

목재의 허용성질의 측정 및 수정^{*1}

장 상 식^{*2}

Measurement and Modification of Allowable Properties of Wood^{*1}

Sangsik Jang ^{*2}

1. 문제점

우리나라의 대학에 임산공학 전공학과가 처음으로 생긴지 벌써 19년이라는 세월이 흘러 이제 우리의 임산공학 연구도 완숙단계에 들었다 할 수 있겠다. 이와 같은 짧은 세월을 통하여 많은 연구가 이루어져 왔지만, 목재이용의 가장 기본자료가 되는 수종별 기계적 성질에 대한 체계적인 정리가 이루어져 있지 않으며 허용치(allowable values) 계산법이 전혀 확립되어 있지 않은 것이 우리의 현실이다. 따라서 건축규정이나 임산관계 규정에서는 외국의 자료를 그대로 도입하여 사용하고 있다. 더욱이 이들 규정에서는 수종별로 자세한 분류가 이루어져 있지 않으며, 하중의 형태 및 조건, 재료의 치수, 시험시 대기조건 등이 명확치 않아서 실제적으로 그 수치들을 사용할 수가 없는 실정이다.

목재의 허용성질(allowable properties)이라 함은 목재의 역학적 이용과 설계를 위하여 제시되는 기계적 성질을 말한다. 이는 목재의 등급(stress-grade)이나 방향성(orthotropic properties)을 포함하여야 하나 우리나라의 실정에서 등급

의 구분은 어려운 실정이다. 그러나 체계적인 등급구분의 규정은 없으나 실제적으로 목재의 사용을 위한 선별과정에서 일종의 목측선별(visual grading or visual selecting)이 행해지고 있으므로 이에 대한 정리도 필요하다. 목재의 허용성질은 재료의 측면에서 보면 허용응력(allowable stress), 허용 단위응력(allowable unit stress), 사용응력(working stress), 설계응력(design stress) 등의 뜻으로 사용될 수 있으며, 외력(external forces)의 측면에서 보면 허용하중(allowable load), 설계하중(design load) 등의 뜻으로 사용될 수 있다. 본 자료에서는 전자의 뜻으로 사용한다.

실질적으로 우리나라의 중요수종에 대한 강도 시험은 대략 이루어져 있으나 그 활용방법상에 문제가 있는 것으로 알고 있다. 따라서 본 자료에서 목재의 허용성질 계산법을 요약함으로써 이미 이루어져 있는 실험결과의 이용에 도움이 되었으면 한다.

2. 무결점재의 강도

*1. 接受 1989年 2月 11日 Received February 11, 1989

*2. 忠南大學校 農科大學 College of Agriculture. Chungnam National University. Daejeon 302-764, Korea

목재의 허용성질을 계산하기 위해서 필요한 가장 기본적인 자료는 각 수종별 무결점재의 강도치(strength values)이다. 강도시험은 KS나 ASTM²⁾에서 규정한 방법과 기계를 사용한다. 목재는 천연재료이므로 그 성질의 변이가 매우 커서 강도시험 결과를 graph로 나타내면 대략 그림 1의 주상도표(histogram)와 같은 분포를 나타낸다. 동일 수종의 같은 등급이라 할지라도 그림 1과 같은 변이를 나타내기 때문에 단순 평균치(simple mean)를 사용하는 것은 큰 오차를 가져올 우려가 있다. 왜냐하면 그 수종의 임의의 목재를 선택했을 경우 그 목재의 강도가 동일 수종의 강도평균치 보다 낮을 확률이 약 50%가 되기 때문이다. 따라서 목재의 역학적 성질은 도수분포 곡선의 평균치보다는 5% 제외 하한값(lower 5% exclusion limit)를 사용하는 것이 통례이다.

