

RIIS-TN-84-3

UDC-69.057

産業安全研究所技術資料

TECHNICAL NOTE OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1985

わく組足場の変則使用における座屈強度 に関する研究

——建築物側の交さ筋かいを取り外した場合について——

小 川 勝 教

労働省産業安全研究所
MINISTRY OF LABOUR
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

わく組足場の変則使用における 座屈強度に関する研究

—建築物側の交さ筋かいを取り外した場合について—

小 川 勝 教*

The buckling strength of frame-type scaffold with one-sided cross braces

by Katsunori OGAWA*

The frame-type scaffold is usually made up of vertical frames, cross braces on both sides and horizontal frames. However, a cross brace on one side is often neglected in construction sites, which might cause the reduction of the buckling strength of frame-type scaffold (comparing with those on both sides). In order to clarify this problem a series of loading test was performed to investigate the buckling strength of such various types of scaffold as of 5 stages 1 span, 10 stages 1 span and 5 stages 5 spans. The height of vertical frame and the span length in each test are 1.8m and 1.7m, and the widths of vertical frame are 600mm, 900mm and 1,200mm, respectively.

The results obtained from the experiment are summarized as follows :

- 1) The buckling strength of frame-type scaffold with one-sided cross braces becomes smaller, comparing with both-sided cross braces the decrease of buckling strength of frame-type scaffold having 900 mm or 1,200mm width of vertical frame is more noticeable than those of 600mm width.
- 2) The buckling strength of frame-type scaffold without horizontal frame decreases extremely.
- 3) The buckling strength of frame-type scaffold decreases as the width of horizontal frame becomes smaller.
- 4) When a horizontal frame is placed on every stage, the buckling strength of frame-type scaffold decreases with the number of span without cross brace on one side.
- 5) When a horizontal frame is placed on every stage and cross braces on one side are removed throughout the whole stages, the buckling strength of this type scaffold was reduced by 10% for 600 mm width vertical frame and by 20—40% for 900mm or 1,200mm width, respectively, comparing with those attached cross braces on both sides.
- 6) The buckling strength of frame-type scaffold connected to a tie on the wall on every 5 stage is almost same as that of 5 stage 1 span frame-type scaffold.
- 7) When horizontal frames are consecutively fixed throughout several spans, the decrease of buckling strength of frame-type scaffold is small, comparing with those of 1 span frame-type scaffold, and the buckling strength is reduced by 10% comparing with frame-type scaffold with cross braces on both sides.

* 土木建築研究部 (Civil Engineering and Architecture Research Division).

1. ま え が き

ビル建築工事にわく組足場が数多く使用されている。その中には、工事中の建築物に面した側の交さ筋かいを1部分又は全面にわたって取外して組立てられることが多い。わく組足場は、建わく、交さ筋かい、布わく（パイプ布わく又は床付布わく）及び脚柱ジョイント等により構成された足場で、建わく間の両面（足場の前踏み側と後踏み側）に交さ筋かいを取付けること（以下、両面交さ筋かいと呼ぶ）によって、わく組本来の強度を発揮する構造の足場である。しかしながら、図1のように建わく間の片面のみに交さ筋かいを取付けた（以下、片面交さ筋かいと呼ぶ）構造のわく組足場は、建わくの水平方向への変位の拘束力が低下するため、わく組の強度が十分に発揮されないことが考えられる。つまり、片面交さ筋かいのわく組足場は、両面交さ筋かいのわく組足場と同様の荷重条件では、足場の脚柱が簡単に座屈を生じ、倒壊の危険がある。本報告は片面交さ筋かいによるわく組の強度について実験的に検討を行った結果について述べたものである。

2. 両面交さ筋かいのわく組足場の座屈強度について

わく組足場は、両面交さ筋かいの場合においてのみ、わく組の所定の強度が得られる構造であることは前述の通りであるが、この点について、本論を述べる前に若干論じておくことにする。

労働安全衛生規則では、わく組足場の壁つなぎの設置間隔は、垂直方向 9 m 以下、水平方向 8 m 以下と規定されている。これは、わく組足場の鉛直荷重に対する座

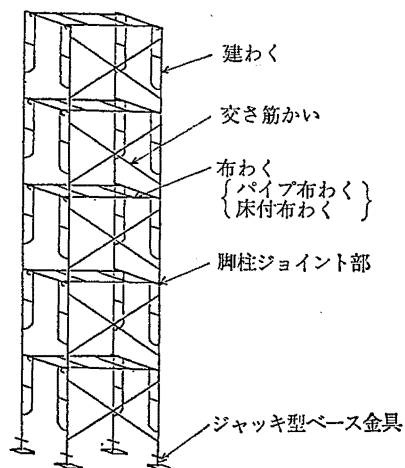


図1 片面交さ筋かいのわく組

屈防止を目的として定められたものであり、垂直方向の間隔に関しては、わく組の5層を一つの単位として考え定められたものである。なお、水平方向の間隔に関しては、壁つなぎを設けたわく組の部分と同等の座屈強度を持たせるための水平構を設けることが条件で4スパンを一つの単位としている。ここで、わく組の水平構というのは、壁つなぎを設けたレベルの層位置に、建わく幅一杯に布わくを各スパンにわたって連続に設けることである。

上記の壁つなぎの間隔で設置されたわく組足場の強度については、両面交さ筋かいのわく組で5層1スパンの場合の座屈強度を基準とし、建わく1枚当りの座屈強度が決められている。

5層1スパンの両面交さ筋かいのわく組は、建わくの形状、寸法等によって座屈形態及び座屈強度が異なる。一般的に鳥居型の建わくによって組まれたわく組は、図2(a)に示すように脚柱ジョイント部を変曲点として、各層毎に彎曲が反転する個材座屈が生ずる。

市販のわく幅 900 mm 以上の建わく（標準わくという）によるわく組は、個材座屈が生ずるように建わくの形状、寸法等が決定されている。又、わく幅 900 mm 未満の建わく（簡易わくという）については、大半が図2(b)に示すように全体座屈を生ずるような形状、寸法等になっている。その場合のわく組の座屈強度は建わくの種類毎に表1に示す値以上が要求される。

なお、わく組が個材座屈を起すときの建わくの強度について森等¹⁾は次式を示している。

$$P = \frac{\pi^2 E}{h_0^2} \left(2I_0 + nI_1 \frac{h_1}{h_0} \right) \quad (1)$$

ただし P : 建わく1枚当りの座屈強度 (kg)
 I_0 : 脚柱の断面2次モーメント (cm⁴)
 I_1 : 補剛材の断面2次モーメント (cm⁴)
 h_0 : 一層当りの層高さ (cm)
 h_1 : 補剛材の脚柱材への射影長 (cm)
 n : 補剛材の本数
 E : ヤング係数 (kg/cm²)

表1 わく組足場に要求されるわく組の座屈強度

わく組を構成している建わく			最大荷重 (kg)	
種 類	わく幅 (mm)	わく高さ (mm)	わく組	1わく当り
簡易わく	900 未満	1800 以下	14,000	7,000
標準わく	900 1200	1800 未満	20,000	10,000
		1800 以上	18,000	9,000

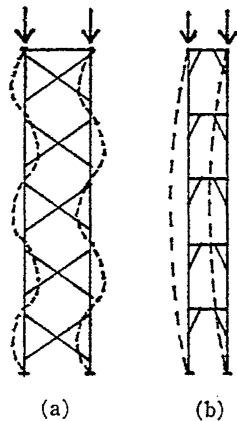


図2 両面交さ筋かいのわく組の座屈形態

以上、わく組足場の一般的な使用方法である両面に交さ筋かいを用いた場合のわく組の座屈について述べた。

片面交さ筋かいのわく組足場の場合は、交さ筋かいの取り外された側の脚柱が、交さ筋かいが取付けてある場合より、交さ筋かいの取付面と平行方向の水平変位の拘束力が弱まることが予想される。この場合、標準わくを用いたわく組足場のように個材座屈が生ずるタイプのわく組足場の方が、全体座屈を生ずるタイプのわく組足場に比べ、わく組の強度低下という点で影響が大きいと考えられる。

