

[様式第4号の1]

令和6年3月20日

令和5年度 学生自主研究成果報告書

教 育 本 部 長 様

学生自主研究グループ名	キャロット140	
研究課題名	環境に配慮した低コストな高耐震性住宅の研究	
研究代表者 (学生)	学籍番号	B25C012
	氏 名	神藤 一器
指導教員	学 科	建築環境システム学科
	氏 名	菅野 秀人

学生自主研究の報告書を別紙のとおり提出します。

環境に配慮した低コストな高耐震性住宅の研究

システム科学技術学部 建築環境システム学科
1年 神藤 一器
1年 石橋 優斗
1年 戸田 光留
1年 新野 瑞樹
指導教員 システム科学技術学部 建築環境システム学科
教授 菅野 秀人
助教 大塚 亜希子

1. はじめに

幼少期に経験した東日本大震災において、多くの建物被害を目の当たりにして災害に強い家づくりの研究に興味があった。現在の木造家屋の耐震技術に関する文献調査や簡易模型を用いた実験を行い、耐震上効率のよい耐力壁の配置を検討する。

2. 耐力壁について

耐力壁とは、建物に作用する地震力や風圧力などの水平力に対して、建物が倒れないように抵抗するための構造要素である。木構造は、接合部を剛接合とするのが難しいため耐力壁を用いることが多い。

耐力壁の量が水平力を上回るかどうかを確認する方法の一つが壁量計算である。個々の耐力壁の水平抵抗力(壁倍率×壁の長さ)の総和が、必要壁量(その建物に必要とされる壁の量)を上回っていれば、建物の耐震性は確保されていると言える。

また、耐力壁は、建物にねじれや変形が生じないように、バランスよく配置することが原則である。

耐力壁には「筋交い」という軸組みの対角をつなぐように設ける部材がある。一つの軸組みに1本の筋交いを設けるものを「片掛け」、2本交差するものを「たすき掛け」という。筋交いを片掛けにした壁に水平力が作用すると、その作用の方向により、筋交いは引張力または圧縮力が生じる。

3. 予備実験

3.1. 目的

筋交いとして用いる木材の本数を統一し、耐力壁の位置による家屋の耐震力の違いや、片筋交いとたすき掛けの配置のバランスについて調査する。

3.2. 使用器具

- ・ “ピノキオぶるる” 応用地震計測(株)社製の木造住宅倒壊模型
寸法：60cm(桁行方向)×66cm(梁間方向)×86.5cm(高さ方向)
- ・ 振動台



写真1 ピノキオぶるる

3.3. 実験方法

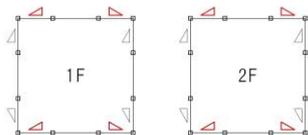
図①～図⑥のように筋交いを設置し、それぞれの1994年兵庫県南部地震での神戸海洋気象台での観測波（東西方向成分、以後 神戸波と記す）と、2011年東北地方太平洋沖地震でのK-NET築館の観測波（南北方向成分、以後 築館波と記す）の2つの観測波を用いて簡易模型を揺らす。このとき、Y軸・Z軸方向の揺れは無視し、X方向の揺れに対する筋交いの働きについて考える。また、建物のスケールに合わせて波の振幅を小さくした。

様々な耐力壁の配置、または片筋交いとたすき掛けの組み合わせを1回ずつ計測する。あまりにも不自然だと考えられるものは2回計測する。

3.4. 実験結果

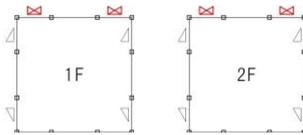
築館波の揺れでは倒壊しなかった。よって、神戸波の結果を下記に記す。

実験①：片掛け/上下同一/均衡



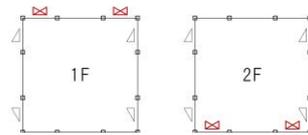
大きな揺れに対して、部分的な崩壊もなく倒壊もしなかった

実験②：たすき掛け/上下同一/偏心



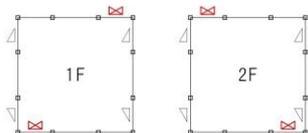
2階正面側からねじれ、1階の筋交いが崩壊し、倒壊した。

実験③：たすき掛け/上下不同/偏心



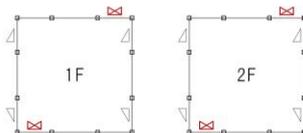
2階奥側からねじれ、2階が倒壊。1階は筋交いの一部接合部がはずれたが、倒壊しなかった。

