

軟鋼棒の圧縮および曲げによる寸法効果

大野元明* 益富雅之* 長富敏明**

Size Effect of Mild Steel under Compression and Bending

Motoaki ŌNO, Masayuki MASUDOMI and Toshiaki NAGATOMI

Abstract

The "Size Effect" which means the variation of mechanical properties caused by the dimension of the test piece shall be recognized not only in tension but in compression or bending. The effect in tension is based on the surface layer or the defect of structure inside of the test piece, but in compression test it will arise from the condition of contact between the test piece's end and the testing machine bed. When pure bending moments are applied to rectangular or circular beams, the size effect shall be observed in the same way in tension. From the result of these experiments, stated in this paper, the yielding point slightly decreases in compression and slightly increases in bending with its sectional area.

1. 緒 言

筆者らは先に軟鋼棒の引張における寸法効果は降伏点、引張強さなどには顕著に現れず主として試験片が最大荷重点に達して後の塑性流動の際に現れることを述べた¹⁾。圧縮の場合にも同様と考えられ降伏点までは寸法効果はほとんど現れない筈であるが実際の圧縮試験では両端が試験機台に接触しているから条件が引張のときと異っており接触面の捻り率の相違が寸法効果の最大原因になると考えられる。したがって圧縮試験の際は両端接触面の摩擦を減じるように予め何らかの方法を講じる必要があるが、本実験では特別にその様な手段をとらず、普通の圧縮試験の方式によった。

矩形梁や円形梁を曲げるときには中立軸が存在する。所謂降伏点は安定降伏の理論²⁾に基づいて断面全体の問題として考えられ、矩形梁では梁の上下面縁の応力はその材料の引張降伏点に達してもなお内部の応力の小さい部分が全体の迂りを妨げ見掛けの外皮応力が $1.5\sigma_0$ に達したときに降伏が生じるとされているが、この考えに従うならば断面積の小なるものが表面層が

大きく降伏が生じ易いように考えられるがその程度は実験によらないと解らないので相以正方形断面について実験を行なうことにした。

2. 試験材料、試験片寸法および実験方法

圧縮試験片は S.F. 45 丸鋼 (150φ) より同心円上に採取した (図略)。これは相似円柱 (直径 d、高さ 2d) を 8 種類作製し 850°C30 分加熱後除冷した。

Table 1. Chemical composition.

C	Si	Mn	S	P
0.27	0.43	0.71	0.016	0.011

Table 1. は成分分析値を示す。試験機は 2, 5 及び 25 トンアムスラー万能試験機を用い圧縮量は 1/100mm

Table 2. Chemical composition.

C	Si	Mn	Cr	P
0.21	0.26	0.44	0.07	0.019

Table 3. Hardness number of test pieces.

Test piece No.	1	6	11	16	21	26	31	35	Mean hardness
Dimension. S. mm	3	4	5	6	8	10	12	15	
Hardness. Rb	54.7	64.0	65.7	66.3	68.3	67.3	69.0	68.8	65.51

* 機械工学教室

** 宇部興産株式会社

ダイヤルゲージにて測った。なお両端面は試験機付属の圧縮台及び押え金具で直接接触させ減摩剤その他は用いなかった。圧縮荷重は圧縮降伏点までとし降伏点及びそれに対する圧縮歪を求めた。

曲げ試験は圧縮試験と同様に S.F.45 丸鋼 (150φ) より Fig. 1 に示すように外周、中心部をさけて中央部の同心円周上から採取した。材料の化学成分は Table. 2 の通りで顕微鏡写真は Fig. 2 に示し Table. 3 に硬度を記した。試験片の形は相似正方形とし一辺の長さは 3mm から 15mm までの 8 種類としその写真を Fig. 3 に掲げた。これに均一曲げモーメントをかけて曲げ撓みと荷重の関係を測定したが撓み測定装置は Fig. 4 に示すものである。この装置では支点に凹みを生じるがこれは予め検定しておき、荷重撓み線図を容易に画くことができ降伏点も明瞭に測定することができる。

3. 実験結果

Table 4. は圧縮実験の結果で、これを見ると上降伏点は試験片の小さいほど高く出ている。下降伏点は上降伏点ほど顕著ではないが直径の大なるものほど低い傾向が見られる。圧縮歪は特に寸法効果が著しいことがわかる。これらは何れも試験片両端面の拡りに対する迂り抵抗に原因していると考えられる。Fig. 5 に降伏点 σ_s 及びそれに対する歪を直径 d を横軸にとって示したものである。これが圧縮試験における寸法効果であるが引張の場合とはその原因が異なることに留意すべきである。

