GOVP1200201371 694
L 293 7
19

최 종
연구보고서

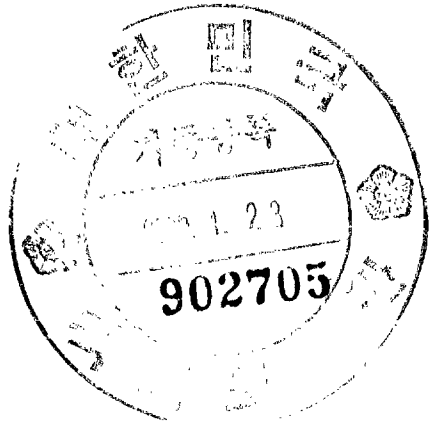
국내생산 목질 건축자재를 이용한 패널화 목조건축 공법의 개발

Development of Panelized wood construction method using domestic wood-based materials

덮개재료용 내수 MDF의 개발
Development of water-resistant MDF for sheathing
못접합부의 성능 평가
Evaluation of nailed joints
격판구조의 성능 평가 및 패널화 공법의 개발
Evaluation of diaphragm structures and development of panelized construction method

연구기관 : 충남대학교

농 림 부


902705

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "국내 생산 목질 건축자재를 이용한 패널화 목조건축 공법의 개발"과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001년 10월 19일

주관연구기관명: 충남대학교
총괄연구책임자: 장 상 식
세부연구책임자: 장 상 식
연 구 원: 강 춘 원
연 구 원: 권 순 관
협동연구기관명: 대구대학교
협동연구책임자: 오 세 창
위탁연구기관명: 동화 기업
위탁연구책임자: 이 병 언
참여 기업: 대림이엔씨(주)

여 백

요 약 문

I. 제목

국내 생산 목질 건축자재를 이용한 패널화 목조건축 공법의 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리 나라는 전 국토의 약 65%가 산림지역이면서도 목재자원의 조성이 빈약하여 목재산업의 원자재 해외 의존도가 매우 높다. 이와 같이 원자재의 높은 해외 의존도는 여러 가지 주변 상황의 변화에 따라서 관련 산업의 발전에 커다란 걸림돌이 되고 있다. 목조건축 분야도 예외는 아니어서 원자재 및 기술의 해외 의존도가 매우 높으며 이로 인하여 1997년 말부터 닥치기 시작한 고환율 시대에는 원자재 가격의 폭등이 초래되고 이로 말미암아 국내 목조건축업계는 원가 상승과 내수 부진이라는 이중고를 겪으면서 많은 업체들이 도산하거나 존폐의 위기에 처하게 되었다.

따라서 이러한 어려움을 극복하기 위해서는 기존의 시장 내에서의 과도한 경쟁보다 새로운 기술을 개발하고 이를 바탕으로 새로운 시장을 개척함으로써 제품의 용도를 다양화할 필요가 있다. 목질판상재료 산업의 경우에는 다양한 건물의 건축자재로 사용할 수 있는 품질을 갖춘 MDF 및 PB 제품의 개발과 이에 합당한 용도의 개발을 통하여 가구 및 실내장식 시장의 위축을 극복해 나아갈 수 있을 것이다. 목조건축 산업의 경우에는 가능하면 국내에서 생산된 제품을 원자재로 사용하고 국내의 독특한 기술을 개발하여 경쟁력을 갖출 수 있도록 노력하여야 할 것이다.

1990년대 들어서면서 우리나라의 경제 사정이 호전되고 1인당 국민소득이 높

아지면서 보다 편하고 쾌적한 주거환경을 원하는 사람들의 욕구가 높아지고 이에 따라서 목조주택의 도입이 늘어나고 그 시장 규모가 서서히 증가되어 왔다. 비록 현재는 1997년 말부터 닥치기 시작한 경제위기로 인하여 목조건축의 시장이 급격히 축소되고 보다 나은 주거환경에 대한 사람들의 욕구도 일시적으로 가라앉은 상태이지만 지금의 경제상황이 호전되면 언제라도 이러한 욕구가 되살아나고 목조주택에 대한 수요도 급격히 증가될 것으로 예상된다.

현재 우리나라에 보급되고 있는 현대식 목조주택은 국내에서 개발되고 발전된 공법이 아니기 때문에 국내업체들의 기술 수준은 매우 낮은 실정이다. 따라서 현재 업계의 기술 수준에서 건축 시장이 전면 개방된다면 국내 목조주택 시공산업뿐만 아니라 목조건축 자재의 공급도 완전히 외국 기업들에게 점령당하게 될 것이다. 따라서 가능하면 빠른 시일 내에 국내 목조건축업계의 기술 수준을 높이고 우리나라만의 고유한 기술을 개발함으로써 목조건축 산업의 경쟁력을 확보하여야 할 것이다.

목조건축 산업에 대한 구조용 목재의 공급은 거의 수입에 의존하고 있다. 따라서 환율의 급격한 상승은 수입가격의 급격한 상승을 초래하고 이로 인하여 건축단가가 상승함으로써 목조건축이 국내의 건축시장에서 경쟁력을 잃게 되었다. 아직까지는 국산목재의 공급량이 제한되어 있기는 하지만 국산재의 구조용재로서의 활용 가능성이 매우 높은 것으로 생각된다. 그러나 국산재를 구조용으로 활용하기 위해서는 먼저 구조용재로서의 등급 구분 및 등급별 구조성능에 대한 평가가 선행되어야 하며 국산재를 구조용재로 하는 못접합부의 성능 평가가 선행되어야 할 것이다.

목조건축 시장에서의 경쟁력 확보는 원자재 공급의 측면도 중요하지만 인건비 절감이 더욱 중요한 요소이다. 따라서 세계적인 추세는 패널화 공법의 개발을 통한 건축기간의 단축과 인력의 절감을 위하여 노력하는 방향으로 나아가고 있다. 아직까지 우리나라에서는 패널화 주택의 시공법이 전혀 개발되어 있지 않으며 일부업체에서 시도한 바는 있지만 전혀 기술 축적이 되어 있지 않은 상태에

서 심각한 시행착오를 겪고 포기하기도 하였다.

패널화 주택은 국내 시장에서의 인력 절감뿐만 아니라 수출 시장의 개척도 가능할 것으로 예상된다. 목재 원자제에 비하여 패널화 자재는 부피가 크기 때문에 운반비가 많이 소요된다. 따라서 가까운 일본이나 중국 시장을 대상으로 하는 경우에 멀리 떨어진 미국이나 캐나다에 비하여 우리나라가 지리적으로 훨씬 가깝기 때문에 운반비 부담이 적고 운송 기간이 적게 소요되어 상대적으로 높은 경쟁력을 갖게 될 것으로 생각된다.

이 연구에서는 국내 생산 목질판상재료를 건축자재로 활용하는 기술, 국산재를 구조용재로 사용한 못접합부의 성능 평가 그리고 패널화 목조주택의 설계, 제작 및 시공 기술에 관한 연구를 수행함으로써 국내 목조건축 시장의 활성화에 기여하고 우리나라만의 독특한 패널화 목조건축 기술을 개발함으로써 목조건축 산업의 경쟁력 향상에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 세부과제

세부과제에서는 패널화 건축의 기본 모듈 단위가 되는 수직 및 수평격판 구조의 성능 평가 및 성능 향상 그리고 패널화 목조건축 공법의 개발에 대하여 연구하며 연차별 연구 내용은 다음과 같다.

가. 1차년도

- 수직격판 구조의 성능 평가

나. 2차년도

- 수직격판 구조의 성능 향상

다. 3차년도

- 수평격판 구조의 성능 평가 및 패널화 건축 기술의 개발

2. 협동과제

협동과제에서는 현대식 경골목조건축의 가장 기본 단위이면서 또한 가장 중요한 접합부인 못접합부에 대한 성능을 평가하며 연차별 세부내용은 다음과 같다.

가. 1차년도

- 소나무 못접합부의 성능 평가

나. 2차년도

- 낙엽송 및 잣나무 못접합부의 성능 평가

다. 3차년도

- 수평패널 못접합부의 성능 평가

3. 위탁과제

위탁과제에서는 목조주택의 덮개재료로 사용될 수 있는 내수 MDF를 개발하여 그 성능을 평가하고 이를 목조주택 덮개재료로 사용할 수 있는 가능성을 평가하고자 하며 연차별 세부내용은 다음과 같다.

가. 1차년도

- 목조주택의 덮개재료용 내수 MDF의 개발

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

가. 연구개발 결과

1. 세부과제

1차년도에는 패널화 공법의 개발을 위하여 패널화 공법의 기본 단위가 되는 가로 및 세로가 각각 2,400mm인 수직격판에 대한 수평하중 저항 시험을 실시하였다. 2차년도에는 수직격판의 운반 중에 생길 수 있는 손상을 방지하고 수평하중에 대한 저항력을 키우기 위하여 수직격판의 성능 향상을 위한 여러 가지 방법을 개발하여 성능 향상 정도를 평가하였다. 3차년도에는 가로 및 세로가 각각 2,400mm인 수평격판의 수평하중 저항 성능을 시험하고 각 수직 및 수평격판들의 외기 노출 시험을 실시하였으며 패널화 공법을 개발하여 이를 활용한 시작품을 완성하였다.

가) 1차년도 연구 결과 요약

1) 수직격판의 성능 시험결과는 3개의 직선 구간으로 나타낼 수 있었으며 OSB덮개가 합판 덮개보다 약간 더 높은 강성을 나타내었다.
2) 스터드의 간격이 증가함에 따라서 수직격판의 강성이 감소하는 경향을 나타내었다.
3) ±0.25mm ~ ±2.5mm의 작은 변위 범위의 반복하중 하에서 수직격판은 상승곡선과 하강곡선의 구분이 명확치 않았으며 거의 직선적인 하중-변위 관계를 나타내었다.
4) ±20mm 정도의 변위가 전단벽의 성능을 나타낼 수 있는 한계값으로 간주될 수 있었다.

5) 수평하중 하에서 수터드의 상부와 중앙부는 직선적으로 비례하는 변위를 나타내어 수평하중 하에서 수터드는 직선을 유지함을 알 수 있었다.

나) 2차년도 연구 결과 요약

1) 구조용 판재를 덮개재료로 사용한 전단벽의 파괴는 주로 못의 휨 및 뽑힘 또는 못머리의 관통에 의하여 초래되었다.
2) 전단벽의 변위가 증가하면 골조의 변위와 덮개재료의 변위에 사이에 차이가 나타나며 그 사이는 못에 의하여 지지되는 형태를 나타내었다.
3) 석고보드만을 덮개재료로 사용하여 구성한 전단벽도 못의 간격을 측면에서 100mm, 내부에서 200mm로 좁혀주면 충분한 수평하중 지지능력을 나타내었으며 석고보드용 못 대신에 석고보드용 나사못이나 지붕 싱글용 못을 사용하면 구조용 판재 덮개와 비슷한 강성 및 강도를 나타내었다.
4) 석고보드를 덮개재료로 사용한 전단벽의 경우에는 석고보드의 모서리 부분에서 파괴가 발생하였다.
5) OSB 덮개를 사용한 전단벽에서는 개구부의 크기가 너무 커서 남아있는 벽의 나비가 너무 작은 경우에는 덮개재료에서 파괴가 나타났다.
6) 단순증가 하중함수 하에서는 약 40 ~ 50mm의 변위에서 최대강도를 나타내었다.
7) 벽체의 스터드는 전단벽 전체의 변위가 증가하는 경우에도 거의 직선상태를 유지하였다.
8) 반복하중함수 하에서 전단벽의 최대강도는 약 20 ~ 30mm의 변위에서 나타났다.
9) 전단벽의 전단강도는 전단벽의 나비(또는 길이)에 비례하였다.
10) 개구부의 위치는 전단벽의 강도에 큰 영향을 주지 않았다.
11) 전단벽의 전단강도는 개구부의 면적에 반비례하였다.

12) 요구되는 전단벽의 최소강도는 500kgf 정도로 볼 수 있으며 전단벽의 최소 나비는 900mm 정도로 볼 수 있었다.
13) 개구부 절단 높이에서 남아있는 전단벽면의 나비가 900mm 이하인 경우에는 전단강도가 감소하였다.

다) 3차년도 연구 결과 요약

1) 수평격판의 수직하중 저항 성능이 수직격판보다 2 ~ 3배 정도 높은 것으로 나타났다.
2) 수평격판에서 접착제가 사용되지 않은 경우보다 접착제가 사용된 경우에 변위의 양은 적어지고 강성은 증가하는 경향을 나타내었다.
3) 접착제가 사용되지 않은 경우에는 초기 강성에서 점차 변위가 증가할수록 강성이 빠르게 감소하는 경향을 나타내었으며 접착제가 사용된 경우에는 강성의 감소폭이 크지 않고 오히려 5 ~ 10mm의 변위에서 강성이 약간 상승하는 경향을 나타내었다.
4) 못의 크기는 수평격판의 저항력에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.
5) 국산 내수 MDF의 경우에 OSB보다 약간 높은 강성을 나타내었다.
6) 외기 노출 시험에서 국산 내수 MDF 바닥 덮개는 OSB 또는 합판에 비하여 판재의 긴 축 방향 변형이 높게 나타났고 짧은 축 방향의 변형은 비슷한 것으로 나타났다.
7) 국산 내수 MDF를 바닥덮개로 사용하는 경우에는 긴 축 방향으로 판재와 판재 사이에 6mm의 공간을 주어야 할 것으로 판단된다.
8) 경골목조주택의 패널화 공법에 의하여 25평 정도 규모의 시작품 주택 구조부를 하루만에 조립하였으며 그 결과 패널화 공법이 구조부의 현장 노동 시간을 현장 건축 공법에 비하여 1/10~1/14 정도로 단축할 수 있는 것으로 나타났다.
9) 패널화 공법에서 벽구조는 2,400mm 높이에 2,400mm 나비의 패널로 나누는

것이 합당한 것으로 판단된다.

10) 패널화 공법에서 바닥구조, 천장구조 및 지붕구조는 2,400mm 나비에 2,400mm 길이를 기본으로 하되 도면에 따라서 이들 구조를 지지하는 지점 사이의 거리를 고려하여 결정하여야 한다.

2. 협동과제

협동과제에서는 패널화 경골목조건축 공법의 가장 기본적인 접합 방법인 못접합에 대한 기본적인 강성 및 강도 시험을 실시하였으며 1년차에는 소나무 못접합부에 대한 시험을 실시하였고 2년차에는 낙엽송과 잣나무 못접합부에 대한 시험을 실시하였으며 3년차에는 수평격판에 사용되는 못접합부의 성능 시험을 실시하였다.

가) 1차년도 연구 결과 요약

1) 경골목조 의 벽 덮개재료인 OSB와 합판에 대한 휨시험 결과 합판의 휨강도가 더 우수한 것으로 나타났으며 두께팽윤율은 합판이 적은 것으로 나타났다.

2) 못뽑기 저항력은 OSB가 합판보다 우수하였으며 못의 직경이 증가할수록 못뽑기 저항력이 증가하는 경향을 나타내었다.

