

# 옷나무 경사핑거접합재의 휨강도성능

변희섭\*1 · 이원희\*2 · 홍병화\*1

## The Bending Performances of Sloped Finger-Jointed *Rhus verniciflua*

Hee-Seop Byeon\*1 · Won-Hee Lee\*2 · Byung-Wha Hong\*1

### ABSTRACT

The bending performances of sloped finger-jointed *Rhus verniciflua* were tested in order to improve the strength properties of finger-joint. Sloped finger-cut pieces were jointed with three kinds of adhesives (polyvinyl acetate, polyvinyl-acryl acetate and oilic urethane resin). The slope ratios of finger joints were 0, 1.0, 1.5, and 2.0. The MOE, MOR and deflection to maximum load in bending of sloped finger-joints and solid wood specimen were measured.

The results were:

1) The efficiencies of MOE to finger and sloped finger-joints to the solid wood were almost same in the three kinds of adhesives (polyvinyl acetate, polyvinyl-acryl acetate and oilic urethane resin) and there were some effect of slope on the MOE in a sloped finger-joint for three kinds of resin adhesives.

2) There was the effect of slope on the MOR in sloped finger-joints in every kind of adhesive. The efficiencies of MOR in slope ratios of 0 and 2.0 ranged 65-79% and 85-94%, respectively. There was also a slight effect of the kinds of adhesives on the MOR. However, the efficiencies of deflection to the urethane resin adhesive were much less than those of polyvinyl acetate, polyvinyl-acryl acetate resin adhesives except the slope ratio of 0.

3) It might be impossible to estimate the bending strength of sloped finger-jointed *Rhus verniciflua* by using MOE. The correlation coefficient(0.192) between MOE and MOR was very low and not significant at 5 % level.

**Keywords** : Bending strength, *Rhus verniciflua*, sloped finger-joint, slope ratio, kind of adhesive.

\*1 경상대학교 농과대학, 경상대학교 부속 농어촌개발연구소, College of Agriculture and the Institute of Agriculture and Fishery Development, Gyeong National University, Chinju 660-702, Korea

\*2 경북대학교 농과대학, College of Agriculture, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

## 1. 서 론

목재가 가진 섬유방향에 대한 높은 강도성능을 살린 集成材, 단판적층재(LVL)를 제조할 때 통상 구성요소(element)를 縱接合시키는데 이것은 이러한 재료의 강도성능을 지배하는 가장 중요한 인자 중의 하나이다. 목재의 종접합 방법으로는 벗조인트(butt joint), 스카프조인트(scarf joint), 핑거조인트(finger joint), 베벨조인트(beveled joint) 등이 연구(大熊幹章, 1989)되어 사용되고 있다. 특히 이러한 접합 방법 중에서 핑거접합법은 스카프접합법에 비해서 작업성이 좋고 수율이 높기 때문에 가구, 건구재 등의 집성재 라미나의 종접합법으로서 널리 연구(森稔, 1963; 屋通, 1976, 1989 등 다수)되어 사용되고 있다. 그런데 요즘 가구, 건구재에서 핑거조인트로 된 라미나를 많이 사용하고 있지만 스카프 조인트에 비해 강도적 신뢰성이 낮은 문제가 있기 때문에 핑거조인트를 사용한 부재, 라미나의 구조강도 신뢰성을 높이기 위해서는 그 접착성능을 향상시킬 필요가 있다. 또한 핑거조인트의 접합성능을 향상시킴으로서 구조부재의 건축시공 현장에서 종접합법으로서 핑거접합법을 사용할 수 있게 되었다. 그러나 접합재를 구조용 재료 사용하기 위해서는 정적 하중에 대한 접합성능을 향상시킬 필요가 있다. 핑거조인트의 경우, 그 접합성능이 접착 층의 접착력 및 접착층의 성질과 소재성질이 잘 조화하느냐에 의존하므로 접착제수지의 선택만으로는 정적 하중에 대한 접합성능을 향상시키기는 곤란하다. 그런데 접착제 선택이외에 핑거조인트재의 접합성능을 향상시키는 방법으로서 핑거형상 개량을 생각할 수 있는데 미국산 솔송나무 재의 핑거 기부를 경사비 2.0 으로 경사지게 한 경사핑거조인트의 사용으로 정적 하중에 대한 접합성능을 향상시켰다고 보고(森, 1988; 川原, 1991)하고 있다. 그리고 변등(1997)은 또한 집성재의 라미나의 종접합방법으로서도 경사핑거가 강도성능의 증가에 효과가 있다고 보고(大籠, 1992; 松藤, 1996)하고 있다.

