

座屈拘束波形鋼板 (BRRP) 制震ダンパーの開発研究—解析

太平工業 (株) 正会員 今瀬 史晃
名城大学 フェロー ○宇佐美 勉

名城大学 学生会員 森 翔吾
(株) 耐震解析研究所 正会員 野中 哲也

1. まえがき

本研究は、波形鋼板を拘束材で座屈拘束した制震ダンパー (Buckling restrained rippled plate damper, BRRP) の性能実験¹⁾に対する解析的検討を行ったものである。実験の詳細については文献1)を参照されたい。

2. 解析概要

解析モデルを図-1に示す。芯材は軸方向に純引張・圧縮載荷されるものとし、BRBの解析と同様、芯材が変形し、頂部が拘束材内部表面に接触した後は接触問題として扱う。解析における仮定・条件は以下のである。

- 1) 平面ひずみを仮定し、モデルの高さは実供試体の1/10とする。ただし、板厚は実供試体と同様9mmである。
 - 2) 芯材は波形の部分(変形部分長 $L_0=473\text{mm}$)のみ解析対象とし、両端部の平板部は無視する。
 - 3) 拘束材は剛な平板とする。
 - 4) シェル要素を用い、移動端の水平変位(高さ方向に一定)を制御する複合非線形解析を実施する。
 - 5) 構成則は Bi-linear 移動硬化則(2次勾配は $E/100$)を仮定する。
 - 6) 材料定数は成形後の引張試験から得られた値を用いる。
 - 7) 芯材と拘束材の接触による摩擦係数 μ は0.1とする。
 - 8) 成形による残留ひずみ(予ひずみ)および初期たわみは無視する。
- 解析は、6体の実験供試体¹⁾から、BRRP-2.4 (No.1, SR処理無し), BRRP-2.4-SR (No.2, SR処理あり)の2体を取り上げる。解析モデルをY軸方向から見た図が図-2であり、実験と同様に拘束材の間の隙間量を $d=65\text{mm}$ 、拘束材と芯材の隙間量を $d_0=1.8\text{mm}$ としている。他の諸量は文献1)を参照されたい。表-1は、波形に成形後の供試体から波形の頂部に沿って丸棒($\phi 4$)の引張試験片を製作して測定した材料定数である。

3. 解析結果

(1) 実験と解析の比較: 図-3(a), (b)はBRRP-2.4, BRRP-2.4-SR供試体の水平荷重 H —水平変位 Δ 履歴曲線を示す。解析より得られた履歴曲線は圧縮側の荷重が実験値よりも多少低いものの、実験値にかなり近くなっている。波形鋼板の膨れ変形による、圧縮側の急激な荷重上昇も一定程度模擬されている。SR処理を施した供試体については、剛性も実験と解析でよく一致している。SR処理を施していない供試体については、荷重の大きさについてはSR処理材と余り変わらないが、弾性域の長さが実験と解析ではかなり異なる。これは、波形に成形によって残留した予ひずみの影響を無視したことによると考えられるため、今後は予ひずみを考慮した解析を行う必要がある。

