

鋼管足場の座屈実験

土木建築課 齋藤 次郎 森 宣制 平井 康善

1. まえがき

鋼管足場の規格は、工業技術院の依頼によって、日本建築学会材料施工規準委員会が、原案作成委員会を作り目下作成を行っている。

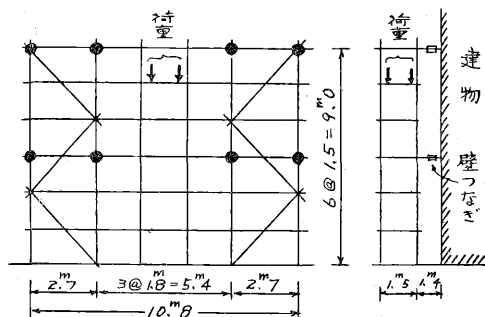
現在使用されている足場用鋼管は、軽さ、持ち易さ、強度等の要求から、主としてJIS G3440—1956 構造用炭素鋼鋼管の第5種乙に属する高級材質のもので、外径48.6 mm、肉厚2.4mmの薄肉管に属するものである。したがって梁材として曲げを受けた場合、断面形の潰れ、荷重点の凹み、圧縮側の座屈等の相互関係が不明である。また実際に足場を組んだとき、壁つなぎという弾性支持の位置によって足場構面の座屈荷重の解明がなされていない。梁材としての性能は簡単に実験によって得た値で判断したのであるが、座屈の問題は、当研究所の1952年の研究所報に発表した公式に頼り切ることが不安であったので、上記委員会から当所において実物実験を行うよう依頼があった。

そこで、鋼管足場用附属金具の種類によって3つのグループに分け、各々について実験し、以下に述べる結果を得た。

2. 実験計画

丸太足場の場合、壁つなぎの間隔は大体、足場構面において縦横6米以内毎に設けるのが標準様になっている。鋼管足場の場合これを縦横5米位、即ち建地の間隔1.8米、布の層間隔1.5米の組み方を標準として、建地間隔3（5.4米）布の層間隔3（4.5米）毎に壁つな

● EP 壁つなぎの位置



第1図 実験足場規模図

ぎを設けることにする。

実験に供する足場の規模は大きいほど実際に近いのであるが、これを第1図に示すようなものにした。

足場が構面に対して垂直な方向の荷重を受けたとき、布は壁つなぎの点を支点とする連続梁として働くと考えられ、しかも足場が大規模なときは無限連続梁と考えられる。

これを3張間の連続梁におきかえるために、荷重のかかる中央の張間の支点角を無限連続梁と3張間連続梁の場合を等しいと置いたところ、中央張間を5.4米とすると、両端張間は4.6米必要となるのであるが、結局地上の障害物等の理由により2.7米とした。（第1図）

建地の脚部は、この足場の規模が高層に組まれた構面から一部を取出した形と考えて、単にコンクリート基礎の上に置いただけである。

荷重は図示の個所に加え各荷重に対する壁つなぎの応力および建地の撓みとを測定した。そうして座屈直前らしいところで加力を中止し、下段の壁つなぎを外した場合の座屈荷重をも測定することにした。

3. 載荷装置

写真1に示す様に載荷個所に、片側に6本の3.3寸角木材を2例に3重ねにして置き、この両方に股がって2[s-150×75×6.5]を置いた。これを写真2に示すよう

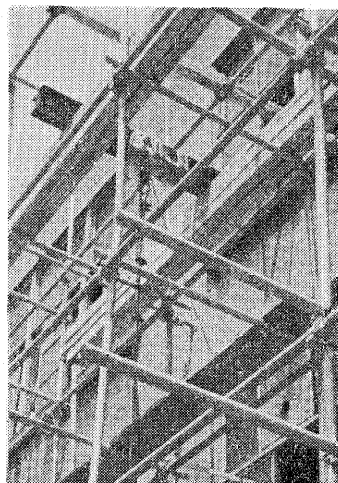


写真 1

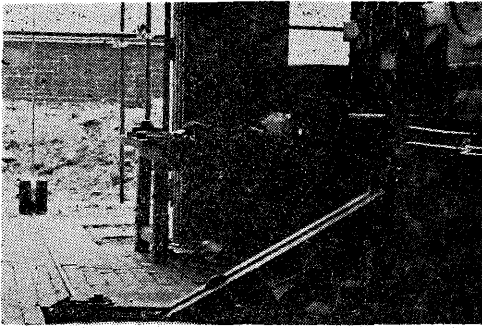


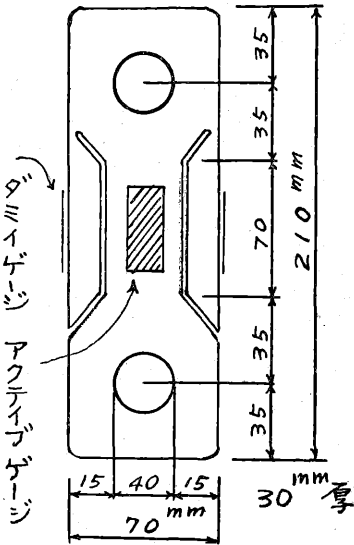
写真 2

に 20mmφ 6 × 19 の鋼索で下に引張り、滑車で方向転換して、50 吨アムスラー型万能試験機に連結した。従って荷重は少しずつ徐々に任意に加えることが出来た。

