

プレカットを用いた木造軸組住宅(四号建築物)に関する研究

主査 村上 淳史*¹

委員 畔上 順平*², 鈴木 康右*³, 百海 裕樹*⁴

日本の木造住宅は近年、プレカットを用いた生産が一般的となり、分業化が進んだ。急激な生産システムの変化に伴い、「間取りと架構の一体性」など設計の基盤となるべき部分が崩れつつある。そこで本研究では、構造と生産の実態について、構造面では仕様規定の簡易計算と許容応力度計算を行い、生産面ではプレカット工場へヒアリングを通じて明らかにすることを目的とする。その結果、構造面では仕様規定の壁量調査において調査対象の約2割で規定を下回る物件が存在していることが分かった。また、デザインレビューを行い、より安定した住宅になるよう設計改善手法を提案する。

キーワード：1) 木造軸組住宅，2) 四号建築物，3) プレカット，4) 仕様規定，5) 壁量計算，
6) 許容応力度計算，7) 直下率，8) 定性評価項目，9) ヒアリング，10) 構造計画

RESEARCH ON THE PRESENT CONDITIONS OF WOODEN FRAME HOUSE(THE FOURTH BUILDING) WHERE PRECUT WAS USED

Ch. Junji Murakami

Mem. Junpei Azegami, Kosuke Suzuki, Hiroki Hyakkai

In recent years, wooden houses have become more commonly produced using pre-cut systems, and the division of labor has progressed. With the change of the production system, the structure is breaking down. Therefore, in this study, the actual condition of the structure and precut factory is investigated. In terms of the structure, there were about 20% of the properties that were below the specified level in the specified wall quantity survey. In addition, a design improvement method is proposed to ensure a stable structure by design review.

1. はじめに

1.1 研究背景

1.1.1 日本の住宅とプレカットの現状

2018 年度の新設戸建住宅着工において木造住宅は約 54 万戸^{文1)}であり全体の 56.9%を占める。また、そのうち木造軸組住宅は 76.2%を占め、日本の戸建て住宅において主要な構法であると言える。

これまでの木造軸組構法では、大工による手加工が中心だったが、1976 年頃からプレカットの利用が始まった。プレカットとは、工場においてプレカット加工機により全自動で継手・仕口などの加工を行うものであり、加工精度が高く、短時間での生産が可能である。プレカット材の利用率は 1995 年あたりから急激に増加し、2018 年には 92.8%^{文2)}にまで達している。プレカット加工機の高性能化でより複雑な形状の加工が可能となり、プレカット工場が担う業務範囲も広がってきた。プレカットの急激な普及は木造住宅生産システムを大きく変え、現在で

は欠くことのできない位置付けとなっている。

1.1.2 住宅生産の流れと問題点

現在の木造住宅生産の現場では仕事の多くが分業化されている。その仕事とは、住宅の販売、平面や立面など意匠の設計、架構(伏図)の設計、材料の加工、施工、アフターサービスなどであるが、現在では異なる人がそれぞれの仕事を担当することが一般的となっている。分業化のメリットとしては、その分業と部材の規格化などにより全国どこでも早く一定の品質の家が建てられるような生産システムとなったことである。一方、デメリットとしては、異なる人がそれぞれの仕事を担当することで、他の人が担当する仕事をあまり考えずに住宅生産が進んでしまうことがしばしば見受けられる。さらに、大壁の住宅が増えてきたことによって柱梁が見えなくなり、「間取りと架構(伏図など)の一体性」など設計の基盤となるべき部分への意識が崩れつつある。

*¹ 村上木構造デザイン室 代表

*² けやき建築設計 代表

*³ 芝浦工業大学大学院修士課程

*⁴ 芝浦工業大学大学院修士課程

また、一般的な木造住宅は、2階建てで延べ面積 500 m² 以下、高さ 13m 以下、軒高 9m 以下(四号建築物)に該当すれば、確認申請を行う際には構造関係設計図書など一部の設計図書の提出が省略できる四号特例という制度がある。そのため、確認申請時には架構設計など、構造の検討が十分に行われていない現状があり、確認申請とは別にプレカット架構設計者(CAD オペレーター)が伏図作成しているのが一般的となってきた。架構設計を行うときには既に確認申請を行っていることもあるため、架構の品質に問題があっても間取りの変更など架構品質を向上できるようなフィードバックができないという問題もある(図 1-1)。

1.1.3 建築基準法の仕様規定について

一般的な2階建て以下の木造軸組住宅では、荷重・外力に基づいた許容応力度計算などの構造計算は求められていない。その代わりに建築基準法施行令の「第三章構造強度 第三節木造」に定められた構造安全チェックを行う。これを「仕様規定」と呼び、この規定を満たすことで構造安全性が確保されると考えられる(表 1-1)。

仕様規定は3つの簡易的な計算と8つの仕様に関するルールの計 11 項目からなる。

公益社団法人「日本住宅・木材技術センター」の「木造軸組構法住宅の構造計画」^{文3)}では、仕様規定で定められていない多雪区域の必要壁量割り増しや、耐力壁が取り付く柱の直下に下階柱がない場合のN値計算法などを補足しているが、現状の設計では反映されていないことが多い。

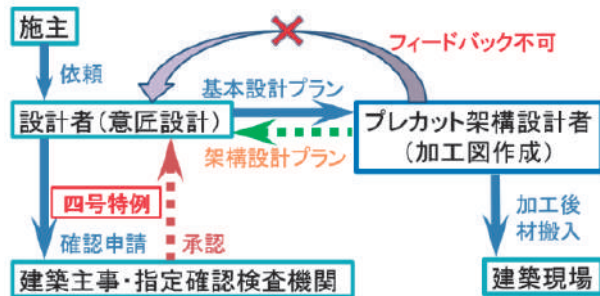


図 1-1 住宅生産の流れ

表 1-1 仕様規定

簡易な計算		仕様に関するルール	
1	壁量の確保	1	基礎の仕様
	壁量計算	2	屋根ふき材等の緊結
2	壁配置のバランス	3	土台と基礎の緊結
	四分割法	4	柱の小径等
3	柱の柱頭・柱脚の	5	横架材の欠込み
	接合方法	6	筋違いの使用
	N値計算法	7	火打材等の設置
		8	部材の品質と耐久性の確認

1.2 研究目的

本研究では、仕様規定(壁量計算、四分割法)の検討や2階建ての木造住宅で求めている許容応力度計算を行い、木造軸組住宅の構造実態を明らかにする。その上で既往研究の直下率や定性評価項目と許容応力度計算の結果との関連性を探る。構造計画に問題のある物件をデザインレビュー(以下 DR)手法^{注1)}を用いて、「間取りと架構の一体性」となる、より良い設計への改善提案を行う。

また、現在の木造軸組住宅生産の重要な役割を果たしているプレカット工場にヒアリングをし、現状における生産システムの問題点などを明らかにする。

2. 既往研究

2.1 直下率

2016 年に行われた研究^{文4)}では、工務店団体から入手した 193 物件とプレカット工場から入手した 480 物件を対象に調査を行った。直下率は1、2階の壁や柱の位置をどれだけ意識しているかという構造計画の1つの指標である。

その結果、柱直下率^{注2)}、壁直下率の平均はそれぞれ 54.1%、59.4%となった。柱直下率の最小値は 12.9%、壁直下率で 23.2%となり、構造計画を意識した設計がされていない現状が明らかとなった(表 2-1)。特に内柱直下率、内壁直下率の最小値はともに 0%であり、平均値でも 36.0%、37.9%と全体の平均値と比べ値が低かった。

表 2-1 直下率まとめ

	柱直下率	壁直下率	内柱直下率	内壁直下率
平均	54.1	59.4	36.0	37.9
標準偏差	14.3	11.8	19.5	15.3
標準範囲	46.9~61.2	53.5~65.3	26.2~45.7	30.3~45.6
最大値	100	93.2	100	81.3
最小値	12.9	23.2	0	0

