

## 美松의 熱氣乾燥스케줄 改良에 關한 研究

鄭希錫<sup>2</sup> · 찰리 코즈리크<sup>3</sup> · 헬름쓰 레슈<sup>3</sup>

### Study on Kiln-Schedule Modification for Douglas Fir<sup>1</sup>

Hee Suk Jung<sup>2</sup> · Charles J. Kozlik<sup>3</sup> · Helmuth Resch<sup>3</sup>

#### Summary

For the modification of kiln drying schedule, relations between resistance to drying  $R_d$  and the moisture content or drying times were found for 4/4, 6/4 and 8/4 green Douglas fir heartwood by the mild drying schedule and the severe drying schedule until the average moisture content was about 10 percent. The results of this study were as follows.

1. Resistance to drying of thicker lumber was higher than that of thinner lumber and resistance to drying of three different thicknesses were negligible between the mild- and the severe drying schedule. The relationships between resistance to drying and two schedules or three thicknesses of lumber were  
 $R_{d1} = 1.830 \times 10^5 M^{-2.24}$  for 4/4 lumber by the mild drying schedule,  
 $R_{d2} = 1.822 \times 10^5 M^{-2.25}$  for 4/4 lumber by the severe drying schedule,  
 $R_{d3} = 2.352 \times 10^5 M^{-2.14}$  for 6/4 lumber by the mild drying schedule,  
 $R_{d4} = 3.457 \times 10^5 M^{-2.27}$  for 6/4 lumber by the severe drying schedule,  
 $R_{d5} = 1.317 \times 10^6 M^{-2.56}$  for 8/4 lumber by the mild drying schedule,  
 $R_{d6} = 8.267 \times 10^5 M^{-2.40}$  for 8/4 lumber by the severe drying schedule.
2. Thinner lumber exhibited lower level of moisture content and shorter drying time required at intersection point between the moisture content and resistance to drying as a function of drying time than those of thicker lumber. Drying time of mild drying was longer than that of severe drying and similar to the level of moisture content at intersection point

#### 序 論

乾燥木材의 수요는 매년 증가 추세에 있으며 2000 年度의 素材의 乾燥量은  $2 \times 10^8 m^3$ 로 추산되고 있다. 乾燥木材의 수요증가에 따라 乾燥의 메가니즘이 더욱 더 명확히 구명되어야 하고 乾燥時間의 단축과 乾燥

木材의 品質向上 그리고 에너지 절약에 있어서 기술 개발의 혁신이 필요하다. 乾燥技術의 개발에는 乾燥室의 디자인과 操作 그리고 適正乾燥스케줄 등이 중요한 과제로 들 수 있다.

乾燥스케줄은 乾燥中에 乾燥缺陷을 최대한 예방하면서 가급적 빨리 乾燥할 수 있는 溫度, 濕度 및 風速을 설정하는 프로그램이다. 목재의 乾燥特性은 産

<sup>1</sup> 接受 2月 28日 Received February 28, 1984.

本論文은 韓國科學財團의 지원과 오레곤 州立大學校의 협력으로 이루어진 것임.

This article was prepared in cooperation with Oregon State University by Support of Korea Science and Engineering Foundation.

<sup>2</sup> 서울大學校 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suwon 170, Korea.

<sup>3</sup> 오레곤州立大學校 林科大學 College of Forestry, Oregon State University, Corvallis, Oregon, U. S. A.

地, 樹種, 목재두께, 生長部位에 따라 相異하기 때문에 알맞은 乾燥스케줄을 작성하는대는 큰 어려움이 따르고, 또한 現行 대부분의 乾燥스케줄은 완벽하기보다는 개량과정에 있다고 볼 수 있다. 乾燥스케줄의 개발에는 簡易決定法에서부터 시작하여 實驗用 또는 産業用 乾燥室 등에서 乾濕球濕도를 정함에 있어 濕度와 平衡含水率을 固定하거나 변화시켜주면서 행하여져 왔고 많은 시행착오를 거치면서 개량되어 왔다.

