

日本地震工学会誌

Bulletin of JAEE

No.10

Jul.2009

会長挨拶：濱田 政則

特集：実大構造物の振動実験による検証



<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10号 2009年7月)

Bulletin of JAEE (No.10 July.2009)

INDEX

会長挨拶：

就任挨拶／濱田 政則	1
------------	---

特集：実大構造物の振動実験による検証

地震防災・地震工学の発展に大型構造実験は欠かせない・・・はずだ／中島 正愛	2
実大実験を支える技術／清水 秀丸、梶原 浩一	8
分散ハイブリッド実験による大規模構造物の動的応答評価 —アメリカNEESプロジェクトを中心に—／高橋 良和	12
鉄筋コンクリート造建物のフェールセーフ耐震設計 —基礎すべり入力逸散に依存する強度型耐震構造の実大振動実験による検証— ／壁谷澤寿海、壁谷澤寿一、金 裕 錫、松森 泰造	16
木造建築物の振動台実験／五十田 博	22
大型振動台を用いた杭—地盤—構造物系の動的相互作用実験／鈴木比呂子、時松 孝次	26
原子力機器の耐震実証試験／飯島 亨、稲垣 政勝	31

連載：

名誉会員インタビュー第2回：志賀敏男先生／引田 智樹	36
名誉会員インタビュー第3回：田治見宏先生／田村 良一	38

学会ニュース：

第9回通常総会・講演会／犬飼 伴幸、中村 英孝	40
日本地震工学会大会2009のご案内／北山 和宏	47
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報告／東畑 郁生	49
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報告／山崎 文雄	51

学会の動き：

会員・役員・委員会の状況	53
行事	56
会務報告	57
論文集目次・出版物	60
入会・会員情報変更の方法	66
投稿要領	67
学生会員「会費値下げ」のお知らせ	69

編集後記

就任挨拶

濱田 政則

●早稲田大学理工学術院 教授



会長就任にあたりご挨拶申し上げます。

日本地震工学会は平成13年1月に設立され、1年半近くで10周年を迎えることとなります。この間、歴代の会長、副会長、理事および会員の御努力によって学会事業が順調に展開され、組織・体制も整備されて来

ました。地震工学会の運営をこれまで支えて来られた会員諸氏に改めて敬意を表する次第です。

5月21日に開催された第9回総会におきまして、法人格取得に向けて本年度より準備を開始するという趣旨の議案を議決して頂きました。この議決によって、日本地震工学会は新しいフェーズに入るためのスタートを切ったものと考えております。

学会の設立時に掲げられていた主要な目標は

- 1) 地震工学分野の横断的・学際的調査研究を推進し、関連学協会とのリーダー的役割を担うこと、
- 2) 地震災害軽減のための国際的活動を展開し、地震工学分野での日本の代表としての役割を果たすこと、および
- 3) 災害軽減のために直接的に国内外の地域社会に貢献すること、

であったと思います。これらの設立時の目標を達成し、学会の社会的評価を高めて、さらに発展させるためには「法人格取得」は不可欠であると考えています。会員の皆様、理事の方々の御協力を得て、法人化に向けて着実なステップを刻んでいきたいと思ひます。

学会の将来計画に関しましては鈴木前会長のもとで「将来計画検討委員会」が組織され、これまでの学会活動の点検と、それにもとづいた将来の方向性や方策が示されています。会員増強、特に若手会員増強のための学生会員の会費優遇措置については既に本年度の総会において議決され、具体化されています。その他、「将来計画検討委員会」では理事会をはじめとする学会運営のスリム化や、国際交流や社会的活動の一層の発展の必要性など、数々の貴重な指摘を頂いておりま

す。特に、学会財政の見通しについて、会費収入の増減と震災予防協会との協力関係を踏まえた報告をまとめて頂いております。このように法人格取得をはじめ、学会のさらなる発展のために取り組むべき課題が数多く残されております。いずれの課題に関しても理事の方々には御尽力をお願いすることになりますが、会長としても全力を尽くしたいと考えています。

本年に入ってイタリア中部での地震、昨年は四川地震と岩手・宮城内陸地震と国内外で地震災害が発生しています。特にアジア地域の開発途上国では地震災害がこの20年間急増しており、この傾向は今後も続くと考えられます。さらに、わが国では南海トラフ沿いの巨大海溝型地震や首都圏直下地震の発生が逼迫しているとされています。日本地震工学会が社会的に果たすべき役割は益々増大しています。

将来の地震災害を軽減するための技術の開発と知見の蓄積には、学際的研究が必要です。理工学分野のみならず、社会学や政治・経済学など人文科学分野との横断的研究が不可欠であると考えます。地震災害軽減に関係する他の学協会、国際学会さらには日本学術会議等との密接な連携のもとに技術者、研究者集団として、国内外の地震災害の軽減に主導的な立場で貢献するという本学会の役割をより明確に果たしていきたいと考えてます。

その一つの具体的な活動として、来年1月18日に「阪神・淡路大震災15周年フォーラム」を本学会が中心となって、土木学会・建築学会等他の10学協会の共催により神戸市で開催することを決定しています。阪神・淡路大震災より15年間、「学協会はどのような活動を行い、どのように社会の地震災害軽減に貢献して来たのか」、さらに「地震災害軽減のため今後の学協会の役割は何か」を横断的に討議し、この結果を社会に向かって発信する予定です。会員の皆様には詳細を後日学会ホームページ等でお知らせしますので、是非御参加下さい。

地震防災・地震工学の発展に大型構造実験は欠かせない・・・はずだ

中島 正愛

●京都大学防災研究所・教授、(独)防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センター・センター長(兼務)

1. はじめに

日本の“Modern Society”が、地震に対してかくも脆弱であることが露わになった1995年の阪神・淡路大震災からすでに15年が経とうとしている。阪神淡路以降も、2000年鳥取県西部地震から2007年新潟県中越沖地震に至るまで被害地震は絶えることはなく、さらに、南海トラフの大地震(東海、東南海、南海)が今世紀中盤までに到来する可能性が極めて高いと認識されているものの、地震防災、地震工学等々、その備えに資すべき研究はと言えば、10年前に比べてむしろ停滞している気配もある。阪神・淡路大震災の惨状を目の当たりにして、地震工学は「構造物の崩壊」と真っ向から向き合わなければならないこと、そのための基礎データを蓄積しなければならないことを踏まえ、巨大振動台(E-ディフェンス)建設という一大プロジェクトが開始された。しかしながら、昨今の諸情勢を反映してか、E-ディフェンスを巡る環境も決して明るいばかりではない。

人の心は移ろいやすい、地震災害以外にわが国を揺るがす他の事態が続発している等々、理由は幾つもあるだろうけれど、逆に今だからこそ、日本地震工学会の旗の下に集うわれわれは、地震災害への備えが国民的課題であることを社会に訴え続けなければならない。このような視点に立って、ここでは、構造物の耐震実験、とりわけ大型構造物の振動台実験が持つべき役割について、筆者の思うところを認めてみたい。

2. 「被害地震に学ぶ」から「擬似被害地震に学ぶ」へと発想の転換を

1964年新潟地震における液状化、1968年十勝沖地震におけるRC柱のせん断破壊、1995年阪神・淡路大震災における数多く倒壊した古い(既存不適格)構造物に代表されるように、耐震工学は古来「被害地震に学ぶ」ことからその技術を進展させてきた。滅多にやっこない大地震、強震動を予測することの難しさ、経験を重視してきた建設技術の歴史等を考えれば、「被害地震に学ぶ」態度もうなずける。

しかし・・・われわれの社会、特に大都市圏は、この40年間ですっかり様変わりした。1960年代初めには

超高層ビルもなければ、地下鉄路線も今ほど多くはなかったし、ウォーターフロントも閑散としていた。PCやインターネットも手元になく、そう、グローバル化という言葉もまだ発明されていなかった。一方今とは見ると、超高層建物が林立し、地面の下はトンネルだらけ、ウォーターフロントも諸施設でふさがれ、そしてグローバル化の名のもとに、大都市は24時間いささかも休むことなく動いている。そんな密度の濃い社会、高機能への要求が止まない社会が、大きな地震を受けたら一体どうなるのだろう。

国の富に限られていたころは、命が助かれば幸いで資産を失うのもしょうがないと認識されていたものが、豊かになった今では、安全と人命保護は言うに及ばず、大地震の直後にも「生活の質の保証」に気配りしなければならなくなった。また経済が右肩上がりであれば、地震で資産を失ってもそれをバネに「スクラップアンドビルト」を実践できた。でも、社会が成熟する一方で少子化、高齢化も加速し、加えて「生活の質の保証」に対する要求がいやがおうにも高まる21世紀のわが国において、「被害地震に学ぶ」という姿勢がなお許されるというのか。被害地震を受けた後ではもう取り返しがつかない、過去に経験したことがない種類と大きさの被害に悩まされ、そして復興に対する人的物的資源が圧倒的に不足して、つまるところ、わが国がその後長い間立ち直れない可能性は十分にありうる。

今こそわれわれの想像力を最大限に活かして、現代都市を襲う地震被害の様相を的確に予見・予測し、実際の被害に先手を打って防御策を講じなければ、子孫に合わず顔がない。では、具体的にはなにができるのだろう。「被害地震に学ぶ」は踏襲しつつもそれに一歩先んじるために、「擬似被害地震に学ぶ」姿勢への転換をめざすべきだと、私は主張したい。そしてその実現において、E-ディフェンス等の大型振動台装置は役に立てるはずだと。

3. 「擬似被害地震に学ぶ」はなぜ実大規模でなければならないのか

3.1 実大振動台実験に対する“Pro and Con”

「擬似被害地震に学ぶ」を掲げ、それに大型振動台装

置が役に立つと書いたが、その心は、構造物等の模型（試験体）を実寸規模で造って、それを振動台の上に乗せて揺ることから、現実の揺れ、損傷、崩壊に関わる（擬似）データを得るところにある。だからと言って、大型振動台だけが擬似被害地震を再現できるとなぜ言い張れるのか。典型的な反論を次に挙げてみる。

- ①なぜ実寸でなければならないのか、縮小模型でどこが悪い。【実寸 VS 縮小模型】
- ②柱や梁や壁等の要素を取り出してその性状をつぶさに調べ、そしてそれを組み合わせて構造物全体の揺れや損傷や崩壊を予測すればよいではないか。【構造システム VS 構造要素】
- ③振動台のように実際で揺らす代わりに、時間軸をぐっと延ばした準静的実験で代替できるだろう。【動的 VS 準静的】

これら項目について、筆者が手がけてきた実験群を参照しながら、以下に筆者の所見を陳述したい。

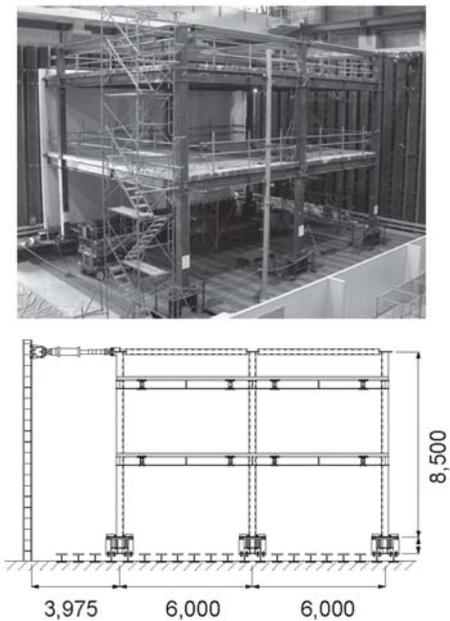


図1 実大3層鋼構造骨組試験体(単位: mm)

3.2 実大3層鋼構造骨組に対する実験の概要

筆者らは数年前に、実大3層鋼構造骨組(図1)に対する準静的荷重実験を実施する機会を得た(文献1~3)。実験に用いた実大試験体は、柱には冷間成形角形鋼管を、梁にはH形鋼を用いた典型的な中低層鋼構造ラーメンである。鋼構造ラーメンの設計で通常想定される梁崩壊機構(構造物全体として平行四辺形のような機構)を想定し、柱の強度をそれに接続する梁の強度より相当高く設定した。全体変形角(骨組の頂部水平変位を骨組の総高さで除した値)の振幅として1/200から1/20を選択して、漸増繰返し荷重によ

ってこの試験体の挙動を調べた。また1/20振幅の繰返し荷重後は、試験体の崩壊挙動を観察するために、最大層間変形角にして1/8まで一方向に荷重した。

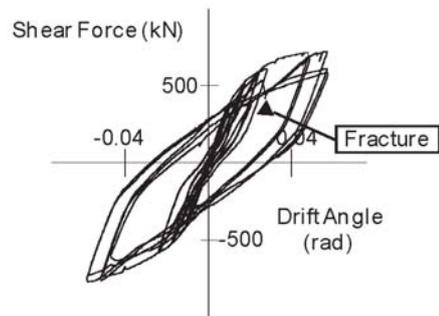


図2 実大3層鋼構造骨組水平抵抗力—全体変形角関係(1/20振幅までの挙動)

3.3 実寸 VS 縮小模型

図2は、1/200~1/20振幅における挙動で、縦軸が抵抗力、横軸は全体変形角である。試験体は1/25振幅に至るまで安定した履歴を描いているが、1/20に至る荷重中に、梁端の一つが破断した。破断した梁のモーメントと回転角の関係を図3(a)に示す。この破断は、梁下フランジの端から徐々に進行していた微小な亀裂が、ある時点で突然広がって生じたものである。

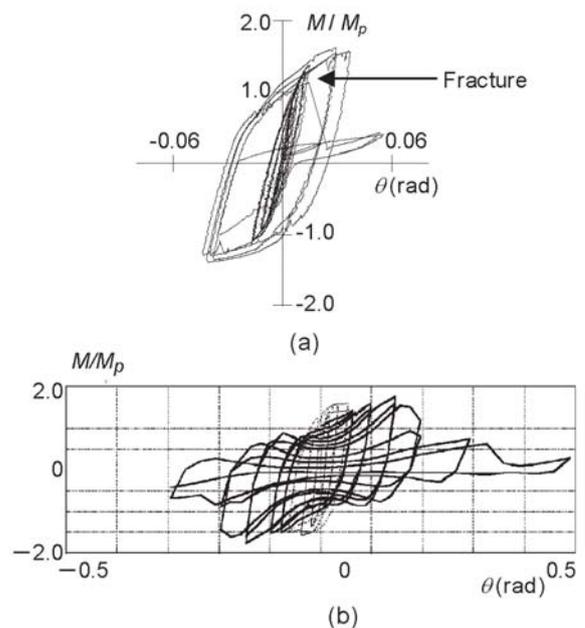


図3 鋼梁の曲げモーメント—回転角関係:
(a)実大試験体鋼梁;(b)1/10縮小模型鋼梁

この実験とは別に、同じ鋼梁だけれども、寸法を1/10に縮小した模型鋼梁を用いた実験も実施した(文献4)。1/10という縮小率を採用すると、小さすぎて溶接接合の詳細をもう再現できないので、端部の接合部分を溶接から噛合(噛みあわせ)接合に変えて試験体

を造った。縮小模型から得られた曲げモーメントと回転角の関係を図3(b)に示す。実寸をもつ梁に対する図3(a)に比べて、相当大きな変形に至るまで破断していないが、これは、破断の主原因である溶接を縮小模型では正しく再現しなかった(できなかった)からである。突然抵抗力が失われる破断という現象が、溶接という細部に依存し、一方で細部は縮小模型では再現できないことは、破断のような大きな変形時に生じる現象を正しく把握するためには、細部が再現できる、つまり実大規模での実験が不可欠であることを示唆している。

3.4 構造システム VS 構造要素

図3(a)に示すように、破断した梁端自身は抵抗力のほぼすべてを失ったが、構造物全体としての図2を見ると、破断時に約15%の抵抗力劣化がみられるものの、さらに荷重を続けてゆくと抵抗力は次第に回復し、その後の繰返し荷重においてもなお安定した挙動を示している。これは構造物がもつ不静定性のおかげで、破断によって失われた抵抗力が他の部分で肩代わりされ、その結果、構造物全体としては倒れることはない。このように、部材一本の挙動と多くの部材が組み合わさった構造物の挙動は同一ではなく、とりわけ部材の破壊と構造物の崩壊との関係は複雑な様相を示す。

図4は、実験の最終段階で、層間変形角にして1/8まで試験体を押し続けた場合の挙動であり、1/17から抵抗力が著しく低下している。これは、1層柱脚の損傷によって柱脚の回転が増えるにつれ、抵抗曲げモーメントが減り、それに伴って柱の反曲点が下がり、その分1層柱頭への曲げモーメントが増加したことによる。その結果、今度は1層柱頭部に局部座屈が生じ、それまで梁崩壊機構を保ちながら変形していたものが、1層崩壊機構(1層だけが平行四辺形のような機構)に転じた。塑性変形するパターンが、ある部材(この場合1層柱脚)の抵抗力が極端に減ることによって途中で変わり、それが構造物全体の抵抗力喪失を助長した。この例のような複雑な挙動は、構造物全体に対する実験から初めて得られるものである。

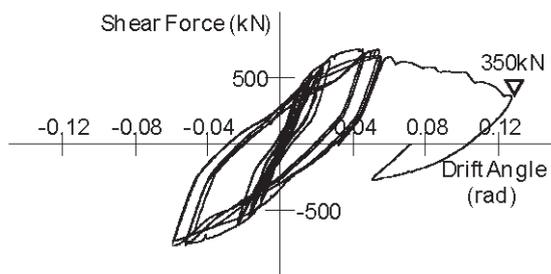


図4 実大3層鋼構造骨組—最終崩壊に至る挙動

3.5 動的 VS 準静的

地震時の応答は動的であるが、構造物の挙動や破壊特性を観察する実験のほとんどでは、準静的荷重と呼ばれるゆっくりと力を加える方法が採られる。筆者らは、先に示した試験体の柱梁接合部と同種の接合部をもつ柱梁部分骨組を2つ造って、一つを地震時の揺れに相当する速度で動的に、もう一つを意図的にその速度を1000倍にした速度で準静的に荷重して、両者の挙動の違い(速度効果)を調べたことがある(文献5)。

図5は、この実験から得られた荷重(柱端曲げモーメント)と変形(梁の部材回転角)の関係を示す。いずれの場合も、柱梁接合部の溶接近傍でフランジが破断した。歪速度が大きいほど(つまり速度が大きいほど)鋼材料の脆化が進行するという周知の事実から、実験前には、動的荷重による方が早くそしてより脆性的に破壊するのではないかと憶測していた。ところがその結果は図5に示す通りで、むしろ動的の方が塑性変形能力に優れ、しかも破断面を見ると、動的荷重による破断は延性破断面を、一方準静的荷重による破断は脆性破断面を呈していた。その主たる理由は、繰返し荷重時の塑性変形によって消費されるエネルギーが熱エネルギーへと変換され、それが塑性化部分の鋼材温度の上昇を誘発し、高温下の鋼材がより延性的な性質を保有するに至ったからである。この例からも明らかに、荷重速度の違いは、部材の履歴特性、特に破壊に関する特性に影響を及ぼす場合が少なくない。

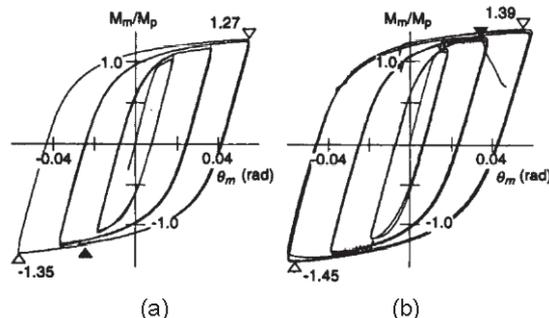


図5 鋼梁の履歴特性に及ぼす荷重速度の影響：
(a)準静的荷重；(b)動的荷重

3.6 実大規模振動台実験の意義

以上3.2～3.5の議論を経て、構造物が揺れ損傷しそして崩壊する姿を正しく再現するためには、(縮小模型ではなく)実寸で、(柱や梁のような要素毎ではなく)構造物まるごとを、そして(ゆっくりした(準静的)荷重ではなく)本当の速度で実験することに十分意義はある、と私は信じている。(この議論については文献6も参照いただきたい)

4. 安全だけではなく、機能保持や快適性の確保が求められる

4.1 機能保持への要求

冒頭では、一昔前は、命が助かれば幸いで資産を失うのかもしれないと認識されていたものが、豊かになった今では、安全と人命保護は言うに及ばず、大地震の直後にも「生活の質の保証」に気配りしなければならなくなった、と書いた。また、首都圏を始めとするわが国の大都市がますます巨大化し、そして濃密、高速、高機能への果てしない要求に応えるべく急速に変化する社会の様相をみると、構造物が崩壊するような惨事は起こらなくても、その機能が失われれば社会は大混乱を来たしかねない。BCP (Business Continuity Plan：事業継続計画) に対する意識も急速に高揚しているとは言え、大地震という局面で何が起きるのか、事業継続を阻害する要因が何であってそれをどう克服できるのかという具体については、未だ経験したことがないだけに情報があまりにも少ない。「擬似被害地震に学ぶ」は構造物の崩壊に限ったことではなく、事業継続の前提となる構造物の「機能保持」にも適用されるはずだ。

E-ディフェンスはこの課題に率先して取り組むことを心がけ、機能保持能力を検討する実験を幾つか実施してきた。そのうち、下記の二つのプロジェクトの概要を紹介したい。

4.2 長周期地震動を受ける高層建物の揺れと損傷

高層建物が長周期地震動を受けたとき、構造物は大きな損傷を受けないだろうけれども、特に揺れ(変位や速度)が大きい上層階において、非構造部材や家具什器が壊れたり暴れ回ったりすることはないのか、そしてそれが活動の継続を著しく損なうことはないのか、という疑問に答える振動台実験を、2007、2008年度にE-ディフェンスと兵庫県との共同研究の一環として実施した。

高層建物の上層階の揺れ(床応答)を再現したければ、当該高層建物を表す数値モデルに対して地震応答解析を実施し、上層階(例えば最上階)の床応答加速度時刻歴を求めておいて、一方振動台の上に上層階を模擬した試験体を置いて、そこに床応答加速度時刻歴を入力として振動台を揺すればよい。ところが、特に長周期地震動下では、高層建物周期との同調によって、上層階の揺れが特に変位と速度においてとても大きくなる(例えば変位振幅が2m以上、最大速度が200カイン以上等)。さらにそんな揺れが何分間も続くので、この揺れをそのまま再現しようとすると、振動台のパワ

ー(特に速度容量と油量において)が圧倒的に不足する。E-ディフェンスではこの問題を克服するために、積層ゴム支承とコンクリート錘からなる「変位・速度増幅装置」を開発し、この装置を振動台と試験体(上層階を模擬した空間)の間に差し込むことから、振動台の容量制限を超えないながらも所定の床応答を出現する実験法(図6)を開発した(文献7~9)。

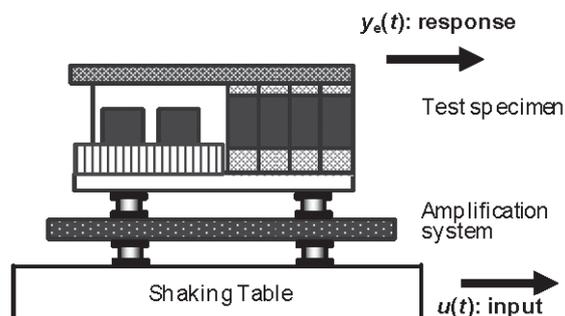


図6 高層建物上層階の揺れを再現するための応答増幅装置と試験体



図7 高層建物上層階家具什器の散乱

図7はこの実験後に撮った写真で、事務所や寝室を模擬した空間(本棚、机、コピー機、ベッド、筆筒などを設置)地震後の姿を現している。この写真からも一目瞭然、本棚や筆筒は倒れ内容物が散乱した状態は、とても機能保持とは言い難い。一方で、倒れ止めや滑り止めを取り付けると被害が劇的に軽減することも、この実験から明らかになった。大きな長周期地震動を受ける高層建物では上層階において無被害では取まらないだろうとは当初から推測していたが、その被害程度と補強効果を目の当たりにさせてこの実験は、「擬似被害地震に学ぶ」絶好の例である。

4.3 免震化による病院機能の向上

災害時にこそ機能しなければならない医療施設において、機能保持能力向上の切り札とされる免震の適用例が増えているが、免震によって医療施設の機能は完璧に確保されるのか、という疑問に答える振動台実験を、2007年度に始まった「首都直下地震防災・減災特別プロジェクトプロジェクト」(文科省開発局)の一環として実施した(文献10)。



図8 4階建てRC造免震病院試験体

この実験では、できるだけ本物の病院を模した医療設備を配したRC4階建て免震病院試験体をE-ディフェンスのなかに造った。この試験体に、断層近傍強震動（阪神・淡路大震災において記録されたJMA神戸記録等）、従来型設計地震動（1940年エルセントロ波）、長周期地震動（模擬地震動）を入力して、また比較の対象としてRC4階建て耐震試験体に対する実験も実施することから、免震の効果のほどを検証することにした。図8はこの実験に用いた試験体で、振動台と基礎の間に免震装置を4基挟み込んでいる。また上部構造RC部分は、1階が撮影室、2階が診察室、3階が手術室、4階が病室と、実際の病院に近い層配置とし、また各階には図9にあるような各種医療設備を、現実に近い設置条件を採用して配備した。なおこれら医療設備については、多くの医療設備メーカー等から絶大な強力を得た。



図9 免震病院試験体内に設置された医療設備群

図10は、免震試験体がエルセントロ波（50カインに規準化）と長周期地震動（三の丸波）受けたときの最上層の加速度応答を、比較の対象である耐震試験体の加

速度応答と併せて示した結果である。エルセントロ波に対しては免震の効果は歴然としているが、長周期地震動に対しては、最大加速度応答はほぼ等しく、また揺れの周期が長い分、キャスターが付いた各種設備（ベッドや人工透析器等）は、むしろ免震試験体の方が大きな動きを示した。この実験から、免震の効果は予想通りであるものの、キャスター付き設備はキャスターをロックしておかないと、免震でもそれが長周期地震動を受けたときには相当動くことが明らかになった。またこの実験は、医療施設はその機能上の理由から、キャスターが付いた移動設備が極めて多い事実を目の当たりにさせた。この実験もまた「擬似被害地震に学ぶ」機会を提供している。

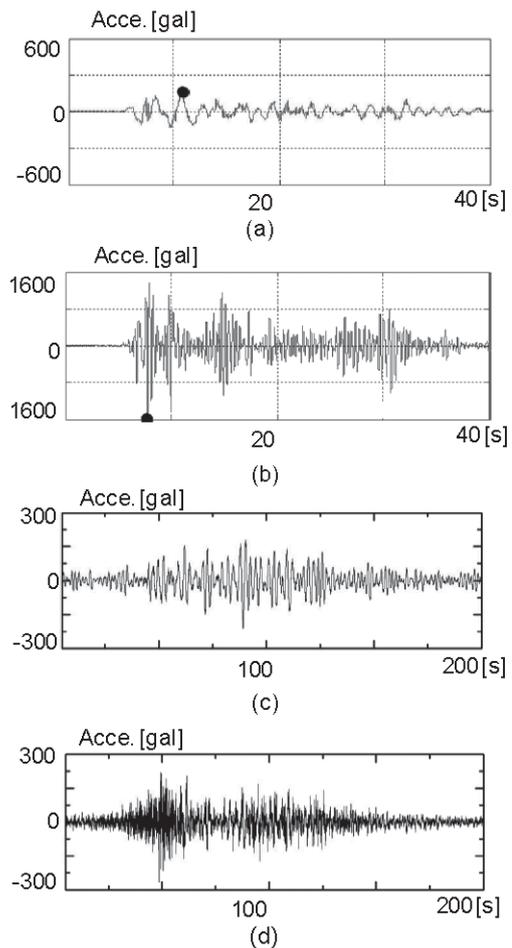


図10 屋根位置での加速度応答時刻歴：(a)エルセントロ波（免震）；(b)エルセントロ波（耐震）；(c)三の丸波（免震）；(d)三の丸波（耐震）

5. まとめ

本稿では、地震防災や地震工学において大型振動台実験は役に立つのかという設題に対して、(1)今われわれには「被害地震に学ぶ」から「擬似被害地震に学ぶ」への発想の転換が求められている、(2)「擬似被害地震

に学ぶ」には実大規模の振動台実験が必要である、そして、(3)現代社会においては、地震に対して安全だけではなく機能保持への要求がいやがおうにも高まっているが、その検証にも大型振動台実験は寄与できる、と主張した。産官学がスクラムを組んで、E-ディフェンスに代表される大型振動台を有効に活用しつつ、“Community Based Research”を展開してこそ、地震防災が飛躍的に促進すると信じたい。

謝辞

本稿の執筆にあたっては、筆者が所属する研究機関の同僚や学生諸君から数多くの情報提供を受けた。とりわけ、高層建物の揺れと損傷に関しては、(独)防災科学技術研究所の梶原浩一主任研究員、長江拓也主任研究員、京都大学防災研究所の紀曉東特別研究員、京都大学大学院生の榎田竜太君、免震病院の機能確保に関しては、(独)防災科学技術研究所の佐藤栄児主任研究員、京都大学大学院生の古川幸君から絶大な協力を得た。ここに記して謝意を表したい。

参考文献

- 1) 松宮智央・吹田啓一郎・中島正愛・劉大偉・井上真木・竹原創平：ALC版外壁が構造性能に及ぼす影響－実大3層鋼構造骨組を用いた耐震性能実証実験－、日本建築学会構造系論文集、第581号、pp.135-141、2004.7.
- 2) 松宮智央、中島正愛、吹田啓一郎、劉大偉、周鋒、福本直見：実大鋼構造ラーメンの繰り返し載荷挙動に対して弾塑性数値解析がもつ予測精度－実大3層鋼構造骨組を用いた耐震性能実証実験－、日本建築学会構造系論文集、第585号、pp.215-221、2004.11.
- 3) Nakashima, M., Matsumiya, T., Suita, K., and Liu, D., “Test on Full-Scale Three-Story Steel Moment Frames and Assessment of Numerical Analysis to Trace Inelastic Cyclic Behavior,” *Journal of Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol.35, pp.2-20, 2006.1.
- 4) Liu, D., Nakashima, M., and Kanao, I., “Behavior to Complete Failure of Steel Beams Subjected to Cyclic Loading,” *Journal of Engineering Structures*, Vol.25, pp.525-535, 2003.3.
- 5) Nakashima, M., et al., “Tests of Welded Beam-Column Subassemblies I: Global Behavior,” *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol.124, No.11, 1998, pp.1236-1244.
- 6) 中島正愛：構造工学の発展に大型構造実験は寄与できるか－期待と不安、構造工学論文集、2005年4月、pp.1-7.
- 7) 長江拓也、梶原浩一、藤谷秀雄、福山國夫、川辺秀憲、大西一嘉、城戸史郎、中島正愛：家具および非構造部材に着目する高層建物の地震応答再現実験－E-ディフェンス振動台による実規模実験システム－、日本建築学会構造系論文集、第628号、pp.1007-1014、2008.6.
- 8) 榎田竜太、梶原浩一、長江拓也、紀曉東、中島正愛：超高層建物の地震応答を再現する震動台実験手法の開発、日本建築学会構造系論文集、第634号、pp.2111-2118、2008.12.
- 9) 榎田竜太、長江拓也、梶原浩一、紀曉東、中島正愛：大振幅応答を実現する震動台実験手法の構築と超高層建物の室内安全性、日本建築学会構造系論文集、第637号、pp.467-474、2009.3.
- 10) 佐藤栄児、井上貴仁、酒井久信、笥淳夫、小林健一他、古川幸他多数：震災時における建物の機能保持に関する研究：(その5)地震災害時における医療施設の機能保持評価のための震動台実験概要；(その6)地震災害時における医療施設の機能保持評価のための震動台実験の試験体概要；(その7)短周期地震動に対する耐震および免震構造の応答性状；(その8)長周期地震動に対する耐震および免震構造の機能保持性能；(その9)医療施設に設置した高架水槽の長周期地震動による加振実験について；(その10)情報通信設備の機能保持性能；(その11)震動台実験による設備配管系の被害状況；(その12)天然ゴム系積層ゴム＋鋼製ダンパーと高減衰積層ゴムの応答性状；(その13)耐震構造での解析と実験結果の比較；(その14)解析結果と実験結果に対する考察；(その15)自動閉鎖式引き戸および折れ戸の震動台実験；(その16)実大実験による震災時の医療機器・什器の挙動に関する検討、日本建築学会大会梗概集、2009.8.

