

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
日本大学		坂井 卓爾

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 $\pm 10 \sim 50\text{mm}$ の5mm間隔とし、それぞれのサイクルを連続的に変位させた。そして、各振幅におけるサイクル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H型、日型、田型と呼ぶ3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となっている。



図1 検討モデル（左からH型、日型、田型）

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-235であり、降伏応力が235MPaとなっている。

5. 解析結果

5.1 履歴曲線について

各形状の履歴曲線を図2に示す。H型においては、小さい変位では大きな乱れもなく履歴曲線を描くことが

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

できているが、25mm以降の振幅では荷重が減少し始め、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50mmという大きい変位ではエネルギー吸収ができていない。日型では、小変位では理想的な履歴曲線を描くことができているが、大变位になると引張り時に荷重が減少し始め、その後の圧縮時には曲線の軌跡に変化が生じた。この形状では座屈が起こる前の $\pm 25\text{mm}$ の振幅範囲内であれば、十分なエネルギー吸収が可能であると考えられる。

田型では、引張り直後の荷重に日型との差は見られないが、比較的大きな履歴曲線を描いた。変位が $\pm 35\text{mm}$ に達した時、特に圧縮側において曲線の軌跡に変化が見られた。つまり変位が $\pm 35\text{mm}$ のとき座屈現象が起こったと言える。また、圧縮側で、全体的に田型の負の荷重が大きくなっているのがわかる。

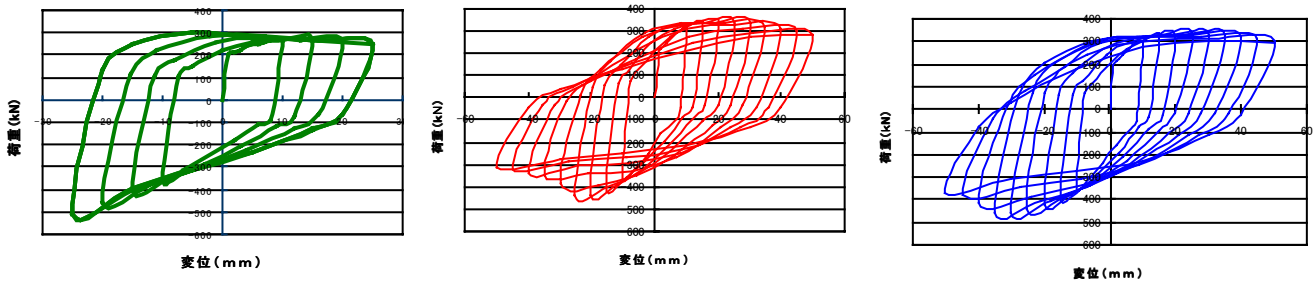


図2 履歴曲線（LY-235H型、日型、田型）

5.2 エネルギー吸収量の比較

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田型は他の形状より吸収量が大きくなった。続いて大きい順に日型、H型となった。それぞれ振幅25mmまではエネルギー吸収量に変化は見られなかった。しかし、H型はその後振幅30mmぐらいからエネルギーを吸収できていない。日型においてはエネルギー吸収量が増加しているものの、その増加率の低下が見られる。一方、田型は振幅35mmまで順調にエネルギーを吸収していることがわかる。

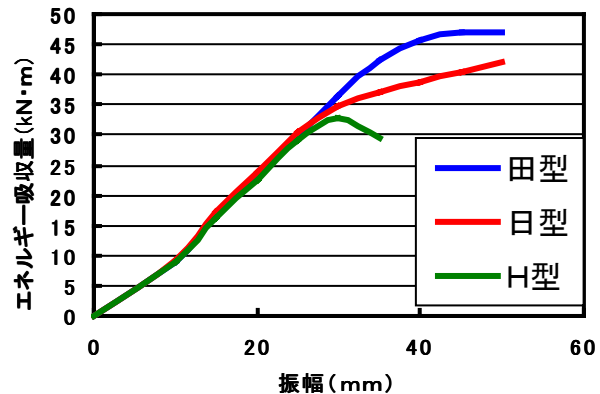


図3 エネルギー吸収量の比較

7. 結果・考察

H型は、大变位で座屈してしまった。これは、引張りによって断面積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、座屈してしまっただけである。日型は、断面が線対称的になっていて、左右の2方向で支持しているため引張りや圧縮の変形によるエネルギー量が減少していくのに対し、田型では点対称的な4方向からの全面支持のため全体の変形によるエネルギー吸収ができたと考えられる。

3種類の形状の中では、エネルギー吸収量から判断して、田型の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