

3.3.5 大都市大震災復旧・復興プロセスにおける被災戸建住宅の補修支援プログラム

目次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 5ヵ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
- (e) 平成16年度業務目的

(2) 平成16年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の成果
 - 1) 住宅復旧相談の実態調査と相談支援情報システム設計
 - 2) 宮城県北部地震後の住宅再建の決定要因に関する調査・分析
 - 3) 落とし込み二重板パネルの水平加力実験・理論解析と被災住宅補強
- (c) 結論ならびに今後の課題
- (d) 引用文献
- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
- (f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

(3) 平成17年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

大都市大震災復旧・復興プロセスにおける被災戸建住宅の補修支援プログラム

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
山口大学工学部	助教授	村上ひとみ	hitomim@yamaguchi-u.ac.jp
同 上	助教授	瀧本浩一	takimoto@yamaguchi-u.ac.jp
同 上	助教授	榊原弘之	sakaki@yamaguchi-u.ac.jp
同 上	教授	中園真人	nakazono@yamaguchi-u.ac.jp
同 上	大学院生	森山 勉	
同 上	卒論生	中田央嘉	
同 上	大学院生	富士尚俊	e017fu@yamaguchi-u.ac.jp
同 上	大学院生	岡村精二	sei-ji-o@pb3.so-net.ne.jp

(c) 業務の目的

阪神・淡路大震災の際には、公費解体が実施され修復可能な多くの住宅が取り壊され、被災者の住宅再建をより困難なものにしたと指摘されている。大都市大震災において、被災者が戸建住宅を取り壊し建て替えるか、補修補強するかの復旧方法選択は、被災者の住宅・生活再建と地域の復興に重要な役割を果たす。

本研究は、最近の地震における家屋解体の実状を調査して、解体された住宅の被害程度、廃棄物の質量と環境影響を評価するとともに、住宅復旧意思決定に関する調査結果をもとに意思決定に係わる要因を明らかにして補修・補強を促進する支援手法を開発・提案することを目的とする。あわせて、被災者が安心できる速やかな住宅復興、私的・公的復旧費用の軽減、円滑な地域居住環境の再建、環境負荷の軽減を目指す研究である。

(d) 5 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成 14 年度：

2000 年鳥取県西部地震による家屋解体に関する統計分析により、解体率の影響要因や解体原単位の実態が明らかになった。また、鳥取県日野町において住宅復旧方法選択に関する被災者アンケート結果を住宅の被害・復旧状況データベースとリンクして分析し、補修と解体建て替えを選択する影響要因を明らかにした。

2) 平成 15 年度：

阪神淡路大震災における家屋解体について統計資料等を収集し、解体率と解体原単位に関する分析を行った。また、同震災における被災家屋の復旧方法選択について、東灘区の事例調査から検討するとともに、2000 年鳥取県西部地震について、被災者の復旧方法選択に関するアンケート調査を行い、住宅復興補助金の有り・無し想定と、影響要因の傾向を検討した。また、木造軸組住宅が被災した場合の補強策として、二重落とし込み板耐力壁の実験により、その有効性を検討した。

3) 平成 16 年度 :

過去の地震災害における住宅補修事例のデータベース化基本調査と被災者支援住宅相談情報システムの基本設計・構築を行う。また被災者の復旧方法意思決定に関して 2003 年宮城県北部地震の被災地域を対象に地域性を考慮した調査・分析を行う。軸組木造住宅の補強方法として落とし込み二重板パネルの水平加力実験と理論解析によりその効果を評価する。

4) 平成 17 年度 :

平成 17 年度以降の重点課題である“1. 避難所管理・応急住居供給システム”の中の「1.3 被災戸建て住宅の補修支援システム」として、被災戸建て住宅補修による負荷軽減効果の算定、被災戸建て住宅の復旧選択フレーム構築、被災戸建て住宅の復旧相談支援情報システムの試作を実施する。

5) 平成 18 年度 :

平成 17 年度に引き続き、被災戸建て住宅補修による各種負荷軽減効果、被災戸建て住宅の復旧選択指針の策定、被災戸建て住宅の復旧相談支援情報システムの構築を実施する。

(e) 平成 16 年度業務目的

最近の地震災害における住宅相談実施の実態調査にもとづき住宅相談支援情報システムの基本設計を行う。さらに、被災者の住宅再建の決定要因を明らかにするため、アンケート調査を実施し、建て替えか補修を選択する要因を分析し、地域特性の影響を検討する。

また、落とし込み二重板パネルの水平加力実験と理論解析により、地震前に加えて地震後の被災木造住宅の補強方法としての効果を検討する。

(2) 平成 16 年度の成果

(a) 業務の要約

1) 住宅復旧相談の実態調査と相談支援情報システム設計

2004 年新潟県中越地震による住宅相談の実態を分析した。統計データより、相談件数にばらつきが見られ相談窓口の混雑緩和の必要性あること、住宅相談に従事した建築士を対象とするアンケート調査より、相談支援情報システムの必要性和相談に優先順位の条件がわかった。これらをもとに、「被災住宅の復旧相談支援情報システム」を発展させ、復旧相談スケジュール・システムを開発した。

2) 宮城県北部地震後の住宅再建の決定要因に関する調査・分析

2003 年宮城県北部地震被災者を対象とする住宅再建方法意思決定に関する調査を実施し、以下のような、鳥取県西部地震被災地と類似した知見が得られた。

- ① 建替、補修の選択が、被災度判定結果に依存すること。
- ② 高齢者のみの世帯において、建替が控えられる傾向があること。
- ③ 住宅被害の大きかった世帯において、補助金の効果が大きかったこと。

3) 落とし込み二重板パネルの水平加力実験・解析と被災住宅補強

木造軸組み構法住宅に使用する落とし込み板壁の耐力変形性能に関する面内せん断試験を行い、パネルの変形要素はダボとビスがせん断抵抗しながら板相互がずれる変形と、板壁が対角方向に圧縮されて生じる変形が支配的であること、ビスが降伏してもパネル自体の耐力が低下するわけではなく、板相互のずれにより軸部との圧縮面積が広がり、落とし込み板壁本来の抵抗力を発揮し、最大耐力は20 k Nに達することが明らかとなった。被災木造住宅（軸組み構法）の耐震補強のための耐力壁としては十分な性能を有しており、かつ筋交い等の金物による補強と比較し、変形は大きいものの復元力に優れていることから、在来工法に適した補強法と言えよう。

(b) 業務の成果

1) 住宅復旧相談の実態調査と相談支援情報システム設計

a) はじめに

日本は地震国であり、特に近年では2004年新潟県中越地震や2005年福岡県西方沖地震のように顕著な被害地震が頻繁に発生している。地震により住宅が被災すると、住民は避難所等での生活を余儀なくされ、精神的に大きなストレスを受ける。そこで被災者はできるだけ早く元の生活ができる環境を取り戻したいと強く望み、住宅復旧に関して客観的・技術的に信頼できるアドバイスを求めて行政等の相談窓口を訪れる。しかし大地震による住宅被害は膨大な数に上り、相談窓口が非常に混雑する状況となる。また相談担当職員は、多くの被災者に対する相談業務に加え、相談記録や住宅被害などの情報整理などの業務に日々追われるため、相談窓口の混雑が続く事態が予測できる。そのため、相談窓口の混雑を緩和する事前計画や情報システムの必要がある。

村上・他¹⁾は2000年鳥取県西部地震における「新築に建替える」か「補修・補強」で済ませるかという、被災住宅の復興に関する意思決定モデルを構築し、意思決定に影響を及ぼす要因分析を行った。また、三樹²⁾及び村上、他³⁾において、住宅各部の被災程度による補修可能性評価法を試行的にモデル化するとともに、ネットワークを介して住宅相談の申し込みをデータベースサーバに送信し、申し込み情報をもとに相談業務を円滑に実施できるように支援する情報システムの開発を行った。

本研究では、大地震において自治体が開設する住宅復旧相談窓口の混雑を緩和し相談業務を円滑に実施するために、被災者からの情報と相談窓口で勤務する職員の情報を基に、相談業務をスケジュール化するシステムの開発を目的とする。このシステムにより、相談窓口職員の負担軽減と、相談窓口を訪れる被災者に対して適切な相談員による復旧支援情報の提供を目標とする。

b) 2004年新潟県中越地震における住宅相談の役割と実態

i) 災害時における住宅相談窓口の役割

災害発生後、住宅が復旧するまでのプロセスを図1に示す。住宅が被災して応急危険度判定などにより、自宅での生活が危険であると判断された被災者は、避難所で集団生活を余儀なくされる。被災者は早急に住宅を復旧させ、本来の生活を取り戻すため住宅復旧に

力を尽くすが、個人では復旧に関する知識が不足しており、地方自治体等が開設する相談窓口を訪れる。一方、災害救助法や被災者生活再建支援法の基準とするため、自治体により住宅の罹災調査が行われる。被災者は罹災証明や住宅復旧の相談結果をもとに住宅を建替えるか、補修・補強を施すかの意思決定を下し、住宅の復旧へ向かう。このように住宅相談とは、住宅の復旧プロセスにおいて「建替え」と「補修・補強」の選択の間で意思決定を行う際に判断材料となりうる重要なものである。

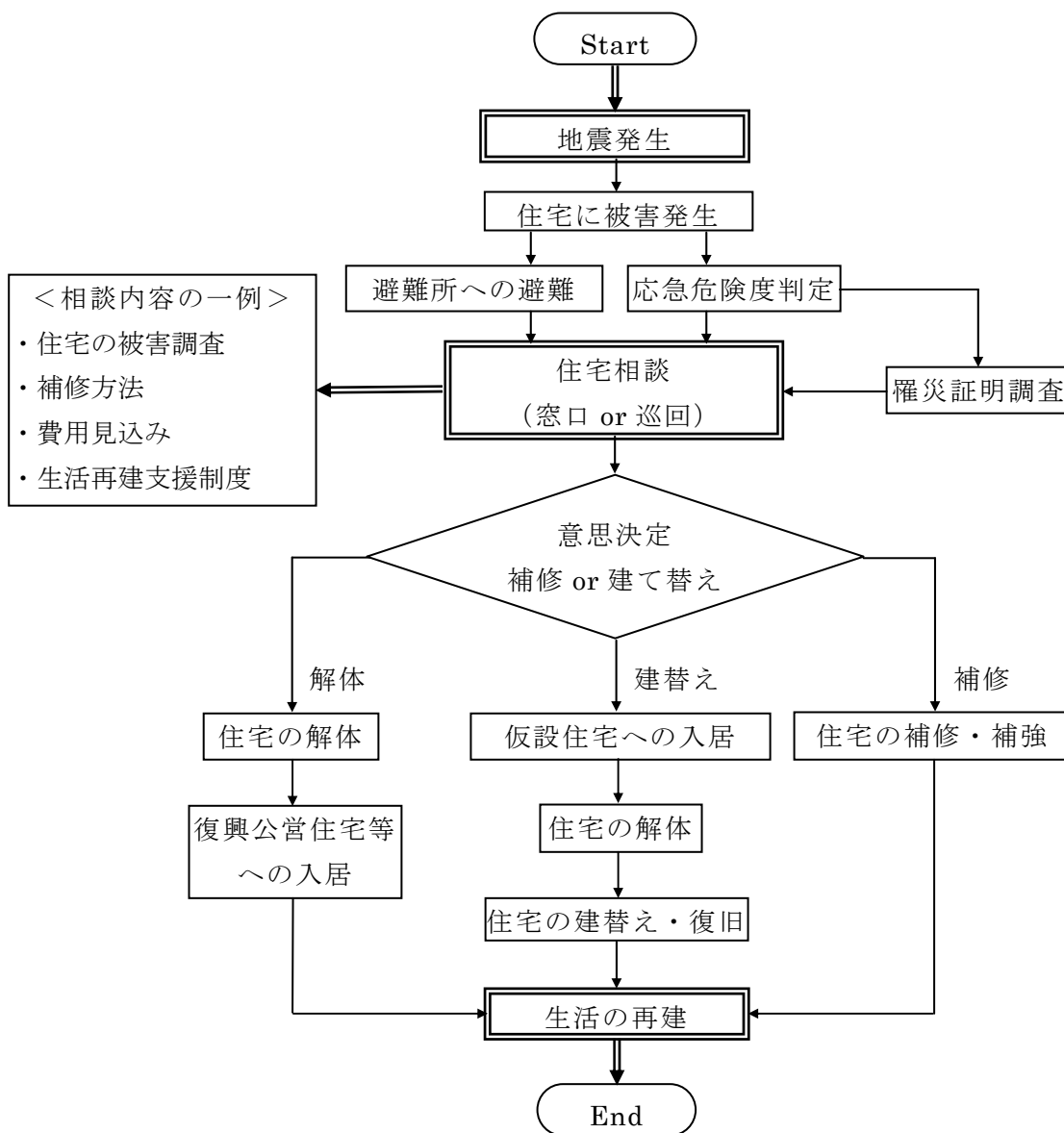


図1 住宅の復旧プロセス

ii) 新潟県中越地震における住宅相談キャラバン隊の統計

2004年10月23日17時56分頃、新潟県中越地方を震源とした地震(M=6.8)が発生した。この地震により新潟県川口町を震度7の最も強い揺れが襲い、小千谷市、山古志村、小国町では震度6強を観測した。また本震発生後、同日18時11分頃にもM6.0の地震が発生し、新潟県小千谷市で震度6強を観測、同日18時34分頃にはM6.5の地震が発生し、

新潟県十日町市、川口町、小国町などで震度6強を観測した。このように本震発生後も非常に活発な余震活動が続いた。新潟県内ではこの地震により、死者40名、重傷者551名、軽傷者4,035名の人的被害が発生した(2005年1月21日新潟県報告)。また、住宅被害は、全壊2,867棟、大規模半壊1,664棟、半壊9,349棟、一部破損92,111棟にのぼる(同上、新潟県報告)。なお山古志村は全村避難指示が出され、上記時点で被害状況を把握できず被害総数に含まれない。これにより多くの住民が避難所生活を強いられ、ピーク時の2004年10月26日には34市町村で10万人以上の住民が避難所生活を送った。

一方2003年宮城県北部地震では全壊棟数1,276棟、半壊棟数3,809棟の住宅が(消防庁、2004年3月30日付)、また2000年鳥取県西部地震においては全壊棟数394棟、半壊棟数2,495棟の住宅が被害を受けた(消防庁、2002年10月10日付)。ここで「大規模半壊」とは、2004年4月の被災者生活支援法改正により追加された被害区分である。3つの地震による住宅の全壊数・半壊数を図2に示す。新潟県中越地震による住宅被害は、全壊数・半壊数ともに宮城県北部地震、鳥取県西部地震を上回り、全壊数は宮城県北部地震の2倍以上、半壊数に関しては約3倍にのぼる。

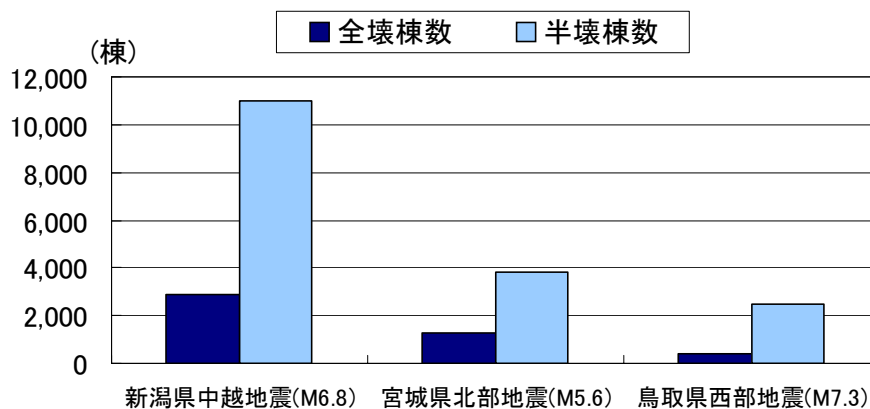


図2 2004年新潟県中越、2003年宮城県北部、2000年鳥取県西部地震の住宅被害

iii) 新潟県中越地震による住宅相談キャラバン隊

新潟県中越地震により2万棟以上の住宅被害が発生し、住宅復旧のための相談窓口が各市町村で開設された。新潟県建築住宅課からの委託により(社)新潟県建築士会が本部となり、2004年11月6日から同年11月17日までの間、住宅相談キャラバン隊が被災地に派遣された。新潟県に加え近隣や関東各県の建築士会所属の建築士、延べ1,877名・日が派遣され、各市町村での窓口相談業務を3,730件、被災住宅を現地で見ると巡回相談業務を3,681棟に対して実施した。なお、住宅相談関連資料は新潟県建築住宅課の提供による。

