

座屈拘束ブレースを対象とした準静的非線形解析の適用可能性に関する研究

その2: 解析結果

正会員 ○木藤 一輝*1 同 島本 崇史*2
同 吉永 光寿*3 同 戸張 涼太*3
同 山岡 賢史*3 同 薩川 恵一*4

座屈拘束ブレース 拘束効果 座屈モード
繰返し載荷 準静的解析

1. はじめに

本報(その2)では、実験結果と解析結果の比較をして、準静的解析の適用可能性を検証する。また、初期不整と座屈モードの入力の違いによる解析結果の影響を確認する。

2. 解析結果

図1に各サイクルのエネルギーの推移を示している。準静的解析は動的解析であるが、運動エネルギーと減衰エネルギーを極力小さく抑えることで、静的解析と類似して扱っている。本解析では、入力エネルギーに対して履歴エネルギーと摩擦エネルギーの合計がほぼ程度であり、静的解析と見なすことができる。

図2に本報で対象とした座屈モードの座屈波形と初期不整量を示す。本解析では初期不整量と座屈モード波形の影響を確認する。同図(a)は1次モードの座屈波形を示す。初期不整量は、芯材の塑性化部長さの $L/5 \times 10^3$ (以下: L1-1)と $L/1 \times 10^4$ (以下: L1-2)としている。(b)は4次モードの座屈波形(以下: L4)を示しており、初期不整量は芯材端部に発生する波形に対して L1-1 の $L/1 \times 10^4$ と同じ初期変形量となるように与えた。なお初期不整量は、芯材がモルタルと接触しない量を与えた。

図3に各初期不整量の荷重変形関係を示す。縦軸の無次元化荷重は引張方向を正とし、荷重を芯材の降伏荷重で除したものである。横軸は芯材の軸ひずみ度である。同図(a)は1次モードの座屈波形の解析結果であり、黒色の実線は L1-1、破線は L1-2、灰色の実線は実験結果である。同図(b)は L4 の解析結果であり、灰色の実線は実験結果である。

局部座屈破壊は、圧縮加力時に耐力低下をし、次の引張加力時に剛性が低下した時点とした。同図(a)では、L1-1 と L1-2 の両方とも軸ひずみ 4% 3 回目の圧縮で局部座屈破壊をした。同図(b)では、軸ひずみ 4% 2 回目の圧縮で局部座屈破壊をした。L1-1 および L1-2 と L4 の解析結果を比較すると、L4 が L1-1 と L1-2 より 1 サイクル早く局部座屈破壊を起こす結果となった。本解析で対象としたモデルでは、1次モードが実験と良い対応を示し、1次モードの初期不整量による違いはみられなかった。引張耐力と圧縮耐力を比較して、圧縮耐力が上昇する現象をある程度捉えることができた。

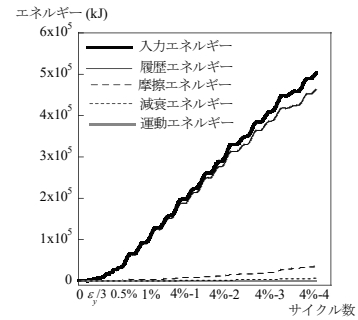
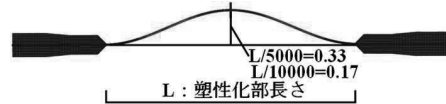
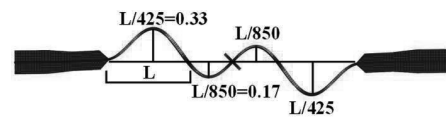


図1 エネルギー推移

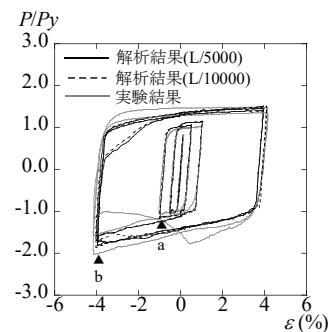


(a) 1次モード (L1-1, L1-2)

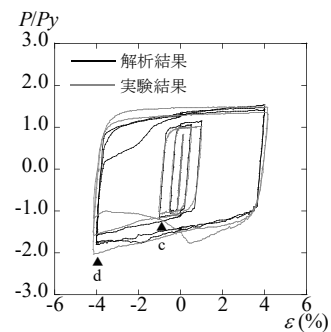


(b) 4次モード (L4)

図2 座屈モードと初期不整量



(a) 座屈モード1 解析結果



(b) 座屈モード4 解析結果

図3 荷重変形関係

Applicability by Quasi-Static Analysis for Buckling Restrained Brace Part2 Analysis Result KITO Kazuki*1 SHIMAMOTO Takafumi*2, YOSHINAGA Mitsutoshi*3, TOBARI Ryota*3, YAMAOKA Kenji*3, SATSUKAWA Keiichi*4

図 4 に圧縮加力時の各サイクルと芯材塑性化部の座屈波形数の推移を示している。○は L1-1、△は L1-2、●は L4 の推移を示す。全ての解析結果では、軸変形の進行とともに座屈波形数が増加し、座屈波形数が約 20 前後まで増加し、局部座屈破壊をする。L-3は、L1-1 と比較して、サイクル早い 4% 1 回目で座屈波形数が急激に増加する結果となった。