그래서 본 연구에서는 우리 나라의 산간지역에 널리 분포되어 약용 및 도장용으로 주로 사용되고 있는 옷나무재를 이용하기 위하여 생칠 및 화칠

채취후의 옷나무재를 재료로 최근에 접합유효율이 높은 것으로 알려진 경사핑거접합법을 사용하여 ①휨강도성능에 미치는 접착제의 종류에 대한 영향 및 ②핑거의 형상을 경사지게 절삭 접합함으로써 휨강도성능의 향상에 미치는 영향에 대해서 연구 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 시험편

#### 2.1.1. 시험편의 선별

공시재료는 경남 함양군 마천면에서 벌채한 수령 약 7~8년생의 옷나무(*Rhus verniciflua*)를 사용하였다. 수년간 생칠을 채취한 옷나무를 생채 상태에서 불을 가해 옷을 채취(화칠) 후의 원목을 천연건조후 14(T)×14(R)×250mm(L)로 절삭 가공하여 결함이 없는 250개의 시편을 사용하여 제작하였다. 시편은 선별을 위하여 비중과 휨탄성계수를 측정하여 비중의 범위 0.474~0.508, 탄성계수 95,800~109,500 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위의 것을 사용하여 각 조건별로 치우치지 않도록 선별하였다.

#### 2.1.2. 시험편의 제작

실험용 시편은 기건 상태에서 충분히 건조된 상태에서 시편을 제작하였으며 항온항습실(온도 20℃, 습도 65%)에서 일주일 이상 조습시킨 후 실험하였다. 각 시편들은 무절삭재, 경사비(각도)의 4조건-0(90°), 1.0(45°), 1.5(34°), 2.0(27°)-으로 등근톱을 사용하여 길이방향의 중앙부를 횡절한 후 핑거컷트기로 절삭하여 제작하였는데 각 조건당 6개씩의 시편을 제작하였다. 핑거의 형상은 스카프 경사비 1/10.2, 핑거선단두께 1mm, 핑거골(저부) 폭 0.8mm, 핑거길이 13mm 로 절삭가공을 하였으며 동일한 핑거절삭기를 사용하여 그림 1에 나타내는 바와 같이 경사핑거를 절삭 가공하였다. 경사핑거절삭에 대해서는 표 1에서 나타내는 바와 같이 핑거 기부를 경사시켜 그 비를 경사비로 나타내어 1.0, 1.5, 2.0 의 3 종류로 하였다. 그리고 핑거 접합에 사용한 접착제는 일반적으로 많이 이용되고 있으며 유연성이 높아 옷나무의 접착에 적합할

것으로 판단되는 초산비닐수지접착제(이하 초산비닐로 약칭), 초산비닐과 아크릴을 혼합한 수지접착제(혼합비2:1, 이하 초산아크릴로 약칭), 유용성 우레탄수지 접착제(이하 우레탄으로 약칭)를 사용하였다. 그리고 각시편의 핑거접착은 핑거절삭부들 각 접착제로 양면도포하여 만능강도시험기를 사용하여 선단압채압력을 40 kgf/cm<sup>2</sup>로 해서 20초간 유지시켜 행하였다. 이때 접착되는 시편이 경사방향으로 미끄러지는 것을 방지하기 위해 시편의 양측면에 부목을 붙여 나사클램프를 이용하여 고정시켜 압채하였다. 그 다음 항온항습조건에서 1주일간 양생시킨 후 다시 12(T)×12(R)×190mm(L)로 마무리 가공하여 만능강도시험기를 사용하여 휨강도 성능시험을 실시하였다.

