

P.E.G. 處理木의 强度試驗 및 接着强度試驗

文 煥 哲

目 次

1. 緒 言	2.2.4.2. 常態接着强度
2. 材料 및 方法	2.2.4.3. 博物館 溫·濕度條件
2.1. 壓縮强度試驗의 材料	2.2.4.4. 耐濕度 接着强度
2.1.1. 未處理 船體片 및 圓筒木	2.2.5. 接着强度試驗方法
2.1.2. 處理 船體片 및 圓筒木	3. 結果 및 考察
2.1.3. 壓縮强度試驗方法	3.1. 壓縮强度試驗
2.1.3.1. 縱壓縮試驗	3.1.1. 船體片
2.1.3.2. 橫壓縮試驗	3.1.2. 圓筒木
2.2. 接着强度試驗	3.2. 接着强度
2.2.1. P.E.G. 處理木의 接着劑 選定	3.2.1. 常態接着强度
2.2.2. 選定된 接着劑의 特性	3.2.2. 博物館 溫·濕度條件 및 耐濕度 接着强度
2.2.3. 木材接着劑因子	4. 結 論
2.2.4. 接着試驗條件	參攷文獻
2.2.4.1. 試片의 크기	

1. 緒 言

오랫동안 水中에 浸水되어진 木材는 吸着水가 세포막 중에 浸潤되어 水分이 미셀(Micell)의 표면 또는 간극내에 吸水되어 셀룰로스 와 물분자간의 分子引力에 의하여 흡착되어 纖維飽和點(fiber saturation point, F. S. P.) 이상으로 증가된 木材내의 水分은 미셀사이의 凝集力이 減少되고 木材의 强度는 상대적으로 低下된다.

또한 그대로 大氣中에 노출할 경우 木材내의 水分이 蒸發하면서 매우 강한 收縮. 뒤틀림, 균열이 발생하여 완전히 原形을 상실하게 되며 展示 및 長期保存을 위해서는 먼저 科學的인 保存處理가 先行되어야 한다.

現在 水浸되어진 부후목의 値水安定을 위해 여러 가지 方法이 使用되고 있으나 引揚되어진 船體가 大型이고 作業의 效率性과 安定性을 고려 高分子의 polyethylene glycols를 이용한 P.E.G. 含浸法에 의한 保存處理가 본 保存處理場에서 進行되고 있

다.

本稿에서는 引揚되어진 船體片과 圓筒木의 小片을 이용하여 P.E.G. 含浸 處理된 시편과 미처리 시편에 대한 壓縮強度試驗을 實施하여 P.E.G. 處理木의 機械的 性質을 調査하고자 하며 發掘당시 發掘地域의 惡條件으로 片片分離되어 引揚된 船體와 破損되어진 破편을 處理後, 復元 作業 時 어떤 方法으로 固着을 시킬 것인가를 考慮해 보아야 한다. 실례로 Bremen Cog船에 있어서 破損部位의 固着을 Noack's Method¹⁾라는 獨特한 方法을 使用하였으며, 이는 먼저 PEG 處理 前에 破損部位 兩面에 幅 6cm 길이 15mm의 notch를 만들고 새로운 新材를 notching面과 같은 크기로 만든 후 notching部位와 이에 接하는 新材面에 積외선을 조사하여 12%의 含水率을 유지하면서 페놀수지接着劑를 塗布한 다음 150~270分동안 빛을 조사하면서 乾燥시킨 後 PEG硬化 處理를 實施하였다.

Viking Ship에서는 接着劑를 사용하지 않고 破損部位 사이사이를 連結할 수 있는 강한 Wooden stick으로 固着을 한 예가 報告²⁾되었으며 PEG硬化 處理後 復元하려는 新安船體에 대하여 경화처리가 완료된 小型의 試片을 이용하여 壓縮剪 斷強度試驗을 實施하여 接着劑 種類別 強度와 PEG의 吸濕性을 考慮 高濕度下에서의 接着劑의 耐濕性에 대한 強度를 考察하고자 한다.

2. 材料 및 方法

2.1. 壓縮強度試驗의 材料

2.1.1. 未處理 船體片 및 圓筒木

本 處理場에서 탈염처리 과정에 있는 馬尾松(pinus massoniana, LAMB)인 船體의 外板材와 구실잣밤나무류(castanopsis, SPD)로 分類된 圓筒木을 各一片을 選定하여 採取한 다음 소정의 規格으로 製材하였다. 試片으로 採取한 船體片과 圓筒木의 細胞形態學的인 特性³⁾은 Table 1, 2와 같다.

Table 1. 船體片 試片의 細胞種類 및 치수

項目 遺物番號	年輪幅 (mm)	秋材幅 (mm)	假導管 (μm)			樹脂溝의直徑 (μm)		放射組織의 높이 (細胞數)
			直徑	膜 厚		垂直	水平	
				春材	秋材			
820603	5.18	1.77	29.1	1.8	6.1	120.4	34.4	6
820916(右-2)	4.18	0.69	38.2	1.6	-	171.2	33.6	9
820916(右3-1)	3.08	1.44	36.9	1.4	-	133.1	43.0	7
820819	4.18	1.54	30.1	1.5	7.5	133.7	30.1	6

Table 2. 圓筒木 試片의 細胞種類와 尺寸

遺物 番號	年輪 幅(mm)	導 管 (μm)				木纖維 (μm)			放射組織		
		直 徑		膜 厚		直徑	膜厚	길이	幅 (μm)	높이 (μm)	細 長 比
		春材	秋材	春材	秋材						
820906	1.62	102.1	27.6	6.0	4.8	11.4	2.1	427.0	13.2	205.7	15.6

