

못접합에 의한 내부천공이 삭편판(PB)의 휨강도에 미치는 영향¹

소원택²

The Effect of Internal Nail-holes on the Bending Strength of Particle Board¹

Won-Tek So²

ABSTRACT

This experiment was carried out to investigate the effect of internal holes on the bending strength of PB. The diameters of holes are 0mm to 13mm. The locations of holes are 1/8 to 4/5 point horizontally from sample end and are 1/5 to 4/5 vertically from sample surface, the numbers of holes are 1 to 4 pcs.

In the size of internal holes, the bending strengths of PB were decreased significantly with the increase of diameter of holes, and the relationship between diameters(D) of holes and bending strength(σ_b) of PB was $\sigma_b = -11D + 168.8$ ($r^2 = -0.99^{**}$). The effects of hole-locations and hole-numbers on the bending strengths of PB were large. and so they should be considered as major factors for the jointing design of PB.

Keywords: Bending strength, particle board, internal hole.

1. 서 언

인건비 부담의 가중과 양질의 대경원목을 사용해야하는 합판산업이 퇴조함에 따라 자동화율이 높아서 인건비 부담이 적고 저렴한 원료목재를 사용할 수 있는 삭편판(PB), 중밀도섬유판(MDF), 스트랜드보드(OSB)와 같은 목질보드 제품의 생산이 급증하고 있는 실정이다(박종영, 1997). 이러한 보드류의 생산은 저질의 중소경 원목과 각종 목재가공산업에서 발생하는 막대한 양의 부산물 및 임지 폐잔재 등을 그 원료로 활용하고 있어서 매우 경제적인 재료일 뿐만 아니

1. 논문접수: 2008. 04. 17.

2. 전남대학교 임산공학과, 농업과학기술연구소 Insti. of Ag. Sci. and Tech., Dept. of Forest Products and Technology, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea. E-mail: wtso@chonnam.ac.kr.

라 소재(solid wood)의 단점을 개선한 균일한 재질의 제품생산이 가능하고 뒤틀림과 휨성질이 개선되며, 또한 다양한 크기의 판상제품이 제조가능하다는 장점으로 인하여 앞으로도 그 사용범위가 더욱 확대될 것으로 보인다(Silvis, 1981). 이러한 목질보드류는 현재에도 싱크대를 포함한 가구류의 부재와 건축용 벽판 등 매우 다양한 용도로 사용되고 있으며 갈수록 활용도가 증가함에 따른 적정 가공기술의 확립과 개선을 위한 다각적인 연구필요성이 매우 높다고 생각한다.

삭편판을 포함한 각종 보드를 이용하여 제품을 만들 경우 접합을 해야 하는 부위가 많이 생기며 여러 가지 접합방식 중에도 특히 screw, bolt, dowel 등을 사용하여 보드에 구멍을 뚫고 접합하는 방식이 주로 사용되고 있다(Hoadley, 1980, 김광철, 2005). 이 경우 내부천공에 의해서 원재료의 연속성이 파괴되고 이에 따른 강도적 손실이 발생하게 된다. 본 연구에서는 현재 국산 삭편판을 대상으로 못접합 시 발생하는 내부천공에 의한 휨강도의 변화를 구명하여 삭편판의 접합강도 설계를 위한 기초자료를 구하는 데 중점을 두고 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료 및 시험편 제작

본 연구에 사용된 공시재료는 시판용 두께 20mm, 폭 120cm, 길이 240cm 의 삭편판(이하 PB)을 시중에서 구입하여 사용하였다.

비중과 함수율 측정용 시험편은 목공용 둥근톱을 사용하여 두께, 폭 30mm, 길이 60mm로 제작하고, 휨강도측정용 시험편은 두께 20mm, 폭 50mm, 길이 400mm로 제작하였으며 시험편 수량은 5반복을 기준으로 하였다.

2.2. 실험방법

(1) PB의 비중 및 함수율 측정

공시재료의 물리적 특성으로 비중과 함수율을 측정하였으며 비중은 한국산업규격 KSF 2198(목재의 밀도 및 비중측정방법), 2199(목재의 함수율 측정방법), 3104(파티클보드)에 의해 산출하였다(Korean Standard Association, 2001). 시험편 채취부위는 그림 1과 같이 중앙부위와 측면인접부위에 9개 지점을 설정하고 중앙부위를 제외하고는 보드의 양단에서 5cm 떨어진 위치에서 시험편을 채취하였다.

