

荷重變化가 積層木質材(Glulam)의 中立軸의 位置變移에 미치는 影響^{*1}

朴 憲^{*2}·安 台 煥^{*3}

Effect of Load Variation on Transition of Neutral Axis of Laminated Veneer Lumber(LVL)^{*1}

Heon Park^{*2}·Tae Hwan An^{*3}

ABSTRACT

In this study, thickness 40mm glulams were composed of thickness 5mm, 10mm *Quercus* laminas and *Pinus koraiensis* laminas to study on the effect of load variation on transition of neutral axis of laminated veneer lumber(LVL).

The transition of neutral axis was examined by strain variation, which was checked by strain gauge, amplifier, recorder, and strain meter.

The elasticity of glulam was estimated by $E = \Sigma(E_i I_i)/I$ and this estimated elasticity values were compared with the elasticity values of glulam in bending.

The result obtained can be summarized as follows:

1. The location of neutral axis of glulam was effected by glulam composition methods.
2. The neutral axis did not shift by load variation within proportional limit.
3. The estimated elasticity of glulam by $E = \Sigma(E_i I_i)/I$ showed much lower value than the elasticity of glulam in bending.

1. 緒 論

木材資源이 점차 小徑化됨에 따라 木材의 效率的 利用에 관한 研究가 다각적으로 활발하게 진행되고 있다. 특히, 현재 世界的으로 關心이

集中되고 있는 集成造作法의 하나인 積層木質材(GLT:glue laminated timber or LVL:laminated veneer lumber)는 점차 小徑化되고 있는 木材資源의 效率的 活用方案으로서 인정을 받고 있다.

*1. 接受 1991年 7月 9日 Received July 9, 1991. 1990年度 文教部 學術研究助成費에 의한 自由公募課題로 選定되어 研究되었음.

*2. 건국대학교 자연과학대학 College of Natural Science, Konkuk University, Chungju 380-150, Korea.

*3. 충주공업전문대학 Chungju Technical Junior College, Chungju, Korea

積層木質材(GLT or LVL)는 單板을 木理方向을 平行하게 接着시켜 製造하는 木質 製品으로서 1900년대 유럽에서 構造物의 보(beam)의 제조에 사용된 이래 그 이후 많은 연구가 진행되어 1940년대에 본격적으로 개발 및 사용되기 시작하였다.⁹⁾

積層木質材(GLT or LVL)는 그 공시재료인 單板製造方法이 合板의 단판제조방법과 비슷하여 일반 제재목에 비해 原木利用率(收率)이 높은 것으로 알려져 있으며, 더우기 최근에 小徑材를 이용한 단판제조방법이 개발됨에 따라 積層木質材(GLT or LVL)의 原料木으로서 소경재등을 사용할 수 있게 되어 원목이용을면에 있어서 효과적인 木質材 製造方法으로 認定되고 있다.^{1,18)}

積層木質材(GLT or LVL)는 웅이 및 斜線 木理와 같이 목재의 강도에 영향을 주는 결합을 비교적 고르게 분산시킴으로써 그 재질이 제재목과는 다르게 部位別로 均一하고 보다 우수한 기계적 성질이 그 특징인 것으로 알려져 있다. 또한 積層木質材는 폭, 길이 및 두께등을 임의의 크기로 할 수 있을 뿐만아니라 曲面材料도 제조가 가능하다. 최근에는 積層木質材 제조사非破壞的 方法을 사용하여 각 단판의 강도를 事前에 測定하고 이에 따라 우수한 강도적 성질이 요구되는 위치에는 그에 맞는 단판을 적절히 배치함으로써 우수한 機械的性質의 積層木質材를 제조할 수 있게 되었을 뿐만아니라 미리豫定한 기계적 성질의 積層木質材를 제조할 수 있게 되어 목재사용상 불필요한 낭비를 줄일 수 있게 되었다.^{3,5,8,15)}

이와 같이 原木利用率(收率)이 높고 工學的 設計에 의하여 그 기계적 성질을 적절히 조절 할 수 있는 積層木質材(GLT or LVL)는 木材資源이 質的 및 量的으로 減少되고 있는 현시점에서 앞으로 주요한 목질재로 등장하리라 생각된다. 더우기 국내에서도 목재의 강도를 非破壞的으로 측정할 수 있는 기술이 소개되고 단판 제조기술이 더욱 향상되면 목재자원을 효

율적으로 활용할 수 있는 경제적 잇점이 있어 積層木質材의 활용에 대한 요구가 더욱 대두될 것으로 판단된다. 목재의 자원이 비교적 풍부한 선진국에서도 이에 대한 연구가 활발한 바 우리나라와 같이 목재자원을 거의 수입에 의존하고 있는 현 시점에서 積層木質材의 연구가 절실하며 그 활용에 대비하여야 할 것으로 판단된다.

