

국산 파티클보오드와 중밀도 섬유판의 나사못 유지력(I)^{*1} —최적 예비구멍 직경—

이필우^{*2} · 박희준^{*2} · 한유수^{*2}

Holding Strength of Screws in Domestic Particleboard and Medium Density Fiberboard(I)^{*1} — Optimum Pilot Hole Diameter—

Phil Woo Lee^{*2} · Hee Jun Park^{*2} · Yu Soo Han^{*2}

ABSTRACT

Screw withdrawal test was carried out on the face and edge of domestic particleboard and medium density fiberboard in order to evaluate optimum pilot hole diameter.

The obtained results were as follows :

1. Maximum withdrawal strengths on the face and edge of particleboard were obtained with pilot hole diameters at about 50% of root diameters of screw.
2. Maximum withdrawal strength on the face and edge of medium density fiberboard were obtained with pilot hole diameters that were about 60% and 50% of root diameters of screw, respectively.
3. Withdrawal strength showed about 91% of maximum withdrawal strength when pilot holes were not prebored at particleboard, but when pilot holes at 90% of root diameter of screw withdrawal strength showed about as 51.3% of maximum withdrawal strength.
4. Withdrawal strength showed about 88% of maximum strength when pilot holes were not used, but withdrawal strength indicated 55.4% of maximum strength in case of 90% of root diameters of screw.
5. Maximum withdrawal strength on the face of particleboard was about 70.5% higher than that of the edge, and however medium density fiberboard was about 19.6% higher than that of the edge.

*1. 接受 1991年 6月 17日 Received June 17, 1991.

*2. 서울대학교 農科大學 College of Agriculture. Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.

1. 서 론

각종 가구류의 제작에 있어서 요구되는 내구력과 필요한 강도를 얻기 위해서는 합리적이고도 과학적인 설계가 뒷받침이 되어야 한다.

현재 각종 가구의 제작에 파티클보드(particleboard)와 중밀도섬유판(Medium Density Fiberboard)의 사용은 그 양과 범위에 있어서 계속 증가하고 있는 추세에 있다. 이와같은 파티클보드와 중밀도섬유판은 각종 폐잔재를 이용하여 제조할 수 있다는 경제성과 균일한 재질의 재료로 생산이 가능하고, 뒤틀림과 휨성질이 개선되었으며 또한 다양한 크기의 판상재료로 제조가 가능하다는 장점으로 인하여 전세계적으로 널리 사용되고 있다. 그러나 이러한 장점외에 치수 안정성이 소재나 합판에 비하여 낮으며, 소재에 비해 비강도(specific strength, strength/density)가 낮고 모서리 부분 처리에 어려움이 있다. 특히 파티클보드와 중밀도섬유판으로 각종 가구를 제작함에 있어서 각 부재들간에 다양한 접합에 관한 문제 그리고 판상재료로써의 모서리부위 처리는 필수적이고도 중요한 관심사의 하나가 되고 있다.

가구류 접합부 제작에는 다양한 패스너(fasteners)가 사용되고 있으며 그 중 나사못(screws)을 이용한 접합은 조립식 가구에서 결합강도의 큰 저하없이 접합이 가능하고 또한 못의 사용이 불가능한 부서지기 쉬운 재료, 특히 파티클보드의 모서리 부위등에 사용이 가능하여 널리 사용되고 있는 접합방법의 하나이다. 그러나 나사못을 이용하여 접합한 파티클보드와 중밀도섬유판에서의 인발강도(withdrawal strength)를 예측할 수 있는 정보가 부족한 실정에 있으며, 특히 두께방향으로 밀도경사가 큰 국산 보드류에 있어서의 나사못 유지력에 관한 연구는 전무한 실정에 있다.

따라서 본 연구에서는 국산 파티클보드와 중밀도섬유판의 나사못 유지력에 관한 제1보로써 나사못을 이용하여 접합하는데 있어서 최대 나

사못 유지력을 얻기 위한 “최적의 예비구멍(optimum pilot holes)”을 나사못의 종류에 따라 파티클보드와 중밀도 섬유판의 표면(faces)과 측면(edges)에서 측정하여 최적의 접합부를 설계하는데 필요한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

2. 연구사

파티클보드와 중밀도섬유판에서 최대 나사못 유지력을 얻기 위한 연구가 여러 학자들에 의하여 수행되어 왔는 바 소재에 있어서는 fairchild(1962)가 침엽수재와 저비중의 활엽수재에서 예비구멍의 크기가 나사못 골지름(root diameter)의 70% 일때 최대 나사못 유지력을 측정할 수 있었다고 보고한 바 있다.

