

繰り返し载荷を受ける座屈拘束ブレースの弾塑性挙動

名古屋大学 学生会員 ○加藤 基規
名古屋大学 フェロー 宇佐美 勉
名古屋大学 正会員 葛西 昭

1. 緒言

1995 年の兵庫県南部地震以来、土木分野では構造物の耐震設計が様々に検討されている。特に地震エネルギーを吸収する部材を構造物に取り入れる方法は、定量的な地震エネルギー吸収が期待でき、耐震設計の際に非常に有効である。しかし、エネルギー吸収部材を構造物の主部材に設置すると、そこに損傷が生ずる結果、構造物全体の残留変形が大きくなることが過去の研究から分かっている。従って、主部材以外に犠牲的な部材を設け、その部材でエネルギー吸収する方法をとることで、主部材の残留変形を軽減できると考えられる。そこで、本研究では図-1 に示すような座屈拘束ブレースに着目し、その弾塑性挙動に関して数値解析的な検討を行なった。

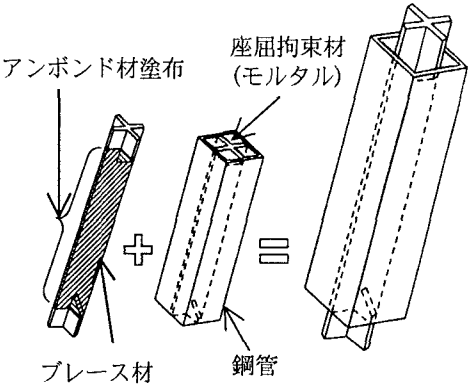


図-1 座屈拘束ブレース

2. 解析概要

座屈拘束ブレースはブレース材がアンボンド材間で変形し、座屈拘束材に接触することにより座屈現象を拘束している。つまり座屈拘束ブレースにおけるブレース材の挙動は、ブレース材-座屈拘束材間の接触問題としてとらえられる。また、多くの座屈拘束ブレースはブレース材の周りにアンボンド材を塗布し、カバーとなる鋼管等とブレース材の間に、モルタルなどの座屈拘束材を充填するという製作過程から、座屈拘束材とブレース材とのすき間（クリアランス）はブレース材の初期たわみと密接な関係があると考えられる。本研究ではアンボンド材の剛性がモルタルなどの座屈拘束材の剛性に比べ非常に小さいことから、座屈拘束材表面を剛な壁面と想定し、ブレース材の初期たわみ形状に沿うように仮定した。その解析モデルは対象性から 1/2 モデルとし、その概要を図-2 に示す。ここで、ブレース材と拘束材間に設けるアンボンド材を、等間隔で配したバネで表現する。

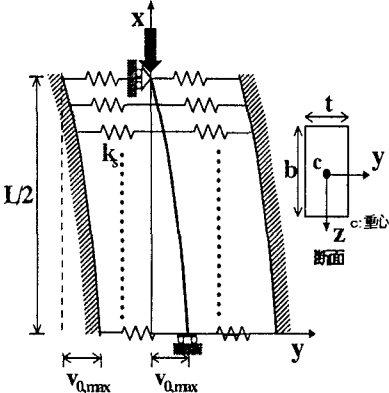


図-2 解析モデルの概要

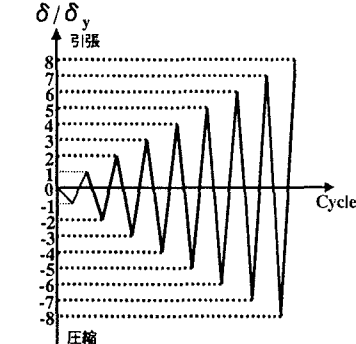


図-3 繰り返し载荷パターン

表-1 解析モデルの諸元

$L(\text{mm})$	$b(\text{mm})$	$t(\text{mm})$	$d(\text{mm})$	$P_y(\text{kN})$	$P_{cr}(\text{kN})$
4000	90	69.3	1.0	1560	315

面と想定し、ブレース材の初期たわみ形状に沿うように仮定した。その解析モデルは対象性から 1/2 モデルとし、その概要を図-2 に示す。ここで、ブレース材と拘束材間に設けるアンボンド材を、等間隔で配したバネで表現する。

解析モデルの諸元および降伏荷重 P_y 、座屈荷重 P_{cr} を表-1 に示す。ここで L, b, t, d はそれぞれ部材長、断面幅、断面厚、アンボンド時の厚さを示す。また、初期たわみ v_0 は正弦波で与え、その最大値を $v_{0,max}=L/1000$ とした。構成則には名古屋大学で開発された修正 2 曲面モデル¹⁾を用い、鋼材は SS400 を仮定した。载荷パターンについては図-3 に示す。

3. 解析結果および考察

3.1 荷重-変位関係

解析より得られた荷重-変位関係を図-4 に示す。ここで図-4(b)は壁面を設けず横方向のたわみを拘束をしなかった場合の結果である。また、図では引張側を正とし、縦軸、横軸それぞれ降伏荷重 P_y 、降伏時の軸方向変位 δ_y で除し無次元化したものとする。