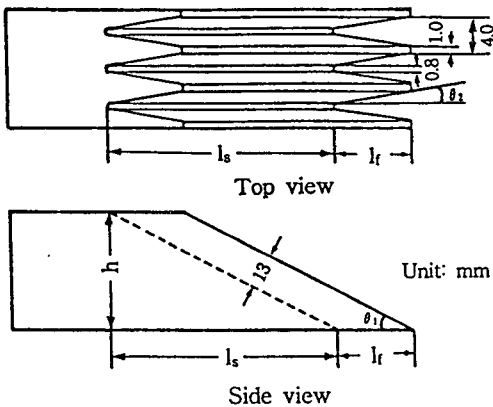


Fig. 1 Type of specimen with a sloped finger-joint to be tested.

Notes;  $l_f$ : Length of finger joint,  $l_s$ : Length of slope part,  $h$ : Height of specimen.

The values of slope ratio( $l_s/h$ ) were 0, 1.0, 1.5 and 2.0

Table 1. Types of sloped finger.

|                      | Slope ratio ( $l_s / h$ ) |        |      |        |
|----------------------|---------------------------|--------|------|--------|
|                      | 0                         | 1      | 1.5  | 2      |
| $\theta_1(^{\circ})$ | 90                        | 45     | 34   | 27     |
| Bonded-area ratio    | 1                         | 1.4    | 1.8  | 2.2    |
| $\tan \theta_2$      | 1/10.2                    | 1/14.4 | 1/16 | 1/22.8 |
| $l_f(mm)$            | 13                        | 18.5   | 20.8 | 28.7   |

Legend: The same as shown in Fig.1.

### 2.1.3. 휨 강도성능시험 방법

휨 강도성능시험은 태신정밀기계(주)의 TSU-2형의 만능강도시험기(universal testing machine)를 사용하여 스펠(span) 170mm, 크로스헤드속도(cross head speed) 1 mm/min 로 핑거접합형태의 수직방향으로 3점의 중앙집중방식으로 하중을 가하여 휨 탄성계수, 휨강도, 최대하중까지의 편향등을 측정하였다. 그리고 휨 탄성계수(MOE, modulus of elasticity)와 휨강도 (MOR, modulus of rupture)는 다음 계산식에 의해서 계산하였다.

$$MOE = \Delta P l^3 / 4bh^3 \Delta y \dots\dots\dots (1)$$

여기에서

$\Delta P$ : 비례영역에 있어서 상한 하중과 하한 하중과의 차

$\Delta y$ :  $\Delta P$ 에 대응하는 스펠중앙의 편향(처짐)

l: 스펠(span)

b: 폭(나비)

h: 높이(두께)

휨강도(MOR)는 다음식(2)과 같다.

$$MOR = 3Pl / 2bh^2 \dots\dots\dots (2)$$

여기에서

P : 최대하중

l : 스펠

b : 폭(나비)

h : 높이(두께)

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 휨 탄성계수

표2에 휨강도성능시험의 모든 결과를 나타내었고 각 그림에서는 그 평균치를 이용하여 고찰하고자 한다.

그림 2는 핑거 경사비(slope ratio)의 증가와 휨탄성계수와의 관계를 나타내었다. 탄성계수유효율은 소재의 탄성계수 값에 대한 핑거접합재의 그

값에 대한 비율을 나타낸다. 초산비닐아크릴을 사용한 시험편의 휨탄성계수 유효율은 소재의 그것과 거의 같은 99~104%의 값을 나타내었고 핑거기부의 경사에 의한 변화도 찾아볼수 없었다. 초산비닐수지 접착제를 사용한 시험편의 휨탄성계수 유효율도 소재의 그것과 거의 같은 101~104%의 값을 나타내었고 핑거기부의 경사에 의한 효과도 인정되지 않았다. 그리고 우레탄을 사용한 시험편의 휨탄성계수 유효율도 소재의 그것과 거의 같은 100~103%의 값을 나타내었고 핑거기부의 경사에 의한 효과도 인정되지 않았다. 3가지 접착제의 탄성계수에 대한 전 유효율이 약 100%의 높은 값을 나타내어 핑거의 형상 및 접착제의 종류가 휨 탄성적 성질에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다. 이러한 결과는 堀江(1981)와 森 등(1988)이 보고한 레소시놀수지접착제로 핑거접합했을 때의 휨탄성계수는 소재의 그것과 거의 같다는 보고와 일치했고 변등(1997)이 보고한 소나무재를 경사접합시켰을 때의 휨강도유효율은 소재의 그것과 거의 같고 핑거기부의 경사에 대한 영향은 거의 없다는 보고와도 일치했지만 그보다도 약간 높은 값을 나타내었다.

