

# 制震用極軟鋼管\*1

藤澤 一善\*2 山本 健一\*3 今井 克彦\*4

## Low Yield Stress Steel Pipe Used for Hysteretic Damper

Kazuyoshi Fujisawa Kenichi Yamamoto Katsuhiko Imai

### 1 はじめに

阪神大震災を契機として建築構造物の耐震性向上のために制震構法を採用する事例が増えている。中でも鋼材を利用した履歴型制震部材の開発が盛んであるが、川崎製鉄ではこの制震部材用鋼材として降伏点が  $100 \text{ N/mm}^2$  前後と従来鋼と比べて著しく低い極軟鋼管を開発した。ここでは、極軟鋼管の製造法と材料特性について説明するとともに、極軟鋼管を用いた制震部材である二重鋼管ブレースの構造特性や実施例を紹介する。

### 2 極軟鋼管の製造

降伏点の著しく低い材料を製造するため、工業用純鉄をベースとし、転位を固着し、転移移動を妨げる固溶Cあるいは固溶Nを限りなく「ゼロ」に近づける組成にしている。Table 1 は極軟鋼管の化学成分の一例であるが、従来鋼と比較してC量が著しく少ないこと



Photo 1 Microstructure of low yield stress steel pipe

Table 1 Chemical compositions of low yield stress steel pipes

Process	$D \times t$ (mm)	C	Si	Mn	P	S
Seamless	$\phi 101.6 \times 12.0$	0.0013	Tr	0.08	0.007	0.005
E.R.W.	$\phi 190.7 \times 6.0$	0.0010	Tr	0.07	0.007	0.008

\*1 平成9年3月4日原稿受付

\*2 建材センター 建材事業部企画課 主査(課長補)

\*3 知多製造所 シームレス管部シームレス管技術室 主査(課長)

\*4 川鉄建材(株) 技術研究所長

Table 2 Mechanical properties of low yield stress steel pipes

Process	$D \times t$ (mm)	Test piece	Y. S. (N/mm <sup>2</sup> )	T. S. (N/mm <sup>2</sup> )	El. (%)
Seamless	$\phi 101.6 \times 12.0$	JIS 12B	89	250	67
E. R. W.	$\phi 190.7 \times 6.0$	JIS 12C	100	240	67

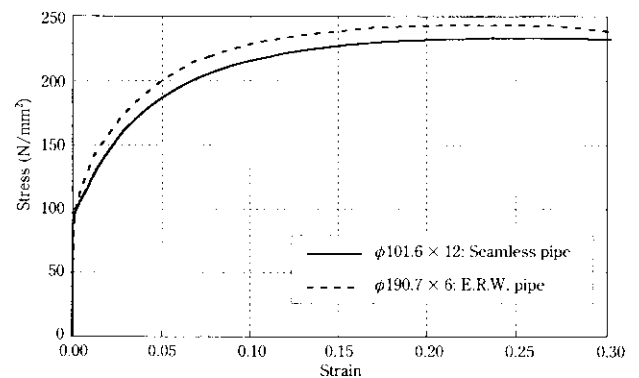


Fig. 1 Stress-strain curve of low yield stress steel pipes

がわかる。製造方法からはシームレス鋼管と電縫鋼管の2方式があり、一例としてシームレス極軟鋼管のマイクロ組織を Photo 1 に示す。

極軟鋼管の機械的性質の一例を Table 2 に、応力-ひずみ関係の一例を Fig. 1 に示す。極軟鋼管は明瞭な降伏点を示さないラウンドハウス型の応力-ひずみ関係を示しており、降伏点(0.2%オフセット耐力)はいずれも  $100 \text{ N/mm}^2$  以下である。また伸びも67%と大きく、制震用鋼材として所要の性能を有している。

### 3 極軟鋼二重鋼管ブレースの構造性能

履歴型制震ブレースで安定した履歴性状を得るためには、座屈拘束を適切に行う必要がある。川崎製鉄では川鉄建材(株)と共同で座屈を拘束した極軟鋼二重鋼管ブレースを開発した。このブレース

Table 3 Test specimen

Slenderness ratio $\lambda$	Outer pipe (mm)	Inner pipe (mm)	$L$ (mm)	$L'$ (mm)
80	$\phi 216.3 \times 4.5$ (STK400)	$\phi 190.7 \times 6.0$ (Low yield stress steel)	4 573	4 677
100	$\phi 216.3 \times 5.8$ (STK400)		5 879	5 983
120	$\phi 216.3 \times 7.0$ (STK400)		7 186	7 290



