

種々の材端支持条件における パイプサポートの強度について

土木課 森 宜 制, 国 森 昌 之

Research on the Buckling Strength of Tube Shore under various End Conditions

by Y. Mori M. Kunimori

It is well-known that the buckling strength of a long column like a shoring post, which bears concrete form works, remarkably varies with rotational restraint at its ends.

In order to make clear the degree of rotational restraint under various end conditions, and to decide the standard method of buckling test and the allowable bearing capacity in an actual use, we carried out the buckling tests of tube shores conformed to the Japanese Industrial Standards "JIS A 8651" under the following end conditions ;

- (a) Both ends on rigid and flat planes.
- (b) One end on a timber, the other on a rigid and flat plane.
- (c) One end on a knife-edge, the other on a rigid and flat plane.
- (d) Both ends on timbers.
- (e) Both ends on knife-edges.

According to the results, the buckling strength of tested shores turn to lower in order from the condition (a) to the condition (e), and the buckling strength under the condition (a) amounts to 2.76 times of one under the condition (e).

The results also show that the strength of tested shores have large deviations except condition (e).

Therefore it is recommended that the standard buckling test is carried out under the condition of both ends on knife-edges.

The buckling strength under the conditions (b) and (d), which seem to be near upon actual using conditions, are respectively 2.02 times and 1.49 times of one under the condition (e), but we presume that it is proper to estimate the buckling strength under actual using conditions as respectively 1.8 times and 1.2 times of one under the condition (e), because actual using conditions are worse than the conditions under which these tests were carried out.

The allowable bearing capacities are to be decided by the more consideration regarding the safety factor.

§-1 はじめに

圧縮材の座屈強度が両端の支持条件によって著しく異なることはよく知られている。例えば両端をヒンジとしたときの強度を1とすれば、両端を固定としたときの強度は4になり、後者が前者に比べて著しく強くなっている。ところが完全なヒンジ端や完全な固定端は実際にはあり得ないのであって、実験で実現できる条件はこの両者の中間にあり、しかもかなりばらつく要素を持っている

ものである。仮設材の強度を実験的に定める場合にもこのことをよく認識しておかなければならない。

しかるにコンクリート工事にしばしば用いられるパイプサポートの JIS A 8651 の規定では、「長さ 3.4m の状態で中間の拘束なしに平押ししたときの強度が、4.0 t 以上あればよい」ということになっている。平押しという条件は、現場の使用条件に比べて、著しく強度を高める傾向にあるばかりでなく、かなりばらつく要素も持っているように思われるので、この規定の妥当性について

てかなり疑問がある。

今回この点を確かめるために、JISに適合する数社製のパイプサポートを、種々の材端支持条件のもとに強度試験を行なったので、以下に報告する。

§-2 試験材

試験材は「JIS A 8651, 2, 構造」に適合するものを用いた。試験材の代表的なものを図1に示す。

A社製試験材（以下A社と略す）とE社は構造が同じであり、B社とF社が同じで、C社とD社は同じである。相互の構造の相違は長さ調節部にあり図2に示す。3者共に内管に穴けられたピン孔に止めピンを差込んで内管を支持するが、それらの相違はピンを支持する構造にある。図2に示すようにC、D社のものは外管と雄ネジ部分(イ)は固定されており、雌ネジ部分(ロ)のついたスライド盤(ハ)は回転させることにより上下し、スライド盤上部にて止めピンを支持する。なお雄ネジ部分には止めピンが上下できるように縦の方向に切欠きが向い合せに作られている。A、E社のものは、外管と雄ネジ部分(イ)が固定され、雌ネジ部(ロ)を回転することにより雌ネジ部(ロ)が上下する構造でありC、D社と同じであるが、C、D社との相違は雌ネジ部(ロ)の上部にカバー(ニ)を取付けて、そのカバー(ニ)の上部にて止めピンを支持する構造である。B、F社のものは図に示すように雌ネジ部(ロ)は外管に対して回転は自由であるが上下方向には移動しない。雄ネジ部(イ)は雌ネジ部(ロ)を回転することにより上下でき

