

軟鋼の衝撃引張試験

| | |
|--------------------|---|
| その他（別言語等） のタイトル | On the Impact Tensile Test of Mild Steels |
| 著者 | 内藤 正鄰, 浅野 直輝 |
| 雑誌名 | 室蘭工業大学研究報告 |
| 巻 | 4 |
| 号 | 3 |
| ページ | 549-555 |
| 発行年 | 1964-06-30 |
| URL | http://hdl.handle.net/10258/3198 |

軟鋼の衝撃引張試験

内藤正鄰・浅野直輝

On the Impact Tensile Test of Mild Steels

Masachika Naito and Naoki Asano

Abstract

A study of the properties of steels under impulsive loading is not only theoretically interesting but also important for practical purposes. In order to determine some characteristics of the impact strength of mild steels, experimental researches were carried out.

By using an impact tensile testing machine of drop hammer type, the present writers carried out tests at a room temperature and at low temperatures (-79°C and -183°C). Plain test pieces ($d=7\text{ mm}$, 10 mm ; $l/d=8$) with 0.26% carbon were used. The impact velocity was varied from static region to 10 m/s.

The contraction percentage of an area and the elongation were measured, and relations between impact velocity and impact energy were studied.

1. 緒言

最近機械の高速化にともない、衝撃荷重による材料の挙動の研究はとみに盛んになってきた。材料の機械的性質はそれに作用する荷重が衝撃的であるときは、通常の静的荷重に対するときとかなり異ってくる。従来材料試験の一法として衝撃試験が行なわれてきたが、これは主として曲げ衝撃試験であった。しかし材料の強度を調べるには、引張試験が最も簡明であり、また基礎としても大切であるが、このような研究は比較的少ない¹⁾。

そこでわれわれは自作の落錘式単一引張衝撃試験機を用いて、普通軟鋼の衝撃実験を行なった。試験片直径は 10 mm および 7 mm の 2 種類を用い、衝撃速度は 0~10 m/s の低速域で、また実験は常温および低温 (-79°C および -183°C) で行なわれた。そして破断に要するエネルギーを求め、かつそれと衝撃荷重および衝撃速度との関係、ならびに伸び、絞り等の変形能について考究した。

2. 実験方法

実験装置の大略を図-1 に示す。落錘荷重は 10 kg から 66.3 kg まで約 5 kg 間隔で変化することができ、また落下高さは最高 7 m で、したがって衝撃最高速度は 11.7 m/s である。試験

片下部に落錘をとりつけ所定の高さまでウインチで引き上げた後案内線に沿って自由落下させて、受け台で試験片を破断する。案内線の摩擦の影響については、落下時間を実測した結果、落体の自由落下としての計算値との違いは2%以内であった。

試験片を破断するに要するエネルギーは破断後の余剰エネルギーを受けバネの変位のみから求めることが不可能なことを確かめたので、次の方法により求めた。すなわち数本の試験片をある荷重のもとで、落下高さを少しずつ変化させて試験し、破断される点と破断しない点を両側からはさんで破断高さを求めた。各試験片の性質はどれも皆一様であると仮定し、かつ基礎台の振動その他に消失するエネルギーを無視して、前記高さ、荷重による位置エネルギーをもって破断エネルギーとした。

実験温度は室温、ドライアイス温度(-79°C)および液体酸素温度(-183°C)の三種で、冷却の場合には試験片を筒で包みその中に前記冷媒を封入し、十数分間保持した後に冷却筒をつけたままで試験を行なった。

材料は市販の機械構造用鋼 S 25 C (炭素含有量 0.26%) で、860°C で2時間保持後炉冷し焼鈍した。試験片は直径 10 mm および 7 mm の2種類でその寸法を図に示す。