3) 습윤시 못뽑기 저항력은 급격히 감소하였으며 습윤한 환경에서는 못의 직경에 따른 저항력의 차이도 크지 않은 것으로 나타났다.

4) 못머리 관통력 시험 결과는 OSB가 합판보다 높은 것으로 나타났으며 침지처리를 한 경우에는 합판과 OSB 모두 강도가 1/2 가까이 감소하였다.

5) 덮개재료에 대한 못지압시험 결과는 OSB가 합판보다 높은 것으로 나타났으며 침지처리를 한 경우에는 합판과 OSB 모두 강도가 1/2 가까이 감소하였다.

6) 구조부재에 대한 못지압시험 결과는 섬유방향에서 섬유직각방향보다 2배 이상

높은 값을 나타내었으며 못의 직경이 증가할수록 강도도 증가하는 결과를 나타내었다.

7) 못접합부에 대한 전단시험 결과는 OSB와 합판이 유사한 강도를 나타내었으며 최대하중에 대한 비례한도하중의 비는 모든 경우에 2/3 정도를 나타내었다.

나) 2차년도 연구 결과 요약

1) 구조부재에 대한 못지압 시험 결과는 낙엽송이 가장 우수하였고 잣나무는 수입 수종인 S-P-F와 비슷한 결과를 나타내었다.

2) 구조부재에 대한 못뽑기저항력 시험 결과는 낙엽송이 가장 우수하였고 다음으로 잣나무, S-P-F의 순서로 나타났다.

3) 목재-덮개재료 못접합부의 1면전단 시험에서는 합판과 OSB 덮개재료에 대하여 낙엽송이 가장 우수한 것으로 나타났고 다음으로 S-P-F 및 잣나무의 순서로 나타났다.

4) 목재-덮개재료 못접합부의 2면전단 시험에서는 1면전단 시험과 유사한 결과를 나타내었다.

5) 목재-목재 못접합부의 2면전단 시험 결과는 낙엽송이 가장 우수하였고 잣나무는 S-P-F와 유사한 결과를 나타내었다.

다) 3차년도 연구 결과 요약

1) 목재-목재 못접합부의 못뽑기 저항력은 최대하중까지 거의 직선적으로 증가하는 경향을 나타내었으며 잣나무의 경우에는 못머리가 구조부재 내에 함입된 상태에서도 계속 일정 하중을 지지하는 경향을 나타내었다.

2) 목재-목재 못접합부의 못뽑기 저항은 낙엽송이 가장 큰 것으로 나타났으며 잣나무는 S-P-F와 유사한 결과를 보였으나 강도의 변이 폭은 S-P-F가 더 크게 나타

났다.

3) 목재-덮개재료 못접합부의 못뽑기 저항력은 낙엽송이 가장 높은 값을 나타내었으며 다음으로 S-P-F와 잣나무의 순서로 나타났다.

4) MDF를 덮개재료로 사용한 경우가 OSB보다 약간 높은 값을 나타내었으며 못머리의 함입현상이 OSB에서는 관찰되었으나 MDF에서는 나타나지 않았다.

5) 목재-목재 못접합부의 전단 시험 결과는 낙엽송이 가장 높은 강도를 나타내었고 다음으로 S-P-F 및 잣나무의 순사로 나타났다.

6) 목재-덮개재료 못접합부의 전단 시험 결과는 낙엽송이 가장 높은 강도를 나타내었고 다음으로 S-P-F 및 잣나무의 순서로 나타났으나 그 차이는 크지 않았다.

7) 목재-덮개재료 못접합부의 전단강도는 MDF 덮개가 OSB 덮개보다 더 높은 값을 나타내었다.

8) 바닥패널구조의 휨시험에서 낙엽송이 가장 작은 처짐을 나타내었으며 MDF 덮개가 OSB 덮개보다 작은 처짐을 나타내었다.

9) 국산 내수 MDF는 기존에 바닥덮개로 사용하던 OSB에 비하여 여러 가지 강도 성능 측면에서 우수한 것으로 판단된다.

3. 위탁과제

위탁과제에서는 목조주택의 덮개재료로 사용할 수 있는 목질 판재를 국내에서 생산하기 위하여 내수 MDF를 개발하고 그 물성을 시험하였다. 내수 접착제로는 기존의 멜라민 수지(MF)와 내수 MDF 제조를 위하여 개발된 탄닌-멜라민 공축합수지(TF)를 사용하여 각각의 수지로 제조된 판재의 물성을 비교 분석하였다.

가) 1차년도 연구 결과 요약

1) 내수 MDF의 기본 제조공정은 일반 MDF와 동일하며 다만 접착제 혼합공정에

서 일반 접착제 대신에 내수성 접착제가 사용된다.

2) TF로 제조된 MDF의 비중은 0.85로써 MF로 제조된 MDF의 비중 0.92보다 낮은 값을 나타내었다.

3) TF 수지의 경우가 MF수지의 경우보다 KS F 3200의 U형 시험, M형 시험 및 P형 시험에서 모두 휨강도와 접착력이 높게 나타났다.

4) 두께 팽창율과 수분 흡수율은 U형 시험에서는 TF가 MF보다 높게 나타났으나 M형 시험에서는 TF가 오히려 낮게 나타났고 P형 시험에서는 감소폭이 더욱 크게 나타났다.

5) 포름알데히드 방산량은 TF와 MF가 모두 E1 등급에 해당하는 것으로 판단된다.

6) TF 수지의 경우에는 접착제 가격을 톤당 140,000원 정도 절감할 수 있으며 이를 사용함으로써 생산성의 감소는 없는 것으로 평가되었다.

나. 연구개발결과 활용 계획 및 활용에 대한 건의

1. 발표 실적

1) 한국목재공학회 2000년 춘계 학술발표대회에서의 논문 발표. 2000년 4월 21-22일, 임업연구원.

2) 한국목재공학회 2001년 춘계 학술발표대회에서의 논문 발표. 2001년 4월 20-21일, 임업연구원.

3) 제 5회 세계목구조학술회의(World Conference on Timber Engineering)에서의 논문 발표. 2000년 7월 31일-8월 3일, 밴쿠버, 캐나다.

4) 패널화 목조건축 공법에 대한 세미나 개최 및 각종 기술세미나에서의 발표

5) KS F 2153(목구조 철물접합부의 전단 시험 방법) 규격 개발

6) KS F 2154(경골목조 전단벽의 전단 시험 방법) 규격 개발

2. 홍보 실적

1) 2001년 7월 5일(목). 강원일보. 16면에 국산 패널화 목조주택에 대한 기사 게재.
2) 2001년 8월 23일(목). 강원일보. 16면에 국산 패널화 목조주택에 대한 기사 게재.
3) 2001년 8월 24일(금). 강원도민일보. 17면에 국산 패널화 목조주택에 대한 기사 게재.
4) 2001년 8월 23일(목). 삼척 MBC 방송 저녁뉴스. 국산 패널화 목조주택에 대한 기사 방송.

3. 사업화

1) 참여기업인 대림이엔씨(주)에서 중소기업진흥공단에 패널화 공장 창업자금 5억 신청

4. 연구 결과 활용 계획

1) 연구의 결과를 정리하여 국내 및 국외 저명 학술지에 논문 게재
2) 국내 및 국외 학술회의에서 논문 발표
3) 각종 세미나에서 연구 결과 발표 및 홍보
4) 패널화 공장의 창업을 위한 상담 및 기술 이전
5) 시작품으로 제작된 패널화 목조주택의 장기적인 하자 발생에 대한 관찰 실시
6) 경골목조주택 구조부의 시공 표준 KS 규격 개발

5. 연구결과 활용에 대한 건의

연구결과를 각 도서관 및 유관 기관에 배포하였으며 참여기업인 대림이엔씨(주)에서 창업을 위한 준비를 하고 있다. 그러나 경제 침체가 장기간 계속되고 앞으로 가까운 시일 내에 경제가 호황으로 되살아날 가능성이 매우 낮기 때문에 창업의 시기가 늦어질 전망이다. 패널화 공장을 운영하기 위해서는 최소한 한 공장에서 연간 100세대 이상의 주택을 제작하여야 경제성이 있을 것으로 생각되며 이러한 규모가 달성되기 위해서는 앞으로 우리나라의 목조주택 시장이 더욱 활성화되어야 할 것으로 생각된다. 따라서 패널화 공장 창업의 어려움이 예상되며 창업을 하더라도 경쟁력을 갖기 위한 기간이 상당 기간 필요할 것으로 생각된다. 이러한 문제를 극복하기 위해서는 이 연구의 결과를 활용하는 기업에 기술료를 상당 기간 면제하여야 할 것이며 가능하다면 이 연구의 결과는 참여기업이 우선권을 가지고 사용할 수 있도록 하여야 할 것으로 생각된다.

여 백

SUMMARY

Ⅰ. Title

Development of panelized wood construction method using domestic wood-based materials

Ⅱ. Objectives

In our country, around 65% of land is forest area but most of raw material for wood industry is dependent upon import from foreign countries because there is not enough forest resources. Wood construction industry is also dependent upon foreign countries for construction technology as well as raw materials. Therefore, many companies were bankrupted or are suffering from increased raw material prices caused by economic crisis in late 1997.

To overcome this difficulty, companies should concentrate their effort to develop new technology and new market opportunity based on new technology. Wood-based panel industry may develop MDF or PB panels that can be used as construction materials for various buildings to overcome shrinkage of markets for furnitures and interior design. Wood construction industry may try to use domestic materials and to develop new construction technology which can make that company competitive in construction market.

Demand for wood housing has been continuously increased since 1990's because people wanted more comfortable and pleasant residence as their personal income increased. Even though economic crisis makes temporarily wood construction market dwindle and demand for better living environment

looks almost to be disappeared at the present time, it is expected that wood construction market grow rapidly and demand for better living environment be revived whenever the economy is picking up.

Technological level of domestic wood construction industry is very low when compared to foreign companies because light-frame wood construction technique was nor developed domestically but imported from the United States. Therefore, domestic wood industry must concentrate their effort to increase their competitiveness by developing new and creative construction technology.

Domestic wood construction industry is affected by foreign exchange rate because their raw materials are mostly dependent upon imports from foreign countries. Domestic woods have possibility for using as structural members for wood construction but their stiffness and strength properties must be evaluated and performance of nailed joints for them must be measured before used for wood construction.

Competitiveness in wood construction market is largely dependent upon labor cost as well as raw materials. Therefore, many countries make efforts to develop panelized construction technology to reduce construction duration and labor cost in the field. However, panelized wood construction method has not been studied at all so far and some companies tried to apply this technique in the field without any effort for technological development and their trials were failed.

Panelized wood construction technique can be applied to domestic market and also to export market to Japan and China. For the markets of Japan and China, our country has advantage compared to the U.S. or Canada in the view points of transportation cost because our country is much closer to these

markets than any other countries. The volume of panelized components is greater than raw materials and, therefore, the cost for transportation may be critical factor for competitiveness.

In this study, technology of using domestic wood-based materials for wood construction and panelized wood construction method will be developed, and nailed joints with domestic wood members will be tested. This study is expected to contribute for expansion of wood construction market and for increase of competitive power of domestic wood construction industry by developing our own panelized wood construction technology.

Ⅲ. Research content and scope

1. Section A

In this Section, the following researches has been performed: Performance tests of vertical and horizontal diaphragms that are the basic modules for panelized construction and development of panelized light-frame wood construction method.

a. 1st year

- Performance tests for vertical diaphragms

b. 2nd year

- Improvement of the performance of vertical diaphragms

c. 3rd year

- Performance tests of horizontal diaphragms and development of panelized

light-frame wood construction method

2. Section B

In this Section, tests were performed for nailed joints which are the most basic and important units in light-frame wood buildings.

a. 1st year

- Performance tests of nailed joints with red pine lumber

b. 2nd year

- Performance tests of nailed joints with larch and Korean white pine lumber

c. 3rd year

- Performance tests of nailed joints for horizontal diaphragm

3. Section C

In this Section, water-resistant MDF was developed and their physical properties were analysed to estimate the possibility of using them for sheathing of wood housing.

a. 1st year

- Development of water-resistant MDF for sheathing of wood housing

Ⅳ. Results and application

1. Section A

In the 1st year, racking tests were performed for 2,400mm×2,400mm units of vertical diaphragm which are considered to be the basic module for the development of panelized wood construction method. In the 2nd year, the methods of improving performance of vertical diaphragms were developed, tested and evaluated. In the 3rd year, lateral force resistance tests were performed for horizontal diaphragm units of 2,400mm×2,400mm, vertical and horizontal diaphragm units were exposed to cycling environment of wetting and drying, and panelized wood construction method was developed and applied to construct a trial house.

a. Summary of the research results for the 1st year

1) Load-displacement diagram obtained from racking tests of vertical diaphragms can be expressed by three straight lines, and OSB sheathing was stronger than plywood sheathing.

2) Stiffness of vertical diaphragms decreased as the spacing between studs increased.

3) Within the small displacement range of ±0.25~±2.5mm, linear relationships between load and displacement were observed.

4) ±20mm was considered as the limit value of displacement within which the vertical diaphragms can act as lateral force resisting elements.

5) Displacement of the center of stud was proportional to that of the top of stud during the tests, which shows that studs in vertical diaphragms keep

straight under lateral loads.

b. Summary of the research results for the 2nd year

1) Failures of vertical diaphragms with structural panel sheathing were mainly caused by bending and withdrawal of nails, and nail head pull- through.

2) When displacement of vertical diaphragms increased, difference between displacements of studs and sheathing increased and the load was resisted mainly by nails at that stage.

3) Vertical diaphragms with gypsum board sheathing showed reasonable strength when nail spacings were reduced to 100mm along edge and 200mm in the field, and their stiffness and strength were increased to similar values to structural panel sheathing if gypsum board screws or nails for shingle were used instead of nails to attach gypsum boards.

4) When gypsum boards were used to make vertical diaphragms, failures were mainly developed at corners of gypsum boards.

5) In the vertical diaphragms with large openings, failures were developed at OSB section remaining after cutting openings, which implied that the minimum width of sheathing shall be kept to 900mm.

6) Maximum strengths were reached at displacement of 40~50mm under monotonically increasing load functions.

7) Studs in vertical diaphragms kept straight during tests even when total displacements of diaphragms were increased.

8) Under cyclic loads, maximum strengths were reached at the displacement of 20~30mm.

9) Racking strength of vertical diaphragms was proportional to the width of diaphragms.

10) Position of opening in diaphragms has little effect on the performance of diaphragms under lateral loads.

11) Racking strength of vertical diaphragms was inversely proportional to the total area of openings.

12) The minimum required racking strength for vertical diaphragms was considered as 500kgf which was recognized to correspond to the minimum width of vertical diaphragm of 900mm.

13) At the height of openings, racking strength was reduced when the remailing width of sheathing after cutting openings was less than 900mm.

c. Summary of the research results for the 3rd year

1) Lateral force resisting strengths of horizontal diaphragms were 2~3 times higher than those of vertical diaphragms.

