

# レーザー切断材の疲労強度に関する基礎研究

## Basic Study on Fatigue Strength of Steel Plates cut by Laser

百瀬 敏彦\*  
Toshihiko MOMOSE

### Summary

The fatigue strength of steel plates cut by various processes must be known in order to design structures which undergo dynamic loads, such as bridges.

This paper reports fatigue strengths obtained from experiments on steel plates cut by lasers. Specimens were 10-mm thick SM490YA and 9-mm thick SS400. Also, the fatigue strength of SM490YA was measured after it was cut by plasma and gas processes, in addition to the laser process.

### 1. まえがき

鋼橋の製作における鋼板の切断には、ガス切断法およびせん断法などが使用されている。一般的には、主要部材の切断方法は品質確保の点から自動ガス切断が用いられている。しかし、近年における切断技術の発展によりガス切断以外の切断方法も使用されている。その一つの方法として電気エネルギーを利用したプラズマ切断法があり、他の方法は光エネルギーを利用したレーザー切断法である。プラズマ切断法は、高温・高流速のアークプラズマを熱源として用いる切断法であり、ガス切断の場合と異なり、被切断材の材質を選ばずに比較的良好な切断が行える。また、切断速度も速く、良好な切断面も得られ、切断変形が少ない。しかし、切断溝幅は多少広く、ベベル角がつく欠点がある。レーザー切断法は、今まで数mm以下の薄い板厚の鋼板などに使用されていたが、大出力のCO<sub>2</sub>レーザー発振器の開発により、十数mm位の中板厚の切断が可能となってきた。0.2~0.5mm程度の狭幅の切断溝が得られ、切断変形も少ない。しかし、切断速度はプラズマ切断法に比べ多少遅い。いずれの切断法ともNC制御機と組み合わせて鋼板の切断に使用されてきている。

鋼橋のように動的な荷重を受ける構造物を設計するにあたり、プラズマ切断法やレーザー切断法によって切断された鋼板の疲れ強さを知っておく必要がある。

自動ガス切断によって切断された鋼板の疲れ強さは、

田島<sup>1)</sup>および岡田<sup>2)</sup>らによって報告されているが、プラズマ切断法およびレーザー切断法によって切断された鋼板の疲れ強さについてはあまり報告されていない。

そこで本研究は、橋梁で一般に使用されている鋼材のうち、SM50YA材とSS41材を使用してレーザー切断法によって切断された鋼板（以下レーザー切断材と呼ぶ）の疲れ強さを実験的に求めた。また、他の切断方法についても比較のために実施した。

### 2. 試験方法

#### (1) 試験片および試験片の製作要領

本研究に使用した鋼材は、板厚10mmのSM50YA材および板厚9mmのSS41材である。その鋼材の化学成分ならびに機械的性質を表-1に示す。SM50YA材については、機械加工、レーザー切断、ガス切断およびプラズマ切断を、

表-1 使用鋼材の化学成分および機械的性質

材 質	板厚 mm	化学成分 <sup>1)</sup>					機械的性質 <sup>1)</sup>			ミルメ ーカ
		C	Si	Mn	P	S	降伏点 (kgf/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	
SM50YA	10	0.16	0.45	1.43	0.012	0.001	45	57	22	新日鉄
SS41	9	0.15	0.21	0.53	0.011	0.009	26	44	30	NKK

