

# 木造住宅の水平加力試験装置の開発研究

中園真人(感性デザイン工学科) 稲井栄一(感性デザイン工学科)  
岩田真次(感性デザイン工学専攻) 森川昌志((株)一条工務店山陰)

## The Development Research Of The Horizontal Load Examination Equipment At The Wooden House

Mahito NAKAZONO(Department of KANSEI Design and Engineering)

Eiichi INAI(Department of KANSEI Design and Engineering)

Shinji IWATA(The specializing of KANSEI Design and Engineering)

Masashi MORIKAWA(Ichijou Komuten Sanin. Co.LTD)

As for the traditional wooden house, the resistance to earthquake Noh play isn't made clear fully. There are few execution examples in horizontal load examination to make the resistance to earthquake Noh play clear. As for horizontal load examination enforced by this, execution in the small site is difficult in this way of examining it because large machine that it was completely installed around the building is being made the anti-power. This research was verified about the application of the inside establishment type load test device developed newly so that it might be the site whose thing in such cases as Machiya is small and horizontal load examination might be enforced by the resistance to earthquake experiment of the actual landlord shop.

**Key Words:** traditional wooden house, horizontal load examination

### 1.はじめに

伝統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木造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結果について報告する。

### 2.目的

伝統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) 桁行き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き方向の加力を可能とする。

(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.試験装置の概要

製作した加力装置には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り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、対象の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ため、容易に正負繰り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箇所ですべての方向の水平加力試験が可能になった。

また、組立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が可能となった。写真1および図1に加力装置を示す。図に示すように、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り付け、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。

### 3 - 2. 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により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。写真2は梁にアタッチメントを取付けた状態を示す。

### 3 - 3. 加力装置の仕様

この加力装置は 10 トン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 程度の長さで収めた。また加力する対象に対して 1m 毎で高さを調整できる。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、油圧ジャッキを取り付けるボルト穴 20mm 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



Photo1 inside establishment type load test device

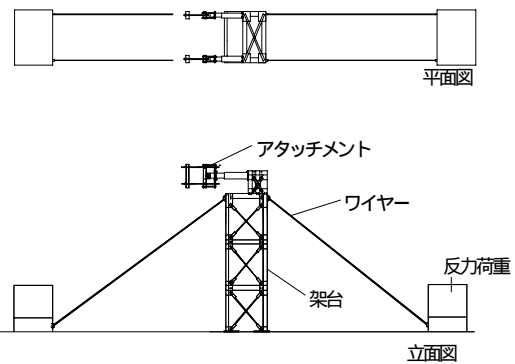


Figure1 the plan, inside establishment type load test device

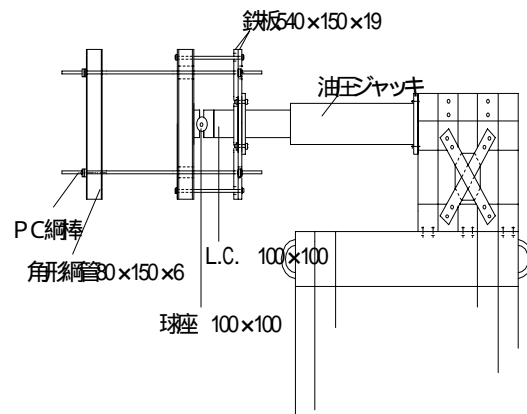


Figure2 the elevation of attachment



Photo2 attachment

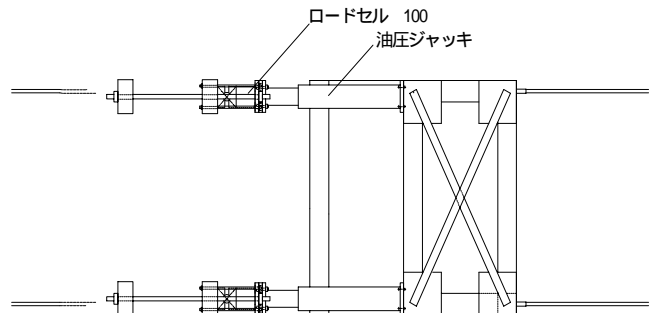


Figure3 the ground plan of attachment

20 を使用した。反力荷重と反力装置を結ぶワイヤーは 19mm 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。ワイヤー同志、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 30t、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 となる。また、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 20mm のボルトで 4 点固定とした。ジャッキの操作は建物の大変形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。反力荷重についても 10 トンの水平加力に対応する重量物を 2 トン程度コンクリートブロックの積み立て式にすることにより、小型運搬車（3 トンユニック）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、大变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（4 t）を連結させた。任意形状立体解析プログラムを使用した 3 次元シミュレーションの構造解析により、この加力装置に 10t の荷重を加えた場合の応力及び変形について構造的に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