5% 제외 하한값이란 한 수종의 전체 목재의 5%가 이 값보다 낮은 강도를 나타내고, 95%가 이 값보다 높은 강도를 나타낼 확률이 가진 값을 의미한다. 이 값을 구하는 방법에는 여러가지가 있다. ASTM¹⁾에는 비례통계(order statis-

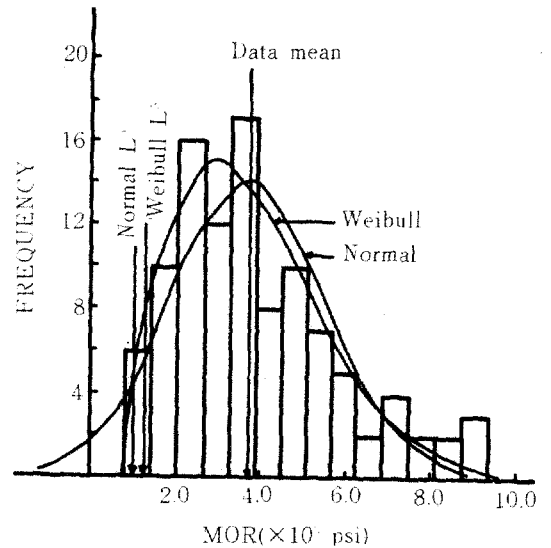


Figure 1. Frequency distribution of the results of static strength tests.

tics)의 방법에 의하여 실험결과를 크기순으로 배열한 다음 표 1의 방법에 의해 5% 제외 하한 값을 구하도록 제시되어 있다. 그 외에도 그림 1의 주상도표와 같은 도수분포(frequency distribution)를 기존의 분포곡선(distribution curve)으로 가정하여 그 분포함수를 이용하여 5% 제

Table 1. Sample size for estimating the 5% exclusion limit.

Sample size	Test value to be used in relation to lowest value	
	95% confidence	99% confidence
58	1	
93	2	1
130	3	2
170	4	3
200	5	4
300	9	7
400	13	11
500	17	14
600	21	18
700	26	22
800	30	26
900	35	30
1000	39	35

의 하한값을 구하는 방법이 있다. 가장 많이 이용되는 분포로는 정규분포(normal distribution)와 Weibull분포가 있다. 정규분포에 있어서 확률밀도함수(probability density function)는 식 (1)로 표시된다.

$$f(x) = \frac{ni}{s\sqrt{2\pi}} \exp\left[-0.5\left(\frac{x-\bar{x}}{s}\right)^2\right] \dots\dots\dots (1)$$

n = 표본(sample)의 수

i = 주상도표상의 관측치의 간격

s = 표본의 표준편차

\bar{x} = 표본의 평균

정규분포 곡선의 5% 제외 하한값, L는 식 (2)로 구해진다.

$$L = \bar{x} - 1.645s \dots\dots\dots (2)$$

Weibull분포의 확률밀도함수는 식 (3)으로 나타낸다.

$$f(x) = \frac{m(x-x_0)^{m-1}}{\omega^m} \exp\left[-\left\{\frac{x-x_0}{\omega}\right\}^m\right] \dots\dots\dots (3)$$

x_0 = 위치계수(location parameter)

ω = 크기계수(scale parameter)

m = 형태계수(shape parameter)

Weibull분포의 5% 제외 하한값은 그 분포곡선 아래의 면적을 계산하여야 한다. 자세한 내용은 일반통계 서적을 참고하면 쉽게 알 수 있다. 이상 2개의 분포 이외에도 실험결과 도수 분포 graph의 모양에 따라 그 모양에 알맞는 적당한 분포를 선택하여 사용할 수 있다.

식 (1), (2), (3)의 \bar{x} 와 s는 평균과 표준편차를 의미하는데 일반성을 부여하기 위하여 표본의 값으로부터 추정된 모집단의 값을 이용하면 좋다. 표본의 평균과 표준편차로부터 모집단의 \bar{x} 와 s를 추정하는 방법은 ASTM에 2가지가 제시되어 있다. 첫번째 방법은 지역별 해당 수종의 분포와 비중이 조사되어 있고 비중과 강도와의 관계가 확립되어 있는 수종에 한하여 사용할 수 있다. 두번째 방법은 비중조사가 제대로 이루어져 있지 않은 수종에 대하여 식 (4)에 의해 s의 값을 구하도록 되어 있다.

$$s = c\bar{x} \dots\dots\dots (4)$$

식 (4)에서 c는 MOR, MOE, 최대 종압축강도, 최대 전단강도, 횡압축강도, 비중에 대해 각각 0.16, 0.22, 0.18, 0.14, 0.28, 0.10의 값을 취한다.

실용적인 측면에서는 성질이 비슷한 몇개의 수종을 묶어서 수종군(species group)으로 분류하고 이 수종군의 기계적 성질을 제시하는 것이 필요하다. 이와 같은 경우에는 각 수종별 재적을 고려하여 5% 제외 하한값을 결정하되 복합 분산인자(composite dispersion factor)의 값을 1.48보다 적게 함으로써 강도가 상대적으로 떨어지는 수종에 대해 보완해 준다. 자세한 내용은 본 자료에서는 생략한다.