図 5 に L1-1 と L4 の圧縮時の芯材波形を変形倍率が 5 倍で示す。芯材波形は図 3 の図中で示す a~d の▲のひずみ度時点を示している。b および d では、角形鋼管も合わせた変形状態を併せて示している。同図(a)は L1-1 の芯材波形を示しており、a は軸ひずみ 1% の圧縮時の折返し時であり、b は軸ひずみ 4% 3 回目圧縮時の局部座屈発生時である。a と b を比較すると、b は座屈波形の波長が均等にならず、芯材中央部の座屈波形の波長が長く、芯材の塑性化部端部が局部座屈崩壊をしていることがわかる。芯材の端部の局部座屈崩壊に伴い、角形鋼管の端部に面外変形を生じることがわかる。同図(b)は、L4 の芯材波形を示しており、c は軸ひずみ 1% の圧縮時の折返し時、d は軸ひずみ 4% 2 回目の圧縮時の局部座屈発生時である。L4 は L1-1 と同様に、芯材の中央部付近の座屈波長が長く、芯材の塑性化部端部の局部座屈崩壊をし、角形鋼管が面外変形をしているとわかる。本解析で対象としたモデルでは、最終崩壊状況については 1 次モードの座屈波形と 4 次モードの座屈波形の違いはあまりみられなかった。同図の b と d おいて、芯材の局部変形崩壊に連成して、角形鋼管の局部変形が確認できる。芯材の座屈波形の波長は、軸ひずみ 4% 時において波長が均一にならず、不均等に座屈波形が発生することが確認できた。

写真 1 に対象とした载荷実験の芯材の最終崩壊状況を示す。写真の白色の破線は、芯材がモルタルに接触したと考えられる箇所を示している。最終崩壊状態の座屈波形は約 20 程度と思われ、座屈波形の波長が均等に出ている様子はなく、局部座屈崩壊は芯材の塑性化部の端部に発生をしている。図 4 の座屈波形数の推移と図 5 の芯材の変形を载荷実験の崩壊状況と比較すると、载荷実験結果と解析結果は概ね一致していることがわかる。

3. まとめ

その 2 では、構面内に配置した座屈拘束ブレースを対象として有限要素法による準静的解析の適用可能性について検証した。本解析において対象としたモデルでは、有効であることを示唆している。今後については、適切な初期不整量の検証や载荷実験を実施した別の試験体についての検証を行う予定である。

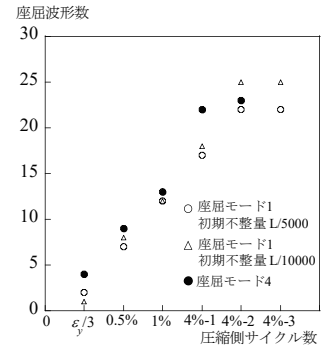


図 4 塑性化部の座屈波形数の推移

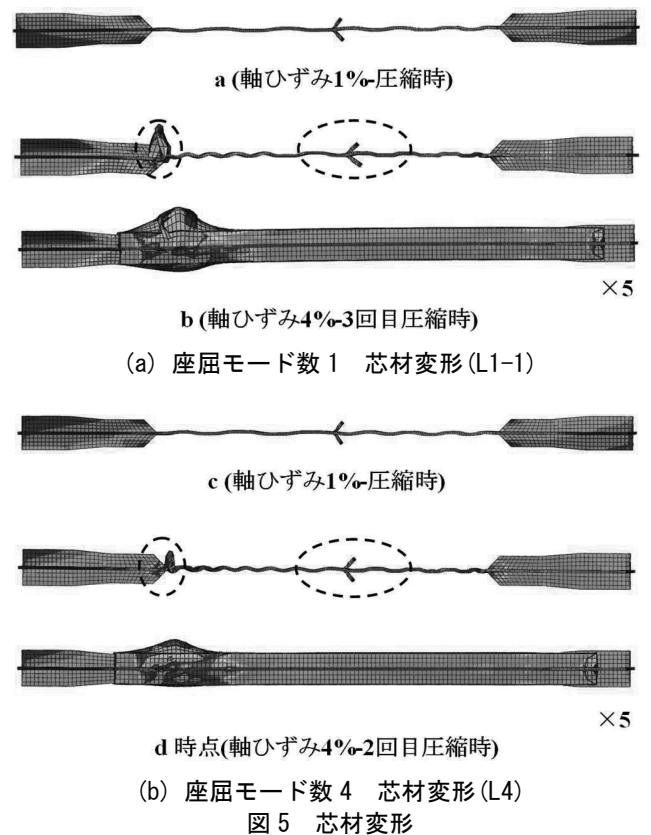


図 5 芯材変形

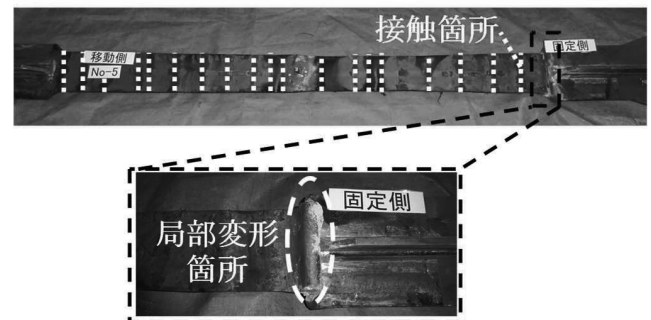


写真 1 芯材崩壊状況

*1 愛知工業大学 大学院生

*2 愛知工業大学 元学部生 (現 JFE シビル株式会社)

*3 JFE シビル株式会社

*4 愛知工業大学 教授 博士(工学)

*1 Graduate student, Aichi Institute of Technology

*2 Former undergraduate, Aichi Institute of Technology

*3 JFE Civil Engineering & Construction Corporation

*4 Prof., Aichi Institute of Technology, Dr.Eng.