本 研究에서는 平행적인 乾燥스케줄의 改良法과는 달리 乾燥抵抗(drying resistance)을 측정하여 건조스케줄 改良의 기본자료로 이용코자 하였다. 木材의 乾燥는 沸點 以下の 溫度에서 木材水分의 毛細管流動, 結合水의 擴散과 水蒸氣擴散 등 세가지 基本機構에 의해 이동되고 있다. 毛細管流動에 의한 乾燥第1段階의 蒸發速度는 乾球濕度, 濕球濕度와 風速 등의 外周條件에 의해 좌우된다. 毛細管流動과 水分의 擴散速度에 의해 지배되는 乾燥第2段階의 蒸發速度는 纖維飽和線(fiber saturation line)이 목재내부로 이동함에 따라 乾燥抵抗은 커지면서 減率乾燥 현상이 나타난다. 乾燥最終(3)段階는 纖維飽和線이 목재의 中心까지 이동하면서부터 시작되고 平衡含水率에 도달할 때까지 内部抵抗에 의해 지배되면서 乾燥가 진행되고 水分傾斜가 점차 줄고 乾燥速度도 아울러 줄어진다. 이러한 성격의 乾燥抵抗을 측정하는 수단으로서 木材乾燥의 추진력을 습윤한 木材表面과 棧積을 통과하는 어떤 熱氣 사이의 蒸氣壓 差異와 같다는 조건에서 蒸氣壓 차이가 클수록 건조의 추진력도 커진다는 개념에 따라 Bramhall 이 제창한 乾燥抵抗을 측정하였다. 乾燥抵抗을 乾燥도에 따라 달라질 수 있기 때문에 全乾燥抵抗(total drying resistance)을 이용하여 임의 初期含水率에서 임의 最終含水率까지 乾燥에 要하는 乾燥抵抗을 알 수 있고, 乾球溫度와 濕球溫度가 乾燥速度와 乾燥時間에 미치는 영향을 알 수 있으므로 乾燥스케줄을 改良하는데 有用하게 적용할 수 있다고 본다. 따라서 本 研究에서는 美松 板材의 세가지 두께와 乾燥스케줄의 두가지 強弱別로 적용하여 含水率과 乾燥抵抗의 관계 그리고 乾燥時間에 따른 含水率과 乾燥抵抗의 관계를 구명코자 실시하였다.

## 研究史

熱氣乾燥(kiln drying)은 1920年代 이후에 착수

되었고 1차 대전 중에 熱氣乾燥室에 관한 이론적인 원리와 디자인이 전개되기 시작하였다.<sup>8)</sup> 독일의 Keyler(1950)<sup>9)</sup>는 乾燥過程을 乾燥傾斜(drying gradient)에 의해 조절하면서 침엽수재와 활엽수재의 注意乾燥와 強制乾燥別 乾燥스케줄 작성에 관한 理論을 제시하였고, Rasmussen(1961)<sup>10)</sup>은 乾燥스케줄의 작성과 개량조건 그리고 美國產 침엽수재와 활엽수재의 含水率스케줄과 시간 스케줄을 보고하였다. 또한 Pratt(1974)<sup>11)</sup>는 英國產 수종의 건조스케줄과 개량법에 대해 보고하였고, Bramhall 과 Wellwood(1976)<sup>12)</sup>은 美松을 비롯하여 캐나다 西部產 수종의 乾燥特性과 乾燥스케줄을 보고하였으며, Cech와 Pfaff(1980)<sup>13)</sup>는 캐나다 東部產 수종의 두께 1~15 인치와 1.75~2.25인치 재목의 慣行乾燥스케줄(conventional schedule)과 아울러 red pine 外 3 수종의 改良乾燥스케줄(modified schedule)을 보고하였다. Bachrich(1980)<sup>14)</sup>는 北美 乾燥스케줄의 분류와 세계 주요 목재의 乾燥스케줄에 관해 기술하였고 乾燥抵抗을 이용한 乾燥스케줄 개량을 위시한 몇가지 乾燥스케줄 개량법에 대해 보고하였다. 寺澤 眞(1965)<sup>15)</sup>는 乾燥스케줄이 알려져 있지 않은 수종에 대해 급속건조에 의한 乾燥스케줄 簡易決定法에 대해 보고하였다. 이상과 같이 先進國에서는 自國產 木材의 乾燥스케줄을 만들어 이용하고 있으며, 한편 에너지 절약을 목적으로 乾燥時間 단축을 위한 乾燥스케줄 개량에 대해서도 연구되고 있다.

