

# 핑거공차가 휨강도성능에 미치는 영향

변희섭\*<sup>1</sup> · 류현수\*<sup>1</sup> · 안상열\*<sup>1</sup> · 이균필\*<sup>1</sup> · 박한민\*<sup>2</sup> · 김종만\*<sup>1</sup>

## Effect of Finger Dimensions of Tip and Root Widths on Bending Strength Properties

Hee-Seop Byeon\*<sup>1</sup>, Hyun-Soo Ryu\*<sup>1</sup>, Sang-Reol An\*<sup>1</sup>,  
Gyun-Pil Lee\*<sup>1</sup>, Han-Min Park\*<sup>2</sup>, Jong-Man Kim\*<sup>1</sup>

### 목 차

1. 서론	3-2 소나무재의 휨강도 성능
2. 재료 및 방법	3-3 굴참나무재의 휨강도 성능
2-1 시험편	4. 결론
3. 결과 및 고찰	5. 참고문헌
3-1 이테리 포플러재의 휨강도 성능	

### ABSTRACT

As finger joint method has a high rate of yield and high strength and ease in working, it has been widely used as an end joint method for solid wood and wood based-material.

Therefore, we end-joined the material of *Pinus densiflora*, *Quercus variabilis* and *populus euramericana* with polyvinyl acetate adhesive and resorcinol phenol resin adhesive. The effect of difference (0, 0.15, 0.3, 0.45mm) between the dimensions of tip width and root width of the finger (DTRW) on bending strength properties was as follows:

1. In the case of polyvinyl acetate adhesive, DTRW had no effect on bending modulus of elasticity(MOE) and modulus of rupture(MOR) of the three kinds of species, because their bonding layers were destroyed by slippage, not their woody parts.
2. In the case of resorcinol phenol resin adhesive, the material of *Quercus variabilis* showed an optimal result at 0.15 or 0.3 of DTRW, while the poplar did at 0 of DTRW.
3. The differences in efficiency ratio of bending MOR of *populus euramericana*, *Pinus densiflora* and *Quercus variabilis* species according to the kind of adhesive were 13-29%, 23-30% and 45-53%, respectively.

**Keywords** : finger joint, dimensions of tip width and root width, bending strength.

\*<sup>1</sup>경상대학교 농과대학 College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju 660-702, Korea

\*<sup>2</sup>東京農工大學農學部 Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu 183-0054, Japan

## 1. 서론

목재가 가진 섬유방향에 대해 뛰어난 강도적 성능을 잘 이용하기 위해 집성재, 단판적층재(laminated veneer lumber, LVL)를 제조할 때 통상 구성요소(element)를 중접합시키는데 이런 방법은 재료의 강도성능을 지배하는 가장 중요한 인자중의 하나이다. 목재의 중접합 방법으로서 벗접합(butt joint), 스크프접합(scarf joint), 핑거접합(finger joint), 베벨접합(beveled joint) 등이 연구(大熊, 1989)되어 사용되고 있다. 특히 이러한 접합 방법 중에서 핑거접합법은 작업성이 좋고 수율이 높기 때문에 가구, 건구재 등의 집성재 라미나의 중접합법으로서 널리 연구(森, 1963; 星, 1976, 1989)되어 사용되고 있다.

따라서 핑거접합 유효율은 핑거 길이의 영향을 많이 받아 일반적으로 핑거 길이가 25mm 이상인 핑거 접합법이 강도 성능이 높은 것으로 알려져 왔다.

그런데, 핑거의 형상 및 크기에 대한 많은 연구가 수행되어 이러한 재료의 효율적 경제적 제조를 위해 핑거 길이가 종래의 것(喜多山 등, 1991)보다 짧으면서도 높은 강도성능을 가진 재료의 제조에 대한 관심이 일어나고 있다. 변 등(2000)은 3층구성 집성재의 인장축층 라미나에 핑거 길이를 달리한 것을 사용했을 때에도 길이의 영향이 거의 나타나지 않는 것을 밝혔다. Walford(2000)는 뉴질랜드의 여러가지 핑거접합재를 강도성능을 평가한 결과 단지 핑거 길이만으로 강도성능에 관한 규정(JETRO, 1992)을 만드는 것은 불합리하다고 주장하고 있다. 또한 핑거 끝(저부)을 경사지게 하여 유효율을 높일 수 있는 방법도 개발(森, 1991; 川原, 1991; 변, 1997)되었지만 핑거의 형상 변화중 핑거 공차 변형에 의한 유효율향상에 관련된 연구는 星(1976) 이외에는 찾아보기 어렵다. 그래서 본 연구에서는 근년에 와서 미니 핑거라 하여 핑거 길이를 짧게 하여

