央部を中心に影響を及ぼすと予想される。	仙台市の青葉区および泉区の東部で震度6強、その周辺で震度6弱となっている。仙台市の東部を中心に影響を及ぼすと予想される。
液状化危険度			県北部および仙台周辺の平地において液状化危険度が高くなっている。	単独地震と同様に、県北部および仙台周辺の平地において液状化危険度が高くなっている。	仙台市東部および大郷町の平地で液状化危険度が高いところが分布している。
主な想定被害の結果	建築物	全壊・大破棟数	5,496 棟	7,595 棟	15,251 棟
		半壊・中破棟数	38,701 棟	50,896 棟	40,537 棟
	火災	炎上出火数	122 棟	158 棟	199 棟
		うち 延焼出火数	71 棟	95 棟	119 棟
		焼失棟数	2,482 棟	2,874 棟	4,509 棟
	人的	死者数	96 人	164 人	620 人
		負傷者数	4,014 人	6,170 人	11,003 人
		うち 重傷者数	468 人	658 人	983 人
		要救出者数	366 人	663 人	5,038 人
		短期避難者数	90,335 人	122,174 人	173,239 人
		うち 長期避難者数	13,010 人	16,669 人	41,066 人

5. リトル東京仙台

仙台市の現在の人口は約100万人である。1978年の人口より1.6倍になっている。その分都市化が進んでいる。高層ビルが増え(写真8)、地下鉄ができ(写真9)、地下街が造られた(写真10)。

まさに、東京化が進んでおり、リトル東京仙台と言っても過言ではない。このようなものは1978年以降に造られたもので、大きな地震の経験がない。さらに、1978年以降最も開発が進んだのは駅から東側の地区である(写真11)。沖積層の地区が開発されたことになる。また、中心街の一角には写真12に示すような老朽



写真8 高層ビルが増えた



写真9 地下鉄ができた



写真10 地下街が沢山できた



写真11 駅の東側(沖積層)の開発が進んだ



写真12 中心街の一角に存在する老朽化密集商店街

化した密集商店街が30年前そのままの状態に残っているなど東京に似た都市の弱点も存在している。もしかしたら、東京よりも早く大きな地震が来るかも知れない。リトル東京仙台が東京大地震のいい見本になったと言われるよう筆者等も日頃減災に努力している。最近では、宮城県沖地震のように周期的に来る地震に対しては世代継続が必要であるという市民の声を反映した、若者参加型の自主防災組織造りにも活動の範囲を広めている所である。

日本はどこで地震が発生してもおかしくないぐらい最近地震が多発している。皆さんの地域もいつ地震が来ても悔いのないよう準備をして欲しい、宮城県および仙台市における防災の取組を参考にいただければ幸いである。

文献

1. 日本建築学会「1978年宮城県沖地震災害調査報告」昭和55年2月25日発行。
2. 宮城県防災会議地震対策専門部会「宮城県地震被害想定調査による報告書」平成16年3月。
3. 宮城県危機対策課 http://www.pref.miyagi.jp/kikitaisaku/jishin_chishiki/3higaishin/index.htm
4. 宮城県建築物等地震対策推進協議会

第8回通常総会・講演会

吉田 郁政

●武蔵工業大学

日本地震工学会の第8回通常総会及び講演会が平成20年5月22日(木)、建築会館ホール(東京都港区)において開催された。また、通常総会終了後、建築会館ホールにて懇親会が催され、会員相互の懇親が図られた。その概要について報告する。



写真1 会場の様子

I. 第8回通常総会講演会

通常総会に先立ち、「我が国の電力安定供給と地震防災」と題する講演会と論文奨励賞の授与式および受賞者の講演が行われた。司会は事業担当の若松理事と学術担当の久田理事が行った。

1. 講演会「我が国の電力安定供給と地震防災」

平成19年に発生した新潟県中越沖地震の震源近傍に位置する東京電力の柏崎刈羽原子力発電所は日本国中あるいは世界の注目を集め、原子力発電所の安全性を再検討するきっかけとなった。原子力発電所の耐震安全性検討に関わる3名の方より講演をいただき、それぞれの立場からの取り組みを講演していただいた。以下にその概要を紹介する。

(1) 新潟県中越沖地震に対する原子力安全・保安院の対応について 川原修司氏(原子力安全・保安院)

地震発生後の原子力安全・保安院の柏崎刈羽原子力発電所への対応について紹介があった。同発電所は震源からの距離23kmと近く、運転中4機うち1機は起動中であったが、いずれも安全に自動停止がおこなわれた。しかし、変圧器火災の発生、自衛消防機能の不



写真2 川原氏による講演

具合、情報開示の遅れ、設計時の想定を超えた地震動の観測、など問題もいくつかあった。原子力安全・保安院では調査・対策委員会の設置を行い、自衛消防施設の耐震性強化や24時間対応可能な消防体制、携帯電話用ホームページなど情報提供の強化について検討を進めている。また、耐震・構造設計小委員会を設置して、観測が想定を上回った要因に関する分析や発電所への影響、などについても検討を進めている。原子炉建屋等に関して弾性範囲を超えたか否かについて検討中であるが、今のところ0.3mm程度の小さなひびわれが発生した可能性はあるもののおおむね健全であるとの結果を得ている。配管系についても現在検討を進めている最中である。最近、耐震設計指針が改訂され新指針に基づく耐震バックチェックを進めていた最中であったが、全国のその他の発電所に対して、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震バックチェックの見直しを指示し、平成20年3月に各事業者より中間報告が提出されたところである。

(2) 新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力原子力発電所の調査・点検状況と防災性の向上について

横村忠幸氏(東京電力)

地震が発生した7月16日は夏の電力供給の厳しい時期であった。7機の原子炉は稼働中や停止中など様々な状況にある中で地震発生となったが的確な操作により「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の安全確保を行うことができた。しかし、周辺施設において様々な事象が生じた。3号機所内変圧器の火災は地震による



写真3 横村氏による講演

地盤の不同沈下によりダクトにずれが生じて火災が発生した。6号機液体放射性物質の漏えいは燃料プールのスロッシングであふれた液体が建屋外に漏れたことで生じた。その量はきわめて少なく環境への影響は無視しえるレベルであるが、量の問題ではなく漏えいが生じたという事実が周辺住民へ与える影響が大きい。事務本館の窓や天井が損傷し、室内もキャビネットの転倒、PCのLANやコピー機など電子機器の被害も初動対応の遅れに繋がった。また、緊急時対応室の入り口扉が開かないという問題も生じた。その他、消火設備や固体廃棄物のドラム缶の転倒、道路、土捨て場の被害などが生じた。原子炉本体に関しては、詳細に点検を行った結果基本的に異常は認められなかった。設計時の地震力と今回の地震力との比較を行なったところ設計時の静的地震力が今回の地震力を上回っており、そのため被害はなかったと考えられる。初期消火体制の強化策として免震重要棟を現在建設中である。今回の教訓、知見を広く共有していきたいと考えている。

(3) 研究と実務を経験して思う柏崎刈羽原子力発電所施設の耐震問題と地震災害

—不整形地盤と埋め込み構造物に纏わる話題を中心として— 源栄正人氏（東北大学）



写真4 源栄氏による講演

耐震性検討において、地震の震源から構造物、機器の応答に至るまでのモデルの精度のバランスが大切である。近似化によって失われるものはなにかという認識や、モデルによる推定の上下限などの認識が大切である。原子炉建屋は軟岩へ埋め込まれており、それが応答特性に大きな影響を与えている。埋め込みが深くなると重心が低くなり逸散減衰が大きくなるといった影響が現れ、応答を抑える効果がある。入力地震動に関しては支持地盤の力学特性による上限を考える必要があるのではないか。地震動に対する深部不整形地盤の影響も考慮する必要がある。今回の地震後の早期のデータ公開は評価できるが、より詳細にモデルを議論できる観測体制が望ましい。モニタリングを兼ねた地震早期警報システムを提案したい。構造物と構造物のつなぎ目に耐震上の弱点があると思われ、縦割り組織の弊害を感じており部門横断的対応が必要と考える。そうした面で、各分野の専門家が集まる地震工学会の活躍に期待したい。

3件の講演終了後、会場から1件のみ質問を受け付けた（時間が超過していたため）。

質問 変圧器火災は発電所の安全性に対して致命的ではないとのことであるが、発電所の中でどのような役割を担っているのか。全ての変圧器で火災が生じて大丈夫か。



写真5 会場からの質問

横村忠幸氏（東京電力）より

所内変圧器は通常時に稼動するものであり、原子炉の停止や冷却に使われる電源は扱わない。そういった意味で発電所の安全には関係しないので、全ての変圧器で火災が生じて安全上、問題はない。しかし、外からの送電がストップした場合は安全確保の手順が異なってくるので注意が必要である。

2. 論文奨励賞の授与式と受賞者講演



写真6 論文奨励賞の授与式(三浦氏)



写真7 論文奨励賞の授与式(包氏)

久田理事より「日本地震工学会・論文奨励賞」受賞者について簡単な紹介があり、北川会長より三浦弘之氏と包那仁満都拉氏への表彰が行われた。その後、両氏より対象となった論文内容に関して講演が行われた。

(1) 高分解能衛星画像と数値標高モデルを用いた

2004年新潟県中越地震での斜面崩壊地の検出

三浦 弘之 氏(東京工業大学)

本論文は、2004年新潟県中越地震で斜面崩壊が数多く発生した震源近傍について、地震前後で撮影された衛星画像の差異から斜面崩壊地を検出する手法を用い、その適用性を詳細に検討したものである。本論文では崩壊した場所では地震前にあった樹木等が流出して土砂が露出していることに着目し、植生の活性度を表す衛星画像データから得られる正規化植生指標 (NDVI) を用いて斜面崩壊地を検出している。また本論文の手法には、航空機レーザスキャナーによる数値標高モデル (DEM) を利用して衛星画像間の重ね合わせ誤差を小さくすることや、DEMから算出した傾斜角を用いて平地を除去することにより誤検出を軽減することなどの新しい試みが行なわれている。今後の課題として、検出手法の高速化、3次元表示、GISとの統合が挙げ

られた。また、今月発生した中国四川省の地震データを用いた検討も行いたいと述べて発表を終えた。

(2) 強震ネットワークデータから構築した広周波数帯域統計的グリーン関数とその南海地震への応用

包 那仁満都拉 氏(飛鳥建設株式会社)

本論文では、K-net、KiK-net、およびJMA震度計観測網で得られた膨大な強震観測データを基にした経験的グリーン関数法を提案している。また提案手法を想定南海地震に適用して強震動予測を行い、同地震による西日本の建物被害予測を行っている。提案する経験的グリーン関数法では、地震動の経時特性とスペクトル特性をマグニチュードや震源距離などをパラメータとした簡易な式で表し、大量の強震記録を統計解析して得られたモデルを使用している。想定南海地震による西日本の建物被害予測では、木造、中低層RC造・S造、超高層RC造の各構造について標準的建物モデルを作成し、そのモデルを用いた非線形応答解析を多数の地点で行い、各構造の被害予測マップを作り上げている。今後の課題として、より精度の高い強震動予測法の開発、必要とされる耐震補強の程度、さらに震災による環境負荷の定量化を挙げ、それらについて現在検討中であり既にいくつかは報告も行なっているとして発表を終えた。