건조스케줄은 전통적으로 실험용 또는 産業用 乾燥室에서 前進法(trial and error)에 의해 개발되고 있으나 건조실간의 고유의 차이, 즉 加熱管의 容量, 材間風速, 건조재목과 棧木의 두께 그리고 初期含水率 등의 차이가 있기 때문에 개개의 乾燥室의 特性과 스케줄 작성의 요구사항을 충족시킬 수 있는 스케줄 개량이 필요하다. 따라서 Bramhall(1975) 1976)<sup>16,17)</sup>는 캐나다產 western spruce 의 2 수종의 두께 2 인치 재목의 乾燥抵抗을 측정하여 乾燥스케줄 개량에 관한 이론적인 방법에 대해 연구하였고, 또한 任意含水率에서 擴散速度는 乾球와 濕球의 蒸氣壓 差異(P)에 비례하고 乾燥抵抗(R)은  $Pdt/dM$ 로 계산하여 건조스케줄 개량에 적용할 수 있음을 보고하였으며, Gorvad와 Arganbright(1979)<sup>18,19)</sup>는 乾燥損傷의 조절을 위한 건조스케줄 severity indices를 구하고 incidence cedar pencil stat을 공시하여 乾燥抵抗을 측정함과 아울러 severity indices가 乾燥損傷에 미치는 영향에 대해 보고하는 등 몇가지 보고를 제외하고

는 研究者나 실무자가 乾燥스케줄의 개발 또는 개량에 적용할 수 있는 研究는 빈약한 실정에 있다.

## 材料 및 方法

### 1. 材 料

1) 供試木: 供試樹種은 美松(Douglas Fir)이고 生材狀態인 心材 板材를 Bohemia Inc. 製材工場에서 선정하여 사용하였다.

Table 1. Conditions of boards used.

Thickness (in.)	Mild drying schedule					Severe drying schedule				
	Initial M. C. (%)	Green Sp. Gr.	Rings per inch			Initial M. C. (%)	Green Sp. Gr.	Rings per inch		
			Less than 6	More than 6	Total			Less than 6	More than 6	Total
1.0	39.0	0.47	5	19	24	35.0	0.44	3	21	24
1.5	35.7	0.44	0	24	24	34.2	0.43	0	24	24
2.0	39.5	0.43	9	27	36	35.7	0.45	6	31	37

### 4) 含水率 試驗片

(1) 乾燥스케줄 適用 含水率 試驗片: 含水率 試驗片(moisture section)은 試驗片 양 횡단면에서 각각 길이 1 인치로 제단한 즉시 平均初期含水率을 측정하였다.

(2) 乾燥 데이터용 含水率 試驗片: 乾燥가 끝난 후 試驗材의 한 횡단면에서 材長의 1/3과 2/3가 되는 部位에서 길이 1 인치가 되도록 제단하여 平均含水率을 측정하여 乾燥데이터용으로 사용하였다.

5) 棧木과 棧積의 크기: 棧木의 두께는 5/8 인치이고 너비는 1.5 인치인 棧木을 供試하였다. 棧積은 縱積하였으며 棧積의 너비는 24 인치, 길이는 45 인치, 그리고 높이는 24 인치로 쌓았다.

6) 乾燥室: 供試熱氣乾燥室(dry kiln)은 收容材積(100 bd. ft.)인 cabinet dryer로서 内部送風機型, 蒸氣式이었다. 이었다.

7) 기타 器機: 含水率 試驗片의 제단에는 radial saw를, 평량에 정도 0.01 그램의 지시천칭을 각각 사용하였으며 試驗材 무게는 정도 1 파운드의 천칭으로 坪量하였다.