한편 보드류에 있어서는 Whittington과 Walters(1968)는 파티클보드의 나사못 유지력 측정에서 최대 나사못 인발강도는 나사못 골지름의 80%에 해당하는 예비구멍을 가공하였을 때 얻을 수 있었다고 보고한 바 있다. 또한 Didriksson, Nyren과 Back(1973)은 섬유판, 파티클보드 그리고 합판에서 나사못 유지력을 측정하였는 바 최대 인발강도는 나사못 직경의 60%에 해당하는 예비구멍에서 얻을 수 있었으나 모서리부위에서 재질이 발생하였으며 예비구멍의 크기가 80%까지 증가함에 따라서는 인발강도는 감소하였으나 재질정도가 감소하여 80%가 보다 적합하다고 보고한 바 있다. 그리고 Eckelman(1975)은 섬유판과 파티클보드에서 나사못에 관계없이 직경 1/8inch의 예비구멍을 가공한 후 나사못 유지력을 측정한 결과를 나사못의 직경, 삽입깊이 그리고 보드의 비중과의 관계식으로 제시한 바 있으며 이어 그는(1987) 중밀도 섬유판의 표면에 예비구멍의 크기에 따라 7종류의 나사못에서의 인발강도를 측정한 결과 예비구멍의 직경이 증가할 수록 인발강도는 증가하여 나사못 골지름의 약 90% 부근에서 최대인발강도를 얻을 수 있었다고 보

고한 바 있다.

한편 ASTM D 1037-87의 시험법에 따르면 보드의 나사못 유지력 측정은 소재나 보드류에 관계없이 길이 1inch, No. 10 나사못을 이용하여 예비구멍을 나사못 풀지름의 90%에 해당하는 크기로 가공한 후 시험할 것을 권하고 있다.

3. 재료 및 방법

3.1 공시재료

3.1.1 목질재료

나사못 유지력 측정을 위해 사용한 파티클보드와 중밀도섬유판은 국내에서 생산되어 시장에서 판매되고 있는 것으로 파티클보드는 두께 25mm, 중밀도섬유판은 두께 18mm이었으며 시험시 그 각각의 비중, 함수율 그리고 박리강도는 Table 1에 나타난 바와 같다.

Table 1. Physical and mechanical properties of the test boards.

Board type	Thickness (cm)	Sp. Gr.		Moisture content (%)	Internal bonding strength (kgf/cm ²)
		Oven dry	Air dry		
P. B.	25.0	0.69	0.66	11.94	7.66
M. D. F.	18.0	0.74	0.70	10.16	8.15

3.1.2 나사못

본 연구에서 사용한 나사못은 국내 가구제작 회사에서 많이 사용하고 있는 대표적인 나사못을 가구제작회사로부터 분양받아 사용하였으며 나사못은 나사골 직경의 크기에 따라 A 나사못, B 나사못, C 나사못 그리고 D 나사못으로 규정하였으며 그 각각의 치수는 Table 2에 나타난 바와 같다.

Table 2. Description of the screws used in the study

Screw type	Head diameter(mm)	Root diameter(mm)	Length (mm)	Threads/cm
A-screw	5.8	3.0	25.0	7
B-screw	7.0	3.5	38.0	7
C-screw	7.0	4.0	31.0	7
D-screw	7.8	4.5	30.0	3

3.2 실험방법

나사못의 종류에 따른 인발강도의 측정은 ASTM D 1037-87에 의거하여 파티클보드와 중밀도섬유판으로부터 시험편을 채취하였으며 채취한 시험편을 무작위로 택하여 Table. 2에 나타난 나사못의 직경(root diameter)에 대해 0%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%에 해당하는 예비구멍을 미국 Rockwell사의 드릴 프레스를 이용하여 파티클보드와 중밀도섬유판의 표면과 측면에 각각 가공한 후 각 나사못을 깊이 10mm로 삽입하였다.