Ⅱ. 第8回通常総会議事

1. 日時：平成20年5月22日(木) 15時50分～17時20分
2. 場所：建築会館ホール
3. 出席者(50音順)(出席=73名、他に委任状出席567名)

相沢 覚、秋山将光、足立有史、石井 卓、石川 裕、石原研而、和泉眞一、犬飼伴幸、大西良広、大橋茂信、大庭正俊、大堀道広、岡田恒男、小川安雄、奥津 大、小谷俊介、梶間和彦、柏崎昭宏、勝俣英雄、金子美香、壁谷澤寿海、亀岡裕行、亀田弘行、北川良和、北田義夫、工藤一嘉、小長井一男、小林信之、斎藤賢吉、佐藤清隆、志波由紀夫、庄司栄蔵、白鳥 実、末富岩雄、菅原光弥、鈴木浩平、鈴木康嗣、鈴木祥之、砂坂善雄、関松太郎、立花篤史、高橋吉徳、田村重四郎、遠山奈々、富山隆一、中村英孝、中山晶夫、那仁満都拉、野田静男、野中康友、野畑有秀、伯野元彦、濱田政則、久田嘉章、日比野浩、平原謙司、福岡淳也、辨野 裕、真崎雄一、鱒沢 曜、松岡昌志、松田 宏、三浦弘之、翠川三郎、宮坂英志、三輪 滋、源栄正人、諸井孝文、吉田郁政、吉村昌宏、若松加寿江、渡辺孝英、渡辺正仁

4. 議事

1) 開会：定足数の確認

総会の定足数は、規約第24条により現在(平成20年4月)の正会員1196名、法人会員94社の1/3以上である430以上となるが、本日の出席者は委任状出席を含めて639名となり総会が成立することが総務担当の石川理事より報告され、平成19年度通常総会の開催が宣言された。(その後出席者1名追加の640名となった。)

2) 議長指名

総務担当の石川理事より、規約第16条により会長が総会の議長を務めることが説明され、本総会の議長を北川会長にお願いした。

3) 会長挨拶

北川会長より、議案の審議に先立ち挨拶があった。その概要は以下の通りである。

(概要)

今月12日に中国四川において大地震が発生し4万人以上の犠牲者がでている。ここに謹んで哀悼の意を表したい。地震工学会は地震被害の軽減を目標とし大きな役割を担っている。2001年1月に設立され、小学生に例えると2、3年生でありまだまだ幼稚な面もあるが、10年の節目に向けて存在意義、目的を改めて見直し、パンフレットに目的、課題として掲げ、活動を進めてきた。具体的な活動は後ほど担当理事より事業報

告するので忌憚のない意見をいただきたい。配布資料の中に14WCEEへの寄付のお願いの用紙も入っている。発展途上国からの参加旅費を支援することを目的とするもので国際貢献活動のひとつである。理事会で議論をしてJAEEから30万円の寄付をすることとしたが、不十分なのでさらに会員の皆様に寄付をお願いしたい。

昨年来、本日の講演会の話題であった新潟県中越沖地震から中国四川の地震までいくつかの地震が発生している。地震災害調査活動は大変重要であり、地震工学会でも関連学会との合同調査を進めてきた。他学会との関係もあり難しい面もあるが、引き続き申し送り事項として次期鈴木会長におねがいしたい。地震工学会のように縦割りの分野を横につなぐ役割の学会も重要であり、いっそうの協力をお願いしたい。この一年御尽力いただいた副会長、理事の方にお礼を申し上る。

4) 議案の審議

(1号議案：平成19年度事業報告)

平成19年度事業内容について、石川理事より議案書に沿って報告された。主な報告内容は次の通りである。なお、新たな試みとして事業報告書を作成した旨も報告された。

- ・平成19年5月に第7回通常総会を開催した。
- ・平成19年度は理事会を8回開催し、一般的な事務議決や本学会の運営方針について懇談した。平成19年度の主な課題、取り組みとしては、1) 副会長の分掌を明確化、2) 調査研究担当理事の設置、3) 企画事業活動の活発化、本会のパンフレットの新規制作、4) IAEE(国際地震工学会中央事務局)に対する援助の継続、第14回世界地震工学会議(14WCEE)においての3つの企画提案、5) 名誉会員候補者の選任、本総会への候補者の推挙、6) 公益法人制度改革に伴う新制度の施行に対応して本会も公益法人格の取得を目指すために、法人化検討委員会を発足させ、情報収集などに着手、7) 設立10周年記念事業の取組方針について議論し平成20年度より担当の役員を設置、などが挙げられる。
- ・会計部会において法人化に向け会計ソフトの導入を行ったこと、法人化検討委員会を設置して活動を開始したこと、2つの委員会を電子広報委員会へ統合したことなど、各委員会活動について概要を報告した。また、第5回年次大会「日本地震工学会大会2007」が行われた旨、報告した。
- ・他学会との交流として、多数の共催、後援、協賛があったことを報告した。
- ・その他：第12回日本地震工学シンポジウム実行委

員会より寄付を受けたこと、地震災害調査基金より一部を取り崩し、災害調査活動を援助した旨を報告した。

続いて審議に入り、議長が本件に関する意見と質問がないことを確認して、出席者に承認を諮り、承認された。

(2号議案：平成19年度収支決算報告および監査報告)

平成19年度収支決算について、会計担当の小林理事より議案書に沿って報告された。次に、平成19年度監査報告として亀田監事より適切に会計処理されていることを確認している旨が報告された。続いて審議に入り、議長が収支決算と監査報告について意見と質問を求めたところ、質問のないことを確認して、出席者に承認を諮り、承認された。

(3号議案：平成20年度次期会長・副会長・監事選挙結果報告)

平成20年度次期会長・副会長・監事選挙結果が報告された。

続いて審議に入り、議長が本件に関する意見と質問がないことを確認して、出席者に承認を諮り、承認された。従って、次期会長として濱田政則氏、副会長として武村雅之氏ならびに吉田望氏、監事として高田至郎氏が就任することになった。会場にて総会出席の新任役員を紹介した。

ここで、次の4号議案は次期会長による平成20年度役員の選任ということで、議長が鈴木新会長に交代した。

(4号議案：平成20年度役員選任)

役員理事の選任は規約第15条により、正会員の中から会長が選び、総会で選任すると定められていることを議長が説明し、7名の理事が退任し、新たに8名の理事を選任した旨を出席者に諮り承認された。新たに理事に就任するのは、犬飼 伴幸、大堀 道広、金子 美香、佐藤 清隆、中村 英孝、福和 伸夫、翠川 三郎、芳村 学の各氏である。会場にて総会出席の新任役員を紹介した。

(5号議案：平成20年度役員候補推薦委員会の選任)

役員候補推薦委員会委員長の勝俣理事より、平成19年度役員候補推薦委員会委員9名の退任を受けて、新たに会員の中から議案書に示した方々を選任した

旨報告があり、出席者に承認を諮り、承認された。

(6号議案：平成20年度選挙管理委員会委員の選任)

平成20年度選挙管理委員会委員選任の件について、鈴木会長より、池浦 友則 氏及び日比野 浩 氏の2名を指名した旨説明があり、出席者に承認を諮り、承認された。また、理事の中から選挙管理委員として勝俣英雄理事及び金子美香理事の2名を指名した旨、鈴木会長より報告があった。

(7号議案：平成20年度事業計画)

平成20年度事業計画について、総務担当の勝俣理事より議案書に沿って説明がされた。今年度の主要な事業として、11月に仙台で年次大会の開催、昨年度と同様の活発な事業活動、研究委員会活動の活発化を目指し担当理事を2名にする、会員サービスの見直しを含めた中期的な学会のあり方についての継続検討、また、学会の公益法人化に向けた検討、設立10周年に向けた記念事業の準備、地震工学シンポジウムの準備、などについて説明を行った。さらに各委員会(法人化検討、会員、電子広報、会誌編集、論文集編集、事業企画、年次大会実行、研究統括、国際、10周年記念事業実行、日本地震工学シンポジウム実行、の各部会、委員会)の事業計画の概要を説明した。続いて、審議に入り、議長が本件について意見と質問を求めたところ、以下の質疑応答があった。

質問・意見

中国四川地震の災害調査に関して地震工学会がリーダーシップをとるという計画はないか？地震工学会が中心となるべきではないか？

北川会長・鈴木新会長

部門横断的な学会であるので本学会が中心になって調整することが好ましいが、他学会には長年の歴史がありなかなか難しいのが現状である。今後努力したい

質問

14WCEEの次期会議の開催国へ日本は立候補するのか

勝俣理事、鈴木新会長

大陸ごとに順番に開催という原則を考えると、一般論としては2012年の立候補は難しいのではないかと。いずれにせよ、6月の理事会の中で議論したい。

その後、7号議案について出席者に承認を諮り、承認された。

(8号議案：平成20年度収支予算案)

平成20年度収支予算案について、会計担当の鈴木理事より議案書に沿って、特に前年度との違いを中心に報告した。続いて審議に入り、議長が本件について意見と質問を求めたところ、質問のないことを確認して、出席者に承認を諮り、承認された。

(9号議案：名誉会員の推挙)

9号議案に関しては北川会長に議長を交代し、9名の名誉会員推挙(青山 博之、石原 研而、和泉正哲、太田 裕、岡田 恒男、志賀 敏男、柴田 明德、柴田 拓二、伯野 元彦の各氏)が行われ、承認を出席者に諮り、承認された。

最後に議案全体に関して質問、意見を求めたところ会場より以下の発言があった。

意見

WCEEに対しては4年前にも約100万円の寄付をした。会計報告を求めたにもかかわらず返答がなかったの、今回は報告を求めてほしい。

北川会長

上記件に関しIEAA日本代表小谷先生に協力を御願ひしたい。また会議の事務局を務めている家村副会長へもその旨伝える。

(名誉会員への推挙状授与)

会員担当野畑理事の司会のもと北川会長より会に出席した7名(石原 研而、和泉 正哲、岡田 恒男、志賀 敏男、柴田 明德、柴田 拓二、伯野 元彦の各氏)の名誉会員に推挙状授与が行われ、名誉会員各氏より簡単な挨拶が行われた。