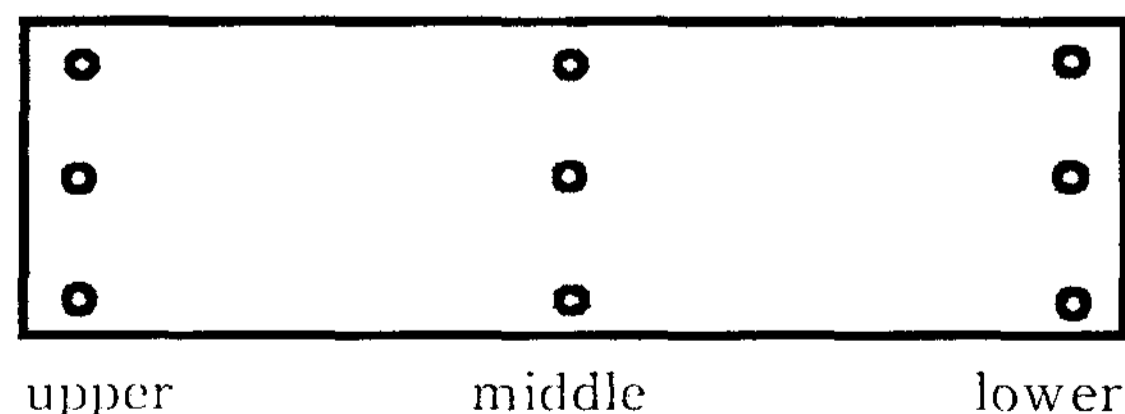


Fig. 1. Location of specimens for specific gravity and moisture content.

비중 $S = W/V$ (W: 시험편 무게 g, V: 시험편 용적 cm^3)

함수율 $M(\%) = (W_m - W_o) / W_o$ (W_m : 건조전 무게 g, W_o : 전건무게 g)

(2) 천공 절삭

내부천공의 크기에 의한 영향을 조사하기 위해 비트 (bit) 직경을 2mm에서 13mm까지 4종류로 구분하여 천공기(drilling machine)를 사용해서 PB시험편에 구멍을 뚫었다. 또한 천공위치의 영향을 구명하기 위해 시험편의 길이방향과 높이방향으로 구분해서 구멍을 뚫었다. 길이방향으로는 시험편의 끝(end)에서 1/8, 2/8, 3/8, 4/8 지점(중앙)에 구멍을 뚫었으며, 높이방향으로는 시험편의 측면(edge)에서 1/5, 2/5, 3/5, 4/5 지점에 구멍을 뚫었다. 천공의 수량별 영향을 구명하기 위해 시험편의 길이방향으로 1~4개까지 구멍을 뚫고 개개의 시험편에 대한 힘강도를 측정하였다(그림 2참조). 사용된 강도시험기는 United Calibration Corporation의 Model SFM-20 Universal Testing Machine (cap. 30,000 lb)으로서 하중속도는 저속도인 10mm/min을 적용하였다.

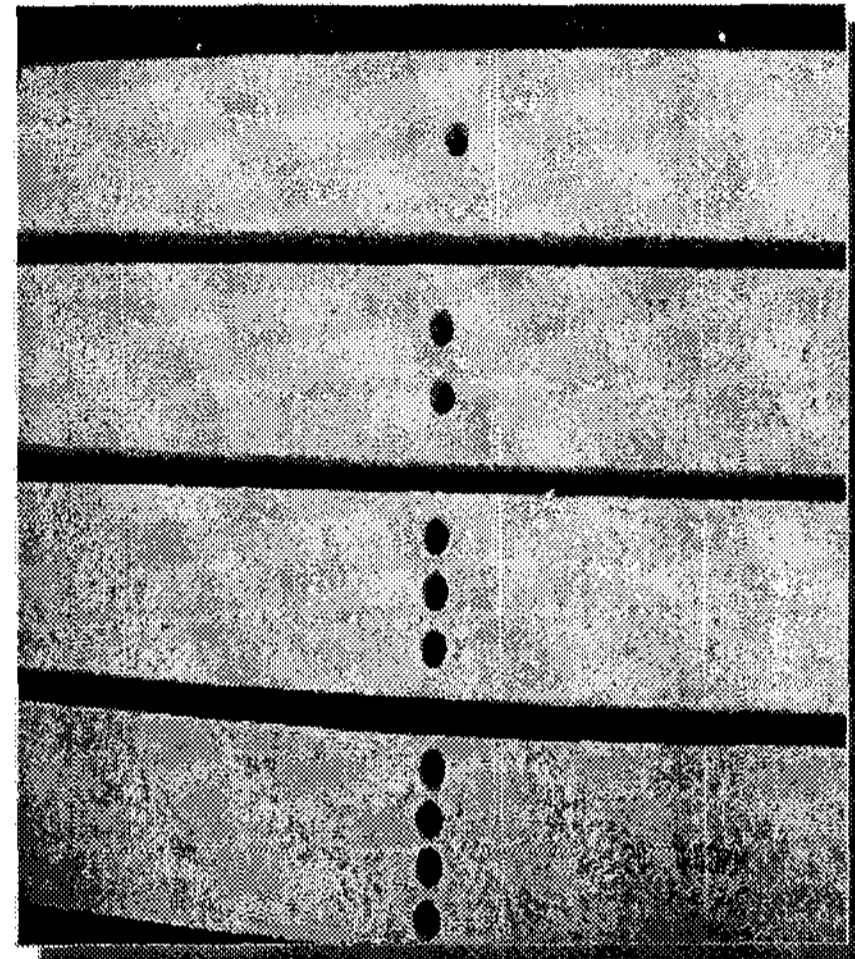


Fig. 2. Specimen with one to four nail-holes.