2.2 定性評価項目

定性評価項目とは、定量的な指標である直下率では表せない構造や生産性、架構の品質に関わる項目である^{文5)}。

単独でも該当すると問題が大きいと思われる A 項目 8 項目と複数該当すると問題となる B 項目 22 項目に分け、評価項目とした。以下がその項目である。

表 2-2 定性評価項目

評価項目 A	A.1.1	居室オーバハング	
	A.1.2	はね出しバルコニーのはね出し寸法1P超過	
	A.1.3	二方向はね出し	
	A.1.4	はね出しバルコニーの床下げ	
評価項目 B	B.1.1	構造ブロック短辺長さ5P超過	
	A.2.1	5P×5P内部に集中荷重あり	
	A.2.2	振れ隔木・振れ谷木	
	A.3.1	振れ隔木・振れ谷木	
評価項目 C	A.3.2	二方向母屋下がり隅柱なし	
	B.1.1	母屋下がり地回り線上に壁が1/4未満	
	B.1.2	1階下屋が母屋下がり	
	B.1.3	オーバハングあり	
評価項目 D	B.1.4	セットバック端部柱なし	
	B.1.5	地回り端部柱なし	
	B.2.1	はね出し起点通柱	
	B.2.2	はね出し起点の下に柱なし	
評価項目 E	B.2.3	入隅はね出し	
	B.3.1	外壁連続赤線長さ4P超過	
	B.3.2	内壁連続赤線長さ4P超過	
	B.3.3	集中荷重のある4P以上の赤線端部の下に柱なし	
評価項目 F	B.4.1	斜壁に通柱	
	B.4.2	L字大空間分割点柱なし	
	B.5.1	2種類以上のモジュール	
	B.5.2	300未満の間隙	
評価項目 G	B.6.1	勾配天井・吹抜けが長辺5Pまたは面積20P超過	
	B.6.2	3方向吹抜け・勾配天井	
	B.6.3	吹抜け・勾配天井が最外壁線間距離の1/2超過	
	B.7.1	小屋裏・ロフトの端部柱なし	
評価項目 H	B.7.2	2階和室あり	
	B.7.3	耐力壁とみなせない耐力壁	
	B.7.4	2階UB・便器の直下に耐力壁	
	B.7.5	2階UB・便器の直下に耐力壁	

3. 仕様規定調査

3.1 調査概要

本章における調査対象は既往研究で工務店団体に所属する年間10棟未満の工務店が作成した図面で、仕様規定の壁量計算、壁配置のバランス(四分割法)を確認する。調査対象は222物件のうち、壁量計算が可能な111物件とし、その対象は24都県に及んだ。また、対象の約9割にあたる100物件は、現行の耐震基準となった2000年以降に設計図面の作成が行われている。

壁量計算には木造住宅用一貫構造計算ソフト、株式会社インテグラル社製「住宅性能診断士ホームズ君「構造EX」」^{注3)}(以下、構造計算ソフト)を用いた。また、平面図に筋かい表記があり、その筋かいの寸法が記載されていない場合には、一般的な45mm×90mm(壁倍率2倍)の筋かいを採用した。また、立面図などに高さ方向の寸法が記載されていない場合は、一般的な階高となる1,2階とも2800mmとした。本研究で扱う物件は確認申請済みであるかは定かではなく、あくまで図面上から読み取れる範囲内で行ったものである。

3.2 調査結果

以下、便宜上、建築基準法に適合するものをOK、適合しないものをNGと表記する。またX方向は東西方向、Y方向は南北方向を指す。

3.2.1 壁量計算

調査対象111物件を壁量計算した結果、26.1%にあたる29物件で建築基準法の仕様規定を満たしていないことが分かった。これらNG判定の出た物件で、各階・各方向の4つの判定の内いくつNGが出たか集計すると、1つNGが18物件、2つNGが6物件、3つNGが4物件、4つNGが1物件となった。また、各階・各方向のそれぞれのNG数を算出すると、1階Xで14物件、1階Yで23物件、2階Xで3物件、2階Yで6物件と1階やY方向で比較的NGが多くなった。

壁量充足率の分布を見ると1階では壁量充足率が2.0を超えるものは少なく、また壁量充足率1.0から1.5までの間に約半数が集まっていて、基準を満たしていても余裕の少ない設計であることが分かった(図3-1)。

次に各階・各方向で必要壁量が地震力と風圧力のどちらかで決定されたかを集計すると、X方向では地震力で決定される割合が多く、Y方向では風圧力で決定される割合が7割以上を占めていた(図3-2)。また、地震力、風圧力のそれぞれのNG数を見ても風圧力でのNG数が多かった。

また、建物の種類別(軽い屋根または重い屋根)でNG数と壁量充足率の平均を求めた(表3-1)。ただし、「地震力に対する必要壁量」を満たさなかった物件のみを対象とし、NG数と平均を求めた。必要壁量を求める際に「地震力に対する必要壁量」では軽い屋根か重い屋根かによっ

て、床面積に乗ずる係数が変わる。NG数を見ると軽い屋根の方では1階X方向Y方向でそれぞれ2つNGが出ているのに対し、重い屋根では1階X方向で6つ、1階Y方向で3つ、2階X方向でも1つNGが出ている。壁量充足率の平均値を見ても、NGがともに出なかった2階Y方向でも重い屋根の方が低い値を取った。

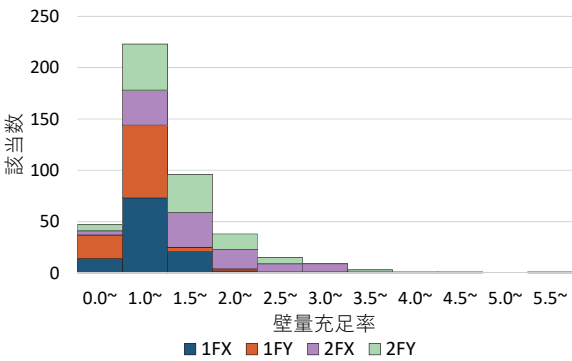


図 3-1 壁量充足率分布(壁量計算)



図 3-2 必要壁量算定割合とNG数の内訳

表 3-1 屋根の種類別 NG 数と壁量充足率の平均

軽い屋根				
	1FX	1FY	2FX	2FY
NG数	2	2	0	0
壁量充足率平均	1.34	1.30	2.56	1.95
重い屋根				
	1FX	1FY	2FX	2FY
NG数	6	3	1	0
壁量充足率平均	1.30	1.21	1.88	1.76

3.2.2 四分割法による壁配置のバランス

調査対象111物件を四分割法による壁配置のバランスを確認したところ、21.6%にあたる24物件でNG判定が出た(表3-2)。しかし、四分割法の壁量充足率・壁率比が基準を満たしていても、建物の偏心率が0.3を超えていなければ判定としては基準を満たすことになり、四分割法と偏心率がともにNGは4物件のみであった。

壁量充足率のNG箇所は、1階北が5物件、1階南が9物件、1階東が8物件、1階西が7物件、2階北が2物件、2階南が0物件、2階東が0物件、2階西が1物件となった。1物件あたりのNG数では8か所すべてNGは該当しなく、最大で3か所NGが1物件、2か所NGが3

物件、その他は全て1か所のみNGであった。NG判定の物件数が多かった1階南では南面に開口を取ることが多く、耐力壁が少ないことが確認できた。同様に1階東はNGの8物件中7物件で東側端部にリビングなどの大空間が計画されていて、耐力壁が少ないことが確認できた。また、壁量充足率の分布を見ると、最も多いのが1.5～2.0であり、壁量計算の壁量充足率の分布より若干高い値であることがわかった(図3-3)。しかし、NG物件の中には四分割した側端部に耐力壁が全くない物件も5件あり、構造バランスが非常に悪いものも確認できた。