삽입된 나사못의 인발강도의 측정은 일본 Shimaduzu사에서 제작한 1ton 용량의 만능강도시험기를 이용하였으며 이때 하중속도는 2mm/min를 가하여 최대 인발강도를 측정하였다. 측정된 시험편은 즉시 중량과 용적을 측정하여 후 오븐에 넣어 전건중량과 용적을 측정하여 비중과 함수율을 측정하였다.

이때 각 시험편은 10반복씩 수행하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 파티클보드

본 연구에서 택한 나사못 4종류의 풀지름(root diameter)(Table. 2 참고)의 0%, 50%, 60%, 70%, 80% 그리고 90%에 해당하는 예비구멍(pilot hole)을 파티클보드의 표면(face)과 측면(edge)에 가공한 후 나사못 인발강도를 측정된 결과는 Table 3에 나타난 바와 같다.

Table 3에서 보는 바와 같이 파티클보드의 표면에서는 나사못 풀지름의 50%에 해당하는 예비구멍에서 최대인발강도를 얻을 수 있었으며 그후 예비구멍의 크기가 증가할 수록 처음에는 점진적으로 감소하였으나 예비구멍의 크기가 80%와 90%에서는 급격한 감소의 양상을 나타내었다. Fig. 1에서는 파티클보드의 표면에서 예비구멍의 크기에 따른 나사못의 인발강도 변화 양상을 보여주고 있다. 또한 Table 3

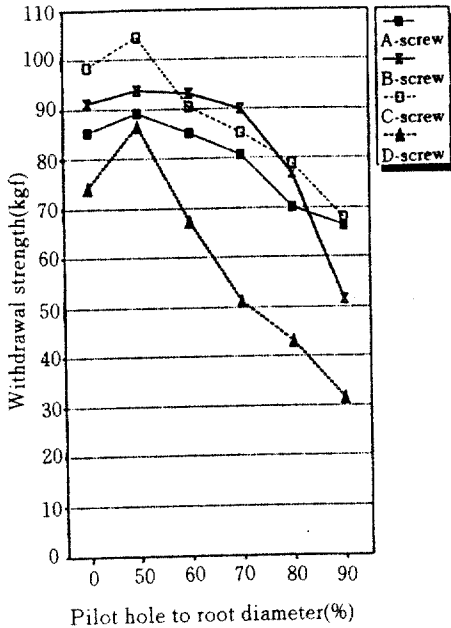


Fig. 1. Relationship between pilot hole diameter and withdrawal strength according to four types of screw on the face of particleboard.

과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 파티클보드의 표면에서 나사못의 인발강도는 나사못의 직경이 클 수록 높은 값을 나타내었는데 이는 나사못의 직경이 클 수록 보드와의 접촉면적이 증가하여 인발저항이 증가하였기 때문으로 사료된다.

그러나 직경이 가장 큰 "D-나사못"에서 가장 낮은 인발강도를 나타낸 것은 나사선 수가 3개/cm로 다른 나사못의 나사선수(7개/cm)보다 적어 인발에 대한 저항이 감소하였기 사료된다.

파티클보드의 측면에서의 인발강도도 Table 3과 Fig. 2에서 보는 바와 같이 사용 나사못 골지름의 50%에 해당하는 예비구멍에서 최대 인발강도를 얻을 수 있었으며 예비구멍의 크기가 증가할 수록 표면과 마찬가지로 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 예비구멍을 가공하지 않은 경우(0%)에 인발강도는 표면에서 최대 인발강도의 평균 93.1% 그리고 측면에서는 90%로 상당히 높은 인발강도를 나타내었으며

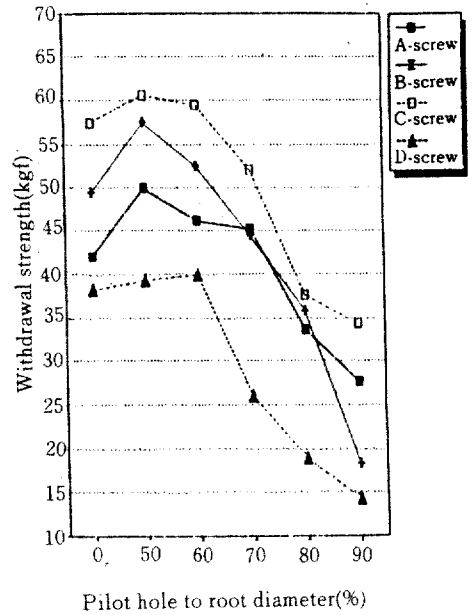


Fig. 2. Relationship between pilot hole diameter and withdrawal strength according to four types of screw on the edge of particleboard.

