

木造住宅の水平加力試験装置の
開発研究THE DEVELOPMENT RESEARCH OF
THE HORIZONTAL LOAD
EXAMINATION EQUIPMENT AT THE
WOODEN HOUSE

岩田真次 ——*1 森川昌志 ——*2
中園真人 ——*3 近藤 哲 ——*4
藤田香織 ——*5 坂本 功 ——*6

Shinji IWATA ——*1 Masashi MORIKAWA ——*2
Mahito NAKAZONO ——*3 Tetsu KONDOU ——*4
Kaori FUJITA ——*5 Isao SAKAMOTO ——*6

キーワード：
伝統的木造住宅, 水平加力試験, 屋内設置型加力装置

Keywords:
Traditional wooden house, Horizontal load examination, Inside
establishment type load test device

When a horizontal load test device installed in the open air is used, it is difficult to do the structure experiment of the wooden house in the small place. It explains about the load test device installed in the inside where it was devised newly, and it is reported about horizontal load examination which this was used for by this research.

1. はじめに

伝統的木造住宅の水平加力試験の実施例は少なく、実施された水平加力試験方法は梁間方向の加力例が多い。また、これまでに実施された加力装置は、バックフォーなどの大型重機を建物周辺に配置して、これを反力として加力しているため、狭小地等で大型重機の設置スペースが確保されない場合などでは実施が困難である。

本研究では町家や民家などの狭小地における伝統的木造住宅の構造耐力試験を実施するために、新たに考案した屋内設置型加力試験装置について説明し、これを実際に使用した水平加力試験について報告する。

2. 目的

伝統的木造の水平加力試験における新しい加力方法を考案することを目的として、屋内設置型加力試験装置の開発を行った。狭小地における木造住宅の水平加力試験に対する要求条件は以下のとおりである。

(1) 正確な水平加力を対象建物に与えること。

地震力に相当する水平加力を加えることにより、建物の耐力変形性能を正確に計測する。このため、建物が大変形しても正確に水平加力ができる装置とする。

(2) 正負繰り返し加力とする。

正負繰り返し加力により、実際の地震力に対応した建物の復元力特性を把握する。

(3) 桁行方向と梁間方向の両方向について水平加力が可能な装置とする。このため、加力装置を90度回転することにより、ほぼ同一場所で梁間方向と桁行方向の両方向加力を可能とする。

(4) 狭小敷地において対応可能な加力装置とする。

民家などの道路幅の狭い土地において運搬可能で、かつ敷地の制約を受けないものとする。このため、解体が容易で、人力で運搬可能な形状寸法および重量の装置とする。

3. 加力装置

3.1 既往の加力装置

伝統的木造住宅に関する実大家屋の水平加力試験の実施例は少なく、実施された加力試験方法はいずれも建物外部に加力装置を設置したいわゆる室外設置型加力試験装置である。この装置では民家の外側に加力装置を配置するため、棟が接した狭小地での加力試験が困難となる。また既往の加力試験方法では大型の加力装置が必要になるため、道路幅の狭い場所では機材が搬入できなくなり、加力試験が行えない。

また、既往の試験では、建物に地震力に相当する正負繰り返し水平加力を与える場合、建物を挟んで加力装置が2台必要となり、設置が困難である。従って、比較的スペースを確保しやすい梁間方向のみの加力試験が行われることが多く、桁行方向の加力試験がほとんど行われていない。

*1 山口大学大学院前期博士課程
(〒775-0093 宇部市北迫新町2-5-14)

*2 ㈱一条工務店山陰

*3 山口大学工学部 教授・工博

*4 ㈱大林組

*5 東京都立大学大学院 助手・工博

*6 東京大学工学部 教授・工博

*1 Graduate Student, Graduate School Perceptual Sciences and Design Engineering, Yamaguchi Univ.

*2 Engineer, Ichijou Corporation Sanin

*3 Prof., Dept. of Perceptual Sciences and Design Engineering, Yamaguchi Univ., Dr. Eng.

*4 Engineer, Ohbayashi Corporation

*5 Research Assoc., Graduate School of Eng., Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.

*6 Prof., Graduate School of Eng. The Univ. of Tokyo, Dr. Eng.