먼저 製材된 木材를 다시 두께 20mm 幅 20mm 길이 40mm로 髓(pith)를 포함하지 않도록 하여 縱壓縮 및 橫壓縮用 試片을 切取하였다. 이어 이들 切取된 試片은 過飽和 水分을 含有하고 있으므로 變形을 防止하기 위해서 自然乾燥는 불가능하기 때문에 全南 大學校 農科大學, 食品加工學科 實驗室에 設置된 Freeze Dryer(U.K. Edward)를 이용 冷凍機내에 急速 冷凍 狀態(섭씨 -40°C)로 1일간 凍結한 後 眞空 乾燥機로 凍結한 상태하에서 섭씨 -50°C 로 3일간 건조하였다. 건조된 시편은 實驗室 內에 24時間 지속시킨 다음 사용하였다.

2.1.2. 處理 船體片 및 圓筒木

처리 선체편의 試驗片은 $40 \times 40 \times 50\text{mm}$ 크기로 船體 外板을 採取한 다음 本 處理場에서 水浸木의 值水 安定 處理 過程으로 進行하고 있는 方法과 유사하게 各농도 상승기간을 2주간으로 하여 低濃度(10%~50%)狀態에서는 低分子量의 P.E.G.200을 사용 硬化處理하고 高濃度(50%이상)에서는 P.E.G. 4,000으로 恒溫수 조를 使用하여 60°C 로 유지한 후 終末 濃度는 80%로 하여 硬化處理를 먼저 하였다. 경화처리 되어진 木材를 두께 20mm, 幅 20mm, 길이 40mm로 縱압축 및 橫압축 強度試片으로 各 3本씩 切取하였다. 試驗에 이용된 시편의 平均含水率과 木材內의 P.E.G.比率 및 硬化處理 後 乾燥過程에서의 收縮率은 Table3과 같다.

Table 3. 木材內 P.E.G.浸透比率 및 收縮率

試片分類	含 水 率 (%)	P E G 浸透量(g)	木材重量 (g)	PEG比率 (%)	收 縮 率 (%)
縱 壓 縮	354	38.47	12.71	302.6	接線길이 4.88
橫 壓 縮	459	35.73	9.49	376.5	放射 " 2.81

處理 圓筒木의 試片은 분류번호 원 82-108인 구실잣밤나무로 분류된 木材를 選定하였다. 선정된 선정된 圓筒木의 처리과정은 탈염 및 세척과정(1982年 6月 19日~1984年 2月 20日)을 實施하여 P.E.G.4,000으로 1984年 2月 21日 5%의 濃

도에 침적된 후 終末 P.E.G.濃度 98.2%에 1985年 11月 4日 處理完了되었다. 處理木은 空氣中の 濕氣와 接觸을 피하기 위하여 비닐 포장지에 除濕劑가 첨가된 상태로 保管되어 왔으며 未處理된 試片과 같은 크기로 縱 및 橫壓縮 強度試驗用 各 5片씩 切取하였다.

2.1.3. 壓縮強度 試驗方法

壓縮強度란 壓縮荷重이 作用할 때, 木材내부에서 이에 대한 抵抗力이 일어나며, 壓縮하려는 힘에 대한 木材의 抵抗力을 압축강도(Compressive strength)라고 하며 힘이 작용하는 方向에 따라 縱壓縮 및 橫壓縮으로 구분된다.

前述된 未處理 및 處理 試片을 가지고 全南大學校 農科大學 林産加工學科 試驗室에 設置된 萬能材料試驗機(U.T.M. Model 100)를 使用하여 다음과 같은 方法으로 強度試驗을 하였다.

2.1.3.1. 縱壓縮試驗

이 시험은 荷重方向과 纖維方向이 平行한 경우에 대하여 행한다.

1) 試片은 橫斷面의 正方形의 直六面體로 하고 值數는 변의 길이 $a = 20mm \sim 40mm$, 높이 $h = 2a \sim 4a$ 범위인 $20mm \times 20mm \times 40mm$ 크기로 한다.

2) 試片은 그 材軸을 纖維方向에 平行하게 하고 두 끝 변이 材軸에 垂直이고 平面이 되도록 주의한다.

3) 試片을 銅劑板사이에 끼우고 荷重을 가한다.

4) 平均荷重 速度는 每分 약 $10mm/min$ 으로 한다.

5) Road out Mode SW를 Peak에 위치, 最大荷重 값을 읽는다.

$$\text{縱壓縮強度}(kg/cm^2) = \frac{P}{A}$$

P : 最大荷重

A : 斷面積

2.1.3.2. 橫壓力試驗

이 시험은 荷重方向과 纖維方向이 垂直인 경우에 대하여 加壓하며 종압축 시험방법과 같은 요령으로 한다.

2.2. 接着強度試驗

2.2.1. P.E.G.處理木의 接着劑 選定

많은 접착제 중에 어떤 種類 어느 것을 選擇할 것인가는 어려운 문제지만 試驗하려는 被着體가 P.E.G.處理木이라는 特殊 材質로 인하여 P.E.G의 特性和 選定하려는 접착제의 相互關係를 考慮해야 한다.