### 2. 方 法

1) 乾燥스케줄은 美松 乾燥에 관행으로 쓰고 있는 약한 건조스케줄과 강한 건조스케줄을 각각 적용하였다. 두가지 건조스케줄의 乾球溫度는 160 °F로 고정하였고, 濕球溫度는 表 2에서와 같이 150 °F에서 乾燥段階別로 낮추었다.

2) 試驗材의 크기: 試驗材의 세 두께는 1.0 인치, 1.5 인치, 2.0 인치로 하고 너비는 6 인치이며 자동 기계 대패로 平削하여 두께와 너비의 치수를 정확히 조정하였다. 試驗材의 길이는 45 인치로 하였다.

3) 試驗材의 條件: 試驗材는 대부분 板目板을 사용하였으며 재목두께와 乾燥條件別로 初期含水率과 生材比重의 平均値, 인치당 年輪數의 구분 및 試驗材數量은 表 1과 같고, 試驗材의 두 횡단면은 케인트로 엔드코팅(end coating)을 2회 실시하였다.

Table 2. Mild drying schedule and severe drying schedule applied.

Drying schedule	Drying time (hr.)	Dry-bulb temp. (°F)	Wet-bulb temp. (°F)
Mild drying schedule	0-15*	160	150
	15-27	160	145
	27-39	160	140
	39-51	160	135
	51-63	160	130
Severe drying schedule	63-147	160	125
	0-15*	160	150
	15-27	160	140
	27-87	160	125

\* Included heating time of 3 hrs.

2) 風速: 材間風速은 分當 400 피트를 적용하였다.

### 3) 含水率 測定

(1) 乾燥스케줄용 含水率: 乾燥前에 試驗材에서 全乾法으로 구한 初期含水率로 계산된 試驗材의 全乾 무게와 乾燥時間 12時間 간격별로 측정된 試驗材의 무게로 乾燥中含水率을 구하였다.

(2) 乾燥데이터용 含水率: 해당 含水率 試驗片에서 全乾法으로 구한 含水率로 試驗材의 全乾무게를 구하고, 試驗材의 乾燥 전과 乾燥中 12時間 간격으로 측정된 무게를 이용하여 含水率을 구하여 乾燥데이터용으로 사용하였다.

4) 乾燥抵抗: 最終含水率 10% 정도에 도달할 때까지 乾燥를 실시하고, 乾燥抵抗은 Bramhall<sup>1)</sup>이 제안한 다음 식으로 재목두께와 乾燥스케줄別로 구하였

으며, 含水率과 乾燥抵抗의 관계 그리고 乾燥時間에 따른 含水率과 乾燥抵抗의 관계 등을 구하였다.

$$Rd = \frac{(Pd - Pw) \Delta t}{JM}$$

Rd : 乾燥抵抗(mb-hr./% mc)

Pd : 乾球溫度의 蒸氣壓(mb)

Pw : 濕球溫度의 蒸氣壓(mb)

$\Delta t$  : 乾燥時間 間격(hr.)

JM : 乾燥段階別 含水率 감소(%)

5) 乾・濕球溫度의 蒸氣壓: 乾・濕球溫度의 蒸氣壓은 表 3을 이용하였다.

Table 3. Vapor pressure of water at temperatures from 100 to 239 °F(mb).

Temp. °F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	66	68	70	72	74	76	78	81	83	85
110	88	91	93	96	99	102	104	107	110	114
120	117	120	123	127	130	134	138	141	145	149
130	153	158	162	166	171	175	180	184	189	194
140	199	204	210	215	221	226	232	238	244	250
150	257	263	269	276	283	290	297	304	312	319
160	327	335	343	351	360	368	377	386	395	404
170	413	423	433	443	453	463	474	485	496	507
180	518	530	541	554	566	578	591	604	617	630
190	644	658	672	687	701	716	731	747	763	779
200	795	812	828	846	863	881	899	917	936	955
210	974	994	1014	1034	1054	1075	1097	1118	1140	1163
220	1185	1208	1232	1256	1283	1304	1329	1355	1380	1407
230	1433	1460	1487	1515	1543	1572	1601	1631	1661	1691