3.2 新規の加力装置

新規に開発した加力装置には2つの大きな特徴がある。その1つは、正確に水平方向に正負繰返し加力が与えられることである。このため、やぐら式の反力架台に油圧ジャッキを水平に設置して、建物には正確に水平力のみがかかる仕組みとしている。また、ストロークの長い押し引き両用の電動油圧ジャッキを使用しているので、容易に正負繰返し加力試験が行える。2つ目は土地の制約を受けにくいことが挙げられる。架台を屋内に持ち込むことにより加力装置1箇所でも梁間方向と桁行方向の加力試験が可能になった。

また、組立て式の加力装置としたことで、人力で運搬できるパーツに分割されるため、狭いスペースでの搬入組立てが可能となった。写真1および図1に加力装置を示す。図1に示すように、やぐら式の鉄骨架台の上に水平に油圧ジャッキを設置し、その先端にアタッチメントを取付け、ワイヤーにより反力荷重と釣り合いを取っている。荷重が大きくなった場合はワイヤーにチェーンブロックを組み込むことにより、架台の傾きを調整して水平に保つようにする。また、架台の柱脚部に鉄板を敷くことで、最大水平加力時の架台の安定性を考慮した。

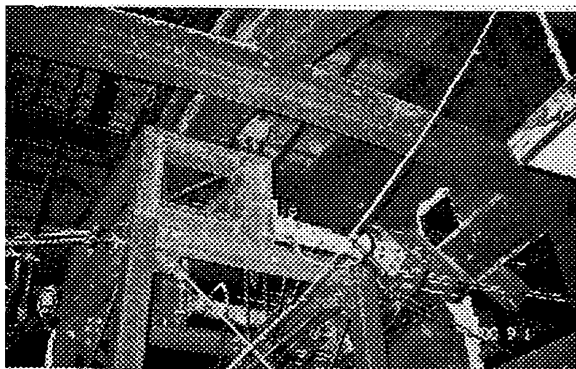


写真1. 加力装置

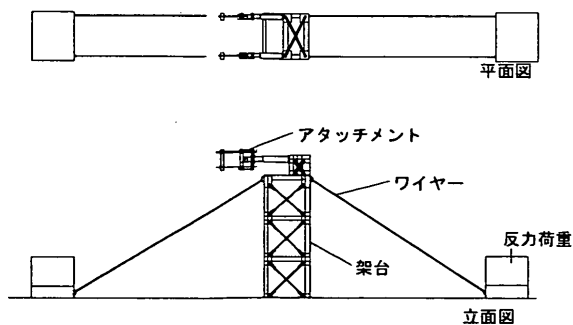


図1. 加力装置全体図

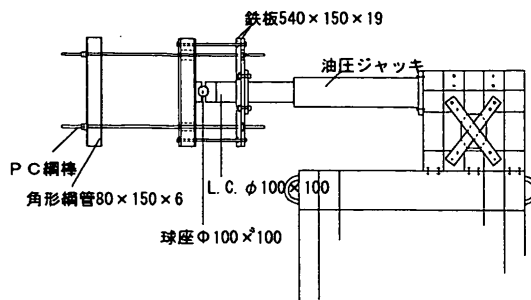


図2. アタッチメント立面図

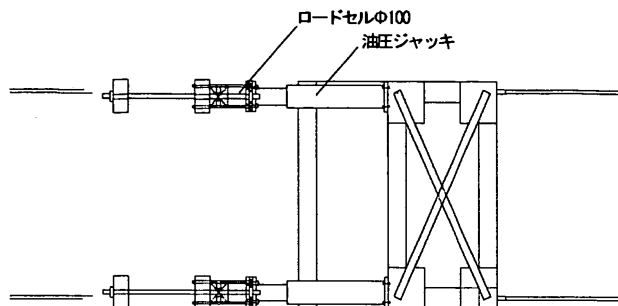


図3. アタッチメント平面図

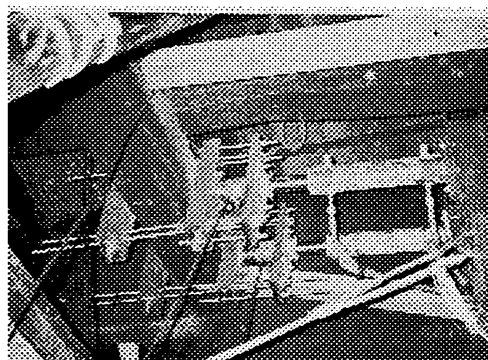


写真2. アタッチメント

3.3 アタッチメント

図2, 3は加力装置のアタッチメント図である。角型鋼管と鉄板で構成されたフレームを2対組み合わせることで、油圧ジャッキが正負どちらの動きをしても梁には常時圧縮力が加えられ、ロードセルには常に圧縮力が働く仕組みとした。梁にアタッチメントを取付けた状態を写真2に示す。

3.4 加力装置の仕様

この加力装置は100KNの荷重に耐えられるように設計した。また組立て式で人力による持ち運びを可能にするため、反力架台は柱材に角形鋼100×100×6mm、梁材にはH形鋼100×100×6×8mmを使用し、1部材あたり1m程度の長さに収めて、1ピースの重量を200N以下とした。また、加力点に対して1m毎に高さを調整できるようにし、架台上の1100×550×500mm鋼製ボックスはアタッチメントと反力架台をつなぐ微調整のアタッチメントで、油圧ジャッキを取付けるボルト穴φ20mmを100mmおきに設けて調節ができるようにした。接合はすべて高力ボルトM20を

