

## 改良足場板および鋼製足場板の曲げ強度

土木建築課 森 宜 制

数年来単一材の欠点を補うために足場板にいろいろな改良が行われている。その例として強度上の欠点となる大きな節、虫食、脆弱質の部分等を除き、質の均一化と強度の向上を図った集成材足場板および心入接着板がある。

また合板を用いて断面を箱形にし、軽量化と強度の増大を図った合板足場板がある。また近年の流行の軽量形鋼で枠を形成し、それに鉄網をとりつけ、強度および剛度の増大を図った鋼製足場板がある。

今回各メーカーの協力を得てこれらの曲げ強度を試験する機会を得たのでその報告を行う。

### § 1. 集成材足場板

#### 1-1 試験材

断面の構成を図1に示す。同図は標準寸法であつて実際の試験材の細部の寸法は多少異なるが、全体の寸法は厚さ60mm、巾240mm、長さ5.95mである。重量の平均は、37.45kg、比重は0.448である。

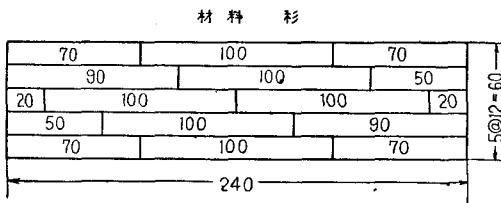


図1 集成材足場板断面構成図

素材は人工乾燥により含水率7%にしたものを12~13%に調湿している。接着剤は尿素、メラミン、フェノール合成樹脂接着剤で、接着圧力8kg/cm<sup>2</sup>、常温で24時間圧縮している。

#### 1-2 試験方法

スパン5,495mmの単純梁とし100mm巾に分布する荷重をスパンの中心にかけた。(図2参照)

オイルジャッキで載荷し、荷重計測は1tのブルーピングリングにより、撓みはスパンの中心に吊下げたスケールをレベルで読んだ。

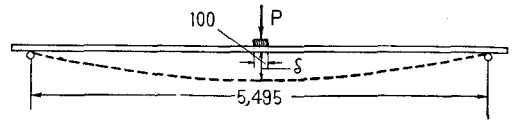


図2

#### 1-3 測定結果

図3に荷重と撓の関係を示す。

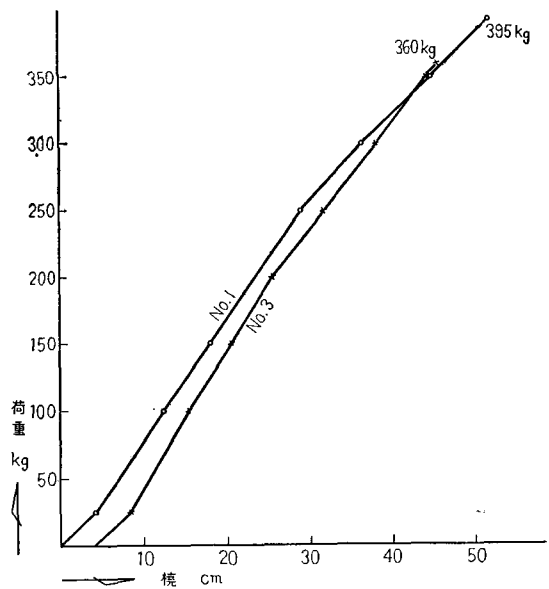


図3 集成材足場板の荷重—撓線図

表1は結果を纏めたものである。

各試験材とも約300kgの荷重で音響を発したが、その時は表面に異常は表われなかつた。破壊はスパン中央部の下面の縁維に生じ、亀裂は木理に沿つて多少傾斜し

表 1

試験材 No.	荷 重 (kg)		撓 み (cm)		曲げ応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )		弾性係数 (10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup> )
	降伏	破壊	降伏	破壊	降伏	破壊	
1	250	395	29.2	54.0	236	373	6.9
2	—	344	—	42.8	—	325	—
3	215	360	22.0	43.5	203	340	7.8

