

課題情報シート

テーマ名 :	住宅リフォーム時の柱撤去に伴う横架材補強技術の開発				
担当指導員名 :	藤野 栄一	実施年度 :	24 年度		
施設名 :	職業能力開発総合大学校				
課程名 :	応用課程	訓練科名 :	建築施工システム技術科		
課題の区分 :	開発課題	学生数 :	2	時間 :	468 (h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

既存の木造住宅について、LDK を一体として計画する様にリフォームを実施する場合、その多くに界壁内の柱の撤去が生じます。この場合、鉛直荷重を負担する柱を撤去することから2階床組の補強が必要となります。しかしながら、床組の補強方法については一般化されていないのが現状であり、多くの場合、リフォームの現場管理者や、大工さんが経験を元に施工しているのが実状です。

本開発課題では、施工性、構造安全性及び経済性等を考慮した2階床組の補強方法を開発する事を目的としました。開発課題においては、①既存住宅の間取り調査、②開発における前提条件と制約の決定、③横架材の補強方法の開発、④構造計算による梁補強方法の構造安全性の検討、⑤構造安全性の検証実験を行いました。

本開発課題において、木質材料（LVL）を使用し、構造安全性、施工性及び経済性を考慮した既存の梁の補強方法を開発することが出来ました。

【訓練（指導）のポイント】

本開発課題では、開発を必要とする背景の実状の調査や資料収集から始まり、構造安全性はもとより、施工性及び経済性等を考慮して開発を行いました。

開発の対象が身近な木造住宅であることや、開発の条件として、現実的な要求項目を設定しているため、学生はとて興味を持って課題に取り組むことができました。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 職業能力開発総合大学校
住所 : 〒187-0053 東京都小平市小川西町 2-32-1
電話番号 : 042-341-3331 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www.uitec.jeed.or.jp/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」を掲載しています。

住宅リフォーム時の柱撤去に伴う横架材補強技術の開発

職業能力開発総合大学校

建築施工システム技術科学生

1. はじめに

リビング(L)とダイニング(D)を別空間として配置された既存の木造住宅について、LDKを一体として計画する様にリフォームを実施する場合、その多くに界壁内の柱の撤去が生じる。この場合、鉛直荷重を負担する柱を撤去することから2階床組の補強が必要となる。しかしながら、床組の補強方法については一般化されていないのが現状であり、多くの場合、リフォームの現場管理者や、大工さんが経験を元に施工しているのが実状である。そこで、本開発課題では、施工性、構造安全性及び経済性等を考慮した2階床組の補強方法を開発する事を目的とする。

2. 既存住宅の間取り調査

築年数が高い既存住宅のL・Dを別配置とした間取りが現在のL・Dを一体とした新築住宅の間取りと異なるのか東京都多摩地区5市を対象(2012年4月現在)として間取り調査を行った。本調査はインターネット上の中古住宅サイトにおける物件204棟について行った。1960年～1980年代の全91物件のうちLDK一体型の間取りは33件(33%)、L・Dを分離の間取り住宅は58件(67%)であった。逆に、1990年以降の全109物件でL・D一体型の間取りは80件(73%)、L・Dが分離している間取りは29件(27%)であった。調査の結果、築年数の高い住宅はL・Dが分離されており、築年数が低い住宅はL・Dが一体での間取りが多いことが明らかとなった。築年数の高い住宅を間取り変更でリフォームする場合、L・Dを一体として利用するユーザーが増えることが想定される。

3. 開発における前提条件と制約

本開発において対象とするプランの間取りの範囲は、間取り調査で最も多かった2階建住宅の

3P(P=910mm)及び4Pのスパンを対象とする。

以下に示す条件を①～⑤前提として補強方法の開発を進める。ただし水平力については考慮しない。

- ① 在来軸組み工法の住宅
- ② 梁スパン 3.64m 以下、かつ一般的な床組(例えば梁間隔 1.82m 以下)とする
- ③ 木質材料を主材料とする(大工が施工できる)
- ④ 構造安全性、施工性・経済性を考慮する
- ⑤ 柱の撤去に伴う耐力壁の撤去について、耐力壁を別の場所に再配置できることを前提とする

