平成7年(1995年)兵庫県南部地震における木質プレハブ工法3階建住宅の損傷分析

DAMAGE ANALYSIS OF WOODEN PANELED PREFABRICATED THREE- STORIED HOUSE IN THE 1995 HYOGOKEN-NANBU EARTHQUAKE

平田俊次 — *1 鶴田 修 — *2
西澤哲郎 — *3

Toshitsugu HIRATA — *1 Osamu TSURUTA — *2
Tetsuro NISHIZAWA — *3

キーワード：
木質パネル構造, 3階建住宅, 兵庫県南部地震, 地震被害

Keywords:
Wooden panel structure, Three-storied house, Hyogoken-nanbu earthquake, Earthquake damages

Recently, the possibility of a large earthquake in the city part is pointed out. Especially, only the hyogoken-nanbu earthquake has the experience, and the verification of the safety of the three-storied house that builds in the city part through the analysis is a pressing need in the three-storied house built on a narrow site. This report aims to confirm the index of earthquake measures in the city part of the future through the structural element of the three-storied house in which it is struck by the Hyogoken-nanbu earthquake and the analysis of damage.

1. はじめに

木質プレハブ工法の一つである木質接着パネル構法による3階建住宅は、昭和63年(1988年)より建設されている。3階建住宅はその性格上、都市部の市街地に多くが建設されているが、大地震を経験したものは少ない。昭和63年(1988年)以降平成17年(2005年)3月までに発生した地震の内大きな震度を記録したものは、震度6弱以上では余震も含めると25回、その内震度6強は4回、震度7は2回であったが、3階建が多く建つ都市部の市街地で大きな揺れを記録したものは、平成7年兵庫県南部地震だけである。

本報では、兵庫県南部地震の震度7地域に建っていた木質接着パネル構法による3階建住宅の地震力充足率と被害状況とを比較検討することにより、都市部に建つ3階建住宅が大地震を受けた場合の傾向の分析を行うことを目的とする。

2. 兵庫県南部地震の概要^{1), 2), 3)}

兵庫県南部地震は、平成7年(1995年)1月17日(火)午前5時46分に淡路島(北緯34度36分、東経135度02分)、震源深さ16kmでマグニチュード7.3の規模で発生した。この地震は、淡路島から阪神地域の都市部にかけて延びる六甲・淡路島断層帯で発生したもので、都市型の直下型地震として大きな被害を及ぼした。この地震により、神戸海洋気象台と洲本測候所で震度6を記録したが、その後の気象庁の現地調査で、神戸市須磨区鷹取・長田区大橋・兵庫区大関・中央区三宮・灘区六甲道・東灘区住吉・芦屋市芦屋駅付近、西宮市夙川等、宝塚市の一部、淡路島北部の北淡町、一宮町、津名町の一部で震度7の地域があったことが明らかになった。また神戸海洋気象台の強震記録は、NS方向で最大加速度

818cm/sec²、最大速度91cm/s、最大変位20.6cmであり、現在に至るまで大地震動のモデル波形として実験及び解析で用いられている。

人的被害は、死者6,433人、行方不明者3人、重傷者10,683人。住家の被害は、全壊104,906棟、半壊144,274棟、一部損壊263,702棟に及ぶ。木造住宅では、耐震性が低いと考えられる建物に被害が顕著に見られたため、本地震の被害調査やその後の各種実験などを基に平成12年(2000年)基準法改正において、柱頭・柱脚・筋かい端部などの接合部基準の明確化、耐力壁の偏心考慮の明確化、基礎仕様の明確化が図られた。

3. 木質接着パネル構法の概要

木質接着パネル構法は、工場で組んだ木製枠及び桟からなる枠組に耐力壁面材を工場で接着した木質接着複合パネルを、接着剤及び釘打ちで組み立てる構法である。

木質接着パネル構法による3階建住宅は、昭和62年(1987年)に実施した実大静加力実験、耐力壁実験などの結果に基づいて許容耐力を定められた。その後、建築基準法の改正などによる変遷を経て今日に至っている。耐力壁のせん断挙動に関しては、耐力壁周囲の垂壁、腰壁の影響が大きいため、耐力壁単独ではなく、垂壁、腰壁、固定金物の有無に応じて評価するようになっていたが、現在では開口を有する耐力壁におけるシージングエリア係数法を適用し評価している。