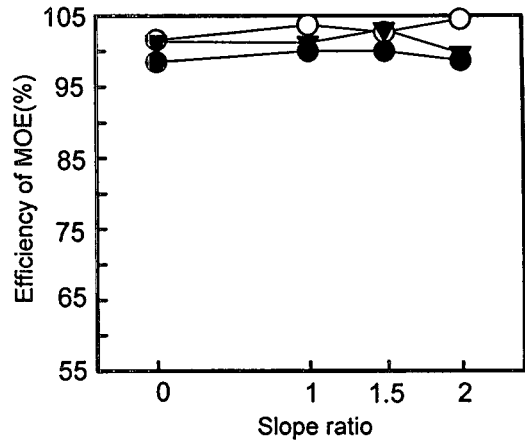


Fig.2 Effect of slope ratio on the modulus of elasticity(MOE).

Legend ; ○ : poly vinyl acetate resin,  
● : poly vinyl-acryl acetate resin,  
▼ : oilic urethane resin,

Note; Efficiency of MOE: Percentage of MOE for each type of specimen to that for solid wood specimen.

Table 2. Bending strength properties of finger-jointed specimens.

|                                | MOE( $\times 10^3$ kgf/cm <sup>2</sup> ) |      |      |      | MOR(kgf/cm <sup>2</sup> ) |      |      |     | Deflection(mm) |     |      |     |     |
|--------------------------------|--|------|------|------|---------------------------|------|------|-----|----------------|-----|------|-----|-----|
|                                | Max                                      | Min  | Mean | S.D  | Max                       | Min  | Mean | S.D | Max            | Min | Mean | S.D |     |
| Solid wood (control)           | 80.5                                     | 60.3 | 70.6 | 8.4  | 1098                      | 745  | 928  | 145 | 7.5            | 4.9 | 6.1  | 1.0 |     |
| Poly vinyl-acryl acetate resin | (0 <sup>1</sup> )                        | 80.5 | 61.5 | 69.5 | 6.5                       | 735  | 476  | 640 | 79             | 4.3 | 2.5  | 3.7 | 0.6 |
|                                | (1 <sup>2</sup> )                        | 78.4 | 65.2 | 70.6 | 4.9                       | 970  | 434  | 760 | 768            | 5.9 | 3.1  | 4.6 | 1.1 |
|                                | (1.5 <sup>3</sup> )                      | 77.9 | 60.3 | 71.0 | 5.8                       | 932  | 533  | 727 | 131            | 7.9 | 3.7  | 5.0 | 1.4 |
|                                | (2 <sup>4</sup> )                        | 79.2 | 58.6 | 69.6 | 7.2                       | 1006 | 619  | 835 | 128            | 6.0 | 3.3  | 5.0 | 0.8 |
| Poly vinyl acetate             | (0 <sup>1</sup> )                        | 84.2 | 58.5 | 71.7 | 8.8                       | 871  | 607  | 697 | 98             | 4.8 | 2.8  | 3.8 | 0.6 |
|                                | (1 <sup>2</sup> )                        | 83.2 | 63.0 | 73.2 | 7.4                       | 905  | 633  | 775 | 112            | 5.6 | 3.1  | 4.5 | 0.8 |
|                                | (1.5 <sup>3</sup> )                      | 78.6 | 66.8 | 72.5 | 5.8                       | 916  | 744  | 833 | 64             | 5.7 | 4.2  | 5.1 | 0.6 |
|                                | (2 <sup>4</sup> )                        | 79.2 | 71.1 | 74.2 | 3.2                       | 926  | 722  | 832 | 79             | 5.6 | 4.3  | 5.2 | 0.7 |
| Oilic urethane resin           | (0 <sup>1</sup> )                        | 81.9 | 66.4 | 71.5 | 6.2                       | 774  | 562  | 678 | 77             | 3.9 | 3.0  | 3.5 | 0.4 |
|                                | (1 <sup>2</sup> )                        | 83.0 | 62.5 | 71.4 | 6.6                       | 786  | 612  | 678 | 77             | 4.5 | 2.8  | 3.6 | 0.5 |
|                                | (1.5 <sup>3</sup> )                      | 79.8 | 61.0 | 72.7 | 7.2                       | 850  | 597  | 745 | 89             | 4.4 | 3.0  | 3.6 | 0.5 |
|                                | (2 <sup>4</sup> )                        | 80.2 | 60.3 | 70.4 | 7.3                       | 984  | 638  | 786 | 112            | 4.9 | 3.6  | 4.2 | 0.5 |

