

既存木造建物の安価な耐震補強の可能性

学籍番号 1090426 氏名 岡林達也
高知工科大学工学部社会システム工学科

既存木造建物の耐震補強として、ワイヤーロープなど規格品を多数用いた安価な耐震補強を考えた。ワイヤーロープの特性を用いて窓枠を迂回する方法を考えた。耐震補強で重要な箇所はこのワイヤーロープの方向を変換する箇所に用いる埋め込みボルトとしてラグスクリューやコーチスクリューである。これにはせん断力がかかる。しかしせん断実験データがないためコーチスクリュー(φ9 L=120)とラグスクリュー(φ12 L=120)を各々4本用いて実験した。その結果をもとに耐震補強の案をより具体化し、部品の種類、数、費用を求め、安価な耐震補強の可能性があることがわかった。

Key Words : ワイヤーロープ、耐震補強、低価格、窓迂回

1, はじめに

1-1, 研究の背景

既存建物も含めて原則的に全ての建物は建築基準法に適合していなければならない。しかし、既存の建物の中には古い基準で建てられており、昭和 56 年 5 月 31 日の建築基準法改正以前に建てられた住宅は耐力不足の可能性がある。また、建設後の劣化によっても今後起きるであろう大地震に耐えられない危険性がある。

そこで国や自治体は補助金を設けることで耐震補強を推進させる策をとっている。表 1-1 は高知県の木造住宅耐震改修費用補助事業に関する表である。

表 1-1 木造住宅耐震改修費補助事業

補助事業者	市町村
補助率	1/2
対象	戸建住宅・併用住宅
県補助金限度額	300,000 円/棟

しかし、耐震補強が広まっているとは言えない。広まっていない原因としては

- (1) 地震に対する意識が低い(耐震補強でお金を払いたく無い)
- (2) 補強費用が高い
- (3) 工事中の転居や生活範囲の減少などが挙げられる。

1-2, 研究の目的

本研究の目的は、第一に費用が少ない耐震補強を提案・検討することである。表 1-1 より高知県が補助するのは費用の半分であり、住民の負担を無視出来るものではない。

第二に、工事期間中、生活空間の減少を極力無くす工法を提案・検討することである。工事中の転居や生活空間の減少による経済的負担を軽くするためである。

第三に、開口部を出来る限り防がない方法を提案・検討することである。地震が起きた際、必ずしも玄関が通れるわけではない。開口部の緊急時の出口という機能を消さないようするための補強方法を検討する。

2, 耐震補強

2-1, 住宅モデルの概要

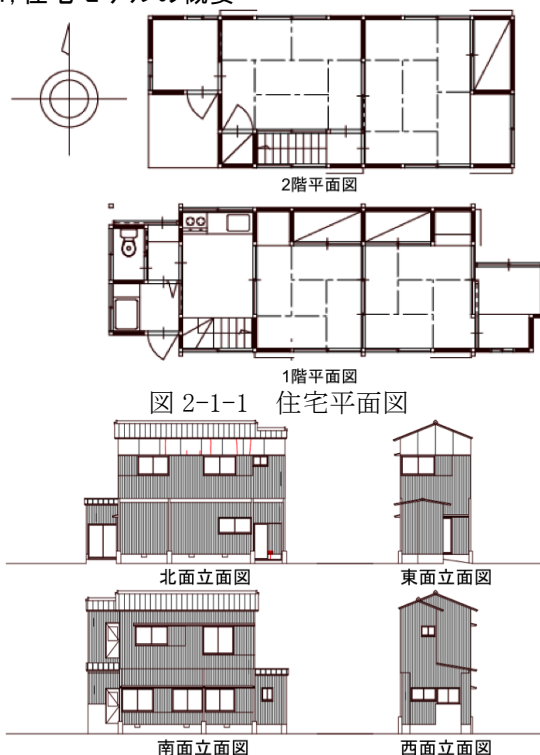


図 2-1-2 住宅立面図

上の図 2-2-1 及び図 2-1-2 は、各々今回モデルとして用いた住宅の平面図と立面図である。平面図を見てわかるように、内壁の数が明らかに少なく、尚かつ東西の壁が少ない。住宅全体を見ても多いとは言えない。ちなみに 1 階の東側の玄関は増築された物である。

2-2, 耐震補強の方針

本研究における耐震補強の方針は以下の通り。

- (1) 壁の解体を行わない
壁の解体は壁を再構築することでもあり費用がかかる。また、生活空間を多かれ少なかれ限定してしまう。よって壁の解体を抑える。
- (2) 屋内工事を極力行わない
屋内工事は生活空間の限定が多かれ少なかれあるので出来る限り行わないこととする。