木材내에 浸透된 P.E.G와 接着劑가 상호 抵抗性이 없이 溶解되어진다면, 被着體와 接着劑 사이는 接着能力을 喪失하게 될 것이다. 그 좋은 예로 페놀, 요소, 멜라민 포름알레히드 수지는 고체인 P.E.G와 좋은 접착능력을 가지나 이들 수

지가 溶液이나 軟膏形의 P.E.G.와 계속해서 접촉되는 곳에서는 接着力을 維持하지 못한다고 보고⁴⁾되어 있다.

그리고 P.E.G.의 주된 特性 중의 하나인 固體 P.E.G.가 약 60℃의 融解點을 가지기 때문에 熱可塑性接着劑의 使用을 排除하게 하였으며, 공기중에 水分을 吸收하는 吸濕性을 가진 P.E.G.의 性質⁵⁾로 인하여 접착 후 耐濕性도 考慮해야 한다. 또한 접착제와 피착체가 強하게 接착되기 위해서는 接착제분자와 피착제분자 사이에 強도를 가질때까지 木材가 內部應力에 견딜 수 있는 최대압력을 가하여 接着面의 密着을 유지시켜야 하며 충분한 堆積時間(assembly time)을 필요로 한다.

이상과 같은 조건을 고려하여 목재용 接착제중에서 멜라민-요소共縮수지, 페놀수지, 레졸시노올 포름알데히드수지접착제와 合成고무接착제인 Nitrile Rubber Adhesives(NBR)와 styrene Butadiene Rubber Adhesives(SBR) 네오프렌接착제, Butyl Rubber接착제 및 重合系接착제인 α-Cyanoacrylate 接착제를 선정하였다.

2.2.2. 선정된 接착제의 特性

耐水·耐熱 및 耐候性이 強한 페놀, 레졸시노올수지와 공기중의 습기를 흡수하면서 硬化하는 시아노아크릴레이트接착제 등 선정된 接착제의 一覽表⁶⁾를 정리하면 Table 4와 같다.

Table 4 . 선정 接착제의 一覽表

種 類	硬 化 劑	堆積時間		硬化時間 (25℃)	外 觀	主 用 途	特 性
		開房	閉鎖				
멜라민-요소수지	NH ₄ Cl 회산류	20分	40分	12~24hr	透 明 粘稠液	合板, 一般木 工 含浸紙	熱硬化, 耐水, 接着性 良
페놀수지	나프탈린술폰산, 유기강산류	10 "	20 "	12hr	透 明 液	一類合板 木造船	"
레졸시노올수지	파라포름알데히드, 포르말린	30 "	60 "	12hr	붉 은 透 明 液	集成材, 플라스틱과 목재	"
시아노아크릴레이트	-	-	-	2~3min	無 色 透 明	고무, 플라스틱, 목, 木材 등	순간적으로 각종 재질 강력 接착
合成고무 (네오프렌)	NH ₄ Cl 케 톤	-	-	-	담황색 粘稠液	목공Edge 부분	만능형 接착제 초기 接착력 強

2.2.3. 木材接着劑因子

接着劑의 性能을 충분히 발휘시켜 良好한 接着이 이루어지도록 하기 위해서는 接着強度에 關여하는 여러 가지 因子를 만족시킬 수 있는 조건 하에서 接着시켜야 한다. 接착에 關여하는 因子는 被着體(木材), 接着劑 및 接着操作으로 구분한다.

木材의 接着適性은 木材의 表面性에 달려 있으므로 樹種과 比重에 따라 변화

되고, 일반적으로 比重에 비례하여 接着強度가 증가된다. 또한 接着面의 孔隙과 纖維走向度에 의하여 강도가 변화되고 木口面은 柁口面이나 板目面보다도 접착이 곤란하며, 纖維直交의 경우에는 平行일 때보다 강도가 적다.

木材의 接着性은 濕潤性(wettability)에 따라 나타내는 것이 우수하며 습윤성과 접착강도와의 관계에 있어서 습윤성이 나쁘면 강도는 저하된다고 보고^{7,8)}되었다.

木材의 含有水分도 接着現象에 관여하는 중요한 因子로서 接着劑의 滲透 濕潤性硬化時間 및 接着層의 應力分布 등에 영향을 주며, 이들 인자를 고려하여 材質의 含水率 材面狀態 두께(厚)의 不均一等을 조정하여 주어야 한다.

또한 接着劑因子로서 分子構造, 分子量 表面張力, 濃度와 粘度, 流動性, 硬化收縮 등이 있으며, 接着操作因子로서 塗布, 堆積, 壓搾 등을 들 수 있으며 좋은 접착결과를 얻기 위한 제 1단계는 接着劑를 균일하게 도포하여 균일한 接着層을 형성시키는데 있다.

2.2.4. 接着試驗條件

P.E.G.處理木에 대한 壓縮剪斷接着強度 試驗을 위해서 먼저 실험실을 溫度 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 와 相對濕度 $65\pm 20\%$ 로서 유지되는 곳으로 하여야 한다.

2.2.4.1 試片의 크기

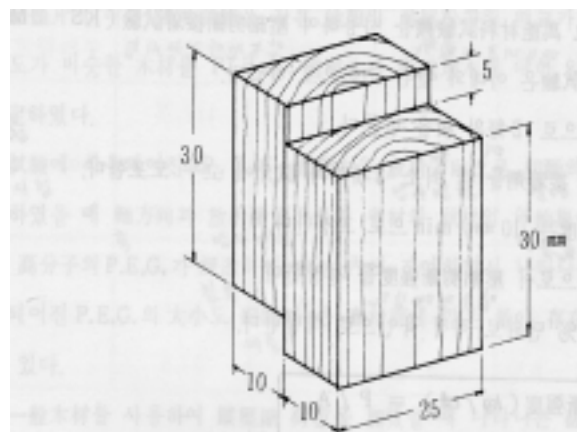
사용 試片은 分類番號 원82-108의 圓筒木을 이용하여 接着強度試驗片은 그림 1과 같이 採取하였다.