使用した。反力荷重と反力装置を結ぶワイヤーは $\phi 19\text{mm}$ とし、3000、2000、1000mmと長さの違うものを用意して1000mm単位で調整ができるようにした。ワイヤー相互、ワイヤーと反力架台、ワイヤーと反力荷重の連結にはシャックルを用いた。

油圧ジャッキは最大荷重 300KN、最大ストローク 300mm のものを 2 台使用した。ストロークを最も縮めて、19mm 鉄板を 2 枚入れた状態で油圧ジャッキの全長は 630mm となり、ストロークを最も伸ばした状態では 930mm となる。反力架台とアタッチメントは $\phi 20\text{mm}$ のボルト 4 本で緊結した。ジャッキの操作は建物が大変形した時の危険対策のため外部操作とし、20m の油圧延長ケーブルを用いて建物の外部にて行った。反力荷重は 100KN の水平加力に対応する重量物として 1 ピース 20KN 程度のコンクリートブロックを積み上げることにより、小型運搬車(30KN ユニック車)で運べるようにするなど狭小地での運搬を考慮した。また、大変形加力時には架台の変形を修正するため、ワイヤーにチェーンブロック(40KN)を連結させた。任意形状立体解析プログラムを使用した構造解析により、この加力装置に 100KN の水平荷重を加えた場合の応力及び変形について構造上問題ないことを確認した。

4. 木造住宅の水平加力試験

4.1 建物概要

試験の対象とした木造住宅を写真 3 示す。この建物は 2001 年夏開催された山口県未来博覧会(きらら博)に一部解体移築された山口県吉敷郡秋徳町原田新作邸で、柱・差し鴨居・足固め・貫などを使用した築 100 年以上の伝統的木造住宅である。建築面積は 147.7 m^2 、構造材は大黒柱から牛梁まですべてアカマツを使用しており、大黒柱の寸法は 190 \times 190mm である。図 4 に示す平面は農家型田の字プランで、壁はすべて竹子舞を使用した土塗り壁、壁内には 25 \times 115mm の貫が 1 本水平方向に入っている。また、納屋部分を増築している。屋根は茅葺きトタン張りで、下屋には石州瓦が敷き詰められている。

4.2 水平加力試験方法

(1) 加力方法

水平加力試験は建物全体の弾性変位を観察するため、加力装置を取り付ける位置を大黒柱通りとした。X6 ライン(図 5)と Y5 ライン(図 6)がこれに相当する。それぞれの通りで大黒柱に最も近い梁を加力した。加力方法は変位制御で加力し、それぞれ以下の層間変位角について正負各 1 回繰返し加力した。