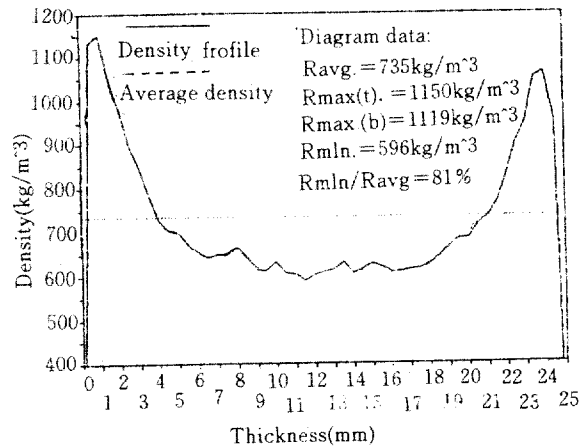


Fig. 3. Density-profile of particleboard.

예비구멍의 크기가 90%일때는 표면에서 최대 인발강도의 57.8% 그리고 측면에서 44.8%로 현저히 저하된 강도를 나타내어 Whittington과 Walters(1968)의 연구에서 보고한 파티클보드의 표면에서 나사못에 대한 최적 예비구멍의 크기는 나사못 골지름의 80%라고 보고한 결과와는 상당한 차이를 보이고 있는 것이며 또한

Table 3. Mean withdrawal strengths and standard deviations according to four types of screw and six types of pilot hole diameter in particleboard.

Materials	Screw type	Pilot hole diameter(%)					
		0	50	60	70	80	90
		withdrawal strength(kgf) /standard deviation					
P. B.	A-screw	85.31	89.30	85.18	80.68	70.17	66.37
	B-screw	9.81	7.48	5.57	4.04	5.05	7.88
Face	C-screw	91.19	93.88	93.03	89.94	76.81	51.58
	D-screw	6.38	6.14	5.94	5.66	6.64	11.85
P. B.	C-screw	98.38	104.4	90.37	85.12	78.92	68.05
	D-screw	8.02	6.12	8.69	5.07	7.09	5.5
Face	C-screw	74.10	86.50	67.27	51.23	43.07	31.64
	D-screw	7.96	4.63	5.31	3.95	5.58	4.00
P. B.	A-screw	41.96	50.01	46.21	45.18	33.67	27.64
	B-screw	4.19	5.09	4.67	6.59	6.91	7.58
Face	C-screw	49.53	57.57	52.53	44.54	35.83	18.29
	D-screw	4.20	8.38	6.07	5.09	4.16	5.86
P. B.	C-screw	57.44	60.63	59.42	52.09	37.55	34.29
	D-screw	7.04	8.72	9.18	7.36	7.93	3.29
Face	C-screw	38.18	39.20	39.86	25.99	18.80	14.11
	D-screw	3.92	3.31	3.94	4.75	3.05	3.63

Table 4. Analysis of variance for withdrawal strength according to pilot hole diameter on the face of particleboard.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Treatment	5	4127.774033	825.554807	4.19***	0.0107
Error	18	3550.432150	197.246231		
Total treatment	23	7678.206183			

a** : significant at 0.05 level

Table 5. Analysis of variance for withdrawal strength according to pilot hole diameter on the edge of particleboard.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Treatment	5	2474.403400	494.880680	5.76***	0.0024
Error	18	1547.825800	85.990322		
Total treatment	23	4022.229200			

a** : significant at 0.05 level

ASTM D 1037-87에서 권하고 있는 90%의 예비구멍도 본 연구에서 얻은 최적의 예비구멍 크기와는 큰 차이를 보이고 있다. 이와같은 결과는 본 연구에서 택한 두께 25mm의 파티클보드가 비중은 Whittington과 Walters가 사용한

보드나 Eckelman이 사용한 보드와는 큰 차이가 없으나 본 연구에서 사용한 보드는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 두께방향에서의 밀도경사가 매우 크기 때문에 사료되며 또한 이러한 큰 밀도경사에 기인하여 표면에서의 인발강도는 측면에서의 인발강도보다 82.7% 높은 값을 나타낸 것으로 사료된다.

