

溶接金物付高性能鋼板の載荷実験による脆性的破断現象について

Brittle Fracture observed in Dynamic Cyclic Loading Tests on High Performance Steel Plates with Welded Election Piece

今津 洋也*・大井 謙一*・近藤 日出夫*
 Hiroya IMAZU, Kenichi OHI, Hideo KONDO

1. はじめに

阪神淡路大震災では、溶接部近傍を起点に脆性的に破壊する現象が見られた。これは、溶接部近傍に生じる形状的・材質的不連続部の存在が鋼材の破断に大きく影響するためと考えられている。例えば、安易にエレクトロシームスや仕上げ材取り付け用の金物が、すみ肉溶接で取り付けられた場合にも、形状的不連続部や材質的不連続部などに歪が集中して脆性破壊の起点となる可能性がある。

本載荷実験では、載荷速度・金物の有無及び溶接方向・温度を載荷実験パラメータとして、これらのパラメータが破断現象に及ぼす影響を調べることを目的とし、構造部材レベルでの実験的検証を行う。本報では、先に報告されている実験⁽¹⁾⁽²⁾についてその概要を説明し、実験結果及び考察について追加報告する。

2. 実験概要

2.1 試験体

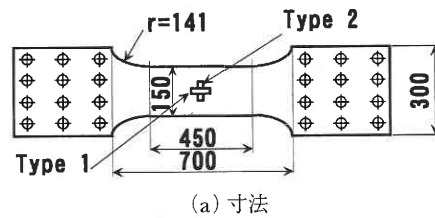
試験体は図1に示すように、板厚 70 mm の建築構造用高性能 60 キロ鋼 (SA 440) に板厚 12 mm の SS 400 の金物 (70 × 50 mm) を載荷方向と平行に溶接した Type 1 (No.6 ~ 10) 及び載荷方向と直交して溶接した Type 2 (No.1 ~ 5) をそれぞれ 5 体、金物無しの Type 3 (No.11) を 1 体、合計 11 体を用意した。

溶接は CO₂ 溶接 (予熱無し) を 1 パスで行い、すみ肉溶接のみで直し溶接は行わない。脚長サイズは 9 mm, 溶接長は 50 mm, 溶接材料は YM-26 である (図2参照)。

2.2 材料試験

図3は試験体に用いた SA 440 鋼板のシャルピー衝撃試験結果を示している。0°C で吸収エネルギーが 220 J となる高い破壊靱性を示す材料であり、脆性破面率による遷移温度は -57°C となっている。

*東京大学生産技術研究所 第5部



(a) 寸法

断面積 A (cm ²)	降伏強さ σ_y (t/cm ²)	引張強さ σ_u (t/cm ²)
105	4.87	6.82
断面 2 次モーメント I _y (cm ⁴)	σ_y / σ_u (%)	破断伸び (%)
429	70%	30%

(b) 材料特性

図1 試験体寸法及び材料特性

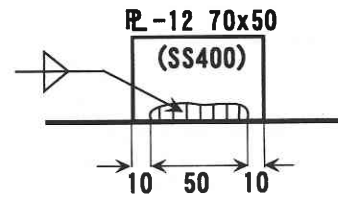


図2 金物の溶接部詳細

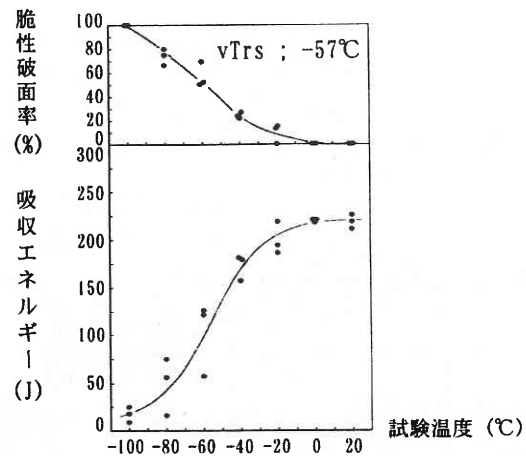


図3 SA440 鋼板のシャルピー衝撃試験結果 (載荷方向)

