



Title	鋼球壓入による木材の變形とその測定法
Author(s)	大澤, 正之; OHSAWA, Masayuki; 宮島, 寛 他
Citation	北海道大學農學部邦文紀要, 2(1), 1-5
Issue Date	1954-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11558
Type	departmental bulletin paper
File Information	2(1)_p1-5.pdf



鋼球壓入による木材の變形とその測定法

大澤 正之・宮 島 寛

(北海道大學農學部森林利用學教室)

Deformation of wood due to ball indentation and its measuring method

By

MASAYUKI OHSAWA and HIROSHI MIYAJIMA

まえがき

木材の機械的性質のひとつとして硬さがあり、その測定には鋼球を木材に壓入する方法が用いられているが、この測定値および方法は現在もなお議論されている。これは木材の硬さがその加工上また利用上重要なものであるためその測定は古くより行われ、その方法も多く、そしてそれらの方法で行われたものは互に比較できず、また同じ方法で行つたものでも試験機械、試験者によりかなり異なつた値が出ているからである。

細胞より構成されている異方性体である木材に対する試験方法には金属に對するときよりも非常に多くの困難なことがある。この木材に對する確實な試験規格が望まれるわけである。また最近我國でも生産され出した纖維板では硬さが品質判定に最も重要なものとして試験されている¹⁾。

昭和24年1月決定の JES 建築 3107 木材試験方法は改正されようとしている。その参考資料として提出したもののうち“硬さ試験”に關するものを書き改めたのが本稿である。

諸賢の御批判を仰ぎたい。

BRINELL 法と JANKA 法

木材の硬さ試験方法に金属の試験方法を採用したものとして、BRINELL の球体壓入による方法がある。これは直径 10 mm の鋼球をある荷重で

試験体の表面に押込み、そこに生じたへこみの單位表面積に對する荷重をもつて硬さ數とするものである。後述の JANKA の方法に最も反對的であつた E. MÖRATH²⁾ が初期の BRINELL (1900) の方法を再確認して、153 種の木材について 10 mm 鋼球を用い 50 kg——特に硬い材には 100 kg また軟いものには 10 kg——の荷重をもつて試験した。この鋼球を試験体に壓入する場合最高荷重に達するに要した時間は一様に 15 秒以内であつたので、これを 30 秒保持しさらに 15 秒以内の壓入を行つた。そこにできたへこみの直径を Brinellupe で測定し、表面積を mm² で求めた。この方法はそのままドイツの試験規格となつている。JES もこれに準じたものであるが、その測定法に異なるところがあり、その詳細は後述する。

これに對し JANKA の方法は直径 11.284 mm の半球をその半径の深さまで、試験体に壓入する(この場合へこみの投影面積は 1 cm² となる)に要する荷重 (kg または lb) をもつて硬さ數とするもので、アメリカ・イギリス・オーストラリア・カナダなどで試験規格として採用されている。しかしこの方法は J. STAMER³⁾, K. HUBER⁴⁾, 關谷⁵⁾らによつて論ぜられているように規定の深さまで壓入しないうちに木材組織に破壊を生じ、正確な測定ができないという大きな缺點をもつ。それにもかかわらずその方法が簡単なため廣く行われているが、その數値には信頼し難いものがある。

この2つの方法の外に E. MEYER, H. HOEFFGEN, M. KRIPPEL, 關谷らの提唱した方法があるが、これらについては既報⁷⁾を参照されたい。

JES 建築 3107 による方法

12章 硬さ試験

86 條 この試験は荷重方向と繊維方向とが平行または垂直な場合について行う。

87 條 試験体の寸法は厚さ 15 mm 以上とし、試験面は底面と平行かつ平滑であることを必要とする。

88 條 試験面は木口、マサ目または板目とする。板目の場合は木表から荷重を加える。

89 條 この試験では試験面に直径 10 mm の鋼球を壓入する。

90 條 荷重は 30 kg とし、これを 30 秒作用させる。ただし試験面のつぶれを起すおそれのあるときは荷重を 10 kg とし、へこみの確認がむずかしく、その深さを測定し難いときは試験面のつぶれを起さない範囲で荷重を 50 kg または 100 kg とすることができる。