梁間方向水平加力試験

変位角 $\pm 1/1000$ 、 $\pm 1/500$ 、 $\pm 1/240$ 、 $\pm 1/120$

桁行き方向水平加力試験

変位角 $\pm 1/1000$ 、 $\pm 1/500$ 、 $\pm 1/240$ 、 $\pm 1/120$ 、 $\pm 1/60$

桁行き方向大変形(破壊)試験

1/240、1/120、1/60、1/30、大黒柱破壊まで

(2) 測定方法

測定レンジ 50mm、100mm、500mm の変位計を、不動点として組み立てた鋼管足場にマグネットと粘着テープで固定した。測定箇所は各通り毎に、足固め・鴨居・柱頭部とした。特に変位の大きい個所(柱頭部)には 500mm の変位計を使用し、桁行方向の破壊試験時には変位計が測定不能になることを予測して、トランシットにて下げ振りで大変位を測定した。



写真 3. 試験家屋 (原田邸)

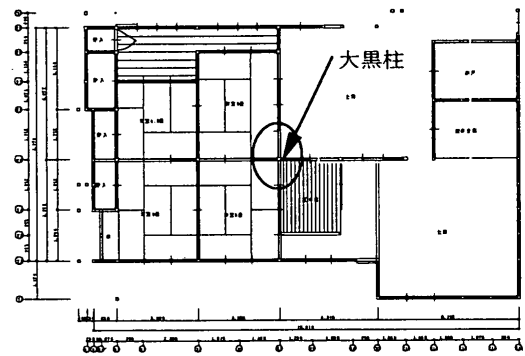


図 4 原田邸平面図

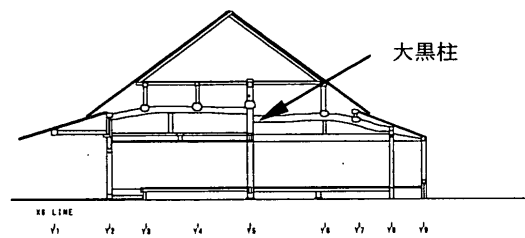


図 5. 大黒柱通り断面図 (X6LINE)

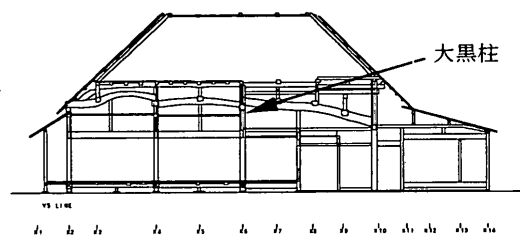


図 6. 大黒柱通り断面図 (Y5LINE)

(3) 試験日程

まず、梁間方向の水平加力試験を行い、その都度水平加力試験の状況を把握しながら加力装置を手直しして桁行方向の水平加力試験に移した。試験準備から梁間、桁行方向加力そして破壊までの試験日数は約2週間であった。

4.3 水平加力試験結果

水平加力試験は加力した大黒柱の柱頭部および柱脚部の破壊後に終了した。正加力(押し)による最大水平耐力は 68.8kN、その時の変形角は大黒柱柱頭部で 1/31.6rad、鴨居高さで 1/21.5rad. であった。変形角 1/120rad. までは梁間方向、桁行方向ともに建物に大きい損傷は生じなかったが、桁行方向加力でたれ壁コーナー部に亀裂が生じた。変形角 1/31.6rad. で大黒柱柱脚部の足固め付近と柱頭部の鴨居と小屋梁の中間部が斜め方向に割裂状に破壊した。図7に大黒柱柱頭部の荷重変位履歴曲線を示す。