研 究 速 報

2.3 繰返し载荷実験

実験は図4に示すように、高性能アクチュエータ（千葉実験所・動的破壊実験棟）から载荷柱を介して繰返し载荷実験を行った。载荷変位の時刻歴は正弦波であり、動的载荷時は各サイクルでの最大载荷速度が等しく、100 cm/secとなるような周波数、準静的载荷時は同様に1 cm/secとなるような周波数を設定した。繰返しサイクル数は、試験体の降伏回転角 $\theta_p (=Z_p \sigma_y / EI)$, $2\theta_p$, $3\theta_p$ でそれぞれ3回, $4\theta_p$ で6回とした。試験温度は室温 (22 ~ 27°C), -80°C , -100°C とし、低温载荷時は、冷却ボックスを作成し試験体に取り付け、液化窒素による冷却を行った。また、各振幅レベル毎に冷却を行い、温度を計測し目標冷却温度を保つようにした。

計測は、アクチュエータのロードセルと変位検出器、载荷柱の歪ゲージ、試験体に取り付けた変位計 ($X_1 \sim X_5$), 歪ゲージ、温度ゲージ ($T_1 \sim T_5$) を用いて行った。

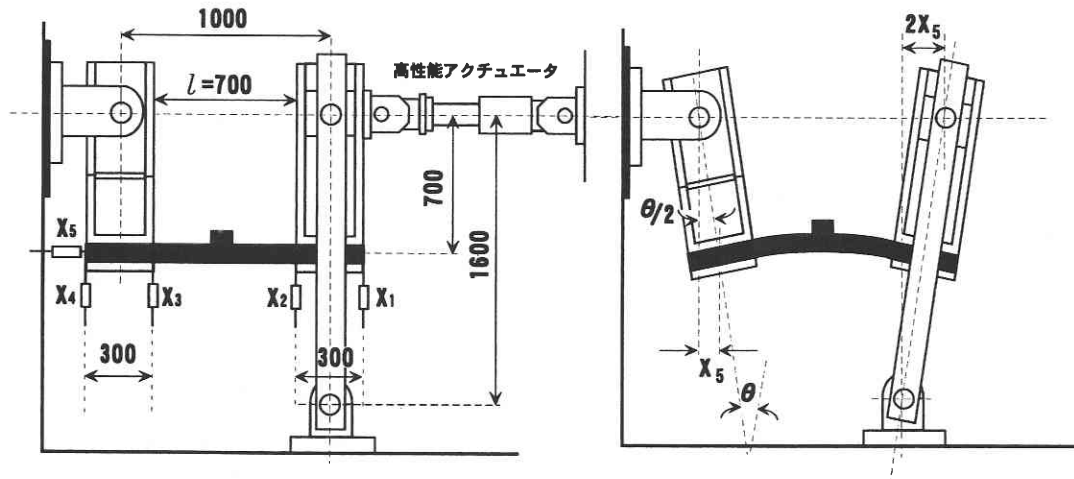


図4 試験体セットアップ (左) および加力時の試験体変形概略図 (右)

表1 载荷方法、サイクル数及び実験結果

▲：破断ポイント、実線：動的载荷、破線：準静的载荷

	Type1(平行金物)	Type2(直交金物)	Type3(金物なし)
常温			
-80°C			-
-100°C			

表 2 モーメント M-回転角 θ 関係

単位：横軸(rad) 縦軸(t·cm)
▼：破断ポイント

温度		Type1 (平行金物)	Type2 (直交金物)	Type3 (金物なし)
動的	室温			—
	-80°C			—
	-100°C			
準静的	室温			
	-100°C			—

但し、NO. (11)は、NO.11 試験体を再載荷したものである。

研 究 速 報

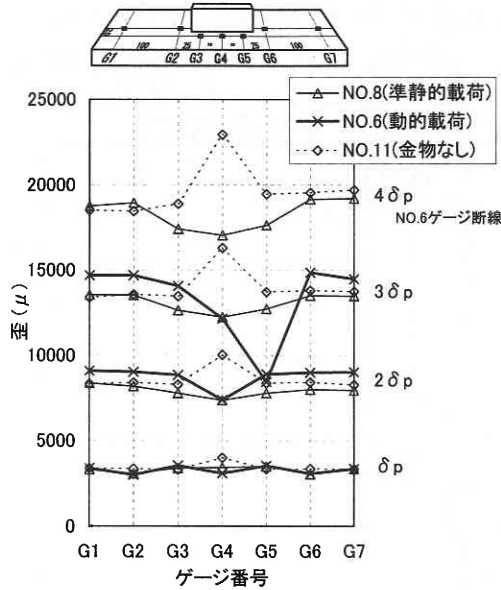


図 5 歪ゲージの貼付け位置及び各サイクル最大引張り変位時における歪分布 (平行金物)

