

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：35409

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26889059

研究課題名(和文)アーチ形ダンパーの履歴性状に関する基礎的研究

研究課題名(英文)Fundamental Study on Bow-shaped Hysteretic Dampers using H-section Members

研究代表者

都祭 弘幸 (TOMATSURI, Hiroyuki)

福山大学・工学部・教授

研究者番号：20736714

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：一般構造用圧延鋼材(SS400)H形鋼曲げ降伏型ダンパーの履歴性状を把握するために、部材長さ、強軸・弱軸、曲げ降伏領域の加工形状をパラメータとした逆対称曲げせん断実験を行った。比較のためステンレス製(SUS304)H形鋼についても部材長さ、強軸・弱軸をパラメータとした実験を実施した。SS400鋼材でも強軸・弱軸ともに安定した履歴性状を有していること、吸収エネルギー量と部材角には相関性があることが確認できた。SS400とSUS304とでは吸収エネルギー量や損傷度に差異はなかった。H形鋼端部を特殊加工することにより累積塑性変形倍率を大きくでき、合理的なダンパーが期待できることが確認された。

研究成果の概要(英文)：The flexural yielding dampers using H-section member made by structural rolled steel SS400 were tested under anti-symmetric moment distribution. The objective is to grasp their elastic-plastic structural behaviors and the relationships between drift-angles and the energy absorption. The parameters were span lengths, strong and weak axes, and unique configuration with both ends. To compare steel material, the H-section dampers made by stainless steel SUS304 were also tested. The hysteresis loops of the H-section dampers are stable in both strong and weak axes. The energy absorption of H-section dampers is found to be related to the drift angles. The strong and weak axis E-R transitions had the constant slope respectively in the test results. There is no difference between SS400 and SUS304 in the energy absorption and damage. The H-section member with the unique machining at both ends had large cumulative plastic ductility ratio. It would be expected to have a large damping effect.

研究分野：建築構造・材料

キーワード：履歴型ダンパー 制震効果 吸収エネルギー 曲げ降伏型 累積塑性変形倍率 H形鋼 ステンレス鋼 鉄筋コンクリート造

1. 研究開始当初の背景

鋼材ダンパーには、ブレース型、シアリンク型などの取り付け方法があり、様々な制震部材が開発され実用化されている。それらの鋼材ダンパーは建物内部に設置され、低降伏点鋼を使用しているものが多い。

そこで研究代表者は、アーチ形状の鋼製部材（ダンパー）を RC 造あるいは SRC 造建物の外部に設置することを提案し、その制震効果を解析的に検討した。この解析で使用したダンパー材は、低降伏点鋼を用いたせん断降伏型の履歴ダンパー（パネル部を低降伏点鋼・枠部材を SS 材等で製作したもの）ではなく、一般的構造用圧延鋼材（SS400）あるいは建築構造用圧延鋼材（SN400）を用いた H 形鋼の部材両端を曲げ降伏させることによりエネルギー吸収する履歴型ダンパーを計画している。

解析的検討を行った結果、アーチ形ダンパーは、応答層せん断力、転倒モーメント、層間変形角を抑制でき、かつ入力波に係わらず応答値を均一化できること、エネルギー履歴からも建物の制震化に効果があることが確認できた。また、アーチ形ダンパーに作用する応答軸方向力は、応力換算で引張・圧縮ともに 1N/mm^2 程度であり、部材の履歴性状に影響を与えるものではないことが確認された。

アーチ形ダンパーは、建物の外部に設置する方法なので、新築でも耐震改修でも適用できるという利点がある。また、アーチ形ダンパーで提案した H 形鋼曲げ降伏履歴型ダンパーは、建物のあらゆるところに設置できるので構造デザイン汎用性が期待できる。

しかしながら、H 形鋼の逆対称曲げせん断実験に関する研究は意外に少なく、その履歴性状は明らかになっていない。クリア高さや強度との関係、塑性後の強度上昇率、部材角と吸収エネルギーの関係、2 方向入力時の履歴性状、解析モデルに関する検討など実用化に際しては解決しなければならない課題がある。

2. 研究の目的

本研究は、アーチ形ダンパーのダンパー部に相当する H 形鋼の逆対称曲げ降伏時における履歴性状を把握するための基礎的研究である。既往の H 形鋼の研究には、逆対称応力状態を再現した実験研究は数少なく、実験データの蓄積が不足している。また、強軸・弱軸の曲げ降伏以後の履歴性状を検討した文献は少ない。

