繰返し荷重を受けるトラス構造の破壊挙動に関する実験的研究

〇名城大学 フェロー 宇佐美 勉(株) 耐震解析研究所 正会員 野中 哲也

名城大学 正会員 斉藤 直也 (株) 耐震解析研究所 正会員 廣住 教士

(株) 耐震解析研究所 正会員 菅付 紘一

1. 緒言

本研究は、ブレース材のモデル化の研究¹⁾で得られた知 見を実験的に検証するために行われたものである.節点が ガセットを介して高力ボルトで接合された5体の鋼トラス 構造模型(図-1)に、一定鉛直荷重と単調増大または繰り 返し水平荷重が作用する状態で実験を行い、どのような部 材・部位の順に破壊が進行していくかを調べた.次に、実 験トラス構造を適切にモデル化し、論文¹⁾で推奨されてい る初期横荷重を与えて繰り返し弾塑性有限変位解析を実施 して実験結果を再現出来るかを調べている.

2. 実験概要

実験供試体は図-1 に示すような鋼平面トラス 構造模型で、5 体の供試体を製作して実験を行っ た.トラス構造は両端基部がピン支持、中央基部 がローラー支持され、3 体の鉛直ジャッキにより 均等な一定鉛直力 V を鉛直部材に載荷し、上弦材 に単調増大、あるいは繰り返し水平荷重 H が載荷 されている.5 体の供試体の一覧を表-1 に示す. 上下弦材および鉛直材には H100x100x8x6 の H 型 鋼を弱軸方向に使用した.表-1 の供試体名の最初 の A、B、BRB 斜材の断面の種類を表している.3 種類の斜材の断面図を図-2 に示す.断面 A、B は



図-1 実験供試体概略図

表-1 供試体ナンバーと条件									
No.	供試体名	載荷 条件	斜材			鉛直荷重			
			断面	ℓ/r	ℓ'/r	V			
1	A-Mo-0.2	Mono	A	100	47	N/Ny=0.2			
2	A-Cy-0.2	Cyclic	(弱軸)			N/Ny=0.2			
3	B-Cy-0.2	Cyclic	B	183	83	N/Ny=0.2			
4	B-Cy-0.3	Cyclic	(弱軸)			N/Ny=0.3			
5	BRB-Cy-0.2	Cyclic	BRB PL80x10(弱陣由)	392	175	N/Ny=0.2			

Note: ℓ = 全斜材長(節点間距離), ℓ' = 斜材平行部の長さ, r=弱軸回りの断面2次半径, N=鉛直材の初期軸力, N_v = 降伏軸力

H 型鋼のフランジ幅をそれぞれ 50mm, 30mm に削ったものである.また BRB は座屈拘束ブレースを表す. 図-2 の BRB はブレース材および拘束材 に平板を使用し,安全係数 $v_F \ge 3.0$ で全体座屈が生じない設計²⁾となって いる.供試体名の2番目の記号は載荷条件を表し,Mono は単調載荷,Cyclic は繰返し載荷を表す.最後の数値は鉛直材の初期軸力(N)と降伏軸力(N_y) の比を表し,20%と 30%で実験を行った.

3. 実験結果

実験から得られた各供試体の水平荷重 - 水平変位関係を図-3 に示す. 断面Aでは斜材座屈後急激な荷重低下は起こさず,変位の増大につれ徐々

に荷重の低下を起こす結果となった. 断面 B では,斜材座屈後荷重低下が見られ,変位が増大しても大きな変化 は見られなかった. BRB を設置したものでは,斜材の座屈はなく,紡錘型の履歴曲線を描いている.急激な荷重 低下も無く非常に大きなエネルギー吸収能力を持っていることが分かる.