表 3-2 壁量充足率・壁率比・偏心率の結果
及び平均値・最大値最小値

	OK(件)		NG(件)		平均値	max.	min.
壁量 充足率	87		24		2.80	13.90	0.00
	1階	X	上(北)		2.45	10.34	0.41
			下(南)		2.15	9.11	0.00
		Y	右(東)		2.19	8.48	0.47
			左(西)		2.35	12.18	0.00
	2階	X	上(北)		3.69	13.90	0.00
			下(南)		3.27	8.78	1.21
		Y	右(東)		3.12	9.44	1.07
			左(西)		3.44	11.39	0.92
壁率比	OK	NG	OK	NG	0.70	1.00	0.00
	84	0	3	24			
偏心率	OK		NG		0.19	0.53	0.00
	98		13(4)				

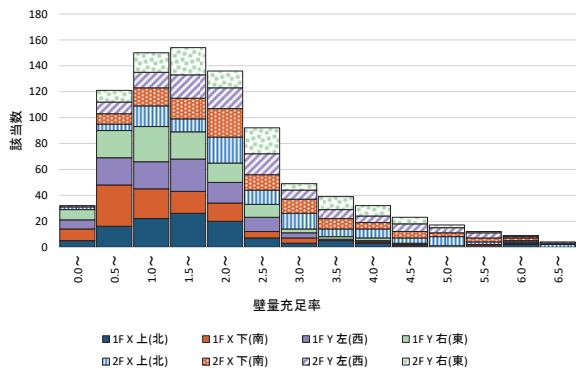


図 3-3 壁量充足率分布(四分割法)

3.2.3 耐力壁の壁倍率

今回の調査で使用されていた耐力壁は壁倍率 0.5～5.0 倍の範囲で 14 種類の壁倍率が用いられていた。OK・NG 物件での壁倍率割合の比較を行うと、両者とも壁倍率 2.0 倍(45mm×90mm の片筋かい)、壁倍率 2.5 倍(構造用合板などの面材)、壁倍率 4.0 倍(45mm×90mm のたすき掛け筋かい)を用いている割合が高くなった。NG 物件の使用壁倍率を見ると、OK 物件に比べ壁倍率が低い耐力壁(0.5 倍～1.5 倍)を使用している傾向が見られた。その中でも、壁倍率 1.5 倍の耐力壁(30mm×90mm の片筋かい)の使用率が比較的高いことが判明した。また、NG 物件の構造用合板(2.5 倍)の使用率は 22.3%で、OK 物件の使用率の 36.5%と比べると使用率が低いことがわかった。

壁量計算で耐力壁が取れる最大の壁倍率は 5.0 倍である。そこで、NG 物件に使用されていた耐力壁をすべて最大の 5.0 倍と仮定して計算したところ、壁量計算では NG

判定の出た 29 物件すべてで各階・各方向の判定が OK となった。四分割法では 26 物件の NG の内、19 物件で OK となった。偏心率を考慮すると 2 物件のみ NG であった。

四分割法では X 方向 Y 方向それぞれの側端部に耐力壁が全く配置されていないケースもあり、そのような物件が耐力壁を最大で仮定しても NG のままとなった。

壁量計算では、耐力壁の長さではなく壁倍率を上げることで規定を満たせることがわかったが、四分割法では耐力壁の量だけでなく、耐力壁の配置が重要となる。

3.3 まとめ

本章では仕様規定に着目し、木造軸組住宅の実態を明らかにしたところ、調査対象 111 件の内、壁量計算もしくは四分割法またはその両者の規定を満たしていない物件は 30 件存在した。ただし、30 件の内で必要壁量が風圧力によって決まっているもので壁量充足率が 0.95 以上のものは 6 件存在した。これら 6 件は見付け面積の取り方⁴⁾で必要壁量が変わってくるため、規定を満たす可能性もある。

また、設計者の図面上耐力壁が記載されていても、耐力壁として見なせない場合がある。耐力壁見なせない耐力壁とは、筋かいで耐力壁の幅 900mm 未満もしくは幅 600mm 未満の面材(構造用合板など)の場合、耐力として見なせないが、調査対象の内 22 件にいずれかの耐力壁と見なせない耐力壁が存在した。さらに 22 件の内、NG 物件は 9 件存在していた。設計段階では規定を満たしていても、実際は壁量が足りていないというケースが少なくないことが分かった。

既往研究である直下率と各階・各方向の壁量充足率の比較では、柱・壁直下率ともに若干の相関が見られたものの明確な関係性があるとは言えなかった。

4. 許容応力度計算調査

4.1 調査概要

本章における調査対象は既往研究でプレカット工場から入手した 515 物件のうち、関東甲信越地方・中部地方・四国地方・九州地方の図面及び前述の仕様規定調査で入手した工務店団体の図面より、それぞれ無作為に 10 物件ずつを抽出した計 50 物件とした。

許容応力度計算を行うにあたり、3 章の壁量計算と同様の構造計算ソフトを用いた。許容応力度計算の結果、設計応力が許容応力を上回り、構造計算ソフト上でエラーと判定された数を集計する。このとき判定基準は公益財団法人日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」^{文6)}によるものとした。集計結果より、エラーが多数検出された項目について考察を行う。また、それらの項目と既往研究の柱直下率・定性評価項目との関係を確認する。

許容応力度計算を行うにあたり図面に必要情報の記

載のないものは、接合部は表 4-1、樹種は表 4-2 に示す仕様を用い、その他は以下の仕様とした。

耐力壁

・寸法もしくは壁倍率の表記がない筋かい は 45mm×90mm の壁倍率 2 倍とした。

・筋かいの向きが記載されていない場合は任意の向きとした。

・木ずりなどは図面に表記のあるもののみを入力した。

高さ

・設計者による立面図や矩計図等に高さ寸法の記載がない場合はプレカット仕様書を基に入力を行った。

仕上げ

・外壁仕上げは立面図からサイディング・モルタル等を判断した。

・屋根仕上げは立面図から瓦葺・スレート葺等を判断した。

水平構面

・屋根面は「構造用合板(9-15mm)又は構造用パネル(1-3級) N50@150 以下 垂木(45×45～90mm)@500mm 以下 転ばし」とした。

・床は根太レス工法の場合、床梁の配置状態を見て「構造用合板(24-30mm)又は構造用パネル(1-2級) 又はパーティクルボード四周 N75@150mm 以下 根太なし 受材有り@1000mm 以下 落とし込み」もしくは「構造用合板(24-30mm)又は構造用パネル(1-2級) 又はパーティクルボード川の字 N75@150 以下 根太・受材なし 梁@1000mm 以下」とした。

・バルコニー床は「構造用合板(12-15mm)又は構造用パネル(1-2級) N50@150mm 以下 根太(45×45～120mm)@340mm 以下 転ばし」とした。

基準風速・最深積雪量等

・地域に応じて設定した。

・多雪区域に当たる物件は「雪止めなし」とし、雪下ろしの慣習は無いものとした。

柱頭柱脚金物

・接合部の金物は市販されている最大の耐力のものとした。

また、本調査では上部構造のみを扱っており、基礎の検定は行っていない。

表 4-1 許容応力度計算接合部仕様

部位	仕口・継手	接合部の仕様	短期許容引張り耐力(kN)
母屋・棟木	仕口	大入れ蟻掛け+羽子板ボルト	10.10
	継手	腰掛け蟻+短冊金物	10.10
登り梁	仕口	大入れ蟻掛け+羽子板ボルト	10.10
梁、桁	仕口(横架材)	大入れ蟻掛け+羽子板ボルト	10.10
梁、桁	仕口(柱)	(通し柱)大入れ蟻掛け+羽子板ボルト	7.50
梁、桁	継手	腰掛け蟻+短冊金物	10.10
甲乙梁	仕口	大入れ蟻掛け+羽子板ボルト	10.10
大引	仕口	大入れ蟻掛け+羽子板ボルト	10.10