4. 横架材の補強方法

鉛直仮定荷重の概算値に対して図1に示すような横架材の両側面にLVLを取り付けて補強を行う。既存の梁の両側にLVLを配し、これを釘(CN90)で取り付ける。釘本数については荷重に対応した本数とするとともに釘の端距離が小さい場合には受け材を介して添え梁に力を伝達した。また、既存の梁に代えて鉛直力を伝達するLVLの支点部分は、柱に荷重を伝達する金物を用いて補強を行った。

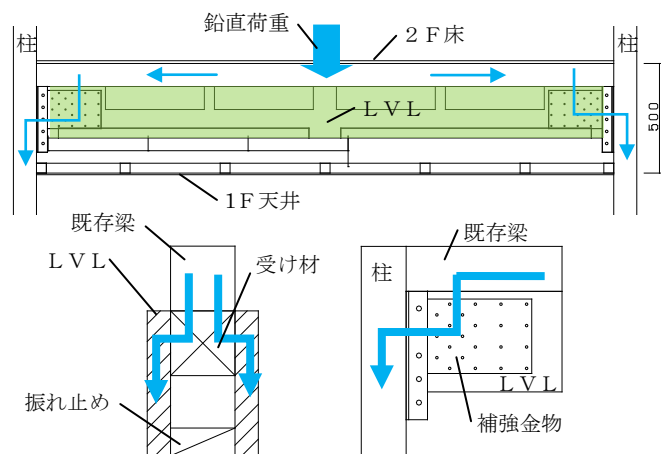


図1 横架材の補強案

施工手順については以下①～⑦に記す。また本補強工事では大工2人で施工できることとした。

- ① 柱にL字型金物を取り付ける
- ② 既存梁の梁下に受け材を取り付ける
- ③ 床の上でLVLに鉄板を取り付ける

- ④ LVL を 2 人で持ち上げ、端部の鉄板と柱に取り付けた L 字型鉄板をボルトで仮締めする
- ⑤ LVL に釘 (CN90) を打ち付け固定させる
- ⑥ 振れ止めをビスでと留める
- ⑦ ボルトで本締めする

5. 梁補強構造安全性の検討

補強梁を提案する上で、床・壁・屋根の負担面積を検討する (梁スパン 3.64m)。①床の負担面積：補強梁に平行と直角方向に梁がかかる組み合わせが 5 通りを検討 ②壁負担面積：3 通りを検討 (ふすまなどは荷重が軽いため考慮しない) ③屋根組：2 通りを検討した。また梁スパン 2.73m の時も同様に考え ①床の負担面積：3 通り ②壁負担面積：3 通り ③屋根組：2 通りとした。

5.1 梁の負担面積

以上の検討により、想定したプランの負担面積の中で、最も厳しい組み合わせを図 2 に示す。この鉛直力に対して十分な構造安全性を持つことを検討する。

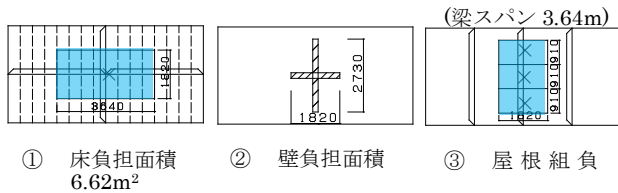


図 2 厳しい条件の負担面積

5.2 仮定荷重

建築物の床・小屋組み・天井・壁組の単位面積あたりの固定荷重 (床組において積載荷重を考慮する) から、集中荷重および分布荷重を求めた。仮定荷重の値として、建築法規で定められた値を基本とした。最も厳しい条件として、①床組み 440 (N/m²) ※積載荷重:長期 1300 (N/m²) ②壁組 350 (N/m²) ③天井 150 (N/m²) ④屋根組 790 (N/m²) とした。

