

## 大大特木造建物実験 既存住宅移築補強・無補強実験の概要

防災科学技術研究所

### 1. 目的

以下を目的として、独立行政法人防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センターにおいて既存木造住宅の移築補強・無補強、破壊実験を行う。

- ・ 既存木造住宅の地震時崩壊挙動を把握する。
- ・ 昨年改訂された「木造住宅の耐震診断と補強方法」(国土交通省住宅局監修、日本建築防災協会発行)に基づいて行った耐震診断、補強の妥当性を確認する。

### 2. 実験の概要

2棟の既存木造住宅(基礎を除く)をE-ディフェンスに移築して、破壊実験に供する。一方はそのまま加振・破壊するが、他方は耐震補強を行って加振する(写真1)。

A棟：無補強

B棟：耐震補強施工



写真1 震動台上に移築された2棟の既存木造住宅

### 3. 移築物件公募の条件

移築する物件を、以下の条件で公募したところ、全部で200件を超える応募があった。

- ・ 築年数・・・25～50年(昭和30～55年建築)
- ・ 階数・・・2階建て
- ・ 構法・・・木造軸組構法(ツーバイフォー、プレハブ住宅は除く)
- ・ 場所・・・兵庫県内または近傍
- ・ 棟数・・・最大2棟
- ・ 移築工事時期：可能な範囲で物件の都合に相応

### 4. 移築物件の概要

応募された中から、前述の条件を満たし、かつ移築工事のための作業スペースを確保できる見通しがある、ほぼ同一仕様、同一建設年の2棟を選定した。

選定された物件は、兵庫県明石市に建つ、築30年の木造軸組構法2階建て住宅(以下、明石H邸と称する)である(外観を写真2、3、平面の概略を図1に示す)。各部の仕様は表1の通りで、一部に軽微な改修等があるものの、A、B棟はほぼ同じ間取りである。この建設年代の典型的な木造住宅のひとつといえる。



写真2 明石H邸の西側外観



写真3 明石H邸の東側外観

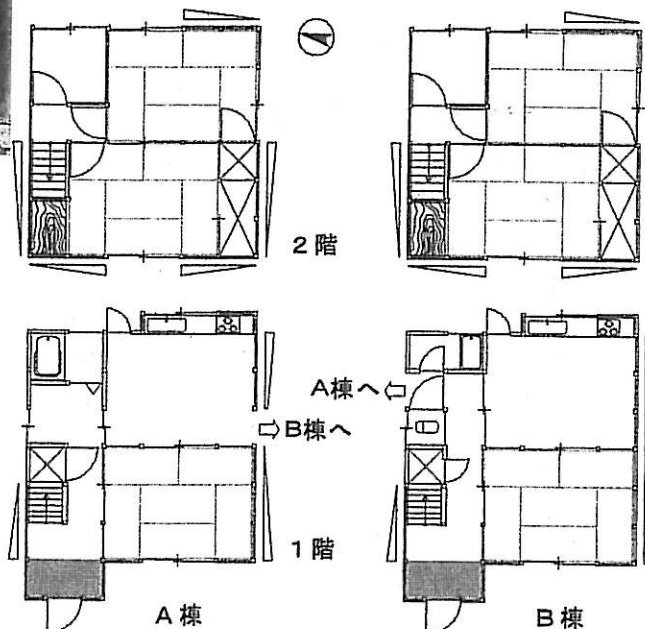


図1 明石H邸平面図

ただし、 は実際に確認された筋かいの配置

表1 明石H邸の各部仕様、仕上げ表

部位	仕様・仕上げ
屋根	日本瓦葺き、葺き土あり
外壁	ラスモルタル、木ずり下地
内壁	じゅらく塗り仕上げ、土塗り下地
天井	化粧石膏ボード、プリント合板(和室)
床	畳・フローリング
浴室	タイル(B棟)、ユニットバス(A棟)