이와 같은 추세에 발 맞추어 지금까지 木材使用의 전近代的인 方法을 止揚하고 보다 체계적이고 기술적인 活用方法에 관한 研究가 필요한 실정으로 歐美에서는 이에 대한 연구가 공동으로 진행되고 있다. 같은 건축재료 및 구조재료로서 이미 상당한 수준의 기술과 활용방법에 도달해 있는 시멘트, 철재와는 다르게 아직까지 손쉽게 구입, 가공할 수 있다는 이유 때문에 木材使用의 技術的인 側面이 等閑視되어 왔으나, 최근에 이르러 목재자원의 절적인 감소와 타 건축재료와의 경쟁력 증가등의 이유로 구조용 積層木質材의 필요성이 대두되어 왔다. 특히 製材木, 판재등과 같은 木質材料의 機械的性質을 자동으로 분류 할 수 있는 裝備의 開發(machine-stress rating method)과^{5,13)} 수치해석에 따른 응력 분석 기술이 발달하여 구조용 積層木質材의 設計技術이 향상되어 왔으나, 아직은 금속, Cement와 같은 他建築材料에서는 이미 사용하고 있는 技術的인 면이 木材加工分野에서는 뒤떨어진 관계는 이 기회에 木材加工系統에 機械工學 專門的인 기술인 변형계이지(strain gauge)의 사용에 의한 변형량의 측정과 그 해석을 도입함으로써 목재 사용상의 체계화와 효율화를 도모하고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 비중을 달리하는 異樹種을 原料木으로 사용하여 積層木質材(GLT or LVL)를 설계하여 제조하고, 외부에서 加하는 荷重을 달리하여 그에 따른 積層木質材의 中立軸의 위치 變移를 变形계이지(strain gauge)를 이용하여 조사하였다. 또한 각板材의 강도적 성질(탄성계수)을 사전에 측정하여

이에 따라 이를 판재로 구성되는 積層木質材의 강도적 성질을 예측하고 이를 실제 강도치와 비교하여 그 유의성을 검토하였다.

2. 材料 및 方法

2.1 供試樹種

본 연구에서는 참나무(*Quercus*), 잣나무(*Pinus koraiensis*) 등比重 및材質이相異한 두 가지樹種을供試樹種으로 하여 비교적 수간이 통직하게 잘 발달하고 생장이 충실한 임목을 선정하여供試原木으로 하였다. 참나무는 30年生이었으며 잣나무는 33年生이었다.

2.1.1 供試板材

공시판재는 공시원목을 길이 45cm로 횡절한 다음 두께 5mm, 10mm로 제재하여 사용하였으며, 이때 폭은 共히 30mm이상으로 하였다. 실험치의 오차를 줄이기 위하여 용이를 가능한 포함시키지 않고 體 역시 제외하였다.

2.1.2 供試板材의 乾燥

제재된 공시판재는 건조시에 발생하는 乾燥缺陷을防止하기 위하여室內乾燥로長期間 건조하여含水率 9%조건으로 건조하고 뒤틀림, 굽음, 휨등의 건조결합을 갖는木材는接着加工에 불리하므로 이를 제거하였다.

2.1.3 積層用 供試乾燥板材의 選別

건조된 판재중에서 그 재면의 상태가 양호한 것을 선별하여 사용하였으며, 특히 두께가 일정하지 않은 것과 재면에異物質이 있는 것 등을 제외하였으며, 그외에 積層接着用 판재로不適節하다고 판단되는 것은 사용하지 않았다.

2.1.4 接着劑

積層用接着劑는 접착성이 실험결과에 미치는 영향을 최소한으로 줄이기 위하여 접착력이 우수한 Epoxy수지를 구입하였고, 접착제의性狀은 Table 1과 같다. 접착제와 경화제의 혼합비율은 중량비로 100:80으로 충분히 혼합하여 사용하였다.

Table 1. Properties of resin and hardener.

Properties	Resin	Hardener
Colour	cream	yellow to amber
Form as supplied	viscous epoxy resin	honey-like, slightly alkaline liquid
Viscosity at 25°C(P) (Brookfield viscometer)	300~500	250~400
Specific gravity	1.20	0.92
Flash point(°C)	210	>240

2.2 實驗方法

2.2.1 라미나用板材의 植彈性係數 調査

두께 5mm, 10mm, 20mm로 준비한板材의植彈性係數를 조사하였다. 즉, 준비한 각板材를材料萬能試驗機(日本 Shimadzu社 DCS-25T)에서荷重速度 3mm/min.로 비례한계내에서 조작하여各板材의植彈性係數를 측정하였다.

2.2.2 積層木質材의 製造

製材 및 乾燥過程을 거쳐서 준비한 2수종의판재를 다음 Table과 같은방법으로 구성하여두께 40mm의積層木質材를 제조하였다.

Table 2. Compositions of Glulam.

Type	Number of Glulam	Lamina thick(mm)	Glulam Repl. lamination depth (mm)	compositions
				Bottom↔Top
A	8	40	5", 5", 5", 5", 5", 5", 5", 5"	5
B	7	40	5, 5, 5, 5, 10", 5, 5"	5
C	7	40	10, 5", 5, 5", 5", 5, 5"	5
D	6	40	10", 5, 5, 5", 5, 10"	5

": Veneer of *Quercus*

Non : Veneer of *Pinus koraiensis*

먼저, 준비된 라미나用板材를 Epoxy樹脂로 접착하였으며, 이때 도포한 접착제(경화제 포함)의量은 200g/m²였으며, 접착제를 도포한 각板材를壓力 10kgf/cm²로 clamp조작한 후, 室內조건에서 24시간 방치한 다음 解壓하여 積層木質材를 製造하였다.

