

### 3.3 鉄骨造住宅

#### 3.3.1 鉄骨造住宅の耐震性能に影響を及ぼす要因

文献調査ならびに地震災害予測研究会委員および有識者にヒアリングを行い、鉄骨造住宅の耐震性能に影響を及ぼすと考えられる要因を調査した。その結果を表 3.3.1に示す。また、列挙した要因に関連する文献調査を行い、調査で得られたものについて3.3.2項に示し、法規・構造計算規準の変遷や耐震性能に影響を及ぼすと考えられる要因を踏まえて設定した住宅の区分を3.3.3項に示す。

表 3.3.1 鉄骨造住宅の耐震性能に影響を及ぼす要因

項目	影響を及ぼす要因	3.3.2項の記載
法規・構造計算規準	耐震規定、荷重（地震、風、雪）、設計ルート	(1)
工法	工法の種類	(2)
柱・梁	柱梁材の仕様	(3)
接合部	柱梁接合部の仕様	(4)
	保有耐力接合か否か	- ※1
	溶接の品質	- ※1
柱脚	柱脚の仕様	(5)
鉛直構面	ブレースの種類	(6)
	外壁の種類	(7)
間取り	平面の偏心	- ※1
劣化	発錆	- ※1
	塩害	- ※1
増改築	増改築	- ※1
免震・制震	免震・制震	- ※2

※1 文献から耐震性能への影響や実態に関する有益な情報が得られなかった

※2 耐震性能が高くなる要因と考えられたため、調査の優先度を落とした

### 3.3.2 耐震性能に影響を及ぼす要因の調査

#### (1) 法規・構造計算規準

鉄骨造住宅の耐震性能に関連する法規・構造計算規準の変遷<sup>3.3.1)</sup>を表 3.3.2に示す。

1970年6月以前においては横座屈の定義がない。靱性がなく、耐力に至ったら破断となる可能性が高い。1995年の兵庫県南部地震において溶接不良による接合部の破断などが散見されたことを教訓に、2000年の建築基準法の改正では継手または仕口部の構造方法を定めるなど新たな規定が追加された。

過去の地震被害をみると、鉄骨造建物は軽いことから倒壊に至るような被害は多くないが、構造耐震指標 $I_s$ 値と被害の大きさを関連付けられるデータは存在しない。

住宅については所有者から耐震性能の調査・情報開示の許可を得ることが難しく、耐震性能に関するデータも蓄積がなされていない。

#### (2) 工法

鉄骨造住宅には、工場で柱・梁・屋根トラス・床・壁などを生産してそれを建築現場で組み立てるプレハブ工法と、それ以外に分けられる。型式適合認定を取得した工法で建てられているものは、設計どおりの耐震性能があると考えられる。型式適合認定を取得していないものはその施工性も含めて耐震性能はさまざまと考えられる。

プレハブ工法はハウスメーカーによってさまざまな工法で建てられている。詳細な情報が開示されていないものが多いため、耐震性能に関する情報の入手は難しい。

鉄骨造住宅の主な工法を図 3.3.1に示す。

表 3.3.2 鉄骨造住宅の耐震性能に関連する法規・構造計算規準の変遷

年代	法規・構造計算規準	備考
1950.10	鋼構造計算規準・同解説	
1955.03	鋼構造計算規準・同解説 改定	
1958.11	鋼構造計算規準と改定規準の解説	
1970.06	鋼構造設計規準	・1970年以前はラチス
1974.10	軽量形鋼構造設計施工指針・同解説	
1975.11	鋼構造塑性設計指針	
1981.06	新耐震設計法	
1985.10	軽鋼構造設計施工指針 同解説	
1995.05	建築物の構造耐力上の安全確保に係る措置	・軽量形鋼の厚さの規定 ・冷間成形角形鋼管の品質 ・溶接部の品質確保
1998.09	鋼構造限界状態設計指針・同解説	
2000.06	建築基準法改正（建築材質の品質、継手または仕口部の構造方法を定める件、柱の脚部を基礎に緊結する構造方法の基準を定める件）	・大臣認定材に耐震性や溶接性の性能項目を規定 ・破断防止の観点から溶接部の構造方法の詳細を規定 ・柱脚部の構造詳細を規定
2005	鋼構造設計規準－許容応力度設計法－	
2007.06	構造計算適合性判定	・地階を除く階数が4以上である建築物
2010.02	鋼構造塑性設計指針 改定	