て内部に入っていた、接着部分には異常がなかった。

#### 1-4 結果の考察

杉の一枚板の曲げ強度が $300\sim 400\text{kg/cm}^2$ 、曲げ弾性係数が $6\sim 9\times 10^4\text{kg/cm}^2$ であるから、前記の結果をこれらと比較すれば丁度杉板の平均を示している。また3枚の値のバラツキが $\pm 7\%$ であるから比較的均質になっているといえる。また矩形断面の単純梁に中央集中荷重を与えたときは、最大曲げ応力度 $\sigma$ と最大せん断応力度 $\tau$ との間には $\tau = \frac{d}{2l}\sigma$  (但し  $d$ =板厚  $l$ =スパン)なる関係があるがこの試験材の場合は $\tau = 180$ となり、せん断応力度は非常に小さくなる。したがってこの形式の足場板では縁面に強度の強い材料を配置し、中間に比較的軽くて強度の低いものを用いれば、せん断力に対して余り危険にならずに曲げ強度が増大できるのではなかろうか。

その意味で縁面には杉の心材もしくは檜を用いることが望ましい。

## § 2. 心材入接着足場板

### 2-1 試験材

図4に断面の構成を示す。

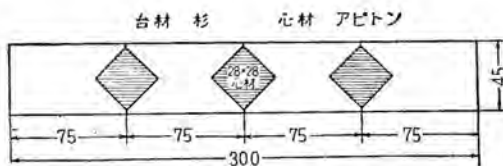


図4 心材入接着足場板断面図

台材は自然乾燥で含水率 $18\sim 20\%$ のエゾ松、心材は人工乾燥で含水率 $12\%$ のアピトンである。同図は標準の寸法を示したものであるが、実際の試験材の寸法は表2の通りである。

表 2

	重量 (kg)	長さ (m)	巾 (mm)	厚さ (mm)	比重
No. 1	24	3.70	310	43	0.49
No. 2	25	3.71	307	45	0.49
No. 3	24	3.70	310	45	0.47

接着剤の配合

主 剤	愛知化学ユリ # 108	80 %
混 和 物	アイチファイラ	12 %
硬 化 剤		8 %

### 2-2 試験方法

スパンが $3.5\text{m}$ 、荷重の分布巾が $200\text{mm}$ である他

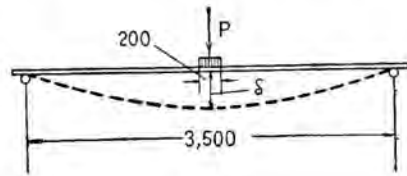


図 5

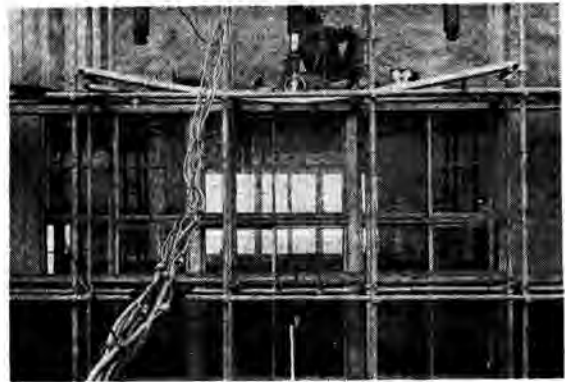


図6 荷重状況

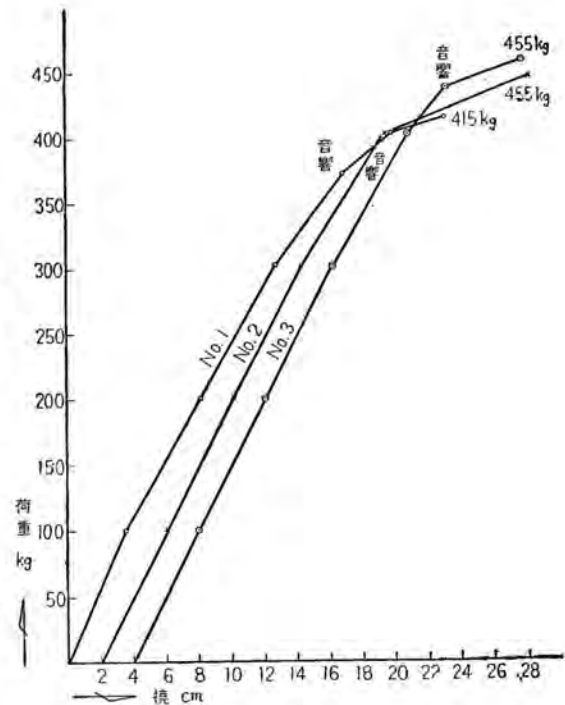


図7 集成材足場板の荷重—撓線図

は1の集成材の場合と全く同じである(図5参照)。図6はその試験状況を示す。

2-3 測定結果

荷重と撓との関係を図7に示す。

表3は測定値を纏めたものである。

表 3

試験材 No.	荷重 (kg)		撓み (cm)		曲げ応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )		弾性係数 (10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup> )
	降伏	破壊	降伏	破壊	降伏	破壊	
1	300	415	12.7	23.1	270	372	10
2	320	445	13.4	26.1	263	365	9
3	340	455	14.2	23.7	277	370	9