Table 4와 Table 5에서는 파티클보드의 표면과 측면에서 예비구멍의 크기에 따른 인발강도를 분산분석한 결과를 보여주고 있다. 표에서 보는 바와 같이 파티클보드의 표면과 측면에서 예비구멍의 크기에 따라 나사못의 인발강도에 미치는 영향은 고도의 유의성(0.05level)이 있음을 알 수 있었다.

4.2 중밀도섬유판

Table 4에는 본 연구에서 얻은 중밀도섬유판의 표면과 측면에서의 예비구멍 크기에 따른 인발강도를 나타내었다. Table 4.와 Fig. 4에서 보는 바와 같이 중밀도섬유판 표면에서의

최대 인발강도는 나사못 골지름의 60%에 해당하는 예비구멍에서 얻을 수 있었는데 “A-나사못”에서는 최대 74.11kgf, “B-나사못”는 77.43kgf, “C-나사못”에서는 81.83kgf 그리고 “D-나사못”에서는 64.93kgf를 얻을 수 있었다. 중밀도섬유판에서도 파티클보드와 마찬가지로 나사못의 직경이 증가할 수록 높은 인발강도를 나타내었으며 단지 “D-나사못”에서는 나사선의 수가 다른 나사못보다 적은 이유로 인해 가장 낮은 인발강도를 나타낸 것으로 사료된다.

또한 측면에서의 최대 인발강도는 나사골 지름의 50%에 해당하는 예비구멍을 가공하였을 때 얻을 수 있었으며 “A-나사못”에서는 최대 57.23kgf, “B-나사못”에서는 66.22kgf, “C-나사못”에서는 73.16kgf 그리고 “D-나사못”에서는 52.10kgf로 표면에서와 동일하게 나사못의 직경이 증가함에 따라 증가하는 경향을

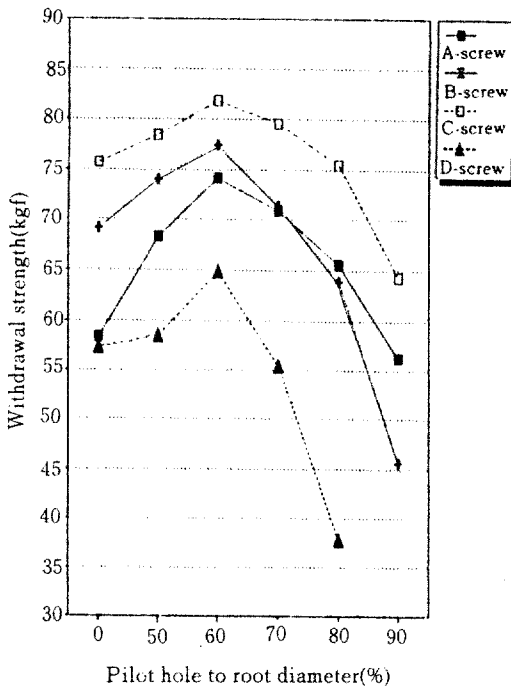


Fig. 4. Relationship between pilot hole diameter and withdrawal strength according to four types of screw on the face of medium density fiberboard.

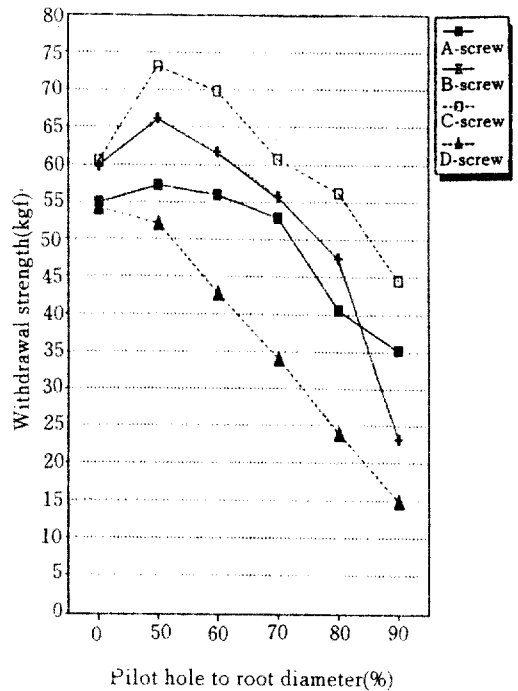


Fig. 5. Relationship between pilot hole diameter and withdrawal strength according to four types of screw on the edge of medium density fiberboard.