一般構造用圧延鋼材（SS400）を使用した H 形鋼は多くの断面が存在するので、構造デザイン汎用性が高い反面、履歴性状を定式化するには数多くの実験データが必要になる。そこで本研究では、前述した課題のうちクリア高さや強度との関係、塑性後の強度上昇率、部材角と吸収エネルギーの関係などを把握するため構造実験を実施し、実験データ蓄積に貢献することを目的とする。また、解析的検討を行い、解析モデルにおける課題を明らかに

にする。

さらに、エネルギー吸収性能を高めるための工夫として、H 形鋼の曲げ降伏域を特殊加工したダンパーを提案・実験し、その効果を剛性・変形性能の観点から実験的に確認することを目的とする。

3. 研究の方法

研究は、実験的研究と解析的研究に分けられる。実験的研究では、アーチ形ダンパーのダンパー部である H 形鋼部分の履歴性状を把握するために縮尺約 1/3 の模型を作成し、図 1 に示す加力装置を用いて軸力をほぼゼロに保持した状態で逆対称曲げせん断実験を行った。解析的研究では、汎用構造解析プログラム RESP-F3T を利用した有限要素法解析を実施した。

(1) 実験的研究

試験体は、2015 年度は図 2 および表 1 に示す SS400 を使用した SS-1 から SS-4 の 4 体、2016 年度は図 3 および表 2 に SS400 で端部に特殊加工した SS-5 から SS-7 および SUS304 を使用した SUS-1 から SUS-4 の示す 7 体の計 13 体である。それぞれの実験目的は、表 1 および表 2 に示す通りである。ま

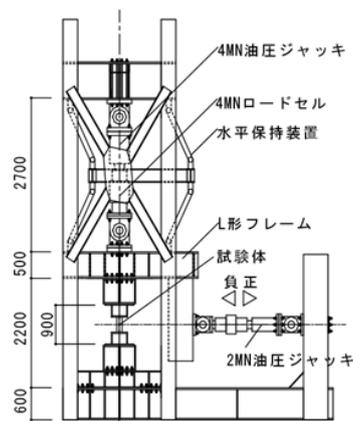


図 1. 加力装置

表 1. 2015 年度試験体一覧

	断面	h ₀ (mm)	実験目的
SS-1	H-100強軸	450	ダンパーとしての履歴性状
SS-2	H-100弱軸		
SS-3	H-100強軸	900	弾塑性性状、h ₀ /D-強度・吸収エネルギー関係
SS-4	H-100弱軸		

表 2. 2016 年度試験体一覧

	断面	h ₀ (mm)	実験目的
SS-5	H-100強軸	450	エネルギー吸収効率の向上
SS-6	H-100強軸		
SS-7	H-100強軸		
SUS-1	H-100強軸	450	普通鋼SS-1～SS-4との履歴性状、吸収エネルギー等の比較
SUS-2	H-100弱軸		
SUS-3	H-100強軸	900	
SUS-4	H-100弱軸		

表 3. 材料試験結果一覧

試験体使用箇所	材種	σ_y N/mm ²	ϵ_y μ	σ_{max} N/mm ²	伸び率 %	降伏比
SS-1~7	SS400	309.8	1511	447.1	33.4	0.693
SS-6フランジ材	SS400	322.8	1574	471.6	38.5	0.684
SUS-1~4フランジ	SUS304	293.8	1433	659.2	57.2	0.446
SUS-1~4ウェブ	SUS304	318.1	1552	772.8	57.7	0.412

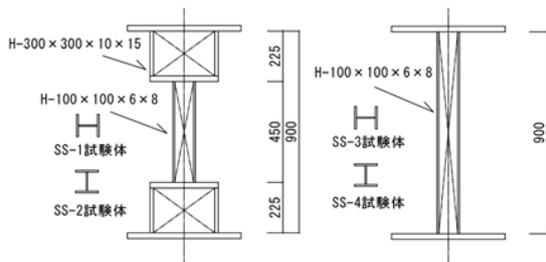


図 3. 試験体 (SS-1~4)