2.2.4.2 常態接着強度

接着劑 도포 후 가온 및 가압 상태가 없이 실험실내에서 2日間 硬化 後 強度를 測定하고, 加壓($5\text{kg}/\text{cm}^2$)과 4日間 硬化時間이 지난 후 接着強度를 測定한다.

2.2.4.3 博物館 溫·濕度條件

일반적으로 전시를 위해 博物館에서 유지해 주는 溫도와 濕度は 각 $T\ 20^{\circ}\text{C}$ 와 R.H. $60\%\sim 65\%$ 이며 이와 같은 溫·濕度에서 接着劑를 도포한 후 5日間 지속시켜 加壓($5\text{kg}/\text{cm}^2$)下에 硬化된 상태의 接着強度를 測定하였다.



〈그림 1〉 壓縮剪斷接着強度試片의 크기와 形狀

2.2.4.4 耐濕度 接着強度

P.E.G.의 吸濕性を 고려하여 高濕의 상태하에서의 接着에 대한 耐濕性を 測定하기 위해 溫度 20℃와 濕度 85%~95%를 유지하면서 5日間の 硬化時間이 경과한 후 接着強度를 測定하였다.

Table 5. 飽和溶液과 相對濕度

飽和溶液	化學構造式	溶解度 (%)	溫度對比相對濕度(%)			
			10	15	20	25℃
Kaliumhydrogen phospat	KH_2PO_4	23	-	-	96	96
Kaliumnitrat	KNO_3	32	96	94	93	92
Bariumchlorid	$BaCl_2$	36	93	92	91	90
Kaliumchlorid	KCl	34	88	87	86	85
Natriumchlorid	$NaCl$	36	75	75	75	75
Natriumnitrit	$NaNO_3$	82	-	-	66	64

溫도와 濕度 조절은 KCl을 水溶液 속에 過飽和 상태로 녹인 恒濕燥를 만들어 濕度を 유지시켜 주었다. 試藥別 濕度比率⁹⁾은 Table 5와 같다.

2.2.5 接着強度試驗方法

준비된 試片을 가지고 萬能材料試驗機를 사용하여 壓縮剪斷接着試驗(KS M 3721)¹⁰⁾에 따라 強度試驗은 아래와 같은 方法으로 하였다.

- 1) 接着은 放射斷面으로 2每의 板을 만든다.
- 2) 전술한 8가지의 接着劑를 각 최소 3개씩의 試片에 고루 도포한다.
- 3) 加壓하는 荷重速度는 10mm/min으로 고정한다.
- 4) 最大荷重을 읽음으로서 壓縮剪斷強度를 결정한다.

5) 木部破斷率は 5% 단위로 직접 육안으로 식별한다.

$$\text{壓縮剪斷強度(kg/cm}^2\text{)} = P/A$$

A : 剪斷接着面積(cm²)
P : 最大破壞荷重(kg)

$$\text{木部破斷率(\%)} = B/A$$

A : 剪斷接着面積(cm²)
P : 木部破斷面積(cm²)

3. 結果 및 考察

3.1 壓縮強度試驗

木材에 壓縮시키는 外力이 가해지면 木材 내부에서는 이에 대한 抵抗力이 壓縮을 加하는 반대 방향으로 일어나며 纖維組織으로 구성되어진 木材는 약간의 外力으로도 微小한 組織上的 破壞가 일어난다. 그리고 木材에 작용하는 外力과 反作用하는 저항력과 관계에서 서로의 균형이 깨어지는 限界(比例限界)를 넘어서면 약간의 外力으로도 木材 内部에는 큰 變形이 일어난다. 하지만 變形이 발생되더라도 木材는 즉시 파손되는 것이 아니며 그 荷重을 계속 유지하게 되며, 그 荷重을 증가시켰다면 木材는 더 이상의 저항을 할 수 없게 되어 破壞되고 만다. 이러한 破壞는 最大應力이 木材의 結合력을 초과할 때 일어나며, 각종 木材는 그 最大應力에 의하여 強度가 결정되어진다. 外部에서 작용하는 壓力과 P.E.G.處理木 및 未處理木에 대한 強度試驗의 結果는 아래와 같다.

3.1.1 船體片

船體片에 대한 強度試驗은 같은 種類의 馬尾松과의 비교가 어렵기 때문에 부후정도가 비슷한 木材를 P.E.G.處理木과 未處理木에 대한 일반적인 狀態 強度를 測定하였다.

試驗에 사용되어진 P.E.G. 處理木을 放射方向으로 切斷하거나 橫斷面으로 切斷하였을 때 軸方向과 放射斷面으로의 春材와 秋材의 年輪層이 뚜렷하게 구분이 되며 高分子의 P.E.G.가 浸透하여 木材 內에 잔여하면서 나타나는 黑化現狀으로 浸透되어진 P.E.G.의 大小도 細胞가 큰 春材部에 많은 量이 存在함을 선명히 관찰할 수 있다.