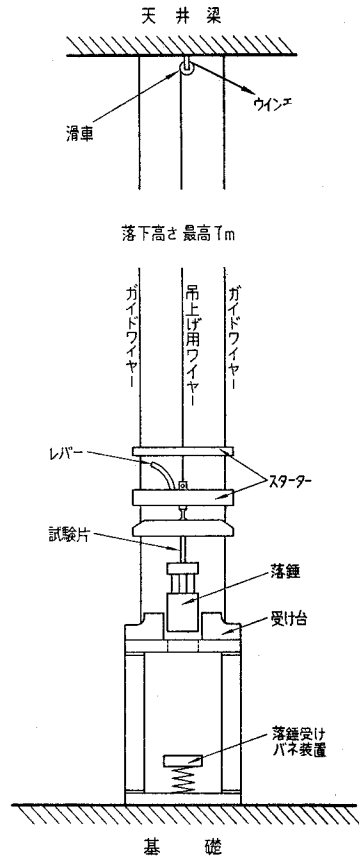


図-1

落錘式衝撃引張試験機略図

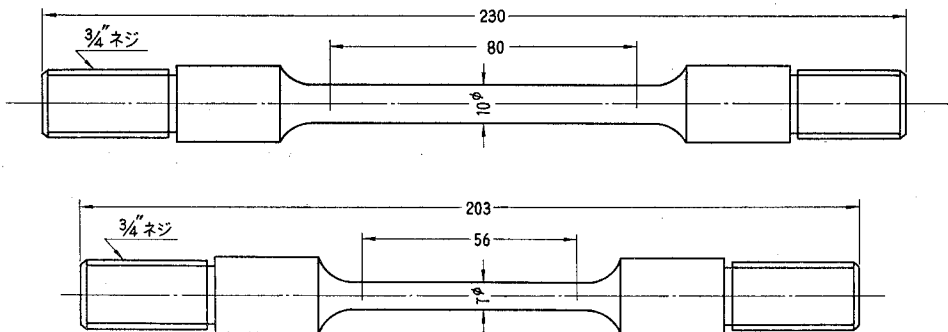


図-2.1 低温用試験片

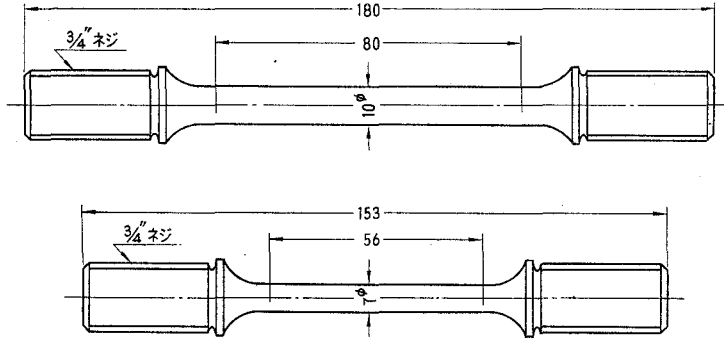


図-2.2 室温用試験片

3. 実験結果

実験結果を表-1, 表-2, 図-3~図-6に示す。

表-1 衝撃引張試験結果

| 試験温度 (°C) 試験片直径 (mm) | 落錐高さ (m) | 落錐重量 (kg) | 衝撃速度 (m/s) | 破断エネルギー (kg-m) | 断面積比破断エネルギー (kg-m/cm ²) | 伸び (%) | 絞り (%) |
|----------------------------|-------------|--------------|---------------|-------------------|--|-----------|-----------|
| 室温 (15°C) <i>d</i> =10φ | 4.96 | 23.8 | 9.9 | 118 | 18.8 | 32 | 56 |
| | 3.37 | 33.5 | 8.1 | 113 | 18.0 | 29 | 54 |
| | 2.42 | 46.0 | 6.9 | 111 | 17.7 | 30 | 55 |
| | 1.89 | 55.8 | 6.1 | 106 | 16.8 | 26 | 54 |
| | 1.69 | 65.5 | 5.8 | 111 | 17.6 | 26 | 54 |
| -79°C <i>d</i> =10φ | 3.01 | 24.6 | 7.7 | 74 | 11.8 | 21 | 55 |
| | 2.34 | 34.3 | 6.8 | 80 | 12.8 | 21 | 55 |
| | 1.89 | 46.8 | 6.7 | 88 | 14.0 | 18 | 53 |
| | 1.70 | 56.6 | 5.8 | 96 | 15.2 | 22 | 50 |
| -183°C <i>d</i> =10φ | 1.61 | 66.3 | 5.6 | 107 | 17.0 | 25 | 53 |
| | 0.37 | 24.6 | 2.7 | 9.1 | 1.45 | 0.23 | 2.2 |
| | 0.27 | 34.3 | 2.3 | 9.1 | 1.45 | 0.15 | 3.2 |
| | 0.23 | 46.8 | 2.2 | 10.8 | 1.71 | 0.64 | 0.8 |
| | 0.22 | 56.6 | 2.1 | 12.7 | 2.03 | 0.40 | 4.1 |
| 室温 (15°C) <i>d</i> =7φ | 0.21 | 66.3 | 2.0 | 14.0 | 2.41 | 0.20 | 1.6 |
| | 3.51 | 10.0 | 8.3 | 35 | 16.3 | 26 | 57 |
| | 2.49 | 14.2 | 7.0 | 35 | 16.4 | 27 | 57 |
| | 1.70 | 19.7 | 5.8 | 33 | 15.5 | 28 | 56 |
| | 1.42 | 23.9 | 5.3 | 34 | 15.7 | 25 | 57 |