写真8 名誉会員に推挙状授与

5) 新会長挨拶

最後に、鈴木新会長より挨拶があった。その概要は以下の通りである。

思いがけず会長に就任することとなったが、北川会長から今後の方向性が既に示されているのでそれを継承したい。日本地震工学会を構成する分野の中では機械工学の勢力は弱く、また機械は一番の下流あるいは支流になっている。初めての機械系からの会長として、地震工学全体を見るのは厳しいが、地震工学会は様々な分野からの集合であり、これまでの経験を活かして新しい横断的取り組みを進めていきたい。講演会でも報告があったように昨年の新潟県中越沖地震での柏崎刈羽原子力発電所の経験は本学会が担うべき多くの問題提起をしている。原子力発電所に代表されるシステムの耐震問題が大きな課題であり、原子力学会や機械学会など多くの学会と共同で検討を進めていくことも必要である。

北川会長、濱田次期会長とは昔からの友人であり大変心強く思っている。理事を始めとして皆様のご支援をお願いする。最後に今年度退任される副会長、理事を紹介し、そのご尽力への感謝としたい。(各役員の紹介を行い、挨拶を終えた)



写真9 鈴木新会長よりの挨拶

日本地震工学会・大会—2008 一般発表およびセッションテーマの募集案内

源 栄 正人

●東北大学 教授

本年度も日本地震工学会では、地震・耐震工学に関連する横断的な幅広い研究課題について発表し、討論を深めるために、年次大会「日本地震工学会・大会—2008」を下記のとおり開催いたします。一般発表、オーガナイズドセッション、地震工学技術フェアを予定しております。つきましては、一般発表およびセッションテーマを募集いたしますので、奮ってご応募くださるようお願いいたします。

なお、2008年度の年次大会（大会—2008）は、下記のとおり2008年11月3～5日に仙台にて開催されます。

日 程：2008年11月3日(月)～5日(水)

会 場：仙台市情報・産業プラザ

（仙台市葉区中央1-3-1, AER5階, 6階）

仙台駅前徒歩3分、

<http://www.siip.city.sendai.jp/netu/access.html>

投稿料：（会員もしくは学生会員を含む場合）無料、
（非会員のみの場合）5,000円

参加費：（会 員）5,000円、（学生会員）1,000円、
（非会員）10,000円、（学生非会員）4,000円

懇親会：2008年11月3日(水)午後5時30分から7時30分
まで（予定）

（一般会費）3,000円、

（学生会費）1,500円

●一般発表の申し込み

発表題目、著者および所属、勤務先と所在地、電話・FAX・メールアドレス、応募部門、キーワード（4つ）を記入（貼り付けファイルでの記入はご遠慮ください）のうえ、9月10日までにお申し込み下さると同時に、発表論文（A4サイズ2ページ）を提出下さい。

プログラム編成上、お申し込みとは別のセッションに入れさせて頂く場合もありますので、ご了承下さい。

締 切：2008年9月10日(水)

申込方法：ウェブ投稿とします。

日本地震工学会のウェブ<http://www.jaee.gr.jp/index.html>

から第6回日本地震工学会・大会-2008

→論文投稿 にアクセスして必要事項を書き込んだ上、発表論文ファイルをアップロードして下さい。

書式は→執筆要領にしたがってください。

応募分野の分類：

a.自然現象（地震動、地下構造、地盤、津波、歴史地震ほか）

a-1 震源特性、a-2 深い地下構造、a-3 地盤震動、a-4 地盤の液状化・斜面崩壊、

a-5 津波・歴史地震その他

b.構造物（地震応答、構造実験、耐震設計、免震、制振、診断補強、相互作用ほか）

b-1 地中構造物およびダム、b-2 杭および基礎構造、b-3 地盤と構造物の相互作用、

b-4 土木構造物、b-5 建築構造物、

b-6 機械設備系、b-7 免震・制振・ヘルスマニタリング、b-8 耐震補強、b-9 新しい構造・材料その他

c.社会問題（ライフライン、災害情報、リスクマネジメント、防災計画、復興計画ほか）

c-1 ライフライン、c-2 緊急速報・災害情報、

c-3 防災計画・リスクマネジメントおよび社会・経済問題、c-4 復興計画その他

d.その他特別企画（最近の地震に関する調査報告、オーガナイズドセッションなど）

●セッションテーマのご提案と申し込み

大会—2008では、オーガナイズドセッションを設定し、重要な課題について討議を深めるために、セッションテーマを募集します。セッションテーマとしては、応募部門におけるトピックスや日本地震工学会として新たに取り上げるべきテーマなどが考えられます。

テーマ名、座長案、発表者（数名）案、セッション提案者名を9月10日(水)までにご提案下さい（自薦・他薦を問いません）。大会実行委員会で全体調整の後、プログラムを作成させて頂きます。なお、ご希望にそえないこともありますので、あらかじめご了承下さい。

●地震工学技術フェア

今年度の地震工学技術フェアでは研究用および普及型の地震計をテーマとして、地震計メーカーから出展していただくことになっております。すでにいくつかの地震計メーカーには直接連絡済みですが、出展に関してのお問い合わせは8月末頃までに日本地震工学会事務局を通して大会実行委員会あてにご連絡ください。

第14回世界地震工学会議のJAEE特別セッション

笠井 和彦

●東京工業大学
建築物理研究センター 教授

／源 栄 正人

●東北大学大学院工学研究科
災害制御研究センター 教授

／小堀 徹

●(株)日建設計
常務 執行役員 構造設計部門代表

第14回世界地震工学会議（14WCEE）が10月12日～17日に開かれる。約4000篇の抄録が既に採用されており、発表論文の数はこれまでの同会議のうち最大となるだろう。発表論文の提出期限は8月1日である。

日本地震工学会（JAEE）は、地震災害を軽減する先端耐震技術として、免震構造、制振構造、そして早期地震警報に関する日本の技術を紹介することを14WCEEに提案し、承認された。各分野で特別セッションを設け、必要に応じて他国における進展の報告も含むようにした。

これらの日本の技術は、その研究・実践ともに世界の最高水準にあり、かつ今後他の地震国にも大きな影響を及ぼす可能性があると考えられる。免震構造は、建物の応答加速度と変形の両方を格段に低いレベルに抑制できる。制振構造のうちパッシブ型は、高層建築、大スパン建築、住宅など、広範囲の建築に効果的な手法として非常に多く用いられている。また、早期地震警報システムは急速に発展しており、2007年10月から日本全国に導入されている。これらに関する3セッションの概要を以下に紹介する。

Part 1 – 免震構造技術：日本の免震建物の実績は世界で群を抜いていることから、「免震建物の目覚ましい実例」というJAEE特別セッションを主催するにふさわしいと考える。ここで意図することは、免震建物の可能性を示唆するユニークで目立ったプロジェクトを紹介することであり、それによって地震のある地域に、免震システムを用いた安全で構造的に新しい試みを取り入れたプロジェクトが増加することに役立てばと考えている。

表1に示すように、発表は日本やヨーロッパの免震構造設計法の現状報告から始まる。その後、実例として本社ビル、コンピュータセンター、病院、超高層ビルなど高い耐震性能を要求される実例を含みながら、日本や他国の興味深い数々の実例を示す。本セッションは、(社)日本免震構造協会の協力のもと、東京工業大学の和田章、日建設計の小堀徹が企画した。

Part 2 – 制振構造技術：免震と同様、日本の制振建物の実績は世界一であるため、「制振建物の目覚ましい

実例」というJAEE特別セッションを主催するにふさわしいと考える。その意図は、制振建築の可能性を著しく拡張するようなプロジェクトを紹介することにある。

表2に示すように、発表は日本やヨーロッパの制振設計法の現状報告から始まり、その後、様々な変形依存ダンパーや速度依存ダンパーの適用例を示すことになる。また、新築のほか、今後急増すると思われる高層建築補修に関し、多くの問題を克服したきめ細かい方法、わざと免震のように最下階を柔らかくして地震エネルギーを吸収する方法など、興味深い発表がある。イノベティブな手段として、最上階を質量ダンパーのように扱う方法や、高層建物に宿命的に存在して制振効率を下げると思われてきた曲げ変形モードを、逆に活用する方法の発表もある。さらに、ポスターセッションでも、革新的な日本の制振技術の例が発表される。本セッションは、(社)日本免震構造協会の協力のもと、東京工業大学の笠井和彦が企画した。

Part 3 – 早期地震警報システム：最近の日本における地震工学研究の発展と高密度地震観測網の充実化により、地震警報をメッセージとして出すことが可能になった。地震波到達の数十秒前に警報を出し、人命や地震時に影響をうける諸々のものを含む建物、インフラ、交通などの安全確保のための危機対策に役立てることができる。この技術は、政府や学術研究機関、民間会社を含む非政府組織により展開され、日本では気象庁による緊急地震速報として2007年10月1日より実用化された。

表3に示すように、各発表では、他国の同様な技術展開の手助けとなるような情報、すなわち早期地震警報に関する一般的事項、迅速データ解析アルゴリズム、セキュリティを含む情報伝達、利用者向けのアプリケーション、情報の精度、ネガティブ効果、責任問題、将来の発展、などの特別事項の議論が期待される。本セッションは、東北大学の源栄正人が企画した。

以上、JAEE主催による特別セッション3件を紹介した。内容はかなり面白いと思うので（表1～表3）、是非皆様に参加していただき、活発な意見交換のセッションとしたい。

表1 免震構造セッション発表者・著者

免震建物の目覚しい実例 司会：和田章（東京工業大学） 小堀徹（日建設計）
1) 免震構造設計の現状：可児長英, 日本免震構造協会（日本） 2) ヨーロッパにおける先端的な耐震システムの応用の最近の発展（Part 1 免震）：Alessandro Martelli and Massimo Forni, ENEA（イタリア） 3) 大規模高層ビルの免震レトロフィット：西澤崇雄, 日建設計（日本） 4) 2棟の大規模建物の一体化による医療施設の免震レトロフィット：鱒沢曜, 久田嘉章, イー・アール・エス（日本） 5) ゴム免震の設計のための基準式と単純な手法：Elena Mele, Giovanni Cuomo, and Autonello, Univ. of Naples（イタリア） 6) 免震により実現したユニークな建築形態：中井政義, 竹中工務店（日本） 7) 世界最大の免震プロジェクト：Alberto Dusi and Marco Mezzi, Univ. of Perugia（イタリア） 8) ギリシャの免震構造の動的挙動：Christos Giarlelis, Christos Kostikas, Evlaia Lambrinou, and Mary Dalakiouridou, OMETESA（ギリシャ） 9) セミアクティブ免震を用いた超高層ビルの設計：篠崎洋三, 細澤治, 藤山淳司, 武谷政國, 長島一郎, 欄木龍大, 大成建設（日本） 10) 断層に隣接する地域にたつ重要施設に粘性ダンパーを追加する免震システムの革新的な設計例：Saif Hussain, Coffman Engineers（米国） 11) 塔頂（やじろべえ）免震構造の開発：中村豊, 猿田正明, 中西力, 和田章, 竹内徹, 彦根茂, 高橋航一, 清水建設（日本） 12) 高層ビルの中間層免震構造システム：常木康弘, 鳥井信吾, 村上勝英, 末岡利之, 日建設計（日本）
< 以下、ポスター・セッション > 13) 免震ビルにおけるLRBの力学特性の効果：Fotios T. Gravalas, Aristotle Univ. of Thessaiki（ギリシャ） 14) 中間層免震建物の地震時挙動：Shiang-Jung Wang, Kuo-chun Chang and Chun-Chin Chiang, National Taiwan Univ.（台湾） 15) 免震装置として履歴ダンパーと粘性ダンパーを用いた構造システムの地震応答特性：白山あつこ, 京都大学（日本） 16) ゴム支承免震のFEM解析と設計との関連：Antonello De Luca, Giovanni Cuomo, and Elena Mele, Univ. of Naples（イタリア）

