

## 第6章 構造補強

### 第1節 耐震診断

#### 1. 構造上の特徴

本建物の構造上の特徴を以下に示す。

- ・ 南棟、北棟が二階建てでその間に挟まれた中央棟が平屋の平面構成となっている。
- ・ 在来軸組構法の木造建物であり、屋根は亜鉛鉄板葺き、壁は下見板張と一部ラスモルタル壁である。
- ・ 材種は柱及び梁はエゾマツを用いている。軸組の接合方法は、柄・蟻掛け等の継手仕口を用いている。
- ・ 小屋組みは南棟が合掌トラス、北棟、中央棟が和小屋となっている。火打などは配置されていない。
- ・ 柱脚は土台に柄差し接合されている。土台は玉石やコンクリート製独立基礎の上に載っている。
- ・ 南棟に煉瓦造の煙突がある。屋根からの突出部分は後補のものである。
- ・ 基礎は自然石玉石若しくはコンクリート製独立基礎による直接基礎となっている。
- ・ 地盤調査報告書より、GL-1.5m程度までは、非常に緩い地盤となっている。

#### 2. 耐震診断方針

上記特徴を持つ建物の耐震診断を、以下の方針により行った。

- ・ 文献1)に基づき、等価線形化法(限界耐力計算)による耐震性能の検証を行った。
- ・ 地震時の応答は、建物全体を一質点として検討を行った。
- ・ 地域係数は1.0とした。
- ・ 表層地盤における加速度の増幅率 $G_s$ の計算は、地盤調査データに基づき第2種地盤として、平成12年建告第1457号第10第1項に規定される略算法により計算した。
- ・ 柱頭柱脚接合部については、引き抜きに対して有効な基礎がないために浮き上がりが拘束されていないが、補強時に拘束されることを前提とし、

足元が拘束されているものとして検討を行った。

- ・ 水平構面は補強が行われることを前提とし、剛床仮定が成立するものとして検討を行った。
- ・ 耐震要素は貫、ラスモルタル壁、板壁とし、これらの耐力は文献1)、2)に準拠した。
- ・ 本建物が保持すべき性能を「安全確保水準」とし、設計クライテリアを以下のように定めた。
  - ・ 検証用地震動
    - 極稀に起こる大地震(当該敷地において想定される最大級の地震動、以下、大地震)
  - ・ 限界変位
    - 安全限界変位 1/15rad以下(耐力要素の実験データより設定)
  - ・ 検証用暴風
    - 極稀に起こる暴風(当該敷地において想定される最大級の暴風)
  - ・ 限界変位
    - 安全限界変位 1/15rad以下(耐力要素の実験データより設定)
- ・ 損傷限界変形角については参考値として求める。
- ・ 暴風時の検討については、建物をゾーンA～Cに区分けし、ゾーンA、Cの2階を別々に検証した。
- ・ 積雪量は地域のデータから1mとし、中長期、中短期、極稀時の中で最も厳しい条件に対しての検討を行った。
- ・ 建物に作用する長期荷重の算定には立体フレーム解析を用いた。

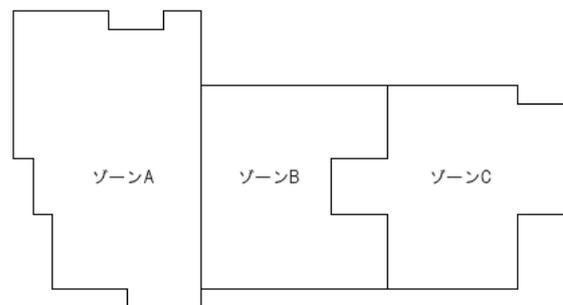


図6-1 建物のゾーニング

### 3. 耐震診断結果

耐震診断結果を以下に示す。

表 6-1 建物の諸元

階		2F	1F	合計
重量	(kN)	214.9	503.1	718.0
質量	(t)	21.93	51.34	73.27
階高	(m)	2.285	3.394	5.679
地域係数		1.0		
Gsの算出法		簡略計算		第2種地盤