Notes; <sup>1</sup>: The slope ratio of 0, <sup>2</sup>: The slope ratio of 1, <sup>3</sup>: The slope ratio of 1.5, <sup>4</sup>: The slope ratio of 2

### 3.2. 휨 강도

그림 3에 휨강도와 핑거 경사비와의 관계를 나타내었다. 휨강도 유효율은 핑거 접합재의 강도값에 대한 소재의 그 값에 대한 비율을 나타낸다. 본 실험에서 사용한 3종류의 접착제의 모든 경우에 있어서 핑거기부 경사비가 0에서 1.0, 1.5, 2.0으로 증가할수록 휨강도가 거의 직선적으로 증가하는 경향을 나타내었는데 이것은 핑거 경사비가 커질수록 접착면적이 넓어지므로 응력이 분산되어 접착강도가 높아졌기 때문으로 생각된다. 각 접착제별 강도유효율을 보면 다음과 같다. 경사시키지 않은 경사비가 0 일 때 초산비닐, 초산아크릴, 우레탄수지 접착제의 유효율은 각각 75, 69, 73%로 초산비닐을 사용한 수지접착제의 유효율이 가장 높았다. 또한 각 접착제별 강도 유효율의 최대치는 핑거기부경사비가 2.0 일 때 94, 90, 85%의 값으로 초산비닐, 초산아크릴, 우레탄수지 접착제의 순으로 나타났다. 그리고 소나무 경사핑거접합재의 경우 핑거기부 경사비가 0 일 때 초산비닐, 초산아크릴, 우레탄수지 접착제의 휨강도유효율은 각각 63, 44, 54%이었으며 핑거기부 경사비 2.0 일 때의 그 값은 각각 75, 75, 70%의 값을 나타내었다(변, 1997). 3종류 접착제의 전 경우에 있어서 윗나무재의 접착유효율이 소나무재의 그것보다도 훨씬 높게 나타났는데 핑거의 형상 및 크기는 동일했지만 결합공차의 차이와 관련이 있는 것으로 생각된다. 즉 소나무재는 40 kgf/cm<sup>2</sup> 선단압체압력으로 압체시에 결합공차가 존재하였으며 윗나무재는 동일한 압체압력으로 압체시 거의 결합공차가 나타나지 않았다. 40 kgf/cm<sup>2</sup>의 선단압체압력 및 경사핑거의 형상이 소나무재의 경우(변, 1997)보다는 윗나무재에 더 적절한 것으로 판단된다. 본 실험에서 3종류의 접착제를 사용하여 핑거경사비를 0에서 2.0으로 증가시켰을 때의 휨강도유효율이 69~75%에서 85~94%로 증가하여 핑거기부의 경사에 의한 강도성능의 개선효과는 인정되지만 레소시놀, 에폭시, 우레탄수지 접착제를 사용하여 미국산솔송나무의 핑거경사가 1.0이상 일 때 접합강도유효율이 90%이상을 나타내었다는 연구보고(森, 1991)보다는 낮은 값을 나타내었다. 이것은 수종, 접착제의 접착력, 핑거의 형상, 압체

압력조건 등이 복잡하게 기여하지만 핑거의 결합공차가 크게 영향을 미치는 것으로 생각된다. 그리고 소나무재의 경우에는 초산비닐과 아크릴을 혼합한 접착제의 강도성능에 문제가 있다고 보고(변, 1997)되었지만 윗나무재의 경우에는 초산비닐과 아크릴을 혼합한 접착제도 초산비닐과 같이 높은 휨강도 유효율을 나타내어 윗나무재의 접착에 적합할 것으로 판단된다. 또한 한국산 윗나무재를 핑거접합시킨 경우(핑거기부경사비 0)의 휨강도 유효율이 81%라는 연구결과(변, 1996)보다도 낮은 유효율인 69-75%를 나타내어 핑거의 형상 및 크기, 결합공차, 압체압력 등에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