2) In horizontal diaphragms, displacement was reduced and stiffness was increased when adhesive was used between frames and sheathing.

3) Initial stiffness of diaphragms without adhesive decreased rapidly as displacement increased, but, for diaphragms with adhesive, the decrease of stiffness was not so significant and stiffness increased slightly at the displacement of 5~10mm.

4) Size of nails has little effect on the performance of horizontal diaphragms under lateral loads.

5) Domestic water-resistant MDF sheathing showed higher stiffness than OSB sheathing.

6) In the exposure tests to cycling environment of wetting and drying, domestic MDF sheathing showed larger longitudinal deformation than OSB and plywood sheathing and transverse deformation was similar to each other.

7) When using domestic MDF as floor sheathing, spacing between panels shall be increased to 6mm in the longitudinal direction.

8) A trial house of floor area of around $75m^2$ was assembled in one day by panelized construction method developed in this study, which was considered to be able to reduce field labor to 1/10 ~ 1/14 when compared to conventional field construction method.

9) The basic module size of vertical diaphragm was considered 2,400mm× 2,400mm as being suitable for panelized construction method.

10) In panelized construction method, the module sizes for floor, ceiling and roof structures might be 2,400mm×2,400mm but the length shall be determined depending on drawings after considering the span of each structure.

2. Section B

In Section B, stiffness and strength of nailed joints, which are the most basic connection method in light-frame wood construction, were measured and evaluated. In the 1st year, tests were performed for nailed joints with red pine lumber. In the 2nd year, nailed joints with larch and Korean white pine lumber were tested and nailed joints included in horizontal diaphragms were tested in the 3rd year.

a. Summary of the research results for the 1st year

1) Bending strength of plywood was higher than OSB and thickness swelling was smaller for plywood.

2) Nail withdrawal resistance was greater for OSB than for plywood and

increased as diameter of nail increased.

3) In the wet environment, nail withdrawal resistance decreased rapidly and the difference of withdrawal resistance depending on nail diameter was not significant.

4) As the results of nail head pull-through tests, the strength of OSB was higher than plywood and the strength reduced to around 1/2 in the wet environment.

5) Nail embedding tests for sheathing materials showed that OSB was stronger than plywood and the strength reduced to around 1/2 in the wet environment.

6) In nail embedding tests for structural lumber, strength in the direction parallel to grain was greater than 2 times the strength in the direction perpendicular to grain and strength increased as diameter of nails increased.

7) Shear tests for nailed joints showed similar results for both OSB and plywood and the ratio of proportional limit load to maximum strength was around 2/3 for all the cases.

b. Summary of the research results for the 2nd year

1) Larch lumber showed the highest nail embedding strength and the strength of Korean white pine lumber was similar to that of S-P-F lumber.

2) In nail withdrawal tests, larch lumber was strongest and S-P-F lumber was weakest among three species used for the tests.

3) In single shear tests for nailed joint between lumber and sheathing, larch lumber and Korean white pine lumber showed the highest and the lowest strength values, respectively.

4) Double shear tests for nailed joints showed similar results to single shear

tests.

5) In double shear tests for lumber to lumber joints, larch was strongest among three species used for the tests, and Korean white pine and S-P-F showed similar to strength values.

c. Summary of research results for the 3rd year

1) In the nail withdrawal tests for lumber to lumber nailed joints, linear load-displacement relationship was observed up to the maximum strength, and Korean white pine showed continued resistance even after subsidence of nail head into sheathing surfaces.

2) In the nail withdrawal tests for lumber to lumber nailed joints, larch was strongest among three species used for the tests, and the resistances of Korean white pine and S-P-F were similar to each other but S-P-F showed more variation in the test results.

3) In the nail withdrawal tests for lumber to sheating nailed joints, larch and Korean white pine were strongest and weakest, respectively, among three species used for the tests.

4) MDF sheathing was stronger than OSB sheathing, and nail head subsided into OSB surfaces but no subsidence of nail head was observed for MDF sheathing.

5) In the shear tests for lumber to lumber nailed joints, larch was strongest and Korean white pine was weakest among three species used for the tests.

6) In the shear tests for lumber to floor sheathing nailed joints, larch showed the highest strength, and Korean white pine and S-P-F showed similar strength.

7) Shear strength of nailed joints between lumber and MDF sheathing was

higher than that of lumber to OSB sheathing.

8) In bending tests of floor panel structures, larch showed the least deflection and the deflection of MDF sheathing panels was less than that of OSB sheathing panels.

9) Domestic water-resistant MDF was considered to be better as floor sheathing in terms of stiffness and strength when compared to conventional OSB sheathing.

3. Section C

In this Section, water-resistant MDF manufactured with tannin adhesive was developed to use for sheathing of wood housings and their physical properties were tested and compared to the test results of MDF manufactured with conventional melamine adhesive.

a. Summary of the research results for the 1st year

1) The manufacturing process of water-resistant MDF was the same as that for the conventional MDF except that water-resistant adhesive is used instead of conventional adhesive in the mixing process of adhesive.

2) Specific gravity of MDF manufactured with tannin adhesive(TF) was 0.85 which was less than the specific gravity of MDF manufactured with melamine adhesive(MF) of 0.92.

3) MDF with TF showed higher bending strength than MDF with MF in the U-type, M-type and P-type tests of KS F 3200.

4) In the tests for thickness swelling and moisture absorption for boards, MDF with TF showed higher values than MDF with MF for U-type tests, but,

for M-type tests, MDF with TF showed lower values than MDF with MF and the difference increased for P-type tests.

5) In the diffusion tests of formaldehyde for board, both MDF with TF and MF were considered to be E1 grade.

6) By using TF adhesive for manufacturing water-resistant MDF, cost reduction for adhesive was estimated to be around 140,000won/ton and it was evaluated that there was no reduction of productivity by using TF adhesive.

CONTENTS

Submission document ---- 1

Korean summary ---- 3

Ⅰ. Title ---- 3

Ⅱ. Objectives ---- 3

Ⅲ. Research contents and scope ---- 5

Ⅳ. Results and application ---- 7

English summary ---- 17

English contents ---- 29

Contents ---- 31

Ⅰ. Introduction ---- 33

Ⅱ. Development of water-resistant MDF ---- 37

1. Introduction ---- 37

2. Materials and method ---- 39

3. Results and discussion ---- 41

4. Conclusions ---- 45

5. References ---- 46

Ⅲ. Evaluation of the performance of nailed joints ---- 47

1. Introduction ---- 47

2. Theoretical background ---- 49

3. Materials and method ---- 54

4. Results and discussion ---- 81

5. Conclusions ---- 120

6. References ---- 126

Ⅳ. Evaluation of the performance of diaphragms ---------- 131
1. Introduction ---------- 131
2. Materials and method ---------- 133
3. Results and discussion ---------- 145
4. Conclusions ---------- 205
5. References ---------- 209
Ⅴ. Panelized light-frame wood construction method ---------- 213
1. Introduction ---------- 213
2. Standard for panelized light-frame wood construction method --- 216
3. Construction of a trial house ---------- 247

목 차

제출문 ---------- 1

요약문 ---------- 3

Ⅰ. 제목 ---------- 3

Ⅱ. 연구의 목적 및 중요성 ---------- 3

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위 ---------- 5

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의 ---------- 7

영문 요약 ---------- 17

영문 목차 ---------- 29

목차 ---------- 31

제 1장 서론 ---------- 33

제 2장 덮개재료용 내수 MDF의 개발 ---------- 37

Ⅰ. 서설 ---------- 37

Ⅱ. 재료 및 방법 ---------- 39

Ⅲ. 결과 및 고찰 ---------- 41

Ⅳ. 결론 ---------- 45

Ⅴ. 참고문헌 ---------- 46

제 3장 못접합부의 성능 평가 ---------- 47

Ⅰ. 서설 ---------- 47

Ⅱ. 이론적 배경 ---------- 49

Ⅲ. 재료 및 방법 ---------- 54

Ⅳ. 결과 및 고찰 ---------- 81

Ⅴ. 결론 ---------- 120

Ⅵ. 참고문헌 ---------- 126

제 4장 격판의 성능 평가 ---------- 131
Ⅰ. 서설 ---------- 131
Ⅱ. 재료 및 방법 ---------- 133
Ⅲ. 결과 및 고찰 ---------- 145
Ⅳ. 결론 ---------- 205
Ⅴ. 참고문헌 ---------- 209
제 5장 패널화 경골목조건축공법 ---------- 213
Ⅰ. 서설 ---------- 213
Ⅱ. 패널화 경골목조건축공법의 표준 ---------- 216
Ⅲ. 시작품 제작 ---------- 247

제 1장 서론

우리 나라는 전 국토의 약 65%가 산림지역이면서도 목재자원의 조성이 빈약하여 목재산업의 원자재 해외 의존도가 매우 높다. 이와 같이 원자재의 높은 해외 의존도는 여러 가지 주변 상황의 변화에 따라서 관련 산업의 발전에 커다란 걸림돌이 되고 있다. 예를 들면 1997년 말부터 닥치기 시작한 고환율 시대에는 원자재 가격의 폭등이 초래되고 이로 말미암아 국내 목재산업계는 원가 상승과 내수 부진이라는 이중고를 겪으면서 많은 업체들이 도산하거나 존폐의 위기에 처하게 되었다.

목재 산업은 원자재뿐만 아니라 관련 기술의 해외 의존도도 매우 높으며 자체적으로 축적된 기술 수준이 낮아서 외국기업에 비하여 경쟁력이 뒤떨어지고 있다. 앞으로 시장 개방과 국가 사이에 무역 장벽이 없어지는 자유무역 시대를 맞이하여 빠른 시일 내에 독자적인 기술 영역을 구축하지 않으면 우리나라의 목재산업계는 존립 자체가 위협받게 될 것이다.

현재 우리나라의 목재산업 분야는 크게 원자재 무역, 목재가공, 목질판상재료, 가구, 목조건축, 펄프, 제지 등의 분야로 나눌 수 있다. 이 중에서 목질판상재료 분야는 원자재의 해외 의존도는 높지만 저급의 목재를 사용하고 국내에서 유통되는 제품 중에서 많은 양이 국내 생산시설을 통하여 제조됨으로써 부가가치가 높고 인력 고용의 효과도 매우 높은 분야이다. 현재 목질판상재료는 주로 MDF, PB 및 침엽수 합판 제조산업을 중심으로 발달되고 있으나 기존의 시장은 점차 축소되고 외국산 목질판상재료의 수입이 증가되고 있으며 여기에 국내 업체끼리의 과도한 소모적 경쟁이 더하여져서 목질판상재료업계의 어려움을 더욱 가중시키고 있다.

따라서 이러한 어려움을 극복하기 위해서는 기존의 시장 내에서의 과도한 경쟁보다 새로운 기술을 개발하고 이를 바탕으로 새로운 시장을 개척함으로써 제

품의 용도를 다양화할 필요가 있다. 특히 고층 아파트 또는 상업용 건물의 바닥재, 내장재 등과 같은 건축자재로 사용할 수 있는 품질을 갖춘 MDF 및 PB 제품의 개발과 이에 합당한 용도의 개발을 통하여 가구 및 실내장식 시장의 위축을 극복해 나아갈 수 있을 것이다. 환율 상승으로 인한 원가의 상승은 고부가가치의 제품 개발을 통하여 흡수할 수 있는 방안이 강구되어야 할 것이다.

목조건축은 1990년대 들어서 우리나라에 본격적으로 도입되기 시작한 분야로서 아직까지는 원자재 및 기술의 해외 의존도가 매우 높은 산업이다. 따라서 목조건축 분야에서의 국내 기술 개발은 시급히 해결하여야 할 과제라고 볼 수 있다. 1990년대 들어서면서 우리나라의 경제 사정이 호전되고 1인당 국민소득이 높아지면서 보다 편하고 쾌적한 주거환경을 원하는 사람들의 욕구가 높아지고 이에 따라서 목조주택의 도입이 늘어나고 그 시장 규모가 서서히 증가되어 왔다. 비록 현재는 1997년 말부터 닥치기 시작한 경제위기로 인하여 목조건축의 시장이 급격히 축소되고 보다 나은 주거환경에 대한 사람들의 욕구도 일시적으로 가라앉은 상태이지만 지금의 경제상황이 호전되면 언제라도 이러한 욕구가 되살아나고 목조주택에 대한 수요도 급격히 증가될 것으로 예상된다.

현재 우리나라에 보급되고 있는 현대식 목조주택은 국내에서 개발되고 발전된 공법이 아니기 때문에 국내업체들의 기술 수준은 매우 낮은 실정이다. 따라서 현재 업계의 기술 수준에서 건축 시장이 전면 개방된다면 국내 목조주택 시공산업뿐만 아니라 목조건축 자재의 공급도 완전히 외국 기업들에게 점령당하게 될 것이다. 따라서 가능하면 빠른 시일 내에 국내 목조건축업계의 기술 수준을 높이고 우리나라만의 고유한 기술을 개발함으로써 목조건축 산업의 경쟁력을 확보하여야 할 것이다.

목조건축 산업에 대한 구조용 목재의 공급은 거의 수입에 의존하고 있다. 따라서 환율의 급격한 상승은 수입가격의 급격한 상승을 초래하고 이로 인하여 건축단가가 상승함으로써 목조건축이 국내의 건축시장에서 경쟁력을 잃게 되었다. 아직까지는 국산목재의 공급량이 제한되어 있기는 하지만 국산재의 구조용재로

서의 활용 가능성이 매우 높은 것으로 생각된다. 그러나 국산재를 구조용으로 활용하기 위해서는 먼저 구조용재로서의 등급 구분 및 등급별 구조성능에 대한 평가가 선행되어야 하며 국산재를 구조용재로 하는 못접합부의 성능 평가가 선행되어야 할 것이다.

목조건축 시장에서의 경쟁력 확보는 원자재 공급의 측면도 중요하지만 인건비 절감이 더욱 중요한 요소이다. 따라서 세계적인 추세는 패널화 공법의 개발을 통한 건축기간의 단축과 인력의 절감을 위하여 노력하는 방향으로 나아가고 있다. 아직까지 우리나라에서는 패널화 주택의 시공법이 전혀 개발되어 있지 않으며 일부업체에서 시도한 바는 있지만 전혀 기술 축적이 되어 있지 않은 상태에서 심각한 시행착오를 겪고 포기하기도 하였다.

패널화 주택은 국내 시장에서의 인력 절감뿐만 아니라 수출 시장의 개척도 가능할 것으로 예상된다. 목재 원자재에 비하여 패널화 자재는 부피가 크기 때문에 운반비가 많이 소요된다. 따라서 가까운 일본 시장을 대상으로 하는 경우에 멀리 떨어진 미국이나 캐나다에 비하여 우리나라가 지리적으로 훨씬 가깝기 때문에 운반비 부담이 적고 운송 기간이 적게 소요되어 상대적으로 높은 경쟁력을 갖게 될 것으로 생각된다. 일본의 목조건축 시장은 연간 약 70만 ~ 80만호에 이르며 이 중에서 약 15만호 정도가 현대식 목조주택 시장으로서 그 규모가 매우 크다. 이러한 현대식 경골목조주택의 거의 대부분이 현재는 북미지역으로부터 수입되고 있기 때문에 운반비와 운반 기간이 과다하게 소요되는 문제점을 안고 있다. 따라서 우리나라가 비록 원자재는 수입에 의존하지만 패널 제작 기술 및 시공기술을 개발한다면 일본 시장의 개척도 가능할 것으로 생각된다.