5.3 補強梁 (LVL) 断面算定

今回の補強に用いる LVL として、E140 (特級) を用いた。以下に具体的な特性を示す。

- ・期間：長期
- ・部材：E140 (特級)

- ・基準強度 F_b : 45 (N/mm²), F_s : 3 (N/mm²)
- ・長期曲げ許容応力度 f_b : 16.5 (N/mm²)
- ・長期せん断許容応力度 f_s : 1.1 (N/mm²)
- ・幅×せい=①3P:38×235, ②4P:38×286

次に補強梁の各点にかかる荷重を図 3 に示す。

以上を踏まえて断面算定を行った結果、許容曲げ応力の値が 1.01 (kN/m²) と規定の値を少し上回り NG となった。しかし、今回の設計では、LVL のみで全荷重を負担することを想定しているので、既存梁の値を式に算入すれば規定の値を満たすものと考えられる。

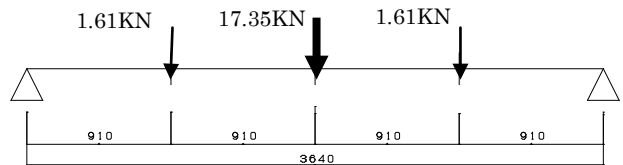


図 3 各点にかかる集中荷重

$$\begin{aligned} \sigma/f_b &= 1.01 \quad (\text{kN/m}^2) \quad \text{NG} \\ \sigma/f_b &= 0.65 \quad (\text{kN/m}^2) \quad \text{OK} \\ \delta &= 8.90 \quad 8.90 \leq 12.13 = 1/300 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

図 4 の負担面積の組み合わせでは、下記の様子の値でも高い安全性を有することがわかった。

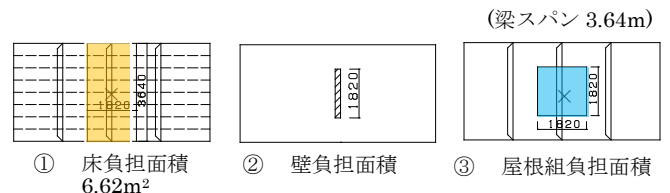


図 4 一般的な負担面積

$$\begin{aligned} \sigma/f_b &= 0.59 \quad (\text{kN/m}^2) \quad \text{OK} \\ \sigma/f_b &= 0.53 \quad (\text{kN/m}^2) \quad \text{OK} \\ \delta &= 6.12 \quad 6.12 \leq 12.13 = 1/300 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

また梁スパン 2.73m でも同様に厳しい条件で検討を行ったが、高い安全性を有することがわかった。

5.4 接合部の検討

上部からの荷重を柱に伝達させる、端部の金物の安全性を検討した。図 5 のようにせん断力に対して、接合部のビス 1 本当たりの長期許容耐力を検討する。この値が、せん断力に対して 1.5 倍の耐力を持つようなビスの本数となるよう設計した。

(a) 柱とL字型鉄板. (b) L字型鉄板と平鉄板 (c) 平鉄板とLVL

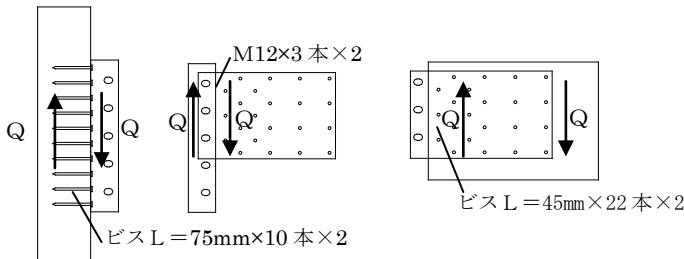


図5 端部の接合部

(a) $Q_{max}=10.29 \leq 75\text{mm} \times 10 \text{ 本} \times 2 \text{ カ所} = 38\text{KN}$ OK
1本あたりの長期許容耐力=1.9kN