表2 制振構造セッション発表者・著者

制振建物の目覚しい実例 司会（予定）：Alessandro Martelli（ENEA, イタリア） 笠井和彦（東京工業大学）
1) 制振構造設計・研究の現状：笠井和彦, 東京工業大学（日本） 2) ヨーロッパにおける先端的な耐震システムの応用の最近の発展（Part 2 制振）：Alessandro Martelli and Massimo Forni, ENEA（イタリア） 3) 鋼材ダンパーを用いた実施例：大原和之, 城所竜太, オーヴ・アラップ・ジャパン（日本） 4) 高性能摩擦ダンパーの開発：佐野剛志, 勝俣英雄, 大林組（日本） 5) 粘性ダンパーを用いた高層建築の設計：Saif Hussain and Mohamed Al Satari, Coffman Engineers（米国） 6) 高層建築補修に伴う種々の問題の克服と制振ダンパーの効果的な適用の例：小崎均, 日建設計（日本） 7) エネルギー吸収部材による脆弱なRC構造の補修法：David J. Dominguez, Francisco Lopez-Almansa, and Amadeu Benavent-Climent, Technical Univ. of Catalonia（スペイン） 8) ソフト・ファースト・ストーリー建築物の制振システム：早部安弘, 渡邊祐一, 大成建設（日本） 9) 制振部材によって補修された34層鉄骨建物の耐震性能評価：Yuan-Tao Weng, Ker-Chyuan Tsai, Pei-Ching Chen, and Ya-Ran Chan, National Center for Research on Earthquake Engineering（台湾） 10) 建物最上階部分を利用した大型TMDによる超高層RC建物の制震：牧野章文, 今宮実三郎, 佐橋睦雄, 竹中工務店（日本） 11) 地震発生確率中程度の地中海沿岸域におけるパッシブ制振構造の開発と適用（スペインの例）：Amadeo Benavent-Climent, Univ. of Granada（スペイン） 12) 曲げ変形制御型制震構造の構造原理及び実用化に関する研究：五十殿侑弘, 小堀鐸二研究所（日本）
< 以下、ポスター・セッション > 13) 粘性型ダンパーを採用して耐震性能を高めた構造設計例：徳田幸弘, 日建設計（日本） 14) 座屈拘束ブレースの解析モデル化：Juan C. Castro, Sergio H. Oller, and Francisco Lopez-Almansa, Tech. Univ. of Catalonia（スペイン） 15) 座屈拘束ブレースの実験：Gustavo L. Palazzo, Francisco Lopez-Almansa, Xavier Cahis, and Francisco Crisafulli, National Tech. Univ.（アルゼンチン） 16) 履歴装置と粘性装置の併用による制振効果：白山敦子, 山下忠道, 鈴木祥之, 井上豊, 京都大学（日本） 17) ポリビアの建物のエネルギー吸収部材による耐震改修：Hugo R. Aranibar and Francisco Lopez-Almansa, Tech. Univ. of Catalonia（スペイン） 18) 時計の振り子運動から発想した新しい応答制御構造の紹介：城所竜太, 大原和之, オーヴ・アラップ・ジャパン（日本）

注) 表1～表3において、筆頭著者が発表者となると仮定しており、また、その所属のみ記載している。外国人発表者・著者の氏名は、名前・名字の順に記している。

表3 早期地震警報システムセッション発表者・著者

早期地震警報システム	
司会：源栄正人（東北大学） 藤縄幸雄（リアルタイム地震情報利用協議会）	
1)	日本における緊急地震速報：一般提供とその結果、上垣内修, 気象庁（日本）
2)	特徴的な周期とピーク振幅に基づいた新しいマグニチュード予測方法：Shanyou Li and Jindong Song, 中国・地震局（中国）
3)	日本における緊急地震速報を活用した地震災害対策の推進：藤縄幸雄, リアルタイム地震情報利用協議会（日本）
4)	学校における緊急地震速報システムの利活用：源栄正人, 東北大学（日本）
5)	日本における半導体工場でのリアルタイム地震防災システム：吉岡献太郎, 本間文孝, 宮城沖電気（日本）
6)	地震被害低減を目的とした緊急地震速報活用戦略：目黒公郎, 東京大学（日本）
7)	初めての实用P波警報システムと災害対策事例：中村豊, システムアンドデータリサーチ（日本）
8)	災害低減のためのサイト特性を考慮した早期地震警報システムの開発：神田克久, 宮村正光, 那須正, 阿倍雅史, 鹿島建設（日本）
9)	オンサイト/ネットワーク警報システムの利活用：斉田淳, 中村豊, システムアンドデータリサーチ（日本）
10)	建築物における地震被害予測と早期警報：Maria I. Todorovska and Mihailo D. Trifunac, 南アリフォルニア大学（米国）
11)	構造被害における建築物の振動周波数の変動－元ユーゴスラビア・プリク2ビルにおける観測結果の解析：Mihailo D. Trifunac, Maria I. Todorovska, Miodrag I. Manic, and Borko Dz. Bulajic, 南アリフォルニア大学（米国）
12)	先駆な工学的応用を目的とした地域および国の早期地震警報システムを利用した宮城県沖地震に対する地震動のスペクトル予測：セルダル・クユク, 源栄正人, 本間誠, 東北大学（日本）
< 以下、ポスター・セッション >	
13)	緊急地震速報を用いた警報ネットワークの開発：倉橋奨, 入倉孝二郎, 正木和明, 愛知工業大（日本）

津波災害の軽減方策に関する研究委員会報告

松富 英夫

●秋田大学工学資源学部附属地域防災力研究センター

1. はじめに

人は過去を忘れがちである。1983年日本海中部地震、1993年北海道南西沖地震と国内で大きな地震が続いた。被害としては津波によるものが目立ち、一般には「地震＝津波災害」の感が強かったように思う。それを一変させたのが1995年兵庫県南部地震であった。6,434人もの尊い命を失い、一般の人でも本来の地震災害そのものに目を向けるようになった。しかし、2004年スマトラ島沖地震により、関心がまた津波災害に移ったような感がある。

日本地震工学会は2004年スマトラ島沖地震津波を契機として2005年6月に津波の委員会を設置した。この5月に委員会設置後3年を迎え、委員会は第一期を終えた。そこで、本誌を借りて、その間の委員会の活動や研究成果を会員諸氏に報告することとする。

2. 目的

津波の事前対策は防災施設、防災まちづくり、防災体制の3本柱からなる(図1)。本委員会は防災施設を中心に据えて、津波災害の軽減方策の研究・提案を目的とした。防災施設は防浪ビル、避難ビル、防潮林などを含めて広く捉えることとした。さらに、外力は津波や漂流物によるものを中心とするが(図2)、地震力も極力考慮することとした。図3に委員会のメンバーを示す。

3. 活動

委員会は初年度4回、その後は年3回のペースで開催した。議事や活動内容などは本学会ホームページの「研究活動」欄に示されている(<http://research.jaee.gr.jp/research/res05/res05.html>)。

委員会では、過去・現在・未来および発展途上国の津波課題を共有するため、積極的に外国人を含む外部講師を招聘すると共に、各委員に話題提供をお願いした。また、委員会の社会貢献の一形態として、積極的に津波の現地調査を実施した。この3年間に2004年スマトラ島沖地震津波詳細調査(2006年7月28日～8月3日)、2006年ジャワ島南西沖地震津波調査(2006年8月4日～7日)、2007年ソロモン諸島地震津波調査(2007年4月18日～27日)を行った。

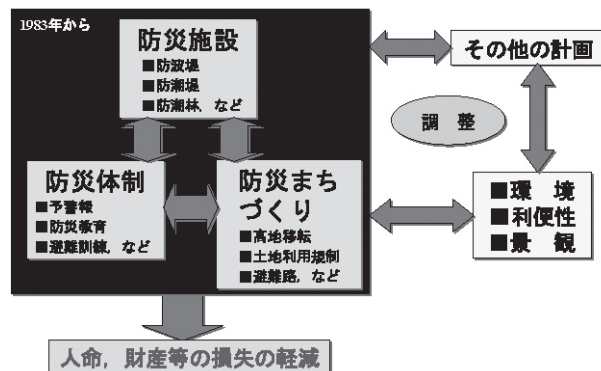


図1 津波の事前対策の基本的な考え方

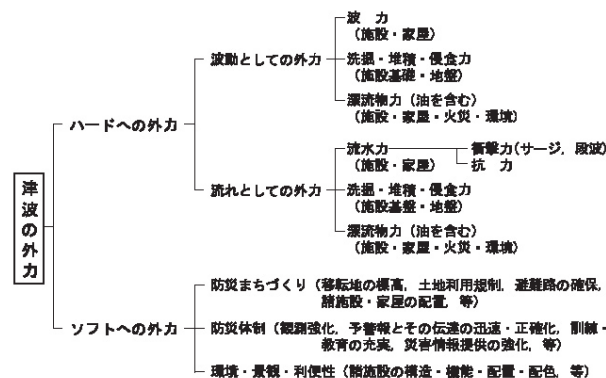


図2 津波外力の分類例

有川 太郎	港湾空港技術研究所
石川 忠志	鹿島建設
今村 文彦	東北大学大学院
運上 茂樹	土木研究所
奥田 泰雄	建築研究所
日下部毅明	国土技術政策総合研究所 (2005年度)
小路 泰広	国土技術政策総合研究所 (2006, 2007年度)
藤間 功司	防衛大学校
松富 英夫	秋田大学

図3 委員会のメンバー (敬称略)

4. 成 果

過去の経験を学び、現状を把握し、未来を展望し、人智を結集することで、効果的な減災が可能となる。本委員会の成果は、津波対策の歴史と現状を整理し、津波の諸課題を提示し、一部については解決の方向づけを行ったことである。以下、本委員会では取り上げ、検討した個々の課題について概説する。

