

# 経年仮設材の品質管理に関する研究

高田博尾

## § 1. はじめに

建設工事現場では、多くの仮設材を使用している。近年、これらの仮設材が原因と思われる事故が続いて発生した。原因を調査したところ、事故の本質は、直接の原因となった個々の仮設材の耐力不足にあるのではなく、「仮設材の品質管理の不足」にあることが分かった。すなわち、建設工事に使用する本設材の諸設備は、設計時に要求品質が明確にされており、かつ工事時にも品質が厳しくチェックされているのに対して、仮設工事で使用する材料は、転用して使用しているにもかかわらず合理的な品質管理方法が提案されていないのが実情である。

そこで、仮設材の品質に関して、工事現場で使用中の仮設材の品質の現状および品質管理の状況について調査して実態を明らかにし、その情報を踏まえて合理的な品質管理方法を提案し、さらに今後の問題点を明らかにすることにした。

## § 2. 仮設材の品質と品質管理

仮設材や仮設工事を規制しているものに、労働安全衛生法、日本工業規格(JIS)、日本農林規格(JAS)、JASS-2および建設業労働災害防止規程や仮設機材認定基準などがある。

仮設材を製造する際には、これらの法規等の規制を受けるので、一応の性能を有した製品が市場に出回る。しかし、いずれの仮設材も建設現場で長期間繰り返し使用しているうちに、図-1に示すように耐力が漸次低下していく。

このような仮設材の耐力の低下は、足場の倒壊、コンクリート打設の際の床型わくの崩れなど、建設工事の管理上きわめて困難な事態を引き起こすことになる。

一方、現在建設工事現場で使用している仮設材には、  
①足場板や、サポートなど、使用目的が明確であるも

の、

②チェーンやクランプなど、小型で著しく汎用性があるもの、

③現場係員の創意工夫から改善・改良したもの、

など多くの種類の材料が使用されているし、

④1つの工事で使う物量も多い、

⑤材料に加わる外力は一定でなく、相当のばらつきを持っている。

これらの要因がふくそうしているために、仮設材全般の管理を著しく困難にしている面も見落せない。

以下に、現在建設現場で使用している仮設材の品質とそれらの仮設材をどのように品質管理しているかを調査した例を示す。

### 2.1 品質の現状

建設現場で使用している多くの仮設材の中から、鋼製仮設材の例としてわく組足場用建わく(使用経歴不明)を、また木製仮設材の例として合板足場板(使用年数0.5~4年)の調査例を示す。

#### 2.1.1 わく組足場用建わくの品質

わく組足場用建わくの品質に影響を与える主な欠陥としては、さびの発生(肉厚の減少)、打痕、建わくの形状ひずみがある。これらの中で、特にさびと打痕の発生は建わくの耐力低下に大きく作用する。