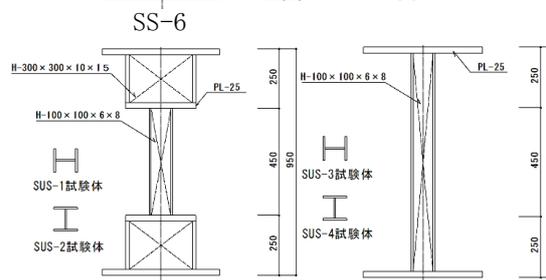
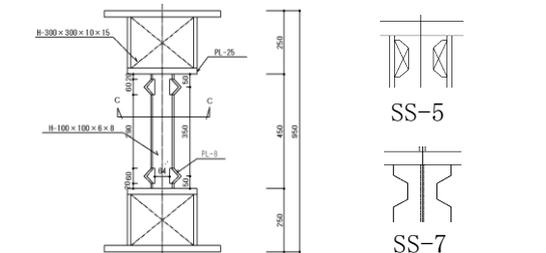


図 4. 試験体 (SS-5~7, SUS-1~4)

た、使用した材料の試験結果を表 3 に示す。
 加力履歴はクリア高さ 900mm に対して、
 $R=1/1000$ (1 回), $2/1000$ (5 回), $5/1000$ (5 回),
 $10/1000$ (5 回), $20/1000$ (3 回), $30/1000$ (2 回),
 $40/1000$ (1 回)とした。

計測は水平変位のほか、クリア高さ間の鉛直
 変位および図 3 に示す位置の鋼材ひずみを測定
 した。

(2) 解析的研究

構造実験を再現するため実験と同じ載荷
 履歴で、材料試験結果を用いたダンパーの解
 析を実施した。基礎的な履歴モデルにおける
 現状の課題を明確にするために、SS-1 から
 SS-4 の 4 体に関して実験結果と比較検討を
 行った。

4. 研究成果

(1) 実験的研究

① H 形鋼の基本的な構造特性

<2015 年度試験体 (SS-1 から SS-4) >

図 5 に各試験体の Q-R 関係を解析結果とと
 もに示す。また、表 4 に初期剛性の実験値と
 計算値の比較を、表 5 に各試験体の降伏ひず
 みに達した変形角と部材端からの距離を、表
 6 にせん断力の推移を示す。初期剛性の実験
 値は $R=1/1000$ の履歴から算出したもので
 あり、計算値のヤング係数・断面 2 次モーメ
 ントは公称値を使用した。実験値と計算値の比
 はほぼ 2 割前後であった。

表 4 より、クリア高さに係わらず部材縁の
 降伏領域は端部から部材せいと同じ 100mm
 の範囲であること、降伏変形角はクリア高さ

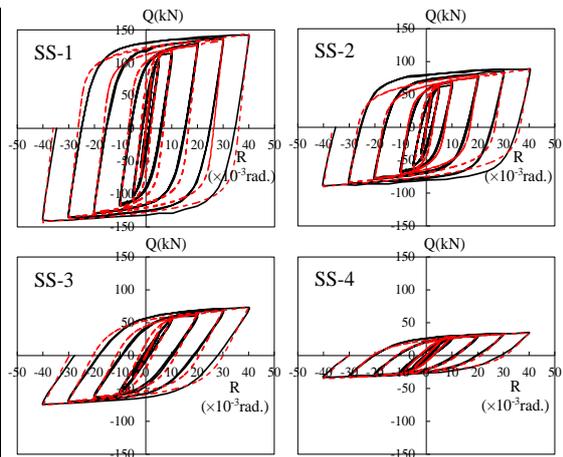


図 5. Q-R 関係 (SS-1~SS-4)

表 4. 初期剛性の実験値と計算値の比

	h ₀ mm	I _s mm ⁴	c _K kN/mm	e _K kN/mm	e _K /c _K
SS-1	450.0	3780000	102.0	78.3	0.77
SS-2	450.0	1340000	36.2	39.2	1.08
SS-3	900.0	3780000	12.8	10.9	0.85
SS-4	900.0	1340000	4.5	5.4	1.19

(注) E_s: 205kN/mm², c_K: 計算値, e_K: 実験値

表 5. 部材の降伏状況

部材縁	SS-1		SS-2		SS-3		SS-4	
	R	L _y						
部材縁	5	50	2	50	10	50	5	50
	20	100	5	100	20	100	10	100
パネル部	5	全域	—	弾性	20	上端	30	上端