| -79°C <i>d</i> =7φ | 1.17 | 29.6 | 4.8 | 35 | 16.1 | 26 | 56 |
| | 2.64 | 10.1 | 7.2 | 27 | 12.3 | 23 | 56 |
| | 2.02 | 14.9 | 6.3 | 30 | 13.9 | 21 | 56 |
| | 1.74 | 20.4 | 5.8 | 36 | 16.5 | 24 | 55 |
| | 1.54 | 24.6 | 5.5 | 38 | 17.5 | 26 | 55 |
| -79°C <i>d</i> =7φ | 1.31 | 30.3 | 5.1 | 40 | 18.4 | 32 | 54 |

| 試験温度 (°C) 試験片直径 (mm) | 落錘高さ (m) | 落錘重量 (kg) | 衝撃速度 (m/s) | 破断エネルギー (kg ² ·m) | 断比体積破断 エネルギー (kg ² ·m/cm ³) | 伸 び (%) | 絞 り (%) |
|-------------------------|-------------|--------------|---------------|---------------------------------|--|------------|------------|
| -183°C <i>d</i> =7φ | 0.34 | 10.1 | 2.6 | 3.4 | 1.58 | 0.17 | 4.2 |
| | 0.17 | 20.4 | 1.8 | 3.5 | 1.61 | 0.09 | 2.0 |
| | 0.18 | 24.6 | 1.9 | 4.4 | 2.05 | 0.02 | 1.4 |
| | 0.15 | 30.3 | 1.7 | 4.6 | 2.21 | 0.32 | 4.8 |

表-2 静引張試験結果

| 試験温度 (°C) 試験片直径 (mm) | 破断エネルギー (kg·m) | 断比体積破断 エネルギー (kg ² ·m/cm ³) | 伸 び (%) | 絞 り (%) | 引張強さ (kg/mm ²) | 降伏点 (kg/mm ²) | ヤング係数 (kg/cm ²) |
|-------------------------|-------------------|--|------------|------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 15°C <i>d</i> =10φ | 82.4 | 13.1 | 26 | 55 | 49 | 29 | 2.1×10 ⁶ |
| -79°C <i>d</i> =10φ | 85.0 | 13.5 | 25 | 54 | 52 | 31 | 2.1×10 ⁶ |
| -183°C <i>d</i> =10φ | 38.2 | 6.1 | 1.8 | 3.6 | 79 | — | 2.2×10 ⁶ |
| 15°C <i>d</i> =7φ | 27.9 | 13.0 | 25 | 54 | 50 | 31 | 2.1×10 ⁶ |
| -79°C <i>d</i> =7φ | 27.9 | 13.0 | 25 | 53 | 52 | 35 | 2.1×10 ⁶ |
| -183°C <i>d</i> =7φ | 17.5 | 7.8 | 1.4 | 5.4 | 81 | 78 | 2.2×10 ⁶ |

