

1. 序

座屈拘束ブレースとは、軸方向力を伝達する芯材が座屈しないように外周を拘束材で補剛した履歴型ダンパーである。最近、座屈拘束ブレースへの大型化の要求が高まり、その芯材の板厚が厚肉になり、溶接で組立てられたものも増えている。この場合、座屈拘束ブレースには、圧縮力を受けた時に座屈をしないという本来の性能の確保のみでなく、衝撃的な引張力に対しても脆性破壊しないで十分な塑性変形性能を発揮することが重要である。

座屈拘束ブレースの芯材に性能の優れた素材を使用しても、溶接部には種々の欠陥を有する可能性があり、熱影響部の機械的性質は元の素材より悪くなっている。このため、大地震時において厚肉断面部材の溶接部あるいは熱影響部を起点として座屈拘束ブレースの芯材は、脆性破壊する可能性がある。

本研究ではダンパー用鋼材として用いられる SN 材と LY 材について、溶接の有無による基本的な特性を把握することを目的とし、シャルピー衝撃試験および低温時の縮小実験を行う。実験結果から、既往の研究<sup>1)</sup>に基づき遷移温度、低温時の降伏応力度の上昇、エネルギー吸収量等について考察し、基本的性能を明らかにする。

2. シャルピー衝撃試験

2.1 試験概要

試験は JIS 規格に準じて、SN 材と LY 材を各温度で 3 体ずつ行い遷移温度を把握する。遷移温度は試験結果から最大吸収エネルギーの 1/2、または脆性破面率が 50% となる温度とする。

表 2 機械的性質

鋼種	厚さ (mm)	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	伸び率 (%)
SN400B	12	296	430	32
LY225		231	323	40

表 1 シャルピー衝撃試験結果

SN400B			LY225		
温度	Ea (J)	Sb (%)	温度	Ea (J)	Sb (%)
30°C	167	15	20°C	341	0
20°C	180	20	0°C	353	0
10°C	131	33	-40°C	360	0
0°C	136	42	-50°C	363	0
-5°C	125	45	-55°C	136	48
-10°C	92	47	-60°C	132	50
-20°C	89	55	-65°C	17	82
-30°C	43	68	-70°C	15	85
-40°C	40	80	-75°C	13	88
-50°C	15	82	-80°C	7	95
-80°C	7	100	-90°C	5	95

Ea:吸収エネルギー Sb:脆性破面率

2.2 試験結果および考察

試験結果を表 1 に、遷移曲線を図 1 に示す。図 1 から遷移温度は SN 材が -12°C、LY 材が -55°C である。

SN 材は温度の低下に伴い、徐々にエネルギー吸収量が低下するのに対し、LY 材は遷移温度を過ぎると急激にエネルギー吸収量が低下する。また、LY 材の最大エネルギー吸収量は、SN 材の約 2 倍である。