##### 1) さび

###### (a) さびの発生状況

経年建わくのさびの発生状況を、超音波厚み計を使用して測定した結果を図-2に示す。測定の結果、建わく

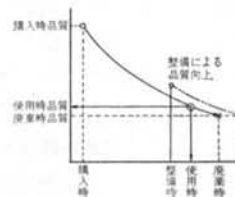


図-1 経年による品質低下概念

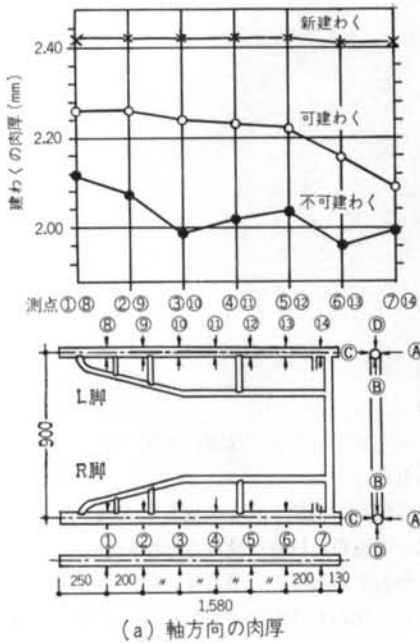


図-2 建わくの肉厚

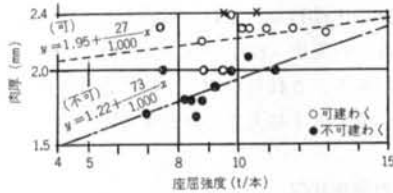


図-3 建わく中央部肉厚(③~⑤, ⑩~⑫)と座屈強度の主管の円周方向・軸方向ともに肉厚の変化に有意性が認められる。この原因としては建わくの形状が考えられる。すなわち、工事現場ないし資材センターでは使用前あるいは使用後に建わくを平置きするか、逆に斜めに立てて仮置きする。試験に用いた材料は建わくの頭部が水封に設計されており、ここに水が溜まり、さびの発生を促していると考えられる。また、斜めに立てて仮置きした場合には、BC方向に空気と水との接触面が生

試験体	肉厚 (mm)				
	平均値 ( $\bar{x}$ )	標準偏差 ( $\sigma$ )	最大値 ( $x_{max}$ )	最小値 ( $x_{min}$ )	範囲 (R)
新建わく	2.42	0.05	2.50	2.30	0.20
可建わく	2.20	0.12	2.38	1.97	0.41
不可建わく	1.97	0.14	2.20	1.80	0.40

表-1 建わく肉厚

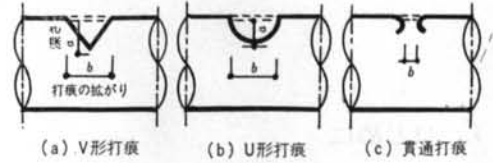


図-4 打痕の形状

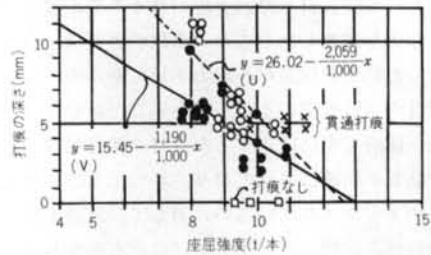


図-5 打痕の深さと座屈強度

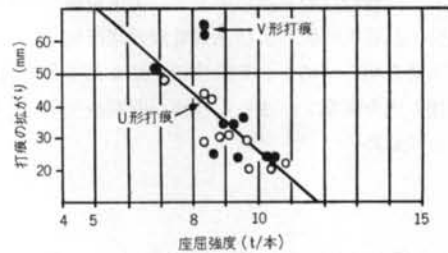


図-6 打痕の拡がりと座屈強度

じ、さびの成長を促すことになる。このさびの発生に方向性が認められる事実は、建わくの品質管理上重要な点である。

(b)新品と経年建わくの肉厚の違い

製作直後の「新建わく」と、資材センターで品質管理をしたさい「可」と判定した経年建わくおよび「不可」と判定した経年建わくの肉厚を表-1に示す。

「新建わく」に対して経年建わくの肉厚の減少は明らかである。特に「不可」と判定した建わくの中には、肉厚が1.80mmの材もあり、0.6mmの減少となっている。建わくを建設現場の屋外で使用する機会が多いこと、管内の防錆処理がなされていないこと、さらに10~15年以上運用していることなどを考慮すると、特にさびの発生が著しいとはいえない。

(c)さびの発生量と座屈強度

わく組足場用建わくの主な機能は、軸方向圧縮力に対する座屈耐力である。さびの発生量(肉厚)と座屈耐力との関係を図-3に示す。

肉厚については建わく全体の肉厚の平均値や、頭部や脚部の肉厚の平均値などについても検討したが、中央部分の肉厚の平均値が座屈強度と最もよく相関する。この事実も、建わくの品質管理上重要な点である。

2) 打痕

(a)打痕の発生状況

現場で使用中の経年建わくの打痕について調査したが、打痕の形状・深さ・発生箇所などにおおむね有意性が認められるものの、解析するにはばらつきが大きすぎる。そこで現物調査の際、比較的多く発生していた図-4に示すようなV形・U形および貫通の打痕を新しい建わくに強制的に刻み込んで、打痕と座屈強度との相関性を検討した。