4. 荷重及び応力測定装置

(1) 荷重の測定

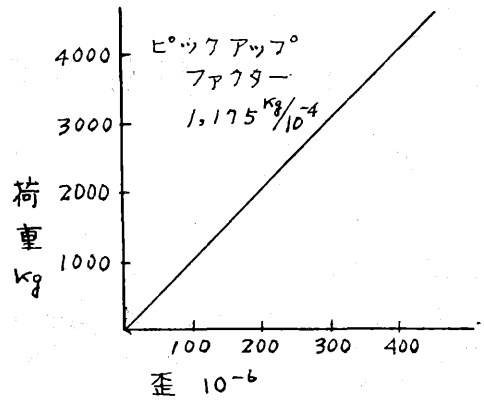
第 2 図に示すような荷重測定用張力ピックアップを製作使用した。材料は普通鋼で、張力を受ける断面積は 12 平方厘あり 12 吨の張力に対して十分安全に弾性限界内にあるように設計した。これに歪計ゲージを貼り付け、無応力部にダミーゲージを貼りつけた。金属抵抗線歪計は新興通信工業 KK 製 DS-6 型を使用した。第 3 図には張力ピックアップの特性を示し、第 4 図はピックアップを 2 [150 × 75 × 6.5 の梁に取付けた図である。



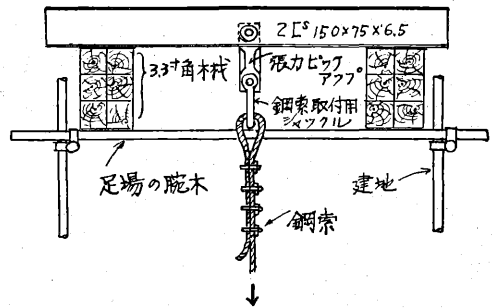
第 2 図 歪計ゲージを貼り付けた張力

(2) 壁つなぎの応力測定装置

写真 3 に示すような、外径約 84 耗、肉厚約 4 耗、巾約 30 耗のリングを普通鋼の鋼管より製作して、プルー



第 3 図 ピックアップの特性



第 4 図 張力ピックアップ取付図

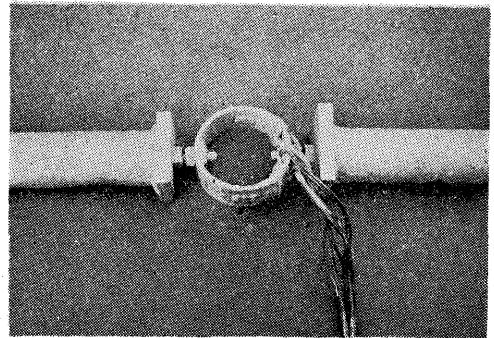
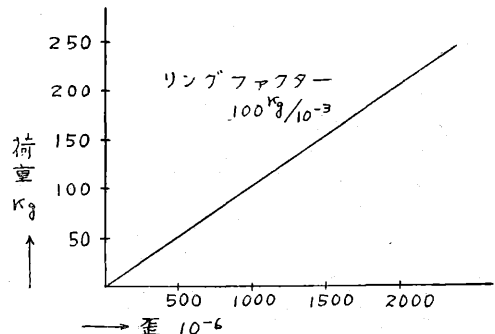


写真 3 プルービングリング



第 5 図 プルービングリング No. 2 の特性

ピングリングとした。設計上 400 kg 位までは十分安心して使用に耐えるものにした。これに歪計ゲージを4ゲージ法で貼り付け、新興通信工業KKのPS型金属抵抗線歪計を用いて壁つなぎとしてのリングの応力測定をした。このリングは No. 1~3 の3個を作り、それぞれリングの寸法等によりキャリブレーションの値が少し異った。今 No. 2 の特性を第5図に示す。

(3) 建地の撓み測定

撓みは足場構面に垂直な方向のものだけ測定した。測定方法も至極簡単に写真4に示すように、巾1.5寸位の薄板にスケールを取付け、一端を足場の建地かまたは建物の要所に固定し、スケールの目盛の移動を読み取った。