91 條 壓入位置（相互の間隔および周辺からの距離）は 2.7 圖に示すようにする。（注 マサ目および板目の繊維方向で 2 cm、ほかは 1 cm 以上離す）

92 條 へこみの深さの測定は荷重を除いたのち 5 分以上経つて行う。

93 條 試験回数は各試験面について 3 回以上とする。ただし試験面の形状によつて 3 回以上行うことができないときは、試験体を厚さ 15 mm 以上の盤に切断して試験を行うことができる。

94 條 この試験ではつぎの事項を決定する。

$$\text{硬さ} = \frac{P}{10\pi h} \text{ kg/mm}^2$$

$$P = \text{荷重 kg, } h = \text{へこみの深さ mm}$$

以上が硬さ試験に関する規定であるが、この前身である日本標準規格木材試験法では 89 條に相當するものに“そのへこみの最大深をもつて減込量とする”と付け加えられ、また 92 條では“ただし場合により荷重を加えたままこれを行うことを得”となつている。

日本標準規格によるときはへこみの深さの測定法に 2 通りあることになり、その兩者に基く硬さ數値にはかなりの差があるため、JES のように改められたものである¹¹⁾。また日本標準規格ではさきに“鋼球を壓入したときの最大深を減込量とする”と規定しておきながら、“減込量は荷重を除いた後 5 分以上経て測定する”というのではその間におけるへこみの回復を全々考慮していないという矛盾がある。

ここでは JES について検討を行つた。まず鋼球の直径であるが、これについては N. PALLAY¹²⁾のは小さ過ぎて實用に適しないといつている。もちろん年輪幅の極めて廣いものには 1 年輪内の一部分についてのみより試験は行われないので不適當といえるであろうが、一般にはあまり不便ではないと考えられるので、今回の検討からは除くこととした。

また 30 kg を標準として 10 kg, 50 kg, 100 kg と 4 種の荷重があるが、荷重と硬さの關係についてはさきに検討を行つた⁷⁾ので省略する。

それでここでは、90 條の 30 秒という作用時間と 92 條のへこみの深さの測定時の 2 つについて検討を行つた。

なお 90 條に“つぶれ”という語があるが、誤解を招くおそれがあり、またその眞意は剪断・割裂などの破壊であると思われるので、そのように明瞭に記すべきであるとする。

この試験に用いたのは東京衝機製の木材硬度試験機で、鋼球の直径は 10 mm、へこみの深さはダイヤルゲージにより $1/100$ mm まで精確に讀みうるものである。

實驗と考察

(1) 荷重時間とへこみの深さ

木材の表面にある荷重で鋼球を押付けると、最初大きくへこむが徐々にへこみ方は遅くなりついに肉眼的に静止したと認められるようになる。いまナラの氣乾材の木口面について行つた實驗中の一例についてみると表 1 のようである。ここで h は希望の荷重に達してから、30 秒のちのへこみの深さ ($1/100$ mm)、 h はダイヤルゲージの針の動き

が1分間において肉眼的に認められなくなつたときのヘコミの深さ ($1/100$ mm), () 内はこれに達するに要した時間である。

表 1

荷 重 (kg)	h'	h
10	11.5	12.0 (5分)
20	20.3	21.8 (7″)
30	31.0	34.2 (12″)
40	40.0	45.0 (18″)
50	43.4	57.0 (19″)

すなわち、この試験においては、30秒の作用時間ではヘコミの深さはまだ不安定な状態にあることがわかる。

BRINELLの方法では靜かに荷重を與え、かつある時間最大荷重のまま放置してできるだけ時間の影響を除き、一定の荷重が時間とともに變ぜざるを限度として試験片上に印せられたヘコミの球面積を見出す⁹⁾のであるから、上記のような不安定なときに加壓を打切るの正はしくない。

最大荷重をどれだけ作用させればよいかということは試験機の種類、荷重の大きさまた試験材の含水率などにより異なるはずである。いままでに行われた試験では最大荷重を30秒間作用させてそのヘコミの深さまたは直径²⁾を測定したものが多し。それで最小限30秒とし、これで不十分な場合は時間による影響をできるだけ少なくするような基準を求めねばならぬ。

この試験に用いた試験機ではダイヤルゲージの針の動きが1分間内において肉眼的に認められなくなつたときのヘコミの深さをを用いるのが、最もよいようである。

(2) ヘコミの深さの測定時

前述のように日本標準規格木材試験法では“または荷重を加えたまま行うことを得”というのが付け加えられていた。緒方⁹⁾はこれについて検討し、荷重を除いたのちに回復するヘコミの深さが大きいから、ヘコミ直径または加壓中のヘコミの深さを採用したほうが妥當と思われると結論している。