明石 H 邸について常時微動計測を行い、その結果を表 2 に示す。移築工事による初期剛性低下が否定できない。

表 2 明石 H 邸常時微動計測結果

建物	測定時期 (建物の状態)	推定重量 (t)	1次卓越振動数 (Hz)	
			X	Y
A 棟	6月(現況)	30.5	8.4	5.5
	8月(天井撤去)	25.3	7.8	5.0
	11/16(移築後)	29.0	7.3	4.5
	11/17(微小加振後)	29.0	6.9	4.2
B 棟	6月(現況)	30.5	7.2	4.9
	8月(天井撤去)	25.3	7.1	5.0
	11/16(移築後)	29.0	7.0	4.2
	11/17(微小加振後)	29.0	6.6	3.9
	11/20(補強工事後)	28.5	7.2	4.7

### 5. 移築工事の方法

移築工事の方法は以下のような基本的な考え方に基づいて決定した。

- ・ 道路上を運搬するため、幅 3.3 m、高さ 3.8 m 以内のサイズに分割して移築する。
- ・ 主振動方向(図 1 の南北方向)の壁は損傷させない。
- ・ 接合部を解体するとその性能を再現するのは難しいため、接合部ではないところで分割し、元の材料強度を目標として継手を設計し、補修する。
- ・ 湿式工法部分を解体するとその性能を再現するのは難しいため、湿式工法部分の分割は必要最小限に留め、やむを得ず分割した湿式工法壁は可能な範囲で元のせん断性能に近くなるよう補修する。
- ・ せん断耐力が比較的低い開口部を通るように切断面を設け、切断部分を可能な範囲で元のせん断性能に近くなるよう補修する。

以上の考え方に基づいて、実際の分割方法の概略は、図 2、図 3 の通りとした。具体的には、屋根、小屋組を手作業によって部材ごとに解体した。鉛直方向は 2 階床梁と 1 階柱頭の間で分解し、1 階部分は基礎と土台を分離した。水平方向は、1 階、2 階ともに主振動方向(図 1 における南北方向)に沿って X5 通りの数十 cm 東側で分解した。1 階の玄関を含むピースは、幅 3.3m を超えないように、玄関部分のみを分離し、別途輸送した。

移築工事の具体的手順は、(1)養生・足場設置、(2)生活残存物撤去、(3)瓦撤去(写真 4)、(4)屋根養生、(5)天井撤去、(6)1F 床組撤去、(7)外装切断(写真 5)、(8)内装切断(写真 6)、(9)小屋組番付・解体、(10)小屋雨養生、(11)運搬養生(写真 7~9)、(12)吊

り具設置(写真 9)、(12)躯体切断(写真 10)、(13)ジャッキアップ(写真 11)、(14)吊上げ(写真 12)・積込み(写真 13)、(15)運搬(写真 14)・E-ディフェンス搬入(写真 15)、(16)先行足場設置、(17)再組み立て(写真 16)、(18)養生材撤去、(19)切断部分補修(写真 17, 18)、(20)床組復旧、(21)積載荷重設置、(22)小屋組復旧(写真 19)、(23)瓦施工(写真 20)、(24)外壁モルタル復旧(写真 21)、(25)内壁充填、(26)足場撤去、(27)準備棟→試験体移動(写真 22)、(28)試験体設置である。

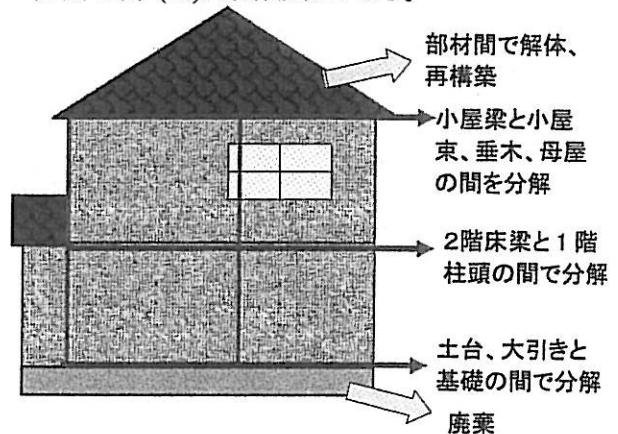


図 2 分割・移築方法(南から見た立面図)

