

# 経年合板足場板の強度検査について

脇坂達也 林好正

## On Strength Tests of Aged Scaffolding Boards of Plywood

Tatsuya Wakisaka Yoshimasa Hayashi

### Abstract

Scaffolding boards of plywood are used in great quantities nowadays, and their ageing is conspicuous because of utilization under severe service conditions. As extension of their service lives is demanded from the viewpoints of lowering cost and conservation of resources, in addition to ensuring of safety, non-destructive tests play important parts in judging the qualities of old scaffolding boards. The actual states of the qualities of aged plywood scaffolding boards inspected at the Company's Machine Parts Center and results of bending tests are described in this report. The appropriateness of strength test criteria is estimated from these results.

### 概要

合板足場板は今日建設現場で多量に使用されているが、屋外など厳しい環境条件下で使用されるため、品質の経年劣化が著しい。安全確保の要求に加えて、工事費低減や省資源の観点から耐用年限の延長が要求されるので、転用に先立って経年足場板の品質を判定する非破壊検査の果たす役割は非常に大きい。当社は機材センターにおける経年合板足場板の検査方法について見直しを行なった。本報では、強度検査に関する調査・試験の結果とそれに基づいて検討した検査基準の妥当性について述べる。

## 1. まえがき

合板足場板は今日建設現場で多量に使用されているが、屋外工事や地下工事など厳しい環境下で使用される機会が多く、品質の経年劣化が著しい。主要材料としてアピトン、カポール類の木質材料を、接着剤としてフェノール樹脂を用いており、その耐久性は一般に高いと考えられているが、雨水や日射による乾湿の繰返しや温度変化を受けると、その強度特性は漸次低下する。また、現場での加工が容易なため、使用に伴う切欠、切込、貫通孔など強度低下を招く欠点を有していることが多い。足場板は人命を預るものであり、その品質の適正な管理は安全性を確保する上で重要である。

安全確保の要求に加えて、工事費低減や省資源の観点から合板足場板の耐用年限の延長も要求されるので、転用に先立って経年合板足場板の品質を判定する非破壊検査の果たす役割は非常に大きい。

昭和55年に、当社は東京機材センターにおける合板足場板の検査方法について見直しを行なった。東京機材セ

ンターでは、現場から返却された足場板の品質を、外観検査、しごき検査（一種の官能検査）および強度検査により判定し、合格品のみ転用している。今回、これらの検査方法全般にわたって見直しを行なったが、本報では、強度検査に関する調査・試験の結果とそれに基づいて検討した検査基準の妥当性について述べる。

## 2. 経年合板足場板の品質に関する実態調査

### 2.1. 調査目的と方法

経年合板足場板の品質低下の実態を把握することを目的として、昭和55年5月6日～22日に機材センターにおいて、19現場（土木11、建築8）から返却された約2,500枚の合板足場板（28×240×4,000 mm）に対して強度検査を実施し、併せて品質に関する特性値の測定を行なった。機材センターの強度検査基準は表-1に示す通りである。

強度検査における加力は、チェックマシンによりスパン3 m、両端単純支持中央集中載荷、荷重70 kgで実施した（写真-1参照）。撓みの他に、合板足場板の含水

率、重量などを測定した。

### 2.2. 調査結果と考察

調査足場板の強度検査時の撓み（以下では、単に撓みと称す）、重量、自重撓みおよび含水率の概要を表一2に、撓みのヒストグラムを図一1に示す。撓みはほぼ正規分布をなし、平均値が98mm（曲げヤング係数に換算すると、 $104 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ に相当）、その内12mmが自重撓みである。調査合板足場板約2,500枚の内、80%は撓みが適合基準110mm以下で合格品、20%が基準を越えた不合格品であった。

調査足場板は昭和49年～55年の7年間に購入されたものである。購入年別に層別した合板足場板の品質を表一3に示す。明らかに経年劣化の傾向が認められ、購入年の古い足場板ほど撓みが大きく、強度検査の不合格率も高い。各年の撓み平均値間の差は、約4mmであり、高度に有意である。撓みのバラツキは各年ほぼ一定であるが、かなり大きいので、足場板個々の品質を購入年のみで判定するのは危険である。昭和54年以前では、含水率に購入年別の差は認められないが、重量については古くなるにつれて減少の傾向がある。