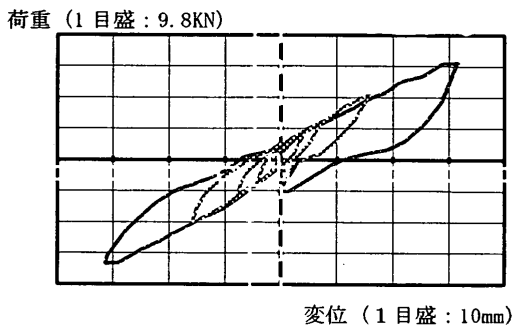


図7(1) 梁間方向荷重変位履歴曲線

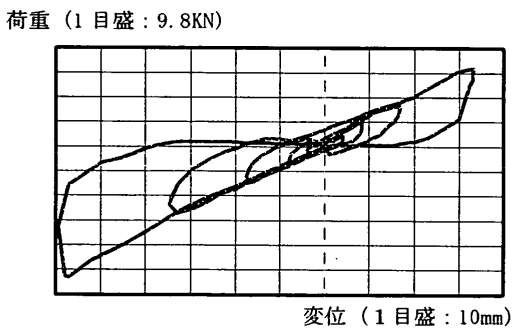


図7(2) 桁行方向荷重変位履歴曲線

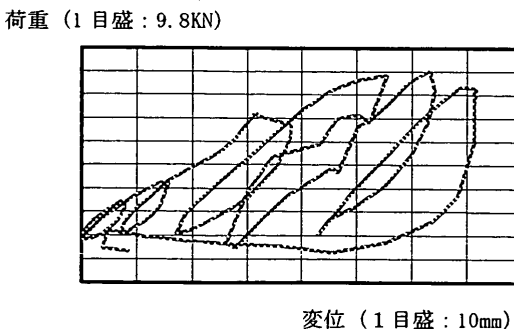


図7(3) 桁行方向荷重変位履歴曲線
(大変位)

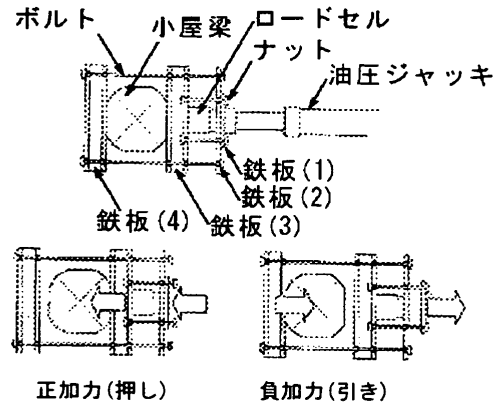


図8 アタッチメントのメカニズム

5. まとめ

町家や民家などの狭小敷地における水平加力試験を目的として開発した室内設置型加力試験装置は、軽量、小型で組立てが容易であるが、加力装置の剛性は極めて小さい。このため、水平加力に対して架台の変形が大きく、これを支持する反力装置には様々な工夫を要した。まず、建物を水平に加力するため、加力位置の小屋梁など変形断面に装着可能で、しかも正負繰返し加力が常にロードセルには圧縮力として作用するように特殊なアタッチメント(図8)を考案した。これによって、大変形時に建物に対して正確に水平加力を与えることができた。また、水平加力に対応する反力を有効に働かせるため、ワイヤーロープにチェーンブロックを取付け、油圧ジャッキとチェーンブロックを並行して操作することにより反力架台の傾斜を防止した。これらの対策を講じることによって、建物に正確な水平加力を与えることができ、図7に示すように大変位に至るまで正確に荷重変形曲線を得ることができた。

今回の水平加力試験は、対象家屋が狭小敷地に建つ伝統的な木造の農家であり、道路も狭く、40kN 車両進入禁止など重機搬入に制約があったが、開発した屋内設置型加力試験装置を使用することにより、梁間方向加力、桁行き方向加力および破壊までの一連の水平加力試験を計画通り実施することができた。

謝辞

今回の加力装置の開発、実験にあたり指導、協力していただいた京都大学西澤英和講師、東京大学腰原幹雄助手に深甚なる謝意を表します。

[参考文献]

- 1) 坂本功：伝統木造住宅の水平加力ならびに振動実験
その1 建物概要と実験の目的・方法
日本建築学会大会学術講演概要集 pp1227-1228, 1985. 10
- 2) 河合直人：伝統木造住宅の水平加力ならびに振動実験
その2 水平加力実験
日本建築学会大会学術講演概要集 pp1229-1230, 1985. 10
- 3) 杉山秀男、野田弘行、鈴木秀三、安藤直人：
江戸時代に建築された農家の水平加力試験の結果
日本建築学会構造系論文報告集第360号 pp23-25, 1986. 2

[2001年10月19日原稿受理 2002年2月18日採用決定]