많이 사용하고 있는 방법을 이용하여 우리 나라에 널리 분포하고 있는 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.), 굴참나무(*Quercus variabilis* Blume.), 이태리 포플러(*Populus euramericana* Gunier)를 재료로 하여 핑거 길이 17mm, 핑거 골폭 0.8mm, 핑거 끝(선단) 두께를 각각 0.8mm(공차 0), 0.95mm(공차 0.15), 1.1mm(공차 0.3), 1.25mm(공차 0.45)로 가공하여 초산수지 비닐(polyvinyl acetate)과 레소시놀-페놀 공축합수지(resorcinol-phenol resin) 접착제를 이용하여 핑거 공차가 각각의 수종 및 접착제 종류에 따라 휨강도 성능에 미치는 영향을 평가하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2-1 시험편

#### 2-1-1 공시 재료

본 실험에 사용한 공시 재료 중 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)는 경남 창녕군 남지읍 청단리에서 생육이 양호한 25-30년생을 사용하였으며, 굴참나무(*Quercus variabilis* Blume.)와 이태리 포플러(*Populus euramericana* Gunier)는 경남 진주시 판문동 진양호 주변에서 벌채한 20-30생과 20-25년생의 것을 공시 재료로 사용하였다.

#### 2-1-2 선별 및 제작

시험편은 1년 이상 천연 건조된 재료를 사용하여 규격 22mm(T)×22mm(R)×350mm(L)으로 각 수종당 무결점 시험편 300개를 가공하여 항온항습실(20℃±1℃, 65%±5%)에 2주간 조습한 후 만능강도 시험기(universal testing machine, UTM)를 사용하여 비중 및 휨탄성계수를 측정하여 소나무재, 굴참나무재 및 이태리 포플러재의 범위를 각각 0.47-0.50, 65,000-89,200

(kgf/cm<sup>2</sup>), 0.84-0.97, 92,100-135,000(kgf/cm<sup>2</sup>), 0.34-0.39, 50,900-67,800(kgf/cm<sup>2</sup>)의 것을 사용하여 시험편을 선별하였는데 각 조건별로 편중되지 않도록 하기 위하여 비중과 탄성계수를 이용하여 각 수종별로 4그룹으로 나누었으며, 그룹내에서 각 조건에 따라 시험편을 선별하여 실험하였다. 선별한 시험편을 각 조건에 따라 핑거절삭가공 및 핑거 접합 작업을 하여 다시 항온항습실에서 2주간 조습하였다. 핑거절삭가공은 길이방향의 중앙부를 횡절한 후 칼날크기 4mm인 핑거컷트기로 골(저부)과 핑거길이는 동일하게 하고 공차별(0, 0.15, 0.3, 0.45)로 시험편을 제작하였다. 핑거의 치수는 핑거길이 17 mm, 핑거 골폭 0.8 mm로 일정하게 하여, 핑거 선단두께를 각각 0.8mm(공차0), 0.95mm(공차0.15), 1.1mm(공차0.3), 1.23mm(공차0.45)로 변화시켰다.

핑거접합시에는 레소시놀-페놀 공축합 수지(경화제 첨가 비 15部) 접착제와 초산비닐수지 접착제를 사용하여 양면 도포하여 압제압력 40kgf/cm<sup>2</sup>으로 하여 20초간 유지하여 접합시켰다. 그리고 접착제의 경화 시간은 항온항습실에서 1주일이상 조습한 후 20mm(T)×20mm(R)×340mm(L)의 크기로 마무리 가공하여 항온항습실에서 1주간 조습하여 실험하였다.