A. 室温における結果

図-3によれば、破断エネルギー（比体積で示す）は直径10mmの場合は衝撃値の増加とともに僅かに増加するが、7mmではあまり大きな変化はない。伸びも速度増加とともに僅かに増加するが、絞りほとんど影響されない。

静引張りくらべると衝撃引張の方が破断エネルギーはかなり大きい。伸びも若干大きい。絞りはほとんど変わらない。

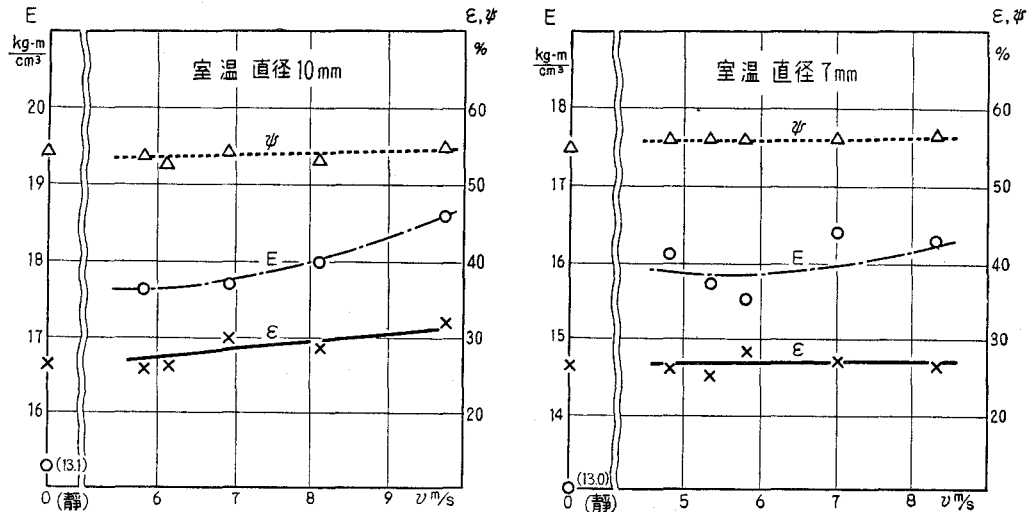


図-3 室温における衝撃速度 (*v*) と比体積破断エネルギー (*E*) および伸び (*ε*), 絞り (*ψ*) との関係

B. -79°C における結果

図-4 によれば、破断エネルギーは衝撃速度の増加とともにかなり減少する。伸びは衝撃速度の増加にともないやや減少する傾向が見られるが、絞りはいずれもあまり変わらない。