2.2.3 製造된 積層木質材의 比例限界內의 變形率 및 휨 강도 調査

적층접착 제조된 積層木質材를 일정 온도와 습도조건에서 1개월 이상 방치하여 대기조건과平衡狀態가 되도록 한다음 마무리 작업으로 각 면을 연마(sanding)하여 變形率측정을 위한 strain gauge를 각 積層 라미나 및 전체 적층목 질재의 上面과 下面에 부착하였다.

Strain gauge(日本 Kyowa製品)는 Gauge length 5mm, Gauge resistance(24°C, 50% RH) 119.8+0.2, Gauge factor(24°C, 50% RH) 2.10+1%인 製品을 사용하였다. 積層木質材에 Strain gauge를 부착하는 방법은 다음과 같이 하였다. 즉, 積層木質材의 각 積層라미나의 두께 中央을 결정한 후 그 部位를 연마지로 깨끗하게 한 다음 Strain gauge부착용 接着劑를 바른후 Strain gauge를 정위치에 놓고 접착용비닐을 그 위에 대고 누른 다음 잠시 시간이 경과한 후 접착양호 有無를 확인하였다. 이때 接着劑(日本 Kyowa製品)는 Cyano-Acrylate base인 Strain gauge cement를 사용하였다.

각 積層라미나 및 전체 積層木質材의 上面과 下面에 Strain gauge부착이 끝난 다음 일단 부착된 Strain gauge가 떨어지지 않도록 그위에 Moist-Proofing-Paraffin wax(日本 Kyowa製品)를 녹여서 그위를 塗布하였다.

부착된 strain gauge에 30線으로 構成된 lead wire(小線 1個의 굵기 1mm)를 연결하고 이를 다시 Digital strain meter(日本 Toyo Baldwin 社 제품)에 연결하였다.

이와같이 준비된 積層木質材를 Fig.1과 같은 材料 萬能試驗機(日本 Shimadzu 제품인 DCS-25T)에서 荷重을 100kg, 150kg, 200kg이 되도록 가하여 이에 따른 strain의 變化를 조사하였다. 조사된 strain을 分析하여 中立軸의 위치 變移를 조사하였다.

이와같이 하여 1차적으로 Digital strain meter에 연결하여 中立軸 位置調査가 끝난 다

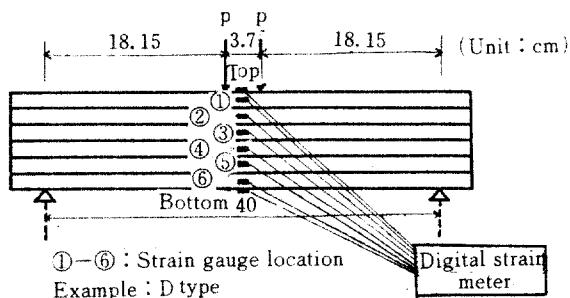


Fig.1. Direction of load and connection of strain gauge and digital strain meter.

음, 보다 正確한 中立軸의 위치 變移를 조사하기 위하여 Fig.2와 같이 積層木質材에 부착된 Strain gauge에 Amplifier DPM-305 B(日本 Kyowa社)를 연결한 후 Record visigraph-5L(日本 kyowa社)에 연결하여 荷重變化에 따른 strain의 變移를 2cm/min. 速度의 그래프를 뽑아 中立軸의 위치전환을 조사하였다.

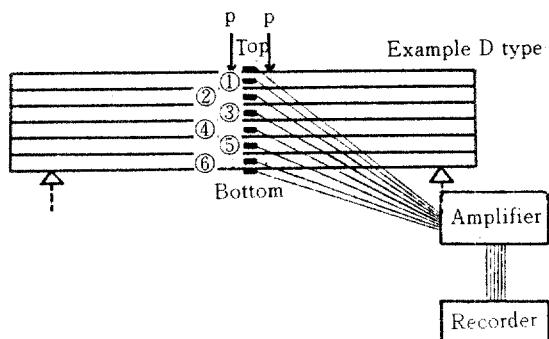


Fig.2. Connection of strain gauge and amplifier and recorder

3. 結果 및 考察

3.1 荷重變化와 Strain의 관계 및 積層木質材의 中立軸

A, B, C, D 4가지 Type으로 製造된 積層木質材試片을 比例限界內의 荷重 100kg, 150kg, 200kg을 가하여 이에 따른 Strain의 變化를 조사하여 Table 4~Table 7에 열거하였다.

먼저 Table 4의 A type을 보면, 5반복으로 실

Table 4. Relation of strain of A type glulam and load variation.

strain gauge location	Glulam type			A-1*			A-2			A-3			A-4			A-5		
	100	150	200	100	150	200	100	150	200	100	150	200	100	150	200	100	150	200
TOP	--841	-1265	-1677	-754	-1085	-1436	-782	-1174	-1532	-799	-1161	-1532	-683	-1021	-1343			
1(Q5) ***	-740	-1122	-1485	-675	-1051	-1437	-685	-1029	-1383	-727	-1086	-1437	-680	-1049	-1426			
2(P5)	-602	-903	-1211	-378	-586	-809	-557	-837	-1119	-645	-980	-1299	-294	-665	-896			
3(P5)	-333	-496	-666	-205	-326	-459	-331	-502	-669	-360	-542	-721	-260	-415	-571			
4(P5)	-124	-183	-241	-26	-61	-107	-104	-156	-213	-149	-223	-295	-90	-160	-236			
5(P5)	--+33	+54	+216	+137	+181	+216	+85	+132	+170	+18	+30	+45	+115	+156	+187			
6(Q5)	+215	+330	+543	+297	+424	+543	+226	+351	+474	+224	+346	+471	+334	+479	+619			
7(Q5)	+415	+642	+850	+452	+654	+850	+414	+620	+633	+421	+646	+871	+544	+795	+1032			
8(Q5)	+637	+946	+1416	+730	+1070	+1416	+718	+1088	+1460	+604	+908	+1226	+718	+1060	+1392			
Bottom	+816	+1257	+1524	+756	+1135	+1524	+814	+1206	+1659	+852	+1303	+1730	+756	+1132	+1151			

