

## 極軟鋼を用いた地震エネルギー吸収部材の研究

日本大学	正会員	村田 守
日本大学	学生会員	櫻田 尋基
NKK		加村 久哉

### 1. 目的

近年、特に阪神大震災後、建築の分野においてエネルギー吸収要素を建物内に組み込み地震時に建物の揺れを低減する制震設計が注目されている。中でも、極軟鋼を用いた制震ダンパーなどで構造の損傷を抑える工法の採用への動きが活発になっている。極軟鋼を用いた制震ダンパーの特長として、地震時の建物の揺れを低減する、地震後の補修が容易である、他の制震装置と比べて安価である等が挙げられる。

従来用いられてきたダンパーは、圧延した板をそのままブレースとして利用した長方形断面の部材である。これは極軟鋼による平鋼を軸材としているもので、この形状では簡単に座屈現象を起こすため、その防護策として平鋼を角材の補剛鋼管に納めることによって座屈を回避していた。そこで本研究では、これまでのようなブレース全長でエネルギー吸収するタイプのダンパーではなく、構造物のブレースに部分的に部材をはめ込み、その部分でエネルギー吸収をさせることを前提としたタイプのダンパーを対象とし、いくつかの形状についてエネルギー吸収量性能を比較し、検討してみることにした。

### 2. 性能の比較方法

性能の比較は、実際に部材を作成し載荷試験により比較を行うのではなく、有限要素法による数値解析により行った。解析には汎用有限要素法ソフトを用いて、材料非線形性や大変形を考慮した解析を行った。解析では、モデルの一端を固定し、他端に引張り圧縮の繰り返し変位を与えた。繰り返し変位の振幅量は $\pm 10, 15, 20, 25\text{mm}$ とし、 $\pm 10, 15, 20\text{mm}$ 間では1サイクルずつ、 $\pm 25\text{mm}$ では3サイクルを連続的に変位させた。そして、各振幅における1サイクル目の変位荷重履歴曲線からエネルギー吸収量を算出し、比較した。

### 3. 検討モデル

今回用意した検討モデルを図1に示す。左から平板型、H型、六角型、三角型、ひし型と呼ぶ5種類である。全てのモデルにおいて、降伏荷重が統一されている。全体の高さ約100mm、奥行き50mm、幅は最小約19mm、最大約110mmとなっている。

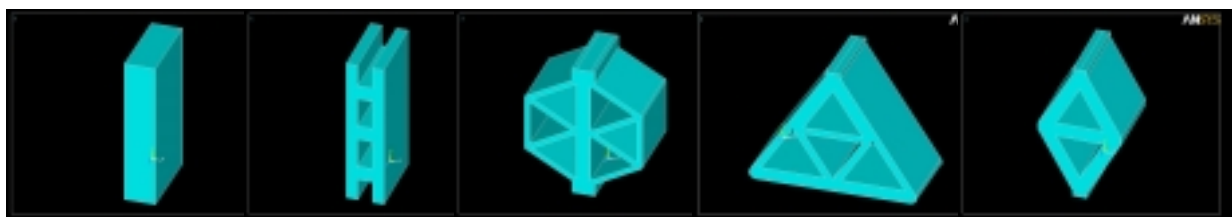


図1 検討モデル（左から、平板型、H型、六角型、三角型、ひし型）

### 4. 使用した材料データ

使用した極軟鋼の材料特性は材料非線形性を考慮し、応力 - ひずみ曲線の弾性域を1直線で、塑性域を4直線で近似して使用した。今回使用した材料はLY-100、LY-160、LY-235と呼ぶ3種類あり、降伏応力がそれぞれ概ね100、160、235MPaのものとなっている。

### 5. 解析結果

#### 5.1 履歴曲線について

LY-235の場合の各形状の履歴曲線を図2に示す。平板型では、小さい変位では大きな乱れもなく履歴曲線

キーワード 極軟鋼, 座屈, 履歴曲線, エネルギー吸収

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町1丁目2番1号 日本大学生産工学部 TEL 047-474-2347

を描くことができているが、25 mmの振幅から荷重が減少し始め、その後の圧縮時には座屈現象が生じたため、この形状では十分なエネルギー吸収がなされていない。H型、六角型では荷重のかかる方向の部材が存在してい