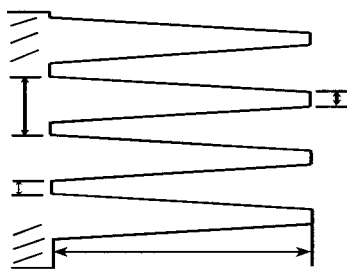


Fig. 1. Dimensions of fingerjoints.  
Notes; P: Pitch, L: Length of finger.  
 $t_1-t_2$  = Tip width

Table 1. Dimensions of fingerjoints

Units: mm				
$t_1-t_2$	Root	Tip	Pitch	Length
0	0.8	0.8	3.96	17
0.15	0.8	0.95	4.11	17
0.3	0.8	1.1	4.26	17
0.45	0.8	1.25	4.41	17

### 2-1-3 휨강도 성능시험

휨강도성능시험은 만능강도시험기를 사용하여 스패ن(span) 280 mm, 하중속도(cross head speed) 1.9 mm/min로 핑거접합형태의 수직방향으로 중앙집중방식의 하중을 가하여 각 조건당 6개의 시험편을 사용 휨탄성계수, 휨강도를 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3-1 이태리 포플러재의 휨강도 성능

그림2-3, 5-6, 8-9는 각 조건에서 시험한 시험편 6개의 평균값으로부터 구하였다.

그림2는 이태리 포플러재의 휨탄성계수 유효율을 나타내었다. 초산 비닐 접착제를 이용한 휨탄성계수 유효율은 95-100%로 핑거 공차 변화에 대한 영향은 거의 없었다. 그러나 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제를 이용한 휨탄성계수 유효율은 핑거 공차가 0.3, 0.45로 커짐에 따라 약간 낮아져 공차의 영향이 약간 미치는 것으로 생각된다.

그림3은 이태리 포플러재의 휨강도 유효율을 나타낸다. 초산 비닐 접착제를 이용한 휨강도 유효율은 67-73%의 값을 나타내었으며, 공차 크기에 따른 영향은 인정되지 않았다. 이것은 재료의 파괴시 목질부에서 파괴가 일어나지 않고 접착층에서 접착층이 미끄러지면서 파괴되기 때문에 강도는 접착층의 면적에만 의존하기 때문에 핑거 공차의 크기에 의한 영향이 없는 것으로 판단된다. 그러나

레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제를 이용한 휨강도 유효율은 핑거 공차가 커짐에 따라 점차 감소하여 공차 0.45일 때 81%의 유효율을 나타내었으나, 공차가 0일 때는 98%의 유효율을 나타내었다. 또한 초산 비닐 수지 접착제와 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제 종류에 의한 강도 유효율 차이의 범위는 13-29%를 나타내었다. 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제를 사용한 경우의 파괴는 초산 비닐 수지 접착제의 경우와 달리 접착층에서 파괴가 일어나지 않고 목질부에서 파괴가 일어났기 때문에 핑거 공차 크기가 영향을 못 미쳤는데 이태리 포플러의 경우 공차 0이 최적의 조건으로 판단된다.

그림4는 휨강도 시험에서 구한 휨탄성계수와 강도와의 관계를 나타내었다. 초산 비닐 접착제 및 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제의 경우 상관관계가 각각 0.153, 0.252를 나타내어 소재의 경우(中井 孝 등, 1982; 中井 孝, 1984)와 달리 5%수준에서도 유의성이 인정되지 않았다. 이것은 핑거접합이 휨탄성계수 및 강도에 미치는 영향이 다른 것에 기인한다. 변(1993)은 접합부가 휨탄성계수 및 강도에 미치는 영향이 다른 것을 밝힌바 있다.

이상에서 대체적으로 초산 비닐 접착제보다 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제가 높은 유효율을 나타내었는데, 이것은 초산 비닐 접착제로 접합한 시험재의 휨강도 성능시험시 전 시험재에서 목질부가 파괴되지 않고 접착 층이 미끄러지면서 파괴가 일어나 휨강도와 최대 처짐 값이 낮은 값으로 나타났으며 레소시놀 페놀 공축합수지 접착제의 경우는 목질부가 파괴되어 높은 강도성능을 나타낸 것으로 생각된다.

레소시놀 페놀 공축합수지 접착제에서 공차가 커질수록 점차 유효율이 낮아졌고 공차가 0일 때가 유효율이 가장 높게 나타났는데, 그 이유는 이태리 포플러가 타 수종에 비해 압축강도가 낮기 때문에 핑거끼리 밀착되어 접착력이 향상되었기 때문으로 생각된다.