一般木材를 사용하여 縱壓縮 荷重을 加했을 때 나타나는 破壞形態는 放射方向에서 경사지게 나타나며, 放射斷面에서는 直角으로 나타나며 木材의 含有水分이 乾燥할수록 軸方向과 平行하게 破裂이 심하게 나타나는 것이 일반목재에서의 破壞狀이다.¹¹⁾

縱壓縮을 加하면 未處理 試片은 垂直面을 따라 纖維가 害裂되는 害裂破壞狀

(Splitting)이 주로 나타났으며 處理木은 試片의 長軸과 예민한 角度(약 70°)를 이루는 剪斷破壞狀(Shearing)이 나타나졌다. Table 6은 船體片의 縱壓縮 強度를 나타내고 있다.

표5에서 處理片과 未處理의 縱壓縮強度의 比率은 4.4 : 1의 率을 나타냈으며 이 比率은 試片의 含水率과 密度 및 纖維走向과의 關係에 따라 影響을 受아진다. 이를 위하여 實驗室의 內部溫度는 15°C ~ 20°C와 濕度 60% ~ 70%를 超過하지 않는 狀態로 유지해 주었다.

Koehler의 關係습도와 平均含水율과의 道표를 參照하면 T20°C, RH65%에서의 木材內의 平均含水율은 약 15%를 가지며, 全乾狀態에서 壓縮強度는 대단히 크나 水分을 흡수함으로서 강도는 급하강하며 纖維飽和點을 넘어서는 壓縮強度에는 影響을 미치지 않는다. 또한 木材의 比重이 클수록 壓縮強度가 크며, 處理試片의 單位體積當 무게비는 1.075g/cm³며 未處理試片에서는 0.23g/cm³의 값으로 그 비는 4.6 : 1로 壓縮強度의 비율과 비슷함을 보여준다.

Table 6 . 船體片 縱壓縮強度

區 分	試片番號	含水率(%)	最大荷重(kg)	強度(kg/cm ²)	平均強度
處 理 片	1-1	354	471	117.25	103.0
	1-2	"	366	91.5	
	1-3	"	401	100.25	
未 處 理 片	1-4	393	69	17.25	23.42
	1-5	"	102	25.5	
	1-6	"	110	27.5	

Table 7에서는 橫壓縮強度 값을 나타내고 있다.

Table 7. 船體片 橫壓縮強度

區 分	試片番號	含水率(%)	最大荷重(kg)	強度(g/cm^2)	平均強度
處 理 片	2-1	459	174	43.5	44.25
	2-2	"	168	42.0	
	2-3	"	189	47.25	
未 處 理 片	2-4	393	27	6.75	5.83
	2-5	"	18	4.5	
	2-6	"	25	6.25	

P.E.G.處理木에 대하여 纖維에 平行하게 作用하는 壓縮을 加했을 때 縱壓縮에서 나타나는 軸方向의 破壞形態보다는 加壓하는 方向으로 壓縮되면서 最大壓縮荷重의 Peak가 일어났다. 처리시편과 미처리시편과의 壓縮強度 比率은 7.59 : 1의 比率을 나타냈으며 Kollann에 의하면 橫壓縮強度는 含水率에 의한 영향이 적다는 보고가 있다.

一般的으로 木材 纖維에 平行한 縱壓縮強度는 直角으로 作用하는 橫壓縮強度보다 3~10배 크며 그 結果는 生材 및 氣乾材에 있어서 같은 경향을 나타낸다. 處理試片의 縱·橫壓縮強度의 比率은 2.33 : 1로 縱壓縮強度가 크며 未處理試片에서는 4.02 : 1의 比率을 나타내고 있다.

3.1.2 圓筒木

闊葉樹인 원통목은 선체편이 가지는 평균 연륜폭 4.15mm보다도 조밀한 1.62mm의 연륜폭으로 수령은 약 20여년으로 심부식과 약부식 층을 뚜렷이 식별할 수 있으며(사진 1 참조) 髓를 중심으로 放射方向으로 幅 1~2mm, 길이 20~40mm의 内部害裂이 나타나 있으며, 縱壓縮強度에서 나타난 심부식층에서 채취한 시편의 平均壓縮強度는 $48kg/cm^2$ 이며 약부식층에서는 $145.4kg/cm^2$ 을 나타내 부식층에 따라 약 3배 이상의 강도 차이를 나타내고 있다.

또한 縱壓縮荷重에 의한 파괴형태도 일반적인 목재에서 나타내는 형태인 剪斷破壞狀이나 割裂破壞狀을 나타내고 있으며 未處理試片에서는 선체편에서와 같이 害裂破壞狀을 나타내고 있다. (사진 4-2 참고)

縱壓縮強度 比率은 Table 8과 같다.

Table 8 . 圓筒木 縱壓縮強度

區 分	試片番號	腐蝕程度	最大荷重(kg)	強度(kg/cm ²)	平均強度
處 理 片	3-1	弱 腐 蝕	592	148.0	145.37
	3-2	"	571	142.75	
	3-3	深 腐 蝕	170	42.5	48.0
	3-4	"	214	53.5	
未 處 理 片	3-5	含水率 492%	84	21.0	20.58
	3-6	"	80	20.0	
	3-7	"	83	20.75	

橫壓縮試驗은 전술되어진 放射方向으로의 割裂로 인하여 그로 인한 壞狀이 나타나 얻고자 하는 精確한 強度를 선택하기 어렵게 했으며, 未處理試片은 荷重을 加하는 方向으로 壓縮되면서 最大壓縮強度의 peak를 나타내었다. Table 9은 橫壓縮強度의 값이다.

