

4. 水平荷重に対する壁つなぎの反力

森 宜 制*
小 川 勝 教*

Reactive force of ties-to-wall with horizontal load

by Y. MORI*
K. Ogawa*

It is difficult to calculate theoretically the reactive force of ties-to-wall with horizontal load because scaffold is the structure which has some "play" in coupling point and is not statically determinate.

Thus, experiments using commercial scaffolds were carried out to measure the reactive force of ties-to-wall when it is applied with horizontal load under following conditions:

- 1) The widths of scaffolds tested were 600,900 and 1200mm.
- 2) In same experiments horizontal load is applied to the point of scaffold upper than the top tie-to-wall and in others to the point between the top tie-to-wall and the next to the top one. Furthermore installing the ties-ro-wall are carried out at five kinds of vertical distance.

The results may be summarized as follows.

When horizontal load is applied to the point of scaffold upper than the top tie-to-wall,

- 1) the longer the vertical distance between the neighbouring ties-to-wall, the smaller reactive force both of the top tie-to-wall and the next to the top one is measured smaller.
- 2) as the horizontal load is applied to higher position of scaffold, reactive force of each tie-to-wall is measured bigger.
- 3) reactive force is bigger in the top tie-to-wall than the next to the top one.
- 4) reactive force of the ties-to-wall which are other than the top and the next is small.

Empirical formulae for the reactive force of the top tie-to-wall and the next one are shown by equations (4.3) (4.7) and (4.14) ~ (4.17)

4.1 研究目的

風により足場が倒壊する事故が毎年後をたたない。足場が風により全面倒壊した例を調べてみると、足場が壁つなぎの最高位にあるものより立上っていた場合が多い。そのため、最高位の壁つなぎに予想外の力が作用し壁つなぎが破壊し足場が倒壊したものと思われる。

風等の水平荷重に対する壁つなぎの反力は、足場がその接合部にガタ等があり、かつ不静定な構造であるため、理論的に容易に求められない。そのため壁つなぎは、その設置間隔が経験的に決められ設置される場合が多い。このような場合、足場に予想外の水平荷重が作用したとき、壁つなぎにかなり大きな反力が生じ壁つなぎが破壊することが考えられる。

また、現在壁つなぎの反力を計算する場合、通常足場を単純支持梁と考えて求めている。この場合、最高位の壁つなぎより足場が立上っている場合に問題があり、計算により求めた値以上に反力が生じるおそれがあり、足場にとって危険である。

そこで、水平荷重に対する壁つなぎの反力を測定し壁つなぎの反力を求める実験式を確立することを目的として、足場の実大水平荷重実験を行った。

4.2 供試足場

供試足場は枠幅600mm、900mm及び1200mmの3種類とし、建わく間隔1800mm、層高さ1700mmの1スパン11層のものとした。脚柱のジョイントは枠幅600mmの場合、アームロック式とピンロック式の2通りとし、他の枠

幅のものについてはアームロック式とした。Fig.4.1に供試足場に用いた建わくの寸法、形状を示す。上記の他、供試足場の組立て状況は次の通りである。

- 1) 最下層の脚柱下端はジャッキベースを使用し、同ベースの繰上げ高さは200mmとした。
- 2) 各層毎に建わくの幅に応じたパイプ布わくを取付けた。
- 3) ジャッキベース下端より350mmの高さに根がらみ兼用の壁つなぎを取付けた。
- 4) 交さ筋かいは両面に取付けた。

4.3 壁つなぎの設置間隔

壁つなぎの垂直方向の設置間隔はFig.4.2に示すように1層、2層、3層、4層及び8層の5種とし、いずれの場合も8層目を最高位の壁つなぎの位置とした。なお、壁つなぎは両わく面について建わくの脚柱に設置することとし、その取付に当ってはアームロックの取付の関係上、建わくの脚柱上端より下方225mmの位置とした。

4.4 実験方法及び実験装置等

実験は、Photo 4.1に示すように、H型鋼及び足場用鋼管を格子状に取付けた模擬建物（多目的反力支持構造物）の側面に供試足場を設置し、格子状の部分と足場を壁つなぎで連結し、足場を水平方向に引張り、その時の引張荷重（水平荷重）と壁つなぎの反力及び足場の水平変位を測定した。実験の概略図をFig.4.3に示す。