3. 縮小実験

3.1 試験体

試験体にはシャルピー衝撃試験と同じ素材を使用する。座屈拘束ブレースの芯材に存在する溶接の影響を比較するため、以下の 3 つのタイプを実験する。

- 1) 溶接のない基本タイプ
- 2) 拘束材の滑り止めを想定した中央溶接タイプ
- 3) 連続隅肉溶接による十字断面タイプ

素材の機械的性質を表 2 に、試験体形状を図 2 に示す。各タイプの母材の断面積は同じとする。中央溶接タイプ、十字断面タイプは、溶接金属の分、断面積が大きい。

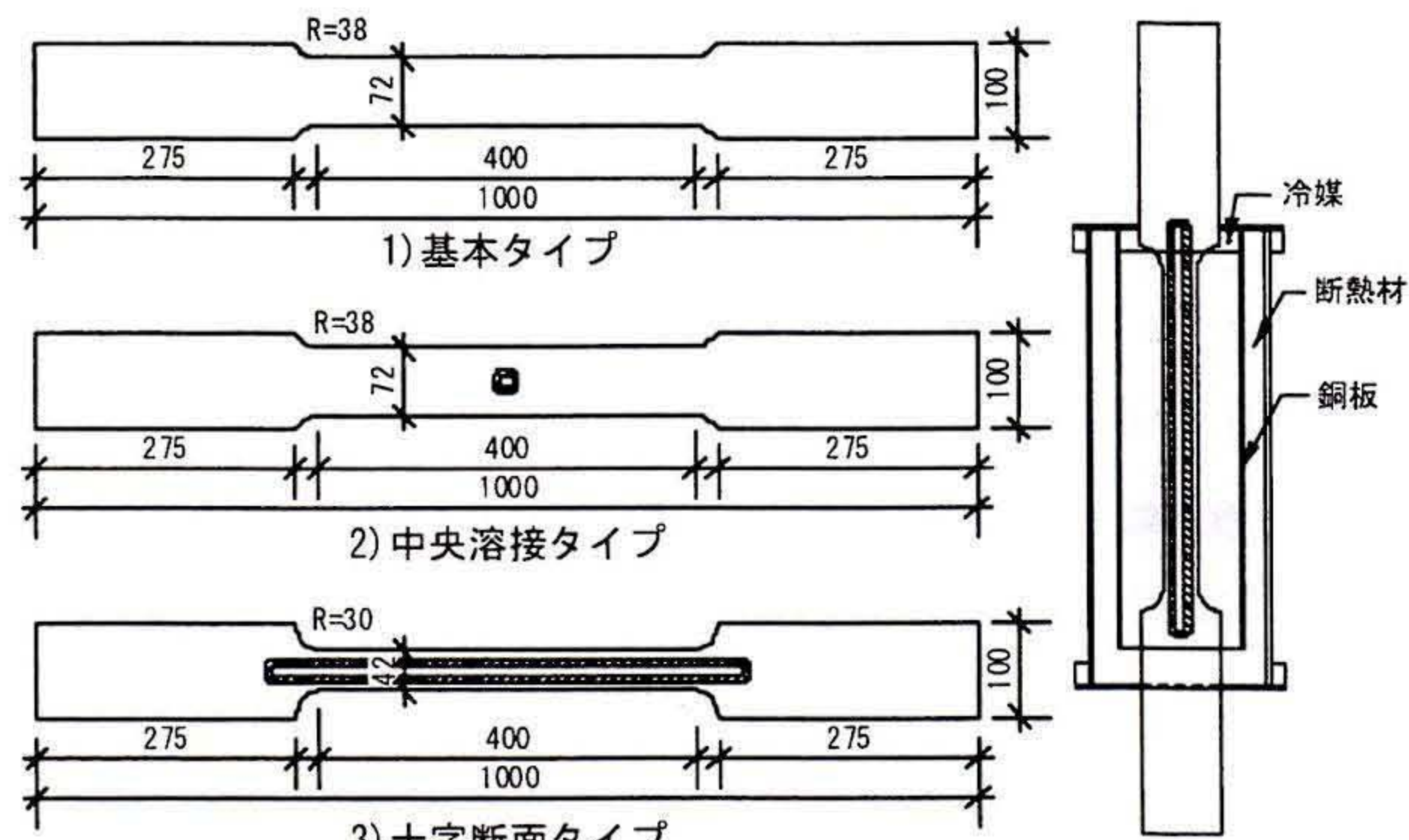


図 2 試験体形状

図 3 実験装置