목조건축의 수출 시장 개척 가능성은 일본뿐만이 아니라 중국의 경우에도 매우 높다고 할 수 있다. 중국은 10억의 많은 인구가 있으며 앞으로 경제 성장의 잠재력이 매우 높기 때문에 주택 시장의 확대 가능성도 매우 높다고 할 수 있다. 따라서 중국에 대하여도 지리적으로 비교적 가까운 위치에 있는 우리나라가 목조주택 수출에 있어서 유리한 입장에 있다고 할 수 있다. 따라서 일본 시장이나

중국 시장의 개척을 위하여도 패널화 주택에 관한 기술의 개발은 꼭 필요한 분야라고 할 수 있다.

이 연구에서는 국내 생산 목질판상재료를 건축자재로 활용하는 기술, 국산재를 구조용재로 사용한 못접합부의 성능 평가 그리고 패널화 목조주택 제작 및 시공 기술에 관한 연구를 수행하고자 한다.

제 2장 덮개재료용 내수 MDF의 개발

제 1절 서설

현재 우리나라에서 사용되는 목조건축용 덮개재료에는 내수성 접착제로 제조된 합판이나 OSB가 사용되고 있으며 이들은 전량 수입에 의존하고 있다. 따라서 이들 재료의 국내 가격 결정에 외국에서의 시장 상황과 국제 환율이 매우 큰 영향을 미치고 있으며 이로 인하여 국내의 목조건축 재료 시장이 불안전한 상태로 유지되고 있는 실정이다. 따라서 국내에서 사용되는 목조건축용 덮개재료를 국내에서 제조된 제품으로 사용할 수 있다면 원자재의 자급자족이라는 측면뿐만 아니라 외환 절약, 원자재의 공급 및 가격의 안정 등의 측면에서 매우 유리할 것으로 생각된다.

국내의 목질판상재료 시장은 이미 포화상태에 이르러 각 업체들마다 과도한 경쟁을 치르고 있으며 이로 인하여 시장 상황 및 가격의 불안정이 초래됨으로써 소비자나 공급자가 모두 피해를 보고 있다고 할 수 있다. 따라서 기존의 시장 내에서의 업체간의 과도한 경쟁보다는 새로운 제품 개발에 주력함으로써 새로운 시장을 개척한다면 국가경제 및 업체 자체의 이익을 위해서도 매우 유리할 것으로 생각된다. 이러한 측면에서 목조건축용 덮개재료로 사용될 수 있는 내수 MDF의 개발은 포화상태의 국내 목질판상재료 시장에 새로운 돌파구를 마련할 수 있을 것으로 생각된다.

MDF는 소경재나 불균일한 형태 및 품질의 목재를 원자재로 사용한다는 측면에서 귀중한 산림자원을 가장 효율적으로 활용하는 분야라고 할 수 있다. 우리나라와 같이 산림자원의 조성이 빈약하고 간벌 소경재 위주로 생산되고 있는 현실에서는 가장 적합한 산업이라고 할 수 있을 것이다. 그러나 MDF는 일반적으로 수분에 취약하며 휨강도가 떨어지는 특성을 지니고 있기 때문에 목조건축용 덮

개재료로서 사용하기가 힘든 것으로 평가받고 있다. 따라서 MDF를 목조건축용 덮개재료로 사용하기 위해서는 이러한 약점을 보완하여야 할 것으로 생각된다.

MDF의 장점 중의 하나는 비교적 품질이 떨어지는 목재로부터 제조되기 때문에 다른 목질판상재료에 비하여 가격이 저렴하다는 것을 들 수 있다. 그러나 내수성이 강화된 제품을 생산하기 위해서는 멜라민이나 페놀과 같은 내수성 접착제의 사용이 필수적이며 이로 인하여 내수 MDF의 가격이 상승하는 결과가 초래됨으로써 OSB나 합판에 대한 가격경쟁력의 우위를 점할 수 없게 될 것이다. 또한 이들 내수성 접착제는 원자재 또는 제품 자체를 수입에 의존하기 때문에 역시 대외 의존도가 높은 제품이라는 단점을 안고 있다.

이러한 내수성 접착제의 높은 가격 및 제품의 대외의존도가 높다는 단점을 극복하기 위해서 이 연구에서는 국내에서 저렴하게 생산될 수 있는 탄닌-멜라민 공축합수지를 사용한 내수 MDF를 개발하고자 하며 그 물성을 측정하여 기존의 멜라민수지 MDF와 비교함으로써 목조건축용 덮개재료로서의 사용 가능성을 평가하고자 한다.

제 2절 재료 및 방법

1. 재료

내수 MDF의 제조를 위하여 일반 MDF의 제조에서 사용되던 여러 가지 침엽수 수종이 혼합된 목재칩을 사용하였으며 목재칩 제조, 분쇄, 섬유 해리, 접착제 혼합, 성형, 열압, 냉각 등의 공정을 거쳐서 내수 MDF를 제조하였다. 내수 MDF를 제조하기 위하여 탄닌-멜라민 공축합수지를 사용하였으며 성능 비교를 위하여 일반 멜라민수지로 제조된 내수 MDF를 사용하였다. 내수 MDF의 제조를 위하여 적용된 공정은 일반 MDF의 제조 공정과 동일하였으며 다만 접착제 혼합 공정에서 일반 접착제 대신에 내수성 접착제가 사용된다는 측면에서만 차이가 나타난다.

2. 방법

가. 내수성 시험

개발된 내수 MDF의 물성 측정을 위하여 KS F 3200(섬유판)의 표준 내수성 시험 방법에 따라서 25℃(U형 시험), 70℃(M형 시험) 및 100℃(P형 시험)의 물에 2시간 동안 침지한 후 접착력 시험, 휨강도 시험 , 두께 팽창율 시험 및 흡수율 시험을 실시하였다.

나 경제성 분석

아무리 좋은 제품이라도 경제성이 없으면 실제 현장에 적용하기가 어렵기 때

문에 탄닌-멜라민 공축합수지를 사용한 내수성 MDF의 제조에 대한 경제성 분석을 실시하였다.

제 3절 결과 및 고찰

1. 내수 MDF 제조 공정

내수 MDF의 제조 공정은 그림 1-1과 같이 목재칩 제조, 분쇄, 섬유 해리, 접착제 혼합, 성형, 열압, 냉각 등의 공정으로 구성되어 있으며 이 공정들은 일반 MDF의 제조공정과 동일하다. 다만 접착제의 혼합 공정에서 일반 접착제 대신에 이 연구에서는 탄닌-멜라민 공축합수지가 사용되었다. 탄닌-멜라민 공축합 수지의 사용이 MDF 제조 공정에 생산성의 감소나 기타 다른 문제를 발생시키지는 않는 것으로 평가되었다. 다만 탄닌-멜라민 공축합수지로 제조된 MDf는 다른 MDF에 비하여 짙은 색상을 띠고 있으며 이 짙은 색상의 문제는 덮개재료로 사용하는 용도에서는 큰 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

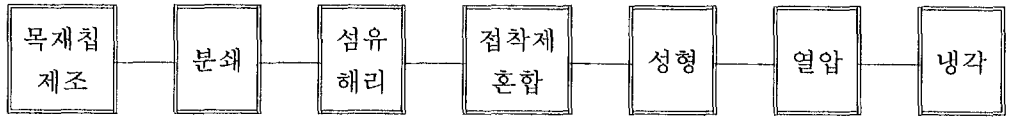


그림 1-1. 내수 MDF의 제조 공정.

2. 내수 MDF의 물성

이 연구에서 개발된 탄닌-멜라민 공축합수지로 제조된 내수 MDF(TF)와 기존의 멜라민 수지로 제조된 내수 MDF(MF)의 물성 비교 결과는 표 1-1과 같다. 표 1-1에서 보면 U형 시험의 접착력 시험에서는 TF가 MF보다 높은 접착력을 나타내었다. U형, M형 및 P형의 모든 시험에서 TF의 휨강도가 MF의 휨강도보다

높은 결과를 나타냄으로써 접착력이나 휨강도의 측면에서 TF가 MF보다 우수함을 알 수 있었다.

표 1-1의 두께 팽창율 및 흡수율 시험 결과를 보면 U형 시험에서는 TF가 MF보다 높은 두께 팽창율 및 흡수율을 나타내었으나 M형 시험에서는 오히려 낮은 값을 나타내었고 P형 시험에서는 TF의 두께 팽창율은 MF의 1/2 그리고 TF의 흡수율은 MF의 2/3 정도에 불과하였다. 따라서 수분의 영향을 MF보다 TF가 오히려 적게 받는다는 사실을 알 수 있었으나 다른 덮개재료용 목질판상재료에 비해서는 높은 값을 나타냄으로써 내수 MDF를 덮개재료로 사용할 경우에는 수분으로부터의 보호를 특별히 염두에 두어야 할 것으로 생각된다.

포름알데히드 방산량은 TF와 MF 모두 KS규격 및 EN규격에 의하여 시험하였을 때에 E1 등급에 합격할 수준인 것으로 평가되었다. 보드 제조 시의 함수율은 MF와 TF가 각각 8.3% 및 8.9%를 나타내어 큰 차이가 없었다.

표 1-1 내수 MDF의 물성 비교

구 분			E1 / 내수		
			MF	TF	물성 증감
비 중			0.92	0.85	-0.07
U형 시험	접착력(kgf/cm^2)		12.4	13.3	+0.9
	휨강도	길이방향(kgf/cm^2)	500	579	+79
		나비방향(kgf/cm^2)	482	590	+108
	두께 팽창(%)	2시간 침지	0.46	0.89	+0.43
		24시간 침지	2.94	4.95	+2.01
	수분 흡수(%)	1시간 침지	2.28	2.61	+0.33
		24시 침지	9.95	17.40	+7.45
M형 시험	휨강도(kgf/cm^2)		236	257	+21
	접착력(kgf/cm^2)		3.6	4.2	+0.6
	두께 팽창(%)		14.2	8.5	-5.7
	수분 흡수(%)		50.5	34.5	-16
P형 시험	휨강도(kgf/cm^2)		194	235	+41
	접착력(kgf/cm^2)		2.3	4.2	+1.9
	두께 팽창(%)		42.4	19.1	-23.3
	수분 흡수(%)		90.0	66.2	-23.8
HCHO 방출량	KS(mg/ ℓ)		1.5	1.8	+0.3
	EN(mg/100g)		9.0	8.9	-0.1
함수율 (%)			8.3	8.9	+0.6

3. 덮개재료로서의 성능 평가

내수 MDF를 목조건축의 덮개재료로 사용할 경우의 성능 평가는 격판 구조의 성능 평가 및 못접합부의 성능 평가 분야에서 다루게 되며 각각의 평가 항목에서 기존에 사용되던 제품들과 성능을 비교함으로써 사용 가능성이 평가될 것이다.

제 4절 결론

탄닌-멜라민 공축합수지를 사용한 내수 MDF의 제조 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 내수 MDF의 기본 제조공정은 일반 MDF와 동일하며 다만 접착제 혼합공정에서 일반 접착제 대신에 내수성 접착제가 사용된다.

2) TF로 제조된 MDF의 비중은 0.85로써 MF로 제조된 MDF의 비중 0.92보다 낮은 값을 나타내었다.

3) TF 수지의 경우가 MF수지의 경우보다 KS F 3200의 U형 시험, M형 시험 및 P형 시험에서 모두 휨강도와 접착력이 높게 나타났다.

4) 두께 팽창율과 수분 흡수율은 U형 시험에서는 TF가 MF보다 높게 나타났으나 M형 시험에서는 TF가 오히려 낮게 나타났고 P형 시험에서는 감소폭이 더욱 크게 나타났다.

5) 포름알데히드 방산량은 TF와 MF가 모두 E1 등급에 해당하는 것으로 판단된다.

6) TF 수지의 경우에는 접착제 가격을 톤당 140,000원 정도 절감할 수 있으며 이를 사용함으로써 생산성의 감소는 없는 것으로 평가되었다.

제 5절 참고문헌

1) 한국표준협회. 1997. 섬유판, KS F 3200.

2) Dix, B. and R. Marutzky. 1987. Modification of diisocyanate-based PB and plywood glues with natural polymers. pp 229-241 in "Adhesives from renewable resources", R. W. Hemingway and A. H. Conner eds. American Chemical Society, Washington D.C., USA.

3) Frisch, K. C., L. P. Rumao, and A. Pizzi. 1983. Diisocyanates as wood adhesives. pp 289-318 in "Wood adhesives Chemistry and Technology", A. Pizzi ed., Marcel Dekker, Inc.

4) Kreibich, R. E. and R. W. Hemingway. 1987. Tannin-based adhesives for finger jointing wood. pp. 203-216 in "Adhesives from renewable resources", R. W. Hemingway and A. H. Conner eds. American Chemical Society, Washington D.C., USA.

5) Marutzky, R. 1989. Release of formaldehyde by wood products. pp 307-373 in "Wood adhesives Vol. 2: Chemistry and Technology", A. Pizzi ed., Marcel Dekker, Inc.

6) Pizzi, A. 1983. Tannin-based wood adhesives. pp 213-242 in "Wood adhesives Chemistry and Technology", A. Pizzi ed., Marcel Dekker, Inc.

7) Pizzi, A. 1987. research and industrial practice with tannin-based adhesives. pp. 254-267 in "Adhesives from renewable resources", R. W. Hemingway and A. H. Conner eds. American Chemical Society, Washington D.C., USA.

8) Suomi, L. 1983. The use of bark extracts in adhesives. Research Report, Technical Research Center of Finland.

제 3장 못접합부의 성능 평가

제 1절 서설

목조건축은 1990년대 들어서면서부터 본격적으로 도입되기 시작하였으며. 사용자재 및 기술의 해외 의존도는 상당히 높은 편이다. 현재 보급되고 있는 현대식 개념의 목조주택은 국내에서 개발된 것이 아니라 외국의 시스템을 그대로 도입하여 일부 사정에 맞게 개량한 것으로 주로 경량 목구조 방식이 대부분을 차지하고 있다. 따라서 국내목조건축업계의 기술수준을 높이고 사용자재의 국산화율을 높이는 것이 급선무이며 이를 통해 목재관련 산업을 확대 발전시켜 나가야 한다. 사용자재중에서 구조용 골조부재(framing member)로는 그동안 대량 식재된 침엽수재가 그 가능성을 인정받고 있다. 또한 덮개재료(sheathing materials)용으로 주로 사용되는 수입 침엽수 합판과 OSB에 대해 내수 MDF가 시험생산되어 대체가능성을 열어놓고 있다. 이러한 상황에서 자재의 국산화와 더불어 공기를 단축하여 인건비를 절감하고 효율적인 시공시스템을 구축하기 위해 패널화 주택(panelized system)공법의 개발이 필요하나 아직 국내에서는 이 시공법이 제대로 개발되어 있지 않다. 특히 목질판넬의 생산량이 많은 국내산업계에서도 목질판넬을 건축용 자재로 활용할 수 있으면 부가가치가 높아지고 새로운 시장이 개척되므로 국내 생산자재를 활용할 수 있는 패널화공법의 도입은 국내 목재 산업계에도 크게 기여할 것으로 생각된다.