表 4-2 許容応力度計算樹種仕様

	製材仕様			集成材仕様		
	樹種	等級区分	等級等	樹種	等級区分	等級等
大引き	桧	無等級	—	米桐	無等級	—
土台	桧	無等級	—	米桐	無等級	—
根太	杉	無等級	—	杉	無等級	—
甲乙梁	杉	無等級	—	杉	無等級	—
床小梁	米松	機械等級	E90	欧州赤松	対称異等級	E105-F300
床大梁	米松	機械等級	E90	欧州赤松	対称異等級	E105-F300
胴差	米松	機械等級	E90	欧州赤松	対称異等級	E105-F300
小屋梁	米松	機械等級	E90	米松	対称異等級	E105-F300
軒桁	米松	機械等級	E90	米松	対称異等級	E105-F300
登り梁	米松	機械等級	E90	米松	対称異等級	E105-F300
隅木・谷木	米松	機械等級	E90	米松	対称異等級	E105-F300
母屋・棟木	米松	機械等級	E90	米松	対称異等級	E105-F300
垂木	米松	無等級	—	杉	無等級	—
柱	杉	無等級	—	ホワイトウッド	同一等級構成	4枚以上 E95-F315

4.2 調査結果

4.2.1 データ集計

物件ごとのエラー数を図 4-1 に示す。49 物件で何らかのエラーが確認された。エラー数は全部で 2131 個となり、1 物件あたりの平均は 42.6 個となった。最もエラー数の多い物件は最深積雪量 200 cm の多雪区域に当たる物件で 171 個のエラーが検出された。多雪区域に当たる 3 物件とその他の物件の平均エラー数を確認すると、多雪区域に当たる物件では 123 個、その他の物件では 37.5 個となり、エラー数に大きな差がうかがえた。その他、エラー数が 90 個を超える物件では、壁量エラーの発生や、柱壁の直下率が低いなどの特徴が見られた。

エラー項目ごとの内訳は図 4-2 のようになった(その他の項目は柱の座屈・母屋・垂木等)。最もエラー数が多い項目は鉛直構面のエラーで 921 個、続いて梁桁のエラー 544 個、水平構面のエラー 502 個となった。また、仕様規定の壁量を満たしていない物件も 4 物件確認された。このうち 2 物件はわずかに壁量充足率が不足しており、見付け面積の取り方や木ずりを入れることで解消することが出来る。もう 2 物件は設計者による令 46 条の壁量検討書の計算ミスや見付け面積の計算ミスによるものであった。加えて、偏心率と四分割法の双方共に不適合であった物件も 2 物件存在した。

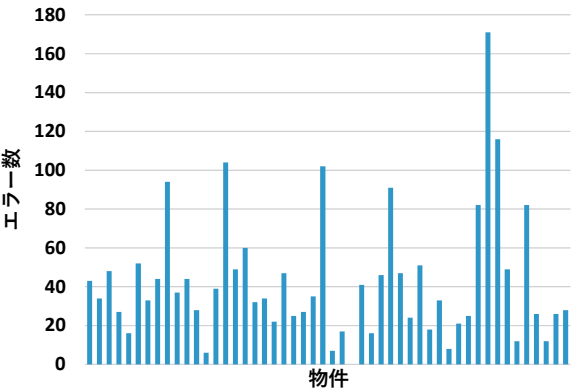


図 4-1 物件ごとのエラー数

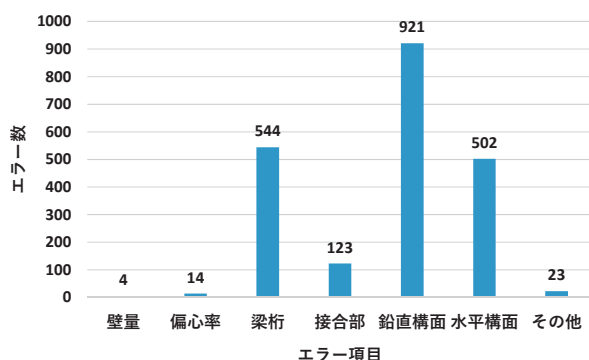


図 4-2 エラー項目ごとの内訳

4.2.2 鉛直構面

鉛直構面エラーの内訳を図 4-3 に示す。鉛直構面エラーは 38 物件で確認された。1 階では地震力によるエラーが 200 個、風圧力によるエラーが 368 個、2 階では地震力によるエラーが 174 個、風圧力によるエラーが 179 個となった。

4.2.3 梁桁

梁桁のエラー数内訳を図 4-4 に示す。梁桁のエラーは 48 物件で確認され、95%以上が曲げの長期もしくは短期のエラーとなった。1 物件当たりの平均エラー数は 10.9 個であり、最大で 67 個のエラーが検出された。

4.2.4 水平構面

水平構面エラーの内訳を図 4-5 に示す。水平構面エラーは 46 物件で確認され、約 6 割が風圧力によるエラーとなった。1 物件当たりの平均エラー数は 10 個であり、最大で 33 個のエラーが検出された。

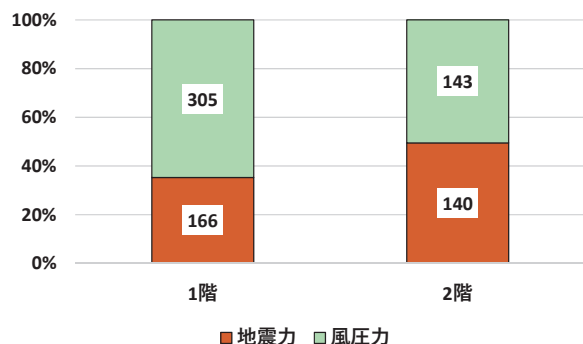


図 4-3 鉛直構面エラーの内訳

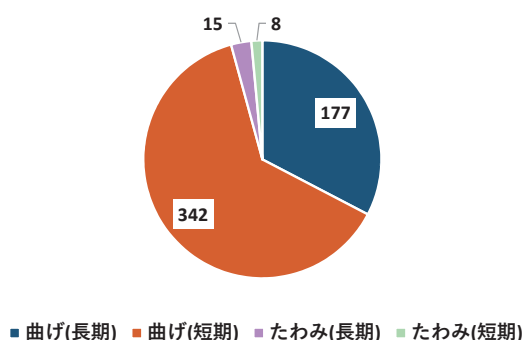


図 4-4 梁桁エラーの内訳

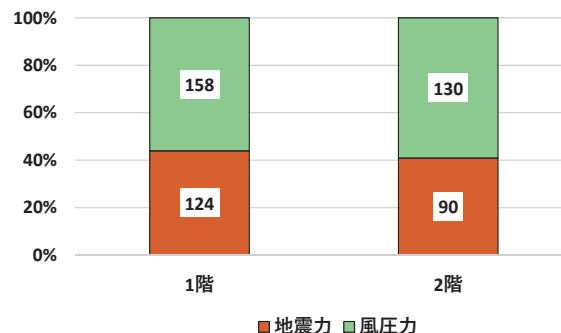


図 4-5 水平構面エラーの内訳

4.2.5 考察

図 4-6、4-7 に鉛直構面エラーの有無と令 46 条の壁量充足率の関係を示す。1 階 2 階とも鉛直構面エラーの有無と壁量充足率を見ると、壁量充足率が 1.6 よりも大きい部分では、鉛直構面エラーが検出されているものの、エラーの発生していない部分が数多く見受けられる。このことから、壁量充足率を 1 階、2 階とも 1.6 以上確保することで鉛直構面エラー発生を抑えることにつながると言える。

図 4-8、4-9 に物件ごとの鉛直構面エラー数と柱直下率の関係及び、物件ごとの梁桁エラー数と柱直下率の関係を示す(多雪区域に当たる 3 物件は異常値として除外する)。どちらにおいても柱直下率が高くなるとそれぞれのエラー数が減少する傾向にあることが見て取れる。

柱直下率が悪いと梁に柱からの鉛直荷重がかかることになり、それを適切に把握したうえで梁せいを決定しなければならないが、梁せいをスパンだけ考慮した経験値だけで決めることが多いためエラーが多く発生したと思われる。