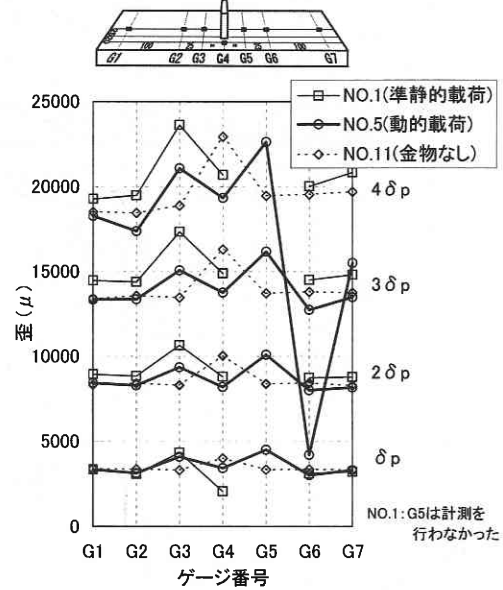
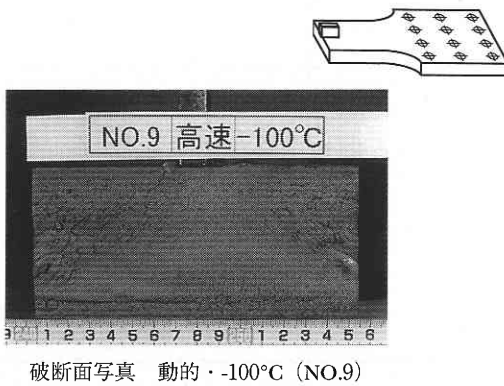


図 6 歪ゲージの貼付け位置及び各サイクル最大引張り変位時における歪分布 (直交金物)



破断面写真 動的・-100°C (NO.9)

試験体に貼り付けた歪ゲージより測定された金物の影響による歪分布を図 5, 6 に示す。図は室温実験時の各サイクル最大引張り変位時の歪をプロットしたもので、金物なしの NO.11 (点線) と比較している。特に平行金物の場合、塑性化が進行するにつれ、金物付近の歪分布が乱される事が分かる。歪速度については、動的載荷時には平均歪速度約 4% 毎秒、最大歪速度約 6.4% 毎秒、準静的載荷時には、平均歪速度約 0.04% 毎秒、最大歪速度約 0.06% 毎秒を算出した。

試験体は強制的な曲げ変形を与えることで、試験体上部が引張状態時 (下部は圧縮状態) に衝撃音と共に破断した。破断面を肉眼で観察してみると、破断は溶接部端部付近 (溶接始端部側と推定) を起点とし、脆性的破面が放射状に進展し、破断面の最外縁には Shear Lip が見られた。また、破断面の下方約 1/3 は凸 (凹) なくびれ断面となっており、H 形断面が曲げを受けた場合のフランジ破断面とは若干様相を異にしている (破断面写真)。

4. ま と め

付属金物を溶接した高性能鋼の繰返し載荷実験から、次のような知見が得られた。

室温においては、高い破壊靱性を有する材料 (シャルピー吸収エネルギー 220 J) であるため、溶接金物の存在による破断は観察されなかった。しかし、低温時の低い破壊靱性 (同じく 20 J) の状況では、溶接金物の存在によって溶接端部付近を起点に脆性破壊が発生した。必ずしも材料の高い破壊靱性が保証されない場合には、安易な溶接金物の取り付けは避けるべきである。

謝 辞

この実験は鋼材倶楽部建築専門委員会「高性能鋼研究会」の研究の一環として、付属金物溶接研究 WG で行ったものである。特に千葉大学の高梨晃一、森田耕次両教授には多大の御指導・御助言をいただいた。

(1999 年 8 月 13 日受理)

参 考 文 献

- 1) 今津, 高梨, 大井, 嶋脇, 李, 近藤: 溶接金物付高性能鋼の動的繰返し載荷実験, 1998 年度日本建築学会関東支部研究報告集, pp1-4, 1999.3.
- 2) 鉄鋼技術, pp96-97, 鋼構造出版, 1998.10.
- 3) 張, 高梨, 大井: 柱梁溶接接合部の高速繰返し載荷実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1997.9.
- 4) 高梨, 久保: 溶接接合部の破断と載荷速度についての考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1998.9.