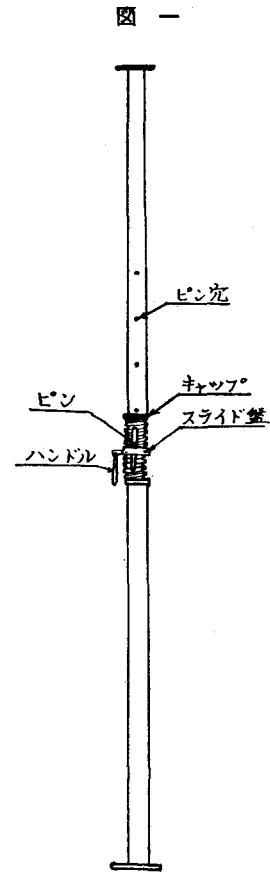
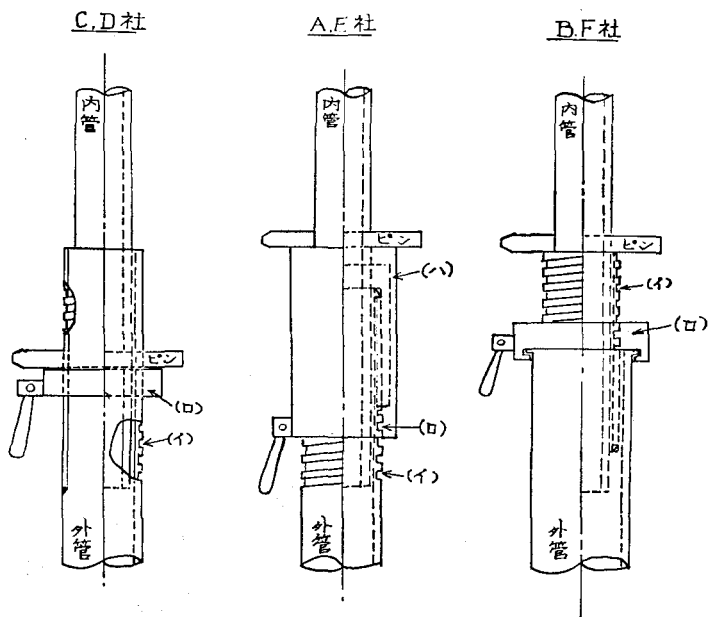


図 2



るようになっており、ピンは雄ネジ部(イ)の上部にて支持する構造である。

各社の試験材の内管、外管を適当な長さに切断し、外径および管厚を実測した値を表1に示す。外径は管の両端および中央の3ヵ所、それと直角方向の3ヵ所の計6ヵ所の平均で表わされている。管の厚さは実測した外

表1 実測断面

(mm)

	No.	内 管 (上管)		外 管 (下管)	
		外 径	管 厚	外 径	管 厚
A	1	48.76	2.27	60.45	2.26
	4	48.65	2.25	60.48	2.19
	7	48.78	2.29	60.44	2.27
B	1	48.77	2.34	63.39	1.88
	4	48.76	2.31	64.45	1.91
	7	48.77	2.35	63.37	1.91
C	1	48.73	2.38	60.53	2.36
	4	48.58	2.37	60.54	2.16
	7	48.75	2.43	60.51	2.29
D	1	43.63	2.23	60.63	2.21
	4	48.81	2.26	60.71	2.24
	7	48.63	2.24	60.63	2.16
E	1	48.68	2.22	60.66	1.92
	4	48.65	2.19	60.66	1.90
	7	48.66	2.19	60.64	1.90
F	1	48.64	2.27	60.48	2.21
	4	48.69	2.34	60.53	2.30
	7	48.73	2.37	60.53	2.36

径、重量、管長より算出した値である。各社についてそれぞれ3本ずつ測定した。

表2は各試験材についてガタを測定した値である。ガタは外管を固定し、支柱長を3.4mのときの内管の先端の振幅を測定した。

§-3 試験条件および試験方法

試験条件は次の5通りである。

- (イ) 両端平押 (図-3)
- (ロ) 一端平押他端ナイフエッジ (図-4)
- (ハ) 両端ナイフエッジ (図-5)
- (ニ) 一端平押他端角材 (図-6)
- (ホ) 両端角材 (図-7)

