

機械工学・システムデザイン学科レポート

科 目 名	機械工学実験Ⅱ	担 当	印
課 題 名	引張試験		
実 施 日 (課題提示日)	2022年 4月 19日 年 月 日		
学 籍 番 号		評 価	
氏 名			
提 出 期 限	2022年 4月 26日		
提 出 日	2022年 4月 26日		
感 想			

評価欄（○印をつけて下さい）					
評価	A	B	C	D	該当無
必要事項が記載されている					
題意を理解している					
考察の評価					
レポートの体裁					
その他					



Dept. of Mechanical Engineering and System Design

1. 実験の目的

材料に荷重をかけて伸びを観察し、降伏点と引張強さを求めて材料の機械的性質への理解を深める。得られた試験力-ストローク線図から新応力-公称ひずみ線図を求める方法を学ぶ。

2. 実験原理

測定値から諸量を求め方

$$\text{上降伏点 } \sigma_{su} = \frac{P_{su}}{A_0} \text{ [MPa]}$$

$$\text{下降伏点 } \sigma_{sl} = \frac{P_{sl}}{A_0} \text{ [MPa]}$$

$$\text{耐力 } \sigma_{0.2} = \frac{P_{0.2}}{A_0} \text{ [MPa]}$$

$$\text{引張強さ } \sigma_B = \frac{P_B}{A_0} \text{ [MPa]}$$

$$\text{真破断応力 } \sigma_T = \frac{P_T}{A_T} \text{ [MPa]}$$

$$\text{破断伸び } \varphi = \frac{l_T - l_0}{l_0} \times 100 \text{ [%]}$$

$$\text{絞り } \psi = \frac{A_0 - A_r}{A_0} \times 100 \text{ [%]}$$

ここで、

P_{su} : 上降伏点に対する荷重

P_{sl} : 下降伏点に対する荷重

$P_{0.2}$: 0.2%の永久ひずみを生じる荷重

P_B : 最大引張荷重

P_T : 破断荷重

A_0 : 試験片平行部の原断面積

A_T : 破断後の試験片の最小面積

l_0 : 試験片の最初の評点距離

l_r : 破断後の試験片を突き合わせて測定した標点間距離

真応力と公称応力との関係式

$$\sigma_t = \frac{P}{A} = \frac{P}{A_0} \frac{A_0}{A} = \frac{P}{A_0} \frac{l}{l_0} = \sigma_n (1 + \varepsilon_n)$$

これによって、真応力が得られる。詳しくは、実験結果 6 に記述する。

3. 実験装置

- ・油圧式引張試験機



図 1. 油圧式引張試験機①



図 2. 油圧式引張試験機②

- ・ノギス
- ・マイクロメータ
- ・ブレードマイクロメータ
- ・ハイトゲージ



図 3. 試験片の写真

左から順に

- ・ JIS 8C 号試験片 (FC250)
- ・ JIS 4 号機試験片 軟鋼 (SS400)
- ・ アルミ合金 (A5056)

4. 実験方法

試験片の準備

- (1) 試験片に 5mm 間隔に評点の印をつけ、直径を測定する。
- (2) 予想される降伏荷重と最大荷重を JIS の規格値と(1)で測定した直径をもとに計算する。

ウォームアップ

- (3) 300kN のブレーカーを ON にし、試験機の電源を入れる。
- (4) 油圧電源を入れる。

復帰点の検出

- (5) 手動モードに切り替える。
- (6) 負荷制御つまみを OPEN まで回す。
- (7) 画面の[手動制御(READY)]が[手動制御]に切り替わったら、負荷制御つまみを [HOLD]の位置に合わせる。
- (8) RETURN スイッチを 2 回押す。

キャリブレーション

- (9) (4)の操作から 15 分以上経過したことを確認し、[E-CAL 実行]をタッチして、荷重のキャリブレーションを行う。
- (10) 自動モードに切り替わったことを確認する。

試験条件の読み込み

- (11) USB メモリを差し込む。
- (12) 条件ファイルを読み込む。
- (13) タッチパネル下部の[試験]をタッチ、続けて[示計レンジ]タブをタッチし、レンジを[×2]に設定する。