実大実験を支える技術

清水 秀丸／梶原 浩一

● (独) 防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター

1. はじめに

防災科学技術研究所が所有する実大三次元振動破壊実験施設(愛称:E-ディフェンス)が運用開始された2005年から、4年が経過した。大都市大震災軽減化特別プロジェクト、首都直下地震減災特別プロジェクトなど文部科学省主導の実験をはじめ、これまでに他研究機関、民間企業、海外研究施設もE-ディフェンスを活用した実験研究を34課題行い、多くの成果をあげている。

E-ディフェンスにおいて実験研究を行う要点を簡単に言えば、「試験体を作る、その試験体で振動実験を行う、実験後に試験体を解体する」の3つを着実かつ速やかに実行することである。これを正確に書くと「決められた震動台占有期間までに試験体を設計通り施工する、試験体を損傷させないように震動台に移動させる、実験後の損傷した試験体を震動台から移動させて速やかに解体する」であり、これらを確実に実行するには技術と経験が重要である。

筆者達はこれまでの4年間で多くの実大実験研究^例え^ば¹⁾に従事した。その中から、本報では2008年度実施の伝統的木造軸組構法住宅の実験²⁾を例に実大実験を行う上での要点を述べる。

2. 工程作成および管理

実験実施が決定した時点より、研究目的、期待される成果を見越した試験体の実施設計を行う。実大実験研究は、多くの研究者、実務者の協力の基に成立するため、各種の検討委員会を設置するが多い。その委員会において、実務を担当する代表者を決定し研究全体工程表を作成する。E-ディフェンスを用いるような大規模実験でも、年度内予算で実施することが多いため、工程は非常に密となる。そのため、この工程表で最も重要な点は、各項目の責任者と締め切りを決めることである。各工程の責任者は、代表者と打合せを重ね、具体的な実験計画を立案するが、各項目が並列して進捗する場合が多い。その場合、各責任者に各項目の進捗状況や決定事項を連絡することが重要である。

今回例示する木造建物実験では、10月末の実験実施に対して、準備期間は約半年であった。そのため、初

期の委員会において研究主目的を決定し、試験体の図面作成に取りかかった。試験体の基本構造図面案ができた段階で、見切り発車ではあるが試験体の基礎となる鉄骨架台の設計にも取りかかった。また、試験体の部材調達なども同時に行う。伝統木造試験体では、断面の太い木材や土壁など現在の住宅業界であまり流通していない建設材料を使うため、これらの手配が簡単ではない。そのため、使用する太い木材を早めに決めて注文し、土壁は試験体の建て方開始前より建設現場横で作成した。写真1で吊り上げ中の末口35cm長さ1200cmのマツなど、材料調達は非常に苦勞した。また、材料調達の段階で図面の変更などが発生するが、これらの連絡にはメールを用いて各責任者が変更を認識できるようにした。

このように、試験体の建設前段階においては、多くの工程を同時に進行させること、工程や仕様の変更を速やかに各責任者に連絡することが重要である。



写真1 2008年度伝統的軸組構法木造試験体の組立

3. 試験体建設中

試験体の建設が開始された後に重要となるのは、試験体が設計通りに施工されているかを管理・記録することである。また、試験体の施工中は工程が次々と進むため、試験体が現在どのような施工段階にあるのかを研究チームが的確に把握することが難しい。そのため、個人が興味を持つ工程を逃してしまい、残念な思いをすることも多々ある。

このような問題を解決するため、筆者達はメールを多用する方法で各委員に試験体の建設状況などを報告した。現在では、ライブカメラ・ブログなど数々の方法が有るが、筆者達が本方法を選択した最大の理由は、これらの中で毎日確認する可能性が最も高いのはメールだからである。ライブカメラなど委員の能動的(現場から見ると受動的)な行動に頼るシステムでは、本人の意志によって映像を見るかどうかが決まる。そのため、現場側から毎日写真を送ることによって、試験体の進捗状況を把握してもらう。このメールでは、写真2、3のような試験体内外の写真を各日2枚程度と2～3行程度の文章で簡潔に建設現場から報告した。その報告から、各自の興味がある分野に関しては質問を頂く形式とした。建設現場から毎日の作業内容を写真付きの日報としてメールで送ることによって、実験関係者は実験に対する興味を維持ができると考える。

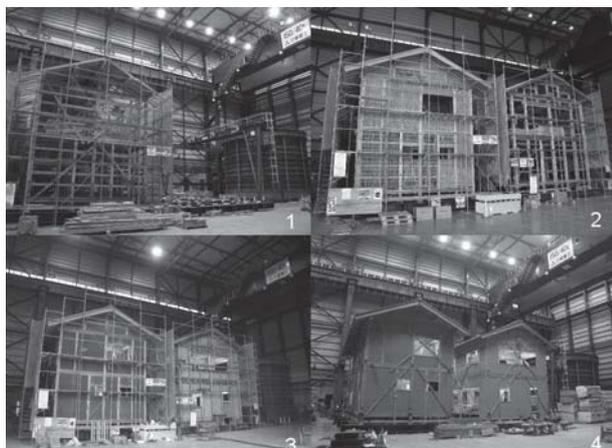


写真2 試験体建設経過の外観写真



写真3 試験体建設経過の内観写真

4. 試験体の移動工事

試験体の施工が完了した後、震動台への移動作業を実施する。E-ディフェンス以外の実験施設では、試験

体を震動台の上で直接建設する場合も見られるが、E-ディフェンスにおいては、震動台の運用効率を上げるために試験体を震動台以外の場所で建設する。そのため、試験体を損傷させることなく施工場所から震動台近くまで移動(曳家)させること、震動台へ設置する際に試験体を吊り上げる工程が必要となる。

2008年の試験体では、先ず移動・吊り上げ作業中の試験体の損傷を最小限に抑えるため、写真4に示すような仮筋かいを設置して試験体の剛性を確保する。木造建物のように比較的重量の軽い試験体の移動治具として、筆者が毎回用いるのはウレタンローラーを持つチルローラーである。これを、鉄骨架台の下に設置する。動力には、ラフテレーンクレーンなどを用い、クレーンと試験体との間に動滑車を入れることで、試験体の移動速度を低くすること、ワイヤーに作用する張力を小さくするなどの安全対策も実施する。また、移動作業中の試験体に加わる振動を最小限に抑えるため、移動経路に鉄板を敷き詰めるなどの対策も併せて行う。



写真4 試験体の曳家作業

試験体の吊り上げ作業を行う上で重要な点は、鉄骨架台のたわみ量を制御すること、試験体の重心位置を立体的に把握し、重心高さより上の位置にクレーンフックが来るようにすること、ワイヤーに均等に荷重をかけつつ試験体を水平に吊り上げることである。写真5に試験体吊り上げ時の様子を示す。

2008年の実験では、鉄骨架台のたわみ量を制御するため試験体の長手方向8箇所吊り上げるとして架台の設計を行った。試験体の全重量に積載荷重重量、鉄骨架台重量に安全率乗じた荷重を安全荷重として計算する。その荷重を床面積などで各部材に分割し、許容応力計算を基とした鉄骨架台のたわみ量を求める。このたわみ量が多い場合、試験体にも損傷を与える可能性があるため、極力たわみ量を小さくすることが要求される。なお本実験では、鉄骨架台の設計時に想

定していなかった、1階床にも積載荷重を設置したため、設計用荷重で見込んだ安全荷重とほぼ同等の荷重となったが安全に試験体の吊り上げを行えた。実大実験では想定外の事象も起こることがあるので、すべての計画に余裕を持たせることが重要である。

試験体を吊り上げる時の要点は、試験体の重心位置は、ほとんどの場合建物の中心には存在しないことをあらかじめ認識しておくことである。また、試験体を吊り上げる用のワイヤー径は大きいため、同じ長さのワイヤーを注文しても、微妙に長さに違いが生じてしまう。このため、筆者達は、最初から試験体は水平に吊り上げることが出来ないモノとして、敢えて長さの違うワイヤーを注文すること、吊り上げハンガーを用いることでこの問題を解決した。具体的には、写真5に示すように、試験体片側のワイヤーと鉄骨架台との間にチェーンブロックを入れる。また、試験体の上に吊り上げ用のハンガーを用いる。この吊り上げハンガーを用いることによって、重心位置より上にクレーンフックが来るようにできるため、試験体が安定した状態で吊り上がる。そして、試験体を吊り上げる初期状態において、建物が傾斜状態で持ち上がるが、その時点で一度試験体を着座させ、チェーンブロックの長さを調整する。この作業を繰り返すことによって、試験体がほぼ平行に吊り上がるワイヤー長さを見つけ、安全に吊り上げることが可能となる。なお、チェーンブロックは手動式で現在50ton用までしか無いため、コンクリートなどの重量試験体をE-ディフェンスで吊り上げる場合は、ループワイヤーと滑車を併せて使うと良い。



写真5 試験体の吊り上げ写真

5. 震動台実験時の安全対策

試験体が震動台に設置され、震動台実験を始めるにあたっては、加振時の安全対策が重要となる。加振時

における安全対策は、委員会でも十分に議論しているため、突発的な問題が発生することは少ない。ただし、試験体製作工程などの遅れなど、実験開始前に発生した遅延工程すべてをこの段階で調整する必要があるため、時間の調整が問題となることが多い。また、これらの安全対策を検討する時は個々の対策を単独で計画することが多いが、いざ実験室でそれぞれの作業を実施すると、お互いに干渉する事態が発生し調整することが多い。

2008年の木造実験では、試験体を倒壊させることを主目的としなかったが、安全対策として、防護架台の設置と試験体室内に倒壊防止ワイヤーを設置した。防護架台は万が一、試験体が倒壊した場合の震動台防護を目的としている。倒壊防止ワイヤーは、試験体が所定の層間変位を超えた場合にのみ作用するものである。写真6に試験体1階室内に設置した倒壊防止ワイヤーの様子を示す。倒壊防止ワイヤーは、それ自体の振動が建物の固有振動数や耐力壁に影響を及ぼしてしまう可能性があるため、写真6に示すようにワイヤー間をゴムなどで結ぶことによって、その影響を最小となるように工夫した。



写真6 試験体室内に設置した倒壊防止ワイヤー

この実験では、実験が当初の予定より順調に進み、試験体の倒壊挙動を把握するという研究項目を追加することとなった。実験工程を考えると、試験体を倒壊させた場合のタイムロス是非常に厳しい状態であったが、この倒壊防止ワイヤーを配置していたことによって、写真7のように試験体を倒壊同等の状態ワイヤーを作用させることに成功した。

このように、実験では想定外の事態が発生することが多々あるため、余裕をもった実験計画を立てることが、実験目的を遂行するうえで重要である。

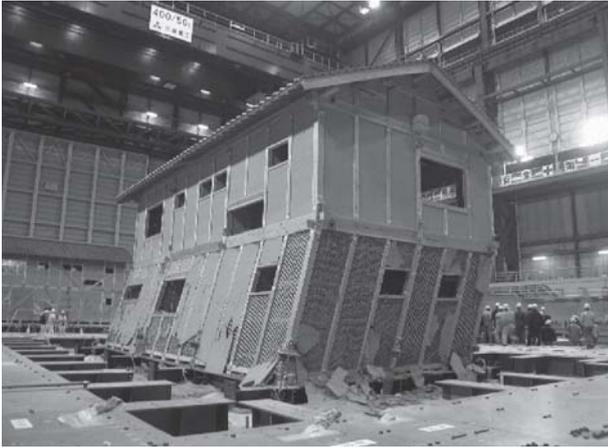


写真7 倒壊防止ワイヤーが作用した倒壊状態の試験体

6. 試験体の解体作業時

実大実験の終了とは、試験体の解体完了を指す。その後の学術的な論文など、成果物を取り纏めるまでが研究期間であるが、本報では試験体の解体完了までとした。試験体の移動、解体は、研究者が実験終了と感じる実大実験後であるため、議論されることが少ないため、特に注意が必要である。

実大実験を終えた試験体は大きく損傷している場合が多く、実験前と比較して吊り上げ、移動作業が難しくなる場合が多い。そのため、実験前に用いた仮筋かいなどを用いて建物の剛性を確保することなどの対策を施す。また、建物の解体作業では現場事故の発生が多いため、解体作業などは安全第一で実施することが重要である。解体する試験体は、要素実験などに使用する部材以外を処分して解体現場の清掃を行い、実大実験が終了となる。写真8に2008年実験の解体風景を示す。この実験では、2008年9月から2009年1月までの4ヶ月間が実験期間であった。



写真8 試験体の解体写真

7. 最後に

本報に例示した実大実験では、当初の実験計画では想定していない問題点も多く発生したが、すべての実験計画を無事に期間内に完了させることが出来た。これは、実験に携わるすべての人が想定外の工程が発生する可能性がある、あらかじめ認識して準備すること、現場で実際に作業を行う職長さんなどと綿密な打合せによって工程表を作成し、実現可能な工程としたことが大きいと考える。筆者達がこれまでに実施した実大実験を例に、実験実施における要点をまとめる。

- 1) 試験体解体までの工程表を作成し、各工程の担当者を決定する。なお、各工程は並列で進行することが多いため、情報が共有できるシステムを構築する事が重要である。
- 2) 試験体の建設中は、試験体施工の進捗状況が分かるような簡単な写真と報告を毎日関係者にメール等で報告することが重要である。報告によって実験関係者は試験体の状況を理解することが可能である。
- 3) 実大実験における最も特殊な工程の一つは、試験体の吊り上げである。そのため、経験値が少ない試験体の吊り上げに関しては、十分に安全に留意して実施する。
- 4) 実大実験では、想定外の工程が発生することが多々あるため、余裕をもった実験計画を立てることが重要である。
- 5) 工程表の作成においては、職長など現場の方と綿密な打合せを行い、実現可能な工程とすること。

最後に、以前、「実大実験を計画しているので、実大実験実施のマニュアル本を教えて欲しい」と言われ困惑したことがある。本報告が、僅かでも、実大実験だけでなく中小実験にも携わる方々の手助けとなる情報たることを望む。

参考文献

- 1) 清水秀丸、中村いずみ、箕輪親宏、坂本 功、鈴木 祥之、植本敬大、五十田 博、平野 茂、河合直人、杉本健一、三宅辰哉、須田 達、小笠原昌敏、佐藤友彦：平成17年度大都市大震災軽減化特別プロジェクトⅡ木造建物実験-震動台活用による構造物の耐震性向上研究、防災科学技術研究所研究資料第320号、2008年3月
- 2) 財)日本住宅・木材技術センター：伝統的木造軸組構法住宅の耐震性能検証実験報告書、2009年3月 <http://www.howtec.or.jp/gijyutsu/dento/dentohoukoku.html>

分散ハイブリッド実験による大規模構造物の動的応答評価 —アメリカNEESプロジェクトを中心に—

高橋 良和

●京都大学防災研究所

1. はじめに

大規模構造物の耐震安全性評価のためには、実大構造物を用いた震動台実験が最も効果的な手法である。兵庫県南部地震における甚大な構造物被害を教訓に、防災科学技術研究所において世界最大の震動台E-ディフェンスが建設された。現在までにRC造建物や橋脚構造などの実大構造物の震動台実験が実施され、従来得ることができなかった破壊過程を含む動的挙動に関するデータが蓄積されつつある。一方で実大構造物を用いた震動台実験を数多く実施することは不可能であり、その代替手法となり得る実験手法の構築が必要であることは言うまでもない。本稿ではその代替手法として有望であると考えられる分散ハイブリッド実験を取り上げ、特にアメリカNEESプロジェクトについて紹介する。

2. 分散ハイブリッド実験の歴史

実験と計算機による振動応答計算を組み合わせる実験手法は、1969年に伯野（東京大学）らにより提案された。その後、様々な技術と組み合わせられて展開してきたが、そのひとつの方向性として、実験システムを並列化し、かつこれをネットワークで結んで全体システムを制御するという新しいアイデアが生まれてきた。

渡邊（京都大学）らはその先駆的研究を行い、インターネットを用いた並列ハイブリッド試験システムの開発とその検証を進めてきた[1]。まず1996年に京都大学土木系専攻教室で開催されたシンポジウムにおいて、マルチフェイズダイナミクス実験システムの一環として、世界各地（図中では日本とケニアと南極も！）に分散する実験施設を結んで並列実験するアイデアが紹介された（図1）。その後2000年には京都大学と大阪市立大学を、2001年には京都大学と韓国KAISTをインターネットで結んだ並列仮動的実験を実施している。

このように、分散ハイブリッド実験の基本アイデアは我が国の研究者から生まれてきた。これに最新のIT技術を導入し、大規模な展開を進めたのがアメリカにおけるNEESプロジェクトである。

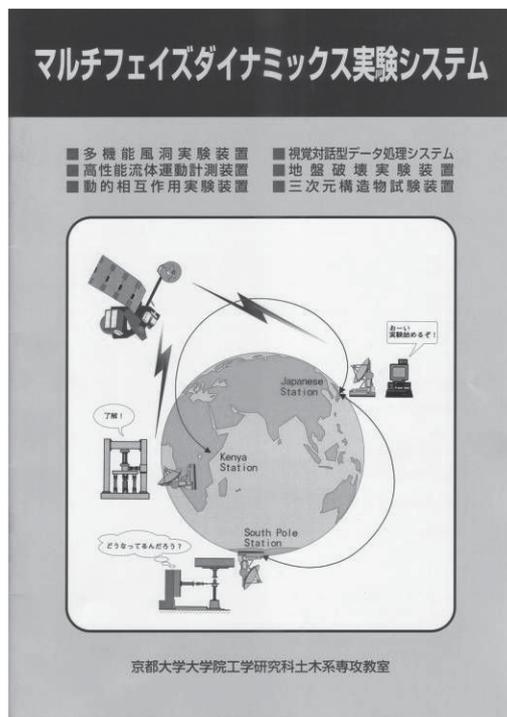


図1 1996年シンポジウム資料の表紙

3. NEESプロジェクト

国立科学財団（National Science Foundation）は、Network for Earthquake Engineering Simulation（NEES）を構築するプログラムを進めている。NEESプログラムの目的は、地震工学に関する実験、数値計算、理論、データベース等をネットワーク化し、地理的に分散された資源を共有可能とする次世代実験研究施設を提供することである。NEESは地震工学研究と教育を支援するため、統合的な実験、コンピュータ計算、コミュニケーション、データストア等を提供している。

NEESにおける大きなプロジェクトとして、全米の15大学に最先端の実験施設を重点的に整備する（図2）とともに、これらをネットワークで統合した分散実験が挙げられる。NEESでは大型実験機器をインターネットに接続するために、IT技術であるグリッドコンピューティング基盤を採用し、NEESgridを提案した。NEESでは、地震工学研究において、グリッドコ

ンピューティングのパイオニアであるIan Fosterらも参画し、ネットワークをベースとしたIT技術を効果的に導入したことが大きな特徴である。NEESgridはNEESプロジェクトのシステム統合要素であり、実験施設だけでなく、安全に実験施設を結ぶための遠隔コントロールサービス、共有作業をサポートするためのデータレポジトリやリソースサイトなども提供されている。



図2 NEESにおける実験サイト

NEESgridソフトウェアの能力を確認するため、イリノイ大学(UIUC)、コロラド大学(CU)、国立スーパーコンピュータセンター(NCSA)を結ぶ分散ハイブリッド実験が2003年に実施された[2]。3本の柱からなるフレーム構造に対し、2本をそれぞれUIUCとCUの実験サイトで載荷を行い、残りをNCSAの数値モデルとしてハイブリッド実験が実施された。これがNEESにおける初の分散ハイブリッド実験となる。

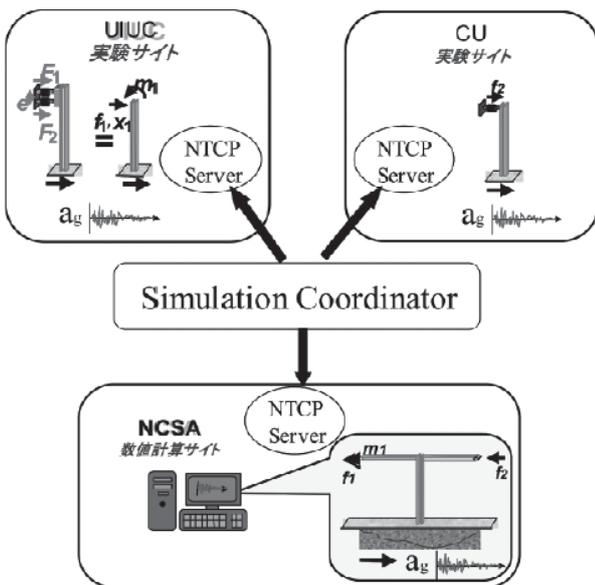


図3 MOST実験の概要

NEESgridはその後NEESitと名を変え、2009年現在はNEESプロジェクトが始まった当初の革新的な技術開発は進められていないように感じられるが、NEESforgeなどを通じて地震工学に関するソフトウェアやサービスを提供している。

4. 分散実験フレームワーク

分散実験では、異種異質の実験施設を協働させることが必要となり、ハードウェア側は当然ながらソフトウェア側でも解決すべき課題は多い。そのため、NEESでも各種のソフトウェアフレームワークが提案、提供されている。

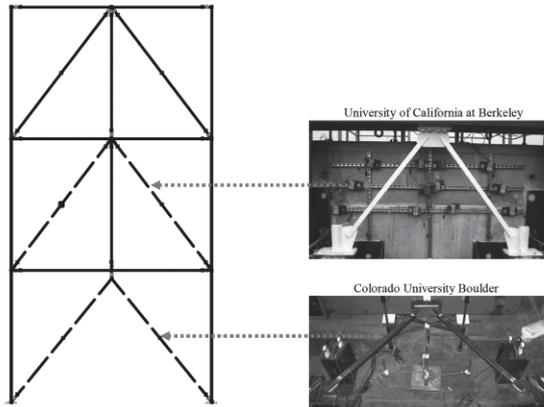
一つはMOST実験で用いられたフレームワークを改良したものであり、UIUCにおいてUI-SimCor (Simulation Coordinator)として開発、提供されている[3]。NEESgridで開発された技術を積極的に取り込んでいるところに特徴があり、シミュレーションコーディネータと呼ばれるコンポーネントが実験全体を制御している。

もう一つはカリフォルニア大学バークレー校を中心に開発が進められているOpenFresco (Open Framework for Experimental Setup and Control)である。OpenFrescoの開発には著者が深く関係していることもあり、次節以降で詳しく紹介する。

5. OpenSeesとOpenFresco

カリフォルニア大学バークレー校(UCB)では、地震工学におけるシミュレーションをサポートするため、Open System for Earthquake Engineering Simulation (OpenSees)というオブジェクト指向型有限要素解析フレームワークの開発がG.L. Fenves教授を中心に進められてきた。OpenSeesは成果物だけでなく、開発中のソースコードも公開しながら開発を進めていく、オープンソース型の開発が採用されており、そのプログラムソースコードはホームページ[4]で公開され、各地に広がる開発者が情報を共有しながらフレームワークの開発が進められている。OpenSeesはホームページだけではなく、2000年からはPEERにおいてユーザー/デベロッパワークショップが毎年開催されている。

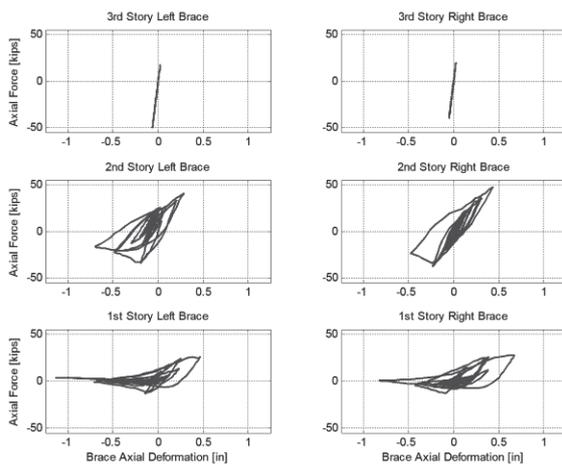
一方、実験手法は数値解析手法と比べものにならないほど異種異質の要素が絡み合っており、それを制御するソフトウェアの構築は困難であった。UCBではこのような問題に対してオブジェクト指向技術を適用することにより解決するアプローチを取っており、地震工学における実験手法、実験装置等を仮想化するた



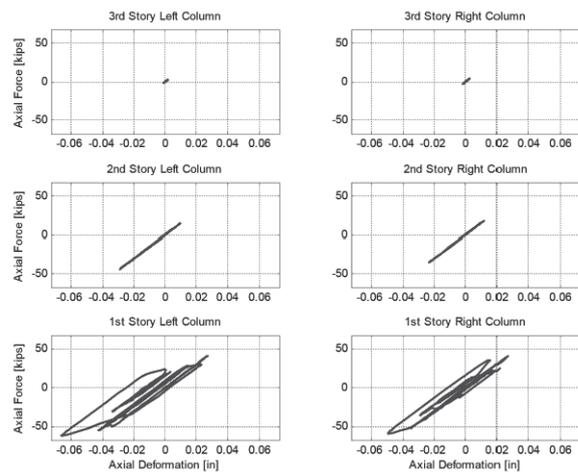
(a) 対象構造物全体図（点線部が実験部）



(b) 実験フレーム要素の破断



(c) ブレースの履歴応答



(d) 柱の履歴応答

図4 ブレース補強鋼製フレーム構造のハイブリッド地震応答実験

めのソフトウェアフレームワークとしてOpenFrescoを開発した[5,6]。OpenFrescoでは実験システムをコントロール部(ExperimentalControl)、アクチュエータ等実験機器の配置(ExperimentalSetup)、そして実験施設と施設間の通信(ExperimentalSite)の3つにモデル化し、これらを組み合わせることで様々なシステムや遠隔実験等をソフトウェア上に実現することができる。OpenFrescoもまたオープンソース型開発として、ホームページにおいて情報共有し開発が進められている[7]。

OpenFrescoは如何なる数値シミュレーションソフトウェアと協働することができる。OpenSeesはもちろん、LS-DYNAなどの商用ソフトウェアと統合することもでき、従来実施が困難であった高度な解析要素と複数の実験要素を統合した分散ハイブリッドシミュレーションを容易に実現することができる。

6. ブレース補強した鋼構造の分散ハイブリッド実験

ブレース補強した鋼構造のハイブリッド実験プロジェクトでは、新しいブレース補強法の実験の評価に加え、新しく導入されたNEES実験装置や制御アルゴリズムの有効性を確認することを目的に、ブレース補強を実験要素、残りの構造要素をOpenSeesによる数値モデルとしたハイブリッド実験が実施された(図4)。実験はUCBとCUの2大学で実施され、破断を含む強非線形状態の地震応答を安定して検討できることが示されている。

7. 逆L字形橋脚を有する橋梁システムの日米間分散ハイブリッド地震応答実験

2007年3月にはNEES/E-Defense(防災科学技術研究所)共同研究の一環として、nees@berkeleyと京都大学両校の実験施設を結んだ分散ハイブリッド地震応答実験を実施した。本実験で対象とする橋梁は、橋長60

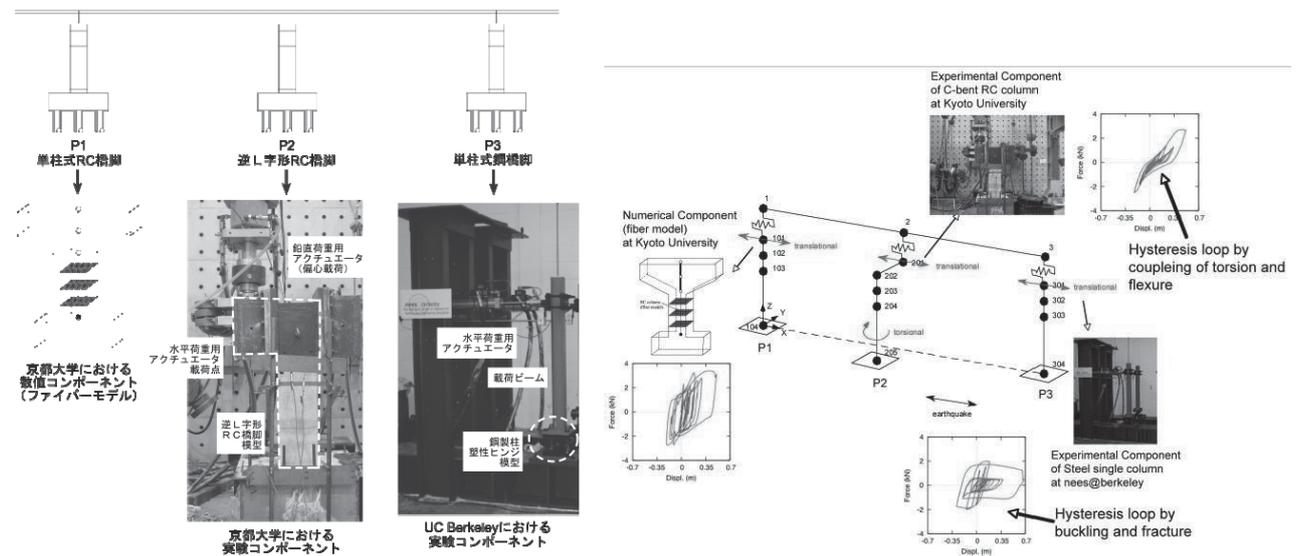


図5 橋梁システムの日米分散ハイブリッド実験

mの二径間連続橋梁である。下部構造はP1 橋脚が単柱式RC 橋脚、P2橋脚が逆L字形RC橋脚、そしてP3橋脚が単柱式鋼橋脚で、いずれも高さ10 mである。P2橋脚は逆L字形であるため、上部工重量が柱部に偏心して作用している。上部構造は二径間連続鋼桁橋(地震時水平反力分散構造)であり、弾性支承により支持されている。

ねじりと曲げの連成挙動をするRC偏心橋脚、座屈や破断を伴う鋼橋脚の挙動を数値モデル化することは困難であるため、本橋梁システムの地震応答特性を、京都大学におけるRC偏心橋脚実験供試体、UCBにおける鋼橋脚実験供試体、およびRC単柱ファイバーモデルによってモデル化したハイブリッドモデルによる日米分散ハイブリッド地震応答実験を実施した(図5)。20秒のシミュレーションを約30分の分散実験として実施でき、地理的制約に捕らわれない適材適所のモデリングによる地震応答シミュレーションを実施できることが確認できた。

8. まとめ

大規模構造物の地震応答評価を行うための実験手法として、分散ハイブリッド実験手法を紹介した。本手法は我が国で開発された技術であり、米国のIT技術と結び付くことで、有力な実験手法として展開してきている。本稿では米国における研究を中心に紹介したが、分散ハイブリッド実験はヨーロッパや韓国、台湾等でも積極的に実施されてきている。本稿が分散ハイブリッド実験の理解の一助となると幸いである。

参考文献

- [1] 渡邊英一・杉浦邦征・永田和寿・鈴鹿良和：並列仮動的実験システムの構築とその検証、第10回日本地震工学シンポジウム論文集、Vol.2, pp. 2205-2210、1998.
- [2] Spencer Jr., B., Finholt, T. A., Foster, I., Kesselman, C., Futrelle, C. B. J., Gullapalli, S., Hubbard, P., Liming, L., Marcusiu, D., Pearlman, L., Severance, C. and Yang, G.: NEESGrid: A Distributed Collaboratory for Advanced Earthquake Engineering Experiment and Simulation, Proceedings of 13th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE), pp. 2205-2210, 2004.
- [3] UI-SimCor web page: <http://neesforge.nees.org/projects/simcor>
- [4] OpenSees web page: <http://opensees.berkeley.edu>
- [5] Fenves, G.L., McKenna, F., Scott, M.H. and Takahashi, Y. : An object-oriented software environment for collaborative network simulation, Proc. of 13th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 1492, 2004.
- [6] Takahashi, Y. and Fenves, G.L.: Software framework for distributed experimental - computational simulation of structural systems. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 35, pp.267-291, 2006.
- [7] OpenFresco web page: <http://neesforge.nees.org/projects/openfresco>

鉄筋コンクリート造建物のフェールセーフ耐震設計

—基礎すべり入力逸散に依存する強度型耐震構造の実大振動実験による検証—

壁谷澤寿海

●東京大学地震研究所

／壁谷澤寿一

●東京大学工学系研究科

／金裕錫

●東京大学地震研究所

／松森泰造

●防災科学技術研究所

1. はじめに

特集記事「実大構造物の振動台実験による検証」の一部として、「鉄筋コンクリート造建物に関する実験」の紹介を依頼された。防災科学技術研究所の実大三次元震動破壊実験施設 (E-Defense、兵庫県三木市) における近年の振動台実験による成果を念頭に置いてのことである。

周知のようにE-Defenseは最大搭載質量1,200tの世界最大の三次元振動台で、鉄筋コンクリート (RC) 建物であれば、6階建程度までの実大振動破壊実験が可能である。2005年度より本格稼働しており、RC建物に関する実験としては、2005-2006年度の文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト (大大特) II. 震動台活用による耐震性向上研究」の一環として、実大6層耐震壁フレーム構造の加振実験が2006年1月に実施された。これはRC中層建物では世界で初めての実大3次元振動破壊実験であった。また、3層学校建物2棟の加振実験が2006年9月から11月にかけて実施され、これによりやはり世界で初めて実大実験による基礎すべり入力逸散現象が実現された。これらの実験の概要については、実験結果や解析結果も含めて、すでに本誌の記事¹⁾²⁾やほか関連論文などで報告済みである。

一方、2007年度以降2009年度までは、特集のほかの記事で紹介されているように、鉄骨造建物、RC橋梁、木造建物、高層建物 (一部) などの実験が中心に行われてきた。RC建物は、免震建物 (医療施設) の上部構造 (耐震構造) として比較のための加振が行われたほかは、この3年間ではE-Defenseでの研究対象とされていない。したがって、本稿は、やや旧聞に属する2006年度のRC3層建物の実験³⁾に関連する検討の続編として、以下のような内容とせざるをえなかったので、ご容赦願いたい。

2006年度の実験では、学校校舎を模擬した3階建RC建物の動的崩壊過程を実験的に再現しているが、基礎の固定度が上部構造の応答に与える影響、外付け耐震補強の効果の検証を主要なテーマにしている。本稿では、やや繰り返しになるが、2006年度の振動実験結果の一部を要約するとともに、実験により明らかにされた基礎すべり入力逸散現象を積極的に利用して、

あらゆる極大地震動に対しても損傷を制御しうる強度型耐震構造の設計 (フェールセーフ耐震設計) の考え方を紹介する。

2. 実験の背景

1995年の兵庫県南部地震以降、地震動の観測記録の充実あるいは震源過程シミュレーションなどにより、強震地域でも地表地震動のレベルと性質は一定の精度で推定されるようになった。しかし、推定または観測された地震動と鉄筋コンクリート建物等で観察された被害と特に全数の被害率の解析は必ずしも整合していない。一般には、被害があった建物の挙動の説明は大略可能であっても、被害が小さい建物も含めた被害率は、地震動から推定されるよりもほとんどの場合明らかに小さい傾向にある。この理由としては、(1) 実際の建物の強度がモデルよりもかなり高い、(2) 実際の応答が観察よりも大きい、(3) 実際に建物に入力する地震動が自由地盤の地震動と異なる (入力逸散効果)、などが考えられる。いずれも災害軽減の立場からは結果OKということで、特に被害がない建物、あるいは解析で計算されるよりも小さい建物の挙動については、解析との不整合もその理由も厳密に検討されない傾向にある。しかし、地震動にも建物の条件にも一般性がないので、将来にわたって結果OKであるかどうかはわからない。

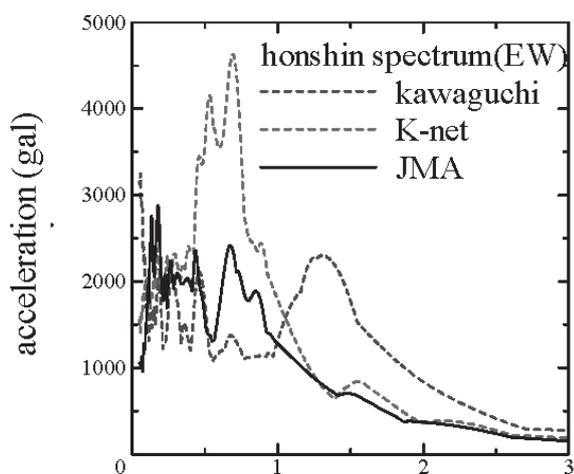
入力逸散効果については、実際の構造物に入力する加速度は建物-地盤相互作用および支持条件 (近傍地盤) の非線形効果によって自由地盤で観測された加速度よりも大幅に低減する可能性が指摘されており、近年建物の実効入力を評価する手法について多くの研究が行われてきた。しかし、近傍地盤の非線形性の効果を含む強震レベルでの入力逸散効果を定量的に実証した例は稀である。

筆者らは、2004年10月に発生した新潟県中越地震の本震後に近傍自由地盤および建物における余震観測を実施し、比較的大きな余震レベルで鉄筋コンクリート建物基礎部への実効入力を評価した⁴⁾⁵⁾。