静引張と衝撃引張の比較は、破断エネルギーについてはある衝撃速度を越えると、衝撃引

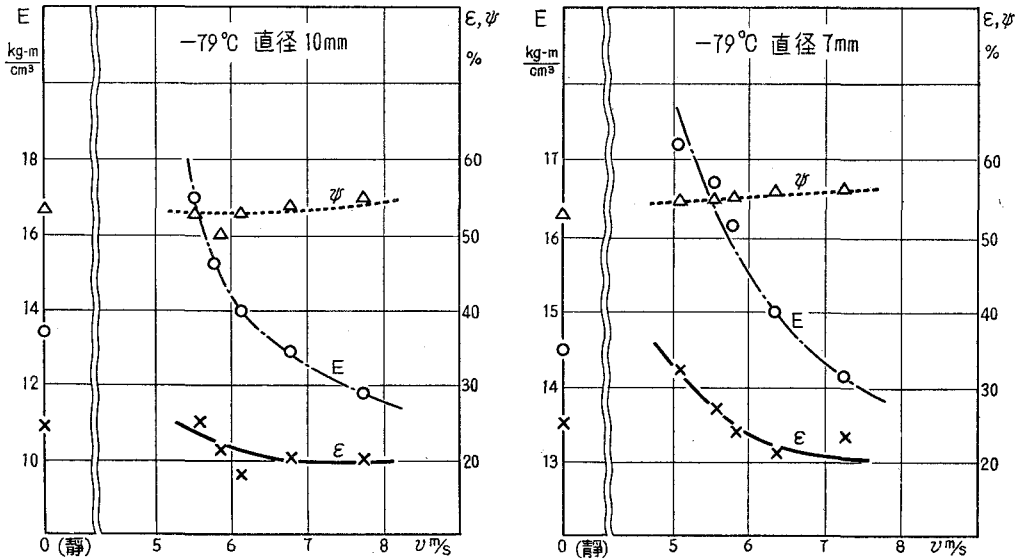


図-4 -79°C における衝撃速度 (v) と比体積破断エネルギー (E) および伸び (ϵ), 絞り (ψ) との関係

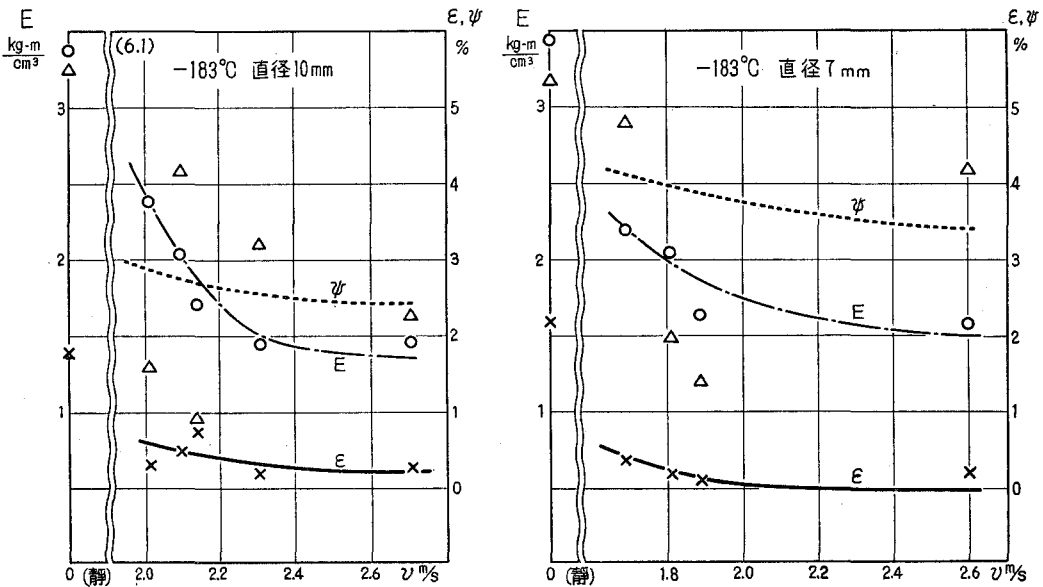


図-5 -183°C における衝撃速度 (v) と比体積破断エネルギー (E) および伸び (ϵ), 絞り (ψ) との関係

張の方が静引張に比べて小さくなる。伸びは衝撃引張の方が小さいが、絞りはあまり変わらない。

C. -183°C における結果

図-5 よりあきらかなように、速度の範囲が狭く温度も低いので、絶対値は小さいが、やはり破断エネルギーは衝撃速度の増加とともに減少する。伸び、絞りはこのような低温ではきわめて少なく、速度による比較は測定上困難であるが、速度増加によりますます脆性が強くあらわれ、伸びは減少するものと考えられる。