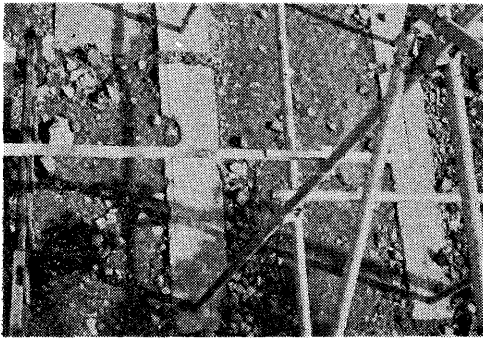


写真4 建地の撓みの測定

5. 実験材

鋼管を延長するには、継手金物を用いる。現在代表的なものとしては二種類あり、写真6および写真7に示す。

写真6のものは鋼管の端部に径9mmφの丸鋼が仕込んであるので、それにひっかかって取り付くようになっ

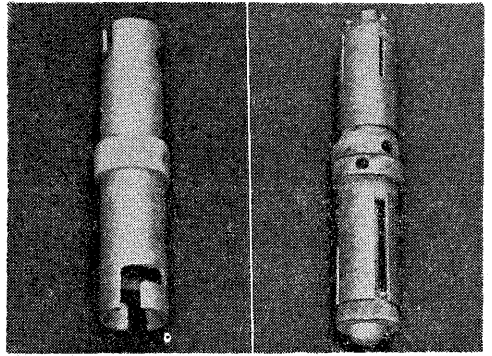


写真6

写真7

ているので、接続管は引張りに対しても強い。しかし継手金具の外径と、接続される管の内径との間に空があるため、少し「がた」が出来る。写真7のものは継手金具を接続される管の中に挿入して廻すことによって接続される管の中で金具が脹れるため「がた」がなく、接続部における「く」の字形の曲りも少い。しかし引張りに対しては摩擦で耐えているので前者よりはずっと弱い。

使用鋼管は

- (イ) 材質 引張り強さ 51 kg/mm² 以上、降伏点 36 kg/mm² 以上、伸び 20% 以上の STK 51 に属するもので、外径 48.6mm、肉厚 2.4mm
- (ロ) 材質 引張り強さ 41 kg/mm² 以上、降伏点 24 kg/mm² 以上、伸び 20% 以上（実際は 40% 以上も

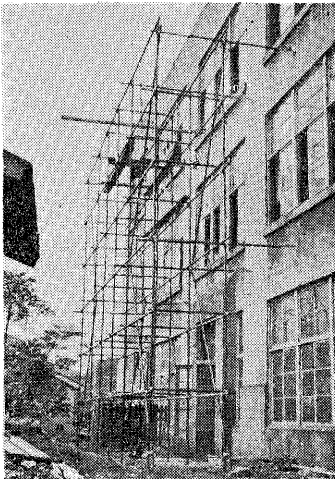


写真5

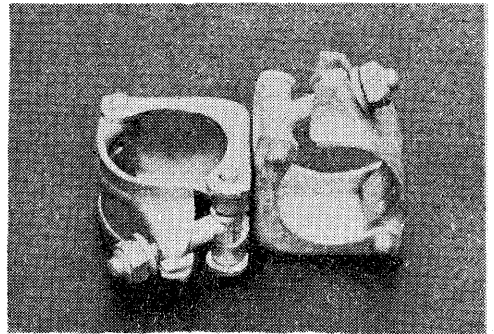


写真8

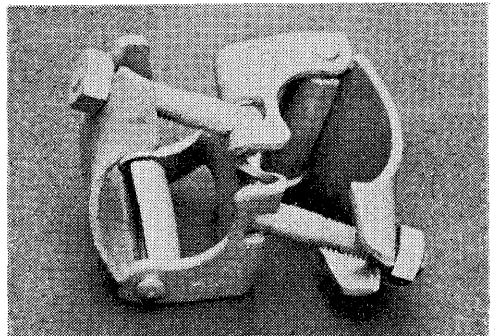


写真9

ある)のSTK 41に属するもので、外径48.6mm、肉厚3.5mm

鋼管組立のクランプ(交叉結合の金具)は写真8と写真9のものを使用した。

以上の鋼管と金具の組合せ使用によって実験を第1~3グループに分けて行った。グループ別を下の第1表に示す。

第 1 表

	使用鋼管	継 手	備 考
第1のグループ	(イ)	写真6のもの	第1の実験
第2のグループ	(イ)	写真7のもの	第2の実験
第3のグループ	(ロ)	電気溶接	第3の実験

6. 実験結果

第1の実験は第1グループのもので組み、初めに壁つ

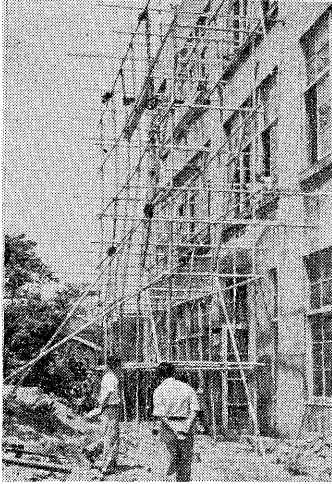
なぎを第1図に示すように、上下二段に設けた足場の座屈を実験した。このとき完全に座屈してしまったので、下段の壁つなぎを外したときの座屈については実験できなかった。