(3) 補強材も規格性のある物にする

よってどの企業でも用意出来る規格品中心で補強し、材料費を抑える。

2-3. 補強用地震力の算出

地震力の算出方法は「耐震構造の設計-7. 木質構造-」より各階の質量から求めた。一階のみ補強するので一階の地震力のみ出した。住宅は高知県内の重い屋根の住宅であり、積雪荷重は今回なしとした。

屋根質量	G1	135kg/m ²
外壁質量	G2	115kg/m ²
内壁質量	G3	80kg/m ²
床の質量	G4	200kg/m ²
1階床面積	A1	37.58m ²
2階床面積	A2	33.70m ²
2階床積載の質量	P1	180kg/m ²

補強用地震力

軒高	$h = 5.73m$
周期	$T = 0.03 \times h = 0.17sec$
振動特性係数	$R_t = 1.0$
地震地域係数	$Z = 1.0$
追加剪断力係数	$C_0 = 0.2$
1階重量	$W_1 = 278.1 \text{ kg}$

*住宅の剪断力係数は 0.2 である。耐震補強は剪断力係数が 0.4 あれば充分なので残りの足りない 0.2 を補強で補う考えである。

地上2階建てなので、1階の地震層剪断力係数は

$$A_1 = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{a_1}} - a_1 \right) \frac{2T}{1 + 3T} = 1.00$$

地震力 $Qud(i) = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0 \cdot W_i$ より

$$Qud(1) = 55.62kN$$

2-4. 耐震補強方法

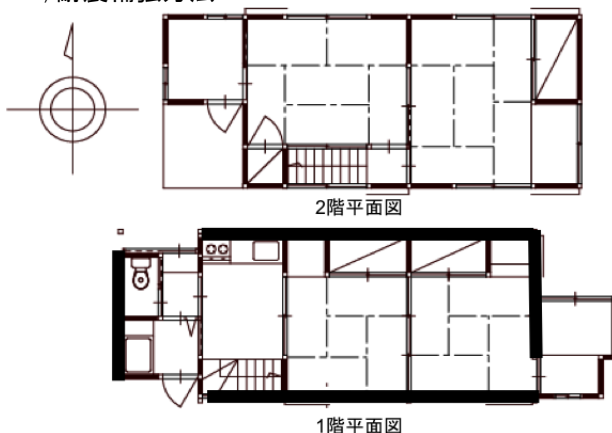


図 2-4-1 補強する壁

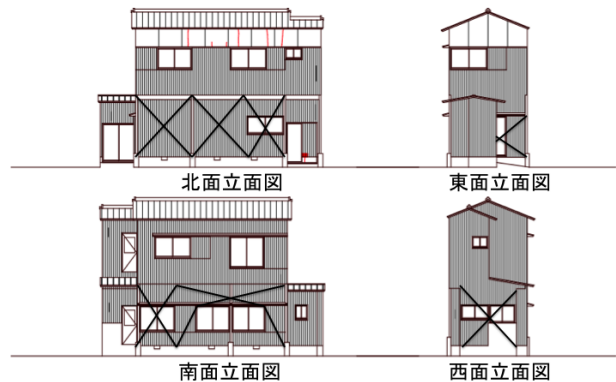


図 2-4-2 補強した壁と補強方法

補強される壁、および大まかな補強方法は上の図 2-4-1, 図 2-4-2 のように考えた。

本研究では、ワイヤーロープを用いての「外付け」による補強方法を提案する。

接合金具はコーチスクリューまたはラグスクリューである。補強材はビニール被覆ワイヤーロープである。各材料の説明は後述する。

「外付け」にすることで生まれるメリットは、

- ・解体を抑えることが可能である点
 - ・屋内工事を極力抑えることが出来る点
 - また、開口部を迂回させる方法によるメリットは
 - ・非常時の避難口の確保が出来る点
- 今回提案する補強案の主な材料は以下の通り。

ビニール被覆ワイヤーロープ

このロープの特徴は

- ・メッキ塗装とビニール被覆の二重錆び対策
- ・壁に合わせた色を選択出来る。(表 2-4-1)

表 2-4-1 ビニールの色

透明系 (半透明)	青、緑、無色透明、黄、赤、グレー、茶
不透明	黄、青、緑、赤、黒、純白、クリーム、ダークブラウン、深緑

破断荷重は表 2-4-2 にある。

表 2-4-2 ビニール被覆ワイヤーロープ

呼び	被覆外径(mm)	切断荷重(kN)
8	10	25.3

その他の要素は表 2-4-3 に載せる。

表 2-4-3 その他の要素

構成記号	6×24
引張弾性係数(N/mm ²)	63,700
初期伸び(%)	0.6

弾性伸び

弾性伸びは初期伸びと異なり、荷重に比例するので次式を用いることが出来る。

$$\Delta L = \frac{W \cdot L}{E \cdot A}$$

ΔL ロープの弾性伸び(mm)

