## 平成 30 年度 大畑財団 研究助成

## 「慣用釘に制振性能を付与する研究」報告書

令和元年 10 月

# 第一工業大学 建築デザイン学科 教授 吉田競人

### 1 序

木造住宅の耐震化を向上させるための手段としては、 免震装置のほかゴムやオイルを利用したダンパーなどの 制震部材を設ける方法が主流であるが、いずれも高価で ある。これに対し、本研究は釘に制振性能を付与(以下 制振釘と称する。)するという新たな発想による住宅の耐 震化に関する研究である。上述の装置的なものと異なり、 合板を使用する耐震壁はもちろん、雑壁などにも制振性 能を付加させることが可能となり、耐震性能の大幅な向 上が見込める。これまでに行った基礎実験<sup>1)</sup>では、慣用 釘と比較し等価粘性減衰定数は 2,3 回の繰返しにおいても、 20%以上と高く地震力を大幅に低減する可能性を示したも のの、施工性に難点があった。この点を踏まえ普及に向 け施工性能を向上させた形状を開発したのでその実験を 行い、制振部材としての可能性の把握を行うことを目的 としている。

### 2 制振釘概要

これまでの基礎実験<sup>1)</sup>において使用した制振釘は釘頭、 上部、胴部、脚部および貫入部の5つの部位から構成され ていた(図1左)。これに対し改良を加えた制振釘は釘頭 をなくし上部両側に傾斜を設ける形状としたほか、貫入 部を鋭角な V 字型としその両側にエッジを設けることに した。この理由は、制振釘を打撃することにより生じる 座屈は、貫入の困難さと打撃時の偏心であると考えたこ とによるものである。このほかの変更点として、早期に 塑性化しエネルギー吸収を可能とする胴部形状を押し抜 き加工を可能とするように、胴部中央にあった開口部の 代わりに、両側にくびれを設ける形状とした。



### 3 実験概要

試験体加力装置および加力装置写真をそれぞれ図2と写 真1に示す。また、試験体形状を図3に示す。試験体柱材 断面寸法は105mm×105mmのスギ、構造用合板は厚さ 12mm(JAS規格2級)である。構造用合板と柱材の取り付け は制振釘による。取付用制振釘本数は裏面表面にそれぞ れ2か所ずつ、計4本で留めている。右側支持端はM20 ボルトと鋼板により構造用合板と柱材が移動しないよう



図2 制振釘加力装置概要



写真1 制振釘加力装置



図3 試験体形状

に支持H鋼に緊結した。なお、本実験においては既報<sup>1</sup>)試 験体と異なり、構造用合板と柱材の間にスペーサーは使 用しないものとした。加力はアクチュエーターによる正 負交番繰返しとし、加力サイクルは変位制御方式である。 変位量は1mm、3mm、7mm、10mmとし各変位とも3サイ クルの繰返しとした。制振釘形状のパラメータは脚部長 さ(a)(図1参照)と脚部に設けた貫入部の角度(b)の2 種類とし、それぞれ2通りに変化させ計4体の試験体を作 製し実験を行った。また、試験体一覧は表1に示すとおり である。制振釘形状写真を写真2に示す。

	a(mm)	b(° )	L(mm)
A1	15	60	47
A2	20	60	52
B1	15	45	40
B2	20	45	45

表1 試験体一覧



写真 2 制振釘形状 (左から A1,A2,B1,B2)

これら4種類の釘を使用し加力試験体を製作する際、特 に治具を使用しなくとも全制振釘は座屈することなく貫 入した。このことから、施工性を左右する要素の一つで ある偏心打撃の防止という点においては、釘頭を無くし 頭部両側に設けた勾配の有効性が確認された。また施工 時の貫入に関し貫入部刃先角度が鋭角のタイプ A と鈍角 のタイプ B を比較すると、タイプ A は一度の打撃で深く 貫入できる。一方、タイプBは貫入速度が遅いものの位置 ずれなど起こした時に修正が容易(斜めに入った時など に戻しやすい)という利点を有した。なお釘の材質は SS400 である。