引張試験

- (14) 試験片装着可能になるまで、上下のクロスヘッド間距離を CROSSHEAD ボタンを押して調整する。
- (15) 試験片を上側クロスヘッドにチャッキングする。
- (16) 試験片の肩と下側クロスヘッドの上面が合うように、クロスヘッド間距離を CROSSHEAD UP ボタンを押して調節する。

- (17) [試験力]と[ポジション]の右にある零調ボタン[→0←]をそれぞれタッチし、直ちに下側をチャッキングする。
- (18) START スイッチを押して試験を開始する。
- (19) アナログ試験力指示計、およびデジタル試験力表示計（左側）、ピークホールド表示器（右側）から上下降伏荷重、最大荷重、破断荷重を読み取る。
- (20) 試験片の状態の変化を観察する。

5. 実験結果

5.1 実験結果 1

単位	[mm]						
測定位置	上①	真ん中①	下①	上②	真ん中②	下②	平均
アルミ合金	13.985	13.975	13.985	13.969	13.965	13.989	13.978
鋳鉄	20.21	20	20.06	20.25	20	20.2	20.12
軟鋼	13.994	13.995	13.995	14.002	13.992	13.998	13.996

図 4. 試験片の直径の測定値

単位	[mm]		
破断部直径	1 回目	2 回目	平均
アルミ合金	9.909	9.859	9.884
鋳鉄	19.957	19.918	19.9375
軟鋼	9.558	9.45	9.504

図 5. 破断部の直径

5.2 実験結果 2

単位	[MPa]				
諸量	上降伏点	下降伏点	耐力	引張強さ	真破断応力
アルミ合金	282	333	268	339	498
鋳鉄	測定不能	測定不能	331	342	348
軟鋼	266	245	255	417	665

図 6. 諸量まとめ①

単位	[%]	
諸量	破断伸び	絞り
アルミ合金	24.0	0.500
鋳鉄	11.3	0.0181
軟鋼	36.9	0.539

図 7. 諸量まとめ②

5.3 実験結果 3

アルミ合金	
[mm]	
始点	試験後伸び
0	0.2
5	0.7
10	1.2
15	1.6
20	6
25	1.2
30	1
35	0.7
40	0.4
45	0.2
50	0
合計	13.2

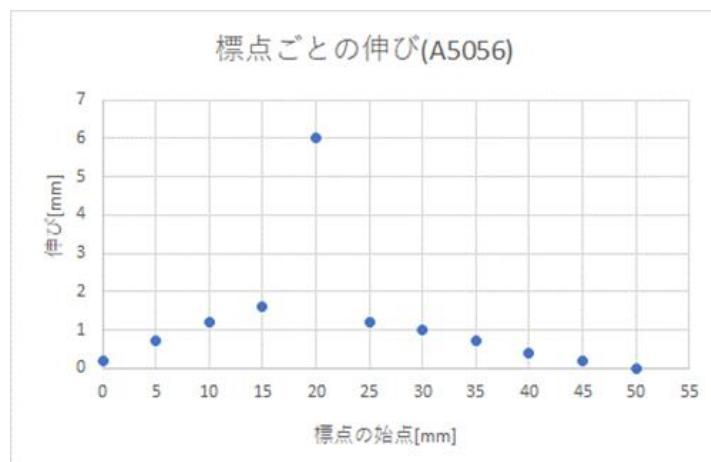


図 9. 標点ごとの伸びのグラフ(A5056)

図 8. 標点ごとの伸びの表(A5506)

鋳鉄	
[mm]	
始点	試験後伸び
0	0
5	0.6
10	1.4
15	1
20	0.3
25	0.1
合計	3.4

図 10. 標点ごとの伸びの表(FC250)