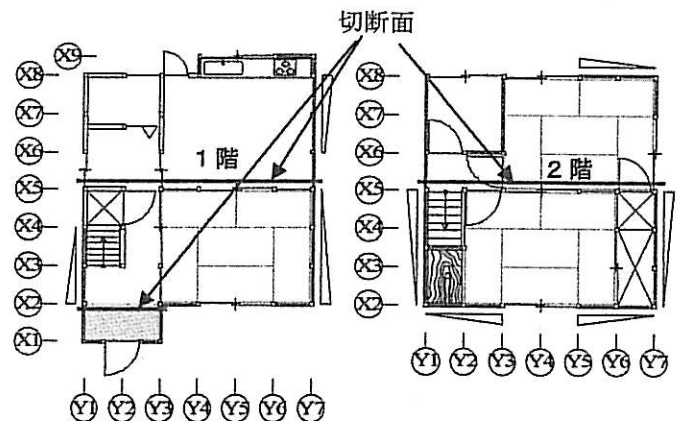


図 3 分割方法(A 棟の場合、B 棟も同様)

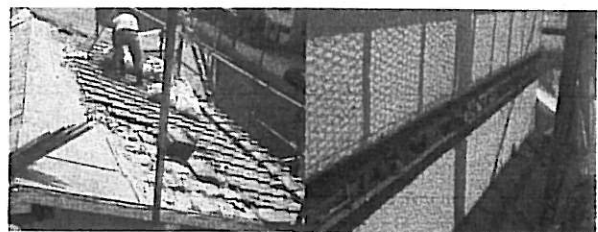


写真 4 瓦撤去

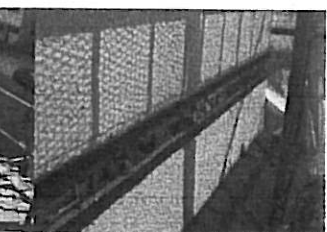


写真 5 外壁切断



写真 6 内装切断



写真 7 運搬養生(桁)



写真8 運搬養生(下屋)

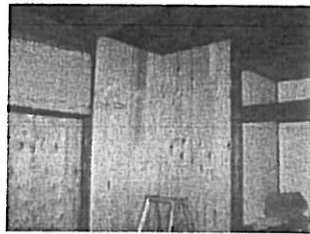


写真9 運搬養生(壁)



写真10 吊り具(鋼材)設置

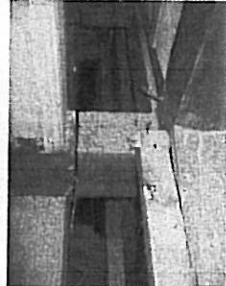


写真10 躯体切断

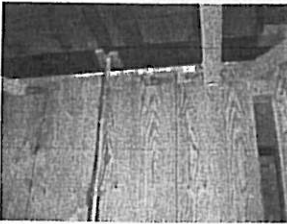


写真11 ジャッキアップ

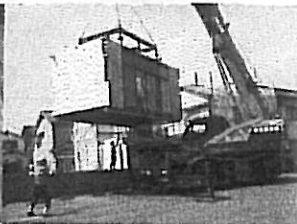


写真12 吊り上げ



写真13 トレー積込み



写真14 夜間運搬



写真15 E-ટેイブス搬入

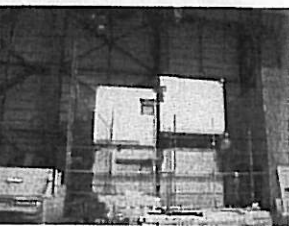


写真16 再組み立て

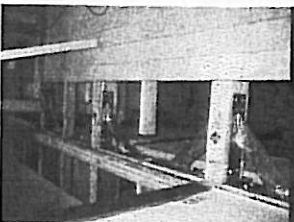


写真17 切断部補修(梁)



