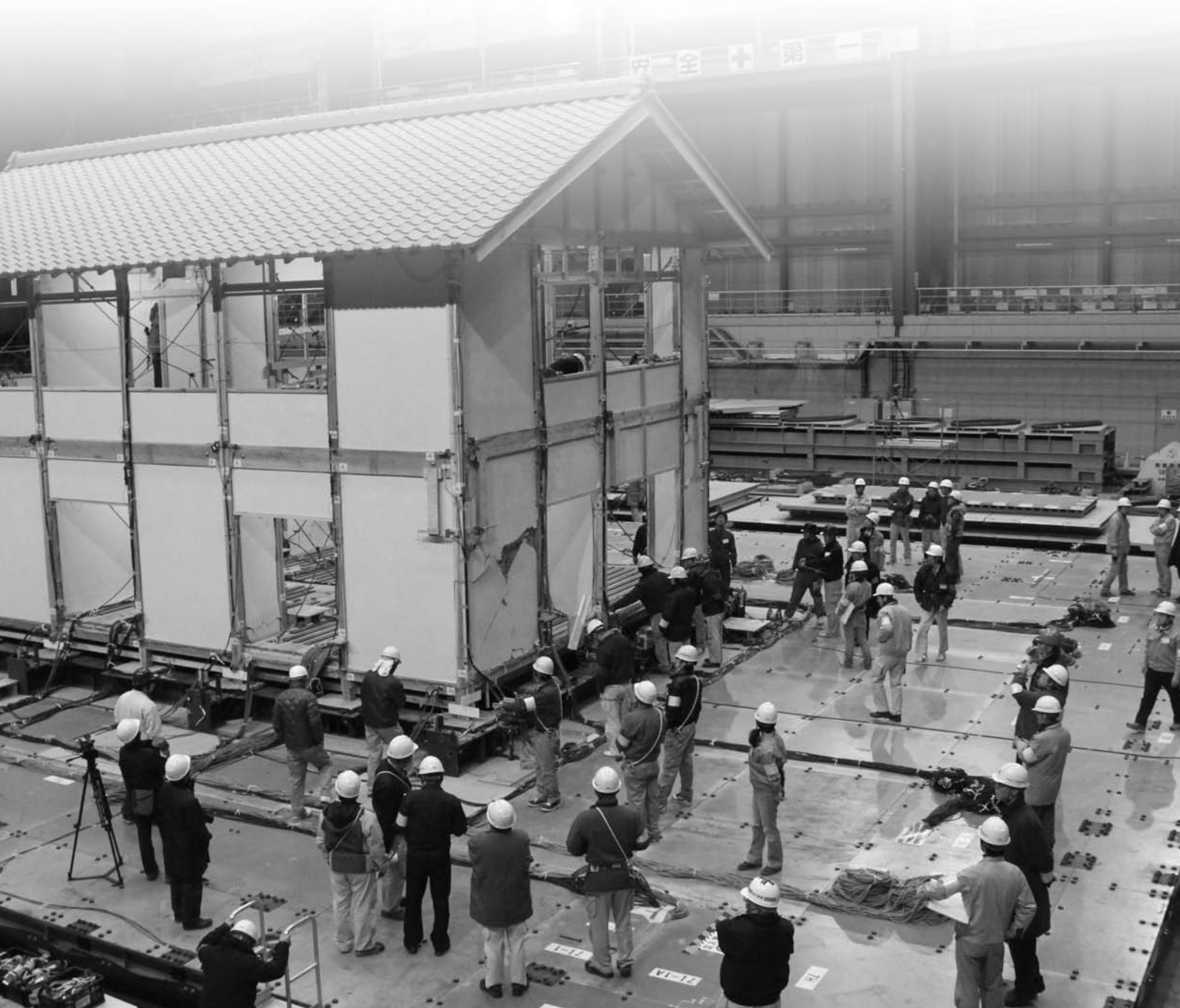


「伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験」検討委員会 第二回フォーラム in 京都

会場
キャンパスプラザ京都

日時
平成 23 年 3 月 19 日(土) 13:30 ~ 17:30 (12:30 受付開始)

主催
「伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験」検討委員会



「伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験」検討委員会 第二回 フォーラム in 京都

プログラム

12：30～ 受付開始
13：30 開会挨拶：大江 忍
主旨説明：鈴木 祥之

【I. 各部会の前年度の報告と平成 23 年度の実施計画】 司会：大江 忍

13：45～14：05 設計法部会 斎藤 幸雄
14：05～14：25 実験検証部会 後藤 正美
14：25～14：45 構法・歴史部会 麓 和善
14：45～15：00 材料部会 小松幸平
15：00～15：10 材料品質・接合 WG 槌本 敬大

【II. 実大振動台実験の事前検証】 司会：後藤 正美

15：10～15：20 壁要素実験 中治 弘行
15：20～15：30 柱脚の滑り実験 向坊恭介

休憩

【III. 実大振動台実験報告】 司会：鈴木 祥之

15：40～15：50 実験の概要 後藤 正美
15：50～16：20 各試験体の実験結果 腰原 幹雄
16：20～16：35 各試験体の損傷観察 岩波 正・小笠原 昌敏

【IV. 設計法】 司会：鈴木 祥之

16：35～17：00 設計法の考え方・課題 斎藤 幸雄

17：00～17：30 質疑応答 司会：奥田 辰雄
17：30 閉会挨拶：奥田 辰雄
17：35 閉会

ご挨拶

本委員会全体管理責任者
特定非営利活動法人 緑の列島ネットワーク 理事長 大江忍

この度、「伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験検討委員会」補助事業者として、事務局を務めさせて頂き、今年度の事業のまとめとして報告会を京都と東京で開催させて頂きます。平成 19 年 6 月 20 日に施行された改正建築基準法により、伝統構法の木造建築物の確認申請等の手続きが難航し、円滑化を図るために創設された本委員会は、平成 20、21 年度の旧委員会を経て、国会質疑を踏まえたなかで、馬淵前国土交通大臣の検討委員会を見直すという答弁により、平成 22 年 4 月に、三力年計画で新委員会として発足しました。本年は、新委員会の初年度であり、主に、石場建てなどの地面と緊結しない伝統構法の建物の実大モデルの実験を行い、設計法を構築すべく、データを収集する作業を行いました。また、検討委員会を支える部会として、設計法部会、実験検証部会、構法歴史部会、材料部会を置き、各部会の中にワーキンググループ（WG）、WG の中にサブワーキンググループ（SWG）を組織し、細部の検証、調査事項ごとに、深い討議ができるように致しました。多くの各分野の専門の研究者と現場経験のある実務者を委員に迎え、分野ごとに調査、研究しました本年度の結果について、各担当よりご報告をしていただきます。

今回の委員会では、キックオフフォーラム@京都（H22/6/5）、シンポジウム金沢（H22/9/12）、E ディフェンスでの公開実大実験（H23/1/20）とホームページやメルマガによる情報公開及びアンケート調査をしてきました。一般の実務者の方からの、伝統構法に対する熱い思いや、叱咤激励もあるなかで、事務局を運営し、限られた時間の中で、出来る限りのご要望や意見に呼応するようにしてまいりました。至らぬ点多々ありましたが、無事一年の事業を終えることができ、皆さまのご協力、ご鞭撻に心より感謝しております。今後、この委員会が、計画終了の 2 年後に日本の古き匠の知恵を継承できるように、木造建築物の伝統的構法の設計法を確立され、多くの匠達が、堂々と腕を振る環境を勝ち得ることを実務者の一員として節に願うものであります。今年度の運営に際して、ご協力を賜りました研究者、実務者、行政、企業、学校など関係各位に深く御礼申し上げます。

<http://www.green-arch.or.jp/dentoh/>

「伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験」検討委員会公式 Web サイト

緑の列島ネットワーク Web サイト内の 1 コーナーです。
「緑の列島」で検索し、TOP ページのバナーをクリックして移動してください
また、情報をいちはやくお届けするために、検討委員会発のメールマガジンを発行しています。
検討委員会特設サイトのトップページからお申し込みいただけます。

平成 23 年度検討委員会の目的

検討委員会 委員長 鈴木 祥之
立命館大学 立命館グローバル・イノベーション研究機構 教授



1. 検討委員会の目的と活動

「伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験」検討委員会では、石場建て構法を含む伝統的構法の実大振動台実験などを実施して構造力学的な解明を行うとともに伝統的構法木造建築物の設計法について検討を行い、実務者が実践的に使える設計法を作成することを目的としている。平成 22 年度からの新体制となった検討委員会では、設計法部会、実験検証部会、構法・歴史部会、材料部会の 4 つの部会を設けて、伝統的構法の構造力学的に未解明な石場建ての柱脚の移動や水平構面の変形などについて実験的、解析的に検討し、伝統的構法の地域的構法や構造特性を考慮し得る伝統的構法に適した設計法を構築するとともに設計法の妥当性を振動台実験で検証する。伝統的構法に特有の土塗り壁、仕口・継手接合部など構法仕様の地域性や歴史的背景とともに構造特性を把握する。伝統的構法に使用される木材の欠点、乾燥方法、耐久性などを検討する。伝統的構法の設計に必要な構造要素の復元力特性などデータベースを作成し公開する。以上から、実務者が使いやすい設計法を作成し、伝統的構法にかかわる実務者、行政担当者などへの普及を図る、こととしている。

事務局は、NPO 法人緑の列島ネットワーク（補助事業者）を主に構成され、検討委員会の事業については原則として H P 等において公開している。また、実験検証部会等で実施する実験については原則として公開で行うとともに、フォーラムやシンポジウムなどを開催し、事業の成果等を情報発信するとともに広く意見交換を行ってきた。昨年 12 月 23 日から今年 1 月 24 日にかけて実施した E- ディフェンスでの実大振動台実験は、主要な事業であり、公開実験を行った。独立行政法人防災科学技術研究所をはじめ、伝統的構法にかかわる設計者、大工職人など実務者、大学等の研究者など多くの方々のご協力の下に、無事に終了することができました。ここに、厚くお礼を申し上げます。

2. 石場建て構法を含む伝統的構法の設計法と実験検証

平成 22 年度の検討委員会の大きな使命として、多くの地域で採用されている石場立て構法を含む伝統的構法には地震時の挙動や耐震性能など構造力学的に未解明な課題が残されており、実験、解析による検証によって解明するとともに、大地震にも構造安全性を確保できる伝統的構法の設計法を探ることである。そこで、E- ディフェンスでの実大振動台実験を実施するとともに設計法の検討を行ってきた。

実大振動台実験については、Ⅲ 実大振動台実験報告で詳述されるが、その目的として、

- 1) 伝統的構法の構造力学的に課題である石場建ての柱脚の移動が建物の応答や耐震性能に及ぼす影響について検討を行う。
- 2) 解析法や設計法の妥当性を検証する。特に水平構面の変形や偏心による応答への影響をどのように評価し得るかを検討する。
- 3) 伝統的構法の設計のクライテリアについて検討する。

が挙げられる。

今回の実験で得られたデータの分析などは、現在、進められているが、伝統的構法の地震に対する耐え方や石場建ての場合には柱脚の滑りによる上部建物の応答低減などが検証できたが、一方、今後、設計法を考える際に検討すべき課題も挙げられる。

1) 石場建ての柱脚の移動

稀な地震動（中地震）レベルでは、柱脚の移動はほとんどなく、極めて稀な地震動（大地震）では、滑り量が柱幅（15cm）程度以下に、建築基準法レベルを超える地震動（巨大地震）に対しては大きく滑るが倒壊や崩壊を免れる結果となり、当初の設計クライテリア

を満足した。しかし、柱脚部に働く水平せん断力が柱脚ー礎石の摩擦力を超えれば、柱脚の滑りが発生し、柱脚部に働く水平せん断力は摩擦力を大きく超えないという単純なメカニズムではなく、複雑な挙動が見られ、今後、さらに柱脚の移動・滑りに関する力学的特性の解明と上部構造物の挙動を明らかにすることは必要である。

2) 水平構面の変形と偏心による影響

偏心の影響を含めて水平構面の変形などによる「ねじれ振動」は、偏心がある場合には、入力地震動が大きくなれば、さらに「ねじれ振動」が増大する傾向となり、偏心率などの新たな考え方とともに、「ねじれ振動」が建築物の応答や耐震性能に及ぼす影響について検討を要する。

3) 仕口・継手接合部の性能と損傷

伝統的構法特有の大きな変形性能を担保し、倒壊や崩壊を防ぐには、仕口・継手接合部の性能が重要であり、極めて稀な地震動はもちろん、建築基準法レベルを超える地震動に対しても仕口・継手接合部に大きな損傷が生じない構法が望まれる。

4) 通し柱の効果と損傷

今回の実験では通し柱の断面欠損を少なくするために、2 階床位置の桁梁を段違いにするなどの工夫し、通し柱の折損が生じないようにしたが、今後、通し柱が 1 層、2 層の応答（層間変形角）に与える影響を評価するには、解析や実験による検証が必要であり、また、通し柱の折損を防ぐための構法などの検討を要する。

今回の実験では、石場建てを含む伝統的構法の設計法作成に向けた学術上かつ実用上の貴重なデータが得られたので、今後、実験結果を詳細に検討し、地震時の挙動と耐震性能を明らかにしたうえで、設計法に反映することが肝要である。

3. おわりに

E- ディフェンスでの実大振動台実験では、伝統的構法に対する関心が高く、公開実験に多くの見学者が来られ、また伝統的構法に対する熱い思いから多くの実務者が実験への参画・協力いただきました。

今後は、伝統的構法の良さを生かし、伝統的構法にふさわしい設計法をつくるために、伝統的構法の構造要素実験などを実施し、伝統的構法建物の構造力学的な解明とともに、設計に必要なデータベースを構築し、実務者が実践的に使える伝統的構法の設計法の提案を目指し、検討委員会では、多くの方々の叡智を結集して取り組みますので、ご協力をよろしくお願い申し上げます。

平成 23 年度実施計画：設計法部会

設計法部会主査 斎藤 幸雄



部会および WG - ワーキンググループ -（設計・解析）を今年 2 月までに平均してほぼ月 1.5 回のペースで開催してきた。これまでの活動内容は以下に報告する通りであるが、当初の活動目標に基づいて主として設計 WG および解析 WG で具体的な検討を進めた。設計法部会の活動目標を以下に示す。

設計伝統構法の構造力学的に未解明な柱脚の移動や水平構面の変形などについて実験的、解析的に検討し、伝統構法の地域性のある構法や構造特性を考慮し得る伝統構法に適した設計法を構築するとともに、設計法の妥当性を振動台実験で検証する。また伝統構法の設計に必要なデータベースを作成・公開し、実務者が使いやすい設計法とする。さらに、実務者から要望がある簡易な設計法の提案も行う。なお確認申請・適判円滑化のための設計マニュアル技術検討WGと協力し、当面の課題として実務者の負担の軽減を図る。

「2010 年度の設計法の構築」

設計法の構築に向けて下記に示す三つの設計法について検討を進めることとした。（詳細はⅣ設計法の考え方と課題」を参照のこと）

- ① 標準設計法 比較的簡易な設計法
- ② 詳細設計法 限界耐力計算を用いた設計法
- ③ 汎用設計法 詳細モデルによる時刻歴解析を用いた設計法

このうち 2010 年度は、伝統構法建物の設計が現実になされている中で、その設計手法が限界耐力計算によっていることを踏まえて、②の設計法の構築について検討を行った。当初の活動目標に示すように、設計法に必要でかつ構造力学的に未解明な事項について整理を行い、詳細なモデルによる時刻歴解析を行って未解明事項の特性を明らかにするための検討を行った。その結果をもとに実大振動台実験の実験目的を明確にした上で確認事項の整理を行い、試験体に用いる主な

構造要素とその配置等について検討を行った。また試験体については詳細モデルを用いた時刻歴解析による応答予測を行い、その結果を踏まえて構造要素の配置の修正等の作業を繰り返し行い、試験体の構造要素の配置を最終的に決定した。実験後は詳細モデルによる事後解析と損傷観察結果をもとに実験結果の分析を行っている。また、試験体については限界耐力計算を行い、実験結果との比較検討を行っている。また設計法の骨子と設計法に必要な項目を整理し、各項目について具体的な検討を行っている。さらに、実験結果を設計法に反映させるための検討を行っている。

設計 WG での主な検討内容

- ・設計法の課題の検討、設計のクライテリアの検討
- ・設計法の骨子および設計法に必要な項目の整理と内容の検討
- ・実大振動台実験の実験目的と確認事項および試験体の構造要素の種類とその配置の検討
- ・実大振動台実験結果の分析と設計法への反映方法の検討
- ・限界耐力計算での（要素実験をもとにした）復元力特性の作成方法と加算則の検討
- ・限界耐力計算結果と実験結果の比較検討

解析 WG の主な検討内容

- ・詳細モデルによる時刻歴解析法（数例）の検討
- ・実大振動台実験の事前解析（応答予測）および事後解析（シミュレーション解析）
- ・試験体の挙動（柱脚の挙動および上部構造の挙動）の解明

「今年度の主な成果」

設計法構築のための検討課題のうち構造力学的に未解明な事項を解明するために、詳細な解析および実大振動台実験を行った。実験はほぼ予定通り行われ設計法構築のための貴重な結果が得られた。 実験後その結果に基づいて、試験体の挙動の分析を行なっている。今回の実験では、極めて稀に発生する地震動や巨大地震動に対して、建物が倒壊・崩壊に至らなかった。

「来年度の計画」

設計課題に対して実験結果をどう反映するかが問われるが、基本的に伝統的構法の特性を生かした耐震性能を確保できる設計法としたい。また詳細設計法についてはできるだけ早期に完成させたい。来年度からは、標準設計法の具体的な検討に入る予定であるが、限界耐力計算によらない比較的簡易な設計法（適判対象外）を目指し、詳細設計法で検討した成果も反映させたい。一方で要素実験結果の集積をもとに設計に必要なデータベースの構築を進める予定である。

「設計技術マニュアル WG」報告

WG はほぼ月に 1 回のペースで開催している。現在設計が行われている中で、確認申請・適判を的確に行ない実務者の負担軽減を図れるように、当初の活動方針に従って必要な技術的検討を行なった。

当初の活動方針と本年度行なった主な検討事項

- ① 伝統構法木造建築物の限界耐力計算による確認申請時に必要とされる書類、特に構造設計関連の添付書類については、申請者がこれらの書類を容易に作成し、また建築主事あるいは指定確認検査機関、指定構造計算適合性判定機関等での審査を容易し、確認申請から建築確認までの手続きを円滑にするには、構造設計関連の検討項目について整理・検討を行い、申請書類の作成や審査に関するガイドラインやマニュアルを作成する。
- ② 設計法WGと連携して、4号建築物相当の住宅については、地震荷重以外の荷重外力に対して最低限検討すべき内容・手法に関するガイドラインやマニュアルを作成し、設計者の負担軽減を図るための技術検討を行う。

上記以外にも、審査機関へのアンケート調査を企画していたが、建築基準法見直し検討会（国土交通省）で

行なわれているので、実施していない。
上記の検討事項で具体的な項目は以下の通りである

- ・建築確認審査、適判での限界耐力計算用チェックシートおよびマニュアル問題点の抽出
- ・チェックシートの簡素化の検討
建築確認の事例の現状把握
- ・地震荷重・風荷重以外で検討が必要な事項の整理と簡易な計算法の検討
- ・申請書類の作成や審査に関するガイドラインやマニュアル作成のための参考資料の作成

今年度の検討では、まだ具体的な成果にまでは至っていないが、来年度できるだけ早期に懸案事項について検討を進め、ガイドラインやマニュアルの作成を行う予定である。

平成 23 年度実施計画：
実験検証部会

実験検証部会主査 後藤 正美



実験検証部会での今年度の主な目的は、以下の4項目である。

- 1) 伝統構法の構造力学的な課題である柱脚の移動や水平構面の変形などによる影響を解明する。
- 2) 実大試験体による振動台実験の実施に際し、主要な構造要素の性能評価実験を実施し、振動台実験結果の分析や応答解析に役立てる。
- 3) 設計法部会、構法・歴史部会と連携し、伝統構法の設計に必要な構造要素の復元力特性を評価するために、振動台実験及び静的加力実験など性能評価実験を実施して構造性能を明らかにする。
- 4) 伝統構法では、部材と接合部は一体であることと大変形領域の力学特性が重要である。現行の実験方法をベースとして、伝統構法により適した実験法の検討を行う。

上記の目的を達成するために、実大震動台加振実験及び各構造要素の振動・静的実験を実施する。図1に各種実験のフローを示す。図中の青字は今年度実施したもの、緑字は計画中・実施段階にあるもの、赤字は他の部会との連携を表す。

構造要素実験

今年度は、E-ディフェンスの実大震動台加振実験で採用された構造要素を対象に、実験を実施するとともに各種の実験計画の検討・立案を行った。各構造要素の仕様は、構法・歴史部会で検討されて採用されたものである。

土壁の静的水平加力実験

土壁の試験は、鳥取環境大学、福山大学、岡山理科大学、横浜国立大学、金沢工業大学の5大学が担当して実験を実施した。湿式土壁の足固め仕様24体、湿式土壁の土台仕様24体、乾式土壁の足固め仕様9体、湿式

土壁の土台仕様22体計79体の試験体である。試験方法は、載荷式として両側の柱に各1tの重量を負荷した。また、足固め仕様の脚部は、水平方向のみ拘束し、上下方向の浮き上がりは許容した。

土壁土の材料試験

土壁の特性を評価する上で、土壁土そのものの材料特性を評価する必要がある。土の粒度分布、フロー値などと圧縮強度の関係、小舞間隔と曲げ強度の関係などを実験的に把握した。実験担当は豊田高専、金沢工大である。

柱脚部の振動実験

足固め脚部の振動特性を把握するために、柱脚部のみと礎石、上部構造も含めた柱脚部の2種類の試験を実施し、礎石の種類と摩擦係数や上部構造の壁の配置と脚部の挙動について把握した。実験は立命館大学が担当した。

継ぎ手・仕口の静的加力実験

構法・歴史部会に依頼して、過去の文化財修理報告書に記載されている継ぎ手・仕口をリストアップしたものを、力学的な観点から再分類し、試験体を設定した。今年度は、E-ディフェンスの試験体に採用した寸法の試験体を対象に実験を行う。試験は、秋田県立大学、東京大学、京都大学、大阪府立高専、日本建築総合試験所、宮崎県木材利用技術センターの4大学、2試験所が担当して実験を実施する。

水平構面の静的水平加力実験

水平構面には、床組と小屋組が含まれている。今年度は、E-ディフェンスの試験体に採用した寸法の試験体を対象に実験を行う。試験は、近畿大学、名古屋工業大学、大阪大学の3大学が担当して実験を実施する。さらに、構法・歴史部会の協力を得て、水平構面の構造を分類し、実験を実施する。特に小屋組の実験に関

しては、実験法の検討も併せて行う。

データライブラリについて

各実験を行った結果を、データライブラリとして格納する。現在、今年度実施したデータを収集中である。その後、設計法部会から提案される設計法に応じた設計用データを加工し、設計用データベースを構築する。

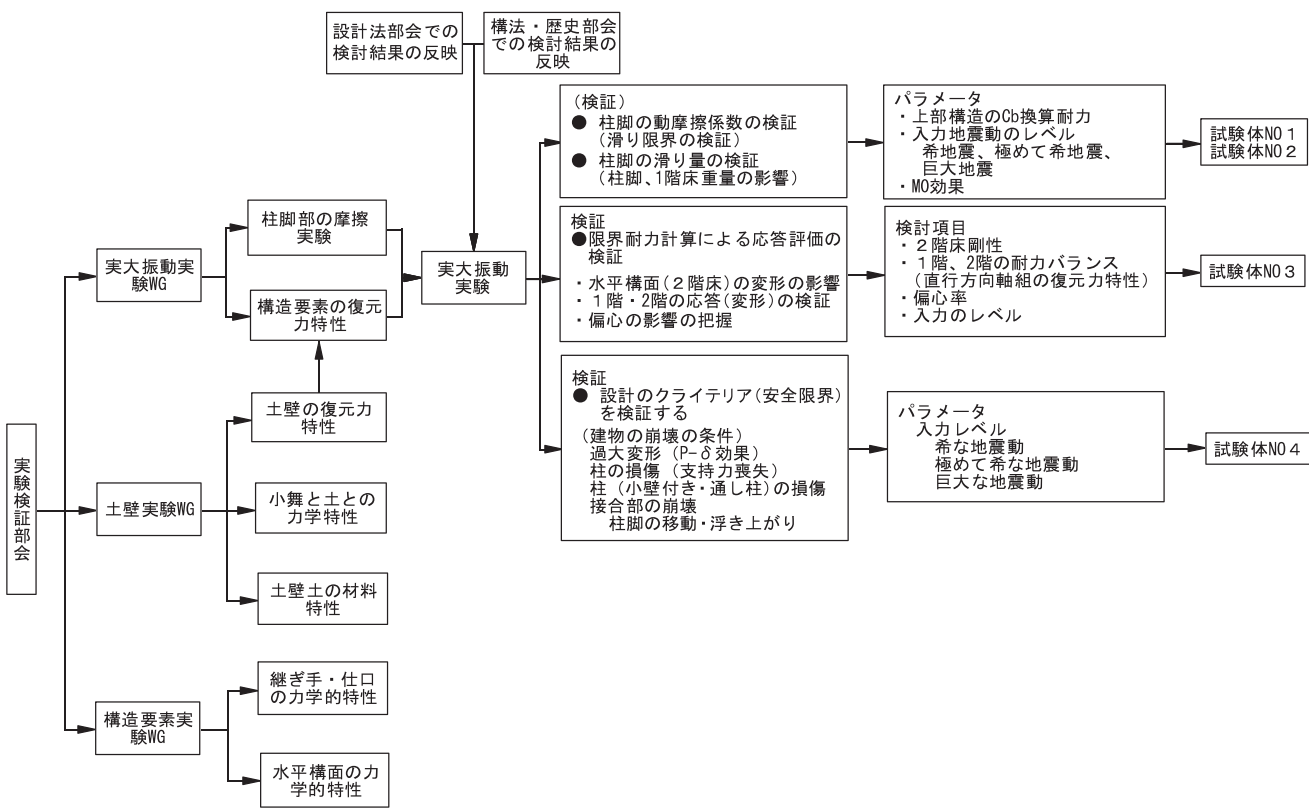


図1 各実験活動のフロー

I 部会報告：構法・歴史部会

構法・歴史部会主査 麓 和善



今年度の主な活動は、実大振動台実験および要素実験のための構法仕様に関して、本来の伝統構法に基づく提案を行ったことと、伝統構法に関する調査・研究として、重要文化財修理現場において、現地調査を行ったことである。以下、項目ごとに概要を述べる。