水平構面についても鉛直構面や梁桁のエラーと同様に柱直下率が増加するとエラー数が減少する傾向にあることが見て取れた。それに加え、下屋のある物件とそうでない物件の 1 階の水平構面エラー数の平均値を比較すると、下屋のある物件は 8.7 個だったのに対し、下屋のない物件では 2.2 個となり、下屋のある物件では 1 階と 2 階の配置に注意し、下屋の水平構面の剛性を確保することが重要である。

4.3 まとめ

調査対象のうちほぼすべてに当たる 49 物件でエラーが検出され、許容応力度計算によるエラー数を減らすためには以下のことが重要であることがわかった。

- ・壁量充足率を 1 階、2 階とも 1.6 以上確保すること
- ・柱直下率の高い計画とすること
- ・下屋のある物件ではできるだけ 2 階外壁の下に 1 階の耐力壁線を設けるか、それができない場合下屋を 2 階床と同じように小屋組みに構造用合板を張るか火打梁を多く配置して水平構面の剛性を確保すること

・1階と2階の耐力壁線はなるべく一致させ耐力壁線間距離を後述する構造ブロックの大きさである4P もしくは5P としておく。耐力壁線間距離を適切にし、外周部だけでなく内部にも耐力壁線を作ることにより水平構面のエラーをなくすることができる。

これらを意識することで、多くのエラーが検出された項目である鉛直構面・水平構面・梁桁のエラー数を抑えた計画にすることが出来ると考えられる。

また、多雪区域に当たる3物件はいずれも梁桁や鉛直構面に多くのエラーが確認された。一般地域の同じ柱直下率の物件よりも多くのエラーが検出されているため、積雪荷重を考慮した1階2階の柱の配置が必要となる。

なお、許容応力度計算と定性評価項目との関連であるが、今回の調査では高い関連が見られなかったため、結果を省略する。

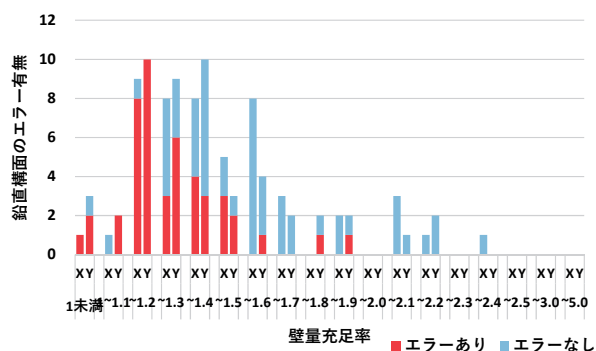


図 4-6 1 階鉛直構面のエラー有無と壁量充足率の関係

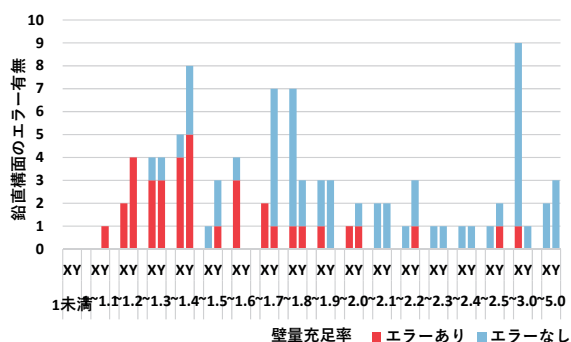


図 4-7 2 階鉛直構面のエラー有無と壁量充足率の関係

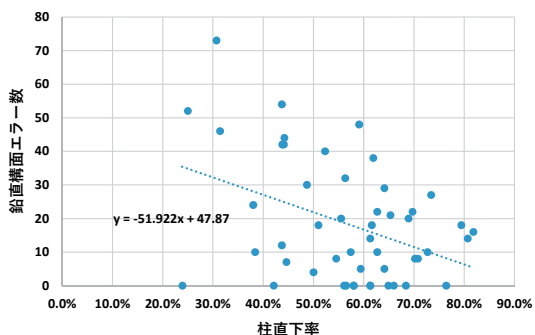


図 4-8 鉛直構面のエラー数と柱直下率の関係

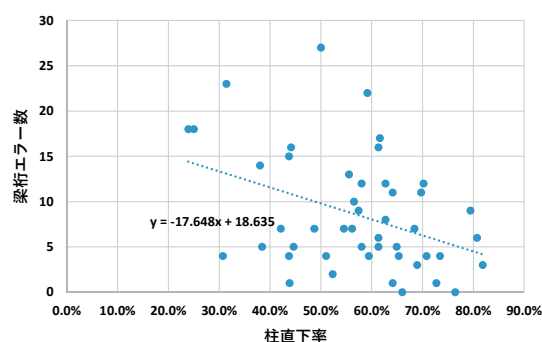


図 4-9 梁桁のエラー数と柱直下率の関係

5. プレカット工場へのヒアリング調査

5.1 調査概要

本研究の調査対象であるプレカット工場は全国の工場から4地域13工場選定した。内訳としては関東3工場、北陸4工場、関西5工場、九州1工場である。

調査方法は、直接現地の工場に行き、CAD 責任者の方に下記の点についてヒアリングを行った(図 5-1)。

1. プレカット工場の概要
 - ・加工能力、実績、平均坪数
 - ・可能な加工について
 - ・CADオペレーターについて
2. 意匠設計者の図面
 - ・伏図添付率について
 - ・設計改善提案について
 - ・構造計算の有無について
3. 業務について
 - ・CADのデータ修正、打ち合わせについて
 - ・プレカット工場の生産性について
4. その他

図 5-1 ヒアリング項目

5.2 調査結果

5.2.1 プレカット工場の規模

まず、本研究で対象となった工場の概要をまとめた(表 5-1)。13 工場の平均年間加工能力は約 48,000 坪で、最大の工場は年間で 115,000 坪加工することができる。住宅1棟あたりの平均坪数は 34.6 坪であった。関東・関西地域の平均坪数は、それぞれ 31.8 坪・32.3 坪とともに平均を下回っているのに対し、北陸の平均は 39.5 坪と平均を上回った。九州も1工場ではあるが、値を上回った。なお、この平均値には3階建ての住宅やアパートなどの中規模建築、増改築なども含まれる。

CAD オペレーター人数の平均は 13.2 人で、最大 47 人は全国的に見ても CAD オペレーターの人数が多い工場であった。この 47 名の工場を除いた平均は約 10.3 名であった。また、CAD オペレーターの中で建築資格の有無では、2 級建築士を保有している CAD オペレーターの平均は1工場当たり 1.9 人で資格を持っていない工場も存在する。1 級建築士の平均は 0.2 人でほとんどいない状況

であった。また、CAD オペレーターが建築資格を有していない工場は 13 工場中 3 工場あった。建築士事務所登録している工場は 2 工場あった。

表 5-1 プレカット工場の規模

	ave.	max.	min.
加工能力(坪/年)	48,424	115,000	10,000
1棟当たりの平均坪数(坪)	34.6	44.0	30.0
CADオペレーター(人)	13.2	47	4
2建築士(人)	1.9	7	0
1建築士(人)	0.2	1	0

5.2.2 工場の加工能力について

現在、プレカット工場で行っている加工は柱・梁などの軸組材だけでなく、筋かい・間柱・根太・垂木・窓台窓まぐさなどの羽柄材、床板・野地板・壁板などの面材の加工まで行っている。

軸組材の加工は全ての工場で行われているが羽柄材や面材の加工は全ての工場で行っているわけではない。何かしらの羽柄材を加工する割合は、13 工場の平均では 81.5%で 1 工場だけは羽柄材の依頼が入ると近くのプレカット工場に外注していた。全ての羽柄材を加工している割合は 51.7%で 30%ほど少ない値を取った。面材では野地板もしくは床板などは全ての工場で加工しており、野地板・床板・壁板、全てを加工している工場は 13 工場中 2 工場であった。