なお、許容せん断耐力は壁長さや開口の大きさなどの条件により異なるが、3階建の1階における長さ3.64mの無開口壁の許容せん断耐力は22.8kN/mとなる。

*1 ミサワホーム(株) 執行役員
(〒168-8533 東京都杉並区高井戸東2-4-5)
*2 ミサワホーム(株) 構造技術T・修士(工学)
*3 ミサワホーム(株) 構造技術T

*1 Corporate officer, Misawa Homes Co., Ltd.

*2 Structural Design Team, Misawa Homes Co., Ltd., M. Eng.
*3 Structural Design Team, Misawa Homes Co., Ltd.

4. 兵庫県南部地震における被害調査

4. 1 被害の概要

兵庫県南部地震直後に現地に入り、木質接着パネル構法住宅を調査した結果について検証する。地区別の調査棟数を表1に、構造別の調査棟数を表2に、そして年代別の調査棟数を表3に示す。なお補修の必要なもの全て（軽微な被害を含む）を被害棟数とした。

写真1 地震直後の
3階建木質接着パネル構法住宅

4. 2 地域別被害

気象庁発表の震度7地域を図1に示す。また、図1及び表1より激震地域である芦屋市、西宮市、神戸市の被害比率（調査棟数に占める被害棟数の割合）が高いことが分かる。

図1 兵庫県南部地震 震度7地域（気象庁より）

表1 地域別被害

	被害棟数	調査棟数	被害比率
神戸市	935	2600	36%
芦屋市	100	198	51%
伊丹市	58	234	25%
西宮市	306	844	36%
川西市	45	719	6%
尼崎市	96	313	31%
宝塚市	126	542	23%
明石市	57	438	13%
淡路島	158	692	23%
計	1881	6580	29%

4. 3 構造別被害

表2に示すように構造別の被害比率が3階建てで高いのは、激震地付近の建築棟数が多かったことと、被害棟数に仕上げ材等の軽微な損傷も含めたことが挙げられる。

表2 構造別被害

	1, 2階建	小屋裏利用 3階建	3階建	計
被害棟数	1,593	12	133	1,738
調査棟数	5,584	30	300	5,914
被害比率	28.5%	40.0%	44.3%	29.4%

4. 4 年代別被害

表3に示すように年代別には新しいもの程被害比率が高くなっているが、新しい建物が激震地域に多かったためと考えられる。更に、新しい建物ほど軽微な被害でも目立ったため補修が必要としたと考えられる。

表3 年代別被害

	S42～S46	S47～S56	S57以降	計
被害棟数	53	405	1,418	1,876
調査棟数	286	1,932	4,362	6,580
被害比率	18.5%	21.0%	32.5%	28.5%

4. 5 具体的な被害

・外壁仕上げ材

外壁仕上げ材に係わる被害総数は406件であった。このうち補修が必要と判断されたものは42件であった。内訳はラスモルタル仕様（湿式）が28棟、サイディング仕様（乾式）が14件となっている。ラスモルタル仕様の被害は、開口部隅のひび割れが大部分で、大面積にわたり剥離した被害は無かった。サイディング仕様は、2棟が目地切れを生じている他は、いずれも隣家の寄りがかりによるものであった。

全体に建物の層間変形が小さかったことを示している。

・屋根葺き材

屋根葺き材に関する被害総数は160棟であった。そのうち補修が必要とされたのは80棟で、彩色コロニアル17棟、金属屋根4棟、和瓦59棟であった。彩色コロニアルは、2棟に屋根材の割れ、6棟に浮き・ずれが生じた。残りの9棟は隣家の倒れかかり等によるものであった。和瓦は、平瓦・棟包みの落下が1棟、鬼瓦の落下が3棟、棟包みの変形を伴う瓦の割れ・浮き・ずれが16棟、平瓦のみの割れ・浮き・ずれが39棟であった。