打痕の位置、および数量と深さについては、座屈強度に最も強く影響すると考えられる建わくの中央部、および上部と下部に2~6個の打痕を4種類の深さに分けて実験した。

(b)打痕と座屈強度

打痕の形状・深さ・規模と座屈強度との関係を、図-5、図-6に示す。V形打痕・U形打痕ともに座屈強度に大きな影響を及ぼすが、5mmφ程度の貫通打痕はほとんど座屈強度に影響を与えない。次に、打痕の軸方向の広がり座屈強度を著しく低下させる。建わくの座屈耐力8t/枠を目安としたさいのV形およびU形打痕の許容深さは各々5mm、9mmであり、打痕の広がり座屈耐力はV形打痕・U形打痕ともに40mm程度である。これらの打痕を受けた建わくは、軸方向力を載荷した際に水平方向のたわみ量がかなり大きくなることに注意する必要がある。また同一規模の打痕でも、位置が中央部にある場合には脚

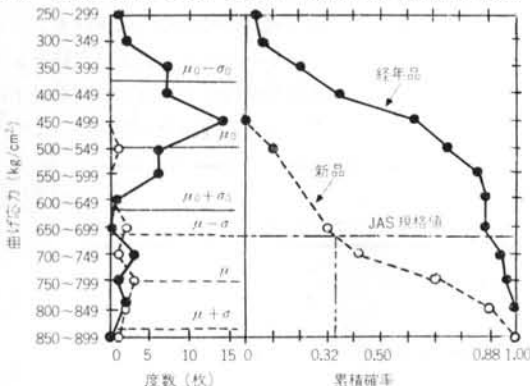


図-7 合板足場板の曲げ応力

部や頭部にある場合よりも当然座屈強度は低くなる。さらに、細い打痕が数多くある場合よりも、規模の大きな打痕が1つある場合のほうが座屈強度の低下を引き起こしやすい。

3) 形状ひずみ

現物で調査した結果、建わくの欠陥にはさび・打痕のほかに、形状のひずみ(わく高、わく幅、脚部の開き、直角度などのひずみ)も見られた。この欠陥は、通常の現場で使用している程度のひずみであれば、座屈強度の明確な低下は認められない。ただし、わくのねじれはわずかなひずみの増加により、急激な座屈強度の低下が起こる可能性を内在しているので注意を要する。

2.1.2 合板足場板の品質

経年合板足場板の品質に影響を与える主な欠陥には、合板の品質劣化(プライの接着剤の品質劣化も含む)、雨水の浸水、合板のプライ切断に至る各種の欠陥(のこ目、くぎ穴、くされ、打ち傷など)がある。これら欠陥の中で、合板の品質劣化は簡便に定量的に把えることが困難である。

1) 新しい合板足場板と経年合板足場板の品質の違い

新材と経年材の品質の差を、曲げ耐力で比較した例を図-7に示す。

新材と比較して経年材の品質低下は明白である。JASで規定する曲げ応力度660kg/cm²に不合格となる率は新材で32%あり、経年材では88%にも達する。この事実は、早急の品質管理を必要としていることを示している。