注 1) 規格合格証明書(ミルシート)より

\* 千葉工場製造部生産技術課

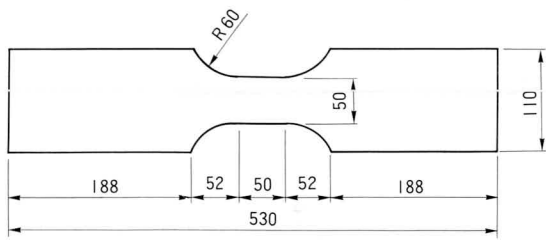


図-1 試験片形状

切断方法	切断面の状況
ガス切断法	
レーザー切断法	
プラズマ切断法	

写真-1 切断面の状況

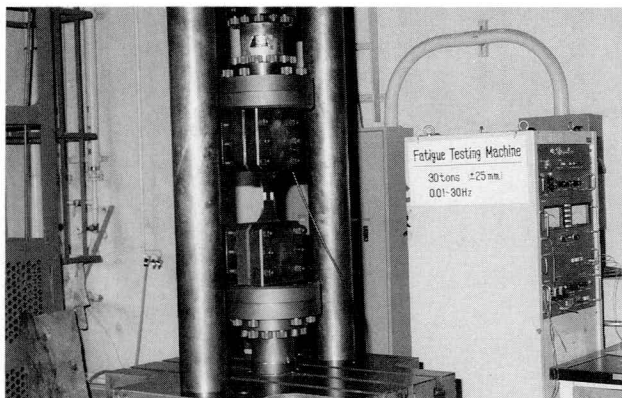
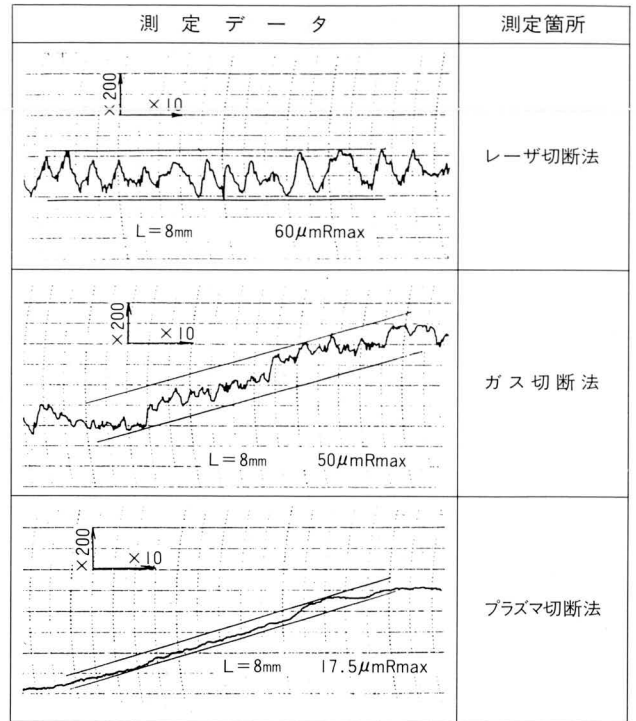


写真-2 試験状況



注) 測定位置は板厚中央

図-2 試験片の表面あらさ測定結果例

また、SS41材については機械加工およびレーザー切断をそれぞれについて行い、切断された鋼板（以下切断材と呼ぶ）の疲れ強さを実験的に検証した。

試験片形状を図-1に示す。試験片は大板のロール方向が長手方向となるように採取した。ガス切断およびプラズマ切断試験片は型切りとし、レーザー切断試験片はNC制御により製作した。いずれの試験片のR部もグラインダーを用いて、仕上げ方向が試験片の長手方向となるように仕上げた。機械加工試験片はセーパにより加工を行った。仕上げ方向は試験片の長手方向に対し直角方向（板厚方向）とした。

試験片製作後、切断面の表面あらさを接触式表面あらさ計を用いて測定した。その結果を図-2に示す。測定は板厚中央部付近とした。レーザー切断材は約60 S前後であり、ガス切断材は50 S程度、プラズマ切断材は20 S程度であった。切断面の状況を写真-1に示す。

## (2) 試験機および試験要領

本研究では大阪大学溶接工学研究所の20tonf油圧式疲労試験機を使用した。全試験を通して、下限応力を $\text{kgf}/\text{mm}^2$ として、上限応力を変化させた完全片振りを実施した。繰り返し速度は8 Hzから12 Hzの間で実施した。試験の状況を写真-2に示す。

### 3. 試験結果

疲労試験結果を表-2に示す。また、各切断材のS-N線図を図-3(1)~(6)に示す。(3)のSM50YA材のガス切断材については、田島<sup>1)</sup>および岡田<sup>2)</sup>が行ったガス切断材の疲労試験結果も記入した。疲労試験後の試験片の破断

状況および破断面の例を写真-3、4に示す。

図-3より各切断材の200万回疲れ強さを求めると、SM50YA材については機械加工材、レーザー切断材およびプラズマ切断材は、ほぼ同じ強度で約33kgf/mm<sup>2</sup>であり、ガス切断材は26kgf/mm<sup>2</sup>であった。ガス切断材の強度は機械加工材の80%であった。SS41材については機械加工材とレー