Table 9 . 圓筒木 橫壓縮強度

區 分	試片番號	腐蝕程度	最大荷重(kg)	強度(kg/cm ²)	平均強度
處 理 片	4-1	深 腐 蝕	183	45.75	46.17
	4-2	"	197	49.25	
	4-3	"	174	43.5	
未 處 理 片	4-4	含水率 492%	14	3.5	4.33
	4-5	"	18	4.5	
	4-6	"	20	5	

시험되어진 원통목의 단위체적당 무게비는 심부식층재는 $1.09g/cm^3$ 이며 약부식층재는 $1.05g/cm^3$ 으로 나타났다.

3.2 接着强度试验

3.2.1 常態接着强度

접착제를 도포한(도포량 $0.04g/cm^2$) 후 2日間 常溫($T15\sim 20^\circ C$, R.H.60~70%)에서 자연 경화시킨 후 나타난 接着强度는 Table 10에 나타나 있다. 2日間무가압하에 最大强度는 시아노아크릴레이트접착제가 $22.2kg/cm^2$ 값으로 최대의 강도를 유지했으며, 合成고무系接着劑는 거의 경화를 이루지 못했다.

加壓($5kg/cm^2$)하에 4日間の 硬化時間 후 强度 값은 Table 10에 나타나 있으며 이들 값은 각각 3개의 試片에서 최고의 값을 나타낸 것이다.

Table 10 . 狀態接着强度

條件 \ 接着劑		멜라민	페놀	레졸	시아노	부틸	네오	NBR	SBR
		-요소		시노올	아크릴		프렌		
2日間 無加壓	最大荷重 (kg)	35	50	53	111 (45%)	8	86 (15%)	53	46
	接着强度 (kg/cm ²)	6.7	10	10.6	22.2	1.6	17.2	10.6	9.2
4日間 加壓 (5kg/cm ²)	最大荷重 (kg)	73	89 (10%)	112	130 (75%)	0	64	54	80
	接着强度 (kg/cm ²)	14.6	17.8	22.4	26	0	12.8	10.8	16

() : 木部破斷率

3.2.2 博物館 溫·濕度條件 및 耐濕度 接着强度

博物館 온·습도 조건으로 불리는 $T20^\circ C$ 와 R.H.60~65%를 유지하면서 5日間の 경화시간 다음 接着强度和 처리목의 P.E.G.용출에 위험한 습도인 R.H.85%이상에서의 耐濕度接着强度 값은 Table 11과 같다.

두 조건에서 보여주는 接着強度는 멜라민-요소수지와 페놀수지에서 強度 變化는 크지 않으나, 레조르시놀수지는 高濕하에서 급격히 強度가 저하되기 때문에 사용이 어려우며, 合成 고무系 接着劑도 습도에 약한 接着強度를 보여 주고 있다. 공기중에 水分을 흡수하며 硬化하는 시아노아크릴레이트 接着劑는 高濕度에서 강한 粘착력을 보여주며, 粘착제의 粘착面이 강한 粘착으로 인하여 처리목의 파손으로 인한 木部 破斷率이 거의 100%를 나타내 상대적으로 接着力이 강함을 보여주고 있다.

Table 11. 博物館 濕·濕度條件 및 耐濕度 接着強度

條件 \ 接着劑		멜라민	페놀	레 줄	시아노	부 틸	네 오	NBR	SBR
		-요소		시놀	아크릴		프 렌		
5日間 T 20 °C R.H. 60 ~ 65 % 加壓	最大荷重 (kg)	84	134	112 (5%)	163 (80%)	0	75	85	79
	接着強度 (kg/cm ²)	16.8	26.8	22.4	32.6	0	15.0	17.0	15.8
5日間 T 20 °C R.H. 87 % 加壓	最大荷重 (kg)	108	101 (30%)	42	258 (95%)	20	75	38	63
	接着強度 (kg/cm ²)	21.6	20.2	8.4	51.6	4	15	7.6	12.6

4. 結論

수침목재를 이용한 壓縮強度試驗의 비교 한계는 小型의 試片을 가지고 處理木과 未處理木으로 구분 시험을 실시하였다. 그 強度 값은 처리 선체편의 縱壓縮強度 $103.0kg/cm^2$, 橫壓縮強度 $44.25kg/cm^2$ 을 나타내고 있으며 원통목을 이용한 試驗에서는 深腐蝕層과 弱腐蝕層의 強度比가 1 : 3.02(Table 8 참조)를 나타내고 있으며, 腐蝕層에 따라 強度 變化가 심함을 보여주고 있다. 船體片 自體도 內部보다는 海水면이나 艀과 접촉한 外部層이 더 많은 腐蝕狀態를 나타내고 있으며 P.E.G.處理木의 單位面積當 받아지는 橫壓縮 破壞強度는 $44.25kg/cm^2$ 이며 만약 船體自體 荷重으로 인한 壓力이 이 破壞強度이상일 수 있다고 가정하면 그 이상의 힘은 상호 분산 시킬 수 있는 方法을 고려해야 된다고 생각된다.

또한 處理木의 接着劑 別 強度試驗은 耐濕下에서도 시아노아크릴레이트接着劑가 우수한 粘着力($51.6kg/cm^2$)을 나타내고 있으며 接着面이 고른 상태에서 上記接着劑가 양호한 粘着力을 발휘하나 불균일한 면을 粘착할 때의 우수한 粘着力은 Epoxy 樹脂接着劑가 강한 粘着力을 가지고 있으며, 실제 복원시 破損되어진 면은 균일한 형태를 이루지 않고 불균일한 면을 나타내기 때문에 Epoxy樹脂接着劑뿐만 아니라, P.E.G.融點으로 인하여 배제된 熱加塑性接着劑를 이용한 接着強度도 계속하여 고찰 되어야 하며 실제 船體에 적용할 수 있는 作業性和 經濟性 및 接着部位의 耐久性에 더 중점을 두고 試驗이 진행되어야 한다고 생각되어 진다.