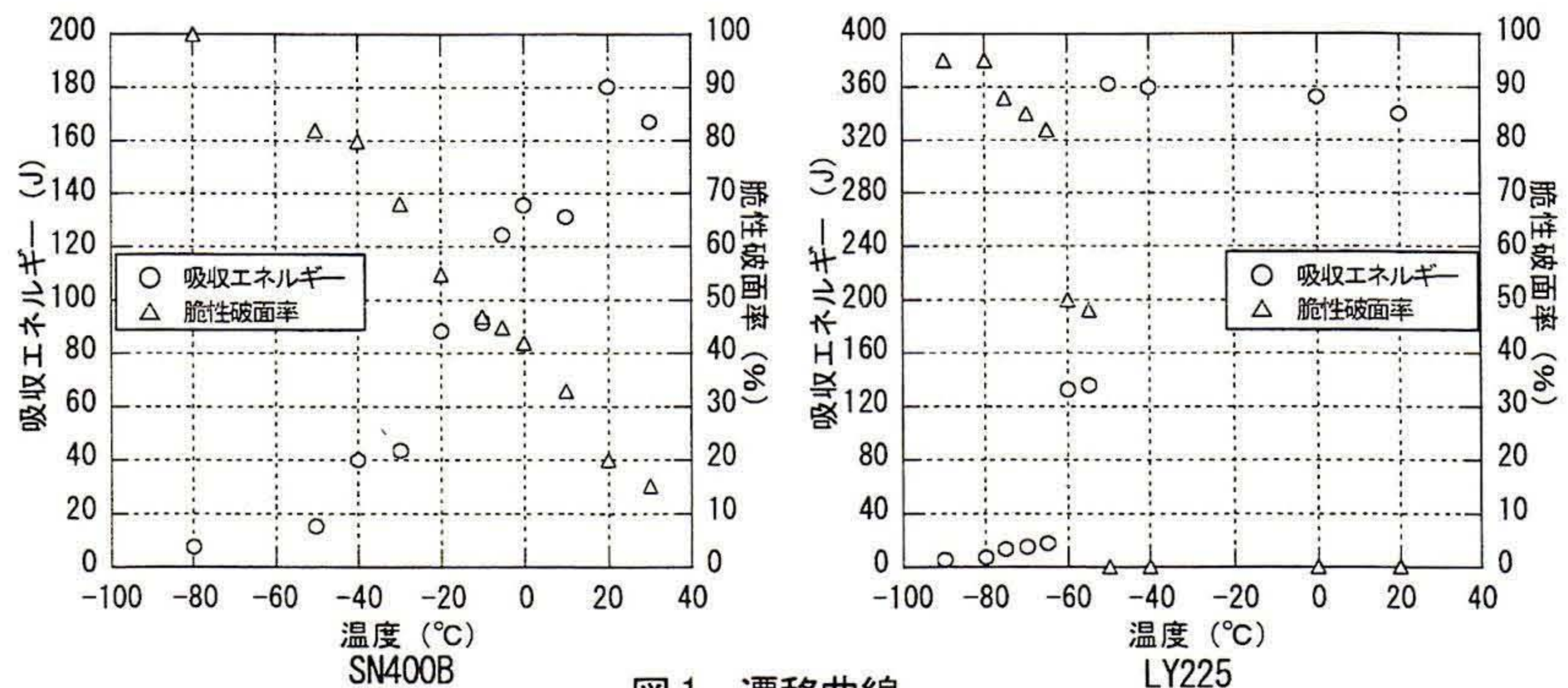
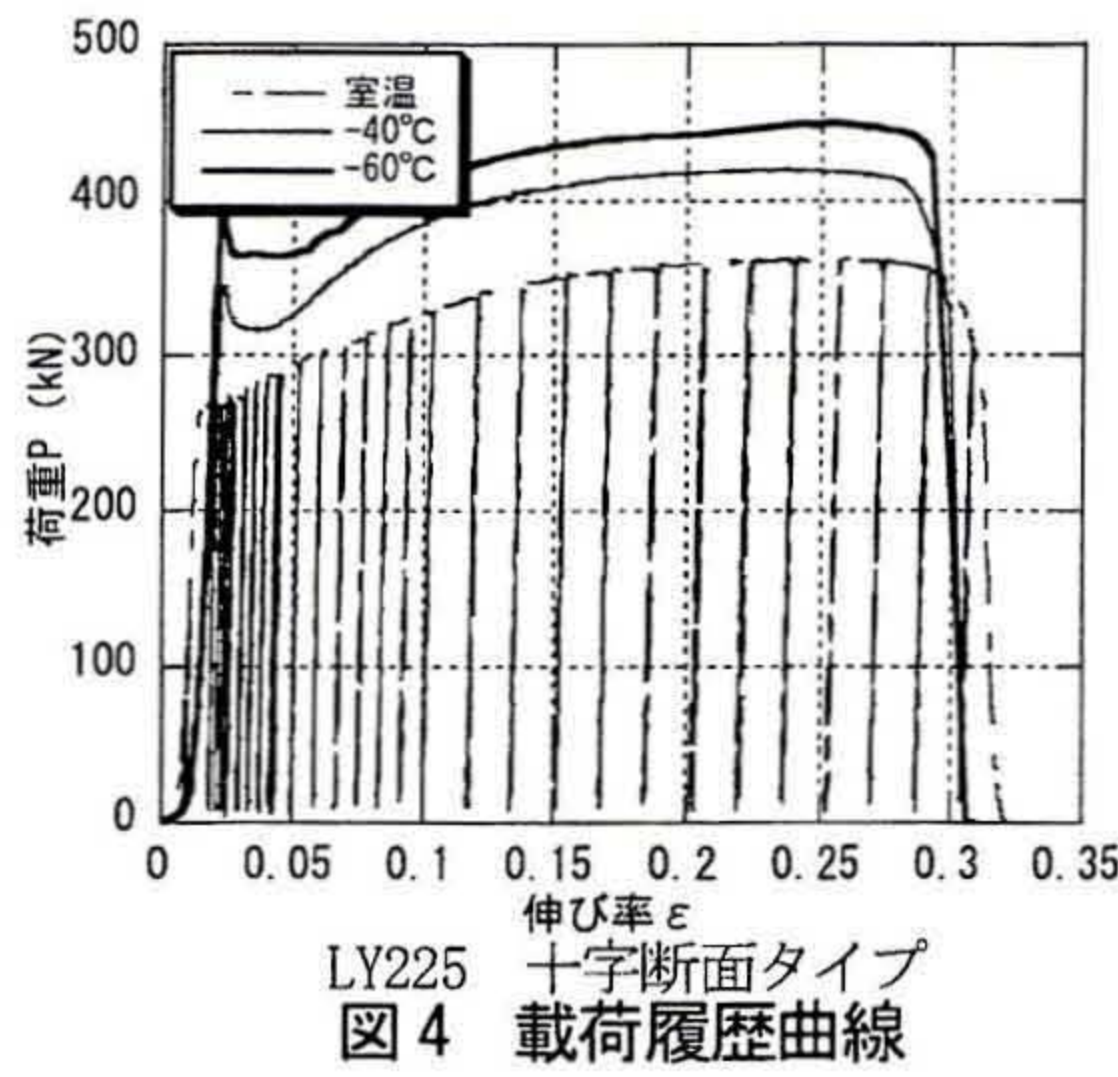
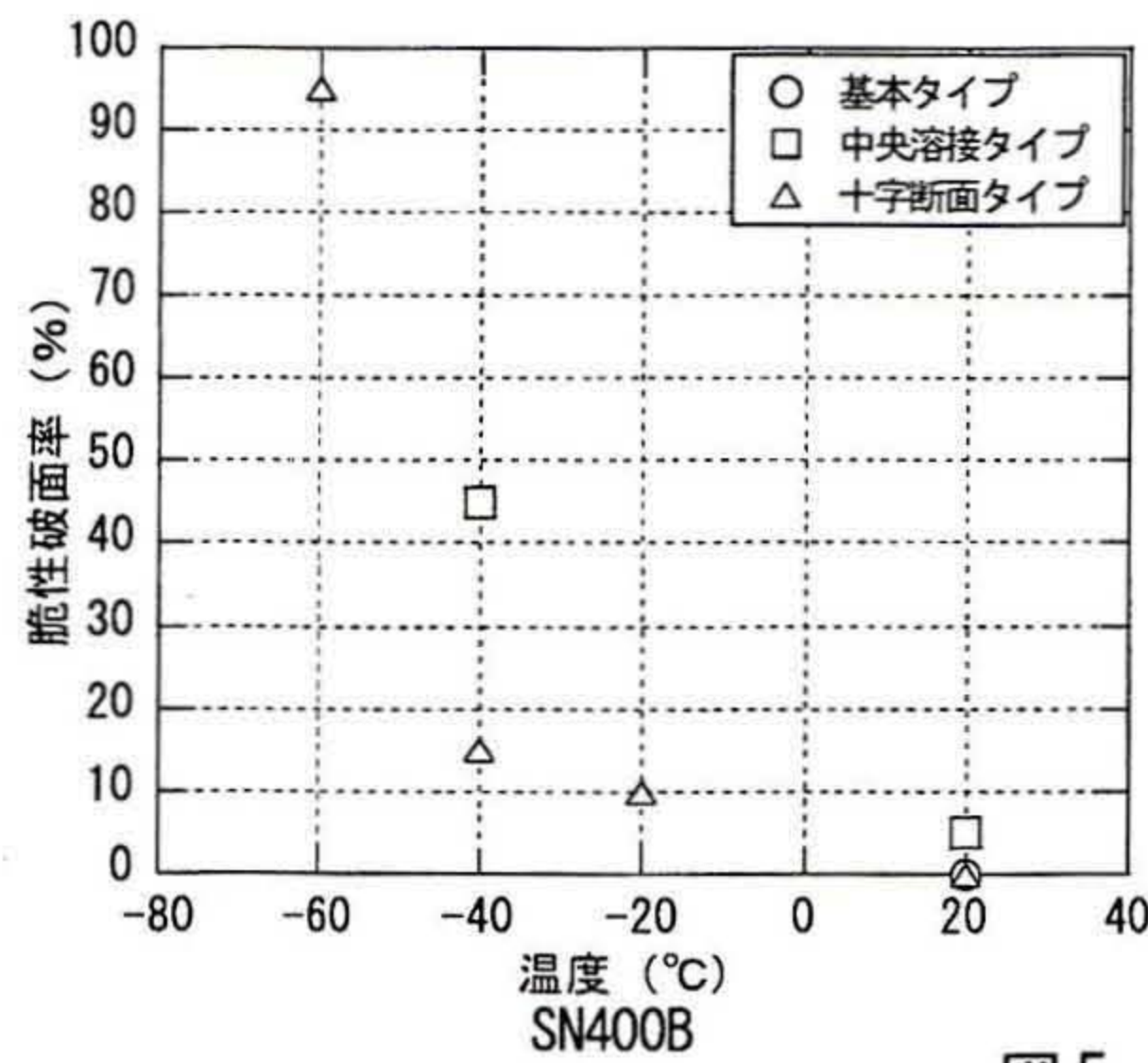


