

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月10日現在

機関番号：32619

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2011～2012

課題番号：23860046

研究課題名（和文） 災害仮設住宅のための自助建設可能な木質系ボックスユニット構造の開発

研究課題名（英文） Development of self-build structural units made of wood for temporary housing of disaster

研究代表者

小澤 雄樹 (OZAWA YUKI)

芝浦工業大学・工学部・准教授

研究者番号：50388120

研究成果の概要（和文）：

本研究は、災害発生時に仮設住宅として利用可能な木質系ユニット構造の開発を目的としている。ユニットタイプとしては、ボックス型、ラーメン型の2種類を想定し、これらを組み合わせて用いることで必要な容積を確保する計画である。建設方法を極力単純化し、入手しやすい材料を用いることで被災者自身により自助建設可能なシステムとすることを目指している。構造的検討が特に重要となるラーメン型を中心に、①システムの提案、②実大ユニット建設による施工性確認実験、③柱梁接合部の耐力実験、④数値解析等を通して検討を進め、その実現可能性を確認することが出来た。

研究成果の概要（英文）：

In this paper, wooden structural units supposed to be used for temporary housing for disaster is proposed. There are two unit-type, box-type and rigid-frame-type, and the required space is reserved by combining some units. This unit is made of timber material distributed in broad market like 2x4 lumber. By simplifying the construction process substantially, this system is planned to be built by victims themselves. After the outline of this system was proposed, some study like constructing test of full scale model, bearing test of column-beam connection and numerical analysis, were conducted. As a result the realizability of this system was confirmed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

研究分野：建築構造

科研費の分科・細目：建築学、建築構造・材料

キーワード：仮設住宅、木質ラーメン、自助建設、自然災害、ユニット

## 1. 研究開始当初の背景

2011年3月、東北地方を襲ったプレート海溝型地震により、前例のない規模の甚大な被害が発生した。確認された家屋の被害は全半壊合わせて8万戸以上、阪神・淡路大震災時

の4.8万戸を大幅に上回る数の仮設住宅が必要となった。

このように、大地震などの災害発生時には、被災により家を失った人々に当面の生活空間を提供するために、短期間で大量の仮設住

宅を建設する必要がある。これまで実用化された仮設住宅はプレハブにより建設されたものが大多数を占めており、外見に温かみがないばかりでなく、日常でストックできる数が限られており、いざ必要となったときに短期間で大量生産することは困難である。また建設には専門技術者及び建設機械が必要であるため、地震などにより交通機関が麻痺して資材や重機を現地に運ぶことが困難になるなど、実質的に建設不可能となる場合も多い。結果的に入居可能となるまで数ヶ月以上を要する事例などが数多く見受けられ、これでは緊急性を要する仮設住宅としての用を成しているとは言いがたい。災害発生直後には差し当たり、家族単位で安らぐことの出来る生活空間を供給することが重要であると考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、自助建設可能な災害仮設住宅のための木質系ボックス構造による構造ユニットの開発を目的としている。構成材料としては一般的に流通する製材やツーバイフォー材、合板などを利用する。

木材利用のメリットは、軽量で運搬が容易なこと、加工が容易であり非熟練者でも建設作業が可能なこと、仕上げ無しでそのままでも利用可能なことなどである。また、特殊な工業生産品ではなく、一般的に流通している資材を使うことで、災害発生時に十分なストックが必ずしもない場合でも、材料を調達することが比較的容易となる。

被災地における専門家の不足等を考えると、極力被災者自身による自助建設を取り入れることが望ましい。そこで本研究で提案するユニットは、自助建設可能なシステムとすることを目的としている。専門的スキルを有さない作業でも安全・簡単に作業可能となるように、ジョイント方法や建設プロセスを工夫する必要がある。

