

I-51 高Mn非磁性鋼十字断面柱の圧縮試験

三井造船㈱	正員	松本 巧
㈱神戸製鋼所		池田惣一
大阪大学溶接工学研究所	正員	堀川浩甫

1. まえがき

JRが研究、開発を進めている磁気浮上式鉄道には、車両に超電導磁石を搭載している関係から、軌道構造に非磁性鋼材を用いる必要があるとされている。高Mn非磁性鋼は古くから耐摩耗用鋼材として知られており、加工硬化が著しく降伏比も従来の構造用鋼材に比べて小さいため、塑性後の強度が期待できる。

高Mn非磁性鋼を鋼構造に適用する場合、設計面に関して、高Mn非磁性鋼の構造材料としての力学的性質を十分に生かした材料定数、幅厚比制限などを設定する必要がある。本研究ではこの設計上の問題に着目し、高Mn非磁性鋼の部材の座屈を支配する荷重-変位関係を普通鋼との比較において実験的に明らかにすることを目的にしている。

2. 実験

2.1. 材料 本実験で用いた材料は高Mn非磁性鋼KNM235-Mと溶接構造用圧延鋼材SM490YAである。鋼材の化学成分並びに機械的性質を表-1に示す。

2.2. 試験体 試験体は図-1に示す等方十字断面柱である。試験体の寸法を表-2に示す。試験体の高さはすべて700mm、板厚はすべて9mmとした。脚長5mmの連続隅肉溶接で十字断面柱に組み上げ、上下にはSS400の材料で板厚12mmの支圧板を取り付けた。焼鈍による残留応力の除去は行わなかった。各試験体ごとの座屈に関する諸元を表-3に示す。

2.3. 結果および考察 変形の状況で比較すると次の3つに分けられる。①柱全体の曲げ座屈……A-a, C-a ②柱全体の曲げ座屈とねじれ座屈の両方……A-b, C-b ③柱のねじれ座屈……A-1~A-5, C-1~C-5 また、弾塑性の面から比較すると次の二つに分けられる。①弾塑性座屈……A-a, b, 1, C-a, b, 1 ②弾性座屈……A-2~A-5, C-2~C-5

鉛直変位と平均圧縮応力度との関係を図-2, 図-3に示す。また水平変位と平均圧縮応力度との関係を図-4, 図-5に示す。

最大応力度と座屈応力度を表-4に示す。A-a, b, 1とC-a, b, 1についてははっきりと座屈荷重は現われなかった。弾性座屈をしているA-2~A-5, C-2~C-5については、KNM235-Mの方が座屈荷重が小さめに出た。ヤング率の低さがKNM235-Mの座屈荷重の低さとして現われたと言える。

細長比パラメータを横軸に取り柱の座屈強度として図-6に結果を示す。また幅厚比パラメータを横軸に取り板の座屈強度として図-7に結果を示す。図-6, 図-7から、本実験の範囲では $b/t=7$ のA-b, C-bが最大の耐荷力を得る場合で、これより b/t を変えれば、柱としての座屈か、板としての座屈かのどちらかが起こる。図-5よりKNM235-MとSM490YAのそれぞれの値が一本の曲線上に並ぶことがわかる。

3. まとめ

本実験の範囲では、次のことが言える。

1. 最高荷重に関しては、KNM235-MはSM490YAと耐荷力曲線上で同等に評価することができた。
2. 座屈荷重に関しては、KNM235-MはSM490YAに比べてヤング率に比例した比となり、KNM235-Mはそのヤング率の小ささから低い応力度で座屈した。
3. KNM235-Mの材料としての特徴は加工硬化にあり、その影響が顕著に現われてくるのは、柱として全体座屈を起こさない試験体高さを考えた上で、幅厚比の小さな断面と考えられるので、そのような実験を行ってゆくことが望ましい。

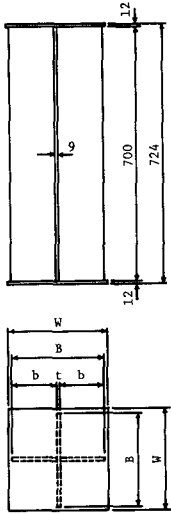


図-1 試験体

表-2 試験体寸法

No.	b/t	B	W
A-a C-a	4	81	121
A-b C-b	7	135	175
A-1 C-1	10	189	209
A-2 C-2	14	261	281
A-3 C-3	18	333	353
A-4 C-4	22	405	425
A-5 C-5	26	477	497