各社の試験材についている No. は次の条件で行なわれたものである。

No. 1, 2, 3 =(イ)両端平押

表2 ガタ測定値

(cm)

社	No.	x	y	社	No.	x	y
A	1	5.0	6.0	D	1	3.2	3.7
	2	5.2	5.5		2	3.5	3.7
	3	5.3	4.8		3	4.0	3.0
	4	4.7	4.5		4	3.7	3.8
	5	4.4	5.0		5	3.3	4.1
	6	5.5	5.2		6	4.0	3.5
	7	5.1	4.2		7	3.7	3.6
	8	5.3	5.3		8	3.5	3.6
	9	5.3	4.3		9	3.3	3.8
B	1	6.3	6.5	E	1	3.8	3.7
	2	4.3	5.5		2	3.0	3.5
	3	6.0	5.9		3	4.2	4.0
	4	4.2	6.7		4	3.0	4.0
	5	4.9	7.0		5	3.2	4.3
	6	5.6	5.7		6	4.0	3.5
	7	4.7	5.7		7	3.8	3.0
	8	8.0	10.1		8	4.5	3.5
	9	5.1	6.3		9	4.5	4.0
C	1	2.6	3.2	F	1	7.0	7.0
	2	1.6	2.6		2	8.0	8.0
	3	2.5	3.4		3	8.0	9.0
	4	1.9	2.3		4	8.3	7.0
	5	2.1	3.1		5	9.0	7.0
	6	2.3	2.6		6	8.0	7.5
	7	3.1	2.8		7	8.0	6.7
	8	2.7	2.3		8	8.6	6.5
	9	2.2	3.0		9	8.5	7.5
	10	3.5	3.0				
	11	4.0	3.5				
	12	4.5	4.0				
	13	3.8	3.8				
	14	3.5	3.0				
	15	3.2	3.2				

x : ピンと直角方向のガタ
y : ピンと平行方向のガタ

No. 4, 5, 6 =(ロ)一端平押他端ナイフエッジ

No. 7, 8, 9 =(ハ)両端ナイフエッジ

No. 10, 11, 12 =(ニ)一端平押他端角材

No. 13, 14, 15 =(ホ)両端角材

試験条件(イ), (ロ), (ハ)についてはA, B, C, D, E, F, の6社について試験を行ない, (ニ), (ホ), については比較的ばらつきの少ないC社のもののみについて試験を行なった。

試験の方法は、試験材の材端を試験条件(図-3～図-7)にして、上下の加圧板内にセットし、徐々に試験材が破壊するまで加圧した。

図-3

両端平押 (NO.1
NO.2
NO.3)

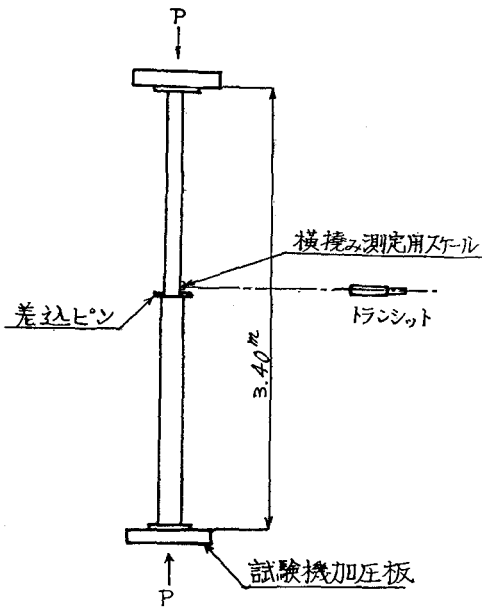


図-5

両端ナイフエッジ (NO.7
NO.8
NO.9)