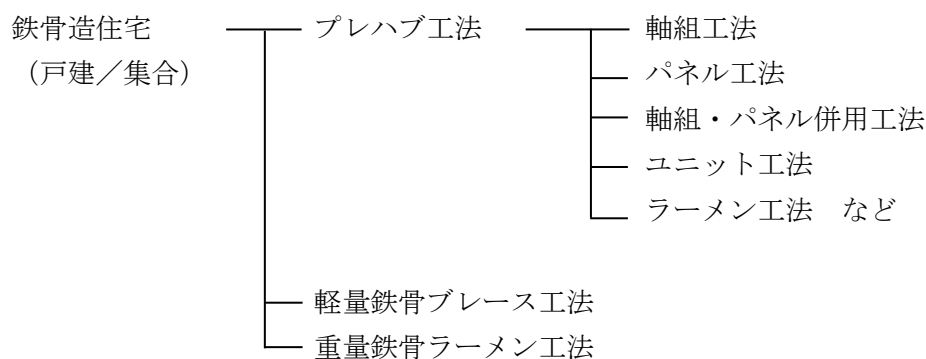


図 3.3.1 鉄骨造住宅の主な工法

### (3) 梁および柱部材

梁および柱部材の耐震性能に関連する出来事の変遷<sup>3.3.2)</sup>を表 3.3.3、表 3.3.4に示す。1994年以前の鉄骨造住宅に使われていたSS鋼材は、土木・造船・機械など鋼構造物全般を対象とした規格である。1994年に建築構造専用のJIS規格として制定されたSN鋼材は、地震エネルギーの吸収を期待する建築構造用鋼材としての要求性能と溶接性を兼ね備えた鋼材であり、広く普及したのは2000年頃と考えられる。1994年以降であっても2000年以前に建てられた建物には梁および柱部材にSN鋼材が使われていないものが多数存在する。

角形鋼管については、□200以上のSTKRの生産が開始された1977年以前においては、店舗付き住宅、集合住宅では日の字形断面の柱が見られ、兵庫県南部地震では日の字型断面柱の集合住宅が被害を受けている。SN鋼材と同等の品質を有する建築構造用冷間成形角形鋼管のBCRは1997年頃に生産が始まり、それまでに用いられていたSTKRとシェアが逆転したのは2001年頃である。

よって、2000年以降に建てられた住宅については、梁および柱部材の耐震性能に問題がないと考えられる。

表 3.3.3 H形鋼(SS鋼材、SN鋼材)の変遷

年代	耐震性能に関連する出来事	備考
1961	ロールH形鋼生産開始	・1970年代に入り多用
1964	極厚H形鋼生産開始	
1994	建築構造専用のJIS規格としてSN鋼材が制定	・2000年頃には普及

表 3.3.4 角形鋼管(STKR、BCR)の変遷

年代	耐震性能に関連する出来事	備考
1970	冷間成形角形鋼管生産開始	・それ以前は日の字形ボックス
1977	□200以上のSTKR生産開始	
1994	BCR(ロール成形)が国土交通大臣認定取得	
1997頃	BCRの生産	
2001	STKRとBCRのシェア逆転	

#### (4) 接合部

柱梁接合部の耐震性能に関連する出来事の変遷を表 3.3.5に示す。1981年の新耐震基準において保有耐力接合が導入されたが、兵庫県南部地震では新耐震基準の建物でも溶接部のディテールや溶接施工法の問題により梁端接合部で破断したケースが数多く見られた。

そこで、1995年にノンスカラップ工法の採用、1996年に鉄骨工事の標準仕様書JASS6を改定するなどして状況の改善が図られた。しかし、梁端ディテールでノンスカラップ工法が普及し、耐震性能の改善がはかられたのは2000年以降である。また、ディテールの影響を考慮した接合部耐力の設計式が示されたのは2001年の鋼構造接合部設計指針であり、さらに建築物の構造関係技術基準解説書に反映されたのは2015年である。よって、2015年以前に設計された建物にはスカラップによる断面欠損のみが考慮され、実際は保有耐力接合における接合部係数（接合部の安全率）が小さいものが相当数、含まれると考えられる。