図3に住宅相談キャラバン隊による相談業務の実績(窓口、巡回の計)と住家被害を示す。長岡市や小千谷市など、住家被害が大きい地域は相談件数も多く、被害数とほぼ同程度の相談があったことがわかる。新潟県6市町における相談員数あたりの相談件数の日推移を図4に示す。小千谷市、見附市では相談員一人一日あたりの相談件数の変化が大きく、混雑度の変動が大きい。他の4市町ではほぼ一定である。特に小千谷市ではピーク時に、相談員一人一日あたり50件の相談に対応している。このことより相談窓口は非常に混み合

い、被災者に対して満足な対応ができなかったことが推定される。

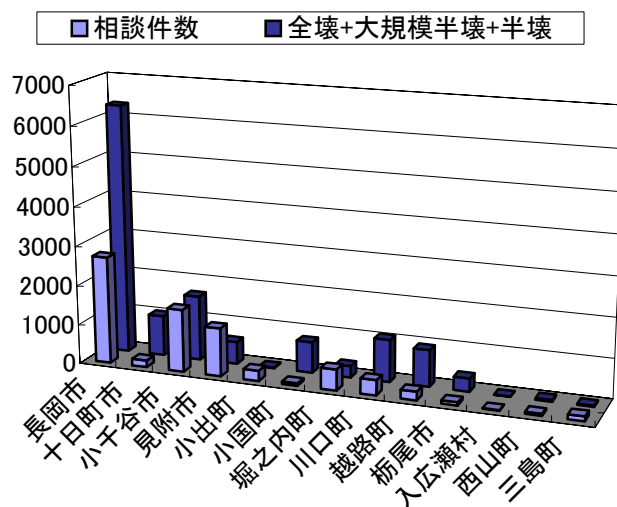


図3 新潟県13市町村における相談件数（窓口、巡回の計）と住家被害

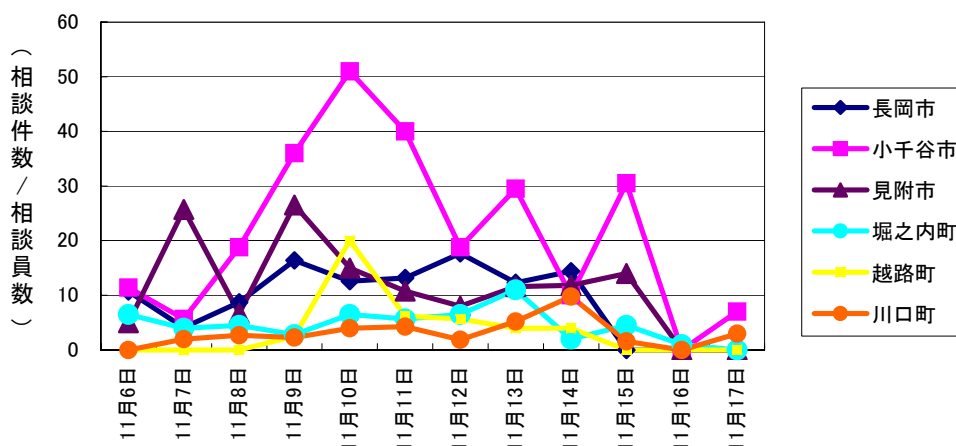


図4 新潟県6市町村における相談員数あたりの相談件数の推移

c) 新潟県中越地震における住宅相談担当建築士へのアンケート調査

i) 調査方法

地震時の住宅相談業務の実情を知り、システムに反映させることを目的に、新潟県中越地震時に住宅相談キャラバン隊に参加した新潟県建築士会所属の建築士を対象としてアンケート調査を実施した。調査票は、2004年12月14日に56部を送付し、同年12月25日までに34部郵送回収した。回収率は61%である。

アンケート調査票（A4版4ページ、全15問）の内容を以下に示す。対応した市町村、担当した相談業務の内容、1日の業務時間と対応した人数、受けた住宅相談の内容、相談窓口業務を実施して良かったこと・困ったこと、被災者一人当たりの相談項目数と平均対応時間、相談業務を実施する際に考慮すべき優先順位、所属機関と通常業務での担当分野。

ii) 相談内容と良かったこと、困ったこと

回答者の所属機関は「建設設計事務所」が64%、「工務店」が15%、「建設会社」が6%である。相談内容を図5に示す。「住宅の被害調査依頼」が最も多く94%を占め、「補修方法と費用見込み」が85%と続く。この地震では多くの深刻な地盤災害が発生したため「地盤災害の復旧方法」に関する相談も24%あった。多くの場合、被災者個人では、住宅の被害程度や崩壊した地盤の復旧方法、被災した住宅は補修可能なのか、また補修が可能であればその費用がどのくらいかなどの判断が困難である。このような背景から、住宅の被害調査や補修方法に関する相談が多い。

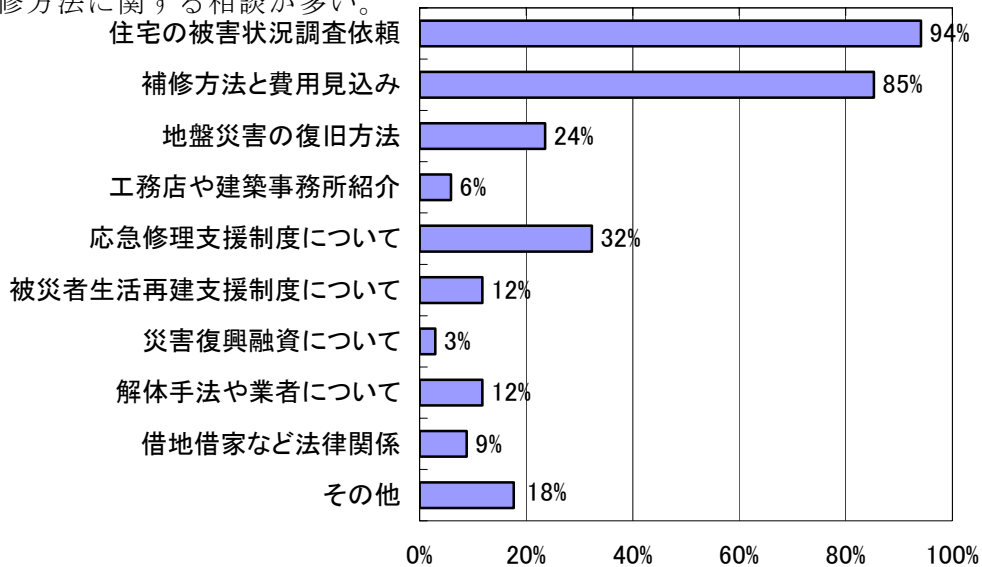


図5 実際に受けた住宅相談の内容 (MR：以下多項目回答式を示す、N=34)

相談窓口業務を担当して良かったことを図6に示す。「被災者に安心感を与えることができた」が91%と最も多い。また「問題や疑問を解決する手助けができた」、「被災者が求める情報を提供できた」などの回答も多い。さらに、「今後の耐震や災害安全設計の参考になった」、「復旧設計実務の参考になった」など、相談員側のメリットとなる回答もある。

相談窓口を担当して困ったことについて、2004年新潟県中越地震の結果(N=34件)と、三樹²⁾による2003年宮城県北部地震および2000年鳥取県西部地震の際に相談窓口業務に携わった県と市・町の建設・防災担当職員に対するアンケート調査(N=27件)を比較する(図7)。鳥取県・宮城県の回答で「住民からの情報不足のため状況が把握できない」が56%で最も多く、新潟県においては24%の回答を得た。「被災住宅を実際に見て相談に応じるほうが良い」という回答は新潟県においては56%と最も多く、鳥取県・宮城県では30%であった。住宅に関する専門家でも情報が不足していると、被災者の相談に対して的確な回答やアドバイスができないことがわかる。被災者が情報を持参し、その情報がより詳細であれば、被災者の求める回答を提供できる。また相談員が、被災した住宅を実際に見て相談に応じれば、よりの確かなアドバイスを与えることができるが、訪問相談を増やすと、多くの被災者を待たせてしまう状況につながりかねない。そこで相談の前に被災住宅の情報を入手しておき、その情報をもとに相談を実施できれば、的確な対応が可能になると考えられる。「住民を待たせてしまう状況」や「窓口が混雑し相談に十分な時間がとれない」という回答も鳥取県・宮城県ではそれぞれ48%、26%、新潟県では29%、18%にのぼる。

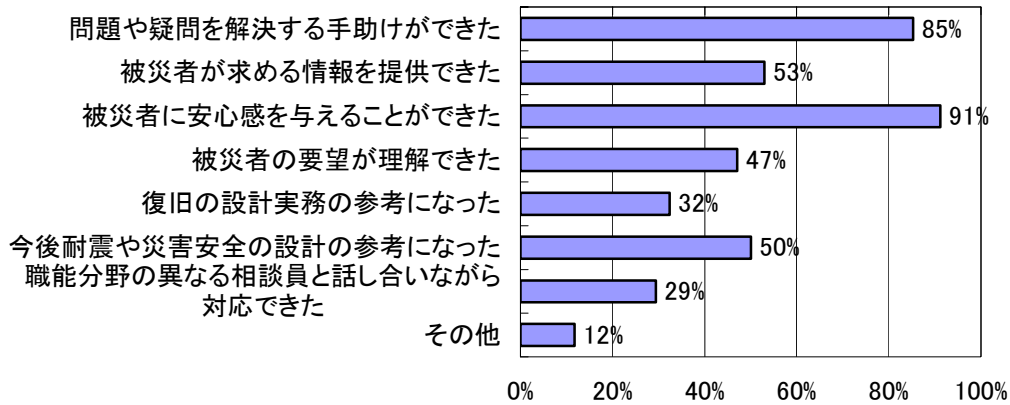


図6 相談窓口を担当して良かったこと (MR、N=34)

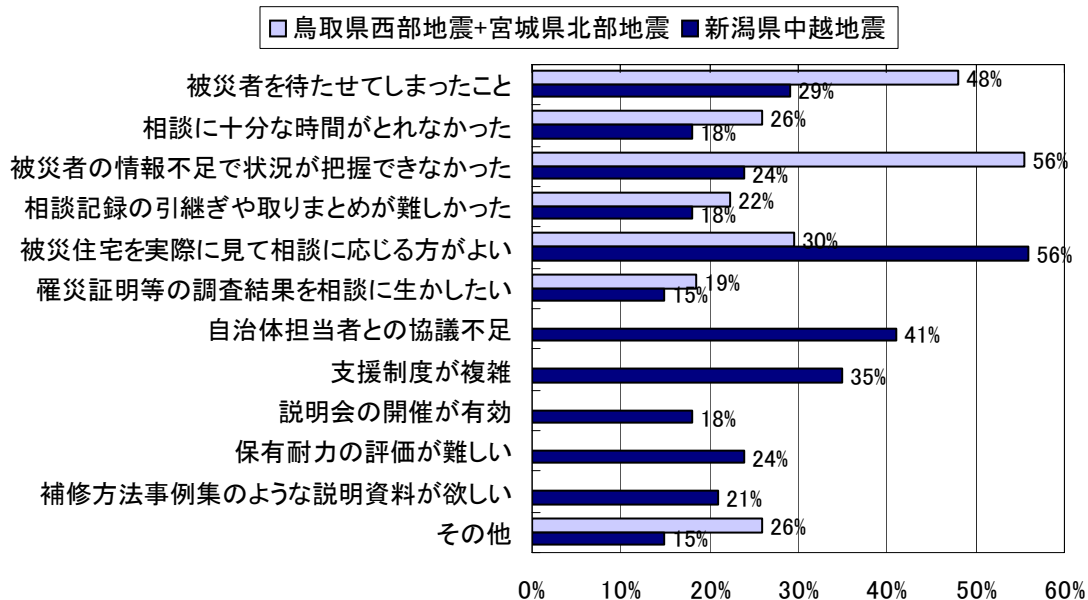


図7 相談窓口を担当して困ったことの比較 (MR)

その他の意見として、「災害による被害が大きいと市町村は復旧業務に追われ住宅の復旧相談に人員を割くことができず、さらに市町村に建築士がいない場合は市町村だけでの住宅復旧相談は困難である」、「相談対象である被災住宅の情報が不足していたため、実際に住宅を見て対応した」、「配置する相談員数に問題があった」、「木造のみの技術者や、木造の知識がない技術者では対応できない場面が多くあるので、相談員の選定も重要な問題である」などがあった。

iii) 相談対応時間

被災者一人当たりの相談項目数は「3項目」が44%と最も多く、次いで「2項目」が38%、「3項目以上」が18%である。被災者一人当たりの平均対応時間を全回答(N=34件)と、「相談に十分な時間が取れなかった」回答(N=6件)について比較する(図8)。時間不十分の方

が相談時間は短く、半数が被災者一人に対して「15分～30分」の時間で対応し、33%が「15分未満」という結果が得られた。平均で、相談員は相談1項目に対して15分程度の時間を割いていたことになる。以上の結果より被災者一人に対して30分程度、1項目あたり約15分の対応時間では満足いく対応ができなかったと推測される。最低でも相談1項目あたり30分以上の時間を割く必要があると考えられる。

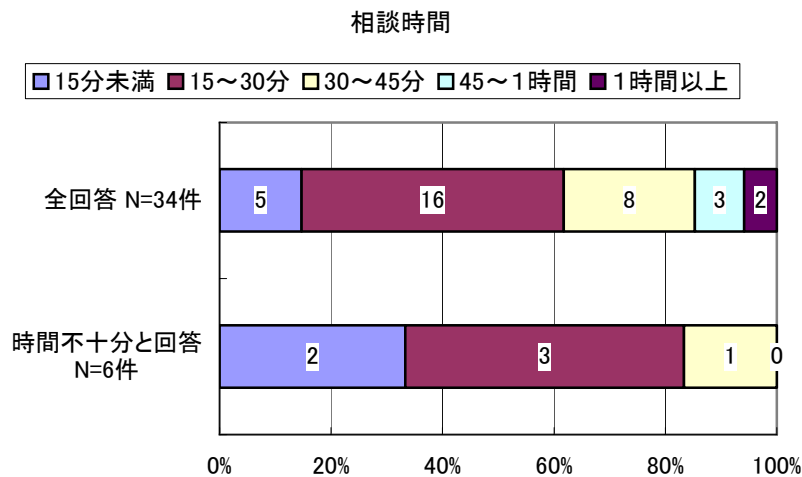


図8 被災者一人あたり平均相談時間

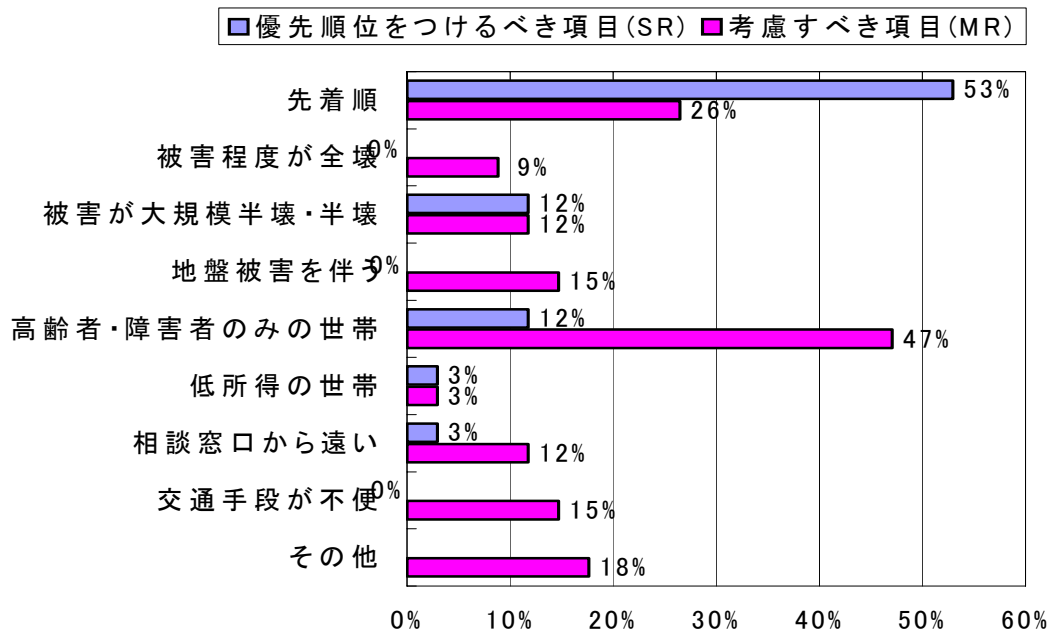


図9 相談業務を実施する際に考慮すべき優先順位

iv) 相談業務と優先順位

相談業務の優先順位（図9）として、先着順の回答が半数を超える。これは窓口業務に携わった経験から、多くの被災者が相談窓口 に並ぶ状況で優先順位をつけると、先着の被災者から苦情が予想されるためであろう。先着順に次いで、「被害が大規模半壊・半壊」に12%の回答が得られた。大規模半壊・半壊の場合、「住宅を建て替えるか」、「補修・補