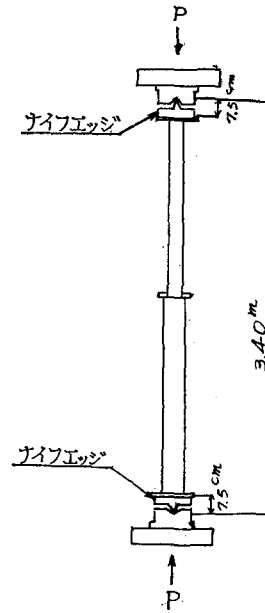


図-4

一端平押他端ナイフエッジ (NO.4
NO.5
NO.6)

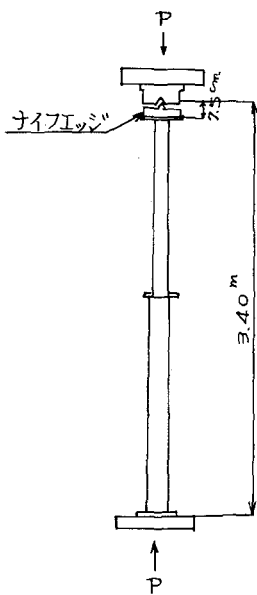


図-6

一端平押他端角材 (NO.10
NO.11
NO.12)

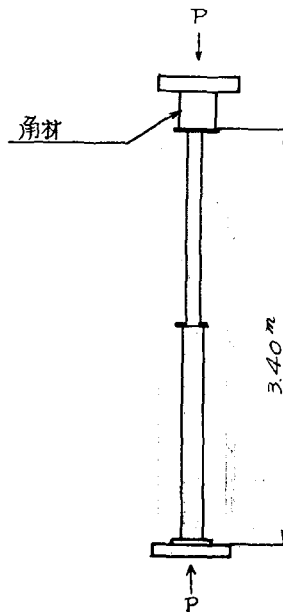
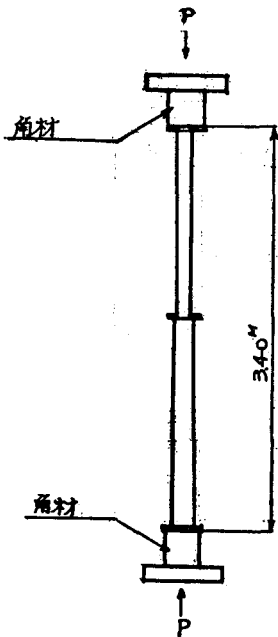


図-7

両端角材 (No.13
No.14
No.15)



なお横撓みを測定するため図-3のように試験材の中間部にスケールを取付けて、その移動をトランシットで読むことにより各荷重時の横撓みを測定した。ただし両端平押の場合は彎曲の方向が分らないのスケールを直角2方向に取付け2台のトランシットで直角2方向の横撓みを測定しそのベクトル和を横撓みとした。

§-4 試験結果

各社の各条件における試験の結果を表-3に示す。

一般に加圧された試験材は徐々に彎曲を始め、この彎曲が著しくなったときに最大荷重に達する。なお両端平押のときにはさらにピンの変形も著しいものがあったが、それは表中の※印で示している。

表-4に各種類別に平均値と標準偏差を示す。

図-8より図-14までは荷重横撓み曲線であるが、各試験条件で各社3本試験を行なったうちで代表的なものを1本づつ示してある。

表-3 破壊強度一覧表

(単位: Ton)

材 端 条 件	No.	A	B	C	D	E	F	備 考
両 端 平 押	1	4.88	5.35	5.30	5.10	4.46	4.54	*はピンの変形著しい。
	2	5.58*	5.59	5.10	5.74*	4.73	5.48	
	3	5.42	4.55	5.07	4.86	4.83	5.47	
一 端 平 押 他 端 ナイフ エッジ	4	3.24	4.55	3.75	3.46	2.20	2.71	
	5	2.55	3.08	3.32	3.16	2.96	2.86	
	6	3.34	4.40	3.20	4.01	3.16	2.71	
両 端 ナイフ エッジ	7	1.85	1.94	1.90	2.28	1.68	1.88	
	8	2.00	1.87	1.80	1.89	1.66	1.80	
	9	1.85	1.91	1.75	2.07	1.75	1.79	
一 他 端 端 平 角 押 材	10			3.21				
	11			4.00				
	12			3.77				
両 端 角 材	13			2.66				
	14			2.80				
	15			2.90				