柱と梁の溶接接合部は、大きな力が作用するとともに力の流れも複雑になるため、鋼材が十分な粘り強さを発揮できずに破断する恐れがある。溶接部を含めた鋼材のシャルピー吸収エネルギーが大きければ脆性破断が生じにくくなり、設計上必要な部材の変形を確保することができるが、SN鋼材が普及する前に使われていたSS鋼材にはその性質が期待できない。

ブレース接合部破断は、①ブレース軸部のボルト位置における破断、②せん断力による高力ボルトの破断、③接合部（軸部およびガセットプレート）の端空き部分における破断、④ガセットプレートの破断、⑤溶接部の破断<sup>3.1.17)</sup>などで生じる。

接合部の変形性能は、最近のものは実験による検証<sup>3.3.3)</sup>なども行われ、どのように評価すれば良いかがわかりつつあるが、古いものについてはわかっていない。溶接・接合部の欠陥の有無は超音波探傷検査(UT)で確認することができるが、UTが施工時にしっかりと行われたのは最近のことである。古い鉄骨造建物（住宅に限定しない）を耐震診断時に超音波探傷検査をかけるとたいいていの場合、溶接・接合部に欠陥が確認されている。

地震被害状況を見ても古い鉄骨造建物（住宅に限定しない）には接合部の変形性能が低いものが多く、その低さの程度はさまざまである。

表 3.3.5 柱梁接合部の変遷

年代	耐震性能に関連する出来事	備考
1965	高力ボルトJIS化	・それ以前はリベット接合
1981	筋かい端接合部の保有耐力接合の導入	
1995	建設省告示1791号（柱脚と基礎の接合部の耐力確認）	
1995	ノンスカラップ工法の採用	
1996	鉄骨工事の標準仕様書改定	
2001	鋼構造接合部設計指針で設計上の対策整備	
2015	建築物の構造関係技術基準解説書に反映	

## (5) 柱脚

柱脚の耐震性能に関連する出来事の変遷を表 3.3.6に示す。

兵庫県南部地震において、回転剛性を考慮せずピン柱脚で設計をしていた露出型柱脚で被害が多発したことを踏まえ、1995年12月より柱脚と基礎の接合部の耐力確認が行われるようになったが、柱脚の回転剛性の考慮やアンカーボルトの伸び能力が規定されたのは1997年である。地階を除く階数が4以上である建物については、2007年より適合性判定において回転剛性の考慮が確認されることになった。

アンカーボルトについては、伸び能力を保証するアンカーボルトであるABR、ABMが規格制定されたのは2000年である。それまでの丸鋼に切削ねじ加工したアンカーボルトは、ねじ部の有効断面積が軸部の75%程度となり、鋼材の降伏比が75%以上の場合には軸部が塑性化する前にねじ部に破断が生じる。

以上から、少なくとも2000年以前に建てられた建物の柱脚には、耐震性能が十分ではなく、アンカーボルトの破断・抜け出し、コンクリート部の圧壊、ベースプレートの破壊などの被害が生じるものが存在する可能性が考えられる。

表 3.3.6 柱脚の変遷

年代	耐震性能に関連する出来事	備考
1995以前	回転剛性を考慮せずピン柱脚の設計	
1995	建設省告示1791号	・柱脚と基礎の接合部の耐力確認
1997	建築物の構造関係技術基準解説書に回転剛性の考慮の記載	
1997	建築物の構造規定でアンカーボルトの伸び能力に関する規定	
2000	伸び能力を保証するアンカーボルトABR、ABMの規格制定	
2007	適合性判定により地階を除く階数が4以上である建築物は回転剛性の考慮を確認	

