

## 2種の新型高機能制震ダンパーの簡易的復元力モデルの構築に関する研究

名城大学 学生会員 ○浅野 拳斗 豊田市 近藤 加奈 名城大学 フェロー 葛 漢彬

### 1. まえがき

座屈拘束ブレース（以降 BRB と呼称）を導入した制震構造の弾塑性地震応答解析を行う際に、BRB は全体座屈を起こさない両端ピンのトラス要素あるいは、ばね要素でモデル化され、その復元力モデルが提案されている<sup>1)</sup>。これは、耐震実験から得られた履歴曲線の正負の包絡線を平均化し、履歴吸収エネルギーが等価になるようにして求められた骨格曲線をバイリニア型の移動硬化則（図-1）に適用したものである。

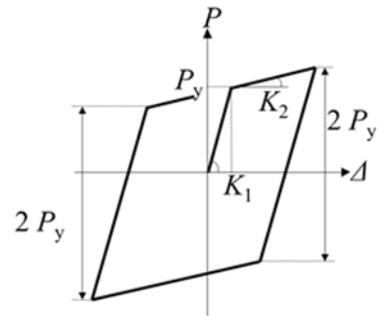


図-1 バイリニア型移動硬化則概念図

本研究を行う際に、当研究室で近年開発された有孔座屈拘束ブレース（以降 P-BRB と呼称）<sup>2)</sup>とせん断型座屈拘束ブレース（以降 BSF と呼称）<sup>3)</sup>の2種の高機能制震ダンパーの実験データを用いて、文献1)と同様な簡易的復元力モデルの構築を行う。P-BRB と BSF の概念図を図-2、図-3にそれぞれ示す。

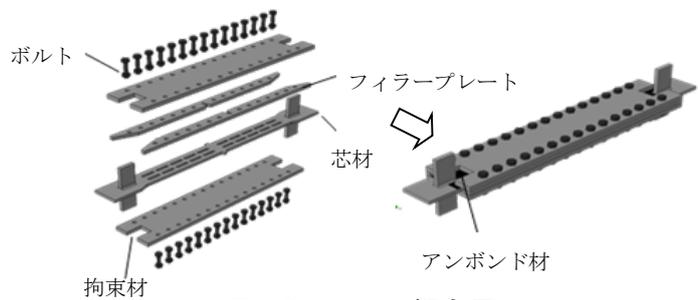


図-2 P-BRB 概念図

### 2. 簡易的復元力モデルの構築

文献1)に示されている BRB の復元力モデルは、紡錘型の履歴特性を持つことから、バイリニア型移動硬化則を適用でき、降伏力  $P_y$  および第2勾配  $K_2$  を定めるのが良いとされている。そこで提案されているモデル定数は以下のように示すことができる。

$$P_y = 1.2 \cdot P_{yn} \quad (1)$$

$$K_1 = EA/L \quad (2)$$

$$K_2 = K_1/60 \quad (3)$$

ここで、 $P_{yn}$  は公称降伏軸力であり、公称降伏応力と最小断面積の積により得られる。 $K_1$  は第1勾配、 $E$  は弾性係数、 $A$  は最小断面積、 $L$  は部材長である。なお、弾性係数  $E$  は公称値、最小断面積  $A$ 、部材長  $L$  は設計値を用いる。

しかし、本研究で対象とする2種の高機能制震ダンパーは、BRB と同様のモデル定数を用いて評価した場合、各モデルに対して過小評価してしまう傾向にあり、それぞれのモデルに合わせた定数を決定する必要がある。そこで、本研究では、BRB のモデル定数を参考に、P-BRB と BSF の実験データを用いて、式

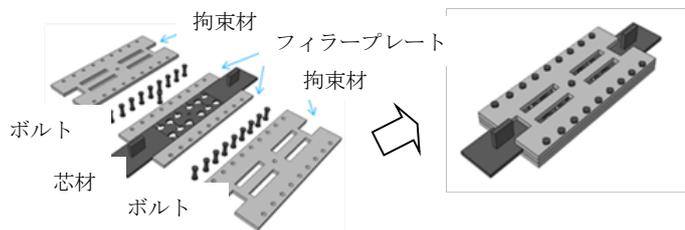


図-3 BSF 概念図

表-1 簡易的復元力モデルの定数

対象ダンパー モデル定数	P-BRB	BSF
$a$	1.2	3/R
$b$	1.0	16/(N·R)
$c$	60	20

Note: R=空洞の半径, N=せん断パーツの数

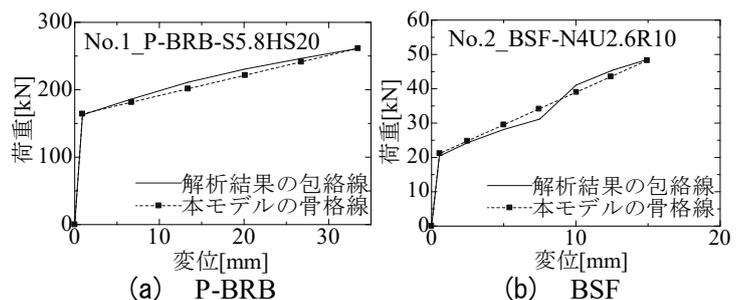


図-4 簡易的復元力モデルの骨格線と既往の解析結果の包絡線<sup>2), 3)</sup>の比較

(4)~(6)に示すように、モデル定数 ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) を試行錯誤的に決定した. 表-1にこれらの結果から得られた2つの対象ダンパーのモデル定数を示す.

$$P_y = a \cdot P_{y_n} \quad (4)$$

$$K_1 = b \cdot EA/L \quad (5)$$

$$K_2 = K_1/c \quad (6)$$

なお、実験値詳細については、文献2), 文献3)を参照されたい.

