

수분의 흡수에 따른 구조용 목질판넬의 인발 및 함입성능*1

오세창*2

Nail Withdrawal Resistance and Embedding Strength of Structural Wood Panels with Water Absorption*1

Sei Chang Oh*2

ABSTRACT

The use of structural wood based panels like plywood, OSB in many applications involves the use of nails, and data on the performance of panel-nail connection are needed for design and comparative purpose. This study was carried out to develop basic information on nail performance(withdrawal, embedding, nailhead push through) with water absorption in plywood and OSB.

In withdrawal resistance test, initial stiffness of plywood was higher than that of OSB, and plywood performed better than OSB in 24hr soaked condition. The soaked condition reduced average nail withdrawal resistance value about 46%(12d nail), 53%(8d nail) in OSB, 17%(12d nail), 24%(8d nail) in plywood. The nail embedding strength of plywood also performed better than that of OSB and retention value(wet strength/dry strength) yielded similar in each nail types. The nail head push through capacity of OSB was higher than that of plywood in dry condition, but equal or lower in soaked condition. Therefore, critical consideration about structural panels is required in moist applications. The average values of nail withdrawal, nail embedding strength and nail head push through resistance of tested materials meet the minimum requirement of various specification and standards.

Keywords : nail, plywood, OSB, withdrawal, embedding strength, nailhead push through, structural panel

*1 본 연구는 1998년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의해 일부 수행되었음.

*2 대구대학교 자연자원대학 College of Natural Resources, Taegu University, Kyongsan, 712-714, Korea

1. 서 론

목재를 파쇄한 작은 구성요소 - 칩, 웨이퍼, 스트랜드, 파아티클등 - 로부터 제조된 목질판넬은 우리나라의 경우 가구용재나 내장재, 건구와 같은 조작용재로 주로 사용되었으나 목구조시스템이 발달한 북미같은 경우에는 판넬의 성능이 개선되고 특히 조작용재로서의 수요가 늘어감에 따라 목질구조용판넬의 사용과 제조는 증가추세에 있다.(Spelter, 1994) 현재 우리나라에서는 기존의 시멘트-콘크리트위주의 습식건축문화에서 벗어나 주거문화의 변화의 한 추세로 환경친화적 재료인 목재와 목질재료를 구조부재로 사용하는 북미의 목구조시스템을 적용한 목조건축의 수요가 점차 늘어가고 있다. 이에 따라 목구조용 부재로 사용하기 위한 공학목재(engineered wood products), 특히 합판과 OSB같은 조작용 판넬의 사용이 증가하고 있으며 이들의 주용도는 지붕, 바닥, 벽체등의 덮개용 판상재료이다. 목질구조용 판넬은 아직 국내에서 본격적인 생산이 개시되지 않아 대부분 수입해서 쓰는 관계로 구조성능을 평가할때는 외국의 자료를 그대로 인용하여 적용한다. 이에 따라 사용환경이 상이한 조건에서 이 부재들을 사용할 때 구조성능의 평가는 매우 중요한 문제로 대두된다. 이 중 목질계 판넬의 취약한 성능으로 알려져 있는 수분에 따른 문제, 특히 주위환경의 변화에 따른 수분의 흡수/방출에 연관된 치수변동이 목질판넬은 타재료에 비해 상대적으로 커서 조작용 재료로 사용할 때 접착층의 박리, 결합부의 이완등과 같은 주요 트러블의 원인이 되고 있다.