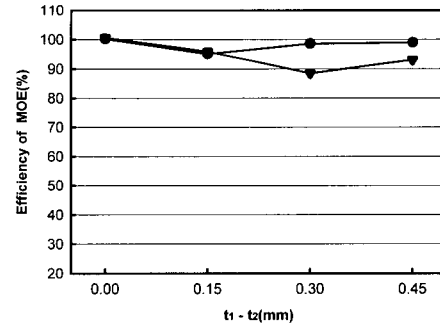


Fig. 2. The effect of tip width on MOE in *Populus euramericana*.

Legends;  $t_1$ : Tip width,  $t_2$ : Root width.

●: Polyvinyl acetate adhesive.

▼: Resorcinol phenol resin adhesive.

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

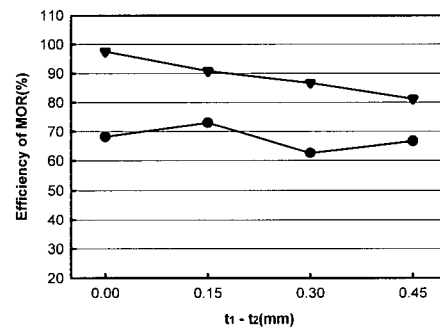


Fig. 3. The effect of tip width on MOR in *Populus euramericana*.

Legends; The same as shown in Fig. 2.

Notes; Efficiency of MOR: percentage of MOR for each type of specimen to that for solid wood specimen.

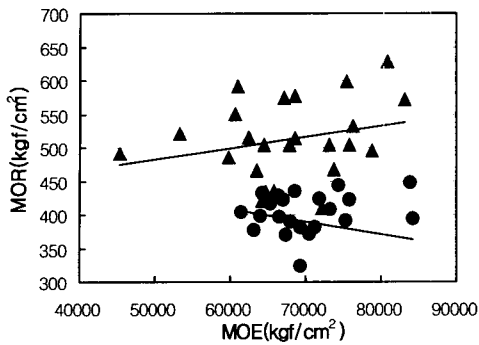


Fig. 4. The relationship between MOE and MOR in *Populus euramericana*.

- Notes; ●: Polyvinyl acetate adhesive  
 -  $MOR = -0.0018MOE + 517.17$ ,  $r=0.153$   
 and no significant at 5% level.  
 ▲: Resorcinol phenol resin adhesive  
 -  $MOR = 0.0017MOE + 399.52$ ,  $r=0.252$   
 and no significant at 5% level.

### 3-2 소나무재의 휨강도 성능

그림5는 소나무재의 휨탄성계수 유효율을 나타내었다. 초산 비닐 접착제를 이용한 휨탄성계수 유효율은 76-83%로 핑거 공차 변화에 대한 영향은 거의 없었다. 이것은 이태리 포플러의 경우와 마찬가지로 파괴시 접착층이 미끄러지면서 파괴되어 핑거공차의 크기가 탄성계수에 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다. 그리고 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제를 이용한 유효율도 84-96%의 값을 나타내었으며 공차 0에서 96%의 유효율을 나타내었다.

그림6은 소나무재의 휨강도 유효율을 나타내었다. 초산 비닐 접착제의 휨강도 유효율을 보면 48-53%으로써 공차에 따른 유효율 값이 거의 일정한 값을 나타내어 핑거 공차 변화가 휨강도에 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 초산 비닐 수지 접착제와 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제 종류에 의한 강도 유효율 차이의 범위는 이태리 포플러와 비슷한 23-30%를 나타내었다. 이것은 탄성계수의

경우와 마찬가지로 파괴기구와 관계가 있는 것으로 판단된다. 그러나 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제를 이용한 유효율은 핑거 공차가 커짐에 따라 점차 조금씩 감소하는 경향을 나타내어 공차가 0일 때 80%의 유효율을 나타내어 최적의 조건으로 판단된다.

그림8은 소나무재의 최대 처짐 유효율을 나타내었다. 초산 비닐 접착제의 최대 처짐 유효율은 공차 0, 0.15, 0.45에서는 거의 일정하게 나타났으나 공차 0.3에서는 높은 수치를 나타내었다. 이것은 시편의 편차에 의한 것으로 판단된다. 그러나 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제의 경우는 공차 0에서 0.3까지는 거의 일정한 값을 나타내었으나, 휨강도가 제일 낮았던 0.45에서 가장 낮게 나타내었다.