今回、試験の対象とした木造住宅（写真 3）は 2001 年夏開催のきらら博に一部解体移築された山口県吉敷郡秋穂町原田新作邸で、柱・差し鴨居・足固め・貫などを使用した築 100 年以上の民家型伝統木造住宅である。建築面積は 147.7 m<sup>2</sup>、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 190×190mm である。平面プラン（図 4）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で壁内には 25×115mm の貫が 1 本水平方向に入っている。また現存物件は一度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する。図 3-1-2 では X6 ライン（図 5）



Photo3 the examined house

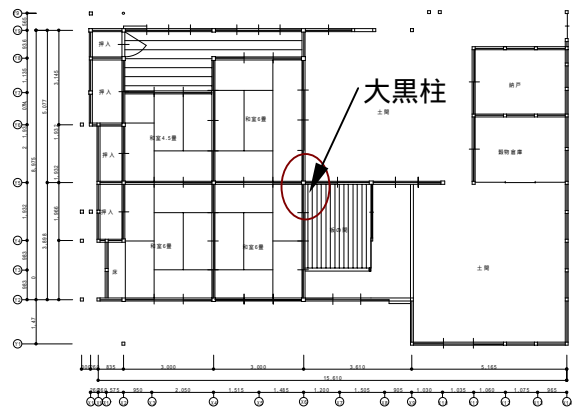


Figure4 the ground plan of harada house

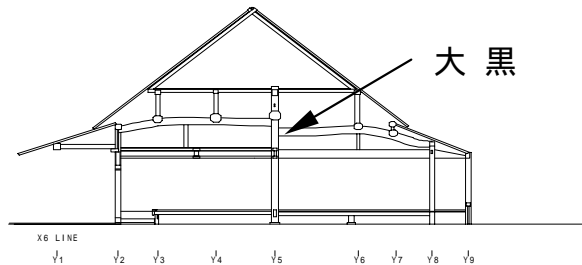


Figure5 the partial cross selection (X6LINE)

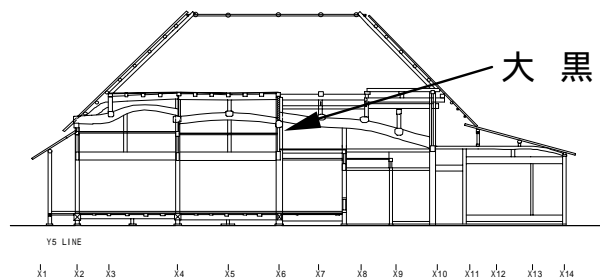


Figure6 the partial cross selection (Y5LINE)

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 回繰り返し加力した。

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

測定箇所は図7と図8で示すように、測定レンジ50mm、100mm、500mmの変位形を、不動点として組み立てた足場にマグネットと粘着テープで固定した。測定箇所は足固め・鴨居・柱頭部でそれぞれの通りに配置した。特に変位の大きい箇所(柱頭部)には500mmの変位形を使い、桁行き破壊試験の時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。

(3) 試験日程

先ず、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て桁行き方向の水平加力試験に移行した。表1に日程を示す。

月日	日	内容
8月17日	木	足場・鉄板搬入
8月18日	金	足場組立て、加力装置搬入・組立て
8月19日	土	予備日
8月20日	日	予備日
8月21日	月	足場・測定治具組立て
8月22日	火	同上
8月23日	水	測定機器設置、作動確認
8月24日	木	梁間方向加力試験、常時微動測定
8月25日	金	足場・測定治具移動
8月26日	土	予備日
8月27日	日	予備日
8月28日	月	測定機器設置、作動確認
8月29日	火	桁行方向加力試験、常時微動測定
8月30日	水	加力装置移動
8月31日	木	測定機器設置、作動確認
9月1日	金	桁行方向破壊加力試験、常時微動測定