3. 供 試 体

供試用わく組足場は、建わく、パイプ布わく、交さ筋かい及び脚柱ジョイントの構成部材を用い、建わく間隔 1,800 mm、層間隔 1,700 mm の寸法で、実験の種類によって5層1スパン、10層1スパン及び5層5スパンに組み立てたものである。なお、層間における脚柱の接合はアームロックを用いる方式とした。

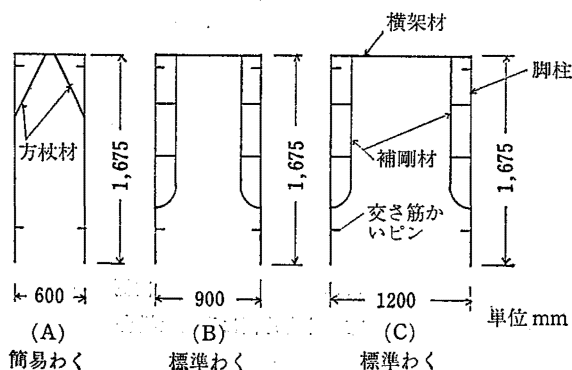


図3 供試建わくの形状、寸法

表2 供試建わくの圧縮性能値

供試建わく		圧縮荷重 (kg)		
種 類	わ く 幅 (mm)	試験値	補正值	計算値
A	600	7,242	8,502	9,305
B	900	7,885	9,257	10,100
C	1200	7,822	9,183	10,100

注 1. 補正值：脚柱の圧縮試験の場合に脚柱の上下端にナイフエッジを取付けるため、その長さ分だけ試験値を補正した値である。

2. 計算値： $\frac{\pi^2 E}{h_0^2} \left(2I_0 + nI_1 \frac{h_1}{h_0} \right)$ の式より求めた値である。

供試わく組足場に用いた建わくは、わく幅 600 mm の簡易わくとわく幅 900 mm, 1,200 mm の標準わくの3種類である。建わくの高さはいずれも脚柱の長さが 1,675 mm で脚柱ジョイントのカラーを含め 1,700 mm である。図3に供試わく組足場に用いた建わくの形状、寸法を示す。なお、建わくは、脚柱及び横架材が直径 42.7 mm、肉厚 2.3 mm の STK 51 の鋼管で、補剛材又は方杖材は直径 27.2 mm、肉厚 1.9 mm の STK 41 の鋼管で、これらを溶接接合したものである。又、建わくは脚柱の圧縮試験*の結果より表2に示す圧縮強度の性能を有したものである。

供試わく組足場に用いたパイプ布わくは、標準幅のもの（建わくのわく幅に相応したわく幅の布わく）として、その幅が建わく幅 600 mm に対し 450 mm, 900 mm に対し 750 mm, 1,200 mm に対し 1,050 mm のものを用いた。

4. 実 験

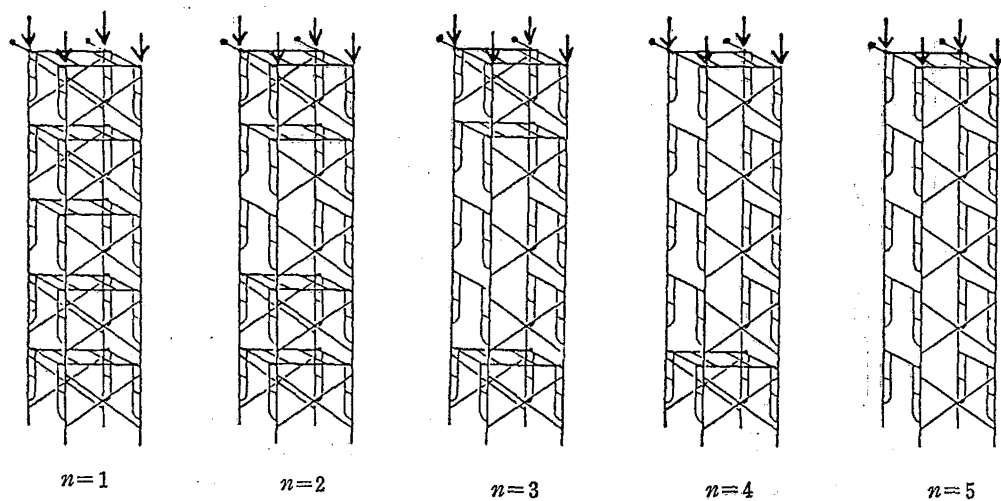
4.1 実験の種類

わく組足場の座屈強度について論ずるとき、両面交さ筋かい、5層1スパンの場合を基準としているため、片面交さ筋かいのわく組足場についても5層1スパンのわく組に対する実験を主に10層1スパン及び5層5スパンの実験を補足的に行った。又、布わく、交さ筋かいの設定は次のように与えた。

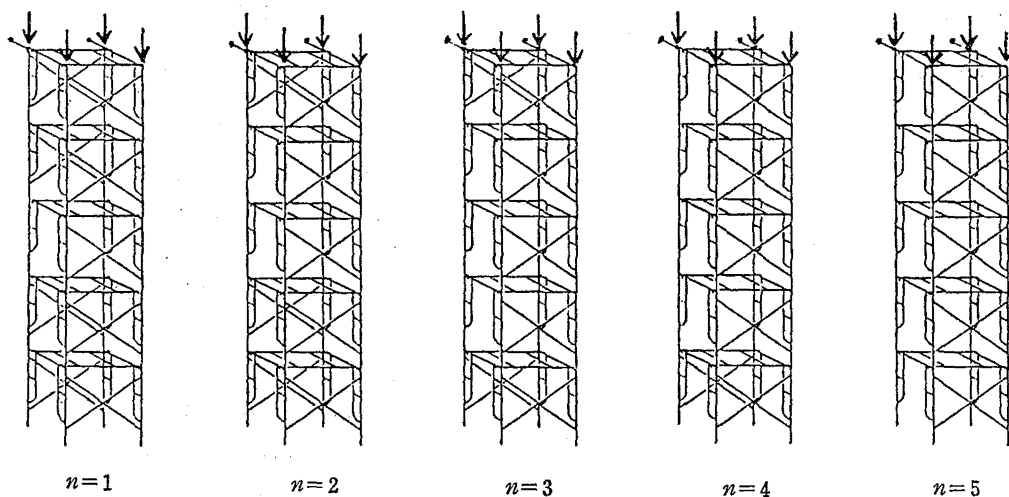
1) 5層1スパンのわく組

(a) 全層又は1部層間連続して、布わくと片側の交

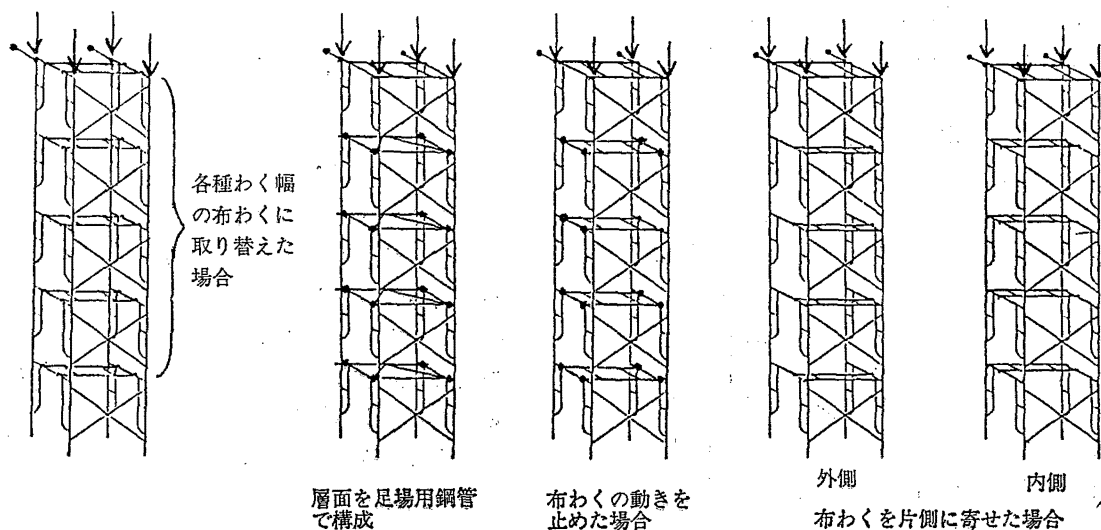
* 建わくの脚柱の圧縮試験は“仮設機材に関する構造基準および性能試験基準”産業安全研究所技術指針 RIIS-TR-73-1 に示す試験方法によった。



