

極低降伏点鋼を用いた座屈拘束ブレースの弾塑性挙動に関する研究

名古屋大学 学生会員 ○藤田 将之
 西日本旅客鉄道(株) 正会員 河村 洋行
 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

地震後の建造物の使用性の検討は必要不可欠であり、建造物に犠牲的な部材を設け、地震エネルギーを吸収させる方法は非常に有効である。近年このような特性をブレース材に適用する研究が盛んに行われている^{1)~3)}。本研究では、極低降伏点鋼を利用した場合の座屈拘束ブレースの耐荷力性能を繰り返し圧縮引張実験により把握し、数値解析に利用することのできる極低降伏点鋼を用いたブレースの復元力特性を構築することを目的とした。

表-1 材料定数

鋼種	E[MPa]	σ_y [MPa]	ϵ_y [%]	E_{st} [MPa]	ϵ_{st} [%]	σ_u [MPa]	ϵ_u [%]	V
NKLY100	205	90	0.044	3.12	0.433	249	45.8	0.306
SS400	210	279	0.133	4.2	1.58	428	34.3	0.287

2. 実験概要

2.1 実験供試体

本実験に用いるブレース材は、鋼材としてSS400と極低降伏点鋼NKLY100を用いた平鋼ブレースである。NKLY100とSS400の材料定数を表-1に示す。各供試体の形状および降伏荷重 P_y 、降伏時の軸方向変位 δ_y を表-2に、全体図を図-1

表-2 構造諸元

供試体名	鋼種	L [mm]	b [mm]	t [mm]	A [mm ²]	λ	P_y [kN]	δ_y [mm]
BRLY47-10(A)	NKLY100	1355	100	10	1006	467	90.5	0.594
BRLY47-10(B)			100	9.94	994	472	89.5	
BR59-12(A)	SS400	1355	100	8.38	839	560	257	1.94
BR59-12(B)			100	8.49	851	553	260	1.94
BR47-10			100	9.78	980	480	267	1.77
BR39-8			100	11.8	1180	399	328	1.75

図-1

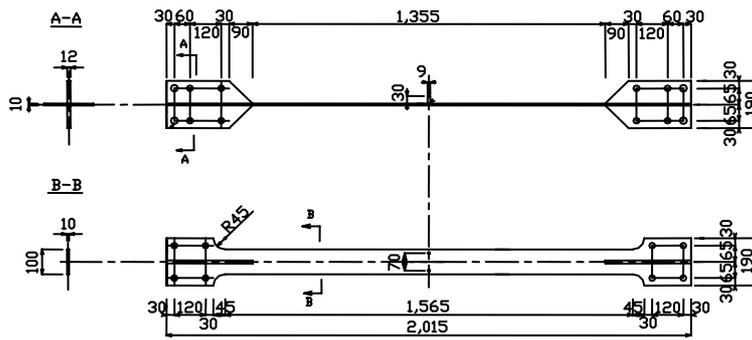


図-1 ブレース材

※単位はすべて[mm]

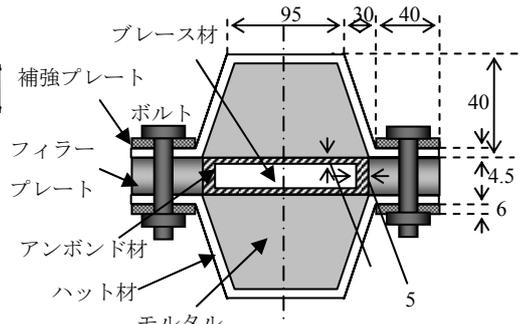


図-2 拘束材

に示す。ここで、 L 、 b 、 t 、 λ はそれぞれ部材長、断面幅、断面厚、細長比である。供試体名は、BRはブレースを用いたことを意味し、LYはNKLY100を意味し、連続した2桁の数字は、設計時の細長比の上2桁、幅厚比の上2桁を示す。拘束材にはハット型のカバープレートにモルタルを充填したものを用意し、両カバープレート間にアンボンド処理した平鋼ブレースを挟み込み、ボルト接合する(図-2参照)。