撓みの説明変数として含水率、経年数および重量を選び、重回帰分析を行なった結果、次の重回帰式を得た。重回帰係数は高度に有意であり、重相関係数は0.56である。

$$\delta = 205 - 5.7W + 3.6Y + 0.23W_c \quad \dots\dots\dots(1)$$

但し、 $\delta$ : 撓み (mm), W: 4m 足場板の重量 (kg), Y: 経年数 (年),  $W_c$ : 含水率 (%)

各重回帰係数は高度に有意であり、寄与の度合は、含水率、経年数、重量の順で高くなる。含水率や重量の強度特性との関係は後に詳しく検討する。

調査合板足場板は19現場から返却されたものであるが、検査枚数が100枚以上あった14現場（土木7、建築7）の足場板について、現場による品質の差を検討した。強度検査の不合格率は、最大で29%、最小で8%を示したが、購入年の古い足場板が多い現場ほど不合格率が高くなっている。なお、現場の性格による品質の差異はほとんど認められない。

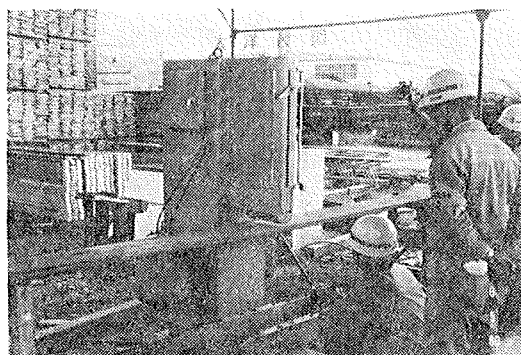
### 3. 合板足場板の曲げ試験

#### 3.1. 目的

合板足場板の含水率、重量および検査荷重の繰返し曲げヤング係数、比例限界、曲げ強度などの強度特性に及ぼす影響の解明、強度特性間の相関関係の再確認およびこれらの結果に基づいて現行の検査基準を評価することを目的として、合板足場板の曲げ試験を行なった。

#### 3.2. 試験体

合板足場板（28×240×4,000mm）の新品9枚（第I



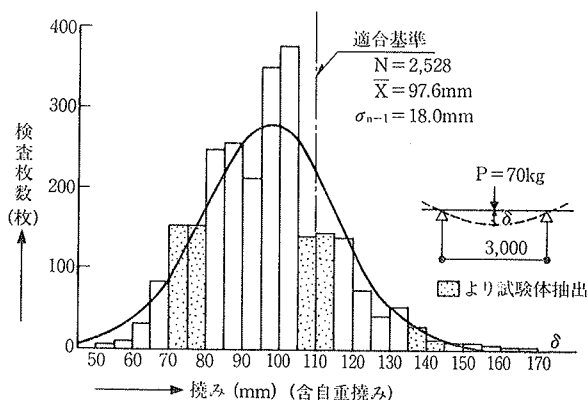
写真一1 チェックマシンによる強度調査

加力方法	足場板(mm)	スパン(mm)	荷重(kg)	支持・加力条件
	28×240×2000	1500	150	両端単純支持
	28×240×4000	3000	70	中央集中加力
適合基準	1. 破壊するもの 2. バリバリと音を発するもの 3. 接着層で剪断破壊するもの 4. 撓み(自重撓みも含む)が下記の値を越えるもの 2m足場板:30mm, 4m足場板:110mm			
品質の判定	適合基準のいずれの項目にも該当しないものを合格とする			

表一1 合板足場板の強度検査基準

特性値	サンプル数(枚)	平均値	標準偏差	最大値	最小値	備考
撓み	2528	97.6 mm	18.0 mm	230 mm	51 mm	110mm以下79.6%
重量	1173	21.7 kg	1.5 kg	27 kg	18 kg	調査1日目のデータ
自重撓み	1144	11.5 mm	4.1 mm	40 mm	2 mm	同上
含水率	2528	29.4 %	10.9 %	40 %	2.3 %	35%を超えるものは40%とした