強を施すか」という重大な選択肢があるため、全壊のように建て替えに大方決定しているケースよりも、優先すべきという結果になった。「考慮すべき項目」に関しては、「高齢者・障害者のみの世帯」が47%と高い。「交通手段が不便」や「相談窓口から遠い」は15%前後の回答が得られた。被災者は公共交通機関や自家用車を利用し相談窓口を訪問するが、災害により交通機関も被害を受け、平常時よりも不便となることを配慮したい。「地盤災害を伴う」は復旧の難しさが背景にある。

d) 被災住宅復旧相談スケジュールリング・システム

i) 相談支援システムの概要

三樹(2004)が開発した相談支援システムの概要を述べる^{2,3)}。既存のシステムは、被災者が相談窓口へ行く前に、ネットワークを介して相談申し込みを行うための被災者側システムと、被災者の被災情報を参考に相談を行い、相談後に相談結果を入力・整理・管理することで円滑な相談業務を促進させる窓口側システム、情報管理DBから成っている。表1に開発環境を示す。図10に被災者側の動作プロセスと、相談窓口側の動作プロセスにより構成される既存システムの流れを示す。

表1 既存の相談支援システムの開発環境

	名称
CPU	Intel PentiumⅢ 1GHz
メモリ	256MB
OS	WindowsXP Home Edition(Microsoft 社)
	Red Hat Linux 9.0 (FreeOS)
開発言語	Visual Basic6.0(Microsoft 社)
データベース	PostgreSQL7.4.1(Free ソフトウェア)

ii) 制約条件

スケジュールリングを実施する制約条件（ルール）として以下を設定する。

- ①同一時刻に相談が重複しない
- ②相談可能な時間帯の設定：相談員の勤務時間は、午前9時から午後17時までとする。
- ③1つの相談項目に対する時間の割り当て方：本システムでは、相談1項目あたりの対応時間を30分と設定する。
- ④相談を行う順序（優先順位）：優先順位付けをオプションとし、先着順または、「高齢者・障害者のみの世帯」、「被害程度が全壊」、「被害が大規模半壊・半壊」の被災者優先を選択できる。

<既存の相談支援システムの流れ>

- (A) 被災者が住宅被害状況や相談事項を選択し、対策本部のデータベースサーバへ送信
- (B) 送信情報を対策本部や担当課の職員が確認し、手動で相談スケジュールを組む
- (C) スケジュール決定後、被災者に連絡し担当者が相談のための情報を整理・準備

(D) 被災者が窓口を訪れ相談実施

(E) 相談終了後、担当者が対応事項を本部側の PC に入力し、データベース情報を更新

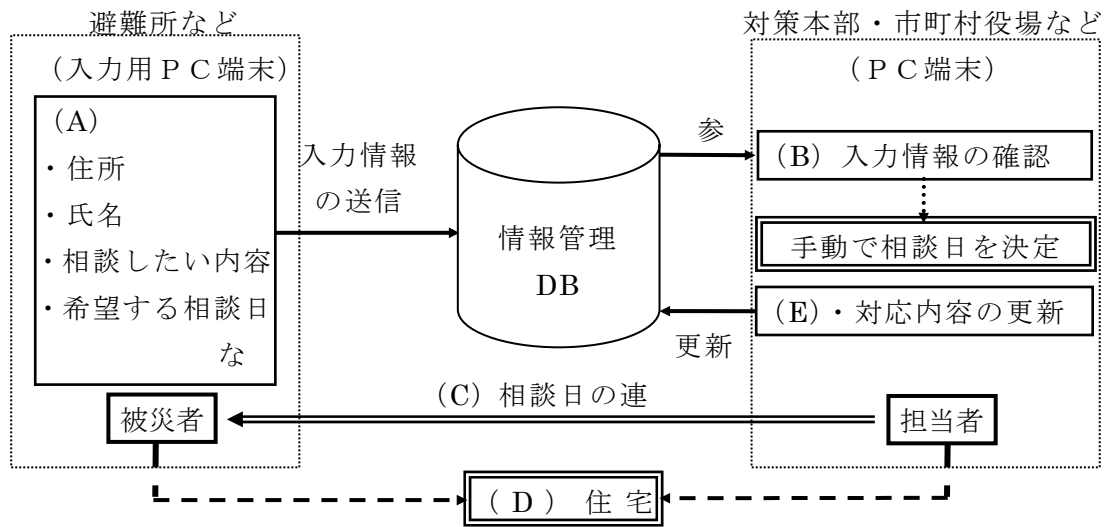


図 10 既存の相談支援システムの流れ

iii) スケジューリング・システムの概要

既存システムでは、窓口担当者が手動で被災者を相談員に割り当て、相談スケジュールを調整する方式をとっていた。この方式では窓口担当者の負担が大きく、また相談窓口の混雑により、被災者の相談事項に適合した相談員が対応できず、被災者に対する適切な助言や情報提供が困難になる。そのため、被災者の相談内容に適合した相談員と時間を割り当てるスケジューリング自動化システムの必要がある。図 11 にスケジューリング・システムの概念図を示す。本システムでは既存のシステムから入力された被災者情報について情

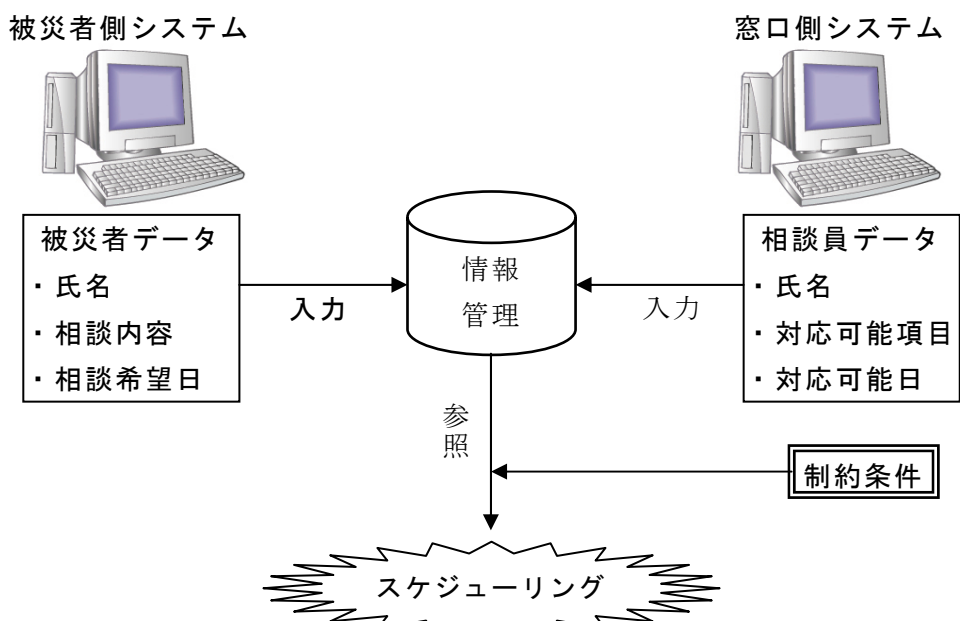


図 11 スケジューリング・システムの概念図

報管理データベースを参照し、被災者データと相談員データを抽出する。抽出したデータを制約条件のもとで適合させスケジュールを組む。

スケジュールリングを行うため、以下のとおり新たな情報や機能を追加した。

- ・被災者側システム：「高齢者・障害者のみの世帯」の入力項目追加、相談項目の入力必須化
- ・相談窓口側システム：対応可能期間と対応可能項目に関する入力欄の追加

iv) データベースの構成

既存の相談窓口担当者テーブルには相談窓口担当者情報を格納する。本システムでは、相談員が窓口で対応可能期間の開始日と終了日を保存するフィールドを追加し、新たに相談員に ID 番号を割り付けた。また、優先順位の判断基準となる「高齢者・障害者のみの世帯」、「被害程度が全壊」、「被害が大規模半壊・半壊」のフィールドを基本情報テーブルに追加した。被災者のスケジュールが決定していればフィールド (schefflag) に 1 を、未決定ならば 0 を入力し、重複スケジュールリングを防ぐ。

被災者の相談内容と相談員の対応可能項目が一致しているかを判断してスケジュールリングを行う。そこで新たに、相談員の対応可能項目に関する情報を保存するテーブル「相談内容分類、テーブル名：tkconsult」、「スケジュール結果」を保存するためのテーブル「テーブル名：schedule」を作成した。このテーブルには、スケジュール決定日、相談員の ID 番号、時間枠毎に相談員が担当する被災者 ID 番号が入力される。このテーブル参照により、決定済みのスケジュールを確認する。

v) スケジュール決定

本システムは、既存システムより入力された被災者情報を基に、スケジュールリングを行う。まず、既存の被災者側システムより、被災者の氏名、住所、電話番号、相談を希望する日、希望する相談内容などの被災者情報と、住宅の被害状況、住宅の構造種別、建築年、住宅の形態などの被災住宅情報を被災者に入力してもらう。入力されたデータは、市町村の相談窓口などに設置されるデータベースサーバへと格納される。

相談窓口を設置される窓口側システムにより、相談員氏名、所属機関、電話番号、住所などを入力して、相談員を登録する。また被災者の相談に対応可能な日時と項目を選択し入力する。入力されたデータは被災者情報と同様に、データベースサーバへと格納される。スケジュール設定日と、優先項目を選択したのち、自動でスケジュールを実行し、その後、他の要望や個別条件を考慮した手動調整が可能である。

e) まとめ

本研究では 2004 年新潟県中越地震の住宅相談キャラバン隊統計から相談件数に大きなばらつきが見られ、相談窓口の混雑緩和の必要性がわかった。また、住宅相談担当の建築士を対象にアンケート調査を行い、窓口混雑などの問題点、相談に優先順位を設ける必要性や、相談 1 項目に対する対応時間の長さがわかった。これらの結果を基に、既存の「被災住宅の復旧相談支援情報システム」を発展させ、復旧相談スケジュールを決定するシステムを開発した。システムでは相談の優先順位条件を選択し、事前に入力した被災者の相

談希望項目・日にちと、相談員の相談対応可能な項目や期間などのデータベース情報を基にスケジュールを組む。

【謝辞】データの提供並びにアンケート調査にご協力いただいた、新潟県建築住宅課、社団法人新潟県建築士会、同会所属建築士の皆様に深く感謝の意を表す。

2) 宮城県北部地震後の住宅再建の決定要因に関する調査・分析

a) はじめに

我が国において、災害によって損傷を受けた住宅の再建は、原則として各世帯の自助努力に委ねられていた。しかし、2000年鳥取県西部地震時において、初めて「住宅復興支援金」として県から被災者の住宅再建に対し支援金が与えられることとなった。昨年度の本研究においては、この鳥取県西部地震被災地の日野町、境港市においてアンケート調査を実施し、住宅再建の選択（建て替えか、補修か）に影響を及ぼす要因の特定や、支援金制度の効果について分析を行った。

一方2003年には宮城県北部地震が発生し、その際、先と同じように県から住宅再建に支援金が支給された。2004年には、国が災害で住宅に被害を受けた世帯に対する支援金制度（被災者住宅再建制度）を拡充し、災害に対しての支援制度は広がりを見せている。また同年の新潟県中越地震においても、新潟県による再建支援制度が導入されており、鳥取県に始まった被災住宅再建に対する補助制度は広がりを見せている。

初めて支援金制度の導入に踏み切った鳥取県は、支援がなければ人口が流出し、過疎化が進むという認識を有していた。その上で、コミュニティの維持を制度導入の最大の根拠としている。その結果、日野町においては人口減少率は地震前と同程度に留まっているとされている。一方宮城県では、必ずしも人口流出の阻止を目的とはしておらず、金額や支援対象についても鳥取県よりもやや小規模な支援制度となっている。

本研究は、最近発生した地震の後に住宅再建を促すために、類似した政策を実施した鳥取県と宮城県の両者に焦点をあて、地域性の差異により住宅再建にどのような違いが生じるのかをアンケートにより検証を行った。本研究では宮城県北部地震の調査を行い、鳥取県西部地震については昨年度の研究結果を用いることとした。

b) 地震後の住宅再建について

i) 住宅再建について

住宅は、人々が生活を営むためには欠かせない要因の一つに挙げることができる。災害による家屋への被害や、そこから引き起こされる人的被害・二次災害を極力防ぐために過去の多くの災害を教訓とし、たびたび建築基準を見直し更新している。

災害による住宅再建を行うにあたり、人々は様々な要因に左右され行動の模索・決定を行うと考えられる。先に述べた要因として、「人的要因」「経済的要因」「文化的背景・地域性」この3つが挙げられる。

まず、人的要因であるが、被害を受けた世帯に子供が存在すれば、将来的なことを考え新築もしくは大規模な補修を行う可能性が考えられる。また、高齢者のみの世帯の場合、次に述べる経済的要因ともあいまって、新築を選択する可能性は低いと考えられる。

次に、経済的要因であるが、高齢者世帯に関しては家を建替える経済的余裕がないこと

も多いと考えられ、支援なしでは住宅再建が困難な場合も多いと考えられる。家屋の購入・修繕は、非常に多額の資金を必要とするため、経済的要因が最も人の行動に影響を与えているといっても過言ではない。

a)で述べたように、最近では被災者への支援制度が拡大されてきている。これらの政策は、被災者の住宅再建を促進する効果を持つものと考えられる。しかしその一方で、被災後の住宅支援に対する期待が形成されることで、地震保険への加入や耐震改修の実施のような事前対策に対するインセンティブが低下するのではないかとの懸念も指摘されている。

ii) 鳥取県西部地震と住宅復興支援金制度

鳥取県西部地震の概要について簡単に述べることにする。

2000年10月6日鳥取県西部（西伯町）を震源とする直下型地震が起こり、マグニチュード7.3、最大観測震度6強であった。家屋の被害は、全壊411棟、半壊2,909棟、一部破損15,937棟であり、負傷者は147名であったが、幸いにも死者はゼロであった。

住宅復興支援金は鳥取県西部地震において被害を受けた住宅に関して、住宅の建設・購入、補修に対して交付された。補助金の概要を表2に示す。

表2 鳥取県の住宅復興支援金

区分	補助金対象限度額
建設	300万円
補修	150万円
液状化復旧	150万円
石垣関連	150万円

鳥取県が住宅復興支援金を導入した背景として、被災地域の過疎化が挙げられる。今回の地震による急激な人口流出を危惧した県が、人口流出を防ぐための策として支援金制度を導入した。人口流出が激化すると、地域が基礎的サービスの供給能力を失い、コミュニティ崩壊という事態に陥ってしまう。昨年度の調査において、実際に震災後に支援金を受給し建替えを行ったという世帯の約2割は、支援金がない場合は市外、町外に転居した可能性があると回答しており、コミュニティ維持を目的とした支援金制度導入は効果を発揮した形となった。

c) 宮城県北部地震後の住宅再建に関する調査

i) 宮城県北部地震の概要

2003年7月26日に、宮城県北部においてマグニチュード5.0を越える地震が4度発生し、最高観測震度はマグニチュード6.2、矢本町と鳴瀬町、南郷町で震度6強であった。全壊棟数1,250棟、半壊棟数3,726棟、一部破損棟数10,998棟で、死者・行方不明者はゼロ、負傷者675名であった。

宮城県は、地震発生から一週間後に独自の住宅再建支援金制度を発表した。住宅再建支援金制度詳細は以下に述べる通りである。

- ・全半壊した持ち家を建替えた世帯に100万円支給
- ・半壊で補修した世帯にも最高50万円支給

- ・一部破損の世帯には支給なし
- ・県内全域を対象
- ・年齢、所得による支給制限なし
- ・賃貸世帯は対象外
- ・申請期限は2年間程度
- ・2003年度の支給予定総額は14億1400万円

鳥取県の制度と比較すると、支給額が小さくなっているほか、給付対象を全半壊住宅の世帯に限定している。

ii) アンケート調査概要

本研究は、被災者の中でも特に被害が多く見られた矢本町と河南町を対象としてアンケートを行った。配布方法は、町内の各区長宅を訪問し、区長の協力を得てこちらから必要数を各区長に郵送し、さらに区長から各世帯に配布する方法をとった。回収方法は、配布後に同封の返信用封筒で各戸から直接投函していただいた。アンケートの内容は以下の通りである。また、本研究は鳥取県西部地震との比較を行うことを考慮し、鳥取県西部地震時に配布されたアンケートに沿って設問を考えた。各設問とその意図を以下に説明する。