일반적으로 조작용 목질판넬은 목구조에서 구조시스템의 하나로 못과 결합되어 격판(diaphragm), 전단벽(shear wall)과 같은 구조에서 결합부를 형성하며 결합구의 유지력(holding power)은 지붕이나 벽체에 상글 및 사이딩재료를 붙일 때 아주 중요하다. 이들은 수분과의 접촉이 쉬워 수분의 흡수에 따른 결합부의 내력은 정상조건보다 제성능을 발휘하기가 힘들다.(Lang등, 1995) 따라서 수분흡수에 따른 조작용 목질판넬의 팽윤특성과 이 특성이 결합부에 미치는 영향을 파악하여 그 영향을 구명

하는데 많은 노력을 기울이고 있다.(Bolton,1994; Shiraishi등,1993)

따라서 본 연구에서는 조작용 목질판넬의 못접합부의 구조성능과 수분의 흡수에 따른 영향에 관한 시험을 통하여 목구조시스템에서 수분흡수로 인한 성능의 변화에 대한 상호 관련성을 파악하여 조작용 판넬의 성능에 관한 기초자료를 제시하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시험재료

본 시험에서 사용된 조작용 목질판넬은 현재 국내의 목조 건축분야에서 많이 사용되고 있는 침엽수합판과 배향성 스트랜드보오드(OSB)를 시험재료로 하였으며 각 시험재료의 특성은 다음과 같다.

Table 1. Basic properties of tested panels

Material type	Thickness	Sp.Gr.*	M.C.*	Product Standard**
	8.7mm	0.46	8.7%	C-D Exterior
OSB	11.7mm	0.64	5.7%	APA rated 24/16 Exposure 1

* : oven-dry based

** : APA product standard PS1-95 & 2-92

조작용 판넬재료의 못의 인발 및 합입시험과 못머리관통력시험에 사용된 못은 목조건축용 못으로 몸통형태가 연륜형인 8d못(몸통직경 3.31mm)과 나선형인 12d못(몸통직경 3.98mm)을 사용하였다.

2.2. 시험방법 :

2.2.1 목질판넬의 흡수시험

합판 및 OSB의 수분흡수에 따른 흡수량을 측정하기 위하여 5cm×5cm의 시험편을 온도 20±3℃의 조건에서 수면아래 3cm 떨어지게 하여 위치시킨후 1시간, 3시간, 6시간, 24시간, 48시간, 72시간, 96시간 침지후 각 시간에 따른 흡수량을 정도

0.01g의 전자저울로 측정하여 각 시간별 흡수율을 산정하였다.

2.2.2 못인발시험(nail withdrawal test)

합판 및 OSB의 못인발력을 측정하기 위하여 75mm×150mm 크기의 시험편의 중앙에 못의 몸통이 판넬표면에서 최소 13mm이상 나오도록 못을 박아 시험하였다. 시험은 상태시험(dry-condition)과 흡수시험(wet-condition)을 병행하였으며 흡수시험은 온도 20±3℃의 조건에서 24시간 못을 박은 시험편을 물에 침지시킨후 꺼내어 측정하였다. 하중속도는 6mm/min으로 하여 시험하였으며 비례한도와 최대하중을 구하였다.

2.2.3 못함입시험(nail embedding test)

합판 및 OSB의 못함입력을 측정하기 위하여 크기 70mm×150mm의 시험편을 그림 1과 같이 고정지지대에 놓고 시험편위에 못을 올려놓고 압축력을 가하여 못함입강도를 측정하였다. 인발시험과 마찬가지로 상태시험과 흡수시험을 병행하였으며 흡수시 시험조건은 못인발시험과 같이 하였다. 하중속도는 6mm/min으로 하여 시험하였으며 1mm와 3mm 변형일때의 하중값을 구하여 함입면적(못의직경×판의두께)으로 나누어 함입강도를 계산하였다.

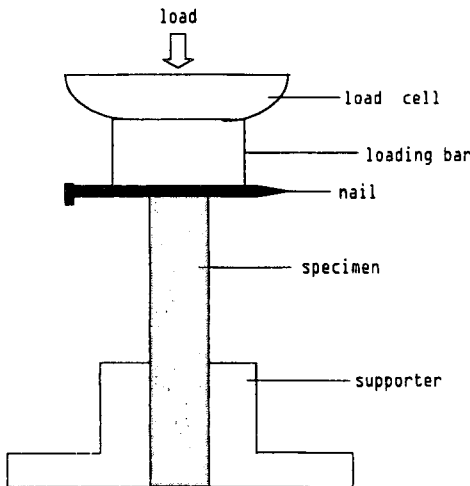


Fig.1 Testing apparatus for nail embedding test.