将来的には、自助建設マニュアルを整備しWeb等で広く公開することで、世界のどこで災害が発生しても利用できるシステムとすることを目指している。

## 3. 研究の方法

本研究は、以下に示す手順に従って進める。

### (1)ユニットの提案

最初にボックスユニットのプロトタイプを提案する。ユニットの平面形状は2.73m×2.73m、高さは2.4~2.7m程度とする。ユニットタイプは、ボックス型とラーメン型の2種類を用意する(図1)。基本的にはこれら2タイプのユニット及び連結用の床ユニットを組み合わせて構成することで(図2)、住戸として必要な床面積を確保し、構造全体と

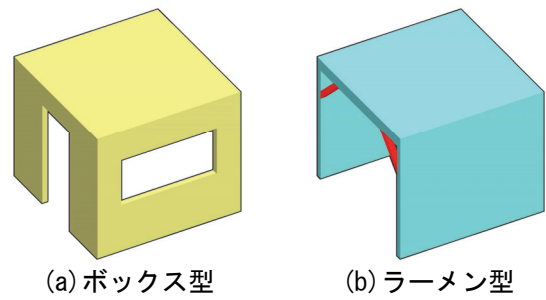


図1: ユニットのタイプ

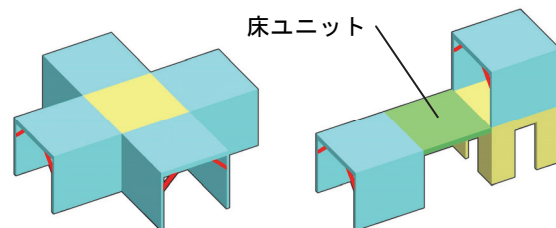


図2: ユニットの連結方法の例

して余震に対する十分な耐震性能を確保する計画となっている。また、仮設住宅であるので、供用期間終了後は容易に解体可能なシステムとする必要がある。

### (2)施工性確認

提案したシステムの施工性を確認するために、実大モデル建設による施工性確認実験を行う。仮設住宅としての緊急性に 대응するためには、1ユニットが1日以内に完成することが望ましい。そのためには、接合方法等を工夫し、建設プロセスを極力簡略化することが求められる。事前にマニュアルを作成し、非熟練の作業者に実際にユニットを建設してもらい、その結果を分析することで、自助建設の実現可能性を見極める。

### (3)柱—梁接合部の性能検証

本システムのラーメン型のような(図3)、木造によるラーメン架構を構成する場合、柱

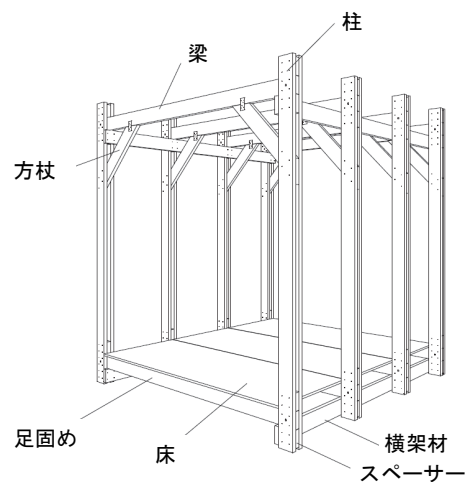


図3: ユニットのフレーム詳細

一梁接合部の回転剛性をいかに確保するかが肝要となる。本研究では方杖を利用することで容易に接合部の固定度を確保する計画としている。また、その他の接合方法についても同時に提案する。これら接合部の構造性能を、載荷実験により確認する。

#### (4) 数値解析による検討

(3)で得られた接合部性能に基づき、FEMを用いた数値解析を実施し、本構造が仮設住宅として供される上で十分な耐震性能を確保していることを確認する。

#### (5) 建設マニュアルの整備

施工性確認実験の結果に基づき、建設プロセスを再検証し、自助建設マニュアルを再整備する。マニュアルは極力文書を用いず、図のみで説明出来るようにし、将来的には Web等で公開することで日本以外の地域でも利用可能なものとする予定である。