패널화공법에서 모든 구조부재는 유니트(unit)화 되므로 바닥, 지붕, 벽체구조 등이 기성화되어 현장에서 바로 조립된다. 이 구성시스템에서 각 유니트에는 목질판넬과 골조부재가 못으로 접합된 접합부가 많이 쓰인다. 패널화공법 뿐만아니라 일반 경량 목구조의 바닥구조, 지붕의 격판, 벽체구조등의 구성시스템에서도 못으로 접합된 접합부가 보편적으로 많이 쓰인다. 못 접합부의 성능은 구조체

의 성능을 지배하는 일차적인 고려사항이 되며 못 접합부가 받는 하중의 양상은 주로 접합부의 측면에서 작용하는 하중에 의한 전단력과 수직으로 작용하는 인발력이다. 전단은 각종 구조용 판넬재가 벽이나 지붕구조에 덮개재로 사용되어 측면에서 바람이나 지진하중을 받아 골조부재로 전달하는 과정에서 주로 발생하며, 못의 인발은 덮개재에 싱글이나 사이딩재를 접합할 때 매우 중요하다. 보통 못접합부의 성능시험은 전단시험위주로 이루어져 왔으나, 인발저항은 바람에 의한 상향력(wind uplift)등이 작용할 때 매우 중요한 변수로 자리배김하기도 하다.

접합부는 구조체의 연속성과 안정성을 부여해주도록 구성되지만, 목구조에서 접합부는 취약한 연결구조로 인식되고 있기 때문에 많은 목구조 관련 규정에서는 못을 비롯한 각종 기계적 접합부에 관한 세부사항에 대하여 상당 부분을 할애하고 있다. 특히 목조건축에서 각종 구조용 판넬재료와 사이딩재료의 사용은 못의 사용을 전제로 하고 있으며, 못 접합부의 성능은 구조체의 성능을 지배하는 일차적인 고려사항이 된다.

못 접합부에 관한 구성과 이에 따른 허용응력은 각국의 목구조 설계기준에 반영되어 있으며 이에 근거한 건축법규에 따라 목구조물을 설계하도록 되어 있다. 현재 국내 사정상 목조건축용 자재는 수입에 전적으로 의존하는 경우가 대부분이며, 이에따라 외국의 관련 규정을 그대로 적용하여 설계에 반영하고 있다. 최근에 수입자재의 대체용으로 국내에서 생산이 가능한 자재를 사용하려는 시도가 일부 시행되고 있으며 국내 임산업분야의 활성화 측면에서 볼 때 많은 관심이 모아지고 있다.

따라서 본 연구에서는 수입구조재에 대해 국산 침엽수재를 구조용재로 사용하여 각 구조시스템에서 못 접합부의 성능에 대한 각종 시험을 통하여 설계기준에 따른 성능평가와 그 사용가능성을 구명하여 국산자재의 구조용재 및 판넬재로서의 사용가능성과 대체성을 검토해보고자 하였다.

제 2절 이론적 배경

1. 못접합부의 지압강도(bearing strength)

못접합부의 지압강도는 1996년에 ASTM에서 시험법이 설정되었으며, 유럽에서는 최대강도를 측정하거나 5mm 변형에서의 강도를 측정하여 지압강도로 하는 시험규격이 1990년대에 보편화되었다. Smith등(1988)은 각종 침엽수와 활엽수에 관한 실험에서 지압강도는 목재의 비중과 못의 직경에 따라 다르며 다음과 같은 실험식으로 이들의 관계를 표시하였다.

침엽수에 대해서는

$$S = 0.048p(D/6)^{-0.036} \quad \text{(1-1)}$$

활엽수에 대해서는

$$S = 0.071p(d/6)^{-0.28} \quad \text{(1-2)}$$

여기에서

S = 최대 지압강도(N/mm^2)

D = 못의 직경

p = 목재의 기건밀도(함수율 13%)(Kg/m^3)

Wilkinson(1991)은 목재 주부재와 측면부재 양자모두에 적용 가능한 다음과 같은 실험식을 발표하였으며 이 공식은 미국 목구조 규정에서 채택되었다.

$$Fe = 114.45G^{1.84} \quad \text{(1-3)}$$

여기에서

Fe = 못의 지압강도(N/mm^2)

G = 목재의 전건비중

이 실험식은 남부소나무(southern pine)와 S-P-F(spruce-pine-fir)군의 수종에게는 적합지 않아 이 실험식에 관한 재평가작업이 현재 미국 임산물협회와 미 임산물연구소에 의하여 진행되고 있다.

2. 못접합부의 인발저항

못접합부의 인발저항(withdrawal resistance)은 목재의 비중과 못의 직경 및 침입도에 따라 다르다. 또 못질할 당시의 못의 표면상태도 초기 인발저항에 영향을 미친다. 보통 철선못이 목재의 측면에 박힌 상태에서의 최대 인발저항은 다음과 같은 실험식으로 표시된다.

$$p = 54.12G^{2/5}DL \quad \text{(1-4)}$$

여기에서

p = 최대하중(N)

L = 침입도

D = 못의 직경

G = 목재의 기건비중(함수율 12%)

식 (1-4)에서 계산된 값은 평균치로서 수종에 따라서 이 식에 의해 계산된 값보다 크거나 작게 나타난다. 인발시험에서 최대하중은 변형이 작게 일어난 상태에서 도달되며, 최대하중에 도달된 이후에도 일정하중을 지지하므로 변형은 증가된다.

설계에서 못접합부에 관한 허용 인발하중은 하중지속기간, 변이성, 안전율을

고려하여 최대 인발하중의 1/6을 장기하중에 대한 허용 인발하중으로 설정하고 있으며, 정상하중기간(10년)에서는 이 값에다 10%를 가한 값을 허용 인발하중으로 삼고 있다.

일반적으로 밀도가 높은 목재가 낮은 목재보다 인발성능은 좋지만 접합구의 접합에 따른 할렬(split) 성향은 고밀도재에서 높기 때문에, 저밀도재의 경우 낮은 인발저항을 보강하기위해 못의 직경이나 못의 수, 길이를 늘려서 대처한다.

3. 못접합부의 전단내력 및 성능평가 기준

측방하중을 받는 못접합부의 전단내력은 NDS(national design specification)에서 접합부에서 발생하는 항복모드에 근거하여 구한다. 설계치는 0.38mm(0.015인치)의 접합부의 변형에서의 하중에 근거한다. 이때 이 하중은 비례한도하중으로 간주되며 각종 조정인자를 적용하여 허용응력이 산출된다. 건조재의 측면에 일반 철선못이 박힌 상태에서 성능은 다음과 같은 실험식으로 표시된다.

$$p = K \cdot D^{3/2} \qquad (1\text{-}5)$$

여기에서

p = 0.38mm(0.015인치) 변형에서의 하중

K = 접합된 부재의 비중에 따른 실험상수

D = 못의 직경

이 공식에서 하중은 못끝이 박히는 주부재와 못머리가 있는 측면부재가 같은 비중을 갖고 있을 때 적용되며 측면부재의 두께는 주부재에 박힌 못침입도의 1/2정도 되어야 한다. 실험에 따르면 못접합부의 최대측방하중은 위 공식에서 계산된 것보다 침엽수는 3.5배정도, 활엽수는 7배정도 된다. 특히 최대하중에서 접합부의 변형은 0.38mm보다 20배 이상 되는 것으로 보고되고 있다.

0.38mm(0.015인치)의 접합부의 변형은 엄밀한 의미에서 비례한도가 아니다. 또한 이 공식은 접합부의 두께와 못의 특성을 고려치 않은 것이어서 사용할 때 제한이 많다.

따라서 이를 해결하기 위해 1991년의 NDS에서는 재료의 항복특성에 의거한 접합부의 측방하중해석을 위해 European Yield Model에 근거한 새로운 모델을 제시하였다. 항복점(yield point)이라는 용어는 하중-변형곡선에서 탄성한계를 지나 하중의 증가없이 변형이 증가하는 처음의 하중을 말한다. 그러나 재질에 따라서는 이와 같은 점을 측정 또는 결정하기가 대단히 곤란하므로 그림 2-1과 같이 하중-변형선도상에서 일정한 영구변형지점을 택하여 직선부에 평행선을 그어 곡선과의 교점을 항복점이라 한다.

이 모델에 사용된 항복점(yield point)을 5% offset 항복하중으로 규정하고 있다. 5% offset 항복하중은 접합부의 초기강성을 나타내는 하중-변형선도와 평행하게 접합구 직경의 5%를 영구변형으로 하여 그만큼 옮겨 그린 직선에서 구한다. 항복점은 접합부의 비례한도와 최대하중치 사이에 있다. 각 접합부에 관한 허용측방하중은 NDS로부터 구할 수 있다. 5% offset 항복하중은 0.38mm(0.015인치)의 변형에 근거한 값보다 접합부의 성능을 나타내는데 일관성있는 지표가 된다. 이는 각 접합부의 초기강성치가 서로 다르기 때문이다. 그림에 보듯이 0.38mm의 변형에서 접합부 A는 접합부 B 보다 약간 높은 측방하중치를 보이고 있으나 5% offset에서 볼 때 접합부 A는 접합부 B보다 훨씬 더 큰 성능을 보여주고 있다. 여기에서 볼 때 접합부의 비례한도는 0.38mm변형일 때보다도 큰 영역에 있다고 볼 수 있다.

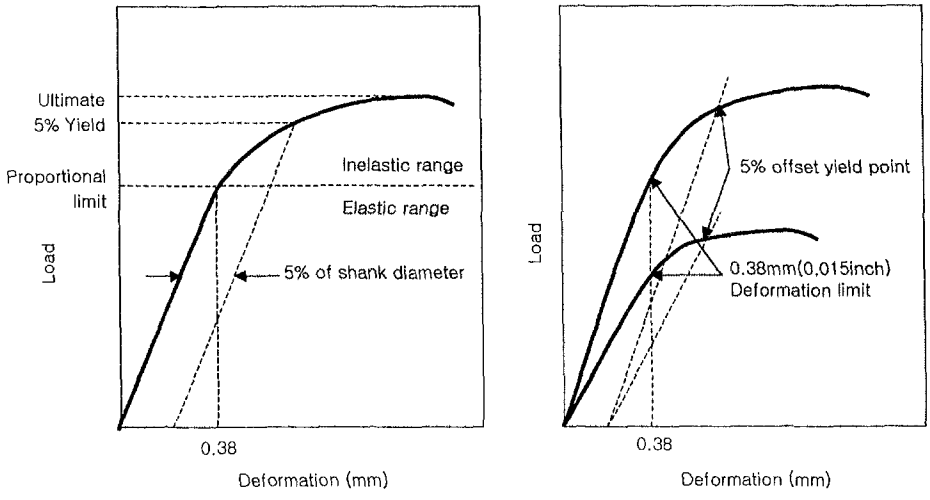


그림 2-1. 5% offset yield strength의 결정.

제 3절 재료 및 방법

1. 1타년도: 소나무재 못접합부의 성능평가

가. 시험재료

1) 구조용재

본 시험에서 사용된 구조부재로는 국산 제재목인 소나무(*Pinus densiflora*)재를 사용하였다. 제재소에서 원목으로부터 50mm×100mm의 각재로 제재한 후 실내에서 조습처리 한 다음 목표 함수율을 12%로 열기건조하였다. 소나무재는 못끝이 박히는 주부재(main member)로 사용되며 건조후 부재의 치수가 38mm×89mm(2×4)가 되도록 대패가공하였으며 시험시의 목재함수율과 비중은 표 2-1과 같다.

2) 덮개용 구조용 판상재료

시험에서 못머리가 박히는 측면부재(side member)로 사용하기 위하여 현재 국내의 목구조 건축분야에서 많이 사용되고 있는 침엽수 합판과 배향성 스트랜드 보오드(oriented strand board ; OSB)를 덮개용 판상재료로 사용하였으며 각 특성은 표 2-1과 같다.

Table 2-1 Descriptions of testing materials

	Size	Sp.Gr*	M.C.(%)**	Classification
Dimension lumber	38mm×89mm	0.45	11.6%	2×4
Plywood	8.7mm-4×8	0.46	8.7%	C-D Exterior
O.S.B	11.7mm-4×8	0.64	5.7%	APA rated 24/16 Exposure 1

* : oven-dry based

** : measured by moisture meter

3) 접합철물

목재와 덮개재료의 접합에 사용되는 접합철물로 못 2종(그림 2-1)을 선정하여 사용하였으며 주요 특성은 표 2-2와 같다.

Table 2-2. Characteristics of nails used in this study

Pennyweight designation	Length (mm)	Shank diameter (mm)	Shank type	Application
8d	52.2mm	3.31mm	annual	wood-to-panel
12d	75.9mm	3.98mm	helical	wood-to-wood

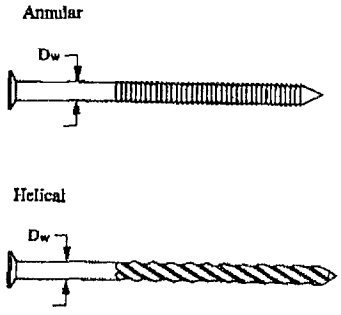


Fig. 2-1. Nail types : top-annual type, bottom-helical type

나. 시험방법

1) 덮개재료의 기초재질

가) 휨성질

합판 및 OSB의 기초재질을 조사하기 위하여 휨시험을 수행하였다. 지간거리 180mm, 하중속도 10mm/min로 하여 측정하였으며 식 (1-6)과 (1-7)에 따라 휨강도와 탄성계수를 구하였다.

$$\text{휨강도}(\sigma_{bmax}) = \frac{3P_{max}\,l}{2bh^2}(kg/cm^2) \quad \text{----------} \quad (1\text{-}6)$$

여기에서 P_{max}: 최대 하중(kg)

l : 지간거리(cm)

b : 시험편의 폭(cm)

h : 시험편의 깊이(cm)

$$\text{탄성계수}(MOE) = \frac{P_1 \ell^3}{4bh^3 \Delta_1} (kg/cm^2) \quad \text{----------} \quad (1\text{-}7)$$

여기에서 P_1: 비례 한도 내에서 상한 하중과 하한 하중의 차이(kg)

Δ_1: P_1일 때의 지간거리 중앙의 처짐의 차이(cm)

나) 덮개재료의 팽윤성시험

합판 및 OSB의 팽윤성을 측정하기 위하여 온도 20±3℃의 조건에서 수면에서 3cm 깊이로 24시간 침지 시킨 후 두께팽윤을 측정하였으며 두께팽윤율을 식(1-8)에 따라 구하였다.

$$\text{두께팽윤율}(\%) = \frac{\text{흡수 후 두께} - \text{흡수 전 두께}}{\text{흡수 전 두께}} \times 100 \quad \text{----------} \quad (1\text{-}8)$$

2) 구조용재 및 덮개재료의 못접합부 기초성능

가) 덮개재료의 못뽑기시험(nail withdrawal test)

합판 및 OSB의 못뽑기 저항성능을 측정하기 위하여 ASTM D 1761에 따라 크기 75mm×150mm의 시험편에 대하여 못뽑기 시험을 실시하였다.(그림 2-2) 못뽑기 시험을 위하여 시험편의 중앙에 못을 박되 못의 판재의 표면에서 최소한 13mm이상 돌출되도록 하였다. 시험은 상태시험(dry-condition)과 흡수시험(wet-condition)을 병행하여 수행하였으며 흡수시험은 온도 20±3℃의 조건에서 24시간 물에 침지시킨후 꺼내어 물기를 제거한 후 측정하였다. 하중속도는 3mm/min으로 하여 시험하였다.