3. 결과 및 고찰

3.1. PB의 물리적 특성

시험재료의 균질성 여부를 조사하기 위해서 일반적인 물리적 특성인 비중과 함수율을 PB의 9개 지점에서 채취한 시험편으로 측정한 결과는 표 1과 같이 조사되었다.

Table 1. Distribution of specific gravity and moisture content

Location		Sp.Gr.±STD		M.C.±STD (%)	
Upper	1	0.61	±0.01	9.49	±0.42
	2	0.69	±0.02	11.30	±0.66
	3	0.66	±0.05	9.76	±0.07
Midle	4	0.64	±0.03	9.92	±0.27
	5	0.65	±0.01	9.98	±1.07
	6	0.70	±0.02	8.59	±0.43
Lower	7	0.63	±0.03	10.84	±0.13
	8	0.74	±0.06	9.62	±0.25
	9	0.69	±0.02	9.43	±0.34
Average		0.67	±0.03	9.88	±0.40

* Note: ±STD=standard deviation

소원택- 못접합에 의한 내부천공이 삭편판(PB)의 휨강도에 미치는 영향

공사재료인 PB의 위치별 기건비중은 상부 0.61-0.69, 중부 0.64-0.70, 하부 0.63-0.74로서 상부와 중부는 차이가 없고 다만 하부에서 다소 높은 기건비중을 보이고 있으나 최대편차가 0.03에 불과한 양호한 균질성을 보여주었다. 부위별 표준편차도 $\pm 0.01-0.06$ 으로서 기건비중 대비 표준편차도가 4.5%에 해당하는 적은 편차를 보임으로써 기건비중에 대한 PB의 균일성은 양호하다고 생각된다.

다음에 함수율의 경우에도 상부 9.49-11.30%, 중부 8.59-9.98%, 하부 9.43-10.84%로 위치에 상관없이 균일한 함수율 분포를 나타내고 있으며 이는 보관장소의 대기조건이 적당하고 보관상태가 양호하다는 것을 알 수 있었다. 함수율 대비 표준편차도는 0.40%로 함수율에 대한 공사PB의 균일성도 양호하였다.

3.2. PB의 휨강도 변화

(가) 내부천공의 크기

PB의 내부에 포함된 천공이 보드의 휨강도에 미치는 영향을 조사하기 위해 천공의 크기별, 위치별, 수량별로 변이를 주고 보드의 휨강도를 측정하였으며 그 결과를 종합하면 각각 그림 3~6과 같다.