3. 강도율(Strength ratio)

모든 종류의 목재는 여러가지 결함을 가지고 있으므로, 위에서 구한 강도치는 결함의 종류, 위치, 크기, 수 등에 따라 일정비율로 감소되어야 한다. 이와 같이 결함에 의한 강도치의 감소비율을 감도율 또는 강도인자(strength factor)라 한다. 강도율의 계산에 포함되는 결함은 섬유주향경사(slope of grain), 웅이(knot), 활열(check), 분할(split), 율할(shake), 둥근모(wane) 등이 있다.

3.1. 섬유주행경사

섬유주행경사는 주로 나선목리(spiral grain)나 뒤틀린 목리(twisted grain), 또는 사선제재(diagonal sawing) 등에 의해 발생하며 섬유방향과 목재의 측면(edge)과의 사이각으로 측정한다. 이 사이각은 섬유가 목재의 측면에서 벗어난 수직 길이와 측면의 수평길이의 비, 즉 경사각(slope)으로 표현한다. 경사목리를 가진 목재는 인장력 하에서 섬유방향과 섬유에 직각방향으로 저항력을 발생시키고, 후자의 저항력에 의해 섬유간의 분리를 촉진시킨다. 따라서 직접인장이나 휨하

중하에서 경사목리를 가진 목재의 저항력은 약화된다. 압축하중하에서도 영향을 받으나 그 크기는 인장의 경우보다는 적다. ASTM³에서는 섬유주향경사에 따른 강도율을 휨, 종인장, 종압축 등에 대하여 표 2와 같이 제시하고 있다.

근처에 있는 웅이보다는 양쪽 측면에 가까이 있는 웅이가 더 큰 영향을 미친다. 웅이의 직경 측정방법과 이에 따른 강도율표, 강도 계산공식 등이 ASTM³에 주어져 있다.

Table 2. Strength ratios corresponding to various slopes of grain.

Slope of grain	Maximum strength ratio (percent)	
	Bending or tension parallel to grain	Compression parallel to grain
1 in 6	40	56
1 in 8	53	66
1 in 10	61	74
1 in 12	69	82
1 in 14	74	87
1 in 15	76	100
1 in 16	80	100
1 in 18	85	100
1 in 20	100	100

3.2 웅이(knot)

웅이는 나무의 성장과정에서 발생하는 피할 수 없는 결함중의 하나로 침엽수에서 특히 심하게 나타난다. 웅이를 포함하는 목재는 전체적인 섬유의 배열이 웅이주변에서 차단되며 매우 심한 경사목리를 나타냄으로 인해 강도가 저하된다. 특히 인장하중하에서는 더 큰 영향을 받는다. 웅이에는 산웅이(live knot), 죽은웅이(dead knot), 웅이구멍(knot hole) 등이 있으며, 이들이 목재의 강도에 미치는 영향에는 큰 차이가 없다.¹⁾ 웅이가 목재의 강도에 미치는 영향은 단면에서 웅이가 차지하는 면적의 비율과 웅이의 위치에 따라 달라지며 위치에 더 큰 영향을 받는다. 웅이의 영향은 인장력하에서 더욱 크게 나타나며, 목재의 길이 내에서의 위치 뿐만이 아니라 단면 내에서의 위치에 따라 서로 영향이 달라진다. 휨하중하에서는 목재의 양쪽 끝부분에 있는 웅이보다는 중앙부분에 있는 웅이가 더 큰 영향을 미치며, 한 단면의 중립축(neutral axis)

3.3 활렬(check), 분활(split), 운활(shake)

운활은 나무의 생장이나 벌목시에 주로 발생하며 활렬이나 분활은 목재의 건조시에 많이 발생하는 결함이다. 이들 결함들은 수평전단(horizontal shear), 즉 목리방향의 전단하중에 저항하는 유효종단면(effective transverse section)의 면적을 감소시킴으로써 이 하중에 대한 저항력을 감소시킨다. 따라서 수평전단력이 작용하는 휨하중하에서 이들 결함은 큰 영향을 미치나, 압축하중하에서는 편심율(eccentricity)이 적은 경우 별로 영향을 미치지 않는다. 이들 결함의 크기는 그 길이로 측정하며 측정방법과 길이에 따른 강도율표는 ASTM³에 주어져 있다.