(イ) 1)-(a) の場合 (層間連続片側の交さ筋かい及び布わくを取外す)



(ロ) 1)-(b) の場合 (層間連続片側の交さ筋かいを取外す)



(ハ) 1)-(c) の場合

(ニ) 1)-(d) の場合

図 4-(I)

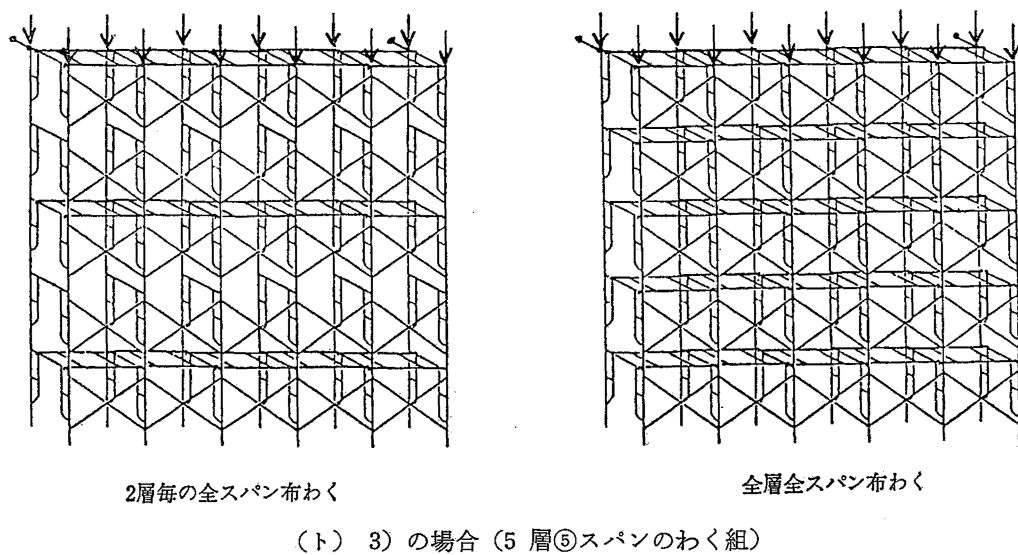
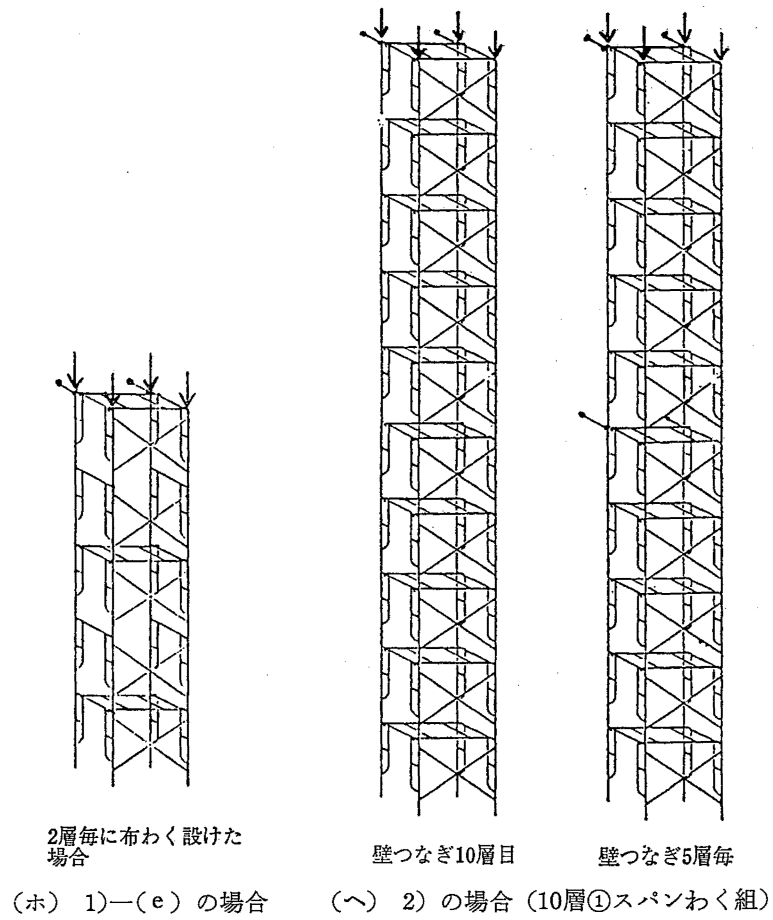


図 4—(Ⅱ)

図 4 実験の種類における片面交さ筋かいのわく組

さ筋かいを取外した場合（図4（イ））

（b）各層に標準幅の布わくを取付けた状態で、全層又は1部層間連続して片側の交さ筋かいを取外した場合（図4（ロ））

（c）各層に標準幅以外の幅の布わくを取付けた状態で、全層にわたって片側の交さ筋かいを取外した場合（図4（ハ））

（d）載荷時に布わくの水平変位を止める等、各層の水平方向の変位の拘束効果を高めた状態で全層にわたって片側の交さ筋かいを取外した場合（図4（ニ））

（e）2層毎に布わくを取付けた状態で、全層にわたって片側の交さ筋かいを取外した場合（図4（ホ））

2) 10層1スパンのわく組

各層に標準幅の布わくを取付けた状態で、全層にわたって片側の交さ筋かいを取外した場合（図4（ヘ））

3) 5層5スパンのわく組

各層又は2層毎に布わくを各スパンに取付けた状態で、全層、全スパンにわたって片側の交さ筋かいを取外した場合（図4（ト））

なお、片面交さ筋かいのわく組足場の強度の比較検討のため、改めて、各層に標準幅の布わくを取付けた、5層1スパンの両面交さ筋かいのわく組の座屈についても実験を行った。

4.2 実験方法

実験では、上記の種々の実験条件に応じて組み立てた供試わく組の各脚柱に対し、おのおの上部より鉛直荷重を均等に作用させ、その時のわく組の座屈形態及び座屈強度を調べた。

実験装置は、図5に示すもので、オイルジャッキ付き下部フレーム、供試わく組の脚柱上部に載せる上部フレーム、オイルジャッキと上部フレームを連結するための連結材及び油圧装置より構成されたものである。なお、オイルジャッキは最大50tonの引張力及び200mmのストロークを備えたものである。

実験装置への供試わく組のセットにあたっては、その材端支持条件として、脚柱の最下端をジャッキベース、最上端をナイフエッジ支点とし、供試わく組をオイルジャッキ付き下部フレーム上に組み立て、最上部両建わくの脚柱と横架材の交点附近を壁つなぎ用金具で堅固な骨組を有する建造物の壁体と連結した。又、ナイフエッジの方向は交さ筋かい面に対し直角な方向とし、ジャッキベースはその繰上げ高さを200mmとし、下部フレームにボルトにより固定した。

供試わく組への載荷は、図5に示すように下部フレー

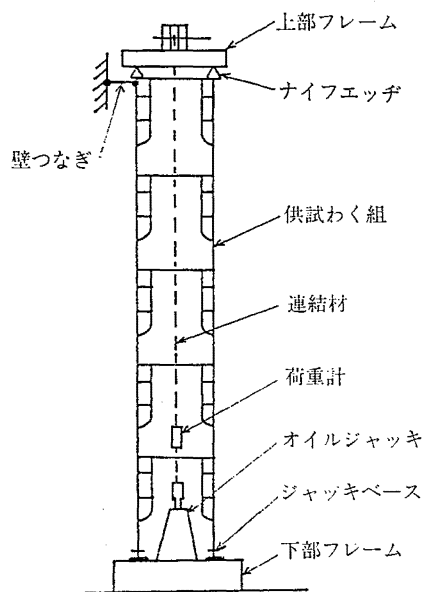


図5 実験概要図

ム上にセットされた供試わく組の脚柱の最上端に上部フレームを載せ、このフレームと下部フレーム上のオイルジャッキを連結材で連結し、オイルジャッキで下方へ鉛直に引張ることによって、各脚柱に均等に圧縮荷重を作用させる方式である。