Table 5. は曲げ試験の結果を示す。各試験片について曲げ降伏点を測定し、それに対する撓み、曲げ降伏応力を求めた。なお各大きさの試験片中より一本を抽

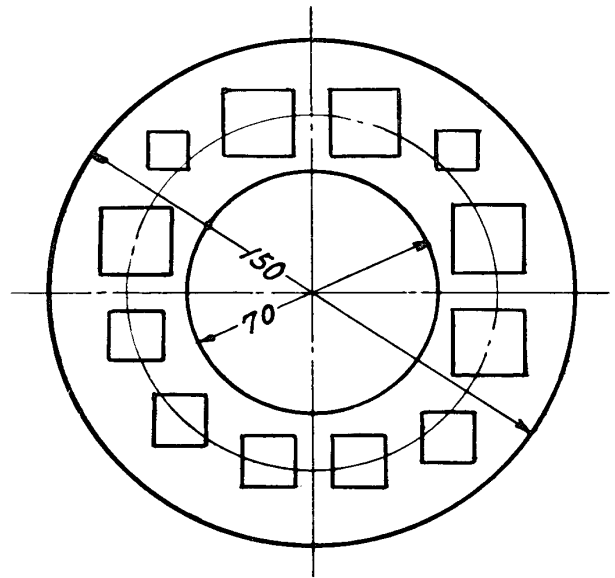
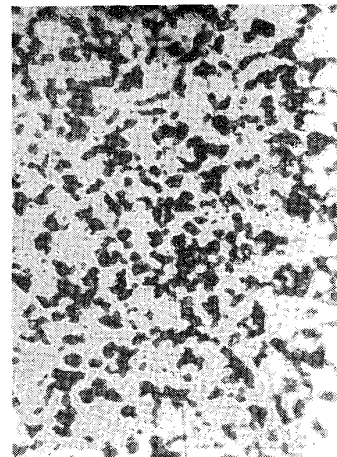
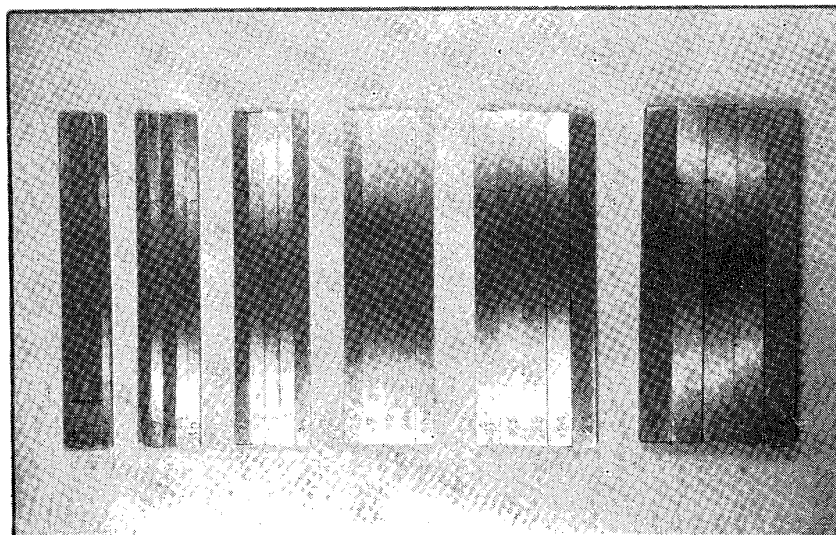


Fig. 1. The position of test piece at section area of the material.



×120

Fig. 2. Microstructure of the test piece.