그림7은 휨강도 시험에서 구한 휨탄성계수와 강도와의 관계를 나타낸다. 초산 비닐 접착제 및 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제의 경우 상관관계가 각각 0.207, 0.367의 상관관계를 나타내어 이태리 포플러재와 마찬가지로 유의성이 인정되지 않았다.

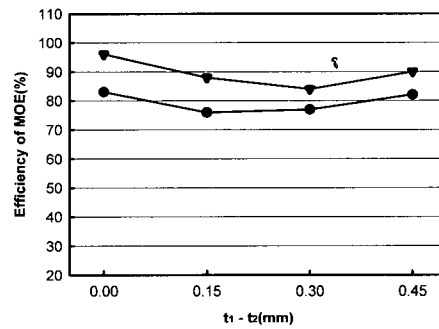


Fig. 5. The effect of tip width on MOE in *Pinus densiflora*.

Legends; The same as shown in Fig. 2.

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

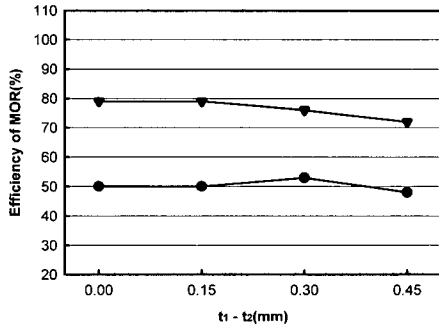


Fig. 6. The effect of tip width on MOR in *Pinus densiflora*.

Legends; The same as shown in Fig. 2.

Notes; Efficiency of MOR: percentage of MOR for each type of specimen to that for solid wood specimen.

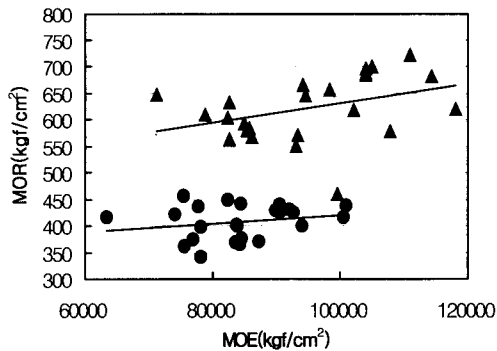


Fig. 7. Relationship between MOE and MOR in *Pinus densiflora*.

Notes; ●: Polyvinyl acetate adhesive

-  $MOR = 0.0008MOE + 342.86$ ,  $r = 0.207$   
and no significant at 5% level.

▲: Resorcinol phenol resin adhesive

-  $MOR = 0.0018MOE + 447.44$ ,  $r = 0.367$   
and no significant at 5% level.

### 3-3 굴참나무재의 휨강도 성능

그림8은 굴참나무재의 휨탄성계수 유효율을 나타내었다. 초산 비닐 접착제의 휨탄성계수

유효율은 52-64%로 핑거 공차가 커질수록 유효율이 증가하였으나, 이태리 포플러와 소나무에 비해 매우 낮은 유효율을 나타내었다. 이것은 전술의 이태리 포플러재 및 소나무재의 경우와 마찬가지로 파괴기구와 관계하지만 굴참나무 소재의 휨탄성계수가 높기 때문에 낮은 하중하에서부터 접착부분이 미끄러지면서 파괴되기 때문으로 판단된다. 그러나 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제의 유효율은 92-100%로 핑거 공차에 대한 영향이 거의 나타나지 않았지만 특히 공차 0.3에서는 소재와 같은 유효율을 나타내었다. 이것은 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제의 경우 높은 휨탄성계수 유효율을 나타낸다는(堀江, 1981) 보고와 일치하였다.

그림9는 굴참나무재의 휨강도 유효율을 나타내었다. 초산 비닐 접착제의 휨강도 유효율은 28-30%로 공차에 따른 차이를 나타내지 않았지만 대체적으로 소재에 비해 유효율이 매우 낮게 나타났다. 이것은 휨탄성계수에서와 마찬가지로 접착층이 미끄러지면서 파괴되기 때문에 소재의 강도가 굴참나무의 경우 높기 때문에 초산 비닐 접착제의 강도 유효율이 낮게 나타난 것으로 판단된다. 반면에 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제를 이용한 유효율은 74-80%로 나타났으며, 공차 0.15와 0.3에서 80%정도의 높은 값을 나타내었다. 따라서 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제의 굴참나무 핑거접합시 공차 0.15나 0.3이 최적의 조건으로 판단된다.