Q1. 住宅の築年数

住宅が受けた被害の程度や、被災後の再建方法（新築・補修・転居）に住宅の築年数がどのように関係しているのかを知るための項目である。

Q2. 住宅のリフォーム・増築の有無

リフォームの際に、同時に地震への対策（保険・耐震診断・耐震補強等）を行うのか否かと、次のQ3への影響を知るための設問である。

Q3. 地震以前の住宅に対する防災対策

地震以前に、どの程度地震に対し防災対策が講じられていたのかを知ることができる。又、保険加入の有無により各世帯の地震後の復旧にどのような行動の違いがあるのか、耐震補強の有無により被害状況にどの程度の違いが生じるのかを検証することができる。

Q4. 地震以前の地震に対する備え

Q3と同様に、地震に対してどの程度の防災意識があるのかを知るための設問である。

Q5. 被害の有無

本調査では、被災後の再建復興の検証を行うため、矢本、河南両町内の中でも被害の甚大であった地域を対象にしている。

Q6. 地震後の避難生活について

避難状況の違いが再建方法にどの様に関係しているのか、又、町外へ避難した人がそのまま町外への流出する可能性があるのかなど、被災後の行動を検証することができる。

Q7. 罹災証明

住宅再建支援金受給の可否や金額は、罹災証明に依存する。罹災の違いが再建方法に対する行動に大きく影響を与えてくる最も重要な設問である。

Q8. 住宅の被害箇所

被害箇所（構造的破損、付帯的破損）の違いより、再建方法に違いが生じるのかを検

証するための設問である。

Q9. 地震後の住宅再建方法

被害状況（Q7、Q8）や家族構成（Q20）、経済的要因（Q13、Q21）などが回答に大きく影響を与えてくると考えられる。また、Q15 で得られる結果と対比させることができる。

Q10. 補修内容・箇所

Q8 に沿った設問である。また、経済的要因によって再建のために利用可能な資金に制約が生じた場合に、Q8 の結果とどのような差異が生じるのかを検証することができる。

Q11. 住宅の新築理由

全壊で新築を選択した人のみでなく、半壊などで新築を選択した人の理由を具体的に尋ねることで、社会的・経済的背景を検証することができる。

Q12. 住宅の補修理由

前問 Q11 と同様である。本問では、新築にしたいができない人など、特に経済面が関係してくるものと考えられる。

Q13. 被災住宅再建支援金の受給・金額

Q7 の罹災証明に大きく関係してくる設問である。

Q14. 住宅再建費用

住宅再建に要した費用を問う設問である。

Q15. 被災住宅再建支援制度が無かった場合の住宅復旧について

住宅再建支援金が、どの程度復旧に対し寄与していたのかを知ることのできる設問である。支援金の有無により被災者の再建方法の違いを検証することができる。また、Q9 の結果と対比させることを目的としている。

Q16. 地震以後の住宅に対する防災対策

Q3 と対比させることで、宮城県北部地震前後における地震に対しての意識の変化を検証することができる。

Q17. 地震以後の地震に対する備え

Q16 と同様に防災意識の変化を検証する設問である。Q4 と対比させることができる。

Q18. 鳥取西部地震時の補助金支給について

本研究で比較対象とする鳥取西部地震について、同様の対策が講じられたことがどの程度認知されているのか問うものである。また、地震に対する関心を窺うこともできる。

Q19. 国が拡充した支援金制度について

前問と同様に地震に対する関心を窺うことができる。

Q20. 各世帯の年齢別人数

被災された地域の年齢層を知ること、社会的・経済的背景を窺うことができる。また、家族構成による再建の違いや意識を検証することができる。

Q21. 各家庭の主所得者の性別・年齢

主所得者の違いが再建方法の違いにどのような関わりをもっているのか検証することができる。

Q22. 復興支援策についての自由意見

被災者でしか解かり得ない苦勞・心勞など、現場の生の声により、被災地の実情を知

ることができる。

iii) アンケート調査の実施

矢本町のアンケートは、2004年10月20日に郵送し11月末日をもって打ち切りとした。アンケートの配布数は203部、回収部数81部、回収率39.9%であった。河南町のアンケートは、2004年12月7日に郵送を行い、返信のなくなった2005年1月7日をもって打ち切りとした。配布数は611部、回収部数208部、回収率34.0%であった。

iv) アンケート集計結果

回収された矢本町と河南町のアンケート集計結果により検証を行うこととした。

Q1. 住宅の築年数

図12、図13より、20年～30年の住宅が多く、最近建てられたものも少なくない。また、築100年以上の家屋も存在し、中には築200年の家屋も見られた。被害程度は、築100年以上の建物も築年数の若い家屋も大きな差は見当たらなかった。

Q2. リフォーム・増築の有無

築年数の多い家屋ほど行っている傾向がある。

Q3. 地震以前の防災対策

今回の集計では、矢本町でJA建物更正共済の加入が56.8%で、地震保険の加入が8.6%、河南町でJA建物共済が55.6%、地震保険が15.9%であり圧倒的にJA共済の加入率のほうが高い。また、耐震診断・耐震補強と共に低く両対策を足しても1割以下であった。

宮城県は、1978年に宮城県沖地震が起こっており、さらに数十年以内に極めて高い確率で再び宮城県沖地震が発生すると予想されているが、事前の対策状況は十分ではなかったと考えられる。

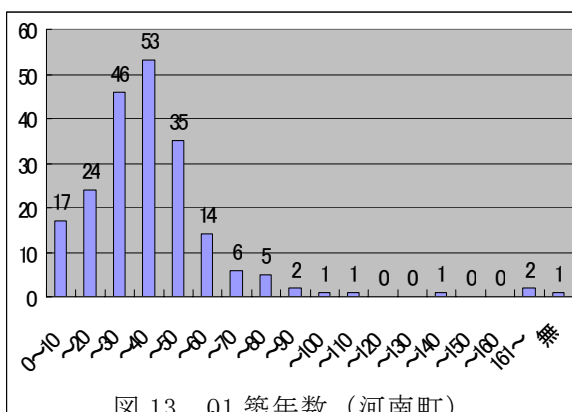
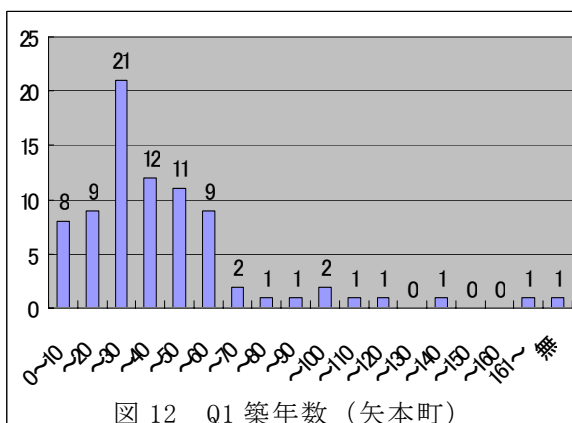
Q4. 地震以前の防災意識

火気・危険物の確認・消火器具の点検の火災関係の二項目は、多くの世帯で行われていたことがわかる。一方で、何も行ってない割合が約3割存在した。

Q5. 被害の有無

矢本町での回収部数81部に対し、被害有りが78件で96.3%、河南町は回収部数208部に対し、被害有りが202件で97.1%であった。調査対象地区は矢本町、河南町内でも特に被害の大きかった地区であり、ほとんどの世帯が何らかの被害を受けていることがわかる。

Q6. 避難場所



避難していない世帯が約7割と非常に多く見られた。農村部ということもあり、自宅の農作業場やビニルハウスに避難したという回答も見られた。

Q7. 罹災証明

図14より、矢本町は半壊が51.3%と半数以上を占めていることがわかる。しかし、図15より河南町では一部破損が43.6%と非常に高く、半壊は24.8%と矢本町とは異なる分布となった。このような差異が生じた理由については今後の調査が必要である。

Q8. 被害箇所

全ての選択肢が多く回答されていて、被害の大きさを物語っている。約9割と壁に被害があった世帯が特に目立っている。また、柱・はり、地盤・石垣は、半数を切り比較的少なかったと言える。

Q9. 再建方法

図16、図17より、9割以上が新築・補修のいずれか選択している。

Q10. 補修箇所

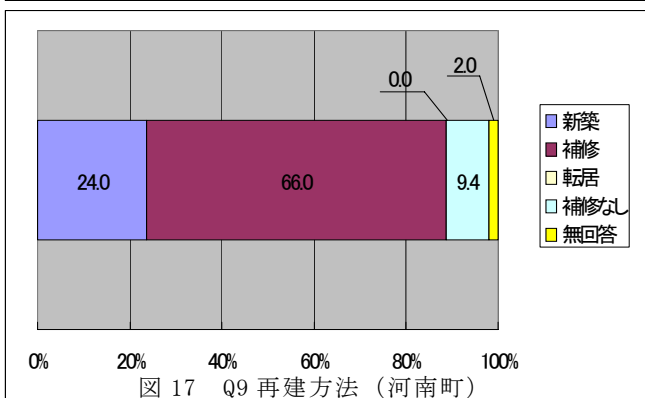
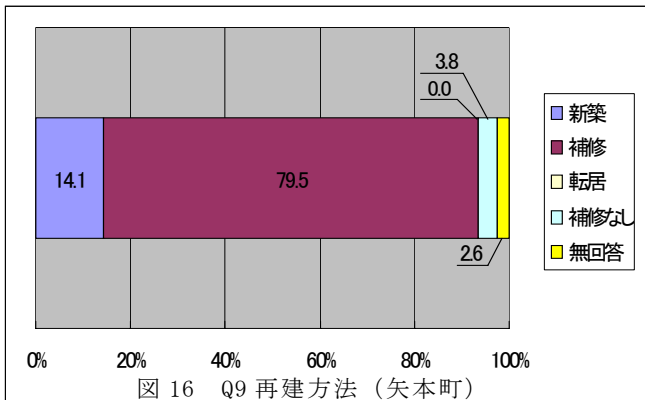
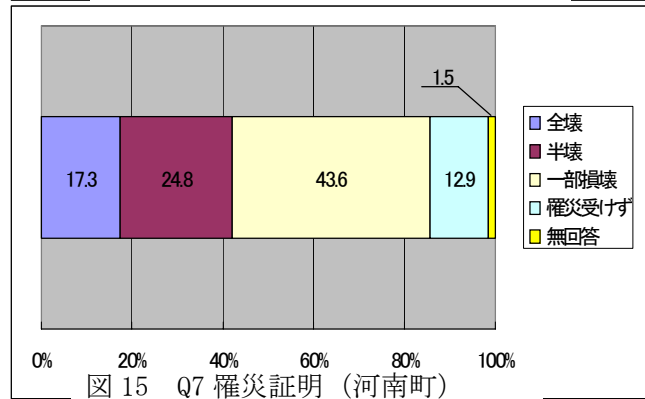
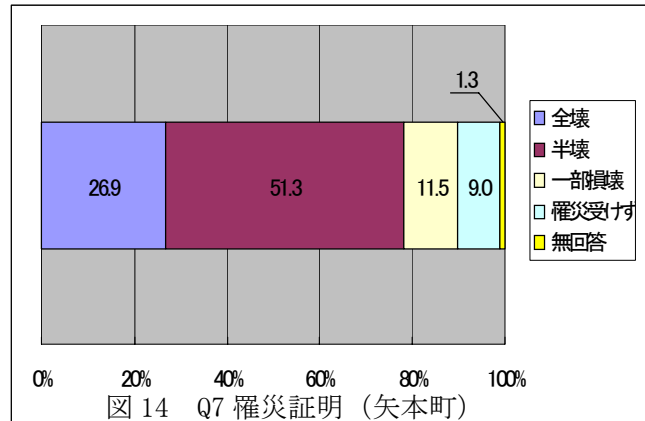
Q8と同様の傾向が見受けられる。やはり、被害の多かった壁関係の補修が多い結果になっている。

Q11. 新築理由

新築を選択した世帯は矢本町で14.1%、河南町で24.0%であり、全ての回答で「倒壊して修理が困難だった」「補修費用が新築に近く高くなる」のどちらかを選択していた。このことから、多くの世帯において、新築という選択には必然性があったと考えられる。

Q12. 補修理由

「被害が軽かった」「新築には資金的に苦しかった」のどちらかに、ほ



ば全世帯が回答しており、同じ補修を選択した世帯でも被害状況に大きな違いがあることが窺える。

Q13. 被災住宅再建支援金の受給

Q9の回答に沿った回答数になっている。一部破損の罹災を受けた方は、支援金を受給することができないため、支援金を受けていないという回答も多く見られた。

Q14. 住宅再建に要した想定費用

新築にした世帯は多くの費用を要している。逆に、補修を選択した世帯のほとんどは、1,000万以下の回答のいずれかになっている。

Q15. 被災住宅再建支援金制度がなかった場合の再建方法

自己負担で再建を行うという人が矢本町で約8割、河南町で6割強いるので、自己再建意欲は高かったものと考えられる。従って、調査対象地域においては、支援金がなかったとしても、人口が流出した可能性は小さいものと考えられる。

また、無回答が矢本町で2割、河南町で2割5分と目立っていたが、これは、一部破損の世帯は元々支援金を受給することができなかつたため、「支援金の無い場合」を想定して回答することが困難であったためと考えられる。

表3に実際に選択した再建方法が新築と補修の世帯に関して、補助金が無いと想定した場合の再建方法の割合を示す。鳥取県における同様の調査結果と比較すると、支援金が無い場合と実際の選択の違いが小さい。従って、支援金が再建方法の選択に与えた影響は相対的には小さなものであったと推測される。

表3 実際の再建選択と補助金が無いと想定した場合の再建方法 (%)

矢本町 補助金なし	実際の選択		河南町 補助金なし	実際の選択	
	新築	補修		新築	補修
新築	72.7	8.1	新築	72.9	6.1
補修	9.1	74.2	補修	8.3	61.4
再建断念	9.1	8.1	再建断念	2.1	4.5
市・町内転居	9.1	0.0	市・町内転居	0.0	2.3
市・町外転居	0.0	0.0	市・町外転居	2.1	3.0
無回答	0.0	9.7	無回答	14.6	22.7
計(%)	100.0	100.0	計(%)	100.0	100.0

Q16. 地震以後の防災対策

図18、図19のように、被災後では全ての対策において地震以前を上回っていることがわかる。特に、耐震診断・補強を行う人が急激に増加していることから、地震対策への関心が高まったことがわかる。

Q17. 地震以後の防災意識

Q16同様、以前より全ての項目において意識の向上が見受けられた。何の準備もしない世帯が大きく減少していることも大きな特徴である。

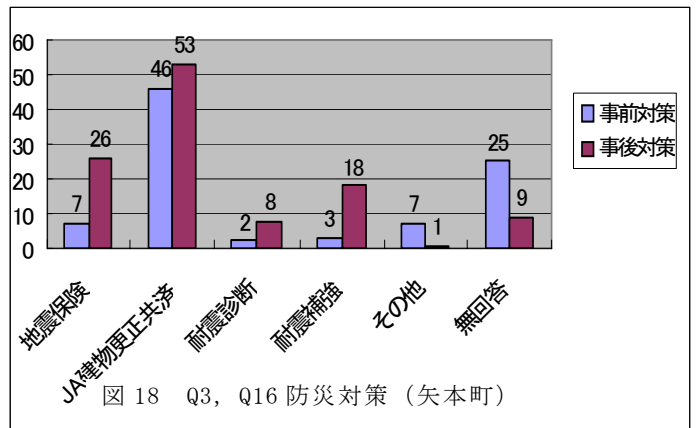
Q20. 家族構成

矢本町で約7割、河南町で約8割の世帯に70歳以上の構成員が含まれている。一方で、30代・40代の働き盛りの年代も多くの世帯に含まれている。昨年度の鳥取県での調査において、世帯構成員の平均年齢は57.2歳であった。これに対し、矢本町では平均年齢51.5歳、河南町で51.9歳であった。宮城県北部地震の被災地域のほうが、鳥取

