

制震機能付き筋かい金物の耐震性能評価

その1 金物の概要と静的せん断加力試験

正会員 ○榎田 剛*
同 古田 智基**
同 中尾 方人***

在来軸組構法 筋かい金物 制振
高減衰ゴム 静的せん断加力試験 等価粘性減衰定数

1. はじめに

在来軸組構法において、筋かいは主要な耐震要素であるが、釘打ちの構造用合板などに比べて靱性が乏しく、また、柱や横架材といった軸組との接合部は、地震による建物の振動エネルギーを効率良く吸収するディテールになっていない。

そこで、筋かい金物に塑性変形が集中する部分をつくり、さらに、高減衰ゴムも付加することで、剛性と靱性をバランス良く持ち合わせ、従来の金物に比べて制震効果が高い、制震機能付き筋かい金物を開発した。本報では、この筋かい金物の概要と、この金物を用いた筋かい耐力壁の静的せん断加力試験を行った結果を報告する。

2. 本筋かい金物の概要

本筋かい金物の外形を図1に示す。これは、厚さが3.2mmの垂鉛めっき鋼板を図2のように切り出し、左右4カ所に切り欠きを施したうえで、図3のように折り曲げ加工したものである。切り欠き部では、折り曲げた後の内径は5mmである。せん断弾性係数0.4N/mm²の高減衰ゴムは、鋼板を折れ曲げることでできた5mmの幅のスペースに充填され、加硫接着される。内部への充填と同時に、このゴムは金物の表面も被覆し、鋼材の急激な塑性変形や腐食を防止する。写真1に完成した金物を示す。

本筋かい金物は、図4のように内使いとし、筋かい側に径が3.7mm、長さ45mmのビス6本、柱側に径が3.7mm、長さ75mmのビス9本で留め付ける。

軸組のせん断変形に伴って筋かいに軸力が作用すると、

金物の表面と裏面にずれ変位が生じ、切り欠き部にひずみが集中して、エネルギーを吸収する。また、高減衰ゴムにもせん断ひずみが生じ、減衰力を発生する。

3. 静的せん断加力試験

本筋かい金物を断面が45mm×90mmの筋かいの両端に用いた片筋かい試験体を3体製作し、静的せん断加力試験を行った。横架材芯々間距離は2730mm、両柱芯々間距離は910mmで、その中央に30mm×105mmの間柱を設置した。桁(ベイマツ)の断面は180mm×105mmであり、柱および土台(スギ)の断面は105mm×105mmである。柱-桁および柱-土台仕口は短ほぞ差しであり、試験はタイロッド式で行った。真の変形角1/600rad~1/50radで正負3回繰り返し荷重を行い、その後、筋かいの引張側に単調荷重を行った。筋かいの圧縮側には1/120radまでとした。なお、今回の試験で用いた金物は、安全側の評価が得られるよう、金物表面の被覆としての高減衰ゴムは接着されているが、内部のゴムは金物に接着されていない。

図5に荷重-真の変形角関係、図6に包絡線を示す。1/100radを超えると、金物の表面と裏面のずれが顕著になり、荷重-変形角関係の履歴面積が大きくなった。さらに変形が進むと、金物の表裏のずれがさらに大きくなり、ひずみが集中する5mm幅の部分が破断して耐力が低下した。柱側のビスで最も端のものについては、頭部が破断してしまう場合もあったが、そのことによる耐力の低下は顕著ではなかった。また、筋かいの端部に割れが生じる場合もあったが、耐力の低下は生じなかった。

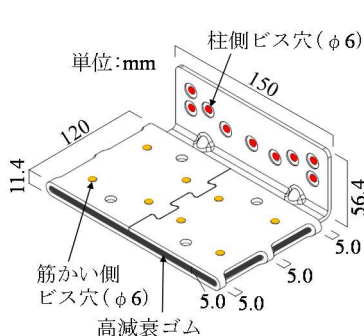


図1 本筋かい金物の外形

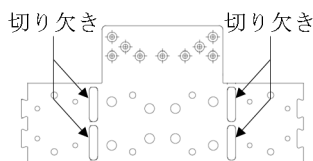


図2 折り曲げ前の本金物

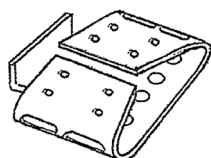


図3 折り曲げ方法



写真1 高減衰ゴムを加硫接着して完成した本金物

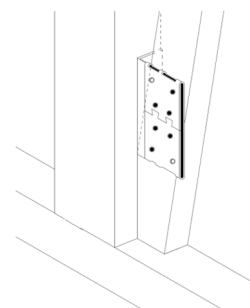


図4 本金物を軸組に取付けた状態

表1に特性値の一覧を、表2に壁倍率を評価した結果を示す。これらの表の数値は、軸組の負担力を差し引いた包絡線から得られたものである。4つの指標は近い値であり、剛性、耐力、靱性のバランスがとれていることが分かる。最小値はPyであり、ばらつきによる低減を考慮すると、壁倍率は1.88となった。