1. 実大振動台実験のための構法・仕様の提案

実大振動台実験として、4棟の試験体が設定されたが、実験の最重要目的が振動解析のために地震時の基本的な挙動データを得ることであったため、平面計画や構法仕様において、伝統構法に忠実とはいいたが部分も少なくない。その中で、試験体No.4は、今回の実験の主目的である「石場立て」モデルであり、可能な限り伝統的であることを念頭に、継手・仕口をはじめとする構法仕様を提案し、それが採用された。以下、その要点を記す。

軸組は、柱を石場立てとし、足固めと胴差しで固め、頂部は桁と中引き梁で繋ぎ、その上に小屋梁を架ける。柱は、通し柱を150mm角、管柱を120mm角とした。柱は書院造の木割では4寸2分(127mm)角が基本であるので、妥当な寸法である。通し柱の配置は、概して古くは1階の部屋の隅柱を通し柱とし、その結果2階の間取りは1階に拘束されることとなるが、次第に1階と2階の間取りを変えるものも現れ、この場合の通し柱は建物の4隅など要所のみとなる。これまでの実大実験では、すべての柱を通し柱とすることが多かったが、今回は将来の設計の自由度を期して、棟通り中央の2本を管柱とした。また、差し物として、差鴨居と胴差しがあるが、これらが同時に使われることはない。そこで、今回は2階床を構成するものとして、

床組は、桁行を下木、梁間を上木に足固めを2間間隔で通し、その上に梁間方向に根太を配し、床板を張る構法を提案した。しかし実施は梁間の足固めと同じ高さで大引を架け、大引と上端揃いに桁行方向に根太を45.5cm間隔で配し、その上に厚さ3cmの床板を張った。

また、2階の床組みは、桁行を下木、梁間を上木に胴差しを2間間隔で通し、その上に梁間方向に半間間隔で小梁を架け、床板を張る構法を提案した。しかし実施は小梁の間に根太を45.5cm間隔で配し、その上に厚さ3cmの床板を張った。これらは過去の事例にはない構法であるが、試験体として床剛性を確保する必要上、やむをえない措置と判断した。

小屋組は、和小屋を採用した。正背面の柱の頂部には桁、棟通りには中引き梁を架け、その上に京呂組に小屋梁を架け渡した。妻面は、桁と同じ高さに妻梁を架け渡した。母屋割りは柱間と合わせて91cmとした。小屋束には桁行、梁間共に1段の貫を通した。

2. 要素実験のための継手・仕口に関する考え方と具体的提案

江戸時代までに発達した継手・仕口は100種類以上におよぶが、そのうち継手は、形状から次の12種類に分類できる。①突き付け、②相欠き(腰掛け)、③殺ぎ継ぎ、④蟻継ぎ(腰掛け蟻継ぎ)、⑤鎌継ぎ(両目違い鎌継ぎ、腰掛け鎌継ぎ、車知鎌継ぎ)、⑥略鎌継ぎ(4枚鎌継ぎ、栓打ち鎌継ぎ)、⑦目違い継ぎ(両目違い、矩ね折れ目違い、箱目違い、十字目違い)、⑧竿車知継ぎ(両目違い竿車知継ぎ)、⑨台持ち継ぎ、⑩追掛け継ぎ(追掛け大栓継ぎ)、⑪金輪継ぎ(隠し金輪継ぎ、尻挟み継ぎ)、⑫雇い(雇い鎌、半雇い鎌、掴み蟻、雇い竿)

また仕口は、部材の取り合い方によって、「組み手」・「差し口」・「留め」の3種に大別でき、その形状から次の20種類に分類できる。(i)組み手：①大乗り(普通はダボを入れる)、②欠き込み(腮欠き、襟輪欠き)、③渡り腮(蟻掛け渡り腮)、④相欠き(襟輪相欠き、蟻型相欠き、捻子組、八つ中組)、(ii)差し口：⑥突き付け、⑦鬘太、⑧大入れ(傾き大入れ)、⑨輪薙、⑩柄(長柄、短柄、重柄、地獄柄、小根柄、襟輪柄)、⑪鎌(上げ鎌、下げ鎌)、⑫蟻(大入れ蟻掛け、陰入れ蟻落とし、寄せ蟻、篠差し蟻、兜蟻)、⑬雇い(引き独鈷、引き独鈷蟻、釣り子、舟柄)、(iii)留め：⑭大留め、⑮上端留め、⑯台輪留め、⑰鬘面留め、⑱須弥留め、⑲雛留め、⑳襟輪留め(内留め)

以上の継手・仕口の中から、基本的かつ汎用性の高い継手・仕口として次を選択した。

継手：腰掛け蟻継ぎ(土台・桁・母屋)、腰掛け鎌継

ぎ(桁・母屋・棟木)、追掛け大栓継ぎ(桁・母屋・棟木)、金輪継ぎ(柱・桁・母屋・棟木)、台持ち継ぎ(梁)、両目違い竿車知継ぎ(母屋・棟木)、略鎌継ぎ(貫)。

仕口：大入れ蟻掛け(土台・大梁-小梁)、兜蟻(桁-小屋梁)、渡り腮掛け(大引き-根太)、短柄(柱底部・頂部)、長柄(柱底部・頂部)、重柄(柱頂部)、下げ鎌(柱-貫)、竿引き独鈷、雇い柄、胴付き小根柄鼻栓止め、胴付き小根柄込み栓止め(以上四方差しの要素)、長柄込み栓打ち(柱-桁・柱-差物)、長柄鼻栓打ち(柱-差物)、大乗り・ダボ(梁)、突き付け・平ダボ(床板)



重要文化財 小野家住宅(長野県塩尻市)



重要文化財 大村家住宅(愛媛県喜多郡内子町)



重要文化財 上芳我家住宅(愛媛県喜多郡内子町)

3. 重要文化財修理工事現場における現地調査

伝統構法に関する認識を深め、具体的データを収集し、今後の伝統構法を検討する上での資料とするため、現在修理工事が行なわれている重要文化財の住宅建築の中から、小野家住宅(塩尻)、上芳我家住宅・大村家住宅(内子)、勝興寺大広間・書院(高岡)を選び、現地調査を行った。下表はその調書の一例である。(なお、調査に際しては、所有者・公益財団法人文化財建造物保存技術協会および工事関係者の皆様からご高配を賜りました。ここに深く謝意を表します。)

※このページの全ての写真は、所有者等の掲載許可を得ており、無断転載を禁じます。



重要文化財 勝興寺大広間(富山県高岡市)

【建築史料部会】

民家調査シート

No.2010-1224

【重要文化財】

調査員氏名 望月 昭

用途 小野家住宅・別荘(長野県塩尻市) 本造2階建て

日時 平成22年12月24日

建築時期 1831年(天保2年)

場所 長野県塩尻市

規模 1間132.10㎡、2間132.49㎡、延べ床面積324.59㎡

方位方向	部材	主な部材寸法	継手	仕口	材料	調査・特徴・補修など
正面	自然石	丸				
	廻石	丸				大黒柱・小大黒柱
	のり石	丸				大黒柱の台座・外張土台座
	廻り石	丸				
見立	土台	丸 1200×155 1200×140 1200×135	腰掛け蟻継ぎ又は腰掛け蟻継ぎ	腰掛け蟻継ぎ	杉材	
	地盤	丸 1200×130 1200×135	略鎌継ぎ		杉材	
	足固め	丸 187×135			杉材	足固めには瓦葺材
	床工舞	丸 1150×25			杉材	土間磨き仕上げ
一階床	大引(土台)	丸 1500×150(一階のみ) 敷木(土台)			杉材	
	廻り敷	丸 270×155			杉材	
	床敷	丸 380×140 455×150 250×125	腰掛け蟻継ぎ又は腰掛け蟻継ぎ	腰掛け蟻継ぎ	杉材	
	鴨居	丸 55×120			杉材	
内法	土台	丸 455×145 280×105 270×150	腰掛け蟻継ぎ又は腰掛け蟻継ぎ	腰掛け蟻継ぎ	杉材	
	床敷	丸 280×115 240×105 180×135	略鎌継ぎ		杉材	
	鴨居	丸 230×130			杉材	
	床工舞	丸 1150×25			杉材	
二階床	腰掛・大梁	丸 455×145 280×105 270×150	腰掛け蟻継ぎ又は腰掛け蟻継ぎ	腰掛け蟻継ぎ	杉材	
	小梁(土台)	丸 230×130			杉材	
	床工舞	丸 1150×25			杉材	
	床工舞	丸 1150×25			杉材	
小梁の端部	自然石	丸				
	廻石	丸				
	のり石	丸				
	廻り石	丸				
小梁組	土台	丸 1200×155 1200×140 1200×135	腰掛け蟻継ぎ又は腰掛け蟻継ぎ	腰掛け蟻継ぎ	杉材	
	地盤	丸 1200×130 1200×135	略鎌継ぎ		杉材	
	足固め	丸 187×135			杉材	
	床工舞	丸 1150×25			杉材	
階下小梁組	土台	丸 1200×155 1200×140 1200×135	腰掛け蟻継ぎ又は腰掛け蟻継ぎ	腰掛け蟻継ぎ	杉材	
	地盤	丸 1200×130 1200×135	略鎌継ぎ		杉材	
	足固め	丸 187×135			杉材	
	床工舞	丸 1150×25			杉材	

寸法基準 縦×横、厚付×長さ

図1 調査シート記入例(重要文化財小野家住宅 主担当 望月昭)

I 部会報告：材料部会-1

材料部会主査 小松 幸平



材料部会が平成 22 年度に行った研究課題は以下の 1.～5. に示す項目です。このうち、1. の材料品質・接合 WG、2. および 3. の天然乾燥 SWG が受け持った研究課題は、昨年度の委員会から引き継がれている課題が多くを占めていますので、詳しい内容については、材料品質・接合 WG の委員長より報告される予定です。

1. 伝統的構法に使用する木材の品質と接合性能（材料品質・接合 WG）
 1. 1 天然乾燥材の干割れ
 - (1) 標準状態と屋外（屋根付き暴露）、及び水中貯木（つくば）
 - (2) 葉枯らし乾燥の有無（京都）
 - (3) 多雪地での屋外暴露における屋根の有無の影響（富山）
 - (4) 温暖地での屋外暴露における屋根の有無の影響（宮崎）
 1. 2 差し鴨居を含む垂れ壁の水平せん断性能に与える部材の欠点の影響
 1. 3 柱の背割りが貫構造耐力壁の水平せん断性能に与える影響
 1. 4 込み栓に使用する広葉樹の生産実態に関する調査
 1. 5 実務者の目視選別の内容と方法に関する調査
2. 天然乾燥に関する既往の知見の整理（天然乾燥 SWG）
3. 天然乾燥の実態調査（天然乾燥 SWG）
4. 伝統的構法の耐久性（耐久性 WG）
 4. 1 木材および伝統的木造の劣化特性に関する既往の知見
 4. 2 伝統的構法による木造の耐久性調査
 4. 3 伝統的構法にみられる劣化対策例の検証
 4. 4 （参考資料）耐久性調査の指針と手順
5. 古材の性能（古材 WG）
 5. 1 応力波伝播速度に基づくヤング率推定法の原理
 5. 2 古建築部材の応力波伝播速度および推定ヤング率

5. 3 古建築（三重古民家、善光寺大勧進萬善堂）の応力波伝播特性
5. 4 実大材の曲げ性能

平成 22 年度から新設された耐久性 WG では、伝統的木造の耐久性設計のための調査研究が行なわれました。平成 22 年度には約 30 棟の民家、農家や社寺建築について、腐朽や虫害の調査、温湿度などの環境調査を行いました。日本の伝統木造は、雨仕舞を中心に、構造や材料面の観点から耐久性を確保する工夫が施されています。しかし、建物の歴史が長いことや造改築や維持管理によって耐久性が低下している場合があることが明らかになりました。写真 1 に調査状況の一例を示します。

同じく、平成 22 年度から新設された古材 WG では、4 つの課題にとりくみましたが、写真 2 は善光寺大勧進萬善堂の小屋組の中で応力波伝播特性を調べている状況を示します。図 1 は推定された古建築部材のヤング係数の出現頻度を示します。また、写真 3 に実大寸法の古材の曲げ試験の状況を、図 2 に古材のヤング係数（MOE）と曲げ破壊係数（MOR）の実測例を示します。

次年度の計画については、本原稿執筆時点では、まだ詳細は決まっていますが、次年度も継続される課題が多くを占めている状況です。



写真 1 耐久性調査事例



写真 2 応力波伝播特性測定状況

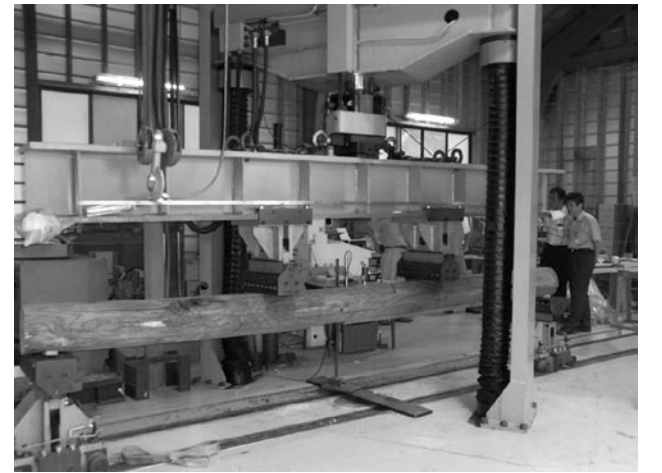


写真 3 実大材の曲げ試験の状況

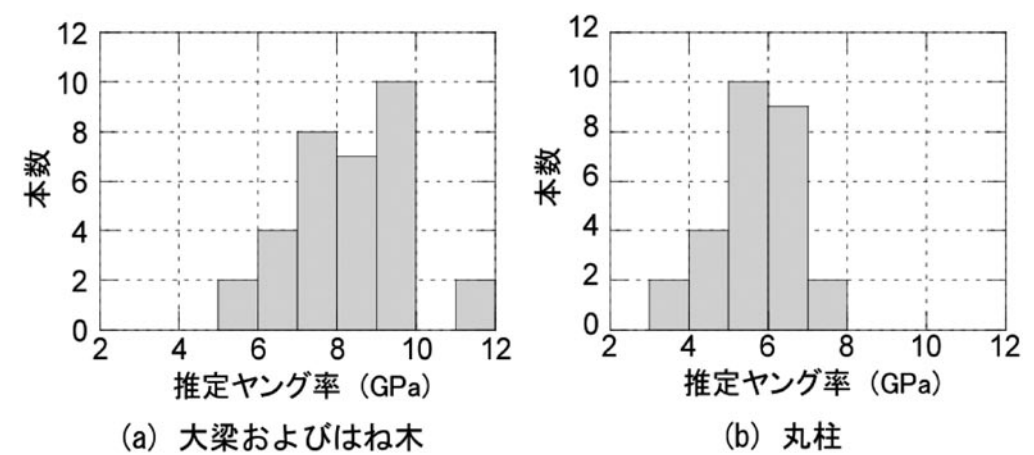


図 1 古建築部材のヤング率出現頻度

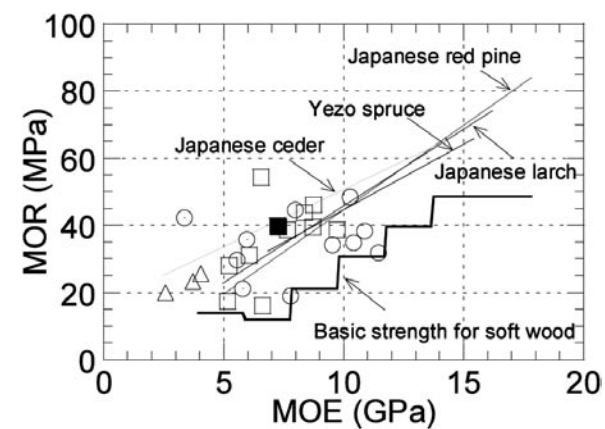


図 2 ヤング係数と曲げ破壊係数の関係

I 部会報告：材料部会 -2

材料品質・接合ワーキンググループ主査 植本 敬大



1. はじめに

伝統的技術を活用して木造住宅を設計・建築する際、もしくは伝統的技術を活用した木造建築物の建築確認審査を受ける際に障害となっている課題はいくつかある。このうち、実務者が最も重要と考える問題、並びに実務者の経験に基づく知見と科学的に証明されている知見の間に多少の相違、齟齬がある問題について抽出し、経済的・労力的に可能な範囲で解決に資する技術的検討を行った。主な検討項目は以下の通りである。

- 1) 天然乾燥過程における干割れの発生状況の測定
- 2) 天然乾燥に関する既往の知見の整理
- 3) 天然乾燥の種類と方法
- 4) 実務者による目視選別の方法に関する調査
- 5) 貫構造耐力壁性能に対する柱の背割りの影響

以上のうち、主な成果の概略を以下に紹介する。

2. 天然乾燥と干割れ

平成 22 年度は 120 mm の正角材（長さ 2 m）を対象として、表 1 に示す場所、条件で天然乾燥を開始した（写真 1）。実大材の天然乾燥には約 1 年程度の期間が必要であるため、最終的な結論は得られていないが、昨年度に開始した実験で得られた知見を紹介する。

表 1 天然乾燥の干割れ調査の条件と開始日

乾燥 条件 実施 場所	屋外 (屋根 付き)	屋外 (屋根 無し)	標準 状態 20℃ 65%	生材 加工 →20℃ 65%	水中処理
つくば	12/1	—	12/1	12/1	12/20
京都	○*	○*	—	—	—
富山	12/6	12/6	—	—	—
宮崎	11/27	11/27	—	—	—

伐採されたスギ丸太から、約 135 mm の正角断面を有する 6 m の粗挽き製材を長さ方向に 3 分割して、人工高温乾燥用試験体、天然乾燥用試験体、並びに生

材加工用試験体に振り分けた。高温乾燥用と天然乾燥用の試験体は粗挽き製材のまま乾燥工程を経、部材加工を施した。生材加工用試験体は、乾燥工程を経ずに部材加工を施すという通常は実施しない作業工程を実験的に試行したものである。部材加工の方法は伝統的架構のうち、長ほぞ差し込み栓接合部と貫構造に使用する柱を意識して、図 1 のような形状とした。

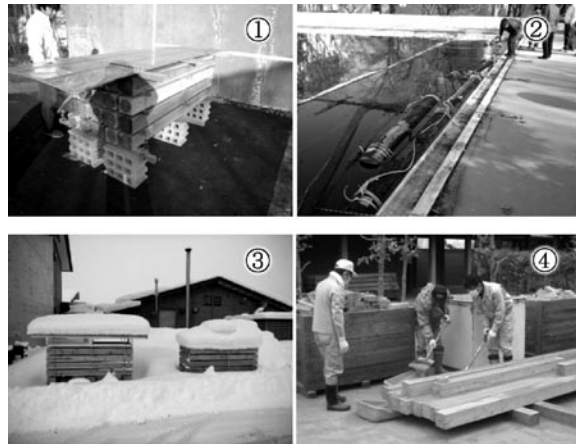


写真 1 天然乾燥実施状況（①つくば、②水中処理、③富山、④宮崎・都城）

材料表面（木口、ほぞ、胴付き面を除く）、ほぞの側面、および木口面と胴付き面の割れの数と比較して図 2 に示す。人工高温乾燥材は表面割れが少ないが、ほぞ側面と木口・胴付き面の割れが多いことから、相当数の内部割れがあることが想像される。一方、天然乾燥材や生材加工試験体では、材面の割れは多いが、ほぞ側面と木口・胴付き面の割れは少ない。また、天然乾燥材の各部の割れの数値は、人工高温乾燥材と生材加工試験体の数値の中間的な数値であり、バランスが良いといえる。よって、部材の内部で継手・仕口を形成する伝統的構法に使用する材料として、天然乾燥材が適している可能性が高い。

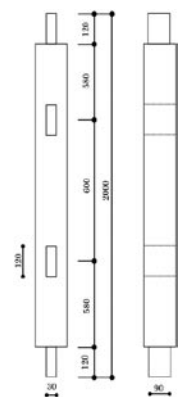


図 1 試験体形状

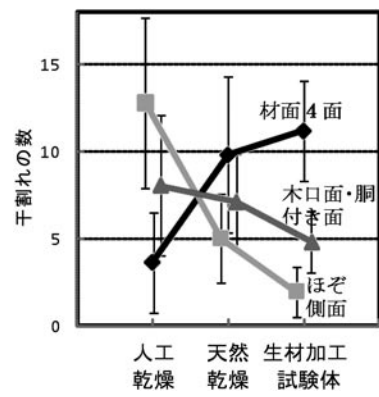


図 2 乾燥方法と干割れの分布

3. 天然乾燥の実態調査

平成 21 年度に実施した天然乾燥材の生産に関するアンケート調査 1) の結果に基づいて、天然乾燥材の生産量が多い業者、特色のある天然乾燥を実施している業者について、その生産の方法、品質管理等の実態について図 3 に示す全国の 21 者に対して、ヒアリング調査を行った。その結果、以下が得られた。

- 1) 地元産材を使用しているところが多く、樹種は圧倒的にスギが多い。
- 2) 伐採時期を秋～冬に特定し、製材前の乾燥として葉枯らし乾燥を実施しているところが多い。その他、高温セットや輪掛け乾燥などもあった。
- 3) 製材後の乾燥は栈積み乾燥が圧倒的に多く、期間は 6 ヶ月～1 年程度が中心である。
- 4) 多雨地では屋根を付けるなど、気候・風土に応じた工夫が様々であった。
- 5) 構造材の出荷時含水率は約 20 ～ 25% といずれの業者もほぼ同等であるが、納品先の要求によって納品含水率やその管理方法が異なる例が多かった。
- 6) 急激な乾燥を避けるため、則ち干割れを防止するための工夫も、寒冷紗による覆い、木口や側面への割れ止め剤の塗布など多種多様であった。

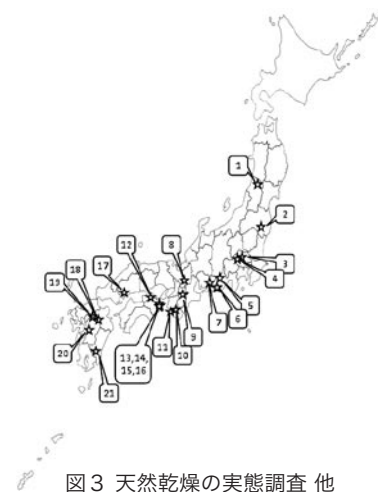


図 3 天然乾燥の実態調査 他

4. 実務者の目視選別の方法に関する調査

木造建築に関する伝統的技術には、材料を実務者の目で選別、品質管理することが含まれている。実務者が材料を選ぶときに選別する条件、根拠などを明文化し、選別された材料の何が異なるのかを科学技術的に説明

することを目的として検討した。120 × 240 mm × 4 m の横架材を対象として調査を実施した。全国各地の 6 ヶ所から、節や目切れなどの欠点が少ない材料と多い材料の両方を含むものとして 4 体ずつ調達した。これを E-ディフェンスの実験場の床に並べ、実務者に曲げ弾性係数の高低、密度の高低、含水率の高低、産地、価格、用途など及びその理由について調査票を使用してアンケートを行った（写真 2）。



写真 2 調査風景

調査項目は以下の通りで、それぞれについて適否を 4 段階で調査票に記入するものとした。

- ・スパンをとばす箇所に使うもの（選んだ理由）
- ・重要な接合部を構成するもの（選んだ理由）
- ・含水率が低いもの
- ・横架材に使用した時、曲がりにくいもの、曲げ強度が高いもの（選んだ理由）
- ・乾燥割れが生じにくいもの、狂いが生じにくいもの（選んだ理由）
- ・産地
- ・立米単価（その判断根拠）
- ・その部材を建物のどこにどのように使うか（自由記述）

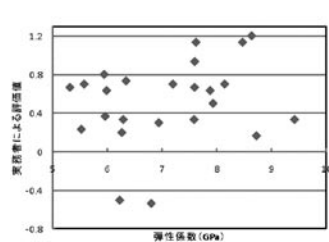


図 4 スパンをとばす箇所に使うものと弾性係数の関係

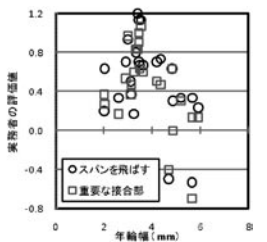


図 5 平均年輪幅とスパンを飛ばす、重要な接合部に使用するかどうかの評価の関係

以上より、スパンを飛ばす箇所に使うと実務者が評価したものは、弾性係数は高くない可能性があるが、年輪幅が狭いものを使用している可能性が示唆された。

文献
1) 鈴木 圭、植本敬大：建築技術，No.733, p102-103, 2011.