表-4 平均値および標準偏差一覧表 () は標準偏差を示す。(平均値の単位: ton)

材 端 条 件	A	B	C	D	E	F	6 社の平均
両 端 平 押	5.29 (0.37)	5.16 (0.54)	5.16 (0.13)	5.23 (0.45)	4.67 (0.19)	5.16 (0.54)	5.11 (0.37)
一 端 平 押	3.04 (0.43)	4.01 (0.81)	3.42 (0.29)	3.54 (0.43)	2.77 (0.51)	2.76 (0.09)	3.26 (0.43)
他 端 ナイフエッジ	1.90 (0.09)	1.91 (0.04)	1.82 (0.08)	2.08 (0.20)	1.70 (0.05)	1.82 (0.05)	1.87 (0.09)
両端ナイフエッジ							
一 端 平 押			3.66 (0.41)				
他 端 角 材			2.79 (0.12)				
両 端 角 材							

図-10

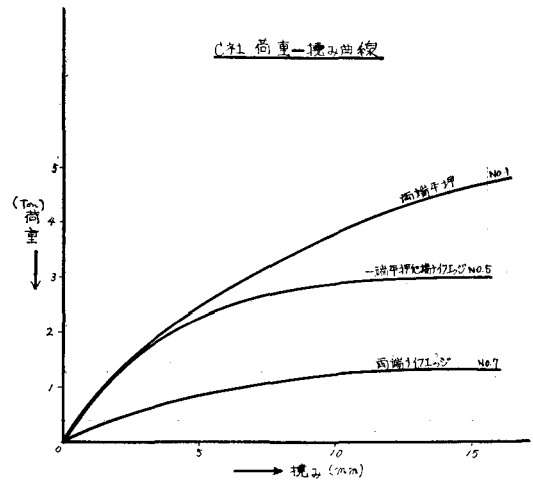
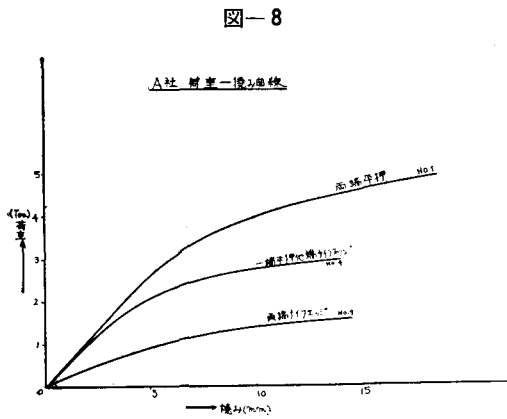


図-11

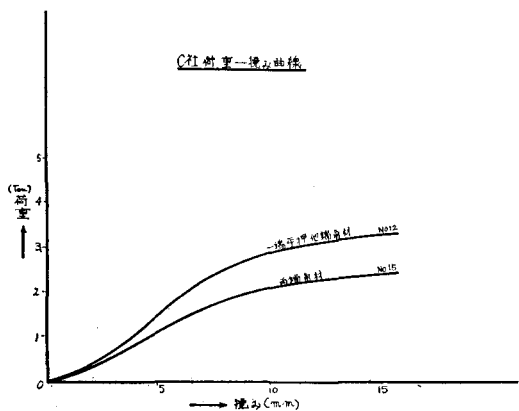
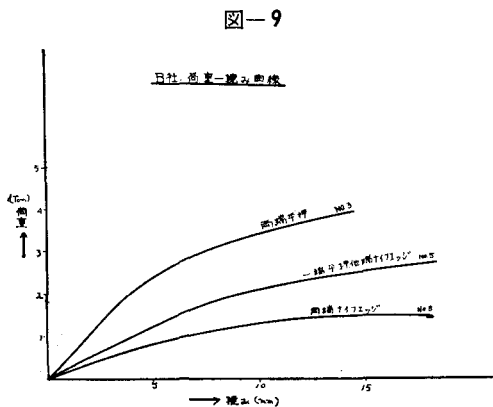