静引張にくらべると破断エネルギーは衝撃引張の方がはるかに少なく、伸びもかなり小さく、絞りは若干小さい。

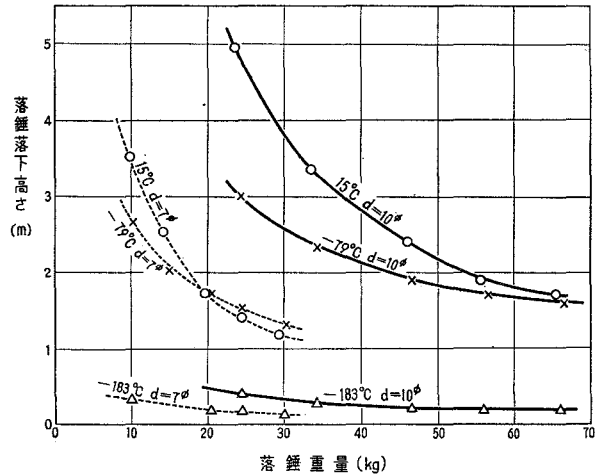


図-6 落下高さ-荷重曲線

4. 考 察

以上の結果より衝撃速度が破断エネルギーにどのように影響するか考えてみる。衝撃の場合も試験片の応力-歪曲線が求まれば破断エネルギーは簡単に求まるが、これは現在の技術では非常に困難なことがわかっている²⁾。しかしながら破断エネルギーの大きさを左右するのは応力と伸びが二つの大きな因子であることは容易に想像できる。

歪速度の増大すなわち衝撃速度の増大とともに、動的引張応力が増大することは多くの研究者により認められている。したがって常温の場合衝撃引張りでは静引張にくらべ、伸びも若干大きいので、破断エネルギーは当然大きくなる。また衝撃速度が増大しても伸びはあまり変化なく(わずかに上昇)、この程度の衝撃速度では速度増加による応力の増大も少ないので、破断エネルギーはわずかに増大するが、大きな変化はない。したがって図-6のごとく、落下高さ(衝撃速度)荷重曲線は直角双曲線に近い形を示す。

次に低温の場合は、 -79°C 程度の温度では衝撃速度の低いところでは、伸びは静引張の場合と大体同じ値を示し、これが速度の増大とともに減少する。一方応力は静引張より大きい、衝撃速度が増大してもその割には大きくなる。したがって破断エネルギーは、ある衝撃速度を越えると静引張に比べ逆に小さくなる。さらにこれが -183°C 程度になると伸びの絶対値は静引張にくらべはるかに小さくなり、したがって破断エネルギーはこれに応じて静引張よりも相当小さくなり、またこれが衝撃速度の増大とともに減少して行くものと考えられる。

5. 結 言

以上軟鋼の衝撃引張試験の結果を総括すると、

衝撃速度の影響

1. 常温の場合は、衝撃速度が増大しても破断エネルギーはわずかに増す程度であり変化はないが、低温では減少する。
2. 伸びは常温ではあまり変わらないが、低温では衝撃速度の増大とともに減少する。
3. 絞り は 衝撃速度によってあまり影響をうけない。

温度の影響

1. 破断エネルギーは試験片温度の低下にともない減少し、低温になる程急激に減少する。
2. 伸び、絞りは -80°C 程度では常温とあまり変わらないが、さらに低温度では急激に減少する。

静引張と衝撃引張との比較

1. 破断エネルギーは常温では衝撃の方が大きいですが、温度が -80°C 附近では衝撃速度が $6\sim 7\text{ m/s}$ 以上はなると逆に減少し、温度低下と速度増大にともなってさらに減少する。
2. 伸びは -80°C 附近では静引張も衝撃引張も大きな差はないが、 -180°C 程度になると衝撃引張の方がはるかに小さくなる。
3. 絞りはどちらもあまり大きな相異はない。

終りに本研究の実施にあたり協力された三橋教官、ならびに百町勲夫、山下高志、渡辺節男、伊藤俊一、常世田武、松浦諄の諸君に深甚なる謝意を表する次第である。

文 献

- 1) Clark, D. S. and P. E. Duwez: J. Appl. Mech., 15, 243 (1948).
T. von Karman and P. S. Duwez: J. Appl. Phys., 21, 987 (1950).
Siebel, E. und G. Menges: Arch. Eisenhüttenw., 28, 31 (1957).
作井誠太・中村正久・布村成具: 鉄と鋼 47, 800 (1961); 48, 48 (1962); 49, 55 (1963).
中川・奥田: 機械の研究 8, 1117 (1956); 8, 1227 (1956); 9, 33 (1957); 9, 271 (1957).
- 2) 作井誠太・森 勉: 機械学会誌 65, 258 (1962).