図 6-2 補強前の応答値

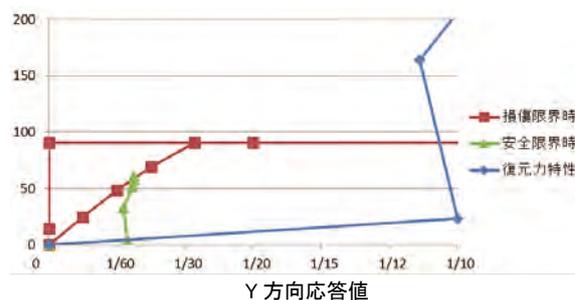
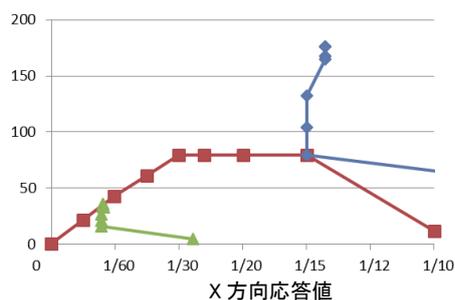


表 6-2 地震力に対する安全性の検証

階数	X方向							
	損傷限界				安全限界			
	限界変位		応答変位	判定	限界変位		応答変位	判定
2階	1/120	<	1/49	NG	1/15		1/判定不能	NG
1階	1/120	<	1/47	NG	1/15		1/判定不能	NG

階数	Y方向							
	損傷限界				安全限界			
	限界変位		応答変位	判定	限界変位		応答変位	判定
2階	1/120	<	1/78	NG	1/15	≥	1/15	OK
1階	1/120	<	1/72	NG	1/15	<	1/14	NG

以上により、X・Y方向とも設計クライテリアを満足しない。

表 6-3 風圧力に対する安全性の検証

階数	X方向							
	損傷限界				安全限界			
	風圧力W		耐力	判定	W×1.6		耐力	判定
2階-A	20.8	>	3.9	NG	33.3	>	13.9	NG
2階-C	22.4	>	6.7	NG	35.9	>	24.5	NG
1階	112.6	>	24.3	NG	180.2	>	90.2	NG

階数	Y方向							
	損傷限界				安全限界			
	風圧力W		耐力	判定	W×1.6		耐力	判定
2階-A	11.2	>	2.5	NG	18.0	>	9.3	NG
2階-C	13.9	>	9.2	NG	22.3	<	33.8	OK
1階	104.6	>	21.4	NG	167.314	>	79.6	NG

以上により、X・Y方向とも設計クライテリアを満足しない。

#### 4. 耐震診断結果のまとめ

耐震診断により、以下のことが確認された。

- ・ X,Y 方向とも水平力に対する耐力が不足しているため、地震についての設計クライテリアを満足しない。
- ・ X,Y 方向とも水平力に対する耐力が不足しているため、風圧力についての設計クライテリアを満足しない。
- ・ 積雪を考慮した鉛直荷重に対して、一部の部材応力が許容耐力を超えており、折損の可能性がある。
- ・ 柱脚部は土台建てとなっており、浮き上がりが拘束されていない。
- ・ 本建物を一体的に挙動させるための剛な水平構面が存在しない。
- ・ 表層部の地盤が緩く、また地盤の凍結・融解作用により不同沈下が生じている。
- ・ 土台等に腐れが生じている。
- ・ レンガ煙突の耐震性能が不足している。特に屋根面から突出した部分については水平力を受けた際に片持ちとして挙動するため危険性が高い。

### 第2節 補強設計

#### 1. 補強の方針

耐震診断結果より、以下のように補強の方針を定めた。

- ・ 水平力に対する耐力を確保するため、板壁を構造用合板に置き換える。既存貫は存置し、この貫をかわすように受材を配置する。構造用合板の限界変形角は実験結果より  $1/15 \sim 1/20\text{rad}$  との報告があるが 3)、安全側の判断とするため、2) に基づき  $1/30\text{rad}$  とした。
- ・ 積雪時に部材が折損する恐れのある箇所については、部材断面を大きくする、又は小屋組内でトラスを構築し、耐荷重能力を向上させる。
- ・ 補強後の建物が保持すべき性能を安全確保水準とし、設計クライテリアを以下のように定めた。
  - ・ 検証用地震動  
極稀に起こる大地震（当該敷地において想定される最大級の地震動、以下、大地震）
  - ・ 限界変位  
安全限界変位  $1/30\text{rad}$  以下（耐力要素の実験データより設定）