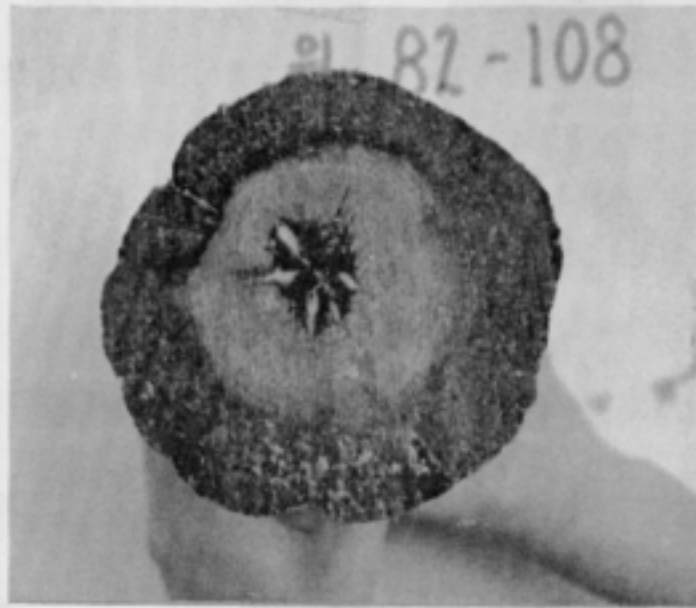


사진 1) 處理圓筒木의 橫斷面 腐蝕層에 따라 PEG의 침투상태가 뚜렷이 나타나며, 髓을 중심으로 割裂이 되 있으며 心材까지 PEG가 침투되어 있음.