2.2 実験装置および载荷パターン

本実験の実験装置の概略図を図-3に示す。実験供試体をピン支持柱と台座間に45°の角度で設置し、アクチュエーターが水平方向に変位することでピン支持柱が回転し、実験供試体に軸方向の変位を与える。供試体は弱軸方向が面内になるように設置し、下端部は台座と、上端部はピン支持柱とボルト接合により剛結した。また、アクチュエーター加力が全て供試体に伝達されるよう偏心のないよう設置した。

载荷パターンは、アクチュエーターを供試体の軸方向変位 δ によって制御し、引張圧縮交番の漸増繰り返しで行う。SS400に用いた载荷パターンは、 $0.5\delta_y$ から開始し、次に $1\delta_y \sim 6\delta_y$ までは $1\delta_y$ ずつ、 $6\delta_y \sim 12\delta_y$ までは $2\delta_y$ ずつ、 $12\delta_y$ からは $3\delta_y$ ずつ漸増させる繰り返し载荷である。载荷パターンは2通りあり、一つは $1.5\delta_y$ から開始し、次に $3\delta_y \sim 18\delta_y$ までは $3\delta_y$ ずつ

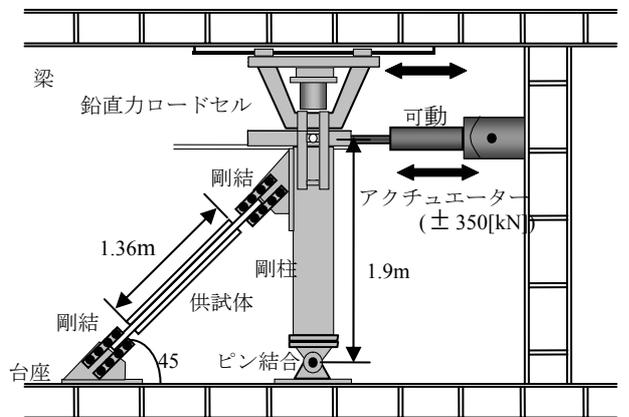


図-3 実験機器概念図

キーワード：制震、座屈拘束ブレース、繰り返し弾塑性挙動、極低降伏点鋼
 連絡先（名古屋市千種区不老町・電話 052-789-4617・FAX 052-789-5461）

つ、 $18\delta_y \sim 36\delta_y$ までは $6\delta_y$ ずつ、 $36\delta_y$ からは $9\delta_y$ ずつ漸増させ、もう一つは、 $3\delta_y$ を6回載荷し、次に $19\delta_y$ を4回載荷し、 $39\delta_y$ を4回載荷し、 $57\delta_y$ を4回載荷させる繰り返し載荷である。

3. 実験結果および考察

3.1 荷重－変位関係

実験によって得られた各供試体の荷重－変位関係を図-4に示す。ただし、図-4において引張側を正とし、縦軸、横軸をそれぞれ、降伏荷重 P_y 、軸方向降伏変形 δ_y で除し無次元化している。図-4より、鋼材によらず、圧縮側、引張側ともほぼ同様な履歴曲線を描いており、座屈現象による荷重の低下もほとんど見られない。これより、本座屈拘束法で、圧縮側に引張側と同様の荷重－変位特性が得られることを確認した。各供試体の最大荷重を示した表-3を見ると、圧縮時でBRシリーズの最大荷重は降伏荷重の1.6倍程度になるのに対し、BRLYシリーズの最大荷重は降伏荷重の3.5倍程度になることがわかる。

3.2 解析との比較

本研究では、塑性変形に伴う弾性域の増加や、移動硬化係数の低減を表現できる混合硬化則を用いて、NKLY100の復元力特性をモデル化した。混合硬化則では、弾性域の最大変化量を定めるパラメータ Q_∞ と塑性変形に伴う弾性域の大きさを定めるパラメータ b を用いて弾性域の増加を制御し、初期の移動硬化係数を定めるパラメータ C と塑性変形に伴って移動硬化係数を低減させるパラメータ γ を用いて移動硬化係数の低減を制御する。混合硬化則で使用するパラメータは、対象のひずみ振幅のもとで得られた定常サイクルの試験データより得られる。本研究では同一のひずみ振幅による載荷を行ったBRLY47-10(B)の試験データを用いた。試験結果より同定したパラメータを表-4に示す。図-5に、解析結果と実験結果の比較を示す。図-5より、解析モデルが極低降伏点鋼を用いた座屈拘束ブレースの繰り返し特性を精度良く表現できることが分かる。