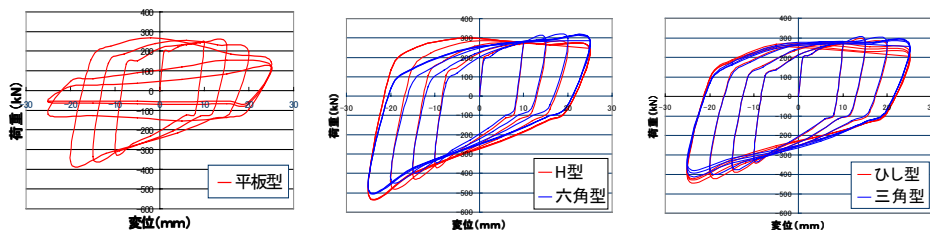


図2 履歴曲線 (LY-235 平板型、H型・六角型、ひし型・三角型)

る。これらのモデルで比較すると、グラフ左上部分では荷重はH型の方が大きく、25mmでの荷重は六角型の方が大きくなっている。圧縮側の領域では、全体的にH型の方が負の方向に荷重が大きくなっている。ひし型、三角型では荷重のかかる方向に対して部材が斜めに存在している。これらのモデルで比較すると、全体的に似たような軌跡を描くが、引張り時の15~25mm変位において、ひし型はモデルの上半分のみの変形となってしまうため、そこがへたってきたために荷重が減少してしまった。

## 5.2 エネルギー吸収量の比較

材料ごとに各形状のエネルギー吸収量を比較して図3に示す。全ての材料においてH型は他の4種類より吸収量が大きくなった。H型以外のものについて見ると、LY-235、LY-160のものでは六角型、三角型、ひし型、平板型の順で大きく、LY-100のものでは振幅20mm付近までは三角型、ひし型の方が六角型よりも大きくなっており、その後は先程の2種類の材料の結果と同じになった。また、どの材料でも平板型は大きな振幅では吸収量を減少させており、これは、座屈発生によってエネルギーの吸収ができなくなってしまったためである。

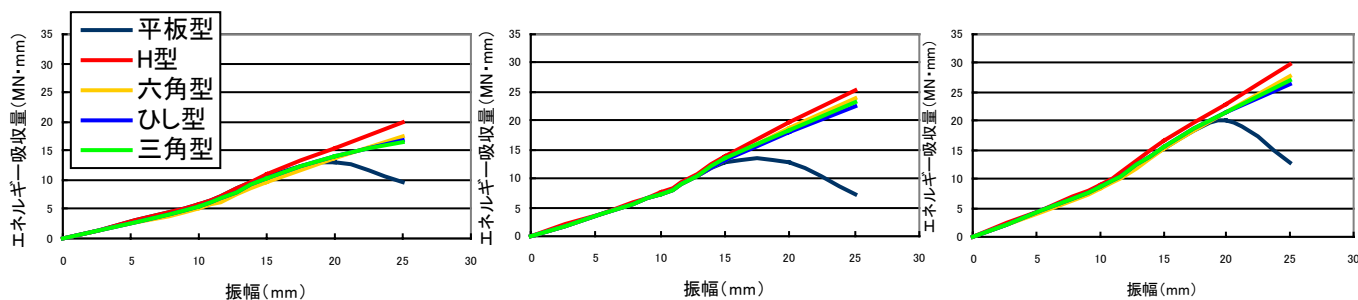


図3 エネルギー吸収量の比較 (左から LY-100, LY-160, LY235)

## 7. 結果・考察

平板型は、大変位で座屈してしまった。これは、引張りによって断面の小さくなってしまった部分が圧縮時に不安定現象を起こし、座屈してしまったためである。H型と六角型は座屈せずに全体的な変形が起こった。H型は圧縮時に部材を安定させるために全体の幅を増加させることで、六角型は組合せを左右から押さえつけるような構造にすることで、座屈せずに、結果的にエネルギーの吸収を維持できたということにつながったと考えられる。ひし型や三角型は、加えられた荷重を分岐させるような部材の組み合わせのために変形に偏りが生じてしまい、全体的な変形が起こらなかったと考えられる。これらのことから、5種類の形状の中では、変形の様子やエネルギー吸収量から判断して、H型、六角型のように荷重方向に部材が存在している形状が効率の良いエネルギー吸収をすることがわかった。今後、取り付け対象となる構造物を想定し、必要とされる降伏荷重に見合った大きさに部材全体を調整し、また実際のブレースに組み込んだ使用状態での検討を行う予定である。

## 参考文献

- ・中込,他:“低降伏点鋼を用いた鋼管補剛平鋼ブレースの疲労特性に関する実験的研究”,日本建築学会構造系論文集. 2000
- ・伊藤,他:“ダンパー用極軟鋼を用いた履歴型制震デバイス”,NKK 技報. No.170. 2000 6