また現在の試験法によつて試験を行うときは木材の含水率によつてヘコミの深さの回復率が異なるので生材が氣乾材より硬いという結果も生ずることがある。圖1に示すような1組の

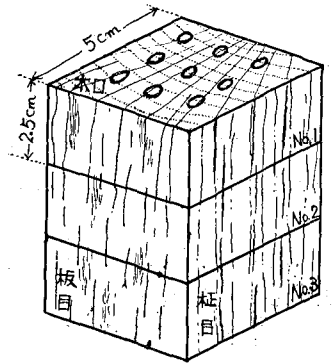


圖 1

試験片をつくり生材、氣乾材および全乾材の3つの水分状態にして行つた試験結果は次のようである。ナラ材の木口面で試験し、その回数は各27回、荷重は全乾材50kg、他は30kgである。

表 2

試験材	硬さ數		Hh ₀			Hh		
	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値		
生 材	5.20	6.36	4.15	1.56	1.79	1.27		
氣 乾 材	4.86	6.38	3.65	2.92	3.39	2.45		
全 乾 材	14.5	30.6	9.75	7.20	9.54	5.69		

ここで Hh₀ は JES 木材試験方法により測定したヘコミの深さ (h₀) より求めた硬さ數, Hh は同一点に再び荷重をかけダイヤルゲージの針の動きが1分間内において肉眼的に認められなくなつたときのヘコミの深さ (h) から求めた硬さ數である。

この表に見られるように JES による場合には硬さ數の平均値は氣乾材より生材の方が大きくなつてゐる。これは一般にいわれる含水率と硬さとの關係¹⁰⁾と反している。しかし荷重をかけたまま測定したヘコミの深さより求めた硬さ數は乾燥により硬さを増すことを明瞭に示している。

これは荷重を除いたのちのヘコミの回復率が含水率によつて非常に異なるからである。いま希望の荷重に達せられたときより30秒経つたときのヘコミの深さを100とすれば、h₀およびhはそれぞれ次のようになる。

表 3

試験材	ヘコミの深さ	h ₀ (%)			h (%)		
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
生 材		37	42	29	119	124	111
氣 乾 材		69	75	60	118	131	110
全 乾 材		59	70	23	112	118	102

荷重を除いたのちの回復率は100より h_0 (%) を減じたもので、平均値において生材63%、氣乾材31%、全乾材41%となる。このため荷重をかけたままでは生材に生ずるヘコミは大きい、回復率も大きいので、荷重を除いてから5分以上経つて測定すると氣乾材の場合より小さくなつていくことが多い。

また表2を見ると、JESによる硬さでは最大値と最小値の差が非常に大きい。これは荷重を除いたのちに回復したヘコミの表面が不安定であるため、ヘコミの測定に誤差を伴ない易いことを示すものであると考えられる。

鋼球を木材に壓入したとき生ずるヘコミは弾性歪と塑性歪からなると考えられるが、硬さの測定の基礎とする歪には弾性歪を除くため現行の規定が設けられたとすれば缺點がある。すなわちBRINELLの方法では前述のように試験機臺上に安置した材料の表面に静かに荷重を與え、かつある時間最大荷重のまま放置してできるだけ時間の影響を除き、一定の荷重が時間とともに變ぜざるを度として試験片上に印せられたヘコミの球面積を見出し、その単位面積に對する荷重をもつて硬さ數としているからである。

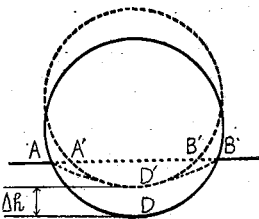


圖 2

これを圖2についてみると \widehat{ADB} が加壓中の最後の鋼球の位置である。荷重を除いたのち5分経て $4h$ だけヘコミの深さが回復したとすれば、そのときのヘコミの縦断面は $\widehat{ADB'}$ という形となり $\widehat{A'D'B'}$ とはならない。すなわち最深部のヘコミの深さが大きく回復するに對し周邊部の回復は木口面の場合