・内装材

内装は、壁、天井クロス貼りについて被害総数397棟のうち、約300棟で応急的なものを含め補修を実施した。天井と壁の取り付け部の被害が多く、開口部廻り、階段室胴差し周りが続いているが、出隅、入隅、大きな吹き抜け空間に被害は特に認められなかった。

石膏ボード下地の破損に伴う補修工事数は42件であった。地震の振動、隣家の倒れかかり以外の要因として、ピアノ、家具等の衝突によるものも多かった。

・内装タイル

内装タイルの被害は、浴室の壁が圧倒的に多く、被害総数265棟のうち、190棟で補修を実施した。損傷の内訳はほとんどが目地割れで、タイルの欠けや剥離は20%以下であった。

5. 震度7地域の3階建木質接着パネル構法住宅の分析

図2に調査建物の建築場所を示す。対象建物は、各種調査の中でも特に被害が大きかった震度7地域（神戸市中央区3棟、灘区5棟、東灘区4棟、芦屋市2棟）の図2の黒丸で示す3階建木質接着パネル構法住宅の14棟とした。

分析は、構造的に厳しい3階建1階部分の短辺方向の地震力に対する耐力壁量（旧法第38条で認定された壁量）の充足率と、建物指標（延べ床面積、建築面積、短辺方向長さ、建物間口比）をグラフ化し、その傾向を確認した。また、設計用地震力に対する許容せん断耐力の割合を地震力充足率、設計用風圧力に対する許容せん断耐力の割合を風圧力充足率として求め、充足率と損傷被害との比較分析も行った。

図2 調査建物の建築場所

5.1 建物指標の分析

図3に1階部分の地震力充足率(短辺方向)と延べ床面積の関係を示す。建物の延べ床面積は、3階建特有の狭小敷地を反映して100㎡付近に多くの分布が見られた。また、地震力に対する耐力壁量の充足率が最低でも200%程度あったことが確認された。

図4に1階部分の地震力充足率(短辺方向)と建築面積の関係を示す。3階建特有の狭小敷地を反映して、建築面積30～40㎡付近に多くの分布がある。

図5に1階部分の地震力充足率(短辺方向)と建物の短辺長さの関係を示す。建物の短辺長さは、5m以下に多くの分布が確認された。これは狭小敷地の特徴を表している。また地震力に対する充足率は、短辺長さが小さいほど大きい傾向が見られるが、その相関は高くない。

図6に1階部分の地震力充足率(短辺方向)と建物の長辺・短辺比の関係を示す。建物長辺・短辺比は1～3に分布している。地震力に対する充足率は建物長辺・短辺比が大きいほど大きな値を示している。

図7に1階部分の地震力充足率(短辺方向)と1階部分の風圧力充足率(短辺方向)との関係を示す。風圧力に対する耐力壁の充足率は100%付近に大きな分布が見られる。建物の必要壁量は風圧力で決まっていることが分かる。

上記結果より、建物指標と地震力の充足率との直接の関連性はないと予測される。

図3 1階部分の地震力充足率(短辺方向)-延べ床面積

図4 1階部分の地震力充足率(短辺方向)-建物面積

図5 1階部分の地震力充足率(短辺方向)-建物短辺長さ

図6 1階部分の地震力充足率(短辺方向)-建物長辺・短辺比

図7 1階部分の地震力充足率-風圧力充足率(短辺方向)

5. 2 建物1階部分の地震力(短辺方向)に対する充足率と損傷との関連性

表4に対象建物14棟の外装材及び内装材の損傷と、建物1階部分の地震力に対する充足率を示す。また、外壁仕上げは、乾式(サイディング)、湿式(モルタル)の2種類で分類した。