*: Replication number

** : + : Tensile strain

** : - : Compressive strain

*** : Q : Quercus, P : Pinus koraiensis, 5 : Thickness(mm) of veneer lamina.

험을 실시하였음을 알 수 있으며 접착 라미나가 총 8개인 관계로 각 라미나의 측면에 부착한 8개 Strain gauge와 積層木質材 上面과 下面에 부착한 것을 합하여 전체 Strain gauge의 숫자가 10개임을 알 수 있다.

예를 들면 Strain gauge location이 Top인 것은 積層木質材의 上面 中央에 부착한 것이며 1인 것은 積層木質材 라미나 중 맨위 라미나의 두께 방향의 중앙에 붙어 있는 Strain gauge를 뜻하는 것이다. 또한 Strain의 앞에 표기된 (-) 부호는 壓縮應力を 나타내며, (+) 부호는 引張應力を 나타낸다. 그 값의 크기는 Strain의 크기를 뜻한다.

우선 A-1을 보면, 積層木質材의 윗부분은 壓縮變形이 크게 나타나고 아래부분은 引張變形이 크게 나타남을 알 수 있으며, 荷重이 加해 져서 더 커질수록 Strain값이 증가함을 알 수 있다.

특히 變形轉換點은 4번째 라미나(압축변형)와 5번째 라미나(인장변형)사이에서 발생하고 있으며 이 변형전환점은 荷重이 200kg까지 증가하여도 같은 위치임을 알 수 있다. 하중이 100kg일때에 발생하는 變形量을 볼때 4번째 라미나의 값이 -124이고, 5번째 라미나의 값은 +33을 나타내고 있어 이때 中立軸의 위치는 5

번 째 라미나에 있음을 알 수 있다. 그 이후 하중이 증가하여 200kg에서의 變形은 4번째 라미나가 -241로 변형량이 117증가하였고, 5번째 라미나는 +216으로 183증가한 것으로 보아 中立軸의 위치가 4번째 라미나 쪽으로 이동하고 있음을 알 수 있으나 그 범위는 미세한 것으로 판단된다.

또 A-2에서는 A-1과 비슷하게 4번째 라미나와 5번째 라미나 사이에서 變形轉換點이 발생하고 있음을 알 수 있으나 이번의 경우는 4번째 라미나 쪽이 變形量(-26)이 적어 4번째 라미나에 中立軸이 형성되어 있음을 알 수 있다. 이 경우 200kg까지의 하중변화에서 변형율의 증가가 비슷(각각 81, 79)하므로 하중의 증가에 따른 中立軸의 변이는 나타나지 않음을 알 수 있다.

A-3, A-4, A-5의 반복에 있어서도 조금씩 경우가 다르나 대체적으로 비슷한 양상을 보여 4번째 라미나 또는 5번째 라미나에 中立軸의 위치가 놓여 있음을 알 수 있다. 이 A type 積層木質材는 밑부분에 참나무 구성이 많이된 경우로서 中立軸의 위치가 비교적 두께中央에 위치하고 있다.

200kg이상의 荷重增加에 다른 변형을 조사하기 위하여 中立軸의 위치가 나타나는 4번째 라

미나와 5번째 라미나의 변형만을 Amplifier를 통하여 Recorder로 기록한 결과 Fig. 3과 같았다. 그림에서 왼쪽의 출발점을 기준으로 그래

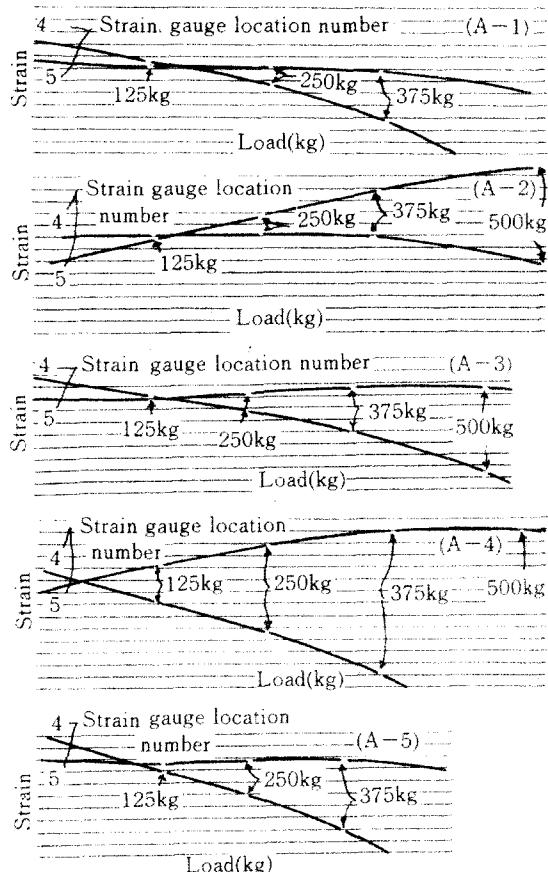


Fig.3. Graph of strain variation with increasing load(A type)