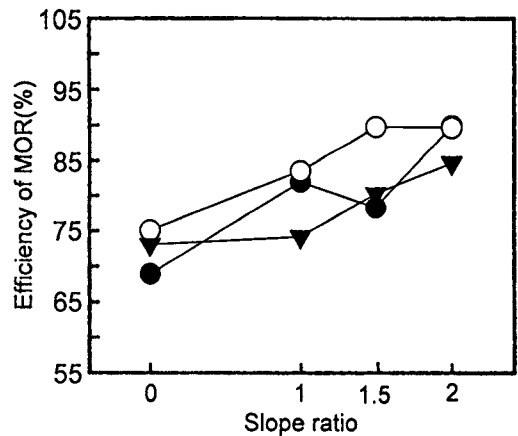


Fig. 3 Effect of slope ratio on the modulus of rupture (MOR).

Legend : The same as shown in Fig.2.

Note ; Efficiency of MOR: Percentage of MOR for each type of specimen to that for solid wood specimen.

### 3.3. 경사비와 편향과의 관계

그림 4에 경사비 증가에 따른 최대 강도에서의 편향(deflection)과 핑거 경사비와의 관계를 나타내었다. 편향유효율도 핑거 접합재의 편향 값에 대한 핑거접합시키지 않은 소재의 그 값에 대한 비율을 나타낸다. 초산비닐과 초산비닐아크릴 수

지접착제에 있어서 편향유효율은 핑거경사비가 증가할수록 거의 직선적으로 증가하였다. 이러한 결과는 휨강도에서와 같이 경사비가 증가할수록 접착면적이 넓어져 응력이 분산되어 접합강도가 증가되었고 따라서 편향도 함께 증가한 것으로 생각된다. 그러나 우레탄 접착제의 경우는 핑거경사비의 증가에 따른 편향의 증가는 인정되지 않았으며 그 값도 낮게 나타났다.

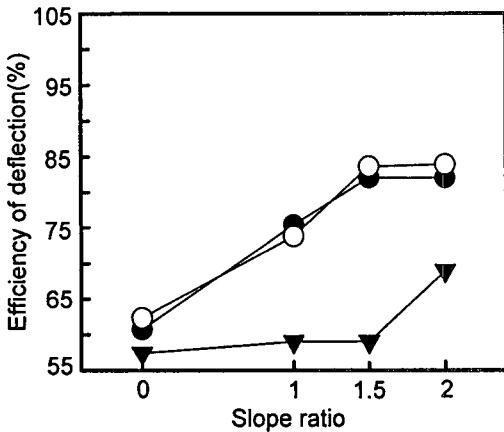


Fig. 4 Effect of slope ratio on deflection to maximum load.

Legend : The same as shown in Fig.2.

Note ; Efficiency of deflection: Percentage of deflection to maximum load for each type of specimen to that for solid wood specimen.

### 3. 4. 휨 강도와 탄성계수와의 관계

그림 5는 휨 강도와 탄성계수와의 관계를 나타내었다. 일반 소재의 경우 휨 탄성계수와 강도사이에는 일반적으로 정의 높은 상관관계가 존재하여 신뢰성이 높기 때문에 비파괴적 방법으로 비례한도내의 낮은 하중범위로부터 탄성계수를 측정하여 강도측정이나 등급구분 등에 이용할 수 있다. 그러나 옷나무를 핑거접합시킨 본 실험에서는 상관계수가 낮은 0.192를 나타내어 5% 수준에서도 유의성이 인정되지 않는 낮은 상관관계를 나타내었다. 이것은 소재를 핑거 접착 접합시키면 접착제, 핑거의 형상 등 여러 가지 요인이 휨탄성계

수 및 강도에 미치는 영향이 서로 다르기 때문에 상관관계가 낮아지는 것으로 생각된다. 그래서 탄성계수만을 이용하여 옷나무 핑거접합재료의 강도를 평가하기는 어려울 것으로 생각된다.