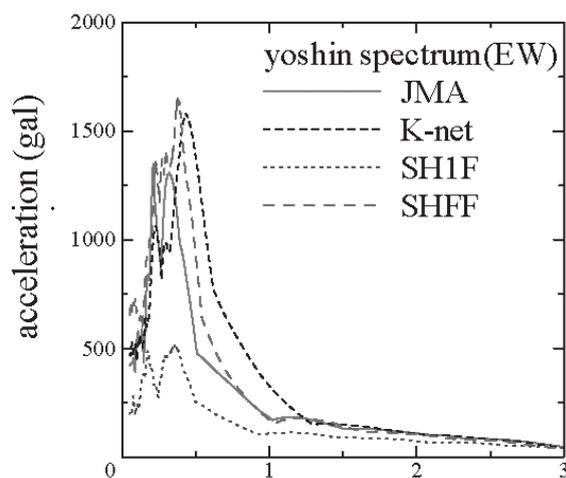
新潟中越地震では、川口町で震度7、小千谷市で震度6強の強震動が観測された。図1(a)に防災科研K-net

小千谷、気象庁JMA小千谷、JMA川口町役場の本震観測記録の加速度応答スペクトル(減衰5%)を示す。K-netこれらが建物に入力された地震動であるとする、非常に大きな応答塑性変形が算定され、標準的な水平耐力を保有するRC構造物では大破相当の甚大な被害が想定される。

一方、建物(小千谷小学校ほか)の余震観測では、これら周辺地表面での観測結果と最大加速度レベルおよび応答スペクトルが明らかに異なる観測データが得られた。すなわち、余震観測では自由地盤に比べて建物内では明らかに入力低減していた(図1(b))。詳細は省略するが、以上の本震、余震の観測記録、建物の推定耐力などにもとづいて地震応答解析を行い、被害調査とも比較すると、本震でも地表面と構造物への入力相当程度に異なっていたと推定される。



(a) 本震(2004/10/23)



(b) 余震(2004/10/26)

図1 新潟中越地震の加速度応答スペクトル

被害が計算よりも小さいことの主要因が基礎近傍での入力逸散効果によるものかどうか、これらが一般性のある現象であるかどうか、などについてはさらに検討の余地はあるが、基礎近傍の挙動が上部構造の応答に大きな影響を及ぼす可能性を示唆している。また、以上とは別の建物であるが、実建物の基礎の非線形スウェイ抵抗に関しても、現地水平載荷試験⁶⁾を行って非線形形状を確認している。

3. 実験計画

E-Defenseにおける2006年度の鉄筋コンクリート建物に関する実験⁷⁾は、学校建築を対象にして、低層で旧基準による既存建物と補強建物2棟を実験したが、補強効果とは別に基礎すべりによる入力逸散現象もテーマにした(写真1)。スケールはほぼ実大の建物であるが、日本のRC学校校舎の計画に対しては平面0.9、立面0.8程度になっている。いずれも平面計画はB型片廊下形式で校舎端に計画されることが多い特別教室部分2×3スパンを模擬した(図2)。廊下側の柱(X1通り)が腰壁によって極短柱(H/D=2.0)になっている。

いずれの試験体も基礎をボルト等で振動台に直接固定することせず、直接基礎の底面摩擦および近傍側面土圧を模擬しうる容器のなかでスウェイ・ロッキング現象を実現しようとしており(写真2)、実大規模の実験でこそ可能な試みとなっている。以上により、①既存RCの脆性的な崩壊過程、②外付けブレースの補強効果、③基礎レベルで入力逸散現象、を明らかにすることを主な目的とした。

2体の試験体は同一の設計であり、1970年代当時の設計規準によって、最上階の鋼製錘(約40ton、スケール則を補う)を含む試験体重量に対して震度0.2の地震力度で短期許容応力度設計を行った。柱断面は400 x 400で、スケールを考慮しても当時の慣用の最小に近い断面寸法としている。すなわち、70年代の学校としてもほぼ下限に近いレベルの設計であると考えられる。既存RC試験体について耐震診断基準⁷⁾によるY方向(桁行き方向)1階のCT-F関係を図3に示したが、耐震指標 I_s は、基準の目標性能をやや下回る $I_s=0.51(F=0.8, C_T S_D=0.63)$ 程度であり、大地震では極短柱が曲げ降伏後のせん断破壊による進行性軸崩壊に至る過程が想定された。なお、試験体にはピアノ2台ほか実勢程度の什器積載があり、診断では積載荷重を考慮した建物重量を用いているが、積載荷重を無視すると診断値は約1.1倍になる。

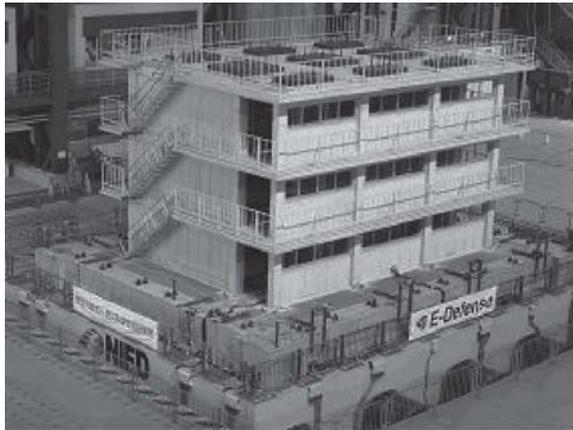


写真1 既存RC試験体

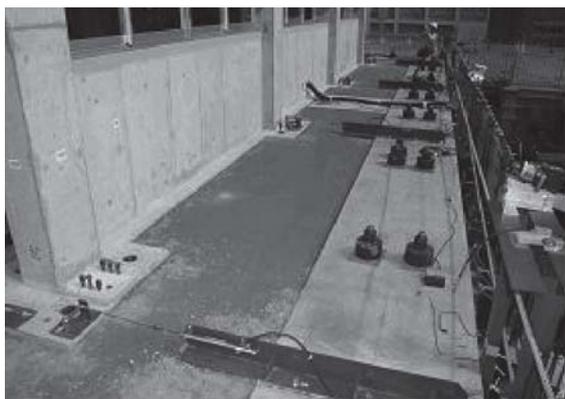


写真2 基礎まわりの埋め戻し土

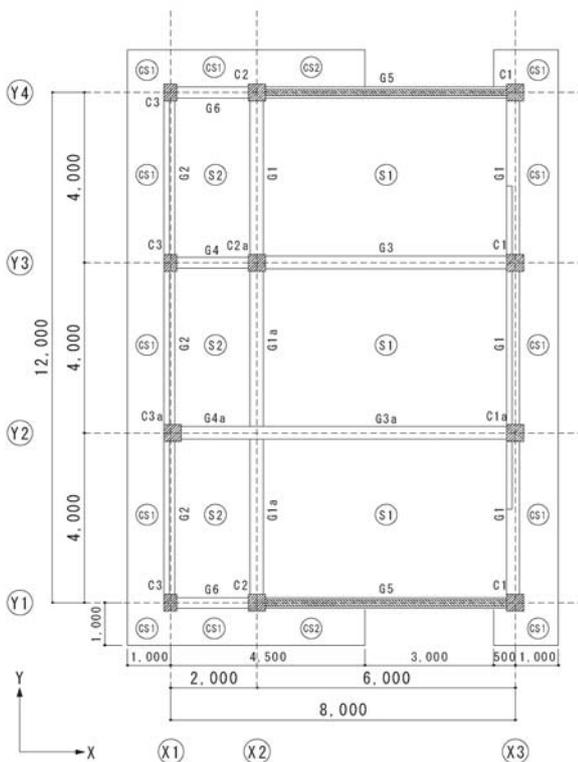


図2 基準階平面図

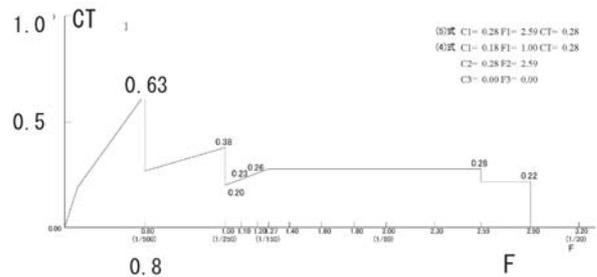


図3 既存RC試験体の耐震診断結果 (CT-F関係)

実験では、基礎を固定しない場合は、静的な地震力による基礎の底面摩擦によるすべりと短柱のせん断破壊が計算上ほぼ同程度のレベルになっている。すべりが先行しても大きな入力では側面土圧反力によりさらに入力は増大するが、上部構造が破壊しない場合も想定して基礎固定の実験も可能にしている。2体目は外付け鉄骨ブレースにより耐震補強を施した試験体であり、補強効果を確認するとともに、補強しない試験体と同様に基礎のスウェイ・ロッキングによる機構を模擬した。補強試験体では基礎固定としてさらに入力可能な最大級地震動に対して小破程度の被災度に留まり、外付け補強の十分な補強効果が確認された。以下では、既存RC試験体の結果に着目して、補強試験体の結果は省略する。

試験体は屋外ヤードで通常の現場打ち施工により、製作された。コンクリートの設計基準強度18Mpaに対して、実験実施時の実強度は31Mpa (既存RC試験体)程度であった。今回の実験の特徴は、箱型容器の底版で直接基礎捨てコンクリートを模擬して、通常の均し施工のように基礎コンクリートを続けて打継ぎ施工したことであり、この不連続界面でのせん断伝達は摩擦および粘着のみとなる。基礎周辺は埋戻し土(まさ土)を振動台上で散水締め固めた。

4. 実験結果

1体目の既存RC試験体では、極大の地震動を受けて、極短柱が曲げ降伏後のせん断破壊を起こして、軸力の再配分を経て構造物が進行性軸崩壊に至る過程を模擬した。表1に入力レベルおよび基礎の条件、損傷度、最大応答値を示した。地震動はいずれもJMA-Kobe (1995年兵庫県南部地震)として、入力レベルを段階的に大きくした (Run1 ~ 6)。入力方向はNS方向から45度回転させて、最大応答がY方向で生じる方向 (N45W)としている。なお、50%入力概ね現行建築基準法の極稀な地震動 (レベル2、最大50kine)に、100%はレベル2の約2倍に相当する。

表1 入力地震動、基礎条件と試験体の応答

Run	入力	基礎条件	被災度	Cymax	Rymax
1	10	非固定	無被害	0.13	1/5000
2	25	非固定	軽微	0.28	1/2000
3	50	非固定	小破	0.60	1/700
4	100	非固定	小破	0.96	1/250
5	75	ボルト固定	中破	1.08	1/180
6	100	完全固定	倒壊	1.30	1/20

注) 入力：JMA-Kobe1995の原波形に対する倍率(%)
 Cymax：Y方向1階層せん断力の最大応答(せん断力係数)
 Rymax：Y方向1階層間変形の最大応答(変形角, Rad)

Run1,2,3では、基礎のすべり(sway)は生じず、振動台(容器)と建物基礎(1階)ではほぼ同様の入力地震動であったが、応答変形角も最大1/700程度であり、被災度は小破にとどまった。

Run4では、基礎底面ですべり変形(最大80mm)が生じて建物への入力加速度が低減し、最大変形角1/250、被災度は小破にとどまった(写真3)。すなわち、現行のレベル2地震動程度以下では、基礎固定を同様であったが、被災度も小破程度であった。

摩擦係数に相当する基礎層せん断力係数は最初に滑り始めた時は0.8程度と大きいが、繰返し滑り時には平均的には0.4~0.5の値となった(図4)。また、往復滑り応答時でも基礎が滑り始めるまたは固着する前後の時間では層せん断力係数が0.6~0.7程度まで一時的に増加している箇所も見られる。これらの実験結果はコンクリート付着力が作用しているために初動摩擦力は大きく、構造物全体、とくに引張側外構面が一方向に大きく浮き上がり変形することで浮き上がり側には摩擦耐力が小さく、接地側では摩擦耐力が大きくなっていると理解される。

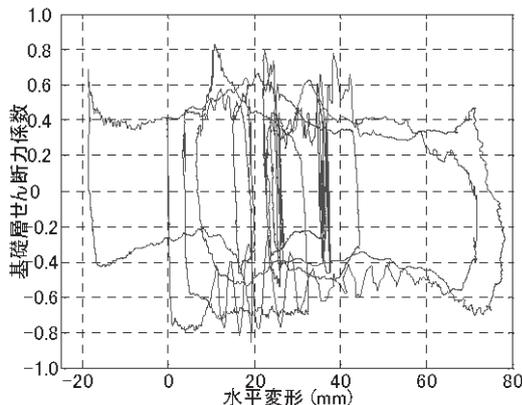


図4 基礎せん断力係数とすべり変形の関係

Run4におけるXY両方向の振動台入力加速度と1階床応答加速度(上部構造への入力)の弾性加速度応答スペクトル(減衰5%)を図5に示す。1階床の加速度

応答スペクトルは振動台入力の応答スペクトルと比較して試験体の弾性1次固有周期より長い範囲で大きく低減しているが、固有周期より短い範囲(6Hz-10Hz)ではむしろ増加する傾向にあった。短周期成分は基礎底面での不規則な摩擦すべり運動に起因するものと考えられる。

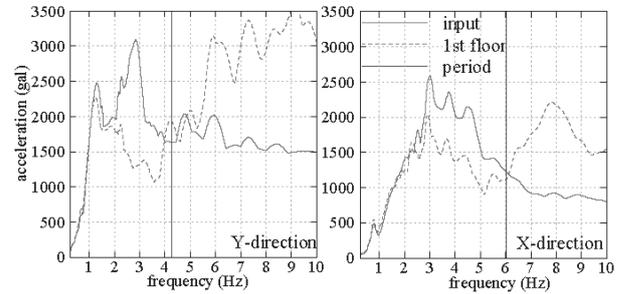


図5 Run4における応答スペクトルの比較

Run4後に、油圧ジャッキにより基礎レベルでの静的加力試験を行い、側面土圧を含む基礎レベルでの静的摩擦係数を確認した(図6)。摩擦係数が0.6程度ですべりが開始し、側面土圧も含めて最大0.8程度に達した。以上の静的なせん断力係数は震動実験における初期滑動耐力0.80に概ね対応するレベルであった。試験体基礎の滑り開始時のせん断力係数0.65程度から徐々に剛性低下して基礎すべりによる非線形変形が緩やかに進行し、変形10mm弱で正方向載荷では0.74から負方向載荷では0.76でせん断力係数0.2程度の荷重低下が見られる。この耐力低下とすべりは、基礎の圧縮縮み変形または基礎梁の面外変形などの基礎の変形によって内部歪みエネルギーが蓄積され、これによって急激な基礎滑りが生じ、内部エネルギーが若干解除されたものと考えられる。しかし、振動実験ではすべりが生じている間の係数の変動、繰返しによる係数の低減などがみられ、また平均的には静的実験よりもかなり低い値(0.45程度)ですべりが生じた。

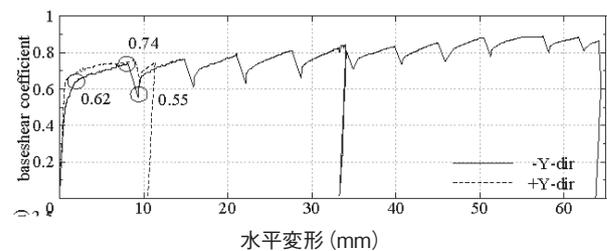


図6 基礎水平載荷試験結果

Run5では、基礎を定位置に戻して高力ボルトで基礎を容器底面のインサートに固定し、入力目標は100%としたが、制御トラブルにより振動台で75%相当程度の入力になった。基礎はボルトで固定したが、

若干のすべり変形が生じて1階での入力はやや低減した。上部構造の変形は1/180で、短柱でせん断ひびわれが確認されたが、中破の被災度にとどまった。

Run6では、入力目標は130%としたが、100%相当程度の入力になった。基礎はボルトに加えて周辺容器梁に圧縮切梁で固定したためすべり変形も生じず、完全固定となって、台と1階はほぼ同じ入力であった。建物は廊下側短柱のせん断破壊、教室側柱の付着破壊、中央独立柱の曲げ圧縮破壊の順に、柱の脆性的な破壊が連続的に生じて、両側耐震壁と残存軸耐力で鉛直軸力を支持しうる状態に達して、構造物としてはほぼ崩壊状態に至った(写真4)。上部構造の最大応答層せん断力(ベースシア)係数は耐震診断による計算値を大きく上回り、変形角1/100付近で1.3に達した(図7)。



写真3 既存RC試験体の破壊状況 (Run4)



写真4 既存RC試験体の破壊状況 (Run6)

Run4とRun6では最大応答せん断力に達した時刻が異なっている。Run6では加振開始直後のピーク(約7.6秒後)で最大せん断力に達しているが、Run4では図の時刻歴後半(約10秒後)で基礎が往復して滑っている最中に最大応答せん断力に達している。ピーク値で比較すると、Run4の応答層せん断力は加振6の65%程度に留まっている。Run6はRun4および5の残留損傷の影響を受けて試験体固有周期が若干伸びているため、厳密に同一条件での比較はできないが、Run4では基礎

滑りによる入力逸散効果によって上部構造の損傷が大きく軽減することが実験的に検証された。

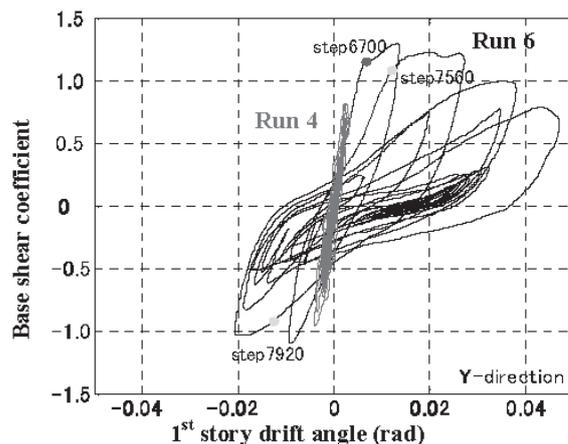


図7 上部構造(建物)の復元力特性

5. フェールセーフ耐震設計

以上の実験で明らかになったように、基礎底面はコンクリート打継ぎ面で摩擦による剛塑性の挙動になるためレベル2相当の入力までは入力逸散効果はないが、これを上回る極大地震動(1995 J M A 神戸100%)などでは、基礎固定の場合に比べて基礎のすべりにより極めて顕著な入力低減が生じることが実証された。このような構造物を設計施工するのは低層直接基礎の場合免震構造よりもずっと簡単であり、杭や地盤改良の場合でも同様に実現可能である。

図8にこのような構造形式の概念図⁸⁹⁾を示す。通常捨てコンクリートのレベルに平滑スラブをつくり、直接基礎底版位置で打継ぎ摩擦面をつくる。打継ぎ面は実験のように木ごて均しでよいが、金ごてにして摩擦係数を低減することも可能である。1階床下は埋め戻しをしないでスラブにする。これで、50kine入力ではずれ変形は生じないが、100kine入力では数cm程度生じて、上部の損傷は基礎固定時よりも大幅に軽減しうる。したがって、基礎側面は10cm程度以上のクリアランスがあれば十分で、適度に緩い埋め戻しで十分な逸散は期待できると考えられるが、厳密な減衰効果などは今後の研究対象であろう。

また、配管などは埋め戻し位置で適宜フレキシブルジョイントにするのがよいが、20cm程度の変形追従性があれば十分である。

上部構造を強度型にして保有水平耐力を純ラーメン構造の3~5倍程度にするのは、耐震壁はもとより、袖壁付き柱などの利用によって簡単に実現できる。この場合梁も壁梁あるいは従来非構造化されていた腰壁垂壁も利用するのがよい。このような異形断面部材の

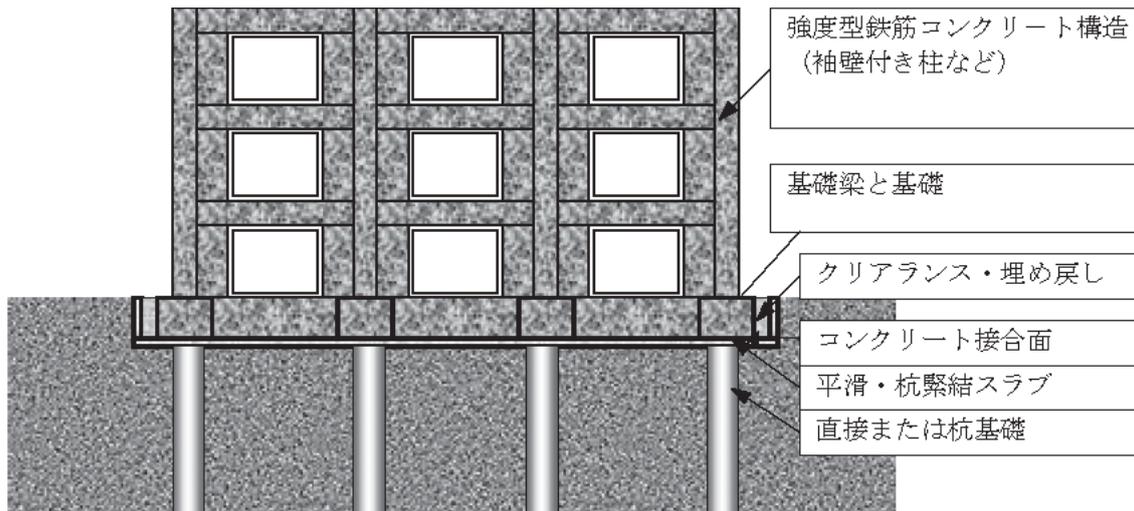


図8 基礎すべりを利用したフェールセーフ耐震構造

設計法については従来の方法が問題なしとはいえない点もあり、現在も研究¹⁰⁾が行われている。袖壁付き柱や腰壁付き梁は、一般に最大耐力以降の若干の耐力低下は避けられないので、純ラーメン構造のような十分な靱性を保証するのは難しいが、構造物の強度と剛性を高めるには極めて有効な方法である。

一方、損傷を抑えるために上部構造に必要な強度は底面摩擦、基礎の質量比などによって、応答上限値として予測定式化可能¹¹⁾である。単純な等価線形法は適用できないが、すべり開始時のエネルギー保存則により上部構造の周期に無関係な上限応答が定式化できる。これらは一般に摩擦係数に対応するせん断力係数(0.4～0.6)よりも大きなせん断力係数(約2倍程度)になるが、上記のような強度型の構造計画によって、上部構造に必要な強度を与えるのも十分可能である。

なお、コンクリート面の静的な摩擦係数に関しては従来からたくさんの実験研究の蓄積があり、工学的には十分応用が可能であるが、従来とは目的が異なり、表面処理によって摩擦係数を低減させる方法や上限を抑える考え方が必要になる。実験で明らかにされたように、動的な摩擦係数は静的な摩擦係数より明らかに低減する傾向があり、このような速度依存性を含む摩擦に関する厳密な構成則は物理的にも古い問題ながらまだ一般理論がなく、厳密には今後さらに研究が必要である。

以上のように、このような構造システムにより、極大地震動の特性や上限を本質的に気にしないで、フェールセーフの設計法が可能になる。従来の設計施工慣習の延長で経済的にも極めて容易に実現可能であり、さらに杭頭や基礎梁の曲げ戻し応力も大幅に低減しうる可能性もある。現状の基準法の枠内ではこのよ

うなフェールセーフの設計は評価されにくい、レベル2を超えるような地震動を意識して、ほんとうに意味での性能設計を目指す設計者には是非このようなことも考えていただきたいと思っている。

参考文献

- 1) 壁谷澤寿海、松森泰造：RC建築構造物の振動破壊実験、日本地震工学会誌、NO.4、pp.37-41、2006。
- 2) 壁谷澤寿海、松森泰造、壁谷澤寿一、壁谷澤寿成、金裕錫、鉄筋コンクリート造実大3層建物の振動実験概要、「大都市大震災軽減化特別プロジェクト(大大特)Ⅱ。震動台活用による構造物の耐震性向上研究」日本地震工学会誌、No.5、pp.54-61、2007
- 3) 壁谷澤寿一、壁谷澤寿海、松森泰造、壁谷澤寿成、金裕錫：実大3層鉄筋コンクリート建物の振動実験、日本建築学会構造系論文報告集、日本建築学会、No.632、pp.1833-1840、2008.10。
- 4) 壁谷澤寿海・壁谷澤寿一・瀨瀬一起・工藤一嘉・真田靖士、2004年新潟県中越地震における余震観測と被害調査による入力地震動の推定、日本建築学会大会学術講演梗概集、AIJ、719-720、2005。
- 5) 壁谷澤寿一・壁谷澤寿海・坂上実・田中康久・行谷佑一、新潟県中越地震における余震観測と被害調査による入力逸散効果の検証、構造工学論文集、Vol. 52B、305-312、2006.3
- 6) 壁谷澤寿一・壁谷澤寿海・真田靖士・金裕錫、既存RC学校構造物における基礎梁の静的水平載荷試験、コンクリート工学年次論文集、Vol.28、No.2、pp. 955-960、2006.7
- 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 2001年改訂版、日本建築防災協会、2001。
- 8) 壁谷澤寿海、極耐震構造 Hyper Earthquake-Resistant System, structure, 10月号、1-3、2007。
- 9) Toshimi Kabeyasawa, Toshikazu Kabeyasawa, Fail-safe design of reinforced concrete buildings with hyper earthquake-resistant system, Proceedings of Watanabe Fumio symposium, Kyoto University, pp.31-40, Oct 2008.
- 10) 壁谷澤寿海・壁谷澤寿成、袖壁付き柱の実用せん断強度式、日本地震工学会・大会-2007梗概集、248-249、2007
- 11) 壁谷澤寿一、壁谷澤寿海：基礎滑り挙動を伴う直接基礎建物の地震応答推定手法、日本建築学会構造系論文報告集、日本建築学会、No.634、pp.2151-2158、2008.12。

木造建築物の振動台実験

五十田 博

●信州大学

1. はじめに

木造建築物は大型振動台の大きさに対して実大実験が可能な手ごろな規模であり、さらにハウスメーカーの商業ニーズがあるため、数多く実験が実施されている。ということはもちろん、過去の実験を分類整理した記事、論文もいくつかある。本会の会誌No.2においても「振動台を用いた木質系構造物地震時挙動把握の研究動向」という特集を組み、兵庫県南部地震以後の振動台実験概観から始まり、地震危険度の高い既存木造の実験、京町家や五重塔の模型などの伝統建物の実験、免震構造や接着パネル、さらには木造と非木造を組み合わせた併用構造の振動台実験の紹介、など網羅的に当時（2005年）までの振動台実験の様子を記録している。それから4年経った現在までの間にいくつか新しい構法、たとえば、伝統的構法による木造住宅、丸太組構法、純ラーメン構造、ラーメンと壁式構造の併用構造、さらに様々な制振材を用いた壁を組み込んだ住宅の実験、ハウスメーカーなどが独自に進めている構法の実験、さらに海外で開発された材料、構法を用いた住宅の実験など、とこれまでと同様に在来構法ではあるがメーカーが建て耐震安全性が高いとうたう、商業的な要素が強い実験が多数実施されている。2005年当時約30棟、日本建築学会の発表件数80件であったものが、正確に数えていないが倍増（ちなみに筆者が関係したものだけでも15棟程度あったので、倍増していても不思議ではない）していると予想される。

振動台実験をもっとも数多く実施してきたのは、財団法人建材試験センターに設置された「木造住宅の振動台実験研究会（委員長坂本功東京大学名誉教授）」であろう。その概要は2005年の日本建築学会大会から「実大木造住宅の振動台実験手法に関する研究」と題し、2008年までに計46編が発表された。そして、2009年の大会では、これまでの一連の実験の壁量や壁量と固有振動数などの比較が予定されている。さらに今後、耐力壁の分担した地震力と非耐力壁の分担の関係、耐力壁周辺の柱頭柱脚に要求される性能、など、設計に関連深い内容について、一連の振動台実験を通じて検討する予定もあるようである。

本特集では、2006年以降の実験を含めて改めて実験

全体を俯瞰することも考えたが、結果として多様化したという結論が先に見えたので、すでに述べた例示程度にとどめ、壁量が異なる木造住宅を対象に、地震応答予測手法と関連深い事項について結果の概略を示すことにした。企業が実施する振動台実験の目的は前述したように商業ニーズであろうが、学術的な観点からは、構築した設計法や応答変形予測手法の最終確認ということになるので、日本地震工学会の会誌ということで、この内容を選んだ。

また、上記の内容を前半に、後半では現在日米共同研究として実施中のNEESWOODプロジェクトの7階建ての振動台実験について述べることにした。最終の実験がまだ終わっていないので、設計された建物の内容が中心の記述である。実験終了後ただちにその結果を発表する予定なので、興味のある方はこの会誌が出るころに検索をかけていただければ、NEESWOODのサイトなどでヒットするものと思われる。

2. 実大実験と応答変形の予測のための基礎データ

ここでは過去に実施した6つの実大木造住宅を対象とした。各試験体の全景を写真1に示した。対象はすべての試験体ともに新築の木造住宅で以降No.1～No.6と称する。設計値は、品確法耐震等級で1～3で、2階建てと3階建て、さらに軸組構法及び枠組壁工法が混在している。平面形状はすべての試験体ともほぼ同じであり、7.28m×7.28m となっている。加振は大



写真1 対象とした実大建物

損傷がない状態でJMA 神戸波100%を入力した。No.1から3は、建築基準法と品確法耐震等級1から3の比較を目的とした2階建て試験体で、耐震等級1と2はあえて仕上げを施さず、余力を省いている。耐震等級3は仕上げがあり、余力が見込まれる。No.4はNo.3とほぼ同じ仕様の建物である。No.5は耐震等級3を満足する3階建て木造軸組構法住宅である。No.6は品確法耐震等級3を満足する3階建て枠組壁工法住宅である。ねじれは小さくなく、いずれの試験体も偏心率0.15以下を確保している。

まず、単体壁の実験の重ねあわせで求めた荷重変形関係と実験結果の荷重変形関係を比較する。図1にはNo.1とNo.3の結果を代表として示したが、いずれの試験体も重ねあわせが実験結果より若干荷重が低めであった。しかし、その傾向は仕上げのあるNo.3の方が顕著であった。壁の加算時には開口壁や外壁サイディングなどの非耐力壁も加算に加えているが、実大建物では何らかの余力が存在することがわかる。

ついで、JMA神戸100%に対しての1階応答変形を比較したものが図2である。全体的には充足率が大きくなると変形が小さくなる傾向が見られるが、充足率の大きいところではその関係が逆転する場合があった。ここで、それぞれの変形と損傷状況を紹介する。なお、方向を記載していない変位はNS方向である。No.1は140 mm (1/18rad) まで変形し、そしてここから変位が戻ることなく変形が進み、1/5rad 程度で倒壊防止を目的としたワイヤーが利きかろうじて倒壊は免れた。No.2は133 mm (1/18rad) まで変形したが倒壊防止ワイヤーが張るような変形までには至らず、構造用合板の浮き上がりや柱頭柱脚の接合金物の変形が確認できた程度の損傷であった。No.3は17 mm (1/133rad) まで変形し、せっこうボード隅角部の損傷に留まった。No.4はEW方向で14 mm (1/217rad) まで変形し、クロスの破れ等と損傷は非常に軽微なものであった。No.5はNS方向で33 mm (1/18rad) まで変形し、せっこうボード隅角部の損傷やサイディングの割れが確認できた。No.6はNS方向で34 mm (1/63rad) まで変形し、No.5と同様にせっこうボード隅角部の損傷やサイディングの割れが確認できた。

実験結果の各階の応答変形から1自由度系の層せん断力を等価質量で除してせん断係数換算した値を縦軸にそして横軸を1自由度系の応答変形として、Sa-Sd曲線にプロットしたものが図3である。減衰を15~40%まで5%刻みで描いているが、25%を超えるような大きな減衰領域で、応答値とSa-Sd曲線が重なるといった結果となった。最大応答の等価剛性に対して応答値を求めるには若干無理があり、入力として考えるに

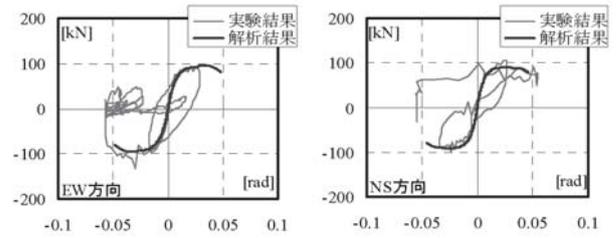


図1 No.1の重ね合わせ(解析結果)と実験結果

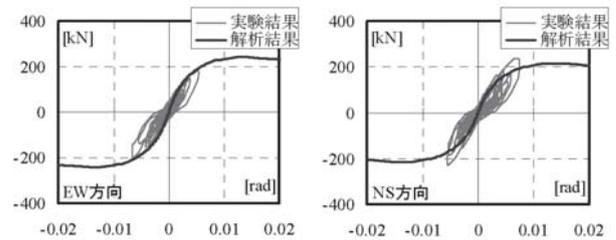


図1 No.3の重ね合わせ(解析結果)と実験結果

図1 壁の重ね合わせと実験結果の荷重変形比較

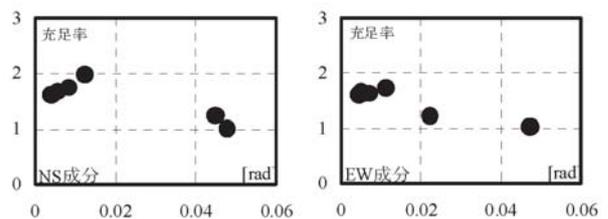
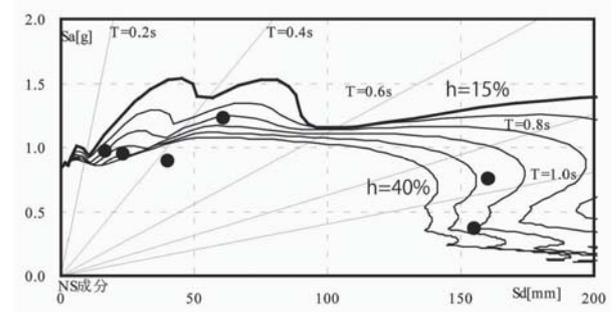
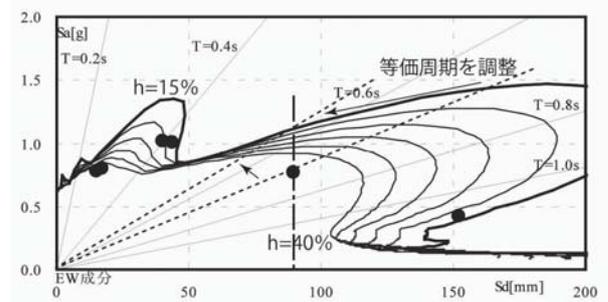


図2 壁量の充足率と最大応答の関係



神戸海洋気象台 100%加振 NS成分



神戸海洋気象台 100%加振 EW成分

図3 Sa-Sd曲線と1自由度系の応答比較

ふさわしい等価周期を求めるため、木造の復元力特性に対して解析的な検討を進めた。地震波によって若干の違いはあるものの、たとえば、図3中のJMA神戸EW成分では最大応答周期を0.9倍程度すると、精度よく応答値が求まることがわかってきている。