実験④：たすき掛け/上下不同/均衡



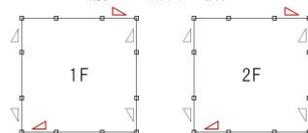
1階奥側の筋交いが崩壊。他の筋交いは無被害で、倒壊しなかった。

実験⑤：たすき掛け/上下不同/偏心



1階正面の筋交いの一部接合部が外れたが、倒壊しなかった。

実験⑥：片掛け/上下同一/均衡
(筋かい断面2倍)



(参考)1階正面の筋交いが崩壊し、倒壊。

3.5. 考察

- 筋交いを設置する際、上下階の筋交いの位置を揃えたほうが良い。
- 耐力壁は平面的にバランスの良い配置にすべき。
- ①と⑤を比較したとき、壁量が等しく、バランスの良い配置になっているが、①のほうが無被害だった。ここから、低い倍率の耐力壁を多く配置するほうが耐震性が良いという結果になった。

4. 本実験

4.1. 目的

実験は、神戸波を用いた振動実験を行った。実験模型は環境に配慮した低コストな設計(建築基準法に準拠した最低壁量：存在壁量/必要壁量=1.1倍程度)とし、予備実験の結果を考慮して耐震性を最優先としたバランスの良い配置とした。この条件で、倒壊する様子を確認したい。

4.2. 使用器具

・制作模型(縮尺1/10)

柱・筋交い：ヒノキ

接合部：・プラスチック製，3Dプリンターで製作

・接合金物 (図1参照)

床：構造用合板

上載荷重：屋根20kg，2階床20kg

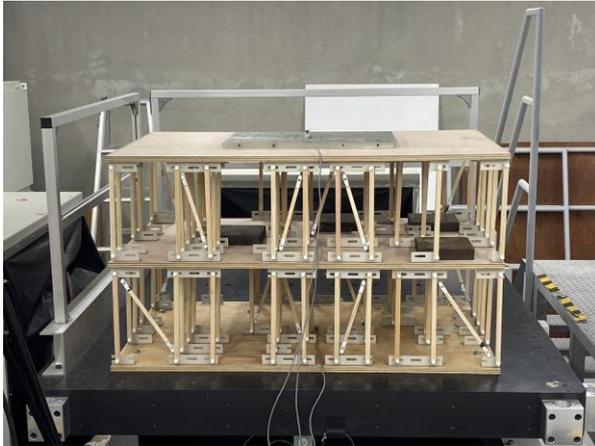


写真2 模型写真

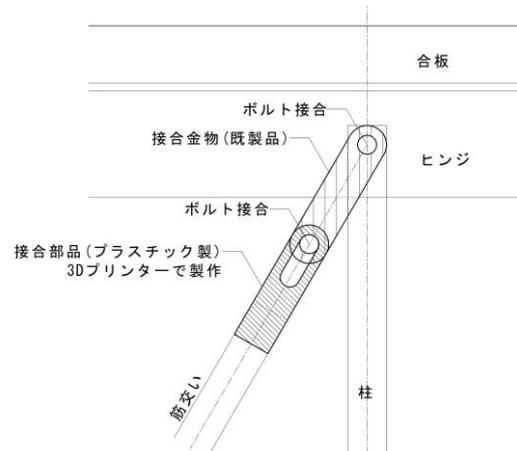


図1 接合部詳細図

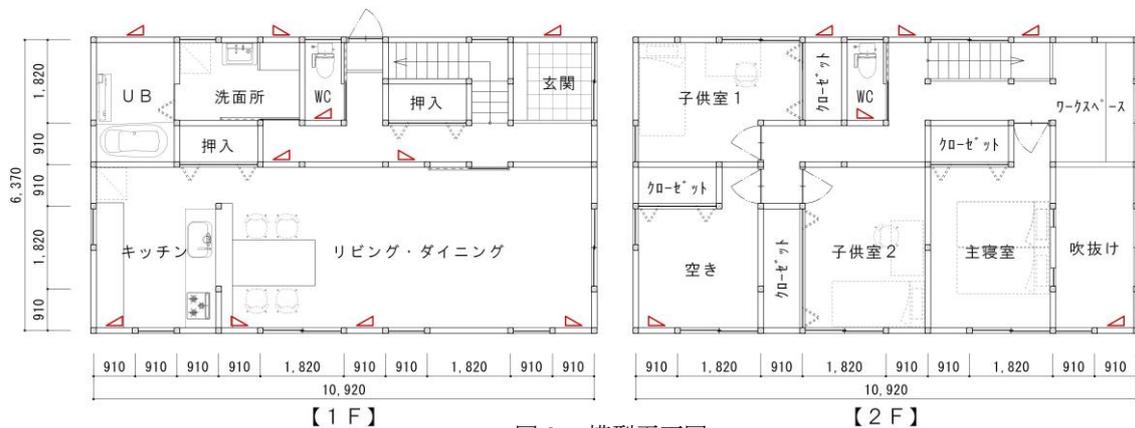


図2 模型平面図

4.3. 実験方法

神戸波を用いた。本実験では，波の振幅は当時の神戸波と同じものである。このとき，X，Y，Z方向に揺れているが，Y方向の揺れには柱と床の接合部が剛になっているため，Y方向は実験内容に含まれない。