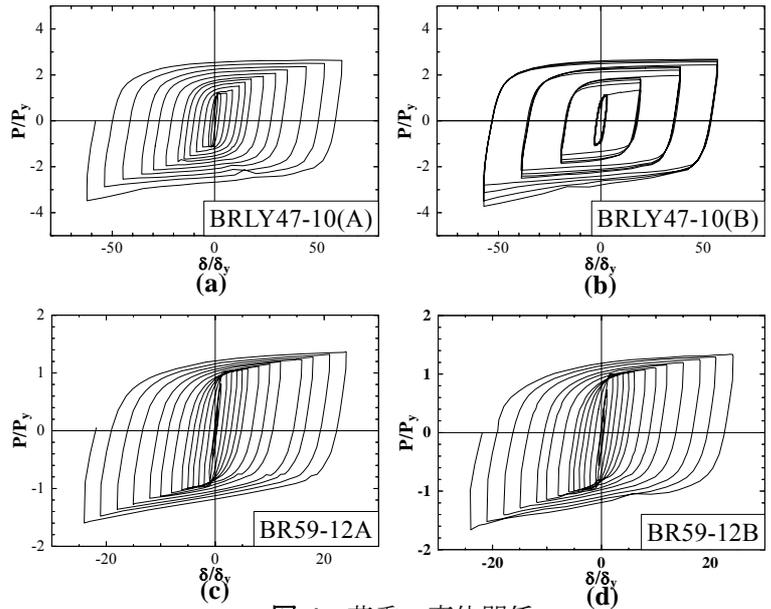


図-4 荷重－変位関係

表-3 最大荷重

	BRLY47-10(A)	BRLY47-10(B)	BR59-12(A)	BR59-12(B)
最大荷重 (引張時)	2.66	2.68	1.37	1.34
最大荷重 (圧縮時)	3.52	3.72	1.6	1.66

表-4 パラメータ

Q_∞/σ_y	b	E/C	γ
1.01	2.65	14.7	157

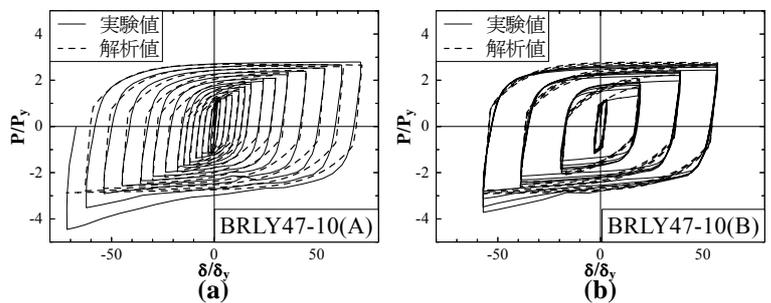


図-5 解析との比較

4. 結言

本研究で、極低降伏点鋼を用いた座屈拘束ブレースの繰り返し載荷実験を行うことにより、座屈拘束ブレースの優れた履歴性能が確認できた。また数値解析では、構成則として混合硬化則を用いると、極低降伏点鋼の性質を精度よく表現できることが分かった。今後の課題としては、ブレース材として、極低降伏点鋼だけでなく、低降伏点鋼などの鋼材を用いた場合に対しても、復元力特性を把握し、数値解析に利用することのできる低降伏点鋼の復元力特性を構築する必要がある。

参考文献

- 1) 岩田衛, 村井正敏, 加藤貴志, 小林秀雄, 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.
- 2) 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, 土木学会構造工学論文集, Vol.48A, pp.641-648, 2002.
- 3) 渡辺直起, 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実験的研究, 地震工学論文集, 土木学会, 2003.