この実験で座屈した状態を写真10に、荷重を除いたときの状況を写真11に示す。

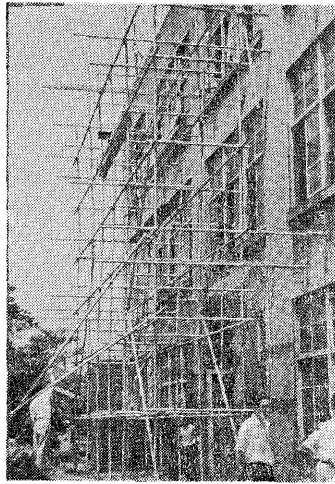
第2の実験には第2グループのもので組み、壁つなぎを上下段につけて、荷重を7屯まで加え、壁つなぎの応力および建地の撓みを測定したのであるが、建地の真直性および組立が非常に良かったためか、応力も撓みも殆んど出ないといってもよい程であった。次いで下段の壁つなぎを外して、荷重をかけた。それでも座屈荷重が8屯もあった。

この座屈状況と荷重を除いたときの状況とを写真12、13にそれぞれ示した。

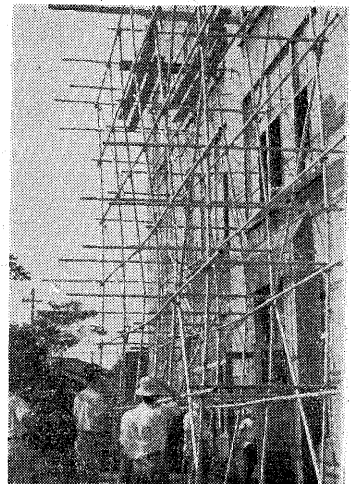
第3の実験は第3グループのもので組み、先ず壁つ



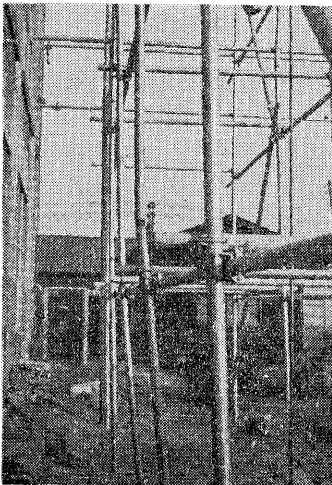
写 真 10



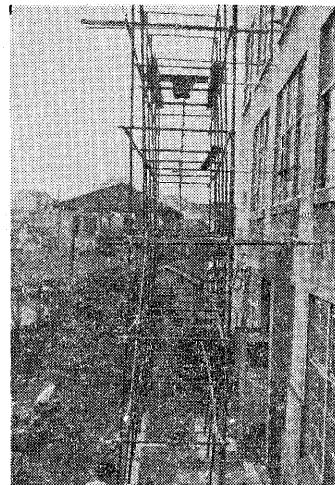
写 真 11



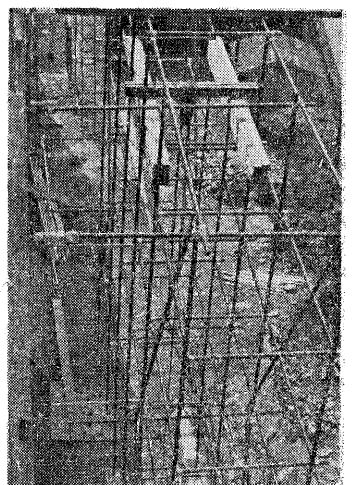
写 真 12



写 真 13



写 真 14



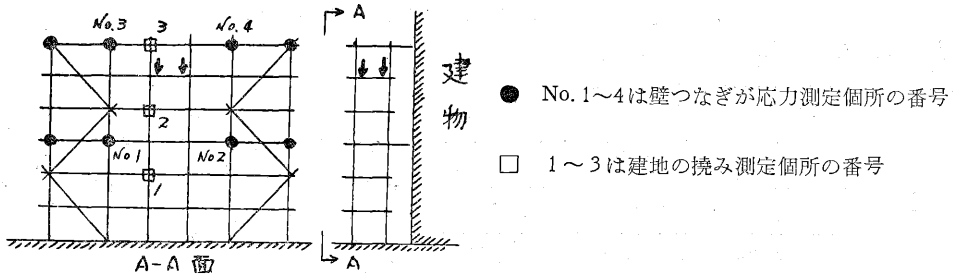
写 真 15

なぎを上下段に設けて荷重をかけた。9.3 屯迄荷重を加えて、建地の撓みが建物の方向に向って 32mm 生じたとき、座屈の手前とみて荷重を除いた。次いで下段の壁つなぎを外し座屈するまで荷重を加えた。この値は 4.8 屯位であった。予想より低い値であったのは、初めの実験で建地に少し曲りが出たためと思われる。座屈状況および荷重を除いたときの状況を写真 14, 15 にそれぞれ示した。

第 4 の実験は、第 2 のグループのもので新しく組み、先ず上下段に壁つなぎを設けて、荷重を 7.2 屯追加え、座屈の手前と考へて、荷重を戻し、次いで下段の壁つなぎを外して、座屈するまで荷重を加えた。この値は 5.7 屯であった。