3. NEESWOOD Capstoneテスト

限られた紙面であるので、NEESWOODプロジェクトの研究全体像などは詳しく書かれているHP (<http://www.engr.colostate.edu/NEESWood/>) を見ていただくこととして、早速、本実験の目的から述べていくことにしたい。本実験はcapstoneという名のごとくプロジェクトの最後に実施する実験で、提案した時刻歴応答追跡手法を含むプログラムのSAPWOODや、応答変形追跡手法であるDIRECTDISPLACEMENT-BASED SEISMIC DESIGNの確からしさなどを確認することを目的としている。なお、この実験以前に実施したBenchmarkテストは本誌No.5で紹介しているのでそちらを参照願いたい。対象の建物は7階建てで、1階を鉄骨造として2階から7階までが木造である。下層階を非木造(実際には鉄筋コンクリート造が多いが、工期等の都合で鉄骨造とした)として上層階を木造とする3~4階建て程度の木造は、米国で数多く建てられている。下層階は駐車場や商店、上層階は住居やホテルとしての利用が多い。この種の建物が選択される理由は、他の構造で作るより安価ということである。全体を写真1に、基準階のプランを図4に示した。平面的の大きさはEディフェンスの振動台20×15mから四周約1mずつの逃げ代をとった最大の約18×13mである。高さもほぼ最高高さと考えられ、Eディフェンス上で振動台を拡張せずに実施できる最大の大きさといえる。

表1には建物重量を示した。7階建てとはいえ木造は軽く、平米あたりの重量は2kNを越える程度である。ただし、7階建ての2階ではかなりの水平抵抗力が必要となる。そこで、カナダのフォリンテックで開発されたMidply shear wall(図5、写真2)を耐力壁として用いた(http://www.sigi.ca/engineering/testing_timber.html)。Midply shear wallは釘とスタッドせん断面が2倍になることと、四周が拘束されることにより、一般の片面貼り構造用合板壁の2倍以上のせん断性能を発揮する。本実験では面材を2枚としてスタッド-面材-スタッド-面材-スタッドの2面せん断使用としている。また、引き抜きに抵抗するためには、耐力壁周りの接合仕様が重要となるが、今回はSimpson社のATSシステムが採用されている(写真3)。下階のATSボルトの径は直径40mm程度であり、一端を鉄骨架台に固定し、壁の



写真2 振動台上に設置された試験体

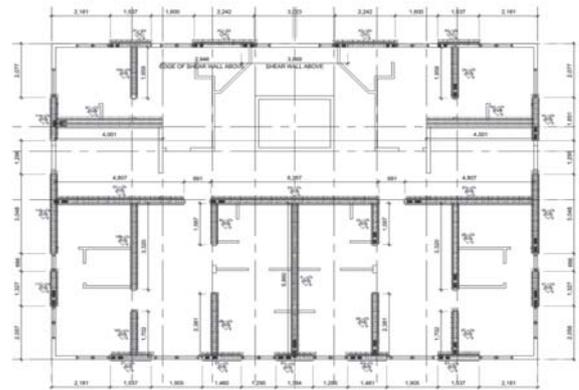


図4 試験体の平面図

表1 建物の重量とCo=0.2時の地震力

	Wi [kN]	Σ wi [kN]	Wi/A	地震力 [kN] Co=0.2
m7	311.9	311.9	1.42	148.1
m6	517.3	829.1	2.35	292.0
m5	473.5	1302.6	2.15	397.3
m4	471.6	1774.2	2.14	484.5
m3	473.9	2248.2	2.15	556.8
m2	490.6	2738.8	2.23	616.8
m1	621.8	3360.6	2.82	672.1

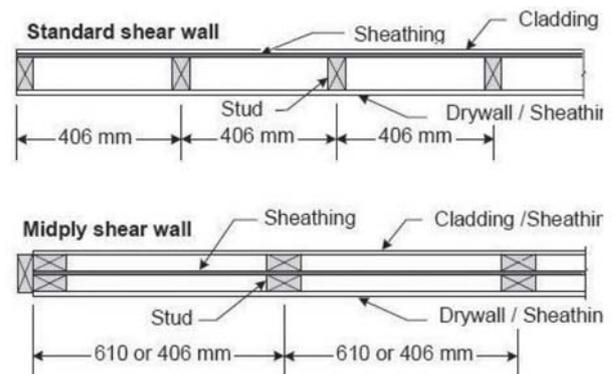


図5 Midply wall

中を貫通し、一端が最上階床に固定されている。

表2には層のせん断性能を壁のせん断性能から求めた場合の保有水平耐力計算の結果を示した。壁のせん断性能としては、 $Co=0.8$ 程度の性能を有するが、実際にはATSが塑性化し、それ以前に終局状態を迎える。

入力波は1994年ノースリッジ地震の際、Canoga Parkで観測された波を再現期間を調整して約2500年に1回起こるとされる地震(最大加速度 水平943gal、上下973gal)の地震動を入力する予定である。

さて、日本でこの種の建物が建てられるか?となると構造的にも防火的にも課題がいくつかある。まず、防火については現在は1時間耐火部材がようやく世の中に出回り、5階建ての2~5階を木造で建てられるような環境が整ったところである。2時間耐火となると一部開発が進んでいるものもあるが、いまだすべての構成部材について開発が進んでいるわけではなく、現実的には建設はできない。また、構造については、現行の日本の木造の耐震設計では、耐力壁の評価が耐力壁の周辺接合部が先行破壊しないという前提で作られている。つまり、耐力壁周辺は保有耐力接合が基本である。いわば鉄筋コンクリート造の連層耐力壁が曲げ破壊を起こすような性状に近い今回の試験体の設計法については経験がないこともあり、今後検討を要するところである。

なお、本実験は、独立行政法人防災科学技術研究所とNEES(The George E. Brown, Jr. Network for Earthquake Engineering Simulation)との間で締結された国際共同研究の一環として実施され、日本側は東京大学生産技術研究所、独立行政法人建築研究所、国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人森林総合研究所、株式会社日本システム設計、そして信州大学、などに所属する研究者の協力のもと、実験が実施されている。



写真3 Mid-ply shear wall



写真4 ATSシステム(最上階までロッドが壁内を貫通)

4. おわりに

前半のこれまでの振動台実験に関しては本文中に極力参考文献を記した。2006年以降に実施された実験は日本建築学会大会学術講演梗概集を、2で記述した応答追跡の詳細については日本建築学会や本会の大会などの拙著を参照されたい。

後半の原稿作成では岡崎友也君(信州大学修士2年)の協力を得ました。ここに記して感謝します。

表2 保有水平耐力計算の概要

St.	Dir.	地震力 ($Co=1.0$) Qud [kN]	塑性率 μ	構造特性 係数Ds	補正係数 F_{es}	必要保有 水平耐力 Qun [kN]	保有水平 耐力 Pu [kN]	充足率 Pu / Qun
7	X	740.3	4.98	0.33	1.00	247.3	605.7	2.45
	Y		4.74	0.34	1.00	254.1	577.5	2.27
6	X	1460.0	4.36	0.36	1.00	525.4	1150.9	2.19
	Y		4.38	0.36	1.00	523.9	1210.2	2.31
5	X	1986.3	3.71	0.39	1.00	783.5	1506.8	1.92
	Y		4.36	0.36	1.00	714.7	1548.6	2.17
4	X	2422.4	4.21	0.37	1.00	889.4	1843.5	2.07
	Y		4.52	0.35	1.00	854.5	1827.8	2.14
3	X	2784.2	3.97	0.38	1.00	1056.4	2129.7	2.02
	Y		4.18	0.37	1.00	1026.2	2200.2	2.14
2	X	3084.0	4.11	0.37	1.00	1147.2	2114.3	1.84
	Y		4.23	0.37	1.00	1129.5	2150.1	1.90

大型振動台を用いた杭—地盤—構造物系の動的相互作用実験

鈴木比呂子／時松 孝次

●東京工業大学

1. はじめに

建物の耐震性の向上のためには、建物全体を支持する杭基礎の合理的な耐震設計法の確立が重要である。しかし、地震時に杭がどのような荷重を受けるか、また、その破壊メカニズムについては未だ十分なデータがなく、統一的な見解の確立が望まれていた。大都市大震災軽減化プロジェクト(2002-2006年度)では、3次元入力下における地盤-杭-構造物系動的相互作用ならびに液状化・側方流動地盤における杭基礎の破壊メカニズムを明らかにするため、3次元震動台E-ディフェンスを用いた地盤-杭-構造物系振動台実験を実施した¹⁾²⁾³⁾。本報告では、水平地盤を対象とした相互作用実験について、その実験結果の一部を紹介する。

2. 大型振動台実験概要

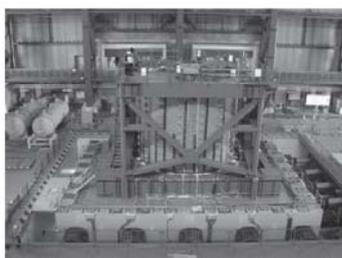
E-ディフェンスでは、地盤構造物系振動台実験のために、大型円形せん断土槽(写真1(a))および大型剛体土槽が用意されている(写真1(b))。前者は乾燥砂、飽和砂の水平地盤と杭基礎構造物との相互作用実験に、後者は地盤の側方流動が杭基礎構造物、土構造物に与える影響評価のための実験などを対象としている。

水平地盤の相互作用実験で用いた円形せん断土槽は

直径8m、高さ6.5mで、41段のリングフレームを積み重ねて構成され、水平2方向の振動に対する地盤のせん断変形が拘束されないように工夫されている。

実験は、せん断土槽内に地盤-杭-構造物模型を作製して行った(図2)。乾燥砂の場合は高さ6.4m(基礎根入れ部0.5m)の1様な層で構成され、飽和砂の場合は高さ6.3m(基礎根入れ部0.4m)で、液状化層、下層非液状化層で構成され、地下水位は表層から0.4mに位置する。杭モデルは、径152.4mm板厚2.0mmの鋼管を3×3に配置し(杭間隔は杭径の4倍)、先端は土槽底面にピン接合、杭頭は基礎に剛接合している。基礎質量は10t、上部構造物質量は28t(乾燥地盤)、または、12t(飽和地盤)である。なお、図1中で、水平NSがX方向、EWがY方向、鉛直がZ方向を示している。

実験は上部構造物の有無、固有周期、基礎根入れの有無などをパラメータとしたモデルに振動台入力波とその最大加速度を変化させて行った(表1、2)。入力波には、JR鷹取波、TAFIT波、鳥取県西部地震波(赤崎)を用い、鉛直加速度は水平加速度に対する比率が原波と同じになるように調整した。乾燥地盤Eモデル、飽和地盤BモデルにJR鷹取波の最大水平加速度 6m/s^2 、もしくは 3m/s^2 で入力した時に杭は降伏し、それより小



(a)円筒形せん断土槽



(b)直方体剛体土槽

写真1 大型土槽

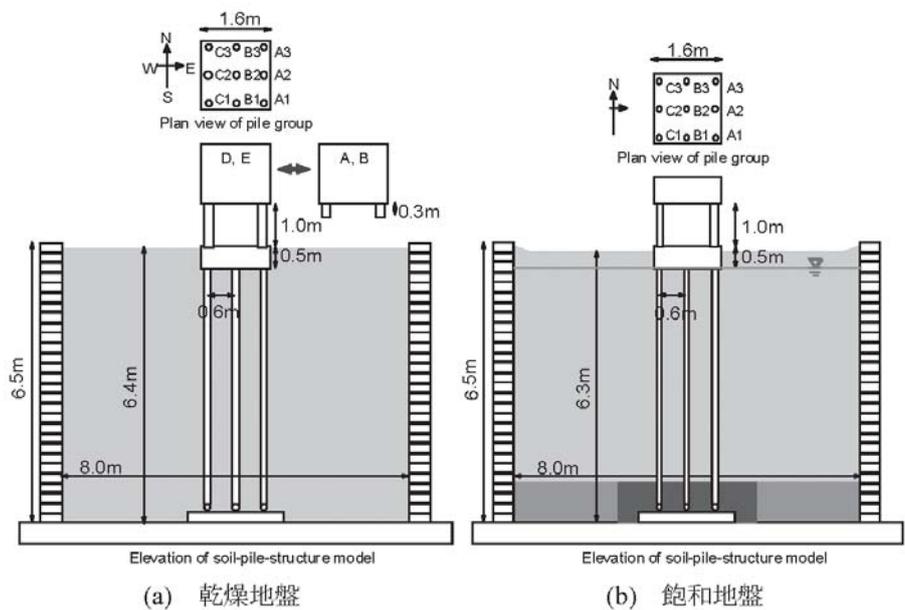


図1 大型せん断土槽内の地盤—杭—構造物系モデル

さい入力レベル時では杭は弾性の範囲内であった。

実験では、杭基礎の破壊メカニズム、および、3次元挙動が杭-地盤-構造物系動的相互作用に与える影響を検討するため900ch余のセンサーを配置して、X、Y、Z方向の加速度、変位、ひずみ、土圧、間隙水圧（飽和地盤の場合のみ）などの計測を行った¹⁾²⁾。以降では、乾燥地盤Eモデルに対し、鷹取波（XYZ）0.8m/s²、6.0m/s²入力、飽和地盤Bモデルに対し、鷹取波（XY）0.8m/s²、3.0m/s²入力したケースについて実験結果を紹介する。

3. 地盤-構造物系相互作用が杭応力に与える影響

図2に、乾燥地盤、飽和地盤0.8m/s² JR鷹取波入力時の振動台、表層地盤、上部構造物の加速度応答を示す。振動台加速度応答スペクトルは両実験でほぼ同じ形状を示すにもかかわらず、地表、上部構造物の応答スペクトルは乾燥地盤実験では振動台のスペクトルより大きく、飽和地盤実験では振動台のスペクトルと同レベルである。このことから、地盤の液状化により入力地震動に対する、地盤、構造物の短周期領域での増幅が無くなることが確認される。

地盤-杭-構造物系動的相互作用が杭応力に与える影響を検討するために、図3-5に図2と同じ実験の、構造物慣性力、地盤変位の水平面内の軌跡、杭の曲げひずみおよび軸ひずみの深度分布を示す。図3中の●印は、杭のひずみが大きくなる時刻で、図4、5の曲げおよび軸ひずみが生じた時刻と対応している。乾燥地盤では、構造物慣性力が大きく、杭の曲げひずみは構造物慣性力に支配されていると考えられるのに対し

（図3(a)(b)）、飽和地盤では、地盤変位が大きく、杭の曲げひずみは地盤変位に支配されていると考えられる（図3(c)(d)）。図4(a)(c)より、乾燥地盤における杭の曲げひずみは、深度2mより浅い地点で大きく変化し、その値は、前方杭で大きく、後方杭で小さくなる。また、その反曲点の位置も前面側ほど浅くなる。一方、図5(a)(c)より、飽和地盤の杭の曲げひずみは、杭頭と液状化層下端（深度5m）で大きくなり、また、杭位置によらずほぼ同程度の値である。このことは、乾燥地盤、飽和地盤において群杭内の応力分担に違いがあることを示唆している。また、乾燥地盤の杭の軸ひずみは、深度方向に小さくなる（図4(d)(f)）。一方、飽和地盤では、構造物慣性力が極めて小さいにもかかわらず軸ひずみが生じ、その値は深度方向にほぼ一定である（図5(d)(f)）。これらのことは、地盤の液状化、地盤変形の増大により、系のつり合いが変化し軸力が増大するとともに、軸力を低減するように作用していた杭の周面摩擦力が小さくなったことを示唆している。

図6は、図4、5に示す曲げひずみから積分により求めた各杭頭のせん断力である。図中の矢印は杭の変形方向を示している。乾燥地盤では、曲げひずみの杭位置による違いを反映して、せん断力は前方杭で大きく後方杭で小さくなる傾向が顕著に見られる（図6(a)）。これは、群杭の杭間隔が狭くなることによる効果と考えられる。一方、飽和地盤での杭頭せん断力は杭位置による差異が顕著でなく、液状化発生により、群杭効果が大きく異なる可能性のあることが示唆される。また、液状化地盤では杭頭せん断力が乾燥地盤より小さいにもかかわらず曲げひずみが大きくなり、杭

表1 乾燥地盤実験

	基礎 根入れ	上部構造物 (固有周期(s))	最大入力加速度(m/s ²)											
			JR 鷹取波				タフト波・鳥取波							
			X	Y	XY	XYZ	X	Y	XY	XYZ				
A	あり	あり(0.11)	0.3, 0.8				-				0.3, 0.8			
B	あり	あり(0.55)												
C	あり	なし					0.3, 0.8							
D	あり	あり(0.15)					0.3, 0.8							
E	なし	あり(0.15)	0.3, 0.8	0.3, 0.8, 6.0, 8.0										

表2 飽和地盤実験

	基礎 根入れ	上部構造物 (固有周期(s))	最大入力加速度(m/s ²)			
			JR 鷹取波		鳥取波	
			XY		XY	
A	あり	なし	0.3, 0.8		0.3, 0.8	
B	あり	あり(0.13)	0.3, 0.8, 3.0		0.3, 0.8, 3.0	

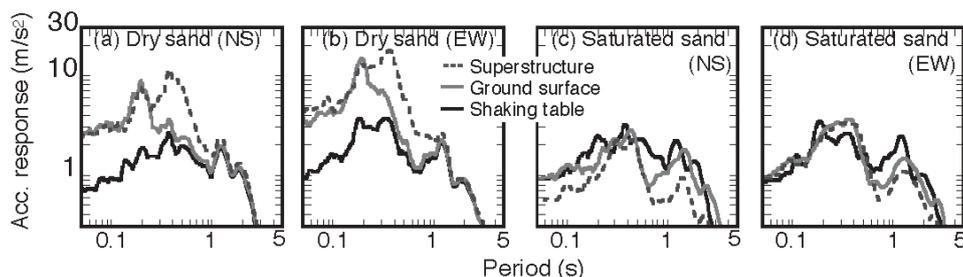


図2 振動台、地表、上部構造物の加速度応答スペクトル

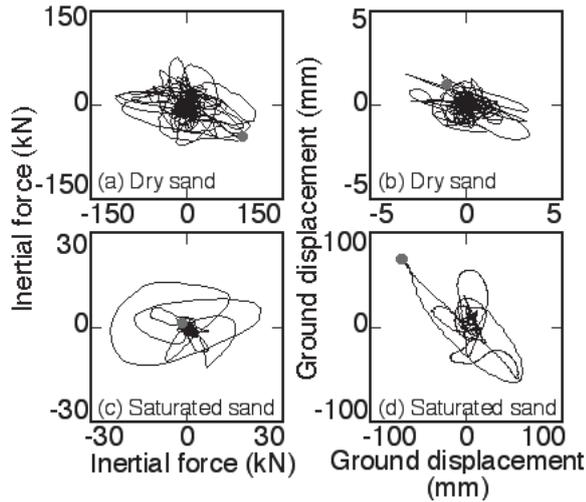


図3 構造物慣性力と地盤変位の水平面内の軌跡

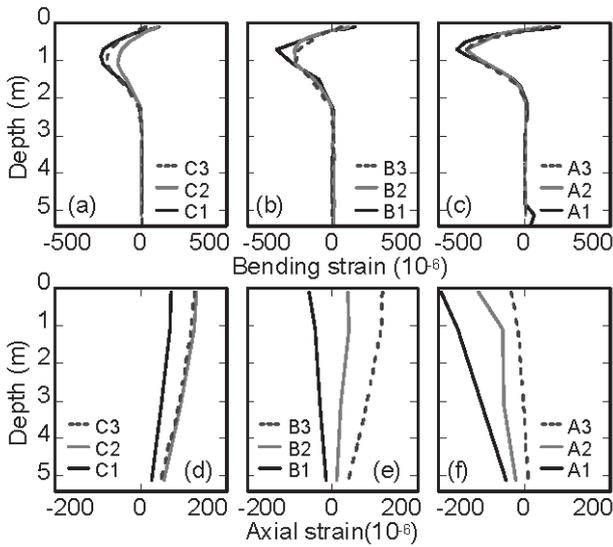


図4 乾燥地盤の曲げひずみ、軸ひずみの深度分布

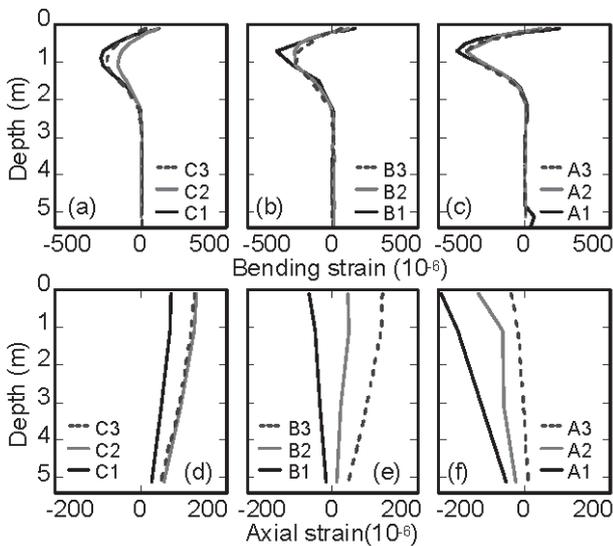


図5 飽和地盤の曲げひずみ、軸ひずみの深度分布

応力に与える地盤変形の効果が大きいことが示唆される。

図7にせん断力分担に差が見られた乾燥地盤について、9本中5本の杭表面で計測した土圧の群杭内分布を示す。土圧は、杭頭から0.5m地点では前方杭で(図7(a))、1.0m地点では後方杭で大きくなる(図7(b))。このことは、前方杭では表層付近の地盤が抵抗しているのに対し、後方杭では表層部分の抵抗が小さいため、より下部の地盤までが抵抗していることを示している。

4. 群杭の破壊モード

杭が降伏したケース(乾燥地盤 6.0m/s^2 入力、飽和地盤 3.0m/s^2 入力)について、図8に構造物慣性力、地盤変位の水平面内軌跡、図9に杭の曲げひずみが大きくなる時刻の杭頭せん断力分布、図10に土圧分布(乾燥地盤のみ)を示す。乾燥地盤の構造物慣性力に指向性は見られないが、地盤変位は北東-南西方向(図8(a)(b))、飽和地盤では両者とも北西-南東方向に大きくなる傾向がある(図8(c)(d))。図9より、杭頭せん断力は乾燥地盤では前方杭で大きく後方杭で小さくなるのに対し、飽和地盤では顕著な違いは見られず、入力が小さい時の傾向(図6)と対応している。一方、入力が大きくなると、乾燥地盤の土圧は深度0.5m、1.0mの両地点の前方杭で大きくなり(図10)、これは、杭に作用する外力が増加し、表層地盤では抵抗しきれず、前方杭においても深部まで荷重が伝達していることを示している。

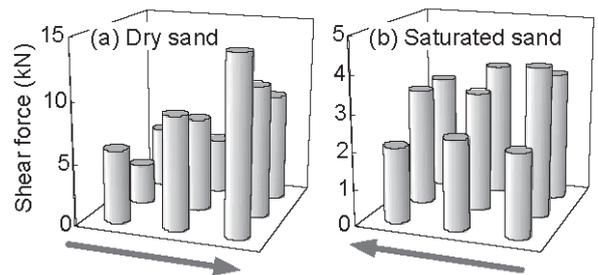


図6 杭頭せん断力の分布

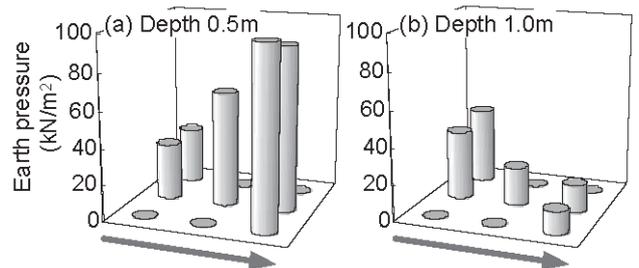


図7 乾燥地盤の群杭内の土圧の分布

図11、12に図8中●で示す構造物慣性力と地盤変位の両者が大きくなる時刻の曲げひずみ深度分布を示す。乾燥地盤の曲げひずみは、前方側となるA1、B1、C1杭の深度1.0m、後方となる杭の頭部、深度1.5m~2.0m付近で大きくなり、杭位置により深度分布の形状が異なることが確認できる(図11)。飽和地盤の曲げひずみは、いずれの杭においても頭部で顕著に大きくなり、杭位置による大きな違いは見られない(図12)。

図13は最終加振後の基礎の残留変形(太線)である。乾燥地盤では、外力の強軸方向とは異なる南東方向に基礎の残留変形が生じた。これは、群杭内で応力分担が異なることから、応力が再配分されながら順次破壊が進行したためと考えられる。一方、飽和地盤では、強軸方向である南東方向に基礎の残留変形が生じた。

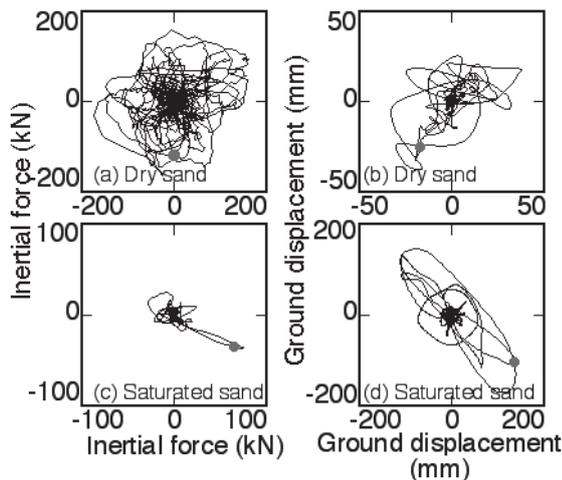


図8 構造物慣性力と地盤変位の水平面内の軌跡

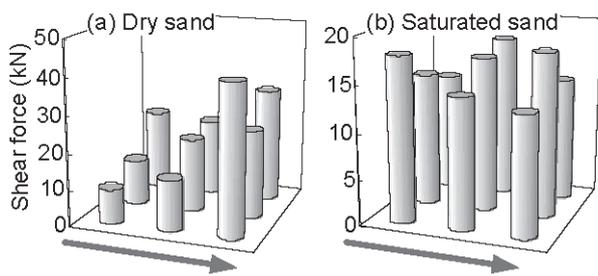


図9 大加振時の杭頭せん断力の分布

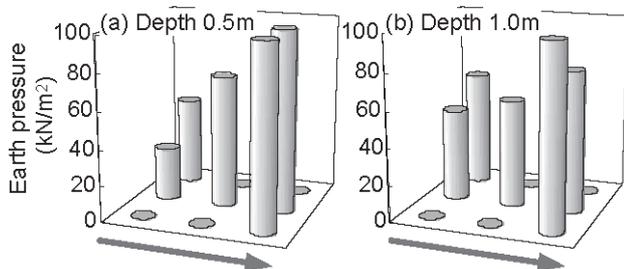


図10 乾燥地盤大加振時の群杭内の土圧分布

このことから、群杭内の応力分担の差異が顕著でない結果、各杭が同時に壊れ、強軸方向に残留変形が生じたことが推測される。これに対応し、加振後の掘削調査では、乾燥地盤のすべての杭の頭部、深度0.7~1.0m付近で座屈が生じたが、後者の座屈深度はC1杭で最も浅く、その逆側となるA3杭で最も深かった。一方、飽和地盤では杭頭部の座屈以外は大きな損傷は見られず、また、変形状に杭位置による違いはなかった。

5. まとめ

E-Defenseで円形せん断土槽を用いた大型振動台実験を実施し、次のことを示した。

- (1)円形せん断土槽により、地盤-杭-構造物系の3次元相互作用と杭基礎の破壊挙動を把握する実験を行い、900chを超えるデータ計測により杭の破壊に至るまでの詳細なデータを得ることができた。
- (2)乾燥地盤の杭の曲げひずみ、せん断力は前方杭で大きく後方杭で小さくなった。このような群杭内での応力分担の差異により、杭の破壊モードが杭位置に

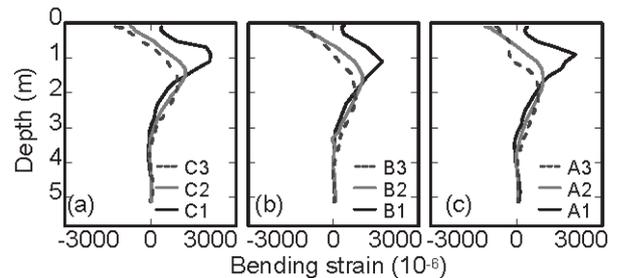


図11 乾燥地盤大加振時の曲げひずみ深度分布

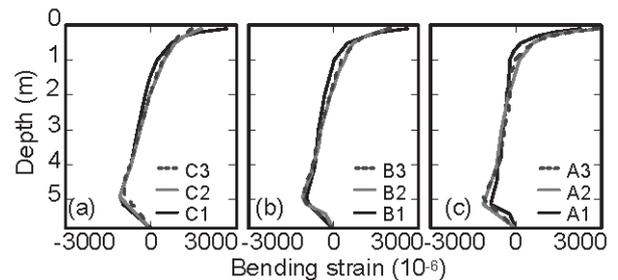


図12 飽和地盤大加振時の曲げひずみ深度分布

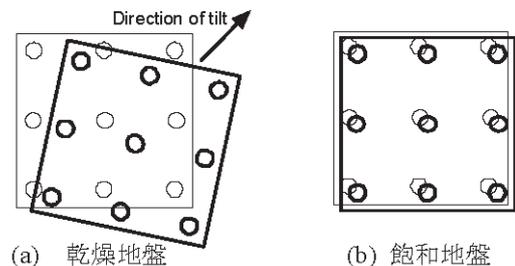


図13 実験終了後の基礎の残留変形

より異なり、また基礎の残留変形は外力の強軸方向とは異なる方向に生じたと考えられる。

(3)飽和地盤の杭の曲げひずみ、せん断力分布、破壊モードには、杭位置による顕著な違いは見られなかった。その結果、基礎の残留変形は外力の強軸方向と同方向に生じたと考えられる。

(4)飽和地盤では、乾燥地盤と比べて構造物慣性力が小さいにもかかわらず曲げひずみ、軸ひずみが大きくなった。このことは、液状化にともなう地盤剛性の変化、地盤変形の増大によると推察される。

<謝辞>本実験は文部科学省大都市大震災被害軽減化プロジェクトの一環で実施したものである。関係者に記して感謝します。

参考文献

- 1) 田端、佐藤：文部省大都市大震災被害軽減化プロジェクトII成果報告書-平成17年度-、489-554、2006。
- 2) 田端ほか：文部省大都市大震災被害軽減化プロジェクトII成果報告書-平成18年度-、465-546、2007。
- 3) Tokimatsu and Suzuki: Seismic soil-pile-structure interaction based on large shaking table tests, Proc. of International Conference on Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering, 77-104, 2009.

