

曲がり部材を用いたエネルギー吸収構造部材の特性に関する検討

熊本大学大学院 学生員 佐藤弘平
 熊本大学 坂本 恵
 熊本大学 正会員 山尾敏孝

1. はじめに

兵庫県南部地震以後、構造物に地震力が伝わるのを防ぐ免震構造や制震構造が注目されている。制震構造の一つとして鋼材を用いた制震ブレースを構造物に組み込み、地震力に対してその部分に局所的な破壊を生じさせ、地震力を吸収する構造がある。また制震ブレースの種類の中には、繰り返される圧縮力に対してブレースが座屈するのを防ぐために、補剛管でブレースを覆い座屈の発生を防ぐ方法が提案されている¹⁾²⁾。既往の研究により座屈に効果のある曲がり部材構造の研究を進めてきた。曲がり部材とは一對のアーチ材をタイで結合することにより、軸圧縮力に対して高次の座屈モードが発生し、座屈強度が向上できる構造である³⁾。本研究では、この曲がり構造を制震ブレースの部材間に用いることにより繰り返し作用を受ける地震力をうまく吸収できる構造部材を提案するものである。曲がり部材を中心に、種々の形状を持つ構造体を実験的及び解析的に特性を検討する。特にエネルギー吸収鋼材として期待される低降伏点鋼材を用いたモデルについては解析的に検討する。

2. 解析概要と結果の考察

曲がり構造を制震部材として適用した場合の特性を把握し、また制震部材としてよりエネルギーを吸収するための形状を模索するため、汎用有限要素法解析プログラム MARC を用いた解析を行った⁴⁾。解析モデルは構造物のブレース材の部材間に組み込むことを想定して提案した。曲がり部材のモデル寸法、主部材の幅厚比(b/t)は図2に示す。解析パラメータとして鋼材の種類、幅厚比を用い、また曲がり部材と真直ぐな部材とで比較考察した。解析ではモデル軸方向に繰り返し変位を変位制御で与え、履歴特性等から考察を行った。

図3はパラメータを変化させた時の荷重—軸方向変位の履歴関係で、鋼材の降伏荷重 P_y 及び降伏変位 δ_y で無次元化して示した。図3(a)は鋼材による履歴特性の違いを示したもので、SS400 では圧縮側で明らかな強度劣化が確認されたが、低降伏点鋼では繰り返し圧縮を受けても劣化はゆるやかであった。この特性は繰り返し変位が作用するエネルギー吸収構造の設計上で重要な特性だと言える。図3(b)は部材の幅厚比の影響を示したもので、幅厚比 40 では主部材とタイの接合部に局所的に応力が集中、局部座屈が発生したため大変形でのエネルギー吸収は期待できなかった。つまりエネルギー吸収構造体としては幅厚比の小さな部材が適していると考えられ、以後のモデルには幅厚比 13.3 を用いた。図3(c)は主部材形状の影響を示すが、真直ぐな構造では軸圧縮荷重により主部材に対称な座屈モードが発生した。このことが圧縮強度の低下に至ったと考えられる。