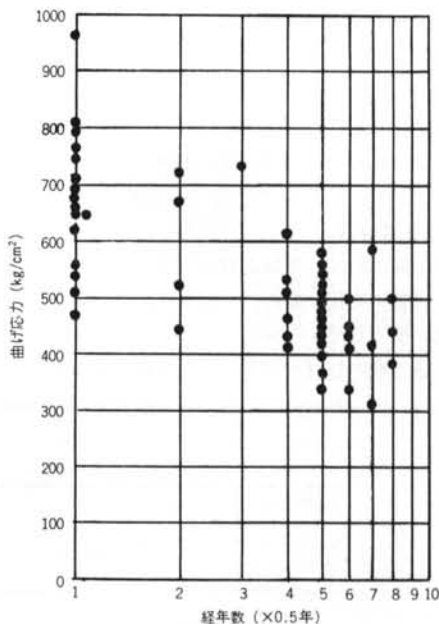


図-8 合板足場板の経年による耐力低下

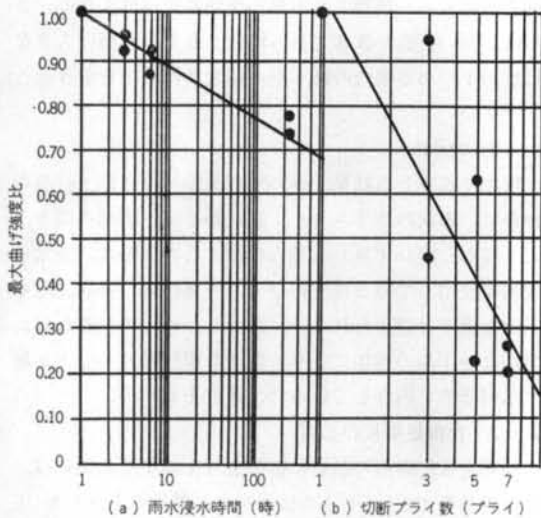


図-9 合板足場板の欠陥と品質低下

2) 合板足場板の使用年数と品質低下

合板足場板も、屋外等の環境条件がきわめて劣悪な場所で使用する機会が多く、品質が急速に低下していく。

図-8に、使用年数と品質低下の関係を示す。図から明らかのように、経年数と品質低下は比較的高い相関性を示す。なお、一定の使用年時における品質の分布を、正規分布に近似させることにより、簡便で精度の高い品質管理が可能となるが、これについては後述する。

3) 雨水の浸水時間、切断プライ数と品質の低下

屋外で使用中の合板足場板は、雨水が浸水した際や、敷板として使用中に重機等が通過して合板に損傷を与えた際にも品質低下をきたす。図-9に、これらの場合の品質低下を示す。なお、合板足場板の部分的な切込みや小孔貫通、あるいは表単板の部分的なはがれなどが原因となる耐力の低下は少ないようである。

2.2 品質管理

長期間にわたって仮設材を使用していると、さび、打痕、材質の劣化、摩耗、打ち傷などが発生して仮設材の品質が低下していく事実については、仮設材のリース会社、建設業の資材センター、工事現場の係員・作業者に

至るほとんどが気付いている。現場の係員は、日常そのような問題に直面した際には仮設材の使用量を多くするか、仮設材の品質がきわめて劣悪と判断したものについては、耐力を必要としない箇所に転用する等の対策をとっている。しかし、経年仮設材に関する具体的な品質管理基準がないために、安全性に対する不安感から過剰な対策をとったり、あるいは過信から対策時期を失ったりしているのが実情であろう。前述の経年仮設材の品質の現状を調査した際に、品質管理の現状についても調査した。

2.2.1 わく組足場用建わく

わく組足場用建わくは、通常現場で保有・管理している例は少なく、リース会社や資材センターで管理している。品質管理の方法は、超音波厚み計等の機器を使用して管の内厚や各部の寸法・形状等を測定している例はわずかであり、多くは目視ですませるか TESTINGハンマー等で打撃して打音と手に伝播する振動感から建わくの品質の品質を判定している。これらの方法は後述の官能検査に相当するものであり、品質管理者の教育や訓練の程度、経験や熟練度、その日の気分等により判定にばらつきを生じる恐れがある。B資材センターで、TESTINGハンマーによる打撃と目視とにより品質評価を行ない、「使用可」とした建わくと「使用不可」とした建わくについて強度試験を実施した例を表-2に示す。全ての建わくの検査員はC(女性43歳)で、この職務についての経験年数は2年である。試験体は、C検査員が数多くの建わくを日常作業中に「不可」・「可」と判定したもののうちからランダムにサンプリングした20例について、後で座屈強度試験を実施したものである。

C検査員の品質判定は、比較的良好な精度(20例中18例が正解)であるが、「不可なものを見落としたくない」との意識が働いていることが分かる。

2.2.2 合板足場板

合板足場板は、一般に建設現場あるいは資材センターで保有している。いくつかの建設現場および資材センターで、合板足場板の品質管理状況を調査した例を以下に示す。調査は、担当者に品質管理のやり方について問う

管理方法	試験体 No																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
検査員検査	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
強度試験(8t以上)	○	○	×	×	○	×	×	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注) ×は不可, ○は可

表-2 官能検査と強度試験との比較

・調査員名 \_\_\_\_\_ 性別 \_\_\_\_\_

・調査日時 \_\_\_\_\_ 時ヨリ \_\_\_\_\_ 時マデ \_\_\_\_\_ 天候 \_\_\_\_\_

・調査場所 \_\_\_\_\_ 屋・内、外 \_\_\_\_\_

・備考欄 \_\_\_\_\_

(記入例)