以上の実験経過に従って得た測定値を以下第 2 表及び第 3 表に示す。

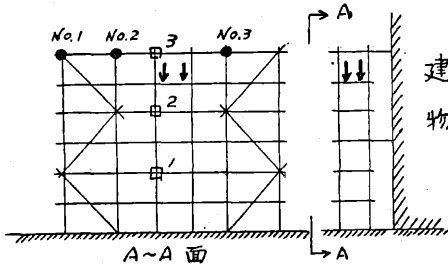
第 2 表 (1) 壁つなぎを上下二段に設けた場合



	荷 重 (λ)	壁つなぎの応力 (kg)		建 地 の 撓 み (mm)			備 考
		下 段	上 段	2 層 目	4 層 目	6 層 目	
第一のグループ 第一の実験		No. 1 の個所	No. 4 の個所	1 の個所	2 の個所	3 の個所	} この間で座屈
	1.3	-11	6	0.5	- 3.0	3.5	
	2.4	-24	12	0.5	- 8.0	8.0	
	3.5	-36	20	0.5	- 15.0	14.5	
	4.7	-49	27	2.5	- 24.0	23.5	
	5.3	-54	30	9.5	- 34.0	29.5	
	6.0	-46	28	24.5	- 49.0	37.5	
	6.5	89	-21	127.5	-115.0	71.0	
0.3	9	- 8	38.5	- 33.0	25.5		
第二のグループ 第四の実験		No. 2 の個所	No. 3 の個所	1 の個所	2 の個所		} 推定座屈荷重 7.5 t 前後
	2.3	- 9	8	0	- 2		
	3.3	-17	16	0	- 5		
	4.3	-25	22	0	- 9		
	4.9	-29	27	0	- 12		
	5.4	-34	33	1	- 16		
	5.9	-38	36	2	- 19		
	6.4	-42	40	2	- 23		
	7.0	-47	44	4	- 28		
7.2	-49	45	7	- 34			
0.3	- 7	4	2	- 12			
第三のグループ 第三の実験		No. 1 の個所	No. 4 の個所	1 の個所	2 の個所		
	2.3	- 18	測定不能となる	0	- 2		
	4.3	- 44		1	- 7		
	6.3	- 73		3	- 15		
	7.1	- 85		4	- 18		
	7.8	- 99		4	- 22		
8.6	-110	4		- 26			

9.1	-118	4	- 29	推定座屈荷重 10t 前後
9.3	-125	4	- 32	
0.3	- 2	0	- 2	

第3表 (2) 壁つなぎを上段のみに設けた場合



● No. 1~3は壁なぎの応力測定個所の番号
□ 1~3は建地の撓み測定個所の番号

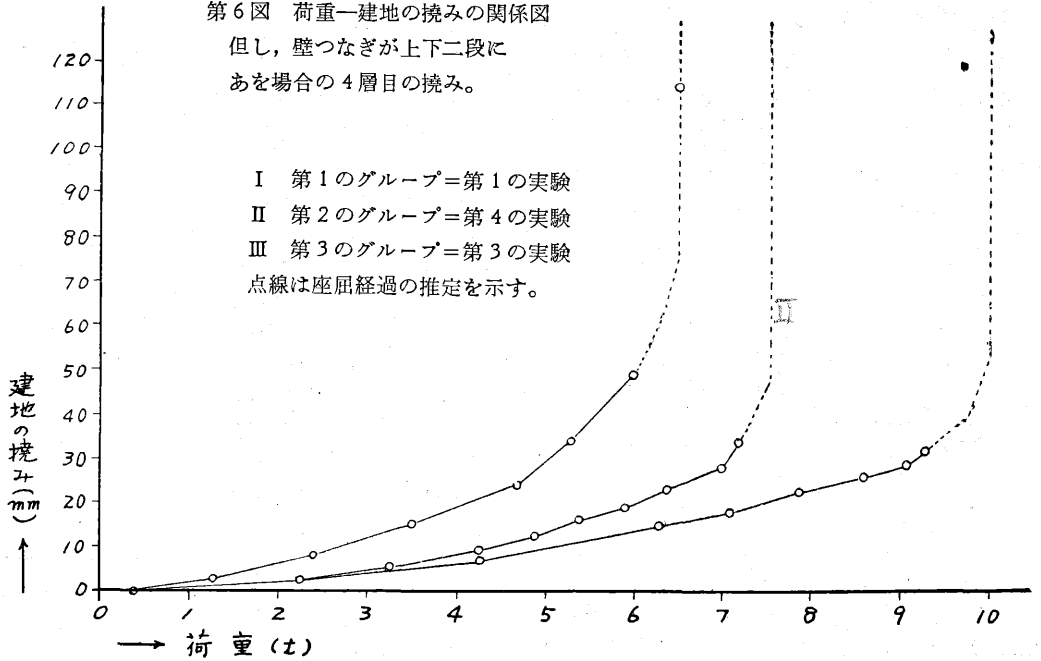
	荷 重 (t)	壁つなぎの応力 (kg)		建 地 の 撓 み (mm)			備 考
		内	外	2 層 目	4 層 目	6 層 目	
第二のグループ 第二の実験		No. 1の個所	No. 3の個所	1の個所	2の個所	3の個所	座 屈
	2.3	1	- 1	- 3	- 1.5	0	
	3.2	6	- 2	- 4	- 2.5	0	
	4.4	7	- 1	- 4.5	- 3.0	0.5	
	5.3	8	- 2	- 5.0	- 4.0	0.5	
	6.4	10	- 2	- 6.5	- 5.5	0.5	
	7.4	12	- 4	- 11.0	- 8.0	0.5	
	7.7	14	- 7	- 18.0	- 10.5	1.5	
	8.0						
0.8	5	-42					
0.3	-40	7					
第三のグループ 第三の実験		No. 3の個所	No. 1の個所	1の個所	2の個所		座 屈
	2.3	9	- 6	- 11	- 11		
	3.3	16	-12	- 31	- 28		
	4.3	24	-18	- 60	- 49		
	4.7	30	-24	-100	- 74		
	4.8	41	-34	-210	-125		
	4.5	43	-38	-218	-131		
0.3	4	- 3	- 38	- 29			
第四のグループ 第二の実験		No. 2の個所		1の個所	2の個所		座 屈
	2.3	6		- 4	- 7		
	3.3	10		- 8	- 12		
	3.8	9		- 10	- 15		
	4.8	11		- 20	- 26		
	5.3	6		- 24	- 30		
	5.7	4		- 54	- 50		
0.3	- 1		- 15	- 11			