### 結果 및 考察

#### 1. 乾燥時間과 含水率 및 乾燥抵抗의 關係

두께 2.0 인치 재목의 약한 건조 스케줄과 강한 건조 스케줄을 적용시에 乾燥時間에 따른 含水率과 乾燥抵抗의 관계는 그림 1~2와 같이 乾燥時間이 길어질수록 含水率은 감소함과 동시에 乾燥抵抗은 증가하였다. 약한 건조 스케줄 적용시에 含水率과 乾燥抵抗의 變化曲線은 강한 건조 스케줄 적용시의 것보다 완만하였다. 그리고 含水率曲線과 乾燥抵抗曲線의 교차점은 약한 건조 조건의 경우가 강한 건조 조건의 경우보다 더 긴 건조 시간에서 교차하였으나 교차점의 含水率 수준은 비슷하였음을 알 수 있었다. 즉 이와 같은 사실은 약한 건조 조건의 乾燥速度는 강한 건조 조건의 乾燥速度보다 느리기 때문이나 동일 함수율까지 乾燥에는 乾燥條件의 強弱에 관계없이 비슷한 乾燥抵抗이 必要하다는 사실을 알게 되었다.

두께 1.0 인치, 1.5 인치, 2.0 인치 재목의 약한 건조 조건과 강한 건조 조건의 乾燥時間에 따른 含水率과 乾燥抵抗을 조합하여 분석한 결과는 그림 3~5와 같이 含水率曲線과 乾燥抵抗曲線의 교차점은 재목 두께에 따라 상이하였다. 교차점의 특징은 두께가 얇은 재목이 두꺼운 재목의 경우보다 짧은 乾燥時間과 낮

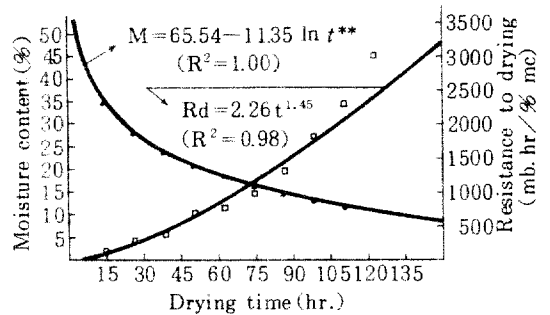


Fig. 1. Resistance to drying and moisture content as a function of drying time for mild drying schedule of 2.0-inch board.

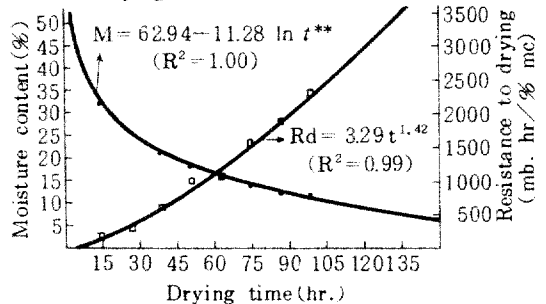


Fig. 2. Resistance to drying and moisture content as a function of drying time for severe drying schedule of 2.0-inch board.

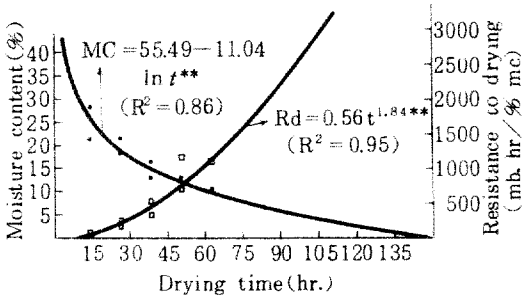


Fig. 3. Resistance to drying and moisture content as a function of drying time for combination with mild drying schedule and severe drying schedule of 1-inch board.

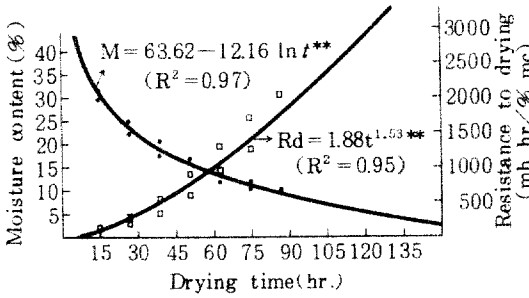


Fig. 4. Resistance to drying and moisture content as function of drying time for combination with mild drying schedule and severe drying schedule of 1.5-inch board.