県西部地震の被災地域よりも若い世代が多く居住していることがわかる。このことは、自主再建意欲の高さにも反映されているものと考えられる。

Q21. 主たる収入者の性別・年齢

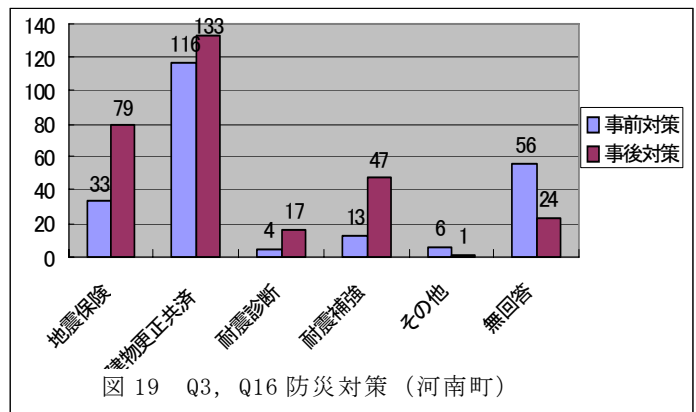
若い世代を含めた2世帯・3世帯が同居している家庭が多く、主な収入者も熟年層が多くなっている。この結果から、Q15での自力再建を行い得る経済力を持っているということが推測できる。



d) 離散選択モデル

i) 離散選択モデルの概要

次に離散選択モデルを構築することにより、住宅再建に関する意思決定に、どのような要因が影響しているのかを検証する。今回は、2項ロジット (binary logit:以下BL) モデルを用い、最尤推定法 (maximum likelihood) によりパラメータ推定、*t* 値検定を行うものとする。また、モデルの適合度を的中率によって示す。本研究では、支援金の有無に関して比較を行うため、新築に関して、支援金がない場合を想定した自力再建に関しての2通りに対して離散選択モデルの構築を行った。



ここで、2項ロジットとは、2つの選択肢のうち必ず一方を選択するという状況のもとで、1つを選択する確率を与えるモデルである。*t* 値は、パラメータの有効性を示す指標となり、求めた値の絶対値が $t > 1.96$ をとった場合5%有意となり、95%の信頼度で選択確率に影響を与える要因であるといえる。宮城県北部地震の集計結果を今回独自に構築したモデルに加え、鳥取県西部地震の際に構築されたモデルに関する的中率を求めた。詳細は d-iii で述べるものとする。

ii) パラメータ推定方法

BLモデルは選択肢が2つであり、選択確率はそれぞれ次式で与えられる。 λ は確率項のばらつきを示すパラメータである。

$$P_{1n} = \frac{e^{\lambda V_{1n}}}{e^{\lambda V_{1n}} + e^{\lambda V_{2n}}} = \frac{1}{1 + e^{-\lambda(V_{1n} - V_{2n})}} \quad (1)$$

$$P_{2n} = 1 - P_{1n} = \frac{e^{\lambda V_{2n}}}{e^{\lambda V_{1n}} + e^{\lambda V_{2n}}} = \frac{1}{1 + e^{\lambda(V_{1n} - V_{2n})}} \quad (2)$$

効用関数 V_{1n} の特定化にとって重要な要素は、選択肢 *i* の特性を示す指標と世帯 *n* の特性を示す指標である。これらをまとめて、特性と呼び、次のように記号化する。

X_{ink} : 世帯 n の選択肢 i の k 番目の特性

$X_{in} = [X_{in1}, \dots, X_{ink}, \dots, X_{inK}]'$: 世帯 n の選択肢 i の特性ベクトル

θ_k : 第 k 番目の未知パラメータ

$\theta = [\theta_1, \dots, \theta_k]'$: 未知のパラメータベクトル

V_{1n} は一般にベクトル θ と X_{in} の関数として $f(\theta, X_{in})$ となる。

$$V_{in} = f(\theta, X_{in}) \quad (3)$$

未知のパラメータ λ と θ の値を推定するには、式 (3) の関数形を特定化する。このとき、それぞれの選択確率は次式で示される。

$$P_{1n} = \frac{1}{1 + e^{-\lambda \theta'(X_{1n} - X_{2n})}} = \frac{1}{1 + e^{-\lambda \sum_{k=1}^K \theta_k (X_{1nk} - X_{2nk})}} \quad (4)$$

$$P_{2n} = 1 - P_{1n} = \frac{e^{-\lambda \theta'(X_{1n} - X_{2n})}}{1 + e^{-\lambda \theta'(X_{1n} - X_{2n})}} = \frac{e^{-\lambda \sum_{k=1}^K \theta_k (X_{1nk} - X_{2nk})}}{1 + e^{-\lambda \sum_{k=1}^K \theta_k (X_{1nk} - X_{2nk})}} \quad (5)$$

ここで、 $\lambda = 1$ と仮定しても一般性を失わない、そこで $\lambda = 1$ と仮定する。

選択確率 P_{1n} は、効用の水準そのものではなく効用差 $V_{1n} - V_{2n}$ に依存する。したがって、効用差 $V_{1n} - V_{2n}$ に影響を与える特性の選択とその影響方法の特定化が重要となる。本研究では、効用差 $V_{1n} - V_{2n}$ を以下の式 (6) に想定する。また、新築に関するモデルと支援金が無かった場合を想定した再建方法に関してのモデルの、2 つのモデルを用いて行った。この目的は、導入された支援金制度の有無により住宅再建にどのような違いが生ずるのかを検証するためであり、どのような要因が再建に影響を及ぼしているのかを比較することである。

また、説明変数については表 4 に示す通りである。

$$V_{1n} - V_{2n} = \theta_1 + \theta_2 \times (\text{築年数: 実数}) + \theta_3 \times (\text{保険等}) + \theta_4 \times (\text{避難の有無}) + \theta_5 \times (\text{全壊}) + \theta_6 \times (\text{半壊}) + \theta_7 \times (\text{構造的破損}) + \theta_8 \times (\text{付帯的破損}) + \theta_9 \times (\text{リフォームの有無}) + \theta_{10} \times (\text{子供}) + \theta_{11} \times (\text{高齢者世帯}) \quad (6)$$

表 4 各 θ に対する説明変数の定義

θ	変数名	定義	
		定数項	
θ_1		定数項	
θ_2	築年数	実数	
θ_3	保険等	地震保険、JA共済加入 = 1	未加入 = 0
θ_4	避難の有無	避難有り = 1	その他 = 0
θ_5	全壊	全壊 = 1	その他 = 0
θ_6	半壊	半壊 = 1	その他 = 0
θ_7	構造的破損	有り = 1	無し = 0
θ_8	付帯的破損	有り = 1	無し = 0
θ_9	リフォームの有無	震災前から10年以内 = 1	その他 = 0
θ_{10}	子供	10歳以下の子供有り = 1	無し = 0
θ_{11}	高齢者世帯	収入源が60歳以上 = 1	その他 = 0

ここで、世帯 n が i を選択する確率を P_{in} 、世帯 n が i を選択した結果を δ_{in} で示すとき、次式が得られる。

$$P_{in} = P_{1n}^{\delta_{in}} \cdot P_{2n}^{\delta_{2n}} \quad (7)$$

サンプルとなる総世帯数を N 個とすると、同時確率 L^* は次式として表される。

$$L^* = \prod_{n=1}^N P_{1n}^{\delta_{1n}} \cdot P_{2n}^{\delta_{2n}} \quad (8)$$

最尤推定法では、 L^* を最大にする θ の値を推定する。ここで、 L^* の対数をとると、

$$L = \ln L^* = \sum_{n=1}^N [\delta_{1n} \ln P_{1n} + \delta_{2n} \ln P_{2n}] \quad (9)$$

次に、式 (4)、(5) を式 (10) に代入する。

$$L = \sum_{n=1}^N \left[\delta_{1n} \ln \left(\frac{1}{1 + e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}} \right) + \delta_{2n} \ln \left(\frac{e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}}{1 + e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}} \right) \right] \quad (10)$$

得られた式 (11) 対数尤度関数である。式 (11) は未知のパラメータベクトル θ に関して、凹関数であるため、最尤推定量 $\hat{\theta}$ は、式 (11) を θ に関して微分したものをゼロとした連立方程式の解となる。 L を θ_k について微分したものを ∇L で示す。

$$\nabla L = \begin{pmatrix} \partial L / \partial \theta_1 \\ \vdots \\ \partial L / \partial \theta_k \\ \vdots \\ \partial L / \partial \theta_K \end{pmatrix} \quad (11)$$

$$\nabla^2 L = \begin{pmatrix} \partial^2 L / \partial \theta_1^2 & \dots & \partial^2 L / \partial \theta_1 \partial \theta_K \\ \vdots & \partial^2 L / \partial \theta_k \partial \theta_l & \vdots \\ \partial^2 L / \partial \theta_1 \partial \theta_K & \dots & \partial^2 L / \partial \theta_K^2 \end{pmatrix} \quad (12)$$

式 (11) の勾配ベクトルをゼロとする非線形連立方程式の解である θ の値が求める最尤推定値である。非線形連立方程式は、一般に解析的に解けないので数値計算法を用いる。BL モデルの場合、式 (11) の k 番目の要素 $\partial L / \partial \theta_k$ 及び式 (12) の $(k-1)$ 要素 $\partial^2 L / \partial \theta_k \partial \theta_l$ を対象に定式化する。定式化することにより求める勾配ベクトル ∇L およびヘッセ行列 $\nabla^2 L$ は次式となる。

$$\nabla L = \begin{pmatrix} \sum_{n=1}^N (\delta_{1n} - P_{1n})(X_{1n1} - X_{2n1}) \\ \vdots \\ \sum_{n=1}^N (\delta_{1n} - P_{1n})(X_{1nk} - X_{2nk}) \\ \vdots \\ \sum_{n=1}^N (\delta_{1n} - P_{1n})(X_{1nK} - X_{2nK}) \end{pmatrix} \quad (13)$$

$$\nabla^2 L = \begin{pmatrix} -\sum_{n=1}^N P_{1n} P_{2n} (X_{1n1} - X_{2n1})^2 & \cdots & \cdots & \cdots & -\sum_{n=1}^N P_{1n} P_{2n} (X_{1n1} - X_{2n1})(X_{1nK} - X_{2nK}) \\ \vdots & & & & \vdots \\ \vdots & \cdots & -\sum_{n=1}^N P_{1n} P_{2n} (X_{1nk} - X_{2nk})(X_{1n1} - X_{2n1}) & \cdots & \vdots \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ -\sum_{n=1}^N P_{1n} P_{2n} (X_{1n1} - X_{2n1})(X_{1nK} - X_{2nK}) & \cdots & \cdots & \cdots & -\sum_{n=1}^N P_{1n} P_{2n} (X_{1nK} - X_{2nK})^2 \end{pmatrix} \quad (14)$$

対数尤度 L を最大にする θ の値を求めるために数値計算法を用いるが、その中でも本研究では NR 法により θ の値を求めることとする。NR 法によりパラメータ θ が推定され、推定値行列が求められる。

$$\hat{V} = E[-\nabla^2 L(\hat{\theta})]^{-1} \quad (15)$$

最後に t 値検定を行い求めたパラメータ θ の有効性を判定する。 t 値は以下の式により求めることができる。

$$t_k = \hat{\theta}_k / \sqrt{v_k} \quad (16)$$

iii) 鳥取県西部地震のモデルを用いた的中率

宮城県北部地震のデータを使用し、昨年度の鳥取県西部地震被災地域における調査の際に構築されたモデル（以下鳥取モデル）での的中率の算出を行った。鳥取モデルにより宮城県の住宅再建がどの程度説明できるのかを検証することを目的とし、両県の発生した震災の程度や地域性、社会性を比較することができる。的中率の算出は、新築に関して、支援金がない場合を想定した自力再建に関しての 2 通りに対してパラメータ推定を行った。なお、鳥取県では、パラメータ θ_0 が再建に支出可能であったであろう想定予算であり、予算 1000 万以上を = 1 とし、その他を = 0 としている。この点で、同じ予算に関する質問であっても、「実際に要した金額」を尋ねている宮城県とは意味が異なっている。

ここで、新築に関する的中率の算出方法を説明する。まず、求めたパラメータと、各世帯のアンケート回答を表 4 に照らし合せ得た結果を式 (7) に代入し、効用差 $V_{1n} - V_{2n}$ を求める。次に $V_{1n} - V_{2n}$ を式 (1) に代入し、選択確率を求める。求めた選択確率が $P_{1n} \geq 0.5$ のとき 1 とし、 $P_{1n} < 0.5$ のとき 0 とする。ここで、実際に各世帯が行った住宅再建方法が新築の場合を 1 とし、新築以外のとき 0 とする。1 - 0 判定を行った選択確率 P_{1n} と実際の再建方法が同値をとった世帯を的中とし、的中した世帯の合計数を総回答数で割った値が的中率となる。支援金がない場合を想定した自力再建に関しても同様の手順を行い、支援金がない場合の住宅再建の設問で自力再建すると回答した場合を 1 とし、復旧断念と回答した場合を 0 とした。

鳥取県のモデルを使用し、求めた宮城県の的中率を表 5 に示す。

表5 的中率

	的中率(%)	
	新築に関して	支援金が無い場合の 自力再建に関して
鳥取県	94.4	79.9
宮城県矢本町	83.3	76.9
宮城県河南町	92.8	87.3

宮城県は、矢本町と河南町を分けて的中率を算出したところ、河南町において鳥取県と同様の結果を得ることができ、支援金が無い場合の自力再建に関しては上回る結果となった。鳥取県と宮城県で、住宅再建までの過程や状況に差異はあるものの、建替え・補修の選択基準が鳥取県と宮城県で類似していたため、高い的中率が算出されたことが考えられる。

iv) 新築の決定に関するパラメータ推定結果

ここでは、求めたパラメータにより家屋新築への意思決定に、どのような要因が関係しているのかを検証していく。宮城県でのパラメータ推定の θ_9 の項目は、リフォーム・増築を震災以前10年以内に行ったことがあるか、という変数に変更している。これは、住宅への投資を可能とする経済的余裕の指標になることが考えられる。10年以内にリフォーム等を行い、さらに被害により新築にしたとなるならば、その世帯は経済的に余裕があるのではないかと考えられるためである。

表6に求めた家屋新築に関するパラメータ推定結果を示す。 t 値の絶対値が1.96以上のとき、その推定値は5%有意性が示され、住宅再建の意思決定に与える影響に信頼性がある要因であると判断することが出来る。また、推定値の符号は、正であると家屋新築への意思決定に影響を与え、負であると新築以外の意思決定に影響を与えていると言える。ここで5%有意が認められたのは、 θ_1 (定数項)、 θ_2 (築年数)、 θ_3 (保険等)、 θ_5 (全壊)、 θ_7 (構造的破損) の5項目であった。

θ_2 が正であるため、家屋の築年数が長い(家屋が古い)ほど新築に建替える傾向が明らかとなった。 θ_3 は、保険又はJA共済に加入している世帯ほど新築を行ったということを意味する。 θ_5 は、符号が正なので全壊の罹災判定を受けた世帯ほど新築にするということである。また、 t 値が大きな値をとっているため新築に関して大きな影響を与えていることがわかる。これは、罹災判定で全壊を受けた家屋の被害が大きく、建替えざるを得ないという理由のほか、支援金をはじめとした被災者支

表6 新築に関するパラメータ推定

	推定値	t値
θ_1	-4.207	-3.42
θ_2	0.017	2.33
θ_3	1.004	2.11
θ_4	0.393	0.84
θ_5	2.984	5.57
θ_6	-0.698	-1.19
θ_7	1.876	2.48
θ_8	-0.864	-0.66
θ_9	0.074	0.15
θ_{10}	0.197	0.35
θ_{11}	-0.332	-0.67
的中率(%)		5%有意
矢本町	87.7	
河南町	91.3	

援のための制度が、罹災証明を基準としているためと考えられる。 θ_7 が正であるため、構造的破損（基礎、土台、はり、柱）を受けた場合新築を選択する可能性が高いということがわかる。負の符号をとった θ_6 と θ_8 は、半壊もしくは付帯的破損であると新築を行わないと解釈できるが、逆に、半壊・付帯的破損では新築ではなく補修によって居住可能となると解釈することもできる。 θ_{10} が正になっているので、10歳以下の子供がいる世帯は建替えることが言え、将来子供がその地に住むことを考え、新築を選択したのではないかと考えることができる。 θ_{11} では、負になっているので主な収入源が60歳以上であると新築しないことが言え、主な収入者が高齢者であると新築を選択することが困難になると考えられる。