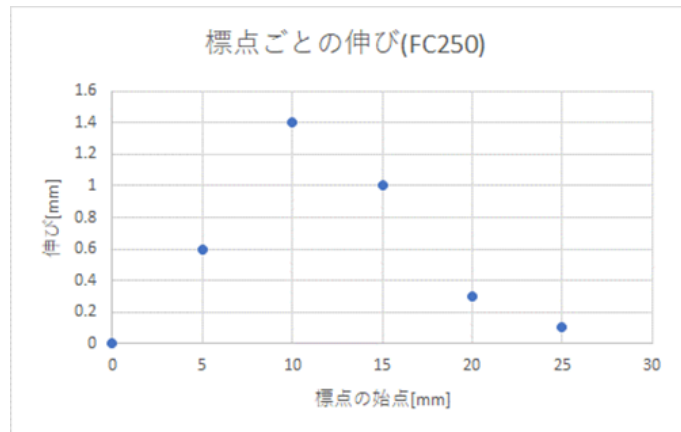


図 11. 標点ごとの伸びのグラフ(FC250)

軟鋼	
[mm]	
始点	試験後伸び
0	0.2
5	1.6
10	2
15	1.8
20	2.6
25	5.2
30	1.2
35	2.4
40	1.5
45	1
50	0.8
合計	20.3

図 12. 標点ごとの伸びの表(SS400)

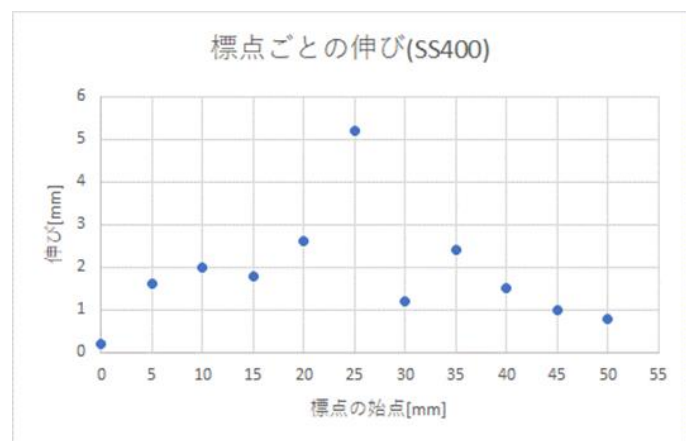


図 13. 標点ごとの伸びのグラフ(SS400)