第2, 第3表の註

- 壁つなぎの応力に+-のあるのは、+が壁つなぎを引っ張る力、-は壁つなぎを押す圧力である。
建地の撓みの+-は、+が建地の測定点が建物から遠ざかる方の目盛の移動量で、-は建物に接近する方の移動量である。
- 載荷装置として足場上に載せた木材および2つの溝型鋼その他の重量は約300kgであり、表中の荷重に含まれている。

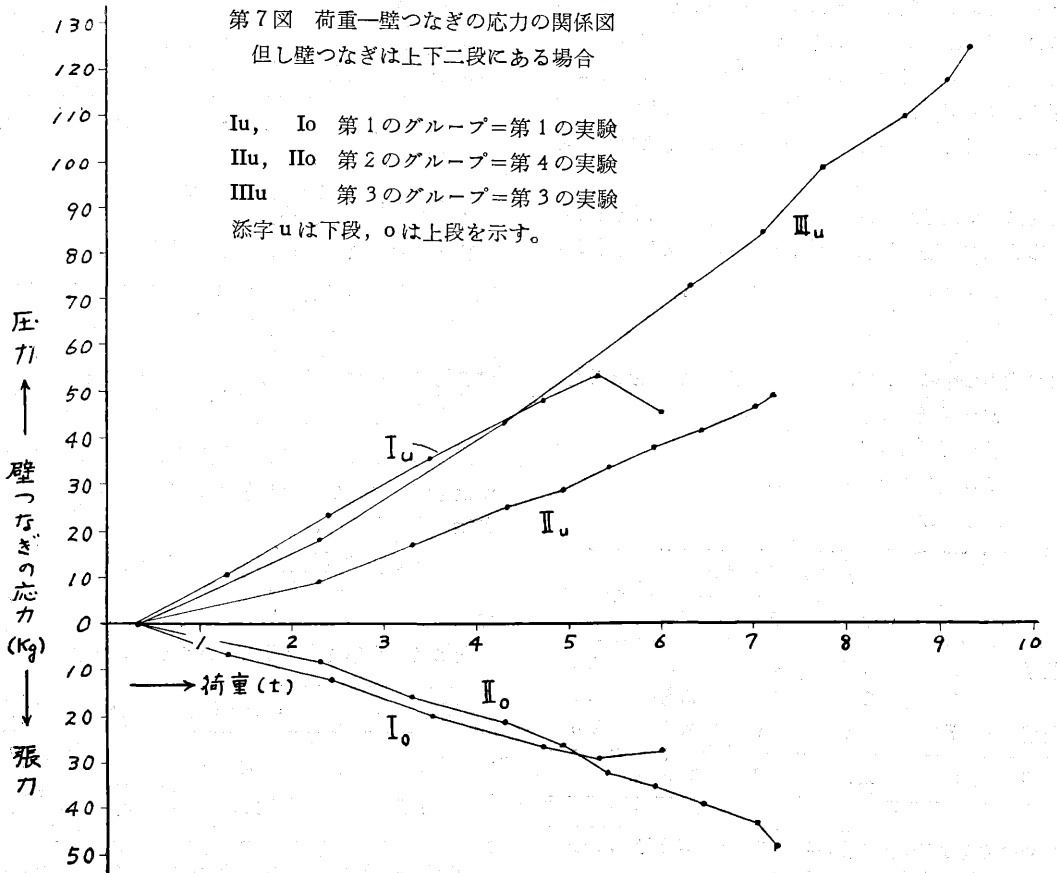
第6図 荷重—建地の撓みの関係図

但し、壁つなぎが上下二段にあを場合の4層目の撓み。



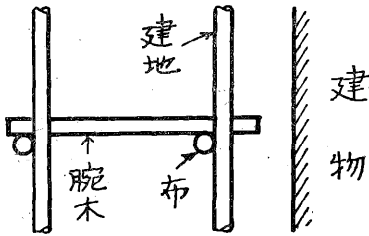
第7図 荷重—壁つなぎの応力の関係図

但し壁つなぎは上下二段にある場合



7. 実験結果の考察

実験には足場部材の組み方として、現場で行われているのと同じく第8図のようにし、布は建地に、腕木は布に取り付けた。このため建地には約6.6cmの偏心(建地全長よりみて $\frac{7.3}{1,000}$ の偏心)を持った荷重がかかることになった。それで実験において大体上部は建物の側へ跳みを超している。



第 8 図

第2のグループ第2の実験だけは、腕木を建地に取り付けたので、建地には偏心なく荷重をかけたことになったためか、予想より大きい荷重に耐えた。また第3のグループの第3の実験は、上下二段に壁つなぎを設けた実験において、座屈の手前ではあるが、建地が少し曲がった状態迄荷重を加えたので、次の実験において、既に曲りぐせがついていたため、座屈荷重は予想よりずっと低かった。そこでこれら2つの実験値については考察外とする。

足場に壁つなぎが設けられているとき、この座屈荷重を求める式は、座屈荷重をPとすれば、次式が利用できる。

$$P = \frac{\pi^2 EJ}{m^2 l^2}$$

この式中のmについて、模型実験的に次の値をとる*。

E = 材料の弾性率

J = 断面二次率

l = 建地の布層間の長さ

mの値は

		壁つなぎスパン			平均
		3	5	7	
壁ぎ つ な層	3	2.2	2.4	2.3	2.3
	5	2.1	2.0	2.8	2.3
	7	2.4	2.7	2.8	2.6
平均		2.2	2.4	2.6	

* 労働省産業安全研究所報 1952年 第2号 P.15
足場の壁つなぎについて 参照

この式より計算した値と、今回の実験より得た値を比較してみよう。

第1グループおよび第2グループの鋼管のEJ = 9.35 × 2.1 × 10⁶ = 19.635 × 10⁶ kgcm²

第3のグループの鋼管のEJ = 12.7 × 2.1 × 10⁶ = 26.67 × 10⁶ kgcm²

故に壁つなぎが3層3スパン(実験では上下二段に壁つなぎを設けた場合)毎にあるときはm = 2.2であるから、第1および第2グループに対して