表-1 化学成分と機械的性質

KNM235-M (%)					SM490YA (%)				
C	Si	Mn	P	S	C	Si	Mn	P	S
0.27	0.29	24.9	0.022	0.002	0.2	0.55	1.60	0.035	0.035

KNM235-M			SM490YA		
0.2%YS	TS	EL	YS	TS	EL
MPa	MPa	%	MPa	MPa	%
415	829	53	412	539	23

表-3 試験体諸元

試験体	A-a	A-b	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
幅厚比	4	7	10	14	18	22	26
断面積	13.8	23.6	33.2	46.2	59.1	72.1	85.1
断面二次モーメント	40	185	507	1335	2771	4985	8142
断面回転半径	1.71	2.81	3.91	5.38	6.85	8.14	9.79
最長比	40.9	24.9	17.9	13.0	10.2	8.42	7.15
幅厚比パラメータ R_{os}	0.27	0.48	0.68	0.95	1.23	1.50	1.77
細長比パラメータ λ	0.55	0.34	0.24	0.18	0.14	0.11	0.10

試験体	C-a	C-b	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
幅厚比	3.9	6.7	9.6	13.4	17.2	21.1	24.9
断面積	14.4	24.6	34.7	48.3	61.8	75.3	88.9
断面二次モーメント	43	195	533	1401	2905	5222	8526
断面回転半径	1.72	2.82	3.92	5.39	6.86	8.33	9.80
最長比	40.7	24.8	17.9	13.0	10.2	8.41	7.15
幅厚比パラメータ R_{os}	0.31	0.54	0.77	1.08	1.39	1.69	2.00
細長比パラメータ λ	0.58	0.35	0.25	0.18	0.14	0.12	0.10

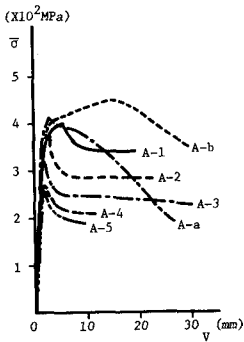


図-2 鉛直変位と平均圧縮応力度との関係 SM490YA

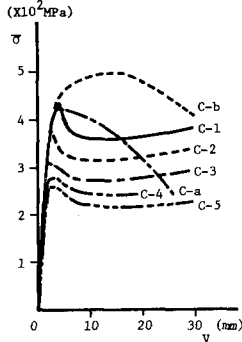


図-3 鉛直変位と平均圧縮応力度との関係 KNM235-M

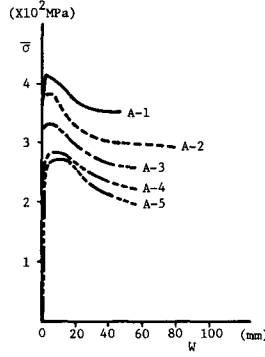


図-4 水平変位と平均圧縮応力度との関係 SM490YA

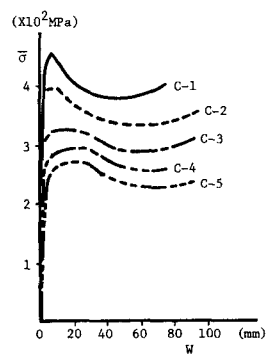


図-5 水平変位と平均圧縮応力度との関係 KNM235-M

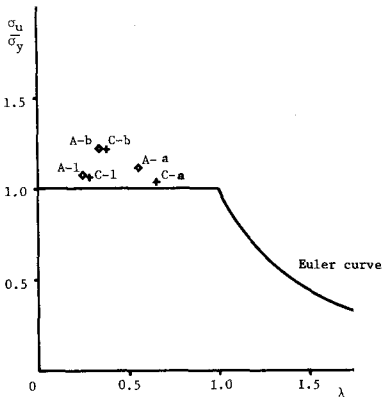


図-6 耐荷力曲線(1)

表-4 最大応力度, 座屈応力度 (MPa)

	A-a	A-b	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
座屈応力度	-	-	-	334	265	217	150
最大応力度	415	450	404	371	320	268	257
	C-a	C-b	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
座屈応力度	-	-	-	274	169	156	123
最大応力度	429	502	438	379	310	284	264

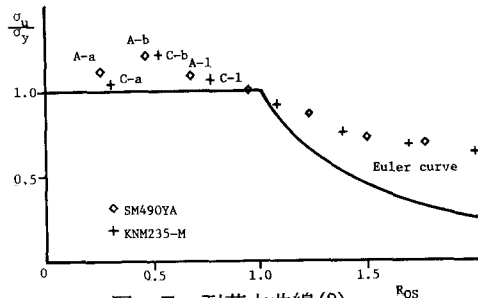


図-7 耐荷力曲線(2)