荷重が 370~400kg で音響を発生した。破壊はスパン中点の下面の縁維に生じた。接着部には異常は認められない。

2-4 結果の考察

杉板と比較した場合曲げ強度は杉の平均値よりも稍高いようである。また曲げ弾性係数は杉より高く撓みの少ないことを示している。これは比重がやや大きいことと相俟つて、台材が杉よりも緻密なものであることを示しているように思われる。なおこの形式の足場板は集成材式と違って、節を完全に除くことができないのであるが、今回の試験では試験材に点在していた節が強度上の欠点となつていなかった。これは節がルーズになつていなかったためであるが、長年月使用した場合大きな節だとルーズになる可能性があるから、大きな節はやはり除く必要がある。結論として、単一板の杉板よりは強度、剛度ともにやや高いといえることができる。

§ 3. 合板製足場板

3-1 試験材

図8に断面の構成および図9に心材の枠組の構造を示す。

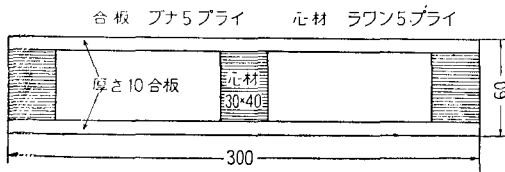


図8 合板製足場板断面構成図

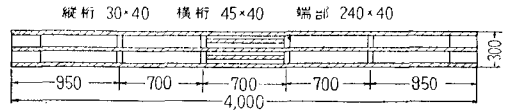


図9 合板製足場板心材構成図

上下面材はブナで作った5プライの合板で厚さは、10mm、心材はラワン材で作った5プライの積層材である。接着剤はいずれも石炭酸樹脂で、心材と面材の接着にはレゾルシノール樹脂を用いた。各材の含水率は12~15%、全体の寸法は4枚の試験材とも60×300×4,000mmで、重量は平均28kg、みかけの比重は0.39で単一材の足場板より軽い。

3-2 試験方法

スパン 3.6m の単純梁とし、中央の集中荷重および4点等荷重の2通りの荷重をかけた。(図10参照)

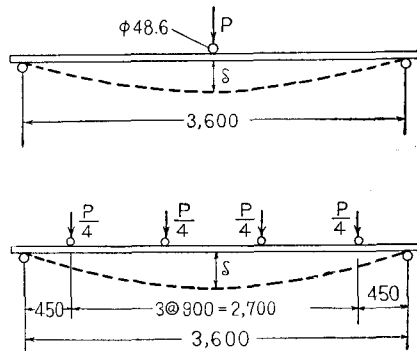


図 10

オイルジャッキで載荷し、荷重計測は自製のストレインゲージ式の荷重計を用い、撓みはスケールをスパン中点にとりつけ、その動きを直読した。

試験材は No.1 および2が中央集中荷重、No.3 および4が4点荷重である。

3-3 測定結果

荷重と撓みの関係を図11に示す。

表 4

	荷重 (kg)		撓み (cm)		曲げモーメント (10 <sup>4</sup> kg-cm)		剛度 (EI 10 <sup>7</sup> kg-cm <sup>2</sup> )
	降伏	破壊	降伏	破壊	降伏	破壊	
合板製	550	1025	11.5	25.5	4.95	9.23	4.65
単一材	—	—	—	—	3.6	6.3	3.8

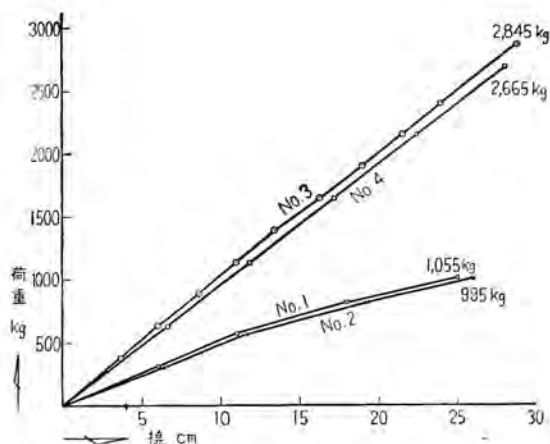


図 11 合板製足場板の荷重—撓線図

表 4 に測定値の纏めたものを示す。なお合板製足場板の値は各試験材の平均値である。また比較のため杉の単一材の値を示す。

破壊はすべて下面の合板に生じた。接着部に異常はない。

3-4 結果の考察

断面が中空であるから単一材の杉と比較するために、曲げ応力度の代りに曲げモーメントを、曲げ弾性係数の代りに EI を採った。前表から明らかなように強度および剛度とも単一材を上廻っている。しかも重量が軽い点を考慮すれば、なかなかよい構造であることを示している。