実際に新築を選択した人の中で、選択確率から新築を選択すると予測された世帯の的中率は、矢本町で90.9%、河南町で66.7%であった。新築以外の選択をした人の中で、新築以外を選択すると予測された世帯の的中率は、矢本町で87.1%、河南町で98.8%であった。矢本町では両者で高い確率が得られたが、河南町では新築以外の選択に関しては高い的中率となった反面、新築の選択に関しては比較的低いの中率となった。これは、モデルでは新築以外の行動をとると予測された世帯の内、実際の選択で新築を選んだ世帯が多く存在したことを意味する。c)に示した集計結果でも、河南町における新築の選択比率は20%以上であり、鳥取県や矢本町と比べ高い値を示している。世帯の属性や被害程度を考慮したモデルの予測以上に建替えが選択されているという結果は、河南町の調査対象が被害の大きい世帯中心であるということのみでは説明できないと考えられる。この点については、今後の検討が必要である。

v) 支援金制度が無い場合を想定した自力再建に関するパラメータ推定結果

支援金制度が無かった場合に、実際の住宅再建とどの程度違いが生じるのか検証することができる。また、先の家屋新築に関するパラメータと比較することにより、支援金が住宅再建にどれほど影響を与えたか知ることが出来る。

表7に求めたパラメータ推定結果を示す。先の家屋新築と同様に、t値検定を行ったが、5%有意が認められる項目は見当たらなかった。

θ_5 と θ_7 を見ると、負の符号になっているが、これは、全壊又は構造的破損を受けていると支援金が無い場合に自力再建を断念したということである。また、半壊・付帯的破損では正であるため、支援金が無くても自力再建を行ったということがわかる。これらの場合、自力再建といっても、補修で済ませられるため、経済的にも大きな負担とはならないためではないかと考えられる。 θ_4 は保険金等の項目であるが、負の符号を示していることが表より窺える。これは、保険等に加入していれば住宅再建を断念したと捉えられ、矛盾の生じた結果となった。

新築の決定に関するモデルと比較すると、的

表7 支援金が無い場合の自力再建に関するパラメータ推定結果

	推定値	t値
θ_1	0.787	0.52
θ_2	-0.001	-0.16
θ_3	-0.516	-1.69
θ_4	-0.316	-0.99
θ_5	-0.271	-0.65
θ_6	0.423	1.17
θ_7	-0.416	-1.10
θ_8	0.754	0.49
θ_9	0.052	0.16
θ_{10}	0.118	0.34
θ_{11}	0.014	0.04
的中率(%)		5%有意
矢本町	83.6	
河南町	81.9	

中率が低下している。d-vと同様に、実際に自力再建を選択した世帯の中で、自力再建を行っただろうと予測された世帯の的中率は、矢本町で100%、河南町で96.2%であった。再建断念を選択した世帯の中で、再建断念と予測された世帯は、矢本町で0.0%、河南町で8.0%であった。このように、再建を断念した世帯の的中率が極めて低い理由としては、仮想的な質問であり回答が困難であったことなどが考えられる。

vi) パラメータ推定の考察

本研究の目的である支援金制度のあった場合と、無かった場合の両者を比較することで住宅再建に関する意思決定の要因の検証を行った。支援金制度の有無による結果を比較することにより、支援金制度がどれだけ被災者にとって有益なものであったか、また、導入による欠点はなかったのかを推測することができる。

d-iv、d-vの結果を比較したところ、全壊、構造的破損など、被害の大きかった世帯について、支援金があれば新築を選択したが、支援金が無かったと仮定した場合に自力での再建は断念したという結果が明らかとなった。従って、大きな被害（全壊）を受けた住宅の建て替えを促進する効果があったものと考えられる。しかし、鳥取県においては新築、自主再建のどちらのモデルにおいても θ_5 （全壊）が5%有意となったのに対し、宮城県では、自主再建のモデルにおいて θ_5 は5%有意とならなかった。このことから、被害の大きい住宅の再建支援という観点からは、鳥取県の制度のほうが効果が大きかったものと考えられる。

次に、支援金制度の導入と保険等の事前対策の関係について考察する。震災の事後に、自治体等から援助が受けられるとあれば、事前対策を怠る世帯が現れることが懸念される。しかし今回の被災地域に限定する限り、地震保険の加入率が増加し、耐震改修を選択した世帯も多く存在することから地震事前対策への意識は高くなっていることが窺える。

3) 落とし込み二重板パネルの水平加力実験・解析と被災住宅補強

a) 実験概要

i) 実験装置について

落とし込み二重板壁の実験では、軸組柱脚接合部の仕口部分が先行破壊し、それによって耐力や剛性を評価していたため、板壁面内の耐力性能の評価については検討する課題が残されている。そこで本実験では、試験体の軸組（梁・土台）と実験装置の土台間に通しボルトを配し、柱脚部の長ホゾや込栓の破壊を抑制した上で、一間幅の落とし込み二重板パネルの面内水平加力試験を行い、木造軸組工法住宅における耐力壁としての耐力性能を明らかにする。

実験装置は、反力フレームに取り付けた装置土台に通しボルトで試験体を拘束し、軸組柱脚部の破壊を抑制する仕組みになっている。加力部は、反力フレームに油圧ジャッキを取り付け、PC鋼棒を介して試験体左右両側のプレートにロードセルを取り付ける事で、正負どちらの動きに対しても常に圧縮力が加わるようにした。写真1に実験装置と試験体、図20,21に実験装置の平面図・立面図、写真2に油圧ジャッキとロードセル、写真3~5に各変位計、写真6に実験風景を示す。

油圧ジャッキとロードセル



写真1 実験装置と試験体



写真3 変位計1



写真5 変位計3



写真4 変位計2



写真6 実験風景



写真2 油圧ジャッキとロードセル

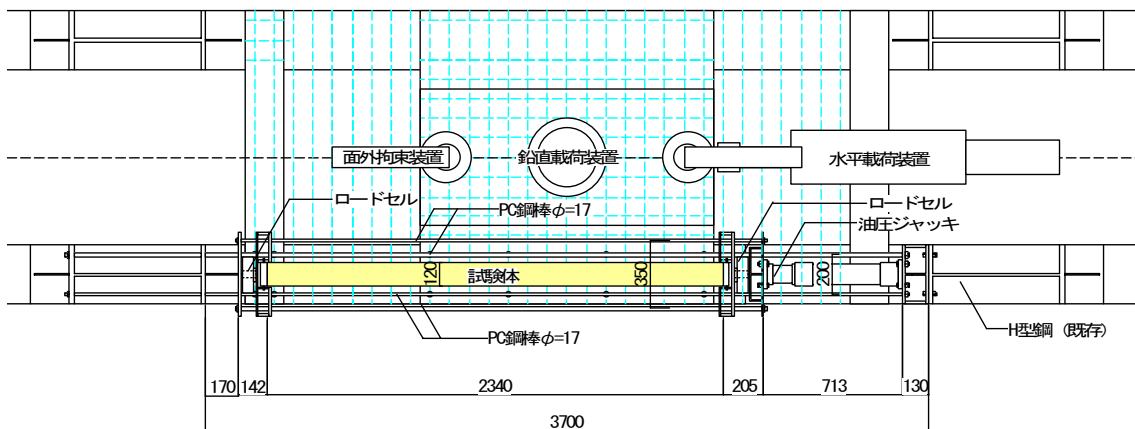


図20 実験装置平面図

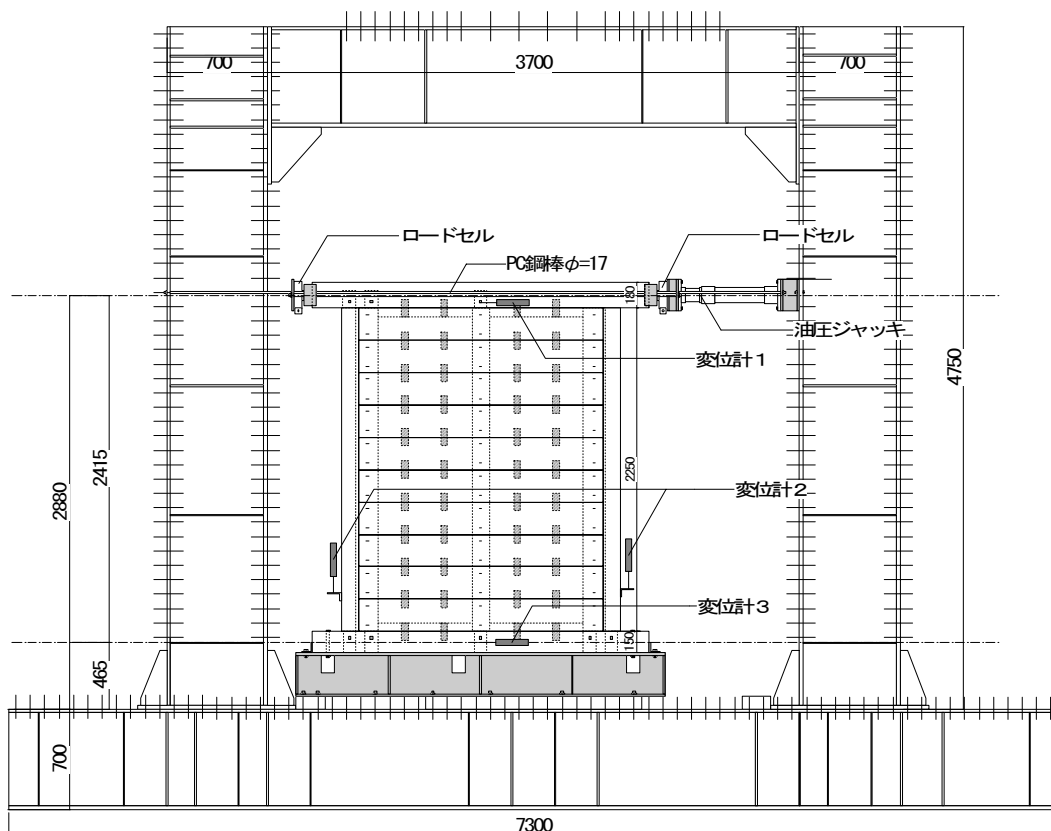


図 21 実験装置立面図

ii) 試験体について

本実験は落し込み板パネルを構成する壁板 1 枚の成が異なる試験体 3 体と、落し込み板を除いた軸組部のみ 1 体の計 4 体でおこなった。試験体はいずれも幅 2340 mm、高さ 2580 mm、柱間寸法 1820 mm、横架材間寸法 2415 mm である。軸組部材について、柱は 120 mm×120 mm のスギ、土台は 120 mm×150 mm のスギ、梁は 120 mm×180 mm のベイマツを用いた。本実験での試験体である落し込み二重板パネルは、工場では厚さ 30 mm 長さ 1700 mm のスギ板に専用の機械でダボ穴を開けパネル化したものを取り寄せ作製した。また、本実験で使用した試験体の各部材は曲げ試験を行い、それぞれ曲げヤング係数、比重を算出した。写真 7 にダボ穴の加工風景、写真 8 にパネルの組み立て風景、写真 9, 10 に試験体の組み立て風景、写真 11 に部材の曲げ試験風景を示す。また、表 8 に試験体各部材の概要、表 9 に各試験体の仕様、図 22 に試験体軸組の平面図、立面図、断面図を示す。



写真 7 ダボ穴加工



写真 8 パネル組立



写真 9 試験体組立 1



写真 10 試験体組立 2



写真 11 部材曲げ試験

表 8 部材概要

名称	材種	比重	ヤング係数 ($\times 10^3 \text{kN/mm}^2$)
柱	スギ(赤身)	0.4	10.1
土台	スギ(赤身)	0.43	8.55
梁	ベイマツ	0.54	12.45
壁板 (225mm)	スギ(赤身)	0.44	7.08
壁板 (190mm)	スギ(赤身)	0.52	4.79
壁板 (135mm)	スギ(白身)	0.58	8.31

表 9 各試験体の仕様

名称	板長さ	板幅	板厚	板の枚数	ダボ寸法	ダボ本数	込栓寸法	間柱寸法
No.1 (軸組)	—	—	—	—	—	—	18×18	120×60
No.2	1700	135	30	32 (うち梁との接触材225×2)	15×45×90	8	18×18	120×60
No.3	1700	190	30	24 (うち梁との接触材160×2)	15×45×120	8	18×18	120×60
No.4	1700	225	30	20	15×45×120	8	18×18	120×60

iii) 加力方法について

実験は以下の方法で行った。

- ①加力方法は正負交番繰り返し加力とし、繰り返し履歴は真のせん断変形角が 1/600、1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50rad の正負変形時に行なった。
- ②繰り返し加力は履歴の同一変形段階で 3 回行なった。
- ③最大荷重に達した後、最大荷重の 80% の荷重に低下するか、加力荷重が通しボルトの短期許容引張耐力を越えるまで、又は、試験体の真のせん断変形角が 1/15rad 以上に達するまで加力した。真のせん断変形角が 1/15rad を超えても最大荷重の 80% まで荷重が低下しない場合は、真のせん断変形角 1/15rad を終局変形角とし、そのときの荷重を最大荷重として扱った。

b) 実験結果

i) 荷重－変位の関係について

軸組のみの試験体は、1/15radに達した後も荷重は一定の上昇を見せるが、初期剛性は極めて微小で、その後の剛性も非常に小さい。

一方、成の異なる壁板を用いた試験体No.1、No.2、No.3を比較すると、初期剛性は、板成の大きいNo.3が板成の小さいNo.1、No.2よりも高い値を示している。No.1とNo.2を比較すると、せん断変形角1/150radまでの段階では、No.1の方が高い剛性を示すが、1/150rad以降はNo.2の方が剛性は高く、1/50radではNo.3と同程度の値を示している。また、軸組以外の試験体は、いずれも1/150radを超えた辺りから剛性が上昇している。