W 荷重(N)

L ロープの長さ(mm)

E ロープの弾性係数(N/mm²)

A ロープの素線合計断面積(mm²)

筋交い状のワイヤーロープの水平方向の耐力は、

壁の長さ(500mm)と壁の高さ(1階階高)の比にワイヤーロープの基準強度(破断荷重の2/3)をかけた値とした。
 また、一本のワイヤーロープの一端の長さは以下のように求めた。

$$l = 9d$$

l : ワイヤロープの一端の長さ(mm)

d : ロープ径(本研究では被覆外径)(mm)

ラグスクリュー、コーチスクリュー

ナットが不要で先が尖っており、より外付けのみの工法にすることができる。

本研究の案では接合部分となることから重要な部材である。補強案では剪断耐力がかかるわけだがデータがないので実験を行った。

2-5. 実験

本実験では、コーチスクリューとラグスクリュー(後述では「ボルト」と記す)の剪断耐力実験を行った。どんなにワイヤーロープが丈夫であっても接合部分が弱いと機能しない。しかし先述したように剪断力のデータがなかったからである。

2-5-1. 試験体概要

試験機は台が下から上昇して圧縮力を与える仕組みになっている。これに各々のボルト4本ずつを図2-5-1, 2-5-2のような試験体に17mmほど出してつけ剪断力を調べた。

今回用いたボルトの寸法は以下の通り

- ・コーチスクリュー (φ9, 首下120mm)
- ・ラグスクリュー (φ12, 首下120mm)

2-5-2. 実験方法

先ほどの試験体を圧縮する方向に、ボルトに荷重をかける。そして荷重と変位を確認、記録していく。

2-5-3. 実験結果

ボルトの剪断力の実験結果を図3-3-1に示す。また、この図は変位16mmほどまでとしている。実験は破断するまで続けた。

図2-5-3は一本あたりのボルトの荷重-変位を表している。

図2-5-4は荷重をかける前、図2-5-5は荷重をかけボルトが変形している時の写真である。図2-5-6は折れたボルトで図2-5-7はその破断部分を拡大した写真である。ねじ部分の頭から破断していることがわかる。ねじの渦を巻いていない部分は胴部よりも直径が小さく、今回の実験で一番壊れ易い部分であると考えられる。

この実験より、剛性が高い部分の耐力3kNで考えた(図2-5-3の点線)。

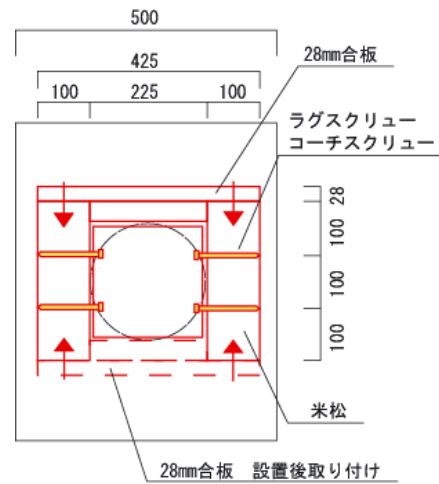


図 2-5-1 試験体断面(上→下)