試験体 No 8	非常に	やや	普通	やや	非常に	前 No 7
要因	評価	悪	や	通	悪	後 No 9
色つや	悪い		○			良い
強度	弱い		○			強い
新しさ	古い		○			新しい
劣化	顕著		○			少ない
ぜい性	もろい				○	粘っこい
欠陥	多種多様		○			少ない
総合	悪い		○			良い

表-3 合板足場板の品質調査票(評点データ法)

方法によった(14例)が、その結果、以下に示すような回答を得た。

- ・「品質管理を特に意識してはやっていない。特に顕著に悪いものは廃棄している」(36%)
- ・「合板足場板は、板面の色つやや損傷の程度(釘傷、打ち傷、表面単板の繊維のむしれ)、割れなどを見れば大方使ってよいかどうかの見当がつく」(21%)
- ・「歩み板の上を歩けば、たわみなどからおおよそのことは見当がつく」(14%)

などが代表的な回答例である。このほか種々の意見があったが、総括すると「組織的な品質管理は実施していない。合板足場板の色つや、欠陥の種類や規模、退色等々から品質の良否の判定を下している」。いい替えれば「勘と経験と度胸により品質管理を実施している」ことになる。ここで「勘(K)と経験(K)」とは「自分なりの評価の尺度と水準と、品質の許容値を持って」いて、「度胸(D)」とは「判定に伴うリスクを考慮に入れて」品質管理をやっていることを意味している。

この合板足場板を「K・K・D」で品質管理する方法の信頼性を確認するために、定量的な分析を試みた。「K・K・D」の内容をさらに分析すると、主な評価要因は合板足場板の色つや、強弱感、新しさと古さの程度、劣化状況、脆さ・剛さ、欠陥の種類と規模、総合判断などのいくつかの要因について、官能検査のうち評点データ法でモデル化できる。この評点データ法は、品質検査員に表-3に示す調査票を手渡し、試験体となる合板足場板全てについて5段階評価を下させる方法である。

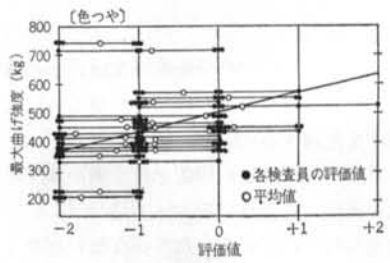


図-10 評価データ法による評価値と最大曲げ耐力

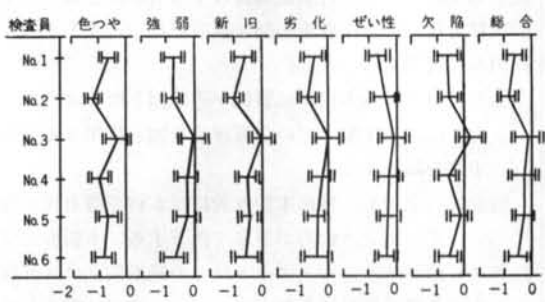


図-11 合板足場板の特性と検査員の評価値

評価の基準となるものは「各検査員が通常接している合板足場板」と設定し、特に標本は設けていない。この評点データ法解析のうち、色つやを評価要因とした際の、合板足場板の最大曲げ耐力と評価値との相関分析結果を図-10に示す。また、各評価要因に対する検査員の好みの傾向を図-11に示す。

この調査の結果では、色つや以外を評価要因とした場合にも概して各評価要因と最大曲げ耐力との相関性はかなり低い。さらに、各検査員間にも、例えば検査員No 2は「合板足場板は本来もっとよいはずである」との願望指向性が強く、厳しい判定を下しているのに対して、検査員No 3は「合板足場板とは、まあこんなものだ」と諦観しており、全般に甘い判定を下しているなど評価要因に対する検査員間にも好みの違いがあり、かつ、ばらつきも大きいなど現状の「K・K・D」による品質管理には問題点が多いことが分かる。

### § 3. 経年仮設材の品質管理手法

今日の経年仮設材に関する規格・基準は抽象的・定性的なものであり、したがって明確な管理規準は示されていない。一方、現場で使用中の仮設材は経年による品質低下がいちじるしく、早急の対策を必要としている。このような現状をふまえて、経年仮設材の品質管理を具体的・定量的なものとするには、以下の3点を重視するこ