(注) R: ×10³rad, L_y: 端部からの降伏領域

表 6. せん断力の推移

試験体		R (×10 ³ rad)							
		1	2	5	10	20	30	40	
SS-1	正	29.4	55.6	105.3	119.2	131.5	137.6	142.0	
	負	-32.3	-58.9	-103.8	-116.9	-130.2	-136.0	-140.0	
	平均	30.9	57.3	104.6	118.1	130.9	136.8	141.0	
	Q/Q _p	—	—	0.87	0.89	1.09	1.14	1.18	
SS-2	正	20.6	39.8	59.1	69.3	78.6	86.6	89.1	
	負	-20.6	-39.8	-59.0	-67.6	-79.0	-85.7	-89.1	
	平均	20.6	39.2	58.6	68.0	79.3	86.2	89.1	
	Q/Q _p	—	0.69	1.03	1.20	1.38	1.52	1.57	
SS-3	正	7.8	15.7	32.3	56.0	63.0	69.0	73.4	
	負	-7.8	-13.9	-30.7	-56.2	-64.3	-70.0	-74.4	
	平均	7.8	14.8	31.5	56.1	63.7	69.5	73.9	
	Q/Q _p	—	—	—	0.94	1.07	1.17	1.24	
SS-4	正	3.9	6.9	15.5	26.4	30.0	32.8	35.2	
	負	-4.9	-7.6	-17.6	-24.1	-29.4	-31.3	-33.3	
	平均	4.4	7.3	16.6	25.3	29.7	32.1	34.3	
	Q/Q _p	—	—	0.59	0.89	1.05	1.14	1.21	

(注) Q: せん断力(kN), Q_p: 全塑性時せん断力計算値 Q_y=2·Z_pσ_y/h₀

や H 形鋼の向きにより異なることが分かる。
 パネル部は SS-1 では早期($R=4/1000$ rad.)に
 部材全域にわたりせん断降伏した。

表 5 に示すように降伏発生後も変形角の増
 加に伴い、せん断強度は上昇する傾向がある。
 強度上昇は、H 形鋼を強軸使い(SS-1, SS-3)し
 た場合、材料試験結果を用いた全塑性時せん
 断力 Q_p に対して 1.2~1.3 倍程度であり、弱軸
 使い(SS-2, SS-4)の場合 1.6 倍程度となった。
 弱軸使いで強度上昇が大きくなる要因は、曲
 げ強度に有効なフランジ断面のひずみ硬化域
 が縁から内側に拡大するためであると考えら
 れる。図 5 の Q-R 関係は、せん断力が上昇し
 ても繰返しにおけるループは劣化もなく安定
 している。

SS-1 から SS-4 試験体のそれぞれの変形段
 階における吸収エネルギーの平均値を表 6 に
 示す。また、図 6 に吸収エネルギー E と部材
 変形角の関係を示す。SS-1, SS-2 と SS-3, SS-4
 ではクリア高さ比 2 なので、SS-1, SS-2 の実
 際の変形角は SS-3, SS-4 の 2 倍となる。

図 6 の SS-1 と SS-3 の E-R 関係を見ると、

部材変形角 $20 \times 10^{-3} \text{rad}$ 以降はほぼ同じ履歴で推移する。SS-2 と SS-4 でも $E-R$ 関係は部材変形角 $20 \times 10^{-3} \text{rad}$ 以降ではほぼ同じ傾きで推移していることが分かる。

SS-1 と SS-2 の $E-R$ 関係から累乗近似した式(1)と式(2)を図 6 に実験データとともに示す。

$$E_1 = 5.0897 \times R^{1.6986} \quad \dots \dots (1)$$

$$E_2 = 5.1088 \times R^{1.5795} \quad \dots \dots (2)$$

ここで、 E_1 は H 形鋼を強軸使いした場合、 E_2 は H 形鋼を弱軸使いした場合の吸収エネルギーである。それぞれの R^2 値は 0.9845 と 0.9938 であり、相関性は良いと言える。

表 6. 吸収エネルギーの推移

R	10	20	40	60	80
SS-1	209	1041	3031	5273	7482
SS-2	173	662	1860	3312	4700
R	5	10	20	30	40
SS-3	12	94	912	1911	2938
SS-4	10	86	464	908	1363