2.2.4. 못머리관통력시험(nailhead pull-through test)

합판 및 OSB의 못머리 관통력을 측정하기 위하여 크기 70mm×150mm의 시험편의 중앙에 못을 박고 관통력시험을 위하여 특별히 제작한 그림 2와 같은 가력장치를 사용하여 못머리의 관통력을 측정하였다. 이때 못머리와 판넬재료의 표면이 일치하도록 못을 박아 시험편을 제작하였으며 시험조건과 흡수시 시험조건은 못인발시험과 같이 하여 시험하였다. 하중속도는 6mm/min으로 하여 시험하였으며 최대하중을 구하여 못머리관통력을 산정하였다.

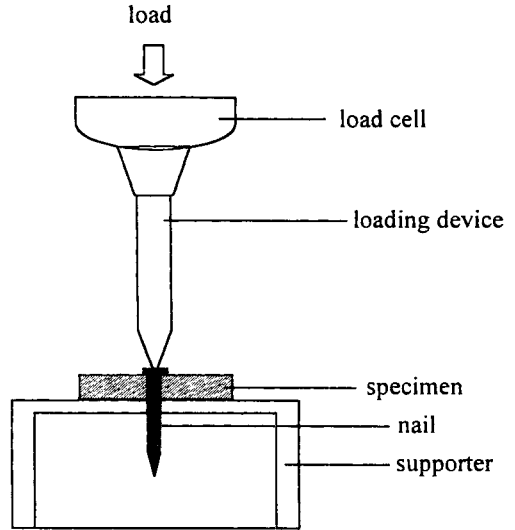


Fig.2 Nailhead pull-through test

3. 결과 및 고찰

3. 1. 목질판넬재료의 흡수율

합판 및 OSB에 관한 흡수량 시험결과를 그림 3에 나타내었다. 합판에 비해 구성요소(element)가 작은 스트랜드로 구성된 OSB는 높은 흡수율을 보였다. 침지 24시간후 측정된 흡수율은 합판의 경우 평균 18%, OSB는 평균 28%로 나타나 OSB가 합판보다 1.5배정도 높은 흡수율을 나타내었다.

특히 OSB시험편중에서 수분이 흡수되면서 판넬의 측면에서 층간에 일부 서로 벌어지는 박리현상이 나타났으며 이는 접착이 미진한 부분에서 스트랜드의 팽윤에 따른 영향으로 생각된다. 합판같은 경우 초기에는 흡수율이 크게 증가하였으나 시간이 지남에 따라 증가폭은 작아져 큰 증가추세는 나타나지 않았으나 OSB는 지속적인 증가추세를 보여 치수안정성면에서 합판과 OSB간의 성능의 차이가 크게 나타났다.

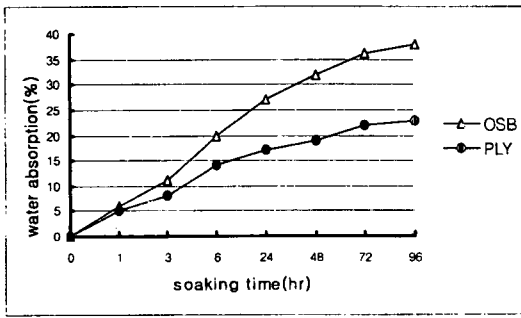


Fig.3 Water absorption of tested panels exposed to soaking condition.

3. 2. 목질판넬재료의 인발강도

시험재료인 합판 및 OSB의 못인발시험에서 산출된 시험결과는 다음 표 2와 같다.