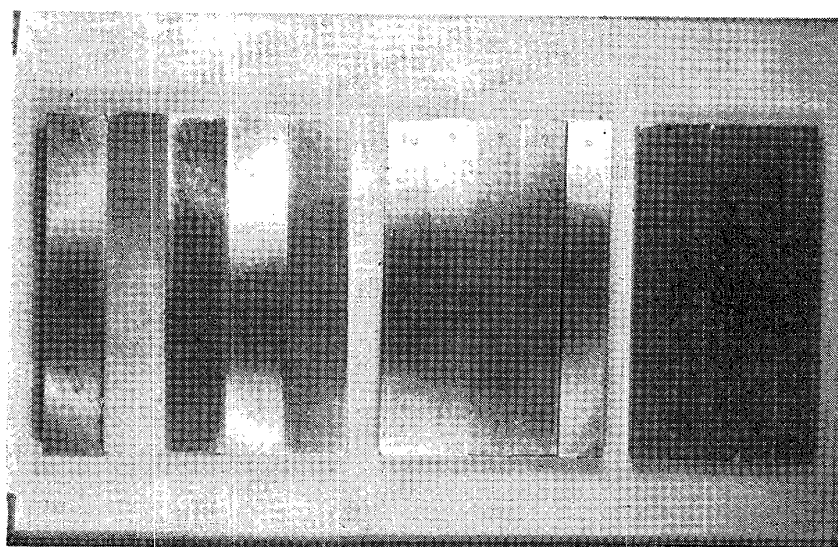


Fig. 3. Test pieces before Testing.

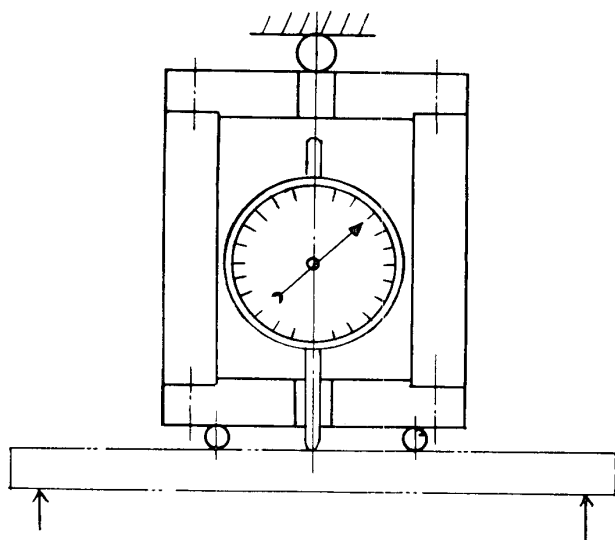


Fig. 4. Measuring instrument.

出してその儘引張試験を行ない降伏点を求めてみた。
 Fig. 6 は正方形梁の一辺の長さを横軸にとって降伏応力 σ_M 及び上記の引張降伏点 σ_0 を表したもので σ_M の変化は寸法の大なるもの程僅か上昇している。しかし σ_0 との比をとるとかなり著しい寸法効果が現れている。但しこの σ_0 の測定は規定の引張試験片によるものでないが、すでに行なった引張実験²⁾の結果とほとんど傾向が同じに現れているのでこれを適正值として採用した。この結果からすれば σ_M/σ_0 は小試験片では 1.5 よりも低く大試験片では高くなっている。

Table 4.

Test piece No.	Dimension, d mm	Upper yield. point, kg/mm ²	Lower yield. point, kg/mm ²	Compressiv strain %
No. 1	3.02	39.229	37.833	2.32
2	2.99	39.163	37.739	2.06
3	3.00	37.781	37.215	1.73
4	2.99	38.878	36.314	1.52
5	3.01	37.976	37.416	1.73
6	4.01	37.137	—	2.00
7	3.99	37.668	36.868	1.43
8	4.00	37.800	37.243	1.40
9	4.00	39.233	38.596	1.28
10	3.99	38.308	36.068	1.59
11	5.00	38.197	37.942	1.14
12	5.00	37.229	36.873	1.39
13	4.99	35.912	35.876	2.10
14	5.00	36.364	36.160	1.28
15	5.01	37.892	37.790	1.29
16	6.01	37.317	37.188	1.12
17	6.01	36.660	36.589	1.27
18	6.01	37.999	37.541	1.17
19	6.01	35.955	35.778	0.98
20	6.01	37.541	37.188	1.13
21	8.01	37.209	36.018	0.93
22	8.01	37.409	37.209	0.99
23	8.01	37.011	36.316	1.04
24	8.01	38.300	37.705	1.26
25	8.01	37.507	36.713	1.11
26	10.01	36.469	—	1.53
27	10.015	36.052	35.861	1.28
28	10.015	38.590	37.575	1.31
29	10.015	36.559	36.052	1.17
30	10.015	36.978	36.750	1.01
31	12.00	35.014	—	0.80
32	12.00	34.926	—	0.97
33	12.00	34.661	—	0.90
34	12.00	36.031	—	0.80
35	12.00	36.075	—	0.85
36	14.985	35.722	—	1.02
37	14.99	35.472	—	1.00
38	14.98	34.895	—	1.00
39	14.98	32.455	—	0.79
40	14.98	35.859	—	0.90

Table 5.