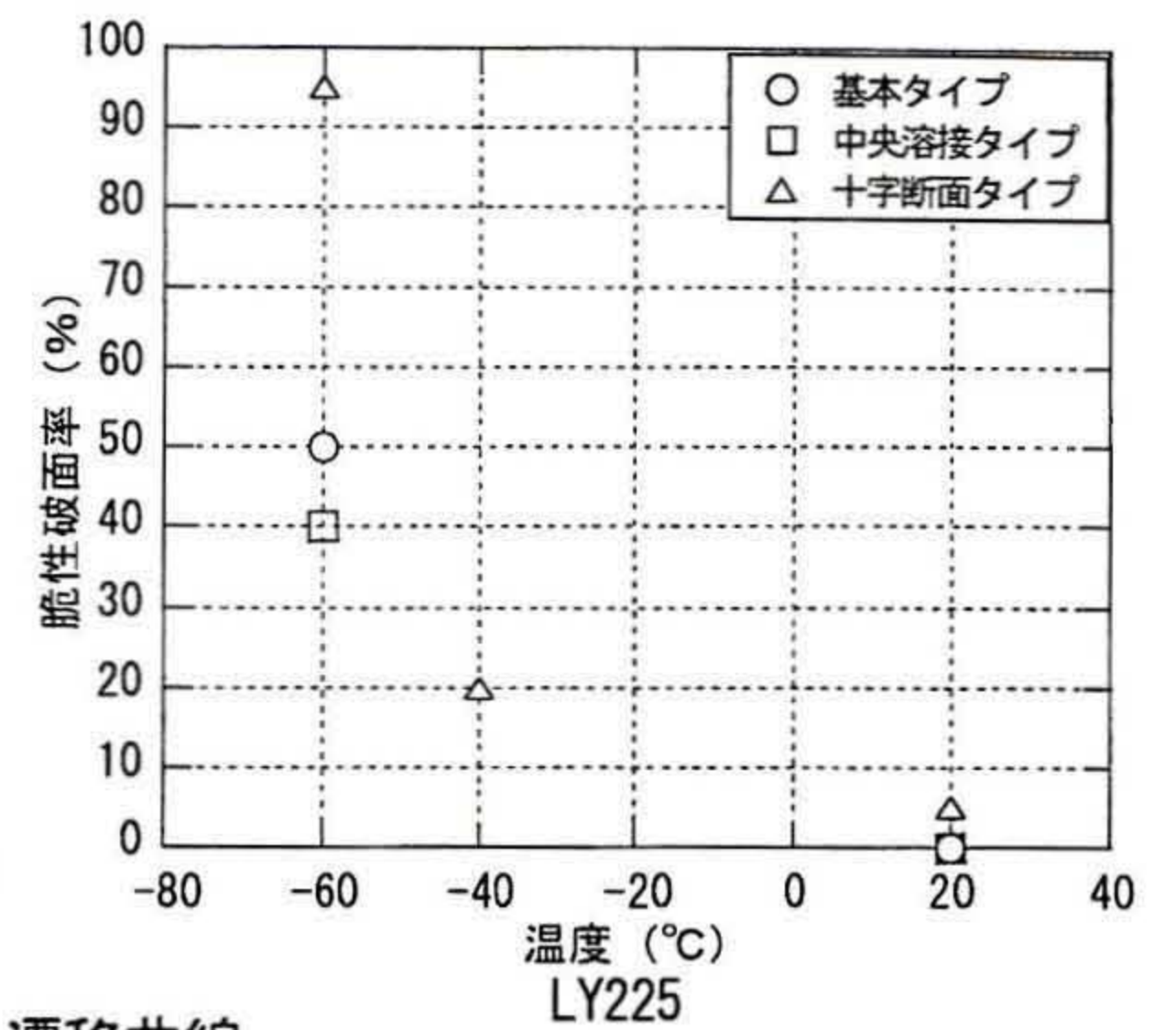
図 1 遷移曲線



LY225 十字断面タイプ  
図4 荷重履歴曲線



SN400B



LY225

図5 遷移曲線

表3 実験結果

試験体				上降伏点	下降伏点	引張強さ	R	S	Et
鋼種	タイプ	温度	荷重方法	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(%)	(%)	(kJ/m <sup>2</sup> )
SN400B	基本	室温	単調	323	307	440	30	0	34
		室温	漸増	313	308	438	32	0	40
	中央溶接	室温	漸増	308	307	439	33	5	37
		-40°C	単調	350	337	488	32	45	42
	十字断面	室温	漸増	348	348	474	25	0	32
		-20°C	単調	376	366	511	27	10	40
		-40°C	単調	408	395	547	26	15	41
LY225	基本	室温	単調	270	245	348	37	5	36
		室温	漸増	251	245	339	46	0	45
		-60°C	漸増	367	358	412	33	50	39
	中央溶接	室温	漸増	245	240	338	37	0	35
		-60°C	漸増	380	353	433	29	40	40
	十字断面	室温	漸増	288	287	387	32	5	38
		-40°C	単調	369	338	449	31	20	40
		-60°C	単調	420	390	481	31	95	43