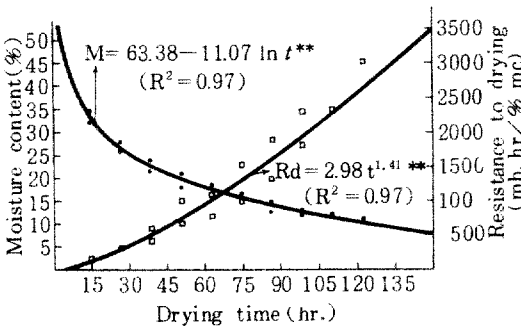


Fig. 5. Resistance to drying and moisture content as function of drying time for combination with mild drying schedule and severe drying schedule of 2.0-inch board.

은 습수율에서 교차함을 알 수 있었다. 이와같은 특징은 두께가 얇을수록 건조속도가 빠르고 또한 두께가 두꺼울수록 높은 습수율에서도 건조저항이 큼을

알 수 있었다. 건조시간에 따른 습수율과 건조저항을 동시에 분석된 연구는 아직도 수행된 결과가 없으며 이와같은 관계에 대한 연구가 더 수행되어야 할 것이다.

## 2. 건조條件別 습수율과 건조저항

약한 건조스케줄과 강한 건조스케줄을 적용시에 건조中 습수율과 건조저항의 관계에서 두께 1.0인치 재목의 경우는 그림 6~7과 같고, 두께 1.5인치 재목의 경우는 그림 8~9와 같으며, 두께 2.0인치 재목의 경우는 그림 10~11과 같이 습수율이 감소할수록 건조저항은 曲線의으로 증가하였으며, 건조中 습수율이 동일할 경우에 재목 두께가 두꺼울수록 건조저항値는 컸음을 알 수 있었다. 또한 재목두께가 동일한 경우 약한 건조條件과 강한 건조條件 사이에 습수율에 따른 건조저항의 관계는 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 따라서 동일 두께의 재목에서 건조條件別로 습수율에 따른 건조저항의 차이는

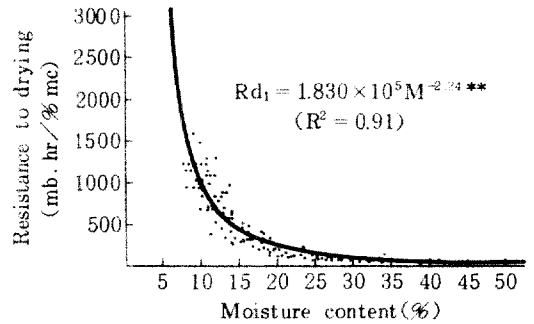


Fig. 6. Relationship between moisture content and resistance to drying of mild drying schedule for 1-inch board.

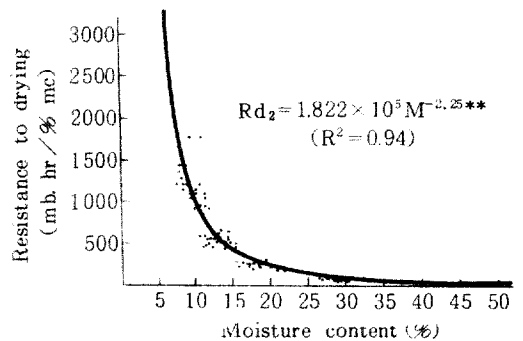


Fig. 7. Relationship between moisture content and resistance to drying of sever drying schedule for 1-inch board.

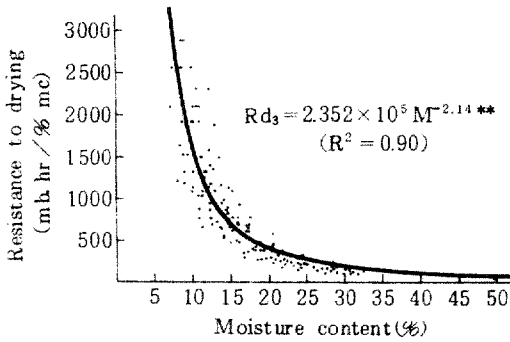


Fig. 8. Relationship between moisture content and resistance to drying of mild drying schedule for 1.5-inch board.