Table1 the schedule of experiment

荷重変位履歴曲線

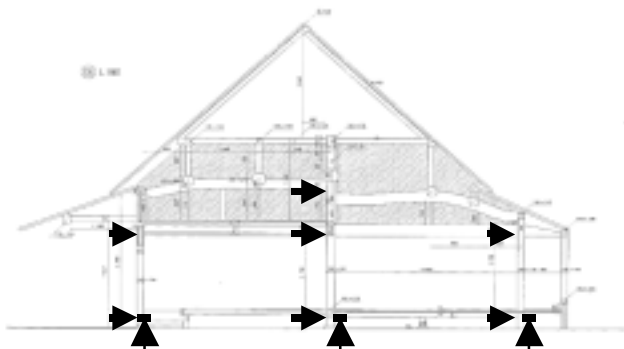
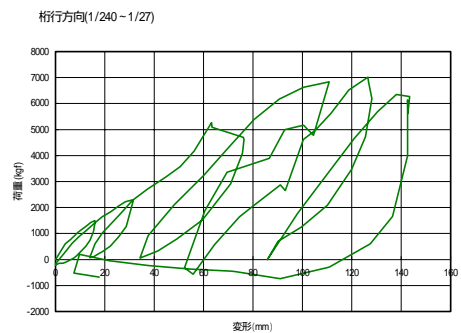
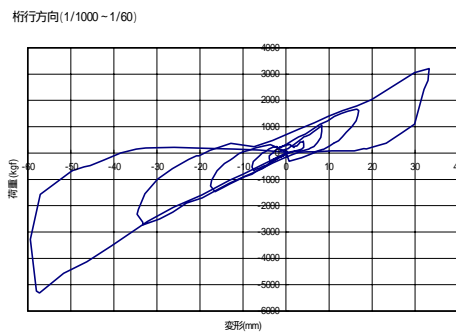
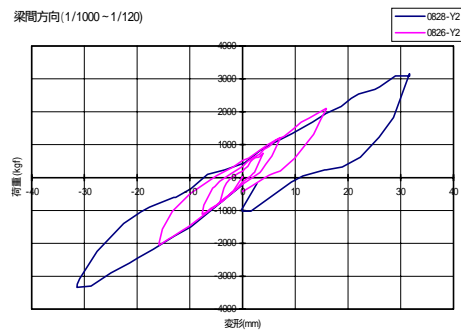


Figure7 the elevation plan , a displacement measure

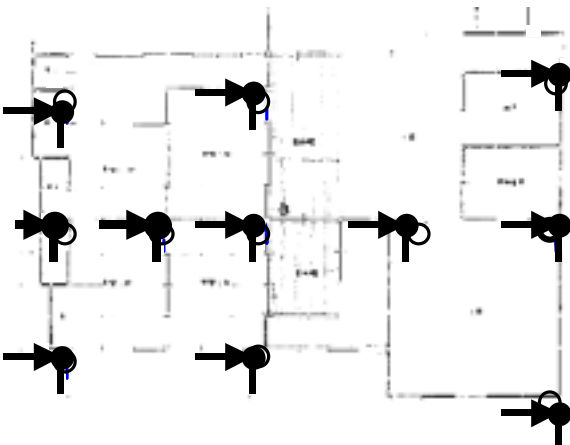


Figure8 the ground plan , a displacement measure

Figure9 the graph , the result of the exam (load - transformation)

### 4 - 3. 水平加力試験結果

図-2 に荷重変位履歴曲線を示す。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。最大水平耐力は 7.02 t、その時の変形角は大黒柱柱頭部で  $1/31.6\text{rad}$ 、鴨居高さで  $1/21.5\text{rad}$  であった。変形角  $1/120\text{rad}$  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  $1/31.6\text{rad}$  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 9 に荷重変形曲線を示す。

### 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、試験体に対して水平に加力するため、特殊なアタッチメントを考案した。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、図に示すような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木造の農家であり、道路も狭く、4 t 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。尚、破壊加力試験に立合われた木構造の権威である東京大学坂本功教授から、本実験は成功であるとの高い評価を頂いた。

### 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東京大学坂本功教授、京都大学西澤講師、東京都立大学藤田香織講師、(株)大林組技術研究所近藤哲氏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 昭和 60 年 10 月
- 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 昭和 60 年 10 月
- 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 昭和 61 年 2 月

(平成 13 年 8 月 31 日受理)