

パネル展示
伝統的木造住宅の耐震性能評価と構造設計法の提案

構造研究グループ
上席研究員

河合 直人

伝統的木造住宅の耐震性能評価と構造設計法の提案

構造研究グループ 上席研究員 河合 直人

I はじめに

比較的太い無垢の製材を柱はり等に用い、壁を土塗り壁などとした伝統的構法による木造住宅は、木材への愛着や環境問題への配慮等から根強い需要がある。一方で、過去の地震で多くの被害が報告されているように、そのままでは耐震性能の不十分なものも多いのも事実である。近年、伝統的木造住宅の構造性能に関する研究が盛んであるが、未だ不明な点も多く、実務に利用できる資料や設計指針類も不十分である。

このため、建築研究所では平成18年度から20年度に重点的研究開発課題「伝統的木造建築物の保全に資する構造・防火関連の技術開発」を、引き続き平成21年度から2カ年の計画で基盤研究「伝統的木造建築物の構造設計法の開発」を実施し、主に住宅を対象として伝統的木造建築物の性能に関して工学的な評価を可能にするための技術資料の蓄積を行い、併せて構造設計法の開発を行っているところである。

II 耐震性能評価に関する実験

以下、これらの研究の一環として行われた実験として、垂れ壁と柱から成る構面の振動実験、及び木造住宅骨組の実大静的加力実験について、実験内容と結果の概要を述べる。

(1) 垂れ壁と柱から成る構面の振動実験¹⁾

伝統的構法による木造住宅の構造要素として重要な、垂れ壁と柱から成る構面の性能を把握し、簡易な荷重変形関係の算出方法を提案するとともに、脚部を固定した場合と礎石上に置いただけの場合のそれぞれの地震時挙動を把握し、柱脚での滑りを許容する設計法の可能性についても検討することを目的として、振動実験を行った。

試験体は、土塗り壁による垂れ壁を有する長さ（柱心々）5.46mの構面2面を直交壁で支えて箱形としたもので、2008年1月の実験では6本の柱すべてを150mm角、2009年2月の実験では135mm角としている。それぞれ足固めからアンカーして柱脚を鉄骨架台に緊結するタイプ（試験体A）と、礎石上に置くだけの柱脚移動タイプ（試験体B）の2体ずつ、合計4体の実験を行った（写真1～4）。



写真1 2008年試験体A
柱150mm角・柱脚緊結タイプ



写真2 2008年試験体B
柱150mm角・柱脚移動タイプ



写真3 2008年試験体A
柱135mm角・柱脚緊結タイプ



写真4 2008年試験体B
柱135mm角・柱脚移動タイプ

これらの実験結果、及び実験結果と計算との照合により、柱の太さと垂れ壁の耐力との関係によって破壊モードが異なり（写真5、6）、柱の折損を生じると耐震性能が小さくなること、また、こうした構面の破壊モードや耐震性能については比較的簡単な計算で予測が可能であることがわかった（図1）。さらに、一体的に滑るという条件の下で柱脚の滑りを許容する場合、特に基準を超える過大な地震入力に対しては、損傷を小さく抑える効果が認められること、こうした柱脚の滑り量の予測は大変難しいが、時刻歴応答計算を用いれば、ある程度まで予測可能であることなどが明らかとなった。



写真5 2008年試験体Aの破壊状況（錘3t、JMA神戸NS100%入力による）



写真6 2009年試験体Aの破壊状況（錘2t、JMA神戸NS100%入力による）

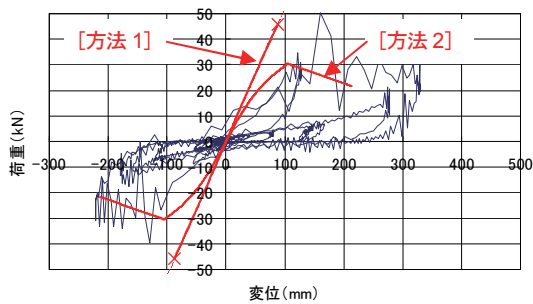


図1 荷重変形関係の実験と計算の比較(例)