R: 制御変形角 ($\times 10^{-3} \text{rad}$) クリア高さ900mm,

R': 換算変形角 ($\times 10^{-3} \text{rad}$) クリア高さ450mm

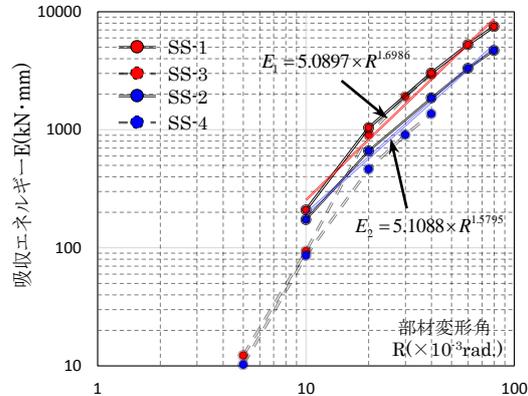


図 6. 吸収エネルギーと部材変形角の関係

SS-1 から SS-4 の実験結果から以下の知見が得られた。

- H 形鋼の降伏範囲は、今回の実験では強軸・弱軸でも部材せい程度であった。
- 変形角の増加に伴いせん断力が増大するが、強軸・弱軸ともに安定した履歴ループを描いた。
- せん断力の増大する割合は、弱軸使いの方が大きい。
- クリア高さの異なる H 形鋼の部材変形角 $20 \times 10^{-3} \text{rad}$ 以降における $E-R$ 関係の相関性を確認できた。
- 強軸・弱軸ともに解析結果は、実験の履歴性状を概ね再現することができた。

② H 形鋼端部の形状および鋼材の差異が履歴性状に及ぼす影響

<2016 年度試験体 (SS-5 から SS-7 および SUS-1 から SUS-4) >

図 7 に端部に特殊なディティールを持った SS-5 から SS-7 試験体 Q-R 関係、図 8 にステンレス鋼試験体 SUS-1 から SUS-4 の Q-R 関係を示す。SS-5 試験体は $R=20/1000$ の一回目サイクルが終了後から試験体上端部の加工を施

した部分のウェブプレートが損傷し、荷重の低下が見られた。SS-6 の試験体は $R=20/1000$ の二回目サイクル後、加工を施した上端部および下端部が損傷した。SS-7 の試験体は $R=40/1000$ の正側載荷時に試験体下端部に大きく損傷が見られ大きく荷重が低下した。

SUS-1, SUS-3, SUS-4 の試験体は繰り返し荷重におけるループの劣化はなく、 $R=40/1000$ まで安定したループを描いた。ただし、SUS-2 の $R=40/1000$ の負側サイクル時に上下のフランジ溶接部近傍に亀裂が見られ、荷重が低下した。

図 7 および図 8 の図中には赤線で全塑性モーメント時の計算値を示している。端部特殊形状の計算値は概ね実験と良い対応を示している。ステンレス鋼の実験値は、計算値を大きく上回る傾向があった。これはステンレス鋼では応力ひずみ関係において降伏点が明確ではない影響だと考えられる。

図 9 に各サイクルの吸収エネルギー平均値の推移を示す。図にはステンレス鋼と普通鋼を比較するために SS-1~4 の 4 体を併せて掲載している。また、横軸は制御変形角ではなく部材角とした。ステンレス鋼と普通鋼とでは、ループ形状は異なるものの強軸・弱軸ともに吸収エネルギーに差異がないことが確認できた。端部特殊形状の SS-5, 6 は、ウェブのせん断降伏による耐力低下が生じたため部材角 $40 \times 10^{-3} \text{rad}$ 以降、吸収エネルギーに増加は見られなかった。せん断降伏を防ぐことにより吸収エネルギー量は増大し、等価粘性減衰定数も安定するものと考えられる。

SS-6 の全塑性モーメント時の強度 (41.0kN) は SS-1 の強度 (119.1kN) の 1/3 未満であり、かつ剛性も低いことから SS-1 よりも早期に降伏し制震効果が期待できる。また、強度を低く抑えられるので、部材取付けの剛性確保が容易になるメリットが考えられる。

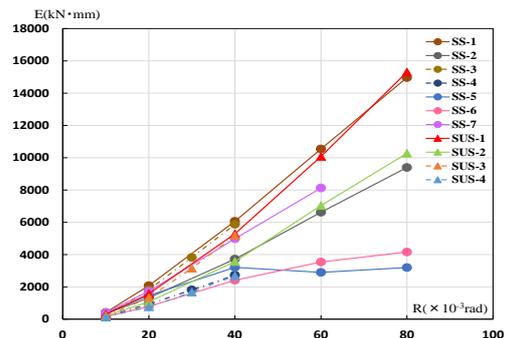


図 9. 吸収エネルギーの推移

③ 累積塑性変形倍率による評価

曲げ降伏型ダンパーは、せん断降伏型ダンパーのような座屈に伴う極端な耐力低下がない。しかし、全塑性曲げ応力が作用する部材端部では、圧縮・引張応力の繰返しによる破断が考えられる。