Fig. 2 Concept of double tube bracing

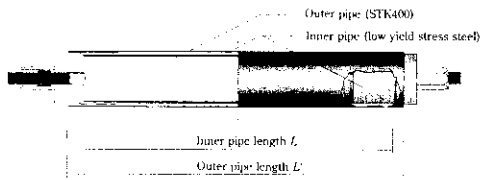


Fig. 3 Test specimen



Photo 2 Connection of double tube bracing

は軸力を受ける極軟鋼管（内管）と軸力を受けない外管から構成されており、内管の座屈を外管の面外曲げ抵抗力で防止するというものである。Fig. 2 にその概念図を示す。

両端ピン接合された Fig. 3 および Table 3 に示す試験体に、極軟鋼管部分の塑性率に換算して 2, 5, 10 という変位振幅を数回ずつ与えて実験したり。極軟鋼二重鋼管ブレースの履歴特性の一例を Fig. 4 に、各載荷サイクルの履歴吸収エネルギーの推移を Fig. 5 に示す。

座屈拘束された二重鋼管ブレースは、細長比が 120 という大きな部材でも適切な座屈拘束を行うことで大変形領域まで安定した履歴特性を有している。また、細長比が異なる試験体間でも履歴吸収エネルギーに差は認められず、制震部材として有効であることがわかる<sup>2-4)</sup>。

Photo 2 はこのブレースを使用した川崎製鉄神戸本社ビルでの取付状況であるが、その端部接合部には鍛造クレビスを用いてピン接合としている。この建物はレベル 2 の大地震時に対してもブレースが地震エネルギーを吸収するため、ブレースがない場合と比較して層間変形が約 25~35%減少し、さらに柱や梁の主要構造材の損傷を抑えることができるので、建物の再使用が容易である。

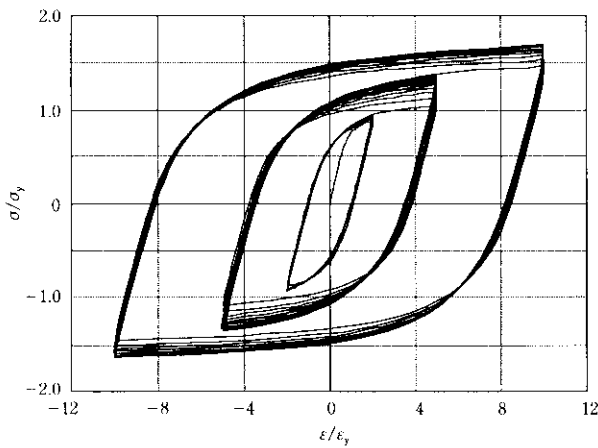


Fig. 4 Non-dimensional stress-strain curve of double tube bracing

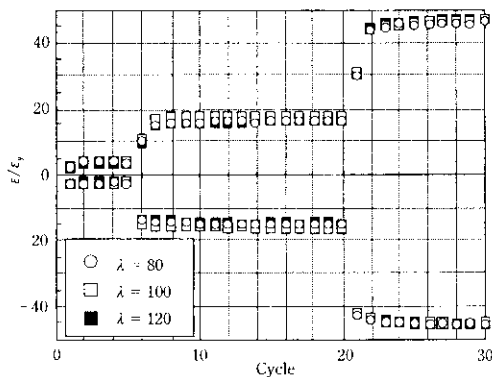


Fig. 5 Energy absorption capacity of double tube bracing

#### 4 おわりに

極軟鋼二重鋼管ブレースは安定した履歴特性を有し、制震部材として有効である。今後とも商品レパートリーの拡充に向け開発を進めていく所存である。また、極軟鋼管の他、厚板の極軟鋼「RIVER FLEX100」も実用化しており、すでに制震壁としていくつかの建物への採用が決まっている。

なお、二重鋼管ブレースは（株）竹中工務店との共同で開発を行ったものである。

## 参 考 文 献

- 1) 今井克彦、脇山広三、多田元英、桑原 進、米山隆也：「二重鋼管の補剛効果に関する研究（その1）軸方向加力実験方法」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (1991), 1281~1282
- 2) 安井信行、今井克彦、藤澤一善、清水孝憲、井ノ上一博、中山信雄、相沢 覚：「極軟鋼を用いた制振ブレースの履歴特性について（その2）円形鋼管ブレース（I）」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (1995), 401~402
- 3) 清水孝憲、藤澤一善、今井克彦、安井信行、中山信雄、石黒正博、東端泰夫：「極軟鋼を用いた制振ブレースの履歴特性について（その3）円形鋼管ブレース（II）」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (1995), 403~404
- 4) 安井信行、今井克彦、藤澤一善、清水孝憲、中山信雄、田淵勝道、金子洋文：「極軟鋼を用いた制振ブレースの低サイクル疲労実験（その2）二重鋼管ブレース」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (1996), 761~762

## &lt;問い合わせ先&gt;

建材センター 建材事業部企画部 TEL 03(3597)4129  
FAX 03(3597)3825