原子力機器の耐震実証試験

飯島 亨／稲垣 政勝

●独立行政法人 原子力安全基盤機構

1. はじめに

昭和56年に原子力安全委員会によって制定された発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針は、最新の知見を反映し高度化を図るための検討がなされ、平成18年に改訂された。改訂審査指針では、機器・配管等の設備の設計において、設計用基準地震動Ssの適用、及び鉛直方向の地震動に対する設備の動的解析の導入等が実施されることになり、さらに「残余のリスク」についても考慮されることになった。このような動向を踏まえて、基準地震動Ssに対し耐震設計上重要な設備の安全機能が保持されること、また、設計地震動レベルを超えたレベルでの設備の強度・機能の限界及び損傷モードの確認すなわち耐力を把握することの重要性が再認識されている。

(独)原子力安全基盤機構(JNES)は、平成15年10月から(財)原子力発電技術機構(NUPEC)が実施していた事業を引継ぎ、原子炉施設の耐震安全性、信頼性を確認するとともに、改訂審査指針の適切な運用に対するニーズに応えるため、原子炉施設の安全上重要な設備を対象とした耐震実証試験を行っている。本報告では、これまでにNUPEC及びJNESで実施した大型モデルを用いた原子力機器の耐震実証試験について紹介する。

2. 耐震実証試験の変遷

NUPECからJNESに渡り行ってきた耐震実証試験を図1に示す。試験は大きく、NUPECの「確認試験」とJNESの「機能限界試験」に分けられる。NUPECでは、



図1 耐震試験の変遷

昭和55年から平成14年まで多度津・大型高性能振動台を用い、実寸大あるいは縮尺モデルによる耐震試験を実施したが、これは、主として、設計用地震力に対する耐震信頼性の確認に重点を置いたものであり、単独の設備を対象とした試験(フェーズⅠ)、システムを対象とした試験(フェーズⅡ)に分けられる。その後、耐震新技術の検証、設備の機能限界の把握に重点を置いた試験(フェーズⅢ)を行った。平成15年10月からはJNESが耐震試験を引継ぎ、機能限界試験を実施している。これは、NUPECにおける耐震信頼性の実証を目的とした確認試験とは異なり、改訂審査指針の確かな運用を図るため、「残余のリスク」評価に有効な地震PSA(確率論的安全性評価)への耐力データの提供などを主眼としたものである。また、機能限界試験は、多度津・大型高性能振動台を用いた耐力試験(フェーズⅠ)から、多度津振動台が閉鎖された後の民間振動台及び防災科研E-ディフェンス等を用いた耐力試験(フェーズⅡ)に移行している。

3. 確認試験^[1]

(1) 試験対象設備

確認試験では、わが国の代表的な原子力発電所である電気出力110万kW級改良標準型原子力発電所について、「止める、冷やす、閉じ込める」の観点から、BWRプラント及びPWRプラントの安全上重要な設備のうち、①原子炉格納容器、②PWR一次冷却設備及びBWR再循環系配管、③PWR原子炉容器及びBWR原子炉圧力容器、④炉内構造物(PWR及びBWRの燃料集合体群炉心支持構造物、制御棒と駆動装置を装着)、⑤非常用ディーゼル発電機システム、⑥電算機システム、⑦原子炉停止時冷却系等、⑧主蒸気系等(給水系を含む配管系)、⑨コンクリート製原子炉格納容器(PCCV及びRCCV)、⑩制振サポート支持重機器、⑪配管系終局強度(一般配管)を試験体として選定した。安全上重要な設備の原子炉建屋内配置を図2に示す。

試験は、NUPEC多度津・大型高性能振動台を用いて実施した。振動台は、最大積載質量1,000t、テ

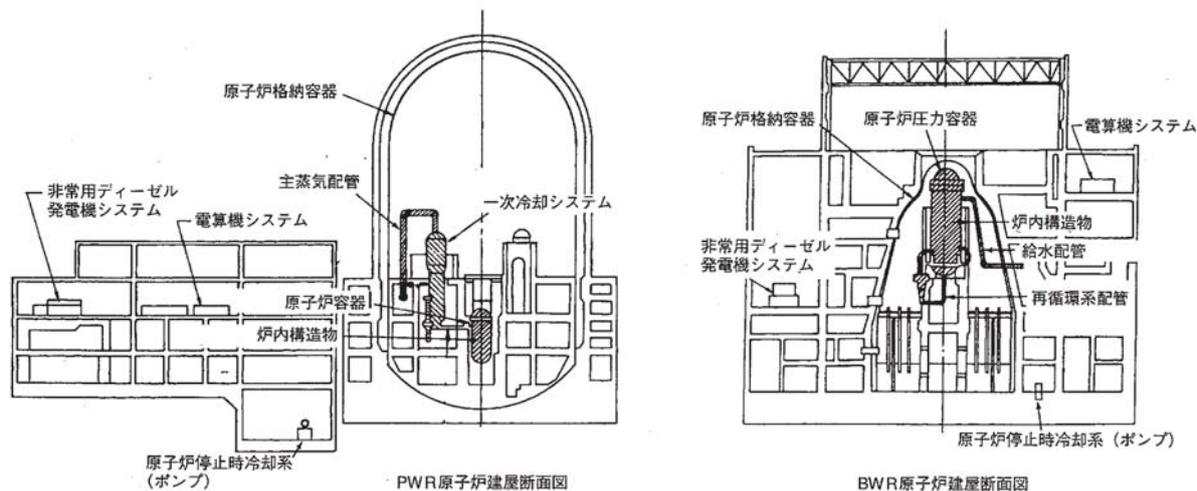


図2 原子炉建屋内機器配置

ーブル寸法15m×15m、最大加振力水平29.4MN (3,000tf)、垂直32.3MN (3,300tf) の能力を有し、水平・上下の2方向を同時に加振できるものであり、特に機器・配管系の応答が卓越する周波数領域での加振試験に優れていた。

(2) 試験結果の概要

確認試験では、設計用地震動 S_1 、 S_2 に対する設備の耐震性の実証、設計手法の妥当性確認、振動台の能力限界までの加振による耐震性の確認を行った。

試験の結果、いずれの設備も設計用地震動に対し強度及び機能が維持されていることを実証した。また、 S_2 を超える地震動に対しても余裕を持っていることを示した。前述の通り、確認試験では、実施された試験の性質からフェーズⅠ～Ⅲに分けられる。フェーズⅠの試験では、設備の耐震性を公に明らかにするという点が目的の一つであったことから、実機相当の試験体での加振を目指し、大きくても基準地震動 S_2 の1.1倍～2倍の加振が限度となり、一部の機器を除きほとんどが弾性挙動を示す試験であった。また、フェーズⅡの非常用ディーゼル発電機システムにおいても振動台の加振性能限界近くである1.3倍の加振が限度であった。試験が進みフェーズⅢの段階では、耐震裕度の確認にも重点を置き、対象機器の終局状態に近いところまでの加振を意図して試験を計画し、コンクリート製原子炉格納容器や配管系終局強度試験では試験体が破損するまで加振試験を実施した。

4. 機能限界試験

(1) 試験概要

平成18年に改訂された発電用原子炉施設に関する

耐震設計審査指針では、基準地震動 S_s を超えた場合の残余のリスクを考慮すべきことが盛り込まれた。設計上の想定を上回る地震動による炉心損傷を確率的に評価する地震PSAは、残余のリスクを評価する有効な手段である。地震PSAを行うには、地震時の機器の損傷確率を評価する必要がある。そのためには、機器の耐力値（機器が機能上限界となるとき地震力）が必要である。機器の耐力データを整備すること、中でも炉心損傷に寄与の大きい機器の耐力値の整備は、地震PSAの信頼性向上のための重要な課題である。JNESでは、試験を実施するにあたり、国内の原子力発電所のうち代表プラントを対象とした地震PSA試解析を行い、その結果に基づき、炉心損傷に寄与の大きい機器として、横形ポンプ、電気品（盤）、制御棒挿入性関連機器等を抽出した。そして、設計レベルを超える大入力により加振を行うことでこれらの機器の耐力を把握することを目的として耐力試験を実施した。

また、改訂審査指針では、鉛直方向の動的地震力が新たに導入されたことから、機器・配管系のうち影響が大きい天井クレーンを選定し、動的挙動の把握及び動的解析の高度化を目的とした試験を実施した。

以下では、JNESで実施した代表的な機能限界試験として、横形ポンプ試験、電気品試験及び天井クレーン試験について紹介する。

(2) 横形ポンプ試験^{[2],[3]}

a. 振動増幅装置

機器の機能限界を把握するには十分な大きさの加速度で加振する必要がある。従前の地震PSAでは横形ポンプの耐力値を $1.6 \times 9.8 \text{m/s}^2$ とし

ているが、これは既往試験において、ポンプに機能異常は生じなかったが、振動台の限界加速度から保守的に設定されたものである。耐力試験では、従前の耐震試験と比べより大きな加速度が得られる装置として、振動増幅装置を新たに製作した。これは、多度津・大型高性能振動台上に小型振動台(5m×5m)を設置し、大型振動台に同調してアクチュエータで小型振動台を加振することで最大加速度 $6 \times 9.8 \text{ m/s}^2$ の加速度を得ることができる装置である。

b. 試験の実施

横形ポンプの試験対象として、BWRプラントで用いられる原子炉補機冷却水系ポンプ(RCWポンプ)を選定した。試験体の仕様を表1に示す。試験体ポンプは原子力発電所で使用されているものと同一である。RCWポンプを代表機種に選定したのは、原子力プラントにおける主要な横形ポンプの基本構造はほぼ同等であること、地震PSA上、炉心損傷に対しては補機冷却系の横形ポンプの重要度が大きく、RCWポンプは補機冷却系に属する代表的な横形ポンプであることが主な理由である。

試験体設置状況を図3に示す。ポンプ及び電動機を小型振動台上に設置し、循環水配管をベローズを介して小型振動台から大型振動台に渡り引き回している。

表1 試験体RCWポンプ仕様

項目	仕様
全長(電動機含む)×高さ(m)	2.76×1.34
型式	単段うず巻型
全揚程(m)	55
流量(m ³ /h)	1250
回転数(rpm)	1800
電動機出力(kW)	255
質量(ton)(電動機、内包水含む)	5.7

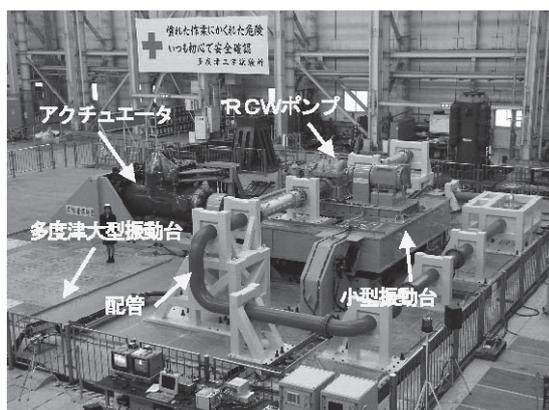


図3 横形ポンプ試験体設置状況

試験においては、原子力発電所の安全上重要な耐震As、Aクラス(現耐震Sクラス)の横形ポンプの設計用床応答加速度を包絡する模擬地震波を用い、設計加速度レベルから徐々に加速度レベルを上げ、最大 $6 \times 9.8 \text{ m/s}^2$ の加速度で加振を行った。試験では、ポンプ通常運転状態及び停止状態それぞれに対しポンプの軸方向及び軸直角方向で加振し、ポンプ水力性能の変化、軸受に作用する荷重や回転時に生じる加速度、水漏洩の有無及び基礎ボルトに生じるひずみ等を計測・監視したがポンプの動的機能及び構造強度に対する異常は確認されず、また、試験後の分解検査でも特に異常はなかった。

(3) 電気品試験^{[2],[4]}

従前の地震PSAでは、電気品(盤)の耐力値としては、確証試験で実施した原子炉停止時冷却系の加振試験の結果から一律に $3.6 \times 9.8 \text{ m/s}^2$ を用いていたが、地震PSAの信頼性向上の観点から、盤の種類に応じた詳細な耐力を把握するため耐力試験を実施した。

試験では、地震PSA上重要となる盤として、中央制御盤、原子炉補助盤、論理回路制御盤、保護計器ラック、計装ラック、原子炉コントロールセンタ、パワーセンタ及びメタルクラッドスイッチギヤの代表盤8種類を対象とした。試験体は原子力発電所で実際に使用されている盤と同一の寸法、重量を有している。なお、選定した盤はすべて耐震Asクラス(現耐震Sクラス)である。試験体の仕様を表2に示す。電気品試験は、横形ポンプ試験と同様に振動増幅装置を使用した。試験体の設置状況を図4に示す。

表2 試験対象の盤

盤	外形寸法(m) 幅×高さ×奥行	質量(kg)	固有振動数(Hz)(盤方向)
中央制御盤	2.65 x 1.01 x 1.35	1010	43.8 (左右)
原子炉補助盤	2.1 x 2.3 x 2.6	2580	30.7 (左右)
論理回路制御盤	1.0 x 2.3 x 1.0	750	22.2 (左右)
保護計器ラック	1.8 x 2.3 x 0.9	2160	29.0 (左右)
計装ラック	2.3 x 1.9 x 0.6	670	32.7 (左右)
原子炉コントロールセンタ	0.8 x 2.3 x 0.8	640	35.8 (前後)
パワーセンタ	1.8 x 2.3 x 2.0	4050	24.2 (左右)
6.9kVメタルクラッドスイッチギヤ	2.0 x 2.3 x 2.5	5600	21.2 (左右)

表3 電気品試験結果概要(機能異常が生じた盤)

盤		原子炉コントロールセンタ		盤		保護計器ラック	
加振方向	異常発生入力加速度 ($\times 9.8m/s^2$)	機能異常の有無		加振方向	異常発生入力加速度 ($\times 9.8m/s^2$)	機能異常の有無	
前後	6.1	補助リレー誤動作		左右	4.3	ACコントローラカード内リレー誤動作	
盤		パワーセンタ		盤		6.9kVメタルクラッドスイッチギヤ	
加振方向	異常発生入力加速度 ($\times 9.8m/s^2$)	機能異常の有無		加振方向	異常発生入力加速度 ($\times 9.8m/s^2$)	機能異常の有無	
前後	3.7	遮断器誤投入		左右	3.7	計器用変圧器断路方向に移動	
	5.0	遮断器損傷			4.1	遮断器損傷	
前後	5.0	遮断器損傷		前後	2.5	計器用変圧器ヒューズ脱落	
					3.0	計器用変圧器断路方向に移動	
					4.7	遮断器移動	

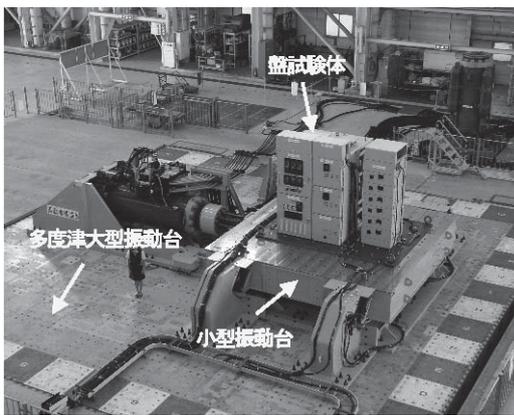


図4 電気品(盤)試験体設置状況

試験においては、原子力発電所の盤の設計用床応答加速度を包絡する模擬地震波を用い、盤の設計加速度レベルから徐々に加速度レベルを上げ、最大 $6 \times 9.8m/s^2$ の加速度で加振を行った。試験では、通常運転時の電気状態を模擬し、盤の前後方向及び左右方向で加振し、電気的な機能異常あるいは構造上の損傷の有無について確認した。中央制御盤、原子炉補助盤、論理回路制御盤及び計装ラックは電気的あるいは構造上の異常は確認されなかったが、保護計器ラック、原子炉コントロールセンタ、パワーセンタ及びメタルクラッドスイッチギヤにおいては、内部に収納する電気部品の電気的な機能異常または構造的な損傷に起因する機能異常が生じた。試験結果の概要を表3に示す。

(4) 天井クレーン試験⁵⁾

天井クレーンは建屋上方に設置され応答増幅の影響を受けやすく、特に改訂審査指針で新たに盛込まれた鉛直方向の動的地震力を勘案して、地震時の浮上り、衝突、すべりを含む非線形応答挙動の把

握及び解析手法の高度化を主眼とし本事業を開始した。その後、平成19年新潟県中越沖地震で柏崎・刈羽原子力発電所の原子炉建屋天井クレーンで生じた損傷を踏まえ、落下防止対策の有効性確認の観点からも試験を実施した。

試験体は、BWR原子炉建屋天井クレーンを対象とした。縮尺は、振動台の大きさの制約から実機クレーンの1/2.5とし、主要寸法は、ガード長さ約18m、トロリ上面までの高さ約4m、質量は約110tonである。振動台は防災科研E-ディフェンスを用いた。試験体の振動台上への設置状況を図5に示す。

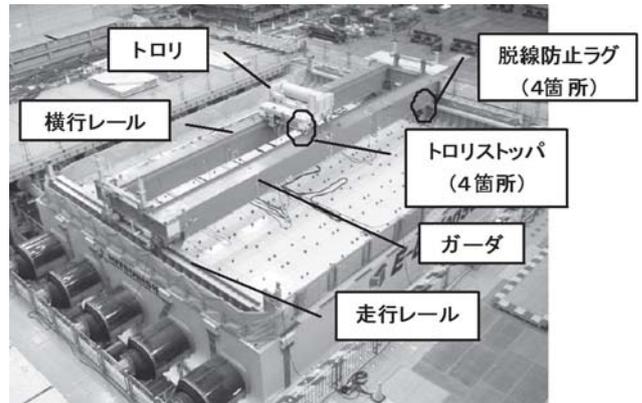


図5 天井クレーン試験体設置状況

試験に用いた入力波は、入力波の違いによる影響を見るため、改良標準波を基に策定した模擬地震波及び新潟県中越沖地震での観測波の2種類とした。試験では、天井クレーンの基本的な振動特性や非線形振動挙動を把握するために加振レベル、加振方向をパラメータとした様々な加振試験を行ったが、このうち、新潟県中越沖地震に対する非線形挙動をよ

り顕著な形で確認するため観測波の1.5倍の入力波を用いた加振試験では、トロリ及びガードにそれぞれ約56mm及び約25mmの浮上りが生じた。さらに、クレーンの損傷モード及び耐力を確認するために、振動台の性能限界レベルである模擬地震波の水平1.4倍、上下4.1倍とした試験では、トロリ及びガードにそれぞれ約160mm及び約60mmの浮上りが生じた。これらの試験では、レールのへこみ、一部の部品のボルトの抜け落ち等が生じたが、トロリストoppaや脱線防止ラグが有効に作用し、脱輪することなく落下防止対策の有効性を確認した。

4. まとめ

原子力機器を対象とした耐震試験は、当初の設計用地震力に対する耐震信頼性の実証に重点を置いた試験から、耐震設計審査指針の改訂など国内の耐震設計に係る動向、ニーズを踏まえ、機能限界の把握を主眼としたものに軸足を移してきている。さらに新潟県中越沖地震をひとつの契機とし、機器の耐震裕度を定量化することが求められている。JNESではプラントの耐震裕度評価を原子力発電所の安全性評価上の重要な研究テーマと考え、今後、そのために必要となる機器設備の耐震試験を行っていくことを計画している。

参考文献

- [1] 独立行政法人原子力安全基盤機構, JNES-SS-0617, 「原子力発電施設耐震信頼性実証試験の概要 JNES-SSレポート」, 2006年11月.
- [2] 独立行政法人原子力安全基盤機構, 06基構報-0003, 「平成17年度原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 機器耐力その3 (総合評価)に係る報告書」, 平成18年8月.
- [3] 飯島 他, 「地震に対する機器耐力 横形ポンプ試験」, 日本原子力学会論文誌, Vol.5, No.3, pp.200-208, 2006.
- [4] 飯島 他, 「地震に対する機器耐力 電気品試験」, 日本原子力学会論文誌, Vol.7, No.2, pp.99-111, 2008.
- [5] 独立行政法人原子力安全基盤機構ホームページ, 活動トピックス, 「動的水平・上下動を用いたクレーンの実機モデル振動台試験の概要(試験結果速報)」, 2008年11月28日

名誉会員インタビュー 第2回：志賀敏男先生

聞き手：会誌編集委員会 引田 智樹（鹿島建設）

建築構造の耐震研究、および自然災害科学研究に長く携わり、この分野の発展に多大な貢献をされた志賀敏男名誉会員（東北大学名誉教授）にお話を伺いました。

1. 耐震工学分野に進んだきっかけ

高等学校在学中に太平洋戦争の戦況が厳しくなり、理系の学生も軍需工場での勤労、あるいは大学で戦時研究に携わることが求められました。私は模型づくりなどが好きだったので建築学科への進学を志望し、昭和18年10月に東京大学に入学しました。建築構造の道に進む積極的な理由があったわけではありませんが、武藤清先生の人柄に惹かれたのは事実であり、先生の下で耐爆構造の実験に従事するようになりました。

昭和20年には建築学科が山梨に疎開し、その後、終戦を迎えることとなって大変な思いをしましたが、この時代に武藤清先生、梅村魁先生のご指導をいただいたことが耐震工学分野に進むきっかけになったのだと思います。卒業論文では武藤先生、梅村先生のご指導の下で立体振動に取り組み、卒業後も大学院に残りその研究を続けることになりました。

2. 地震被害調査の思い出

大学院に入った昭和21年の12月に南海地震が起きました。ちょうど大学の建物の地下におり、大きなぐらぐらとした揺れを感じました。早速、武藤先生から指示を受けて梅村先生と一緒に被害調査に行くことになりました。これが地震被害調査の最初でした。窓ガラスが割れて無い東海道線の夜行に乗って大阪に向かい、大阪からは国鉄に便宜を図ってもらって新宮まで行き、また大阪まで戻るというルートで調査を行いました。被害はというと、揺れによって倒壊したような建物があまり見当たらず、津波による被害が目立っていました。そこで、墓石の転倒を調査して報告書にまとめたことを憶えています。

二回目の調査も大学院時代であり、1948年（昭和23年）福井地震の被害調査でした。このときも梅村先生と同行させていただきました。金沢まで行くことはできたのですが、福井まで行くことができず、結局、国鉄に交渉してトロッコに乗せてもらい福井まで行くこ

とことができました。福井に近づくと木造住宅が軒並み倒壊していることに驚きました。市内では揺れによる倒壊だけでなく火災による被害も相当なものでした。それから大和デパートという6階建て鉄筋コンクリート造の建物が倒壊したことも印象的でした。この建物の被害調査では、鉄筋の配筋など構造設計のディテールの拙さが目に付きました。私は福井地震が起きる前くらいに、GHQの施設の耐震の仕事に携わるようになり、構造設計の実務を学ぶ機会がありました。それらの仕事を通じて設計のディテールの重要性を徹底的に学ぶことができました。この経験は被害調査にも大いに役立ったと思っています。大和デパートの被害要因については、建物の建設が支那事変に伴う物資統制を受けた時期に重なっており、当時の社会的事情が影響していたのではないかと思います。また戦争中には空襲による火災を受けており、火災による強度低下が起きた可能性も考えられました。

その後、1960年チリ地震や1964年新潟地震などの被害調査を行いました。特に印象深いのは1968年十勝沖地震と1978年宮城県沖地震です。

1968年十勝沖地震では木造住宅がそれほど多くの被害を受けなかった一方で、鉄筋コンクリート造の学校建物などが大きな被害を受けました。福井地震の際に大和デパートの被害を見ていたものの、これらの被害を目の当たりにしたことは衝撃でした。また、被害建物はRC造壁が少ない建物であることに気がきました。これが、壁量と被害の関係を調べる研究へと繋がっていききっかけになりました。この地震では八戸で当時としては大加速度の記録が得られ、大きな注目を集めたことも印象的でした。

1978年宮城県沖地震が起きた時は、東北大学の片平キャンパス内の建物の3階におり、大きな揺れを体感しました。基本構造設計に関係した青葉山にある東北大学工学部の各建物のことが気になりましたが、大事に至った建物がないことを知り安堵しました。9階建ての建設系研究棟の1階と9階で強震記録が得られ、9階での最大加速度が1040Galに達することを知りました。なお、この地震ではガス、水道などの都市インフラが大きな被害を受けたことや、家具の転倒などが問

題となったことから、構造の耐震化だけではなく、設備や仕上げを含めた建物全体としての耐震性向上が重要であることを痛感しました。また、新興住宅地での地盤崩壊なども問題となり、地盤の重要性を改めて認識することになりました。

3. 「志賀マップ」について

1968年十勝沖地震で学校などの鉄筋コンクリート造の建物が大きな被害を受けたことを見て、基準法の規定を金科玉条として機械的に構造設計を行うことのまじさが露呈されたように思いました。耐震設計では、市街地建築物法に設計震度0.1が取り入れられ、1950年建築基準法施行によって設計震度0.2となりましたが、それが大地震の地震力として十分かどうか昔から議論がありました。耐震性を補うものの一つが耐震壁であり、それが構造計画上重要であったはずでしたが、いつの間にかその事が軽視されるようになっていたように思います。

被害調査を終えて仙台に戻り、早速、八戸周辺の鉄筋コンクリート造の設計図を集めて、壁量・柱量と被害の関係について検討を始めました。その結果は、横軸を壁率、縦軸を壁・柱均しのせん断応力度とした図に纏められ、被害の有無を区別して捉えることができる壁率マップが出来上がりました。この図は壁量の大切さと1g程度の加速度に相当する地震力が作用することを構造技術者に分かり易く伝えたい思いで纏めたものでした。この壁率マップは梅村先生によって志賀マップと名付けられました。その後、1978年の宮城県沖地震の被害調査データによりその有効性が実証されました。

4. 最近の地震被害を見て思うこと

岩手・宮城内陸地震、あるいは四川大地震などによる被害を見ていると、どこにでも起こり得る地震に対して、斜面崩壊などの被害を防ぐことの難しさや、地震後の対策の重要性を感じました。最近の多くの地震をみると、地震動特性は多様であり、それらに対応するためには、構造物に強さと粘りの両者を持たせることが重要だと思います。

また、被害に対する地盤の影響が大きいので、地盤に応じた対策を取り入れるべきだと思います。2000年に建築基準法の耐震規定が改訂され設計において地盤増幅の影響を考慮することができるようになりましたが、実務において必ずしも浸透しているとは言えないのではないのでしょうか。

それから、地震被害の軽減に対して、建築構造の耐

震化だけではなく、もっと包括的な耐震化が必要であると思いますが、学問の細分化が進んでいるためか、分野を超えた物の見方が難しくなっているように感じることがあります。

5. 志賀敏男先生から会員へのメッセージ

日本地震工学会は分野を横断した連携を目指した学会であると思います。災害科学の推進には様々な分野の連携が必要であると常々考えており、日本地震工学会は他の学会ではできない重要な役割を果たすことができるのではないかと期待しています。この期待に応えるには、具体的な仕事やプロジェクトを通じて連携の成果を示していくことが一つの方法ではないでしょうか。すぐに成果を出すことは難しいと思いますが、少しずつ前進することを願っています。



志賀敏男名誉会員 (2009年5月25日撮影)

名誉会員 志賀敏男(しが・としお)先生

1923年生まれ／東北大学名誉教授／建築構造学・耐震工学／工学博士／著書に「構造物の振動」(共立出版)ほか／1963年日本建築学会賞(論文)、1998年日本建築学会大賞

参考文献

強さと粘り、志賀敏男東北大学教授退官記念出版、志賀敏男先生退官記念会、昭和62年。

志賀名誉会員のインタビューは2009年5月25日に東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センターの会議室をお借りして行われました。同席いただきました東北大学大学院工学研究科の源栄正人教授(日本地震工学会理事)と清水友香子氏(鹿島建設)に御礼申し上げます。

名誉会員インタビュー

第3回：田治見宏先生

聞き手：会誌編集委員会 田村 良一（篠塚研究所）

編集委員会より

田治見先生からは以下の原稿を頂いております。原稿を作成して頂いた田治見先生、原稿作成の打合せに参加して頂いた下村幸男先生（日本大学）、萩原幸夫さん、池田能夫さん（大成建設）に感謝申し上げます。

インタビュー経緯

年齢で、昔のことの記憶も定かでなく、インタビューに関しては、第1回の田中先生のを参考として自問自答形式のメモ書きを作成、編集委員に送りました。その後、少々修正もしましたが、作成したものを下記に示します。また、話し言葉で書かれていないのは、インタビューに不慣れのせいです。

地震工学専攻の始まり

私は大学が、工学部航空学科機体専修（応用数学科に改名）昭和21年卒、で地震とは関係ありません。周囲は焼け野原。そこで建築に移ることにし、建築学科の坪井研究室にお世話になりました。坪井先生はシェル構造がご専門ですが、建築学科には振動専攻の方がおられないのに気づき、振動学を学ぶことにしました。最初に読んだ論文は、妹沢先生の論文で、題は忘れましたが、後年、私が勝手に、地下逸散減衰と名付けさせてもらっている語源そのものを題名とした論文です。つまり建物の振動エネルギーの1部が基礎を通じて、無限遠に拡がる地盤に逸散することによって生じる減衰です。この減衰は計算で求めることができるので、興味を持ちました。ところが、この地下逸散減衰（正式にはRadiation damping）は、その後、単に地震関連ばかりでなく、広く応用力学の主要テーマの一つに挙げられていることを知りました。つまり、弾性地盤上の剛基礎の振動問題です。多くは解析の都合で、円形基礎を対象とし、主として、数学解析手法が論ぜられました。私もこれに参加、主として、工学的な近似解法の案出に関わりました。

一方で、ランダム振動論に基づく地震応答解析も行っており、この方は、入力地震動スペクトルに金井先生の常時微動スペクトル式に真似て作った式を採用しました。ところが、後年、この式が、金井-田治見の式として、普通教科書程度にでも載るようになり、

びっくりする程、私の名が知られるようになりました。

実務での適用の始まり

坪井研時代の同僚に秋野さんという方がおられました。この方はシェルを研究されていましたが、研究室に5年ぐらい居られてから、原研に移られました。その後、日本最初の実験用原子炉JPDRを米国から導入することになり、秋野さんはその耐震設計のチェックを担当していたと思います。当時の日本は静的設計のみですが、米国では曲がりなりにも動的設計をしていたので、秋野さんから、私の所へいろいろと問い合わせてくるようになりました。JPDRは完成後地震観測を行い、その整理は私が担当しました。ところでこのJPDRの基礎は正に埋め込み円形基礎で、直径20m、埋め込み深さ17m。当時はこの振動特性がどうしても計算出来ず、地震観測から固有振動数を求めようとはしましたが、地震動で表層の3 Hz程度の震動が常に卓越し、構造+基礎の固有振動数はなかなか捕まりませんでした。後年、JPDRが廃棄されることになり、その際、電力中研が振動試験を実施、やっと固有振動数が分かりました。それによると約7 Hzだったそうです。

世代による解析法の変遷

その後、JPDRの基礎のような埋設基礎の振動を解くための地盤モデルとして著者が薄層と名付けているモデルを採用することにしました。このモデルは地盤を伝播する波動問題を扱うに際し、地盤を深さ方向は1次離散系に、水平方向は連続体として扱う1種の近似解法用のもので、ドイツのワース博士の創案、近似解法の理論はガラキンの式に従って解く方法です。このモデルは現実に即して、深さ方向の地盤の剛性変化を模擬できるので利用価値があり、よく使いました。しかし、その後コンピューターが格段に発達し、有限要素法や境界要素法に基づき、大規模なそしてより正確な計算が可能なる方法が生まれました。ここに引用した文献1も、このような大規模計算に属し、今から20年も前のものですが、おそらく精解を与えていると思います。そこで、それ以前の解析法に属する薄層法の計算精度を検証する目的で、両者を比較してみました。

文献では、埋め込み円形基礎のスエーロッキングの剛性係数 k_{HH} , k_{HR} , k_{RH} , k_{RR} (注1)が無次元振動数 $a_0 = \omega r/V_s$ の関数として、深さ/半径 (H/r) をパラメータとして数値的に求められています。地盤は一様です。そこで、モデルの半径 $r=5.0\text{m}$ 、埋め込み深さ H を0.0,10.0mの2種類、S波速度 $V_s=100.0\text{m/s}$ 、さらに、薄層では層厚 $s=125\text{m}$ 、20層(最下層はダッシュポット)としました。結果は添付の通りです。地表面基礎の場合は、両者はほぼ一致しています。埋め込み深さが直径ぐらいであると、両者の差が目立っています(注2)。この原因は、勿論、薄層における深さ方向の1次近似にあるのですが、薄層のプログラムは現実に即して、さらに半径方向の地盤変化にも対処し得るようになっており、長い間かかっているいろいろの問題を解いてきました。この薄層法(文献2)を、最後に使用したのは、台湾花蓮港で行われた原子炉建屋1/4モデルの国際地震観測・振動測定のパラインド解析コンテストに参加したときでした(文献3)。図は起振機実験に対するパラインド解析結果の1例ですが、当時、盛んに使われていた有名なプログラムも載っています。以上、あれこれ薄層法をいじくりまわし、本人は既に第一線を退いていますが、今年になって、一緒に仕事をしてきた蔣通さん(同済大学構造理論研究所教授)が「地基-結構動力相互作用分析方法-薄層法原理及应用」と題し、中国語版の著書(共著)を同済大学出版社より出版しました。

会員へのメッセージ

さきにご紹介したように、私の実務で最初に遭遇したのが、埋め込み円形基礎の振動特性です。当時、これがどうしても計算できず、悔しい思いをしました。それから50年、末尾に掲げてあるグラフは、いまの私で可能な、埋め込み円形基礎の動的剛性の計算精度を例示したものです。50年かけて、こんなものかと思うし、長くもあり、短くもありというところでしょうか。

(注1) スエーロッキング剛性係数の求め方
解析モデル：水平分布ばねによって水平方向変位が拘束された堅穴の中の剛棒

$$P_0 = k_1 x_1 + k_2 x_2 + k_3 x_3$$

$$x_1 = x_0 - H_1 \theta, \quad x_2 = x_0 - H_2 \theta, \quad x_3 = x_0 - H_3 \theta$$

$$P_0 = (k_1 + k_2 + k_3)x_0 - (k_1 H_1 + k_2 H_2 + k_3 H_3)\theta$$

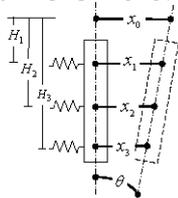
$$M_0 = -(k_1 H_1 + k_2 H_2 + k_3 H_3)x_0 + (k_1 H_1^2 + k_2 H_2^2 + k_3 H_3^2)\theta$$

$$\begin{bmatrix} P_0 \\ M_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{HH} & k_{HR} \\ k_{RH} & k_{RR} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ \theta \end{bmatrix}$$

$$k_{HH} = k_1 + k_2 + k_3$$

$$k_{HR} = k_{RH} = -(k_1 H_1 + k_2 H_2 + k_3 H_3)$$

$$k_{RR} = k_1 H_1^2 + k_2 H_2^2 + k_3 H_3^2$$



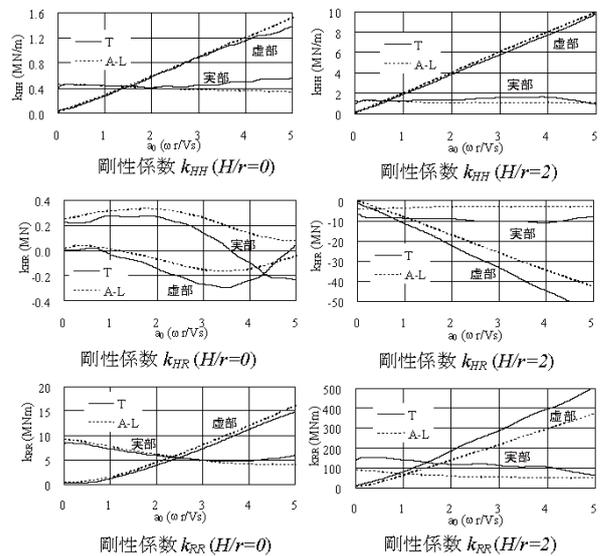
(注2) 解析モデルの作り方に2種類あり、ここでは円形基礎を水平によぎる薄層境界面内に多重リングを配置しましたが、別に、円筒側面に沿って高さ方向に水平リングを配置する方法があります。埋め込みが深くなると、後者のモデルの方が解析精度で優ってきます。

参考文献

- (文献1) R.I.AspeI and J.E.Luco, Impedance function for foundations embedded in a layered medium: an integral equation approach, EESD 15 (1987)
- (文献2) 田治見宏、埋設円形基礎の動的剛性算定のためのリング加振解の誘導、第9回日本地震工学シンポジウム(1994)
- (文献3) T. Hanazato et. al, Summary of prediction and correlation analysis in the Hualien large scale seismic tests, 12WCEE (2000)

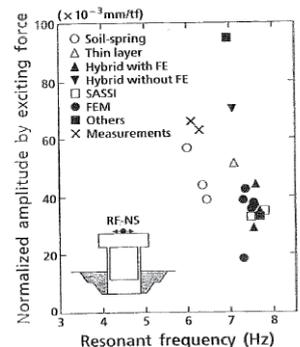
略歴

元日本大学理工学部教授
元田治見エンジニアリングサービス役員



剛性係数の比較(図中のTは田治見、A-Lは文献1)

台湾花蓮港パラインド
解析の結果(文献3)
(Thin layerが薄層法)



第9回通常総会・講演会

犬飼 伴幸／中村 英孝

●竹中工務店 ●原子力安全基盤機構

日本地震工学会の第9回通常総会及び講演会が平成21年5月21日(木)13:30～17:00、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、建築会館ホールホワイエにて懇親会が催され、会員相互の懇親が図られた。その概要について報告する。

I. 第9回通常総会講演会

通常総会に先立ち、「最近の地震被害から学ぶ」と題する講演会と論文奨励賞の授与式及び受賞者の講演が行われた。司会は事業担当の中村理事と学術理事の吉田(郁)理事が行った。

1. 講演会「最近の地震被害から学ぶ」

四川大地震は、2008年5月12日午後2時28分(現地時間)頃、中華人民共和国四川省で発生した(M7.9:USGS)。この地震による人的、物的被害は四川省と甘粛省において甚大であった。この地震の早期復旧を支援するため、土木学会、日本建築学会、地盤工学会、日本地震工学会、日本地震学会の5学会(後に日本都市計画学会と日本地理学会を加えた7学会)は、中国四川大地震復旧技術支援連絡会議(団長:濱田政則・早稲田大学教授、現日本地震工学会会長)を設立し、被害調査、復旧支援を行った。この連絡会議に参加された建築、土木、地震に関わる3名の方より2008年四川大地震の地震災害より学んだ点について講演していただいた。以下にその概要を紹介する。

(1) 2008年四川大地震の建築物被害から学ぶ

迫田丈志氏(東北大学)