프가 위로가면 인장하중(+), 아래로 가면 압축하중(-)을 받는 것으로 판단하면 된다. 그럼에서 보면 A-4를 제외하고, 나머지 것들은 4 번째 또는 5번째 라미나의 변형이 어느 하중까지는 일정한 수준을 보이며 압축, 인장변형을 보이지 않다가 하중이 훨씬 커지면 나타난다. 그러나 일정한 수준을 보이는 그래프라고 하더라도 미소한 값이기는 하지만 압축과 인장의 변형 전환을 하중의 증가에 따라 나타내는 경우도 있다. 예를들면 A-3의 경우 中立軸이 위치하리라고 판단되는 5번째 라미나의 그래프를 보면 荷重 375kg까지는 완만하지만 인장하중 쪽으로 기울고 있음을 알 수 있다. 따라서 하중 변화에 따라 中立軸의 位置變移는 발생하나 그 양은 크지 않은 것으로 料된다.

Table 5의 B type을 보면, 접착라미나가 총 7개 있고, 上面과 下面에 Strain gauge를 붙여 총 9개가 되었다.

B-1, B-2, B-3, B-4, B-5等 5개 모두가 3번째 라미나와 4번째 라미나 사이에서 变形轉換点이 있음을 알 수 있으며. 또 하중이 증가해도 큰 변화가 없음을 보여주고 있다. B-1을 예로보면 中立軸의 위치는 3번째 라미나쪽에 가까이 있으며, 직종목질재의 全體 두께로 보아 3번째 라미나의 Strain gauge가 두께 中央에서 윗면쪽으로 상당히 치우쳐 있음에도 불구하고

Table 5. Relation of strain of B type glulam and load variation.

Glulam type Strain gauge location	B-1*			B-2			B-3			B-4			B-5		
	100	150	200	100	150	200	100	150	200	100	150	200	100	150	200
TOP	-689	-1005	-1318	-719	-1089	-1455	-757	-1134	-1507	-711	-1073	-1437	-617	-934	-1251
1(Q5)***	-590	-906	-1268	-632	-1006	-1366	-691	-1056	-1413	-613	-943	-1266	-767	-1166	-1545
2(P5)	-415	-655	-923	-386	-638	-887	-574	-890	-1231	-424	-669	-921	-454	-698	-940
3(Q10)	-81	-144	-221	-82	-151	-225	-150	-248	-346	-56	-115	-181	-92	-143	-193
4(P5)	+241	+341	+429	+243	+346	+439	+196	+284	+366	+239	+318	+399	+188	+283	+372
5(P5)	+411	+602	+776	+382	+555	+715	+397	+584	+769	+401	+581	+741	+331	+485	+645
6(P5)	+604	+883	+1157	+597	+871	+1141	+586	+878	+1160	+582	+849	+1109	+502	+750	+994
7(P5)	+806	+1199	+1589	+777	+1152	+1526	+804	+1193	+1593	+761	+1108	+1457	+726	+1088	+1442
Bottom	+832	+1284	+1719	+731	+1118	+1498	+857	+1302	+1744	+782	+1162	+1560	+758	+1141	+1520

*:Replication number

* * : + : Tensile strain

* * :- : Compressive strain

* * * : Q : Quercus, P : Pinus koraiensis, 5, 10 : Thickness(mm)of veneer lamina.

하고 압축변형이 -81로서, 4번째 라미나의 引張變形 +241보다 적은 것은 中立軸의 위치가 中央에서 상당히 위로 치우쳐서 3번째 라미나인 두께 10mm 참나무 판재의 거의 中央에 위치하고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 中立軸의 위치가 A type과 전혀 다른 것은 B type의 경우 강도가 우수한 참나무 판재의 구성이 윗부분에 치우쳐서 윗부분 즉, 압축하중을 받는 쪽이 더욱 변형에 강함을 나타낸 것으로 판단된다. 이와 같은 사실은, 100kg 하중시에 Top 판재의 壓縮變形量은 -689이고, Bottom 판재의 引張變形量은 +832로서 압축하중을 받는 쪽이 더욱 변형에 강함을 나타낸 것과 동일한 결과이다. 그외에도 B-2, B-3, B-4, B-5의 경우도 마찬가지의 결과를 보여주고 있다.

3번째 라미나와 4번째 라미나의 변형을 Recorder에 기록하여 200kg이상의 荷重增加에 따른 변형을 조사한 결과 Fig.4와 같았다. 이 경우 B-1, B-2, B-3, B-4, B-5가 거의同一한 형태를 보여주고 있으며, 3번째 라미나는 계속해서 壓縮變形, 4번째 라미나는 계속해서 引張變形을 나타내고 있어서 中立軸의 위치가 거의 변동이 없음을 알 수 있다.

Table 6의 C type을 보면, B type과 비슷하게 접착 라미나가 총 7개이고, 上面과 下面에

Strain gauge를 붙여 총 9개의 gauge를 붙였다.