■津波の外力に密接に関係する発生域、沿岸域、陸上域での津波の伝播・氾濫に関する数値解析法の検討を行い、津波数値解析における課題を明示した。

■津波の外力関連では海域と陸域の防災構造物や陸域の建物群への津波外力について検討を行った。

陸域の防災構造物への津波外力については、大規模水理実験に基づいて、津波外力の評価法ばかりでなく、構造物の破壊メカニズムについても検討を行った。

建物群への津波外力については、水理実験に基づいて、建物群に作用する津波外力とその近傍の水位や流速、護岸からの距離の関係について検討を行った。

現地調査に基づいて、主たる津波外力は抗力として、建物の破壊基準についても検討を行った。

■漂流物関連では漂流物の挙動や漂流物を伴う氾濫流の基本特性、漂流物の衝突力について検討を行った。

漂流物の挙動では、流木を対象に横拡散・縦分散に関する実験を行い、流木複数本が同時に衝突する確率などを検討した。

漂流物を伴う氾濫流については、水理実験に基づいて、氾濫流先端部における漂流物の塞き止め現象を理解・モデル化し、実験との比較を通して構築理論の有用性と対象氾濫流の基本特性を検討した。

漂流物の衝突力については、流木とコンテナに限られるが、そのレビューを行った。

■橋梁の津波被災メカニズムについて現地調査、数値解析、水理実験に基づいて検討を行った。

■港内の船舶は岸壁などに係留される。津波で係留索が破断すると、船舶は漂流して沿岸・陸上構造物などに被害を与える。引き波時には港内に拡散し、船舶航行の障害になり、災害時の救援・復旧活動の妨げとなる。そこで、漂流（係留索破断）防止を目的として、小型船舶へ作用する津波外力の検討を実験的に行った。

■減災対策については避難、避難ビル（構造設計法、開口部の影響）、海岸林（防潮林）に話題を絞った。

避難については、沿岸住民の避難行動の現状を分析し、津波予報の内容の更なる改良と自己判断して

避難できる人が減少しているなど、情報の受け手である住民側の課題も大きいことを指摘した。

津波避難ビルの構造設計法では、その基本的な考え方と実際に津波避難ビルを指定する際の目安を示した。

津波避難ビルの開口部の影響では、建物に作用する津波のシミュレーションを実施し、建物前面のみ開口部の面積を変えたときの建物全体に作用する津波外力の変化を検討した。建物レベルの津波のシミュレーションや建物の開口部の影響の検討は初の試みである。

海岸林の津波減勢効果については、樹木の倒伏、剪断破壊、樹冠部の変形を考慮した数値解析法の開発を行った。海岸林の津波減勢効果は樹種に大きく依存するなど、その定量的な評価にはまだ多くの解決すべき課題が残されている。

■被災シナリオの必要性を強調し、被災シナリオの作成における要素の集約を行った。「防災学」の展開の必要性も強調した。

地震および津波時の道路通行障害の予測手法を開発し、予測例を示した。その道路通行障害のシナリオ例をもとに、道路管理者らが対策を検討するときの考え方も示した。この課題は沿岸部に限るものではない。2008年6月14日の岩手・宮城内陸地震における山崩れなどによる通行止めで、我々はこの課題の重要性を痛感しているところである。

5. おわりに

現在、多少の遅れはあるが、本委員会の成果などの報告書を取りまとめている所である。成果などの詳細については報告書を参照されたい。一部については本誌No.6 (2007) の「特集：津波」に示されている。

「津波災害の実務的な軽減方策に関する研究委員会」として委員会活動を継続することとなった。委員会名が示すように、これまでの成果を一層実務的なものにしていきたいと考えている。「こちんまりと、着実に」ということで、少所帯で委員会を運営してきたが、次期委員会では委員を増員することとした。委員の増加に比例して研究成果が上がればと願っている。

次世代型地震工学実験施設のあり方に関する研究委員会報告

川島 一彦

●東京工業大学

1. 委員会の目的と設置経緯

実験施設の高度化は地震工学研究の合理化を促進するために極めて重要である。地震工学関連の実験施設は、初期の手動操作の時代(第1世代)から、アナログ制御の時代(第2世代)、デジタル制御の時代(第3世代)を経て、現在は、大型化、システム化、高精度化の時代(第4世代)を迎えている。国際的な実験施設の大型化、システム化の潮流の中で、実験施設の開発は一層高度な技術をベースとして進めることが不可欠となり、これに見合う投資も大きくなることから、国際的な共同利用を視野に入れた実験施設に対するビジョンを持たないと、国際的なリーダーシップを取ることが困難になりつつある。

第4世代の実験施設の代表例は、実大3次元大型振動実験装置E-Defenseと米国のNEES (George E. Brown Jr. Network for Earthquake Engineering Simulation) である。E-Defenseは大型化を目指した世界トップレベルの実験施設として、今後、我が国のみならず国際的にも地震工学実験のハブとして重要な役割を果たすことが期待される。一方、NEESは実験施設間をネットワークで結び、システム実験を目指すとともに、IT技術を駆使し、映像や実験データのアーカイブ化を進め、どこでも誰もが実験に参加できるという新コンセプトの実験施設群である。また、韓国や中国、ヨーロッパ諸国でもNEESとほぼ同一のコンセプトで、IT技術を用いた実験施設のネットワーク化の動きが加速化されている。

我が国では米国のように大規模な耐震実験施設は大学には設置されてこなかったため、もともと日米の大学間の実験施設を比較すると、圧倒的に我が国が米国に立ち後れてきた。従来はこの差を国立研究機関と民間企業の技術研究所の優れた実験施設が補ってきた。しかし、国立研究機関の実験施設は筑波移転に伴って整備されたものが多く、国際的に見て第3世代に相当するものが多い。また、民間企業の研究所も昨今の建設投資の減少に伴い、現状のままでは研究能力を十分生かすことが困難になりつつある。

以上のような現状を考慮すると、我が国ではE-Defenseを中核とし、国際的な視野で今後の地震工

学研究の発展に寄与できる地震工学実験インフラのあり方を検討する時期にさしかかっている。このためには、将来の実験施設のビジョンを描くだけでなく、研究者の育成、国際的に通用する実験的研究やコンソーシアムの構築に向けた我が国の研究戦略も検討する必要がある。また、国内に多数ある地震工学実験施設をIT技術を用いてリンケージし、相互利用するとともに、実験データのアーカイブ化を図り、地震工学研究の基礎を強固なものとしていく工夫も求められている。

以上の観点から、地震工学分野の実験施設のニーズと関連技術の発展状況、国際的な実験施設の整備状況の検討、研究データを蓄積し、研究者が相互に利用できるアーカイブ化システムの検討を行うことを目的として、平成18年8月に委員会を設置し、平成18年度、19年度の2カ年計画で活動を実施した。委員会は川島一彦(東工大)、塩原 等(東大)、中島正愛(京大防災研、防災科研)、壁谷澤寿海(東大地震研)、三田 彰(慶應大)、安田 進(東京電機大)、笠井和彦(東工大)、中埜良昭(東大生研)、高橋良和(京大防災研)、運上茂樹(土木研)、室野剛隆(鉄道総研)、河村壮一(大成建設)、阿部 淳(文科省)から構成した。

以下には、この概要を報告する。

2. 地震工学実験施設の現状

地震工学に関連した実験施設の現状に関する認識と要望を把握するために、会員を対象としたアンケート調査を実施した。アンケート調査では、実験的研究の必要性、欧米諸国の実験施設の能力と比較して現状の我が国の実験施設の能力をどのようにとらえているか、米国NEES実験施設の認識度、実験的研究に対する関心と必要性の認識度、近年の実験施設の大型化や高機能化の進展を考慮し、欧米諸国との競争に耐えられる有効な実験を実施するための方策等を調査した。

一例を紹介すると、欧米諸国と比較して我が国の実験施設の能力や規模はどの程度と評価しているかに関しては、公的研究機関や民間研究機関については欧米諸国の同種の公的研究機関や民間研究機関の実験施設の水準に達しているとの回答がそれぞれ65%、75%と高いのに対して、大学では欧米諸国の大学の実験施

設の水準に達しているとの回答は20%と低い。これは、従来、我が国では国として大学に対してほとんど研究投資がされてきておらず、個々の研究者の自助努力だけに委ねられてきた結果である。

また、近年の実験施設の大型化や高機能化に対応し、欧米諸国との競争に耐え、有効な実験を実施するためには、どのような方策を考えるべきかについては、「いくつかの研究グループを中核とするコンソーシアムを設け、連携して施設の活用を図る」と答えた回答者が41%と最も多く、以下、「有効な実験施設を導入することは個々の研究者はもちろん、各機関にとっても困難になっている。国として次世代型実験施設の体系的な整備に関するマスタープランがあるべきである」が32%、「時代や業種、分野に応じて実験ニーズも異なるため、ニーズを的確に把握して個々の研究者や各機関が施設の導入と高機能化に対応する必要がある」が21%となっている。

確かに、現状ではまだ国際レベルに通用する公的研究機関や民間研究機関の実験施設を核にコンソーシアムを組むという考え方は最も現実性がある考え方である。しかし、研究を通して次世代を担う学生を教育できるかという点になると、懐疑的な意見も出されている。バイオやIT等、経済界の関心が高い分野とは異なり、地震防災という企業が独自投資しにくい分野であるからこそ、国の積極的投資が期待される分野であるが、E-Defenseのように公的研究機関に対する投資を除けば、大学に対する研究投資が極めて少ないのが我が国の現状である。しかし、地震防災技術の向上は安全・安心な社会の創出に欠かせない技術であることを考慮すると、国として研究と同時に学生教育に責任を負っている大学に対する実験施設等の基盤施設への研究投資が望まれている。

なお、最近、国際会議等に参加して、欧米諸国に比較して我が国の実験施設が太刀打ちできなくなっていると感じたことがあるとの回答は19%であるのに対して、そのように感じたことはないとの回答は56%とこれをかなり上回っている。現状では、こうした危機意識は低いことを表しているが、一方では、NEES研究施設については、知らないとか記事を見たことがある程度との回答が80%に達し、海外の最新の実験施設に対する認識が低い実態も浮かび上がってきた。

3. NEES実験施設を中心とする海外の次世代型実験施設の調査

海外の地震工学分野の新規実験施設の現状を把握するため、NEESを中心とする次世代型実験施設の現状

と代表的な研究や研究体制に関して、実際にこれらの実験施設を用いた研究に従事したり、間近に見たことのある伊山 潤（東大）、岡崎太一郎（ミネソタ大）、堺淳一（土木研究所）、鈴木比呂子（東工大）、富田孝史（港湾空港技研）、中田成智（イリノイ大学アーバナシャンペーン校）、永田聖二（東工大）、三木朋広（東工大）、藤倉修一（ニューヨーク州立大学バッファロー校）、薛 松濤（近畿大）（アイウエオ順）の各研究者に依頼して調査した。

NEESプロジェクトは、米国科学財団（National Science Foundation）によるもので、実験を必要とする地震工学研究者グループや議会のサポートを得ると同時に、連邦危機管理庁（Federal Emergency Management Agency）、国立標準技術研究所（National Institute of Standards and Technology）、地質調査所（US Geological Survey）等の協力の下に進められている。

総額82百万円（約100億円）が投じられ、第Iフェーズでは、米国内の15大学に耐震実験施設を設置し、第IIフェーズではインターネットで実験施設間をつなぐと同時に、実験結果を世界に配信できるようにしている。大学側が負担する費用も合わせると、約200億円以上が投じられたと考えられる。

