

限界耐力計算法による木造建物の耐震診断と補強計画

副題（日本はきもの博物館 3号館改修計画）

○吉野康夫 ((株)エスティー・ワイズ)

広島県東部の福山市松永町にある日本はきもの博物館、当時下駄工場であった建物を1978年に創業者丸山茂助氏が下駄作りを始めて100周年を記念し博物館として開館した建物です。



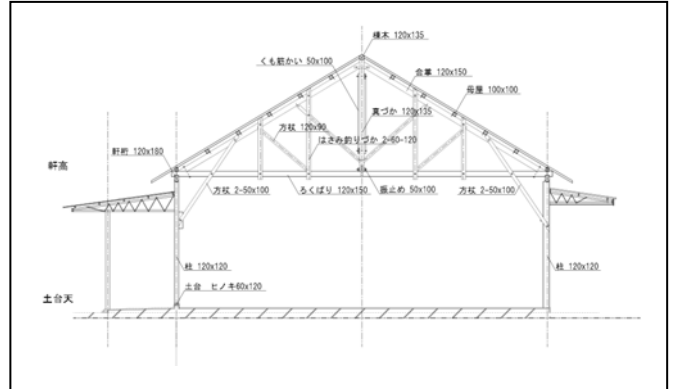
その後、運営は財団法人遺方文化財団が行っていたが、2013年11月24日に一時閉館、閉館後は福山市が運営管理を引き継ぎ2015年度に再開の方針である。閉館後に、建物の改修と耐震補強を行うため、開館中の2013年9月より耐震診断と補強計画を進めることとなった。

耐震診断・耐震改修にあたっては日本ERI(株)の評価を得ることが前提とされており、その評価が下りるまで約4ヶ月半にも及ぶ作業となった。



本建物は、木造平屋建てで長方形の平面形状をしている。立面形状は、6寸勾配の山形スレート瓦屋根、小屋組みは洋小屋構造である。

柱、梁の木材は地松が使われており、耐震要素としては、桁行方向は竹木舞土塗り壁、梁間方向は方杖架構で構成されている。



その方杖は、はさみ方杖構造で取り付け角度も柱に対して浅く、梁間方向の耐震性能は脆弱である。

耐震診断は、(一財)日本建築防災協会の精密診断法2(限界耐力計算法)に則って行い、限界耐力計算はJSCA関西支部木造レビュー委員会編集の計算ソフト(木造限界耐力計算II-ver2)を使用した。

調査は休館日を利用して行ったが、開館中であったため大規模に壁等を撤去することが出来ず、外観目視と一部ポイント箇所の撤去によるものとなった。基礎形式及び基礎部分のコンクリート強度の調査は困難なため行っていない。センサーにより配筋の有無を確認したが、センサーに反応する箇所もあったが不明確なため無筋コンクリート基礎として診断。

耐震診断の結果は、

X方向(桁行方向) 評点1.09

(極稀地震時の層間変形角 1/33)

Y方向(梁間方向) 評点0.28

(極稀地震時の層間変形角 評価できず)

と、「倒壊する可能性が高い」と言う結果となった。

(※評点=

安全限界時の限界耐力/その時に作用する地震力)

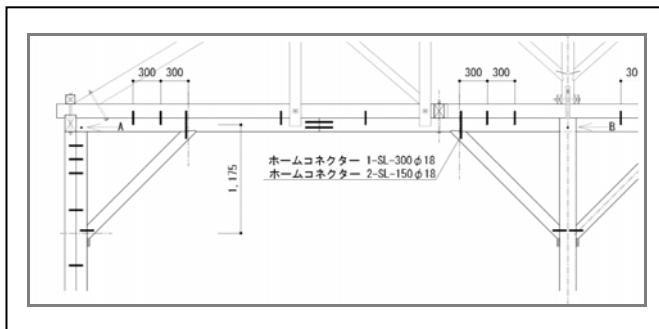
改修にあたっては、外壁面は現状のまま、内部については壁の増設も出来ず、また現状の見せ方を出来るだけ維持することから補強計画の苦闘が始まった。

特に梁間方向の耐震性能アップが大きな課題で、その補強計画として

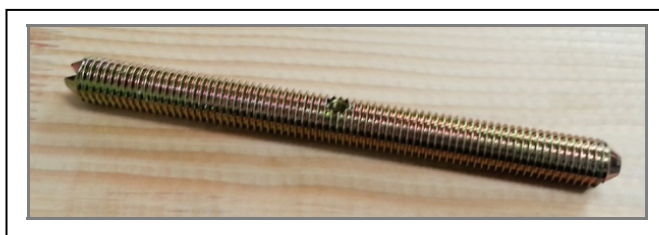
- ・現状の方杖の撤去、
- ・既設の柱・ろくばりに添え柱・添え梁を施し、新たな方杖架構を再構する
- ・現状の方杖の架け替えだけでは耐震性能が不足するため中央部に柱を設け、方杖を増設



既設の柱はアカマツの4寸柱であるため、添え柱（ベイマツ）をしないと水平力が作用した際に方杖接合部に発生する曲げモーメントによって柱が折損する恐れがある。それを防ぐために既設柱と添え柱を合成柱として一体化する必要を生じた（曲げモーメントと断面係数Zとの関係）。



今回の補強計画でポイントとなった点である。合成柱（ろくばり・添え梁も同）とするために、その接合方法として鋼棒挿入接着接合金物（ホームコネクター）を採用し、



作品（建築物）概要

木造軸組構法 平屋建て 高さ：7.75m

建築面積：292.88m² 延べ床面積：234.04m² 用途：博物館

所在地：広島県福山市松永町四丁目16-27 竣工：大正14年

診断・改修 設計者：(株)小西建築設計事務所

構造設計者：(有)構造デザイン建築研究所

木材側材1面せん断型接合として金物挿入箇所、本数を算出した。同様に方杖接合部にも同じ接合金物（ホームコネクター）を使い、接合部の強化を施した。この接合金物は作業方法が容易で、実験データ等（大分大学井上研究室）も論文として出されており非常に参考となった。

補強計画は診断と同様の限界耐力計算を用い、クライテリアとして安全限界時の層間変形角を1/20以下に設定。X方向（桁行方向）の耐震性能は十分保持していることから、柱頭柱脚接合部に金物を設置し、劣化箇所の補修のみとした。

補強計画後の結果は、安全限界時の層間変形角が、

X方向：1/33 → 1/35

Y方向： — → 1/23

の結果となり、目標の耐震性能は得られた。

限界耐力計算には荷重変形関係が必要であるが、階高の高い構造についてはまだまだ整備されていない。診断・補強にあたっては、JSCA関西支部のデータを活用し補正したものを使用した。方杖架構の荷重変形関係は数少ない論文から推論し荷重変形関係を作成した。

参考文献

「方杖をもつ木造軸組の耐力特性について」

福山大学工学部 鎌田輝男教授

「方杖をもつ木造骨組の構造特性」

金沢工業大学 松本武雄教授

「方杖・袖壁による木造在来軸組構造の耐震補強効果の定量的評価」

広島工業大学工学部 岩井哲教授

今後は限界耐力計算による診断・補強計画も増えると考えられるが、限界耐力計算の更なる熟知と、それに使用する耐震要素のデータの整備も急がれると思う。