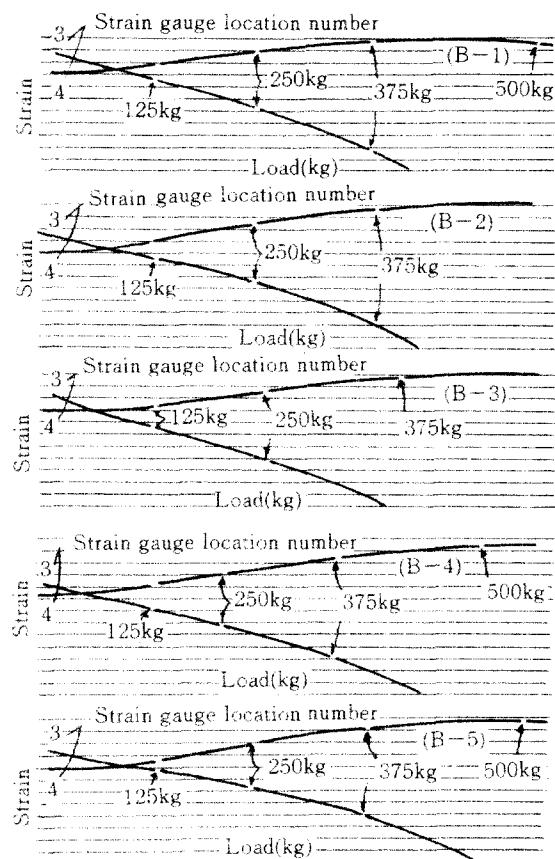


Fig.4. Graph of strain variation with increasing load(B type)

Table 6. Relation of strain of C type glulam and load variation.

Glulam type strain gauge location	C-1*			C-2			C-3			C-4			C-5		
	100	150	200	100	150	200	100	150	200	100	150	200	100	150	200
TOP	**-804	-1196	-1609	-804	-1164	-1517	-726	-1023	-1316	-682	-992	-1315	-800	-1165	-1470
1(Q5)**	-886	-1297	-1764	-710	-1043	-1378	-714	-1049	-1376	-763	-1120	-1482	-804	-1181	-1557
2(P5)	-643	-962	-1260	-736	-1040	-1336	-711	-992	-1269	-454	-729	-1015	-681	-970	-1244
3(Q5)	-393	-579	-768	-417	-593	-767	-505	-728	-888	-177	-299	-425	-328	-463	-582
4(P5)	-122	-190	-243	-200	-273	-348	-257	-330	-402	-9	-44	-83	-156	-199	-223
5(P5)	**-106	+174	+245	+22	+4	+32	-13	+27	+78	+177	+229	+277	-8	+21	+77
6(Q5)	+344	+527	+717	+146	+261	+376	+182	+328	+484	+360	+503	+639	+153	+262	+398
7(P10)	+573	+869	+1177	+451	+726	+991	+471	+759	+1050	+674	+980	+1281	+465	+746	+1039
Bottom	+939	+1403	+1879	+812	+1224	+1647	+828	+1236	+1650	+878	+1351	+1744	+812	+1198	+1660

*: Replication number

** : + : Tensile strain

***: - : Compressive strain

****: Q : Quercus. P : Pinus koraiensis. 5.10 : Thickness(mm) of veneer lamina.

C-4를 제외하고 나머지 것들은 5번째 라미나에 中立軸이 位置함을 알 수 있다. 특히 C-3 경우는 5번째 라미나의 변형이 하중이 100kg 일때는 압축변형(-)에서 하중이 그 이상으로增加함에 따라 引張변형(+)으로 바뀌었으며 C-5도 비슷한 경향을 보여 Strain gauge가 위치한 지점의 근처에서 中立軸이 形成되어 변화하고 있음을 알 수 있다.

Fig.5에 나타난 그래프를 보면, 5번째 라미나의 变形이 거의 일정하여 中立軸이 그 근처 일 것으로 판단되고 미세하게 압축 또는 인장의 위치로 변화가 있음을 알 수 있다. 결국 여기에서도 일단 형성된 中立軸은 荷重이 어느정도 증가하더라도 일정 位置에 머무르는 것으로 판단하는 것이 좋겠다.

Table 7에 나타난 D type을 보면, D-1, D-2, D-3, D-4, D-5等 모두가 3번째 라미나와 4번째 라미나에서 变形轉換點이 나타나고 있음을 알 수 있다. 중립축의 위치도 3번째 라미나 또는 4번째 라미나에서 나타나거나 그 사이에서 나타나고 있어 積層木質材의 두께 중앙에 中立軸이 형성되었음을 나타내고 있다. 이는 積層木質材의 구성에 있어서 表層과 裏層에 동일하게 참나무를 구성한 경우이기 때문에 나타난 결과로 생각된다.