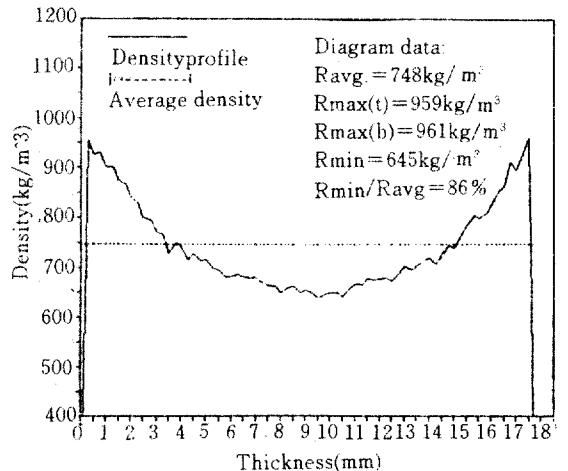


Fig. 6. Density-profile of medium density fiberboard.

나타내었다. Fig. 5에는 중밀도 섬유판의 측면에서 예비구멍의 크기에 따른 인발강도의 변화 양상을 보여주고 있다.

한편 예비구멍을 가공하지 않고 인발강도를

Table 6. Mean withdrawal strength and standard deviations according to four types of screw and six types of pilot hole diameter in medium density fiberboard.

Materials	Screw types	Pilot hole diameter(%)						
		0	50	60	70	80	90	
		withdrawal strength (kgf.)/standard deviation						
M.D.F.	A-screw	58.33	68.29	74.11	70.80	65.58	56.22	
		7.16	4.59	2.27	8.12	5.75	7.97	
	B-screw	69.13	74.04	77.43	71.32	63.95	45.63	
		4.82	6.67	5.36	5.76	5.91	7.75	
	Face	C-screw	75.74	78.40	81.83	79.54	75.41	64.36
			6.65	4.14	3.10	4.90	5.47	5.99
	D-screw	57.28	58.47	64.93	55.40	37.82	28.14	
		5.26	5.64	5.79	6.19	5.00	4.22	
M.D.F.	A-screw	54.83	57.23	55.95	52.85	40.53	35.18	
		3.34	5.34	6.98	4.42	3.39	1.93	
	B-screw	59.62	66.22	61.70	55.74	47.42	23.13	
		4.91	5.61	4.54	4.45	6.03	4.09	
	Edge	C-screw	60.48	73.16	69.89	60.75	56.30	44.58
			6.23	6.11	4.29	5.51	3.72	2.12
	D-screw	54.14	52.10	42.65	33.90	23.76	14.83	
		3.10	2.80	3.15	4.35	3.00	2.43	

측정하였을 때는 표면에서의 최대 인발강도의 87.2% 그리고 측면에서는 89.5%를 나타내어 파티클보드에서와 마찬가지로 예비구멍을 가공하지 않은 경우에도 상당히 높은 인발강도를 나타내었다. 그러나 예비구멍의 크기가 60% 이상 증가할 수록 인발강도는 감소하여 90%에서의 인발강도는 표면에서 최대 인발강도의 64.2% 그리고 측면에서는 46.5%를 나타내어 현저히 감소한 값을 나타내었다.

이는 Eckelman(1987)이 중밀도섬유판의 표면에서 최대 인발강도는 나사못 골지름의 약 90%에 해당하는 예비구멍에서 얻을 수 있었다고 보고한 결론과는 큰 차이를 보이고 있는 것이며 또한 ASTM D 1037-87에서 제시하고 있는 90%의 예비구멍과도 상당한 차이를 보이고 것이다. 이와같은 결과는 Eckelman이 시험한 보드는 두께방향으로 균일한 보드라고 보고한 것에 비해 본 연구에서 사용한 중밀도섬유판은 Fig. 6에서 보는 바와 같이 표면과 중층간에 상당한 밀도경사가 존재했기 때문으로 사료된