ほとんど認められない。このためヘコミの深さの回復は大きい、直径の回復は認められないかまたは極めて少ない。これは緒方⁶⁾のヒノキの木口面についての試験結果よりも明らかである。すなわち木口面においては荷重を除いたのちのヘコミの直径より求めた硬さ數は加壓中のヘコミの深さより求めたものに非常に近い値を示している。

ここで木材試験方法に規定された荷重を除いたのち5分以上経たときのヘコミの深さをを用いるときは $\widehat{A'D'B'}$ の示す實存しない球面積に基く荷重をもつて硬さ數としているので、BRINELLの方法に反しているといえる。BRINELLの方法ではヘコミの単位面積に對する荷重をもつて硬さ數としているのである。

また現行のように規定した理由が“ヘコミの深さの測定は、荷重を加えたまま測定する場合と荷重を除いたのち5分以上を経て測定する場合とで、試験結果に相當の誤差を生じうるので、本規格においてはヘコミの深さの測定は、必ず荷重を除いたのち5分以上経つてから行うことにした¹¹⁾” というのであればこれは改正すべきである。

BRINELLの方法により硬さを求めるときは加壓したままヘコミの深さをダイヤルゲージにより測定するか、ドイツで行つていのように鋼球にススをぬりヘコミの直径を Brinellupe により讀むべきである。

なおこの試験に用いた試験機ではダイヤルゲージの針の動きが1分間内において肉眼的に認められなくなつたときのヘコミの深さより硬さ數を求める場合、ある範囲内では荷重を變えても硬さ數は一定値を示すことは廣葉樹材8種についての試験結果⁷⁾より明らかである。

むすび

JESによる木材の硬さ試験では直径10mmの鋼球を試験面に壓入し、30秒間作用させ、荷重を除いたのち5分以上経つてからダイヤルゲージによりそこに生じたヘコミの深さを測定するが、これを検討したところ、30秒の作用時間ではヘコミの深さが不安定であること、またその測定は最大減込量に達するまで十分荷重時間を長くし、荷

重をかけたまま行うべきであることを確めた。

この試験方法についての改正案を次に掲げる。

90 條 荷重は 30 kg とするか特に軟い材には 10 kg 特に硬い材には 50 kg または 100 kg とすることができる。ただし試験面に剪断・割裂などの破壊を起すおそれのない荷重を用いなければならぬ。荷重は静かに與え 30 秒以上最大荷重のまま放置してできるだけ時間の影響を除く。

92 條 ヘコミの深さの測定は荷重をかけたまま行う。

文 献

- 1) 平井信二：FAO 第 2 回木材加工會議について。木材工業 Vol. 8, 490. 1953.
- 2) MÖRATH, E : Studien über die hygroskopischen

- Eigenschaften und die Härte der Hölzer. 1932.
"KOLLMANN, F. (1951) より引用"
- 3) STAMER, J.: Z. VDI Bd. 73, 215. 1929. "KOLLMANN, F. (1951) より引用"
 - 4) HUBER, K.: Die Prüfung der Hölzer auf Kugeldruchhärte. Holz als Roh-und Werkstoff, Bd. 1, 254. 1938.
 - 5) SEKIYA, F.: Experimental study on the static ball indentation test of wood. Miye Coll. Agr. For. Bull. 7, 12. 1936.
 - 6) PALLAY, N.: Über die Holzhärteprüfung. Holz als Roh-und Werkstoff. Bd. 1, 126. 1938.
 - 7) 大澤正之・宮島寛：北海道産廣葉樹材 8 種の硬度試験。北大演報 Vol. 15, 2, 266-277. 1952.
 - 8) 小野鑑正：材料力學 218. 1940.
 - 9) 緒方清八：鋼球壓入による木材の變形 (1). 第 61 回日本林學會講演集, 213-214. 1952.
 - 10) 平井信二・北原覺一：木材理學. 102. 1953.
 - 11) 森 徹：JES 建築 3107 木材試験方法解説。木材工業 Vol. 8, 497. 1953.

Summary

Hardness testing method for wood of Japanese Engineering Standard was investigated, and consequently the method of BRINELL (1900) was reconfirmed experimentally. When a steel ball 10 mm. in diameter is pressed under certain load into the wood block, these are:

- 1) To maintain the maximum load for 30 seconds or more in order to decrease the effect of loading time.
- 2) To measure the depth by ball indentation under sustained loading.