4. 復元力特性のモデル化

静的せん断加力試験で得られた荷重-変形角関係から、

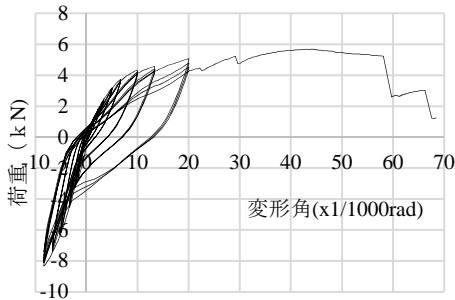


図5 No.3の荷重-変形角関係

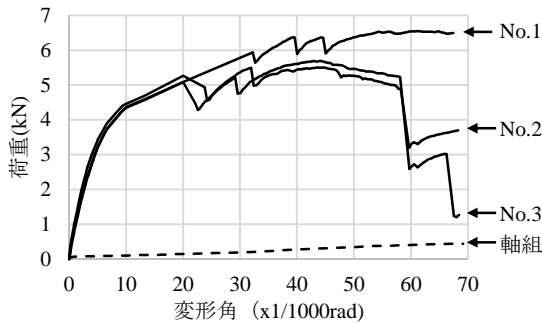


図6 全試験体の包絡線

表1 完全弾塑性モデルの特性値一覧

	No.1	No.2	No.3
Py(kN)	3.74	3.28	3.40
Pmax(kN)	6.16	5.30	5.39
$P_{(1/150rad)}$ (kN)	3.66	3.82	3.65
Pu(kN)	5.62	4.88	4.90
μ	6.24	8.06	6.92
$Ds(=1/\sqrt{2\mu-1})$	0.30	0.26	0.28
$0.2 \cdot Pu/Ds$ (kN)	3.81	3.80	3.51
$2/3Pmax$ (kN)	4.11	3.53	3.59
K(kN/rad)	526	672	580
γ_y (x10 ⁻³ rad)	7.11	4.88	5.86
γ_v (x10 ⁻³ rad)	10.69	7.25	8.44
γ_u (x10 ⁻³ rad)	66.7	58.4	58.4

Py:降伏耐力、Pmax:最大耐力、 $P_{(1/150rad)}$:1/150rad時の耐力、Pu:終局耐力、 μ :塑性率、Ds:構造特性係数、K:初期剛性、 γ_y :降伏耐力時の変形角、 γ_v :仮想降伏点における変形角、 γ_u :終局変形角

本金物を用いた筋かい耐力壁の履歴モデルを作成する。

まず筋かいの引張側については、3折れ線のトリリニアとし、試験結果に近づくように各パラメータを調整すると、図7のような荷重-変形角関係が得られた。

次に筋かいの圧縮側は、4折れ線のNCLモデル¹⁾を用い、同様に、試験結果に近づくように各パラメータを調整した。静的せん断加力試験では、筋かいの圧縮側は1/120radまでであったため、筋かいに座屈は生じなかったが、解析モデルでは、せん断力が6.5kNで座屈が生じると仮定している。

上記のような復元力特性を骨組解析モデルに設定し、増分解析を実施して、たすき掛けの筋かい耐力壁の荷重-変形角関係を求めた。その結果から算定した等価粘性減衰定数は、1/100radで8.7%、1/50radで16.3%となり、釘打ちの構造用合板に匹敵する減衰性能を有していることが分かった。

5. まとめ

剛性と靱性をバランス良く持ち合わせ、従来の金物に比べて制震効果が高い筋かい金物を開発し、その概要と静的せん断加力試験結果を示した。

謝辞

静的せん断加力実験は、ハウスプラス確認検査株式会社 横浜試験研究センターで行われました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 松永裕樹, 曾田五月也, 宮津裕次: 木質構造物の復元力特性のモデル化と動的解析への適用, 日本建築学会関東支部研報告集, pp.201-204, 2008.3

表2 壁倍率の評価

	平均値 (kN)	変動係数 CV	ばらつき係数	50%下限値 (kN)	壁倍率
Py	3.47	0.068	0.967	3.35	1.88
$P_{(1/150rad)}$	3.71	0.025	0.988	3.66	2.05
$0.2 \cdot Pu/Ds$	3.70	0.045	0.978	3.61	2.03
$2/3Pmax$	3.74	0.085	0.959	3.58	2.01

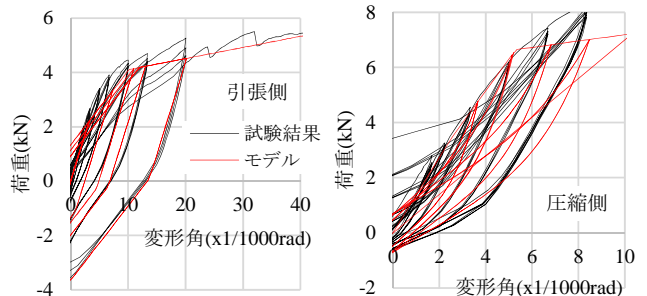


図7 荷重-変形角関係のモデル化

* 株式会社カネシン

** 第一工業大学 建築デザイン学科 教授・工博

*** 横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院 博士(工学)

* Kaneshin CO., Ltd.

** Professor, Daiichi Institute of Technology, Dr. Eng.

*** Yokohama National University, Dr. Eng.