制震部材の変形能力を評価する指標としては、(a)累積塑性変形倍率、(b)累積損傷度、(c)等価せん断座屈変形角がある。本研究のよ

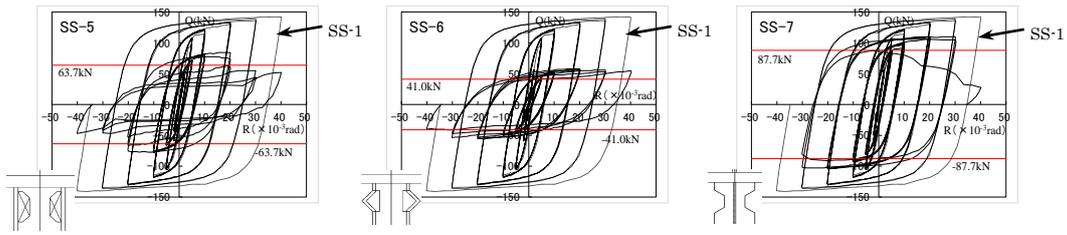


図 7. 端部特殊加工した Q-R 関係 (SS-5~SS-7)

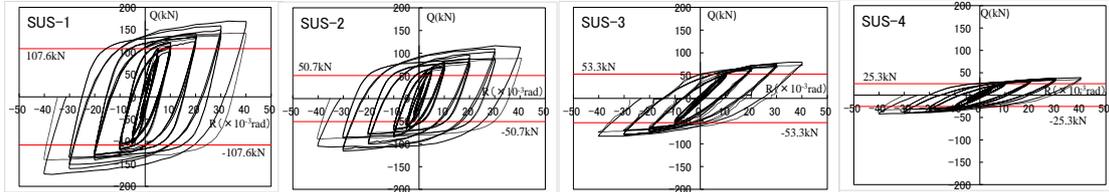


図 8. SUS 鋼 Q-R 関係 (SUS-1~SUS-4)

うな破断が考えられるダンパーの場合には、累積塑性変形倍率が用いられる。本研究で実施した試験体計 11 体について累積塑性変形倍率による評価を行いダンパーの性能を検討する。

各試験体の累積塑性変形倍率を計算するために、図 10 に示すように実験で得られた荷重変形関係から骨格曲線部とバウシंगाー部を抽出する。試験体により強度・断面性能が異なるので、強度上昇率や変形性能を比較できるように、縦軸は全塑性曲げモーメントに対する比 M/M_p 、横軸は全塑性モーメントに対応する弾性回転角に対する比 θ/θ_p に置換し無次元化する。SS-1 から SS-4 は H 形鋼の全塑性断面係数を使用し、端部を特殊加工した SS-5 から SS-7 はウェブの欠損やフランジ部の形状を考慮した全塑性モーメントを算出した。SUS-1 から SUS-4 のステンレス製 H 形鋼は、ビルト H であるため断面を採寸した寸法およびフランジとウェブそれぞれの降伏応力度を用いて全塑性モーメントを算出した。また、全塑性モーメントに対応する弾性回転角は逆対称載荷であることを考慮し式(3)により算出する。

$$\theta_p = \left(\frac{h/2}{3EI} + \frac{1}{G \cdot A_w \cdot h/2} \right) M_p \quad \dots \dots (3)$$

ここで、 h : 試験体のクリア高さ(mm)、 E : ヤング係数(N/mm²)、 I : 断面 2 次モーメント(mm⁴)、 G : せん断弾性係数 (N/mm²)、 A_w : せん断断面積(mm²)。

耐力低下した場合には、最大荷重の 0.9 倍を下回らない履歴ループまでの骨格曲線とバウ

シंगाー部を抽出した。

表 7 に累積塑性変形倍率の算出結果一覧を、図 11 に各試験体の骨格曲線とバウシंगाー部の履歴を示す。累積塑性変形倍率は式(4)から、骨格曲線およびバウシंगाー部の吸収エネルギーは式(5)により算出した。

$$\eta = \eta_s + \eta_B \quad \dots \dots (4)$$

$$\eta_s = \frac{W_s(\text{正}) + W_s(\text{負})}{M_p \theta_p} \quad \eta_B = \frac{W_B(\text{正}) + W_B(\text{負})}{M_p \theta_p} \quad \dots (5)$$