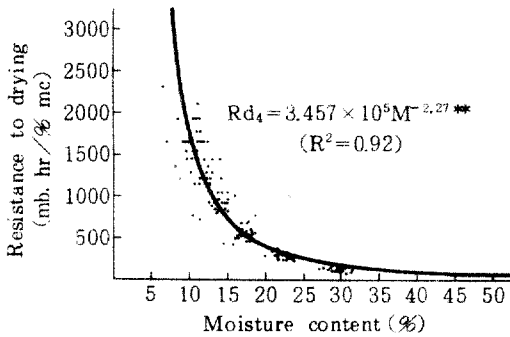


Fig. 9. Relationship between moisture content and resistance to drying of severe drying schedule for 1.5-inch board.

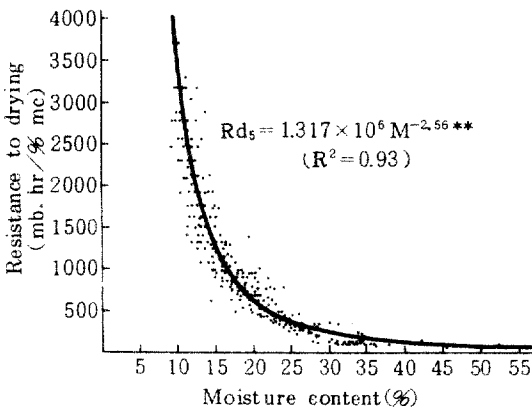


Fig. 10. Relationship between moisture content and resistance to drying of mild drying schedule for 2.0-inch board.

미미하였으므로 本 研究에서 供試한 재목 두께에 있어서 어떤 두께의 含水率別 乾燥抵抗은 약한 건조조건과 강한 건조조건에서 얻은 含水率別 乾燥抵抗値

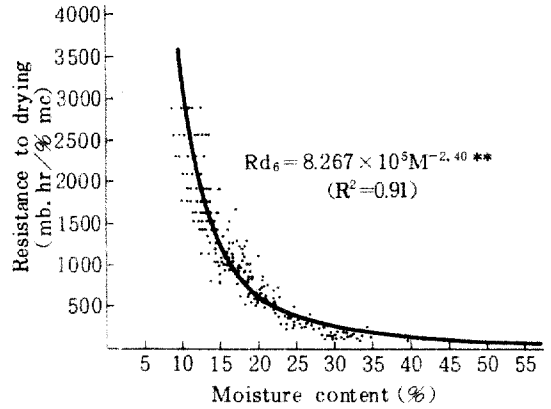


Fig. 11. Relationship between moisture content and resistance to drying of severe drying schedule for 2.0-inch board.

를 평균하여 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

Bramhall (1975)<sup>2)</sup>는 alpine fir, lodgepole pine 그리고 western white spruce 의 두께 2 인치 재목의 含水率과 乾燥抵抗에 대한 연구에서 含水率이 감소할수록 乾燥抵抗은 곡선적으로 증가하였으며, 동일 건조중 含水율에서도 乾燥抵抗은 alpine fir 가 가장 컸었고, western white spruce 가 가장 적었으며 수종과 재목두께에 따라 변한다고 보고하였다. 本 研究에서 美松의 乾燥抵抗은 Bramhall 이 공시한 모든 수종의 것보다 적었다. 美松의 乾燥速度가 이들 수종의 乾燥速度보다 큰데 기인된 것으로 생각된다. 이밖에 乾燥中の 乾燥缺陷은 거의 나타나지 않았었다. 이는 적용한 건조스케줄이 일반적으로 쓰고 있는 관행 스케줄 중에서 약한 건조조건과 강한 건조조건을 활용하였기 때문이다.