写真18 補修(通し柱)



写真19 小屋組復旧



写真20 瓦施工

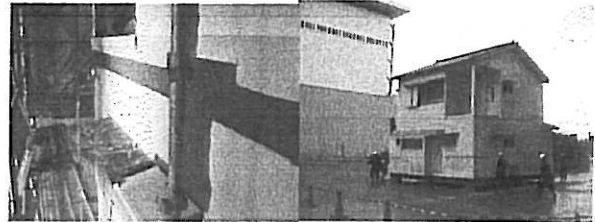


写真21 外壁復旧



写真22 試験体移動

## 6. 試験体の概要

各部を切断して震動台上に輸送し、再構築する際に、各部位の再接合、補修方法は以下の通りとした。

- ・ 通し柱の補修・・・鋼板添え板+ラグスクリュー、グルード・イン・ロッド (写真23)
- ・ 床梁、小屋梁の補修・・・L字型の特注金物方杖つき+ラグスクリュー
- ・ 湿式工法部分(モルタル)・・・速乾性エポキシモルタル、ポリマーセメントモルタルなど
- ・ 湿式工法部分(じゅらく等内装)・・・ラスボード(躯体部分とは少々隙間を空けた)+プラスター塗り

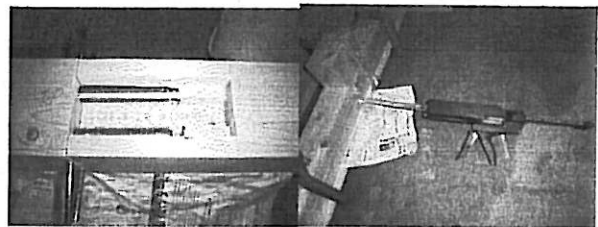


写真23 グルード・イン・ロッド

基礎は再利用せず、鉄骨架台を基礎と見なしてその上に建物を再構築した。小屋組は極力旧部材を用いて再現したが、もともと葺き土の上に日本瓦葺きであったものを移築後は葺き土を用いない瓦葺きとした。積載荷重として2階床に0.6 kN/m<sup>2</sup>の重量を付与した。

## 7. 耐震診断と補強方法

A棟、B棟の耐震精密診断結果をそれぞれ表2、3に示す。おおむねB棟の方が耐震診断の評点(充足率)は低く、耐震性に劣る。これに対して、図4に示す箇所、仕様で耐震補強を行い、その結果を評価したものを表4に示す。

耐震補強は以下の考え方に基づいてB棟に対して施工した。

- ・ 基準法で定める極めて希におこる地震を上回る、兵庫県南部地震の激震に対しても倒壊に至らぬよう上部構造評点1.5を目指す。
- ・ 精密診断のうち保有耐力診断法の評点によって補強計画の最終判断をする。そのほかの診断結果は、参考値とする。

- ・ 極力現状のプランを変えず、機能性が損なわれないようにする。
- ・ 特殊な金物を使用せず、一般的な材料（筋かい、構造用合板）を用いて誰でもできる補強方法とする。
- ・ 接合部低減や耐力要素による配置の低減係数がかからないよう、接合部を補強し、耐力要素をバランスよく配置する。
- ・ 接合部の先行破壊を避けるため、さらに極端に剛強な金物の施工の必要がないよう壁基準耐力の上限（14kN/m）を上回る壁では補強しない。
- ・ 外周壁のモルタルをはがすような壁補強は避け、極力、内壁で補強する。

なお、各棟に劣化診断を実施し、一部に生物劣化（腐朽・蟻害）が認められたが、経年の割に軽微であったため、耐震診断では考慮しないこととした。

## 8. 入力波

1995年兵庫県南部地震においてJR鷹取駅で観測された実波形（図5）をフルスケールで入力する。各成分の最大値を表5に示す。入力方向はNS方向が建物の桁行（Y）方向となるようにした。