とが大切である。

(1)経年仮設材の機能の分析を行ない、その機能にクリティカルとなる欠陥の種類や規模と機能低下との相関性を把握する。

仮設材は、本来特定の機能を良く働かせて建設工事の合理化を達成するように設計・製造されている。しかし、現実にはその場に合った多様な使い方がなされており、そのつど機能チェックが必要となる。§2.でわく組足場用建わくおよび合板足場板の主な欠陥例と耐力低下の関係を示したが、ほかの経年仮設材についても十分な検討が必要である。

(2)仮設材の材質劣化が品質低下の原因となるような場合には、経年数などの品質評価要因を採用する管理手法を確立する。

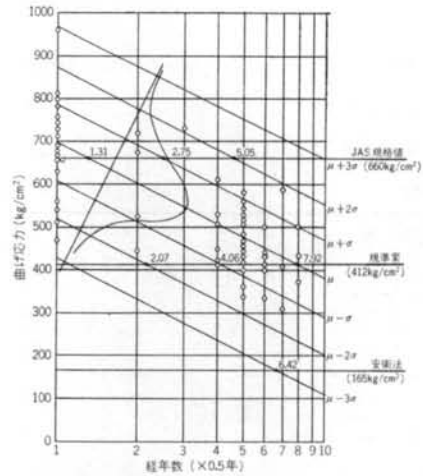
仮設材の中でも、特に木製仮設材は木材や接着材が経年によって劣化し、耐力が著しく低下する。木製仮設材以外でも鋼ワイヤ、安全ネットなどの繊維製品は、外観から内部欠陥を発見できなくても耐力が確実に低下していることが予想できる。これらの仮設材については、経年数や、使用経歴による品質管理が適切と思われる。図一12に、経年合板足場板を経年数により管理する場合の例を示す。合板足場板は相当のばらつきを持った耐力を保持しているが、横軸の経年数を対数にとると、耐力低下傾向はほぼ直線となる。また、各経年ごとの仮設材の耐力のばらつきも正規分布に近似できる。

合板足場板の品質を規格する代表的な法規として、労働安全衛生法と日本農林規格がある。労働安全衛生法は足場構造を計画する際の最大許容応力(165 kg/cm<sup>2</sup>)を示し、日本農林規格は新材を製造する際の最小の規準値(660 kg/cm<sup>2</sup>)を示している。合板足場板の品質管理規準案値(412 kg/cm<sup>2</sup>)を図中に示す。この値は、新材の製造基準よりも低い、足場計画時の最大許容応力の2.5倍の値を採用しており、衝撃などの施工外力や雨水による耐力低下を補償するよう配慮している。

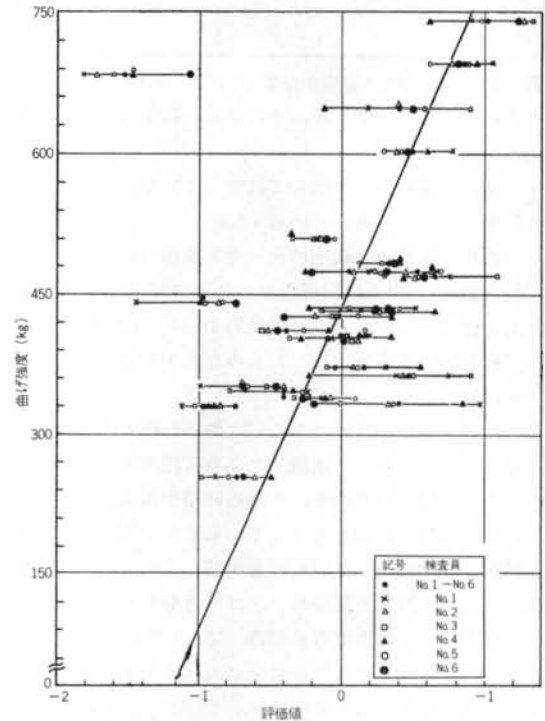
合板足場板の経年による品質低下関数とこの規準値との交点が、品質管理の指標となる。図一12の例では、この指標値は $2\sigma$ ( $\sigma$ :偏差値)の範囲で2.07×0.5年~1年、 $\sigma$ の範囲で2年、 $\mu$ (平均値)で4年となる。さらに、 $2\sigma$ の範囲では0.03、 $\sigma$ の範囲で0.16、 $\mu$ で0.5の確率で経年合板足場板が管理の規準値を下回る可能性を含んでいることを示している。