Fig.6에 나타난 그래프를 보면, 4번째 라미나의 변형이 거의 일정함을 알 수 있어 中立軸

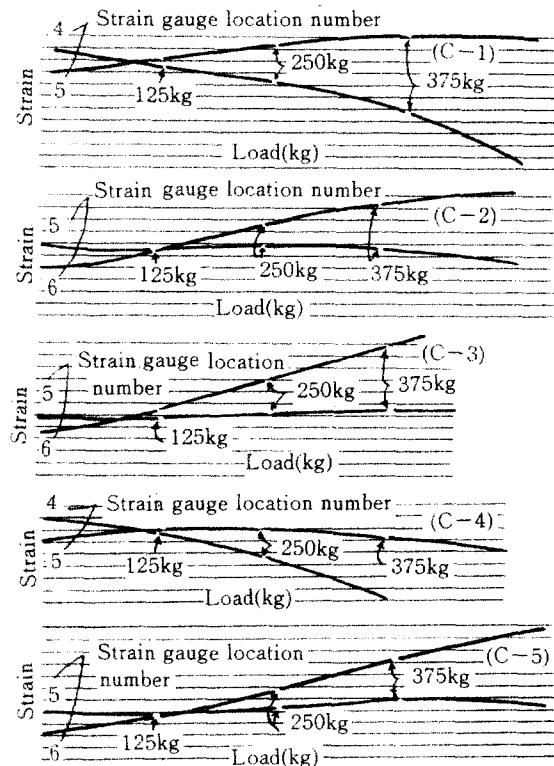


Fig.5. Graph of strain variation with increasing load(C type)

이 그 근처임을 알 수 있으며 여기서도 미세하게 압축 또는 인장변형이 일어나고 있다.

3.2 積層木質材의 弹性係數豫測值와 휨荷重에서의 弹性係數의 分析

材料萬能試驗機로板材에 荷重을 加하여 비

Table 7. Relation of strain of D type glutam and load variation.

Glutam type strain gauge location	D-1*			D-2			D-3			D-4			D-5		
	100	150	200	100	150	200	100	150	200	100	150	200	100	150	200
TOP	**-679	-993	-1306	-788	-1154	-1527	-1238	-1370	-1479	-805	-1168	-1612	-661	-983	-1315
1(Q10)***	-511	-772	-1029	-585	-884	-1175	-859	-936	-1019	-425	-659	-887	-536	-804	-1068
2(P5)	-267	-416	-552	-242	-368	-485	-747	-788	-826	-183	-292	-393	-209	-313	-413
3(Q5)	-70	-112	-152	-67	-93	-139	-685	-696	-707	-5	-22	-40	-41	-57	-69
4(P5)	**+85	+122	+158	+101	+153	+203	+96	+137	+176	+128	+180	+230	+109	+166	+227
5(P5)	+228	+337	+441	+245	+367	+486	+257	+377	+500	+285	+415	+539	+246	+370	+496
6(Q10)	+451	+674	+896	+544	+822	+1099	+541	+815	+1076	+533	+794	+1122	+542	+823	+1068
Bottom	+632	+950	+1270	+746	+1130	+1495	+724	+1082	+1445	+691	+1051	+1406	+860	+1308	+1736

*: Replication number

**: + : Tensile strain

***: - : Compressive strain

Q : Quercus, P : Pinus koraiensis, 5, 10 : Thickness(mm) of veneer lamina

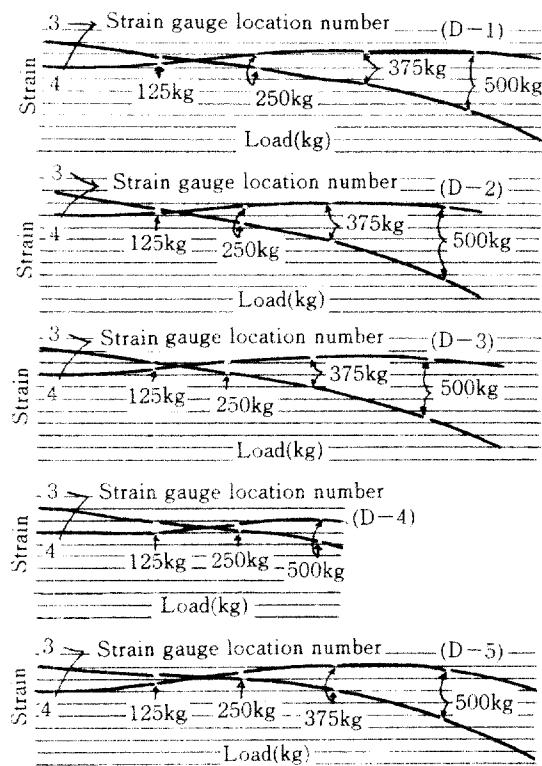


Fig.6. Graph of strain variation with increasing load(D type)

례한계내에서의 휨 弹性係數를 구한 후 $E = \Sigma (E_i I_i) / I$ 式식으로 製造된 積層木質材의 弹性係數豫測值을 구한結果 Table 8과 같았다. 또한 製造된 積層木質材의 휨 弹性係數값을 조사하고 이를豫測值와 比較하여 본結果豫測值의 값이 훨씬 낮은 값을 나타내었으며 또한 이들 값相互間에는 一定한 關係를 나타내지 않았다.

이는 非破壞試驗을 통한 弹性係數의豫測值

Table 8. Estimated elasticity and mechanical properties in bending of glulam.

Type	Estimated MOE (kgf/cm ²)	MOE (kgf/cm ²) in bending	Max. strength (kgf/cm ²) in bending
A	2425.59	1000895	971.58
B	4689.12	104127	983.42
C	4114.20	97993	779.44
D	6618.57	128056	864.05

를 연구하기 위해 Stress wave timer를 이용하여 얻은結果와 비슷한 양상을²¹ 나타내고 있어 위식을 적용하여 휨 弹性係數豫測值를 구하는 데는 좀더 면밀한 연구와 실험 및 분석이 계속되어야 할 것으로 생각된다.