2回連続で神戸波による揺れを与える。

4.4. 実験結果

1回目の揺れで左手前と右手前の筋交いがはずれたが，倒壊しなかった。1回目終了時には1階柱が右に傾いていた(写真3)。2回目の揺れが始まるとすぐ1階が倒壊した(写真4)。1階部分の柱は接合部が破断しているものや筋交い断面が真ん中から破断しているものが多くみられた(写真5)。また，2階床と屋根に乗っている重りは元の位置からずれていない(写真6)。

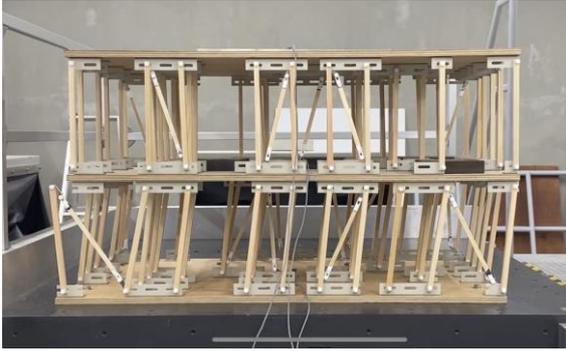


写真3 1回目終了時の様子

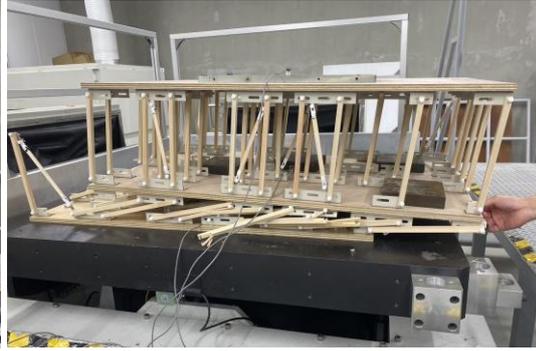


写真4 倒壊後の全景



写真5 倒壊後の詳細図

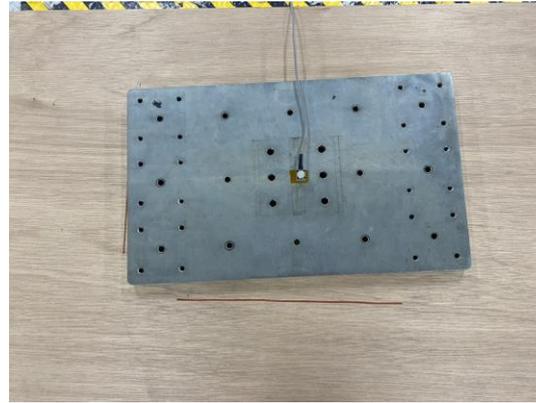


写真6 倒壊後の重りのずれ

4.5. 考察

- ・柱の接合部付近の断面や、筋交い断面が真ん中から破断したのは、柱・筋交いと床の接続部分を固く固定しすぎたことで、ひんじの役割が上手く働かなかった可能性がある。
- ・破断や崩壊の原因としては、筋交いの壁量不足や、用いられた材料の強度不足が考えられる。低コストな壁量配置(余裕率1.1倍)は、安全とは言えない結果となった。
- ・バランスよく耐力壁を配置したことで、ねじれ崩壊が見られなかった。
- ・神戸波による揺れを2回続けて行った結果、1回目では倒壊を免れたが、2回目で1階が完全に崩壊した。これは、熊本地震・石川地震の際の、本震後の余震で倒壊した建物が多くあった事象と重なる結果となった。

5. 今後の展望と結論

建物の耐震性の向上・改良が必要である。これは、より強固な素材の使用や安全率の高い壁量配置が挙げられる。また、制振ダンパーや免震ダンパーの導入は、地震時の振動を制御し、建物の安定性を向上させる有効な手段である。これらは地震時のエネルギーを吸収し、建物の揺れを抑制する効果がある。ただし、コストがかかるデメリットがある。

余震にも耐える効率的な耐震設計は、壁量の安全率確保やバランスよく配置することが重要になってくる。

6. 参考文献

「世界でいちばんやさしい木構造」著 山辺豊彦 株式会社エクスナレッジ