(2) 芯材の膨らみ変形解析: 圧縮時に波形鋼板の膨れ変形による急激な荷重上昇を防止するため、隙間量 d_0 を事前に

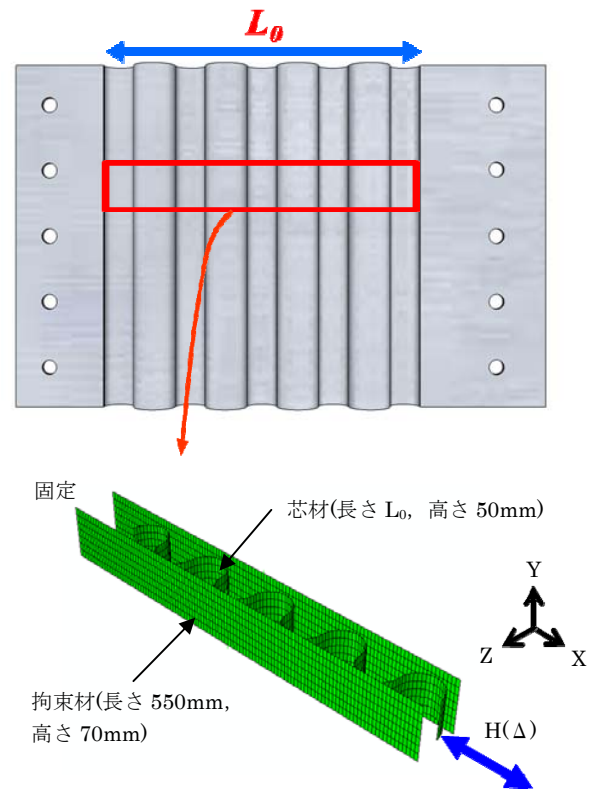


図-1 解析モデル

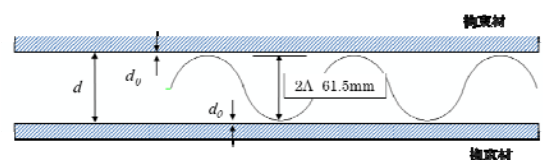
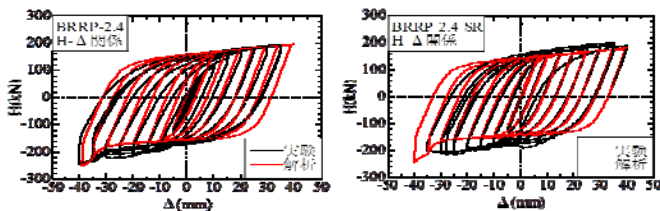


図-2 解析モデル(X-Z平面)

キーワード: 制震ダンパー, 座屈拘束, 波形鋼板, 解析

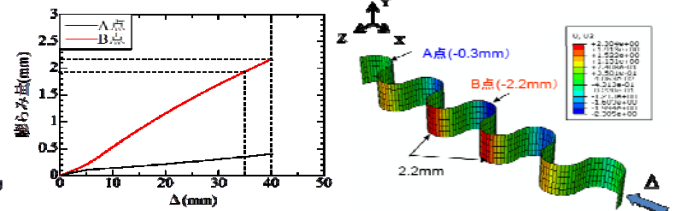
連絡先: 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科 TEL 052-838-2342



(a) BRRP-2.4

(b) BRRP-2.4-SR

図-3 H-Δ履歴曲線



(a) 膨らみ量-Δ関係

(b) Z軸方向変位のコンター図

図-4 芯材の膨らみ変形解析結果

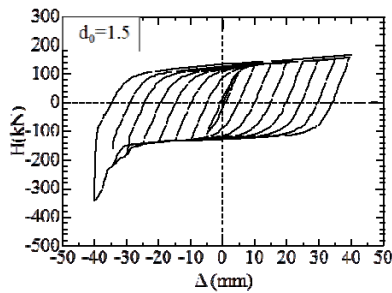
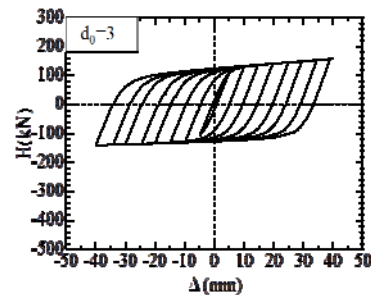
(a) $d_0=1.5\text{mm}$ (b) $d_0=3.0\text{mm}$

図-5 芯材の詰まり現象解析結果

数値計算により把握しておくことが重要である。そのために、波形の軸線(X-Y平面上で固定端と移動端を結んだ線)のZ方向変位を拘束したモデルを用いて純圧縮解析を行い、波形鋼板の膨れ変形を算定した(図-4)。これより、膨らみ変形は中央が最大で水平変位 $\Delta=35\text{mm}$ で1.9mm程度である。実験における隙間量 d_0 は1.8mmであるので、図-3(a)、(b)の実験結果で、圧縮時に荷重が急上昇する水平変位 Δ が35mm程度であることとよく整合している。

(3) 芯材の詰まり現象の解析：最後に、図-1の解析モデルを用い、 $d_0=1.5\text{mm}$ および3.0mmでの芯材の変形進展解析の結果をそれぞれ図-5(a)、(b)に示す。図-5(a)での隙間量は実験と同じ程度である。 $\Delta=25\text{mm}$ で中央部に詰まり現象が発生して、その後は中央から固定端側の芯材は動かなくなり、移動端側のみ軸方向変形が進展し、最終的に急激な荷重上昇に繋がる。一方、図-5(b)では、隙間量に十分余裕があるため、膨らみ変形による芯材の詰まり現象は生じない。このことから、隙間量 d_0 の管理は極めて重要である。

4. あとがき

BRRPダンパーの繰り返し弾塑性挙動の解析手法、実験との比較、BRRPに特有な膨れ変形とそれが進展していく過程での芯材の挙動について述べた。その結果、隙間量 d_0 の管理が極めて重要であることを指摘した。

参考文献：1) 森翔吾ら，座屈拘束波形鋼板（BRRP）制震ダンパーの開発研究—実験，第68回年次学術講演会，2013.9