(3)検査員が官能検査によって品質管理を実施する際には、検査員の教育・訓練や、経験年数に基準を設けるなど、検査員に資格を設けて管理する。

仮設材の種類によっては、目視など検査員の官能によ



図一12 合板足場板の経年による耐力低下



図一13 一対比較法による評価値と最大曲げ強度

る品質管理にたよらざるを得ない場合がある。このような際には、検査員の教育・訓練の程度、経験年数等により適格者を選定する必要がある。わく組足場用建わくの品質管理を行なった際、テストハンマーで打撃してその打音や手に伝播する振動感により選別したものが比較的よい管理となっていた前述の例では、検査員の経験年数に負うところが大きいと考えられる。検査員の教育や訓練および経験年数の差による品質管理の信頼性の

違いの例を図-13に示す。

図では、経年仮設材を6名の検査員が官能検査の中の一対比較法により品質評価を実施した例である。一対比較法は、表-4に示す調査票により、各検査員が試験体を他の試験体と比較しながら5段階に評価していく手法

(記入例)

試験体 No.1 評点		試験体 No.2 評点	
No.2と比べて	+2	No.1と比べて	
No.3と比べて	+2	No.2と比べて	
No.4と比べて	+1	No.3と比べて	
No.5と比べて	-1	No.4と比べて	
No.6と比べて	+2	No.5と比べて	
No.7と比べて	0	No.6と比べて	
No.8と比べて	+2	No.7と比べて	
No.9と比べて	-2	No.8と比べて	
No.10と比べて	0	No.9と比べて	
No.11と比べて	0	No.10と比べて	
No.12と比べて	-2	No.11と比べて	
No.13と比べて	-1	No.12と比べて	
No.14と比べて	0	No.13と比べて	
No.15と比べて	+1	No.14と比べて	
No.16と比べて	-2	No.15と比べて	
No.17と比べて		No.16と比べて	
No.17と		No.17と	

・調査員・性別

・調査日時・天候

・調査場所・屋内外

・記入要領

判断	評点
非常に良い	+2
やや良い	+1
変らず	0
やや悪い	-1
非常に悪い	-2

表-4 品質調査票 (一対比較法)

である。この検査で最も良い結果を得た者は検査員No.6である。検査員No.6の特性は、男性27歳であり、約1年半にわたって同種の仮設材の欠陥の有無・種類・規模等の調査、および強度との相関分析作業に従事しており、実地教育と経験とを同時にふんだ者である。

#### § 4. 経年仮設材の品質管理規準の作成

経年仮設材の品質管理規準の作成にあたっては、仮設材の種類や機能分析を明確に行なうとともに、建設会社の資材センター、リース業者、建設現場のどの段階で品質管理を行なうかを考慮することが重要である。資材センター等で実施する際には、ある程度の設備と教育訓練を受けた検査員を配置することもできるが、建設現場では、係員が行なえるように簡便な手法でなければならない。表-5、表-6に前述の経年わく組足場用建わくと

管理項目	規準値	規 準 内 容
経年数	2年未満	通常の足場板として使用できる。
	2年以上 4年未満	品質管理者が外観調査・性能調査をして異常がなければ使用できる。
	4年以上	高所足場用に使用せず、足場敷板や爪先板など曲げ強度を必要としない箇所で使用する。あるいは曲げ応力度を低くして使用する(根太間隙を狭くする)。
その他	欠陥種・降雨後など	欠陥の種類・規模により、および降雨後には曲げ強度の低下を見込む必要がある。

表-6 経年合板足場板の品質管理規準(案)