表一2 調査足場板の品質の概要



図一1 強度検査結果と試験体の抽出

購入時期	サンプル数(枚)	撓み (mm)		強度検査不合格率(%)	平均含水率 (%)	平均重量 (kg)
		$\bar{x}$	$\sigma$			
昭和55年	171	86.9	15.9	7.0	17.6	20.6
54年	683	90.8	16.2	9.8	30.1	22.4
53年	527	94.6	15.5	14.8	30.9	22.2
52年	326	103.6	17.5	25.8	30.4	21.7
51年	258	108.1	16.4	39.5	28.7	21.7
50年	86	106.3	15.7	34.9	29.0	21.7

表一3 購入年別の足場板の品質

群と称す)と経年品27枚を各々3等分し、その含水率を10~15%, 20~30%, 50~60%に調整した後、すべて半分に切断し、一方を曲げ試験、他方を繰返し曲げ試験の試験体とした。

経年品については、前述の強度検査で、撓みが70~80 mm, 105~115 mm, 135~145 mm と測定された足場板の中から各々9枚ずつ無作為に抽出し、それぞれを第II群、第III群および第IV群とした。なお、第II群は合格品、第III群は適合基準近傍のもの、第IV群は不合格品である(図-1参照)。

3.3. 試験方法

(1) 含水率の測定方法

含水率が30%以下の足場板に対しては木材水分計(Kett製MT-8A型)を用い、足場板の両端と中央の3ヶ所で測定した。30%を越えるものに対しては、試験体の一部を切断し、全乾重量法により含水率を測定した。

(2) 曲げ試験方法

スパンは1.5 m, 両端単純支持集中加力とし、オートグラフDSS 5000を用い、試験速度200 mm/分(JASで規定する荷重速度毎分150 kg/cm<sup>2</sup>に相当)で破断まで加力した(写真-2参照)。

(3) 繰返し曲げ試験方法

集中荷重150 kg(強度検査荷重に相当)を試験速度500 mm/分(強度検査時の速度に相当)で15回連続載荷し、引続き(2)に準じて曲げ試験を行なった。

3.4. 結果と考察

(1) 含水率と単位重量が強度特性に及ぼす影響

含水率が曲げヤング係数に及ぼす影響を図-2に、曲げ強度に及ぼす影響を図-3に示す。

試験体の第I群と第II群については、含水率と曲げヤング係数との間に有意な(危険率5%)、また曲げ強度との間には高度に有意な(危険率1%)負の相関がある。第III、IV群については曲げヤング係数、曲げ強度のいずれに関しても相関は認められない。含水率と比例限界との間には、曲げ強度との関係よりも高い相関が認められている。

曲げヤング係数および曲げ強度の説明変数として、単位重量および含水率を選び、それぞれ重回帰分析を行なったところ、(2)および(3)の重回帰式を得た。回帰関係は高度に有意であり、重相関係数はそれぞれ0.72および0.70である。

$$E = -40 + 36W_u - 1.6W_c \quad \dots\dots(2)$$

$$\sigma_b = -100 + 149W_u - 8.4W_c \quad \dots\dots(3)$$

但し、E: 曲げヤング係数(×10<sup>3</sup> kg/cm<sup>2</sup>)、σ<sub>b</sub>: 曲げ強度(kg/cm<sup>2</sup>)、W<sub>u</sub>: 単位重量(kg/m)、W<sub>c</sub>: 含水率(%)