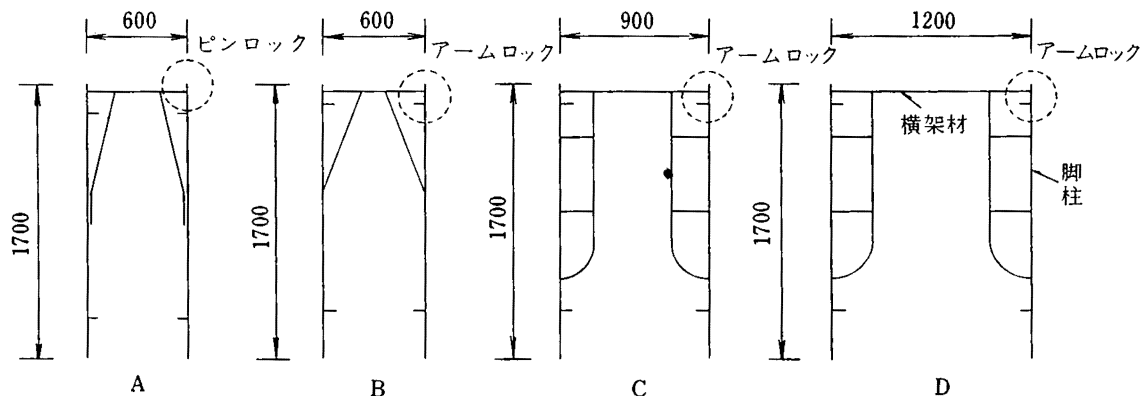


Fig.4.1 Vertical frames for loading experiment
供試枠組足場用建わく

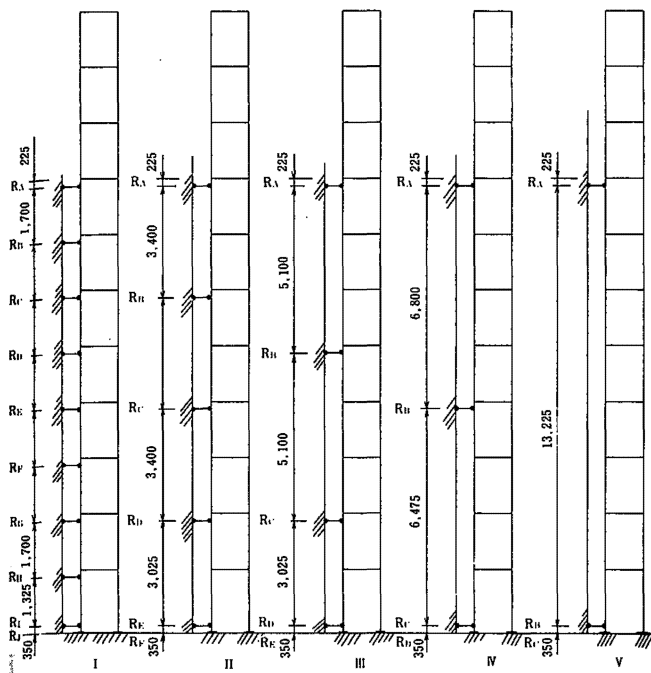


Fig.4.2 Vertical distance of ties-to-wall
壁つなぎの設置間隔



Photo4.1 State of experiment
実験状況

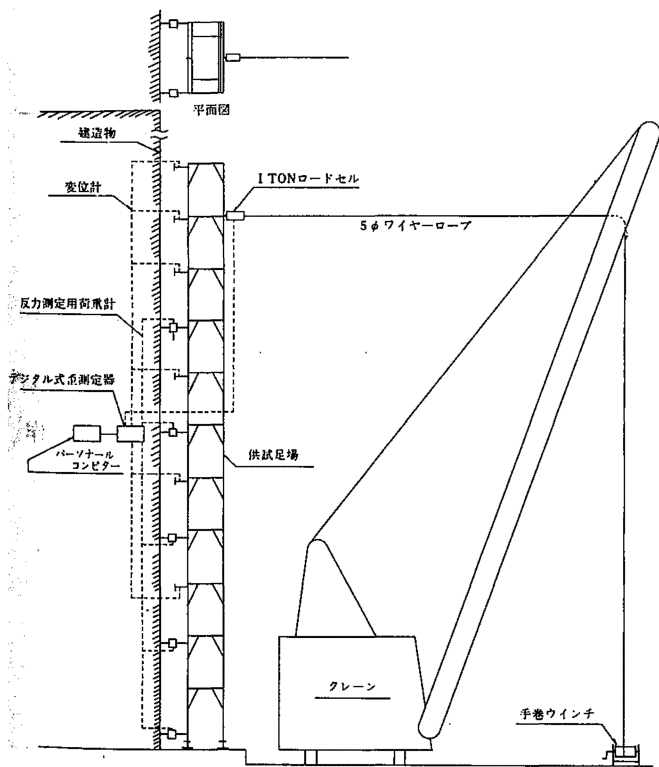


Fig.4.3 General view of horizontal loading
experiment
実大水平荷重実験概略図

4.4.1 水平荷重の作用位置等

水平荷重の作用位置は、Fig. 4.4に示すように、最高位壁つなぎより上方の場合と最高位と第2高位の壁つなぎ間の場合の2種とした。なお、水平荷重は足場のスパンの中心位置を手巻ウインチにて水平方向に引張ることによる1点集中の漸増荷重とし、荷重の値は作用位置に取付けてある歪ゲージ式荷重計(容量1ton)で読んだ。

4.4.2 壁つなぎの反力測定等

壁つなぎの反力は、Photo 4.2に示すように、一般に現場で使用されている壁つなぎ用金具の中間に歪ゲージ式プルーピングリング(外径100mm,肉厚8mmの鋼管より製作)を取付けたものによって測定した。この反力測定用荷重計は10ヶ製作し各々、歪量と荷重の関係について較正を行い、その特性について調べた。

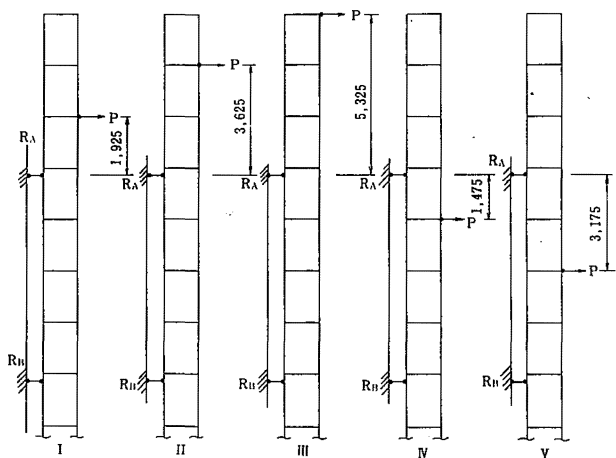


Fig.4.4 Horizontal loading point
水平荷重の作用位置

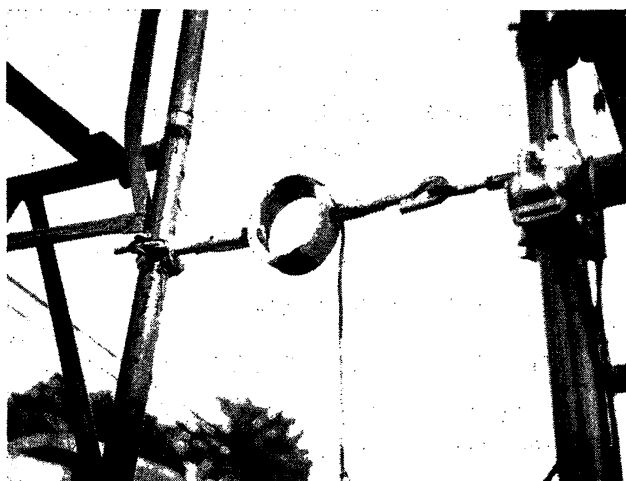


Photo4.2 Load-cell for measuring the reactive force on a ties-to-wall
壁つなぎの反力測定用荷重計

4.4.3 足場の水平変位測定

足場の水平変位は、壁つなぎが設置されてない層の脚柱ジョイント附近に最大測定量が 150 mm の電気抵抗式変位計を取付け測定した。

4.4.4 測定装置

水平荷重、壁つなぎの反力及び足場の水平変位は各センサーからの出力をデジタル式歪測定器により測定し、さらにパーソナルコンピュータのフロッピーディスクに収録した。

4.5 壁つなぎの反力についての考え方

本実験のねらいは、足場の最高位壁つなぎより立上った部分等に水平荷重が作用する場合の最高位及び第2高位の壁つなぎの反力を計算するための実験式をたてることにある。

一般に壁つなぎの反力は、足場を壁つなぎで支持される梁とみなして求められることが多い。そこで、さらに次の仮定を設けて、理論的に求める。

- 1) 足場の曲げ剛性は一定である。
- 2) 壁つなぎは等間隔 l で設置されている。
- 3) 足場の最下端は回転端とする。

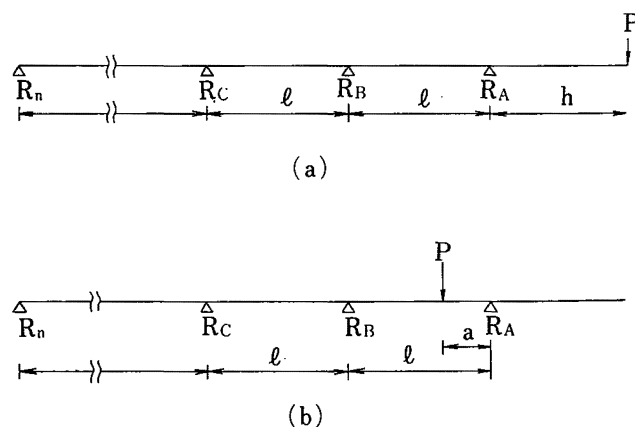


Fig.4.5 Illustration of notation
記号の説明

最高位壁つなぎより立上った部分に水平荷重 P が作用した場合 (Fig.4.5(a))

最高位壁つなぎの反力 R_A は

$$R_A = \left(1 + \alpha \frac{h}{l}\right) P$$

第2高位壁つなぎの反力 R_B は、

$$R_B = -\beta \frac{h}{l} P$$

最高位と第2高位の壁つなぎ間に水平荷重 P が作用した場合 (Fig.4.5(b))

最高位壁つなぎの反力 R_A は

$$R_A = \left\{ 1 - \gamma \frac{a(\ell+a)}{\ell^2} \right\} \frac{\ell-a}{\ell} P$$

第2高位壁つなぎの反力 R_B は,

$$R_B = \left\{ 1 + \xi \frac{(\ell^2 - a^2)}{\ell^2} \right\} \frac{a}{\ell} P$$

で表わされる。 α , β , γ 及び ξ の値は, 壁つなぎの数

Table 4.1 Values of α , β , γ and ξ
 α , β , γ , ξ の値

支点数	α	β	γ	ξ
2	1	1	0	0
3	$\frac{5}{4}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$
4	$\frac{19}{15}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{4}{15}$	$\frac{9}{15}$
5	$\frac{71}{56}$	$\frac{45}{28}$	$\frac{15}{56}$	$\frac{17}{28}$
6	$\frac{265}{209}$	$\frac{336}{209}$	$\frac{56}{209}$	$\frac{127}{209}$

(支点数)によって定まる係数でTable 4.1にその値を示す。 α , β , γ 及び ξ の値は単純梁の場合 $\alpha = 1$, $\beta = 1$, $\gamma = 0$, $\xi = 0$ となり, 支点数が多くなるにつれ, 大きな値となるが, 5支點(4スパン)以上の場合, ほぼ一定な値とみなし, $\alpha = 1.268$, $\beta = 1.607$, $\gamma = 0.268$, $\xi = 0.607$ となる。しかし, 実際の壁つなぎの反力は, 以下に述べるいくつかの理由により, 上記の理論値とは一致しないものと思われる。

- 1) 壁つなぎはある長さを持ち両端が自在構造のため, 足場の変形に伴い, 足場側が僅かであるが移動する。
 - 2) 壁つなぎは引張と圧縮の場合において剛性が異なり, 引張に対し圧縮の場合が剛性がかなり低い。
 - 3) 足場は種々の部材をはめ込み又は差し込む等により組立てているため, 接合部にガタの多い構造である。
- 以上のことから, 上記理論を実験で補う必要があると考えられる。