本 研究에서 美松의 두께 1.0 인치, 1.5 인치, 2.0 인치 재목의 乾燥中 含水率과 乾燥抵抗의 관계가 구명됨으로서 건조스케줄의 설정과 동시에 kiln factor 를 이용하여 乾燥時間의 추정과 아울러 건조스케줄 개량의 기본자료로 활용할 수 있을 것이다.

## 結 論

美松의 乾燥스케줄을 개량하기 위해 두께 1.0 인치, 1.5 인치, 2.0 인치의 生材狀態의 心材 斷斷板材를 공시하여 약한 건조스케줄과 강한 건조스케줄을 적용하여 最終含水率 10% 정도까지 건조하고 乾燥時間에 다른 含水率과 乾燥抵抗의 관계 그리고 含水率別 乾燥抵抗을 측정된 결과는 다음과 같다.

1. 美松의 재목두께별로 含水率別 乾燥抵抗의 차이는 컸었으나, 약한 건조스케줄과 강한 건조스케줄 사이에 含水率別 乾燥抵抗의 차이는 미미하였다.

乾燥條件과 재목두께별로 구한 含水率別 乾燥抵抗의 관계는 다음과 같다.

1) 두께 1인치 재목의 약한 건조조건에서의 乾燥抵抗( $Rd_1$ )= $1.830 \times 10^5 M^{-2.24}$

2) 두께 1인치 재목의 강한 건조조건에서의 乾燥抵抗( $Rd_2$ )= $1.822 \times 10^5 M^{-2.25}$

3) 두께 1.5인치 재목의 약한 건조조건에서의 乾燥抵抗( $Rd_3$ )= $2.352 \times 10^5 M^{-2.14}$

4) 두께 1.5인치 재목의 강한 건조조건에서의 乾燥抵抗( $Rd_4$ )= $3.457 \times 10^5 M^{-2.27}$

5) 두께 2.0인치 재목의 약한 건조조건에서의 乾燥抵抗( $Rd_5$ )= $1.317 \times 10^6 M^{-2.56}$

6) 두께 2.0인치 재목의 강한 건조조건에서의 乾燥抵抗( $Rd_6$ )= $8.267 \times 10^5 M^{-2.40}$

2. 乾燥時間에 따른 含水率과 乾燥抵抗의 관계는 재목두께가 얇을수록 짧은 乾燥時間과 낮은 含水率에서 교차하였다.

또한 약한 건조조건은 강한 건조조건에서 보다 긴 乾燥時間에서 교차하였으나 含水率 수준은 비슷하였다.

#### Literature cited

1. Bachrich, J. L. 1980. Dry Kiln Handbook, H.A. Simons(International) Ltd.
2. Bramhall, G. 1975. Calculating Kiln Schedule Changes, Canadian Forest Industries 95(9).

3. \_\_\_\_\_, 1976. Semi-Empirical Method to Calculate Kiln-Schedule Modifications for Some Lumber Species, Wood Science. 8.
4. \_\_\_\_\_, and R. W. Weiwood. 1976. Kiln Drying of Western Canadian Lumber, Canadian Forestry Service, Western Forest Products Lab. Information Report VP-X-159.
5. Cech, M. Y., and F. Pfaff. 1980. Kiln Operators Manual for Eastern Canada, Forintek Canada Corp., Eastern Forest Products Lab. Special Publication SP 504 ER.
6. Gorvad, M. R., and D. G. Arganbright. 1979. Development of Kiln Drying Schedule Severity Indices for Degrade Control. Part 1: Theoretical Development, Wood Science and Technology. 13
7. \_\_\_\_\_. 1979. Development of Kiln Drying Schedule Severity Indices for Degrade Control. Part 2 : Experimental Results, Wood Science and Technology. 13
8. Hilderbrand, Robert. 1970. Kiln Drying of Sawn Timber, Richard Schorndorfer.
9. Keylwerth, R. 1950. Drying Gradients and the Control of Timber Kilns, Holz-Zentralatt No. 76.
10. Pratt, C. H. 1974. Timber Drying Manual, Princes Risborough Lab.
11. Rassmussen, Edmund F. 1961. Dry Kiln Operator's Manual, USDA. Agri. Handbook No. 188.