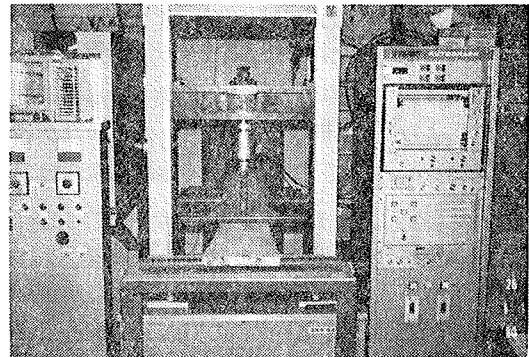


写真-2 試験体の曲げ強度試験

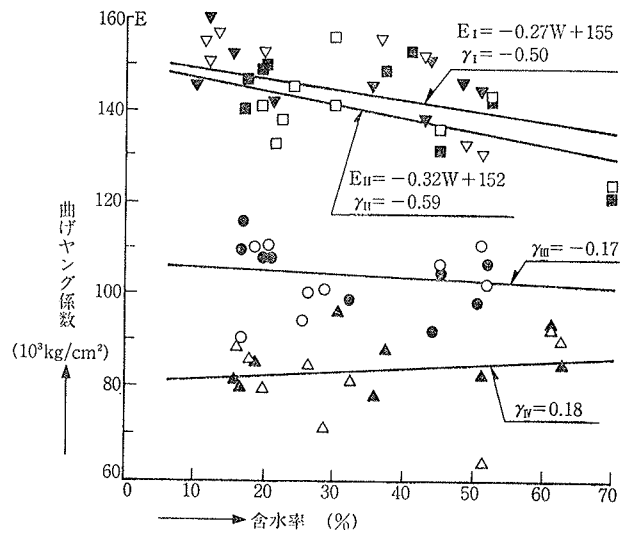


図-2 曲げヤング係数への含水率の影響

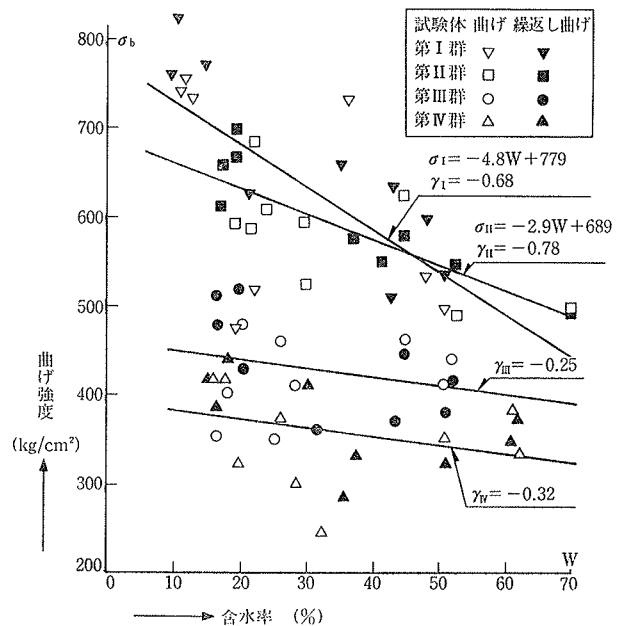


図-3 曲げ強度への含水率の影響

各回帰係数は高度に有意であり、寄与の割合は、含水率より単位重量の方が高い。この傾向は、前述の実態調

査の結果と一致している。

含水率と単位重量との関係は図-4に示す通りで、両者間の相関は高い(相関係数: 0.73)。さらに群別で分析すると、より高い相関が得られる。強度特性が劣化している足場板ほど、同一の含水率で比較した場合、単位重量は小さい。

(2) 繰返し荷重が強度特性に及ぼす影響

表-4に示す通り、曲げ試験および繰返し曲げ試験による強度特性の平均値は、後者の方が若干大き目の値を示しているが、両者の間に有意な差は認められない。なお、繰返し荷重 150 kg による曲げ応力は 179 kg/cm<sup>2</sup> であり、第III群の比例限界の最小値(191 kg/cm<sup>2</sup>)より低い。

(3) 強度特性間の関係

曲げヤング係数と曲げ強度との間には、図-5に示すように高度に有意な相関が認められ(相関係数: 0.88)、回帰式として(4)式を得た。

$$\sigma_b = -7.2 + 4.3 \times 10^{-3} E \quad \dots\dots(4)$$

なお、昭和53年の強度試験(N=45)からは相関係数0.72で、

$$\sigma_b = -12 + 4.7 \times 10^{-3} E \quad \dots\dots(5)$$

なる回帰式を得ている。(4)式の直線の傾きは(5)式のそれに比べて低くなっており、60~160×10<sup>3</sup> kg/cm<sup>2</sup>の曲げヤング係数の範囲では、同一の曲げヤング係数に対する曲げ強度は、今回の方がやや低めになっている。

曲げ強度と比例限界との間にも図-6に示すように、高度に有意な相関が認められ(相関係数: 0.85)、回帰式として(6)式を得た。

$$\sigma_o = -14 + 0.58 \sigma_b \quad \dots\dots(6)$$

但し、 $\sigma_o$ : 比例限界 (kg/cm<sup>2</sup>)