成都市を起点として、綿竹市漢旺と都江堰市において組積造とRC造の被害調査を行った。RC造に関しては、応急復旧対応が便利になるように被害パターンを5種類に分類した。被害パターンをまとめると、①柱のせん断破壊、②接合部破壊、③主筋座屈を伴う柱頭部周辺の破壊、④組積造壁の破壊、⑤地盤変状に伴う被害となった。

実被災建物を例題として日本式の復旧計画の検討を行った。対象は、地上6階、地下無しのRC造ラーメン構造の集合住宅(各階面積約1000㎡、2階～6階の



写真1 迫田氏による講演

みレンガ造壁あり、1階がピロティー形式で被害は1階に集中した。)であった。応急危険度判定は、1階で損傷度V10%超(ほぼ100%)で危険判定、被災度区分判定は耐震性能残存率 $R=0$ (残留変形角1/10)で大破と判定された。復旧計画検討の準備として、建物の耐震診断を行ったところ、強度の低い建物であることが判明した。復旧案として、①立て起こしし被災前復旧(同規模の地震で倒壊の可能性あり)、②～④柱の曲げ補強等、⑤～⑥耐震壁補強、袖壁設置を検討した。

この結果をもとに、被災建築物復旧技術セミナーを開催し、復旧の具体化の可能性、その際の問題点、帰結方法等について詳細かつ実務的・具体的な意見交換がなされた。

四川大地震から1年後の状況は、新築の場合の設計震度は従来の7(日本の5強程度)を8にあげようというスローガンはみられるが、復旧は進んでいないのが現状であった。

今回の一連の対応より、限界耐力設計法の重要性が確認できた。被災前に耐震診断を実施し、的確な耐震補強を行うことで被害低減がなされることが確認できた。外国での復旧支援では、現地の諸事情に適した対応ができるような準備が必要であることを感じた。

(2) 2008年四川大地震による橋梁構造物の被害と特徴

川島一彦氏(東京工業大学)

被害概要の報告に先立ち、中国における橋梁の耐震設計基準が紹介された。1990年から支間長150m以下



写真2 川島氏による講演

のRC桁橋、PC桁橋、石造・RCアーチ橋に適用されるもので、設計地震力の設定には、重要度係数をはじめ動的増幅係数やモード刺激係数等動的要因を取り込んでいる。水平地震計係数を0.1としている地域が多く、大きな地震力を用いているとは考えにくい状況である。

被害例の一つとして、廟子坪岷江大橋の落橋が紹介された。この橋は、震源から約50kmのダム湖に架かる橋長1440mのPC連続高架橋で、2002～2005年施工された高速道路の高架橋である。地震発生時にはまだ共用されていなかった。中央付近の5径間連結部の架け違い端部の長さ50mの1径間分の桁が崩落した。調査の結果、桁の端部には落橋防止装置がなく、ほとんどのゴム製支承が損傷していた。さらに、崩落した部分の径間が崩落前に比べて69cm増大し、橋脚の基部ではフーチングから8.9mの高さに幅0.8mmの残留クラックが、また、基部から2mの範囲には多数の水平ひび割れが生じていると言われていた。

落橋の原因としては、①橋脚の応答変位が桁架かり長を超えた、②橋脚基部の塑性化に伴う残留変位、③基礎の何らかの損傷もしくは湖底の滑り等に伴う基礎の回転・移動が考えられる。原因を特定するためには精密な測量や損傷調査が必要である。



写真3 会場の様子

他の損傷橋梁の調査を併せて、被害調査のまとめとして、①被害形態としては、地震動による他、斜面崩壊・地すべり等によるものがある。②設計震度が小さいと推定されるため、耐震的対応があまり取られていない状態で、強烈な地震動を受けたと考えられる。③橋脚のじん性や曲げ耐力、部材間の固定が十分でないと考えられる橋梁があった。

これからの検討課題として、①復旧期間を考慮した設計が必要になることもある。②入力動が過大になっていくと想定外の破壊モードが発生することがあるのでその対処が必要となるなどが指摘された。



写真4 瀬瀬氏による講演

(3) 2008年四川大地震の断層モデルと強震動

瀬瀬一起氏(東京大学)

四川大地震がどのようなものであったかを評価するために、断層モデルの検討を行った。断層モデルの詳細な位置を地表地震断層調査結果と余震分布を多くのチームの調査結果を集めて検討した。

検討結果、龍門山衝上断層帯の南半分では、同断層帯を構成する3断層系のうち最も東側の灌県—安県断層系に沿って地表地震断層が、北半分では映秀—北川断層系に沿っているように見える。

断層モデルは南北2セグメント構成とし、各セグメントの幾何学形状は点震源解析結果を参考に決定した。

震源インバージョンの結果、主要なすべりは長さ250kmの間で起こっているため、断層面の幅40kmを掛けると断層面積は10000km²となる。南西側の南部セグメントでは逆断層成分が、北東側の北部セグメントでは横ずれ主体となった。どちらのセグメントにも一つずつ、すべりの大きな場所(アスペリティ)が現れ、最大すべり量は約9mである。

強震記録がまだ公開されていないため詳細は依然として不明であるが、大きな震度や最大加速度が震源域、特にアスペリティの直上で起こっているように考えられる。中国の震度階は改正メルカリ震度階に似た

12階級であるが、震度XⅡは史上いまだ与えられたことがないので、南部と北部のアスペリティの直上には事実上の最大震度である震度XⅠが現れている。したがって、甚大な被害をもたらした最大の要因としては震源域の強震動があげられる。

3件の講演終了後、会場から質問を受けた。

質問 川島先生の被疑報告にあった橋梁設計者より、耐震設計がされてないとの情報を入手したのですが、川島一彦氏(東京工業大学)より

’89年以前に設計されていれば耐震設計以外の要因で断面が決まっていることは大いに考えられる。実際に配筋量の少ないものが見受けられた。

質問 中国の震度階と日本との対応を教えてください。

瀬戸一起氏(東京大学)より

中国の震度階は12階級であるが震度XⅡは使用されない。したがって、中国の震度XⅠが日本の7に、震度Ⅸが日本の6に、震度Ⅶが日本の5強に対応すると考えられる。

2. 論文奨励賞の授与式と受賞者講演

吉田(郁)理事より、「日本地震工学会・論文奨励賞」受賞者の紹介があり、鈴木会長より山口晶氏(海外出張中のため、共著者の吉田望氏が代理)と佐々木健人氏への表彰が行われた。その後、佐々木氏より対象となった論文内容について講演が行われた。表彰論文の概要を以下に示す。



写真5 論文奨励賞の授与式(山口氏、代:吉田氏)

(1) 弱粘土地盤のせん断特性と地震時の地盤挙動の関係(第7巻 第1号、2007年2月)

山口晶氏(東北学院大学)

軟弱粘土地盤の地震時の地盤挙動を調べるためにオンライン試験を行った。対象は粘性土地盤上に岸壁

等の構造物が存在する地盤である。実験の結果、地表面の最大加速度の上限値は地盤の動的なせん断剛性とせん断剛性によって推定できることが分かった。また、粘性土地盤は地震動を繰返し受けた場合、地表面の最大加速度は大きくなり、地盤のせん断ひずみの大きさには大きな変化がないことが分かった。地震動終了後に発生する粘性土地盤の沈下によって間隙比が減少し、見かけの圧密降伏応力が増加することが確認できた。



写真6 論文奨励賞の授与式(佐々木氏)

(2) 被害発生確率を用いた耐震等級の説明の有効性(第7巻 第6号、2007年11月)

佐々木健人氏(慶応義塾大学)

住宅購入時の意思決定を支援する耐震等級の説明に関し被害発生確率を用いた説明方法が有効であることをアンケート調査により検証した。調査対象は横浜市・川崎市・東京都23区在住の持ち家志向を持つ30代・40代の市民とし、759人の有効回答を得た。調査項目は地震発生リスク認知と耐震性能の選好性に関する項目等とした。集計結果から、回答者が地震発生リスクを過大に認知していること、求める耐震性能にばらつきがあることが明らかになった。また、耐震性能の説明として震度の大きさに対する被害発生確率の提示が有効であること、耐震等級ごとの地震被害リスクとコストの情報を提供しリスクを過大視するバイアスを除去したのちも高い耐震性能を要望する傾向などが確認された。

II. 第9回通常総会議事

1. 日時：平成21年5月21日(木) 15時35分～17時00分

2. 場所：建築会館ホール

3. 出席者 (50音順)

飯場正紀、石川裕、石原研而、石原直、市村隆幸、犬飼伴幸、井上範夫、柏崎昭宏、勝俣英雄、加藤久也、金子美香、川島一彦、河邑眞、北川良和、工藤一嘉、久保哲男、栗山利男、小坂寛己、境有紀、迫田丈志、佐々木健人、佐藤清隆、澤田繁樹、志波由紀夫、神野達夫、鈴木浩平、鈴木康嗣、砂坂善雄、高田一、高橋徹、田村重四郎、藤堂正喜、東野雅彦、東畑郁生、土肥博、中村英孝、西村功、濱田政則、早山徹、日比野浩、樋渡健、福和伸夫、藤川智、古川裕紀、松田宏、翠川三郎、三輪滋、源栄正人、森伸一朗、保井美敏、安田進、吉田郁政、吉田望、渡辺孝英

(出席：54名、他に委任状出席416名)

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4月現在の正会員1166名、法人会員90社の1/3以上となる419名以上である。本日の出席者は委任状出席を含めて470名となり、総会が成立することが総務担当の勝俣理事より報告され、平成20年度通常総会の開催が宣言された。

(2) 議長指名

総務担当の勝俣理事より、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、本総会の議長を鈴木会長にお願いした。

(3) 会長挨拶

鈴木会長より、議案の審議に先立ち挨拶があった。概要は以下の通りである。

日本地震工学会は2000年の設立総会以来そろそろ10年を迎える。この間着実な発展をしてきたが、これも初代青山会長から、各会長、副会長を中心とした会員皆様のご支援ならびにご活躍の賜物であると感謝している。

今年度は大変色々なことがあった。昨年5月の四川大地震の被害調査やそれに基づく活動、最近のイタリア中部の地震を含め国内外の地震災害に対する調査など、各学会と協力しながら横断的な立場で日本地震工学会は活動してきた。

また、世界地震工学会において特別シンポジウムを開催するなど、日本地震工学会が活躍できたのは会員皆様の日頃の研究活動があったのもので、今後も更なる発展を目指すのが学会としての役割と考えている。

この総会において本年度の総括を行うが、特に今年度は将来計画検討委員会を設置し、将来の日本地震工学会のあるべき姿について議論し学会の新しい方向性を示したので、その点についてご審議願いたい。

(4) 議案の審議

(1号議案：平成20年度事業報告)

平成20年度事業内容について、勝俣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。

- ・平成20年5月に第8回通常総会を開催し、活動計画の承認を得るとともに、新会長、副会長、監事、理事などが選任された。さらに、名誉会員を推挙した。
- ・平成20年度は理事会を9回開催し、一般事務議決や本学会の運営方針について懇談した。主な課題と取り組みとして、1)第15回世界地震工学会議(15WCEE)を日本に招致するか否かを検討し、今回は招致を見送ることとした、2)IAEE(国際地震工学会)事務局の援助を継続するとともに、14WCEEに対し会員から寄付を募り本会から7,500USDを支援金として送金した、3)14WCEE展示ブースにて3セッション紹介し本会を国際的にPRした、4)第13回日本地震工学シンポジウム(13JEES)および10周年記念事業の開催に向け運営委員会を組織し活動を開始した、などが挙げられる。
- ・各委員会・部会の主な取り組みとして、1)法人化検討・将来計画検討委員会において定款の原案を検討した、2)会員部会において法人会員の特典を見直した、3)電子広報委員会においてサーバーに不安定現象が発生したため更新した、4)会誌編集委員会において会誌投稿要領を策定し掲載記事の著作権の扱いを明確にした、5)第6回年次大会を平成20年11月に仙台で開催した、6)論文集編集委員会において非会員に対する論文集の公開規程を整備した、7)研究統括委員会において緊急時のメーリングリスト・携帯電話網を整備するとともに地震災害対応活動に関する規程を改訂した、などが挙げられる。
- ・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。
- ・文部科学省や東京大学地震研究所の意見募集に対し、本会としての意見を回答した。

引き続き勝俣理事より、将来計画検討委員会の活動内容について報告があった。その中で、本学会の設

立目的、学会の現状と会員構成、事業内容、財政状況などについて確認した。これを踏まえ、本学会の将来計画として、学会を法人化し社会的信用を高めること、学会の運営組織のスリム化と事務局の強化を図ること、学会活動や研究の活性化のためには若手会員の優遇や支援が重要なこと、などを報告した。

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、以下の質疑応答があった。

質問

本来収入を上げるべき企画事業収入が少なく、また支出に対しても他の委員会に比べて委員会費や資料作成費が多いと感じるがその理由は何か。

勝保理事、鈴木新会長

一昨年が予定よりも多く収益が上がり、これをベースとして本年度の予算を立てたことが要因と考えられる。支出については、全国各地から日本地震工学会を広めるという考えがあり、地方委員に対する旅費支出の影響が大きい。本年度も種々の活動は行ってきたが結果として昨年ほど収益に結びつかなかったため、平成21年度から22年度にかけて実施される10周年事業等で挽回していきたい。

その後、1号議案について出席者に承認を諮り、承認された。

(2号議案：平成20年度収支決算報告および監査報告)

平成20年度収支決算について、会計担当の鈴木(康)理事より議案書に沿って報告された。次に、平成20年度監査報告として、工藤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21年度次期会長・副会長・監事選挙結果報告)

平成21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、次期会長として久保哲夫氏、副会長として中島正愛氏ならびに東畑郁生氏、監事として井上範夫氏が就任することになった。

次の4号議案は、次期会長による平成21年度役員を選任ということで、議長が濱田新会長に交代した。

(4号議案：平成21年度役員を選任)

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、8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、飯場正紀、倉本洋、栗田哲、境有紀、高田一、中村孝明、藤田聡、保井美敏の各氏である。

(5号議案：平成21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犬飼理事より、平成20年度役員候補推薦委員会委員8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21年度選挙管理委員会委員の選任)

平成21年度選挙管理委員会委員選任の件について、濱田会長より、日比野浩氏及び岡野創氏の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、金子美香理事及び中村孝明理事の2名を指名した旨、濱田会長より報告があった。

(7号議案：日本地震工学会規則の改定)

日本地震工学会規則の改定の件について、金子理事より、若手会員増強とともに学生会員から正会員への転格者を増やし本会会員の増強を図る施策として、学生会員の会費を6月1日より3,000円から1,000円に引き下げる旨説明があった。

続いて審議に入り、議長が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。

(8号議案：一般法人への移行計画)

一般法人への移行計画の件について、犬飼理事より、日本地震工学会は一般法人格さらには公益法人格を取得するための準備を開始すること、その活動の結果法人格を持つ日本地震工学会を設立し現在の日本地震工学会を解散すること、法人化移行に関する手続きや日程について説明があった。

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

法人化に向けて2段階の日程で法人格の取得を目指すところがあるが、本日の総会で第1段階を決定するのか。

勝保理事、濱田新会長

本日の総会で第1段階を決定するのではない。準備状況により来年の総会になるか再来年の総会になるかは定かでないが、法人格取得は2段階のステップを踏んで進めていくということである。

その後、8号議案について出席者に承認を諮り、承認された。

(9号議案：平成21年度事業計画)

平成21年度事業計画について、総務担当の犬飼理事より議案書に沿って報告された。

今年度の主要事業として、1)一般法人格の取得を目指し法人化準備委員会を設置し活動する、2)20歳代の会員数の増加を図るため学生会員の会費見直しと学生会員から正会員への転格者の会費低減を行う、3)設立理念に則した事業企画を実行する、4)研究委員会活動を活発化させ成果を内外に発信する、5)11月に東京で年次大会を開催し活発な事業活動を行う、6)設立10周年に向けた記念事業および記念式典(2011年3月末)の準備を開始する、などについて説明した。

また、各委員会・部会(法人化準備、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)の事業計画の概要とともに、他学会と共催して阪神・淡路大震災15年フォーラム(仮称)を開催すること(2010年1月18日)、第13回日本地震工学シンポジウムの実施に向けた各種準備を行うこと、について説明した。

続いて審議に入り、議長が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。

(10号議案：平成21年度収支予算案)

平成21年度収支予算案について、会計担当の佐藤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された。

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

学生会員の会費を減額しているため、会費等収入額は前期決算額よりも低くなるのではないか。また全体の会員数を現状維持としているが、計画はあくまでも見込みであって、希望的観測で予算計画を立てるものではないと考える。昨今法人会員の退会が見受けられ非常に厳しい状況であるため、最悪の事態として正会員や法人会員の減少を想定した場合、どのような対策を考えているのか。

佐藤理事、濱田新会長

学生会員の収入は、旧会費3,000円と新会費1,000円が混在する。6月1日より会費が減額されることにより新たに全体で50名の会員増と予測し、昨年度と同水準で会員数は推移するものとし計画を立てている。

万一の対策として、将来計画検討委員会の報告で説明したとおり会員数は1200名を維持し、微増ながら会員数を増やすよう活動する。法人会員の減少対策としては、丹念にお願いし会員数の現状維持を図っていききたい。また、会員数の伸び率を注意深く見守り、仮に赤字が生じるような場合には経費削減は図るなど努力するので、会員の皆様にはご協力をお願いしたい。

質問

地震工学シンポジウムに関し、寄付金収入30万円に対し支出がゼロとなっているが、収入の30万円はどのように使われるのか。

勝俣理事

前回の第12回地震工学シンポジウムでは、終了時に寄付金を受け取った。幹事学会として委員会を運営し、事務局経費として余剰金が出たため余剰金を一部頂いたと解釈している。今回は先取りという意味で、寄付金収入を見込んでいる。

その後、10号議案について出席者に承認を諮り、承認された。

議長が議案全体を通し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

学生会員の会費に関して、昨年度に入会した学部生や大学院生は、本年度以降も3,000円徴収されるのか。

金子理事、濱田新会長

会費の引き下げは本年6月1日からであり、本年度については5月までに入会された方は3,000円で、6月以降入会の方は1,000円とした。来年度以降の学生会員の会費は、既に入会された学生会員も含め1,000円に統一する。

(5) 新会長挨拶

濱田新会長より会長就任にあたり挨拶があった。概要は以下の通りである。

日本地震工学会は平成13年の設立より約8年を経過し、まもなく10周年を迎える。この間、歴代会長、副会長、理事、会員の大変なご尽力により学会事業は順調に進展し、組織や制度は整備されてきた。しかしながらその一方で、学会の財政の問題や会員数の維持など改革の必要性も多々生じている。

先ほど一般法人化計画の議案について議決してい

ただいたが、これは日本地震工学会において新しいフェーズのスタートと考えている。学会設立当初の目標、すなわち地震工学分野の横断的研究を推進することによって関連学協会のリーダー的役割を担うこと、国際的な地震工学分野において我国の代表学会であること、さらに地震災害に対して地域社会に貢献すること、これらを達成するためには法人格の取得が必要不可欠である。

学会の将来の問題については、将来計画検討委員会を通じてこれから10年のあり方を広く会員の意見を取り入れ、それをもとに広範な議論を行い実現可能なものについて実行に移したいと考えている。会長を務めるこの1年間微力を傾注したいので、皆様のご協力をお願いしたい。

(6) 閉会

勝俣理事より、本日の予定議事が終了したことを宣し、閉会を宣言した。



写真7 濱田新会長の挨拶

日本地震工学会大会2009のご案内

北山 和宏

●首都大学東京／東京都立大学

1. はじめに

2009年の日本地震工学会大会について、現在、以下のような予定のもとで準備を進めています。

2. 開催の場所と日程など

(1) 開催場所

東京・代々木の「国立オリンピック記念青少年総合センター」(東京都渋谷区代々木神園町3-1)のセンター棟(写真1)を予定しています。この施設はもともとは、1964年の東京オリンピックの際に選手村として利用するために建設されました。国立の施設のためその賃料は、都心の同種の施設と比較すると格安ですが、その反面制約も多く、論文発表用に使用する部屋や技術フェアの会場が異なるフロアに割り振られたこと、大会用の案内表示を、決められた大きさで、かつ限られた場所にしか掲示できないこと、本会以外の同センター使用者が大勢出入りすること、などをやむを得ない事情として、ご理解いただければ幸いです。しかし立地はよく、小田急線参宮橋駅(新宿駅から二駅め)から歩いて5、6分で到着します。代々木公園や明治神宮と隣接しているために、都心とは思えない緑が広がり、訪れるひとを清々しい気分にしてくれます。また、同センターを利用するひとには学生さんのような若い方々が多く、芳村学実行委員会委員長に言わせると「とても活気があっていいじゃないか」というアクティブな雰囲気です。



写真1 国立オリンピック記念青少年総合センター

(2) 開催日程

2009年11月12日(木)から14日(土)です。

(3) 投稿料

論文の投稿料は以下の通りです。

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

(4) 参加費

会員種別、会員・非会員の別によって以下のようになっています。

会 員 5,000円

学生会員 1,000円

一般の非会員 10,000円

学生の非会員 2,000円

3. おもな行事

個別の論文発表、懇親会および技術フェアをそれぞれ以下のように実施します。なお今年は昨年のような記念大会ではなく通常大会を想定しておりますので、講演会等は企画していません。ご了承下さい。

(1) 論文の募集

従来通りの分野分類を踏襲して、論文を募集いたします。応募分野の分類は以下の通りです。

a. 自然現象(地震動、地下構造、地盤、津波、歴史地震ほか)

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

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)

d. その他の特別企画(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)

オーガナイズド・セッションについては、会員の皆様からのご提案をお待ちします。その際にはテーマ名、座長案、発表題数の概数、セッション提案者名を9月26日(土)までに北山(kitak@tmu.ac.jp)までご連絡下さい。諸般の事情によってご要望にお応えできないこともあることを、どうぞご理解下さい。

なお、論文(従来通りA4サイズ2ページ)の申し込みは昨年と同様にウェブ投稿とし、その締め切りは9月26日(土)とします。具体的な投稿方法等の詳細について

は、本会のホームページをご覧ください。

(2)論文の発表

今のところ11月12日(木)午後から14日(土)午前にわたって、5会場での平行・セッションを予定しています。ただし投稿論文数等によって変更が生じる可能性をご配慮下さい。また1題あたりの発表時間(質疑応答を含む)は15分の予定です。

(3)懇親会

懇親会は大会二日目の11月13日(金)午後5時30分から7時30分まで、「国立オリンピック記念青少年総合センター」内のレストラン「とき」にて開催します。会費として会員4,000円、学生会員1,500円を予定しています。

(4)技術フェア

例年のとおり今年も、地震工学に関連する幅広い分野の企業・団体等からの出展を募り、技術フェアをセンター棟において開催します。展示小間は幅2m×奥行1.5mです。出展料は、法人会員70,000円、非会員100,000円ですが、昨年よりも値下げしました。出展申し込みの締め切りは9月30日(水)です。なお会場の都合により、出展のための会場設営は11月12日(木)の午前中となりますことをご了承下さい。地震工学に関連する多数の企業からのご参加を、お待ちしております。

4. 実行委員会について

2009年の日本地震工学会大会は、実行委員会を以下のように組織して実施いたします。

(委員長) 芳村 学

(幹事長) 北山和宏

(総務・会計・会場) 中村孝也、北山和宏

(懇親会) 和泉信之、秋田知芳

(技術フェア) 高木次郎

(WEB・論文・情報) 山村一繁、見波 進、盛川 仁、
斉藤洋文

(論文編集) 芳村 学、長島文雄、小田義也、鹿嶋
俊英、青木 繁、中林一樹、市古太郎

(理事会総務) 犬飼伴幸、中村孝明

(事務局) 鳴原 毅

このようなメンバーおよび役割分担で本大会実施に向けた裏方役に臨んでおりますが、何分にも不慣れであることは否めないため、皆様がたにはご迷惑やご不便をお掛けすることが多々あることと存じます。ご寛恕を請う次第です。

5. おわりに

日本地震工学会大会は、土木・建築・機械・地震・地盤・防災等々の異なる分野の研究者や実務者が一年に一度、一堂に会する貴重な場を提供します。日本地震工学会のそもそもの設立趣旨は、地震工学に携わる者を分野横断的に束ねてその英知を結集し、もって人類の安定居住と幸福とを実現する、ということだったと私は理解しています。たった一回の地震が、平和に暮らしていた民草を絶望の深淵に突き落とす、という悲惨な経験は、数限りなく繰り返されていますから。

自戒の念も込めているのですが、ともすれば自分の専門分野という狭いSocietyに籠りがちである研究者が、本大会の一冊の論文集を手に掲げて、未知の分野の研究セッションをフラッと覗いてみる、というのも一興かと存じます。専門分野内で濃密な議論をたかかわせることは当然ですが、上述のような場(地震工学をキーワードとした異分野交流の場、と言ってもよいでしょう)として、本大会にご参加いただくのが、肩肘張らなくてよいのではないのでしょうか。そのような異分野からの情報によって知的刺激を受けて、今まで眠っていた脳内のフィールドが活性化されること請け合いです。その結果として、考えたこともなかったようなアイデアが、天啓のごとく沸き上がるかも知れません。

なお以上の案内は、2009年6月15日現在での情報に基づいています。これらは、今後の実行委員会内での議論や、会場側の要請によって変更されることもありますので、ご注意下さい。変更等は随時、本会のホームページに掲載いたしますので、そちらをご参照いただければ幸いです。

それでは皆さん、11月の日本地震工学会大会でお会いいたしましょう。

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報告

東畑 郁生

●東京大学

1. はじめに

構造物の設計思想は、従来の許容応力度と安全率に基づくものから性能設計思想に移り変わる傾向にある。その裏には、大きな荷重が作用した場合にも構造物の挙動を把握して安全性を確保するとともに、現象がはっきり把握できないために、やむを得ず過大な安全性を設定して費用を無駄遣いすることを回避したい、という願望がある。このような事情は耐震設計の分野において特に顕著である。それは、近年の安全への要求が高まって設計地震力が大きくなる一方で材料の強度を増やすことが難しく、1以上の安全率を確保することがあまりに高価につくことが理由である。

性能設計の思想は、強い地震力を設計に取り込むときに有用である。地震時の性能とは、地盤構造物では残留変形のことと考えられているが、これをある程度正確に推定し、それが許容値（限界状態）を下回れば、設計が許容される。

このような考え方には課題が二つある。一つは、多くの場合、地震時性能の許容値が定性的にしか規定されていないことである。残留変形で何センチまで許容するのか、判断があやふやである。二つ目は、近年のコスト意識、納税者意識の高まりの中で事業の正当性が国民の理解を勝ち得なければならないにもかかわらず、耐震性能や限界状態という概念が一般国民に理解しづらいことである。技術者用語は財政当局者にとっても理解しにくい。このような課題の解決において、ライフサイクルコスト（以下、LCCと略記）の考え方が有益ではないか、と考えている。

2. ライフサイクルコストの試算例

LCCの考え方は、鋼やコンクリート構造の分野において以前から試行され、土構造物はその後塵を拝してきた。その理由として、LCCの根幹にある確率あるいは信頼性の考え方が、自然の産物である土には適用しにくかったことがあるのであろう。しかし他方では地震荷重の増大と材料強度の限界の問題は土において特に深刻であり、性能設計やLCC思想の推進をこれ以上遅らせるわけにはいかない、とも考えられた。そこで数々の困難があることは覚悟の上で、LCC思

想を実際の構造物に適用して試設計に挑戦した。

設計対象として具体的に想定したのは、軟弱地盤上の高速道路盛土である（図1）。この盛土は河川を横断する橋梁の取り付け部にあたり、基礎の粘性土層のせん断強度が低いために、大地震時にせん断破壊と道路面の陥没が起これ、橋梁との間に車両が通行できないほどの段差が生じうる。そのようにして長期にわたり高速道路が通行できなくなるのを防ぐため、基礎の軟弱粘土層の地盤改良が計画されている。改良手法の候補には締固め砂杭工法SCPと深層混合工法DJMの二通りがあり、それぞれに改良範囲や改良率の選択肢が多い。そこで最良の地盤改良選択肢を決定する手段として、LCCの計算を試してみた。

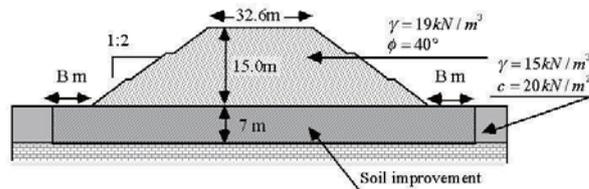


図1 LCC試算の対象とした高速道路盛土の形状

本研究でいうLCCとは、初期の建設コスト C_i 、完成後の維持管理コスト C_m 、災害時の被害額（被害コスト） C_e を合算した値である。

$$LCC = C_i + C_m + C_e \quad (1)$$

種々の建設オプションによって各コストの額は変化するが、その中でトータルのLCCを最小にするオプションが最適な選択肢である。物事をすべて金額に換算して最小化を図るので、コスト意識の強い現代社会においては、ある程度の説得力を持つ論理である。その概念を図2に示すが、初期建設の費用と質をほどほどにすることにより、高価かつ過剰な安全性を回避することができ、かつ安かろう悪かろうの事態も防止でき、と考えられている。

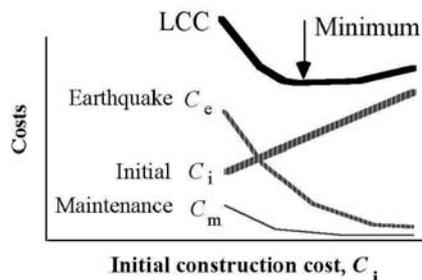


図2 LCC最小化の概念

3. LCCの計算

具体的な計算過程で、次のような課題に遭遇した。

(1) 地震荷重の考え方

入力地震動を確率変動する加速度時刻歴で規定し、ニューマークの剛体滑り法で盛土の沈下を計算した。

(2) 人身被害の金銭換算

不謹慎な作業ではあるが、図1で自動車が段差に衝突したときの人命損失を金額に換算する作業が、被害コストの算定に不可欠であった。従来の交通事故の補償などの分野では将来逸失利益の考え方に基づき、人命一人当たり3000万円程度の評価をしている例が多い。しかしこのような低額は一般の感覚に合わない。そこで諸外国の実態を調べ、一人当たりGDP(価値創出)の額を平均余命に掛け合わせたり、事故を避けるために家計から支出しても良いと思われる金額を命の価値とする考え方willing to payを見出した。本研究ではこれらを参考に、2億円を命の値段の上限とした。

(3) 土構造物の寿命(ライフ)は何年か

コンクリートや鋼構造であれば、材料劣化から構造物の寿命が決まる。しかし土構造物は材料が劣化しないため、寿命が決めにくく、その間の大地震のリスクも判断できない。本研究では構造物の社会使命が尽きるまでの年数として80年を寿命と想定した。

(4) 間接被害すなわち経済損失の算定

これがもっとも困難な作業であった。大地震による経済損失総額の予想は、各地で行なわれている。しかし本研究で算定するのは、特定の高速道路区間が不通になることによる地域や国家経済への悪影響である。このような個別算定の手法は見つからないばかりか、当該地方の産業停止によって顧客が他地方へ流れ、そちらの経済が潤うプラスの状況も起こりうる。すると経済損失はゼロという結論も考えられるが、それは空想的な状況であり、現実には経済損失は莫大と考えたい。そこで、人々が高速道路を利用する動機は移動時間の節約にあると考え、高速道路が不通になって移動時間が延びた分を時給を使って金額換算し、これを経済損失と見なすことにした。

図3は、盛土沈下Sと各種コストの関係である。Sが大きいほど復旧に時間を要し、損失は増加する。中でもextra travelと名づけた経済損失の額が甚だ巨額である。これらコストを合算したLCCを地盤改良コストに対してプロットした(図4)。三つの橋梁で深層混合と固化に20億円ほど費やすとLCCは最小値になり、それ以上の地盤改良は過大設計になることがわかる。また従来の安全率>1に基づく方法は、想定以上の地震が発生したときの経済被害が大きく、最適解にならないこともわかった。

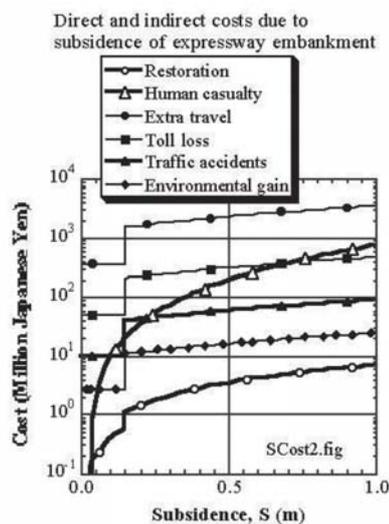


図3 各種被害コストと路面沈下量との関係

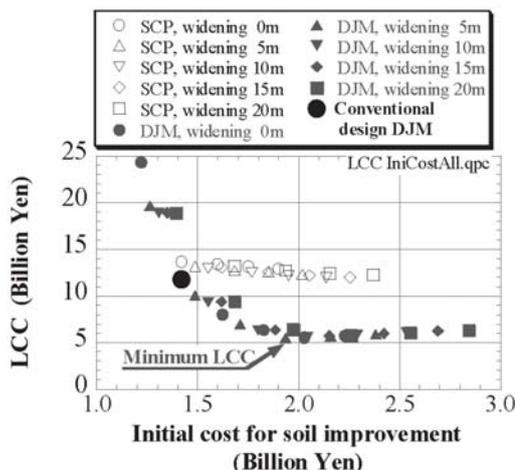


図4 初期地盤改良コストとLCCの関係

4. まとめ

LCCの計算が土構造物に対しても可能であることが試算によって示された。本研究はNEDOの財政支援によって実施され、海外ワークショップ開催によって技術の進むべき方向を国際的に示すことができた。関係各位のご支援ご協力を感謝いたします。

リモートセンシング技術を用いた災害軽減に関する 研究委員会報告

山崎 文雄

●千葉大学

1. 委員会の設置目的と概要

近年におけるリモートセンシング技術の発展は著しいものがあり、地震や津波などの大規模災害が発生した場合の被害情報の収集手段や、平常時の空間データの取得手段として、有効性が示されつつある。とくに近年打ち上げられた商業用の高解像度光学センサ衛星 (Ikonos, QuickBirdなど) や合成開口レーダ衛星 (Envisat/ASAR, ALOS/PALSARなど) は、2003年イラン・バム地震、2004年新潟県中越地震、2004年スマトラ島沖地震津波、2006年ジャワ島中部地震などの災害において、迅速かつ明瞭に被害の状況を捉え、災害救援や応急復旧・復興などに極めて重要な情報を提供した。また、これらのリモートセンシングデータは、3次元都市モデルの構築などのリスク評価におけるデータ整備においても利用され始めた。

このようなリモートセンシングの災害軽減への利用に関して、本研究委員会のメンバーは、以前よりそれぞれ独自に研究を行うとともに、米国地震工学会 (EERI) や米国多領域地震工学研究センター (MCEER) などと協力して、同分野の国際ワークショップを2005年までに計3回開催してきた。また、第4回目以降の国際ワークショップに関しても、本研究委員会のメンバーが多数出席する予定である。