この足場板は、曲げモーメントに対しては上下面の合板が抵抗し、水平せん断力に対しては心材が抵抗する構造であるから、設計は次のように考えるべきである。

$$\frac{M}{bat} \leq \text{合板の許容曲げ応力度}$$

$$\frac{S}{b_0d} \leq \text{心材の許容せん断応力度または心材と合板の接着部の許容せん断力}$$

但し、M=最大曲げモーメント

S = 最大せん断力

b = 合板の巾

t = 合板の厚さ

b<sub>0</sub> = 心材の巾の合計

d = 上下面の合板の間隔

§ 4. 鋼製足場板

4-1 試験材

図 12 に足場の全景を示す。

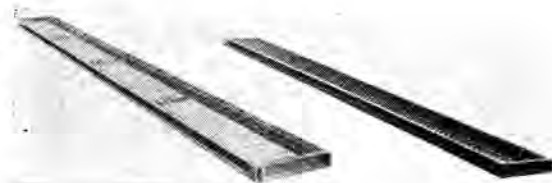


図 12

表 5

型式	長さ (mm)	巾 (mm)	枠材の寸法			重量 (kg)
			高さ (mm)	巾 (mm)	厚さ (mm)	
A 型	4000	300	65	30	2.6	33
E 型	4000	300	40	20	1.6	18

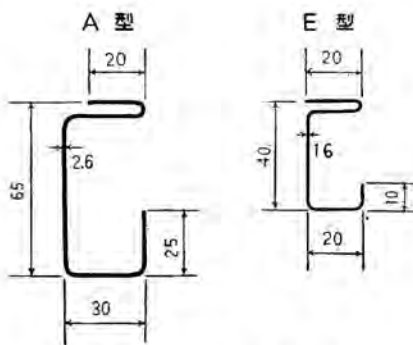


図 13 枠材断面

枠材である軽量形鋼の大きさによって A 型と E 型があり、その主要寸法は表 5 の通りである。

図 13 に枠材の断面を示し表 6 に断面の諸係数を示す。

表 6

型式	断面積 (cm <sup>2</sup> )	図心位置 中央より上へ (mm)	断面二次 モーメント (cm <sup>4</sup> )	断面係数 (cm <sup>3</sup> )	単長重量 (kg/m)
A 型	3.91	0.57	22.15	6.70	3.04
E 型	1.56	1.56	3.64	1.67	1.22

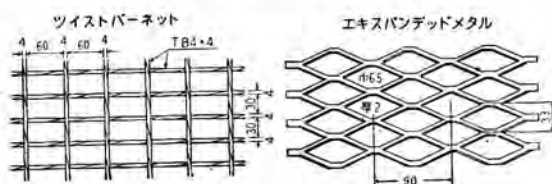


図 14 金網

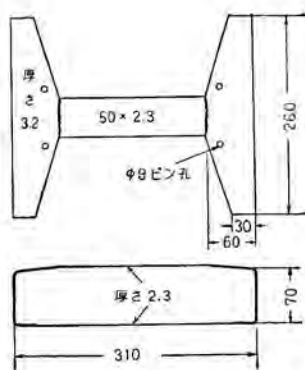


図 15

表 7

試験 No.	試験の種類	試験材	スパン (m)	荷重
1	足場板の曲げ試験	A型エキスパンデッドメタル	3.5	長さ200mmの分布中央荷重
2	〃	A型ツイストバーネット	〃	〃
4	〃	E型エキスパンデッドメタル	1.8	〃
5	〃	〃	〃	〃
3	接手の曲げ試験	A型接手	3.5	長さ200mmの分布中央荷重
6	〃	〃	3.5	長さ40mmの分布中央荷重
7	金網の強度試験	A型エキスパンデッドメタル	0.935	長さ245mm巾189mmの分布荷重
8	〃	E型エキスパンデッドメタル	〃	〃
9	〃	A型ツイストバーネット	〃	〃
10	〃	〃	〃	〃