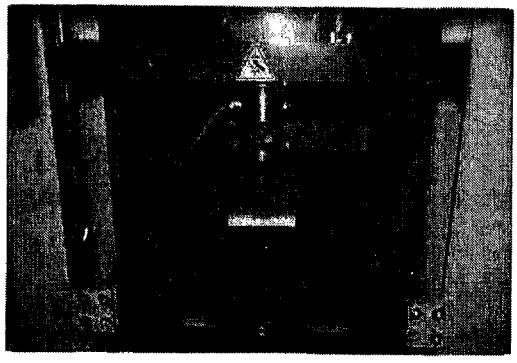


Fig. 2-2. Diagram of nail withdrawal test.

나) 덮개재료의 못머리 관통력시험(nailhead push-through test)

합판 및 OSB의 못머리 관통력을 측정하기 위하여 크기 75mm×150mm의 시험편에 수직으로 못을 박고 못머리에 압축력을 가하여 못머리 관통력을 측정하였다.(그림 2-3) 이때 못머리와 판넬재료의 표면이 일치하도록 하여 시험편을 제작하였으며 하중속도는 3mm/min으로 하여 시험하였다. 못뽑기시험과 마찬가지로 시험은 상태시험과 흡수시험을 병행하였으며 흡수시 시험조건은 못뽑기시험과 동일하였다.

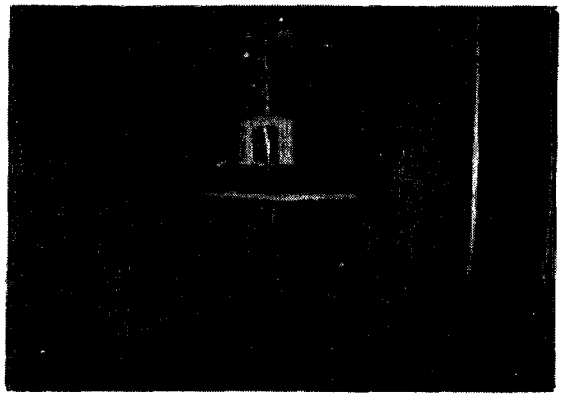


Fig. 2-3. Diagram of nailhead push-through test

다) 덮개재료의 못지압시험(nail embedding test)

합판 및 OSB의 못지압강도를 측정하기 위하여 못뽑기시험이 종료된 크기 70mm×150mm의 동일한 시험편에서 시험편의 측면에 못을 놓고 압축력을 가하여 못지압강도를 측정하였다.(그림 2-4) 못뽑기시험과 마찬가지로 시험은 상태시험과 흡수시험을 병행하였으며 흡수시 시험조건은 못뽑기시험과 동일하였다.

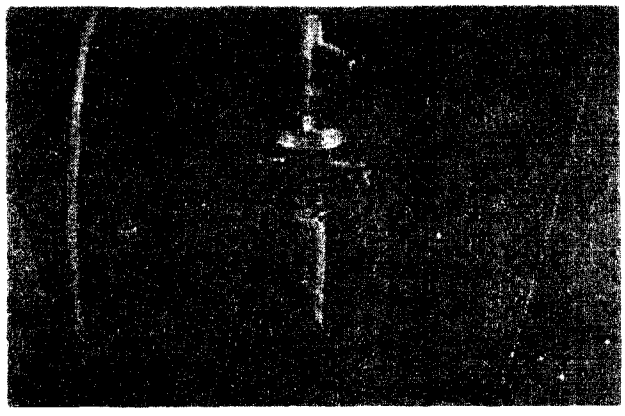


Fig. 2-4. Diagram of nail embedding test

라) 구조용 제재목의 못지압시험(nail embedding test)

구조용 골조부재인 소나무재의 못지압강도를 측정하기 위하여 크기 38mm×89mm×89mm의 시험편을 제작하고 시험체의 횡단면과 측면에 못을 올려놓고 압축력을 가하여 못지압강도를 측정하였다.(그림 2-5) 하중속도는 6mm/min으로 하여 시험하였으며, 시험체의 표면이 못의 직경의 절반이상 깊이만큼 눌릴 때까지 시험을 실시하였다.

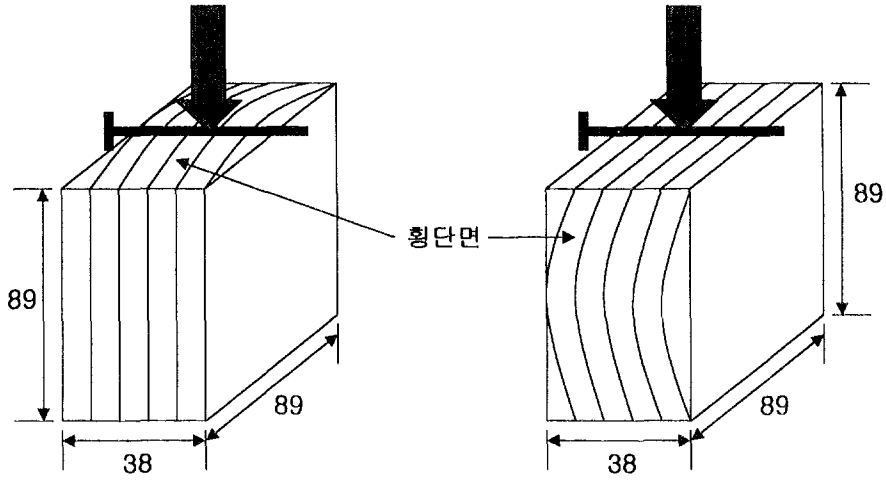


Fig. 2-5. Diagram of nail embedding test for dimension lumber

3)못접합부의 전단시험

가) 목재-덮개재로 못 접합부의 전단시험(lateral resistance of nailed joint)

구조용 제재목과 덮개재료사이의 못접합부의 구조성능을 측정하기 위하여 그림 2-6과 같은 2면전단 시험편을 제작하고 압축력을 가하여 못접합부의 전단시험을 실시하였다. 하중속도는 6mm/min으로 하여 시험하였다.

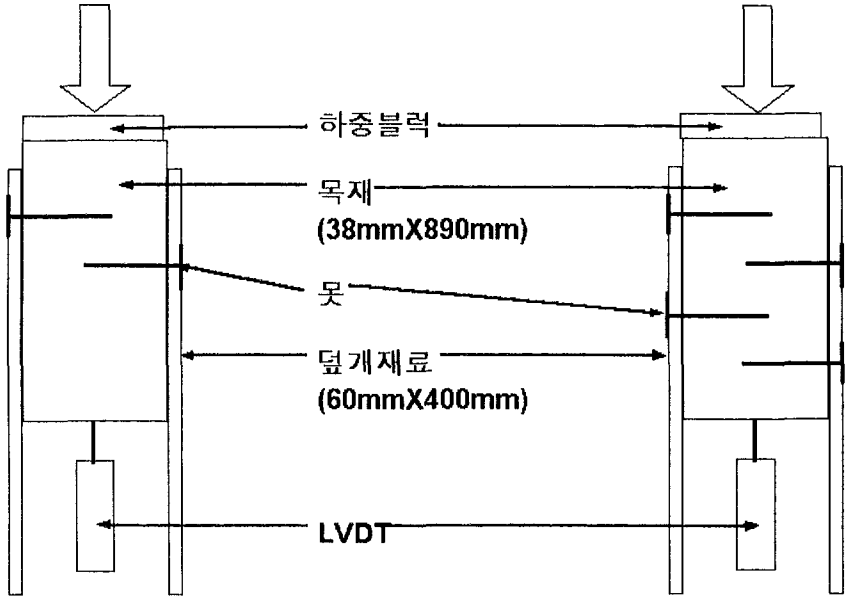


Fig. 2-6. Diagram of lateral resistance of nailed joint in wood to panel connection.

나) 목재-목재 못 접합부의 전단시험(lateral resistance of nailed joint)

구조용 제재목 사이의 못접합부의 구조성능을 측정하기 위하여 그림 2-7과 같이 2면전단 접합부 시험편을 제작하고 압축력을 가하여 못접합부의 전단시험을 실시하였다. 이때 하중속도는 6mm/min으로 하였으며 하중이 최대치를 넘어서 감소하는 경향을 나타낼 때까지 시험을 실시하였다.

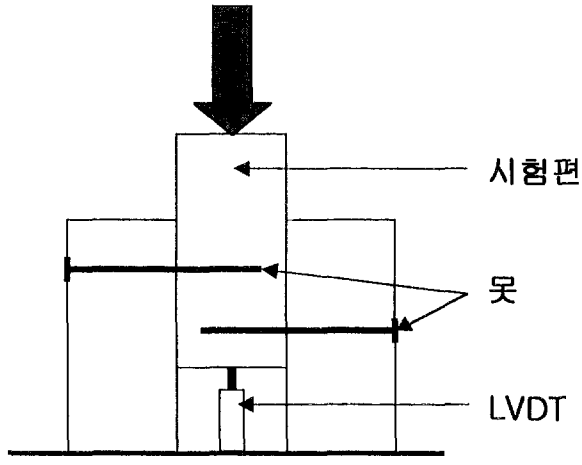


Fig. 2-7. Diagram of lateral resistance of nailed joint in wood to wood connection.

2. 2차년도: 목조건축에 사용되는 못접합부의 성능평가

가. 재료 및 방법

1) 시험자료 수집

목구조 및 목조건축에서 사용되는 못접합부는 하중을 지지하고 전달해야 하는 기능을 수행하는 구조용 접합부로 사용되기 때문에 못접합부에 관한 각종 형태와 양식, 시험법 및 해당 연구결과에 대한 국내외의 각종 문헌과 자료수집은 필수적이다. 특히 경골목조건축은 서구에서 도입된 최신공법이기 때문에 이 공법에 사용되는 각종 못접합부에 관한 시험자료는 본 연구에 큰 도움을 줄 것이다. 자료수집내용은 Mechanical connections in wood structures (ASCE manuals and

reports on engineering practice No. 84, 1999)외 40여종의 문헌 및 논문자료를 수집하여 본 연구에 이용하였다.

2) 못접합부의 성능평가

가) 목구조용 제재목 부재

본 시험에서 사용된 구조부재로는 국산 제재목인 낙엽송과 잣나무를 전문제조회사에서 제재하여 목표함수율 12%로 건조한 후 자동대패로 평삭가공하여 공칭치수 2×4(38mm×89mm)인 규격재로 가공하여 사용하였다. 비교시험을 위하여 수입 구조부재인 S-P-F 2×4(38mm×89mm) Standard & Btr 등급의 구조재를 구입하여 사용하였다. 시험시의 목재의 함수율과 비중은 표 2-3과 같다.

나) 덮개재료

현재 국내의 목조건축 시공현장에서 많이 사용되고 있는 침엽수합판과 OSB를 못접합부 시험을 위한 시험용 덮개재료로 채택하였으며, 덮개재료중 침엽수 구조용 합판은 공칭치수 9mm의 C-D Exterior급 미송합판이며 OSB는 11.1mm의 APA rated 24/16 Exposure 1급으로 모두 목조주택용 건자재 전문취급회사로부터 구입하여 사용하였다. 시험시의 각 덮개재료의 특성은 표 2-3과 같다.

다) 목구조용 못

제재목 구조부재와 덮개재인 구조용 판넬간의 접합에 사용되는 접합구로 목조건축용 못 3종을 선정하여 목조건자재 전문회사로부터 구입하여 사용하였으며 이들 각각의 주요 특징은 다음 표 2-4와 같다.

Table 2-3. Descriptions of tested materials

Materials	Types	Nominal Size	M.C.*	Remarks
Dimension lumber	J. larch K. pine S-P-F	38mm×89mm	13.0% 12.7% 12.6%	Standard & Btr
Sheathing	Plywood OSB	4×8 - 9mm 4×8 - 11mm	11.0% 9.2%	C-D Exterior APA rated 24/16, Exposure 1

* : measured by moisture meter an average of 10 measurement

Table 2-4. Characteristics of nails used in this study

Type	Length	diameter	shank	application
8d	2-1/2"(63mm)	3.05mm	annual	panel to lumber
10d	3"(75mm)	3.43mm	screw	panel/lumber to lumber
12d	3-1/4"(83mm)	3.43mm	screw	lumber to lumber

나. 시험방법

1) 덮개재료의 기초재질

덮개재료의 기초재질을 조사하기 위하여 흡수성 시험과 휨 시험을 실시하였다. 흡수성을 측정하기 위해 폭 100mm×길이 100mm 크기의 시험편을 덮개재료별로 각각 5개씩 제작하여 시험하였으며 휨강도 시험은 폭 50mm×길이 300mm 크기의 시험편을 덮개재료 별로 각각 10개씩 제작하여 시험하였다.

2) 구조부재의 못지압 시험(nail embedding test)

구조부재의 못지압 시험을 위해 각 시험재료로부터 길이 15cm의 시험편을 못지압시험용 시험편으로 제작하였으며 시험재의 측면과 횡단면에 못을 올려놓고 그림 2-8과 같이 압축력을 가하고 3mm 변위일 때의 하중을 측정하여, 이 변위에서의 지압강도를 측정하였다.