図23に各試験体の荷重と変形角の関係を、図24に剛性と変形角の関係を、図25～28に各試験体の荷重－変形角履歴曲線を示す。

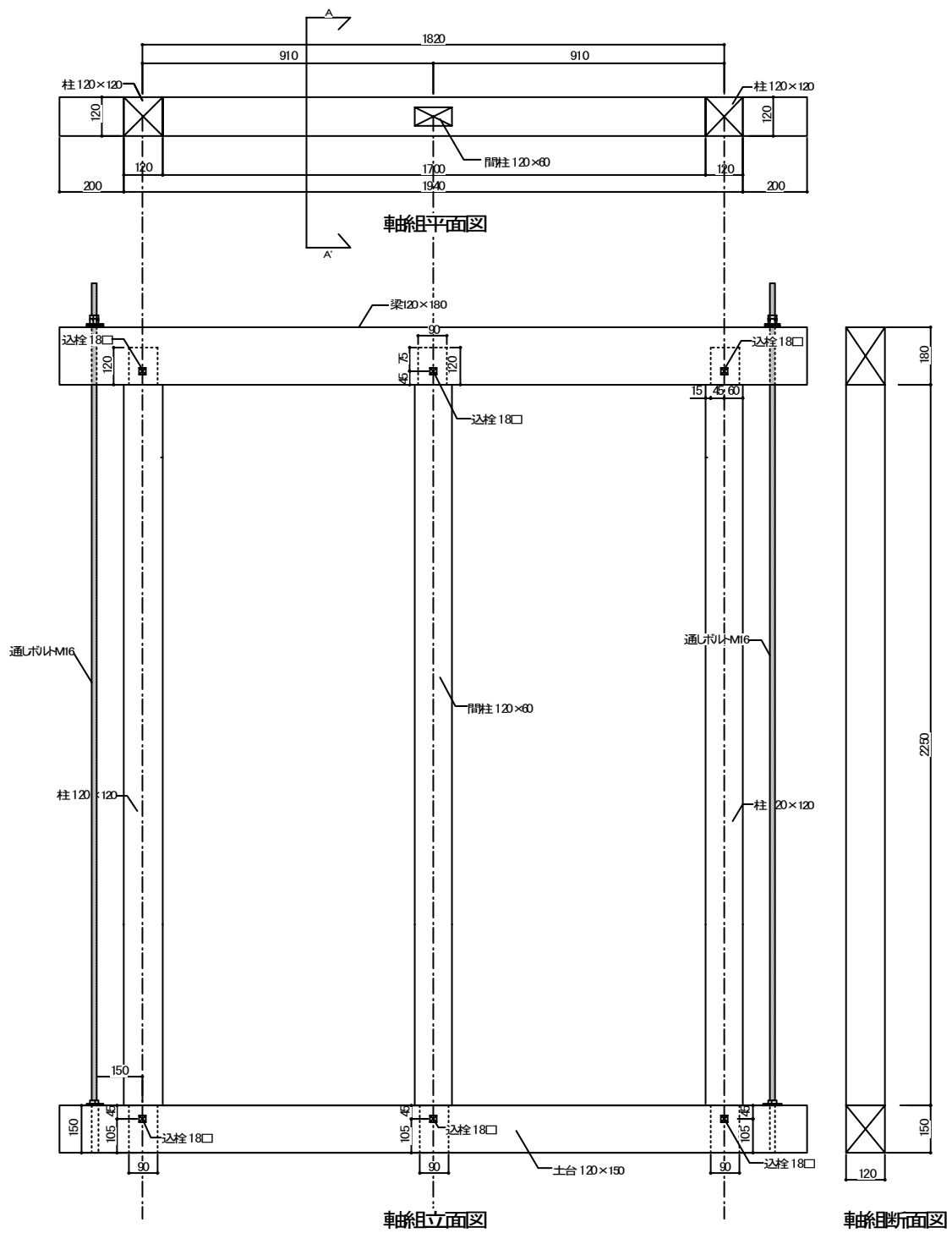


図 22 軸組図面

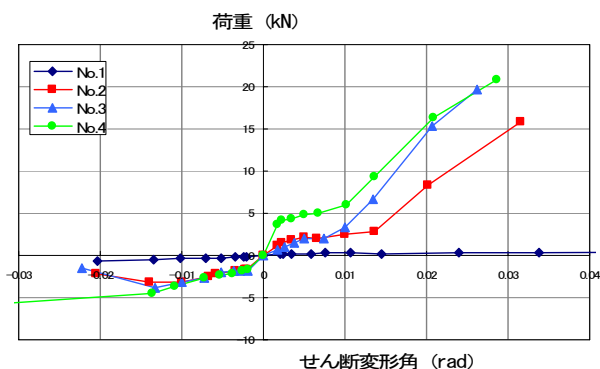


図 23 荷重－せん断変形角

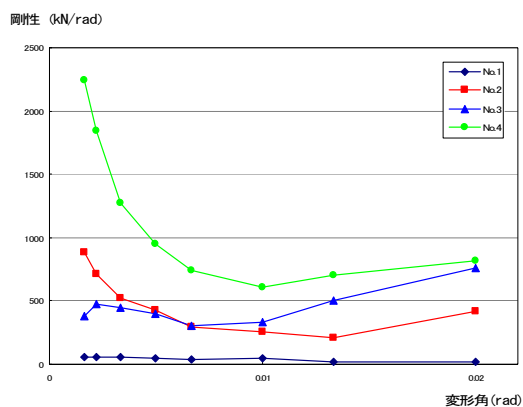


図 24 剛性－せん断変形角

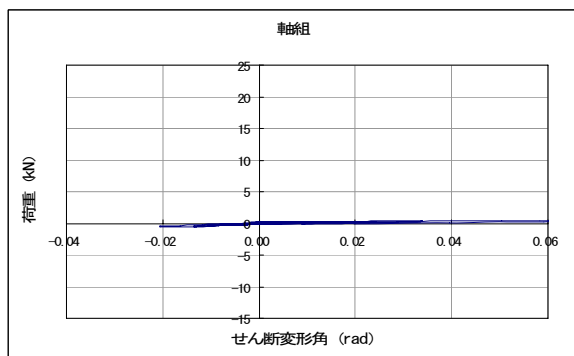


図 25 軸組荷重－変形角履歴曲線

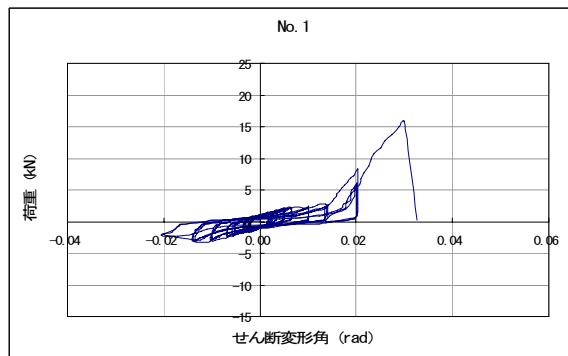


図 26 No. 1 荷重－変形角履歴曲線

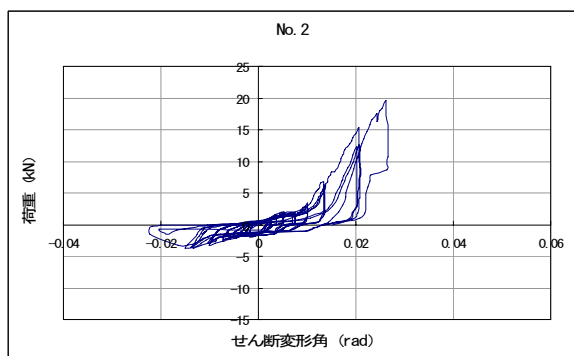


図 27 No. 2 荷重－変形角履歴曲線

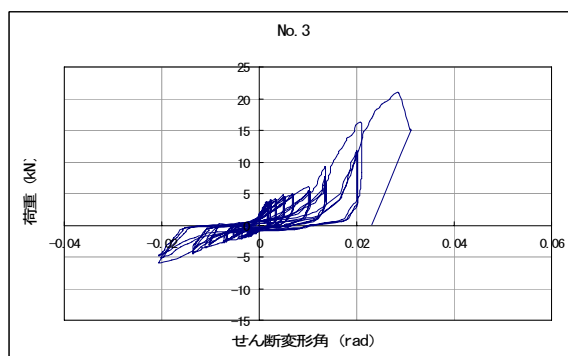


図 28 No. 3 荷重－変形角履歴曲線

ii) 変形状況について

いずれの試験体も終局変形角において、壁板及びダボの破壊は見られなかった。また、柱脚の浮き上がりも最大で試験体No.3の6mm程度と小さかったため、柱脚部込栓の破壊も認められず、実験終了後の解体も容易で再利用が可能な状態であった。軸組のみを除く試験体の落とし込み板パネルは、いずれも終局変形角付近で、加力側壁板下端部は土台から、加力反対側の壁板上端部は梁から浮き上がりが生じた。また、落とし込みパネルを間柱に留めたビスは一部に変形やせん断破壊が認められた。No.1とNo.3においては変形角1/50radから1/30radの間で最大荷重に達する前に、引張り側の通しボルトがせん断破壊し、荷重が低下した。写真12に各試験体の終局時における柱脚部の変形状況を示す。

軸組のみの試験体を除く、板幅の異なる杉板を用いた試験体のうち、最も大きい板幅の

No.3は他の試験体に比べ2倍以上の初期剛性を示し、変位角 $1/50\text{rad}$ ではNo.1の約2倍の剛性を示している。次に板幅の大きいNo.2は、初期剛性はNo.1の約半分と低い値を示すが、 $1/50\text{rad}$ ではNo.1よりも高くNo.3の値と同程度にまで上昇している。このことから、落とし込み板パネルを構成する壁板の幅が大きいほど、剛性も高くなることが確認された。

軸組を除く試験体の剛性は、いずれも $1/600\text{rad}$ の時点から低下し、その後、通しボルトによる試験体軸組柱脚部破壊の抑制効果により、No.2とNo.3は $1/150\text{rad}$ 、No.1は $1/75\text{rad}$ をさかいに剛性が上昇し始め、No.1とNo.3は通しボルトが先行破壊するまで、No.2は荷重が通しボルトの短期許容引張耐力に達した時点まで、高い剛性が維持されている。また、剛性の上昇に伴って、せん断変位角 $1/100\text{rad}$ 付近からはパネルの対角部分が軸組に当たり、圧縮筋かいの効果によって壁板同士のめり込みが生じ、横架材とパネルの間の浮き上がりが大きくなった。図29に壁板と軸組間の浮き上がりを示す。

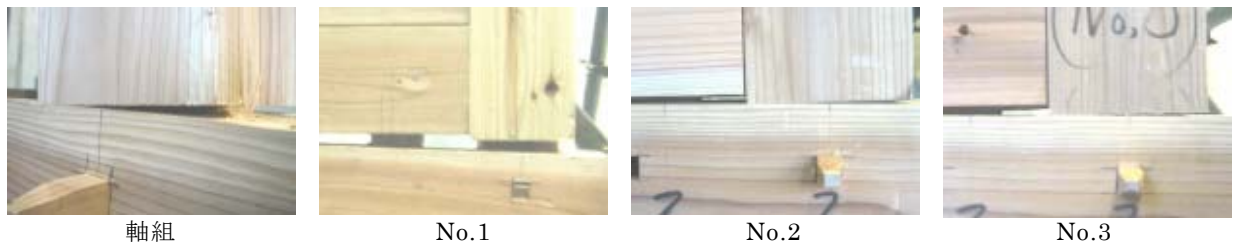


写真 12 各試験体の終局時における柱脚部の変形状況

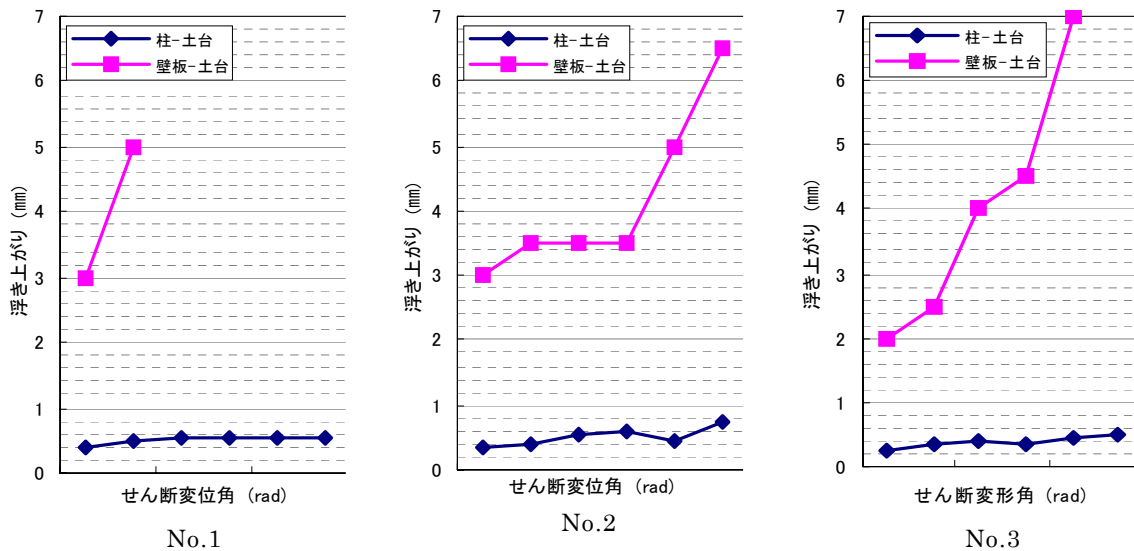


図 29 各試験体の柱脚及び壁板の浮き上がり

c) 落とし込み二重板パネルの理論式と復元力特性モデルの提案

前節の実験結果から、落とし込み二重板パネルの面内せん断変形角は、既往研究より明らかとなっている6つの要因から成っているが、パネル化に伴うビスの効果は板相互のずれ

において抵抗し、落とし込み二重板パネルの特徴である軸部とパネルをダボでつなぐ効果については、初期のクリアランス変形角時においても抵抗しているといえる。つまり、初期においてはダボと板どうしの摩擦、及びビスで抵抗し、内法の対角部分が軸部に当たると、圧縮筋かいとしても利き始めるのである。また、実験で明らかとなった1/150付近での剛性の上昇メカニズムは、ビスの降伏に伴い板相互にずれが生じ、軸部に接する面積が広がったために起こったものである。その結果、板自体のせん断剛性、および柱・横架材へのめり込み剛性が高まったと考えられる。しかしながらいずれの試験体もボルトの短期許容引張耐力を超えた時点でも、グラフに明瞭な折れ曲がり点はなく、パネル自体の降伏耐力は非常に高いことが明らかとなった。そして、以上のような結果から、落とし込み二重板パネルの剛性・降伏耐力算定式は既往の算定式(17)～(19)にビスによるせん断剛性 K_2 (20)、ビスのせん断で決まる耐力 P_{yn} (21)を加え、さらに、落とし込み二重板パネルの復元力特性モデルは図30と図31に示したように、初期クリアランスにおいてはダボ及びビスで抵抗するタイプとビスが降伏するまでは構造フレームとパネルが一体として挙動するタイプの2つの変形メカニズムが考えられるため、これら2つのモデルを用いて解析を行い、実験値との比較を行った。図32、表10に理論式記号の凡例と実験で使用した試験体No. 1～No. 3の数値を示す。

【落とし込み二重板パネルにおける剛性・耐力の算定理論式】

・クリアランスによる初期変形時の剛性 K_0

$$K_0 = 1 / \left(\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} \right) \dots \dots \dots (17)$$

・初期剛性 K

$$K = 1 / \left(\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5} + \frac{1}{K_6} \right) \dots \dots \dots (18)$$

・降伏時の剛性 K'

$$K' = 1 / \left(\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5} + \frac{1}{K_6} \right) \dots \dots \dots (19)$$

・ビスによるせん断剛性

$$K_2 = 2\alpha \cdot nn \cdot kn \dots \dots \dots (20)$$

・ビスのせん断で決まる耐力

$$P_{yn} = \frac{\Delta P_{yn} \cdot a \cdot kd}{\alpha \cdot kn} \dots \dots \dots (21)$$

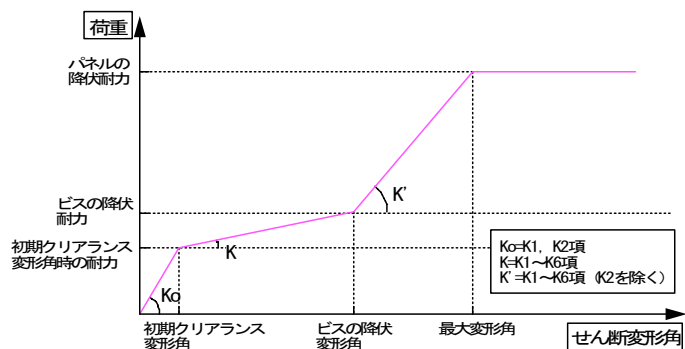


図 30 落とし込み二重板パネルの復元力特性モデル①

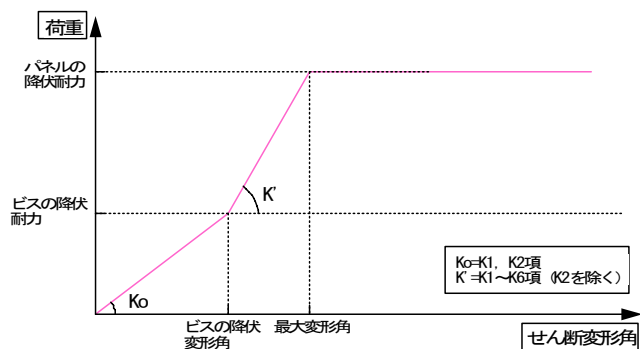


図 31 落とし込み二重板パネルの復元力特性モデル②

表 10 理論式記号の定義と各試験体の数値

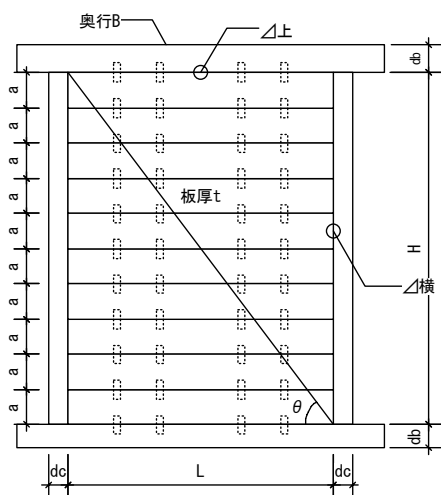


図 32 理論式記号の凡例図

記号	定義	No.1	No.2	No.3
L	板壁の内法幅(cm)	170.0	170.0	170.0
H	板壁の内法高さ(cm)	225.0	225.0	225.0
t	板厚(cm)	3.0	3.0	3.0
a	板幅(cm)	13.5	19.0	22.5
E _∥	板材の繊維方向のヤング係数(kN/cm ²)	830.60	478.70	708.44
G	板材のせん断弾性係数(=1/15E _∥)	55.37	31.91	47.23
n	繊維直方向の置換係数	5.0	5.0	5.0
db	横架材のせい(cm)	15.0	15.0	15.0
dc	柱の見つけ幅(cm)	12.0	12.0	12.0
E _{⊥b}	横架材の繊維垂直方向のヤング係数(kN/cm ²)	17.10	17.10	17.10
E _{⊥c}	柱の繊維垂直方向のヤング係数(kN/cm ²)	20.19	20.19	20.19
nd	板の継目1段当たりのダボの本数	4	4	4
kd	ダボ1本のせん断剛性(kN/cm)	52.02	34.41	46.17
α	ビスの間隔(cm)	13.00	19.00	22.50
nn	板1枚当たりのビスの本数	2	2	2
kn	ビス1本のせん断剛性(kN/cm)	11.10	11.10	11.10
Δ _横	柱と板のクリアランス[左右の和](cm)	0.20	0.20	0.40
Δ _上	柱と横架材のクリアランス(cm)	0.00	0.00	0.00
μ	板どうしの摩擦係数	0.4	0.4	0.4
Δ _{Pyd}	ダボ1本の降伏耐力(kN)	2.8	3.74	3.74
Δ _{Pyn}	ビス1本の許容せん断耐力(kN)	0.83	0.83	0.83
F _c	板材の繊維方向圧縮強度(kN/cm ²)	1.77	1.77	1.77
F _{c⊥}	板材の繊維垂直方向の全面圧縮強度(kN/cm ²)	0.22	0.22	0.22

d) 解析結果とまとめ

本節は前節で示した理論式を用いて試験体No. 1~No. 3の剛性・耐力の算定を行い、実験値と比較することで復元力特性モデルの妥当性を検証する。表11に剛性・耐力の算定結果および壁倍率の算定結果、図33~35にモデル①の実験値と計算値の比較グラフ、図36~38にモデル②の実験値と計算値の比較グラフを示す。