4.6 実験結果

実験は, 供試足場A, B, C及びDの4種について壁つなぎの設置間隔を5通り変え, かつ荷重の作用位置を5通り変え, 水平荷重を25kg刻みに作用させ, それぞれの荷重に対する壁つなぎの反力を測定した。

実験では, 足場のスパンの中央点に水平荷重を作用させているため, 足場の左右に設置された壁つなぎの反力は等しい筈であるが, 実際は水平荷重の作用位置が少しずれるとか, 足場面に対し直角でないとかの理由により, 左右の壁つなぎの反力に差があるものもあった。そのため壁つなぎの反力値は, 同一レベルにある左右の壁つなぎの測定値を合計したものを, 水平荷重Pに対応する壁つなぎの反力Rとすることにした。

4.6.1 最高位壁つなぎより上方にある足場部分を同面に直角な水平方向に引張った場合の壁つなぎの反力等

測定データが膨大な数になるため代表的な一例について述べる。

Fig. 4.6は, 最高位壁つなぎより上方2層目の位置に100kgの水平力を作用させた場合の壁つなぎの反力を, 壁つなぎの設置間隔を種々変えて示したものである。その結果, 最高位壁つなぎはかなり大きな反力となるが, それより下方に設置された壁つなぎの反力は, 最高位の壁つなぎの反力に比べかなり小さく, 第3高位以下の壁つなぎの反力はわずかであった。又最高位の壁つなぎが引張側の反力であるのに対し, それより下方の壁つなぎは総て圧縮側の反力であった。又, 壁つなぎの反力に関し, 供試足場A, B, 及びCの間にはほとんど差がなかったが, D種のみ他の足場に比べ, 最高位と第2高位の反力値がかなり小さかった。これは荷重が作用した場合の変形状態等の差異に起因しているのではないかと考えられるので, さらに足場の変形状態について検討した。

Fig. 4.7は, Fig. 4.6の実験における足場の各点の水平変位を示したものである。その結果, 足場の水平変位は最高位の壁つなぎの位置を境にして, それより上方は荷重方向に大きく変位し, それより下方はすべて荷重と逆方向に変位している。このことは壁つなぎが完全に変位を拘束する構造でなく, 若干の圧縮側変

位を許す構造であることを意味している。これに足場接合部のガタ、枠自体がせん断変形を生じ易い構造であることなどが加わって、通常の連続梁のように、変位が交互に方向を変える形にならなかったものと考えられる。したがって第2高位以下の壁つなぎの反力がすべて圧縮側になったものと考えられる。

供試足場D種の変位が他の足場に比し小さかったのは枠の幅が広い為、足場のガタの影響が他の枠に比べて小さいためであると考えられ、これが又同足場の壁つなぎの反力が他の足場より小さい理由でもあると考えられる。

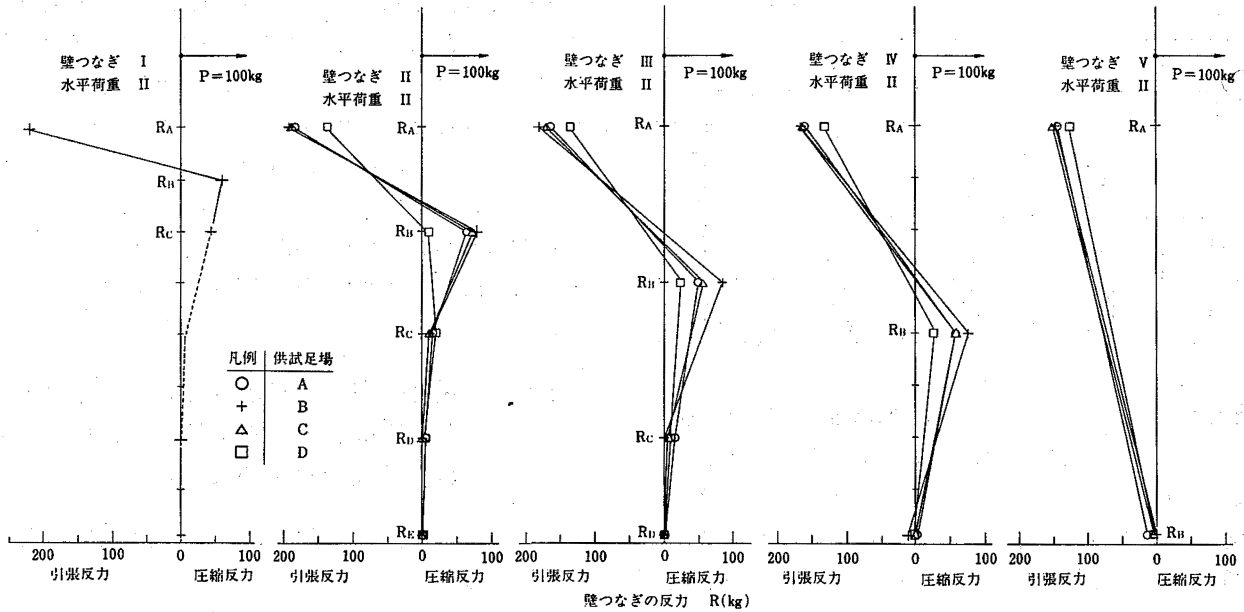


Fig.4.6 Reactive force of tie-to-wall in the case that horizontal load is applied to the point of scaffold upper than the top tie
最高位壁つなぎより上方の足場部分に水平荷重が作用した場合の各壁つなぎの反力

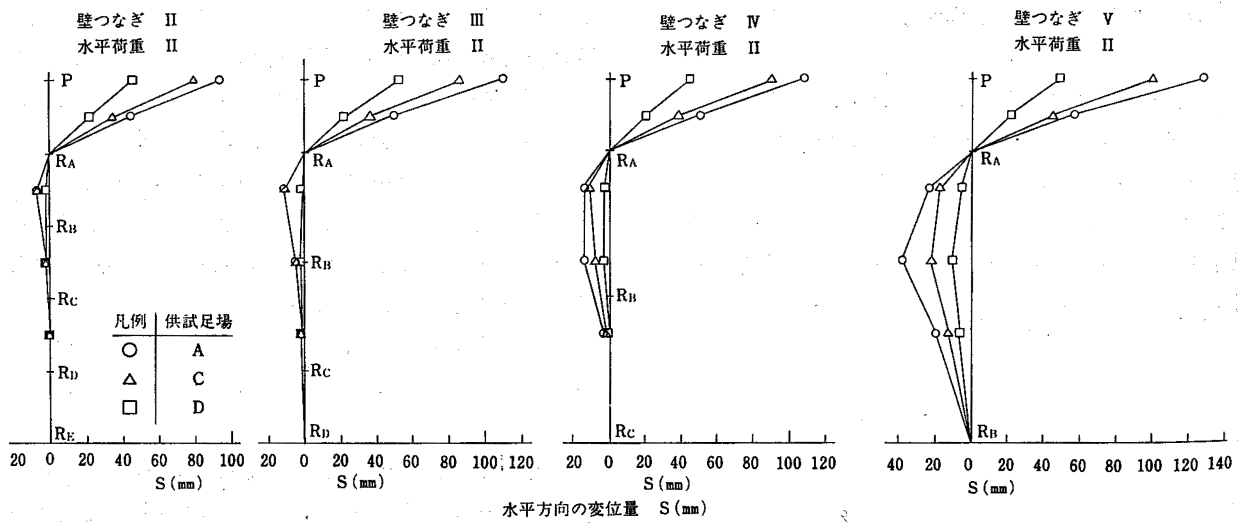


Fig.4.7 Horizontal displacement of scaffold in the case that horizontal load is applied to the point of scaffold upper than the top tie
最高位壁つなぎより上方の足場部分に水平荷重が作用した場合の足場の水平変位

Fig. 4.8は、最高位壁つなぎより上方1層、2層、3層と位置を変え水平荷重を作用させたときの各壁つなぎの反力を示す一例である。同図によれば最高位、第2高位の壁つなぎの反力の値は、荷重の作用位置の高さに比例しているが、第3高位以下の壁つなぎについては、値自体が小さく荷重位置による差異は余りみられなかった。