また、工場で行っているが、全てが全自動加工機で行っているわけではなく、加工機で加工できない複雑な仕口や大断面になると大工などによる手加工で加工を行っている。全自動加工機で加工できない丸太などを使った物件は年間数棟のみであるが、機械加工できない材の一部を手加工で加工する物件は、13 工場の平均で 38.7%存在した。手加工が行われるのは、全自動加工機で加工できない複雑な納まりであることが多く、それが基本設計に起因していることも多く聞かれた。複雑な架構を減らすことで手加工率も減らすことができ、工場の生産性の向上が見込めることが分かった。

5.2.3 意匠設計者の図面について

プレカット工場には意匠設計者が作成した設計図書が送られてきて、その設計図書を元にプレカット加工図を作成している。意匠設計者から送られてくる設計図書の中に伏図が添付されている割合を聞いたところ、最大で約 60%、最小で約 3%、平均では 17.4%となった。さらに、この添付率には 3 階建ての木造住宅も含まれており、2 階建ての住宅では、特殊な物件を除きほとんど添付されていないことが分かった。

設計者の設計した伏図が添付されていても、その伏図通りにプレカット加工図を作成することはできず、ほぼすべてにおいて修正をする必要があるという結果となっ

た。プレカット加工図は継手や仕口の形状、金物の納まり、材料の長さ、建方手順、全自動加工機で加工できるような形状など詳細な検討を行いながらプレカット加工図の作成をしている。しかし、設計者の伏図ではそこまで考えられていないことが多く、納まりの変更や梁せい・樹種の変更、梁の組み替え、壁内の柱追加などの修正を行っている。意匠設計者が考える伏図とプレカット工場の考える伏図での認識の違いがある。

5.2.4 構造の検討について

現在のプレカット工場では材の加工だけでなく、独自で構造の検討を行っている工場もある。調査対象 13 工場の内、8 工場が仕様規定の壁量計算を行っていて、5 工場が四分割法による壁配置のバランス、2 工場が N 値計算、3 工場が簡易的な許容応力度計算を行っていた。意匠設計者から送られてくる図面に筋かいなどの耐力壁が記載されている割合は 70.6%程度で、記載のない物件に関してはプレカット工場での筋かいの配置を依頼されるケースが少なくない。そのため、規定を上回る耐力壁を配置できるように壁量計算などを行っている。また、梁の断面が不足しないように梁せいもプレカット CAD の簡易的な計算チェック機能により、プレカット工場の CAD オペレーターが確認を行っているケースが多い。

また、間取りが悪く 3 次梁(図 5-2)になる場合、単独の計算値より梁の複合的なたわみが大きくなるため、プレカット工場の CAD オペレーターは意匠設計者に柱追加などのプランの改善提案を行っている。これらのサービスは無償で行うケースが多く、CAD オペレーターの負担が増える原因ともなっている。

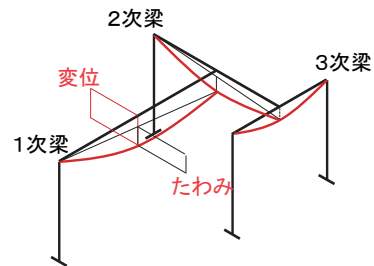


図 5-2 3 次梁

5.2.5 プレカット工場の生産性について

プレカット工場の生産性を上げるうえで障壁となっているものをヒアリングしたところ、CAD 側に問題があると回答した工場は 10 社あり、工場側に問題があると回答したのは 6 社あった。

CAD 側に問題があると回答した理由としては、CAD オペレーターの人数不足、意匠設計者が作成した平面図・立面図などの不整合や変更・確認で、伏図の修正や打ち合わせに時間が割かれてしまっていることである。その他には CAD オペレーターが打ち合わせのため現場に出向かなければならないことや、設計者側の伏図がないため

初期段階での伏図の作成を依頼されることなどが挙げられた。また、設計が複雑なため、納まりの検討や軸組材だけでなく羽柄材や面材など加工種類が増えたことで入力に時間がかかること、構造チェックのサービスをするなどCADオペレーター1人あたりの負担が増えてきている背景もある。一方で、工場に問題があると回答した理由としては、在庫や加工された材の置き場の面積が足りない、加工機ラインの配置が建物上屋の形状・規模で決まってしまう、生産性の高いラインの配置ができないことなどが挙げられた。

また、CAD側と工場側の双方の問題として、工務店の加工承認の遅さなどがあることが分かった。加工承認とは、プレカット工場が作成した梁の配置や断面寸法、加工形状など、このまま加工して良いかの最終確認を発注者である工務店側と取ることである。プレカット工場はその加工承認を受領後に加工に入る。そのため、加工した材の搬入は上棟日の2、3週間前には承認を受領する必要があるが、現状では上棟日の1週間前を切って受領するケースなども存在した。また、上棟日が集中した場合、加工承認の遅いとプレカット工場の工程管理がしづらくなり、生産性が落ちている要因となっている。加工承認の遅さの背景としては、設計者のプランの決定が遅いことや、設計決定後の変更などであった。

5.3 まとめ

本研究のヒアリングを通して、木造軸組住宅の生産を取り巻く環境について、プレカット工場の視点から知ることができた。

本来、プレカット工場は大工が担っていた木材の加工のみを行う立ち位置のはずであるが、前述したように意匠設計者の伏図の添付率が少ないこと、伏図が添付されていても修正が必要なことから、住宅の架構を検討するところまで業務の幅は広がっている。しかし、壁量計算や架構の検討は無償で行っている工場がほとんどで、プレカット工場の業務を圧迫している実態があった。また、伏図の添付率が低いことや四号特例制度で確認申請時に伏図などの設計図書の提出を省略できることから、意匠設計者は住宅の架構を担う伏図検討をプレカット工場のCADオペレーターに依存しているとも言える。

プレカット工場の生産性の面では、CADオペレーターの人手不足が問題となっている中、梁組みや納まりの複雑さ、業務の拡大から生産性は落ちていると考えられる。しかし、意匠設計者が架構を意識した設計をすることで問題の多くは改善されると考えられる。また、加工承認書はあくまで加工の承認であって、伏図など設計の承認ではない。しかし、納品後、工務店や設計者に問題があった場合でも、プレカット工場は何らかの負担を強いられるケースがあった。

6. 構造計画とデザインレビュー

6.1 木造軸組住宅の構造計画について

6.1.1 架構設計の考え方

木造軸組住宅の架構設計では、力の流れに無理がなく上階の荷重がスムーズに下階に伝達されるよう、平面的・立面的に柱や壁をバランスよく配置する必要がある^{文7)}。その架構は主に以下の軸組材・耐力壁・水平構面・基礎の4つからなり、それらを組み合わせ強固な構造を作る必要がある。

I) 軸組材

柱・梁・土台からなり、建物の主要な架構を構成する。

II) 耐力壁

筋かいや面材と、それが取り付く軸組材の部分からなる。一般的な軸組構法では、軸組材だけで風圧力・地震力に対し抵抗できない。そのため、軸組材に耐力壁をバランスよく配置させることでそれに抵抗させる。

III) 水平構面

床組を支えるとともに、床・屋根・小屋組面など地震などによる水平力を耐力壁に伝える。

IV) 基礎

建物自重及び、建物が受ける力を地盤に伝え、建物を支える。

6.1.2 構造ブロック

構造ブロックは、木造軸組構法における基本的な構造単位と考え、前項で記述した軸組材の柱梁で構成される。構造ブロックの大きさは、構造的、経済的に考慮すると4P^{注5)}×4P(8畳間)を標準とするのが妥当である。ただ、近年は5m材の流通が一般化し、集成材の利用も進んで長い材が比較的入手しやすくなった背景があり、構造ブロックの長辺は最大5Pまでが理想である。木造軸組構法では、複雑な間取りでも構造ブロックの集合体となっていることが望ましい。