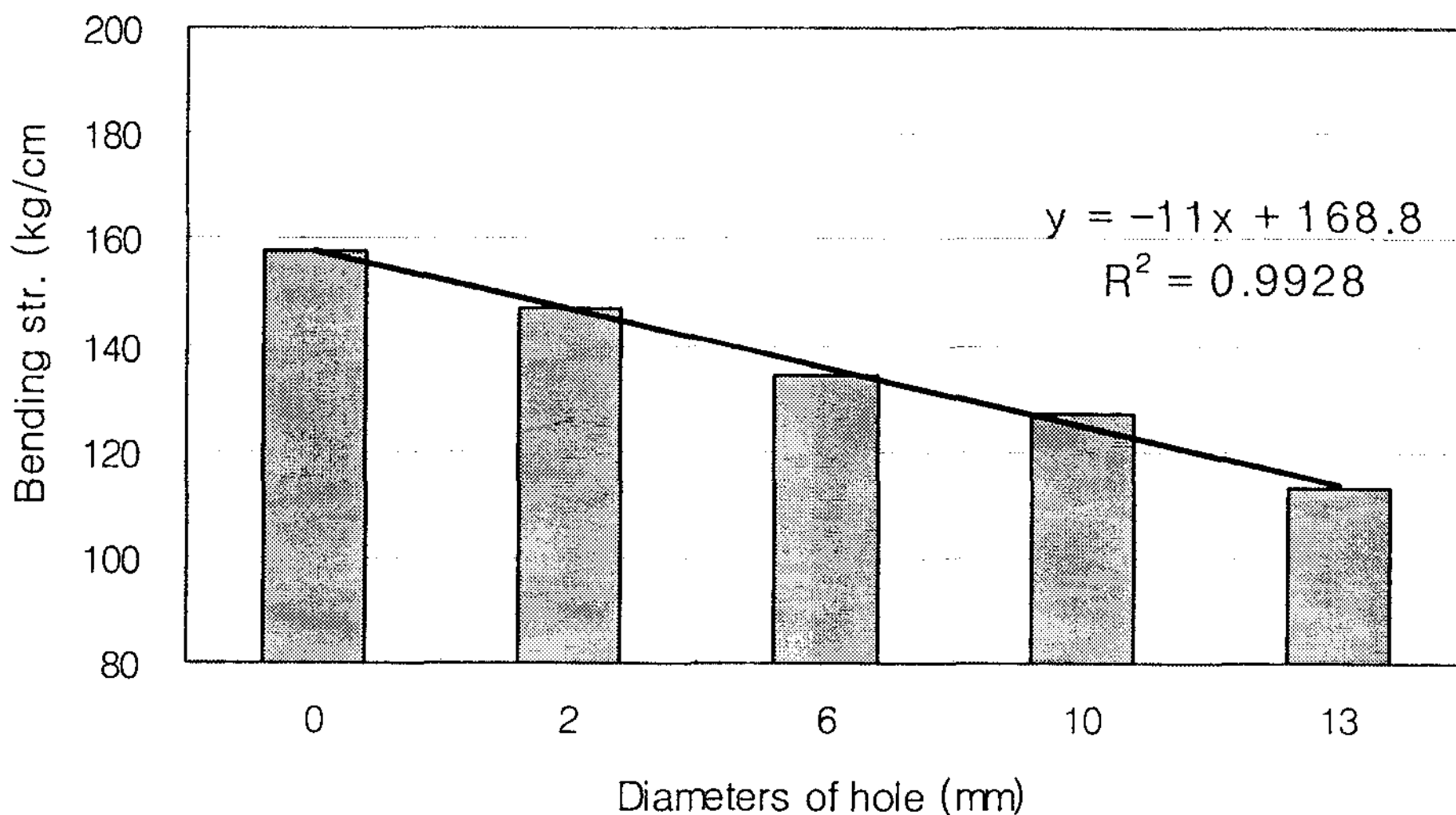


Fig. 3. Bending strength of PB according to the size of internal holes.

천공의 크기별 시험에서는 천공직경을 0mm(무천공)에서 13mm까지 5개의 변이를 두어 휨강도를 측정하였다. 천공직경 2mm일 경우 PB의 휨강도는 147kg/cm^2 를 나타냈으며 이는 천공이 없을 때의 158kg/cm^2 보다 7% 감소되었다. 천공직경이 6mm로 증가함에 따라 휨강도는 현저하게 감소된 134kg/cm^2 를 나타냈으며, 계속해서 직경 10mm와 13mm에서의 휨강도는 각각 127kg/cm^2 , 113kg/cm^2 로서 전체적으로 천공의 직경이 증가할수록 보드의 강도적 성질이 약화되는 경향이 뚜렷하였다.

이는 천공의 직경이 증가할수록 보드 내부의 내력부분이 감소함에 따라 일어나는 결과이며, 그래프 분석결과 휨강도(σ_b)의 감소와 천공의 직경(D) 간에 직선비례적인 관계가 인정되므로 회귀직선식을 구한 결과, $\sigma_b = -11D + 168.8$ 로 산출되고 1% 유의수준에서 상관성($r^2 = -0.99$)이 인정되었다.

(나) 내부천공의 위치

내부천공의 위치를 시험편 길이방향을 기준하여 목구면으로부터 1/8부위에서 4/8(중앙)부위까지 4개 변이를 두고 PB의 휨강도 변화를 측정된 결과는 그림 4와 같이 조사되었으며 이때의 천공직경은 5mm와 10mm를 적용하였다.

