

- 1 5 エネルギー吸収デバイスを用いた木造建築物の耐震性能評価 Evaluation of Seismic Performance of Timber Structures using Energy Absorbing system

(研究期間 平成 12～13 年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering

山口修由
Nobuyoshi Yamaguchi

Synopsis - Timber houses were damaged during 1995 Kobe Earthquake. Seismic performance of timber houses must be improved in order to reduce their damage. In the shaking table test of braced shear walls using lumber braces with end connection plates, lumber braces with knots were damaged by tensile forces. Braced shear walls using LVL braces prevented tensile damage of braces in the shaking table test. Shear walls with LVL braces succeeded to realize failure modes that are considered in structural calculation.

Furthermore energy absorption devices for braced shear walls can improve seismic performances of timber structures. This research develops prototype of energy absorbing devices for braced shear walls. Energy absorbing steel plate with slits was designed for braced shear walls. Yield strength and yield deformation of the devices were calculated using design formula. Prototype of energy absorbing devices was manufactured. It was clarified that compact energy absorbing devices have advantages to install in braced shear walls of timber structures..

【研究目的及び経過】

1995 年阪神淡路大震災では多数の木造建築物が被害を受けたため、木造建築物の耐震性能の向上とその信頼性の向上をはかる必要がある。この研究では、木造建築物の耐震性能の向上、およびその信頼性を高めるために、軸組構法の木造建築物で普及している筋かい耐力壁の問題点を整理し、筋かいに付加して用いる、地震時のエネルギー吸収能力を高めるエネルギー吸収デバイスを開発することを目的とする。

【研究内容】

1, 筋かい耐力壁の性能調査

軸組構法の木造建築物では、地震時の水平力に抵抗する要素として、筋かいを用いた耐力壁が主に用いられている。この筋かい耐力壁の耐震性能を調べるため、既存の実験データ等を収集し、問題点を整理した。

2, エネルギー吸収デバイス付き筋かいの設計と試作

筋かい耐力壁は、図 1 に示すように、復元力特性がス

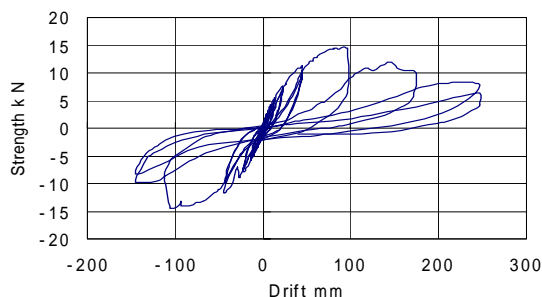


図 1, 筋かい耐力壁の復元力
Strength-Deformation Relationship of Braced Shear Wall

リップ型でエネルギー吸収能力が低い。筋かい耐力壁のエネルギー吸収性能を改善し、その信頼性を高めるために、エネルギー吸収デバイスを用いる方法がある。エネルギー吸収デバイスを筋かいと一体化させた場合、木造建築物の耐震性能の向上させ、その信頼性を向上させることが期待できる。木造建築物の耐震性状と調和したデバイスとするため、木質建築物の水平耐力および剛性にあわせて、エネルギー吸収デバイスの設計を行った。

【研究結果】

1, 端部補強による筋かい耐力壁の問題点

筋かい耐力壁に対して、従来は筋かい材の端部は、釘止め程度の緊結で、筋かい材に作用する引張力は小さく、筋かい耐力壁の水平抵抗性能は、筋かい材の圧縮耐力を用いて評価してきた。

一方で、近年は筋かいの端部を金物で補強することが進んでいる。写真 1 に筋かい端部を金物で補強した、筋

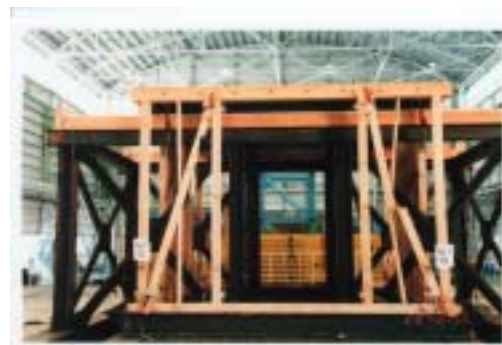


写真 1, 筋かい耐力壁の振動実験の結果 (製材筋かい)
Shaking Table Test of Brace System using Lumber

かい耐力壁の振動台実験の結果を示す¹⁾。加振により座屈した筋かいは4本中の1本で、他は節が原因となって引張又は曲げ破断している。筋かい材の端部が金物で緊結された場合、筋かい材に引張力と2次応力としての曲げが作用する。節が存在する製材を用いた筋かいでは、節の影響で引張または曲げ耐力が低下していると考えられる。この場合、座屈耐力で筋かい耐力壁の水平抵抗性能を評価する方法を直接適用することは、構造計算の前提が異なることになる。