Fig. 4.9は、水平荷重Pと最高位壁つなぎの反力 R_A 又は第2高位の壁つなぎの反力 R_B との関係を壁つなぎの設置間隔を5種類変えてプロットしたものの一例である。壁つなぎの反力が、水平荷重に比例しており、さらに最高位の壁つなぎの反力は、壁つなぎの設置間隔が小さくなる程大になるが、第2高位の壁つなぎの場合、最高位の壁つなぎ程、明確に表われてないことが分る。

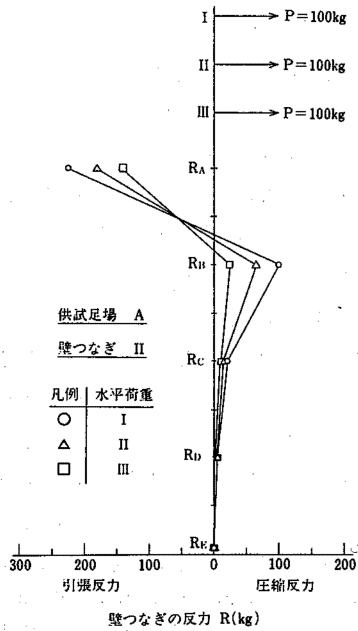


Fig.4.8 Reactive force of tip-to-wall in various heights of horizontal loading point
水平荷重の作用位置による各壁つなぎの反力

4.6.2 最高位と第2高位の壁つなぎの間にある足場部分を同面に直角な水平方向に引張った場合の壁つなぎの反力

Fig.4.10は、最高位壁つなぎより下方1層目又は2層目に水平荷重を作用させた場合の壁つなぎの反力を示す。同図によると、壁つなぎの反力は主として最高位壁つなぎと第2高位壁つなぎにあらわれ、それより下方の壁つなぎには、ほとんど反力が生じなかった。

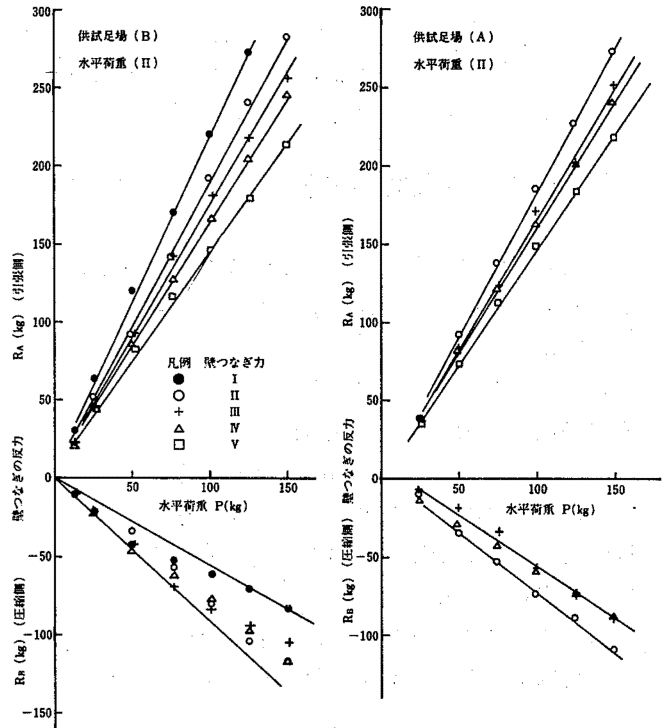


Fig.4.9 Relation of P and R in the case that horizontal load is applied to the point of scaffold upper than the top tie-to-wall
最高位壁つなぎより上方の足場部分に水平荷重が作用した場合のPとRの関係

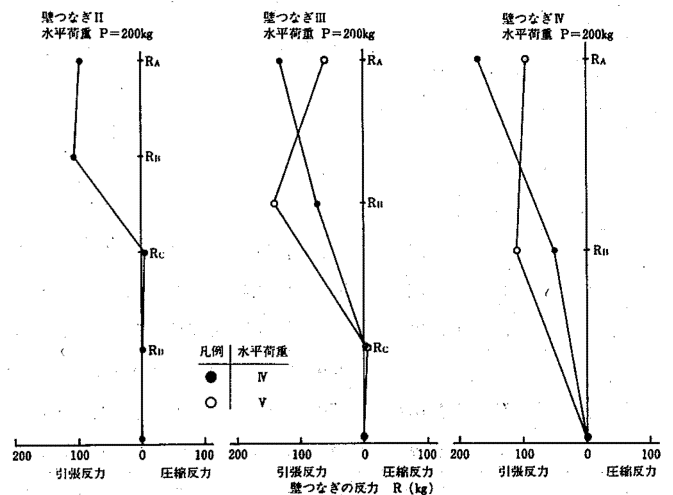


Fig.4.10 Reactive force of tie-to-wall in the case that horizontal load is applied to the point of scaffold between the top tip-to-wall and the next to the top one
最高位と第2高位の壁つなぎ間の足場の部分に水平荷重が作用した場合の各壁つなぎの反力

なお、荷重の作用位置が壁つなぎ間の中央より若干上方にあった場合でも、第2高位の壁つなぎの反力の方が最高位の壁つなぎの反力よりも若干大きかった。

4.7 壁つなぎ反力の計算式

前節の実験にもとずいて、壁つなぎ反力を求める実験式を立てるのであるが、先ず同式の適用条件を次の通り限定した。

- 1) 壁つなぎの反力のうち、最高位壁つなぎの反力 R_A と第2高位壁つなぎの反力 R_B を対象とする。
- 2) 足場は、わく幅600mm~900mmのものを対象とする。わく幅1200mm (D種) の足場は、他のわく幅の足場に比べ反力値が小さいので、わく幅の小さな足場の反力を用いれば安全側になる。
- 3) 水平荷重の作用位置は、最高位壁つなぎより上方の足場部分及び最高位と第2高位壁つなぎ間の足場部分とする。

Table 4.2 Values of R_A/P and R_B/P in the case that horizontal load is applied to the point of scaffold upper than the top tie-to-wall
最高位壁つなぎより上方の足場部分に水平荷重が作用した場合の R_A/P 及び R_B/P の値

壁つなぎ	水平荷重	R_A/P の値			R_B/P の値		
		足場の種類			足場の種類		
		A	B	C	A	B	C
I	I		1.595			0.290	
	II		2.267			0.721	
	III		2.875			1.087	
II	I	1.376	1.427	1.388	0.249	0.333	0.317
	II	1.810	1.899	1.824	0.604	0.764	0.691
	III	2.255	2.31	2.261	0.957	1.117	1.085
III	I	1.344	1.389	1.300	0.255	0.418	0.233
	II	1.670	1.770	1.661	0.532	0.804	0.494
	III	1.988	2.145	1.947	0.801	1.196	0.694
IV	I	1.290	1.351	1.297	0.316	0.413	0.282
	II	1.613	1.653	1.612	0.623	0.810	0.58
	III	1.932	1.938	1.952	0.947	1.119	0.891
V	I	1.216	1.245	1.234	0.077	0.088	0.036
	II	1.460	1.526	1.466	0.139	0.047	0.023
	III	1.689	1.640	1.690	0.102	0.140	0.044

但し、 R_B/P の値は総て(-)の値である。

4) 壁つなぎは、垂直方向に等間隔で4箇所以上設置されているものとする。

4.7.1 実験による R/P の値について

実験結果より、水平荷重Pに対する壁つなぎの反力 R_A 及び R_B の比を、壁つなぎの設置間隔をいくつか変え、水平荷重の作用位置をいくつか変え、さらに供試足場をA, B, Cと変えた場合に対して求めたのがTable 4.2, 4.3である。同表で明らかのように R_A/P 及び R_B/P は足場の種類によって殆んど差のないことが判った。そこで、各足場の測定値を一括し、 R_A (又は R_B) とPが比例するとして、その比例定数の最確値を最小二乗法によって求め、さらに比較のため、単純梁及び連続梁としての理論値をも示したものがTable 4.4である。さて、同表をみると、次のような事実に気がつく。即ち、水平荷重がI, II, IIIで壁つなぎがI, II, IIIの場合は、 R_A/P 又は R_B/P の3種類の数値は次の順になっている。