構造ブロックの設定は意匠設計段階で行うことが重要である。構造ブロックが整理された計画であると、力の伝達がスムーズになるため、構造性能、生産性も向上し、材積が減少するためコストの削減も期待できる。また、スケルトン・インフィルの考えにも似ており、将来的な間取りの変更がしやすいことも利点である。

6.2 デザインレビュー事例

6.2.1 DRの目的

本調査において、構造計画が考えられていないと思われる物件が多く見受けられた。そのため、本章では構造計画の上手くなされていない物件を事例とし、既往研究^{文8)}で提案されている以下の手法でDRを行う。

6.2.2 構造ブロックに基づくDR手法

まずは構造ブロックの上下の一致度を3パターンに分類する^{文9)}(図6-1)。

パターン①：最も理想的な構造ブロックの四隅の柱と

四辺が完全に上下一致しているもので、この場合は屋根・小屋荷重が集中荷重とならない架構計画が可能となる。

パターン②：2階構造ブロックの三辺が1階ブロックの辺上に乗っているものである。これはセットバックしている際に生じやすいパターンであり2次梁が発生している。セットバックした外壁には耐力壁を配置する場合が多く、梁上耐力壁になることと、また2階床梁の集中荷重となる箇所が生じるため注意が必要である。

パターン③：2階構造ブロックの二辺が一致しているが他の二辺は一致していないものである。この場合2階構造ブロックの隅柱が1階ブロックの内部に乗っていて3次梁が生じ、構造計算をしてもたわみの累積により床の不陸事故につながる可能性がある。

構造ブロックの一致度に応じて、それを改善する手法の提案を行う（図6-2）。

レベル1：柱を追加することで1階ブロックを細分化しパターン②から①へ、③から②へ改善する手法である。

レベル2：2階ブロック柱の直下にどうしても開口部などがあり柱が追加できない場合にその付近に柱を設けることで梁のスパンを短くする手法である。2次梁や3次梁の場合でもスパンが短ければ大きなたわみには繋がらず、大きな問題とはならない。

レベル3：パターン③の場合、1階構造ブロックと一致していない2階構造ブロック辺の延長線上に柱を設けることで3次梁発生を防ぐ手法である。

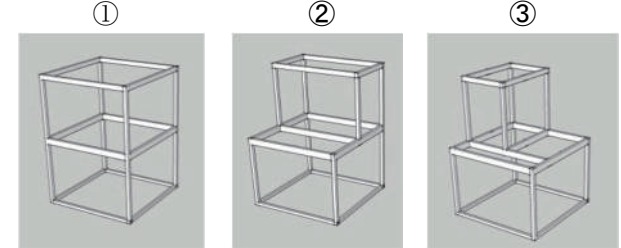


図 6-1 構造ブロックパターン

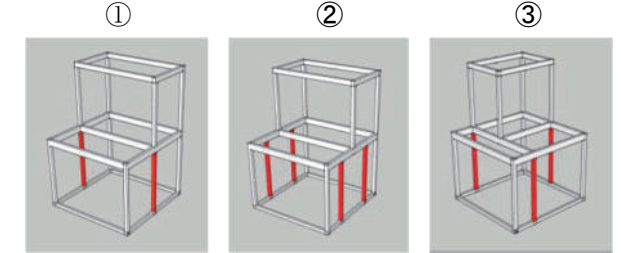


図 6-2 DR 手法レベル

6.2.3 間取りの変更を伴う DR 手法

上下の構造ブロックの一致度を高めるために、表 6-1 の手法で間取り変更を伴う DR を行う。

表 6-1 間取り変更を伴う DR 手法

手法	対策	間取りの変更	事例
1	柱の追加	なし	柱の不足
2	開口の移動	あり(開口部など)	開口部のずれ
3	キッチンの間崩れ直し	あり(半間未満)	キッチン、収納
4	居室の移動	あり(半間以上)	収納、居室、etc

6.2.4 DR 事例

6.2.2 構造ブロックに基づく DR 手法と 6.2.3 間取りの変更を伴う DR 手法を用いて、改善提案を行った。

DR 前のチェック図^{注 6)}を図 6-3、図 6-4 に示す。DR 前の柱直下率は 44.8%、壁直下率は 52.9%、定性評価項目は B.1.4、B.3.1、3.2、3.3 の 4 種 8 か所が該当した。柱直下率が悪いため、梁桁でのエラーが出ている。また、壁量充足率が低く、2階 Y 方向の耐力壁が外壁にしか配置されていないため、耐力壁線間距離が大きくなっており、その結果、鉛直構面や水平構面でのエラーも出ている。

DR 前は柱や壁の直下率が悪く、セットバックしている X 方向や Y 方向の壁で上下のずれが見られた。これらの改善を行い、耐力壁も各構造ブロックのライン上に必要量を設けるような改善を行った(図 6-5、図 6-6)。DR 後の柱直下率は 76.1%、壁直下率は 64.7%、定性評価項目は B.1.4、B.3.1、B.3.2 の 3 種 3 か所に該当した。

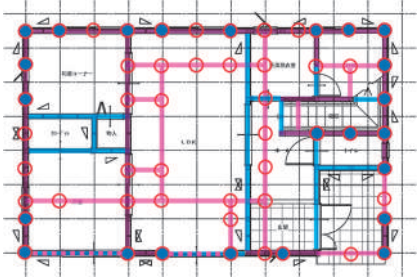


図 6-3 DR 前 1 階チェック図

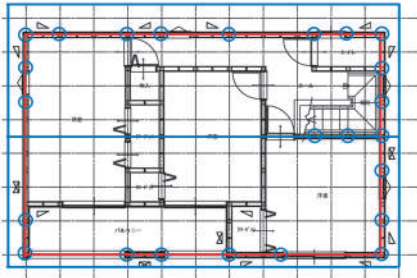


図 6-4 DR 前 2 階チェック図



図 6-5 DR 後 1 階チェック図

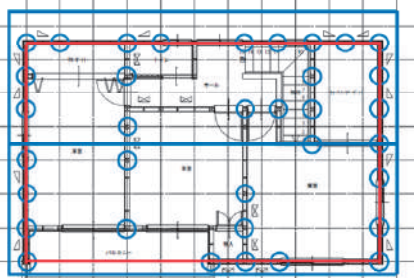


図 6-6 DR 後 2 階チェック図

6.3 DR 前後の倒壊シミュレーション

本章のシミュレーションには木造軸組住宅を対象とする数値解析ソフトウェア「wallstat」^{注7)}を使用する。wallstat では、図面データを元に過去に起きた実際の地震波もしくは人工地震波で倒壊のシミュレーションをすることができる。

前項で DR した物件を用いて、熊本地震本震(益城町役場 4 月 16 日)の揺れでシミュレーションを行ったところ、表 6-2 のような結果となり、DR 前は倒壊した(図 6-7)。

DR 前が倒壊した主な理由としては、壁量充足率の低さにあるが、DR 前は柱直下率も悪く構造ブロックも上下でずれているため、あまり望ましい設計とは言えない。なお、許容応力度計算を行ったところ、DR 前はエラーが 47 個存在したが、DR 後はエラーなしとなった。

表 6-2 シミュレーション結果と DR での変化

		DR前		DR後	
		X方向	Y方向	X方向	Y方向
最大層間変形角 (rad)	2階	1/13	1/16	1/63	1/140
	1階	1/5以上	1/19	1/38	1/82
令46条壁量充足 率(地震のみ)	2階	2.47	2.47	3.03	3.73
	1階	1.31	2.03	2.15	2.39

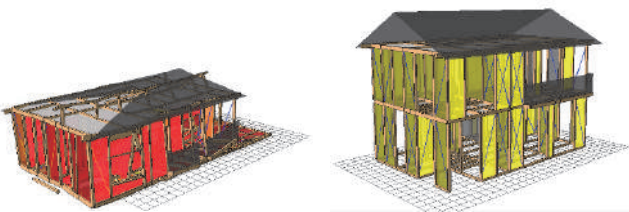


図 6-7 倒壊シミュレーション結果(左:DR 前, 右:DR 後)