表5 JR鷹取波の各成分の最大値

	加速度(gal)	速度(kine)	変位(cm)
NS	641.7	149.2	86.33
EW	666.2	117.0	37.78
UD	289.5	16.50	11.15

なお、表中の数値は積分変位波形の発散を防ぐために、別途中立軸補正を行ったものであるが、波の強さは原記録と同じである。

表2 A棟の耐震精密診断結果

方向	階	必要耐力 Qr(kN)	保有する耐力 (修正前)(kN)	剛性率 低減Fs	偏心低減 Fep	床仕様 低減Fef	保有する 耐力Qd(kN)	充足率 Qd/Qr
X	2	28.00	30.44	1.00	1.00	1.00	30.44	1.09
	1	50.59	51.00	1.00	1.00	1.00	51.00	1.01
Y	2	28.00	21.09	1.00	1.00	1.00	21.09	0.75
	1	50.59	21.89	1.00	1.00	1.00	21.89	0.43

表3 B棟の耐震精密診断結果（補強前）

方向	階	必要耐力 Qr(kN)	保有する耐力 (修正前)(kN)	剛性率 低減Fs	偏心低減 Fep	床仕様 低減Fef	保有する 耐力Qd(kN)	充足率 Qd/Qr
X	2	28.00	24.51	1.00	1.00	1.00	24.51	0.88
	1	50.59	44.25	1.00	1.00	1.00	44.25	0.87
Y	2	28.00	16.65	1.00	1.00	1.00	16.65	0.59
	1	50.59	15.51	1.00	1.00	1.00	15.51	0.31

表4 B棟の耐震補強後の耐震精密診断結果

方向	階	必要耐力 Qr(kN)	保有する耐力 (修正前)(kN)	剛性率 低減Fs	偏心低減 Fep	床仕様 低減Fef	保有する 耐力Qd(kN)	充足率 Qd/Qr
X	2	28.00	46.00	1.00	1.00	1.00	46.00	1.64
	1	50.59	78.53	1.00	1.00	1.00	78.53	1.55
Y	2	28.00	42.78	1.00	1.00	1.00	42.78	1.53
	1	50.59	79.25	1.00	1.00	1.00	79.25	1.57