図-4(b)からわかるように壁面を設けなかったモデルでは、圧縮力を加えた場合、座屈現象を起こしてしまい引張力のみ受け持つ状態となっている。逆に図-4(a)の壁面を設けた場合のモデルでは、座屈現象が拘束され圧縮側も引張側と類似した履歴曲線を描いている。従って、今回考案した解析モデルが圧縮側に引張側と同様の荷重-変位特性を与えることができることを確認した。

3.2 変形状態

次にブレース材の挙動について、軸方向変位 δ が降伏変位 δ_y の 3, -3, 8, -8 倍となった際の変形状態を図-5 に示す。図より圧縮時には単調载荷と同様に高次モードの変形状態を示している。また、引張载荷の折り返し点においては左側の壁面に接触し、残留的なたわみが生じている。これは、圧縮時に局所的な塑性変形が生じたことによる。このように、繰り返し载荷においてブレース材形状が高次モードへ変形することは、岩田らの実験^{2),3)}でも確認されており、今回考案した解析モデルは繰り返し载荷時においても、その挙動を再現できたといえる。

3.3 既往の実験結果との比較

現在報告されている実験結果と、今回考案した解析モデルを用いた解析結果との比較を行うために、1995 年に行われた佐伯・前田らの実験⁴⁾と同様な諸元の解析モデルを用いた解析を行った。ここで初期たわみの最大値 $v_{0,max} = L/1000$ とした。

解析により得られた荷重-変位関係を図-6 に示す。図には同時に佐伯・前田らの実験結果における包絡線を示す。

解析結果は折り返し点の多少のずれはあるものの、実験結果と非常に類似した紡錘形の履歴曲線となった。このずれはブレース材とモルタル間にある微小な摩擦など多くの要因があると考えられる。しかし、全体的にはほぼ実験結果と同様の結果が得られており、この解析モデルが妥当であることが示された。

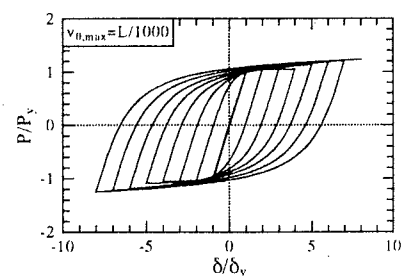
4. 結言

本研究では、座屈拘束ブレースの繰り返し弾塑性挙動を再現できる解析モデルを構築し、そのモデルを用いた解析から、引張、圧縮ともに安定した荷重-変位関係および拘束材間でのブレース材の挙動を再現できた。また、過去に行なわれた実験結果とも非常に近い結果が得られた。

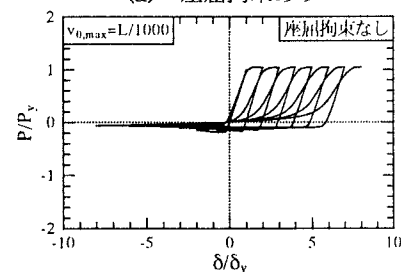
今後の課題としては、座屈拘束ブレースの土木構造物への適用方法、構造システム全体に対する耐震性の評価などが挙げられ、性能照査型設計法への導入が最終的な目標となる。

参考文献

- 1) Shen, C, Mizuno, E, Usami, T: A Generalized Two-Surface Model for Structural Steel under Cyclic Loadin, Structural Eng./Earthquake Eng., Proc. of JSCE, Vol.10, No.2, pp.59s-69s, 1993.7. ,
- 2) 岩田衛, 村井正敏, 加藤貴志, 小川秀雄, 和田章: 座屈拘束されたブレースを用いた履歴型ダンパーの性能評価実験(その1: 実験計画), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C 構造Ⅱ, pp.921-922, 2000.9. ,
- 3) 岩田衛, 村井正敏, 加藤貴志, 小川秀雄, 和田章: 座屈拘束されたブレースを用いた履歴型ダンパーの性能評価実験(その2: 実験結果), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C 構造Ⅱ, pp.923-924, 2000.9. ,
- 4) 佐伯英一郎, 前田泰史, 中村秀司, 緑川光正, 和田章: 実大アンボンドブレースに関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, 第476号, pp.149-158, 1995.10.,
- 5) 加藤基規, 宇佐美勉, 葛西昭: 座屈拘束ブレースの繰り返し弾塑性挙動に関する数値解析的研究, 構造工学論文集 Vol.48A (投稿中)



(a) 座屈拘束あり



(b) 座屈拘束なし

図-4 荷重-変位関係

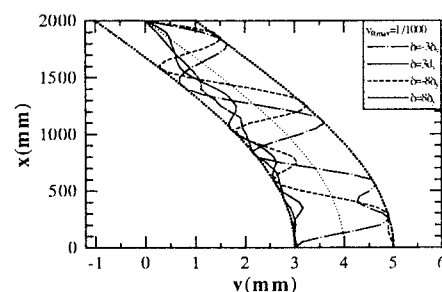


図-5 ブレース材の変形状態

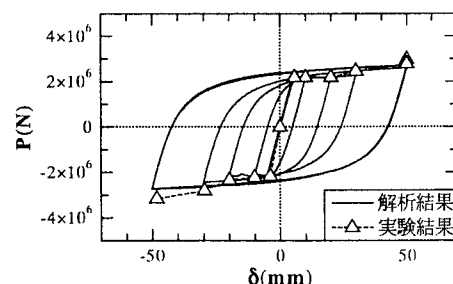


図-6 解析結果と実験結果との比較