5.4 実験結果 4

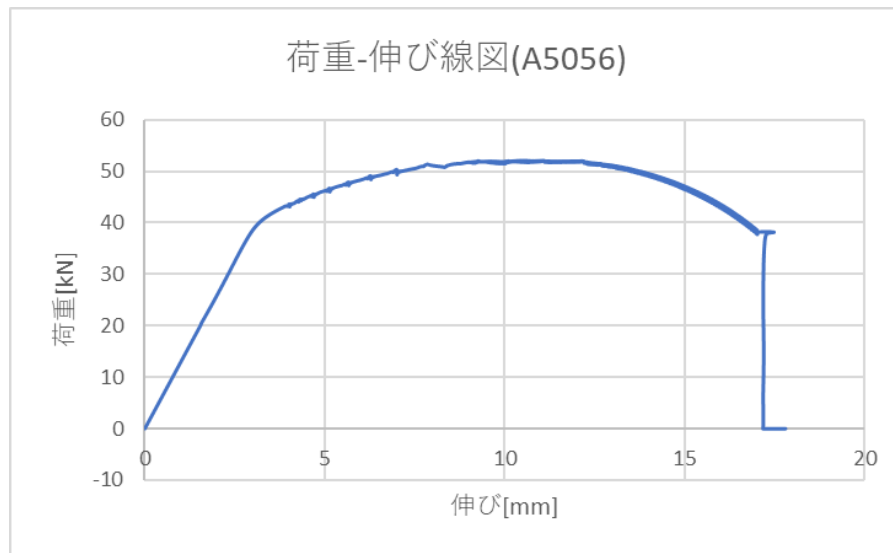


図 14. アルミ合金の荷重-伸び線図

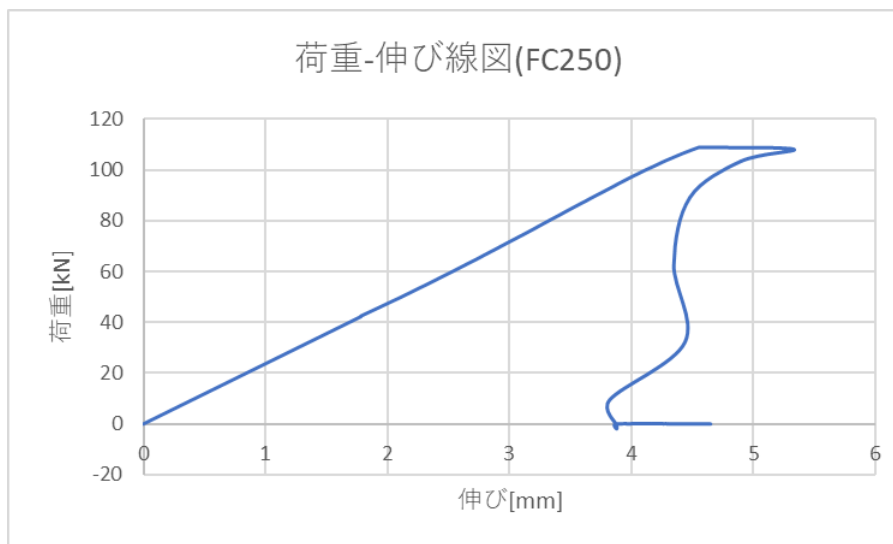


図 15. 鋳鉄の荷重-伸び線図

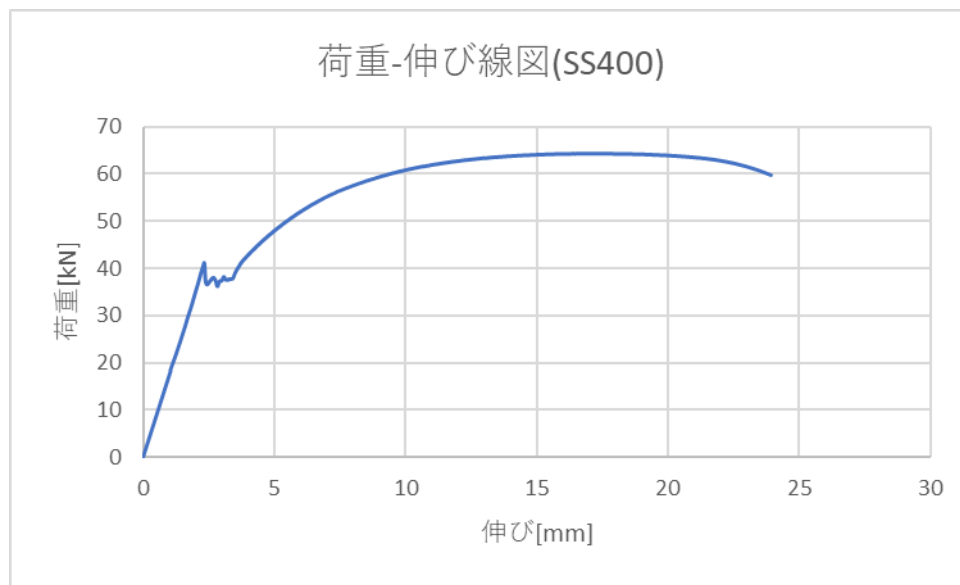


図 16. 軟鋼の荷重-伸び線図

5.5 実験結果 5

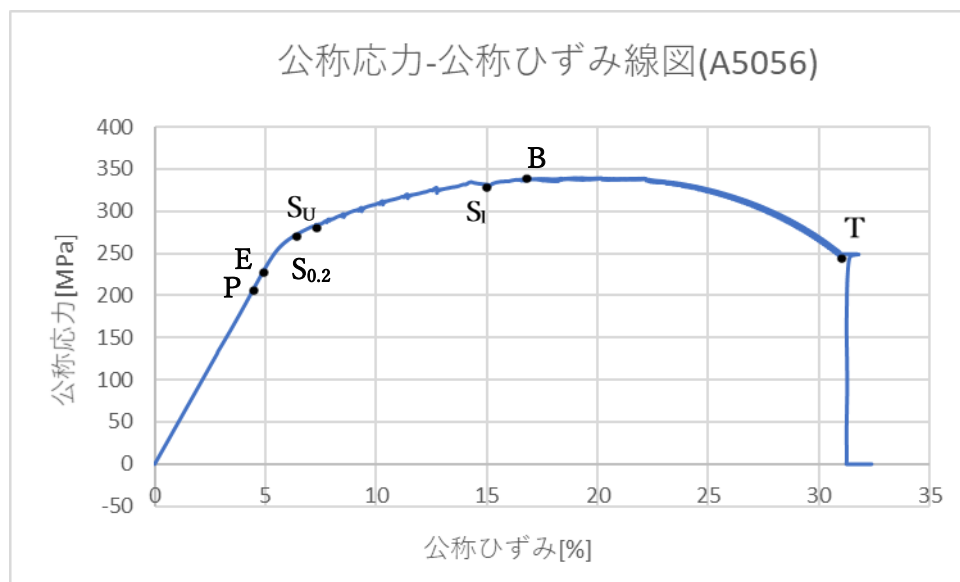


図 17. アルミ合金の公称応力-公称ひずみ線図

降伏がみられないので S_U , S_L は存在しない

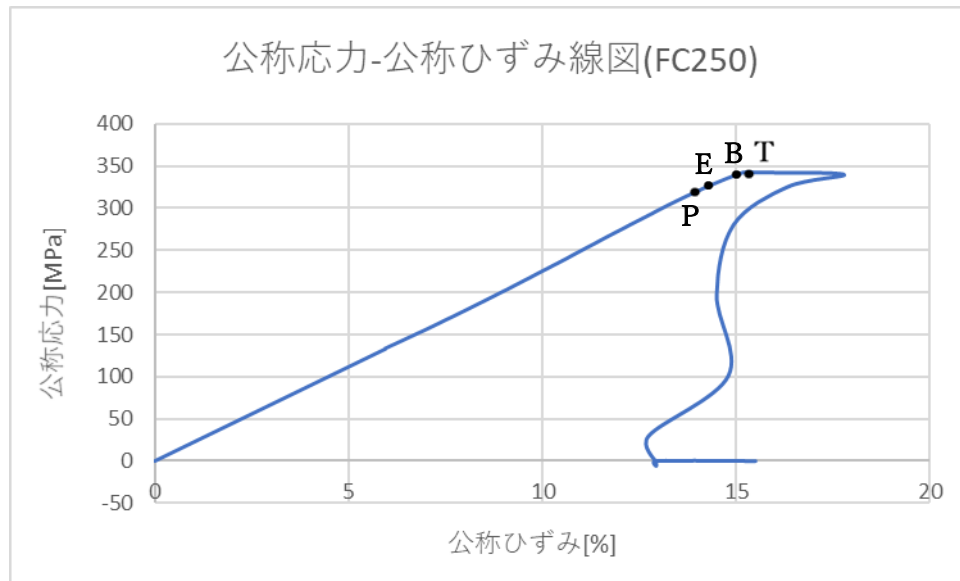


図 18. 鑄鉄の公称応力-公称ひずみ線図

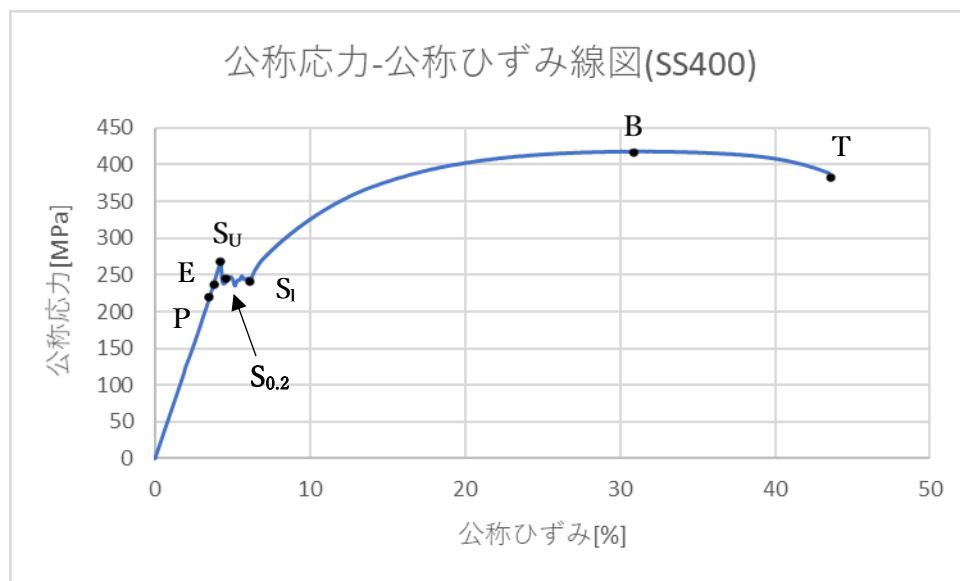


図 19. 軟鋼の公称応力-公称ひずみ線図

5.6 実験結果 6

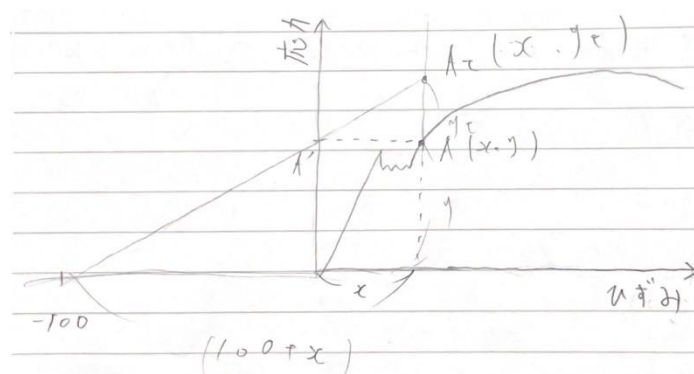


図 20. 真応力-公称ひずみ線図の作図

公称応力-公称ひずみ線図の任意の点 (x, y) から真応力 y_t を算出したい。