作用荷重の計測は、連結材の中間にそう入した電気抵抗線歪式荷重計によった。又、供試わく組の変形状態の測定は、わく組各層の脚柱に最小目盛1mmのスケールを水平に取付け、作用荷重に対応する各脚柱の水平変位をトランシットによって観測することによって行った。

5. 実験結果及び考察

5.1 両面交さ筋かいの供試わく組の座屈強度

片面交さ筋かいの比較対象として行った両面交さ筋かいの実験結果を表3に示す。わく幅900mm又は1,200mmの建わくを用いたわく組の建わく1枚当りの座屈強度は2の(1)式による計算結果(表2)とほぼ等しい。建わく幅600mmの建わくを用いたわく組の場合、

表3 両面交さ筋かいの場合のわく組の座屈強度

種類	供試建わく わく幅 (mm)	最大荷重 (kg)		座屈形態
		わく組	1わく 当り	
A	600	16,400	8,200	全体座屈
B	900	19,900	9,950	個材 "
C	1200	19,200	9,600	個材 "

注 5層1スパンのわく組

(1) 式による計算値より約 10% 低い値であった。これは、わく幅 600 mm の建わくを用いたわく組が、全体座屈になるために、前者のわく組のように個材座屈となる場合に比較して低い値となったものである。

5.2 5 層 1 スパンのわく組の片面交さ筋かいによる座屈強度について

5.2.1 全層又は 1 部層間連続して布わく及び片側の交さ筋かいを取り外した場合

わく幅 600 mm 又は 900 mm の建わくを用いた 5 層 1 スパンのわく組について、全層又は 1 部層間連続して布わく及び片側の交さ筋かいを同時に取外した場合 (図 4 (イ)) の実験を行った。その結果、図 6 に示すように交さ筋かいを取外してある側の脚柱が、取外してある層全体にわたって弓状の座屈を生じた。これは、交さ筋かいを取外してある側の脚柱が、布わくを取外したことにより、布わくを取付けられていた層位置で、建わく面と

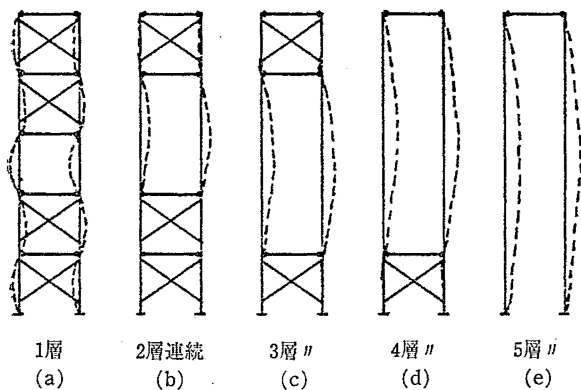


図 6 片側の交さ筋かい及び布わくを取外したわく組の座屈形態

表 4 片側の交さ筋かいと布わくを取外したわく組の座屈強度

供試建わく 種類	わく幅 (mm)	層間連続して 取外されている 層数 n	座 屈 荷 重 P (kg)	座 屈 強度比 P/P_0	座屈形態
A	600	3	14,200	0.866	図 6 (c)
		4	9,100	0.555	" (d)
		5	6,300	0.384	" (e)
B	900	1	18,500	0.932	" (a)
		2	9,950	0.500	" (b)
		3	8,480	0.426	" (c)
		4	6,250	0.314	" (d)
		5	5,150	0.259	" (e)

注 座屈強度比: 両面交さ筋かいの場合のわく組の座屈強度 P_0 に対する比

直角な方向の水平変位に対する拘束力が弱まり、布わく及び片側の交さ筋かいが層間連続して取外されている層数を座屈長とする座屈が生じたものと思われる。また、その場合の座屈荷重を表 4 に示す。両面交さ筋かいのわく組の座屈強度に比較し、かなりの強度低下があり、布わく及び交さ筋かいを層間連続して取外した層数が多い程、座屈強度の低下が大きい。また、わく組に使用した建わく幅によっても強度低下の割合が異なり、わく幅 600 mm の建わくのわく組がわく幅 900 mm の建わくのわく組に比較し、強度低下が小さいことがわかった。

そのため、強度低下の大きいわく幅 900 mm の建わくのわく組について、層間連続に布わく及び片側の交さ筋かいを取外した場合の座屈強度を検討することとした。図 7 は、層間連続に布わく及び片側の交さ筋かいを取外した場合の座屈強度とそれらの取外された層数の関係をプロットしたものである。同図によると層数が多くなるに従って、座屈強度は指数関数的に低下する傾向にあることがわかる。また、一般に曲げ座屈における座屈強度は座屈長さの 2 乗に反比例することが知られている。今、わく組 1 層当りの高さ h_0 、層間連続に布わく及び片側の交さ筋かいを取外した層数 n 、両面交さ筋かいのわく組の座屈強度 P_0 とする。両面交さ筋かいのわく組が座屈を生ずる場合の座屈長さは h_0 となる。また、層間連続に布わく及び両側の交さ筋かいを取外したわく組の座屈長さは nh_0 となり、両面交さ筋かいのわく組に比べ

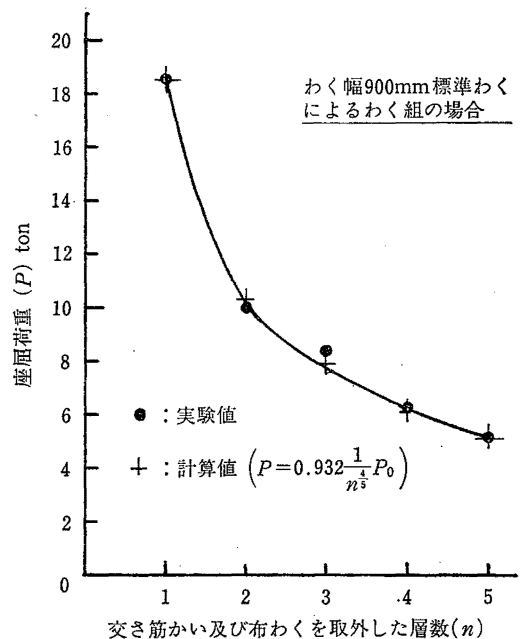


図 7 5 層 1 スパンのわく組における片側の交さ筋かい及び布わくを取外した層数と座屈荷重の関係

n 倍だけ座屈長さが長くなる。層間連続して布わく及び片側の交さ筋かいのみを取外した場合の座屈長さは、両側の交さ筋かいを取外したときより短かく、 h_0 と nh_0 の範囲内にあるはずである。そこで、図7の座屈荷重と層数の関係に着目し、層間連続し布わく及び片側の交さ筋かいを取外した場合について、わく組の座屈強度に対する等価的な座屈長さを $n^b h_0$ (ただし $0 < b < 1$) と仮定し、座屈強度 P を次式のように表わすものとする。

$$P = a \frac{1}{(n^b)^2} P_0 \quad (2)$$

図8は表3の実験値について P/P_0 と n の関係をそれぞれについて対数を取りプロットしたものである。その結果、各点がほぼある直線上にあり、 P/P_0 と n の両者間について次のような関係を得た。

$$\frac{P}{P_0} = 0.932 n^{-4/5}$$

よって、式(2)は上記関係より、式中の a 及び $2b$ の値が $a=0.932$, $2b=4/5$ となり、実験式として次式で表わすことができる。

$$P = 0.932 \frac{1}{n^{4/5}} P_0 \quad (3)$$

ただし、上記式(3)は、わく幅 900 mm の建わくのわく組足場で $n \leq 5$ の場合に限る。

5.2.2 各層に標準幅の布わくを取り付けた状態で、全層又は1部層間連続して片側の交さ筋かいを取外した場合(図4-(ロ))

布わくを取付けてない片面交さ筋かいのわく組の座屈強度は、両面交さ筋かいの場合に比較しかなり低下することが分った。そこで、各層に標準幅の布わくを取付けた5層1スパンの片面交さ筋かいのわく組の座屈強度について実験を行った。