最確値<単純梁<連続梁

ところが、水平荷重が同じくI, II, IIIでも、壁つなぎがIV又はVとなると、この順が次のように変わる。

単純梁<最確値<連続梁

単純梁<連続梁<最確値

これは、壁つなぎがVIやVとなると、壁つなぎ数が、3ヶとか2ヶとかのように少くなることに原因があるように思われる。したがって、壁つなぎのI~Vを正しく比較するためには壁つなぎ数を一定に揃えるよう同表の値を修正する必要があると考えられる。

Table 4.3 Values of R_A/P and R_B/P in the case that horizontal load is applied to the point of scaffold between the top tie-to-wall and the next to the top one
最高位と第2高位の壁つなぎ間の足場部分に水平荷重が作用した場合の R_A/P 及び R_B/P の値

壁つなぎ	水平荷重	R_A/P の値		R_B/P の値	
		足場の種類			
		A	C	A	C
II	IV	0.439		0.569	
III	IV	0.618	0.668	0.369	0.341
	V	0.303		0.694	
IV	IV	0.713		0.278	
	V	0.454	0.504	0.554	0.504

4.7.2 壁つなぎ数を揃えるための修正

前節で述べた修正を次の要領で行った。即ち連続梁で支点数が5ヶ以上になると R_A/P や R_B/P がある一定値に収束することに着目し、すべての場合の壁つなぎ数が5ヶになるように、5支点的連続梁の理論値と他の支点数の連続梁の理論値との比を修正係数として、これに乗ずると云う方法をとった。その結果、Table 4.5に示すような値が得られた。以後この修正値により各種の検討を行うことにする。

Table 4.4 Most psobable value and theoretical value of R_A/P and R_B/P
 R_A/P 及び R_B/P の最確値と理論値

壁つなぎ	水平荷重	R_A/P			R_B/P		
		実験による最確値	理論値		実験による最確値	理論値	
			単純梁	連続梁		単純梁	連続梁
I	I	1.615	2.132	2.436	0.335	1.132	1.320
	II	2.186	3.132	3.704	0.598	2.132	3.428
	III	2.780	4.132	4.972	0.939	3.132	5.036
II	I	1.428	1.566	1.718	0.348	0.566	0.910
	II	1.848	2.066	2.352	0.707	1.066	1.714
	III	2.270	2.566	2.986	1.077	1.566	2.517
	IV	0.473	0.566	0.472	+0.529	+0.434	+0.648
III	I	1.363	1.377	1.480	0.325	0.377	0.612
	II	1.675	1.711	1.903	0.604	0.711	1.153
	III	2.014	2.044	2.326	0.910	1.044	1.694
	IV	0.666	0.711	0.639	+0.344	+0.289	+0.454
	V	0.305	0.377	0.274	+0.705	+0.623	+0.860
IV	I	1.309	1.283	1.354	0.333	0.283	0.425
	II	1.615	1.533	1.667	0.642	0.533	0.801
	III	1.894	1.783	1.979	0.943	0.783	1.176
	IV	0.727	0.783	0.731	+0.257	+0.217	+0.321
	V	0.447	0.533	0.442	+0.569	+0.467	+0.650
V	I	1.243	1.142	1.217			
	II	1.433	1.267	1.408			
	III	1.640	1.392	1.599			

但し、 R_B/P の値は(+)符号以外総て(-)の値である。

Table 4.5 Carrectional value of R_A/P and R_B/P
 R_A/P 及び R_B/P の修正値

壁つなぎの設置間隔	水平荷重の作用位置	R_A/P		R_B/P	
		修正係数	修正値	修正係数	修正値
I	I	1	1.615	1	0.335
	II	1	2.186	1	0.598
	III	1	2.780	1	0.939
II	I	1	1.428	1	0.348
	II	1	1.848	1	0.707
	III	1	2.270	1	1.077
	IV	1	0.473	1	+0.529
III	I	0.9994	1.362	0.9909	0.322
	II	0.9991	1.674	0.9909	0.599
	III	0.9989	2.012	0.9908	0.902
	IV	1.0014	0.667	0.9912	+0.345
	V	1.0033	0.306	0.9934	+0.707
IV	I	1.0036	1.314	1.0700	0.356
	II	1.0056	1.624	1.0701	0.687
	III	1.0068	1.907	1.0701	1.009
	IV	0.9951	0.724	1.0677	+0.274
	V	0.9855	0.440	1.0592	+0.603
V	I	1.0333	1.284		
	II	1.0565	1.514		
	III	1.0754	1.764		

但し、 R_B/P の修正値は(+)符号以外総て(-)の値である。

4.7.3 水平荷重が最高位壁つなぎより上方に作用した場合のPとRの関係

(1) R_A/P の実験式

今、Table 4.5の R_A/P の値と、壁つなぎの設置間隔毎に最高位壁つなぎより水平荷重の作用位置までの距離 h を壁つなぎ間隔 l で除した値 h/l との関係をプロットしたものがFig.4.11である。同図より R_A/P と h/l とは直線関係にあり、かつ、 $h=0$ の時 R_A/P であることから、 R_A/P と h/l の関係は次式で表わすことができる。

$$\frac{R_A}{P} = 1 + \alpha \frac{h}{l} \dots \dots \dots (4.1)$$

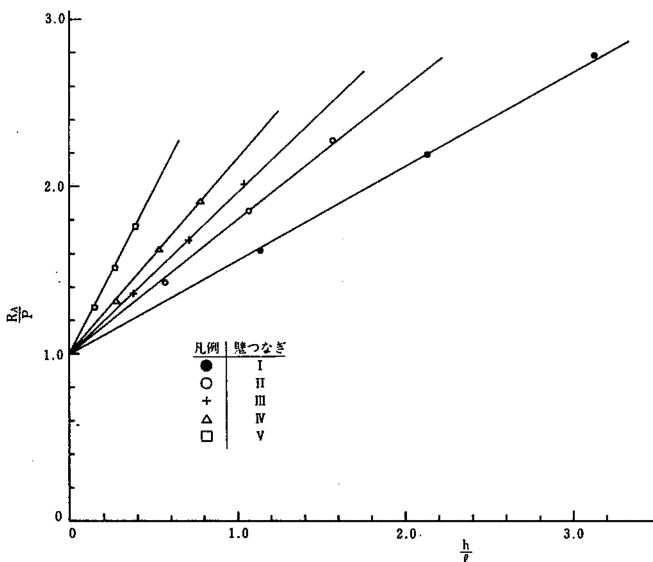


Fig.4.11 Relation of R_A/P and h/l
 R_A/P と h/l の関係

この α を最小二乗法で求めたものをTable 4.6に示す。さらに、 α の値が壁つなぎの設置間隔内にある建わくの層数 n によって異なることに着目し、 α と n の値をFig. 4.12にプロットした。その結果、 α は n と直線関係にあることが判ったが、これは、足場のジョイントのガタ等がなんらかの形で影響していることを意味しているように思われる。そこで、最小二乗法により n と α の関係を示す一次式を求めると次のようになった。

$$\alpha = 0.2n + 0.38 \dots \dots \dots (4.2)$$

よって、最高位壁つなぎの反力は、式(4.1)、(4.2)より次式によって求められる。

Table 4.6 Values of α in equation (4.1)
式(4.1)における α の値

壁つなぎ	α
I	0.56
II	0.80
III	0.96
IV	1.16
V	1.95

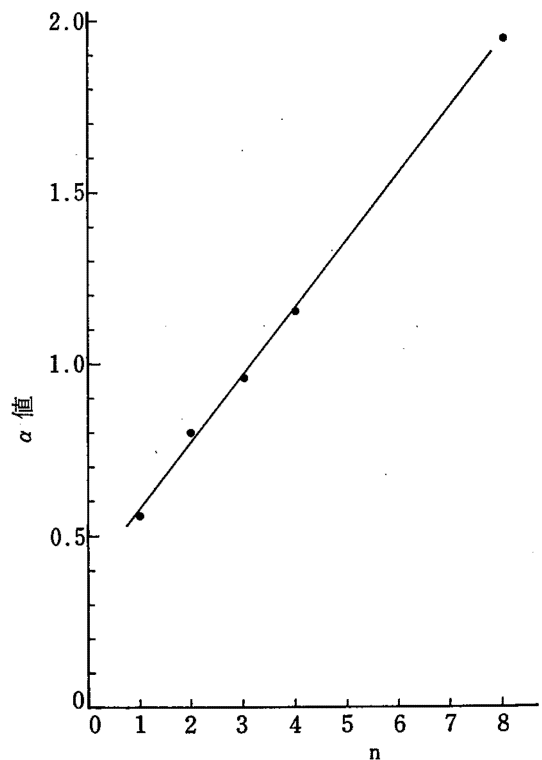


Fig.4.12 Relation of α and n
 α と n の関係

$$R_A = \left\{ 1 + (0.2n + 0.38) \frac{h}{l} \right\} P \dots \dots \dots (4.3)$$