Test piece No.	Dimension S mm	Section modulus mm ³	Yield point			Tension		$\frac{\sigma_M}{\sigma_0}$
			Load kg	Moment cm-kg	Bending stress σ_M kg/mm ²	Yield point σ_0 kg/mm ²	Tensile strength σ_B kg/mm ²	
No. 1	3.02×3.01	4.5	11.1	19.15	42.55	—	—	1.41
2	"	"	11.1	19.15	42.55	—	—	1.41
3	"	"	10.6	18.3	40.70	—	—	1.34
4	"	"	—	—	—	—	—	—
5	"	"	—	—	—	30.35	48.1	—
6	4.00×4.02	10.65	25.6	44.15	41.50	—	—	1.42
7	"	"	26.1	45.00	42.30	—	—	1.45
8	"	"	26.1	45.00	42.30	—	—	1.45
9	"	"	25.6	44.15	41.50	—	—	1.46
10	"	"	—	—	—	29.2	47.1	—
11	4.93×4.99	20.28	52.6	90.75	43.5	—	—	1.54
12	"	"	49.1	84.70	40.6	—	—	1.44
13	"	"	49.6	85.55	41.1	—	—	1.46
14	"	"	49.1	84.70	40.6	—	—	1.44
15	"	"	—	—	—	28.25	45.9	—
16	6.02×6.01	36.0	89.1	153.8	42.7	—	—	1.45
17	"	"	91.6	158.0	43.9	—	—	1.49
18	"	"	89.1	153.8	42.7	—	—	1.45
19	"	"	88.1	152.0	42.2	—	—	1.43
20	"	"	—	—	—	29.45	47.1	—
21	8.02×8.01	85.25	213	367.5	43.1	—	—	1.57
22	"	"	210	362	42.5	—	—	1.45
23	"	"	214	369	43.3	—	—	1.57
24	"	"	215	371	43.5	—	—	1.58
25	"	"	—	—	—	27.50	45.0	—
26	10.00×10.02	166.8	430	742	44.5	—	—	1.61
27	"	"	422	728	43.6	—	—	1.57
28	"	"	422	728	43.6	—	—	1.57
29	"	"	430	742	44.5	—	—	1.61
30	"	"	—	—	—	27.7	44.7	—
31	12.03×12.01	289.1	730	1.260	43.6	—	—	—
32	"	"	755	1.305	45.1	—	—	—
33	"	"	755	1.305	45.1	—	—	—
34	"	"	772	1.365	47.2	—	—	—
35	15.02×15.02	563	1.405	2.425	43.1	—	—	—
36	"	"	1.425	2.460	43.75	—	—	—
37	"	"	1.475	2.545	45.3	—	—	—
38	"	"	1.480	2.553	45.4	—	—	—
39	"	"	1.455	2.510	44.6	—	—	—