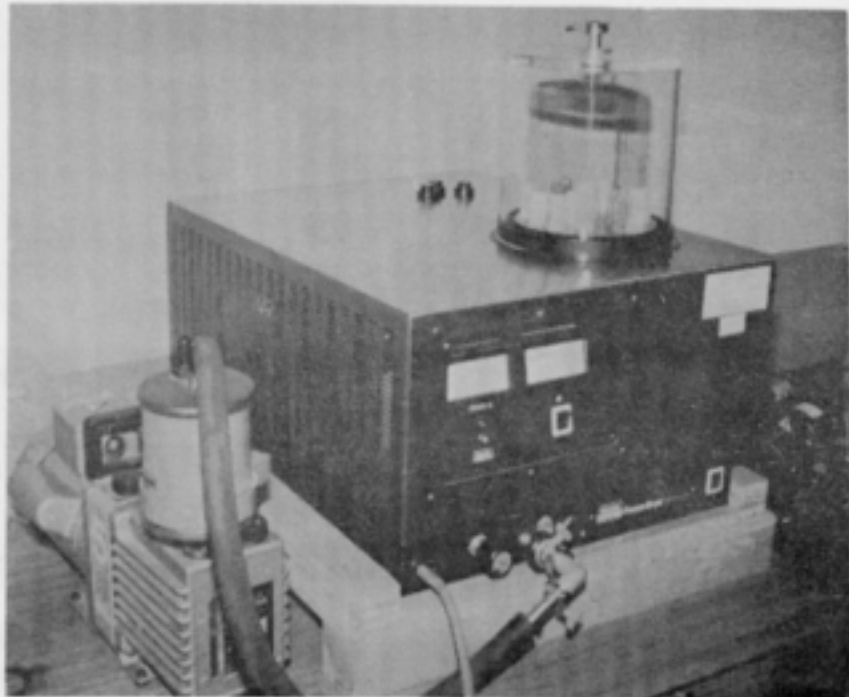


사진 2) Freeze Dryer 를 이용 未處理 試片의 乾燥

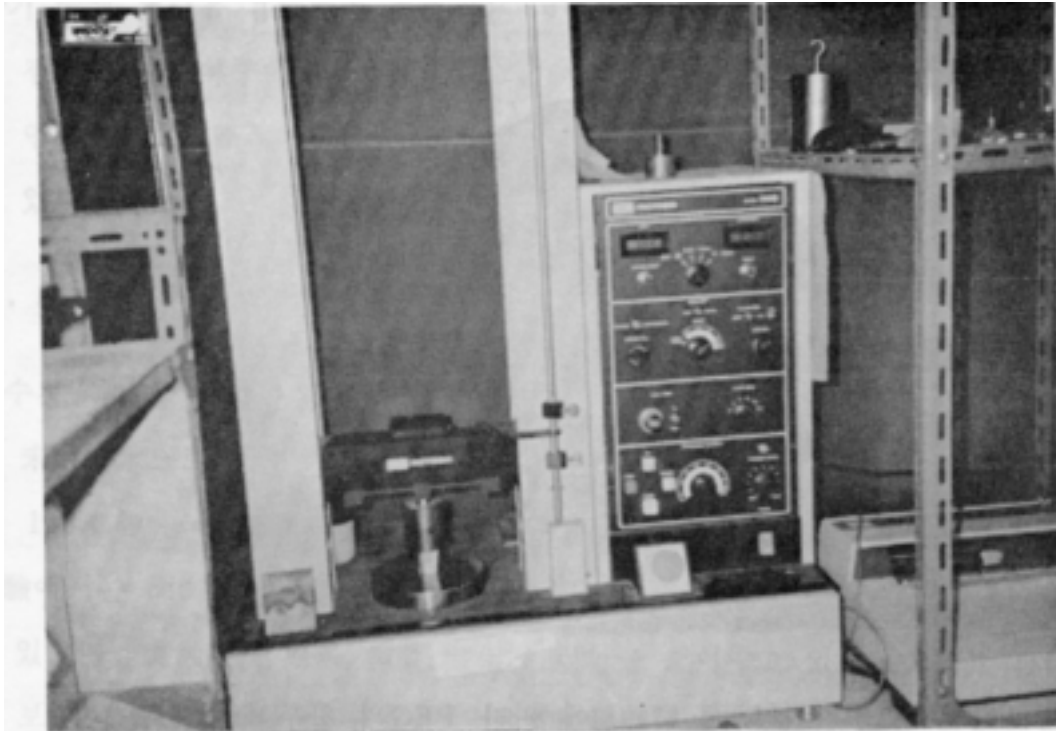


사진 3) 萬態, 材料試驗機를 이용 壓縮強度 測定



사진 4-1) 壓縮強度試驗 후 試片의 變形



Bryant, B. S. 1967. Wood Science and Tech. 1, p.304.

사진 4-2) 壓縮強度試驗 후 試片의 變形

Chen Chia-ming, 1970, Kofu Univ.

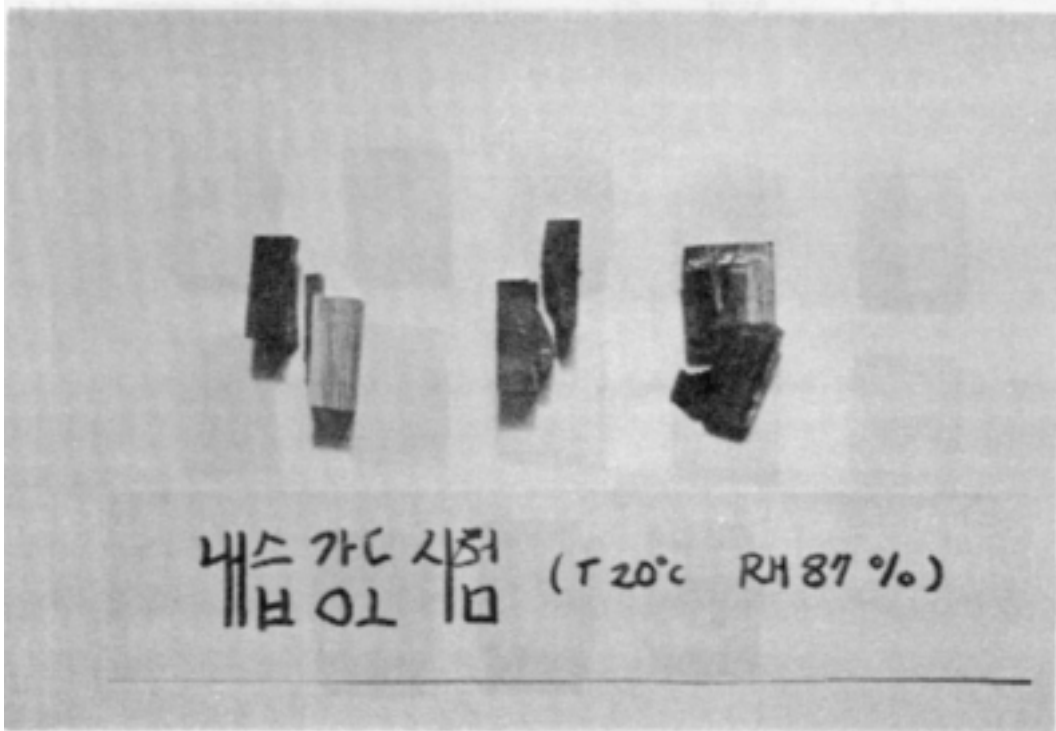


사진 5) 시아노아크릴레이트 接着劑의 木破面 被着材가 軸方向으로 破壞됨을 볼 수 있음.

Chen Chia-ming, 1970, Kofu Univ.



사진 6) 接着强度 測定



사진 7) 接着强度測定 후 試片
 上左: 멜라민-요소, 페놀, 레졸시노올, 시아노 아크릴 레이트, 부틸, 제
 고무접착제
 下左: 네오프렌, NBR, SBR

參 考 文 獻

- 1) Klaus-Peter Kiedel and Uwe Schnall, 1985, The Hanse Cog of 1380, 28~41.
- 2) Olaf Olsen and Ole Crumlin-Pedersen, 1980, Five Viking Ships from Roskilde Fjord, p.93~103.
- 3) 文化財管理局, 新安海底遺物(資料篇Ⅱ) 145~162.
- 4) Hoechst Aktiengesellschaft, Frankfurt, 1977, Properties and Uses of polyethylene glycols, p.35~36.
- 5) Hoechst Aktiengesellschaft, Frankfurt, 1977, Properties and Uses of polyethylene glycols, p.16~20.
- 6) 李弼宇 外8人, 木材工學 p.157~180.
- 7) Bryant, B.S. 1967, Wood Science and Tech. 1, p.304.
- 8) Chen Chia-Ming, 1970, For. Prod. J. 20(1), p.36.
- 9) DIN 50008, 1978, Konstantklimants Uber Wößrigen Lösungen.
- 10) KS. M. 3721, 1976, 接着劑의 壓縮剪斷接着強度 試驗方法
- 11) 魏 煽, 1985, 木材理學, p.196~209.