図 19 から

$$\frac{y_t}{y_t - y} = \frac{100 + x}{x}$$

この式を変形して y_t を求めると

$$y_t = \frac{100 + x}{100} \times y$$

以下は、上式を使って計算した結果をグラフにしたものである。

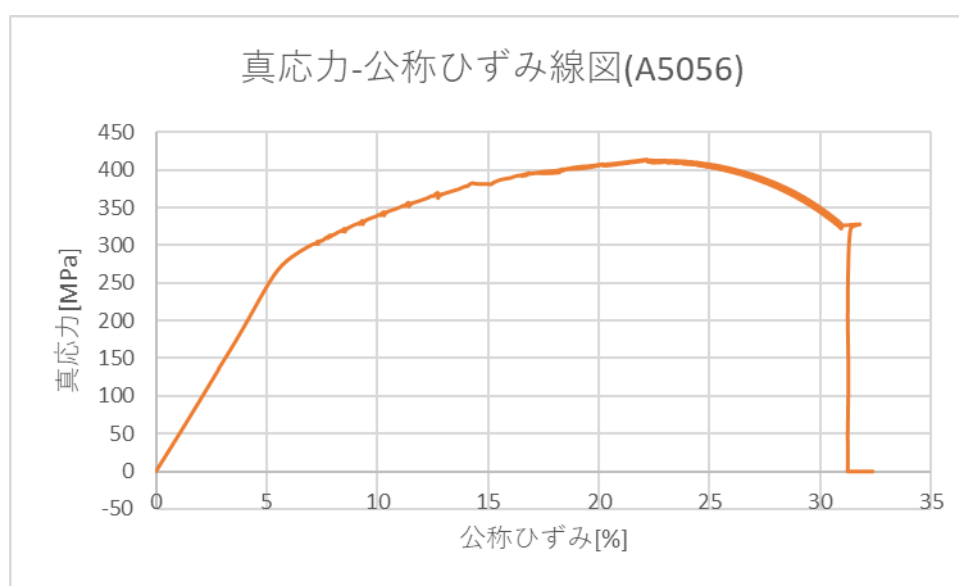


図 21. アルミ合金の真応力-公称ひずみ線図

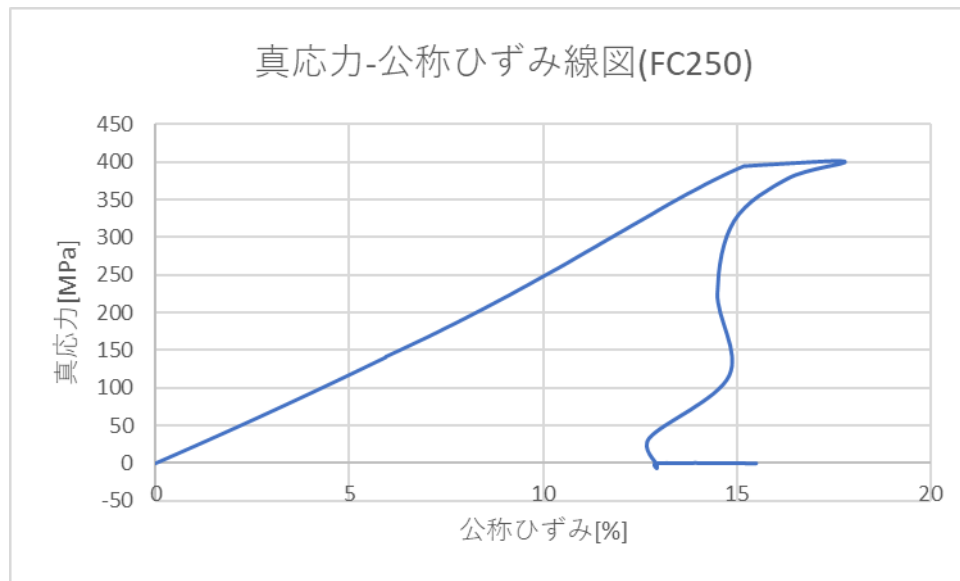


図 22. 鑄鉄の真応力-公称ひずみ線図

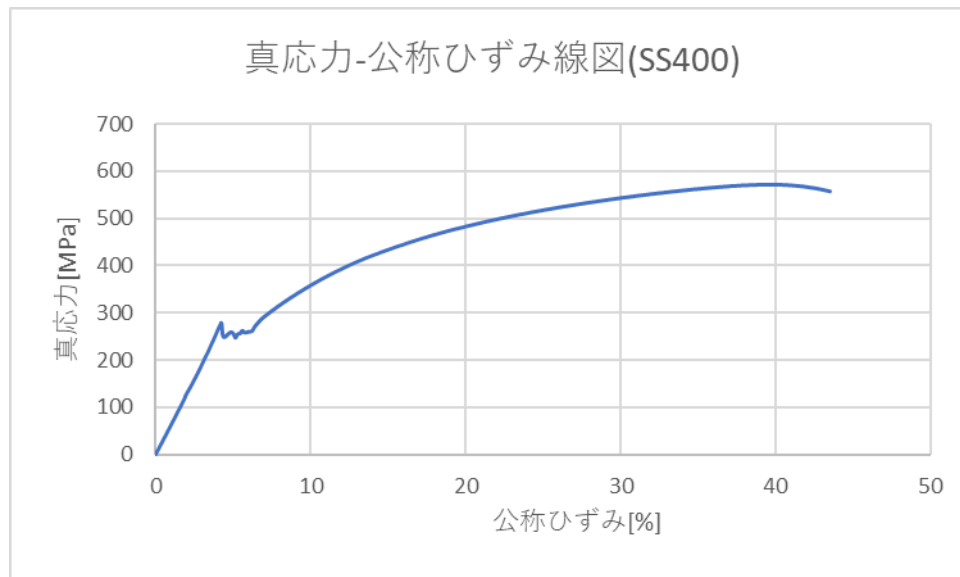


図 23. 軟鋼の真応力-公称ひずみ線図

6. 考察

6.1 考察課題 1

材料に力を加えると、弾性範囲(元に戻る範囲)、塑性範囲(ひずみは残り元には戻らない)を経て、破断に至る。このため、降伏点のほうが引張強さよりも小さくなる。

6.2 考察課題 2

真応力を求めるためには、任意の時間の荷重、伸びに加えて断面積まで測定しなければならないので、たいへん手間がかかる。したがって、真応力と近似できる公称応力を使う。