II 実験 事前検証：壁要素実験

実験検証部会 土壁ワーキンググループ 中治 弘行



はじめに

ここでは、実大振動台実験の事前シミュレーションのために、振動実験に先だって開始された土壁要素実験の概略について述べる。実大振動台実験での試験体 No.3 および 4 で用いられた乾式荒壁パネル試験体と湿式土塗り壁試験体を作製し、金沢工業大学（後藤）、鳥取環境大学（中治）、福山大学（鎌田）、岡山理科大学（山崎）、横浜国立大学（中尾）で分担して面内せん断加力実験を行った。試験体数が多いため、一部の実験は原稿執筆時点で継続中である。

試験体概要

試験体の一覧を表 1 に示す。足固め仕様は振動実験試験体の 1 階部分、土台仕様は同じく 2 階部分を想定している。一例として、MWD-10 の軸組図（柱、土台、桁、貫、束）を図 1 に示す。略称の M は Mud、W は Wall、D は土台 (Dodai) を表している。同様に、P は Panel、A は足固め (Ashigatame) である。

写真 1 に、MWD-10 の設置状況を示す。下の方に写っている鋼材が柱軸力のためのおもりである。

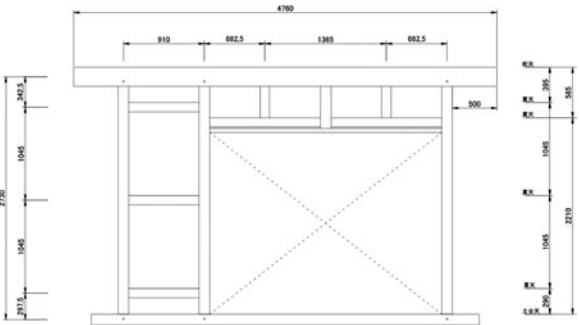


図 1 MWD-10 軸組図



写真 1 MWD-10 設置状況

表 1 試験体一覧

湿式（振動実験試験体 No.4 を想定）						乾式（振動実験試験体 No.3 を想定）					
足固め仕様	略称	数	土台仕様	略称	数	足固め仕様	略称	数	土台仕様	略称	数
1P 全面	MWA-1	3	1P 全面	MWD-1	3	1P 全面	PWA-1	3	1P 全面	PWD-1	3
2P 全面	MWA-2	3	2P 全面	MWD-2	3	2P 全面	PWA-2	3	2P 全面	PWD-2	3
4P 全面	MWA-3	1	4P 全面	MWD-3	1	4P 全面	PWA-3	1	4P 全面	PWD-3	1
2P 垂れ壁	MWA-4	3	2P 垂れ壁	MWD-4	3				2P 垂れ壁	PWD-4	3
2P 腰壁	MWA-5	3	2P 腰壁	MWD-5	3				2P 腰壁	PWD-5	3
2P 垂れ壁＋腰壁	MWA-6	3	2P 垂れ壁＋腰壁	MWD-6	3				2P 垂れ壁＋腰壁	PWD-6	3
4P 開口付(6種)	MWA-7	1	4P 開口付(6種)	MWD-7	1				4P 開口付(6種)	PWD-7	1
	MWA-8	1		MWD-8	1				PWD-8	1	
	MWA-9	1		MWD-9	1				PWD-9	1	
	MWA-10	1		MWD-10	1				PWD-10	1	
	MWA-11	1		MWD-11	1				PWD-11	1	
	MWA-12	1		MWD-12	1				PWD-12	1	

実験方法

外側の柱 1 本当たり約 10kN の軸力を作用させる載荷式の面内せん断加力実験とした。見かけの変形角で 1/480rad から 1/10rad 以上まで変形を増大させる変形制御で加力を行い、荷重、桁と土台の水平変位、土台の回転、柱脚の抜け（浮き上がり）などを計測した。

実験結果概要

鳥取環境大学で実施した土台仕様湿式土塗り壁要素実験結果の一部について述べる。図 2 に MWD-1、MWD-2、MWD-3、MWD-8、MWD-10 の荷重と真の変形角の関係を包絡線で代表させたものを示す。ただし、MWD-3 は片方向のみの繰り返し加力となったた

め、この実験結果は参考程度とされたい。

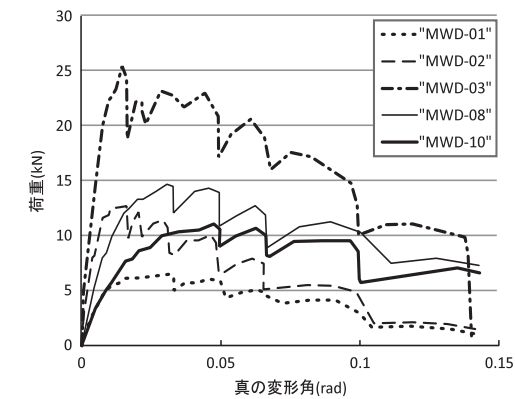


図 2 荷重と変形角の関係（土台仕様・湿式の一部）

MWD-1、MWD-2、MWD-3 は、全面壁で壁幅が異なる。最大耐力に至るまでは、ほぼ壁幅に比例的な耐力を示している。開口のある MWD-8 と MWD-10 では、開口の大きい MWD-10 の方が、耐力が小さい。

最大耐力経験後、変形が大きくなるにつれて耐力が低下するが、耐力低下の程度は、合板や筋かいなどの耐力壁に比べて、あまり大きくないこともわかる。最大耐力に達するときの変形角は、1/60rad から 1/20rad の範囲に見られる。

損傷状況

MWD-1、MWD-2、MWD-3、MWD-8、MWD-10 の実験終了時の状況を写真 2 から写真 6 に示す。写真 7 に、PWA-1 の損傷状況も併せて示す。いずれの試験体も、1/10rad を超える変形まで加力を行っても柱脚が引き抜けてしまうなどの重大な軸組の損傷を生じなかった。1/60rad 辺りから、壁土のひび割れが目立ち始め、1/20rad を超えると所々で壁土の剥落が見られ、そのために計測器の何台かが犠牲となった。貫に沿ったひび割れと、その周辺に伸びる斜めのせん断ひび割れが顕著である。土壁部分について、MWD-3 の損傷は MWD-2 と同様であり、MWD-8 や MWD-10 では MWD-1 と同様の損傷が見られる。1/7rad 近くまで変形させたところ、MWD-1 の左柱の他には柱脚その他の軸組に目立った損傷は見られなかった。

おわりに

今後、MWD-3 などについて再実験や追加実験を継続してゆく。

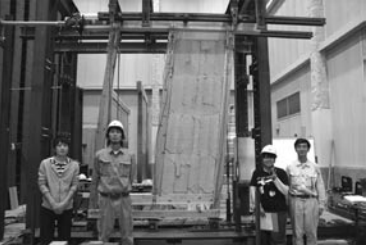


写真 7 PWA-1



写真 2 MWD-1

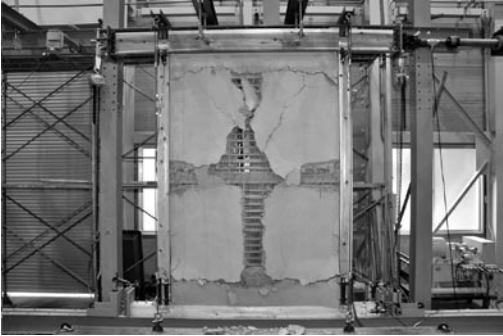


写真 3 MWD-2



写真 4 MWD-3

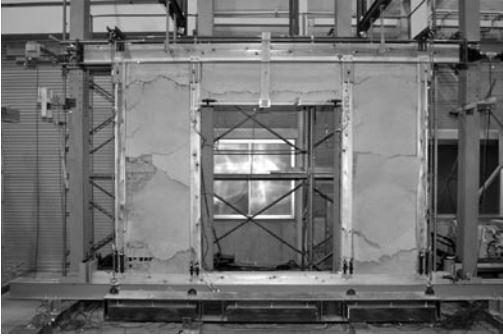


写真 5 MWD-8

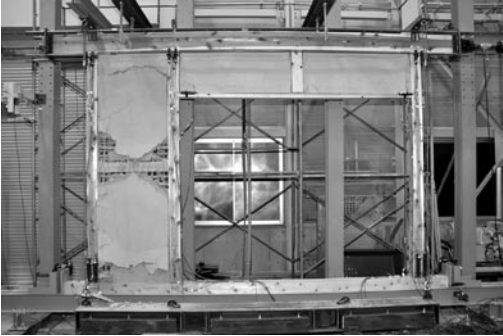
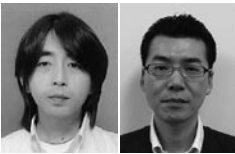


写真 6 MWD-10

II 実験 事前検証：柱脚の滑り実験

実験検証部会 向坊 恭介・須田 達



E-ディフェンスでの石場建て木造建築物の振動台実験を計画するに当たり、事前に柱脚の滑り摩擦係数や試験体各部の挙動を把握する目的で実施した実験のねらいと結果について報告する。

柱脚部のみの振動台実験

実験のねらい

E-ディフェンスの試験体では、柱脚の滑りが生じることが予想されたが、最大の滑り量や滑り摩擦係数がどの程度になるか、また、礎石の仕上げが及ぼす影響などについて、既往の実験データからは予測出来なかった。そこで、数種類の礎石に対して、礎石と柱底面の滑り摩擦係数を明らかにすることを目的として、柱脚部のみの振動台実験を行った。

実験の概要

実験は、京都大学防災研究所強震応答実験室において、2010年7月20～30日に実施した。試験体は、平面寸法 1,820 × 1,820mm の4本柱の木造軸組とし、柱脚部にダボ等は設けずに直接設置した。柱は120mm角、胴差しは120 × 270mm、柱－胴差し接合部には雇いほぞ接合を用いた。また、出来るだけ剛体的な振動性状となるように、接合部は構造用合板で補強した。主要材の樹種はスギである。礎石のサイズは、500mm角、厚さ60mmとし、6枚びしゃん（細）、3枚びしゃん（粗）、切り出しまま、コンクリートを用いた。試験体を振動台に設置した様子を写真1に示す。屋根荷重に相当する柱軸力を与えるため、写真1に示すように、木造軸組の上に鋼製の錘（4tonf）を設置した。なお、木造軸組は同一のものを用い、礎石のみ交換した。加振波として、正弦波1Hz、正弦波2Hz、日本建築センター模擬波（BCJ-L2波）を用い、最大入力加速度を100cm/s²から徐々に大きくしながら繰り返し加振した。滑りによって柱脚が礎石を踏み外す直前で実験を終了した。

実験の結果

いずれの礎石の場合も、入力加速度がおおよそ300cm/s²を超える付近から滑りが生じ始め、加振波に関わらず、一方向に滑りやすい傾向が見られた。また、びしゃん仕上げの礎石・細と礎石・粗では、加振後に木材の磨耗粉が見られ、柱底部が削られていた。計測データから大きく滑りが生じた箇所を読み取り、摩擦係数を算出した結果を図1に示す。図1はBCJ-L2波加振の結果から求めたものである。摩擦係数の平均値は、6枚びしゃん（細）で0.414、3枚びしゃん（粗）で0.329、切り出しままで0.391、コンクリートで0.328となった。6枚びしゃん仕上げの礎石を用いた既往の実験では、柱脚部の摩擦係数は0.3～0.5に分布するとされており、本実験の結果と概ね一致した。礎石の種類を変えた場合、摩擦係数の平均値は変わる結果となったが、図1に見られるようにバラツキは大きい。このバラツキには、滑り現象そのものが有するバラツキに加えて、データ読み取りに係る人為的バラツキも含まれると考えられる。

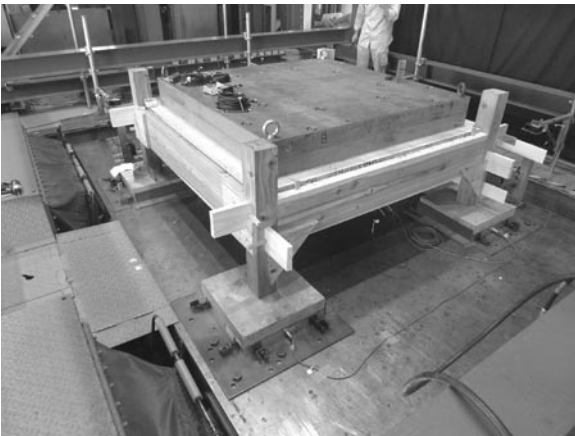


写真1 柱脚部のみの試験体

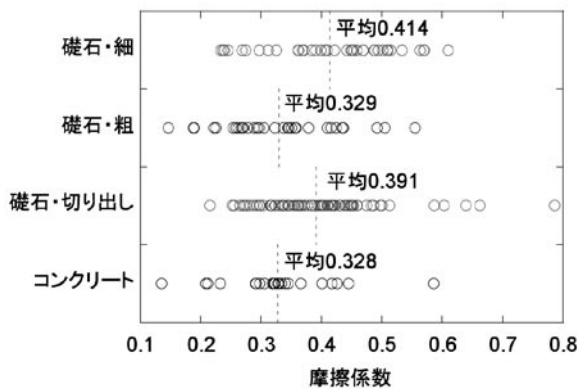


図1 礎石種類による摩擦係数の比較

石場建て木造軸組の振動台実験

実験のねらい

この実験は、E-ディフェンスでの振動台実験の予備実験と位置付けられ、試験体の軸組および鉛直構面、水平構面等の仕様、錘の加工、設置方法等は、E-ディフェンス試験体の仕様に準じている。これにより、E-ディフェンス実験での計測方法、錘の性能等を確認すると共に、試験体の振動特性や滑り挙動を把握することを目的としている。

実験の概要

実験は、京都大学防災研究所強震応答実験室において、2010年10月12～29日に実施した。試験体の接合部は、直交する桁は相欠き接合、桁と柱は長ほぞ込み栓留め接合、柱と足固めは、ほぞ差し車知栓留め接合とした石場建て伝統構法である（写真2）。規模は、平面寸法3640mm × 3640mm、高さは3110mm、柱は、隅柱が150mm角の通し柱、中柱が120mm角、桁と足固めの断面は120 × 240mmである。礎石は、平面500mm × 500mm、厚み60mm、表面は切り出しままの御影石とした。耐力要素は片面貼り乾式土壁パネルによる壁と足固め、柱などの軸組である。実験は、加振方向の壁配置をパラメータとし、試験体AはY1、Y5構面に2P、試験体Bは、それぞれ1Pと2P、試験体Cは1Pと1P、試験体Dは3Pと1Pの壁配置とした。また、試験体頂部には、水平構面の変形を阻害しないような仕様の錘（42.35kN）を設置した。

実験の結果

最大応答層間変形角は、偏心のない試験体Aでは構面間の差がほとんど無く、偏心のある試験体Dでは構面間の差が大きく、入力が大きくなるにつれてその

差も大きくなった（図2）。各試験体とも入力加速度が200cm/s²を超える時点から、柱脚の滑りが生じ始め、入力レベルが大きくなるにつれて滑り量も大きくなった。偏心のない試験体Aでは各構面が同じような滑り挙動を示したのに対して、偏心のある試験体Dでは壁の多いY1構面に比べてY5構面のほうが大きく滑る結果となった（図3）。また、入力加速度が小さい範囲では、入力レベルに比例して最大応答加速度も大きくなったが、滑りが生じ始めた225cm/s²以降は概ね一定となった。偏心が大きい試験体Dは、構面間の応答加速度の差が大きく、構面ごとの応答は試験体DのY5構面が最も大きい結果となった。



写真2 石場建て木造軸組試験体

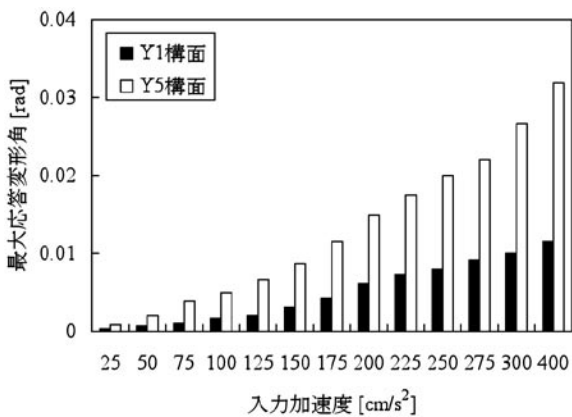


図2 最大応答層間変形角（試験体D）

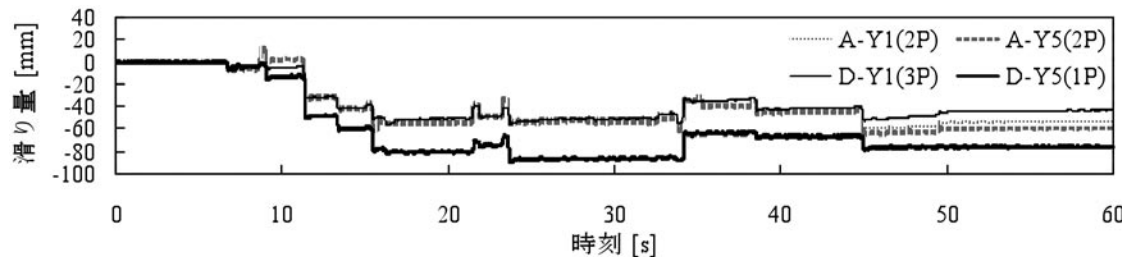


図3 すべりの時刻歴（凡例 A、D は試験体名称、Y1、Y5 は構面、（）は壁枚数）

III 実大振動台実験：実験のねらい

実験検証部会ワーキンググループ主査 後藤 正美

1. 実験の概要

伝統構法あるいは伝統的構法建築物（以下、伝統的構法）の設計法を構築することを目的として石場建てを含む伝統的構法の実大試験体を用いた振動台実験を独立行政法人防災科学技術研究所との共同研究として実施した。

石場建て（礎石建て）構法の柱脚の移動に注目し、平屋建て2棟の実大試験体 No.1、No.2 により、柱脚の滑りの発生条件、滑り量について把握し、柱脚と礎石との摩擦、上部構造物の耐力、入力地震動レベルとの関係を明らかにする。

次に、水平構面の変形や偏心によるねじれ振動による応答への影響などを把握するとともに1階と2階との耐力バランスなどが大地震時の挙動に及ぼす影響を検証するために、2階建て試験体2棟、柱脚固定の試験体 No.3 および石場建て（柱脚フリー）の試験体 No.4 の振動台実験を行う。

試験体は平屋2体、2階建2体の計4体であるが、下記の実験目的を達成するためには色々な実験パラメータが必要となる。今回は、試験体の仕様を変化させるために NO1 ～ NO3 の試験体では、乾式土壁パネルを採用した。

実験で使用した入力波形は、1）振動特性評価用波形：White noise 25Gal 振動台 X 方向＋Y 方向、2）稀な地震動として、人工地震波 BCJ-L1（第2種地盤用で稀地震用にレベル調整したもの）、3）極めて稀な地震動として人工地震波 BCJ-L2（第2種地盤用に調整したもの）、4）巨大な地震動として JMA 神戸（3方向加振）波を採用した。

2. 試験体と実験の内容・試験体の決定過程

試験体を決める過程で、今回の実験は伝統的構法の構造物が有する耐震性能を定量的に評価することが大きなポイントであった。幾つかのパラメータを変えながら実験結果の比較を行うことで、それぞれの特性が建築物の耐震性能にどのような影響を与えているかの考察が

行える試験体として、町屋的な平面の2列3室型と農家型のような田の字型が検討された。加振方向を変えることで長手と短手の特性を比較できる2列3室型を採用することとした。



写真1 石場建てと礎石

試験体の各部（足固め、接合部、床構面など）の詳細については、構法・歴史部会で相当の議論が重ねられて、決定までには相当の時間を要したが、あくまでも試験体として耐震性能を評価しやすい構法を採用するということが決定された。礎石の大きさについては、柱脚が移動しても礎石から落下しないように、また、礎石の種類に関しては、要素実験結果から礎石の仕上げと摩擦係数に明確な違いが得られなかったことから、びしょん（細）仕上げ（写真1）1種類とした。屋根は設けずに相当の重量を載せて実験を行った。各実験とも加振前後に損傷観察を実施した。その際に写真撮影や損傷の状況を簡単にスケッチするために、試験体の各部材に部材位置など認識できるようにラベルを貼付した（写真2）。



写真2 部材に貼付されたラベル

・計測計画

今回の実験では、多くの実験目的があり目的を達成するためには、計測計画は重要である。主な計測は、①試験体の層間変形角（偏心の影響を見るためには各構面のデータが必要である）、②柱脚の挙動（柱脚の移動や浮き上がり）、③各部材に変形角（要素実験で得られた結果と建物に組み込まれた構造要素との関係と比較）など多くの計測項目がある。計測機器や装置の限界があるので、設計法部会と十分な協議の上で計測計画を立案・実施した。計測に際しては、多くの大学や研究機関から計測機器を借り入れて実施した。

・試験体 No.1 および No.2 の実験

実験の内容

- ・上部構造物の耐力（Cb 換算耐力）を変えて柱脚の滑りを調べる。
- ・1階床重量を変えて柱脚の滑りに与える影響（M0 効果）を調べる。
- ・壁配置の交換によって偏心率を変えて柱脚の滑りや上部構造物の挙動への影響を調べる。
- ・入力地震動の違いが柱脚の滑りにどのような影響を与えるか、入力地震動を変えて調べる。

表1に実験の概略を示す。試験体の様子を写真3に示す。

表1 No.1, No.2 実験の概略

壁配置	N01試験体			N02試験体			加振方向	加振波	目的
	短辺	長辺	偏心の有無	短辺	長辺	偏心の有無			
A	8P	8P	無	6P	8P	無	短辺	BCJ-L2	耐力の違い
B	8P	6P	無	8P	9P	無	長辺	BCJ-L2	耐力の違い
C	6P	8P	有	6P	8P	無	短辺	JMA神戸N S	偏心の有無の違い
D	8P	6P	無	8P	1.4P	無	長辺	ECJ-L1	N02の試験体の1階重量を低減 M0効果の評価と耐力の違い
								BCJ-L2	
E	6P	8P	無	6P	8P	無	3方向	JMA神戸	入力地震動の違い

・試験体 No.3 の実験

実験の内容

上部構造と建物の挙動の関係を把握するために、NO3の試験体は土台仕様とした。

- ・1階と2階の耐力バランスによって建築物の挙動にどのような影響を与えるか、1階と2階の耐力バランスを変えて調べる
- ・水平構面（2階床）の変形と鉛直構面の偏心が建築物の挙動にどのような影響を与えるか、偏心率を変えて調べる

表2に実験の概略を示す。試験体の様子を写真4に示す。

・試験体 No.4 の実験

実験の内容

石場建て2階建てで柱脚の滑り発生や滑り量を検証する

- ・石場建てによる柱脚の滑りが上部構造物の応答および安全性にどのような影響を与えるかを調べるとともに、
- ・1階と2階の耐力バランスによって建築物の挙動にどのような影響を与えるか
- ・水平構面（2階床）の変形と鉛直構面の偏心が建築物の挙動にどのような影響を与えるかを調べるために、試験体 No.4 は、偏心の有る壁配置となっている。

表3に実験の概略を示す。試験体の様子を写真5に示す。



写真3 No.1 試験体の損傷観察風景



写真4 No.3 試験体の損傷観察風景

表 3 No.4 実験の概略

加振記号	加振方向	加振波	目的	備考
A	短辺 長辺	BCJ-L1	損傷限界の検証	
	短辺 長辺	BCJ-L2	安全限界の検証	
B	短辺 長辺	BCJ-L1	損傷限界の検証	柱脚部の補修
	3 方向	JMA神戸	崩壊限界の検証	
C	3 方向	JMA神戸	崩壊限界の検証	1階床重量の撤去、補強と補修



写真 5-1 No.4 試験体の損傷観察風景

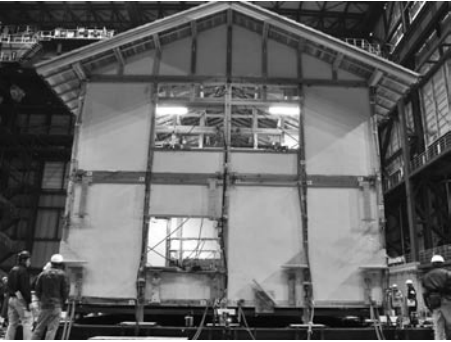


写真 5-2 No.4 試験体の損傷観察風景

3. 損傷観察

各実験の前後に試験体の状況を観察し記録をとること
で、その実験で生じた損傷の状況が把握できる。また、
実験終了後には、試験体を丁寧に解体し各部の損傷を
観察する。特に木材の折損については、実験後では見
過すこともあり解体時の観察は重要である。
実験スケジュールの関係で、実験間での損傷観察の時
間は限られているので、損傷観察マニュアルを作成し、
共通の視点で観察できるように標準化を図り、人海戦
術で実施した。
基本的には、定められた方法と位置から写真撮影を行
うとともに、損傷の状況を野帳に記入する。共通の試
験体で実験が継続して実施される場合には、野帳で記
入する文字色を変えることによって、どの実験で損傷
が発生したのか、損傷が拡大したのかが把握できるよ
うにした。