なお、上記の(4.3)式は5支点以上の場合に適用できる式であるので、連続梁の理論を用いて支点数の少ない場合を検討してみると、4支点及び3支点の場合も(4.3)式でよいことがわかったが、2支点の場合にはかなりの修正が必要で、結局次式によって求めなければならないことになった。

$$R_A = \left\{ 1 + (0.16n + 0.3) \frac{h}{l} \right\} P \dots \dots \dots (4.4)$$

(2) R_B/P の実験式

前節と同様に行う。 R_B/P と h/l との関係を Fig.4.13 に示す。同図より R_B/P と h/l は直線関係にあり、さらに、 $h=0$ の時 $R_B=0$ であるので、両者の関係は次式で

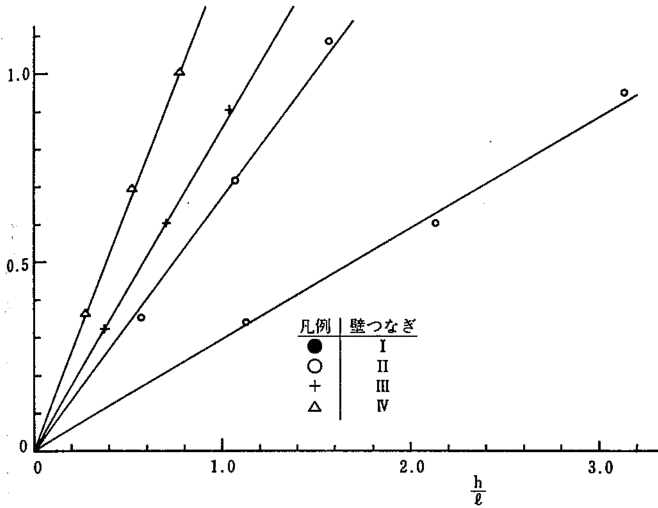


Fig.4.13 Relation of R_B/P and h/l
 R_B/P と h/l の関係

示される。

$$\frac{R_B}{P} = -\beta \frac{h}{l} \dots\dots (4.5)$$

Table 4.7 Values of β in equation (4.5)

式 (4.5) における β の値

壁つなぎ	β
I	0.29
II	0.67
III	0.86
IV	1.29

なお、最小二乗法より求めた β の値を Table 4.7 に示す。その結果 β の値も前節で述べた α の値と同様に、 n に関係しており、Fig.4.14に n と β の関係を示すが、両者は明らかに直線関係にあり、次式で表わされる。

$$\beta = 0.33n - 0.02 \dots\dots (4.6)$$

よって、第2高位の壁つなぎの反力 R_B は式 (4.5) (4.6) より次式によって求められる。

$$R_B = -(0.33n - 0.02) \frac{h}{l} P \dots\dots (4.7)$$

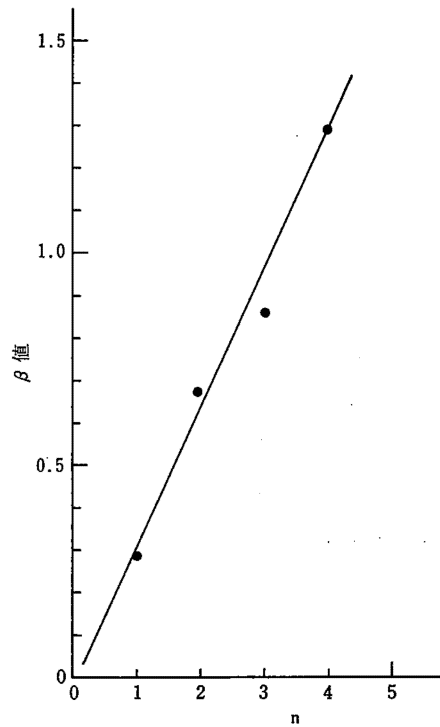


Fig.4.14 Relation of β and n
 β と n の関係

4.7.4 水平荷重が最高位と第2高位の壁つなぎの間にある足場部分に作用した場合のRとPの関係

最高位と第2高位の壁つなぎ間の足場部分において最高位壁つなぎより距離 a の位置に水平荷重 P が作用した場合、連続梁とした理論計算によると R_A/P 、 R_B/P は次式によって表わされる。

$$\frac{R_A}{P} = \frac{l-a}{l} \left\{ 1 - \gamma \frac{a(l+a)}{l^2} \right\} \dots\dots (4.8)$$

$$\frac{R_B}{P} = \frac{a}{l} \left\{ 1 + \xi \frac{(l^2 - a^2)}{l^2} \right\} \dots\dots (4.9)$$

γ 、 ξ は支点数による係数で5支点数以上の場合、ほぼ一定と考えて良い。(4.8)及び(4.9)式から明らか

ように R_A/P 又は R_B/P は a/l の 3 次曲線の関係にある。一方、実験にもとずき、 a/l と R_A/P 又は R_B/P との関係を示すと Fig.4.15 のようになる。さて、 $a/l=0$ のとき $R_A/P=1$ であり、 $a/l=1$ のとき $R_A/P=0$ である

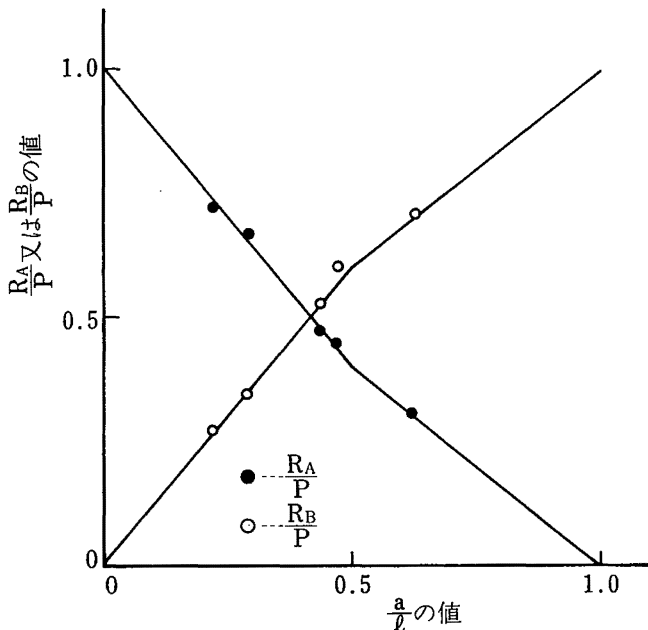


Fig.4.15 Relation of a/l and R_A/P or R_B/P
 a/l と R_A/P 又は R_B/P の関係

から、これらの条件と Fig.4.15 を併せて考慮すると、 a/l と R_A/P との関係を一本の直線で表わすことは不可能であるので、2本の直線で構成される折線で表わすことにする。

同様に a/l と R_B/P との関係も折線で表わすことにし、さらに、Table 4.8 に示されるように $R_A/P + R_B/P = 1$ であることを考慮すると、 R_A/P 及び R_B/P に関する次式が得られた。

$a \leq 0.5l$ の範囲においては、

$$\frac{R_A}{P} = 1 - 1.2 \frac{a}{l} \dots \dots \dots (4.10)$$

$$\frac{R_B}{P} = 1.2 \frac{a}{l} \dots \dots \dots (4.11)$$

$a > 0.5l$ の範囲においては

$$\frac{R_A}{P} = 0.8 - 0.8 \frac{a}{l} \dots \dots \dots (4.12)$$

$$\frac{R_B}{P} = 0.8 \frac{a}{l} + 0.2 \dots \dots \dots (4.13)$$

よって、最高位の壁つなぎの反力 R_A 、第2高位の壁つなぎの反力 R_B は、次式によって求められる。

Table 4.8 Values of $R_A/P + R_B/P$
 $R_A/P + R_B/P$ の値

壁つなぎ	水平荷重	供試足場	
		A	C
II	IV	1.004	1.001
III	VI	0.987	1.009
IV	V	0.997	
V	IV	0.991	
VI	V	1.008	1.008
平均		1.001	