5層全層にわたって片側の交さ筋かいを取外したわく組の場合、わく幅 900 mm 又は 1,200 mm の建わくを用いたわく組では、各層に取付けられた布わくが横ずれを生ずるとともに、交さ筋かいを取外してある側の脚柱が、建わく面と直角方向に水平変位し、2層～3層分を半波

表5 各層に標準幅の布わくを設けたわく組で全層にわたって片側の交さ筋かいを取外した場合の座屈強度

供試建わく		座屈荷重 P (kg)	座屈強度比 P/P_0	座屈形態
種 類	わく幅 (mm)			
A	600	15,400	0.939	全 体 座 屈
B	900	13,070	0.657	2 層 波 の 座 屈
C	1200	12,800	0.667	"

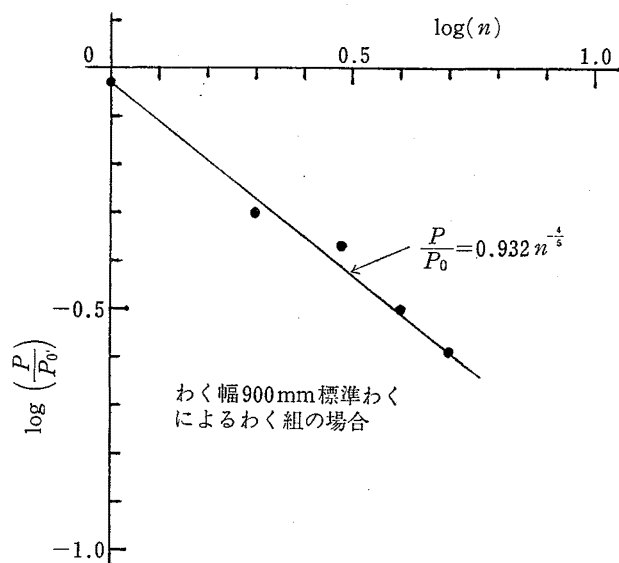


図8 層間連続して布わく及び片側の交さ筋かいを取外した層数(n)と座屈強度比($\frac{P}{P_0}$)の関係

長とする波形の座屈が生ずる。わく幅 600 mm の建わくを用いたわく組は、わく幅 900 mm, 1,200 mm の建わくのわく組と異なり、交さ筋かいを取外した側の脚柱が座屈する前に、両面に交さ筋かいを設置したときと同様に全体座屈が生じた。そのときの座屈強度を表5に示す。5層1スパンの両面に交さ筋かいを設置したときと比較し、わく幅 900 mm, 1,200 mm の建わくのわく組の場合で約 30%, わく幅 600 mm の建わくのわく組で約 6%の座屈強度の低下であった。わく組の各層に布わくを取付け、全層にわたって片側の交さ筋かいを取外した場合、両面交さ筋かいの場合に個材座屈となるわく組の方が、全体座屈となるわく組に比べ座屈強度の低下が大きいことが分った。

次に、わく幅 900 mm, 1,200 mm の建わくを用いたわく組で、片側の1部分のみを層間連続して交さ筋かいを取外した場合のわく組の座屈について実験を行った。その結果、わく組の座屈形態は、交さ筋かいを層間連続に取外しているその層数によって異なり、その層数が1～3層までの場合はその層数分を、4層以上の層数になると図9(a)～(c)に示すように2層又は3層分を半波長とする波形の座屈であった。層間連続して片側の交さ筋かいが取外されている層数が4層以上で、図9に示す3種の形態の座屈となるのは、布わくの横ずれが一方のみでなく、図10に示すような2方向の横ずれが起ることに起因するものと思われる。

表6は、片側の1部分のみを層間連続して交さ筋かい

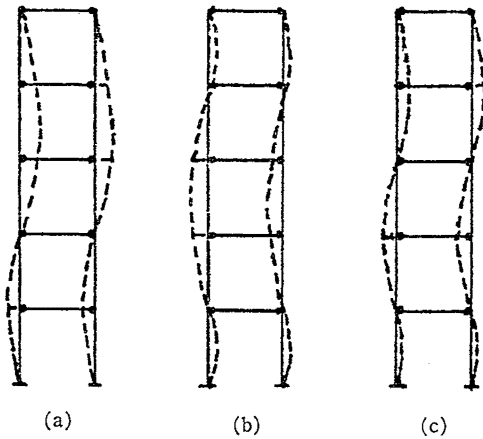


図 9 連続 4 層以上にわたって片側の交さ筋かいを取外した場合の座屈形態

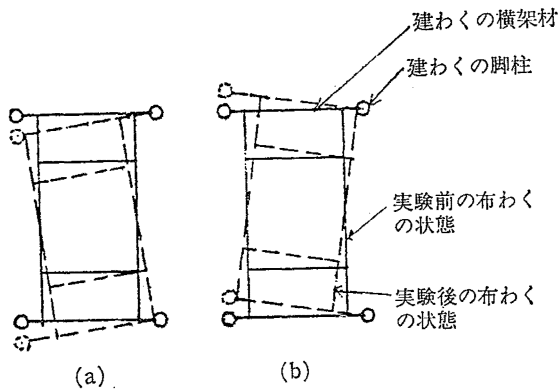


図 10 布わくの横ずれによる層面の変形状態

表 6 各層に標準幅の布わくを設けたわく組について層間連続して片側の交さ筋かいを取外した場合の座屈強度

供試建わく 種類	わく幅 (mm)	交さ筋かいの層 間連続して取外 されている層数 n	座 荷 P (kg)	屈 重 P/P_0	座 屈 強度比 P/P_0	座屈形態
B	900	1	18,550	0.932		個体座屈
		2	19,750	0.993		2 層波
			16,000	0.804		"
			15,200	0.764		"
		3	16,650	0.837		3 層波
			14,600	0.734		"
		4	13,250	0.666		図 9 (c)
			13,200	0.663		図 9 (c)
			11,600	0.583		図 9 (b)
		5	15,000	0.754		図 9 (c)
			12,400	0.623		図 9 (a)
			11,800	0.593		図 9 (c)

注 座屈強度比：両面交さ筋かいの場合のわく組の座屈強度 P_0 に対する比

を取外した場合のわく組の座屈強度を示す。その結果、交さ筋かいの取外してある層数が同じ場合のわく組の座屈強度はかなりのバラツキがあった。これは、わく組の座屈が布わくの横ずれと同時に生ずるのであるが、この布わくの横ずれが生ずるまでの布わくの抵抗の差によるものと思われる。また、層間連続して交さ筋かいを取外した場合の座屈強度は、交さ筋かいを取外してある層数が多くなる程、低くなる傾向にあったが、その層数が 4 層の場合と 5 層の場合では余り差はなかった。

図 11 は両面交さ筋かいの場合の座屈強度 P_0 に対する片面交さ筋かいの場合の座屈強度 P の比 P/P_0 と層間連続して片側の交さ筋かいを取外した層数 n との関係を示したものである。これらのデータから座屈強度比の層数に対する回帰直線を求めると次式が得られる。但し、 $n \leq 5$ の場合に限る。

$$P = (1 - 0.08n)P_0 \quad (4)$$

なお、上記の関係は、標準建わくのわく組足場の場合に限って云えるもので、簡易わくのわく組のように全体座屈を生ずるわく組足場には適用できない。簡易わくのわく組の場合は、片側の交さ筋かいを取外す層数に関係なく全体座屈を生ずるからである。