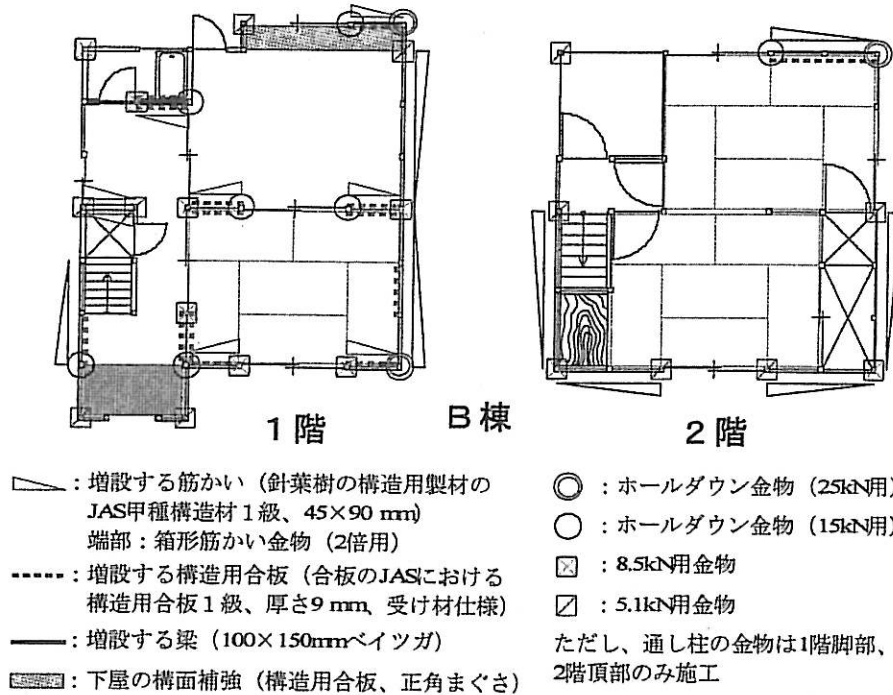


図4 耐震補強工事施工箇所・仕様

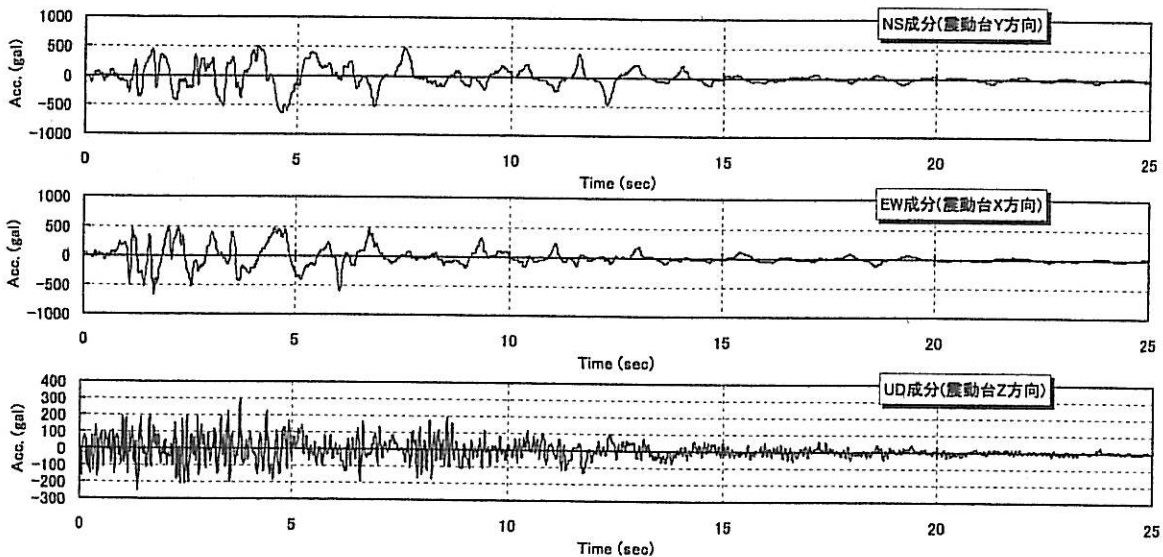


図5 入力波形 (JR 鷹取原波形)

9. 実験・工事実施体制

研究総括 : 坂本 功 (東京大学工学系研究科 / 防災科学技術研究所客員研究員)  
 実験総括 : 箕輪親宏 (防災科学技術研究所)  
 担当 : 植本敬大 (国土交通省国土技術政策総合研究所)、五十田 博 (信州大学工学部)、河合直人、中川貴文 (以上、建築研究所)、腰原幹雄 (東京大学生産技術研究所)、杉本健一、青木謙治、鈴木憲太郎 (以上、森林総合研究所)、三宅辰哉 (日本システム設計)、藤田 聡 (東京電機大学)、古屋 治 (東京都立高等専門学校)、佐久間順三 (設計工房佐久間)、平野 茂 (一条工務店)  
 各工事は以下の企業・団体等が担当した。

- ・ 分解、移築工事 : 榑田中工務店、水谷建設工業
- ・ 分解工事設計 : 榑イオリーナ、水谷建設工業(榑)
- ・ 運搬 : 日本通運(榑)
- ・ 耐震補強工事 : 減災リメイクチーム
- ・ 工事記録 : 日本構造技術者協会(JSCA)関西支部
- ・ 計測器設置 : 計測テクノ
- ・ 試験体移動、設置 : 榑一条工務店
- ・ 鉄骨架台製作 : 緒方鉄工所

謝辞

本実験試験体の瓦は愛知県陶器瓦工業組合よりご提供頂いた。同組合関係諸氏にこの場を借りて厚く御礼申し上げる。