$a \leq 0.5l$ において

$$R_A = (1 - 1.2 \frac{a}{l}) P \dots \dots \dots (4.14)$$

$$R_B = 1.2 \frac{a}{l} P \dots \dots \dots (4.15)$$

$a > 0.5l$ において

$$R_A = (0.8 - 0.8 \frac{a}{l}) P \dots \dots \dots (4.16)$$

$$R_B = (0.2 + 0.8 \frac{a}{l}) P \dots \dots \dots (4.17)$$

4.7.5 実験式の妥当性

上記実験式の妥当性を検討するため、それぞれの実験における l 、 h 又は a の値を代入して R_A 及び R_B を実験式より求め、実測値の R_A 及び R_B と比較した。結果を Fig.4.16, 4.17 に示す。同図は縦軸に計算値を、横軸に実測値をプロットしたものであり、実線は計算値と実測値の一致を示す線で、破線は両者の食い違いが10%の範囲を示す線である。

(1) 最高位壁つなぎより上方の足場部分に荷重が作用した場合。

最高位壁つなぎの反力 R_A の値については、計算値と実測値の食い違いは5%の範囲にあったが、第2高位の壁つなぎの反力 R_B については両者に食い違いがあり特に壁つなぎの設置間隔3層の実験の場合にその傾向がはなはだしく、計算値が実測値より大きめであった。又、比較的全般に渡って R_B の反力は値の小さな部分での食い違いが多かった。

(2) 最高位と第2高位の壁つなぎの間の足場部分に水平荷重が作用した場合。

R_A の値については計算値と実験値の食い違いは10%の範囲にあった。又、 R_B についても計算値と実測値の

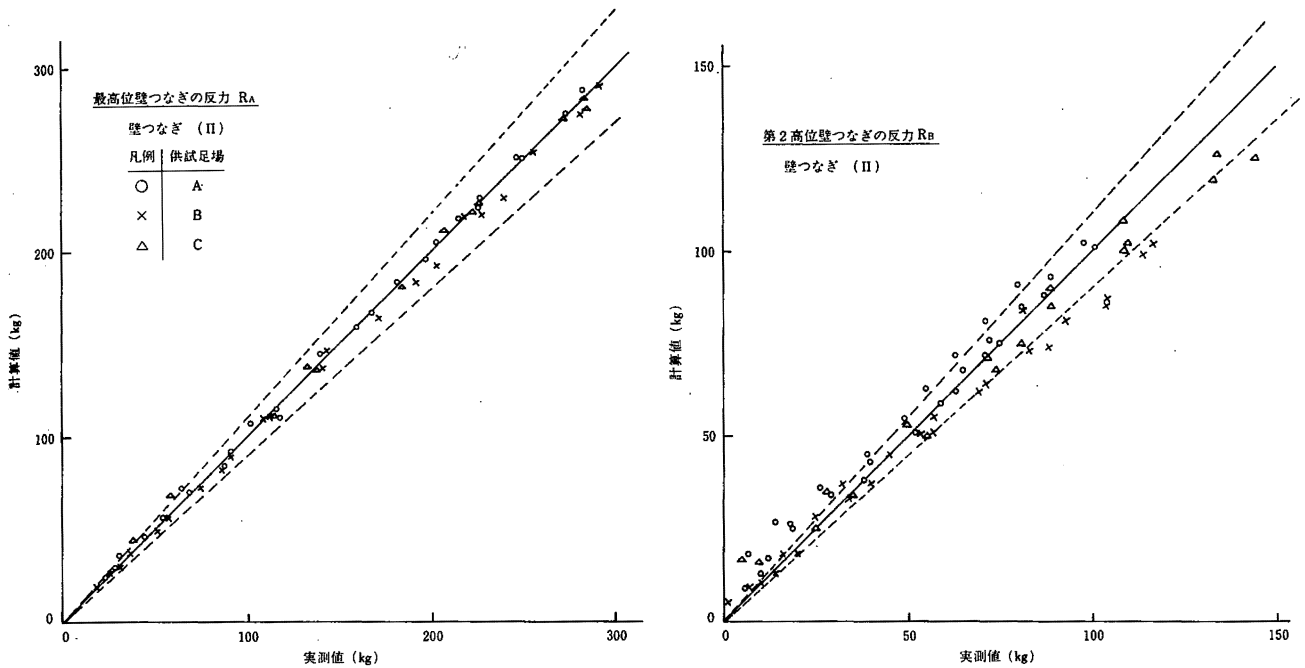


Fig.4.16 Relation of experimental values and the results of empirical formula in the case that horizontal load is applied to the point of scaffold upper than the top-to-wall
 最高位壁つなぎより上方の足場部分に水平荷重が作用した場合の壁つなぎ反力の計算値と実測値

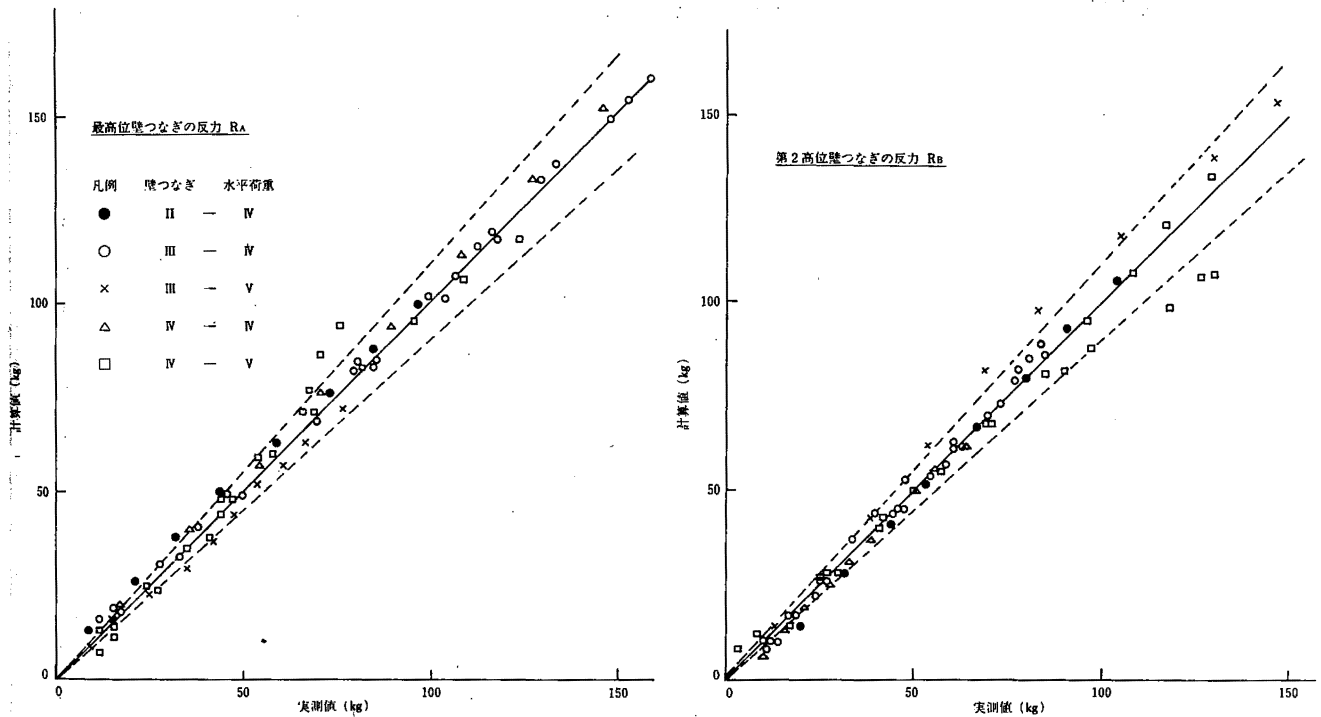


Fig.4.17 Relation of experimental values and the results of empirical formula in the case that horizontal load is applied to the point of scaffold between the tie-to-wall and next to the top one
 最高位と第2高位の壁つなぎ間の足場部分に水平荷重が作用した場合の壁つなぎ反力の計算値と実測値