図-12

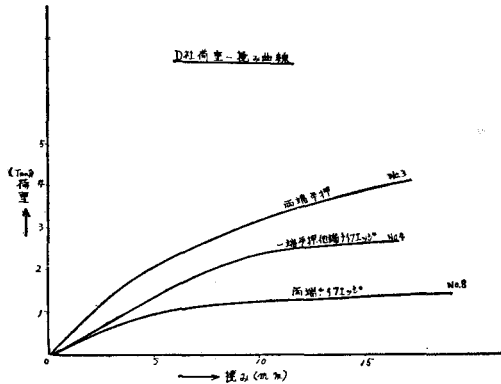


図-13

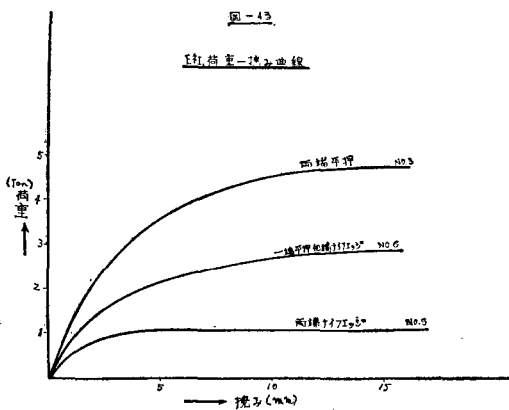
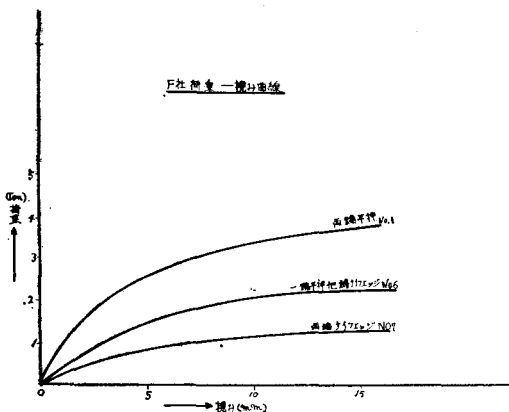


図-14



§-5 結果の考察

前節の結果から明らかなように、サポートの強度は材端条件、いいかえると材端における回転拘束の度合によって著しく異なる。

ここで材端拘束の度合を如何に表現するかが問題になるが、これをヒンジの場合を基本とした強度の比でもって表わすことにしたい。すなわち一端において回転拘束を受けた場合の強度が、ヒンジの場合の強度の α 倍になったとき、この α を拘束の度合を示すものとして拘束係数と呼ぶことにする。したがって両端において拘束を受ける場合は、両拘束係数の積が全体の拘束係数となるわけである。この考え方は、両端固定、一端固定他端ヒンジ、両端ヒンジの三者の比が 4 : 2 : 1 であることを考慮すれば、それ程おかしいものであると思われる。

次に今回行った試験では、このような定義にもとづく拘束係数がどの程度になるかを示したい。

今ナイフエッジ端をヒンジ端に等しいとみなして、両端ナイフエッジのときの強度を P_0 、平押し端の拘束係数を α_1 、角材端の拘束係数を α_2 とすれば、5 種類の材端条件に対する C 社製のサポートの実測値 (表-4) から最小二乗法によって次の最確値を得る。

$$P_0 = 1.89 \text{ t}$$

$$\alpha_1 = 1.66$$

$$\alpha_2 = 1.22$$

したがって各材端条件に対する強度の最確値および両端ナイフエッジを基準とした強度比は次表のようになる。

表-5

材 端 条 件	式	実測強度	最小二乗法による最確値	
			強 度	強度比
両端ナイフエッジ	P_0	1.82 t	1.89 t	1.00
両 端 角 材	$P_0 \alpha_2^2$	2.79 t	2.81 t	1.49
一端ナイフエッジ 他 端 平 押 し	$P_0 \alpha_1$	3.42 t	3.14 t	1.66
一 端 角 材 他 端 平 押 し	$P_0 \alpha_1 \alpha_2$	3.66 t	3.83 t	2.02
両 端 平 押 し	$P_0 \alpha_1^2$	5.16 t	5.21 t	2.76