- ・ 検証用暴風

極稀に起こる暴風（当該敷地において想定される最大級の暴風）

- ・ 限界変位

安全限界変位  $1/30\text{rad}$  以下（耐力要素の実験データより設定）

- ・ 柱脚の固定、不同沈下対策のために基礎を設ける。本敷地は史跡であるため、掘削箇所を最小限にしつつ、凍結深度  $1\text{m}$  以下に基礎を設けるため、フーチングを兼ねた地中梁を  $\text{GL}-1.0\text{m}$  以下の位置に設置し、この地中梁から礎石を受けるための立ち上がりを設ける。柱脚の固定はこの立ち上がり部にアンカーボルトを定着させ、土台をアンカーボルトで固定し、土台と柱を金物で固定する。
- ・ 建物を一体的に挙動させるために、ゾーン B の桁レベルに鉄筋水平ブレースを設置する。
- ・ ゾーン A の屋根構面を補強するため、一部構造用合板張り、または鉄筋ブレースを設置する。
- ・ 腐れが生じていた土台については繕いを行い、新規部材と旧部材とは接着剤により接合し、一本材として力に抵抗できるものとする。
- ・ レンガ煙突は安全への配慮として、二階床面より上を撤去し、大バラシした部材の積直し時に基礎から立ち上げた鉄骨の芯材を入れて固定する。

#### 2. 補強後の計算結果

補強後の計算結果を図 6-3、表 6-4、表 6-5 に示す。

#### 3. 実施仕様

補強の位置及び詳細な取付方法等は「5章 実施仕様 第12節 構造補強工事」に示した。

図 6-3 補強後の応答値

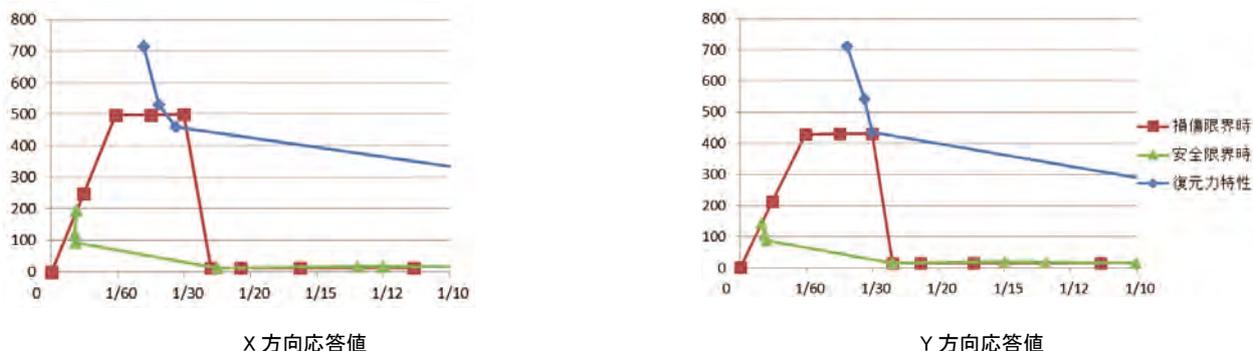


表 6-4 地震力に対する安全性の検証

X方向								
階数	損傷限界				安全限界			
	限界変位	≧	応答変位	判定	限界変位	≧	応答変位	判定
2階	1/120	≧	1/209	OK	1/30	≧	1/33	OK
1階	1/120	≧	1/180	OK	1/30	≧	1/30	OK

Y方向								
階数	損傷限界				安全限界			
	限界変位	≧	応答変位	判定	限界変位	≧	応答変位	判定
2階	1/120	≧	1/189	OK	1/30	≧	1/39	OK
1階	1/120	≧	1/153	OK	1/30	≧	1/37	OK

以上により、X・Y方向とも設計クライテリアを満足する。

表 6-5 風圧力に対する安全性の検証

X方向								
階数	損傷限界				安全限界			
	風圧力W	<	耐力	判定	W×1.6	<	耐力	判定
2階-A	20.8	<	43.5	OK	33.3	<	80.9	OK
2階-C	22.4	<	56.6	OK	35.9	<	114.7	OK
1階	112.6	<	214.0	OK	180.2	<	431.5	OK

Y方向								
階数	損傷限界				安全限界			
	風圧力W	<	耐力	判定	W×1.6	<	耐力	判定
2階-A	11.2	<	50.5	OK	18.0	<	72.8	OK
2階-C	13.9	<	70.7	OK	22.3	<	143.6	OK
1階	104.6	<	246.9	OK	167.3	<	499.5	OK

以上により、X・Y方向とも設計クライテリアを満足する。

【参考文献】

- 1) 「重要文化財(建造物)基礎診断実施要領」、文化庁文化財部建造物課長通知
- 2) 「伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル」、木造軸組構法建物の耐震設計マニュアル編集委員会
- 3) 「合板耐力壁マニュアル」、日本合板工業組合連合会