경골구조의 경우, 골재로 사용되는 통칭 2×4 (1.5"×3.5", 4cm×9cm) 각재에 있어서는 수평전단력이 큰 문제가 되지 않으므로 좀더 여유를 두어 특별히 취급하며 이에 대한 강도율은 별도의 표로 주어져 있다.¹⁾

3.4 비중

비중은 주어진 목재의 순수한 목질의 양을 가늠할 수 있는 척도이고 목재의 기계적 성질은 목재내의 목질부에 의해 나타나므로 비중과 목재의 기계적 성질간에 밀접한 관계가 있다는 것은 자명한 사실이다. 미국 임산물 연구소(Forest Products Laboratory)에서 발간한 자료¹⁾에 약 200여 수종의 비중과 기계적 성질을 조사 수록하였으며, 그들간의 상관관계를 회귀식으로 구하였다. 이들을 평균하여 graph로 나타내면 그림 2와 같은 모양을 나타낸다. 그림 2에서 보는 바와 같이 기건재나 생재에서 기계적 성질은 비중이 커질수록 증가하며, 이 경향은 기건재에서 더욱 뚜렷이 나타나고 있다.

비중은 수종간 뿐만이 아니라 수종내에서도 개체간에 변이가 심하므로 이에 대한 보정이 필요하다. ASTM²⁾에서는 비중을 양단면에서의 단위길이당 연륜의 수와 추재율에 의해 밀집목리(dense grain), 근접목리(close grain), 정상목리(normal grain) 등으로 구분하였다. 밀집목리는 1in.당 6개 이상의 연륜이 있고 추재율이 33.3% 이상되어야 하며, 연륜이 1in.당 4개 이상일지라도 추재율이 50% 이상이면 밀집목리로 간주할 수 있다. 근접목리는 1in.당 6개 이상 30개 이하의 연륜을 가져야하며 5개 또는 30개 이상일지라도 33.3% 이상의 추재율을 나타내는 경우 근접목리로 간주할 수 있다. 정상목리는 1in.

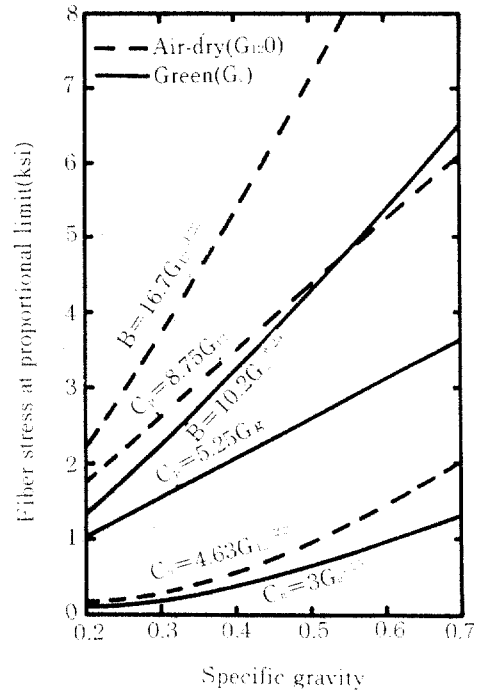


Figure 2. Variation of fiber stress at proportional limit with specific gravity of wood for air-dry and green conditions.

당 4개 이상의 연륜을 가져야 한다. 이상의 방법으로 연륜의 수를 측정하는 경우 최소한 3in. 이상의 길이에 대해 측정하고 그 평균치를 사용하여야 한다. 이와 같이 비중을 구분한 후 표 3의 강도율을 적용한다.

3.5. 둥근모

Table 3. Strength ratios and quality factors for special specific gravity classifications.

Property	Specific gravity classification(%)		
	Dense	Close	Medium
Bending stress			
Tensile stress			
parallel to grain			
Compressive stress	117	107	100
parallel to grain			
Compressive stress			
perpendicular to grain			
Modulus of elasticity	105	100	100

등근모는 목재의 기계적 성질에는 크게 영향을 주지 않는 것으로 평가된다. 다만 외관상의 문제로 그 사용이 제한되기도 한다.