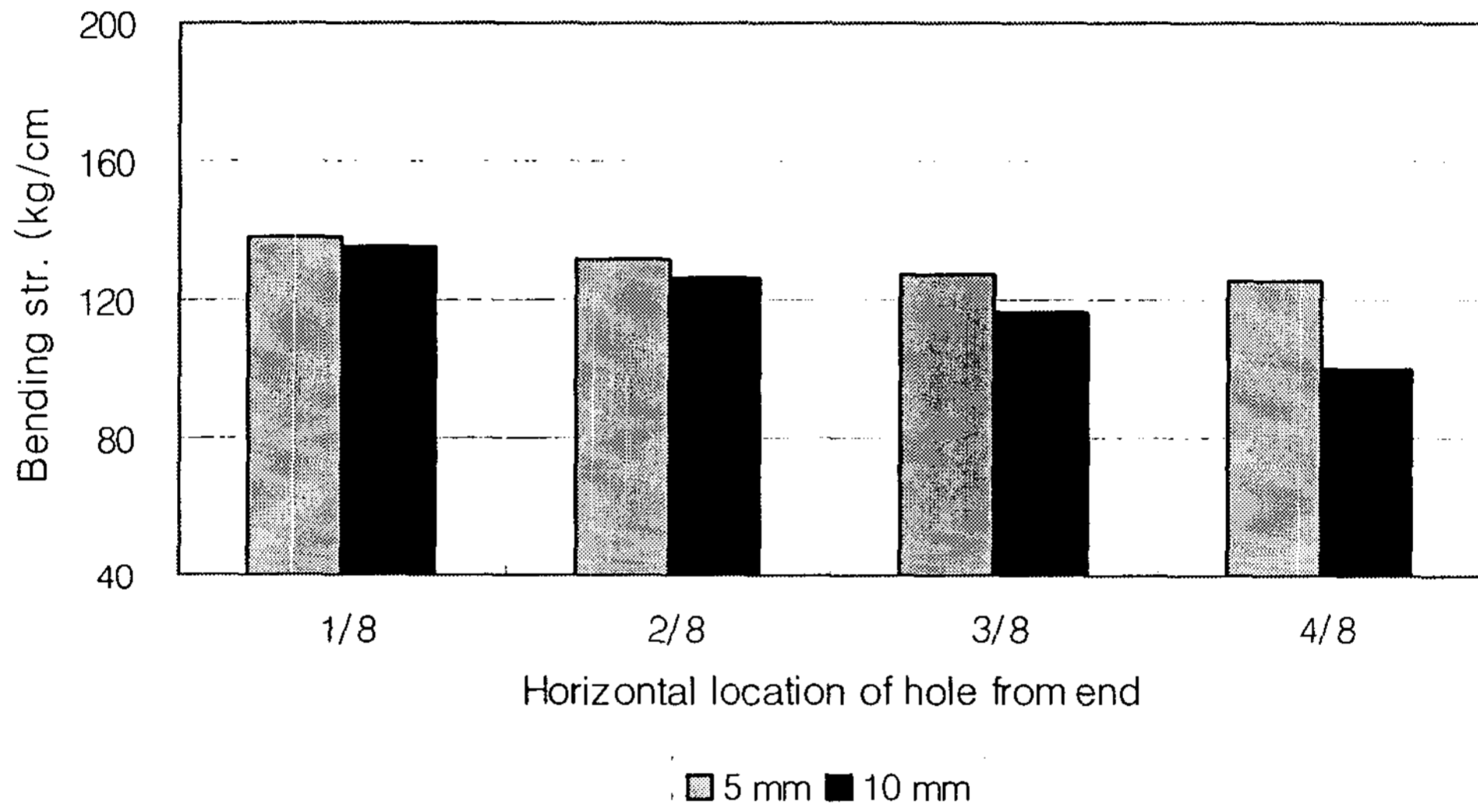


Fig. 4. Bending strength of PB according to the horizontal location of internal holes.

먼저 천공의 직경이 5mm일 경우, 천공의 위치가 시험편의 목구면으로부터 1/8 부위에 있을 때의 PB의 휨강도는 138kg/cm²를 나타내어 무천공 대조구의 158kg/cm²에 비해 13%의 강도감소를 나타냈다. 마찬가지로 천공위치가 중앙으로 접근할수록 강도감소는 조금씩 증가하였으며 중앙부위 1/8 지점에서의 휨강도는 125kg/cm²로서 무천공 대조구의 21%에 해당하는 강도감소를 나타냈다. 다음에 천공의 직경이 10mm일 경우에는 1/8 지점에서 15%의 강도감소를 가져왔고 중앙부위 1/8 지점에서는 37%의 극심한 강도감소를 보여주었다.

따라서 천공의 위치가 동일한 부위에서의 강도손실은 역시 천공직경이 큰 쪽에서 보다 심하게 나타났으며 천공의 크기에 관계없이 천공위치가 중앙에 접근할수록 강도손실이 증가함을 보여주었다. 특히 천공위치에 따른 강도손실은 천공직경이 클수록 심하게 진행될 것임을 본 연구에서 예측할 수 있었다.

내부천공의 위치를 시험편 두께방향을 기준하여 표면으로부터 1/5부위에서 4/5 부위까지 4개 변이를 두고 PB의 휨강도 변화를 측정된 결과는 그림 5와 같이 조사되었으며 이때의 천공직경은 전과 동일하게 5mm와 10mm를 적용하였다.