食い違いは多半が10%の範囲にあった。

以上の結果、実験式は R_A については問題ないとして、 R_B については若干問題がある。しかし、 R_B の値が R_A に比較しかなり小さい、計算値が実測値に比べ大きく安全側である等から、 R_B についても問題にしなくても良いものと思われる。よって、 R_A 、 R_B に関する実験式は妥当であると思われる。

4.8 むすび

以上を要約して結論とする。

(1) 壁つなぎの反力は、足場のわく幅によって若干影響され、わく幅が広がるほど小さくなる。しかしわく幅600mm~900mmにおいては、余りその差はない。

(2) 最高位壁つなぎより上方に荷重が作用した場合、

- a) 壁つなぎの設置間隔が大きくなるほど最高位及び第2高位の壁つなぎの反力は小さい。
- b) 荷重の作用位置が上になるほど壁つなぎの反力は大きくなる。

c) 最高位壁つなぎは第2高位壁つなぎに比べ大きな反力が生ずる。

d) 第3高位以下の壁つなぎの反力は非常に小さい

(3) 最高位壁つなぎと第2高位壁つなぎ間の足場の部分に水平荷重が作用した場合、同荷重を最高位壁つなぎと第2高位壁つなぎでほとんどを負担し、他の壁つなぎに余り反力が生じない。しかし、単純梁とは違った荷重の負担割合を示す。

(4) 最高位壁つなぎの反力 R_A 及び第2高位の壁つなぎの反力 R_B は式(4.3)、式(4.7)及び式(4.14)~(4.17)によって求められる。

最後に参考として次のような計算条件のもとで実験式によって求めた R_A と R_B をTable 4.9, 4.10に示す。

計算条件

- イ) 足場の1層の高さを1.7m 1スパンの長さ1.8mとする。
- ロ) 壁つなぎは層と層の境界に取付けられる。
- ハ) 同一風圧力が足場の各面に作用する。

Table 4.9 Reactive force of tie-to-wall in the case that wind pressure is applied to the part of scaffold upper than the next to top tie
第2高位壁つなぎより上方の足場部分に風圧力が作用した場合の壁つなぎの反力(R_A), (R_B)kg

壁つなぎの設置間隔		最高位壁つなぎより上方の足場の層数	壁つなぎの反力の種類	風 圧 力 kg/m^2					
層 数	スパン数			5	10	15	20	25	30
2	2	1	R_A	61	122	183	244	305	366
			R_B	32	64	95	127	159	191
		2	R_A	110	219	329	438	548	657
			R_B	77	34	51	69	86	103
	3	1	R_A	92	183	275	366	458	549
			R_B	48	95	143	191	239	286
		2	R_A	164	329	493	657	822	986
			R_B	26	51	77	103	129	154
	4	1	R_A	122	244	366	488	610	733
			R_B	64	127	191	255	318	382
		2	R_A	219	438	657	876	1095	1315
			R_B	34	69	103	137	171	206
3	2	1	R_A	72	145	217	289	362	434
			R_B	50	100	150	201	251	301
		2	R_A	118	236	354	472	590	707
			R_B	35	71	106	141	176	212

壁つなぎの設置間隔		最高位壁つなぎより 上方の足場の層数	壁つなぎの 反力の種類	風 圧 力 kg/m^2					
層 数	スパン数			5	10	15	20	25	30
3	3	1	R_A	108	217	325	434	542	651
			R_B	75	150	226	301	376	451
		2	R_A	177	354	531	707	884	1061
			R_B	53	106	159	212	265	318
	4	1	R_A	145	289	434	579	723	868
			R_B	100	201	301	401	501	602
		2	R_A	236	472	707	943	1179	1415
			R_B	71	141	212	282	353	424
4	2	1	R_A	84	168	252	336	420	504
			R_B	68	137	205	274	342	411
		2	R_A	128	256	385	513	641	769
			R_B	54	107	161	214	268	321
	3	1	R_A	126	252	378	504	631	757
			R_B	103	205	308	411	514	616
		2	R_A	192	385	577	769	962	1154
			R_B	80	161	241	321	402	482
	4	1	R_A	168	336	504	673	841	1009
			R_B	137	274	411	548	685	822
		2	R_A	256	513	769	1026	1282	1539
			R_B	107	214	321	428	536	643
5	2	1	R_A	96	192	288	384	480	576
			R_B	87	174	260	347	434	521
		2	R_A	139	279	418	557	696	836
			R_B	72	144	216	287	359	431
	3	1	R_A	144	288	432	576	720	864
			R_B	130	260	391	521	651	781
		2	R_A	209	418	627	836	1045	1254
			R_B	108	216	323	431	539	647
	4	1	R_A	192	384	576	768	960	1152
			R_B	174	347	521	694	868	1042
		2	R_A	279	557	836	1114	1393	1671
			R_B	144	287	431	575	718	862

Table 4.10 Reactive force of tie-to-wall in the case that wind pressure is applied to the part of scaffold upper than the position which is the distance twice as long as the height of one frame below the top tie

最高位壁つなぎの下方2層より上方の足場部分に風圧力が作用した場合の壁つなぎの反力(R_A), (R_B)

壁つなぎの設置間隔		最高位壁つなぎより 上方の足場の層数	壁つなぎの 反力の種類	風 圧 力 kg/m^2					
層 数	スパン数			5	10	15	20	25	30
2	2	1	R_A	61	122	183	244	305	366
			R_B	32	64	95	127	159	191
		2	R_A	110	219	329	438	548	657
			R_B	17	34	51	69	86	103
	3	1	R_A	92	183	275	366	458	549
			R_B	48	95	143	191	239	286
		2	R_A	164	29	493	657	822	986
			R_B	26	51	77	103	129	154
	4	1	R_A	122	244	366	488	610	733
			R_B	64	127	191	255	318	382
		2	R_A	219	438	657	876	1095	1315
			R_B	34	69	103	137	171	206
3	2	1	R_A	72	145	217	289	362	434
			R_B	20	39	59	78	98	117
		2	R_A	118	236	354	472	590	707
			R_B	5	9	14	19	23	28
	3	1	R_A	108	217	325	434	542	651
			R_B	29	59	88	117	146	176
		2	R_A	177	354	531	707	884	1061
			R_B	7	14	21	28	35	42
	4	1	R_A	145	289	434	579	723	868
			R_B	39	78	117	156	195	234
		2	R_A	236	472	707	943	1179	1415
			R_B	9	19	28	38	47	56
4	2	1	R_A	78	156	234	312	390	468
			R_B	13	27	40	54	67	80
		2	R_A	122	244	366	488	610	733
			R_B	-2	-3	-5	-6	-8	-9
	3	1	R_A	117	234	351	468	585	702
			R_B	20	40	60	80	100	120
		2	R_A	183	366	549	733	916	1099
			R_B	-2	-5	-7	-9	-11	-14
	4	1	R_A	156	312	468	624	780	935
			R_B	27	54	80	107	234	161
		2	R_A	244	488	733	977	1221	1465
			R_B	-3	-6	-9	-12	-15	-18

壁つなぎの設置間隔		最高位壁つなぎより 上方の足場の層数	壁つなぎの 反力の種類	風 圧 力 kg/m^2					
層 数	スパン数			5	10	15	20	25	30
5	2	1	R_A	81	163	244	325	407	488
			R_B	10	19	29	39	49	58
		2	R_A	125	249	374	498	623	748
			R_B	-5	-11	-16	-21	-26	-32
	3	1	R_A	122	244	366	488	610	732
			R_B	15	29	44	58	73	87
		2	R_A	187	374	561	748	935	1121
			R_B	-8	16	-24	-32	-39	-47
	4	1	R_A	163	325	488	651	813	976
			R_B	19	39	58	78	97	116
		2	R_A	249	498	748	997	1246	1495
			R_B	-11	-21	-32	-42	-53	-63

参考文献

- 1) “仮設機材に関する構造基準および性能試験基準”
産業安全研究所技術指針 RIIS-TR-73-1
- 2) 斉藤次郎, 森宜制, 平井康善 “鋼管足場の座屈実験” 産業安全研究所, 所報1957年 No.2
- 3) 森宜制, 前郁夫, 国森昌之 “鋼管製枠組式コンクリート型枠支保工の強度に関する実験報告” 産業安全研究所, 所報1962年 No.3