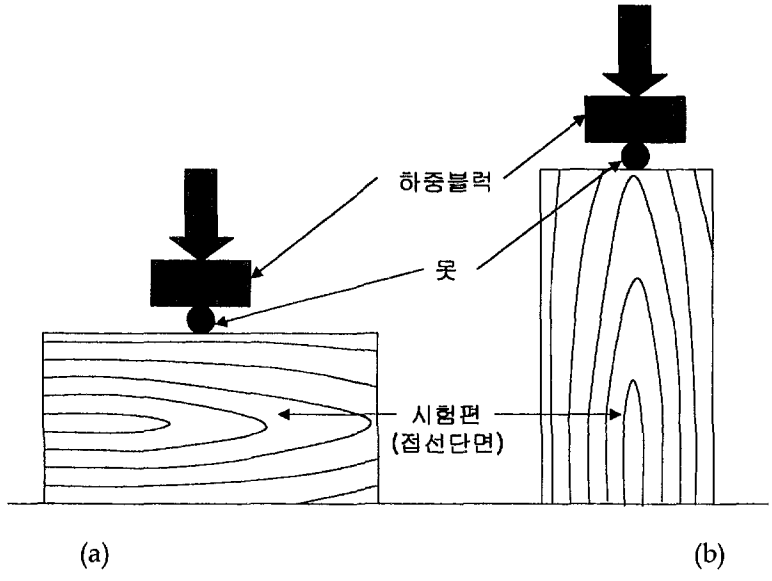


Fig 2-8. Nail embedding test for structural 2×4 lumber
(a) Perpendicular to grain, (b) Parallel to grain

3) 구조부재의 못뽑기시험(nail withdrawal test)

낙엽송 및 잣나무 규격재의 못 인발력 측정을 위해 각 시험재로부터 결점이

없는 길이 150mm의 크기의 시험편을 절단하고, ASTM D 1761-88의 시험규정에 따라 양 횡단면에는 1개의 못을, 표면과 측면에는 각각 2개의 못을 못의 배치 간격 규정에 따라 박아 넣어 규격재의 못뽑기 시험편으로 제작하였다. 이때 못이 부재속으로 박혀 들어간 몸통의 길이인 침입도는 관련시험규정에 따라 32mm로 하였다.

시험은 못을 박은 후 경과시간은 못의 유지력에 영향을 미친다는 시험 규정상의 권고사항에 따라 시험직전 못을 박아 넣었으며, 하중속도는 6mm/min으로 하여 못뽑기 시험을 실시 하였다. 이 시험에서는 최대하중 값만을 측정하였다.

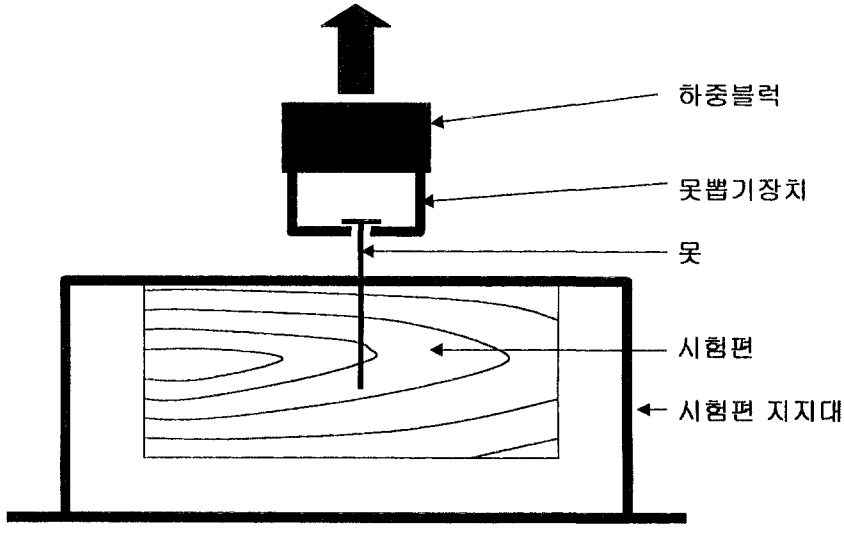
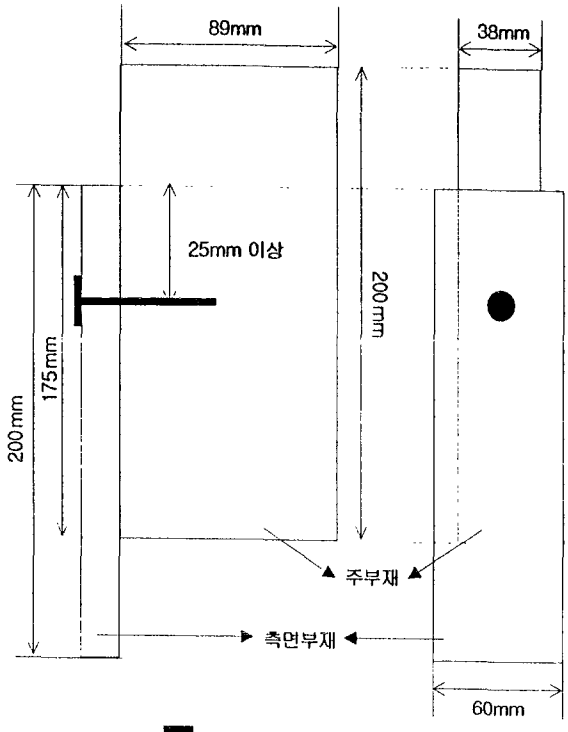


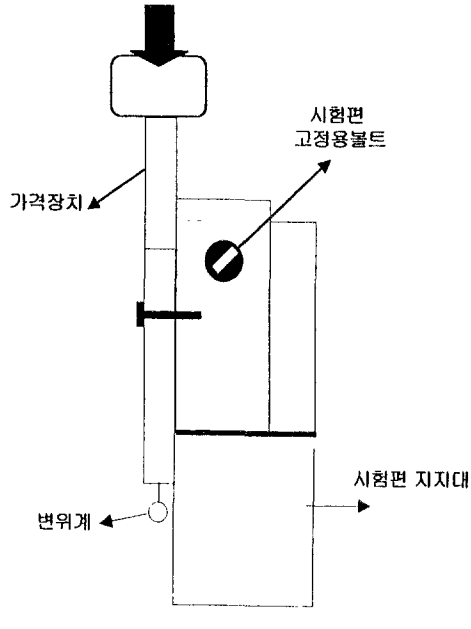
Fig 2-9. Nail withdrawal test for structural 2×4 lumber

4) 구조부재 - 덮개재료로 구성된 못접합부의 전단시험

구조부재인 목재와 덮개재료간의 못접합부의 구조성능을 측정하고 평가하기 위해 그림 3 및 4와 같이 1면 전단(two-member joint), 2면 전단(three-member joint)시험편을 제작하고 1면 전단시험에서는 측면부재에, 2면 전단시험에서는 주부재에 압축력을 가하여 못접합부에 관한 전단시험을 실시하였다. 주부재 및 측면 부재의 길이는 각각 200mm이며 측면부재의 폭은 60mm로 하고 겹친 길이는 1면 전단의 경우 175mm로, 2면 전단의 경우 100mm로 하여 각 조건당 10개의 시험편을 제작하였다. 하중속도는6mm/min으로 하여 시험하였으며 하중이 최대치에 도달한 후 감소할 때까지 시험을 계속하였다. 목재-덮개재료의 못접합부의 전단시험에는 8d와 10d못을 사용하였다.



(a)



(b)

Fig 2-10. Test specimens(a) and test apparatus(b) for lumber to sheathing connection(two member joint).

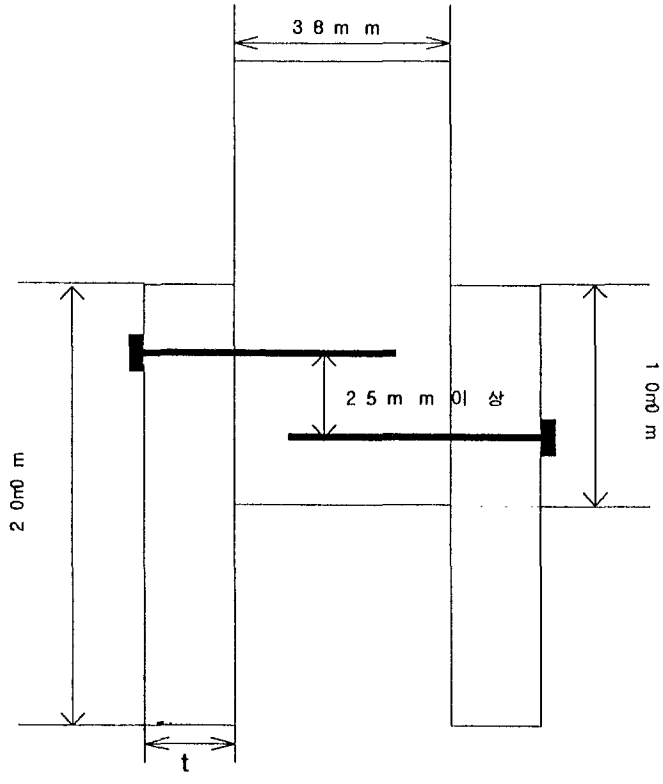


Fig 2-11. Test specimens for lumber to sheathing connection (three member joint)

5) 구조부재와 구조부재로 구성된 못접합부의 전단시험

구조부재인 목재와 목재간의 못접합부의 구조성능을 측정하고 평가하기위해 그림 2-11 과 같이 2면 전단(three-member joint)시험편을 제작하고 주부재에 압축력을 가하여 못접합부의 전단시험을 실시하였다. 주부재와 측면부재의 폭을 같게 하고 각 측면에서 못을 박아 넣었으며 못이 겹치지 않도록 두 못사이의 간격

이 25mm가 되도록 조정하여 시험편을 제작하였다. 하중속도는 6mm/min으로 하여 시험하였으며 하중이 최대치에 도달한 후 감소할 때까지 시험을 계속하였다. 목재-목재의 못접합부의 전단시험에는 12d못을 사용하였다.

6) 못접합부 시험용 시험편의 조습처리

시험에 앞서서 못접합부 시험용 시편의 함수율 조정을 위하여 제작된 각각의 시험편을 항온항습기에 넣고 온도 20±1℃, 상대습도 65±3%의 조건에서 약 2주간 조습처리한 후 꺼내어 시험에 사용하였다.

3. 3차년도: 수평패널 못접합부의 성능평가

가. 조립식 구조시스템의 못접합부의 못뽑기 저항성능

1) 시험재료 및 실험방법

가) 시험재료

본 시험에서 사용된 골조부재로는 국산 낙엽송과 잣나무이며 공칭치수 2×4(38mm×89mm)인 규격재로 가공된 것을 전문 제조회사로부터 구입하여 사용하였다. 비교시험을 위하여 수입 구조용재로 비교적 국내에 많이 알려진 부재인 S-P-F 2×4(38mm×89mm) Standard & Btr 등급의 부재를 구입하여 사용하였다. 이들의 주요 특성은 표 2-5와 같다.

시험에 사용된 구조용 판넬재로는 현재 국내의 목조건축 시공에서 덮개재로 많이 사용되고 있는 OSB와 이를 대체하기 위하여 바닥 판넬재용으로 국내에서

시험 생산된 내수 MDF재를 못접합부 시험을 위한 구조용 판넬재로 채택하여 자재 공급업체로부터 공급받아 사용하였으며 이들 시험재료의 특성은 다음 표 2-5와 같다.

Table 2-5 Characteristics of tested specimens

Items	Designation	Size	M.C.	Remarks
Dimension lumber	J. larch[1)] K. pine[2)] S-P-F[3)]	38mm×89mm	8.6%[4)] 7.8% 7.5%	Standard & Btr
Structural - panel	OSB MDF	4×8 - 18mm 4×8 - 18mm	8.7%[5)] 8.3%	48/24, Exposure1

[1)] Japanese larch [2)] Korean pine [3)] spruce-pine-fir
[4)] measured by electric resistance moisture meter
[5)] measured by oven drying method

제재목 구조부재와 구조용 판넬간의 접합에 사용되는 못은 목구조용 못 2종을 선정하여 구입하여 사용하였으며 주요특징은 표 2-6과 같다.

Table 2-6. Nail properties used in this study

Nail type	Length	Diameter	Shank type	Application
8d 10d	2-1/2"(63mm) 3"(75mm)	3.05mm 3.43mm	annual screw	Lumber to panel connection Lumber to lumber connection

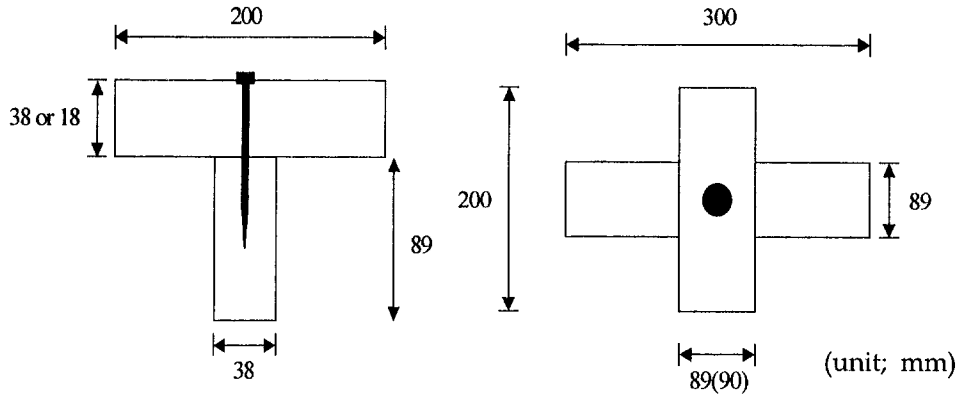
나) 실험방법

(1) 목재와 목재와 구성된 못 접합부 구조시스템의 못뽑기 시험

낙엽송, 잣나무, S-P-F 규격재로 구성된 못접합부의 못뽑기 시험을 위해 선정된 각 시험재로부터 결점이 없는 길이 200mm, 300mm의 시험편을 절단하여 200mm부재를 못머리가 있게 되는 측면부재로, 300mm부재를 못끝이 박히는 주부재로 하여 그림 2-12와 같이 십자형 시험편을 제작하여 가운데 못을 박아 실제 목구조시스템에서 볼 수 있는 구조로 하여 못뽑기 시험편으로 제작하였다. 제작된 시험편에 대하여 특별히 제조된 실험장치에 시험편을 얹어 놓고, 강도시험기로부터 하중속도를 1mm/min로 하여 압축하중을 가하여 시험하였으며, 시험결과에서는 최대하중을 측정, 기록하였다.

(나) 목재와 구조용 덮개재로 된 접합부 구조시스템의 못뽑기 시험

낙엽송, 잣나무, S-P-F 규격재와 OSB, 내수 MDF로 구성된 골조부재/구조용 덮개재 접합부의 못뽑기 시험을 위해 선정된 각 시험재로부터 골조부재는 각각 폭 90mm, 길이 300mm의 시험편으로 절단하여 주부재로 하고, 구조용 판넬재는 폭 90mm, 길이 200mm 크기로 절단하여 측면부재로 하여 그림 2-12와 같이 십자형 시험편을 제작하여 가운데 못을 박아 못뽑기 시험편으로 제작하였다. 제작된 시험편에 대하여 골조부재/골조부재 접합부 시험과 같이 하중속도를 1mm/min로 하여 시험하였으며 최대하중을 측정, 기록하였다.



(a) side view (b) upper view

Fig 2-12. Withdrawal test specimens for lumber to lumber/panel connection.