表4 地震力充足率と建物被害

建物番号	建物1階部分の地震力に対する耐力壁の充足率	構造体の損傷	仕上げ材の損傷		
			外装材		内装クロス
			種類	被害の有無	被害の有無
A邸	357%	なし	乾式	なし	あり
B邸	257%	なし	乾式	なし	なし
C邸	500%	なし	乾式	なし	なし
D邸	620%	なし	乾式	なし	未確認
E邸	292%	なし	乾式	なし	未確認
F邸	250%	なし	湿式	なし	未確認
G邸	200%	なし	湿式	なし	未確認
H邸	600%	なし	乾式	あり	あり
I邸	543%	なし	乾式	なし	未確認
J邸	378%	なし	乾式	なし	未確認
K邸	219%	なし	乾式	なし	未確認
M邸	450%	なし	乾式	なし	未確認
N邸	317%	なし	湿式	あり	なし
O邸	338%	なし	湿式	あり	あり

兵庫県南部地震の激震地である建物の損傷と地震力に対する1階耐力壁の充足率を比較すると、明確な関連性はない。これは、充足率が最低でも200%程度と大きかったためと考えられる。

また、平成9年(1997年)に実施した3階建実大振動実験⁷⁾において、地震充足率343%、神戸海洋波1.0倍の条件で加振した結果、1階の層間変形角が1/365radとなり、構造体、仕上げ材ともに損傷は発生していない。建設地により実際に受ける地震動は異なるが、調査建物においても

被災時の層間変形は損傷限界の範囲内でなかったかと推定できる。

なお、調査において、仕上げ材の損傷が「隣家の倒壊」によるケースもあり、都市部における仕上げ材の損傷は、敷地条件も要因の一つであることが確認された。

6. まとめ

都市部に建つ木質接着パネル構法の被害調査及び、その3階建住宅の構造要素と損傷状況の分析から下記の傾向を確認した。

- 1) 木質接着パネル構法住宅は、階数、年代別によらず、内外装材、屋根材等の被害が主で、構造体の大きな被害はなかった。
- 2) 3階建住宅においては、延べ床面積、建築面積、建物短辺長さ、建物長辺・短辺比と地震力充足率との間に相関性はなかった。
- 3) 3階建住宅においては、水平力に対する必要壁量は風圧力により決まっている。それにより、地震力充足率は、200%以上の大きな比率となっている。そのため建物被害が軽微であったと考えられる。

今後の課題としては、構造体被害及び仕上げ材被害の相関性の研究⁸⁾を行い、建物復旧に役立てて行きたい。

参考文献

- 1) 消防庁：阪神・淡路大震災について(第107報)、2003.12
- 2) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 建築編-4 丸善、1998.3
- 3) 地震調査研究推進本部：日本の地震活動一被害地震から見た地域別の特徴一＜追補版＞ 7. (2) 平成7年(1995年)兵庫県南部地震
- 4) 徳田文佳、岸雅和、大橋好光、坂本功：1995年兵庫県南部地震による木造住宅の被害に関する研究(その1)、日本建築学会大会学術講演梗概集C-1, pp.193~194, 1996
- 5) 岸雅和、徳田文佳、大橋好光、坂本功：1995年兵庫県南部地震による木造住宅の被害に関する研究(その2)、日本建築学会大会学術講演梗概集C-1, pp.195~196, 1996
- 6) 藤原悌三、鈴木祥之、北原昭男：平成7年兵庫県南部地震による宝塚市の被害の実態と原因分析、京都防災研究所総合防災研究部門、1996.10
- 7) 坂本功、梶川久光、平田俊次、南公人他：木質パネル接着構法住宅の実大振動実験(その1～その4) 日本建築学会大会学術講演梗概集C-1, pp.239~246, 1998
- 8) 鶴田修、坂本功、大橋好光他：木質系住宅の地震時損傷状況に関する実験的研究(その1～その7) 日本建築学会大会学術講演梗概集、2003~2004

[2005年4月20日原稿受理 2005年7月22日採用決定]