前回の強度試験からは、相関係数0.86で、

$$\sigma_o = 7.0 + 0.48 \sigma_b \quad \dots\dots(7)$$

なる回帰式を得ている。(6)式の直線の傾きは(7)式のそれに比べて大きく、200~800 kg/cm<sup>2</sup>の曲げ強度の範囲では、前回の結果に比べて、同一の曲げ強度に対する比例限界はやや低めになっている。

4. 強度検査基準について

安全率を労働安全衛生法の最大許容応力(165 kg/cm<sup>2</sup>)に対する曲げ強度の適合基準の比として指定すると、以上の試験結果を利用することにより、強度検査における荷重と撓みの適合基準を決めることができる。その手順を下記に示す。

- (1) 安全率を指定する: 安全率 ( $\nu$ ) を 2 とする。
- (2) 曲げ強度の適合基準を計算する:

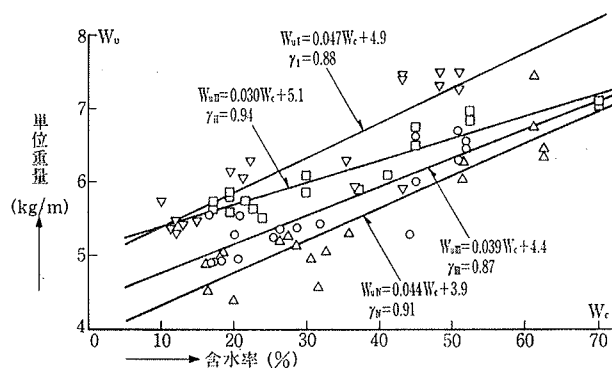


図-4 含水率と単位重量との関係

試験体 試験方法	第I群		第II群		第III群		第IV群	
	曲げ	繰返し曲げ	曲げ	繰返し曲げ	曲げ	繰返し曲げ	曲げ	繰返し曲げ
曲げヤング係数 (10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup> )	$\bar{x}$ 147	148	140	143	103	105	81.7	85.4
	$\sigma_{n-1}$ 11	6.2	9.1	9.9	7.3	7.2	9.4	6.1
比例限界 (kg/cm <sup>2</sup> )	$\bar{x}$ 339	348	308	315	236	250	203	222
	$\sigma_{n-1}$ 143	123	68	75	30	44	51	29
曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	$\bar{x}$ 614	656	578	597	418	434	348	367
	$\sigma_{n-1}$ 122	108	64	67	46	60	55	50

表-4 強度特性への繰返し荷重の影響

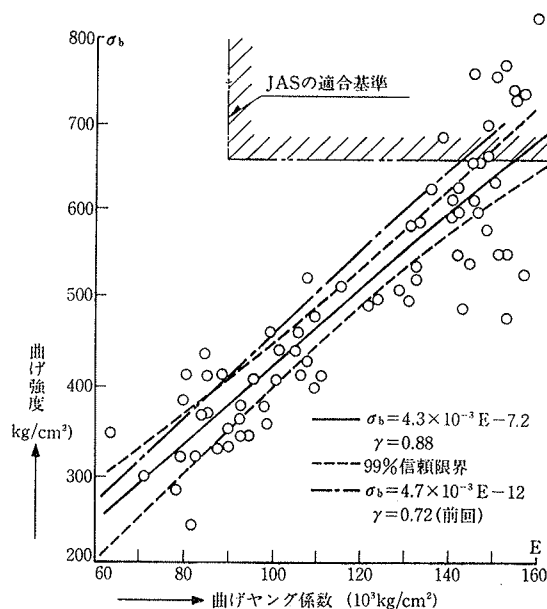


図-5 曲げヤング係数と曲げ強度との関係

$$\sigma_b = 165 \quad \nu = 330 \text{ kg/cm}^2$$

(3) 曲げヤング係数を図-5より求める: 母回帰式の99%信頼限界下限値を安全側として採用すると、

$$E = 87 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$$

(4) 比例限界を図-6より求める:

$$\sigma_o = 180 \text{ kg/cm}^2$$

(5) 検査荷重を定める: 比例限界を越えない範囲で検査荷重(P)を求める。2 m 長さの合板足場板の場合、比例限界荷重は

$$P = 4 Z \sigma_o / l = 151 \text{ kg}$$

であるから、検査荷重を 150 kg とする。但し、Z は断面係数 (31.4 cm<sup>3</sup>)、l はスパン長 (1.5 m) である。

(6) 撓みの適合基準を決定する：検査荷重(P)に対する撓み(δ)は、

$$\delta = Pl^3 / 48 EI = 2.76 \text{ cm}$$

であるから、適合基準を 27 mm とする。但し、I は断面二次モーメント (43.9 cm<sup>4</sup>) である。

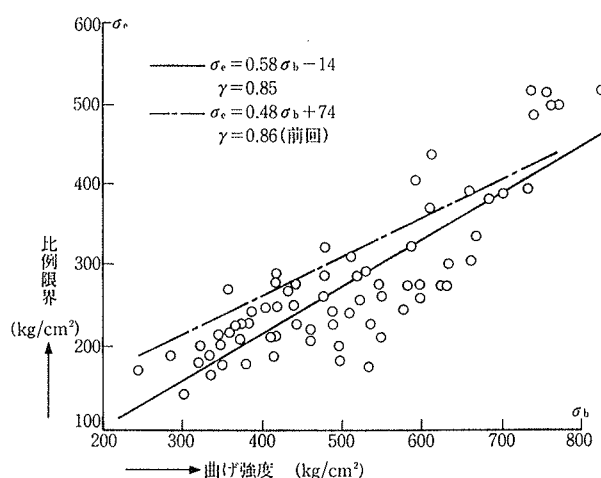
この場合には検査荷重による曲げ応力は合格品の比例限界を越えないであろうから、品質に及ぼす検査荷重の悪影響は考えられない。また、曲げ強度が 330 kg/cm<sup>2</sup> 近傍の合板足場板は含水率に余り影響を受けないので、検査荷重を含水率により補正する必要もない。同様にして、長さ 4 m の足場板に対する適合基準も定めることができる。

当社では、2 年前に現在の強度検査基準(表一 1 参照)を定めたが、今回の試験結果により、2 m 合板足場板の適合基準を多少厳しくする以外は、現行基準のままで良いと判断した。これまで合板足場板の品質低下に帰因する事故は皆無であり、また現場から返却された足場板の不合格品を代表させた第IV群の曲げ強度の最小値が労働安全衛生法の最大許容応力 165 kg/cm<sup>2</sup> を大幅に上回ることから、この強度検査基準により経年足場板の品質を十分保証できるものとする。

## 5. まとめ

調査の結果、判明したことをまとめると、下記の通りである。

- (1) 経年劣化の傾向は明らかに認められる。
- (2) 現場から返却された足場板は、約20%のものが強度検査により不合格となる。
- (3) 撓みに対して、経年数、重量の順で影響度が高くなり、重量が軽いほど、また経年数が多いほど、撓みは大きい。
- (4) 強度特性(曲げヤング係数、比例限界、曲げ強度)に及ぼす含水率の影響は、経年劣化した足場板では認められないが、新品および余り劣化の進んでいない足場板



図一6 曲げ強度と比例限界との関係

ではその影響が認められた。

(5) 強度特性に対して、含水率、単位重量の順で影響度が高くなり、単位重量が大きいほど、また含水率が低いほど、強度特性は優れている。

(6) 比例限界を越えない検査荷重を採用すれば、その繰返しにより足場板の強度特性は影響を受けない。

(7) 強度特性間には、各々高い相関があり、その回帰関係に再現性がある。

(8) 現在の強度検査基準の妥当性はほぼ立証された。

以上、経年足場板の強度検査に関する調査・試験の結果とそれに基づく強度検査基準の評価について述べた。当社においては、このような強度検査の他に、外観検査としごき検査を併用することにより、検査の精度をより一層高め、経年合板足場板の品質保証に万全を期している。

この調査は、東京本社資材部、同建築本部工務部、東京機材センターおよび技術研究所の協力の下に行なわれた。

## 参考文献

- 1) 労働安全衛生規則第563条
- 2) 足場用合板の日本農林規格 (JAS)