4. 허용성질의 계산

허용성질 계산의 기준치는 ②항에서 구해진 5% 제외 하한값이다. 이 값은 실험실에서 짧은 시간동안 하중을 가하여 구한 값이므로 실제상황에서 하중이 일반적으로 지속되는 기간인 정상하중 지속기간(normal loading duration)을 고려하여 보정해 주어야 한다. 미국 건축규정(UBC: Uniform Building Code)¹⁰⁾에서는 정상하중 지속기간을 10년으로 규정하고 있다. 또한 모든 재료의 역학적 사용에서는 사용중의 과부하(overloading)를 고려하여야 하므로 안전계수를 설정하여야 한다. 이상의 2가지를 병합하여 ASTM¹¹⁾에서는 표 4의 값을 제시하고 있는 바, 5% 제외 하한값을 표 4의 인자로 나누어 줌으로써 정상하중 지속기간과 안전계수를 고려한 보정이 이루어진다. 이 값을 다시 ③항에서 구한 강도율을 곱해줌으로써 주어진 목재의 허용성질을 구할 수 있다.

만을 고려한다.⁷⁾ 허용성질 계산의 기준치로 대개의 경우 5% 제외 하한값이 사용되나, 탄성계수와 횡압축시의 허용응력 계산에는 산술평균치가 사용된다.⁷⁾

횡하중을 받는 경우 재료의 높이에 대해 보정해 주어야 하며, 이 때 공식 5에 의해 크기인자(size factor), F를 구하여 곱해준다.⁸⁾

$$F = (2/d)^{1.9} \dots \dots \dots (5)$$

F = 크기인자

d = 재료의 높이

종압축시의 허용응력은 기둥의 지간거리(unsupported length)가 단면의 최소치수 보다 11배를 초과하지 않는 경우에만 적용할 수 있다.

5. 허용성질의 수정

4항에서 계산된 허용성질은 주어진 재료가 강도시험시의 함수율(ASTM¹¹⁾에서는 생재상태)을 유지하면서 정상하중 지속기간 동안 하중을 받는다는 가정하에서 목재에 나타난 결점과 안전계수를 고려한 강도치이다. 그러나 목재가 우리

Table 4. Adjustment factors to be applied to the clear wood properties.

	Bending strength	MOE in bending	Tensile strength parallel to grain	Compressive strength parallel to grain	Horizontal shear strength	Proportional limit in compression perpendicular to grain
Softwoods	2.1	0.94	2.1	1.9	4.1	1.5
Hardwoods	2.3	0.94	2.3	2.1	4.5	1.5

표 4에서 MOE에 해당하는 값은 재료의 길이-높이 비 14를 21로 보정해 주는 값이다. 또한 전단력에 대한 인자가 유난히 큰 이유는 전단력 하에서의 목재의 거동에 변이가 심하며 이에 대한 예측이 곤란하기 때문이다. 여러가지 결점이 한목재에 나타나는 경우에는 가장 큰 영향을 미치는 결점, 즉 가장 낮은 값을 나타내는 강도율

생활에 사용될 때에 이와 같은 조건이 그대로 적용되는 경우는 매우 드물다. 따라서 사용시의 조건, 즉 함수율, 온도, 하중 지속시간, 각종 화학처리 및 기타 조건 등에 대해 수정해 줌으로써 실질적인 목재의 허용성질을 산출할 수 있다.

5.1. 함수율

목재는 사용도중 대기중의 상대습도에 따라 수분을 흡습(adsorption) 또는 방습(desorption)하게 되며, 이와 같은 목재내 수분의 변화는 목재의 물리 및 기계적 성질의 변화를 초래한다. 일반적으로 섬유포화점(fiber saturation point) 이하에서는 함수율이 감소할수록 목재의 강도는 증가하고, 섬유포화점 이상에서는 함수율과 강도와는 무관하다. 그러나 섬유포화점 이하에서도 두께 4in. 이상의 두꺼운 목재의 경우에는 목재의 건조와 더불어 발생하는 건조결함에 의해 강도의 증감이 서로 상쇄되는 것으로 간주한다.