キーワード: トラス構造,進行性破壊,初期横荷重,座屈拘束ブレース

連絡先:〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 名城大学理工学研究科建設システム専攻



図-2 斜材の断面図

		表−2 破	g壊の順番		Z No.1 A-Mo-0.2 H-A BIG
供試体		1st	2nd	3rd	
No.1	A-Mo-0.2	斜材座屈	下弦材 フランジボルト穴 の支圧変形	左鉛直材下部 ボルト穴 の支圧変形	
No.2	A-Cy-0.2	斜材座屈	下弦材 フランジボルト穴 の支圧破壊	鉛直材下部 ボルト穴の 支圧変形	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
No.3	B-Cy-0.2	斜材座屈	左鉛直材下部 ボルト穴の 軽微な支圧変形	-	$ \begin{array}{c} \widehat{Z}^{600}_{\underline{B}^{-}\underline{C}\underline{V},\underline{0}\underline{2}} \\ \widehat{\Xi}^{400}_{\underline{H}^{-}\underline{\Delta}\underline{B}\underline{K}} \end{array} \\ \widehat{\Xi}^{400}_{\underline{H}^{-}\underline{\Delta}\underline{B}\underline{K}} \end{array} \\ \widehat{\Xi}^{600}_{\underline{H}^{-}\underline{\Delta}\underline{B}\underline{K}} \end{array} $
No.4	B-Cy-0.3	斜材座屈	中央鉛道材下部 ボルト穴の 支圧変形	-	
No.5	BRB-Cy-0.2	下弦材左右 フランジボルト穴 の支圧破壊	左右鉛直材 ボルト穴の 支圧破壊	中央鉛直材下部 ボルト穴の 支圧変形	-400
	I				(c) B−Cy−0. 2 Δ(mm) (d) B−Cy−0

次に破壊の順番について述べる。全体的な傾向としては、座屈に対して弱い斜材を 持つトラスでは、損傷は斜材に集中しガセットプレート周辺部に損傷は広がらない. 所が、座屈に対して強い斜材を持つトラス(極端な場合 BRB-Cv-0.2)では、損傷は 斜材からガセットプレート周辺部に損傷は広がる.このことは当然の結果であるが, 座屈拘束ブレースを使用する場合は,取り付け部周辺の損傷にも十分配慮することが 必要であることを教えてくれる実験結果である.全供試体の損傷の箇所,順番をまと めると表-2となる.

4. 解析研究

使用した解析モデルを図-4に示す.AおよびB断面の斜材 は、取り付け部フランジが広くなっているのでその影響を考 慮した.また、ガセットプレートの影響は、その厚さ(片面 10mm)を部材の最先端ボルト位置から節点までのフランジ厚 に加え(すなわち,フランジ厚を18mmとし),節点を剛結に することでモデル化した.支承のオフセット(トラスの節点 が支承のヒンジの位置の上方 210mm にある影響) はその間を 剛棒要素で結ぶことで考慮した.繰り返し載荷解析に使用す る構成則には、バイリニア型移動硬化則(2次勾配は E/100)



Zy H 400 H-△関係

200

-600

図-3

(e) BRB-Cv-0.2

解析と実験の比較

を用いた. 各部材に初期たわみ L/1000 に相当する初期横荷重を与える.

パラメトリック解析を行った結果を図-3 に実験結果と併せて示す.解析モデルは部材座屈に伴う損傷過程を概 ね良好に模擬している.但し、解析にはボルト穴の損傷は考慮していないため、強い斜材(A 断面, BRB)の場 合,解析は強度を過大評価する結果となった.

5. 結言

実験結果より、斜材の座屈によって急激な荷重低下を起こすわけではなく、斜材座屈を限界状態とする設計法 は過度に安全となる.斜材が比較的強い断面の場合は、下弦材ガセット周辺部に大きな損傷が生ずる.斜材が比 較的弱い断面の場合は、周辺部の損傷は微小である.

解析結果は、多少の違いは見られるものの実験結果を概ね良好に模擬できる. ブレース材のモデル化で推奨さ れている、初期たわみの代わりに初期横荷重を与える解析手法は、斜材周辺部の損傷が顕著になるまでは有効に 機能した.提案解析手法は、部材座屈を適切に反映する手法としては優れている.

参考文献

1) 宇佐美勉, 馬越一也, 斉藤直也, 野中哲也: 鋼橋の耐震解析におけるブレース材のモデル化, 構造工学論文集, Vol.56A, 2010.3, 2) 宇佐美勉, 佐藤崇, 葛西昭: 高機能座屈拘束ブレースの開発研究, 構造工学論文集, Vol.55A, pp.719-729, 2009.3,