그리고 초산 비닐 수지 접착제와 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제 종류에 의한 강도 유효율 차이의 범위는 45-53%를 나타내었다. 그래서 초산 비닐 수지 접착제는 소재의 강도가 낮은 이태리 포플러의 핑거 접착에는 사용이 가능하지만 강도가 높은 수종(소나무, 굴참나무)의 접착에는 부적합한 것으로 판단된다.

그림10은 휨강도 시험에서 구한 휨탄성계수와 강도와의 관계를 나타내었다.

초산 비닐 접착제의 경우는 상관계수 0.298로 이태리 포플러 및 소나무재에서와 마찬가지로 5%수준에서도 유의성이 인정되지 않는 값을 나타내었으나, 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제의 경우 상관계수 0.772로 1%수준에서 유의성이 인정되는 높은 상관관계를 나타내었다. 이것은 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제의 경우 높은 강도 값을 나타내므로 상관관계가 높아진 것으로 생각된다.

접착제 종류에 의한 유효율을 보면 초산 비닐 접착제보다 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제가 높은 유효율을 나타내었는데 타 수종에 비해 접착제간의 유효율 차이가 매우 크게 나타났다.

이것은 참나무 소재가 높은 강도성능을 나타내기 때문에 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제는 높은 접착강도 성능을 나타내지만 초산 비닐 접착제는 접착강도 성능이 낮은 유효율을 나타낸 것으로 생각된다.

또한 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제의 경우 공차 0.15 와 0.30에서 특히 높은 강도 유효율을 나타내었다. 이것은 굴참나무의 강도가 다른 수종에 비해 높은 관계로 일정 거리의 공차를 주었을 경우 접착면이 잘 압착되어 접착력이 높아져 유효율이 높아진 것으로 생각된다. 그러나 공차0의 경우 핑거 끝부분에는 높은 압착압력을 받지만 전체 접착면은 끝부분이 들어가지 않으므로 낮은 압착압력으로 접착력이 낮은 것으로 생각된다.

梶井(1976)도 편백의 경우 공차 0.27일 때 유효율이 가장 높아 최적의 핑거공차를 나타낸다고 보고한바 있으며, 굴참나무의 경우도 적당한 공차를 가질 때 최대의 접합 유효율을 나타내었다.

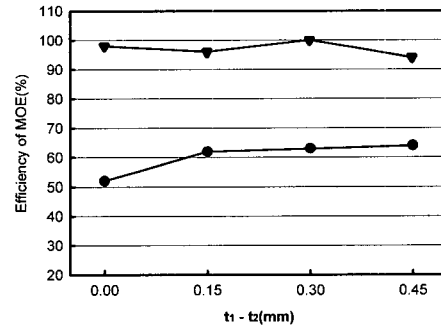


Fig. 8. The effect of tip width on MOE in *Quercus variabilis*.

Legends; The same as shown in Fig. 2.

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

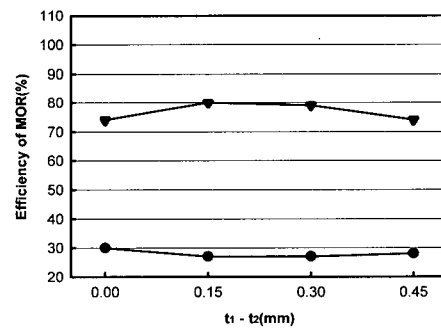


Fig. 9. The effect of tip width on MOR in *Quercus variabilis*.

Legends; The same as shown in Fig. 2.

Notes; Efficiency of MOR: percentage of MOR for each type of specimen to that for solid wood specimen.

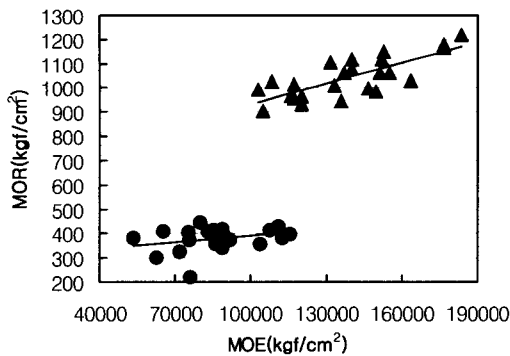


Fig. 10. The relationship between MOE and MOR in *Quercus variabilis*.