함수율과 강도와의 관계를 graph로 나타내면 섬유포화점 이상에서는 수평선을 나타내고 그 이하에서는 역지수함수(negative exponential function)로 표시할 수 있다. 따라서 섬유

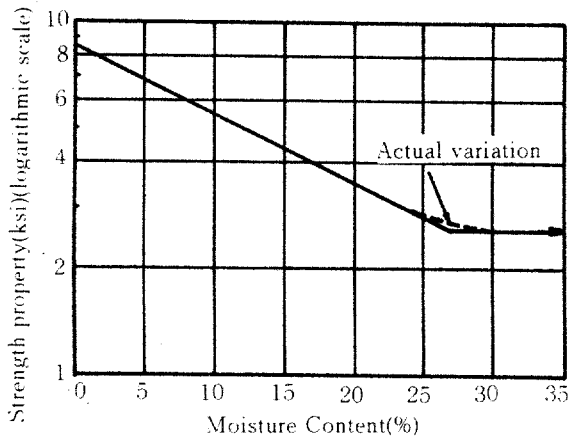


Figure 3. Variation of strength with moisture content.

포화점 이하에서의 관계를 log변환(logarithmic transformation) 시켜서 수직축에 강도의 log 척도(log scale)를 사용하면 그림 3에서 보는 바와 같이 그들의 관계를 직선화(linearization)할 수 있다. 그림 3에서 두 직선의 교차점을 섬유포화점으로 볼 수 있으며, 그 이하의 함수율에서 함수율의 변화에 따른 강도의 변화는 식 6에 의해 구할 수 있다.

$$\log S = \log S_1 + \frac{M_1 - M}{M_1 - M_2} \log \frac{S_1}{S_2} \dots \dots \dots (6)$$

S, S₁, S₂=기계적 성질

M, M₁, M₂=함수율

ASTM에서는 이를 보다 간략히 정리하여 사용시의 최대 함수율을 19%와 15%로 분류하여 건조시의 강도 증가를 표 5와 같이 제시하고 있다. 표 5의 값은 두께 4in. 이하의 목재에만 적용된다. 이때 최대 함수율 15%에서의 증가된 강도비가 ASTM에 주어진 건조재와 생재의 강도비보다 커서는 안된다.

5.2. 온도

목재주변의 온도상승이 목재내부에 일으키는 변화는 2가지로 생각된다. 첫째는 일시적인 내부에너지 수준의 변화이고 둘째는 영구적인 내부 화학구조의 변화이다. 전자는 일시적인 강도의 저하를 가져오고 온도하락과 함께 강도도 회

Table 5. Modification of allowable stresses for seasoning effects for lumber 4 in. and less in nominal thickness.

Properties	Percentage increase in allowable properties above that of green lumber when maximum M.C. is	
	19%	15%
Bending	25	35
Modulus of elasticity	14	20
Tension parallel to grain	25	35
Compression parallel to grain	50	75
Horizontal shear	8	13
Compression perpendicular to grain	50	50

복되나 후자의 경우는 목재에 영구적인 강도의 손실을 가져온다. 이들 효과의 분기점은 온도와 노출시간에 따라 달라질 수 있으나 보통 150°F (65.6°C)¹²⁾ 또는 200°F(93.3°C)¹³⁾로 규정하고 있다. 그러나 열이 목재의 기계적 성질에 미치는 영향은 온도와 노출시간 뿐만이 아니라 온도 변화에 따른 평형함수율(equilibrium moisture content)의 변화, 열 전달 매체, 목재의 치수 및 함수율 등에 따라 달라진다.¹⁴⁾ 일반적으로 목재의 함수율이 높을수록 온도의 영향을 크기 받는다. 이와 같은 열의 효과는 누적되므로 여러 번 반복하여 열에 노출되는 것은 이를 모두 합한 시간만큼 한꺼번에 노출되는 것과 같은 효과를 갖는다.¹⁵⁾

목재가 우리생활 주변에 사용될 때 목재의 기계적 성질에 영향을 줄 만큼 높은 온도에 노출되는 경우는 매우 드물다. 따라서 온도의 영향은 실생활에의 적용측면에서 보면 크게 중요하지 않다. ASTM¹⁾에서는 계산된 허용성질을 150°F(65.6°C)까지 가끔 노출되는 경우와 120°F(48.9°C)까지 장시간 노출되는 경우는 그대로 적용한다고 규정하고 있다. 미국의 National Design Specification¹²⁾에서는 목재가 저온이나 150°F(65.6°C)까지의 높은 온도에 장시간 노출되는 경우에 대한 보정인자를 표 6과 같이 제시하고 있다.