表-2 疲労試験結果

材 質 (試験片記号)	番号	切 断 方 法	断 面			荷 重			応 力			繰返し回数 (×10 <sup>4</sup> )	備 考
			板厚 (mm)	幅 (mm)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	最 大 (kgf)	最 小 (kgf)	全振幅 (kgf)	最 大 (kgf/mm <sup>2</sup> )	最 小 (kgf/mm <sup>2</sup> )	全振幅 (kgf/mm <sup>2</sup> )		
SM50YA (BT)	1	機 械 加 工	10.1	49.8	503.0	19 800	0	19 800	39.4	0	39.4	34.3	
	2		10.1	49.8	503.0	15 000	0	15 000	29.8	0	29.8	200.0	破断せず
	3		10.1	50.1	506.0	19 500	0	19 500	38.5	0	38.5	49.8	
	4		10.1	50.1	506.0	18 300	0	18 300	36.2	0	36.2	70.2	
	5		10.1	50.1	506.0	17 400	0	17 400	34.4	0	34.4	200.0	破断せず
SM50YA (LAT)	1	レ ー ザ	10.1	49.6	501.0	17 400	0	17 400	34.7	0	34.7	204.6	破断せず
	2		10.1	49.7	502.0	18 600	0	18 600	37.1	0	37.1	23.5	
	3		10.1	49.8	503.0	19 200	0	19 200	38.2	0	38.2	12.5	
	4		10.1	49.7	502.0	18 000	0	18 000	35.9	0	35.9	63.8	
	5		10.1	49.7	502.0	18 300	0	18 300	36.5	0	36.5	200.3	破断せず
	6		10.1	49.7	502.0	19 800	0	19 800	39.4	0	39.4	19.2	
SM50YA (GT)	1	ガ ス	10.1	50.5	510.1	19 200	0	19 200	37.4	0	37.4	16.8	
	2		10.1	50.8	513.1	18 600	0	18 600	36.3	0	36.3	31.1	
	3		10.1	51.0	515.1	18 000	0	18 000	34.9	0	34.9	32.3	
	4		10.1	51.1	516.1	17 400	0	17 400	33.7	0	33.7	36.4	
	5		10.1	51.4	519.1	16 200	0	16 200	31.2	0	31.2	58.4	
	6		10.1	50.7	512.1	13 500	0	13 500	26.4	0	26.4	200.1	破断せず
SM50YA (PT)	1	プ ラ ズ マ	10.1	49.5	500.0	18 000	0	18 000	36.0	0	36.0	201.2	破断せず
	2		10.1	49.2	496.9	19 000	0	19 000	38.6	0	38.6	39.9	
	3		10.1	49.7	502.0	18 600	0	18 600	37.1	0	37.1	88.1	
	4		10.1	49.5	500.0	18 000	0	18 000	36.0	0	36.0	41.8	
	5		10.1	49.9	504.0	17 400	0	17 400	34.5	0	34.5	200.1	破断せず
	6		10.1	50.0	505.0	19 200	0	19 200	38.0	0	38.0	51.4	
SS41 (BT)	11	機 械 加 工	8.8	49.9	439.1	14 400	0	14 400	32.8	0	32.8	26.6	
	12		8.8	49.9	439.1	12 600	0	12 600	28.7	0	28.7	146.2	
	13		8.8	49.9	439.1	11 100	0	11 100	25.3	0	25.3	200.3	破断せず
	14		8.8	50.0	435.0	13 200	0	13 200	30.3	0	30.3	79.6	
	15		8.8	50.0	435.0	13 800	0	13 800	31.7	0	31.7	31.7	
	16		8.8	50.0	435.0	12 000	0	12 000	27.6	0	27.6	90.3	
SS41 (LCT)	1	レ ー ザ	8.8	49.8	438.2	13 200	0	13 200	30.1	0	30.1	200.1	破断せず
	2		8.8	49.8	438.2	15 000	0	15 000	34.2	0	34.2	4.4	
	3		8.8	50.0	440.0	14 400	0	14 400	32.7	0	32.7	12.3	
	4		8.8	50.2	441.8	14 100	0	14 100	31.9	0	31.9	11.0	
	5		8.8	49.8	438.2	13 500	0	13 500	30.8	0	30.8	55.8	
	6		8.8	49.9	439.1	12 600	0	12 600	28.7	0	28.7	23.7	

ザ切断材の強度は同じで26kgf/mm<sup>2</sup>であった。

このようにレーザ切断材はSM50YA材およびSS41材とも機械加工材と同じ強度であり、50kgf鋼については鋼鉄道橋設計標準に定められた完全片振りの場合の許容応力