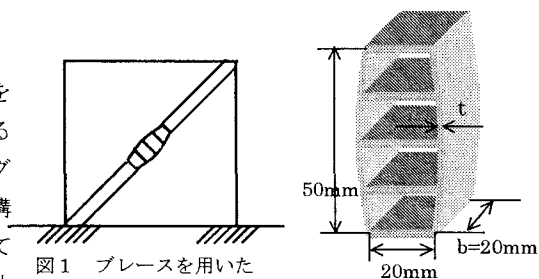


図1 ブレースを用いた制震構造イメージ

図2 モデル寸法、部材断面

表1 解析パラメータ

鋼材の種類	SS400、低降伏点鋼
主部材幅厚比	13.3、20、40
主部材形状	曲がり、真直ぐ

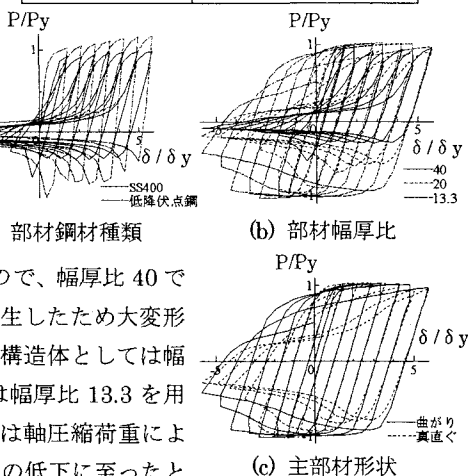


図3 荷重—軸方向変位の履歴関係

3. 実験概要と結果の考察

曲がり部材を用いた制震構造の挙動を解析結果と比較し確認するため、鋼製の供試体を作製し実験を行った。製作した供試体は6体で、図4に示すようにタイ材でつないだものを Type 1、箱型断面を Type 2 及び H 型断面を Type 3 とし、A は曲がり部材形状で B は真直ぐ部材とした。なお、曲がり部材と真直ぐな部材の両端部の幅はすべて同じであり、曲がり部材の中央断面の幅は同一とした。実験装置の様子を図5(a)に示し、供試体は図5(b)に示すように上下載荷治具を試験機に取り付け、供試体は載荷治具にボルトで固定されている。また、変位計を図5(b)のように設置し、供試体上下の剛板間の相対的な変位を測定した。ひずみ挙動を調べるため1軸の塑性ひずみゲージを貼付し、その一例を図6に示す。実験は供試体軸方向に繰り返し変位を作用させ変位制御で行った。

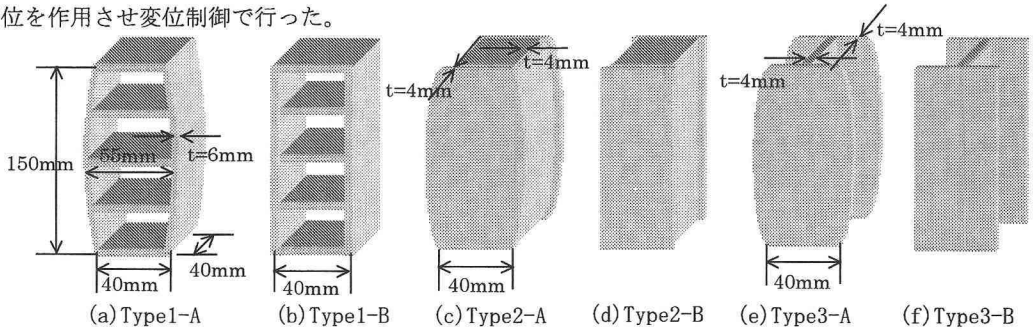
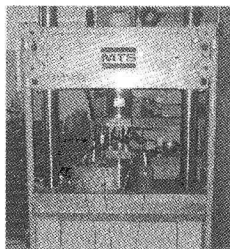
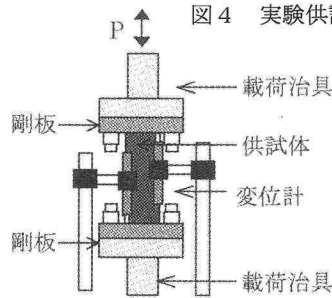


図4 実験供試体



(a) MTS 試験機



(b) 変位計の設置場所

図5 実験装置と変位計

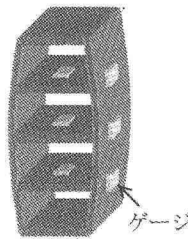


図6 ひずみゲージ位置

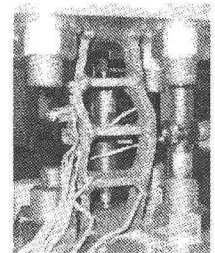


図8 変形状況(Type1-A)

図7は Type 1 と Type 3 供試体の軸圧縮荷重一軸方向変位の履歴関係を示した。Type1 では圧縮力に対して曲がり構造の強度が大きくなった。曲がり構造の変形状況を図8に示すが、圧縮時には高次の座屈モードが発生し、圧縮強度が向上したと思われる。Type 1 のそれぞれのモデルは、繰り返し荷重を受けた結果最終的には部材中央のタイ部材との接合部で破断され破壊に至った。

Type3 では繰り返し荷重に対して曲がり構造の方が大きい強度を示した。強度が大きくなった原因として曲がりの形状、曲がりによる断面積の増加が考えられるが、今後更に実験及び解析結果を詳細に検討する予定である。

【参考文献】1) 櫻田尋基ほか：極軟鋼を用いた地震エネルギー吸収部材の研究、土木学会第 57 回年次学術講演会梗概集 2) 佐伯英一郎：座屈拘束筋違の概要と適用例、構造工学技術シリーズ No.7、構造物の振動制御(4)、pp.287～290 3) 山尾敏孝ほか：タイで結合した二本の曲がり部材の座屈強度と挙動について、構造工学論文集、Vol.41A、pp.229～234、1995 4) 日本マーク株式会社：MARC Users Manual Vol. A-E、1997

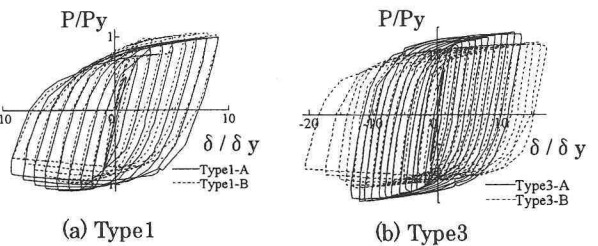


図7 荷重一軸方向変位の履歴関係