5.3. 하중 지속시간

ASTM²⁾이나 KS 규격에 주어진 방법대로 1회

의 하중을 가하여 행하는 강도시험을 정적시험(static test), 하중을 더욱 빨리 가하는 방법을 동적시험(dynamic test), 짧은 시간에 여러번의 반복하중을 가하는 방법을 피로시험(fatigue test)이라 하며, 장기하중하에서 행하는 시험을 creep 시험이라 한다. 목재의 강도는 하중 지속시간이 길어질수록 약화되나 그 감소 정도는 하중의 크기와 지속시간에 따라 달라진다. 하중이 영구히 지속되는 경우 목재의 강도는 정적시험 결과의 약 50-60% 정도로 감소하며 10년간의 하중하에서는 약 62.5%의 강도를 유지한다.¹⁶⁾

목재에 하중이 가하여지면 목재는 순간변형(instantaneous deformation)을 일으키는데 그 대부분은 하중이 제거되면 회복된다. 이 하중을 증가시키지 않고 그대로 장시간 가하더라도 목재의 변형은 증가되는데 이 변형을 지연변형(delayed deformation) 또는 creep 변형이라 하며 시간의 함수로 나타낼 수 있다. creep 변형은 회복이 가능한 지연탄성변형(delayed elastic deformation)과 회복이 불가능한 점성변형(viscous deformation)으로 나눌 수 있다. 이와 같은 creep 변형은 주로 목재를 구성하는 목재분자구조간 또는 조직간의 유동(flow)에 의해 발생한다.¹⁷⁾

하중 지속기간과 강도와의 관계는 그림 4와 같이 나타난다.¹⁸⁾ 4항에서 계산된 허용성질은 정상하중 지속기간(10년)으로 산출한 것으로 10년의 하중기간에 대한 강도비를 1.0으로 보고 실제 하중지속 기간에 따라 그림 4에서 적당한 값을 취하여 4항에서 계산된 값에 곱하여 준다.

Table 6. Percent increase or decrease in design values for each 1°F decrease or increase in temperature.

Property	Moisture content	Cooling below 68°F (Min. -300°F)	Heating above 68°F (Max. 150°F)
Modulus of elasticity	0%	+0.04%	-0.04%
	12%	+0.15%	-0.21%
Other properties	0%	+0.17%	-0.17%
	12%	+0.32%	-0.49%

그림 4에서 보는 바와 같이 바람이나 지진은 하중 지속기간을 1일로 보고 1.33, 눈은 2개월에 대해 1.15, 충격하중은 1초에 대해 2.0의 인자를 곱하여 준다. 10년 이상 지속되는 하중에 대하여는 0.9를 곱하여 준다. 이와같은 하중 지속기간의 영향은 누적 되므로 일정기간 동안 반복되는 하중은 그 하중 지속기간을 더한 만큼의 효과를 갖는다.

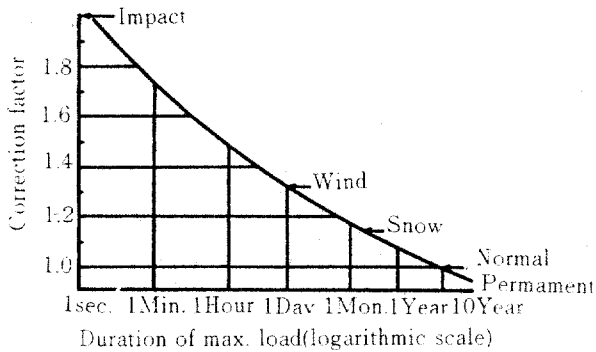


Figure 4. Adjustment factors of working stresses for various durations of load.

5.4. 화학처리

목재는 그 용도와 사용목적에 따라 여러가지 화학처리를 거친 후 사용되기도 한다. 가장 많이 사용되는 화학처리에는 방부처리(preservative treatment)와 방화처리(fire-retardant treatment)가 있다. 이러한 화학처리에 주로 사용되는 방법은 가압주입법이며, 높은 함수율 상태에서 고온, 고압의 영향으로 목재의 강도에 손실이 나타난다. 이 손실의 정도는 화학약품의 종류와 처리방법 등에 따라 다르나, 보통 방화처리의 경우 약 10%의 강도손실이 나타난다. 그러나 방부처리의 경우에는 강도손실이 없는 것으로 간주하는데 그 이유는 무처리재에서 부후에 의해 초래되는 강도손실과 서로 상쇄되는 것으로 간주하기 때문이다.