하중-변형곡선으로부터 비례한도하중과 비례한

도변형을 구하여 산출된 초기강성은 재료별로 살펴보면 합판은 OSB보다 못의 종류에 상관없이 모두 높게 나타났다. 이는 합판이 OSB보다 못의 결합력에서 높은 탄성을 지닌 재료라는 것을 나타내 주는 성능의 지표가 될 수 있다. 상태시험조건에서 인발강도는 합판은 OSB보다 낮은 값을 나타내었다. 이는 OSB의 비중이 합판보다 높기 때문인 것으로 생각된다. 실제로 동일한 두께(1/2인치)의 합판과 OSB에 관한 인발력시험(Poo Chow등, 1988)에서 OSB는 합판보다 인발력에서 높은 값을 나타내었다고 보고한 바 있어 인발강도는 재료의 비중의 영향을 크게 받는 것으로 생각된다. 미국의 NDS설계규정(1991)과 이에 따른 못에 관한 설계치의 비교연구(Winistorfer, 1992)에서도 인발력에 관한 주 영향인자는 재료의 비중과 못의 직경이라고 밝히고 있다. 하지만 습윤시험조건에서는 합판이 OSB보다 높은 인발강도를 보여주었으며 이는 앞서 언급하였듯이 흡수율이 낮고 층간의 박리현상이 잘 일어나지 않아 치수안정성면에서 우수한 합판이 OSB보다 수분흡수에 따른 영향을 덜 받는 데에 따른 결과로 생각된다.

상태조건에 대한 습윤조건에서의 인발강도보유율은 그림 4에서 보듯이 OSB의 경우 8d못에서 48%, 12d못의 경우 54%로 나타났으며 합판은 8d못에서 76%, 12d 못의 경우 83%로 나타나 합판이 높은 강도보유율을 지닌 것으로 나타났다. 상태 및 습윤 조건에서 못 결합부에 관한 연구(Poo Chow등,

Table 2. Results from nail withdrawal test of tested panels

Materials	Nail type	Initial stiffness		Pro.limit		Max. load		Withdrawal*	
		Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet
		(kg/cm)		(kg)		(kg)		(mm)	
OSB	8d	1960	161	23.2	19.4	34.4	16.5	4.47	5.37
	12d	2100	150	23.0	14.3	33.0	18.0	5.66	4.79
Plywood	8d	2340	163	25.5	20.4	29.4	22.6	4.10	4.24
	12d	2560	176	25.1	15.2	26.7	22.3	4.82	5.04

* : Withdrawal at maximum load

1988)에서 6d못을 사용한 인발시험에서 1/2인치 합판 및 OSB와 7/16인치 OSB의 강도보유율은 각각 71%, 48%, 53%정도로 나타난 결과와 비교하여 볼 때 수분흡수에 따른 강도감소는 재료에 따라 다르며 합판이 비교적 우수한 경향을 보여주는 것으로 생각된다. 못의 크기에 따른 인발강도에서 8d못이 12d못보다 높은 경향을 나타내었으며 이는 못의 크기의 차이와 못의 몸통모양의 차이에 따른 연관효과로 못의 인발력은 재료의 비중, 못의 직경, 끝면의 형태 및 코팅유무에 따라 다르다 고한 연구결과(Groom과 Leichti, 1993)에 비추어 이것은 못몸통의 형태가 동일할 경우에 대한 비교 시험을 통하여 구명되어야 할 것으로 생각된다.

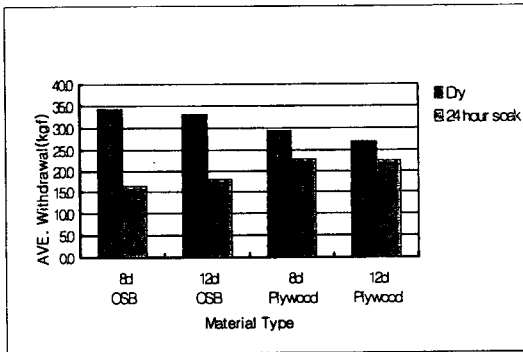


Fig.4 Nail withdrawal resistance at two exposure conditions.