まず、材料については柱・梁・土台・板ともに曲げ試験を行い繊維方向ヤング係数E_∥をもとめ、繊維直交方向ヤング係数E_⊥はE_∥/50として計算した。さらにダボはケヤキとし上下の杉板に60mm (No. 1は45mm) ずつ打ち込んだ1面せん断として、木質構造設計基準のボルト接合の算定式、および解説に記されているすべり剛性k_sの算定式を用いてダボ1本の降伏耐力Δ_{Pyd}およびダボ1本のせん断剛性kdを算出した。

表11の剛性の算定結果をみると、K1~K6の6つの剛性要素のうち、板のせん断剛性K3が最も高い値を示し、次いで板木口の横架材へのめり込み剛性K6、さらに板木口の柱へのめり込み剛性K5となっている。これら3つの剛性要素は他の剛性要素よりもはるかに高く、変

位置に換算すると全体の1割程度しかなく、1章の既往の研究結果と同様であることが明らかとなった。つまり、落とし込み二重板パネルにおいても、変形要素はダボとビスがせん断抵抗しながら板相互がずれる変形と、板壁が対角方向に圧縮されて縮む変形の2つが支配的だと言える。

また、降伏耐力 P_y についてはビスのせん断耐力 P_{yn} によって決定しているが、ダボのせん断耐力 P_{yd} や板の圧縮によるつぶれで決まる耐力 P_{ya} は非常に高く、ビスが降伏したからといってパネル自体の耐力低下の原因とは言えず、むしろ板相互のずれによって軸部との圧縮面積が広がり、落とし込み板壁が本来もっている抵抗力を発揮するものと考えられる。よってこの試験体での許容耐力 P_a は降伏耐力 P_y で決まるものではなく $P_a=P_{150}$ として壁倍率の算定を行った。

壁倍率の算定結果としては計算値で0.6~1.7程度であり現状の落とし込み板壁の壁倍率0.6とさほど変わらない結果となった。これはパネル化したために起こった施工精度の問題であり、初期の段階において耐力が上がらなかったことが最大の要因と言える。

また、1/150rad時の耐力および壁倍率の計算値は実験値と比較的近い値を示し、さらには各試験体における荷重-変位の履歴曲線と復元力特性モデルを重ね合わせた比較グラフは、モデル①の方が実験値と近い値を示しており、ビスによってパネル化された落とし込み二重板パネルの剛性・耐力はモデル①によっておおむね推定できると言える。

表 11 剛性・耐力の計算結果

	No.1	No.2	No.3
ダボによるせん断剛性 K_1 (kN/rad)	5618.67	5230.68	8311.25
ビスによるせん断剛性 K_2 (kN/rad)	577.20	562.40	999.00
板のせん断剛性 K_3 (kN/rad)	56477.40	32548.20	48174.60
板の圧縮筋かい剛性 K_4 (kN/rad)	1481.59	853.89	1263.69
板木口の柱へのめり込み剛性 K_5 (kN/rad)	14889.02	20954.92	24815.04
板木口の横架材へのめり込み剛性 K_6 (kN/rad)	20784.29	20784.29	20784.29
初期スリップ変形角時の剛性 K_0 (kN/rad)	523.43	507.80	891.81
初期剛性 K (kN/rad)	367.86	306.10	494.60
降伏変形角時の剛性 K' (kN/rad)	1014.29	671.66	979.60
初期スリップ変形角時の耐力 P_0 (kN)	0.46	0.45	1.58
ダボのせん断で決まる耐力 P_{yd} (kN)	34.29	45.72	45.72
ビスのせん断で決まる耐力 P_{yn} (kN)	3.89	2.57	3.45
対角長さの5%端部領域が全塑性圧縮に至るときの耐力 P_{ya} (kN)	34.24	34.24	34.24
降伏耐力 P_y (kN)	3.89	2.57	3.45
1/150rad時の耐力 P_{150} (kN)	2.66	2.27	6.25
最大耐力 P_{max} (kN)	34.24	34.24	34.24
許容耐力 P_a (kN)	2.66	2.27	3.45
1/150rad時の耐力 P_{150} (kN)(実)	2.21	2.02	4.97
壁倍率(計)	0.75	0.64	1.75
壁倍率(実)	0.62	0.57	1.39

(実)…実験値 (計)…計算値

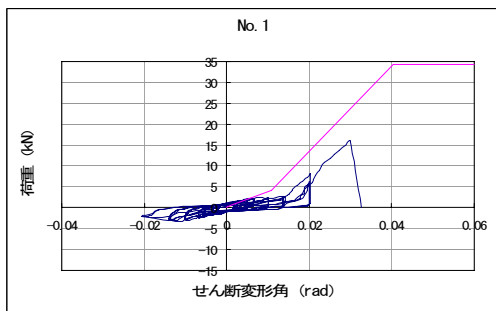


図 33 No. 1 実験値と計算値の比較グラフ
(モデル①)

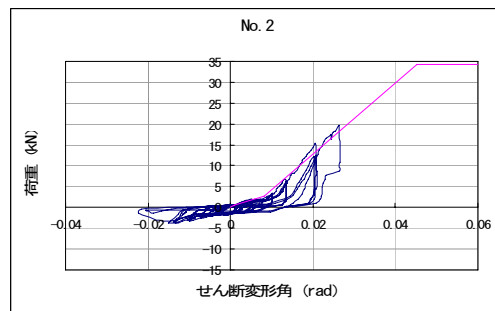


図 34 No. 2 実験値と計算値の比較グラフ
(モデル①)

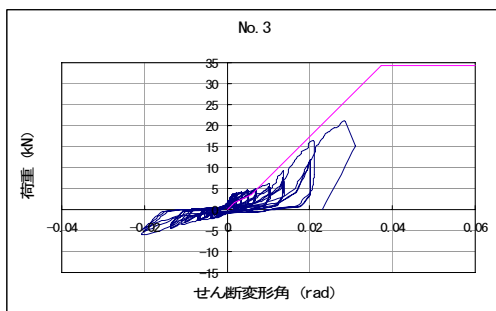


図 35 No. 3 実験値と計算値の比較グラフ
(モデル①)

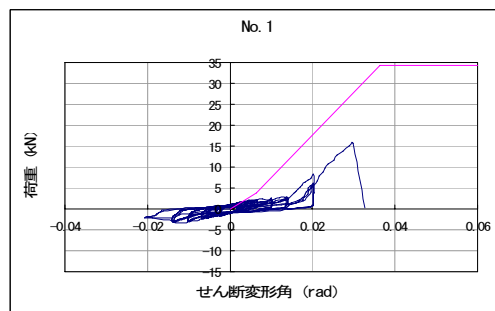


図 36 No. 1 実験値と計算値の比較グラフ
(モデル②)

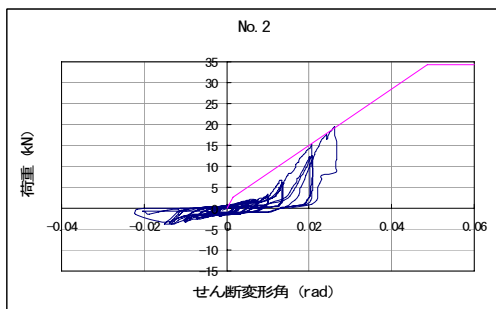


図 37 No. 2 実験値と計算値の比較グラフ
(モデル②)

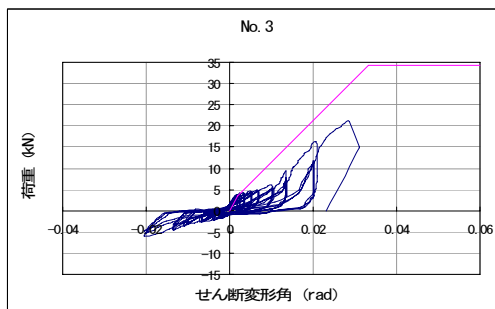


図 38 No. 3 実験値と計算値の比較グラフ
(モデル②)

(c) 結論ならびに今後の課題

本研究では 2004 年新潟県中越地震における住宅相談統計及びアンケート結果をもとに、震災後に開設される住宅復旧相談窓口の混雑を解消し、被災者に対して適切な支援情報を提供することを目的に、住宅相談スケジューリング・システムを開発した。今後の課題としては、相談員の対応項目と被災者の相談希望項目とのマッチング方法を改善すること、相談時間や優先順位項目に柔軟性をもたせることが挙げられる。さらに、被災者側の入力補助の必要性、平常時から使用できる機能の追加、災害によりネットワークが切断された場合の対策など本システムを実用導入する場合に想定される問題の対策が重要である。

2003 年宮城県北部地震被災者を対象とし住宅再建方法意志決定に関する調査では、以下のような、鳥取県西部地震被災地と類似した知見が得られた。

- ①建替、補修の選択が、被災度判定結果に依存すること。
- ②高齢者のみの世帯において、建替が控えられる傾向があること。
- ③住宅被害の大きかった世帯において、補助金の効果が大きかったこと。

一方、補助金制度が存在しない場合の自力再建を巡っては、地域間の差異も見受けられる。このような差異を生み出す社会的要因を特定することが、より効果的な再建支援策の策定に寄与するものと考えられる。また、新潟県中越地震においても課題となったコミュニティ単位の復興を考える場合、コミュニティ全体被害状況（近隣世帯の全壊率や、インフラの復旧状況）が個別の世帯の意思決定に与える影響についても注視してゆく必要があるものと考えられる。

木造軸組み構法住宅に使用する落とし込み板壁の耐力変形性能に関する面内せん断試験を行い、パネルの変形要素はダボとビスがせん断抵抗しながら板相互がずれる変形と、板壁が対角方向に圧縮されて生じる変形が支配的であること、ビスが降伏してもパネル自体の耐力が低下するわけではなく、板相互のずれにより軸部との圧縮面積が広がり、落とし込み板壁本来の抵抗力を発揮し、最大耐力は20kNに達することが明らかとなった。

被災木造住宅（軸組み構法）の耐震補強のための耐力壁としては十分な性能を有しており、かつ筋交い等の金物による補強と比較し、変形は大きいものの復元力に優れていることから、在来工法に適した補強法と言えよう。今後は実建物に適用しその効果を定量的に明らかにする必要があるだろう。

(d) 引用文献

- 1) 村上ひとみ、三樹亮介、林康裕、北原昭男：2000年鳥取県西部地震における被災者の住宅復旧選択-統計資料とアンケート調査による要因分析-、自然災害科学、23, 1, pp.49-64, 2004.
- 2) 三樹亮介:被災住宅の復旧相談支援システムの開発に関する研究,平成15年度山口大学大学院修士論文,2004
- 3) 村上ひとみ、瀧本浩一、三樹亮介：地震後の住宅復旧相談の課題と支援情報システムの開発、地域安全学会論文集, No. 6, pp.269-276, 2004.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
村上ひとみ	地震被災住宅の解体率－2000年鳥取県西部地震と1995年兵庫県南部地震の事例－	日本建築学会近畿支部研究発表会	2004.03.14
村上ひとみ、宮脇寛	1995年阪神・淡路大震災における家屋解体率と解体原単位に関する資料調査・分析	地域安全学会梗概集, No. 14, pp. 117-120.	2004.05.28
村上ひとみ、瀧本浩一、三樹亮介	地震後の住宅復旧相談の課題と支援情報システムの開発	地域安全学会論文集、No. 6, pp, 269-276, 2004	2004年11月

Murakami, H., Miyawaki, Y. Kumagai H.	Environmental effects by demolition of damaged dwellings and strategy for sustainable recovery in great urban earthquakes	The 2005 World sustainable building conference in Tokyo	27-29 September, 2005
江崎栄、榊原弘之、村上ひとみ	鳥取県西部地震後の家屋再建の意思決定に関する研究	土木学会中国支部研究発表会発表概要集	2004.05.29.
榊原弘之、江崎栄、村上ひとみ	鳥取県西部地震後の住宅再建の影響要因に関する研究	第23回日本自然災害学会学術講演会	2004年9月14日
Sakakibara, H., Esaki, S., Murakami, H.	Decision on Reconstruction of Houses After an Earthquake- The Case of the Tottori-Seibu Earthquake -	Fourth Annual IIASA-DPRI Forum Integrated Disaster Risk Management: Challenges of Implementation	2004年7月4日
浅野真実・富士尚俊・中園真人	木造軸組工法住宅用落とし込み板壁の耐力性能に関する実験的研究 その3 落とし込み二重板パネルの水平加力試験	日本建築学会中国支部研究報告集, 第28号, 73-76,	2005年3月
富士尚俊・浅野真実・中園真人	木造軸組工法住宅用落とし込み板壁の耐力性能に関する実験的研究 その4 落とし込み二重板パネルの理論解析	日本建築学会中国支部研究報告集, 第28号, 77-80	2005年3月
廣島希・盆子原和也・富士尚俊・中園真人	落とし込み二重板パネルによる木造耐力壁の耐力性能に関する実験的研究 その1 実験概要および結果	日本建築学会大会学術講演梗概集	2005年9月予定
盆子原和也・廣島希・富士尚俊・中園真人	落とし込み二重板パネルによる木造耐力壁の耐力性能に関する実験的研究 その2 落とし込み二重板パネルの理論解析	日本建築学会大会学術講演梗概集	2005年9月予定

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成17年度業務計画案

「3.3 復旧・復興」は、平成16年度までの成果を踏まえて、平成17年度から研究課題構成を大幅に組み替えることとしている。すなわち、大都市大震災の復旧・復興プロセスを、①緊急・応急対応期、②復旧期、③復興期から来るべき震災への準備期という3つの時期で捉え、①緊急・応急対応期では「1. 避難所管理・応急住居供給システム」、②復旧期では「2. 住宅・生活・地域産業支援方策」、さらに、③復興期から来るべき震災への準備期を対象として「3. 事前復興計画」を中心として、膨大な被災者に対応した住宅・生活再建支援政策の総合化を図ること目的とすることとしている。

そこで、本業務は、重点課題の1つである“避難所管理・応急住居供給システム”の一環として、引き続き「1.3 被災者向け住宅の補修支援システム」として、平成17年度には以下の研究項目を実施する。

(a) 被災者向け住宅補修による負荷軽減効果の算定

想定される大震災の住宅被害分布を入力とし、地域特性を考慮して解体率と補修率を推定し、廃棄物量・リサイクル率・費用等を推定するシミュレーション手法について検討をすすめる。出力としては、仮設住宅需要の軽減推定や、CO₂排出量等の環境負荷を算定し、補修促進対策の効果を地震前に評価し、事前復興計画に役立てることを目指す。

(b) 被災者向け住宅の復旧選択フレーム構築

2004年新潟県中越地震被災地において、復旧方法意思決定に関するアンケート調査を実施し、その影響要因、国や県の支援制度や住宅復旧相談が意思決定に及ぼした影響を分析する。2000年鳥取県西部地震、2003年宮城県北部地震における調査から抽出された意思決定モデルと、新潟県中越地震のそれを比較検証し、地域特性や政策の影響を検討する。これらの結果を今後の大都市大震災における被災者の意思決定予測につなげる一方、補修支援・誘導に役立ち、事前対策としての耐震補強や保険加入などのインセンティブを促進する復旧選択フレームワークを構築する。

(c) 被災者向け住宅の復旧相談支援情報システムの実践化

大都市大震災直後から、自治体の災害対策本部に殺到する被災者の住宅相談ニーズを推定し、被災者が被害状況と相談希望事項を事前に入力送信し、窓口側でスケジュールを組んで円滑な住宅復旧相談サービスを実施するための支援情報システムの実用化に向けて改良する。補修再建住宅の事例を収集し、データベースに構築して、相談支援情報システムに組み込む。