5.5. 기타

위에서 제시한 조건들 이외에도 목재가 사용

되는 장소와 환경에 따라 특별히 고려해야할 조건들이 있으며 이는 설계자에 의해 결정된다. 목재가 사용도중 계속되는 반복하중을 받는 경우 약 100,000회 이상의 반복하중하에서는 하중의 크기에 따라 상당한 강도의 손실이 나타나는데 이를 피로효과(fatigue effect)라 한다. 이러한 피로효과를 고려해 주어야 하나 하중의 크기가 비례한도 하중을 초과하지 않는 경우 이를 무시할 수 있다. 전단력을 주로 받는 부재의 경우 시험편과 실험재 사이의 크기의 차이와 이로 인한 응력집중(stress concentration)을 고려하여 0.444의 인자를 곱하여 보정해 준다. 목구조물에서 보와 기둥 또는 기둥과 바닥의 결합부분의 수평부재는 횡압축하중을 받는다. 실험실에서의 횡압축시험은 시험편의 중간부분에 하중을 가하나 실제 목구조물에서는 부재의 끝부분에 하중을 받게되는데 이 차이를 보정해 주기 위하여 0.67을 곱해 준다. 이상의 3가지 이외에도 설계자의 판단에 따라 여러가지 특별한 인자를 설정할 수 있다.

6. 결론

위의 4항에서 구한 값을 5항의 조건들에 대해 수정해 줌으로써 목구조물의 설계에 사용할 수 있는 사용성질(working properties) 또는 설계성질(design properties)을 구할 수 있다. 허용성질의 계산까지는 규정에 따라 할 수 있지만 그 값의 수정에는 완전히 확정된 규정이 없다. 또한 허용성질의 수정에 고려해야할 환경조건도 목재의 용도에 따라 달라지므로 설계자의 정확한 판단이 요구된다.

4항까지의 단계인 정상하중 지속기간을 고려한 허용성질은 목재의 역학적 사용에 있어서 가장 기본적인 자료이나 사용자들이 일일이 실험을 통하여 계산할 수는 없다. 이와 같은 자료는 임업연구원이나 각 학교에서 지금까지 이루어진 실험결과를 그대로 이용하여 계산해 낼 수 있을

것으로 생각된다. 이 자료가 종합정리되어 사용자들이 쉽게 집할 수 있게 발간된다면 모든 종류의 목구조물 설계에 큰 도움이 될 것으로 사료된다. 외국의 경우에는 이러한 기본자료들이 많이 발간되어 원하는 사람은 누구나 쉽게 사용할 수 있는 실정이다. ^{1) 2) 3) 4)} 우리나라에서도 목재의 수종별 역학적 성질을 수록한 기본자료가 발간된다면 목재의 효율적 이용에 큰 도움이 될 것으로 생각한다. 끝으로 본 자료를 이용하는 데 있어서 부족한 점은 인용문헌을 참고하면 도움이 될 것이다.

참고문헌

- 1) American Institute of Timber Construction. 1985. Timber construction manual. John Wiley & Sons, New York.
- 2) American Society for Testing and Materials. 1981. Standard methods of testing small clear specimens of timber. ASTM D143-52. Philadelphia, Pa.
- 3) _____, 1981. Standard methods for establishing structural grades and related allowable properties for visually graded lumber. ASTM D245-74. Philadelphia, Pa.
- 4) _____, 1981. Standard methods for establishing clear wood strength values. ASTM D2555-78. Philadelphia, Pa.
- 6) American Society of Civil Engineers. 1975. Wood Structures. New York.
- 7) Bodig, J. and B. A. Jayne. 1982. Mechanics of wood and wood composites. Van Nostrand Reinhold Co., New York.
- 8) Gurfinkel, G. 1981. Wood engineering. Kendall/Hunt Pub. Co., Dubuque, Iowa.
- 9) Hoyle, R. J. Jr. 1982. Lumber: Grades, sizes, species. pp. 145-182 in Wood as a structural material Eds. Dietz, A. G. H., E. L. Schaffer, and D. S. Gromala. Pennsylvania State University, University Park, Pa.
- 10) International Conference of Building Officials. 1985. Uniform building code. Whittier, California.
- 11) National Forest Products Association. 1978. Wood structural design data. Washington, D.C.
- 12) _____, 1982. National design specification. Washington, D.C.
- 13) U. S. Forest Products Laboratory. 1974. Wood handbook. USDA Forest Service Agricultural Handbook No. 72. Washington, D. C.