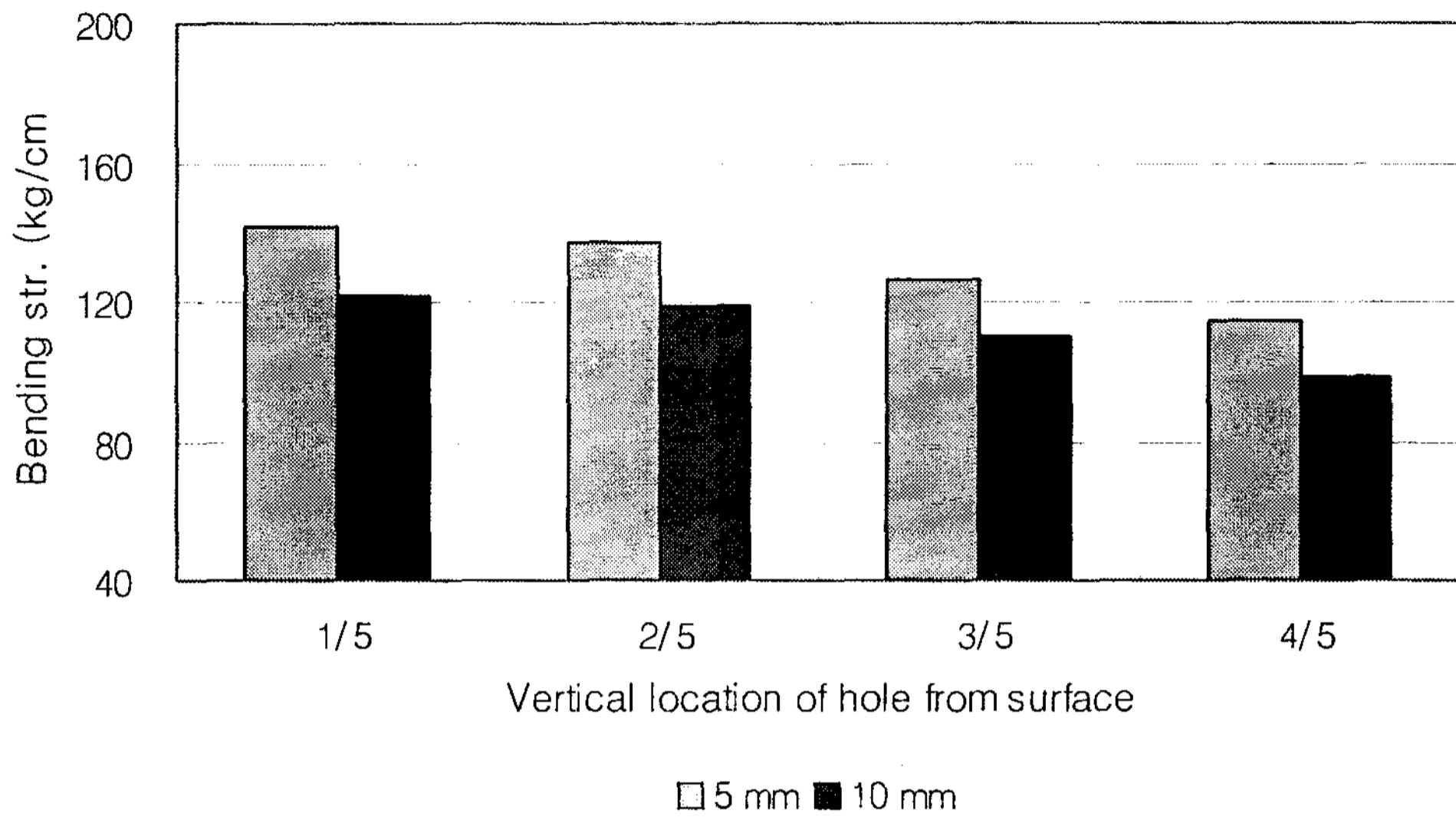


Fig. 5. Bending strength of PB according to the vertical location of internal holes.

우선 천공의 직경이 5mm일 경우, 천공의 위치가 시험편의 표면으로부터 1/5 부위에 있을 때의 PB의 휨강도는 142kg/cm²를 나타내어 무천공 대조구의 158kg/cm²에 비해 10%의 강도감소를 나타냈다. 마찬가지로 천공위치가 하부로 접근할수록 강도감소는 조금씩 증가하였으며 밑면에 가까운 4/5 지점에서의 휨강도는 115kg/cm²로서 무천공 대조구의 27%에 해당하는 강도감소를 나타냈다. 다음에 천공의 직경이 10mm일 경우에는 1/5 지점에서 23%의 강도감소를 가져왔고 4/5 지점에서는 37%의 극심한 강도감소를 보여주었다.

따라서 천공의 위치가 동일한 부위에서의 강도손실은 역시 천공직경이 큰 쪽에서 보다 심하게 나타났으며 천공의 크기에 관계없이 천공위치가 시험편의 하부에 접근할수록 강도손실이 증가함을 보여주었다. 특히 두께방향 천공위치에 따른 강도손실 역시 천공 직경이 클수록 심하게 진행될 것임을 본 연구에서 예측할 수 있었다.