欠 陥 種	品 質 判 定			
	品 質 管 理			備 考
	使用可材	使用検討	使用不可材	
肉厚(規格2.4mm)	2.1mm以上	2.0~1.9mm	1.8mm以下	ただし、中央部の肉厚
打 痕	U形	6.5mm以下	6.6~7.9mm	8.0mm以上
	V形	4.0mm以下	4.1~4.9mm	5.0mm以上
	貫通	径5.0mm以下	—	—
打痕の拡がり	40mm以下	40mm以上	—	
位置・数・方向	通常のもの	通常以上のもの	特に著しいもの	
建わくのひずみ	わくのねじれ	3.0mm以下	3.1mm以上	—
	わく幅	5.5mm以下	5.6mm以上	—
	その他のひずみ	通常のもの	通常以上のもの	特に著しいもの
その他	テストイングハンマー打撃法の併用が望ましい			

表-5 経年わく組足場用建わくの品質管理規準(案)

経年合板足場板の品質管理基準（案）の例を示す。

規準を作成したのち、具体的に実践していくためにはさらに細部にわたる検討が必要である。肉厚を評価項目とした場合には、測定機器の性能や測定場所と点数（仮設材のどの位置を何点測るか）など、経年数を採用した場合には、仮設材の購入年月日が一目で分かるようなプレート貼付など、欠陥の発生場所・種類・規模については、欠陥の分類方法や測定のやり方などを定めておく必要がある。また、仮設工事に伴う施工の品質、すなわち仮設材の使い勝手や取付方法などの標準化も必要となる。

## § 5. おわりに

仮設材は、製造時には規準値以上の耐力を持っているが、経年とともに耐力低下をきたし、ついには廃棄処分となる。一方、仮設材に作用する外力について法規等に示す値で説明してきたが、現実にはあるばらつきを持った分布関数で表現すべきである。図-14に仮設材に作用する外力を分布関数とした際の仮設材の安全および事故の確率を示す。仮設工事を安全に進めるには関数 $\phi_1$ 、 $\phi_2$ が工事の終了まで交差しないようにすればよいことは明らかである。

しかしながら、仮設材に加わる外力はばらつき $\sigma$ を持ち、仮設計画の段階で想定した以上の外力が現実には発生することが当然考えられる。また、仮設材の耐力もばらつき $\sigma$ を持ち、さらに経年による低下があるので、いずれの時点 $t$ でも仮設材の耐力 $iF_1$ が外力 $iF_2$ より低い確率が必然的に存在する。つまり、仮設材の耐力 $iF_1 <$  外力 $iF_2$ となる確率は皆無ではあり得ない。したがってこの事故の確率をどの程度にとるべきかが今後の大きな

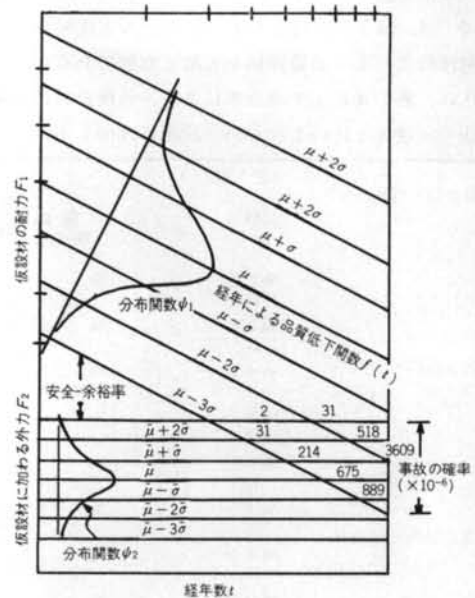


図-14 安全・事故の確率

課題であろう。建設現場には、常にある程度の危険度が存在しているといわれている。Allenの報告では、建設作業に伴う危険度は $218 \times 10^{-9}$ （1時間作業当りの事故の確率）程度としている。これは1日8時間、月20日間働くとして $419 \times 10^{-6}$ （年間）に相当する。また中野は、背景危険度（バックグラウンドリスク：日常生活の中に存在するリスク）の考え方を提案し、その中で作業場の人命危険度を $6000 \times 10^{-6}$ （1年間の固有危険度）としている。このAllenの危険度および中野のバックグラウンドリスクを、経年仮設材の許容事故確率を定める際の目安とすることも可能である。しかしながら、危険の内在を認めて規準を定める点や、事故の大小および内容が評価要因となっていない点に問題点が残っている。