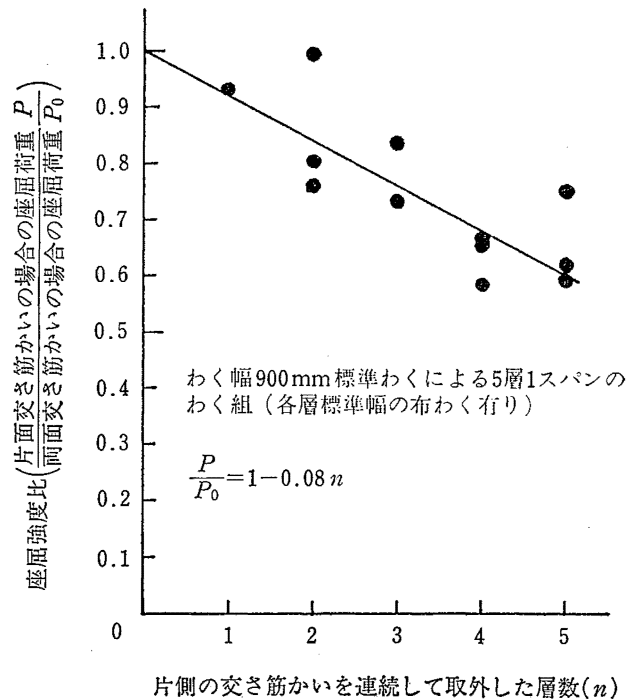


図 11 交さ筋かいを連続して取外した層数と座屈強度比の関係

5.2.3 各層に標準幅以外の幅の布わくを取り付けた状態で、全層にわたって片側の交さ筋かいを取り外した場合（図4—(ハ)）

標準わくを用いたわく組足場の場合、標準幅の布わくに代って、わく幅の狭い布わくが取付けられることが多い。このようなわく組足場で片側の交さ筋かいが取外された場合、標準幅の布わくが取付けられている場合に比べ座屈強度が低くなるものと思われる。そのため、全層にわたって片側の交さ筋かいを取外した5層1スパンのわく組で、各層に取付ける布わくの幅を種々変えた場合のわく組についてそれぞれ座屈強度を求めた。

その結果を表7に示す。標準幅の布わくに比べわく幅の狭い布わくを取付けた片面交さ筋かいのわく組は、標準幅の布わくを取付けた場合に比較して座屈強度がかなり低下し、布わくのわく幅が狭くなるほど、低下の割合が大きい。特にわく幅 900 mm 及び 1,200 mm の建わくのわく組については、建わくの幅の 1/2 の幅の布わくを取付けた場合、両面交さ筋かいのわく組に比べ約 50% も座屈強度が低下した。

図12は、わく幅 900 mm 及び 1,200 mm の建わくを用いたわく組について、両面交さ筋かいの場合に対する片面交さ筋かいの場合の座屈強度比と建わくのわく幅に対する布わくのわく幅比の関係を示したものである。これによると、わく幅比が大きくなる程、座屈強度比も比例的に大きくなっており、両者の間には若干のばらつきはあるもののほぼ直線関係にあることが分る。また、わ

表7 各層に設けた布わくのわく幅による片面交さ筋かいのわく組の座屈荷重

供試建わく 種類	わく幅 W_0 (mm)	供試布 わく わく幅 W (mm)	わく幅 比 W/W_0	座屈荷重 P (kg)	座屈強度 比 P/P_0
A	600	300	0.5	13,750	0.838
		450*	0.75	15,400	0.939
B	900	300	0.333	9,400	0.472
		450	0.5	10,200	0.513
		600	0.667	11,500	0.578
		750*	0.833	13,070	0.657
C	1200	450	0.375	7,500	0.391
		750	0.625	10,700	0.557
		1050*	0.875	12,800	0.667

- 注 1. 5層1スパンのわく組について全層にわたって片側の交さ筋かいを取外した状態
 2. * 印は標準幅の布わく
 3. 座屈強度比は両面交さ筋かいの場合のわく組の座屈強度 P_0 に対する比

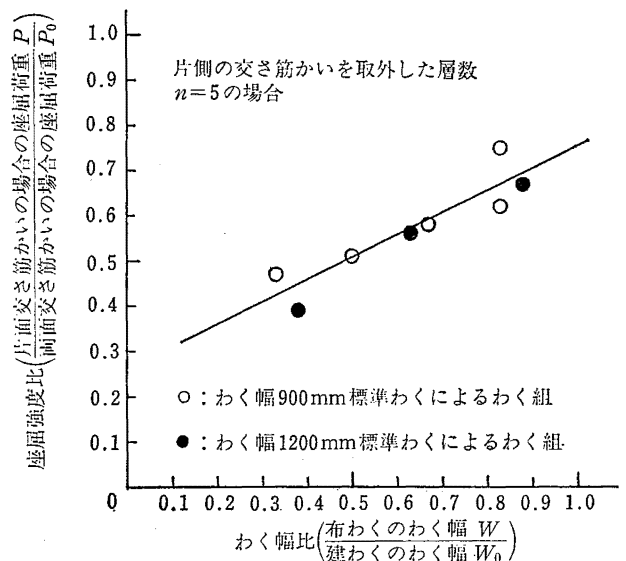


図12 5層1スパンの片面交さ筋かいのわく組における座屈強度比とわく幅比の関係

く幅が異っていても同じ傾向にある。この関係を直線に近似させると次式が得られる。

$$P = \left(0.49 \frac{W}{W_0} + 0.26 \right) P_0 \quad (5)$$

ただし、 P ：片面交さ筋かいのわく組の座屈強度 (kg)

P_0 ：両面交さ筋かいのわく組の座屈強度 (kg)

W_0 ：建わくのわく幅 (mm)

W ：布わくのわく幅 (mm)

5.2.4 各層の水平方向の変位の拘束効果を高めた場合の片面交さ筋かいのわく組の座屈強度について（図4（ニ））

通常、布わくが建わくに取り付けられている状態は、建わくの横架材に布わくのつめ金具が架けられ外れないようロックされているが、建わく面と平行な方向には動き易い。そのため、標準わくによるわく組のように個材座屈となるタイプのわく組は、片面交さ筋かいの場合に座屈が、各層の布わくの横ずれ（図10）と同時に生ずる。したがって、その横ずれが生ずるまでの布わくの抵抗によって座屈強度が左右されることになる。よって、片面交さ筋かいの場合には両面交さ筋かいの場合に比べ、水平方向の変位の拘束効果が座屈強度に大きく影響している。

この確認のため、わく幅 900 mm の標準わくを用いた5層1スパンのわく組について、図13(a)～(d)に示すように布わくに代り足場用鋼管で各層の水平構面を構成し、各層の水平方向の変位の拘束効果を高めた場合の

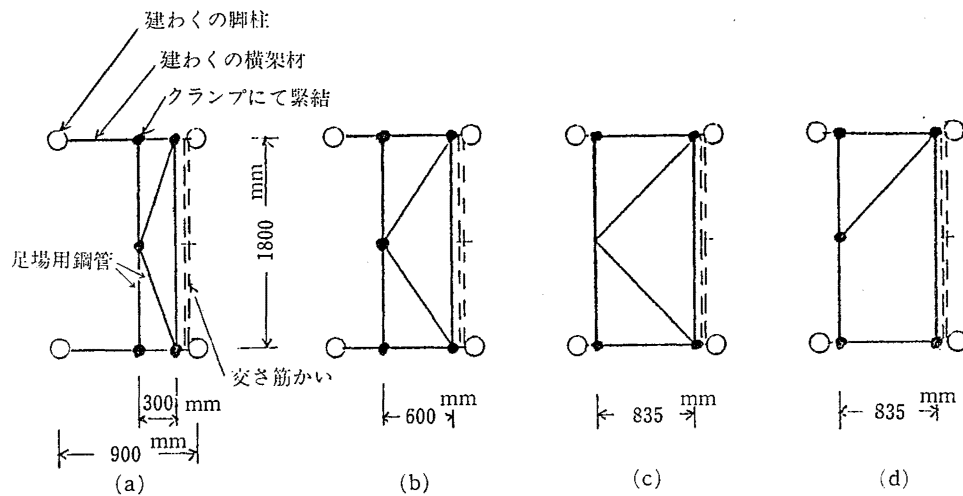


図 13 足場用鋼管による層面の構成状態

表 8 各層の層面の変形を拘束した場合の片面交さ筋かいのわく組の座屈強度

供試 種わく幅 類(mm)	各層の層面 の構成状態	座 荷 重 P (kg)	屈 服 強 度 比 P/P_0	備 考
B	足場用 鋼管に て構成 した場 合	(a) 16,750	0.84	構成は図 13 (a)~(d) による
		(b) 18,450	0.93	
		(c) 18,450	0.93	
		(d) 17,850	0.90	
	布わくの動き を止めた場合	16,800	0.84	布わく幅 600 mm
	布わくを片側 に寄せた場合	外側 16,250 " 16,550 内側 14,650	0.82 0.83 0.74	布わく幅 750 " " 300 " " 300 "