Notes; ●: Polyvinyl acetate adhesive

- MOR = 0.0009MOE+301.86, r=0.298  
and no significant at 5% level

▲: Resorcinol phenol resin adhesive

- MOR = 0.0028MOE+648.99, r=0.772  
and significant at 1% level.

#### 4. 결론

국내산 이태리 포플러, 소나무, 굴참나무재를 초산비닐 및 레소시놀 수지 접착제를 사용하여 종접합시킬때 핑거의 형상중에서 핑거의 선단폭과 골폭 차(0, 0.15, 0.3, 0.45mm)가 휨 강도 성능에 미치는 영향에 대한 결과는 다음과 같다.

1. 초산 비닐 수지접착제의 경우 세 수종 모두 목질부가 파괴되지 않고 접착층이 파괴되어 휨탄성계수 및 휨강도에 대하여 핑거공차의 영향이 나타나지 않았다.
2. 접착제 종류에 의한 이태리 포플러, 소나무, 굴참나무재의 휨강도 유효율 차의 범위는 각각 13-29%, 23-30%, 45-53%이었다.
3. 레소시놀 페놀 공축합 수지 접착제의 경우 굴참나무재에서 핑거공차가 0.15 또는 0.3, 이태리 포플러재에서는 핑거공차 0, 소나무재에서는 0또는 0.5에서 최적의 조건을 나타내었다.
4. 여러 가지 핑거공차를 포함한 재료의 휨탄

성계수 및 강도에서 굴참나무재의 레소시놀 페놀 공축합수지 접착제(상관계수 0.772\*\*) 이외에서는 상관관계가 인정되지 않았다.

따라서 최적의 휨강도성능을 위해서 수종과 접착제 종류에 적당한 핑거공차를 적용할 필요가 있는 것으로 판단된다.

사 사

본 연구수행을 위해 협조해준 경상대학교 부속 농업생명과학 연구원에 감사드립니다.

#### 5. 참고 문헌

1. 변희섭. 1993. 벗조인트를 포함한 적층재의 휨 강도성능과 Acoustic Emission 특성. 한국가구학회지. 4(1): 14-20
2. 변희섭, 박한민, 김종만. 1997. 경사핑거접합법에 의한 소나무재의 휨강도성능 개량. 한국목재공학회지. 25(4): 61-67.
3. 변희섭, 홍병화, 김종만. 2000. 집성재의 핑거길이가 휨강도성능에 미치는 영향. 한국가구학회지. 11(2): 7-12.
4. JETRO. 1992. Finger jointed structural lumber for wood frame construction, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries Notification No. 701 JETRO. publication SIS-22. Japan.
5. Walford, G. Bryan. 2000. Effect of finger length on fingerjoint strength in *radiata pine*. World Conference on Timber Engineering 2000.
6. 堀江秀夫, 倉田久敬. 1981. フィンガージョイント材の強度性能. 林産試月報. No. 356: 5-16.
7. 星 通. 1976. 미니フィンガー-조인트의 形状と性能. 木材工業. 31(8): 343-345.
8. 星 通. 1989. フィンガー-接合部強さの経時變化. 木材工業. 44(5): 219-220.
9. 川原重明외 7인. 1991. 슬로-프트·핀



- ガ-ジョイント材の衝撃曲げ強度性能に及ぼ  
6(4): 165-170.
10. 喜多山繁 외 7인. 1991. 木材の加工. 文永堂出版. P177-178.
  11. 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ープトフィンガ-ジョイントによる改良. 日本接着學會誌. 32(9): 329-339.
  12. 森 稔, 星 通. 1963. フィンガ-ジョイントの接着有効率. 18(3): 123-129.
  13. 中井 孝, 山井良三郎. 1982. 日本産主要35樹種强度的性質. 林試研報. No. 319: 13-46
  14. 中井 孝. 1984. 國産造林木の性質. 木材工業 39(11): 552-556.
  15. 大熊幹章. 1989. 構造用LVLの曲げ性能に及ぼす単板縦繼ぎ方法に関する一考察. 木材工業. 44(6): 269-272.
  16. 森 光正 외 7인. 1991. スロープト・フィンガ-ジョイント材の曲げおよび引張り強度性能に及ぼすスロープ比および接着劑の影響. 木材工業 46(10): 462-467.