R: 平行部伸び率 S: 脆性破面率 Et: 累積塑性歪エネルギー

### 3.2 実験温度

実験は常温およびシャルピー衝撃試験から得られた遷移温度前後で行う。試験体には熱電対と冷却用の箱を取り付け、メタノール、ドライアイスを使用して熱電対により温度管理を行う。実験装置を図3に示す。

### 3.3 荷重方法

荷重は引張側の静的単調荷重、既往の研究<sup>2)</sup>における荷重方法に準じた漸増繰返し荷重の2種類を行う。

### 3.4 実験結果

実験結果一覧を表3に、LY材十字断面タイプの荷重履歴曲線を図4に、遷移曲線を図5に示す。十字断面タイプの降伏応力度、引張強さは、溶接金属の断面積を引いて計算した値である。以下に試験体タイプ、温度、荷重方法による比較を行う。

#### 1) 試験体タイプによる比較

- ・基本タイプと中央溶接タイプの実験結果は、SN材、LY材ともに大きな差はない。
- ・基本タイプと十字断面タイプの降伏応力度は、十字断面タイプの方がSN材、LY材でそれぞれ、13%、17%程高い。また、平行部伸び率Rは5%ずつ小さく、累積塑性歪エネルギーEtに大きな差はない。
- ・破断箇所について、中央溶接タイプは断面積の大きい溶接部を避けるように変形し、溶接部では破断していない。十字断面タイプは溶接金属の断面積が小さい箇所破断し、他の複数箇所にもくびれが生じている。

#### 2) 温度による比較

- ・降伏応力度、引張強さ、脆性破面率S、Etは、SN材、LY材ともに温度の低下に伴い大きくなる。
- ・Rは温度が低下してもSN材ではあまり変わらないが、LY材では基本タイプ、中央溶接タイプで小さくなる。

#### 3) 荷重方法による比較

- ・降伏応力度、引張強さに大きな差はない。
- ・R、Etは、漸増繰返し荷重の方が大きい。

### 3.5 考察

- ・中央溶接タイプが溶接部で破断しなかったのは、その部位の断面積が大きくなったためである。
- ・LY材十字断面タイプは、破断時の伸び率が31%程であり、素材の伸び率40%、溶接金属の伸び率30%からみると使用した溶接金属の伸び率で破断している。
- ・十字断面タイプの連続隅肉溶接は溶接金属が一様でなく、溶接金属の断面積が小さい複数箇所に応力が集中し、その1つが破断の起点となっている。

### 4. 結

- 1) シャルピー衝撃試験からSN材、LY材の遷移温度は-12°C、-55°Cである。ただし、LY材は遷移温度前後で吸収エネルギーに大きな差がある。
- 2) 縮小実験の基本タイプの結果から、単調荷重より漸増繰返し荷重の方がR、Etは大きくなる。
- 3) 中央溶接タイプは溶接部で破断せず、基本タイプとほぼ同じ実験結果である。
- 4) 十字断面タイプは溶接金属の伸び率で破断し、SN材とLY材は、ほぼ同じ遷移曲線を描いている。

#### [謝辞]

研究を進めるにあたり信州大学工学部建築学科、中込忠男教授にご指導頂きました。深く感謝の意を表します。

#### [参考文献]

- 1) 中込忠男、辰巳雄介：溶接欠陥を有する溶接接合部の脆性破壊に関する破壊力学的研究、日本建築学会構造系論文集、2006.12
- 2) 岩田衛、村井正敏、他：鋼モルタル板を用いた座屈拘束ブレースの実験的研究、日本建築学会構造論文集、2003.7