## (6) ブレース

ブレースの種類としては、山形鋼、ターンバックルブレースなどが挙げられる。ターンバックルブレースの変遷を表 3.3.7に示す。

新耐震以前のブレースは耐震性能が低い、その低さの程度はさまざまである。JIS規格に変形能力確保の規定が追加されたのは1982年であるが、2000年以前のターンバックルブレースは切削ねじ加工した丸鋼であり、伸び能力が十分でないものが多い。丸鋼に切削ねじ加工したものは、ねじ部の有効断面積が軸部の75%程度となり、鋼材の降伏比が75%以上の場合には軸部が塑性化する前にねじ部に破断が生じる。また、切削ねじ加工の場合、耐震性能は鋼材そのものの良し悪しに依り、使われている鋼材が良いと性能を発揮すると思われる。規格では下限の降伏点と引張強さ程度しか決まっておらず、どのようなタイミングで切れるかは実験データもなく不明である。

一方で、伸び能力が保証されたSNR鋼材を転用した建築用JISターンバックルブレースであれば簡単に切れることはなく、耐震性能に問題がないと考えて良い。ただし、指定建築材料になる前は使わなくても良かったため、その普及は2000年以降である。

SS鋼材の山形鋼によるブレースは伸び能力が十分でなく、どれくらいで切れるかという実験データもない。また、鋼材だけでなく溶接施工の優劣も影響する。

表 3.3.7 ターンバックルブレースの変遷

年代	耐震性能に関連する出来事	備考
1971	JIS規格	
1982	JIS規格に変形能力確保の規定追加	
1996	SNR鋼のJIS規格制定	・以前は切削ねじ加工の丸鋼
2000	建築用JISターンバックルブレースが指定建築材料となり普及	

## (7) 外装材

外壁の種類としては、モルタル、ALC、サイディングなどが挙げられるが、耐震性能の向上度合いの定量化は難しい。

モルタル外壁はALCパネル外壁と比べると被害が大きい。外壁被害が建物の耐震性能に及ぼす影響は高くはないが、落下により人に被害を及ぼす。ALCの変遷<sup>3.3.4)</sup>を表 3.3.8に示す。

表 3.3.8 ALCの変遷

年代	耐震性能に関連する出来事	備考
1961	製造技術の導入	
1967	ALC構造設計基準 38条認定取得	・モルタルを使用する縦壁挿入筋構法が主流
2001	ALC取付け構法標準・同解説(案)作成	・縦壁ロッキング構法への移行
2002	縦壁挿入筋構法の全面廃止	

## (8) 品質管理

建築鉄骨の品質管理に関連する出来事の変遷を表 3.3.9に示す。過去に認定工場で製造されたものに施工不良が全くないかと言えばそうではないが、認定工場で製造されたものか否かは鉄骨品質を判断する指標の1つとして考えられる。

表 3.3.9 建築鉄骨の品質管理の変遷

年代	耐震性能に関連する出来事	備考
1978	工場認定制度誕生	
1982	建設省告示第1103号による工場認定	
2000	新工場認定制度(性能評価)	

### 3.3.3 法規・構造計算規準の変遷、要因を踏まえた住宅の区分

法規・構造計算規準の耐震規定の変遷や、耐震性能に影響を及ぼすと考えられる要因の実態を踏まえて設定した住宅の区分と代表的な仕様を表 3.3.10に示す。

2000年では、特に耐震規定の変化はないが、3.3.2項に記載した1995年兵庫県南部地震後のJASS6改定、1996年以降の施工管理徹底による改善、2000年前後の高靱性鋼材の品質管理徹底による改善などを踏まえて境を設けた。

表 3.3.10 耐震規定の変遷などの観点からみた鉄骨造住宅の区分と代表的な仕様

建築年代	耐震規定などの変遷	柱・梁		ブレース	接合部	柱脚	
		H型鋼	角型鋼管			設計	アンカーボルト
- 1949		ラチス、日の字など横座屈の定義ない靱性を期待できず耐力に至ったら破断		山形鋼	接合部不良の可能性あり	回転剛性を考慮しないピン柱脚	伸び能力不十分の可能性あり
1950 - 1971.5	建築基準法の制定						
1971.6 - 1981.5	1971.6に設計規準が大改定 1973に工業化住宅性能認定制度発足	SS鋼材	STKR	山形鋼またはターンバックル (伸び能力不十分の可能性あり)	保有耐力接合だが接合部不良の可能性あり		
1981.6 - 2000.5	新耐震			ターンバックル (伸び能力不十分の可能性あり)			
2000.6 -	耐震性能の向上			ターンバックル (伸び能力保証)			