[方法1]は耐震診断で用いられている方法での計算結果、
[方法2]はその修正案による計算結果を示す。

(2) 木造住宅骨組の実大静的加力実験

平成20年度に国土交通省の事業として(独)防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター(E-ディフェンス)で伝統的構法による住宅2棟の実大震動台実験が行われた。その試験体とほぼ同じ仕様であるが土塗り壁のない骨組のみの試験体に対する実大静的加力実験が、建築研究所と(社)木を活かす建築推進協議会との共同研究として平成21年の8月から9月にかけて行われた。

実験の目的は、軸組の強度特性を把握し、昨年度の震動台実験結果との比較から土壁と軸組の強度分担を把握すること、及び計算結果との照合により、高度な計算すなわち限界耐力計算における構造モデル化の方法に役立てることである。

試験体のA棟とB棟は同じ間取りの住宅であるが、A棟はモジュール985mm、貫寸法15mm×105mmで関西仕様、B棟はモジュール909mm、貫寸法27mm×120mmで関東仕様をベースとしている。A棟、B棟とも、外周の主要な柱10本は150mm角の通し柱であるが、内部の2本はA棟が210mm角の通し柱、B棟では150mm角の管柱である。

試験体A棟の長手方向(桁行方向)に大変形を生じさせる実験は、8月21日に建築研究所の敷地において公開実験として行われた。1階の層間変形角が7.5分の1となる大変形まで加力を行ない、1階の傾きが8.9分の1(0.112ラジアン)に達したところで最大耐力134(kN)を記録した。この前後から通し柱の2階床高さ、及び1階の差し鴨居の高さで柱の曲げ破壊が生じはじめ、その後、耐力は徐々に低下した(写真7、8)。

同様に試験体B棟に対して大変形を生じさせる実験が9月18日に行われ、1階の傾きが8.2分の1(0.122rad.)に達したところで最大耐力129(kN)を記録した。

A棟について昨年の震動台実験結果と比較すると、震動台

実験での最大耐力は約200(kN)、この時の変形角0.03~0.04(rad.)時には、静的加力実験での耐力は70~84(kN)である。その比率から計算すると、軸組のみで全体の耐力の35~42%を占めていることになる。さらに大変形になると軸組の負担割合が上昇し、0.08(rad.)近くでは、同様に軸組の負担割合を算出すると約75%となる(図2)。土塗り壁は重要な耐力要素であるが、軸組のみの抵抗も特に大変形領域においては、かなり大きいことが明らかとなった。



写真7 試験体A棟大変形時



写真8 試験体A棟の柱折損

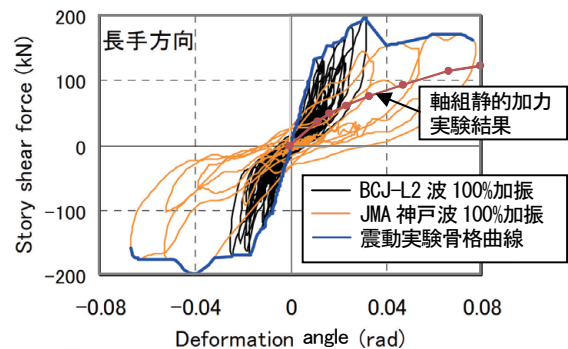


図2 土塗り壁を含む荷重変形関係(震動台実験結果)²⁾と軸組のみの荷重変形関係(静的加力実験結果)の比較

III 構造設計法の構築に向けて

本研究の最終成果としては、伝統的木造住宅の簡易設計法、及び限界耐力計算における構造モデル化の方法等、構造計算方法に関する技術資料の整備を目指している。伝統的構法の持つ様々な利点は将来に引き継いでいくべきものであるが、過去の地震被害例も多く報告されており、安易な構造設計による危険は避けなければならない。今後、適切な構造設計に役立つよう資料整備を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 河合他、「伝統的木造住宅の垂れ壁付き構面振動台実験 その1~その6」、建築学会大会梗概集2008年、2009年
- 2) 大橋他、「伝統的構法による木造建物の性能検証のための実大実験 その1~その4」、建築学会大会梗概集2009年