3.3. 목질판넬재료의 못함입시험 (nail embedding test)

못함입시험은 구조용 판넬재에 있어서 접합부의 성능을 평가하는 파라미터의 설정을 위한 기초 자료로 재료의 면압성능을 시험하기 위해 많이 적용한다. 시험재료인 합판 및 OSB의 못함입시험에서 산출된 시험결과는 다음 표 3과 같다. 강도계산을 위한 최대하중은 변위 3mm일때의 하중으로 제한하였는데 이는 못의 직경이 각각 3.31mm와 3.98mm이므로 4mm 이상의 변위에서는 목재의 압축과 연관되어 순수한 함입력의 측정이 어렵기 때문이다.

재료별 함입강도에서 합판은 OSB보다 두 시험

조건 모두에서 높게 나타났다. 상태조건에 대한 습윤조건인 함입강도보유율은 OSB는 8d못에서 62%, 12d못에서 58%로 나타났으며 합판은 8d못에서 60%, 12d 못의 경우 56%로 나타나 두재료의 강도보유율은 못의 종류에 따라 비슷한 경향을 보였다. 공칭두께 12mm의 구조용합판과 OSB에 관한 못함입시험(鶴海, 1995)에서 합판은 OSB보다 상태조건에서 1.6배정도 높은 함입강도를 나타내었으며 흡수율이 증가함에 따라 그 차이는 더 커짐을 보고한 바, 본 시험에서도 비슷한 경향을 보여주었다. 합판이 함입강도가 높게 나타난 것은 재료의 측면이 연속적이어서 부스러지기 쉬운 작은 목편으로부터 제조된 OSB의 측면보다 면압에 대한 저항력이 우수하기 때문으로 판단된다.

Table 3. Results from nail embedding test of structural panels

Materials	Nail type	Load*		Embedding Strength**	
		Dry	Wet	Dry	Wet
		(kg)		(kg/cm ²)	
OSB	8d	149	92	382	236
	12d	142	82	302	174
Plywood	8d	157	95	541	327
	12d	155	86	443	246

* : Load at 3.0mm deformation

** : Load ÷ (nail diameter × panel thickness)

못의 크기에 따른 함입강도에서 8d못이 12d못보다 높은 경향을 나타내었다. 함입강도에 관한 강봉의 직경의 영향은 각종 공학목재에 관한 연구(黃과 小松, 1999), 집성재에 관한 연구(原田 등, 1999)에서 보듯이 함입시험에서 강성은 직경이 커질수록 감소하며 응력(5%-offset치)은 재료 및 가력방향에 따라 직경이 커질수록 감소하는 경우와 영향을 받지 않는 경우로 나타난다. 본 시험에서는 못의 몸통모양의 차이는 있지만 못의 함입강도는 못의 직경이 커질수록 감소하는 경향을 나타내었다.

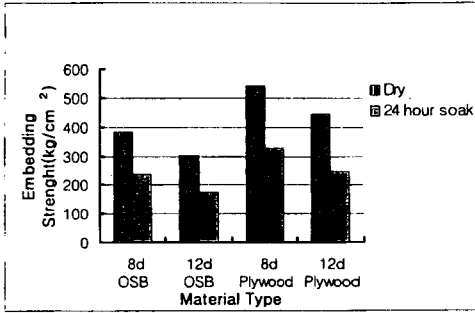


Fig.5 Nail embedding strength at two exposure conditions.

3. 4. 목질판넬재료의 못머리관통력시험 (nailhead pull-through test)

못머리관통력시험은 구조용 판넬재의 두께를 통해 못이 빠져 나올 경우에 대한 저항력을 평가하는 것으로 미국의 시험규격(ASTM, 1983)에서는 인장형태로 시험하지만 지그에서 못의 슬립등 문제가 있어 압축시험을 응용한 시험이 안정적이라고 볼 수 있다. 특히 Poo Chow등(1988)은 이 시험법들간의 상관관계의 구멍을 통하여 시험규격(ASTM)의 대체로서 충분하다고 밝힌바 있어 압축시험을 응용한 시험을 실시하였으며 각 판넬재료에 관한 시험결과는 다음 표 4와 같다.