Table 7. Analysis of variance of withdrawal strength according to pilot hole diameter on the face of medium density fiberboard.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pt/F
Treatment	5	1680.918421	336.183684	2.49***	0.0695
Error	18	2425.571075	134.753949		
Total(treatment)	23	4106.489496			

a** : significant at 0.05 level

Table 8. Analysis of variance of withdrawal strength according to pilot hole diameter on the edge of medium density fiberboard

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pt/F
Treatment	5	2982.883921	596.576784	4.91***	0.0052
Error	18	2186.212975	121.456276		
Total(treatment)	23	5169.096896			

a** : significant at 0.05level

다. 그러나 이와같은 중밀도섬유판의 밀도경사는 Fig. 3의 파티클보드의 밀도경사보다 적어 표면에서의 인발강도가 측면에서의 인발강도

보다 약 19.6%정도 더 높게 나타나 파티클보드에서와 같이 큰 차이를 보이지는 않았다.

Table 7과 Table 8에서는 중밀도 섬유판의 표면과 측면에서 예비구멍의 크기에 따라 인발강도에 미치는 영향을 분산분석한 결과를 보여주고 있다. Table 7과 8에서 보는 바와 같이 중밀도섬유판의 표면과 측면에서 예비구멍의 크기에 따라 나사못의 인발강도에 미치는 영향은 파티클보드에서와 마찬가지로 고도의 유의성(0.05level)이 있음을 알 수 있었다.

5. 결 론

국산 파티클보드와 중밀도섬유판의 표면과 측면에서 나사못의 최대 인발강도를 얻기위한 최적의 예비구멍을 측정한 결과를 간단히 요약하면 다음과 같다.

1. 파티클보드의 표면과 측면에서 최대 인발강도는 나사못의 종류에 관계없이 나사못 골지름의 50%에 해당하는 예비구멍을 가공하였을 때 얻을 수 있었다.

2. 중밀도섬유판의 표면에서 최대 인발강도는 나사못 골지름의 60%에 해당하는 예비구멍에서 얻을 수 있었으며, 측면에서는 나사못 골지름의 50%에서 얻을 수 있었다.

3. 파티클보드에서 예비구멍을 가공하지 않은 경우에 인발강도는 최대 인발강도의 약 91% 정도를 나타내었으나 나사못 지름의 90%에 해당하는 예비구멍을 가공하였을 때는 51.3%로 매우 감소한 인발강도를 나타내었다.

4. 중밀도섬유판에서 예비구멍을 가공하지 않은 경우에 인발강도는 최대 인발강도의 약 88% 정도를 나타내었으며 나사못 골지름의 90%에 해당하는 예비구멍에서는 55.4%로 매우 감소한 인발강도를 나타내었다.

5. 파티클보드의 표면에서 최대 인발강도는 측면에서 최대 인발강도보다 약 70.5% 정도

더 높은 값을 나타내었으나, 중밀도섬유판의 표면에서는 측면보다 약 19.6% 더 높은 값을 나타내었다.

참 고 문 헌

1. Anon. 1987. Standard methods of evaluation the properties of wood-base fiber and particle panel materials. ASTM Standard D 1037-87, Annual book of ASTM Standards, American Society for Testing Materials, Philadelphia, Penn.
2. Carrol, M. N. 1970. Relationship between driving torque and screwholding strength in particleboard and plywood. Forest Prod. J. 20(3): 24-29.
3. _____. 1971. Measuring screw withdrawal with a torque wrench. Forest Prod. J. 22(8): 42-46.
4. Cassens, D. L. and C. A. Eckelman. 1985. Face holding strength of threaded metal inserts in reconstituted wood products. Forest Prod. J. 35(3): 18-22.
5. Eckelman, C. A. 1975. Screwholding performance in hardwoods and particleboard. Forest Prod. J. 25(6): 30-35.
6. _____ and D. L. Cassens. 1984. Holding strength of metal inserts in wood. Forest Prod. J. 34(6): 21-25.
7. _____. 1988. The withdrawal strength of screws from a commercially available medium density fiberboard. Forest Prod. J. 38(5): 21-24.
8. Whittington, J. A. and C. S. Walters. 1968. Withdrawal loads for screws in soft maple and particleboard. Forest Prod. J. 19(3): 39-42.