$\sigma_{ta} = 1530 \text{kgf/cm}^2$ を上まわっており、疲労に関しては十分安全側にあると考えられる。また、プラズマ切断材も機械加工材と同強度であるので同様に上記のことがいえる。

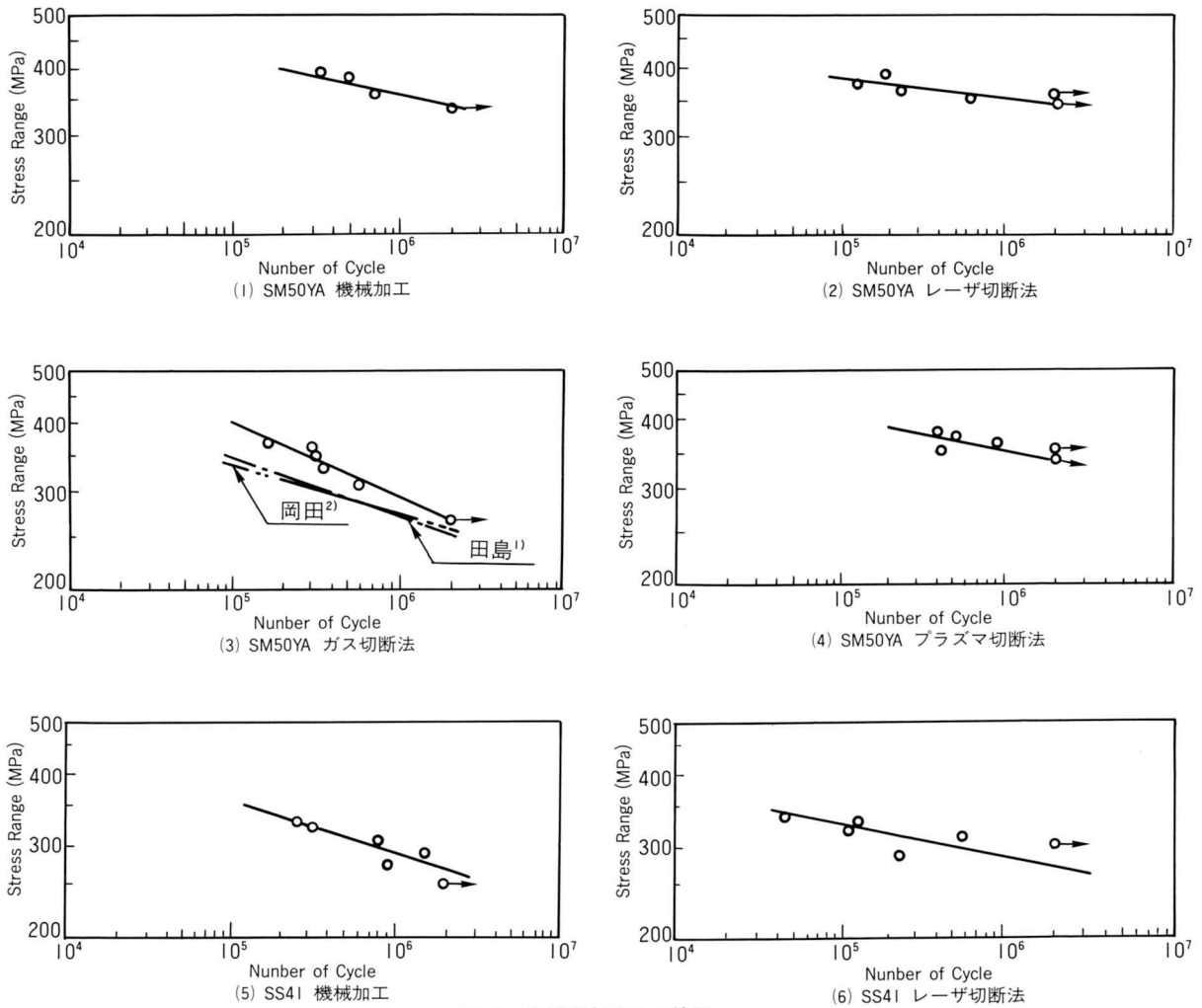


図-3 各切断材のS-N線図

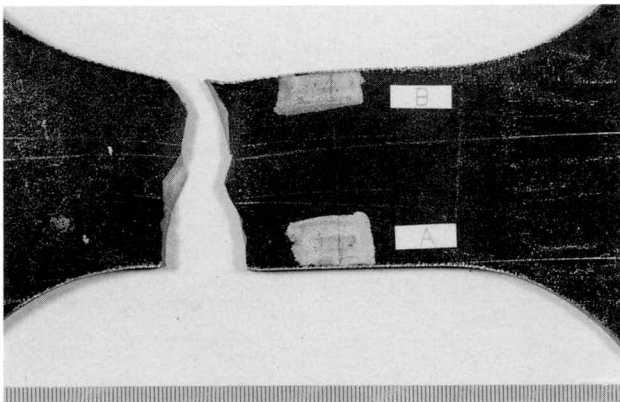


写真-3 破断状況

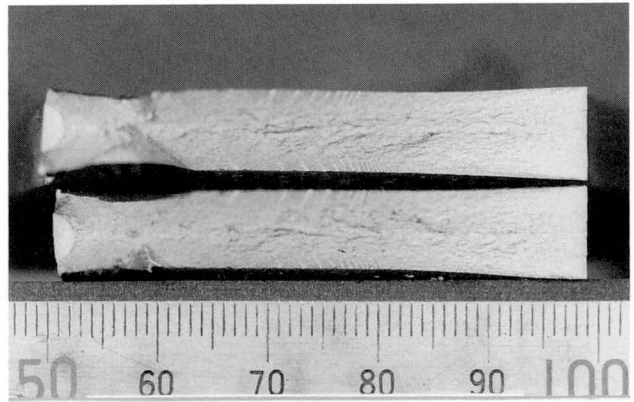


写真-4 試験片の破断面

#### 4. まとめ

本研究ではSM50YA材およびSS41材を使用したレーザー切断材の200万回疲れ強さを中心に、他の切断材についてもその強度を求めた。試験数も少なく、完全なものとはいえないが、試験結果からみて、レーザー切断法およびプラズマ切断法によって切断された良好な切断面は相当の疲労強度が期待できると思われる。

#### 5. あとがき

本研究は、著者が昨年度、大阪大学溶接工学研究所へ受託研究員として派遣され、実験研究に従事した成果の一部である。現在もレーザー切断材の特性について研究を

行っているのが、本報では疲労試験結果についてのみ報告した。その後の成果については機会を得て報告するつもりである。

末尾ながら、本研究は堀川浩甫教授の御指導、中辻義弘技官の御協力によって行われたものであり、ここに記して、関係各位に対する謝辞と致します。

#### <参考文献>

- 1) 田島；自動ガス切断試験片による疲労試験、土木学会誌46-10、昭和36年10月