Ⅲ 実大振動台実験： 実験で得られた結果

設計法部会 腰原 幹雄



1. 各試験体結果

■試験体 No.1、No.2（平屋、柱脚は石場建てで滑る仕様、耐力壁は荒壁パネル）

(1) 加振 A

上部構造の壁量の異なる試験体

試験体 A1 は S 方向の壁長の和＝8×0.91（m）
試験体 A2 は S 方向の壁長の和＝6×0.91（m）
に対して、S（短辺）方向に、「極めて稀な地震動」を入力した結果、上部構造の壁量が多い試験体 A1 は試験体 A2 に比べて柱脚の滑り量は大きくなり、上部構造の変形は小さくなった。

表 1 L13 通の柱脚の滑り量と上部構造変形の最大値
（加振 A S 方向）

		A1（8P）	A2（6P）
滑り量	(mm)	48	30
上部構造変形 (H=2880)	(mm)	74	94
	(rad.)	1/39	1/31

※ L13 通は滑り量最大の通り

(2) 加振 B

上部構造の壁量の異なる試験体

試験体 B1 は L 方向の壁長の和＝6×0.91（m）
試験体 B2 は L 方向の壁長の和＝9×0.91（m）
に対して、L（長辺）方向に、「極めて稀な地震動」を入力した結果、上部構造の壁量が多い試験体 B1 は試験体 B2 に比べて柱脚の滑り量は大きくなると予測されたが、両者の滑り量はほとんど変わらなかった。S 方向に比べて L 方向は柱脚がすべりにくい。今後詳細な検証が必要であるが、
摩擦係数のばらつき、足元の束の転倒、
建物のロッキング
などの影響が考えられる。

表 2 S9 通の柱脚の滑り量と上部構造変形の最大値
（加振 B L 方向）

		B1（6P）	B2（9P）
滑り量	(mm)	9	10
上部構造変形 (H=2880)	(mm)	88	62
	(rad.)	1/33	1/46

(3) 加振 C

壁量は同一で、偏心率の異なる

試験体 C1 は S 方向の壁長の和＝6×0.91（m）で偏心あり（偏心率 0.3 強）
試験体 C2 は S 方向の壁長の和＝6×0.91（m）で偏心なし
に対して、S 方向に「巨大な地震動」を入力した結果

13.2sec.時		C1（6P）		C2（6P）	
		L1 通	L13 通	L1 通	L13 通
滑り量(mm)	(mm)	-98	-42	-47	-104
上部構造変形	(mm)	-43	-77	-74	-59

偏心している試験体 C1 は、壁の多い L1 通り側が大きく滑った。偏心がない試験体 C2 もねじれるように試験体 C1 とは逆向きにねじれるように柱脚が滑った。柱脚の滑り量だけを見ると、偏心していない試験体 C2の方が大きくねじれた。また、滑り量の大きい構面の方が、上部構造の層間変形角は小さくなっている。

(4) 加振 D

試験体 B1 と壁量は同一で、1 階床上の積載（錘）のない試験体 D1 に対して L 方向に、「極めて稀な地震動」を入力した結果、試験体 D1 は試験体 B1 と比べて、1 階床の積載 M₀ が小さい分、摩擦力が小さくなり、滑り易くなると予想されたが、最大滑り量は変わらなかった。

表 4 S9 通の柱脚の滑り量と上部構造変形の最大値
（加振 B、D L 方向）

		B1（6P）	D1（6P） M ₀ 小
滑り量	(mm)	9	9
上部構造変形 (H=2880)	(mm)	88	88
	(rad.)	1/33	1/33

L 方向の壁量を試験体 B2 よりさらに大きくした試験体 D2

L 方向の壁長の和＝14×0.91（m）
に対して L 方向に、「極めて稀な地震動」を入力した結果、試験体 D2 は、壁量の少ない試験体 B1、B2 に比べて大きく滑ったが、S 方向の加振に比べると A2（6P）と同程度であり小さくなかった。柱脚の滑り量が大きいと上部構造の層間変形は、小さくなった。

表 5 S9 通の柱脚の滑り量と上部構造変形の最大値
（加振 B、D L 方向）

		B1（6P）	B2（9P）	D2（14P）
滑り量	(mm)	9	10	32
上部構造変形	(mm)	88	62	42
(H=2880)	(rad.)	1/33	1/46	1/67

(5) 加振 E

巨大な地震時の挙動と M₀ 効果を確認するために、
試験体 E1 は試験体 A2 と壁量は同じだが、
1 階床積載なし
試験体 E2 は試験体 A2 と壁量、1 階床積載も同じ
に、巨大な地震動として、JMA 神戸波を 3 次元入力した結果、どちらも柱脚は浮き上がったり滑ったりした。滑り量の最大値は試験体 No.1 で 141mm、試験体 No.2 で 180mm。入力地震動が大きいと、1 階床積載がない方が逆に滑りにくいという結果になった。柱軸力増加による摩擦力和 1 階錘の慣性力との関係により巨大な地震動では、M₀ 効果は不利側に働く場合もあることがわかった。

表 6 L1 通 柱脚の滑り量と上部構造変形の最大値
（加振 E S 方向）

		E1（6P） M ₀ 小	E2（6P）
滑り量	(mm)	121	180
上部構造変形 (H=2880)	(mm)	107	123
	(rad.)	1/27	1/23

■試験体 No.3 2 階建て、柱脚は土台仕様（滑らない仕様）、耐力壁は荒壁パネル

(1) 加振 3A

偏心なし、1 階と 2 階のバランス良
に
稀な地震動 BCI レベル 1 (2 種地盤) L 方向、S 方向
極めて稀な地震動 BCI レベル 2 (2 種地盤) L 方向、S 方向
を入力した結果、偏心なしの試験体 3A であるが、S 方向加振では、ややねじれる挙動が見られた。荒壁パネル耐力壁のばらつきの影響が考えられる。通常の 2 階建の木造住宅に比べて、2 階の性能を抑えているため、想定通り 1 階の層間変形角と 2 階の層間変形角は、同程度となり、1 階に変形が集中しなかった。

表 7 上部構造変形の最大値（稀な地震）（加振 3A）

			3A2（L）	3A3（S）
上部構造変形	1 階 (H=2880)	(mm)	8	7
		(rad.)	1/360	1/411
	2 階 (H=2550)	(mm)	9	6
		(rad.)	1/283	1/425

表 8 上部構造変形の最大値（極めて稀な地震）（加振 3A）

			3A4（L）	3A5（S）
上部構造変形	1 階 (H=2880)	(mm)	70	104
		(rad.)	1/41	1/28
	2 階 (H=2550)	(mm)	74	87
		(rad.)	1/34	1/29

(2) 加振 3B

1 階は 3A とほぼ同じ壁量であるが、S 方向に偏心（偏心率 0.15 程度）させ、2 階は試験体 3A と同様の試験体 3B に対して、
極めて稀な地震動 BCI レベル 2 (2 種地盤) L 方向、S 方向
を入力した結果、偏心のある S 方向加振では大きくねじれる挙動が見られ、壁量の少ない 13 通りで、偏心のない 3A と比べて、同一地震動入力でも層間変形が 1.3 倍大きくなった。ここに、偏心によるねじれ変形の影響が観察された。

表 9 13 通 上部構造変形の最大値（極めて稀な地震）
（加振 3B）

			3B3（S）	3A5（S）
上部構造変形	1 階 (H=2880)	(mm)	128	97
		(rad.)	1/23	1/30
	2 階 (H=2550)	(mm)	71	61
		(rad.)	1/36	1/42

(3) 加振 3C

試験体 3A を 1 階の壁配置を変えずに、2 階のみを強化して、1、2 階のバランスを悪くした試験体 3C に対して、
稀な地震動 BCI レベル 1 (2 種地盤) L 方向、S 方向
極めて稀な地震動 BCI レベル 2 (2 種地盤) L 方向、S 方向
を入力した結果、1、2 階のバランスが悪いので、試験体 3A と比べて 1 階で変形が増大すると予想されたが、2 階の変形は小さくなったが、1 階の変形は同程度であった。2 階を強くすることによって、通し柱の効果で、1 階の変位が抑制された可能性が考えられる。

表 10 上部構造変形の最大値（稀な地震）（加振 3C-3A）

			3C2（L）	3A2（L）	3C3（S）	3A3（S）
上部構造変形	1 階 (H=2880)	(mm)	8	8	9	7
		(rad.)	1/360	1/360	1/320	1/411
	2 階 (H=2550)	(mm)	6	9	3	6
		(rad.)	1/425	1/283	1/850	1/425

表 11 上部構造変形の最大値（極めて稀な地震）（加振 3C-3A）

			3C4（L）	3A4（L）	3C5（S）	3A5（S）
上部構造変形	1 階 (H=2880)	(mm)	64	70	112	104
		(rad.)	1/45	1/41	1/28	1/28
	2 階 (H=2550)	(mm)	36	74	47	87
		(rad.)	1/71	1/34	1/54	1/29

(4) 加振 3D

加振 A と同じ壁配置に、
巨大な地震動 JMA 神戸 3 方向
を入力した結果、各方向、1/20rad. 以上に変形をしたが、倒壊はしなかった。柱脚の浮き上がりは S5—13

通で、最大 74mm 以上を計測した。

		L 方向			S 方向		
		3A2	3A4	3D2	3A3	3A5	3D2
		稀な地震動	極めて稀な地震動	巨大な地震動	稀な地震動	極めて稀な地震動	巨大な地震動
1 階 (H=2880)	(mm)	8	70	199	7	104	126
	(rad.)	1/360	1/41	1/14	1/411	1/28	1/23
2 階 (H=2550)	(mm)	9	74	141	6	87	127
	(rad.)	1/283	1/34	1/18	1/425	1/29	1/20

荷重変形関係は、図 1 のようになり、最大層せん断力は、Q_{max}=183 (kN)、層せん断力係数は、S 方向で C₀ = 0.81、L 方向で C₀ = 0.79 となっていた。この試験体 3A 配置であれば、目標設計クライテリアである「稀な地震動」に対して 1/100rad. 以下、「極めて稀な地震動」に対して、1/20rad. 以下、「巨大な地震動」に対して 1/15rad. 以下の変形に収まる事が確認された。

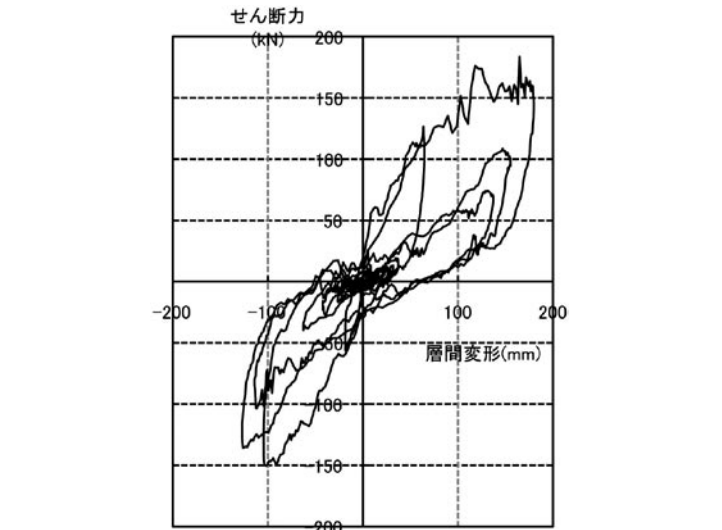


図 1 荷重－変形関係 (3D2 S 方向 L5 通)

■試験体 No.4 2 階建て、柱脚は石場建て（滑る仕様）、耐力壁は土塗り壁（厚約 60mm）

(1) 加振 4A

偏心大（特に短辺方向加振、0.3 程度）、1 階と 2 階のバランス良、1 階積載荷重ありに、

稀な地震動 BCJ レベル 1(2 種地盤)L 方向、S 方向
極めて稀な地震動 BCJ レベル 2(2 種地盤)L 方向、S 方向
を入力した結果、1 階の応答変形角は「稀な地震動」に対して 1/150rad. 以下、「極めて稀な地震動」に対して、1/15rad. 以下となり概ね目標設計クライテリア

に達していた。

偏心が大きいため、建物全体がねじれる挙動を示した。偏心の小さい L 方向加振でもねじれ、1 階層間変位は、S1 通りで最大 110mm、反対側の S9 通りでは 43mm と変形差が大きい。柱脚滑りは、L（加振）方向最大 46mm、短辺（直交）方向最大 56mm と一方向加振でも直交方向に大きく柱脚が移動していた。

S 方向加振ではねじれがさらに大きく、1 階層間変位は、L1 通りで最大 171mm、L9 通りで 66mm となっていた。L9 通りの変形から描いた荷重変形関係は、図 2 のようになり、120kN 程度で、せん断力が頭打ちになっているのが分かる。このとき、C₀=0.44 であり、これが柱脚の動摩擦係数と推定される。

柱脚滑りは、S（加振）方向最大 96mm、最小 30mm、L（直交）方向最大 74mm となっていた。図 3 に、柱脚のすべりの時刻歴を示すが、滑り変形が片側に偏っているのがわかる。また、柱脚のすべりは、図構面ごとの柱脚移動量の差が顕著であった。

		L 方向		S 方向	
		4A2	4A4	4A3	4A5
		稀な地震動	極めて稀な地震動	稀な地震動	極めて稀な地震動
柱脚滑り	(mm)	1	46	1	96
1 階 (H=2880)	(mm)	17	110	16	171
	(rad.)	1/169	1/26	1/180	1/17
2 階 (H=2550)	(mm)	14	75	13	70
	(rad.)	1/182	1/34	1/196	1/36

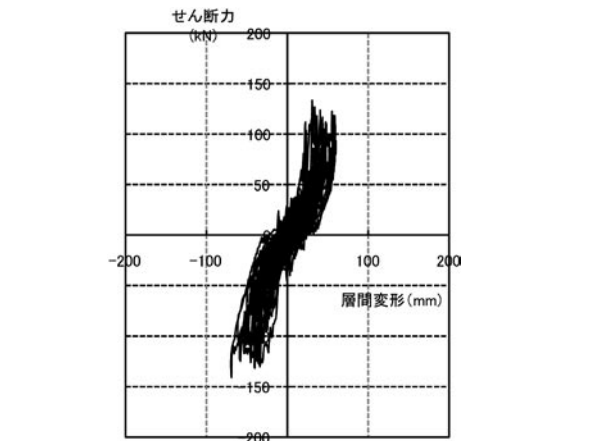


図 2 荷重－変形関係 (4A5 S 方向 L9 通)

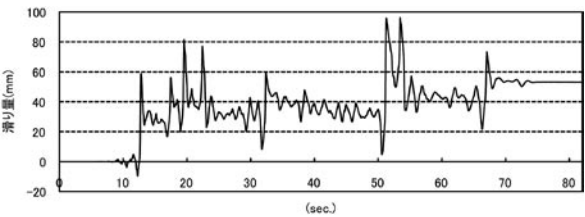


図 3 柱脚のすべり時刻歴 (4A5 S 方向 L1 通)

(2) 加振 4B

試験体に次のような補修補強を加えた。

前日加振で損傷の大きかった 1 通り「と～」間、9 通り「い～は」間の土塗り壁を荒壁パネルに交換、1 通り「ろ～へ」間、い通り「2～4」間に腰壁（荒壁パネル）設置、い通り「10～12」間に垂壁（荒壁パネル）設置。い 1 柱の足固めほぞは羽子板ボルトで補強。この試験体 4B に、
巨大な地震動 JMA 神戸 3 方向加振
(NS 方向成分を短辺方向に)

を入力した結果、偏心は試験体 4A よりは小さいが、ねじれ挙動が見られた。補強まで含めれば、「巨大な地震動」に対して、ほぼ設計クライテリアを満足していた。

		L 方向		S 方向	
		柱脚滑り	(mm)	>189	120
		1 階 (H=2880)	(mm)	133	105
2 階 (H=2550)	(rad.)	1/22	1/27		
	(mm)	106	89		
	(rad.)	1/24	1/29		

※柱脚滑りは、ストッパーが効いた可能性あり

(3) 加振 4C

試験体 4B の 1 階床の積載荷重を取り除いて、

巨大な地震動 JMA 神戸 3 方向加振
(NS 方向成分を短辺方向に)
を入力した結果、M₀ 効果により、柱脚滑り量の増大が予想されたが、M₀ が小さくなり、摩擦力が小さくなったが、1 階床の地震力も小さくなったので、柱脚滑り量は試験体 4B に比べて小さくなった。

表 15 応答変形の最大値 (加振 4C、4B)					
		L 方向		S 方向	
		4C	4B	4C	4B
柱脚滑り	(mm)	147	>189	109	120
1 階	(mm)	138	133	93	105
(H=2880)	(rad.)	1/21	1/22	1/31	1/27
2 階	(mm)	113	106	78	89
(H=2550)	(rad.)	1/23	1/24	1/36	1/29

まとめと問題点

- 全体としては、基準法の「極めて稀な地震動」に対して滑り量が柱幅（15cm）程度以下、「巨大な地震動」に対しては大きく滑るが転倒を免れるという結果であり、設計クライテリアを満足するような試験体と考えられる。
- 柱脚が滑る場合、滑り量の予想が難しい。摩擦係数の変動のためか、偏心がなくてもねじれるように滑ったり、加振方向によって滑り量が相当異なったりする。
- 摩擦係数の変動の要因として、足固め下に設置された束の転倒およびそれによる軸力負担と水平抵抗等があげられ、今後の検討が必要である。
- M₀ 効果として、「1 階床に積載荷重があると、摩擦力を増大するので滑りにくくなる」と考えたが、巨大な地震動など地震入力大きい場合には、かえって滑り量が増えるという結果であった。
- No.3 で 2 階の壁量を増して 1 階に変形を集中させようとした加振では、2 階の壁量を増す前の加振と比べて 1 階の変形は増大しなかった。等価質量の考え方からすると変形が増大するはずだが、通し柱が 1 階の変形を抑える働きをしたものと考えられる。
- 試験体 No.4 の足固め高さでの柱の折損は、巨大な地震動 (JMA 神戸波) 1 回目の加振で亀裂が生じ、2 回目ですらに増大する結果となったため、設計上の留意点と考えられる。

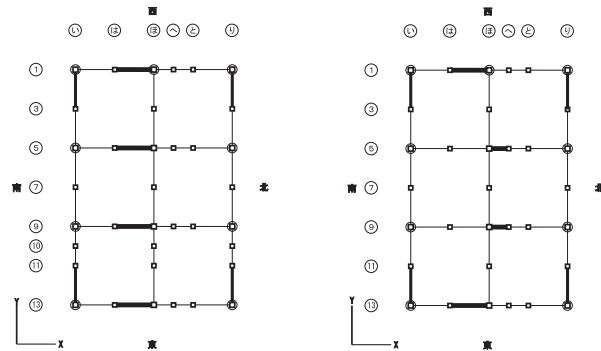
III 実大振動台実験： 損傷観察 試験体 No.1-2

損傷観察サブワーキンググループ
岩波 正・小笠原 昌敏



試験体全景
(手前が No.1 向こう側に No.2)

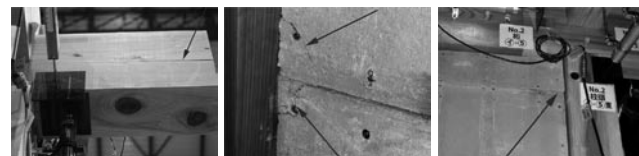
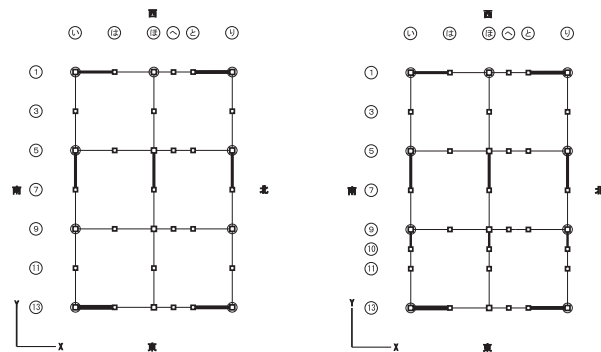
■ A加振 (BCJ-L2)



柱と桁の乾燥割れ拡大
壁パネルの隅部圧壊
傾いた床束

No. 1、No. 2 ともに柱や桁といった木材の乾燥割れ (写真 1) が僅かに広がったり、壁が下地に接する箇所 (写真 2) や壁パネル同士が接する箇所で少し崩れたりしていた。乾燥割れの拡大や壁パネルの圧壊といった微少な損傷は、他の加振でも常に確認された。束の転び (写真 3) はどちらも 1 か所あった。

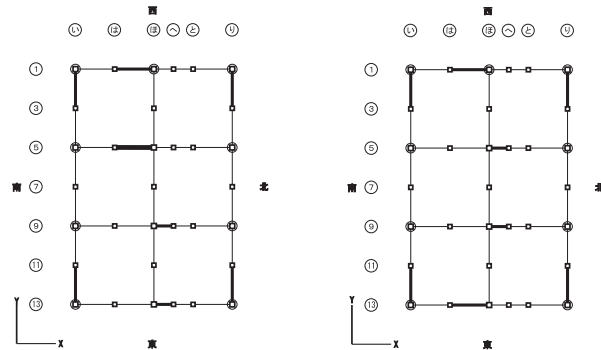
■ B加振 (BCJ-L2)



桁木口の乾燥割れ拡大
壁パネル同士が接する箇所の圧壊
壁のズレ

No. 1、No. 2 ともに大きな損傷はなかったが、桁の側面および木口の乾燥割れ (写真 4) が確認された。壁パネル同士が接する箇所で少し壊れたり (写真 5)、No.2 では壁パネルのズレ (写真 6) が見られた。

■ C加振 (JMA 神戸 NS)



No. 1 では 2 か所 (い-1、い-5) で足固めの竿引き独鈎の竿部分がちぎれるように折れ (写真 7、8、9)、車知栓も割れていた。No. 2 は束が転んだことで (り-11) ホゾを差している足固めにも損傷を与えた。(写真 10) 一見大きな損傷のように見えるが、それによって軸組自体が傾くことはなかった。

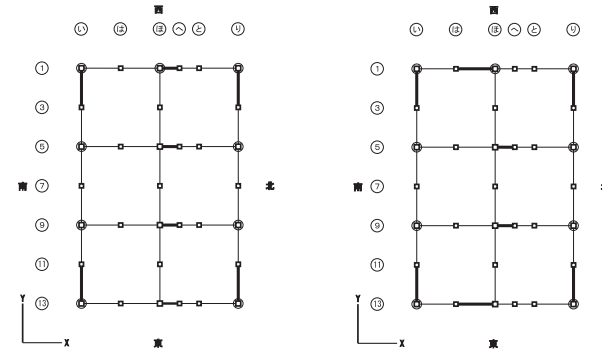


No.1 いー1 損傷を受けた足固め廻り
No. 1 いー1 竿引き独鈎



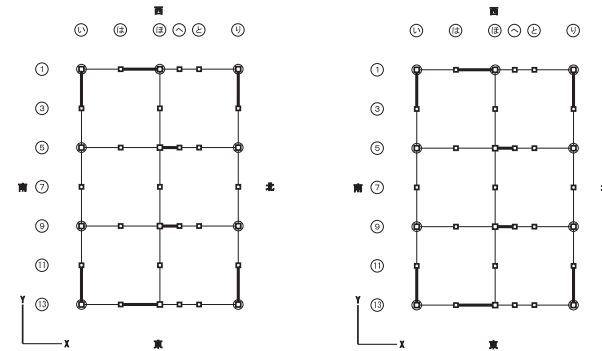
No.1 いー5 竿引き独鈎
No.2 床束の転びと足固め損傷

■ D加振 (BCJ-L2)



No. 1 では束が大きく転んだり (写真 11)、梁が桁にめりこんでいた。(写真 12)。No. 2 は「り-1」 (写真 13) で足固めの込栓が折れた。(写真 14) 少し梁が振れはしたが、軸組自体には大きな損傷はなかった。柱の移動は最大で No. 1 で X 方向-7mm・Y 方向-2mm、No. 2 では X 方向-25mm・Y 方向+13mm であった。

■ E加振 (JMA 神戸)



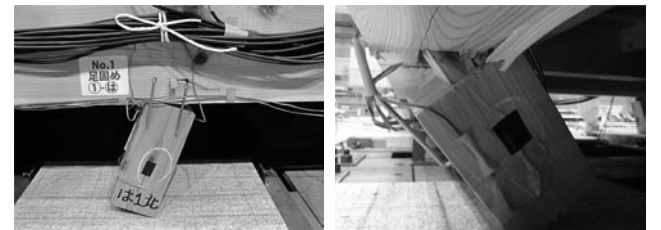
No. 1 も No. 2 も多くの束が傾いた (写真 15、18) けでなく足固めを壊してしまう箇所もあった。No. 1 では (写真 16) 梁の継手 (追掛大栓) から割れが見つかった。部分で見るとそれぞれが大きな損傷を受けているように見えるが、軸組全体としては壊れることはなく、倒壊・崩壊に繋がるような重大な損傷はなかった。