実験施設としては、(1)振動台、(2)遠心力載荷装置、(3)津波実験施設、(4)その他大型実験装置、(5)現場実験及びモニタリング装置、(6)システムインテグレーションから構成されており、合計16施設がある。これらが地理的分布を考慮して、15大学に設置されている。

このプロジェクトのユニークな点は、新設だけではなく、既存実験施設の性能アップが多数含まれている点である。たとえば、ネバダ大学リノ校の2次元複数振動台施設では、既存の2台の振動台に加えてもう1台を新設し、合計3台の振動台を2方向に同位相や異なる位相で自由に加振できるようになった。これにより、既存の実験施設を有効活用しつつ、実験能力を大幅に引き上げることができるようになっている。

また、ITを利用することにより、NEESの関連施設だけではなく時空間の制約を超えて世界中の研究者がリアルタイムで実験を見たり参加したりすることができる。実験データは長期的にアーカイブとして保存され、実験から1年後には公表されることになっている。これにより、実験データのより広範囲な利用を促進するだけでなく、これらの実験を追試するための多数の実験が行われるためにも有効であると期待されている。

NEESプロジェクトは、2004年から2014年までの10年間にわたって実施されるが、この間には、NEES装

置を有効活用するために通常の研究予算とは別枠の予算措置が取られている。予算には(1)個別研究者による研究、(2)小グループ研究、(3)大規模チャレンジ研究の3種類が用意されている。

米国以外の研究機関に対しNSFは直接予算をつけることはできないが、他国の研究者がNEES研究に参加し、NEESが国際的な研究施設として活用されることをNSFは期待している。すでに、カリフォルニア大学バークレイ校やデビス校等で、日米共同研究に基づいた日本側研究者の利用が実施されている。

4. 地震工学実験データのオープン・アーカイブ化

大学や国公立の研究機関、建設会社等の民間研究機関で得られる地震工学の実験データは、多額の研究資金と実験担当者の周到な計画と実施によって初めて得られる貴重なものであり、人類の共有財産とも言える。これらの貴重な地震工学に関するオリジナル実験データが死蔵されたり逸散することのないように、社会的貢献を目的として、実験実施者から提供される実験データを日本地震工学会等の非営利団体の事業として収集・保存し、一定の資格もしくは一定の条件の下で、誰にでもそのデータが利用できるように出版物もしくはインターネットその他の方法で公開する（オープン・アーカイブ化）ことが有効である。これが実現すれば、実験実施者のみがそのデータを活用するのではなく、場所と時間を超えてより多くの研究者がデータを活用できるようになり、例えば解析モデルの開発や解析手法の検証がより迅速かつ効率的に行われるようになり、現象の理解や設計法の合理化が進む。

このように、実験データのオープン・アーカイブ化を非営利団体の事業として実現しようとする場合の問題点と課題の分析を行うことを目的として、会員に対するアンケート調査を行った。調査のポイントは、a) 実験データ提供を促進するためのインセンティブのあり方、b) 実験データを利用する側の負担、c) 実験データの提供方法、d) オープン・アーカイブによるデータ公開の意義、e) オープン・アーカイブの運用における各種の課題に関する意識である。

このうち最も重要な点は、誰が長期的な実験データのオープン・アーカイブ化と運営に必要な費用を負担するかという点である。実験データの収集やこれを将来の多数の潜在的利用者に役立つ形に整理する作業には当然相当の費用が必要とされる。これは基本的に実験データの利用者の負担に委ねざるを得ないが、これだけで将来的に安定した仕組みとして定着するかが、事業化に際して最大の課題である。したがって、オー

ブン・アーカイブ化に対する公的資金の活用や対価に見合う正確で整理された実験データをいかに提供するかが制度設計上重要となる。

5. 研究成果のとりまとめ

本研究の主要部は実質的に平成18年度にほとんどを終え、平成19年度にはNEES実験施設の特徴や研究の動向等を震災予防にミニ特集「海外における地震工学実験施設紹介シリーズ」として掲載した。

NEESプロジェクトで重要な点は、NEESプログラムの提案に際して、米国は約10年にわたって日本を含む各国の最新の実験施設を調査し、今後の先端技術動向を見極めた上で、多数の研究者の参加の下に詳細な研究計画の策定も含めて施設計画を行っている点である。また、米国内だけではなく国際的な共同研究の促進が視野に置かれている点も見逃せない。

本研究委員会のねらいはこれに相当する日本版計画の第一ステップを提案することである。したがって、今後、さらに長期的な検討を重ね、NEESの物まねではなく、我が国にとってその国際貢献も含めて有効な研究施設の提案を行っていくことが求められる。本研究委員会の成果がその一助となることを期待するものである。

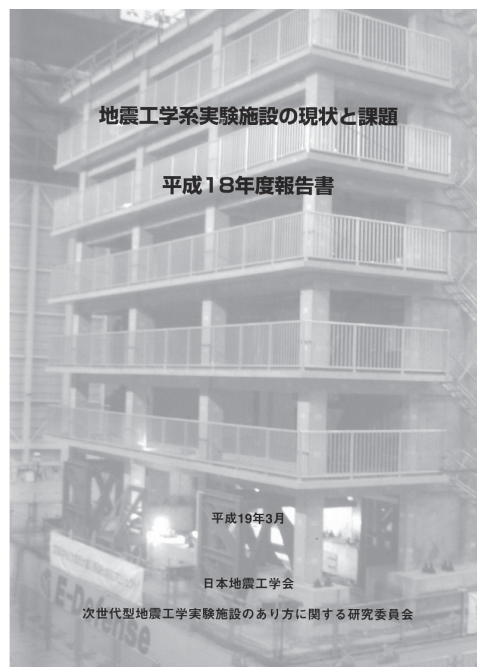


写真1 平成18年度報告書表紙

平成18年度の報告書はまだ残部があり、3千円/部で頒布している。ご希望の方は日本地震工学会事務局までお問い合わせ頂きたい。



会員・役員・委員会の状況

(1) 会員の異動

会員種別	2007.12月 末会員数	2008年1月から2008年6月							
		入会者	名誉会員	転格者	退会者	除名者	除名復帰	異動計	現在総数
名誉会員	8	2	+7		1			+8	16
正会員	1,226	14	-7	+8	33	23	1	-40	1,186
学生会員	79	7		-8	2	6		-9	70
法人会員	95	1			2			-1	94

(2008年6月3日理事会承認)

新入会員氏名

正 会 員：関 松太郎 (財日本建築防災協会) 蔣 景彩 (徳島大学)
 長田 正樹 (応用地質(株)) 森本 太郎 (サンシステムサプライ(株))
 中野 晋 (徳島大学) 田中 信也 (東電設計(株))
 川久保政茂 (円石コンサルタント(株)) 柏瀬 孝子 (株大林組)
 前島 克朗 (五洋建設(株)) 糸井 達哉 (大成建設(株))
 八木 康夫 (立命館大学) 山本 俊六 (財鉄道総合技術研究所)
 早山 徹 (株総合防災情報) 遠藤 一郎 (大成基礎設計(株))
 学生会員：古田 和久 (大阪府立大学) 木暮 晃子 (横浜市立大学)
 Lau Tze Liang (東京工業大学) 上田 恭平 (京都大学)
 中川 博人 (千葉大学) 北爪 慎 (金沢大学)
 Carlos Mendez Galindo (北海道大学)
 法人会員：株式会社アーク情報システム (C 級)

※各会員種別内は入会順です。(2008年1月～2008年6月3日現在 理事会承認)

(2) 名誉会員

青山 博之 石原 研而 和泉 正哲 太田 裕 岡田 恒男 志賀 敏男
 篠塚 正宣 柴田 明德 柴田 拓二 柴田 碧 田治見 宏 田中 貞二
 田村重四郎 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
東京電力株式会社
(各種団体)
社団法人プレハブ建築協会

【A級】

(建設)

株式会社大林組
株式会社奥村組
小田急建設株式会社
株式会社熊谷組
株式会社竹中工務店
戸田建設株式会社
(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
社団法人土木学会
社団法人日本建築学会
財団法人日本建築センター
社団法人文教施設協会

【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
株式会社間組
(設計・コンサルタント)
株式会社建設技術研究所大阪本社
ジェイアール東海コンサルタンツ株式会社

中央復建コンサルタンツ株式会社
株式会社社長大
株式会社東京建築研究所
東電設計株式会社
株式会社ニュージェック
ビューローベリタスジャパン株式会社
(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
(官公庁・公団・公社)

国土交通省国土技術政策総合研究所
独立行政法人防災科学技術研究所
(各種団体)

危険物保安技術協会
社団法人建築業協会
社団法人日本水道協会
全国建設労働組合総連合
損害保険料率算出機構
財団法人電力中央研究所
財団法人日本建築防災協会
(建材・システムなど)

株式会社エヌ・ティー・エス
ジャパンシステムサービス株式会社
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
株式会社本間組
真柄建設株式会社
(設計・コンサルタント)

株式会社NTTファシリティーズ
株式会社大崎総合研究所
基礎地盤コンサルタンツ株式会社
株式会社構造計画研究所
ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社

株式会社システムアンドデータリサーチ
株式会社篠塚研究所
株式会社スリーエーコンサルタンツ
株式会社ダイヤコンサルタント
財団法人地域地盤環境研究所
株式会社日建設計
株式会社ベクトル総研
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
(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
財団法人ダム技術センター
千葉県耐震判定協議会
社団法人日本ガス協会
社団法人日本建築構造技術者協会
財団法人日本建築設備・昇降機センター
財団法人日本建築総合試験所
社団法人日本ボイラ協会
社団法人日本免震構造協会
(建材・システムなど)

株式会社アーク情報システム
伊藤忠テクノソリューションズ株式会社
エイム株式会社

(4) 平成20年度役員一覧

会 長	鈴木 浩平	(首都大学東京 副オープンユニバーシティ長)
次期会長	* 濱田 政則	(早稲田大学理工学術院 教授)
副会長	鈴木 祥之	(立命館大学グローバルイノベーション推進機構 教授)
副会長	西谷 章	(早稲田大学理工学術院 教授)
副会長	* 武村 雅之	(鹿島建設(株)小堀研究室 プリンシパル・リサーチャー)
副会長	* 吉田 望	(東北学院大学工学部 教授)
理事(総務)	勝俣 英雄	((株)大林組技術研究所構造技術研究部 部長)
理事(総務)	* 犬飼 伴幸	((株)竹中工務店技術研究所建設技術開発部 研究主任)
理事(総務会計)	鈴木 康嗣	(鹿島建設(株)技術研究所都市防災・風環境グループ上席研究員)
理事(会計)	* 佐藤 清隆	((財)電力中央研究所地球工学研究所 領域リーダー上席研究員)
理事(会員)	柏崎 昭宏	((株)IHI 技術開発本部 管理部 部長)
理事(会員)	* 金子 美香	(清水建設(株)技術研究所 主任研究員)
理事(学術)	吉田 郁政	(武蔵工業大学工学部 教授)
理事(学術)	笠井 和彦	(東京工業大学建築物理研究センター 教授)
理事(情報)	志波由紀夫	(大成建設(株)技術センター土木技術研究所 主席研究員)
理事(情報)	* 大堀 道広	(海洋研究開発機構海洋工学センター 技術研究主任)
理事(事業)	* 中村 英孝	((独)原子力安全基盤機構耐震安全部 上席研究員)
理事(事業)	源栄 正人	(東北大学大学院工学研究科 教授)
理事(事業)	* 芳村 学	(首都大学東京大学院都市環境科学研究科 教授)
理事(事業)	* 福和 伸夫	(名古屋大学大学院環境学研究科 教授)
理事(調査研究)	三輪 滋	(飛鳥建設(株)技術研究所 所長)
理事(調査研究)	* 翠川 三郎	(東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授)
監 事	工藤 一嘉	(日本大学総合科学研究所 教授)
監 事	* 高田 至郎	(イラン・アザド大学科学研究センター 教授)