- 2) 岡田、森脇；ガス切断が高張力鋼(50kg/mm<sup>2</sup>級)の疲れ強さにおよぼす影響について、溶接学会誌第32巻第8号、昭和38年8月

1990.11.25受付

#### グラビア写真説明

##### 藤原大橋

本橋は、愛媛県伊予三島市の山間部、風光明媚な渓谷（吉野川水系銅山川）にかかっている。上流側に多目的ダムの富郷ダムが計画されており、このダムによる道路の移設にともない、旧橋の架替が必要になった。

構造は逆ローゼ桁（アーチスパン138.0m）であり、同型式では四国一の規模をほこる。アーチリブはバスケットハンドル形であり、架設はケーブルクレーン斜吊り工法によった。また鋼材は、耐候性鋼材（ウェザーコート法+プレパレン処理）を使用した。

富郷渓谷、金砂湖、翠波高原などの観光地を近隣にひかえ、その優美な姿は渓谷の自然環境の中にとけこんでいる。（吉川）

##### 東京港連絡橋

「東京港連絡橋（仮称）」は、臨海副都心と都心とを結ぶ基幹交通施設として整備されるもので、芝浦埠頭と台場地区を結ぶ臨港道路、JR新橋駅と東京テレポートタウンを結ぶ新交通システム、首都高速1号線と高速湾岸線を結ぶ首都高速12号線からなる複合交通施設として計画されています。また臨港道路の両側には、東京港の景観を楽しむように、芝浦側からお台場公園へと歩いて渡れる歩道が設置されます。

これら交通機能に加えて、都民の余暇活動の場としての役割を担い、東京港の新しいシンボルとして完成が期待されています。

写真の台場海上部は、吊橋部と台場陸上部との間に位置し、首都高速本線と台場陸上部へとつながる各交通の分岐点となっています。（松本）