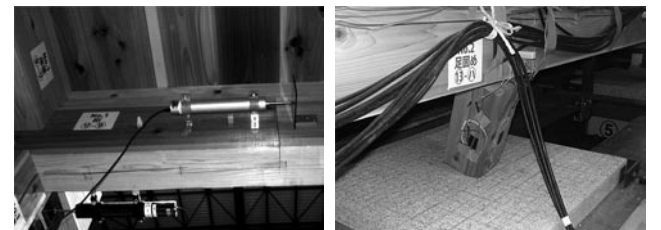
No.1 傾いた床束
No.1 桁にめりこんだ梁



No.2 りー1 損傷を受けた足固め廻り
No.2 折れた込栓



No.1 はー1 傾いた床束
No.1 床束の転びと足固め損傷



No.1 追掛大栓継手から割れ
No.2 傾いた床束

■解体後観察 実験が終わった後に解体をしながら、実験中にはわからなかった仕口や継手の内部の損傷を観察した。外部からの目視では無事と見えていたところでも、仕口の内部に損傷が隠れている箇所もあったが、大方の部材には損傷はほとんどなかった。



柱脚ホゾ
柱脚
束ホゾ
束ホゾ



足固め下端
足固め仕口
中引き継手
ささら仕口

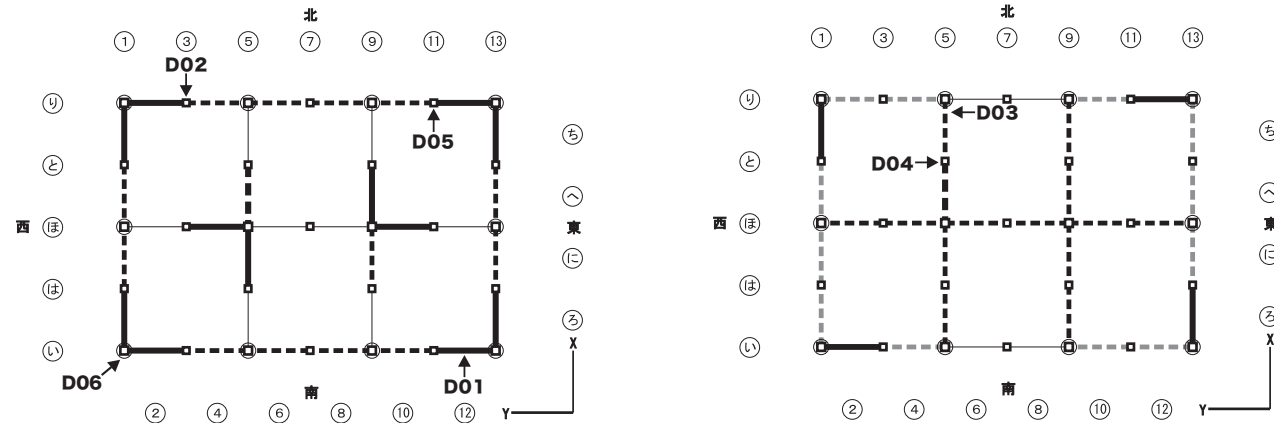
III 実大振動台実験： 損傷観察 試験体 No.3

損傷観察サブワーキンググループ 岩波 正・小笠原 昌敏

■加振A及び加振D壁配置（偏心なし、1階と2階の耐力バランスは概ね良い）

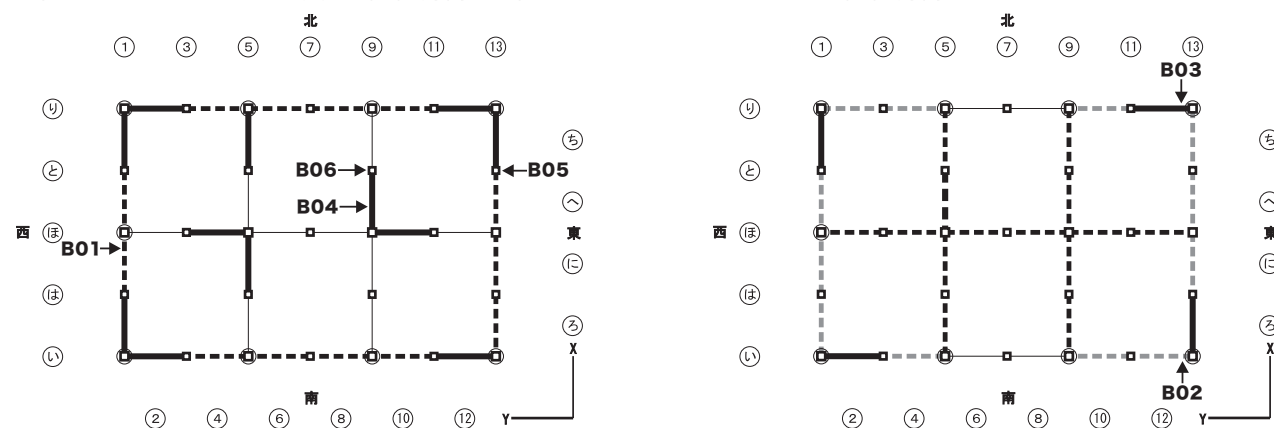
加振A－4：BCJ - L 2長辺（Y）方向、加振A－5：BCJ - L 2短辺（X）方向

加振D－2：JMA神戸3方向



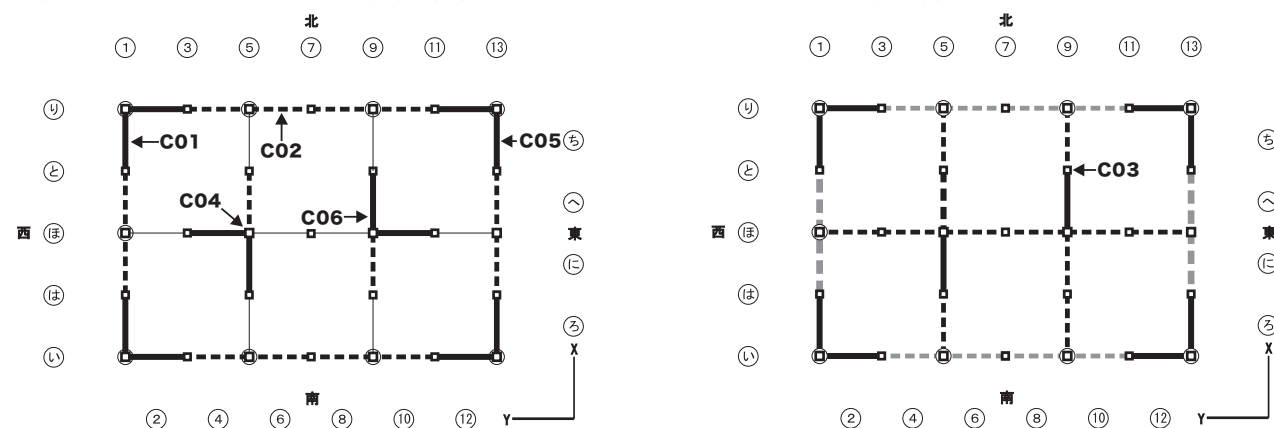
■加振B壁配置（1階部分に偏心有り）

加振B－2：BCJ - L 2長辺（Y）方向、加振B－3：BCJ - L 2短辺（X）方向



■加振C壁配置（偏心なし、2階の耐力を高くして1階と2階の耐力バランスが悪い）

加振C－4：BCJ - L 2長辺（Y）方向、加振C－5：BCJ - L 2短辺（X）方向



■加振Bの損傷写真



B01：土台継手の割れ

B02：2階梁の割れ

B03：梁と柱の隙間



B04：1階壁の割れ

B05：1階壁の割れ

B06：壁の軽微な損傷

■加振Cの損傷写真



C01：壁のはらみ出し

C02：垂壁の割れ

C03：小屋貫の楔抜け



C04：柱の割れ拡大

C05：壁受木の割れ

C06：壁の軽微な損傷

■加振Dの損傷写真



D01：壁受木の割れ

D02：土台の割れ

D03：梁と柱の隙間



D04：管柱の折損

D05：柱脚ほその折損

D06：竿の折損

加振A－4では軸組に大きな損傷は見られない。加振方向（Y方向）の乾式土壁パネルに多数の損傷が発生しているが、その多くはパネル角部の軽微な圧壊である。加振A－5ではY方向の土台継手に損傷が発生した。また、柱脚の込栓2カ所が割れた。加振方向（X方向）の乾式土壁パネルに多くの損傷が発生しているが、その多くはパネル角部の軽微な圧壊である。

加振B－2では軸組の一部に割れが発生。土台の継手部で未損傷だった箇所にも割れが発生した。また2階床レベル横架材の一部で柱との仕口部の隙間が拡大した。壁の損傷は少ない。加振B－3では軸組の損傷が一部拡大した。また、土台継手の損傷箇所も増加した。壁は加振方向（X方向）でかつ、9及び13通りに損傷が多く見られる。加振C－4では軸組に大きな損傷は見られないが、小屋貫の楔の抜けが発生した。加振方向（Y方向）の乾式土壁パネルに多くの損傷が見られるが、その多くはパネル角部の軽微な圧壊である。加振C－5では柱の一部に割れの拡大が見られる。また、土台にも新たに割れたものがある。加振方向（X方向）の乾式土壁パネルに多くの損傷が見られるが、その多くはパネル角部の軽微な圧壊である。2階の損傷は少なく、1階の損傷は13通りに多く発生した。なお、パネルの受木が数カ所で割れた。

加振D－2では軸組は2階床レベルの横架材と柱との仕口部隙間の拡大が見られた。壁の損傷は1階に集中して発生しており、特にX方向の損傷が著しい。2階の壁には損傷がほとんど見られない。解体時損傷観察においては、2階床レベルの横架材では「い－1」の竿引き独鈎の竿部分の折損以外には部材・仕口・継手に大きな損傷は見られない。ほとんどの通柱柱脚部分のほぞに折損や込み栓部分からの割れを観察した。2階「と－5」の管柱で垂壁下端での折損がある。1階管柱は一部柱頭・柱脚部分のほぞに割れ・ヒビが観察される。

III 実大振動台実験：
損傷観察 試験体 No.4

損傷観察サブワーキンググループ 岩波 正・小笠原 昌敏

試験体概要

2階建、足固め仕様による石場建て構法、土塗り壁



加振条件

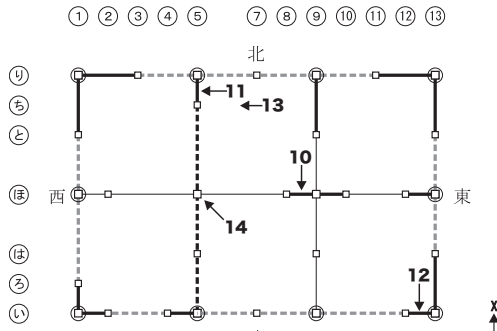
- 加振A－3：BCJ－L 1短辺（X）方向
- 加振A－4：BCJ－L 2長辺（Y）方向
- 加振A－5：BCJ－L 2短辺（X）方向
- 加振B－4：JMA神戸3方向
- 加振C－2：JMA神戸3方向

加振A－3では軸組、壁共にほとんど損傷は見られない。そういった中で、「1通りのと～り」の外部壁にわずかではあるがチリ際に損傷が見られるのが特徴として挙げられる。

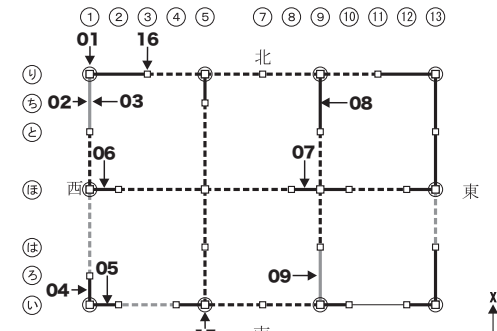
加振A－4では、加振方向であるY方向の1階壁には損傷が見られるようになる。また、偏心の影響で、加振方向でない「1通りのと～り」の壁に亀裂が発生した。全体的には建物の北西角付近や1通り付近の損傷が大きい。2階壁は損傷が少ない。軸組では「り1通り」の通柱下部に足固めから柱脚にかけて割れが発生している。この割れが以後の大きな損傷のきっかけとなっている。柱脚の移動は55 mm（南）、37 mm（西）が最大である。

加振A－5では、A－4加振で小さな亀裂が発生した1階の「1通りと～り」の壁が大きく剥落した。2階壁の損傷は少ない。り1通りの柱の亀裂は進行しておらず、その他の軸組にも損傷はない。柱脚の移動は58 mm（北）、71 mm（西）が最大である。また、床束に傾きを生ずるものも出てきた。

A－5加振後及びB加振前の調査により、「1通りい」部分の足固めのほぞの折損が発見されたため、ボルトで補強して実験を続けることになった。また、加振A－4、A－5で偏心の影響が大きいことも解ったので、損傷が大きかった「1通りと～り」間の土壁を落とし、荒壁パネルに付け替えた。その他、腰壁、垂壁も偏心を少なくするために追加された。（1通りろ～ほ、1



損傷位置図（2階）



損傷位置図（1階）

通りと～り、9い～は、い2～4、い10～12）。加振B－4で「り1通り」の柱の割れが進行した。その他の軸組に損傷はない。壁については全体的に損傷が進んだが剥落などの大きな損傷は起こっていない。付け替えた荒壁パネルはほとんど損傷はなく、パネルごとの角に小さな損傷が起きているだけである。A加振では、垂壁や腰壁に損傷はほとんどなかったが、B加振以後は損傷が少しずつ出るようになってきた。床束の傾斜が目立つようになってきた。柱脚の移動は84 mm（南）、72 mm（西）が最大である。

加振C－2で以前から損傷があった「り-1」の通柱下部が毀損した。その他の軸組み損傷はない。各所の壁の亀裂が進行したが、部分的に壁が剥落する部分が出てきた。荒壁パネルにはB－4加振と同様、ほとんど損傷が見られない。2階の壁に損傷が見られるようになったが、大きく壁が剥落するようなものではない。柱脚の移動は折損した柱を除き、92 mm（南）、22 mm（西）が最大である。加振C－2では小屋貫のくさびが抜けたり、母屋の継手が多少ずれたりしたが、大きな問題はなかった。

解体時の観察では「5通りい」足固めの部分のほぞの損傷しているのが解った。通柱が折損した「り1通り」の柱を見ると、目廻りなどの欠点があることが解った。その他、2階床レベルの横架材ではほ－5部分床梁継手竿部分にひび割れが見られた。また、床束などのめり込みなどの状況が特徴的であった。

01：り1柱



柱亀裂（A－4）

柱亀裂進行（B－4）

柱折損（C－2）

解体時状況

02：1通りと～り外部



壁ちり部（A－3）

壁亀裂（A－4）

壁亀裂（A－5）

荒壁パネルに取替（B加振以後）

03：1通りと～り壁内部



壁亀裂（A－4）

壁剥落（A－5）

荒壁パネルに取替（B加振以降）

04：1通りい足固め金物補強



仕口ボルト補強（B加振以降）

05：い通り1～2壁内部



壁剥落（C－2）

06：ほ通り1～2壁



壁剥落（C－2）

07：ほ通り8～9壁



壁亀裂（C－2）

08：9通りと～り壁



壁亀裂（C－2）

09：ほ通り8～9壁



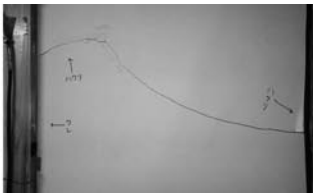
荒壁パネルに取替（B加振以降）

10：2階ほ通り8～9壁



壁亀裂（B－4）

11：2階5通りち～り壁



壁亀裂（C－2）

12：2階い通り12～13内部壁



壁亀裂（C－2）

13：母屋ち5～9



母屋継手ずれ（B－4）

14：5通りほ仕口



竿部分ひび（解体時）

15：5通りい足固め



ほぞ損傷（解体時）

16：り-3床束



床束傾斜（C－2）



足固めにめり込み（解体時）

Ⅳ 設計法：設計法の考え方と課題

設計法部会主査 斎藤 幸雄

設計法部会では設計法の構築について検討を進めてきたが、設計法としては3種類が必要と考えている。その概要は以下の通りである。

① 標準設計法（簡易設計法）

限界耐力計算によらない比較的簡易な設計法で、この設計法が確立できれば標準的な設計法として使用されることを想定している。設計法の内容としては、現行の4号建築物の規定と大きく異なると考えられるのは、伝統的構法の構造要素として土壁以外に垂れ壁（小壁）や腰壁付き柱等も対象とし、強度だけではなく変形性能を考慮できる方向で検討する。簡易な内容とするために詳細な設計法と比較すると、柱脚や各部の設計条件としてある程度の制約はやむをえないと考える。来年度から、本年度の成果を参考に標準設計法の構築を進める予定である。

② 詳細設計法（限界耐力計算を用いた設計法）

今年度の重要課題として検討してきた設計法で、現在行われている伝統的構法の設計はこの手法によっている。今年度に設計課題を解明するための要素実験・実大振動台実験を実施し、さらに詳細モデルによる時刻歴解析（地震時の建物の時々刻々の揺れを明らかにできる解析）により検証することで設計法の課題をより明確にし、設計法へ反映させることを目指している。また限界耐力計算の精度を向上させる検討も同時に行い、来年度も引き続き検討することでできるだけ早期に設計法の構築を図る予定である。

③ 汎用設計法

詳細モデルによる時刻歴解析を用いた設計法で、基本的には設計対象の建築物や設計法そのものをできるだけ制約しない設計法としたい。このために設計法にふ

さわしい解析法（モデル化の手法等）について検討し、詳細設計法の成果も踏まえて設計法の構築を進める予定である。

詳細設計法（上記②）の構築にあたって、今年度様々な課題について検討を進めてきたが、現在は実大振動台実験を終え、詳細なモデルを用いた時刻歴解析による実験結果の検証と実験直後および試験体解体時の詳細な損傷観察の結果との照合を進めている。まだ最終的な結論を出せる段階ではないが、設計法の構築にあたって重要と考えられる事項の中から4つの課題を取り上げ、設計法での考え方および設計法に反映させるための方向性について以下に述べる。

1) 石場建ての設計法

最初に伝統的構法の設計で懸案となっていた石場建ての設計法について述べる。石場建ての設計法として、大きく二つの手法が考えられる。

① 柱脚の移動を拘束する設計法

・水平方向の移動および上下方向の移動を拘束する手法
・水平方向の移動のみ拘束する手法
上記2つの考え方があるが、都心の町家のように隣棟間隔をほとんど確保できない場合等は、このような設計法が必要な場合もある。

② 柱脚の移動を拘束しない設計法

ここでは、②の柱脚の移動を拘束しない設計法について、その考え方および設計の方向性について述べる。過去に起きた地震で建物の柱脚の移動例が報告されているが、設計法の構築のためには柱脚の移動が起きても建物が安全でなければならない。そのため柱脚の移動による上部構造の地震時挙動に与える影響および安全性を要素実験および実大振動台実験により検証し、さらに詳細モデルによる時刻歴解析により実験結果の分析を行い柱脚の地震時挙動の解明を進めている。実大振動台実験では「稀に発生する地震時には建築物

にほとんど損傷が生じない」、「極めて稀に発生する地震時にはある程度の損傷は許容するが崩壊・倒壊しない」という大前提を概ね満足する結果となった。実大振動台実験で、試験体 No.1、No.2、No.4（すべて石場建て・柱脚の拘束なし）について、柱脚の移動および上部構造の挙動・損傷の概要は以下の通りである。柱脚の移動については、詳しくは「Ⅲ実験結果報告」に示されているが、稀に発生する地震時には（柱脚の移動については主として試験体 No.1・No.2 で検証を行ったが、上部構造の耐力や入力地震動の種類を変えた場合も含めてすべての加振で）移動は認められなかった。また、極めて稀に発生する地震時には、試験体によっては概ねすべらない場合もあったが、全試験体の滑り量は最大で柱径（15cm）以下で、概ね実験前の予測の範囲内であった。柱脚の移動の影響によると考えられる上部構造の損傷については、一部の試験体で足固めと柱の間がわずかに開く（数ミリ程度）現象や込込に曲がりや割れが生じたが、最も大きな損傷として No.4 試験体の① ⑥柱（隅柱）と足固め仕口・接合部でのほぞの破断が認められた。この部分は両方向に偏心があるために、柱脚の移動が大きかったことが損傷の主要な原因の可能性があるが、今後詳細な解析モデルによる検討が必要である。これらの実験結果を踏まえて設計法での考え方および方向性を以下に示す。

「設計法での考え方および方向性」

入力地震動のレベルについては、建築基準法で想定されている2つのレベル（稀に発生する地震および極めて稀に発生する地震）およびこれを超えるレベル（巨大地震）について、考え方および方向性を示す

・稀に発生する地震時には柱脚は滑らないことを前提とした設計（注1）
・極めて稀に発生する地震時には柱脚の滑りを許容した設計（注2）
・巨大地震時には柱脚の滑りを前提とした設計（注3）

礎石・基礎および上部構造の安全性については別途検討する（注4）

（注1）建築物の耐用年限以内に数度遭遇する可能性のある地震（稀に発生する地震）に対しては、柱脚は滑らない設計とする。実大振動台実験では滑りは認められなかったが、仮に滑るケースがあるとすれば、どのような場合かを事後解析で検証し、必要があれば滑らない条件を検討する。

（注2）滑りを許容した設計法の構築のためには、滑りに関する定性的・定量的な検証が必要である。ここで定性的とは、滑りに関してたとえば上部構造の耐力が大きい方が滑りやすいなど、滑りに関係する事項と滑りとの関係を明らかにすることを意味する。実大振動台実験の結果は、極めて稀に発生する地震時に概ね滑らないか滑り量が柱径以内であることを確認しているが、実験後の詳細な時刻歴解析では実験結果に関するシミュレーション解析を行うほか、パラメータ（柱脚の滑りに影響を与えると考えられる摩擦係数や上部構造の耐力等）を変化させて解析を行い、滑りに関する定性的・定量的な検証を行う。滑り量をどう設計に反映させるかは今後の検討課題である。柱脚が礎石から落下しないことを原則とするが、そのための礎石の最小径についても検討する。

（注3）巨大地震に対しては、建築物に過大な入力を作用させないために、柱脚の滑りを前提とした設計とする。このため、（注2）と同様に詳細な解析を行い、どの程度の地震入力の低減効果が期待できるかを検証する。実大振動台実験結果からは滑り量は最大で18cm程度に収まっているが、滑り量についての検証も行い、礎石の最小径に関する推奨値を検討する。

（注4）

・礎石および基礎の安全性の確認
礎石が移動・転倒しないことの検証方法を、礎石と基礎との関係において、具体例に基づいて検討する。また、柱脚の浮き上がりによる礎石への衝撃力に対して礎石が割れないための条件を検討する。
・上部構造の安全性の確認
実大振動台実験の結果と事前の詳細解析の結果からは、柱脚が移動することで上部構造への入力低減効果が認められるが、実験後の解析において低減効果の検証を行う。低減効果が明確になれば上部構造が同じ構造であれば、層間変形の大きさは柱脚固定とした方が大きくなる。限界耐力計算では直接柱脚の

移動を考慮した検討は行えないので柱脚固定として計算を行っているが、この計算の方が上部構造の変形が大きくなることで、安全側の検討であると判断できる。一方で、柱脚の移動により最も大きな影響を受けると考えられる柱と足固め仕口・接合については一部で大きな損傷を受けたことから、この部分の安全性に関する検証が重要になる。

「重要な設計課題」

- ・石場建てによる上部構造への入力低減効果の検証（詳細なモデルによる事後解析）
- ・足固めと柱の仕口・接合部の安全性の検討方法
- ・足固めと柱の仕口・接合部のありかた・新接合方式の検討

2) 偏心の扱いについて

建物の耐震性能に与える偏心の影響については、過去に偏心による振れ振動に起因すると考えられる建物被害が顕著に見られたことから、現行の設計法（許容応力度計算・保有水平耐力計算）でも重視しており「偏心率」として設計法に取り入れている。その基本的な考え方は以下の通りである。

地震時に重心と剛心が一致しないと建築物が剛心周りに回転するため振れ振動が生じ、建築物の耐震性能に大きな影響を及ぼすため規定されたもので、剛心周りの振れ剛性と偏心距離から求めることになる。この計算は「剛床仮定が成立」することが前提条件となっていて、偏心率の計算は通常「鉛直構面が弾性時の剛性」により計算している。これは、例えば、鉄筋コンクリート造の場合、耐震壁の偏りが偏心の原因になることが多いので、通常大地震時には耐震壁はせん断降伏することによるせん断剛性低下により剛性が小さくなるため偏心が小さくなる。このため偏心率の計算は弾性時の剛性に基づいて計算した方が大きな値となり、偏心率が一定値（偏心率 0.15）を超えると必要保有水平耐力を大きくする必要があり、その結果として大地震時には安全側の設計となる。