### 3. 既往の解析結果の包絡線との比較

図-4にこれらの式を用いて求めたバイリニア型移動硬化則の骨格線を既往の研究で行われた解析結果の包絡線<sup>2), 3)</sup>と比較したものの2例を示す.

図-4をみると、各モデルにおいて、降伏点は比較的精度よく評価していることが確認できる. また、挙動においても解析値と概ね類似していることが確認できる.

### 4. 既往の実験との比較

図-5に各ダンパーの既往の実験結果<sup>2), 3)</sup>と2節で提案した簡易的復元力モデルの荷重-変位履歴曲線とエネルギー吸収量  $E$  の比較を示す.

図-5より、各モデル供試体に対して荷重-変位履歴曲線での弾性域

では、実験結果を概ね模擬できていることがわかるが、大きな変形時の再載荷過程での挙動に実験値との差がみられることが確認できる. このことが、Half cycle 時のエネルギー吸収量  $E$  の大きさが実験値と次第に一致しなくなる原因と考えられる. また、BSFモデルでは、引張・圧縮載荷時ともに、フィラープレートと芯材が接触を起こすことによる荷重上昇(すなわち曲げ変形の卓越)がみられたため、エネルギー吸収量  $E$  の大きさの実験値との差がP-BRBモデルに比べて大きく、図-5(d)では-80%程とかなり誤差が大きいことがわかる.

### 5. あとがき

本研究で提案した簡易的復元力モデルは、高機能制震ダンパーP-BRBとBSFの既往の解析結果との比較では概ね挙動が類似していることが確認できたが、既往の実験との比較では、塑性域での挙動に誤差が見られ、課題が残る結果となった. 今後、混合硬化則を用いたモデルの構築など、再検討する必要がある.

### 参考文献

- 1) 宇佐美勉: L2地震動を超える地震動に対する余剰耐震性を担保した履歴型制震ダンパー, 橋梁と基礎 Vol.50, pp.25-30, 2016.
- 2) 近藤ら: 有効座屈拘束ブレースの開発に関する基礎的研究, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.75, No.4, pp.I\_81-I\_92, 2019.
- 3) Jia, et al.: Initial Studies on Brace-Type Shear Fuses, *Engineering Structures*, Vol.208, Paper No.110318, 2020.

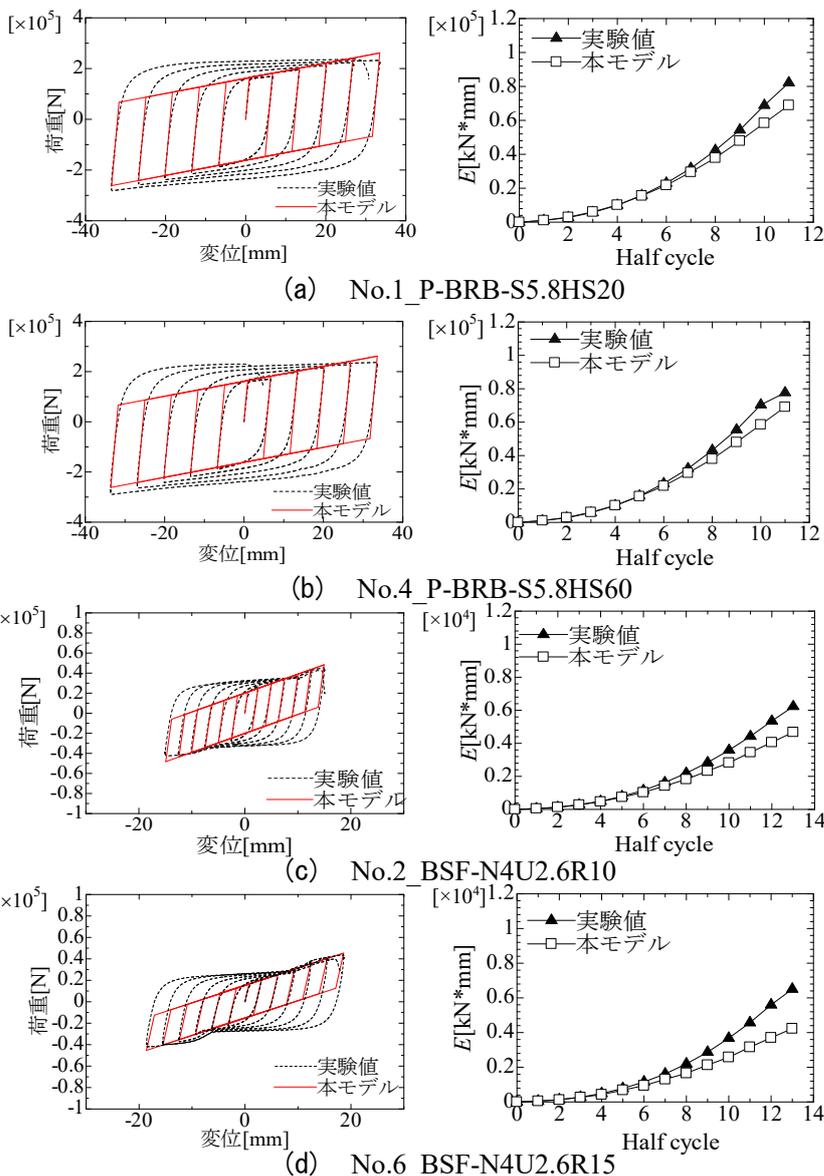


図-5 実験と簡易的復元力モデルにおける荷重-変位履歴曲線とエネルギー吸収量  $E$  の比較