6.3 考察課題 3

材料に引張強さよりも大きい荷重がかかると破断し始めるので引張に必要な力は小さくなる。

6.4 考察課題 4

F は破断面上の点であり、A, B は以下の式を満たす点である。

$$\overline{O_1F} = \overline{FA} \quad \overline{AB} = \overline{BO_2}$$

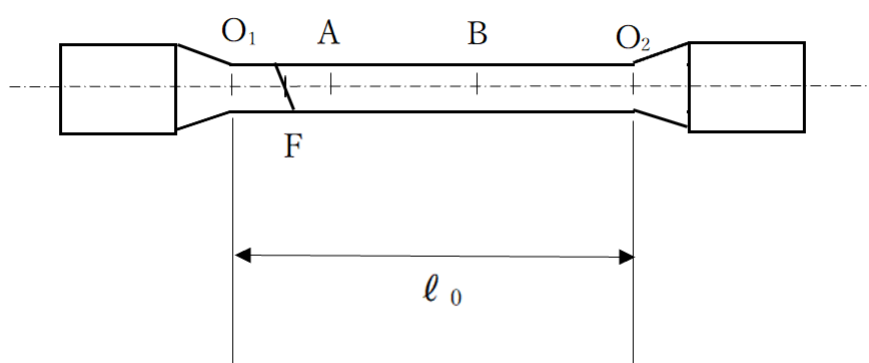


図 24. 試験片上の点の位置関係

ひずみの推定値は以下のように計算する。

$$\varepsilon = \frac{\overline{O_1A} + 2\overline{AB} - l_0}{l_0} \times 100 [\%]$$

6.5 考察課題 5



図 25. アルミ合金の破断面



図 26. 鋳鉄の破断面

アルミ合金については図 24 より、破断面が斜面になっているので引張応力だけでなく、せん断応力も強く働いていると考えられる。

鋳鉄に関しては、図 25 より破断面が水平であるのでぜい性破壊したと考えられる。



図 27. 軟鋼の破断面