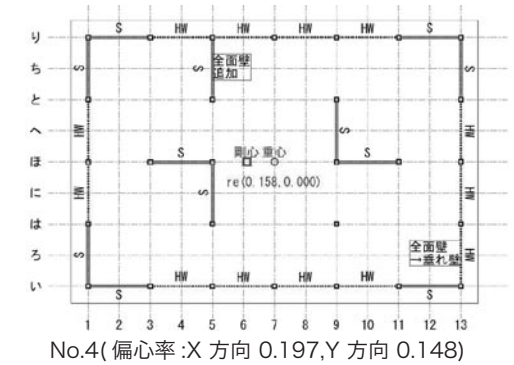
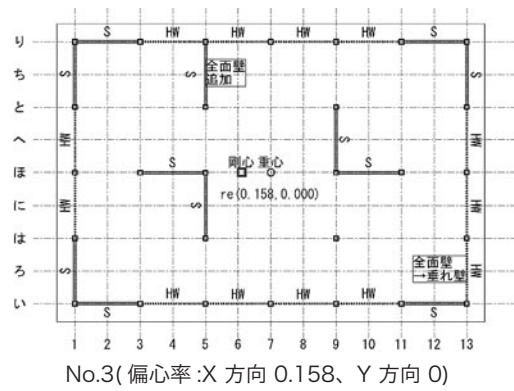
4号建築物（木造）の場合

1981 年の耐震規定の改定では 4 号建築物に関する規定はなかったが、2000 年の法改正に伴って、新たに告示が追加された。

在来軸組構法でも軒の高さが 9 m を超える場合や、最高部高さが 13m を超える場合は偏心率の規定が適用される。4 号建築物の場合は、この規定に該当するのが平成 12 年建設省告示 1352 号に示されている、軸組配置の 1/4 ルールと考えられる。

偏心の影響が上部構造の応答に大きな影響を与えることは、詳細な解析（事前解析）により予測されていたが、実大振動台実験により明確になった。従って、伝統的構法の場合も何らかの形で偏心の影響を設計法に取り入れる必要があるが、現行の偏心率の計算規定をそのまま伝統的構法に適用するには問題があると考えられる。その理由は伝統的構法の特徴として、一般に床の変形は無視できず剛床仮定は成立しないと考えられる。このことは平成 18 年度の E - ディフェンスでの実験結果からも明らかである。今年度の実大実験でも偏心の影響を設計法に反映させるために、大きな偏心のある試験体（No.3、No.4）により実大振動台実験を行っている。以下に伝統的構法に偏心率の考え方を導入する場合の問題点について述べる。

①現行の計算のように鉛直構面が弾性時の剛性に基づいて計算すると、伝統的構法の場合は大地震時には各鉛直構面の剛性が大きく変化するため、稀に発生する地震時の剛性（弾性剛性）に基づく偏心率より極めて稀に発生する地震時の剛性に基づく偏心率の方が大きくなる可能性がある。次頁の図は試験体 No.3 および No.4 の構造要素の配置と層間変形角 1/50 時の等価剛性に基づいた偏心率（現行規定による）を示している。



試験体 No.4 での実験結果から各鉛直構面の層間変形を比較すると、BCJ-L1 時と BCJ-L2 時の応答比較では、③通りと①通りの 1 階での層間変形の比率は、BCJ-L1 時で約 1 : 2 であるのに対して BCJ-L2 時では約 1 : 3 強となっており、極めて稀に発生する地震時には①通りの変形がより大きくなって変形比率に変化が見られ、偏心距離がより大きくなる方向にある。このことは、鉄筋コンクリート造とは全く逆の傾向と言える。特に構造要素の土壁については、復元力特性が最大耐力に達した後、ひび割れ発生によるせん断剛性低下のために負勾配になることで、損傷の大きな土壁の剛性低下が顕著になる傾向にある。また、試験体 No.4 は両方向に大きな偏心があるために柱脚の滑りにも影響していて、BCJ - L2（長辺方向加振）時に① ②柱脚は長辺方向への滑りと同時に短辺方向にも大きく滑っているため、偏心が大きいと滑りについても注意が必要である。

②床の剛性については伝統的構法では一般に剛床仮定が成立しないと考えられるため、水平構面（床・屋根）の変形の影響を考慮する必要がある。どのような影響があるかについては、今後の詳細な時刻歴解析の分析結果によるが、層の最大変形の検討にも影響を及ぼす可能性がある。

「設計法での考え方および方向性」

①偏心率の算定方法の見直し

伝統構法では水平構面（床・屋根）の変形は無視できない。実大振動台実験で水平構面の変形が上部構造の応答にどのような影響を及ぼしたのかについて、十分な説明が必要であるが、現行の振れ剛性の考え方については再検討が必要である。また、鉛直構面の最大変形についても、偏心および水平構面の変形の影響を考慮した検討法を提示する必要がある。偏心率を求めるための鉛直構面の剛性については、大変形時の剛性をも考慮した手法を検討する必要がある。①の結果を総合的に検討し、新たな偏心率の考え方（呼称も含めて：たとえば偏心率）に基づいた設計法が必要になる。

3) 1・2 階の耐力・剛性バランスと通し柱効果について

現行の耐震基準では、偏心率と同様に上部構造の応答に大きな影響を及ぼす要因として、剛性率が規定されている。

剛性率は各階の剛性を全階の剛性の平均値で割り算した値として規定おり、0.6 以上が望ましいとしている。剛性率の小さい階は主として階の剛性に大きく寄与している構造要素が少なくなっているか、階高が非常に大きくなっていることが原因で、たとえば鉄筋コンクリート造で 1 階がピロティになっている場合はこの規定に抵触する代表的なものである。

4 号建築物では、規定に該当するものとして 1・2 階の壁量規定があるが、2 階建て木造住宅における過去の地震被害から、被害写真に見られるように圧迫的に 1 階に大きな被害が集中している。これは 1 階には建築物の計画（平面・立面）開口部が多く必要なのに対して、2 階は比較的開口部を少なく（または小さく）することが多く耐力・剛性が大きくなっており、結果として地震時には 2 階の変形が小さく 1 階の変形が

大きくなる傾向にある。さらに偏心が大きいと変形が増幅され大きな被害が生じることになる。



地震で1階が崩壊した木造建物の被害例



地震で1階が大きく変形した木造建物の被害例

伝統的構法の設計法において、1階の層間変形が過大にならないようにする手段として、1、2階の耐力・剛性バランスを考慮した設計が考えられる。建築物全体で地震エネルギーを吸収することで、1階の層間変形を低減し集中する被害を軽減できる可能性がある。このことを確認するために実大振動台実験ではNo.3試験体では1・2階の耐力・剛性バランスを考慮した試験体と2階の耐力・剛性を大きくした試験体による実験を実施し、結果の比較検討を行っている。

詳細解析による事前応答予測では、1・2階の応答への影響について次の二点が重要な検討事項となっている。

- ・1・2階の耐力バランスを良くする（2階の耐力・剛性を大きくしない）ことにより、地震によるエネルギー吸収を建築物全体で行うことで1階の変形を小さくする考え方。
- ・2階の耐力・剛性を大きくすると、通し柱効果（2階の剛性が大きい場合、通し柱の曲げ戻し効果）で1階の変形が小さくなるとする考え方。

1階の変形に対して、どちらの影響がより大きいかを実大振動台実験により確認を行っている。

No.3試験体の実験結果からは、2階の耐力を大きくした試験体では2階の変形は小さくなり、1階と2階の変形差は大きくなる。2階の耐力を大きくした試験体とバランスを考慮した試験体を比較すると、2階の耐力を大きくした試験体の方が長辺方向加振では1階

の変形が少し小さくなり、短辺方向加振では逆に1階の変形が少し大きくなっている。これは実験での最大変形値を直接比較した結果であるが、両者は振動モードや固有周期が異なっているために応答せん断力に違いがあるため、比較のための条件を検討する必要がある。また、通し柱の径や本数を変えた場合や、2階の耐力をさらに大きくした場合など今後詳細解析等により十分な検証が必要であるが、一つの方向性としてバランスを考慮した設計が有力な手法となり得る。この根拠としては、仮に1階の変形に差がない場合でも、1、2階の変形差を小さくすることで通し柱に大きな曲げ応力が生じにくく、損傷を防ぐための有力な手段になる可能性がある。（注（4）の設計のクライテリアでも解説）

設計法に1・2階の耐力・剛性バランスに関する規定を導入するためには、偏心率同様に大変形時のバランスを考慮し、現行の剛性率の規定とは異なった内容とすることが考えられる。

4）設計のクライテリアについて

「設計のクライテリア」とは入力地震動のレベルに応じて建築物に付与すべき耐震性能と考えてよい。従って、性能型である限界耐力計算を用いた設計法の場合は特に重要である。耐震性能を考える場合、損傷限界（稀に発生する地震）時・安全限界（極めて稀に発生する地震）時で許容される限界層間変形角が重要な指標になるが、許容される各部の損傷の程度も明らかにしておく必要がある。下表に「設計のクライテリア（案）」を示すが、基本方針は以下の通りである。

① 損傷限界（稀に発生する地震）時

基本的には建築物はほとんど損傷を受けず柱脚の移動も起きない状態に留まり、地震後もそのまま継続して使用可能な状態を想定している。損傷限界変形角については現行の規準では1/120以下となっているが、もう少し大きくしても問題がない可能性があり、許容値の緩和については今後の重要な検討課題である。

② 安全限界（極めて稀に発生する地震）時

建築物が崩壊・倒壊に至らないことが最も重要であるが、このためには安全限界変形角や各部の損傷の程度を詳細に想定する必要がある。特に柱脚の条件や柱の

支持力の保持および柱・横架材の仕口・接合部の性能保持のために許容される損傷の程度は重要であり、その程度を明確にすることが今後の重要な課題である。また（案）では損傷の程度を修復可能な損傷としているが、この場合は修復可能な内容を具体化しておく必要がある。

③ 巨大地震時

建築基準法では特に規定はないが、崩壊・倒壊に至らないことが望ましい。

試験体 No.4 の実験結果と設計のクライテリアについて

実大振動台実験の結果と設計のクライテリアについては、今後詳細な分析が必要であるが、稀に発生する地震時、極めて稀に発生する地震時、巨大地震時のいずれの場合も各階の最大層間変形角や各部の損傷の程度については概ね設計のクライテリアを満足する結果になったと言える。

柱脚の移動については「石場建ての設計法」でも述べたが、滑り量は極めて稀に発生する地震時で柱径以内と比較的小さな量に留まっているが、滑りによって柱脚間が広がることで上部構造に大きな損傷が生じないように設計で検討することが求められる。

設計のクライテリア（案）（柱脚の移動を拘束しない場合）

地震動レベル	建物全体・各層		各部	
	変形	損傷の程度	柱脚	各部の損傷の程度
稀に発生する地震動	損傷限界変形角1/120rad（現行）	損傷なし	移動しない	損傷なし
	*各部の仕様により1/120radを超える限界値について検討。 現行の規定では1/120rad以下となっているが、条件設定により最大値はどこまで可能か検討	損傷なし又はほぼ損傷なし		損傷なし又はほぼ損傷なし
極めて稀に発生する地震動	安全限界変形角1/30rad未満（現行：原則）	比較的小さな損傷 修復可能な損傷	柱脚の移動を許容 *設計の前提となる移動量について検討	比較的小さな損傷 *損傷の程度を検討
	各部の仕様により1/30radを超える安全限界：1/30～1/20radを検討（例：代表変形角（1自由度系とした時の層間変形角）を1/30～1/20rad、最大層間変形角を1/15radとする） *層間変形角については要検討	修復可能な損傷		損傷の程度は、柱は鉛直支持力を維持。仕口・接合部は性能維持。土壁の著しい耐力低下はない。*具体的な損傷の程度を検討
巨大地震	安全限界変形角1/15rad 振れ変形を考慮しても最大変形角1/10rad	修復不可能な場合であっても倒壊・崩壊しない	移動を前提	*倒壊・崩壊しないための条件の検討

No.4試験体の実験結果はおよそ次の内容になっている。

- ・上部構造の応答はBCJ-L2時に、最大層間変形角は1階で1/17（重心位置で1/30弱）、2階で1/34程度で崩壊・倒壊に至ることはなく、残留変形も目立ったものではなく、土壁を修復すれば建築物全体としても十分再使用可能な状況と言える。
- ・JMA神戸波（3方向加振）に対しては（試験体で①通りや⑨通りの比較的損傷の大きい土壁は乾式土壁に取り換え、①通りと⑩通りに小壁・腰壁による補強を行い、偏心を小さくしている）、1回目のJMA神戸波加振では最大層間変形角は1階で1/22程度、2階で1/24程度、2回目のJMA神戸波加振でも最大層間変形角は1階で1/21程度、2階で1/23程度に収まり、崩壊・倒壊には至っていない。最大層間変形角はBCJ-L2時より小さくなっているが、これは偏心が小さくなったことによる影響が大きい。

「柱の損傷について（No.4試験体）」

JMA神戸（3方向加振）の1回目の加振で①-⑩柱（隅柱）の足固め部分に亀裂が発生し、JMA神戸（3方向加振）の2回目の加振で①-⑨柱（隅柱）の足固め部分に折損が認められたが、他には顕著な損傷は認められなかった。これは、柱脚の滑りによる入力低減効果により最大応答層間変形角が比較的小さかったことが、原因の一つと考えられるが、今回の実験では、2階の剛性・耐力を小さくして、1・2階のバランスを考慮した試験体としたことで1・2階の変形差が小さかった事および垂れ壁下に差し鴨居などの剛性の大きな横架

材を配置しなかったため通し柱に大きな曲げモーメントが作用しなかった事が主要原因と考えられる。足固め部分での柱の折損については、今後設計課題として検討する必要がある。実大振動台実験により課題がより明確になったが、その一方で建物の耐震性能を考える上で何よりも構造計画が重要であることを認識させられる結果となっている。伝統的構法は建物全体として無理がなくしなやかに揺れる構造が最も適していると言えるのではないか。

実験協力者一覧 皆様の多大なるご協力のおかげで、実験を実施することができました。
心より御礼申し上げます。

【作業班】

竹内 直毅（宮内建築）、永岡 圭介（宮内建築）、松田 俊介（八ヶ岳家造りの会 木の香）、森 正博（もり建築）、増田 拓史（増田建築）、小西 忠行（大工 小西）、小松 匠（松匠建築）、伊藤 和正（イトウ建築）、各務 博紀（各務工務店）、古川 英之（古川工務店）、木村 剛（キムラ）、福田 英誠（キムラ）、高橋 一浩（高橋建築工房）、池山 琢馬（一峯建築設計）、丹羽 怜之（一峯建築設計）、田上 晴彦（有機的建築晴吉）、金田 克彦（大」建築）、大村 知巳（大村建築）、藤岡 輝幸（きこデザイン）、近藤 孝久（きこデザイン）、木村 紀晃（木村工務店）、拾井 江津男（木村工務店）、下野 哲郎（木村工務店）、吉田 将広（木村工務店）、小山 将（小山左官）、鈴村 侑也（各務工務店）、前田 宣寿（（有）高橋建築工房）、岡崎 泰之（大工）、北山 一幸（大工 北山）、高橋 憲人（大」建築）

【損傷観察員】

力石 教夫（TIC 委員会）、瀬戸 一海（TIC 委員会）、中村 典孝（TIC 委員会）、藤田 裕喜（TIC 委員会）、榊原 紘一（TIC 委員会）、金森 清正（TIC 委員会）、村上 忠孝（TIC 委員会）、畑 正一郎（京都府建築士会）、伏木 道雄（京都府建築士会）、斎藤 義憲（京都府建築士会）、阿部 纈り（京都府建築士会）、伊東 洋一（京都府建築士会）、立花 湘次、中田 哲、小杉 悦旦（京都府建築士会）、山本 昌三、志村 公夫（京都府建築士会）、中本 明（伸構造事務所）、岩田 眞美子（伸構造事務所）、ケオハボン・パイパディット（伸構造事務所）、山本 一貴（京都市景観まちづくりセンター）、中島 宏典（京都市景観まちづくりセンター）、木下 良枝（京都市景観まちづくりセンター）、福塚 正浩（金沢市歴史建造物整備課）、石浦 裕治（金沢市歴史建造物整備課）、小西 拓朗（京都市）、藤井 裕子（京都市）、大崎 弘晃（京都市）、木村 泰之（京都市）、中出 晃司（京都市）、寺門 宏之（京都市）、一瀬 明子（京都市）、坂本 和也（京都市）、中尾 裕典（日本建築総合試験所）、福森 大造（日本建築総合試験所）、友清 繁（日本建築総合試験所）、光本 大助（京都府瓦工事協同組合）、川村 晃久（川村工務店）、小笠原昌敏（小笠原・林建築設計研究室）

【受付、スタッフ】

三好 裕子（鈴木祥之研究室）、江嶋 景子（緑の列島ネットワーク）、寺川 千佳子（恒河舎）、光島 善正（木創）、山田 喜美子（沙羅設計室）

【変位計協力】

板垣 直行（秋田県立大学）

公開日のあらまし

スケジュール

2011 年 1 月 20 日（木）	
12:20~13:20	受付開始
13:40	事前説明
実験 1	日本建築センター
	BCJ=L2 波 Y 方向加振
16:00	事前説明
実験 2	日本建築センター
	BCJ=L2 波 X 方向加振
16:50~	結果概要説明
※ BCJ-L1 波、BCJ-L2 波は、	
それぞれ第 2 種地盤用に修正したもの。	

試験体

試験体 No.4：石場建て、土壁塗り、2 階建ての実験棟

見学者

一般見学者：343 名
委員会関係者：110 名
三木市：4 名
兵庫県：8 名
研究者関係：4 名
センター長関係者：10 名
プレス：14 名（11 社）
【合計人数】493 名

見学者アンケート

※書いていただいた本文より抜粋、要素ごとに切り分けています。
分量を抑えるために、表現をシンプルにさせていただきました。

Q1 公開実験の感想をお聞かせください

【実大実験に立ち会えたことについての感想】

勉強になった、見つめ直したい、伝えたい

- ・公開してオープンな議論を喚起するという方針に好感をもつ。初めて実大建築物の加振実験を拝見できたうえ、試験体が石場建てという貴重な場をつくっていただいたことに感謝。歴史的な実験。(栃木県・)
- ・大工職なので、この度の実験の見学は、大変興味深く、勉強になった。(兵庫県・施工)
- ・私たちが作る家屋というものに対して、もう一度見つめなおす良い機会。(兵庫県・施工)
- ・見せていただいた事実を多くの人に伝えて上げたい(石川県・施工)

体感できた

- ・映像からは把握しにくい、スケール感が目の当たりにできてよかった。(兵庫県・検査機関)
- ・公開ビデオ映像で見るのとは違い、実際の建物の挙動や、きしめく音等を実感。(石川県・設計)
- ・震災を経験して地震の怖さ恐ろしさが身にしみている。ふつうの生活をしている人たちがこのような事を身近に感じられるようになっている事は、すばらしい。(兵庫県・その他)
- ・地震の揺れを体感できたことが一番です。(佐賀県・施工)
- ・体感を通して、実物大振動実験を体験できたこと、この公開実験の機会をつくっていただけたことに感謝。(愛媛県・設計)
- ・実物の建物が揺れる状況を実際に目と耳で確認できたことはとても貴重な体験。(石川県・設計)
- ・40年ほど昔の学生時代に構造の織本匠先生が「実物を壊して、設計規準を決めれば良い」との話を思い出した。(石川県・設計)
- ・等身大の家が振動をうけどのように捻れるか、イメージを具体化することができて良かった。(大阪府・行政)
- ・建物が揺れる姿を自分の目で見る体験は、おもしろくて必要な経験だと感じました。(石川県・設計)
- ・建物が揺れている様子を目の前で見られる機会はほとんどないことなので、今回の見学会はとても貴重な体験になった。(石川県・設計)
- ・振動実験を目の当りにしてその迫力に正直驚いた。(石川県・設計)
- ・実際に建物の揺れているところをみれて、勉強になった。(兵庫県・施工)
- ・限界耐力計算などの研修だけでは得られない貴重な実験ができたことに感謝。(兵庫県・設計)

- ・実物の建造物の地震による変形過程が目視出来た事は、驚き。(京都府・施工)
- ・ビデオを見るのとは違い、肌で感じることができました。(岡山県・設計)
- ・臨場感があり、仕事をする上での参考になった。(大阪府・設計)
- ・ビデオでは感じられない動き。これから、建物制作の参考になります。ありがとうございます。(和歌山県・施工)
- ・実際の揺れ方や滑っているところを見ることができて良かった。かなりねじれることもわかった。(岡山県・その他)
- ・生の迫力！ビデオと異なり肌で感じることができ、地震力の大きさをあらためて認識。(石川県・設計)
- ・映像で見るよりは実際の実験を見た方がとても迫力がありました。(愛知県・その他)
- ・幸いにも大きな地震の実体験がなく、建物の揺れ方などは想像でしかなかったのが、間近で揺れ方が確認でき各部の挙動や破損状況の違いが目視できとても良い勉強になった。(愛知県・その他)

【揺れる様子をどう受け止めたか】

想像以上の揺れ

- ・安全限界検証とは言え、かなりの揺れに、地震の恐ろしさを実感しました。(愛媛県・設計)
- ・短辺方向のゆれで壁面の横方向の破壊が想像以上。偏心と変位量が影響することをまのあたりにし、参考になった。(石川県・設計)
- ・実大実験の迫力に、改めて地震のエネルギーの大きさに驚きを覚えた。(石川県・設計)
- ・実験装置等のスケールの大きさや、16年前の大震災の「あの時の揺れ」を彷彿させるような大実験に、息を呑む思い。(兵庫県・その他)
- ・地震の建物に及ぼすキシミや、横揺れのすさまじさを音で実感。(高知県・その他)
- ・あの揺れを建物内部で体感すればどの程度の恐怖感を覚えるのだろうか。
- ・足元の移動の大きさと、上部のゆれが大きさに驚いた。
- ・2階の揺れが大きく感じたが、実験結果を聞いて数値的なイメージと感覚が一致しなかった。(兵庫県・検査機関)

粘りがあった

- ・伝統構造の木造家屋の破壊実験でしたが、思ったより揺れているが粘りがあった。柱脚が免震の役割を果たしていると感じた。(石川県・設計)
- ・予想していたよりも伝統的工法は強く、粘りのある感じを受けました。(石川県・設計)(石川県・施工)
- ・想像以上のねばりに驚きました。今後、仕事に活かしていけたらとおもいます。(兵庫県・施工)

柔らかに揺れたことについて

- ・固有周期がどのくらいの建物か？解析後わかると思いますが、かなりややらかな建物のように感じました。(大阪府・その他)
- ・「柔らかければ足元はずれない。それで限界耐力計算を使える」という委員長の言葉には危機感を覚える。施主は柔らかに揺れる建物を怖がる。わたしどもはそういうものを目指してはいない。石場建てにする理由は足元が動いてほしいからだ。本末転倒な目的のための実験をしないでほしい。(埼玉県・その他)
- ・これから家を建てようとしている施主は、ゆらゆらと揺れる様子を見て不安になられた人が多いと思う。震動台が本当に地震を再現できていると思えなかった。(埼玉県・施工)
- ・地震動を柔らかに受け流す様子には、感心した。今回はあえて揺らす試験体として造られたのでは？と推測したが、その点の設計意図などを知りたい。伝統構法をひろめていくためには、あまり揺れすぎない「粘りもありつつ柔らかさもある建物」程よいバランスがとれた構造体設計の検証などを行ってほしい。粘りのために差し物を有に使うのもよいのでは？(愛媛県・設計)

【揺れたあとの建物を見て】

損傷が意外と少ない

- ・石場建て木造建築は崩壊するという思いを持っていたのですが、揺れが激しかったにもかかわらず、見た目の損傷が少ないことに驚いた。(石川県・設計)
- ・あんなに揺れたのに、柱の破損がなかったことには驚いた。土台を基礎に緊結した場合は移動はないかも知れませんが、振動による力の逃げ場はなく、弱いところで破断されるのだらうと思った。(徳島県・設計 施工)
- ・建物の揺れる感じと損傷の度合いがイメージと違っていました。実際建物内にいると生きた心地がしないのだらうと思いますが、意外に建物って踏ん張るのだと感じました。(石川県・設計)
- ・建物の震動状況は大きくうねって、今にもどこかで破壊しそうな感じでしたが、よくもった。壁が効果的だったのか、あるいは仕口の強度が高かったのか、興味深いところです。(千葉県・設計)
- ・鳥取、岡山で地震後の建物の修復に関わったが、その時に見た建物より損傷が少ないようだった。石場建てだからなのだろう？(岡山県・設計)

層間変形角

- ・結構、揺れるけどしなやかで、1/30 くらいの変形までは大丈夫という感覚がして安心。(東京都・設計)
- ・建物が層間変形角 1/30 程度の変形するところを実際に見て、自分の感覚より大きく振れていると感じた。(兵庫県・設計)
- ・最大で 98 mm のずれということだが、そこまでのずれがあつてこそ、柔な上部構造でも大きな被害にならないような気

がした。(大阪府・設計)

- ・1/30 くらいの層間変形角はこれくらい激しい動きになり、構造部材がほとんど破壊されずに追隨していたという印象を持った。(兵庫県・設計)