6.4 DR まとめ

DR ではできるだけ柱直下率を上げ、上下の構造ブロックを一致させそのライン上に耐力壁線となるような耐力壁を設け、全体の耐力壁も充足率が 1.6 以上になるように配置した。また、構造ブロックの大きさを 4P 以内とすることにより耐力壁線間距離を小さくした。その結果、許容応力度計算を行ってもエラーが出なかった。

しかし、DR で大きく間取りを変更する場合は、施主の意向や法的制限なども影響してくるため、容易には行いにくく、また DR する人の能力にも左右されてしまう。そのため 6.2.3 間取り変更を伴う DR 手法のうち、まずは間取り変更の影響が少ない手法 1 から順番に検討をしていくことが良い。

7. 総括

7.1 調査のまとめ

・仕様規定調査

調査対象 111 件のうち、壁量計算もしくは四分割法ま

たはその両者の規定を満たしていない物件は 30 物件存在した。ただし、少しの配慮を行うことで規定を満たす可能性がある。また、壁量充足率と直下率との関係性はあまり見られなかった。

・許容応力度計算調査

調査対象のうちほぼすべてに当たる 49 物件でエラーが検出された。許容応力度計算の結果と直下率では鉛直構面や梁桁、水平構面で関連性が見られたが、定性評価項目との明らかな関連性は見られなかった。

しかし、四号建築物では仕様規定のみを検討するだけでなく、上下の壁や柱が一致していない場合や、吹抜けが大きいなど構造計画が悪い場合には許容応力度計算などで検討を行うことも必要であることがわかった。

本研究での仕様規定や許容応力度の調査対象に地域性はないが、同じ工務店が作成している図面がいくつかあるため、結果に若干の偏りは見られている。また、大手住宅メーカーや大手ビルダー、デザイナー住宅などでなく、比較的中規模で一般的な住宅を扱った。

・プレカット工場へのヒアリング調査

現在の木造住宅の生産ではプレカットがなくてはならない存在であるが、それを担っているプレカット工場には様々な問題があることがわかった。設計事務所、工務店、プレカット工場などがうまく連携することで、生産性の高く、品質の高い木造住宅の生産を行うことが可能と考えられる。

本研究で許容応力度計算をした物件の平均坪数と同程度の、一般的な住宅を取り扱うプレカット工場を調査した。そのうち 2 工場が平均よりも突出して加工坪数が多く、2 工場は平均より下回っており、調査対象の中にも偏りが見られる。調査の母数も少ないため、今後追加でヒアリングしていく必要がある。

・デザインレビュー

既往研究や今回の調査において構造計画が悪い物件が多く存在することがわかったが、DR を行うことで、構造計画を良くすることができ、構造品質も向上させることができた。

しかし、DR は特に間取り変更を伴う行う場合、施主の要望やレビューを行う人の能力に左右されてしまう。そのため基本計画段階から構造ブロックを意識した設計、また DR を行う場合も間取りの変更を伴わない柱の追加など軽微なものから行えるような環境が必要である。

7.2 安全な架構の住宅設計の仕組み

四号建築物は、建築基準法上は仕様規定を満たしていれば、許容応力度計算などの計算で安全性を確かめる必要は必ずしも求められていない。しかし、本研究から、多くがプレカット工場で架構設計が行われている現在の木造住宅は、設計者の構造計画が悪い場合も多く、本来

であれば DR を行ってからプレカットを行う必要性を感じる。

そこで我々は本研究の結果から、品質の担保された安全な住宅設計の仕組みを提案する。基本設計段階で意匠図からその架構品質を把握する自己チェックとしての「木造住宅架構診断」と第3者による設計アドバイスとしての「デザインレビュー」に基づく家づくりの仕組みで以下の手順で行う。

(Ⅰ)意匠の基本設計段階では1, 2階の一致させるような構造ブロックに基づく設計を行い、直下率や定性評価項目などの「木造住宅架構診断」を自己チェックで行う。

(Ⅱ)構造ブロックに基づく耐力壁の設計や水平構面の設計を行う。耐力壁の設計時は建築基準法の規定の1.6倍以上を目指す。そのためにも構造ブロックの各辺を耐力壁線とするような壁配置を考慮する。

(Ⅲ)「木造住宅架構診断」を行った後、「デザインレビュー」において、架構設計者、経験の豊富な木造住宅設計者などからの第3者によるアドバイスを受け、必要であれば設計の見直しを行う。

(Ⅳ)さまざまな条件により、上下の壁や柱があまり一致しないケースや構造計画に無理がある設計となる住宅に関しては適宜許容応力度計算などで安全性の確認を行う。

基本設計時に構造ブロックに基づく設計や DR を行うことにより、地震にも強く、構造品質や生産性の高い住宅にすることができるとともに、スケルトン・インフィルのような家族構成の変化に合わせた可変性のある間取りができるような住宅とすることが期待される。

<謝辞>

本研究を進めるにあたり、ヒアリング調査にご協力頂いた全国のプレカット工場13工場の皆様や各工場のCAD担当者様、プレカットCADメーカーの担当者様には心より御礼を申し上げます。また、許容応力度計算の際に入力したCADデータの不備がないか、株式会社インテグラル様にも調査にご協力頂きました。ここに記して謝意を表します。

<注>

- 1)DRとはISO9000において「認定された目標を達成するための検討対象の適切性、妥当性、及び有効性を判定するために行われる活動。」と定義されている
- 2)2階間仕切線や2階柱が、1階間仕切線や1階柱に一致する割合
- 3)公益財団法人 日本住宅・木材技術センターの「建築物電算プログラム認定」を取得済みである
- 4)見つけ面積の取り方は、柱心から壁の厚さ100mm、屋根の厚さ300mmで設定した
- 5)Pとはモジュールのことを指し、モジュールが910mmであれば1P=910mmとなる

- 6)チェック図とは、直下率を計算するため、2階間仕切線や2階柱が1階のそれに乗っている様子を調べるための図
- 7)京都大学生存圏研究所、国土交通省国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人建築研究所、東京大学大学院での開発者の研究成果を元に製作している

<参考文献>

- 1)<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00600120>
- 2)<http://www.precut-kyokai.com/home/index.shtml>
- 3)公益財団法人 日本住宅・木材技術センター(編):木造軸組構法住宅の構造計画, p118~138, 公共財団法人 日本住宅・木材技術センター, 2019. 2
- 4)中野晃吉・渡部恒也・村上淳史・藤田譲・蟹澤宏剛:プレカットを用いた木造軸組住宅(四号建築物)に関する研究, p217~222, 第33回建築生産シンポジウム論文集, 2017. 7
- 5)本橋聡志・藤田譲・高田恵介・川合達哉・村上淳史・蟹澤宏剛:プレカットを用いた木造軸組住宅(四号建築物)に関する研究その6, p183~184, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2012. 9
- 6)公益財団法人 日本住宅・木材技術センター(編):木造軸組構法住宅の許容応力度設計1, p59~130, 公共財団法人 日本住宅・木材技術センター, 2017. 3
- 7)一般社団法人 木造住宅デザイン研究会ユア・ホーム(編):デザイナーのための安全な架構の住宅設計手引き, p84~85, 一般社団法人 木造住宅デザイン研究会ユア・ホーム, 2015. 11
- 8)高田恵介・藤田譲・本橋聡志・石田祥子・村上淳史・蟹澤宏剛:プレカットを用いた木造軸組住宅(四号建築物)の構造に関する研究その10, p353~354, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2013. 8
- 9)一般社団法人 木造住宅デザイン研究会ユア・ホーム(編):デザイナーのためのデザインレビュー ガイドブック, p7~13, 一般社団法人 木造住宅デザイン研究会ユア・ホーム, 2014. 3

<研究協力者>

藤田譲／(元)中国木材株式会社、中野晃吉／芝浦工業大学大学院修士課程2018年卒業、小川溪太／芝浦工業大学工学部、小川美花子／芝浦工業大学工学部