本研究の目的は、ダンパーの変形性能を確認することではなく、RC 建物の層間に H 形鋼を曲げ降伏型ダンパーとして設置した場合の履歴性状およびエネルギー吸収性能を検討することである。したがって、載荷履歴制御は全塑性モーメントに対応する弾性回転角を基準にする変位制御ではなく、層間変形角 R による制御としたのでダンパーの限

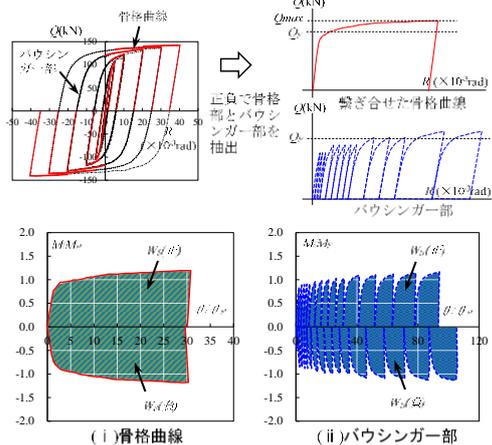


図 10. 骨格曲線・バウシंगाー部の抽出方法

表 7. 累積塑性変形倍率一覧

■ : 限界変形角に達した試験体

	M_p kN·m	θ_p rad	最大R rad	W_s		W_B		η_s	η_B	η_B/η_s	η	η_s/η	η_B/η
				正	負	正	負						
SS-1	26.8	0.00558	0.08	32.5	31.5	81.8	91.8	64.0	173.7	2.7	237.6	26.9	73.1
SS-2	12.7	0.00391	0.08	59.2	65.7	153.0	162.6	124.8	315.6	2.5	440.5	28.3	71.7
SS-3	26.8	0.00668	0.04	11.3	11.7	17.3	21.3	23.0	38.6	1.7	61.5	37.3	62.7
SS-4	12.7	0.00716	0.04	8.6	8.6	20.1	22.2	17.3	42.3	2.4	59.5	29.0	71.0
SS-5	11.2	0.00447	0.04	16.2	15.9	46.5	58.0	32.1	104.5	3.3	136.6	23.5	76.5
SS-6	7.2	0.00244	0.06	41.6	35.1	288.0	198.3	76.8	486.4	6.3	563.1	13.6	86.4
SS-7	15.4	0.00430	0.06	30.3	32.8	129.5	99.4	63.1	228.9	3.6	292.0	21.6	78.4
SUS-1	24.2	0.00518	0.08	46.9	54.7	70.1	75.5	101.7	145.6	1.4	247.3	41.1	58.9
SUS-2	11.4	0.00374	0.08	82.5	68.6	124.7	176.5	151.1	301.2	2.0	452.2	33.4	66.6
SUS-3	24.0	0.00630	0.04	8.7	10.5	20.7	24.6	19.2	45.3	2.4	64.5	29.7	70.3
SUS-4	11.4	0.00675	0.04	7.9	12.0	22.0	27.5	19.9	49.4	2.5	69.3	28.7	71.3

M_p : 全塑性モーメント
 θ_p : 全塑性モーメントに対応する弾性回転角
 W_s : 骨格曲線での吸収エネルギー
 W_B : バウシंगाー部での吸収エネルギー
 η_s : 骨格部の累積塑性変形倍率
 η_B : バウシंगाー部の累積塑性変形倍率
 η : 累積塑性変形倍率
 最大R : 最大耐力の90%以上を保持する最大部材角 (実験値)