【石場建てについてのコメント】

- ・石場建ての伝統構法良さが科学的に解明されていくことに期待。(愛知県・その他)
- ・石場立ての場合は上部建物がねじられ、上部構造の変形が大きくなると、柱脚部が浮上ったり、滑るように感じた。脚部の滑りや移動によって、入力エネルギーが抑えられている。上部構造に粘りがあれば基礎は固定でなくても良いのではないか(兵庫県・設計)
- ・石場建てで柱脚は X 方向、Y 方向の加震共相当ズレが生じ、外壁に亀裂が認められたものの、構造物の倒壊にまでは至らなかった。この実験結果が有意義に解析され、今後耐震研究に生かされ、延いては日本古来の伝統工法が技術的にも文化的にも継承されていくように願う。(兵庫県・その他)
- ・石場建てが地震動の入力そのものが減るという免震効果があることが分かり、木造の伝統工法が現在の剛な建物と違い、柔な建物としての先人の知恵を感じた。(石川県・設計)
- ・土台留付けは、土壁/パネルが強いのか、揺れが少ないように見えたが、石場建てのほうは、耐力壁のバランスの違いがあり揺れは大きかった。(大阪府・設計 施工)
- ・礎石の上を滑りながら上部構造が揺れを吸収していく様子を確認出来て大変有意義であった。(石川県・設計)
- ・石場建ての場合、ロッキング現象や柱脚のすべり移動などがあったが、免震装置のごとく上部構造が想像していたよりそれほど揺れていないように思われた。(石川県・設計)
- ・石場建てにより建物が動くことで地震力が軽減される様子が実感できた。(兵庫県・設計)
- ・石場建てが免震の役割を果たしていたのか、バランスよい構造にすればそう簡単に倒壊しないことが分かった。(京都府・設計)・実際の建物がどのような動きをするのかが、よくわかりました。(兵庫県・設計)
- ・基礎部分で滑ることによってエネルギーの入力が低減されていることが実感できました。(石川県・設計)
- ・石場立て基礎のため、滑る様子を見ることができ大変参考になりました。(石川県・設計)
- ・現在の建築基準法では基礎は固定することが条件となっているが、伝統工法のみならず、在来軸組工法でも石場建ての考え方による免震効果と取り入れた設計が可能になれば良い。(石川県・設計)

【伝統的な建物の耐震性について思ったこと】

- ・改めて伝統工法の重要性、強度に問題がないことを再認識しました。(兵庫県・その他)
- ・伝統工法が大地震にうまく対応していける、バランスの良い

- 建物であれば石場建てが非常に有効であることを実感した。
- 木造建築で、金属で固めたものの違和感があります。経験や、勘だけでなく理論的なものが出て、伝統建築工法の建設が可能になるよう期待。(石川県・設計 施工)
- 伝統構法の建物の強さが解り、貫竹下地、土壁の強さも証明され、柱がしなっても振動に合わせ建物がねじれるように揺れても倒れなかった。大工、四十年余り経験していますが、伝統の木造家屋に誇りを持って進んでいくことが出来ると自信が持てた。(兵庫県・その他)
- 金物や合板を使用しなくても倒壊する事が無い事が分かり、あらためて木材のねばりや継ぎ手・仕口の重要性を感じた。(高知県・施工)
- 地震時の安全性は人命を守ることが第一であり、建物はビクともしないということでは無いと思う。あれだけの震動と揺れにおいて、少し束がずれたり柱が傾いたり土壁が破損しても十分修繕できる範囲と見受けられました。伝統工法を進化させる方向で安全を確保することは十分可能であると感じた。(石川県・設計)
- 主に意匠設計に携わっているが、今回の実験を見学し伝統工法を再検討・再評価すべきであると認識した(石川県・設計)
- 柱脚仕様による、石場建て構法、湿式土塗壁がとても強く感じた。木と土の家の強さも工法・組み方によれば、しっかりとしていると思った。(兵庫県・施工)
- 現実は老朽化している建物を考える耐震補強と共に維持管理が不可欠であることも含めて考える必要がある。(石川県・設計)
- 構造計画的に厳しい総二階建てでこれだけいけるとということが確かめられてよこばしい。(奈良県・設計)
- 伝統的な工法に耐震の技術が生かされていることが分かった。(兵庫県・その他)
- 建物がしなっても残ることが見られた。短辺方向での建物のねじれ方には驚いた。(兵庫県・その他)
- 壁が壊れたり、仕口が変形したりする事で建物の揺れが抑えられることが分かった。(石川県・設計)

■ より詳しい観察

【足元】

飛び跳ねる、ズレる、滑る、逃げる

- 柱脚が飛び跳ね動く様子はよくわかりました。(兵庫県・設計)
- 2階の胴差よりも、柱の足回りあたりが思っていた以上に負担がかかっていたのがミシミシと大きな音でわかった。柱は石に乗っているだけだからズレていくのがよくわかった。(兵庫県・施工)
- 足元の滑り、ねじれの大きさなどが顕著に見られたのでよかった。(兵庫県・設計)
- 柱脚の移動も自分の思っていたより少なかった。(高知県・施工)

- 思ったほど柱脚のすべりが無かった。建物全体の剛性が低いために、部分的にはすべるものの、建物が一体としてすべるような現象にはならないとなのだろうか。(千葉県・設計)
- 脚元の滑りが目に見えて分かりやすかった。(兵庫県・設計)
- 揺れに伴い礎石の上を滑る様子も遠目ながら確認することができた。(大阪府・設計)
- X軸、Y軸のそれぞれ一方向からの力に対して、その力の鉛直方向にも柱の足元が逃げているのに感心した。(京都府・設計 施工 その他)

礎石の大きさ

- 実物の古民家ではあれほど大きな礎石の上に建っていることは少なく、40mm～90mm 程滑った実験結果からすると、古民家は礎石から落ちてしまうのだろうか？(大阪府・設計)

【 偏心の影響 】

- 偏心率の影響がねじれに影響していることを目で見て確認出来た。(石川県・設計)
- 偏心の影響などが、直接目視によって確認できたことが設計に際しての重要な手掛かりになった。(石川県・設計)
- 1層 2層それぞれの動き、建物の強弱部分の有無によって発生したと思われるねじれながら揺れる状況がよくわかった。(大阪府・設計)
- 偏心率 0.3 程度とのことでしたが、思った以上にねじれが発生し、偏心率の重要さが改めて実感した。(石川県・設計)
- 偏心率 0.3 におけるねじれのある2階建て石場建ての挙動を見ることができたので良かった。(大阪府・その他)
- 偏心が建物の損傷に大きく関与するのが、よくわかりました。(兵庫県・設計)
- 偏心率が 0.3 程度とききましたが、偏心によるねじれの影響は想像以上。(石川県・設計)

- 建物が偏心している場合は、ねじれて揺れることが目で見て分かった。(石川県・設計)
- 偏心によってかなりのねじれ振動が起こることが実感できた。(石川県・設計)
- 柱脚フリーであるにも関わらず偏心によるねじれ変形が大きいのに驚きました。今後の解析結果が楽しみです。(石川県・設計)

【 壁 】

- 全体的に耐力壁が少ないにもかかわらず、十分耐えるんだなと思った。再使用が十分可能と見えた。(徳島県・設計 施工)
- 1、2F 共に4隅に壁が配置されていたので、ねじれは少ないと見込んでいたが、1F 1通りの土壁が大きく損傷した。1F 平面図、左側4×4間の空間に全壁を持たない柱があり、これがひとつの要因になっているのか知りたい。(兵庫県・設計)
- 13通りの壁は損傷がないのに1通りの壁は土壁が剥落して

- いたのは、準耐力壁が有効に働いたのだろうか。(徳島県・設計 施工)

土壁パネル

- 荒壁パネルは新建材の面材。入る振動（周波数帯）も違うはず。軸組を基本にして考える伝統構法の実験の中で扱ったり、土壁の建物に混ぜたりする事自体、納得がいかない。(埼玉県・その他)

【 床 】

- 2回加振とも実験体は変形し動いていた。床が半剛床による影響はかなりあって、ねじれてるように見えた。(兵庫県・設計)

接合部

- 柱と足固め、柱と胴差しの仕口である、雇いほぞ車知栓打ちの施工詳細が気になりました。雇いほぞは堅木なのでしょうか。車知栓は脱落しなかったのでしょうか。 (徳島県・設計 施工)

床荷重

- 荷重を鉄板で均等に並べてあったように見えましたが、箆筭など重量のある家具が置かれた場合、偏心荷重となるのでその場合の揺れ方やそれぞれの柱脚への負担も変わってくるんだろうな？と思って見た。(岡山県・設計 施工)

その他

- 大きな振動の時に、ワイヤーが張ってしまったように見えた。法の要求する地震波を入れる時くらいワイヤーを外すべき。それが想定できないようであれば、巨大地震など想定した建物はできない。巨額の税金を使った実験を行う資格はない。(埼玉県・その他)

瓦

- 試験体の屋根瓦の破損等が無かったのに驚いた。(石川県・設計)
- 今回の実験で瓦の挙動が皆無であったのは、何かしらの対策があつての事だろうと思うが、どういう措置をしたのか知りたい。(石川県・設計)

■ 設計法について

【 何が重要、影響すると思ったか 】

偏心が影響

- 建物の偏心は思った以上に影響力があることを目の当たりにして今後の設計には注意したい。(石川県・設計)
- 偏心が意図された建物の挙動を見て、今後の設計において

- 偏心した建物に注意が必要であることを実感した。(石川県・設計)
- 偏心が建物に及ぼす影響は大きいと実感。(石川県・設計)

壁配置のバランスが大事

- 耐力壁のバランスにおいての重要性がより明確となりました。(大阪府・設計)
- 壁の配置には注意が必要だと実感できた。(兵庫県・設計)
- 1階と2階の剛性バランスを検証したことでその成果をこれからの実務に活かせることが嬉しい。(奈良県・設計)

足元まわり

- 一階の柱の部材の大きさと材質、足固めが重要であると思った。(大阪府・設計 施工)
- 脚元の重要性を再認識しました。(石川県・設計)

【 クライテリアの設定と説明 】

- 耐震改修設計時の極稀時のクライテリアをどれ位に設定し、それがどういう位置づけであるのかを所有者に適切に説明することの必要性も感じた。(石川県・設計)

【 2年でできるのか？ 】

- 全ての構造要素についての検証が後2年でできるのかと疑問に思う。(埼玉県・施工)

■ 実験について

【 今回の試験体 】

実際の伝統構法の建物らしくない

- 今回の実験のモデルはデータを取る事を優先したモデルのように見えた。(愛媛県・設計)
- 建物は予想外に、華奢で、組み物や差し物類が見当たらない点など、伝統構法らしからぬ感じがした。100年200年と建物をもたせていくには、部材等が細い。雨風による劣化や虫害などを考えたサイズでの検証をしてほしい。(愛媛県・設計)
- 試験体は田の字型で南に壁のない建物の偏心を想定しているように書かれていたが、実際には軸組を軽視した、違う形態のもの。あれが伝統構法建物の検証と言ってほしくない。(埼玉県・その他)
- 鈴木委員長が「どれだけ太い柱も差し鴨居の下で皆折れるのだから、大黒や太い材の評価などいらない」と言われたが、全国の伝統構法大工が共通認識としてもっている「軸組で持たせる、総持ちを意識して造る」という考えや、私どもが見てきた地震に耐えて建ち残った建物を完全否定するものだ。今回の試験体もそうだ。(埼玉県・その他)

実際の伝統構法らしい試験体を揺らしてほしい

- ・実際の建物に近い形態で行なうことにより実験結果がより反映される。(石川県・設計)
- ・総二階ではなく、違ったパターンの検証をしてほしい。(石川県・設計 施工)

ほか

- ・壁厚がもうすこしあれば、よかった。(大阪府・設計 施工)
- ・モジュールが910というのは少し違和感を感じた。(京都府・設計)

施工のよさ

- ・もし、建物の状況が実験物より粗悪であれば、今回の実験では倒壊していたのではないかと感じた。(兵庫県・施工)

【加振した地震波について】

2方向別々での加振

- ・X・Y方向別々の揺れて違いを顕著に見ることができ、今後の設計に生かせると思った。(石川県・設計)
- ・長辺方向と短辺方向に加振したときに、建物がどのように揺れるのか、よく確認できた。(兵庫県・施工)
- ・一軸方向のみでアレだけのゆれやたわみが見学でき興奮を覚えた。3軸での揺れも見学しなかった。(石川県・施工)

神戸波が見たかった

- ・実際の地震波（例えば神戸波）での振動実験を見てみたかった。振動がもう少し長く続いていたらどうなっていたのか興味がある。実験後すぐ解説があり、とてもよかった。（石川県・設計）
- ・崩壊に至るまでの実験に立ち会ってみたい。（石川県・設計）
- ・阪神大震災の地震波の加震で実験をすると思い、期待をしてきたが、21日に行われるとのことだったので少し残念だった。（兵庫県・施工）
- ・かなりの見学者が「神戸波での実験を次回は期待したい」という言っていた。（広島県・設計）
- ・欲を言えば崩壊まで見学できれば構造の弱点を見れてよかった。（大分県・施工）
- ・1/21 分の加振・崩壊限界検証の様子を見学したかったです。どの程度まで耐えられるのか知りたかった。（東京都・設計）

ほか

- ・加振時間はどのようにして 81 秒（長辺方向のとき）と決めたのですか？（広島県・設計）

【加振時に見えたか】

よく見えた

- ・見学ステージが2Fであったため、柱脚の移動、浮き上がり

- も良く観察できた。(大阪府・その他)

遠かった

- ・今回は3階での見学でしたが2階だともっと迫力の有る経験が出来たと思います。(兵庫県・その他)
- ・見学ゾーンと試験体が離れすぎて各部の動きが確認できなかった事は残念。詳モニターで各部を流すなど検討をお願いしたいです。(滋賀県・設計)
- ・震動台からかなり距離があるので、双眼鏡を持ってくればよかった。(石川県・設計)
- ・遠くからの見学になってしまったので、見えにくく、内容が把握できない時があった。(兵庫県・その他)
- ・3階からの見学で、柱脚の移動など詳細な部分が見て取れなかったのが残念。(岡山県・設計 施工)
- ・出来ることなら実験建物にもっと近づいて見学したかった。(施工)

【加振後の試験体】

加振後の損傷の様子も見たかった

- ・見学位置からは、柱や壁の損傷程度がほとんど確認できず残念。(兵庫県・設計)
- ・私は左官職人でもあるので、壁の状態をもう少し近くで見ても良かった。(京都府・設計 施工 その他)
- ・変形等の様子が分かりづかったのももう少し近くで見学したい。(石川県・設計)
- ・実験終了後に建物各部の損傷状況がもっと近くに寄って見られるようになれば！後日Eディフェンスに来て実験建物を近くで詳しく見る機会があればうれしい。

屋外にあった終了サンプルの展示がよかった

- ・屋外にあった実験終了サンプルの展示が興味ぶかった。今回のものも展示していただきたい。(石川県・設計 施工)
- ・屋外においてあった、RC、S造の破壊実験した建物が興味深かったです。特に、雑壁扱いのRC壁の実験結果が参考になりました。(石川県・設計)
- ・1回目と2回目の実験の間の時間に、外にあった実験済の試験体を見ることができ、いろいろ考えることができた。(石川県・設計)

【解説や配布資料について】

実験後の解説がよかった

- ・実験後すぐ解説があり、とてもよかった。(石川県・設計)
- ・実験終了毎に結果発表と説明を聞かせて頂けたことはとても有意義。(石川県・設計)
- ・丁寧な解説有難かった。(栃木県)
- ・鈴木先生の解説は非常にわかりやすく、良かった。
- ・加振実験前後における鈴木先生の説明が明解で良かった。(広島県・設計)

- ・試験自体は短い時間でしたが、その前後の解説もあって大変勉強になった。(愛知県・その他)

場内アナウンスの聞き取りにくさ

- ・実験結果の概要説明のとき、ハウリングして大変聞き取りにくかった。(兵庫県・その他)
- ・場内のアナウンスが響きすぎて、聞き取りにくかった。(石川県・設計)
- ・実験結果等のアナウンスが聞き取りにくい点があった。(石川県・設計)
- ・実験結果の説明が場所のせいかな聞き取りにくかった。(石川県・設計)
- ・場内アナウンスでの説明が声が響きすぎて聞こえにくく残念。(京都府・設計)
- ・聞き取れなかった。(岡山県・設計)

速報を貼り出しては？

- ・1回目の実験結果を速報でもいいので、見学通路に貼りだして頂けるとありがたい。(石川県・設計)
- ・既に実験を終わった試験体の速報等も掲示されてれば良いと思った。(大阪府・その他)

配布資料

- ・「実験概要」が用意されていたのでより分かりやすかったです。（京都府・設計）
- ・建物の仕口等の仕様や継ぎ手の位置が確認出来る軸組図等の図面があればいいと思った。（施工）
- ・配布された資料を基に、どのような動きになるかを予想しながら見たので、大きな発見があった。建物がどのように動き壊れていくかを予測し、それを活かした設計ができるようになりたい。（和歌山県・設計）

【ほか】

スケジュール

- ・データを取って分析する必要があるのはわかりますが、1回目と2回目の実験の間隔が長かった。(兵庫県)
- ・待ち時間が長過ぎる。

ほか

- ・とにかく、とても寒かった。(大阪府・設計 施工)
- ・スタッフの皆さんのてきぱきした姿には感心しました。(高知県・その他)
- ・柱脚固定のものと石場建てとを並べて見せてほしかった。(岡山県・設計)

Q2 今後の委員会に期待すること

■ 委員会に望むこと

- ・たくさんの実験データを集めて、充実した伝統工法のマニュアル作りができれば、将来に向けて日本のすばらしい建築文化が残っていくと思う。頑張ってください！（岡山県・設計 施工）
- ・一日も早く伝統工法が、きちんと法の下で建てられるように解明してください。（京都府・設計）
- ・未来に生きる人から『この委員会の方たちががんばってくれたから、今私たちはこんなすばらしい住まいに住むことができるんだね。』と言われるような仕事をやり遂げていきたい。（愛媛県・設計）
- ・時間の検証を経ている伝統構法は、我が国の歴史と文化を蓄積したすぐれた建築技術。普通に建設できるようしてほしい。（栃木県）
- ・日本の誇るべき伝統文化があまりにも短絡的に軽視され、破壊されていく状況だと危惧している。文化と安全は相対峙することもあるが、技術者として多くの要素を複合的に考察し、技術向上に努めて行くことの大切さと、職人技術の継承も大切である。構造学的・工法的観点だけではなく意匠設計、施工者、歴史学の各分野も参画し、伝統的工法の確立を早急に生み出していただきたい。（石川県・設計）
- ・日本の文化となる建築を子供達に残したい。伝統構法の解明が進み、建築士も多くを学び、経験し、多様な民家が存在するように柔軟な設計方法が確立し、定番となることを期待している。（和歌山県・設計）
- ・石場建て、仕口継手の評価など、伝統的構法の位置づけをしてほしい（兵庫県・設計）
- ・伝統構法を基準法で認めてもらうことを期待している。（佐賀県・施工）
- ・伝統建築物の規制緩和を望む。（岡山県・その他）
- ・本検討による早急な法整備への進言をしていただきたい。（大阪府・その他）
- ・3年間は長いと思うが、沢山の建築関係者が伝統構法の建築が出来ることを願っているので頑張っていたきたい。（高知県・施工）
- ・このプロジェクトは、多少延長してでも国民の財産になる技術を成果として期待する。（広島県・設計）
- ・今後、新築でも伝統的構法で家を建てるにあたって、設計する者の限界耐力計算等の負担をより少なく出来るようにますます精力的に活動していった欲しい。（京都府・設計 施工 その他）
- ・実務者としては、早急な法体系への反映を願っている。実験する事でかえって迷宮へ迷い込む事は避けていただきたい。（滋賀県・設計）

■ 設計法について

- ・先人たちの遺した建築を、すべて解析しうることはとても困難なことかとは思いますが、あらゆる方面からの検証をお願いし、よりよい設計法ができればと願っています。(愛媛県・設計)
- ・伝統構法の建物はいろいろな形態があるため、手法をまとめるのは大変だと思うが、少しでも、日本の財産を残し、技術を伝承し続けていくためにも設計法を取りまとめて頂きたい。(石川県・設計)
- ・設計法ができれば、伝統工法の信頼性、安全性が担保できるため、期待している。(石川県・設計)
- ・早く実現化に向けてがんばってほしい。(兵庫県・検査機関)
- ・早く、実験結果を設計基準に反映させて欲しい。(石川県・設計)
- ・伝統工法で新築する際に配慮すべき設計方法の制度化を進めていただきたい。(石川県・設計)
- ・設計法は「解説、設計例付、国交省監修付」で発表してほしい。(広島県・設計)
- ・出来るだけ早くこの論理を確立し「特別でない」現場でも使えるようにしていただきたい。(京都府・施工)
- ・現代に則した、設計法の確立をお願いしたい。(岡山県・設計)
- ・伝統構法は環境問題においてもすぐれた力をもつので、眼界耐力計算なしで建てられる環境を整えてほしい。(東京都・設計)

【より具体的な設計法の内容】

- ・石場立て基礎の長所・短所を生かした設計手法の確立を望みます。(石川県・設計)
- ・難解だとは思いますが、滑り以外にも、柱脚浮上がりや水平面剛性等の建物耐力への影響を考慮した設計法を模索していただきたい。(千葉県・設計)
- ・礎石の表面がびしょん(細)仕上げとあるが、表面がもっと滑らかな本磨き仕上げであれば、さらにズレる効果が上がるのではないか。(兵庫県・設計)

【簡易設計法への期待】

- ・意匠設計者にも用いることが容易な設計手法を提案していただきたい。(石川県・設計)
- ・簡易設計法を早く確立していただき、伝統構法が広く一般的に使えるようにと、願っています。(大阪府・設計 施工)
- ・高度な構造計算が必要のないくらいのレベルにしてみたい。(石川県・設計)
- ・設計法の簡易版はシンプルをお願いします。(大阪府・その他)

【ゴールは簡易設計法だけなのか？】

- ・限界耐力計算による設計法と、簡易な設計法とは、どのよ

- うなものなのか判りやすく説明してほしい。(埼玉県・施工)
- ・日経ケンブリッツのインタビューで、委員長は「今後2年間で簡易設計法をつくる」だけにしてしまった。いつからそんな話になってしまったのか。事業説明の時にされた説明や渡された資料と違う。一部の実務者の意向ばかりを受けて、巨額の税金が使われるような事業は終わらせてほしい。(埼玉県・その他)

【古い民家の耐震診断／改修・補強法も】

- ・実際に限界耐力計算を使って設計をしたいような改修民家での実験がなされていないことが残念。年数を経た木造建築は、虫害、腐朽、無理な施工と、様々な要因が重なっており、それらを全て計算ののせることは不可能だろうが、改修を目標としてもっと詳しく解析していく必要があるのではないか？(大阪府・設計 施工)
- ・古民家の再生で耐震改修工事を行う場合に、やみくもに建物を金物や耐力壁で固めない方法、コンクリート基礎のない石場建ての建物に対する補強方法なども確立していただきたい。(大阪府・設計)
- ・診断や補強に関しては、できるだけ実際の建物に応用(モデル化)しやすい簡便な方法を期待したい。(石川県・設計)
- ・既存の伝統工法の建物を残していくための、よい補強方法の研究にも取り組んでほしいです。(石川県・施工)

【多様性、地域性】

- ・全国にある多様な伝統構法を、取りこぼすことなく正しく検証し、設計法に反映してほしい。(埼玉県・施工)

【運用につなげるには】

- ・法律にするには構造のルールだけでは足りない。仮に隣が近接しているような地域ではその滑り方によって建物がぶつかって、地震ではないところで破壊が進むことも想定される。構造やスベリのメカニズムが解明された後で、集団規定的なルールも検討することが必要ではないか。(大阪府・設計)
- ・東京の密集地と田舎の農村が同じ基準法の下に考えられるのはやはりおかしいと思う。(大分県・施工)

■ 実験について

【公開実験への期待】

- ・今後も、実験を公開してほしい。(大阪府・行政)(和歌山県・施工)(石川県・設計)×4(石川県・設計 施工)(兵庫県・施工)×2
- ・一般開放は耐震への一般への周知、啓蒙にもなり、建築関係者のレベルアップにもなるので続けてほしい。(石川県・設計 施工)

【当日のやり方】

実験前後に間近で試験体を見たい

- ・区切られた順路でも構わないので、できれば1Fでもう少し近くから揺らす前後の家を見てみたい。(石川県・施工)
- ・建物の一面のみの見学でしたので、実験終了後でも良いので、反対側からも見学出来たら、良いと思います。(石川県・設計)
- ・実験前と実験後をもっと近くで見ることができたらよかった。(兵庫県・設計)
- ・実験のあと、実際に近くで被害状況を見たい。

見学場所

- ・見学者の見る位置(高さ)についてもっと配慮して欲しい。(背の低い人は見難く、階段等の設備を要望したい)(石川県・設計)
- ・次回このような機会があれば、1Fフロアから実験体を見学したい。(兵庫県・施工)
- ・見えない面のビデオ映像を同時に見れるようにする。(兵庫県・設計)

音声

- ・広い会場で音声が反響して聞こえなかった。イヤホン等に対応していただけるとありがたい。(兵庫県・その他)
- ・実験室からの説明は、もう少し話がわかりやすいように、専門用語は少なめにしてほしい。(兵庫県・施工)
- ・アナウンスが聞き取りにくい点があったので改善をお願いしたい。(石川県・設計)

公開する地震波

- ・今回は安全限界検証が公開実験でしたが、損傷限界・崩壊限界検証も見学したかった。(石川県・設計)
- ・より震度の大きい実験を見学したい。(兵庫県・その他)
- ・神戸の震動が見学できればと思う。(兵庫県・設計)(大阪府・設計)
- ・完全崩壊を見学したかった。(石川県・設計)
- ・倒壊する瞬間、倒壊後の部材の変形や壊れ方を見てみたい。(石川県・施工)