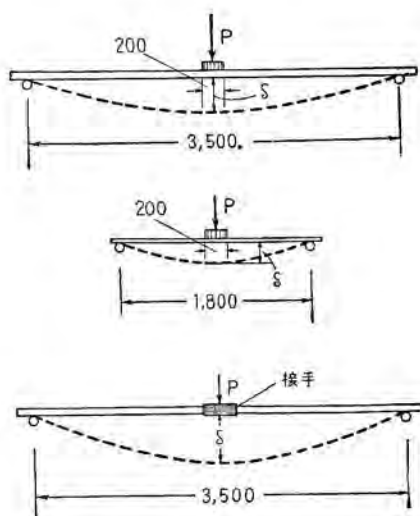


図 16

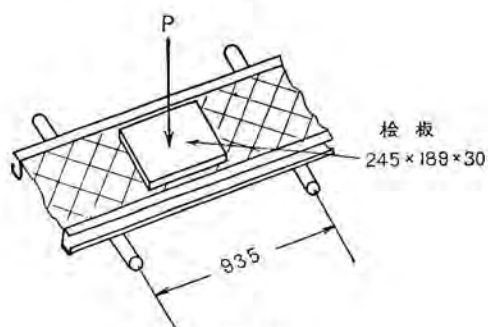


図 17

図 14 に金網の詳細を、図 15 に接手の詳細を示す。試験の種類は表 7 の通りである。

#### 4-2 試験方法

足場板および接手の曲げ試験は図 16 に示す通りで、1 の集成材の時と同じ方法によつている。

鉄網の強度試験は図 17 に示すように 245×189 mm の面積に分布させた荷重をかけた。この面積は人間が両足を揃えたときの底面積に近い値である。また図 20 に試験状況を示す。

#### 4-3 測定結果

図 18 に足場板の荷重と撓みの関係を、図 19 に接手の荷重と撓みとの関係を示す。

表 8 は足場板の試験結果を示すものである。



図 20 載荷状況 (No. 2)

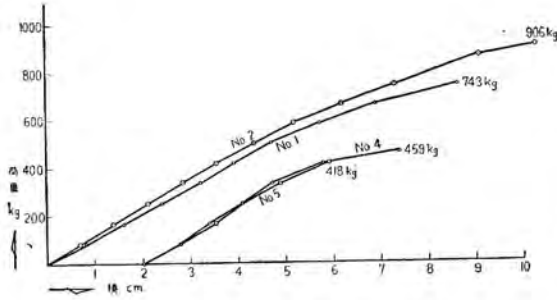


図 18 鋼製足場板の荷重—撓線図

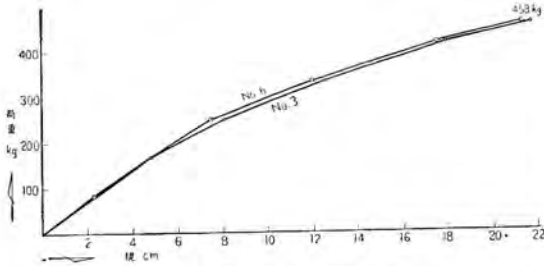


図 19 鋼製足場板の接手の曲げ試験の荷重—撓線図

表 9

試験 No.	荷重 (kg)			撓 (cm) み	
	3 cm の撓のとき	降伏	最大	降伏	最大
3	104	200	459	5.9	21.8
6	107	230	459	6.4	21.4
A型	335	435	868	—	—

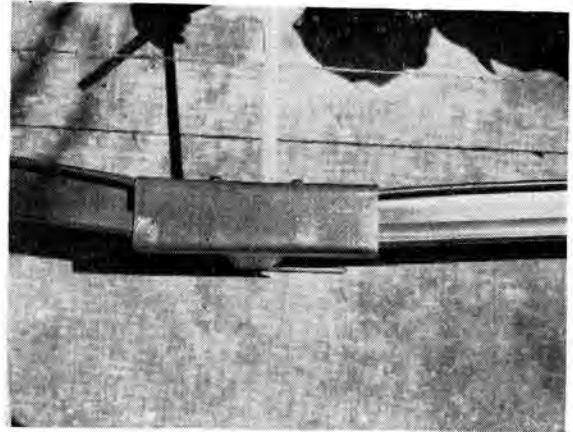


図 21 接手の変形状況

表 8

試験 No.	荷重 (kg)		撓み (cm)		材の曲げ応力度 (kg/mm <sup>2</sup> )		剛度 (EI 10 <sup>6</sup> kg-cm <sup>2</sup> )
	降伏	破壊	降伏	破壊	降伏	破壊	
1	450	743	4.3	8.67	28.5	47.1	93
2	420	906	3.6	10.3	26.6	57.5	104
4	240	459	2.0	5.4	30.6	58.5	14
5	220	418	1.9	4.9	28.1	53.3	14