Table 4. Results from nailhead push-through test of structural panels

Materials	Nail type	Nailhead push through(kg)	
		Dry	Wet
OSB	8d	215	132
	12d	217	147
Plywood	8d	164	136
	12d	179	138

못머리관통력은 OSB가 합판보다 상대시험조건에서 높게 나타났다. 습윤시험조건에서는 합판이 OSB에 비해 비슷하거나 높은 경향을 보였다. 못머리관통력은 재료의 비중의 영향을 많이 받는 것으로 비중이 상대적으로 높은 OSB가 비중이 낮은

합판보다 높은 값을 나타내는 것으로 생각된다. 하지만 습윤조건에서는 못머리관통력의 강도저하율은 그림 6에서 보듯이 OSB에서는 못의 종류별로 39%, 33%, 합판에서는 18%, 23%로 나타나 합판은 OSB보다 상대시험조건에 대한 강도보유율이 높게 나타났다. 이는 흡수에 따른 치수안정성면에서 합판이 우수하며 이에 따라 강도보유율이 높아진 결과로 생각된다. 따라서 구조시스템에서 수분의 영향을 직간접적으로 많이 받는 곳에서는 목질판넬재료의 선택과 사용에서 신중을 기해야 할 것이다.

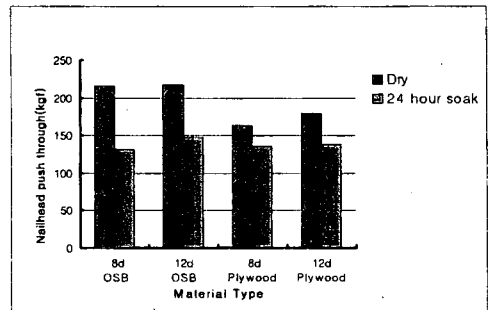


Fig.6 Nail head push through resistance at two exposure conditions.

3. 5. 구조용 목질판넬의 성능비교

못의 인발력과 못머리관통력에 관한 관련최소기준을 표 5에 나타내었다. 사용되는 못의 종류와 재료는 다르지만 비교를 위해 살펴보면 시험된 OSB와 합판의 인발력은 모두 상대시험조건과 습윤시험조건에서 기준치를 초과하는 것으로 나타나 각 기준상의 최소요구치를 만족시키는 것으로 나타났다. 특히 인장시험법을 적용한 못머리관통력시험과는 달리 압축시험법을 적용한 시험결과에서도 플레이크보드와 비슷한 OSB의 경우 시험조건에 따른 최소요구치를 만족시키고 있음을 알수있었으며 합판에서도 이 기준치를 상회하는 결과를 얻어 각 시험기준을 모두 만족시키고 있음을 보여주었다.

Table 5. Performance standards for nail withdrawal and nailhead pull-through in wood based panels*1

Standards	Exposure condition	Nail withdrawal*2 (kgf)	Nailhead push through*2 (kgf)
USDA Forest Service	Dry	18.1	113.3
APA	Wet	11.3	--
	Dry	9.1	--
ASTM	Wet/Redry	6.8	--
	Dry	18.1	--
	Wet	11.3	--

* 1. Poo Chow, 1988
 2. minimum values

4. 결 론

구조용 목질판넬의 못접합부의 수분의 흡수에 따른 영향을 흡수율, 인발강도, 합입강도 및 못머리관통력의 측정을 통하여 수분흡수로 인한 성능의 변화를 시험한 결과는 다음과 같았다.

흡수율은 합판에 비해 구성요소가 작은 스트랜드로 구성된 OSB는 높은 흡수율을 보였으며 침지 24시간후 측정 한 흡수율은 OSB가 합판보다 1.5배 정도 높은 흡수율을 나타내었다.