上表から明らかなように、JIS A 8651 の中に規定されている強度試験の条件である両端平押しは、強度を最大に表わす試験条件であることが分る。

また表-4の標準偏差の欄から明らかなように、両端平押しの条件は、両端ナイフエッジの条件に比べて、値がかなりバラつく宿命を持っている。

以上の2点から、両端平押しの条件は標準強度を求める試験条件として余り適当とは思われない。むしろバラつきが少なく、強度を最小に表わす両端ナイフエッジの方が試験条件としては適当であると思われる。

次に許容支持力であるが、これを決めるには、通常の使用状態における材端拘束係数とさらに安全率をどの程度見込むかが問題になる。

通常の使用状態では、サポート両端の角材の支持面が、試験機の加圧板のように剛かつ平坦でなく、またサポートの建込み精度も劣るから、この試験で行なった両端角材の条件よりは拘束係数が低くなることが予想される。したがってこの場合の拘束係数は、この試験の両端角材と両端ナイフエッジの中間をとるのが妥当であろう。

またサポートの下端を平坦に仕上げられたコンクリート床面に直接のせるように一端平押しに近い場合も、その拘束係数は前と同じような理由によって、この試験の一端角材他端平押しと一端ナイフエッジ他端平押しの中間をとるのが妥当であろう。

また労働安全衛生規則では、パイプサポートの安全率について特に明記していないが、他の型枠支保工が2以上の安全率を持つように規定されている点からみて、パイプサポートに対しても少なくとも2の安全率を考慮する必要がある。

以上の諸点を考慮した結果

a 通常の使用状態に対する許容支持力

$$P_0 \times \frac{1}{2} \times \frac{1.0+1.49}{2} \div 0.6P_0.$$

b 一端が剛で平坦な面で支持される場合の許容支持力

$$P_0 \times \frac{1}{2} \times \frac{1.66+2.02}{2} \div 0.9P_0.$$

となる。なお今回の試験結果では各社とも両端ナイフエッジの場合の強度 P_0 は1.7 tを超えているので規定の限度を1.7 tに定めれば、長さ3.4 mで中間無拘束の場合の許容支持力はa.の場合に1 t、b.の場合に1.5 tとなる。

以上は長さが3.4 mというほぼ最長に近い場合の強度であるが、長さが短い場合には、止めピンおよびピン孔の強度が問題になるので、これに対する試験規定も必要と思われる。過去の経験では、この部分の強度は常に4 t以上あるので、ほぼ最短に近い2.4 mの長さで両端平

押しのときに4 t以上の強度があればよいということにすればよいであろう。

§-6 む す び

以上を要約してむすびとしたい。

a JIS A 8651 に適合するパイプサポートに対する強度試験規程

1) サポートの座屈強度試験

両端ナイフエッジ支持

ナイフエッジ先端の半径：5 mm

試験材長（両ナイフエッジの回転中心距離）：
3.4 m

座屈強度：1.7 t 以上

2) 止めピンおよびピン孔の強度試験

両端平押し

試験材長：2.4 m

破壊強度：4.0 t 以上

3) 試験材本数は各試験とも3本以上とし、すべての試験材が規定強度に達しなければならない。

b 以上の強度規定に適合するパイプサポートに対する許容支持力

表—6

サポート長 ℓ m	水平拘束なし		高さのほぼ中央に水平拘束あり
	通常の使用状態	一端を剛で平坦な面で支持	
3.4 m	1.0 t	1.5 t	2.0 t
$3.4 > \ell > 2.4$ m	$(4.4 - \ell)$ t	$(3.2 - 0.5\ell)$ t	
$\ell \leq 2.4$ m	2.0 t	2.0 t	

終りに今回の試験ではパイプサポートの内外管のガタと強度との間には相関が無かったので、そのデータを割愛したことを附言したい。一般にガタの大きなサポートは初期撓みの存在により座屈強度がかなり低下すると想像されるが、それが認められなかったことは、ガタに対する現行のJISの規定が妥当であることを立証したものである。