(b) $Q_{max}=10.29 \leq 45\text{mm} \times 3 \text{ 本} \times 6 \text{ カ所} = 58.6\text{KN}$ OK
1本あたりの長期許容耐力=9.8kN

(c) $Q_{max}=10.29 \leq 45\text{mm} \times 22 \text{ 本} \times 2 \text{ カ所} = 88\text{KN}$ OK
1本あたりの長期許容耐力=2.0kN

6. 構造安全性の検証実験

前章で述べた構造計算についての構造安全性の検証を実際に試験体を製作して強度試験を行う。ここでは主に4P(3640)について述べる。

6.1 スパン3.64mの既存梁のせい105mm試験

(1) 試験方法

試験は、写真1及び図1に示す様なスパン中央部に対して集中加力として圧縮力を加えた。スパン中央部の変位がスパン中央部に対して1/600, 1/450, 1/300, 1/150, 1/100, 1/75まで繰り返し荷重とし、その後破壊に至らせた。また、試験体中央部及び、試験体接合部に計12箇所に変位計を取り付け、各変位を測定した。図6に試験体詳細図、及び写真1に試験風景を示す。

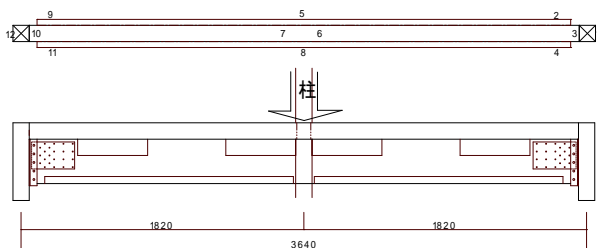


図6 実験方法



写真1 試験体風景

(2) 試験結果

図7に示すようにスパン中央部の変位がスパンの1/300時の荷重は25.8kNであり設計荷重(21.2kN)の約1.3倍であった。また、最大荷重は58kNであり、設計荷重の2.5倍であった。試験体端部においても図8に示す様に実験荷重時の変位は約2mmであった。

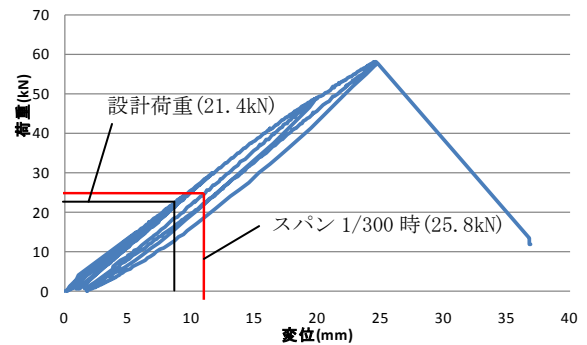


図7 荷重と試験体中央部の変位の関係

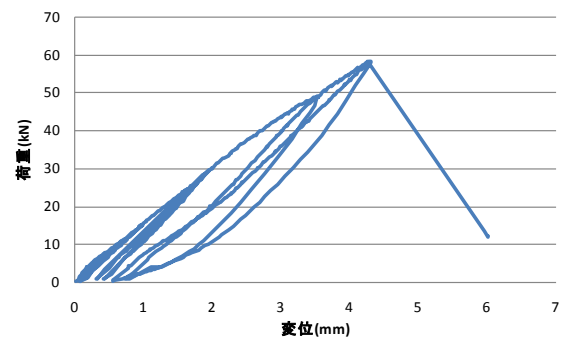


図8 試験体端部の荷重と変位の関係

(3) 破壊性状

写真5に示す様に、補強LVLの端部から割裂破壊を起こした。

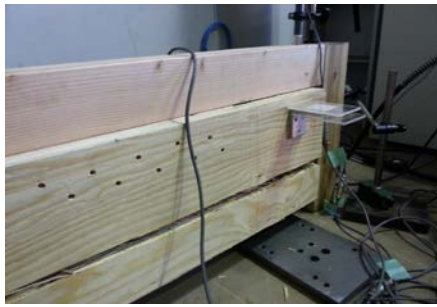


写真2 破壊の様子

6.2 スパン3.64m 既存の梁せいが180mmの試験

(1) 試験方法

実際の木造住宅では、補強の対象となる梁のせいが105mmを越える。そこで既存の梁が180mmのものと想定して試験を行った。試験方法については、前項で述べた方法と同様である。図9に試験詳細図を示す。