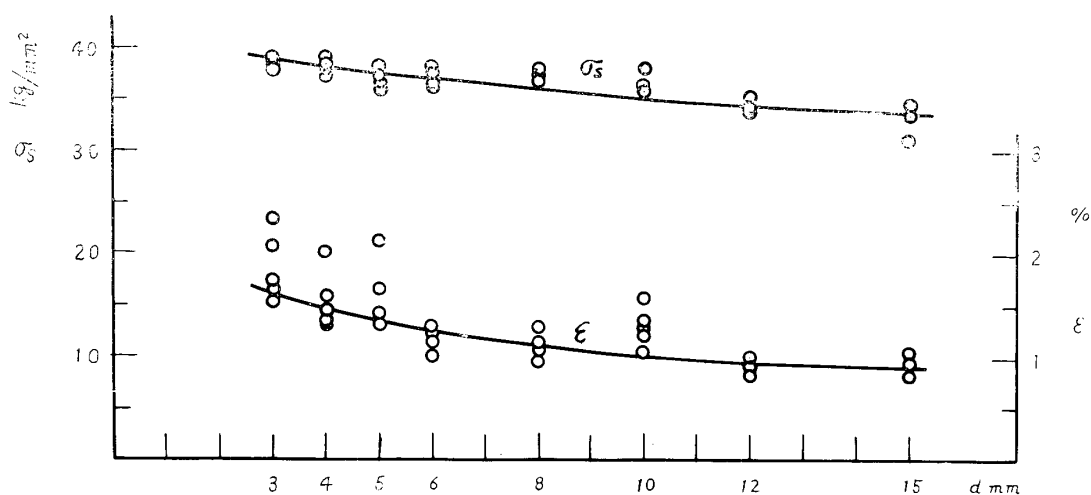


Fig. 5. Yield point, σ_s and compressive strain, ϵ

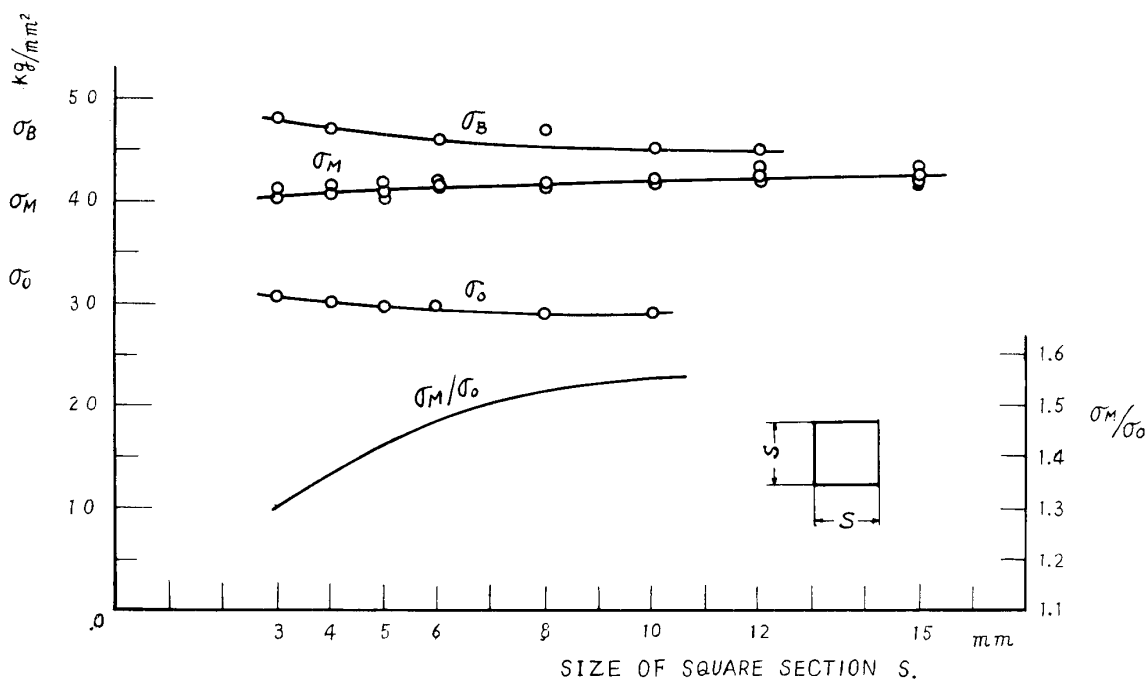


Fig. 6. Yielding point of square beam in pure bending, σ_M , tensile strength σ_B , yielding point σ_0 and the ratio σ_M/σ_0 .

4. 結 論

以上の実験結果から次の結論をうる。

圧縮実験では寸法効果は両端面の接触面の直径変化に対する抗り抵抗の相異に基いて現れる。小試験片ではその抵抗が小なるため断面の不等変化が少なくそのため断面積当りの応力の不均一度が小さく降伏点は形状の大きい試験片のものより高くなると考えられる。したがって普通の圧縮試験においては引張の場合に考えられる表面層の影響とは別の原因による寸法効果が現

れたことになる。

曲げ実験では曲げ降伏点に僅少な寸法効果が現れている。これは引張のときと同様表面層の影響と考えて差支えなからう。引張降伏点は試験片の形状が大なる程幾分低下する傾向が存在するので σ_M/σ_0 の値には可なり著しい変化が現れている。

参 考 文 献

- 1) 大野, 益富, 山本; 山口大学工学部学報, 13, 105 (1963)
- 2) 大野, 益富, 長富; 山口大学工学部研究報告 14, 55 (1964)