表 10

試験 No.	荷重 (kg)		降伏時の撓み (mm)
	降伏	最大	
7	702	988以上	14
8	250	899	10
9	418	1030以上	7
10	621	//	11

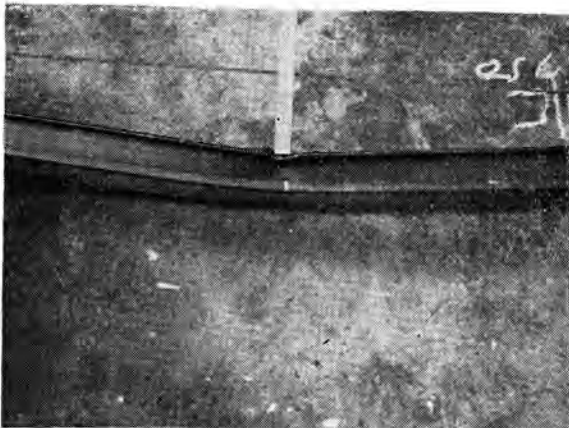


図 22 局部座屈

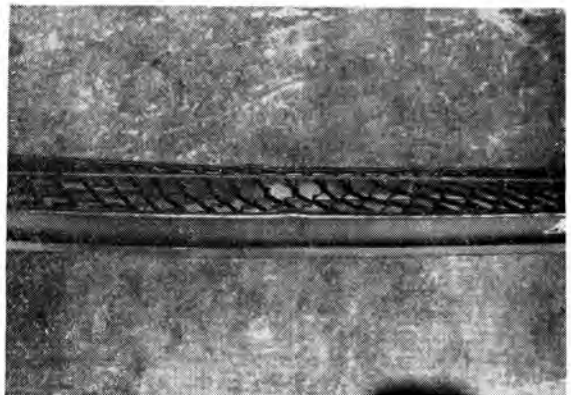


図 23 金網の変形状況

破壊時においてA型は単に曲げられた状態であるが、E型は局部座屈した(図22)。これはフランジの巾に比べて肉厚が薄いためと思われる。

表9はA型の接手の試験成績である。

なおこの接手はガタのため  $\frac{\text{スパン}}{60}$  の元撓みがあった。

図21に接手の変形状況を示す。

表10に鉄網の試験の成績を示す。

No.8は枠自体の撓めがかなり大きいので、降伏荷重は余り明瞭でない。No.8を除いて網および溶接部に異常はなかつたが、No.8のみはやや溶接部が外れかかっていた。

図23はNo.8の変形状況である。

#### 4-4 結果の考察

強度を重量の等しい61×300mmの杉板と比較するとやや強い程度であるが、剛性は高く約2.4倍ある。これがこの足場の一番大きな特徴であろう。

この足場板の曲げ強度の計算としては次式から算出すればよい。

$$\frac{M}{2Z} \leq 14 \text{ kg/mm}^2$$

但し  $M$  = 最大曲げモーメント

$Z$  = 軽量型鋼1ヶの断面係数

また曲げ剛度  $EI$  もほぼ計算値と一致している。

接手は足場板自体と比較すると強度において約 $\frac{1}{2}$ 、剛度において約 $\frac{1}{3}$ になっているので問題がある。このままでは単純梁に用いることはできないが、連続梁のときは、ガタが大きいためせん断力および軸方向力のみを伝えるヒンジとして使用することができる。しかしこの場合もスパンの中間に位置させずに支点近くに位置させることが望ましい。

鉄網およびその溶接部には問題がない。

#### あとがき

以上の報告のように静的な荷重に対する曲げ強度については、いずれの足場板も単一材の杉板と同等かそれ以上の強度を有し、剛度もかなり高いものもあるが、耐久性なかならず長期間使用したときの収縮膨脹による接着部の強度および変形、また乱暴に扱つたり衝撃を与えたりしたときの局所的な損傷および変形等については、実際に使用してブラクチカルデータが得られた後でないと何とも云えない。