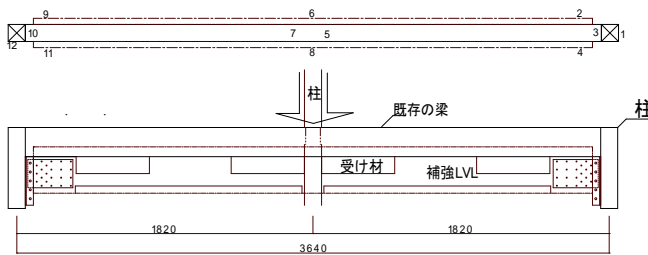


図9 試験方法

(2) 試験結果

図10に示すようにスパン中央部の1/300時の荷重は38.6kNであり設計荷重(21.2kN)の約1.8倍の強度であった。また、最大荷重は109kNであり、設計荷重の5倍であった。試験体端部においても図11に示す様に変位はほとんど見られなかった。これは既存の180mmの梁とLVLの複合効果によるものと考えられる。

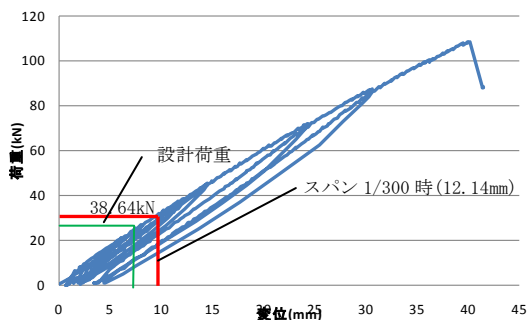


図10 荷重と試験体中央部の変位の関係

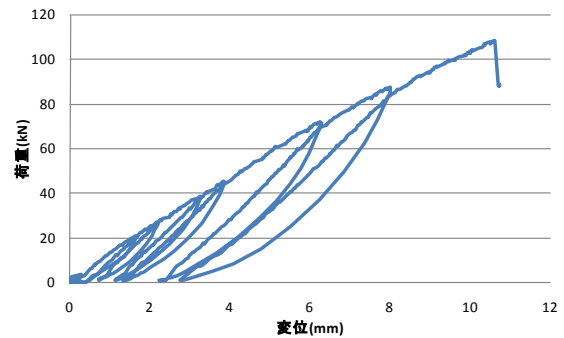


図11 試験体端部の荷重と変位の関係

6.3 試験結果の考察

スパン3.64m及び2.73mの既存の梁をLVLで補強した試験を計6体の検証実験より、設計荷重に対して1.2倍~1.8倍の安全性を示した。なお、一部構造計算で強度不足であった設計についても実際の試験では1.8倍の強度であるため、安全性を満たす結果であった。

7. 施工コストの検討

実際に、鉄骨で補強した場合との費用の検討を行った。

1. LVLで補強する場合

- ・材料費(LVL, 金物、ボルト、ビス)

8,320+7,200+8,000=¥23520

人件費 (大工 20000円/日) × 2人
¥40000

合計¥63520

2. 鉄骨で補強する場合

- ・材料費(溝型鋼 単位重量 34.6(kgf/m))

1本あたり 11,340円 2本 ¥22680

人件費 (大工 20000円/日) × 3人
¥60000

合計¥82,680円

この様に、施工コストの比較をした場合においてもLVL補強した場合は鉄骨で補強した場合と比較して約2/3の値段で施工可能であることが分かった。コスト面においても優れていると言える。

8. まとめ

本開発課題において木質材料を使用した既存の梁の補強方法を開発することが出来た。