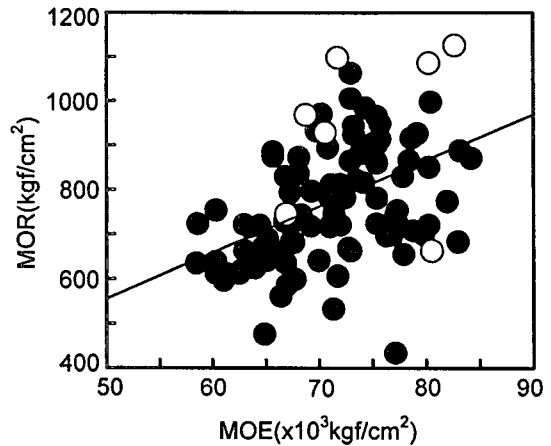


Fig. 5. Relationship between MOE and MOR.

Legend : ○ : Solid wood specimen,

● : Sloped finger-jointed specimen.

Notes : MOR=9.938MOE+65.5, r= 0.192 and no significant at 5 % level.

## 4. 결 론

생칠 및 화칠 채취후의 국내산 옷나무를 재료로 초산비닐수지, 초산비닐과 아크릴을 혼합한 수지, 유용성우레탄수지 접착제를 사용하여 경사핑거접합법으로 접합시킨 재료의 휨 강도성능에 대한 접착제의 종류에 대한 영향 및 핑거기부의 경사효과에 대하여 연구 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 휨 탄성계수에 대한 핑거 및 경사핑거 접합부의 유효율은 접착제의 종류에 따라 약간의 차이는 있었지만 높은 값을 나타내어 접착제의 종류에 대한 영향은 거의 나타나지 않았으며 핑거기부를 경사지게 한 형상변화에 대한 효과도 약간 존재하였다.

2. 휨강도에 대한 접합유효율은 핑거경사가 증가할수록 거의 직선적으로 높아져 핑거를 경사지게 한 효과가 나타났으며 경사비 0 및 2.0 일 때의 그 유효율의 범위는 각각 65~79%, 85~94% 이었다. 휨탄성계수에서와 마찬가지로 본 실험에서의 3종류의 접착제영향은 거의 나타나지 않았다.
3. 휨탄성계수와 휨강도사이의 상관관계가 상관계수 0.192로 5% 수준에서도 유의성이 인정되지 않는 매우 낮은 상관관계를 나타내기 때문에 휨탄성계수를 이용하여 경사핑거접합된 옷나무재의 휨강도를 측정하기는 어려울 것으로 판단된다.
5. 星 通. 1976. 集成加工における縦つぎ技術. 日本木材工業. 31(11): 484-490.
6. 星 通. 1989. フィンガ-接合部強さの経時變化. 日本木材工業. 44(5): 219-220.
7. 川原重明외 7인. 1991. スロ-プト、フィンガ-ジョイント材の衝撃曲げ強度性能に及ぼすスロ-プ 比および接着劑の影響. 日本木材工業. 6(4): 165-170.
8. 松藤 剛외 5인. 1996. 縦繼ぎを持つ積層材の曲げ強度性能のスロ-プト、フィンガ-ジョイントによる改良. 日本接着學會誌. 32(9): 329-339.
9. 森 光正외 4인. 1988. スロ-プト、フィンガ-ジョイント材の接合性能. 日本木材工業. 43(7): 313-316.
10. 森 光正외 7인. 1991. スロ-プト、フィンガ-ジョイント材の曲げおよび引張強度性能に及ぼす 스로-프比および接着劑の影響. 日本木材工業. 46(10): 462-467.
11. 大籠幸治외 4인. 1992. スロ-プト、フィンガ-ジョイント含む集成材の曲げ強度性能. 東京農工 大演習林報告. 30: 21-33.
12. 大熊幹章. 1989. 構造用LVLの曲げ性能に及ぼす單板縦繼ぎ方法に関する一考察. 44(6):269-272.

## 5. 참고 문헌

1. 변회섭, 島田勝廣, 伏谷賢美. 한국산 옷나무의 휨 및 종압축 강도적 성질. 1996. 한국목재학회지. 24(1): 95-99.
2. 변회섭, 박한민, 김종만. 1997. 경사핑거접합에 의한 소나무재의 휨강도성능개량. 한국목재공학회지. 25(4): 61-67.
3. 森 稔, 星 通. 1963. フィンガ-ジョイントの接着有効率. 18(3): 123-129.
4. 堀江秀夫, 倉田久敬. 1981. フィンガ-ジョイント材の強度性能. 林産試月報. No. 356: 5-16.