### 4. 研究成果

#### (1) 施工性確認実験

本システムの施工性を確認するために、施工性確認実験を行った。

作業従事者は非熟練者6名、道具は鋸(のこぎり)や金づち、電動ドリルなど一般的に普及している道具のみ利用した。①マーキング、②カッティング、③フレーム作成、④建方の順に、事前に用意した建設マニュアルに従って作業を進めた(図4)。

各作業にかかる時間を計測し、作業性を分析した結果(表1)、ユニットの完成までにかかる時間は合計約8時間であり、6人の作業員で1日1ユニットを建設可能であることを確認した。習熟していくに従って作業効率はかなり向上されていくため、同じ作業員が連続して建設に携わることで1ユニット当たりの建設時間を大幅に短縮することは可能である。



(a)フレームの作成 (b)フレームの立上



(c)フレームの連結 (d)完成

図4: ユニットの建設プロセス

表1 作業時間

	1ユニット作業時間
マーキング	2時間
カッティング	1時間5分
フレーム作成	2時間50分
建方	2時間10分
合計	8時間5分

#### (2) 柱—梁接合部の性能検証

提案した2つのユニットタイプの内、ボックス型については基本的にツーバイフォーのシステムであり、十分な壁量を有するため、構造的検討は省略可能である。

ラーメン型については両側に配置された壁と直交方向は木質ラーメン構造として機能するため、接合部の構造特性が架構の耐震性能を左右する。本接合部性能を検証するために、載荷実験を行い(図5)、方杖の有無・スペーサーの有無による構造挙動の違いを確認し、回転剛性を評価した(図6)。