## 4 実験結果

各試験体の加力終了後の写真を写真3に、荷重一変形曲 線および等価粘性減衰定数一覧をそれぞれ図4と図5に 掲げる。試験体4体ともに変位が3mmに達すると合板が 柱材から浮上り始め、制振釘上部が構造用合板にめり込 み始めた。めり込みは変位の増大と共に顕著となり、変



写真 3a 試験体 A1 変形性状



写真 3b 試験体 A2 変形性状





写真 3c 試験体 B1 変形性状





写真 3d 試験体 B2 変形性状





位が 10mm に達すると制振釘頭部の合板が抜け、強度が 大幅に減少したため試験を終了した。なお、A2、B1、 B2 試験体についてはその後も変位を増大したところ変位 が 15mm に達すると制振釘胴部下において破断が生じた

(写真 3b,c,d 参照)。加力終了時の釘変形は写真 3a の A1 試験体に見られるように胴部下に集中し、制振釘全体の 浮上りは多少見られるにとどまった。柱部材上部には制 振釘胴部の変形に伴うめり込みが見られたが、脚部には 見られなかった。この挙動も残り三体共に同様であった。 最大荷重は A1、A2 共にほぼ等しく約 10kN、B1、 B2 はAタイプよりもやや低い9kNとなった。いずれも 制振釘 4 体分の値である。

図 4 の応力-変形曲線において1サイクルと 2,3 サイ クルの挙動が異なる。これは1サイクル目に制振釘によ る合板へのめり込みが生じたためである。一旦めり込み が生じた後の 2,3 サイクルの挙動は同一となる。なお 図 4 中に示す実線と点線はそれぞれ制振釘胴部が降伏に 達した時の降伏時せん断力と全塑性となった時のせん断 力を示している。実験値が計算値と異なり、下回った原 因は、胴部上下が塑性に達する前に合板にめり込みが生 じたためである。図 5 の等価粘性減衰定数は図 4 の実験 結果を基に下式により算出した結果である。

$$h_{eq} = \Delta W / (4\pi W) \tag{1}$$

ここで、ΔWとWはそれぞれ履歴ループ1サイクルの面 積と等価ポテンシャルエネルギーを示す。全試験体とも 1サイクル目は高い値を示し、その後2,3サイクルにお ける等価粘性減衰定数は、変位が1mmから7mmの間は ほぼ同じ数値を示した。2~3サイクルにおけるAタイプ の等価減衰定数は15%~19%、Bタイプは13%~21%と なった。

#### 5 結論

施工性能を改善するために新たな形状の制震釘を作成 し、4 種類の試験体に対する正負繰り返し加力を行った 結果、以下の知見が得られた。

- 2) 脚部の長い A タイプが B タイプよりもやや大きい荷 重を示した。
- 等価粘性減衰定数 heq は、2、3 サイクルよりも1 サ イクルが高い値を示し、20%を超える減衰定数を示し た。2、3 サイクル時の heq は 1mm から 7mm までの 変位に対しほぼ等しい値を示した。A タイプは 15%~ 19%、B タイプは 13%~21%となった。
- 4)本報告において改善を行った新タイプの制振釘は施工 性能が改善されたものの、加力の増大に伴い、釘から 合板が抜け始めるという現象が見られた。より高い等

価粘性減衰定数を得るためには、この点を改善する必要があり、今後の課題である。

#### 謝辞

本研究の一部は、平成30年度大畑財団研究助成金 (慣用釘に制振性能を付与する研究)の提供を受けお こなわれました。また、制振釘の作成に当たり (株) BX カネシンの協力を得ました。ここに謝意を 表します。

#### 参考文献

 船木裕之,吉田競人,西澤秀樹:構造用合板を使用した制震釘の開発,日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 III, pp.563-564, 2015/8