한편, 積層木質材의 構成方法에 따른 最大 휨 强度를 조사 한 결과 Table 8에 제시한 바와 같다. 이를 휨 强度 결과를 보면 A, B type이 C, D type에 비해 비교적 높은 강도를 보이고 있으나, 板材構成에 따른 일정한 경향은 나타나지 않았다.

4. 結論

본연구에서는 참나무(Quercus)와 잣나무(Pinus koraiensis) 두 樹種을 원료목으로 하여 5mm, 10mm 두께의板材를 제재하고 이를供試板材로 하여 두께 40mm의 積層木質材를構成製造하고, 적층목질재의 各板材의 두께 中央과 적층목질재上面과 下面 中央에 strain gauge를 부착하여荷重變化에 따른 strain을 조사하여 中立軸의 위치와 그變移에 대하여 조사하였다.

또한各판재의 휨 탄성계수를 접착前에 조사하고 이를 근거로 $E = \Sigma (E_i I_i) / I$ 식을 이용하여 적층목질재의 弹性係數를 예측하고 그 예측치와 실제 휨 탄성계수를 비교하였다.

본 실험을 실시한結果를要約하면 다음과 같다.

- 1)板材構成方法에 따라 中立軸의 위치가 다르게 나타남을 알 수 있었다.
- 2)中立軸은荷重이 비례한계내에서 변화할 때는 거의 비슷한 지점에 위치함을 알 수 있었다.
- 3) 휨 弹性係數豫測值가 제조된 積層木質材의 휨 弹性係數값보다 훨씬 낮은 값을 나타내었다.

参考文献

1. Bodig, J., and J. Fyie. 1986. Perform-

- ance requirements for laminated veneer lumber. *Forest Prod. J.* 36(2):49-54.
2. Braun, M. O., and R. C. Moody. 1977. Bending strength of small glulam with a laminated-veneer tension lamination. *Forest Prod. J.* 27(11):46-51.
 3. Echols, R. M., and R. A. Currier. 1973. Comparative properties of Douglas-fir boards made from parallel-laminated veneers vs. solidwood. *Forest Prod. J.* 3(2):45-47.
 4. Hilson, B. O., Luke R. J. Whale, P. J. Pellicane, and I. Smith. 1986. Towards optimal design of glued laminated timber beams. Brighton Polytechnic report to the Timber Research and Development Association, UK.
 5. Jung, J. 1982. Properties of parallel-laminated veneer from stress-wave-tested veneers. *Forest prod. J.* 32(7):30-35.
 6. Kim, H. C., and Y. J. Yum. 1982. Analysis of elastic anisotropy in CFRP laminate beam. Progress in science and engineering of composites. T. Hayashi, K. Kawata & S. Umekawa, Ed., ICCM-IV, Tokyo:381-388.
 7. Koch, P. 1973. Structural lumber laminated from 1/4-inch rotary-peeled southern pine veneer. *Forest Prod. J.* 23(7):17-25.
 8. Kunesh, R. H. 1978. Micro=Lam :Structural laminated veneer lumber. *Forest Prod. J.* 28(7):41-44.
 9. Laufenberg, T. L. 1983. Parallel-laminated veneer : processing and performance research review. *Forest Prod. J.* 33(9):21-28.
 10. Lei, Y., and J. B. Wilson. 1979. Fracture toughness of parallel-laminated veneer. *Forest Prod. J.* 29(8):28-32.
 11. Leister, R. H., and P.C. Bunker. 1969. Fracture at butt-joints in laminated pine. *Forest Prod. J.* 19(10):45-51.
 12. Marx, C. M., and R. C. Moody. 1982. Effect of lumber width and tension lamination quality on the bending strength of four-ply laminated beams. *Forest Prod. J.* 32(1):42-45.
 13. Pellerin, R. F., and M. D. Strickler. 1972. Tension proof loading of lam stock for laminated beams. *Forest Prod. J.* 21(5):50-55.
 14. Pellerin, R. F., and M. D. Strickler. 1972. Proof loading of tension laminations for large glued-laminated beams. *Forest Prod. J.* 22(10):24-30.
 15. Schaffer, E. L., and R. C. Moody. 1977. Stress-graded hardwood lumber by press-lam production? *Forest Prod. J.* 27(2):26-31.
 16. Shuler, C. E., Grant, D. A., and R. C. Moody. 1979. Evaluation of glued laminated beams of eastern spruce and eastern hemlock. *Forest Prod. J.* 29(7):23-28.
 17. Youngquist, J. A., and B. S. Bryant. 1979. Production and marketing feasibility of parallel laminated veneer products. *Forest Prod. J.* 29(8):45-48.
 18. Youngquist, J. A. 1981. Powered back-up roll--An improved veneer peeling technology. *Southern lumberman*.
 19. 朴憲. 1987. 落葉松 小徑材의 活用方案에 관한 연구. 建國大學校 中原研究所論文集 제6집 : 433-450.
 20. 朴憲. 1990. 積層木質材(Glulam)의 中立軸과 強度的 性質에 관한 연구. 목재공학18 (3) : 42-52.
 21. 朴憲. 1991. 積層木質材(Glulam)의 中立軸이 強度的 性質에 미치는 영향. 建國大學校 學術誌35(2) : 157-164.