実験の結果、スペーサーが付くことで回転剛性は4割以上上昇すること、方杖の効果はそれを接続する金物の剛性・耐力に大きく依

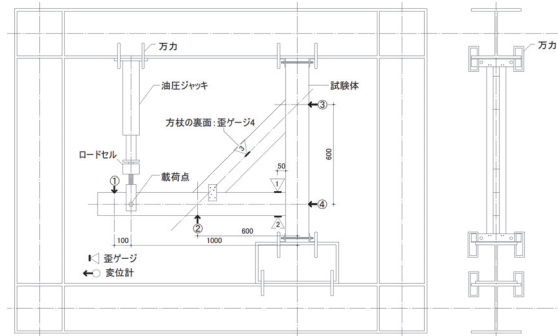


図5: 柱—梁接合部の載荷実験概要

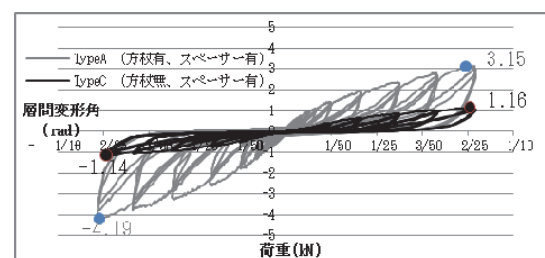


図6: 方杖モデルの荷重—層間変形角関係

存することなどが明らかとなった。

#### (3) 鋸状仕口の提案・検討

(2)で提案した方杖付の接合部は、剛性確保が容易な反面、ユニット内の限られた室内空間の自由度を妨げると言うデメリットを有する。

そこで接合部の構成方法の異なるアプローチとして、柱梁の接触面を鋸(のこぎり)状に加工し噛み合わせることで回転剛性を

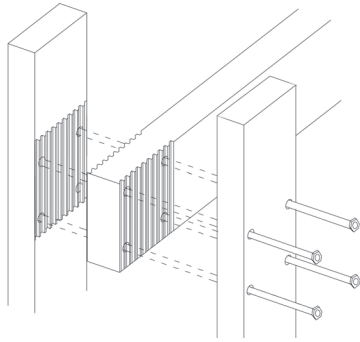


図 7: 鋸状仕口の概要

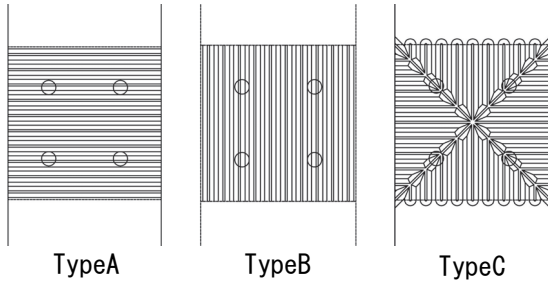


図 8: 仕口の溝のタイプ

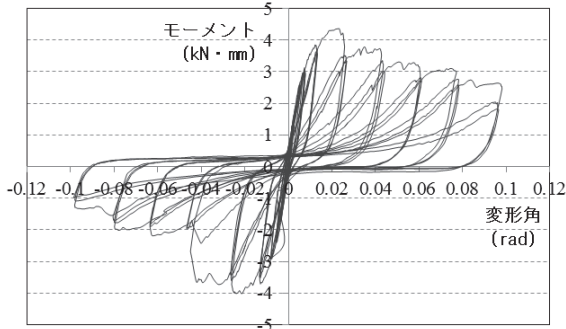


図 9: モーメント—変形角関係 (TypeC)

確保する、新しいタイプの仕口を提案した (図 7、図 8)。本接合のメリットは、室内側に部材が一切出ないため、内部空間を最大限有効利用できる点にある。また、金物等用いず接合可能で、複雑な仕口加工を要しないため、大量生産に適している。

接合部の載荷実験を実施し、その構造性能を確認したところ (図 9)、タイプ B、C の回転剛性は  $400\text{kN}\cdot\text{m}/\text{rad}$  以上となり、(2) で検討したオリジナルモデルの回転剛性 (方杖なしで  $20\text{kN}\cdot\text{m}/\text{rad}$  程度) と比較して大幅な向上が見られた。

#### (4) 数値解析による検討

(2)、(3) で確認した接合部性能に基づき、FEM によるモデル化を行い、余震に対する構造安全性を確認した (図 10)。

方杖を用いたオリジナルモデルでは、1 層であればラーメン型だけで自立可能である。2 層とした場合は剛性が不足するが、剛性の高いボックス型と組み合わせて用いることで利用可能である。

鋸状仕口のモデルは回転剛性が極めて高いため、2 層として十分に構成可能である。

いずれのモデルも、余震に対する十分な耐震性能を確保していることを確認した。

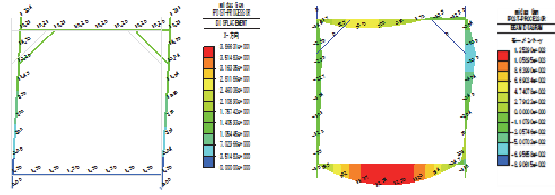


図 10: 解析結果の一例

#### (5) 施工方法のマニュアル化と公開

自助建設を容易にするためには、建設手順をわかりやすくまとめたマニュアルを用意することが有効である。建設実験の結果を踏まえて自助建設マニュアルを整備した。本マニュアルは将来的には、大災害がどこで発生しても使用可能なものとなるように、HP 等を通して広く公開していく予定である。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

1. Yuki Ozawa, Kiwamu Yanagisawa, Naohiko Yamamoto and Kazuya Morita, Development of Shell Structural Unit for Temporary Housing of Disaster Making Use of Plaster Skill, Proc. of IASS-APCS 2012, 査読有, CD-Rom, 2012.5

[学会発表] (計 3 件)

1. 小澤雄樹、自助建設可能な応急仮設住宅のための木質系構造ユニットの開発—システムの概要と施工性の確認、日本建築学会大会学術講演会、2013 年 8 月 31 日、北海道大学
2. 山本彩華、小澤雄樹、鋸状仕口を使用した木質ラーメン構造の開発に関する研究、日本建築学会大会学術講演会、2013 年 9 月 1 日、北海道大学
3. 山本彩華、小澤雄樹、伝統構法と在来構法を併用した木造住宅の耐震性に関する研究、日本建築学会大会学術講演会、2012 年 9 月 12 日、名古屋大学

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

小澤 雄樹 (OZAWA YUKI)

芝浦工業大学・工学部・准教授

研究者番号：50388120