- 注 1. 布わくを片側に寄せた場合の外側とは交さ筋かいが取付けてある側で内側とは交さ筋かいが取外されている側のこと。
2. 5層1スパンのわく組について全層にわたって片側の交さ筋かいを取外した状態。
3. 座屈強度比は両面交さ筋かいの場合のわく組の座屈強度 P_0 に対する比。

片面交さ筋かいのわく組の座屈強度を求めた。その結果を表8に示す。

わく組の各層の水平構面を足場用鋼管で構成した場合は、鋼管の取付幅が広い図13(b)~(d)の場合、両面交さ筋かいの場合に比べ10%弱の座屈強度の低下であり、取付幅の狭い図13(a)の場合16%の座屈強度の低下で、鋼管の取付幅によって若干強度低下に差があるが、単に布わくを取付けた場合(表7)に比べ、いずれの場合も座屈強度はかなり高い値であった。又、布わくの移動を防ぐために布わくのつめ金具の横をクランプで止めた場合、布わくをわく組の内側又は外側のいずれか

の片側に寄せた場合についても、単に布わくを取付けた場合よりも強度低下が少なく、両面交さ筋かいの場合の約80%の座屈強度であった。なお、布わくを片側に寄せた場合は、交さ筋かいを取付けてある側(足場の外側)に寄せた場合の方が、交さ筋かいを取外してある側に寄せた場合よりも布わくの横ずれに対する抵抗が大きく、座屈強度が若干大きい値を示した。

以上のことより、片面交さ筋かいのわく組足場であっても各層の水平方向の変位の拘束度を高めることができれば、両面交さ筋かいのわく組足場の座屈強度の80%~90%は期待できるように思われる。

5.2.5 2層毎に布わくを取付けた状態で全層にわたって片側の交さ筋かいを取外した場合(図4(ホ))

通常のわく組足場の場合、各層に作業床が設けられるが、中には2層毎に設けられることもある。そこで、2層毎に布わくを取付けた場合の片面交さ筋かいのわく組の座屈強度を検討するため、1層目、3層目及び5層目のみに布わくを取付けた5層1スパンのわく組で、全層にわたって片面交さ筋かいとした場合について実験を行った。結果を表9に示す。その結果、各層に布わくを取付けた表7の同条件における場合に比べ、わく幅600mmの建わくのわく組の場合で約20%、わく幅900mmの建わくのわく組の場合で約25%の座屈強度の低下であった。また、わく幅900mmの建わくのわく組の場合は、両面交さ筋かいのわく組に比べ50%もの座屈強度の低下であり、5.2.1における、布わく一層分と片側の交さ筋かいを2層取外した場合(図4(イ) $n=2$)の結果とほぼ同じ値であった。以上のことより数層目毎に布わくが取付けられたわく組は、片側の交さ筋かいを取外

表 9 2層ごとに布わくを設けた場合の片面交さ筋
かいのわく組の座屈強度

供試建わく		供試布わく	座 屈 荷 重	座 屈 強度比
種 類	わく幅 (mm)	わく幅 (mm)	P (kg)	P/P_0
A	600	450	12,600	0.77
B	900	450	10,600	0.53
		750	9,300	0.47

- 注 1. 5層1スパンのわく組について全層にわたって片側の交さ筋かいが取外された状態
2. 座屈強度比は両面交さ筋かいの場合のわく組の座屈強度に対する比

した層数に関係なく、その取外された層数内における布わくの取付けられている上下間の層数が同じであれば座屈強度は等しい。よってその座屈強度は布わくの上下間の層数によって決定するものと思われる。

5.3 10層1スパンのわく組の座屈強度

わく組足場の強度検討の基準となる5層1スパンのわく組について、片側の交さ筋かいを取外した場合の座屈形態及び座屈強度は確認できた。しかし、工事現場でのわく組足場はそれ以上の層数に組まれる場合が多い。そのため、わく組が5層以上となった場合、個材座屈を生ずるわく組に関して座屈形態及び座屈強度がどのような結果になるかを確認する必要がある。そこで、わく幅900mmの建わくで10層1スパンのわく組について、各層に標準幅の布わくが設置された両面交さ筋かいの場合と片面交さ筋かいの場合の座屈強度を求めた。その結果を表10に示す。この結果より次のことがわかった。

- (1) 10層1スパンの両面交さ筋かいの場合について

10層の上端のみに壁つなぎを設けた両面交さ筋かいのわく組は、5層1スパンの両面交さ筋かいのわく組と同様に個材座屈を生じた。その時の座屈強度は、5層時のわく組の座屈強度に比べ若干低かったが、それほど差はなかった。よって、標準わくによる両面交さ筋かいのわく組は、10層程度までの高さの場合、わく組の途中を壁つなぎで水平方向に支持しなくても、建わく面方向の全体座屈は生じない。

- (2) 10層1スパンの片面交さ筋かいで10層目のみに壁つなぎを設けた場合について

10層全層にわたって片側の交さ筋かいを取外したわく組の座屈は、5層1スパンの片側の交さ筋かいを全層にわたって取外したわく組と同様の2層～3層を半波長とする波形を繰返す形態の座屈であることがわかった。

表 10 10層1スパンのわく組の座屈強度

供試建わく 種類	壁つなぎ 取付間隔 (層)	交さ筋か いの取付 状態	座 屈 荷 重 (kg)	座屈形態
B	10	両 面	18,600	個材座屈
	5	片 面	15,000	2層～3層
	10	"	10,600	"

注 1. 各層に標準幅の布わくを設けたわく組。

その時の座屈強度は、10層1スパンの両面交さ筋かいの場合の座屈強度の約57%の値であり、5層1スパンの片側の交さ筋かいを全層にわたって取外した同条件のわく組に比べ約20%低い。

- (3) 10層1スパンの片面交さ筋かいで5層目及び10層目に壁つなぎを設けた場合について

10層全層にわたって片側の交さ筋かいを取外したわく組の座屈は上記(2)と同形態の座屈であった。しかし、5層目及び10層目に壁つなぎを設けた場合は、座屈強度が10層目のみに壁つなぎを設けた(2)の場合の座屈強度に比べ約40%もの高い値であり、5層目に壁つなぎを設けてある効果が充分に発揮された。また、この場合の座屈強度は、5層1スパンの全層にわたって片側の交さ筋かいを取外した同条件のわく組の場合と同程度の座屈強度であった。

以上のことより、各層に布わくを取付けた多層数のわく組は、5層毎に壁つなぎを設置している限り、片側の交さ筋かいが連続4層以上全層にわたって取外されても、2～3層を半波長とする波形の座屈を生ずるものと思われる。又、その時の座屈強度は、6.2.3に述べた各層に布わくを取付けた5層1スパンのわく組で全層にわたって片側の交さ筋かいを取外した場合と同値として取扱っても差支えないものと思われる。

5.4 5層5スパンのわく組で片側の交さ筋か いを全層全スパンにわたって取外した場 合

実際のわく組足場は、連続スパンにわたって組立てられているため、1スパンのわく組に比べ座屈の挙動も若干異なるものと考えられる。そのため、片側の交さ筋かいを全層全スパンにわたって取外した5層5スパンのわく組について、各脚柱に均等に荷重を載荷した場合の座屈強度を調べた。その結果は表11に示す。

わく幅900mmの建わくを用いたわく組については、5層5スパンの全層全スパンにわたって布わくを取付けた場合のわく組の座屈強度は、わく幅の狭い450mmの

表 11 5層5スパンの片面交さ筋かいのわく組の座屈強度

供試建わく 種類	供試布わくの 設置状況			座屈荷重 P (kg)	座屈 強度比 P/P_0
	わく幅 (mm)	わく幅 (mm)	設置層数		
A	600	450	各層ごと	14,900	0.909
B	900	450	"	17,900	0.899
		750	"	18,500	0.930
		750	2層ごと	9,730	0.489