* 印新任：平成20年6月1日～平成22年5月31日(2年)

(5) 平成20年度委員会および委員長一覧

選挙管理委員会	委員長	* 11月実施の委員会で互選
役員候補推薦委員会	委員長	* 11月実施の委員会で互選
法人化検討委員会	委員長	鈴木康嗣(理事、鹿島建設)
電子広報委員会	委員長	大堀道広(理事、海洋研究開発機構)
会誌編集委員会	委員長	志波由紀夫(理事、大成建設)
事業企画委員会	委員長	中村英孝(理事、原子力安全基盤機構)
大会実行委員会	委員長	源栄正人(理事、東北大学)
国際委員会	委員長	笠井和彦(理事、東京工業大学)
論文集編集委員会	委員長	吉田郁政(理事、武蔵工業大学)
研究統括委員会	委員長	鈴木祥之(副会長、立命館大学)
地震災害対応委員会(常置)	委員長	中埜良昭(東京大学)
土構造物におけるライフサイクルコスト戦略の研究委員会	委員長	東畑郁生(東京大学)
リモートセンシング技術を用いた災害軽減に関する研究委員会	委員長	山崎文雄(千葉大学)
地震被害・復興の記録のアーカイブス構築のための研究委員会	委員長	小長井一男(東京大学)
津波災害の実務的な軽減方策に関する研究委員会	委員長	松富英夫(秋田大学)



行 事

本会主催による実施行事

2008年1月1日～6月30日

日 程	行事名	
2008年3月9日	市民セミナー「地震災害に備える～地震情報の利用とわが家の地震対策～」	主催
2008年4月11日	セミナー「強震動予測レシピ－新潟県中越沖地震や能登半島地震などに学ぶ－」	主催
2008年4月22日	セミナー「地震発生確率」～理論から実践まで～	主催
2008年5月22日	第8回通常総会講演会 我が国の電力安定供給と地震防災	主催

共催・後援・協賛した行事

2008年1月1日～6月30日

日 程	行事名	
2008年1月18日	地震防災フォーラム07－来るべき南海、東海地震に備えて(5)－	協賛
2008年1月31日	第12回「震災対策技術展/自然災害対策技術展」横浜	後援
2008年1月31日	第12回「震災対策技術展/自然災害対策技術展」横浜開催 「第7回国土セイフティネットシンポジウム-緊急地震速報の一般利用を迎えて-」	共催
2008年2月1日	第27回震災予防協会講演会「地震・火山噴火と人間：溢れ出る情熱に学ぶ災害軽減への道」	後援
2008年2月26日	NPO国境なき技師団「第3回定例セミナー」	後援
2008年2月26日	原子力発電所の耐震安全性・信頼性に関する国際シンポジウム	協賛
2008年2月28日	第9回地震災害マネジメントセミナー「長周期・長継続時間地震動への備えはできているか～現代社会の盲点を探る～」	後援
2008年3月6日	活褶曲帯における地震被害復興支援シンポジウム「震災復興の最終章へ向けて」－2004年新潟県中越地震の教訓にもとづく地震災害への提言－活褶曲帯における地震被害復興支援シンポジウム「震災復興の最終章へ向けて」－2004年新潟県中越地震の教訓にもとづく地震災害への提言－	後援
2008年3月21日	活褶曲帯における防災シンポジウム「2004年新潟県中越地震の教訓にもとづく今後の課題・対策への提言」	後援
2008年5月8日	講習会 Eディフェンスを用いた大型橋梁耐震実験から何を学ぶ	協賛
2008年6月7日	1978年宮城県沖地震30周年記念シンポジウム「あの揺れがまたやってくる 今度は大丈夫なの？ 地盤情報が教えてくれるもの」	後援
2008年6月19日	第2回「地域防災防犯展」大阪	後援
2008年6月20日	岩手・宮城内陸地震速報会開催(4学会合同調査団)	共催

今後の行事予定

2008年7月現在

日程	行事名	
2008年8月19日(火)～21日(木)	東京都防災展への出展	主催
2008年10月12日(日)～17日(金)	The 14th World Conference on Earthquake Engineering (北京)	
2008年10月21日(火)～23日(木)	物理探査学会創立60周年記念シンポジウム「社会に貢献する物理探査」 主催(社)物理探査学会	協賛
2008年11月3日(月)～5日(水)	日本地震工学会・大会－2008	主催

* 各行事の詳細については学会ホームページ (<http://www.jaee.gr.jp/event.html>) をご参照下さい。



会務報告

2008 年1月1日～2008年6月30日

01月15日(火)	・JAEE NEWS No.157 配信
01月22日(火)	・会誌編集委員会委員長・幹事打合せ 志波委員長、上半幹事(於 本会事務所10時～12時)
01月29日(火)	・会員委員会開催 野畑理事他(於 本会事務所14時～16時) ・総務部会開催 北川会長、鈴木康理事、石川総務理事、勝俣総務理事(於 本会事務所 16時～18時) ・事業企画委員会開催 若松理事・委員長他(於 建築会館304会議室 15時30分～18時)
01月31日(木)	・第12回震災対策技術展/自然災害対策技術展横浜開催 本会共催による「第7回国土セイフティネットシンポジウム-緊急地震速報の一般利用を迎えて-開催(パシフィコ横浜205・206会議室 13:00～16:30)
02月01日(金)	・JAEE NEWS No.158 配信
02月07日(木)	・会長・副会長会議 北川会長、鈴木次期会長、家村副会長、鈴木(祥)副会長、小長井副会長(於 建築会館304会議室 16時00分～20時45分) ・第65回理事会開催 北川会長、鈴木次期会長他(於 建築会館304会議室 17時00分～19時00分)
02月15日(金)	・JAEE NEWS No.159 配信
03月03日(月)	・JAEE NEWS No.160 配信
03月08日(土)	・国際委員会開催 笠井理事・委員長 家村副会長他 議案: WCEE報告、JAEE10周年記念事業と5ICEEについて(於 東工大田町キャンパスイノベーションセンター806号室 9時30分～10時30分) ・14WCEE Organizing Committee Qi Xiaozhai 氏他5名、JAEE国際委員会と協議(JAEE出席: 小谷元会長、家村副会長、笠井理事、壁谷澤理事、国際委員会委員川島他4名)10時30分～11時30分
03月09日(日)	・市民セミナー「地震災害に備える～地震情報の利用とわが家の地震対策～」開催 本会主催(共催 鳥取大学、地域地震災害研究会 協賛 JSCA中国・鳥取地区) 日時: 3月9日(日) 13:30～16:30 会場: 鳥取県立図書館会議室(鳥取市) 講師: 渡辺邦彦(前京大防災研究所)、西田良平(鳥取大学工学部)、宮野道彦(大阪市立大学) 司会: 野口竜也(鳥取大学)事業企画委員会委員
03月12日(水)	・本会歴代会長懇談会開催 東海大学校友会館(霞が関ビル33F)11時30分～14時00分(別掲) ・会長・副会長会議 北川会長、鈴木次期会長、家村副会長、小長井副会長、鈴木(祥)副会長、(於 建築会館301会議室 16時00分～17時00分) ・第66回理事会開催 北川会長、鈴木次期会長他(於 建築会館304会議室 17時00分～20時30分)
03月17日(月)	・JAEE NEWS No.161 配信
03月24日(月)	・本会後援: 土木学会主催「東京電力による中越沖地震調査報告会」開催 日時: 平成20年3月24日(月)10:00～12:00 場所: 土木学会 AB会議室
03月26日(水)	・選挙管理委員会開催 勝俣理事・委員長他(於 建築会館304会議室 15時00分～17時00分) ・津波委員会開催 松富委員長他(於 港湾空港技術研究所本館中会議室 13時30分～16時30分)
04月01日(火)	・JAEE NEWS No.162 配信
04月03日(木)	・拡大会長・副会長会議開催 北川会長、鈴木次期会長他 平成20年度予算審議、平成20年度役員候補について(於 建築会館306会議室 16時00分～18時30分)
04月08日(火)	・会長・副会長会議 北川会長、小長井副会長、鈴木(祥)副会長(於 建築会館304会議室 16時00分～17時00分) ・第67回理事会開催 北川会長、鈴木次期会長他(於 建築会館304会議室 17時00分～20時55分)
04月11日(金)	・セミナー「強震動予測レシピ-新潟県中越沖地震や能登半島地震などに学ぶ-開催 講師 入倉孝次郎(京大名誉教授)他5名(於 大阪工業大学摂南大学大阪センター 9時45分～17時00分)参加者53名
04月15日(火)	・事業企画委員会開催 若松委員長他(於 建築会館305会議室 16時00分～18時00分) ・JAEE NEWS No.163 配信