못인발시험에서 초기강성은 재료별로 살펴보면 합판은 OSB보다 못의 종류에 상관없이 모두 높게 나타났으며 상태시험조건에서 인발강도는 합판은 OSB보다 낮은 값을 나타내었다. 습윤시험조건에서는 합판이 OSB보다 높은 인발강도를 보여주어 치수안정성면에서 우수한 합판이 OSB보다 수분 흡수에 따른 영향을 덜 받는 나타났다. 합입강도에서 합판은 OSB보다 두 시험조건 모두에서 높게 나타났으며 상태조건에 대한 습윤조건외의 강도보유율은 못의 종류에 따라 비슷한 경향을 보였다. 못머리관통력은 OSB가 합판보다 상태시험조건에서 높게 나타났다. 습윤시험조건에서는 합판이 OSB에 비해 비슷하거나 높은 경향을 보였으며 강

도보유율면에서 합판은 OSB보다 높게나왔다. 따라서 구조시스템에서 수분의 영향을 직간접적으로 많이 받는 곳에서는 판넬재료의 선택과 사용에 신중을 기해야 할 것으로 생각된다.

못의 인발력과 못머리관통력에 관한 관련최소 기준과의 비교에서 시험된 OSB와 합판의 인발력은 모두 상태시험조건과 습윤시험조건에서 최소 요구치를 만족시켰으며 못머리관통력시험에서도 같은 결과를 얻었다.

참 고 문 헌

1. American Plywood Association. 1980. Performance standards and policies for APA rated sheathing panels. APA Report No.445, Tacoma, Wash.
2. American Society for Testing and Materials. 1993. Test methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials. ASTM D 1037-93, Philadelphia, Pa.
3. American Society for Testing and Materials. 1988. Test methods for mechanical fasteners in wood. ASTM D 1761-88, Philadelphia, Pa.
4. Bolton, A J. 1994. The permeability of wood-based composite materials. Part 1. Holzforschung(48) : 95-100
5. Chow, Poo, J. Dobbin Mcnatt, Goerge Z. Gertner and John J. Janowiak. 1984. Mechanical fastener performance in reconstituted structural wood-base panel products. Special issue. U.S.D.A. Forest Product Lab. Maison, WI 53705. 44p.
6. Chow, Poo, J. Dobbin Mcnatt, Steven J. Lambrechts, and Goerge Z. Gertner. 1988. Direct withdrawal and head pull-through performance of nails and staples in structural wood-based panel materials. Forest Product Journal 38(6) : 19-25
7. Groom Kevin M. and Robert J. Leichti. 1993. Load-withdrawal displacement characteristics of

- nails. Forest Product Journal 43(1) : 51-54
8. Lang, Elemer, M., Joseph R. Loferski and J. Daniel Doran. 1995. Hygroscopic deformation of wood-based composite panels. Forest Product Journal 45(3) : 67-70
 9. National Forest Product Association. 1991. National design specification for wood and wood construction. NFPA, WA, D.C.
 10. Shiraishi, Nobuo, Hiromu Kajita and Misato Norimoto. 1993. Recent research on wood and wood-based materials. Current Japanese Materials Research Vol. 11. Elsevier Applied Science. 247pp.
 11. Spelter, Henry. 1994. Capacity, production and manufacturing of wood-based panels in North America. U.S.D.A. Forest Service General Technical Report FPL-GTR-82
 12. Winistorfer, Steve. G. 1992. NDS nail design method comparison. Research and Technology, FBN July/Aug: 32 - 44
 13. 黄權煥, 小松幸平. 1999. 各種エンジニアードウトド(EW)對象とした面壓パラメタ 鋼鋒直徑との關係. 日本建築學會大會學術講演梗概集 構造III :51-52
 14. 原田眞樹, 林知行, 輕部正彦, 小松幸平. 1999. ドリフトピン用いた集成材面壓試験 日本建築學會大會學術講演梗概集 構造III :49-50
 15. 鴛海四郎. 1995. 吸水した各種ボードのめりこみ釘試験. 日本建築學會大會學術講演梗概集 構造III :83-84