このような背景より、これまでの研究をより統合した形で発展させ、国際的な協力体制を築き上げるために、日本地震工学会の研究委員会として申請した。

活動期間は、2006年9月1日から2009年3月31日までの2年半で、委員会は、山崎文雄 (千葉大学、委員長)、翠川三郎 (東京工業大学、副委員長)、松岡昌志 (産業技術総合研究所、幹事)、清野純史 (京都大学)、越村俊一 (東北大学)、庄司学 (筑波大学)、高島正典 (富士常葉大学)、中井正一 (千葉大学)、能島暢呂 (岐阜大学)、丸山喜久 (千葉大学)、三浦弘之 (東京工業大学)、村尾修 (筑波大学) のメンバーから構成された。

2. 研究会活動

本研究委員会では活動期間内に、計8回の研究会を開催した。各回においては、委員会メンバー等による話題提供を行うとともに、委員会活動に関する様々な

審議を行った。話題提供は以下の内容で行われ、発表資料は、以下のJAEEホームページに掲載している。

<http://www.jaee.gr.jp/research/res08/res08.html>

第1回委員会 (2007.3.2) 合成開口レーダ (SAR) による地震被害把握 (松岡) / リモートセンシング技術による建物インベントリと地震被害想定 (三浦)

第2回委員会 (2007.6.26) 津波数値シミュレーションとリモートセンシングとの融合 (越村) / Remotely sensed monitoring tsunami-affected areas: Banda Aceh case (Thuy T. Vu) / GEO Grid について (松岡)

第3回委員会 (2007.9.4) 震災復興デジタルアーカイブとしてのChi-Chi City on Google Earthの構築 (村尾) / QuickBird画像と航空写真による移動体の速度検出 (山崎, Liu Wen) / 中越沖地震における原子力発電所の被害 (中井)

第4回委員会 (2007.12.12) 2004年インド洋大津波による橋梁構造物の被災 (庄司) / DMSPを用いたハリケーンカトリナ被災地の復興状況のモニタリング (高島) / PALSARおよびASTERデータによる2007年ペルー沖地震の被害地域抽出 (松岡)

第5回委員会 (2008.3.10) アナログ航空写真とデジタル航空写真を用いた新潟県中越地震における高速道路被害抽出結果の比較 (丸山) / 都市域におけるTerraSAR-X画像の特徴とQuickBird画像との比較 (三浦) / GEO Gridの開発状況 (松岡)

第6回委員会 (2008.6.9) 産総研における中国・四川大地震での解析結果 (松岡) / 中国四川省地震での被災地におけるTerraSAR-X画像の特徴 (三浦) / Damage Detection of the 2008 Sichuan, China, Earthquake using ALOS/AVNIR-2 Images (Liu Wen, 山崎)

第7回委員会 (2008.9.8) Multi-Scale Approach Assess the Impact of Major Tsunami Disaster (越村) / 中国四川省地震による岩石流 (山崎)

第8回委員会 (2009.1.29) 震度情報とリモートセンシング情報の統合処理 (能島) / 分光観測に基づく光学センサ画像の影補正 (山崎)

3. 国際ワークショップ

リモートセンシングの災害軽減への利用に関して、

本研究委員会のメンバーは、米国地震工学会(EERI)や米国多領域地震工学研究センター(MCEER)などと協力して、同分野の国際ワークショップを2003年より毎年継続して開催してきた。これまでに開催された計6回の国際ワークショップは以下の通りである。

第1回国際WS (Sept. 13, 2003, Irvine, USA)

第2回国際WS (Oct. 7-8, 2004, Newport Beach, USA)

第3回国際WS (Sept. 12-13, 2005, Chiba, Japan)

第4回国際WS (Sept. 25-26, 2006, Cambridge, UK)

第5回国際WS (Sept. 10-12, 2007, Washington DC, USA)

第6回国際WS (Sept. 11-12, 2008, Pavia, Italy)

各国際ワークショップの発表論文や発表資料は、JAEEのホームページにリンクしているので参照されたい。以下の写真は第6回WSの様子である。



4. リモートセンシングデータの購入・共有

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

2006年度：津波復興状況のモニタリングと建物オブジェクト抽出アルゴリズムの検討；QuickBirdパンプンデータ；地域：インドネシア・バンドアチェ；時期：2005年8月6日、2006年5月16日

2007年度：都市のリスク情報の把握；QuickBirdパンプンデータ；地域：東京都中心部；時期：2007年3月20日

2008年度：リスク評価のためのベースマップ (DSMとオルソ画像の作成)；ALOS/PRISM 2方向視データ；地域：千葉市の一部、横浜市の一部、奥尻島、タイ・カオラック、タイ・プーケット、バレー・ピスコ、能登半島；時期：2006年12月28日、2007年1月14日、2007年8月25日、2008年4月19日、2007年12月3日、2007年4月24日、2007年9月11日

5. オーガナイズ・セッションの開催

本研究委員会の成果報告の1つの場として、日本地震工学会の2008年研究発表会において、オーガナイズドセッションを実施した。

日時：2008年11月5日9:30～13:00

セッション名：リモートセンシングによる災害把握

座長：山崎文雄、三浦弘之

このオーガナイズドセッションでは、人工衛星画像などのリモートセンシングデータによる災害把握に関する計10編の発表が行われた。対象となった災害は、2008年中国四川地震、2008年岩手・宮城内陸地震などの近年の地震だけでなく、インド洋における津波、豪雨による洪水など多岐に渡り、光学センサ画像、合成開口レーダ、夜間可視画像など様々なデータを用いた検討結果が発表された。災害前後の画像による被害検知技術、推定された被害に基づく被害関数の構築、災害後の再建状況のモニタリング手法などについて活発な議論が行われた。会場の参加者は約20名であった。

6. まとめ

本報告では、2006年9月から2009年3月までの2年半の期間、日本地震工学会の中に設置された「リモートセンシング技術を用いた災害軽減に関する研究委員会」の活動内容とその成果についてまとめた。この分野における技術的な進歩は著しく、とくに人工衛星に搭載された新しいセンサによる災害前後の画像が、次々に得られるようになった。これらを災害リスクの評価や緊急対応にいかにも利用できるようにするかが、研究者に科せられた大きな課題である。

本研究委員会では、12人のメンバーが集まって、研究の方向性を議論し、情報交換を密に行った。また、米国や欧州の同分野の研究者・実務者と一緒に、毎年、リモートセンシング技術の防災への利用に関する国際ワークショップを行ってきた。

本委員会は、2009年3月をもって終了したが、新たなメンバーを加えて、「災害リモートセンシング技術の標準化と高度化に関する研究委員会」として再発足する。また、これまでの活動成果を論文として収めるとともに、関連する研究論文を広く公募し、地震工学の分野にリモートセンシング技術を浸透されるべく地震工学会論文集特集号としての企画を進めている。さらに、国際ワークショップも2009年は10月に米国テキサス州で開催予定である。この関連の研究分野の更なる発展を期待し、防災実務に役に立つ技術の開発とその検証を、今後とも続けていきたいと考えている。



会員・役員・委員会の状況

(1) 会員の異動

会員種別	2008.12月末 会員数	2009年1月から2009年6月							
		入会者	学→正	正→名誉	退会者	除名者	除名復帰	異動計	現在総数
名誉会員	16							0	16
正会員	1195	23	6		54	18	3	-40	1155
学生会員	92	13	6		5	15		-13	79
法人会員	96	2			8			-6	90

(2009年6月4日理事会承認)

新入会員氏名

- 正会員：越村 俊一 (東北大学) 坂田 弘安 (東京工業大学)
 菊地 優 (北海道大学) 川口 淳 (三重大学)
 最知 正芳 (東北工業大学) 曲 華 (有古居構造設計事務所)
 伊東 淳 (早稲田大学インキュベーション・セーバース(株)) 齋藤 泰 (国土交通省国土技術政策総合研究所)
 坂井 公俊 (助鉄道総合技術研究所) 山本 英和 (岩手大学)
 丸山 収 (東京都市大学) 市古 太郎 (首都大学東京)
 桜井 朋樹 (株IHI) 皆川 佳祐 (東京電機大学)
 中村 孝明 (株篠塚研究所) 泉 洋輔 (呉工業高等専門学校)
 佐藤 基廣 (株クロスファクトリー) 和仁 晋哉 (中央復建コンサルタンツ(株))
 大谷 章仁 (株IHI) 林 宏一 (応用地質(株))
 前川 晃 (株原子力安全システム研究所) 須田 達 (立命館大学)
 諏訪田晴彦 ((独)建築研究所)
- 学生会員：星 幸男 (工学院大学) 掛橋 朋之 (早稲田大学)
 小川 修一 (慶應義塾大学) 加藤 一紀 (早稲田大学)
 大澤 修一 (早稲田大学) 中谷 史規 (早稲田大学)
 柿崎実沙子 (早稲田大学) 廣江亜紀子 (早稲田大学)
 谷 賢俊 (早稲田大学) 横飛 雅俊 (早稲田大学)
 森谷啓一郎 (早稲田大学) TSAMBA (東北大学)
 今中 涼平 (早稲田大学) TSOGEREL
- 法人会員：日本専門図書出版 株式会社 (C級)
 株式会社 日本構造橋梁研究所 (C級)

※各会員種別内は入会順です。(2009年1月～2009年6月4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

【A級】

(建設)

株式会社大林組
株式会社熊谷組
株式会社竹中工務店
戸田建設株式会社
大和小田急建設株式会社
(設計・コンサルタント)
株式会社阪神コンサルタンツ
(電気・ガス・鉄道・道路)
四国電力株式会社
中部電力株式会社
電源開発株式会社
東日本高速道路株式会社
(各種団体)
社団法人静岡県建築設計事務所協会
社団法人日本建築学会
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
株式会社奥村組
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ト
(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
社団法人プレハブ建築協会
(建材・システムなど)

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
(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
株式会社日本構造橋梁研究所

ビューローベリタスジャパン株式会社
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
社団法人日本クレーン協会
社団法人日本建築構造技術者協会
財団法人日本建築設備・昇降機センター
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
サンシステムサプライ株式会社
日本専門図書出版株式会社

(4) 平成21年度役員一覧

会 長	濱田 政則	(早稲田大学理工学術院 教授)
次期会長	*久保 哲夫	(東京大学大学院工学系研究科 教授)
副会長	武村 雅之	(鹿島建設(株)小堀研究室 プリシパル・リサーチャー)
副会長	吉田 望	(東北学院大学工学部 教授)
副会長	*中島 正愛	(京都大学防災研究所 教授)
副会長	*東畑 郁生	(東京大学大学院 教授)
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)	*中村 孝明	(㈱篠塚研究所 主席研究員)
理事(総務会計)	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(会計)	*高田 一	(横浜国立大学大学院 教授)
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(会員)	*保井 美敏	(戸田建設(株)技術研究所地盤震動プロジェクトチーム 主管)
理事(学術)	*栗田 哲	(東京理科大学工学部第一部 教授)
理事(学術)	*藤田 聡	(東京電機大学工学部 教授)
理事(情報)	*境 有紀	(筑波大学大学院 准教授)
理事(情報)	大堀 道広	(海洋研究開発機構地震津波・防災プロジェクト 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 調査役)
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(事業)	*倉本 洋	(大阪大学大学院 教授)
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)
理事(調査研究)	*飯場 正紀	((独)建築研究所構造研究グループ 上席研究員)
監 事	高田 至郎	(テヘラン大学・工学カレッジ・土木工学部・アジャクト教授)
監 事	*井上 範夫	(東北大学大学院 教授)

*印新任：平成21年6月1日～平成23年5月31日（2年）

(5) 平成21年度委員会および委員長一覧

選挙管理委員会	委員長	金子美香(理事・清水建設)
役員候補推薦委員会	委員長	犬飼伴幸(理事・竹中工務店)
法人化準備委員会	委員長	佐藤清隆(理事・電力中央研究所)
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	境 有紀(理事・筑波大学)
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	芳村 学(理事・首都大学東京)
国際委員会	委員長	藤田 聡(理事・東京電機大学)
論文集編集委員会	委員長	栗田 哲(理事・東京理科大学)
研究統括委員会	委員長	東畑郁生(副会長・東京大学)
地震災害対応委員会(常設)	委員長	中埜良昭(東京大学)
10周年記念事業運営委員会	委員長	福和伸夫(理事・名古屋大学)
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員会	委員長	松富英夫(秋田大学)
原子力発電所の地震安全問題に関する調査研究委員会	委員長	亀田弘行(京都大学名誉教授)
微動利用技術研究委員会	委員長	森伸一郎(愛媛大学)



行事

本会主催による実施行事

2009年1月1日～6月30日

日程	行事名	
2009年1月22日	「E-ディフェンス首都直下地震防災・減災実験見学会」	主催
2009年2月27日	セミナー「実務で使う地盤の地震応答解析」開催	主催
2009年3月5日	「E-ディフェンス実大5層制振構造建物実験見学会」	主催
2009年3月11日	セミナー「地盤構造物におけるライフサイクルコスト戦略」開催	主催
2009年4月14日	セミナー「構造物の地震リスクマネジメント」	主催

共催・後援・協賛した行事

2009年1月1日～6月30日

日程	行事名	
2009年1月15日	地震防災フォーラム08－文化遺産を地震から守る－	協賛
2009年2月5日	第8回国土セフティネットシンポジウム－本格運用から一年たった緊急地震速報－	共催
2009年2月5日～6日	第13回「震災対策技術展」/「自然災害技術展」横浜	後援
2009年2月6日	震災予防協会 第28回講演会開催「内陸直下地震と火山」	後援
2009年3月1日	学生支援GP連携・防災シンポジウム「いのち・つなぐ・ちから：大学発！過去の災害から学ぶ、地域の防災を高めよう！」	後援
2009年3月4日～6日	各種災害リスク低減のためのシンポジウム	後援
2009年3月9日	講習会「最新の地盤震動研究を活かした地震波形の作成法」	後援
2009年3月12日	第10回地震災害マネジメントセミナー「地震災害対応におけるリモートセンシング・テクノロジーの活用」	後援
2009年4月21日	金井清先生追悼シンポジウム「地震動研究のこれまでとこれから」	後援
2009年4月24日～25日	第1回「震災対策技術展/自然災害対策技術展」静岡	後援
2009年5月1日	イタリア・ラクイラ地震調査団合同報告会	共催
2009年6月4日～5日	第3回「地域防災防犯展」大阪	後援
2009年6月9日～11日	理論応用力学講演会(第58回)開催	共催
2009年6月13日	平成20年度岩手・宮城内陸地震の被害調査結果に関する報告会	後援
2009年6月18日	活断層の情報を建築設計やまちづくりにどう活かすか	協賛

今後の行事予定

2009年7月現在

日程	行事名	
2009年7月14日	「災害派遣の現場から学ぶリスクマネジメント講座」(自衛隊見学会)	主催
2009年7月30日	講習会「構造解析のための有限要素法入門－ひとり一台のパソコンによる演習付－	協賛
2009年9月5日	「我が家の地震と水害から守る」無料講演会	後援
2009年9月16日～18日	創立15周年記念事業 国際シンポジウム「持続的社会のための地震応答制御建築物に関する国際シンポジウム」	後援
2009年9月19日	2009年度計算力学技術者(CAE技術者)認定事業	協賛
2009年10月12日～14日	第9回SEGJ国際シンポジウム「ImagingandInterpretation-ScienceandTechnologyforSustainableDevelopment-」	協賛
2009年11月7日	新潟県中越沖地震2周年シンポジウム	後援



会務報告

(平成21年1月～平成21年6月)

01月06日(火)	・事務所仕事初 ・研究統括委員会兼地震災害対応委員会開催 中埜委員長、三輪理事、翠川理事 (於 建築会館306会議室 10時00分～11時40分)
01月07日(水)	・世界地震工学会 (IAEE) 日本代表を、鈴木会長名により元副会長 川島一彦氏 (東京工業大学教授) に就任依頼状発信→同承諾返信受領 (1月19日)
01月15日(木)	・JAEE NEWS No.179 配信
01月22日(木)	・総務部会開催 濱田次期会長、勝保総務理事、犬飼総務理事、鈴木総務理事 (於 建築会館305会議室 17時00分～18時40分) ・会計税理士 (涌井税務会計事務所) 12月定期監査実施 (於 本会事務所13時00分～17時00分) ・会誌編集委員会打合せ 志波理事・委員長他 (於 建築会館305会議室 19時00分～20時00分) ・本会主催「E-ディフェンス首都直下地震防災・減災実験見学会」実施 会場：独立行政法人防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センター 13時30分～17時00分 (事業企画委員会企画) 参加者27名 ・世界地震工学会 (IAEE) 小谷俊介理事、同芳村学事務局長あて、鈴木会長名書簡により、同日本代表として元副会長 川島一彦氏 (東京工業大学教授) の就任を報告
01月26日(月)	・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開催 小長井委員長他7名 (うち、オブザーバ2名) (於 東京大学生産技術研究所AN棟405会議室 10時00分～12時00分)
01月28日(水)	・日本地震工学シンポジウム運営委員会・準備会 (第3回) 開催 和田章委員長 (東京工業大学教授)、鈴木会長、濱田次期会長、福和理事、勝保理事他 (於 建築会館305会議室 10時00分～12時00分)
01月29日(木)	・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開催 山崎委員長他 (於 産業技術総合研究所秋葉原事業所 東 (第1) 会議室15時00分～17時30分)
01年31日(土)	・日本地震工学会会誌第9号発行 (平成21年1月31日) ・研究統括委員会兼地震災害対応委員会開催 中埜委員長、三輪理事、翠川理事 (於 本会事務所 18時00分～20時00分)
02月02日(月)	・論文集第9巻第1号発刊 ・論文集第9巻第2号 特集号「情報共有による減災対策」発刊 ・JAEE NEWS No.180 配信
02月05日(木)	・将来計画検討委員会 (第4回) 開催 鈴木会長 (委員長)、濱田次期会長、総務理事他 (於 建築会館202会議室 15時00分～17時00分) ・第74回理事会開催 鈴木会長、濱田次期会長他 (於 建築会館202会議室 17時00分～19時30分) ・事業企画委員会開催 中村理事・委員長他 (於 建築会館306会議室 15時00分～18時00分) ・後援 第13回「震災対策技術展/自然災害対策技術展」横浜開催
02月16日(月)	・JAEE NEWS No.181 配信
02月23日(月)	・知的財産政策検討のためのアンケート調査受領 日本学術会議会長 翠川理事 (研究統括委員会担当) にて回答 (3月6日) ・セミナー「実務で使う地盤の地震応答解析」開催 講師 副会長吉田望教授 (東北学院大学) 挨拶 中村理事・事業企画委員会委員長 (於 建築会館ホール10時00分～17時00分) 参加者120名
02月24日(火)	・第1回微動利用技術研究委員会開催 森伸一郎委員長 (愛媛大学准教授) 他20名出席 (於 建築会館301会議室 10時00分～13時00分) ・正会員会費銀行自動引落とし登録者に会費引落とし予告通知 (メール) (414名)
02月27日(金)	・正会員会費自動引落としデータ発送→三菱総研DCS(株) (409件/3/27実施)
03月02日(月)	・JAEE NEWS No.182 配信 ・来期「次期会長」「副会長」「監事」選挙の投票用紙発送 正会員1,180名 (3月2日時点、会費納入正会員 (名誉会員含む) 投票締切 3月19日(木)当日消印有効)
03月03日(火)	・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開催 小長井委員長他7名 (うち、オブザーバ2名) (於 東京大学生産技術研究所B棟302会議室 10時00分～12時00分)
03月05日(木)	・本会主催「E-ディフェンス実大5層制振構造建物実験見学会」実施 会場：独立行政法人防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センター 14時30分～17時00分 (事業企画委員会企画) 参加者23名
03月09日(月)	・2009年度日本地震工学会大会実行委員会委員による会場視察 代々木青少年総合センター (センター棟) 芳村理事・大会実行委員会委員長、北村委員他 鳴原事務局 10時30分～12時00分 ・国際委員会開催 笠井理事・委員長、芳村理事、川島委員他 (於 本会事務所 13時00分～15時00分)
03月11日(水)	・臨時 JAEE NEWS 配信 (来期「次期会長」「副会長」「監事」選挙投票案内) ・セミナー「地盤構造物におけるライフサイクルコスト戦略」開催 土構造物におけるライフサイクルコスト戦略研究委員会主催 東畑郁生委員長 (東京大学教授) 講師 西村伸一委員 (岡山大学) 他 (於 京都大学吉田キャンパス 百周年記念時計台ホール 13時00分～17時00分) 参加無料 参加者30名

03月12日(木)	<ul style="list-style-type: none"> ・会長・副会長会議開催 鈴木会長、濱田次期会長、鈴木(祥)副会長、西谷副会長、吉田副会長、武村副会長、総務理事他(於 建築会館301会議室 16時00分～17時00分) ・第75回理事会開催 鈴木会長、濱田次期会長他(於 建築会館301会議室 17時00分～19時30分)
03月16日(月)	<ul style="list-style-type: none"> ・JAEE NEWS No.183 配信 ・第1回日本地震工学シンポジウム運営委員会開催 濱田次期会長、和田委員長各学協会推薦委員(於 建築会館301会議室 10時00分～12時30分)
03月18日(水)	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力発電所の地震安全問題に関する調査研究委員会(地震安全特別専門委員会 地震動分科会)開催 出席 亀田弘行委員長、中村事業理事他(於 JNES本館4F A会議室 15時00分～18時00分)
03月23日(月)	<ul style="list-style-type: none"> ・芳村理事(大会実行委員会委員長)、嶋原事務局長 大会、その他に関する事務的打合せ(於 本会事務所 10時00分～11時40分) ・津波災害の実務的な軽減方策に関する研究委員会開催 松富委員長他(於 建築会館307会議室 13時30分～17時00分) ・次期会長・副会長・監事選挙当日消印日(3月23日受領、日付有効数:519件)
03月26日(木)	<ul style="list-style-type: none"> ・会計税理士(涌井税理会計事務所)1月・2月 定期監査実施(於 本会事務所10時30分～15時00分) ・選挙管理委員会開催 金子理事・委員長他(於 建築会館306会議室 14時00分～16時00分) ・臨時総務部会開催 勝俣理事、犬飼理事、鈴木理事(於 建築会館306会議室 16時00分～18時00分)
03月30日(月)	<ul style="list-style-type: none"> ・会誌編集委員会開催 志波理事・委員長、上半幹事他(於 建築会館307会議室 15時00分～17時30分)
04月01日(水)	<ul style="list-style-type: none"> ・JAEE NEWS No.184 配信
04月02日(木)	<ul style="list-style-type: none"> ・将来問題検討委員会・法人化検討委員会合同委員会(於 建築会館301会議室 15時00分～17時00分) ・拡大正副会長 鈴木会長 濱田次期会長、武村副会長、吉田副会長、鈴木祥之副会長、勝俣総務理事、犬飼総務理事、鈴木会計理事、佐藤会計理事、(於 建築会館306会議室 17時00分～20時00分)
04月06日(月)	<ul style="list-style-type: none"> ・イタリア・中部ラクイラ地震発生
04月07日(火)	<ul style="list-style-type: none"> ・次期濱田会長よりイタリア・中部ラクイラ地震発生に伴う本会対応指示 三輪理事、地震災害対応委員会他
04月10日(金)	<ul style="list-style-type: none"> ・地震災害対応委員会調査団結成と派遣について、土木学会、日本建築学会と連携推進 本会より青木孝義准教授(名古屋市立大学)を団員派遣に決定 ・イタリア・ラクイラ地震に関する合同調査団最終決定及び報道機関へ情報発信 (1) 調査団合同学会(4学会):日本地震工学会・(社)土木学会・(社)地盤工学会・(社)日本建築学会 (2) 調査団構成:団長 川島一彦(東京工業大学 教授) 本会団員 青木孝義(名古屋市立大学准教授)他7名各団体より構成 (3) 調査行程:平成21年4月18日～
04月13日(月)	<ul style="list-style-type: none"> ・会計税理士(涌井税理会計事務所)3月定期監査実施及び決算作業(於 本会事務所10時30分～15時00分)
04月14日(火)	<ul style="list-style-type: none"> ・セミナー「建造物の地震リスクマネジメント」開催 講師 神田 順(東京大学教授)中村孝明(篠塚研究所)(於 建築会館ホール 13時00分～16時30分)参加者86名
04月15日(水)	<ul style="list-style-type: none"> ・JAEE NEWS No.185 配信
04月16日(木)	<ul style="list-style-type: none"> ・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開催 小長井委員長他(於 東京大学生産技術研究所B棟3階 Bw302号室 10時00分～12時00分) ・会長・副会長会議開催 鈴木会長、濱田次期会長、鈴木(祥)副会長、西谷副会長、吉田副会長、武村副会長、総務理事他(於 建築会館301会議室 16時00分～17時00分) ・第76回理事会開催 鈴木会長、濱田次期会長他(於 建築会館301会議室 17時00分～19時30分) ・会誌編集委員会開催 志波・理事委員長、青木幹事他(於 建築会館308会議室 15時00分～17時30分)
04月18日(土)	<ul style="list-style-type: none"> ・イタリア・ラクイラ地震に関する合同調査団派遣 (1) 調査団合同学会(4学会):日本地震工学会・(社)土木学会・(社)地盤工学会・(社)日本建築学会 (2) 調査団構成:団長 川島一彦(東京工業大学 教授) 本会団員 青木孝義(名古屋市立大学准教授)他7名各団体より構成 (3) 調査行程:平成21年4月18日～4月23日(予定)
04月21日(火)	<ul style="list-style-type: none"> ・第13回日本地震工学シンポジウム運営委員会総務部会(第1回)開催 倉本幹事、福和委員、勝俣委員他(於 建築会館306会議室 10時30分～12時30分) ・事業企画委員会開催 中村理事・委員長、青木幹事他(於 建築会館307会議室 15時00分～18時00分)
04月22日(水)	<ul style="list-style-type: none"> ・平成20年度監事監査会 監査議案:平成20年度事業報告及び収支決算書報告、出席:工藤監事、高田監事 役員:鈴木総務・会計理事、佐藤会計理事、勝俣総務理事、犬飼総務理事他 嶋原事務局長(於 建築会館307会議室 15時00分～17時00分) ・総務理事・会計理事打合せ(於 本会事務所 17時00分～19時00分)
04月23日(木)	<ul style="list-style-type: none"> ・平成21年度通常総会通知(メール配信)正会員1166名、法人会員代表90名
04月24日(金)	<ul style="list-style-type: none"> ・サーバー入れ替え作業 盛川委員、齋藤委員(於 本会事務所 12時00分～19時00分)

05月01日(金)	<ul style="list-style-type: none"> ・JAEE NEWS No.186 配信 ・論文集第9巻第3号発刊 ・第2回日本地震工学シンポジウム運営委員会開催 濱田次期会長、和田委員長各学協会推薦委員（於 土木学会2D会議室 10時00分～12時00分） ・イタリア・ラクイラ地震に関する調査団報告会開催 イタリア・ラクイラ地震合同被害調査団派遣による報告会 共催：本会・(社)土木学会・(社)地盤工学会・(社)日本建築学会 講師：川島団長（本会元会長、本会派遣団員青木義孝名古屋立大学准教授他（於 土木学会講堂 13時00分～17時00分） 参加者約100名
05月07日(木)	<ul style="list-style-type: none"> ・会長・副会長会議開催 鈴木会長、濱田次期会長、鈴木（祥）副会長、吉田副会長、武村副会長、総務理事他（於 建築会館301会議室 16時00分～17時00分） ・第77回理事会開催 鈴木会長、濱田次期会長他（於 建築会館301会議室17時00分～19時30分）
05月15日(金)	<ul style="list-style-type: none"> ・JAEE NEWS No.187 配信 ・会計税理士（涌井税理会計事務所）4月定期監査実施（於 本会事務所10時30分～17時00分）
05月17日(日)	<ul style="list-style-type: none"> ・建築会館全館停電
05月18日(月)	<ul style="list-style-type: none"> ・日本地震工学会大会実行委員会開催 芳村理事・大会委員長他委員、犬飼総務理事、嶋原事務局長（於 首都大学東京9号館773室15時00分～17時00分）
05月21日(木)	<ul style="list-style-type: none"> ・日本地震工学会第9回通常総会開催（於 建築会館ホール 13：30～19：00） (1) 講演会 最近の地震災害から学ぶ 講師川島一彦元副会長他2名 (2) 論文奨励賞授与式ならびに記念講演 受賞 佐々木健人氏他1名 (3) 総会 第1号議案～第10号議案 懇親会開催 ・第2回微動利用技術委員会開催 森伸一郎委員長（愛媛大学教授）他20名出席（於 建築会館305会議室 12時00分～15時00分）
05月22日(金)	<ul style="list-style-type: none"> ・10周年記念事業委員会（第1回）開催 武村副会長・委員長、福和理事・幹事、倉本理事・幹事他（於 本会事務所 13時00分～15時00分） ・総務理事打合せ 犬飼理事、中村理事（於 本会事務所 15時00分～16時00分） ・総務打合せ 濱田会長、犬飼理事（於 早稲田大学 10時00分～11時30分）
05月25日(月)	<ul style="list-style-type: none"> ・第1回研究統括委員会開催 翠川理事、三輪理事、飯場理事（於 本会事務所室 13時00分～14時00分）
05月30日(土)	<ul style="list-style-type: none"> ・日本学術会議主催 シンポジウム「学協会の新公益法人制度への対応の現状と課題」勝俣理事（於 日本学術会議講堂 13時15分～17時30分）
06月01日(月)	<ul style="list-style-type: none"> ・JAEE NEWS No.188 配信
06月04日(木)	<ul style="list-style-type: none"> ・阪神淡路大震災フォーラム打合せ 濱田会長、高田監事他（於 建築会館301会議室 15時30分～17時00分） ・第78回理事会開催 濱田会長他（於 建築会館301会議室 17時00分～19時30分） ・日本地震工学シンポジウム運営委員会総務部会開催 倉本委員、勝俣委員他（於 建築会館304会議室 15時30分～17時00分）
06月12日(金)	<ul style="list-style-type: none"> ・JAEE NEWS 臨時配信（学生会員 『会費値下げ』のお知らせ） ・法人化準備委員会（第1回）開催 濱田会長、犬飼総務理事他（於 建築会館308会議室 17時00分～19時30分）
06月13日(土)	<ul style="list-style-type: none"> ・阪神・淡路大震災15周年フォーラム打ち合わせ 濱田会長、鈴木前副会長、高田監事、犬飼理事（於 京都会議室 13時00分～15時00分）
06月15日(月)	<ul style="list-style-type: none"> ・JAEE NEWS No.189 配信 ・日本地震工学会大会実行委員会開催 芳村理事・大会委員長、犬飼総務理事他委員（於 首都大学東京9号館773室 15時00分～17時00分）
06月16日(火)	<ul style="list-style-type: none"> ・会計税理士（涌井税理会計事務所）4月定期監査実施（於 本会事務所13時00分～17時00分） ・阪神・淡路大震災15周年フォーラム実行委員会（仮称）打ち合わせ 高田監事、清野教授（京大）川瀬教授（京大）
06月19日(金)	<ul style="list-style-type: none"> ・論文編集委員会開催 栗田理事・委員長他（於 建築会館306会議室 15時00分～18時00分） ・地震被害・復興の記録のアーカイブ構築のための研究委員会開催 小長井委員長他（於 東京大学生産技術研究所B棟3階 Bw302号室 16時00分～18時00分）
06月23日(火)	<ul style="list-style-type: none"> ・日本地震工学シンポジウム学術部会開催 久田部会長他（於 東京大学工学部高田研究室 10時00分～12時00分）
06月24日(水)	<ul style="list-style-type: none"> ・JAEE NEWS 臨時配信（災害派遣の現場から学ぶリスクマネジメント講座開催のお知らせ）
06月26日(金)	<ul style="list-style-type: none"> ・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29日(月)	<ul style="list-style-type: none"> ・法人化準備委員会打合せ 濱田会長、犬飼理事、勝俣委員（於早稲田大学濱田研究室 18時00分～20時00分）
06月30日(火)	<ul style="list-style-type: none"> ・阪神・淡路大震災フォーラム準備会開催 濱田会長、武村副会長、鈴木祥之前副会長、翠川理事他（於 建築会館303会議室 13時00分～15時00分）



論文集目次・出版物

日本地震工学会論文集 第9巻 第1号・第2号・第3号

Journal of Japan Association for Earthquake Engineering, Vol.9, No.1-No.3

目次

第9巻 第1号

1	論文集編集委員会から From Editorial Committee	本会論文編集委員会 The Journal of JAEE Editorial Committee	
2	平成20年査読者一覧【五十音順】 (論文)		
3	強震動予測のための高域遮断フィルターに関する研究(その2) -2005年福岡県西方沖地震の観測記録に基づく検討- Study on a high-cut filter for strong ground motion prediction (Part2) - Based on the observed records during the 2005 Fukuoka-ken Seiho-oki Earthquake -	鶴来雅人、香川敬生、入倉孝次郎 TSURUGI Masato, KAGAWA Takao, and IRIKURA Kojiro	1-18
4	柏崎刈羽原子力発電所内の鉛直アレーにおける新潟県中越沖地震 とその前後のS波速度の経時変化 Temporal Change of S-wave Velocity Observed at Vertical Array in the Kashiwazaki-Kariwa Nuclear Power Plant during, before and after the 2007 Niigataken Chuetsu-oki Earthquake	茂木秀則、SHRESTHA Santa Man、川上英二、岡村真也 MOGI Hidenori, SHRESTHA Santa Man, KAWAKAMI Hideji and OKAMURA Shinya	19-31
5	非線形地震応答解析による地震被害推定を目的とした平均的な木 造建物群モデルの構築 A Wooden House Cluster Model for Earthquake Damage Estimation by Nonlinear Response Analyses	境有紀、飯塚裕暁 SAKAI Yuki and IIZUKA Hiroaki	32-45
6	堆積軟岩の動的変形特性 Dynamic Deformation Characteristics of Sedimentary Soft Rock	福元俊一、吉田望、佐原守 FUKUMOTO Shun'ichi, YOSHIDA Nozomu and SAHARA Mamoru	46-64
7	鉛直アレー観測点間で相関する地震動成分の地盤伝達関数 Ground Transfer Functions of Seismic Waves Propagating between Vertical Array Measurement Points	池浦 友則 IKEURA Tomonori	65-82
8	即時被害予測のための建物内地震動増幅度の簡易推定手法 ESTIMATING BUILDING AMPLIFICATIONS FOR THE REALTIME DAMAGE EVALUATION	山田真澄、宮地周吾郎、森井雄史、 林康裕 YAMADA Masumi MIYAJI Shugoro MORII Takeshi and HAYASHI Yasuhiro	83-93
9	ダンボール仮設空間の印象評価に関する実験的研究 Experimental research on the temporary space in a refuge	八木康夫、藤雅行 YAGI Yasuo, FUJI Masayuki	94-112
10	木造建物における一自由度系地震応答解析のための復元力特性モ デルの提案 Proposal of Hysteresis Characteristics Model in Seismic Response Analysis using Single-Degree-of-Freedom System for Wooden House	飯塚裕暁、境有紀 IIZUKA Hiroaki , SAKAI Yuki	113-127
11	統計的グリーン関数法で評価した地殻内地震の応答スペクトルの バラツキ Variability in Response Spectra for Crustal Earthquake using Stochastic Green's Function Approach	糸井達哉、翠川三郎、鬼頭順三、 三浦弘之、内山泰生、坂本成弘 ITOI Tatsuya, MIDORIKAWA Saburoh, KITO Junzo MIURA Hiroyuki, UCHIYAMA Yasuo and SAKAMOTO Shigehiro	128-142