04月22日(火)	・セミナー地震発生確率～理論から実践まで～開催 講師 島崎邦彦東大教授他2名、(於 建築会館ホール 14時00分～17時00分) 参加者135名
04月24日(木)	・平成19年度事業報告(案)・収支決算(案)監事監査会 亀田弘行監事、工藤一嘉監事、小林会計理事、鈴木総務・会計理事、石川総務理事、勝俣総務理事出席(於 建築会館306会議室 17時00分～19時00分)
04月25日(金)	・会誌編集委員会開催 志波理事・委員長他(於 建築会館303会議室 17時00分～19時00分)
05月01日(木)	・JAEE NEWS No.164 配信
05月10日(土)	・市民向けフォーラム 1968年十勝沖地震40年防災フォーラムー過去に学び、将来に備えるー開催 共催 本会、1968年十勝沖地震40年防災フォーラム実行委員会、弘前大学他 講師 柳沢栄司東北大学名誉教授他3名(於 八戸商工会館(青森県八戸市) 11時～17時) 参加費無料
05月13日(火)	・会長・副会長会議 北川会長、鈴木次期会長、小長井副会長、鈴木(祥)副会長(於 建築会館304会議室 16時00分～17時00分) ・第68回理事会開催 北川会長、鈴木次期会長他(於 建築会館304会議室 17時00分～19時30分)
05月15日(木)	・JAEE NEWS No.165 配信 ・Dear Director Wang, Dr.QI and all members of the Organizing Committee of 14WCEEあて、中国・四川省大地震に対するお見舞いを本会北川会長名にて発信 (家村副会長発信)
05月22日(木)	・日本地震工学会第8回通常総会開催(於 建築会館ホール 13:15～19:00) (1) 講演会 我が国の電力安定供給と地震防災 講師 川原修司氏他2名 (2) 論文奨励賞授与式ならびに記念講演 受賞 三浦弘之氏他1名 (3) 総会 第1号議案～第9号議案 (4) 名誉会員推挙式 青山博之名誉会員他8名 懇親会開催
05月26日(月)	・四川大地震復旧技術支援連絡会議の設立と代表団の派遣 5団体構成:土木学会、日本建築学会、地盤工学会、日本地震工学会、日本地震学会 議長:濱田政則 土木学会前会長・日本地震工学会次期会長 代表団長:濱田政則(本会次期会長・早稲田大学教授)他 派遣期間:平成20年5月28日(木)～6月1日(日) 本連絡会議は地元成都市の西南交通大学の要請に応じて、成都市で開催される交流会議に参加
05月27日(火)	・第14回世界地震工学会会議 法人会員にブース出展のお願いメール配信
05月30日(金)	・国際委員会開催 笠井理事・委員長他(於 東京工業大学イノベーション会議室15:00～17:00)
06月02日(月)	・JAEE NEWS No.166 配信
06月03日(火)	・会長・副会長会議開催 鈴木会長、濱田次期会長、吉田副会長、武村副会長他総務理事(於 建築会館306会議室 16時00分～17時00分) ・第69回理事会開催 鈴木会長、濱田次期会長他(於 建築会館302・303会議室 17時00分～20時30分)
06月10日(火)	・事業企画委員会開催 中村理事・委員長他(於 建築会館303会議室 15時00分～18時00分)
06月14日(土)	・岩手・宮城内陸地震発生 ・岩手・宮城内陸地震・地震災害対応本部設置(土木学会災害対策本部長 古木守靖土木学会専務理事) 本会、土木学会、地盤工学会合同調査団結成(団長 風間基樹東北大学教授、副団長 本会吉田望副会長他、三輪理事対応)
06月15日(日)	・岩手・宮城内陸地震調査団現地調査(団長 風間基樹(東北大学教授)、副団長 本会吉田望副会長他)
06月16日(月)	・JAEE NEWS No.165 配信
06月20日(金)	・岩手・宮城内陸地震速報会開催(4学会合同調査団)報告:吉田副会長他、三輪理事、勝俣総務理事、鳴原事務局長出席(於 土木学会講堂 9時20分～11時30分) ・論文集編集委員会幹事会 吉田理事・委員長他(於 工学院大学会議室13時00～16時00分) ・論文編集委員会開催 吉田理事・委員長他(於 工学院大学会議室16時00分～18時30分)



論文集目次・出版物

日本地震工学会論文集 第8巻・第1号・第2号

Journal of Japan Association for Earthquake Engineering, Vol.8, No.1-No.2

目 次

第8巻・第1号

- | | | |
|---|------------------------------|-------|
| 1. 論文集編集委員会から | 本会論文編集委員会 | |
| 2. 平成19年査読者一覧【五十音順】 | | |
| (論文) | | |
| 3. ドリル削孔試験によるコンクリート構造物の圧縮強度推定に関する基礎的研究 | 近藤智佳子, 三田 彰 | 1-15 |
| 4. KiK-net 地震記録を用いた基盤から地表への震動増幅評価法 | 國生剛治、佐藤克晴、長尾晋悟 | 16-31 |
| (報告) | | |
| 5. 想定東南海地震に対する大学キャンパスでの緊急地震速報の利用に関する基礎的検討 | 酒井久和、山崎誠、八木康夫、
伊津野和行、土岐憲三 | 32-47 |

第8巻・第2号

- | | | |
|---|-----------|-------|
| 1. 論文集編集委員会から | 本会論文編集委員会 | |
| (論文) | | |
| 2. 構造ヘルスモニタリング向けスマートセンサネットワーク用高精度時刻同期システム | 石川健一郎、三田彰 | 1-10 |
| 3. 2007年能登半島地震における自治体観測点を対象とした周期1秒前後の速度応答スペクトルの推定 | 西川隼人、宮島昌克 | 11-21 |

日本地震工学会出版物

2008.07.01現在

刊行日	題名	在庫	価額		
			正会員	非会員	学生会員
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－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－大地震に備えて－」	○	¥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
2003.11.21	地震工学市民講座「地震被害を低減するために」	×			
2002.02.14	第6回震災対策技術展「国土セイフティネットシンポジウム-広域リアルタイム地震ネット構築へ向けて」	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2003.01.31	第7回震災対策技術展「地震調査研究の地震防災への活用-活断層調査・地盤構造調査は地震防災にどう活かされたか？」	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2003.02.07	第7回震災対策技術展「第2回国土セイフティネットシンポジウム-広域・高密度リアルタイム地震ネット構築へ向けて」	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2004.01.31	第8回震災対策技術展「来るべき大地震に対する構造物の備えの現状と課題-南海トラフの地震に対してだけ備えていて良いのか」	×			
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－震災時対応者にとっての10年」	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2006.02.03	第10回震災対策技術展「安全な住宅はいのちを救う－日本と諸外国を対象として」	×			
2003.12.05	2003年（平成15年）十勝沖地震被害調査報告会概要集	×			
2004.03.00	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
2005.03.00	性能規定型耐震設計法－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
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
2004.12.21	平成16年新潟県中越地震被害調査報告会概要集	×			
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
2001.11.28	第一回日本地震工学研究発表・討論会	○	¥7,000	¥9,000	¥4,000
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
2007.11.13	日本地震工学会大会-2007梗概集	×			
2005.01.31	日本地震工学会誌No. 1	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2005.08.31	日本地震工学会誌No. 2	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2006.01.31	日本地震工学会誌No. 3	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2006.07.31	日本地震工学会誌No. 4	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2007.01.31	日本地震工学会誌No. 5	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2007.07.31	日本地震工学会誌No. 6	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2008.01.31	日本地震工学会誌No. 7	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2006.11.03	第12回日本地震工学シンポジウム（CD-ROM版）	○	¥5,000	¥5,000	¥5,000
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
2007.03.00	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
2007.10.03	セミナー「実務で使う地盤の地震応答解析」資料	×			
2007.10.26	基礎－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

※送料は別途実費でいただきます。



入会・会員情報変更の方法

1. 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。

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。

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

2. 入会するには

日本地震工学会に入会すると、各種の学会活動、「JAEE NEWS」のメール配信、地震工学論文集の投稿・発表、講習会等の会員割引などの多くの特典があります。入会方法、会員の特典などの詳しい情報はホームページをご覧ください。入会するには、ホームページから入会申込書をダウンロードし、必要事項を記入して、事務局にお送りください。

3. 会員情報を変更するには

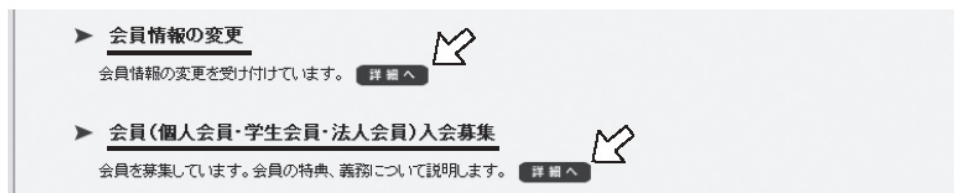
会員の方で、勤務先、住所、メールアドレス等が変更になった方は、会誌・「JAEE NEWS」等の確実な送付のため、ホームページから変更届をダウンロード、ご記入の上、事務局にお送り下さい。

4. 入会申込書・会員情報変更届けの入手と送付

- ①日本地震工学会ホームページ(<http://www.jaee.gr.jp/>)を開き、TOPメニューの「会員」をクリックしてください。



- ②表示されたページ下部に「会員情報の変更」および「会員(個人会員・学生会員・法人会員)入会募集」の項目があります。「詳細へ」をクリックすると、それぞれの用紙のダウンロードページが表示されます。必要な用紙をダウンロードして下さい。



- ③ 事務局への送付

ダウンロードした用紙に必要事項の記入が終わりましたら、事務局に郵便、FAXまたは電子メールで送付してください。

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

E-mail : office@general.jaee.gr.jp、Tel : 03-5730-2831、Fax : 03-5730-2830

編集後記：

今回の特集、「1968年十勝沖地震から40年・1978年宮城県沖地震から30年」はいかがだったでしょうか？新しい地震の速報的な特集だけでなく、少し古い地震を対象として掘り下げて地震後の研究進展のレビューなどを行ってはどうかという編集委員会での議論から、この特集の企画が始まりました。「両地震の特徴的な被害や得られた教訓、地震工学に与えた影響や未解決の課題などを自由にご執筆ください。」という編集委員会からの漠然とした依頼にもかかわらず、当時の被害調査に参加され、現在もご活躍中の著名な先生方が、当時の状況が目につかぶような豊かな表現で、また若手・中堅の地震工学関係者が今後進むべき道筋を照らすような示唆に富んだ内容で記事をまとめてくださいました。

本会誌8号の著者の皆様に原稿執筆をお願いしました5月に四川省の地震が発生し、ご多忙のところ申し訳ないと思っていましたところ、6月に畳みかけるように岩手・宮城内陸地震が発生しました。被害調査や各種緊急対応で極めてご多忙の中、本誌にご寄稿いただきました皆様に、紙上を借りて心よりお礼申し上げます。

会誌編集委員会では、委員を新たに3名増員し、記事の企画・収集体制の見直しと投稿要領の策定を検討しています。よりスムーズな会誌編集方法の確立、会員の皆様にとってより有意義な会誌のあり方の模索に取り組みますので、引き続き会誌編集委員会へのご協力の程、よろしくお願い申し上げます。

上半 文昭（鉄道総合技術研究所）

会誌編集委員会

委員長	志波由紀夫	大成建設	委員	境 有紀	筑波大学
副委員長	大保 直人	鹿島建設	委員	佐藤 清	大林組
幹事	上半 文昭	鉄道総合技術研究所	委員	西山 誠治	日建設計シビル
幹事	大原 美保	東京大学生産技術研究所	委員	藤本 滋	湘南工科大学
委員	青木 繁	東京都立産業技術高等専門学校	委員	三宅 弘恵	東京大学地震研究所
委員	五十田 博	信州大学	委員	森川 信之	防災科学技術研究所

日本地震工学会誌 第8号 Bulletin of JAEE No.8

2008年7月31日発行（年2回発行）

編集・発行 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 2008

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