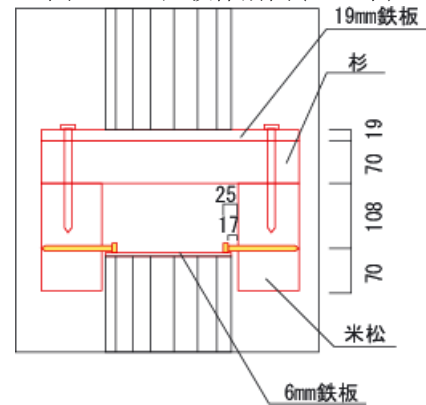


図 2-5-2 試験体正面

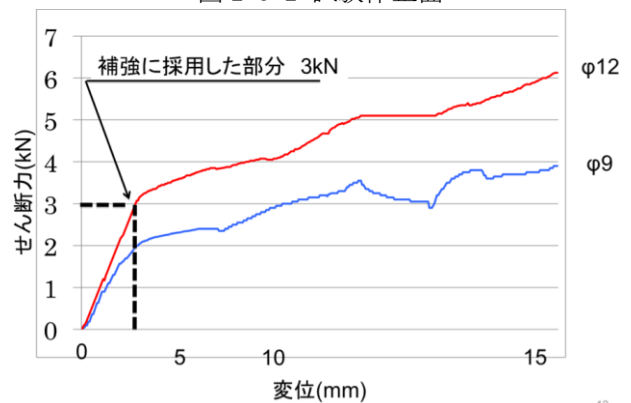


図 2-5-3 ボルトの剪断力実験結果

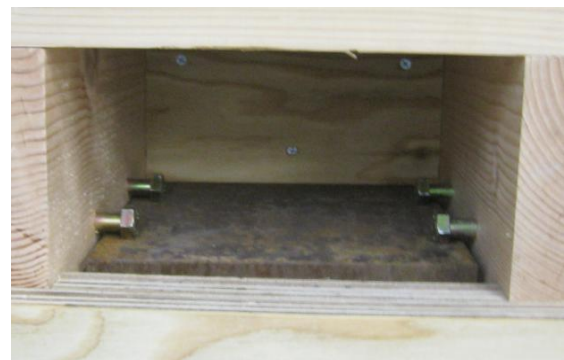


図 2-5-4 実験前の試験体



図 2-5-5 実験後の試験体



図 2-5-6 折れたボルト



図 2-5-7 破損部分

2-6. 補強方法案の概要

「3, 実験」の結果から、耐震補強の接合方法等より具体的な案を述べる。

窓枠を迂回させる部分は図 2-6 のようにボルトの部分でロープを曲げる方法をとる。圧縮側にまわったロープは緩んでラグスクリューから外れてしまう可能性があるなので座金とワイヤーロープの間に針金などを用いて止める等を考えた。

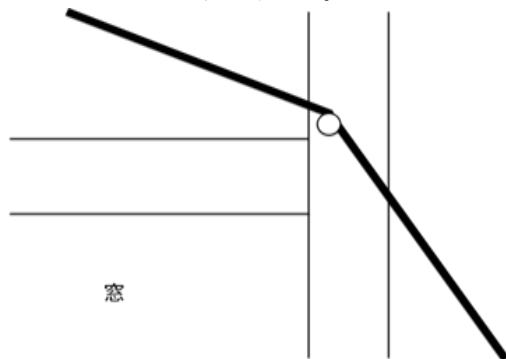


図 2-6 窓枠を迂回する方法
壁との接合方法は単純である。ロープをクリップ

やシンプルを用いて輪をつくる。その輪にボルトを通してプレートをはさんで壁と接合する。ロープの緊張はターンバックルを用いるいたって基本の付け方である。

ここで各々のワイヤーロープの破断荷重の 2/3 倍で弾性限界と考えると初期伸びと弾性伸びを合わせた値は大きくて 2.41mm ほどであった。ボルトの変形は実験結果から両端合わせて 6.2mm ほどであった。

つまり、今回想定している地震力内では最大でも約 10mm 程度であり、軸組の変位を含むと 81.4mm となり、安全限界 1/30rad(102mm) よりも小さく壊れる可能性は計算上低い。

2-7. 補強費用

表 2-7 材料費

品名	単価	個数	合計
ラグスクリュー(12φ×110)	28	200	5,600
ターンバックル			
TPN10	1,020	18	18,360
TPN16	3,190	6	19,140
ワイヤークリップ F12	210	64	13,440
シンプル 10mm	110	26	2,860
ビニール被覆ワイヤーロープ			
8×10(200m)	35,000	26m	4,550
接合プレート (穴φ12×9, 80×80×6)	2000	24	48,000
合計			111,950

表 2-7 は今回の住宅モデルで使う材料の費用を表している。

高知県の補助金の補助率が 1/2 である。よって住民の負担は少なくとも **55,975 円** である。施工は大工 2 名、1 人 2 万円/日、2 日かかるとすると施工費は、4 万円となる。以上より合計は、**95,975 円** となった。これは耐震ポール(約 100 万円)の 1/10 ほどで出来ることとなる。

3. まとめ

比較的安価な費用で耐震補強ができたと考える。また、ほぼ完全な外付けでできる工法が出来る可能性があるといえる。

窓枠を迂回する方法は、玄関等の入り口以外の避難路の確保を安価な物でも出来る可能性を示した。

4. 課題

実際にボルトの変形などが道影響するかわからないので壁を設けた実験で調べる必要がある。

既存の部品ではロープを付けるのに必要な数が多い。その上、ボルトの耐力面の制約で壁一枚に付けるロープを増やす必要があり、費用がどうかしやすい。よって外付けロープ専用の金具を設け、費用を抑える必要がある。

参考文献

木質構造限界状態設計指針(案)・同解説 P64～p71
株式会社吉川商工 HP
大洋製器工業株式会社 商品カタログ PDF
耐震構造の設計-7. 木質構造-