즉 휨하중을 받는 보(beam)와 같은 구조의 목재를 못이나 볼트접합할 경우의 강도설계시 내부천공의 길이방향 배열뿐만 아니라 두께방향 배열에 따른 강도손실에 대한 충분한 이해가 필요하다고 판단된다.

(다) 내부천공의 수량

동일 치수의 시험편에 천공의 수량을 두께방향으로 1개에서 4개까지 변이를 주고 PB의 휨강도 변화를 측정된 결과는 그림 6과 같이 조사되었으며 이때의 천공직경은 5mm와 10mm를 적용하였다.

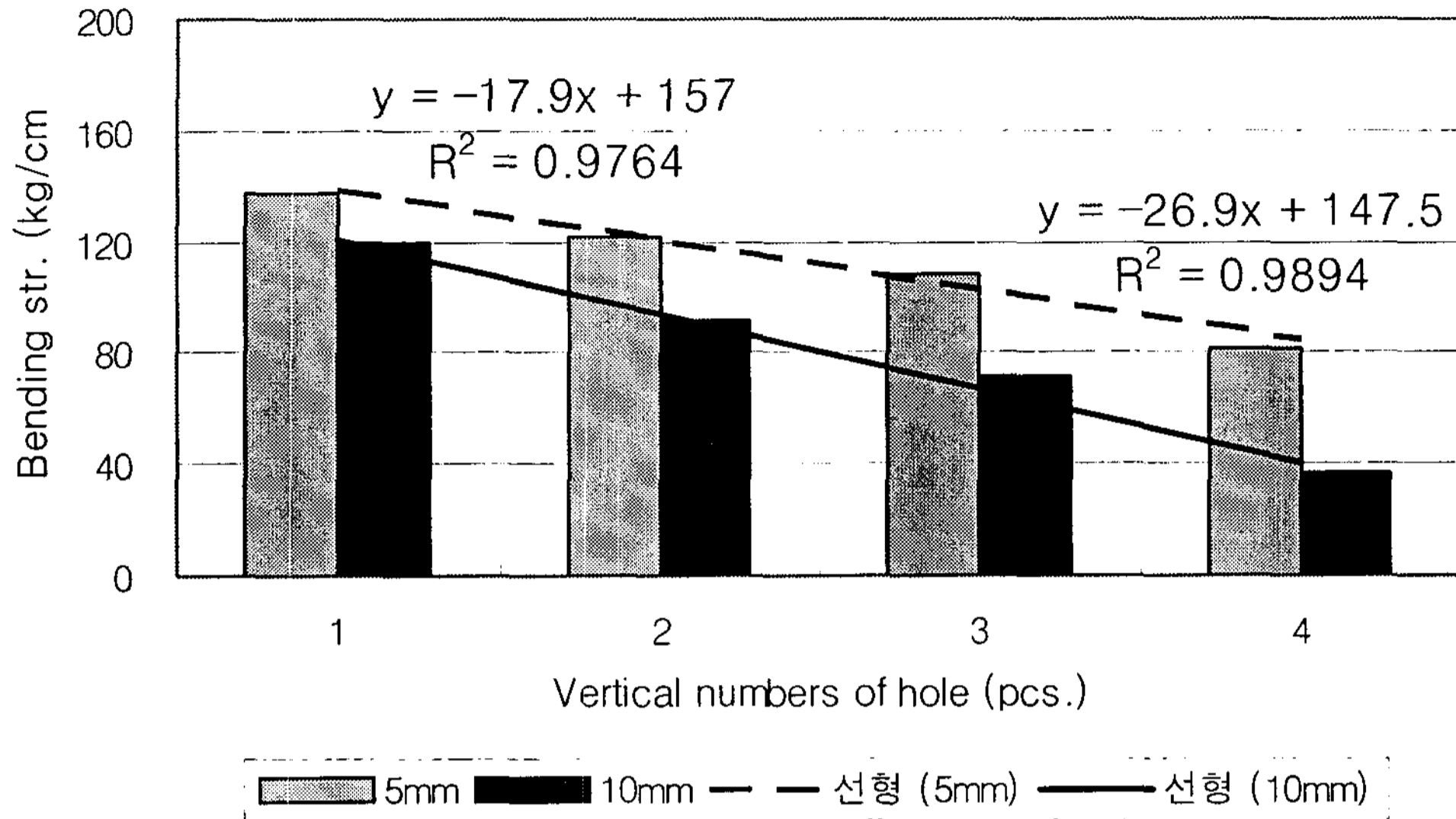


Fig. 6. Bending strength of PB according to the vertical number of internal holes.