端部が補強された筋かい耐力壁では、筋かい材に引張力が作用するため、引張力に対して信頼性の高い部材を用いる必要がある。写真2に、端部を補強し、筋かい材にLVLを用いた筋かい耐力壁の振動台実験の結果を示す¹⁾。写真2では、筋かいは座屈もしくは接合部が引張で破断している。このような場合では、筋かい材の座屈耐力と接合部の引張耐力を検討することで、筋かい耐力壁の水平抵抗性能を計算することが可能になる。このように、端部補強された筋かいは引張破断を防ぐ方法として、筋かい材にLVLを用いる方法を提案できる。

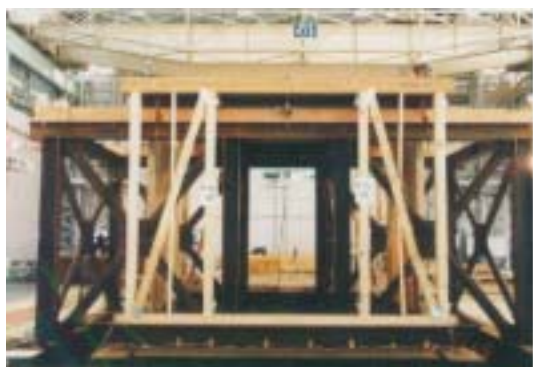


写真2, 筋かい耐力壁の振動台の結果 (LVL筋かい)
Shaking Table Test of Brace System using LVL



写真3, 筋かいは座屈 (LVL筋かい)
Backling of Brace using LVL

2, エネルギー吸収デバイス付き筋かい

筋かい付き耐力壁の性能をさらに向上し、信頼性の高いものにするため、鋼製縦スリットタイプの鋼板を、筋かい用にデバイス化した。

降伏耐力

複数のスリットを持つ鋼製プレートを用いた降伏耐力は、以下の1式²⁾による。

$$Q_y = \min \left\{ n \frac{\sigma_y t B^2}{2H'}, n \frac{2\sigma_y t B}{3\sqrt{3}} \right\} \quad \text{---- 1)}$$

第1項は、曲げ降伏時で、第2項はせん断降伏時である。ここで、 Q_y は降伏耐力、 n は支柱数、 t はプレート厚、 B は支柱幅、 H' は等価支柱高さを示す。

降伏時変形

降伏時変形を、以下の2式²⁾に示す。

$$\delta_y = \frac{1.5Q_y H_T}{nEtB} \left[\left(\frac{H'}{B} \right)^2 + 2.6 \right] \quad \text{---- 2)}$$

ここで、 δ_y は降伏変形、 H_T は全支柱高さ、 E はヤング係数、を示す。

エネルギー吸収デバイス付き筋かいの設計と試作

壁倍率5程度の耐力壁の開発を目標に、降伏耐力が30kNとなるデバイスを試作した。鋼板厚3mmで幅20mm、高さ20mmの支柱を4本で構成するエネルギー吸収デバイスを設計し、試作した。試作したデバイス場合では、式1)および式2)から、降伏耐力 Q_y は28kN、支柱の1/1000radの変形後、塑性変形を開始して、エネルギー吸収を始めることができる。本デバイスは小型化が可能である。壁倍率1.5用に設計して厚45mmの筋かいに取付けた場合、一般的な筋かい耐力壁をエネルギー吸収デバイス付きにできる。このため、エネルギー吸収性能の高い耐力壁を分散して配置できる、筋かい用デバイスであることが明らかになった。

【参考文献】

- 1) 箕輪親宏、山口修由、「振動台実験による木造耐力壁の動的耐震性能評価—第2報、各種耐力壁のエネルギー消費量を用いた耐震性能評価—」、日本建築学会大会講演梗概集、1997年
- 2) Climent, Oh, Akiyama, "Ultimate Energy Absorption Capacity of Slit-type Steel Plates Subjected to Shear Deformations", 日本建築学会構造系論文集、第503号、1998年1月