軟鋼に関しては、図 25 からわかりにくいですが、破断面の外側が盛り上がっていて内側が引っ込んでいる様子が見て取れるのでカップアンドコーン型の延性破壊したと考えられる。

6.6 考察課題 6

アルミ合金	降伏応力	引張強さ
単位	[MPa]	
測定値	281	339
JIS	245	294

図 28. アルミ合金の測定値と JIS 規格値の比較

鑄鉄	降伏応力	引張強さ
単位	[MPa]	
測定値	測定不能	342
JIS	151	250~300

図 29. 鑄鉄の測定値と JIS 規格値の比較

軟鋼	降伏応力	引張強さ
単位	[MPa]	
測定値	266	417
JIS	245	400

図 30. 軟鋼の測定値と JIS 規格値の比較

図 27~29 を参照して測定値と JIS 規格値を比較すると、すべての材料において測定値が JIS 規格値よりわずかに大きい値をとっている。したがって、これは機械の測定誤差であると考えられる。

6.7 考察課題 7

実験結果を参照すると、軟鋼は降伏点に分かりやすく観察しやすいが、軟鋼以外の材料は降伏点を判断するのは非常に難しい。これは軟鋼が強い延性を持つからだと考えられる。材料の降伏が全く見られなかった鑄鉄は非常に脆性が高く、材料が引っ張られる前に破断したと考えられる。

7. 結論

材料の脆性、延性などの特性に応じて、得られる荷重-伸び線図、および公称応力-公称ひずみ線図は大きく変化する。また、これらの線図を観察することで材料の大まかな特性をすることができる。

8. 参考文献

考察課題 1：引張強さと降伏点の関係

<https://www.toishi.info/metal/ten.html>

考察課題 2：公称応力とは？1分でわかる意味、公式と記号、線図、真応力との違い

<http://kentiku-kouzou.jp/struc-kousyououryoku.html>

考察課題 4：https://www.jstage.jst.go.jp/article/jilm1951/27/11/27_11_555/_pdf

考察課題 6：アルミ合金

<https://www.kabuku.io/guide/metal/aluminum/a5056/>

鋳鉄

<http://www.mekatoro.net/digianaecatalog/isel-mecharock/Book/isel-mecharock-P0120.pdf>

軟鋼

<http://kentiku-kouzou.jp/koukouzou-ss400kyoyououryoku.html>