【次の試験体は】

実在民家

- ・実験の試験体については、実在している民家の形でしていただきたい。(大阪府・設計 施工)
- ・次回のモデルは、今を生きる日本の職人さんの叡智を結集して、次の世代の目標となるくらいものを見せていただきたい。(愛媛県・設計)
- ・町家タイプの形態も実験してほしい。(石川県・設計)

不整形

- ・実際の建物は増改築が繰り返されていてこのモデルのように整然としていないケースが多いので複雑な形状も取り入れてほしい。
- ・整形な建物だけではなく、塔状比の大きな建物においても検討していただければと思います。(石川県・設計)
- ・矩形な建物以外(L字型等)の振動台実験も見てみたい。(石川県・設計)
- ・総2階建整形ではなく、現実によく存在している下屋付きや鉤型の木造建物を実大実験で検証していただきたい。(兵庫県・設計)

ほか

- ・試験体のような大きさ／構造計画は「これまで」の時代のもので「これから」のものではない。山にあふれる中目材を利用する小径材の合わせ梁を用いた構造計画や小さくシンプルな計画(ワンスパン・ワングリッド)に沿う内容の実大実験も実現していただきたい。(奈良県・設計士)
- ・他の樹種での試験体、基礎がある場合の建物の動きの違い、貫の厚みや本数による違いなどが見てみたい。(兵庫県・施工)

■ 情報発信について

【一般へのPR】

- ・伝統構法の良さを全国的に報道・ニュース等を通して発信してもらいたい。(石川県・設計)
- ・大工職人は地元の山の木を使った家を創造していくクリエイターであること、山が生き残って行くには伝統構法で家を建てるのが一番ということを、伝えていってほしい。伝統構法が保護されるのではなく自立して生き残っていくためにはそれが必要。(高知県・その他)
- ・このような家造りが最もエコであること、長寿命の家造りには時間がかかることを国民に周知し、マスコミの間違った認識を覆す広報活動もしてほしい。(東京都・設計)
- ・このような実験の模様を判りやすく普通のおじさん、おばさんにDVDなどで伝えてほしい。(兵庫県・その他)
- ・実験結果の考察やコメントなどを幅広く公表して頂くと、一般の方の地震や建物に対する認識に良い影響を与えるのではないか。(兵庫県・設計)
- ・実験の様子・成果をもっと建築関係者・一般市民に発表してほしい。(石川県・設計)
- ・大いにPRをしていただきたい。(石川県・施工)
- ・いろいろな人の目に地震時(揺れ)の怖さを伝える事も大切だと思います。(石川県・設計)

【委員会のサイト】

- ・新しくなった組織(委員会)はオープンでいい。今後も実験の速報、報告などお願いします。(広島県・設計)

- ・意見や質問に答えてもらえる場所をホームページ上に作ってもらいたい。(埼玉県・施工)
- ・木造建築物なので、梁(桁)等の、長さ(仕口の位置 方法)も、図示して頂ければ有りがたいのですが(京都府・施工)
- ・実験資料及び全体及び細部(仕口・脚元)の映像をCDで販売してください(大阪府・設計)

【フォーラム・講習会等】

- ・フォーラムを西の地方(福岡など)でも開催してもらいたい。
- ・脚部の浮き上がり・移動量に対してどれ位の礎板巾が適切であるか、1階の荷重効果を反映した設計方法等の講習会等開催していただきたい。(石川県・設計)

【職人への周知】

- ・われわれ建築職人が見てもわかりやすいテキストの様な物を作成してほしい。(兵庫県・施工)
- ・伝統構法の良い所や性能検証の結果を施工業者によりわかりやすい様に報告してもらえるとありがたい。(兵庫県・施工)

作業協力者・損傷観察者 アンケート

Q1 公開実験の感想をお聞かせください

■ 伝統木造、石場建ての可能性

全体的な意見

- ・伝統木造の可能性、技術・技能の深さを感じた。(京都府・設計)
- ・現代の流れの中に埋没させられている木造の技術・技能を生かしていかなければならないと感じた。(京都府・設計)
- ・伝統の継承が日本の建築文化の鍵であることを再確認。(京都府・その他)

伝統木造の耐震性の確認

- ・試験体は、実験用のもので純然たる伝統的構法とは言い難いが、伝統的構法の基本的な要素の確認は取れたのではないか。(石川県・行政)
- ・最大変形量が1/15以内という結果に、伝統的な木組みと土壁で、十分耐震性の確保は可能だと実感した。(千葉県・施工)
- ・振動する実験体を目にして、家が倒壊せず、人命を守るための器であることが第一だと再確認できた。(京都府・行政)
- ・伝統的構法も倒壊を免れる事が解った。(京都府・施工)
- ・これまではプレカットや新建材の家造りしかしたことがなく、それが地震にも強く倒壊しないとばかり思ってきた。伝統構法の試験体に約十回ほど加振しても倒壊しないどころか、損傷箇所を住み続けられるように修復できるのを目の当たりにし、胸が熱くなり、感動しました。大工の技術ってすごい。(福井県・施工)

石場建ての評価

- ・これまで問題にはなってもほとんど取り組まれなかった石場建て木造建物の地震時すべり挙動についての実験検証を試みたことは大きな成果。挙動を実際に確認できたことは、非常に有意義であった。(京都府・研究者)
- ・伝統木造(石場建て住宅)の耐震性について実感出来たのは、大きな成果。(奈良県・設計)
- ・石場建ての評価について大きな成果。(石川県・行政)

■ 勉強になった

- ・間近で見て、実際どう揺れ、どこが破壊されるのか

- ・観察でき、いい経験になった。(三重県・設計施工)
- ・加震レベルによる損傷状況変化を、間近で確認出来たことは大きな経験になった。(京都府・設計)
- ・破損箇所などが間近で見られて、今後の参考になった。(高知県・施工)
- ・日本の伝統工法の木造が地震に対してどうふるまうのか勉強になった。(大阪府・設計)
- ・揺れの大きさと壁損傷の程度について、理解でき、仕事(住宅耐震診断業務、損傷調査)に役に立つ。(奈良県・設計)
- ・昭和56年以前の木造住宅の一般診断法による制度診断をしていると、伝統的田の字型の民家によく出会う。それを頭に浮かべながら、勉強させていただいた。(京都府・設計)
- ・伝統的構法の耐震特性が確認でき、自分自身の専門知識の向上につながった。(石川県・行政)
- ・2階建ての試験体でのJMA神戸の揺れ方は、さすがに強烈な印象を受けた。あの揺れがもっと長時間続いたらと思うと、恐怖を感じる。(岐阜県・設計施工)
- ・はじめて間近で阪神の地震波による加振を見学したが、やはりかなりの衝撃であったのだと実感した。(石川県・行政)
- ・L2波での振動の方が共振して損傷が大きかったように見えました。(千葉県・施工)

■ 実験を見ての感想～総体として見て

【バランスが重要】

- ・建物全体と、力が集中する箇所との揺れ方の違いを見ることができ、全体耐震バランスを考える勉強になった。(京都府・設計)
- ・壁の偏心率を小さくする事で、揺れ方も相当押えられていたのを見て、壁のバランスの重要性を再認識できた。(岐阜県・設計施工)
- ・弱いフレームのところがよく揺れることが見えた。建物のバランスが大切だと実感。(大阪府・設計施工)
- ・偏心によって柱脚の移動が変化することを観察できた。(埼玉県・設計施工)
- ・偏心等に伴う「ねじれ」「上下動」による柱脚部・柱脚仕口部の損傷を見ることができたのは、今後の参考になった。(京都府・設計)
- ・壁の配置や足元(土台、石場建て)の形状による割れの違いが目でみられて大変勉強になった。(京都府・施工)
- ・壁のバランスが良ければ、揺らすのをかなり安心して見る事が出来た。下屋などの要素含め構造的なバランスをどのようにして取るのか、2階建てを考えるにあたって大事な問題だと認識した。(三重県・施工)

質問

- ・壁の多い通りが柱脚移動が少なく、壁の少ない通りが柱脚移動が多いということと、偏心との兼ね合いについておうかがいしたい。(埼玉県・設計施工)
- ・全体の壁量バランスが良い場合に固い建物は移動し、柔らかい建物は移動が少ないということになるのか?ご意見をお聞きしたいです。(埼玉県・設計施工)

【しなやかさ、復元力】

- ・建物がしなやかに揺れながら地震力に耐える伝統構法の強さを再確認できた。(大阪府・行政)
- ・柱の傾斜を測定して、大きく揺れていても、加震が終われば元に戻る効果が想像以上にあることに気づいた。(岐阜県・設計施工)
- ・かなりの回数揺らされていた試験体でも、損傷観察してみると柱の傾斜が少ないのは驚き。(高知県・施工)
- ・あれだけの粘りと復元力に感動した。(京都府・設計)

【柔らかい建物】

- ・今まで正直、金物だらけ木造にしないためには、土台を固定し金物を使わずに強度を出す仕口や工法を使って「剛」にすれば良いと思っていたが、むしろ地震に対して力を逃がして倒壊を防ぐ柔軟性が大切だと分かった。(石川県・施工)
- ・試験体が、クネクネしながら、振動を受け流し、耐える様子を見て、やはり木造は柔構造なんだなーと、改めて感じた。施工をしているとつい固く作りがち。柔らかい建物の作り方とは?を考えさせられた。(香川県・施工)

■ 各要素について具体的に

【石場建ての足元】

動き

- ・柱脚部に滑りが生じると想像していたが、思いのほかあまり滑らなかった。(京都府・設計)
- ・跳ねるように振動するのが印象に残った。(大阪府・行政)(大阪府・検査機関)
- ・柱脚のスベリによる免震効果が発揮されるかと期待したが、各柱が個別に滑ったり浮き上がったったりして、逆に損傷が大きくなったように見受けられた。(岐阜県・設計施工)

上部構造への入力低減

- ・足元を止めつけてないことが、上部構造への損傷を軽減していることを改めて実感できた。(千葉県・施工)
- ・水平力の入力低減の様子は確認できた。(埼玉県・設計)
- ・今までの足元を固定したのとは比べて上部の揺れの程度がこんなに違うのかと実感。今まで改修した伝統木造建物には足元を金物で固定した物も多々有ることを考えると、かえって建物に良くない事をしたのかと、ぞっとする。(京都府・設計)
- ・石場建てが揺れ、浮き上がり、横滑りにより地震力を減衰させている様子が分かった。柱と足元が、もっとも重要であると思った。(大阪府・設計施工)
- ・筋交いなしの伝統的構法の場合、足元フリーがいいと感じた。(三重県・設計施工)

足元の損傷に対して

- ・柱脚のあのたたきつけるような衝撃に対し、動きながらもひび割れを保護する方法は無いものか。柱に背割れを入れるのはどうだろうか。(京都府・設計)

【足元以外の軸組】

- ・通し柱の有効性を感じた。(岐阜県・設計施工)
- ・最終的に損傷したのは、柱の足元まわりだけだったことから、胴差まわり、小屋梁まわりは、通常の施工をしてあれば心配する必要がないと感じました。(三重県・施工)
- ・2階胴差、床梁の接合部などのズレ、場合によっては脱落なども危惧していたが、見た範囲ではまったくそのようなことはなかった。(埼玉県・設計)

【壁】

土壁

- ・土壁の粘り強さが相当発揮できていた。(岐阜県・設計施工)

荒壁パネル

- ・荒壁パネルによる補修は、短期間に性能を回復させる方法として有効。地震による土壁崩落時の緊急補修対策用として十分使用可能だと思った。(大阪府・検査機関)
- ・荒壁パネルと、小舞壁の性能はどれ位差があるのかが知りたい。(高知県・施工)
- ・耐力壁要素の入れ替えによる建物の挙動の変化を見ることができたのがよかった。(埼玉県・設計施工)
- ・土壁の代わりに使った荒壁パネルは、実際の土壁よりかなり強いなあ、という印象。(三重県・施工)

【床】

- ・1階床のMo効果による変化も興味深かった(京都府・施工)
- ・床は固め過ぎ(30ミリすぎ板、釘3本打)ではないか？床受けも半分の持ち出しぐらいでよいのでは？(徳島県・その他)

【材】

- ・乾燥による割れと実験による割れの重なりが重大な被害になることが分かった。
- ・足固めはもう少し大きな断面を使いたかった。
- ・尺の梁は8m材を使いたかった。
- ・全体に試験体の用材集めにかけられる期間が短過ぎた。天然乾燥で6ヶ月以上寝かせた含水率20%以下、背割れなしという条件を揃えるのに、バラバラな産地からかき集めざるを得なかった。十分な養生期間をみることのできるスケジュールでないと厳しい。(徳島県・木材供給)

■ 損傷観察・パネル取り替え作業に参加して

研究者と実務者の共同作業

- ・沢山の方の労力と熱意で実験が無事成功に終わりよかった。(滋賀県・施工)
- ・熱気と作業中のまとまりが素晴らしい。(山梨県・施工)
- ・多くの方の情報交換の場を持てたことも、自分の財産となった。(京都府・設計)
- ・設計、施工、行政等、セクターの強みを生かしつつ、それを越えた協働作業によって成り立った壮大な実験。(京都府・行政)
- ・設計・施工・材料提供者・行政・研究者等と一緒に作業し、お互いの見解・考え方をストレートに交換しながら作業を進める場があった事で、新しい発想・発見があった。(京都府・設計)
- ・いろいろな方と会えて、一緒に作業ができて楽しかった。(兵庫県・検査機関)
- ・木と木も同じ木はないし、人と人も同じ人はいない。木と木をつなぎ頑丈な建物ができるように、人と人がつながることにより良いものとなる。このつながりから、伝統構法が良いものということが広がればいいなと思った。(福井県・施工)
- ・参加者が生き生きしていた。多くの若い大工さん等が持ち場を確実に作業した結果が実験を成功させた。「オレ達もやったのだ」ということが、地域における伝統的構法の啓蒙活動にきつとつながるはず。(愛知県・設計施工)

Q2 今後の委員会に期待すること

■ 委員会に望むこと

- ・伝統的技術の裏付けを確立してほしい。(京都府・設計)
- ・木造建築の可能性が、一つ増えることに期待。(京都府・設計)
- ・日本の木造建築の未来に、明るい光が差し込む事に期待。(岐阜・設計施工)
- ・鈴木先生と大工さん、設計関係者、施工関係者の成果が出ることを確信している。(兵庫県・設計)

【基準法に】

- ・建築基準法に「伝統構法」の新たなページを確立頂けると信じている。(京都府・設計)
- ・より伝統構法の実態に近づく実験の成果を上げていただき、建築基準法の改正に向けて着実に前進して頂きたい。(石川県・行政)
- ・剛に対して柔軟性ある伝統工法のやり方が見直され、建築基準法で取り入れてもらえるようにつなげてほしい。(石川県・設計施工)

■ 設計法について

【設計法のあり方】

こうあってほしい

- ・伝統構法の特性を十分に生かした設計法の確立に期待。(京都府・施工)
- ・今回の実験で実際に体感した感覚をそのままに評価してくれる設計法がほしい。(千葉県・施工)
- ・ルールはシンプルに。(京都府・設計)

詳細すぎないこと、一定の幅があること

- ・実験結果の予測精度がかなりのレベルに達しているように感じると共に、これからできる設計法があまりにも詳細なものにならないか心配。(滋賀県・設計)
- ・仕様に縛られない方法論としての設計指針が出来ることを望む。(埼玉県・設計施工)
- ・審査機関で細かな指摘を受けない、あたらずも遠からずのよい塩梅の設計法になることを期待。(滋賀県・設計)
- ・安全率が多すぎるのも問題だが、一定の幅を持たせた計算法が望ましい。実務の中では、すべての接合部を拾いだすことは至難であるし、木を見て変更を余儀なくされる部分もある。(埼玉県・設計施工)

留意事項

- ・禁じ手の類をまとめてほしい。(埼玉県・設計施工)
- ・施工時の注意点なども示していただきたい。(京都府・設計)

【より具体的な設計法の内容】

- ・柱脚の滑りは、上部構造に対して有利に働いているが、滑りを制御することはかなり難しい。入力の大きさと上部構造への力の伝達、滑り量の予測が可能な設計方法の確立に期待。(大阪府・検査機関)
- ・脚柱のすべりと上部構造の重さの関係、柱と礎石のすべり具合などで一部の柱が脚柱部分で折れることがありうることをやむなしとして考えるのか、NOと考えるのか。感覚的には、一部の軸組みが折れても倒壊しない、修復可能な範囲にとどまることが大事だと感じる。(京都府・設計)
- ・最終的に1本の柱脚が破損していたが、一部の柱の損傷では建物は崩壊には至らない。柱を破損させない柱・梁接合部の仕様が重要だと思う。(大阪府・検査機関)

【今後検討してほしい要素】

- ・石場建ては平板ではなく、自然石や光つけなどでの実験も進めてほしい。(石川県・行政)
- ・足元フリーの場合は、柱と足固めのおさまりに工夫が必要。古民家の資料を読み込み、足固めの構法の歴史から昔の民家に学んだ足元フリーのおさまりを発想できれば、面白い。(東京都・設計)
- ・束が、建物の挙動を妨げない工夫を考えていただきたいと思います。(東京都・設計)
- ・今回プランに入らなかった、差鴨居についても考えてほしい。(三重県・施工)

【設計法が対象とする範囲】

- ・これから造っていくべき建物を計算法の対象にしていきたい。(埼玉県・設計施工)
- ・構造的な解明だけでなく、現代的な感覚も取り入れた、魅力ある意匠性についても研究の展開を望む。(京都府・設計)
- ・石場建ての設計法だけでなく、その他の現場でできるようになるといいと現場が望む案にも取り組んで頂きたい。そのために、現場の実務者の意見をどんどん取り入れてほしい。(滋賀県・施工)
- ・既存不適格の古い民家の改修法の指針(たとえば構

- 造的に弱い通り土間をどう残せるかなど）も検討してほしい。（三重県・施工）
- 地域性についていくつかのグループに分けたパターンとして研究も必要。（京都府・設計）
- 架構形状が複雑なものの耐震性能評価の判断について、検討を進めてほしいです。
- 「京町家」はあの柱の細さ華奢さに魅力がある。平屋でも150角柱という太さは、やむを得ないのだろうか（京都府・設計）
- 日本庭園・露地庭等における施設、茶室等の数寄屋普請にあっては、部材断面が小さく、実験に用いていた断面の50%程度の場合が多い。そうした場合への修正・応用もご検討いただきたい。（京都府・設計）

【簡易設計法、施工マニュアル、普及モデルについての期待】

- まちなかの一般的な工務店や設計事務所の皆様でも設計・施工できるような設計法、施工マニュアルに期待。（大阪府・行政）
- 特殊な構造計算によらなくても、重要な部分（仕口や壁配置等）により、安全確認できるような簡易マニュアルができると、実務ではかなり助かる（岐阜・設計施工）
- 特殊な建物にも適用できる設計法はともかく、「実際に使える簡易設計法」は早く作って欲しい。（埼玉県・設計施工）
- コストを含めた普及モデルの案も今後検討していただきたい。（京都府・設計）

【なるべく早く】

- 実務の現場では3年後まで待ってられない。生かせるデータは早く公開し、行政、確認機関に周知していただきたい。でないと伝統的構法の構築は手遅れになる。（愛知・設計施工）
- 一日でも早く、使いやすい構造計算式ができることを望む（大阪府・設計施工）
- なるべく早く設計法の確立されることを願っています。（京都府・設計）

【運用につなげるには】

- 確認申請料や確認期間が長過ぎることなど、実務上のハードルがたくさんある。設計法や制度を実務で使えるよう、総合的に組み立てる必要性も提言していただきたい。（埼玉県・設計施工）

- シンプルなもので一軒当たり20万円以下で計算書ができるようにならないと、実際に石場建てができるようになったとはいえない。（山梨県・施工）
- 実際に運用するにあたって、現在問題に直面している例だけでなく、予測される問題点まで広げて検討する必要がある。（滋賀県・設計）

■ 実験について

【次の実験の試験体は？】

- 実大実験では、今までのような総二階建てでなく、古民家らしい形のものを希望（大阪府・設計施工）
- 下屋などを設けたもので実験してほしい。（高知県・施工）

【ほか】

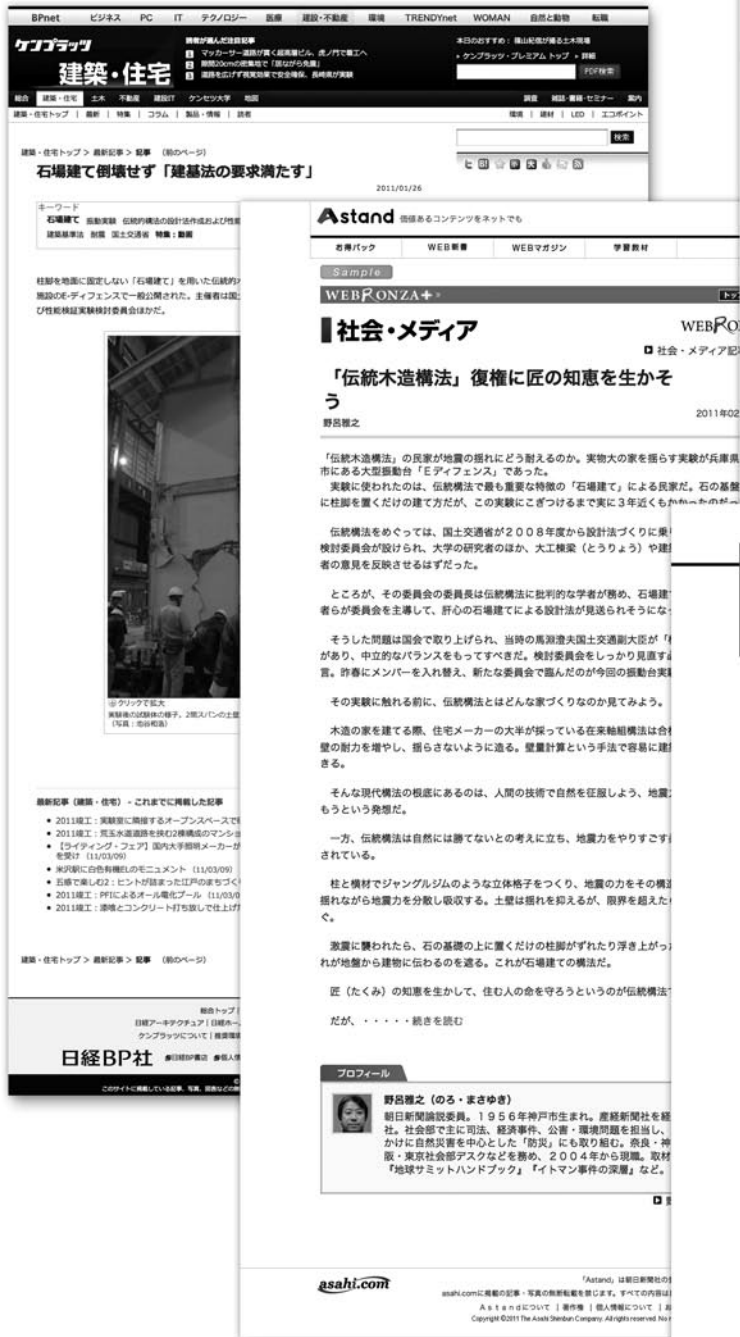
- 大工による木材の目視を調査していたのが大変興味深かった。勉強会を開催してほしい。（京都府・施工）

■ 材料について

- 伝統木造構法に適した材とは何か、次の観点からの検討をお願いしたい。
適切な含水率とは？／適した乾燥方法は？／天然乾燥による表面ワレと背ワレの違いは？（ほぞの部分は？節との関係は？）／木取りと強度（元玉、二番玉、4番玉材の違い）／樹齢と強度／施業と強度／産地と強度（徳島県・木材供給）
- 繰り返しの実験で複数回のダメージを与えるのは厳し過ぎるのでは？（徳島県・木材供給）

メディア掲載

- 1) 日経ホームビルダー 2011.2月号 「伝統構法は地震に弱いか？」
- 2) 新建ハウジング 2011.1.31号 「伝統的木造住宅 阪神淡路級の揺れに耐えた～実大実験で安全性確認」
- 3) 日経ケンブリッジ 2011.1.26号 「石場建て倒壊せず『建基法』の要求満たす」
- 4) 朝日新聞 WEBRONZA 2011.2.3号 『『伝統木造構法』復権に匠の知恵を生かそう』



東北地方太平洋沖地震について

3月11日に発生しました我が国観測史上最大規模の東北地方太平洋沖地震では、東北地方を中心に広範囲に甚大な被害が生じております。被災地の方々には、心よりお見舞い申し上げます。

この地震では、自然災害の脅威をまざまざと見せつけられましたが、その中で津波災害を含めた地震災害の防災が重要であることを改めて認識させられました。災害の発生要因と被害などの解明が進めば、地震学、地震工学など学術面のみならず防災対策の面でも新たな構築が必要となると考えています。

現在は、被災地での救助、救援が第一ですが、これまでの報道で木造建築物にも大きな地震被害が認められるため、その後の復旧、復興において、私ども検討委員会におきましては、被災地での被害調査とともに木造建築物の補修や耐震補強などに取り組んで参ります。また、今後とも地震災害の軽減に向けた取り組みを進めます。

当委員会での被災地における被害調査や被災地のみなさんにできる支援について具体的な計画ができ次第、検討委員会の Web サイトやメルマガでお知らせいたします。どうぞよろしくお願いいたします。

伝統的構法の設計法および性能検証実験検討委員会
委員長 鈴木祥之