$$P = \frac{\pi^2 \times 19.635 \times 10^6}{2.2^2 \times 1.5^2 \times 10^4} = 1778 \text{ kg}$$

建地4本では Pa = 1778 kg × 4 = 7120 kg

第3のグループに対して

$$P = \frac{\pi^2 \times 26.67 \times 10^6}{2.2^2 \times 1.5^2 \times 10^4} = 2410 \text{ kg}$$

建地4本では Pa = 2410 × 4 = 9660 kg

よって次の表を得る。

	$P = \frac{\pi^2 EJ}{m^2 l^2}$ より 求めた値 Pa	実験値 Pe	Pe/Pa
第1のグループ 第1の実験	7,120 kg	6,500 kg	0.914
第2のグループ 第4の実験	7,120 kg	7,500 kg	1.053
第3のグループ 第3の実験	9,660 kg	10,000 kg	1.034

壁つなぎを上段だけにしたとき、これを3スパン、7層とみると、m = 2.4

$$\text{故に } P = \frac{9.86 \times 19.635 \times 10^6}{2.4^2 \times 1.5^2 \times 10^4} = 1494 \text{ kg}$$

建地4本では Pa = 1494 kg × 4 = 5976 kg

	$P = \frac{\pi^2 EJ}{m^2 l^2}$ より 求めた値 Pa	実験値 Pa	Pe/Pa
第2のグループ 第4の実験	5,976 kg	5,700 kg	0.954

以上によって、前述の座屈荷重の公式が使用でき、壁つなぎが、建地の間隔3.布層の間隔3毎に設けられるときは、座屈荷重は、

$$P = \frac{\pi^2 EJ}{2.2^2 l^2}$$

である。

そこで安全率を考えると、次の様になる。

安全率	mの値	座屈荷重
2	π	$\frac{EJ}{l^2}$
1.5	2.7	$\frac{\pi^2 EJ}{(2.7l)^2}$

鋼管の継手にそれぞれ性能の異なる3種類用いたこと

によって、建地の座屈荷重に差が生じた。このため、鋼管の中央にこの継手を使った、単一鋼管部材の座屈試験を行った。また比較のために、継手を用いない単一鋼管についても行った。これらについて詳しくは建設省建築研究所より発表の予定である。

ここに直接必要な試験結果の数値だけについて述べる。

	使用鋼管	中央の 継手	長さ cm	細長比	座屈荷重 t
(1)	P. 8 の(イ)	写真 6	245	150	7.2
(2)	P. 8 の(イ)	写真 7	245	150	8.56
(3)	P. 8 の(ロ)	電気溶接	240	150	9.98