第9巻 第2号

1	巻頭言：特集号の発刊にあたって	特集号編集委員会 久田嘉章、村上正浩、目黒公郎、 鈴木猛康、座間信作	
	(論文)		
2	地方自治体の災害対応活動における情報共有に関する実態調査 Investigation on Actual Disaster Responses in Local Governments in terms of Information Sharing	鈴木猛康、天見正和 SUZUKI Takeyasu AMAMI Masakazu	1-16
3	緊急地震速報における周波数情報の配信・利用の提案 — 周波数応答マグニチュード — Potential of Frequency-response Magnitude for Earthquake Early Warning	山本俊六 堀内茂木 YAMAMOTO Shunroku and HORIUCHI Shigeki	17-30
4	緊急地震速報を活用した長周期地震動予測と超高層ビルのエレ ベータ制御への適用 Application of Long-period Ground Motion Prediction using Earthquake Early Warning System to Elevator Emergency Operation Control System of a High-Rise Building	久保 智弘、久田 嘉章、堀内 茂木、 山本 俊六 KUBO Tomohiro , HISADA Yoshiaki HORIUCHI Shigeki and YAMAMOTO Shunroku	31-50
5	ウェブGIS とデータ相互運用技術による強震観測記録の統合利用 環境 Integrated Observation and Database System for Seismic Records using Web GIS and Data Interoperation	飛田 潤、福和伸夫、倉田和己 TOBITA Jun, FUKUWA Nobuo and KURATA Kazumi	51-60
6	分散システムアーキテクチャによる防災システム連携 Cooperation of Disaster Related Systems on Distributed System Architecture	下羅弘樹、松井宏樹、野田五十樹 SHIMORA Hiroki, MATSUI Hiroki and NODA Itsuki	61-72
7	減災情報共有のための空間データに関する考察 Spatial Information to Share Disaster Mitigating Information	寺木彰浩、阪田知彦 TERAKI Akihiro and SAKATA Tomohiko	73-87
8	災害情報可視化システムの開発 A Viewer System for Disaster Information Sharing	村崎大輔、藁科光徳、小池英之、 荒川淳平、上田真史、竹内郁雄 MURASAKI Daisuke , WARASHINA Mitsunori , KOIKE Hideyuki , ARAKAWA Jumpei , UEDA Masafumi , and TAKEUCHI Ikuo	88-101
9	携帯電話を用いた災害時の情報収集システムの開発 Development of a Disaster Damage Collecting System Based on Cellular Phone	鄭炳表、座間信作、滝澤修、遠藤 真、柴山明寛 JEONG Byeong-pyo, ZAMA Shinsaku, TAKIZAWA Osamu, ENDO Makoto and SHIBAYAMA Akihiro	102-112
10	被害情報収集支援システムを用いた災害情報共有に関する研究 A Study on Intelligence Sharing using the Support System for Disaster Information Collection with Information and Communication Technology	柴山明寛、久田嘉章、村上正浩、 座間信作、遠藤 真、滝澤 修、野 田五十樹、関沢 愛、末松孝司、 大貝 彰 SHIBAYAMA Akihiro, HISADA Yoshiaki , MURAKAMI Masahiro ,ZAMA Shinsaku, ENDO Makoto, TAKIZAWA Osamu,NODA Itsuki ,SEKIZAWA Ai , SUEMATSU Takashi and OHGAI Akira	113-129
11	地域住民と自治体の協働による発災対応力の向上と効率的な被害 情報収集・共有のための防災訓練	久田嘉章、村上正浩、座間信作、 遠藤 真、柴山明寛、市居嗣之、 関澤 愛、末松孝司、山田武志、 野田五十樹、松井宏樹、久保智弘、 大貝 彰	130-147

	Earthquake Drill for Effective Emergency Response and Quick Collection of Damage Information by Collaboration between Local Government and Residents	HISADA Yoshiaki, MURAKAMI Masahiro, ZAMA Shinsaku, ENDO Makoto, SHIBAYAMA Akihiro, ICHII Tsuguyuki SEKIZAWA Ai, SUEMATSU Takashi, YAMADA Takeshi, NODA Itsuki, MATSUI Hiroki, KUBO Tomohiro, OHGAI Akira 秦康範、鈴木猛康、下羅弘樹、目黒公郎、小玉乃理子	
12	新潟県中越沖地震における通れた道路マップの提供とプローブカー情報の減災利用実現に向けた課題と展望 Issues and Future Prospect on Practical Use of Probe Vehicle Data for Disaster Reduction -Provision of the Vehicle Tracking Map in the 2007 Niigataken Chuetsu-oki Earthquake-	HADA Yasunori, SUZUKI Takeyasu, SHIMORA Hiroki, MEGURO Kimiro , and KODAMA Noriko	148-159
13	情報共有プラットフォームを利用した地域防災力の向上 Improvement of Resilience to Disasters in Local Community Using Information Sharing Platform (報告)	早山 徹、鈴木祐二、朴 元浩、林 晃 HAYAMA Toru, SUZUKI Yuji PARK Wonho and HAYASHI Akira	160-170
14	災害時情報共有技術に関する研究プロジェクトの報告 Report of the Project Research on Disaster Reduction using Disaster Mitigating Information Sharing Technology	鈴木猛康 SUZUKI Takeyasu	171-184
15	効率的な被害情報収集と活用の提案とその実証 Proposal as to Efficient Collection and Exploitation of Earthquake Damage Information and Verification by Field Experiment at Toyohashi City	座間信作、遠藤 真、高梨健一、新井場公德、関沢 愛、細川直史、鄭 炳表、久田嘉章、村上正浩 ZAMA Shinsaku, ENDO Makoto, TAKANASHI Ken' ichi , ARAIBA Kiminori , SEKIZAWA Ai, HOSOKAWA Masafumi, JEONG Byonpyo, HISADA Yoshiaki and MURAKAMI Masahiro	185-199
16	住民・自治体協働による防災活動を支援する情報収集・共有システムの開発 Development on Web GIS-based Support System for Collecting and Sharing Information by Collaboration between Local Government and Residents	村上 正浩、柴山 明寛、久田 嘉章、市居 嗣之、座間 信作、遠藤 真、大貝 彰、関澤 愛、末松 孝司、野田 五十樹 MURAKAMI Masahiro, SHIBAYAMA Akihiro, HISADA Yoshiaki, ICHII Tsuguyuki, ZAMA Shinsaku, ENDO Makoto, OHGAI Akira, SEKIZAWA Ai, SUEMATSU Takashi, NODA Itsuki	200-220
17	学校施設における地震災害時の情報伝達システムの確保に関する研究－大学施設の防災力向上を目指すための基礎資料－ Communication of Disaster Information Accumulated at Schools after Earthquakes Basic Research Data for Improving Earthquake Hazard Mitigation Abilities at University	酒匂教明、田嶋和樹、安達洋、安達俊夫、木原雅巳、大東宗幸 SAKO Noriaki, TAJIMA Kazuki, ADACHI Hiromi, ADACHI Toshio, KIHARA Masami and OHIGASHI Muneyuki	221-237

第9巻 第3号

- | | | |
|--|--|-------|
| 1 論文集編集委員会から
From Editorial Committee | 本会論文編集委員会
The Journal of JAEE Editorial
Committee | |
| (論文) | | |
| 2 基礎励振を受ける二重構造体のすべり挙動における隙間部液体の
影響に関する検討
Study on the Influence of Liquid in an Annular Region on
Sliding Motion of a Dual Structure Subjected to Base Excitation | 古田和久、伊藤智博、新谷篤彦
FURUTA Kazuhisa, ITO
Tomohiro and SHINTANI
Atsuhiko | 1-13 |
| 3 FORWARD SPECTRAL FORECASTING OF GROUND
MOTION WITH THE INFORMATION OF EARTHQUAKE
EARLY WARNING SYSTEMS FOR STRUCTURAL CONTROL | H.Serdar KUYUK and Masato
MOTOSAKA | 14-27 |
| 4 海溝型長継続時間地震動に対する簡易液状化判定法の適用性
Simplified procedure for evaluating liquefaction potential under
ocean trench type long period earthquake | 吉田 望, 大矢陽介, 澤田純男,
中村 晋
YOSHIDA Nozomu, OHYA
Yousuke, SAWADA Sumio,
NAKAMURA Susumu | 28-47 |

日本地震工学会出版物

刊行図書

2009.5.14現在

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

資料集

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
2002.02.14	第6回震災対策技術展「国土セイフティネットシンポジウム－広域リアルタイム地震ネット構築へ向けて」	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2003.01.31	第7回震災対策技術展「地震調査研究の地震防災への活用」	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2003.02.07	第7回震災対策技術展「第2回国土セイフティネットシンポジウム－広域・高密度リアルタイム地震ネット構築へ向けて」	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2005.01.22	第9回震災対策技術展「防災担当者へ伝えたいこと－震災時対応者にとっての10年」	○	¥1,000	¥1,000	¥1,000
2004.03	性能規定型耐震設計法の現状と課題「平成15年度報告書」	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2004.05.14	第1回性能規定型耐震設計法に関する研究発表会講演論文集	○	¥2,000	¥4,000	¥1,000
2005.03	性能規定型耐震設計法－性能目標と限界状態はいかにあるべきか「平成16年度報告書」	○	¥3,000	¥4,500	¥1,500
2005.04.04	2004年12月26日スマトラ島沖地震報告会梗概集	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2003.11.28	日本地震工学会大会-2003 梗概集	○	¥4,000	¥8,000	¥1,500
2005.01.11	日本地震工学会大会-2004 梗概集	○	¥5,000	¥9,000	¥2,000
2005.11.21	日本地震工学会大会-2005 梗概集	○	¥6,000	¥10,000	¥2,000
2008.11.03	日本地震工学会大会-2008 梗概集	○	¥5,000	¥10,000	¥2,000
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
2008.07.31	日本地震工学会誌No. 8	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
2009.01.31	日本地震工学会誌No. 9	○	¥1,000	¥1,500	¥1,000
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

刊行日	題名	在庫	価額		
			正会員	非会員	学生会員
2005.01.13	Proceedings of the International Symposium on Earthquake Engineering Commemorating Tenth Anniversary of the 1995 Kobe Earthquake (ISSE Kobe 2005)	○	¥6,000	¥10,000	¥6,000
2007.03	地震工学系実験施設の現状と課題 平成 18 年度報告書	○	¥3,000	¥4,000	¥2,000
2007.10.26	基礎－地盤系の動的応答と耐震設計法に関する研究委員会報告 「基礎と地盤の動的相互作用を考慮した耐震設計ガイドライン」 (案)	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2007.11.20	実例で示す木造建物の耐震補強と維持管理	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2008.04.11	セミナー強震動予測レシビ「新潟県中越沖地震や能登半島地震などに学ぶ」資料	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2008.04.22	セミナー地震発生確率 - 理論から実践まで -	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2008.05.31	津波災害の軽減方策に関する研究委員会報告書（平成 20 年 5 月）	○	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2009.02.23	セミナー（第 2 回）「実務で使う地盤の地震応答解析」資料	若干	¥2,000	¥3,000	¥1,000
2009.04.14	セミナー ー 建造物の地震リスクマネジメントー	○	¥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。ぜひご利用ください。

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

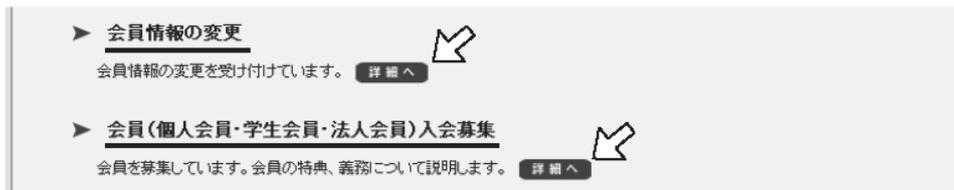
会員の方で、勤務先、住所、メールアドレス等が変更になった方は、会誌・「JAEE NEWS」等の確実な送付のため、ホームページから変更届をダウンロード、ご記入の上、事務局にお送り下さい。

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な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



会報「日本地震工学会誌」投稿要領

2008年10月9日 会誌編集委員会制定
2008年11月20日 理事会承認

1. 投稿内容

(1) 記事は地震工学に関連するものであればジャンルや内容は問いません。参考例を以下に挙げます。

- ・地域での地震防災に関する話題
- ・地震工学に関連した各種学術会議・国際学会等への参加報告
- ・興味深い実験や技術の紹介
- ・当学会や会報への要望や意見

本誌にはなじまないもの：

- ・速報性を重視する内容（年2回の発行であるため）
- ・ごく限られた会員のみに関係する内容
- ・特定の商品等の宣伝色が濃いもの

(2) 投稿原稿は原則として未発表のものに限ります。また、他誌等への同時投稿も認められません。

2. 投稿資格

投稿者（共著の場合は著者のうち少なくとも一人）は日本地震工学会の会員に限ります。

3. 原稿の書き方・提出方法

(1) 原稿は、下記の「記事作成にあたっての注意点」に従って作成し、Microsoft Wordファイル、またはテキストファイル+図のファイル(bmp, jpegなど)の形で、電子メールにより投稿いただくことを原則とします。

(2) 上記の電子メールでの投稿が難しい場合は、紙に印刷した原稿の投稿も受け付けます。

(3) いただいた原稿に対し、図表等の体裁、文の表現方法、頁数などについて、会誌編集委員会から修正や注文をお願いすることがあります。

(4) 他の文献等からの図・表・写真の転載は、投稿者ご自身が事前に原著者に了解を得てから使用して下さい。投稿原稿が第三者の著作権その他の権利侵害問題を生じさせた場合、投稿者が一切の責任を負うものとします。

(5) 印刷用版下原稿は会誌編集委員会で作成します。この際、字体、レイアウト等が投稿原稿どおりにはならないことを予めご了承願います。なお、印刷前に著者校正を原則として1回行います。

(6) 記事作成にあたっての注意点

・図・表・写真等をできるだけ多く載せ、わかりやすい記事としてください。

・原稿のフォーマットは下記に示すものを原則とします。

A 4 縦 余白：上30mm 下20mm 左20mm 右20mm

2 段組 46行 1 行24字 段間9mm

和文フォント：明朝体 英文フォント:Times フォントサイズ：9.5ポイント

・ページ数は、最大4ページとします。文字数、図表写真等の枚数の目安を参考にしてください。

2 ページ：3,000字+写真図表等 4 枚

4 ページ：6,000字+写真図表等 8 枚

・印刷は白黒ですので、白黒原稿で提出してください。カラー原稿の場合は、白黒で印刷しても図等が鮮明に表示されるものにしてください。

・図・表・写真には日本語で20字以内のタイトルをつけ、図のタイトルは下に、表のタイトルは上に配置してください。

・漢字は「常用漢字」、かな使いは「現代かな使い」とし、専門用語等には必要に応じて脚注をつけてくだ

さい。

- ・企業名、個人名、特定商品名等をむやみやたらにPRするような記事にならないように配慮して下さい。また、誹謗・中傷や差別を含むものは受け付けません。
- ・「謝辞」を必要とする場合は、本文末尾に必要最小限で記載してください。
- ・「文献」は本文中で¹⁾のように上付きで引用し、本文の最後に下記のように記して下さい。
1) 著者：題名、掲載誌、巻、号、ページ、年

4. 掲載の採否と掲載時期

- (1) 採否ならびに掲載号については、会誌編集委員会に一任させていただきます。既発表とみなされるもの、本誌の編集方針にそぐわない内容のものなどは採用できません。掲載時期の目安は、概ね次のようになります。
6月下旬～12月中旬の投稿：翌年1月発行の号に掲載
12月下旬～6月中旬の投稿：7月発行の号に掲載
- (2) 投稿内容によっては、会誌への掲載でなく、当学会のホームページへの掲載をお勧めすることがあります。
- (3) 採否が決定次第、投稿者に連絡します。
- (4) 不採用になった場合でも、原稿は返却いたしません。返却希望の写真等がある場合は、投稿時にその旨を申し出てください。
- (5) 学会誌の全文を本会ホームページに掲載します。

5. 著作権の取扱い

- (1) 本誌に掲載された著作物の著作権は、日本地震工学会に帰属するものとします。
- (2) 投稿者自らが著作物の全文または一部を複製・翻訳・翻案などの形で利用する場合、日本地震工学会は原則としてこれに異議を申し立てたり、妨げることはしないものとします。ただし、投稿者自身で複製を希望する場合には、日本地震工学会の許可を得てください。
- (3) 著作物等によって他者の人格権や著作権あるいは知的所有権を侵す等の問題が生じた場合は、その責任はすべて投稿者にあつて、本会はこれらに関する責任を負うものではないものとします。

6. 掲載料等

掲載無料です。原稿料はお支払いしません。抜刷が必要な場合は実費を請求します。

7. 依頼原稿

依頼原稿については別に要領を定めます。

8. 原稿送付先・問合せ先

投稿者の氏名・連絡先を明記の上、原稿の送付、問合せは下記宛にお願いします。

日本地震工学会 会誌編集委員会
〒108-0014 東京都港区芝5-26-20 建築会館 4F
TEL：03-5730-2831、FAX：03-5730-2830
電子メールアドレス：office@general.jaee.gr.jp

学生会員 『会費値下げ』のお知らせ

～ 学生会員の増強を目指して ～

学生会員の会費を下記のように改定しましたのでお知らせします。年会費わずか1000円で一般会員と同じサービスが受けられます。大学の先生方におかれましては、研究室の学生さんにご加入を勧めてくださるようお願いいたします。

○改定の趣旨

日本の地震工学の将来を担う、研究者、技術者の卵である学生の皆さんに日本地震工学会の事をよく知っていただきたく、また、学会活動に参加する機会を多く持っていただくため。

○改定点(2009年5月7日理事会にて決定、第9回総会にて報告済み)

・学生会員の年会費引き下げ

改定前：3,000円 → 改定後：1,000円

・学生会員が、引き続いて正会員になる場合の正会員初年度の会費

改定前：10,000円 → 改定後：3,000円

・本改定は、2009年6月1日から適用する。

なお、今年5月までに入会されている学生会員の方の今年度の年会費は3,000円ですが、来年度以降は1,000円になりますので、ご了承ください。

編集後記：

5月21日に開催された第9回通常総会で濱田政則先生が会長に就任されました。鈴木浩平前会長には次期会長も含めて2年間学会のためにご尽力いただきました。ありがとうございました。総会で交代された前理事の皆様、ありがとうございました。会誌編集委員会でも、10人中6人が交代しました。境有紀先生が新しい委員長となりました。志波由紀夫前委員長には2年間にわたり委員会をまとめていただきました。

今回の特集は、実大構造物の振動実験による検証です。それぞれの分野で最先端の実験に携わっておられる執筆者による記事を掲載しました。模型実験では得られない知見が得られ、今後の実験によってさらに新しい知見が得られることが期待されます。今後、ますますこのような大規模な実験が注目を集めることと思います。

名誉会員インタビューでは、志賀敏男先生の記事を掲載しました。田治見宏先生からは、記事をいただきました。このほかに、11月に開催される日本地震工学会大会2009の予告記事を掲載しました。多くの皆様に参加していただきますようお願いいたします。5月の第9回通常総会・講演会の内容、活動が終了した2つの研究委員会の報告も掲載しました。

執筆者の皆様のご協力に感謝します。前号から投稿要領を掲載しています。会員の皆様の積極的な投稿をお待ちしています。

青木 繁(東京都立産業技術高等専門学校)

会誌編集委員会

委員長	境 有紀	筑波大学	委員	佐藤 清	大林組
副委員長	田村 良一	篠塚研究所	委員	豊岡 亮洋	鉄道総合技術研究所
幹事	大原 美保	東京大学	委員	野津 厚	港湾空港技術研究所
幹事	青木 繁	東京都立産業技術高等専門学校	委員	引田 智樹	鹿島建設
幹事	藤田 香織	東京大学	委員	森川 信之	防災科学技術研究所
委員	川島 豪	神奈川工科大学			

日本地震工学会誌 第10号 Bulletin of JAEE No.10

2009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 2009

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

奈良時代～阪神大震災までを収録

日本の自然災害

500～1995年

A4判 640頁・箱入り・上製本
定価29,400円(税込)

監修 東京大学名誉教授 力武常次
元筑波大学教授 竹田厚

目次 (抜粋)

口絵 災害列島日本

- 第Ⅰ章 日本の国土と自然災害
 - 1 地震国日本と地震・津波
 - 2 数多い火山と火山災害
 - 3 日本の気候と気象災害
- 第Ⅱ章 記録に見る自然災害の歴史
 - 1 上代～中世の災害(500年～1572年)
 - 2 近世の災害(1573年～1867年)
 - 3 明治～大正時代の災害(1868年～1926年)
 - 4 昭和時代前期の災害(1927年～1945年)
 - 5 昭和時代中期の災害(1946年～1969年)
 - 6 昭和時代後期～平成の災害(1970年～1995年)
- 第Ⅲ章 地震・津波災害
 - 1 地震・津波災害の歴史
 - 2 日本国内各地方の地震
 - 3 地震・津波災害の事例
元禄地震～阪神淡路大震災までの28例を、写真、図表、
囲み記事、エピソードなどをまじえ掲載
- 第Ⅳ章 火山噴火災害
 - 1 火山噴火災害の歴史
 - 2 火山噴火災害の事例
富士山宝永噴火～雲仙普賢岳平成の大噴火までの15例
を、写真、図表、囲み記事、エピソードなどをまじえ掲載
- 第Ⅴ章 台風・豪雨災害
 - 1 風災害の歴史
 - 2 台風・豪雨災害の事例
寛保の洪水～鹿児島地方豪雨災害(1993年8月)までの
34例を、写真、図表、囲み記事、エピソードなどをまじえ掲載
- 第Ⅵ章 豪雪・干ばつ・冷害
 - 1 豪雪災害とその歴史
 - 2 豪雪災害の事例
大正7年北陸・信越豪雪災害～昭和56年豪雪まで5例を
写真、図表、囲み記事、エピソードなどまじえ掲載
 - 3 冷害・干ばつの歴史
 - 4 冷害・干ばつ・飢饉の事例
享保の飢饉～平成6年の干ばつ・渇水まで9例を写真、
図表、囲み記事、エピソードなどをまじえ掲載
- 第Ⅶ章 時代の変化と災害形態
 - 1 「進化する」災害
 - 2 地震および火山災害形態の変化
 - 3 気象災害形態の変化
- 第Ⅷ章 現代の災害に見る諸問題
 - 特別寄稿 地震予知総合研究振興会 主任研究員 相田勇
—阪神大震災からの教訓を中心に—
阪神大震災に現れた現代の災害・災害への対応について
ボランティアの活動・災害復旧に対する問題・その他の問題

阪神大震災～現在までを収録

日本の自然災害

—世界の大自然災害も収録—

1995～2009年

A4カラー判 470頁・箱入り・上製本
定価29,400円(税込)

監修 東京大学名誉教授 萩原幸男

目次 (抜粋)

口絵/衛星から見た自然災害 日本大学教授 中山裕則

- 第1章 地震災害 東京大学名誉教授 伯野元彦
 - ◎日本の地震災害
 - ◎世界の地震災害
- 震度階の変遷
(独)防災科学技術研究所 理事長 岡田義光
- 第2章 火山災害
(独)防災科学技術研究所 火山防災研究部長 鶴川元雄
 - ◎日本の火山災害
 - ◎世界の火山災害
- 第3章 津波災害
東京大学地震研究所准教授 都司嘉宣
- 第4章 気象災害 日本大学教授 山川修治
- 第5章 土砂災害 東京農工大学教授 石川芳治
 - ◎総論
 - ◎日本の土砂災害
 - ◎世界の土砂災害
- 第6章 先進国と途上国の地震・津波被害を
抜本的に軽減するために
東京大学教授 目黒公郎
- 図表で見る地震国日本の実態/
日本の地震環境 災害年表
(独)防災科学技術研究所 理事長 岡田義光
 - ◎日本の主な自然災害年表 /
 - 外国の主な自然災害年表

●割引特価25,000円(税込)

(奈良時代～阪神大震災まで)

(阪神大震災～2009年まで)

●「日本の自然災害」の後編「日本の自然災害」1995～2009年 が2009年7月に発刊。

(ISBN4-906474-06-3)

(ISBN978-4-931507-13-5)

お問い合わせ先

日本専門図書出版株式会社
東京都新宿区下宮比2-28-917

E-mail: info@jpn-shuppan.co.jp

TEL 03-3235-1699 FAX 03-3235-1698

詳しくはホームページをご覧ください。
http://www.jpn-shuppan.co.jp

※詳しくはホームページをご覧ください。http://www.jpn-shuppan.co.jp

耐震解析を幅広く
サポート

Windows版

TDAP III/FDAP III

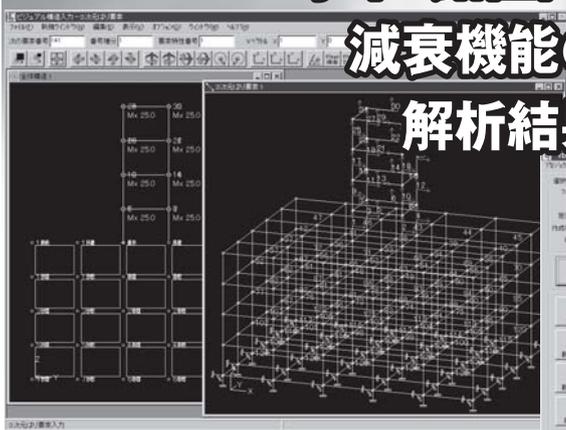
3次元非線形動的な地震応答解析プログラム

- 大手ゼネコン、公的研究機関、コンサルタント会社をはじめ国内800本以上の導入実績
- 骨組、シェルなどの構造要素、各種境界を含む地盤要素、液体要素など幅広い要素種類
- 免震、コンクリート、鉄筋、地盤用モデルなど多数の材料非線形モデルをサポート

水平・鉛直同時地震入力可能

減衰機能の充実

解析結果をアニメーション表示



解析対象

- 高層建築物
- 免震構造物
- 橋梁、橋脚
- 高速道路
- 地下トンネル
- 地中埋設構造物
- ダム
- 防波堤
- 液体タンク
- 浮体構造物
- 原子力関連施設等重要構造物
- 地盤・構造物連成モデルなど

NEW

- WindowsTDAP IIIに英語版追加
- 各社免震装置に対応
- 修正GHEモデル

サイズオプション

- ①スタンダード(標準的2次元モデル、小規模3次元モデル)
- ②アドバンス(大規模2次元、中規模3次元モデル)
- ③制限なし(メモリ容量やOSの制約によります)

機能オプション

- ①基本(線形静解析・固有値解析)
- ②応答スペクトル法
- ③モード重ね合わせ法
- ④非線形静解析(段階施工解析含む)
- ⑤非線形時刻歴応答解析
- ⑥複素応答解析

要素オプション

- ①骨組み要素(2次元はり⁽¹⁾、3次元はり⁽¹⁾、バネ⁽²⁾、マルチスプリング⁽²⁾、ダンパー⁽²⁾、トラス、弦、連成節点バネ、2次元ファイバー、3次元ファイバー)
 - ②FEM要素(六面体、平面応力、平面歪⁽²⁾、シェル、板曲げ、ジョイント⁽²⁾、底面および側方地盤境界⁽³⁾、軸対称リング、軸対称シェル、ユーザー定義要素)
- ※(1) P- δ 効果考慮可、材料非線形可(2) 材料非線形可(3) 切り欠き力考慮可

材料非線形モデル

非線形弾性⁽¹⁾、バイリニア⁽¹⁾、トリリニア⁽¹⁾、原点指向⁽¹⁾、最大点指向⁽¹⁾、負勾配原点指向、スリップ型、すべり型、ディグレイディングバイリニア(Clough、修正Clough⁽¹⁾、武田)、ディグレイディングトリリニア(深田、武藤、江戸⁽¹⁾、武田⁽¹⁾)、軸力変動バイリニア⁽¹⁾、軸力変動ディグレイディングバイリニア⁽¹⁾、軸力変動ディグレイディングトリリニア⁽¹⁾、Hardin Drnevich、Ramberg Osgood、Mohr-Coulomb完全弾塑性、平面歪用 τ - γ 曲線モデル(バイリニア、HD、RO)、高減衰積層ゴムモデル、鉛プラグ入り積層ゴムモデル、各種ゴム支承モデル(鉛プラグ挿入型、超高減衰型、H13名高速対応型)、木質基本型非線形モデルなど

※(1) 非対称可

さらに高度な解析機能

コマンドラインから実行するバッチ処理インターフェースでは、構造・液体連成解析(スロッシング、浮体動揺解析を含む)、複素固有値解析(ダブルQR法、べき乗法)、建築構造用弾塑性要素群、各種免震材料モデル(積層ゴム、鉛入り積層ゴム他)、ユーザー非線形モデル、などをサポートします。

骨組モデル専用 TDAP III LT Version 2

- TDAP IIIの骨組み専用版です。よく使用される要素および非線形モデルのみをサポートします。
- 上位版であるTDAP IIIへ差額だけでアップグレードが可能です。LT版で作成したデータは基本的にTDAP IIIで利用できます。

■価格

- 静解析版/本体：60万円 年間サポート料：8万円
 - 動解析版/本体：72万円 年間サポート料：10万円
 - 静+動解析版/本体：96万円 年間サポート料：13万円
- ※サポート料は初年度のみ必須。2年目以降はオプション。

●TDAP III、FDAP IIIおよびTDAP III LTは、大成建設株式会社と㈱アーク情報システムが共同で開発した製品です。●WindowsはMicrosoft Corp. の登録商標です。

インターネットでも詳しい情報を提供しております。 <http://www.ark-info-sys.co.jp/>



株式会社 アーク情報システム

〒102-0076 東京都千代田区五番町4の2 とうプレビル
TEL.03(3234)9232 営業直通 FAX.03(3234)9403

新バージョン!

2009年8月発売予定

SNAP Ver.5

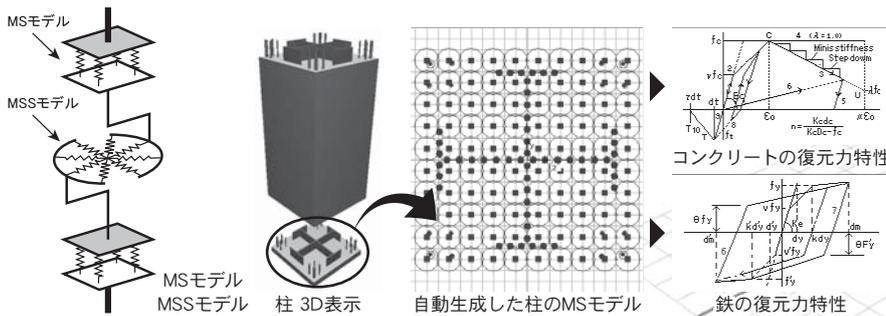
構造設計の効率化を目指します

SNAP Ver.5では、従来の高度な解析機能に加えて、構造解析モデル作成機能を充実させました。SNAPの特徴である解析の速さと共に、設計業務の効率化を実現します。

- ・断面と仕上げ・積載荷重などを入力するだけで、荷重拾いから剛域・剛性増大率などの弾性モデルとMSモデルなどの弾塑性モデルの作成まで自動的に行います。大規模な建物も短時間で解析モデルを作成できます。また、荷重拾いから地震応答解析までを一貫して行えるので、設計変更にも柔軟に対応できます。
- ・CADデータを取り込み、架構データを作成することができます。複雑な建物も簡単に解析モデルを作成することができます。
※データ形式は、MPZ、DWG、DXF、JWWの各形式に対応しています。

- ・免制震装置は、製品、型番を指定するだけで、データベースから解析に必要なデータを読み込みます。制震補強をした建物の解析モデルも簡単に作成できます。

※社団法人 日本免震構造協会編「免震部材標準リスト」に掲載されているデータをもとに、天然ゴム系/高減衰ゴム系/積層ゴムアイソレータ、鉛プラグ挿入型/錫プラグ挿入型積層ゴムアイソレータ、すべり支承、鋼製/鉛製ダンパー、オイルダンパー、減衰こまをデータベース化しています。



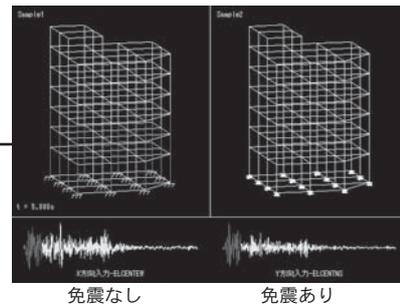
任意形状立体フレームの弾塑性解析

SNAPは任意形状の非線形構造物に対する部材レベルの動的応答解析、応力解析、増分解析を行います。また、超高層建物、制震構造や免震構造など各種の構造物の設計にも対応できる機能を備えています。



SNAP-GP 別売オプション

2つのモデルの解析結果をアニメーション表示します。免震・制震装置の設置前後の比較をシミュレーションできるので、より効果的なプレゼンテーションを実現します。



SNAP	部材レベル・質点系の静的・動的応答解析	3,600,000円(税込 3,780,000円)
SNAP-S	静的応答解析・静的増分解析	1,300,000円(税込 1,365,000円)
SNAP-LE	SNAPの節点数制限(1000節点まで)版	1,050,000円(税込 1,102,500円)
SNAP-GP	解析結果のアニメーション表示ツール	50,000円(税込 52,500円)

キャンペーン期間は優待価格があります。詳細は弊社営業までお問い合わせください。



三菱地所設計

取締役社長 小田川 和男

本店	〒100-0005	東京都千代田区丸の内3-2-3	富士ビル	TEL(03)3287-5555
札幌支店	〒060-0002	札幌市中央区北2条西4-1	北海道ビル	TEL(011)221-2081
東北支店	〒980-0803	仙台市青葉区国分町3-6-1	仙台パークビル	TEL(022)261-1363
名古屋支店	〒450-0002	名古屋市中村区名駅3-28-12	大名古屋ビル	TEL(052)565-7113
大阪支店	〒530-6009	大阪市北区天満橋1-8-30	OAPタワー	TEL(06)6881-5164
九州支店	〒810-0801	福岡市博多区中洲5-6-20	明治安田生命福岡ビル	TEL(092)281-6322
上海事務所		上海市黄浦区福州路318号	高騰ビル(CROSS TOWER)507	TEL +86-21-6391-3001

<http://www.mj-sekkei.com>