천공직경이 5mm인 경우 1개의 천공을 시험편의 중앙에 위치시켰을 때 PB의 휨강도는 137kg/cm^2 를 나타냈으며, 천공을 시험편 길이방향의 상하면에서 각 1/3 지점에 2개 위치했을 때는 다소 감소하여 122kg/cm^2 를 나타냈다. 계속해서 각 1/4 구간 지점에 3개 위치했을 때는 108kg/cm^2 를 나타내었고 각 1/5 구간 지점에 4개 위치했을 때는 82kg/cm^2 를 나타내어 천공의 수량이 증가함에 따라 휨강도가 감소하는 경향을 나타냈다.

또한 천공직경이 10mm인 경우 1개의 천공을 시험편의 중앙에 위치시켰을 때 PB의 휨강도는 120kg/cm^2 를 나타냈으며, 천공을 시험편 길이방향의 상하면에서 각 1/3 지점에 2개 위치했을 때는 심하게 감소하여 92kg/cm^2 를 나타냈다. 계속해서 각 1/4 구간 지점에 3개 위치했을 때는 72kg/cm^2 를 나타내었고 각 1/5 구간 지점에 4개 위치했을 때는 37kg/cm^2 를 나타내어 천공의 수량이 증가함에 따라 휨강도가 감소하는 경향이 천공직경이 작은 5mm에 비해 매우 심각한 강도감소를 나타냈다.

이는 천공의 직경과 수량이 증가할수록 보드 내부의 내력부분이 감소함에 따라 일어나는 결과이며, 그래프 분석결과 휨강도(σ_b)의 감소와 천공의 수량(N) 간에 직선비례적인 관계가 인정되므로 회귀직선식을 구한 결과, 천공직경 5mm일 때 $\sigma_b = -17.9N + 157$, 천공직경 10mm일 때 $\sigma_b = -26.9N + 147.5$ 로 산출되고 모두 1% 유의수준에서 상관성($r^2 = -0.98, 0.99$)이 인정되었다.

따라서 휨하중 하에 있는 목재를 나사못이나 볼트접합할 경우의 강도설계시 접합용 천공의 수량증가에 따른 PB의 휨강도 손실을 고려해야 하며, 특히 강도 손실율이 내부천공의 수량이 증가할수록 더욱 심하게 발생하는 경향을 보이기 때문에 허용응력 범위 내에서 천공의 수량을 조절해야 한다고 생각된다.

4. 결 론

목질보드류 중 최근 용도가 다양화되고 생산량도 계속 증가하고 있는 국산 삭편판(PB)을 대상으로 나사못, 볼트, 장부(dowel) 등으로 접합할 경우에 발생하는 내부천공의 크기, 위치 및 수량 등이 보드의 휨강도에 미치는 영향을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

내부천공의 직경(D)이 증가할수록 보드의 휨강도(σ_c)는 비례적으로 감소되며 이때의 회귀직선식을 구한 결과 $\sigma_b = -11D + 168.8$ 로 산출되고 1% 유의수준에서 상관성($r^2 = -0.99$)이 인정되었다.

천공의 길이방향 위치는 중앙에 가까울수록 휨강도 손실이 증가하였고, 두께방향 위치는 하면에 가까울수록 휨강도 손실이 증가하였다. 또한 천공의 두께방향 수량이 증가할수록 PB의 휨강도는 현저하게 감소하는 경향을 나타냈으며 강도손실율은 천공의 크기가 클수록 심하게 나타났다.

5. 참고문헌

- ASTM. 1988. Standard test methods for evaluating properties of wood-based fiber and particle panel materials. ASTM D 1037-96. ASTM, West Conshohocken, Pa.
- Bodig, J. and Jayne, B.A. 1982. Mechanics of wood and wood composites. Van Nostrand Reinhold Company: 305-306.
- Hoadley, R.B. 1980. Understanding wood. A craftsman's guide to wood. A craftsman's guide to wood technology. The Taunton Press: 193-201.
- Korean Standard Association. 2001. KS F 2198, 2199, 3103.
- Mischler, A. 1997. Influence of ductility on the load-carrying capacity of joints with dowel-type fasteners. Paper 30-7-6. CIB-W18, Vancouver, Canada, 1997.
- Silvis, R. and G. Koenigshof 1981. Comparative economic feasibility of manufacturing plywood, com-ply, and oriented strandboard, Proceedings, 15th Washington State Univ. International Symposium on Particleboard: 101.
- Wangaard, F.F. 1950. The mechanical properties of wood. John Wiley & Sons, Inc., New York: 9-27.
- 김광철. 2005. 집성재 볼트 결합부의 강도성능 개선에 관한 연구. 목재공학 33(6): 31-37.
- 박종영. 1997. 한국 합판·보드산업의 현황과 전망. '97 한국합판·MDF·파티클보드 심포지엄: 99-124.
- 한태영, 권진현. 2002. 열압온도와 시간이 재생파티보드의 물리·기계적 성능에 미치는 영향. 한국가공학회지 13(3): 17-24.