この試験では、上下端が完全にピンにできなかったので、細長比を少し長く150cmにした。今(3)の場合についても、部材の長さを245cmとして、その割で座屈荷重を計算し、比較表を作ると、

	足場実験における建地 4本の座屈荷重	単一材の座屈荷重	
(1)	6.5 (1.0)	7.2 (1.0)	括弧内 は比を 示す
(2)	7.5 (1.15)	8.56 (1.19)	
(3)	10.0 (1.54)	9.6 (1.33)	

(1)と(2)とはその比が大体似ているが、(3)は差が大きい。これは継手使用のものを単一材で試験するときは、溶接継手のように割合真直ぐにできるが、足場に組んだときは、溶接継手のようには行かないので、この場合強さの開きが大きくなるものと想像される。

8. 結 び

以上によって座屈荷重として $\frac{\pi^2 E J}{m^2 l^2}$ なる式が使用でき建地3本目毎、布の層3つ目毎に壁つなぎを設けると、 $m=\pi$ としたときは安全率は2である。使用鋼管が外径48.6mm、肉厚2.4mmのときは一本の建地に889kgが限度となる。この場合、積載だけを考えると、約700kgが建地1本にかけ得る荷重の限度である。

工場内換気に関する研究 (第2報)

機 械 課 秋 山 英 司
近 藤 太 二 進
頓 所

1. 結 言

船内二重底、各種タンク等の隔壁のある部屋で、それらの通風換気が極めて不良な場合に、その中で溶接、塗装、研磨等の作業を行う時は、何らかの方法で換気をはからなければならない。

換気を行う場合、換気量を決定するためには有害物の発生量を数的に知ることが必要となる。このため先ず溶接作業において、発生する有害ガス量を測定した。次に隔壁のある部屋の換気効果を知るため、模型実験室をつくり、色々の条件で測定した。

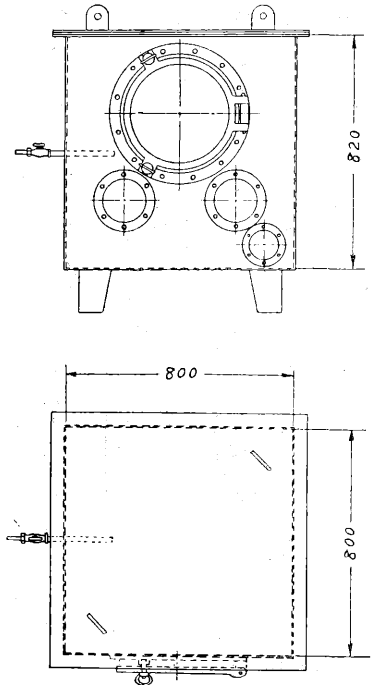
2. 実験装置及び結果

2.1. 溶接ガスの測定

溶接ガスは浦賀造船所及び石川島第二工場において使用している溶接棒について、測定した。

実験は、第1図のようなガス捕集用ボックスで行なった。作業者はカンバスの張ってある開孔部より手をボックス内にいれ、一定時間作業を行なった。作業終了後ボックス内においた扇風機を廻して、ガス濃度を均一化した後、北川式ガス検知管を用いて各ガス濃度を測定した。

測定結果は第1表に示す。



第1図 ガス捕集用ボックス

ABSTRACTS

About the Buckling of Steel Pipe Scaffolds

Civil and Construction Section

In building construction, steel pipes, on a large scale, have been used as the member of scaffolds. Therefore we experimented about the buckling of steel pipe scaffolds as large as full scale for the purpose of studying the limit load, the standard construction, etc.

As the buckling load of a post increases by the lateral support in its middle, to tie uprights of the scaffold to the structure in many points also produces the same effect.

In this point of view, we studied the reaction of the distance of the ties and the buckling load, and found the following formula.

$$P = \frac{\pi^2 E J}{m^2 l^2}$$

where P = buckling load

E = young's modulus of steel pipe

J = moment of inertia of steel pipe

l = length of upright in the distance of ledgers

m = experimental constant in relation to distance of ties

Research of Ventilation in Plant (2nd report)

by E. Akiyama, T. Kondo & S. Tonsho

Continued from the last report, we studied the plant ventilation system. We measured the quantity of toxic gases produced at the welding work, to determine proper draft. We studied the ventilation in the small divided chamber, for example the double bottom of ship or the tank. For this purpose, we measured the efficiency of ventilation by using the model room, under the various conditions; position of manhole opening and hood, number of air change, exhaust and supply etc.

The realities on the strength of the sling chains used for loading in the ship

by T. Ando, K. Ishibashi and T. Sato

We measured tensile strength of the sling chains which used to loading in the ship, founding its faults which caused to the accident, studying its counter measures from the standpoint of safety.

We compared with the strength of chain by the welding method, welding its position, heat treatment, composed material and results obtained as follows.

Flash but welding were the strongest in the welding methods and annealed chains were the best.