- 注 1. 全層・全スパンにわたって片側の交さ筋かいを取外す。
 2. 座屈荷重は5層5スパンのわく組のうち1スパン部分のわく組の座屈荷重を示す。
 3. 座屈強度比は5層1スパン両面交さ筋かいの場合の座屈強度 P_0 に対する比。

布わくの場合が、わく幅の広い750mmの布わくの場合に比べ若干低かったが、それほど差はなく、いずれの場合も5層1スパンの両面交さ筋かい時に比べ約10%の強度低下であった。なお、これは5層1スパンの全層にわたって片側の交さ筋かいを取外した場合の座屈強度に比べ1.4倍の強さである。これは布わくを全層にわたって全スパン連続に取付けていることが、1スパン時に比べ脚柱の水平方向の変位の拘束効果を高め、5.2.4に述べた布わくの水平方向の変位を拘束した場合と同じ結果になったものと思われる。また、2層毎に布わくを全スパンにわたって取付けた場合の座屈強度は、全層全スパンにわたって布わくを取付けた場合に比べ約40%の強度低下であり、5.2.5に述べた、2層毎に布わくを取付けた5層1スパン時の全層にわたって片側の交さ筋かいを取外した場合とほぼ同じ座屈強度であった。全スパン連続に布わくを取付けたわく組であっても、布わくを取付けてない層があると、片面交さ筋かいのわく組の場合、座屈強度の低下が著しい。

また、わく幅600mmの建わくを用いた5層5スパンの全層、全スパンにわたって片側の交さ筋かいを取外した場合のわく組の座屈強度は、わく組が全体座屈を生ずるため、5層1スパンの全層にわたって片側の交さ筋かいを取外したわく組の場合に比べ若干低くなったが、大きな差はなかった。

6. む す び

本来両側に交さ筋かいが取付けられてなければならないわく組足場について、片側の交さ筋かいを取外した場合のわく組の座屈形態及び座屈強度を各種の実験により

明らかにした。その結果を要約すると次のようになる。

(1) 両面交さ筋かいの場合に個材座屈を生ずる形状の建わく（主に標準わく）で組まれたわく組は、全体座屈を生ずる形状の建わく（主に簡易わく）のわく組に比べ、一般的に両面交さ筋かいのときの座屈強度に対する強度の低下が大きい。

(2) 層間連続して布わく及び片側の交さ筋かいを取外した場合は、わく組の座屈強度が極端に低下する。その場合、層間連続して布わく及び片側の交さ筋かいを取外した部分のわく組の座屈強度は、次式によることができる（ただし、わく幅900mmの建わくのわく組の場合）。

$$P = 0.932 \frac{1}{n^{4/5}} P_0 \quad (3)$$

P : 層間連続して布わく及び片側の交さ筋かいを取外したわく組の座屈強度 (kg)

P_0 : 両面交さ筋かいのときのわく組の座屈強度 (kg)

n : 布わく及び交さ筋かいを連続して取外してある層数

なお、上記(3)式は $n \leq 5$ に限定した場合の式である。

(3) 各層に標準幅の布わくが設けられている場合。

a) わく組の全層にわたって片側の交さ筋かいを取外した場合のわく組の座屈強度は、両面交さ筋かいがある場合のわく組の座屈強度に比べ、標準わくによるわく組で40%、簡易わくによるわく組で10%低下する。

b) わく組の1部分について層間連続して片側の交さ筋かいを取外した場合。

イ) 標準わくによるわく組は、片側の交さ筋かいが連続して取外されている層数が多くなるほど座屈強度は弱くなる。その場合、交さ筋かいが取外されている部分のわく組の座屈強度は次式によることができる。

$$P = (1 - 0.08n) P_0 \quad (4)$$

P : 片面交さ筋かい部分のわく組の座屈荷重 (kg)

P_0 : 両面交さ筋かい時のわく組の座屈荷重 (kg)

n : 交さ筋かいが連続して取外されている層数

なお、上記式は $n \leq 5$ の場合に限定する。

ロ) 簡易わくによるわく組は、交さ筋かいが連続して取外されている層数に関係なく座屈強度はほぼ一定であり、その場合の座屈強度は、交さ筋かいを全層にわたって取外した場合と同じである。

(4) 片面交さ筋かいのわく組の座屈強度は、建わく間に設けられている布わくの幅によっても強度が左右され、布わくの幅の狭いものが設けられているわく組ほど座屈強度の低下が大きい。

(5) 各層に布わくが設けられている多層数のわく組の片側の交さ筋かいが取外された場合の座屈強度は、5層以下ごとに壁つなぎが設けられている限り、壁つなぎ間における交さ筋かいの取外し層数によって決まり、5層1スパン時と同様に取扱うことができる。

(6) 各層ともスパン全体にわたって布わくが設けられている場合は、各層の水平方向の変位の拘束度が大きくなるため、1スパンのみに布わくが設けられた場合に比べ座屈強度の低下は少ない。

以上のことを考慮すると、わく組足場の使用中において、片側の交さ筋かいを取り外す場合の注意は以下のとおりである。

a) 5層ごとの各スパン、5スパンごとの各層及び最下層の各スパンの交さ筋かいを取り外すのは好ましくない。

b) 各層、各スパンに建わく幅に近いわく幅の布わくを必ず設けることが望ましい。

c) 交さ筋かいの取り外しは、原則として足場一構面に対し60%以下に留めておくことが望ましい。

d) 上記 a), b), c) の条件における片面交さ筋かいのわく組足場の許容荷重は、簡易わくによるわく組足場で、両面交さ筋かいの場合の90%、標準わくによるわく組足場で70%を超えない範囲で設定することが望ましい。

e) 止むを得ず足場の全層、全スパンの交さ筋かいを取外す必要がある場合であっても、足場の最下層及び両側端のスパンの各層については交さ筋かいを取外してはならない。その場合のわく組の許容荷重は簡易わくによるわく組で両面交さ筋かいのある場合の75%、標準わくによるわく組で55%を超えない範囲内で設定することが望ましい。

最後に本研究の実験に御協力いただいた仮設工業会の方々に感謝いたします。

(昭和59年12月24日受付)

参 考 文 献

- 1) 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”, 労働省産業安全研究所研究所報, 1962, No. 3
- 2) “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
- 3) 森宜制, 小川勝教, 河尻義正, “特殊簡易足場の安全性について一簡易わく組足場および低層簡易わく組足場の安全性について一, 産業安全研究所技術資料, RIIS-TN-76-10
- 4) “仮設機材構造基準とその解説” 社団法人 仮設工業会編集・発行

産業安全研究所技術資料

RIIS-TN-84-3

昭和 60 年 2 月 20 日 発行

発行所 労働省産業安全研究所
東京都港区芝 5 丁目 35 番 1 号
電 話 (03) 453-8441 (代)

印刷所 新日本印刷株式会社

UDC 69.057

わく組足場の変則使用における座屈強度に関する研究

——建築物側の交さ筋かいを取り外した場合について——

小 川 勝 教

産業安全研究所技術資料

RIIS-TN-84-3

わく幅 600 mm, 900 mm 及び 1,200 mm の建わくを用いた 5 層 1 スパン, 10 層 1 スパン, 5 層 5 スパンのわく組について, 片側の交さ筋かいを取外した場合の座屈強度を調べた。その結果, 片側の交さ筋かいの取外されている層数と座屈強度, 各層に設けられている布わくのわく幅と座屈強度及び布わくが設けられてない場合の片側交さ筋かいのわく組の座屈強度が明らかになった。

(図 13, 表 10, 参 4)

UDC 69.057

The buckling strength of frame-type scaffold with one-sided cross braces

by Katsunoi OGAWA*

Technical Note of the Research Institute of Industrial Safety

RIIS-TN-84-3

An experimental study was carried out to examine the buckling strength of the frame-type scaffolds without cross braces on one side. Frame-type scaffolds under test are composed of 5 stages 1 span, 10 stages 1 span, and 5 stages 5 span. The widths of vertical frames are 600 mm, 900 mm and 1,200 mm, respectively.

From the experimental results, it was made clear that the buckling strength of the scaffold depends, where a cross brace on one side is removed, on the number of spans and on the width of horizontal frame placed on each stage.

(10 tables, 13 figures, 4 references)