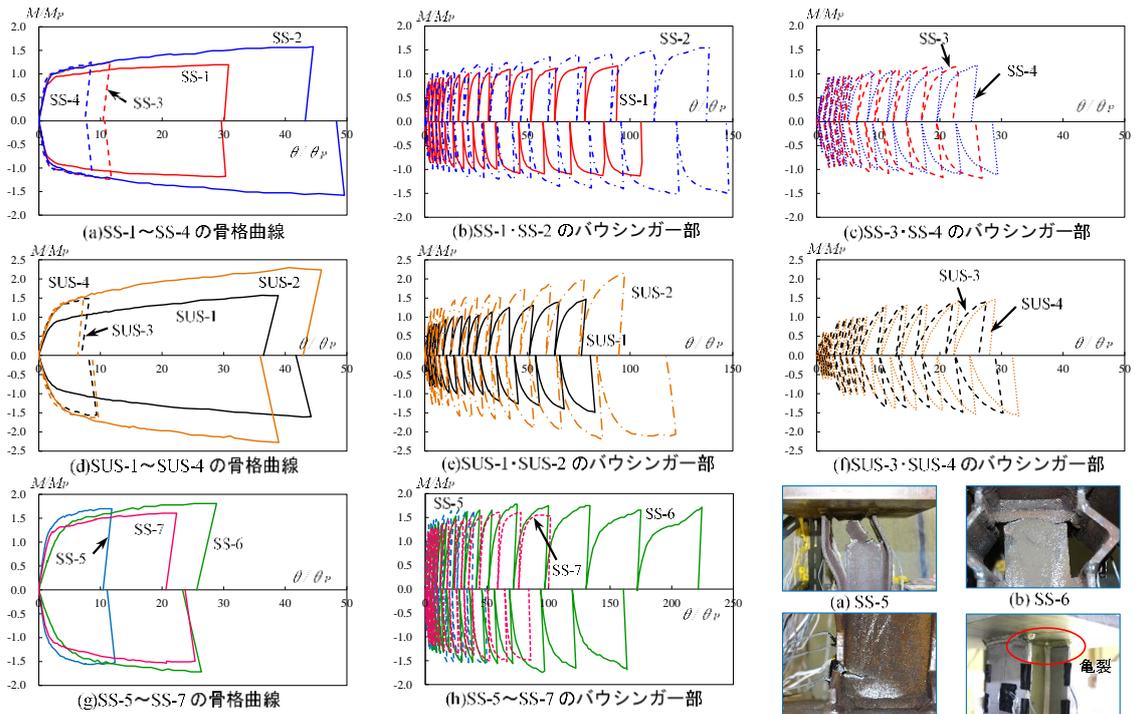


図 11. 抽出した骨格曲線およびバウシंगाー部

写真 1. 試験体の破壊状況

界変形に達した試験体は、SS-5、SS-6、SS-7（ウェブせん断亀裂）、SUS-2（フランジに亀裂）の4体である。これら4体の破壊状況を写真1に示す。

表7・図11より、SS400とSUS304の試験体を比較すると、強軸・弱軸に係わらず累積塑性変形倍率(η)の値に差はない。クリア高さが半分になると、強軸では η が約4倍、弱軸では約7倍大きくなった。骨格曲線とバウシंगाー部の吸収エネルギーの比率を見ると、骨格曲線が約3割、バウシंगाー部が約7割であった。ただし、ステンレス鋼の方が変形角の増大に伴い全塑性モーメントに対する耐力増加割合が大きく、骨格曲線から分かるように剛性が普通鋼に比べて低くなる傾向が見られる。

同一の载荷履歴を経験した11体の曲げ降伏型ダンパーの実験結果から以下の知見が得られた。

- SS400とSUS304の強軸・弱軸ともに損傷度に差異は見られなかった。抽出した骨格曲線とバウシंगाー部の曲線にも大きな差異はない。
- H形鋼端部を特殊加工した試験体のうちSS-6は、せん断降伏により限界変形角が小さくなったが、同じ履歴則に対して累積塑性変形倍率が大きいことから合理的なダンパーとなる可能性がある。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 4件)

- 大久保貴弘, 都祭弘幸, 富田祐介, 弓形鋼製部材によるRC建物の制震化に関する研究(その4. 端部特殊形状およびステンレス製H形鋼の逆対称曲げせん断実

験), 日本建築学会大会学術講演集, 2016.8, 発表確定, 福岡大学(福岡県福岡市)

- 都祭弘幸, 大久保貴弘, 富田祐介, 弓形鋼製部材によるRC建物の制震化に関する研究(その5. 累積塑性変形倍率による評価), 日本建築学会大会学術講演集, 2016.8, 発表確定, 福岡大学(福岡県福岡市)
- Hiroyuki Tomatsuri, Study on Bow-shaped Hysteretic Dampers for RC Buildings, SEWC2015, 5th Structural Engineers World Congress, Singapore, USBROM, 2015.10
- 都祭弘幸, 前島克朗, 弓形鋼製部材によるRC建物の制震化に関する研究(その3. H形鋼の逆対称曲げせん断実験), 日本建築学会大会学術講演集, C-2分冊, pp.611-612, 2015.9, 東海大学(神奈川県平塚市)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 1件)

名称: 曲げ降伏型ダンパー

発明者: 都祭弘幸

権利者: 福山大学

種類: 特許

番号: 特願2016-018188号

出願年月日: 平成28年2月2日

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

都祭 弘幸 (TOMATSURI, Hiroyuki)

福山大学・工学部・教授

研究者番号: 20736714