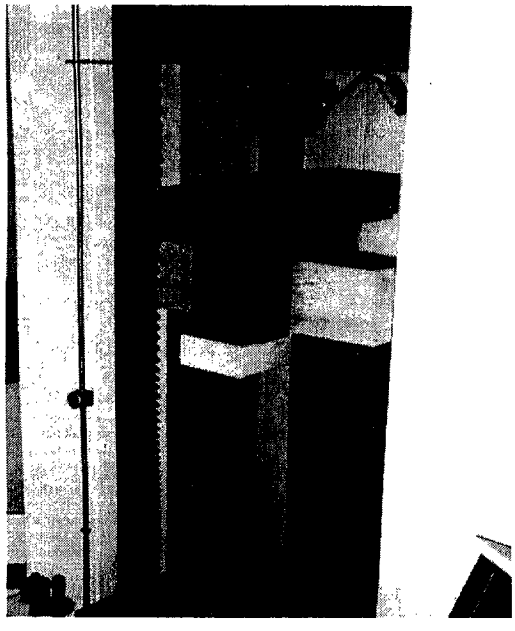


Fig 2-13. Configuration of withdrawal test

나. 조립식 구조시스템의 못접합부의 전단성능

1) 시험재료 및 실험방법

가) 시험재료

본 시험에서 사용된 골조부재로는 못뽑기시험에서 사용된 것과 같은 재료로 이들의 주요특성은 앞의 표 2-5에서 나타내었다. 시험에 사용된 구조용 판넬재 역시 못뽑기시험에서 사용된 것과 같은 재료이며 주요특성은 마찬가지로 앞의 표 2-5에 나타내었다.

제재목 구조부재와 구조용 판넬간의 접합에 사용되는 못은 목구조용 못인 8d 못을 선정하여 사용하였으며 주요특징은 앞의 표 2-6에 나타낸 바와 같다.

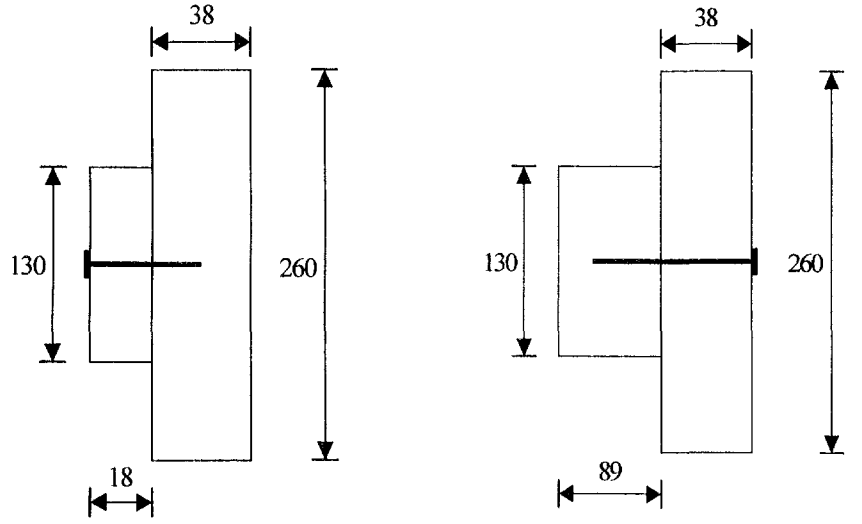
2) 실험방법

(가) 목재와 구조용 덮개재로 구성된 못 접합부 구조시스템의 전단 시험

목재와 구조용 덮개재로 구성된 못 접합부 구조시스템의 전단 시험을 위하여 주부재로 낙엽송, 잣나무, S-P-F 규격재로부터 선정된 각 시험재로부터 결점이 없는 길이 260mm의 시험편을 절단하여 사용하였다. 측면부재로 각 구조용 판넬재로부터 길이 130mm, 폭 38mm의 시험편을 채취하여 절단하여 그림 2-14와 같이 선정된 8d 못을 사용하여 전단시험편으로 제작하였다. 제작된 시험편에 대하여 특별히 제조된 실험장치에 시험편을 위치시키고, 그림 2-15와 같이 강도시험기로부터 하중속도를 3mm/min로 하여 압축하중을 측면부재에 가하여 시험하였으며, 시험결과에서는 최대하중을 측정, 기록하였다.

(나) 목재와 목재로 구성된 못 접합부 구조시스템의 전단 시험

목재와 목재로 구성된 못 접합부 구조시스템의 전단 시험을 위하여 주부재로 낙엽송, 잣나무, S-P-F 규격재로부터 선정된 각 시험재로부터 결점이 없는 길이 260mm의 시험편을 절단하여 사용하였다. 측면부재로 각 구조재로부터 길이 130mm의 시험편을 채취하여 그림 2-14와 같이 선정된 10d 못을 사용하여 전단 시험편으로 제작하였다. 제작된 시험편에 대하여 특별히 제조된 실험장치에 시험편을 위치시키고, 그림 2-15와 같이 강도시험기로부터 하중속도를 3mm/min로 하여 압축하중을 측면부재에 가하여 시험하였으며, 시험결과에서는 최대하중을 측정, 기록하였다. 이들에 관한 재료별, 접합부의 형태별에 관한 실험설계는 다음 표 2-5에 나타낸 바와 같다.



(a) wood to panel connection (b) wood to wood connection

Fig.2-14 Configuration of lateral resistance testing specimens;

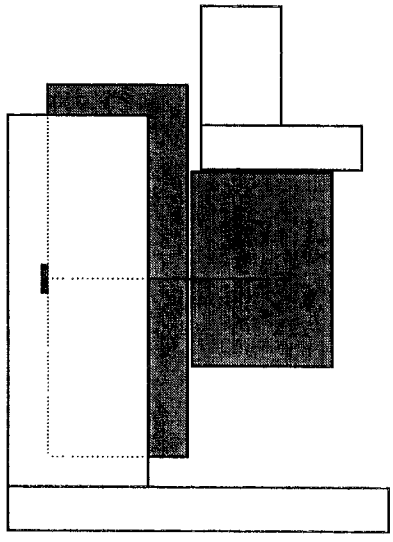


Fig. 2-15 Test method of lateral resistance in nail connection

Table 2-5. Experimental design in lateral resistance test of nail connections

Connect system	Nail type	Connect type/materials		Replication No.
		Main member	Side member	
Wood to Wood	10d	Larch	Larch	10
		K. pine	K. pine	10
		S-P-F	S-P-F	10
		Larch	K. pine	10
		K. pine	Larch	10
Wood to Panel	8d	Larch	OSB	10
		K. pine	OSB	10
		S-P-F	OSB	10
		Larch	MDF	10
		K. pine	MDF	10
		S-P-F	MDF	10

다. 목재와 구조용 덮개재로 구성된 못 접합부 바닥 구조시스템의 휨 성능

1) 시험재료 및 실험방법

가) 시험재료

본 시험에서 사용된 골조부재로는 못뽑기시험에서 사용된 것과 같은 재료로 이들의 주요특성은 앞의 표 2-5에서 나타내었다. 목재와 구조용 덮개재로 구성된 못 접합부 바닥 구조시스템의 휨 시험을 위하여 골조부재로 낙엽송, 잣나무, S-P-F 규격재로부터 선정된 각 시험재로부터 길이 1000mm의 시험편을 절단하여 사용하였다.

시험에 사용된 구조용 판넬재 역시 못뽑기시험에서 사용된 것과 같은 재료이며 주요특성은 마찬가지로 앞의 표 2-5에 나타내었다. 덮개재로 각 구조용 판넬재로부터 길이 1000mm, 폭 400mm의 시험편을 채취하여 그림 2-16과 같이 소형 바닥구조를 만들고 선정된 8d 못을 사용하여 바닥구조의 휨 시험편으로 제작하였다. 못질간격은 150mm로 하였으며 각 측면과 끝면으로부터 25mm 떨어지게 하여 못질하였다.

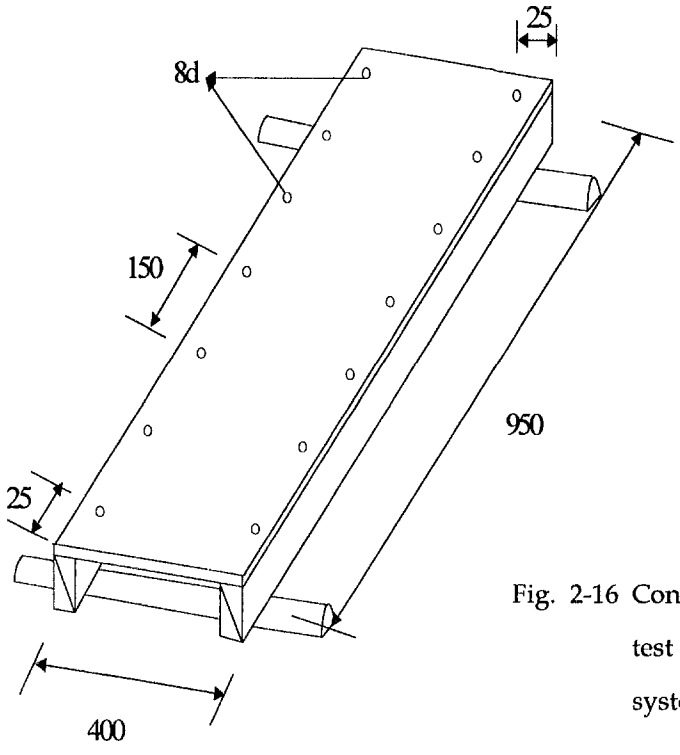


Fig. 2-16 Configuration of bending test specimens in floor system.

나) 실험방법

휨 시험장치에 시험편을 위치시키고, 지간거리를 950mm로 하여 그림 2-17과 같이 강도 시험기로부터 하중속도를 10mm/min로 하여 시험편의 중앙에 휨 하중을 가하여 시험하였다. 이때 하중헤드에는 지간과 수직으로 시험편의 폭보다 20mm 더 긴 강철봉을 붙여 사용하여 시험체의 전폭에 걸쳐 균일한 휨 하중이 가해지도록 하였다.

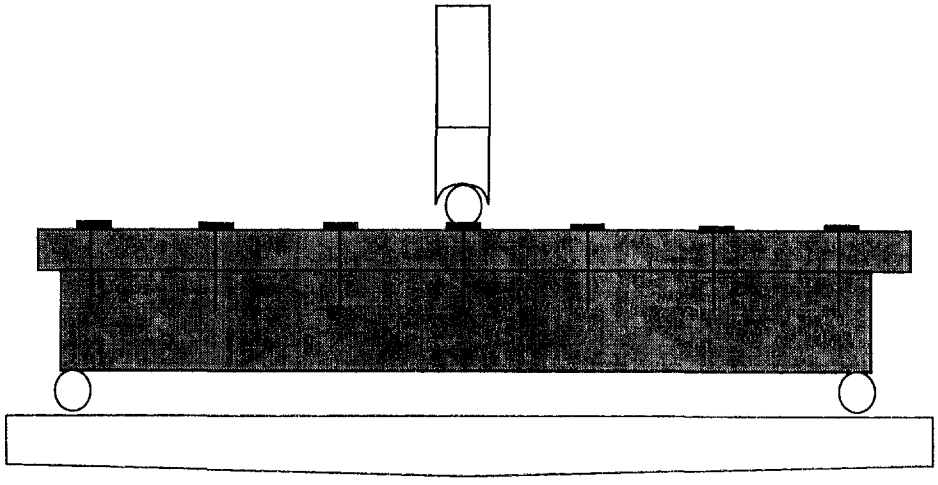


Fig. 2-17 Test method of bending test in floor system

제 4 절 결과 및 고찰

1. 1차년도: 소나무재 못접합부의 성능평가

가. 덮개재료의 기본 물성

시험용 덮개재료인 합판과 OSB의 휨강도, 휨탄성계수, 팽윤성에 대한 시험결과는 표 2-6과 같다. 합판의 휨탄성계수와 휨강도는 각각 7,700kgf/cm^2, 570kgf/cm^{2}을 나타내어 OSB의 4,600kgf/cm^2, 360kgf/cm^2 보다 높은 성능을 나타내었다. 이는 단판을 사용한 합판보다 스트랜드를 사용한 OSB가 구성재료간의 단절로 인한 불연속부가 많아 성능이 저하된 것으로 보인다. 합판의 공칭두께가 9mm임에 비하여 OSB의 공칭두께가 11mm인 점을 감안하더하도 구조용 덮개재료로서 합판의 강도가 OSB보다 뛰어남을 알 수 있다. 이러한 성능의 차이로 인해 보통 덮개재로 목질판상재를 사용할 때 OSB는 합판보다 약간 두꺼운 재료를 쓰는 경향이 있다.

Table 2-6. Basic properties of tested structural panels

Panel type	Bending (kgf/cm^2)		Thickness swelling(%)	
	MOE	MOR	2hrs	24hrs
Plywood	7.7×10^3	570	4.7	6.1
O.S.B	4.6×10^3	360	5.1	14.0

수분의 흡수에 따른 팽윤성 시험에서 침지 2시간후 측정한 팽윤율은 합판이 4.7%로서 OSB의 5.1%와 비교하여 큰 차이가 나타나지 않았으나 24시간후 측정된 팽윤율에서는 OSB가 14.0%로서 합판의 6.1%보다 매우 높은 값을 나타내어 치수안정성 측면에서 문제가 있음을 보여주고 있다. 실제의 시공현장에서는 이러한 팽윤률의 차이를 고려하여 하며 OSB덮개의 판과 판사이의 간격을 합판 덮개의 경우보다 더 넓게 설정하여야 할 것이다. 따라서 습도가 높거나 직접 수분에 의한 젖음이 예상되는 곳에 OSB를 사용할 경우 습기유입의 방지에 주의를 기울여야 할 것으로 생각된다.

나. 못접합부의 강도

1) 덮개재료의 못뽑기시험(nail withdrawal test)

덮개재료의 못뽑기시험에서 하중-변형곡선은 그림 2-18과 같다. 그림에서 보듯이 최대하중까지 거의 직선적으로 증가하다가 급격히 감소되는 경향을 나타내었다. 덮개재료의 못뽑기시험 결과는 표 2-7과 같다. 표에서 보듯이 일반적으로 상태조건에서의 덮개재료의 못뽑기 저항력이 침지처리한 재료보다 월등히 높게 나타나 습윤한 환경에서 덮개재료의 못뽑기 저항력이 급격히 저하됨을 알수 있다. 상태조건에 대한 침지조건의 못뽑기 저항력의 비교에서 합판은 18%, OSB는 16%로 큰 차이를 나타내지는 않았다. 측정된 못뽑기 저항은 OSB가 합판보다 우수한 것으로 나타났다. 이는 재료의 비중에 따른 영향으로 생각되며, 실제 못뽑기 저항에 관한 설계공식인 $P=K \cdot G \cdot D^{5/2} \cdot L$(ASCE,1996)에서 보듯이 재료의 못뽑기 저항은 비중, 직경, 침입길이와 직접적인 상관관계가 있다. 특히 OSB 같은 판넬재료는 밀도경사에 의해 표면 밀도가 높기 때문에 못의 유지력이 뛰어난 것으로 생각된다. 하지만 습윤조건에서는 차이가 크게 나타나지 않아 사용조건에 따른 재료의 선택에 주의를 기울여야할 것이다.

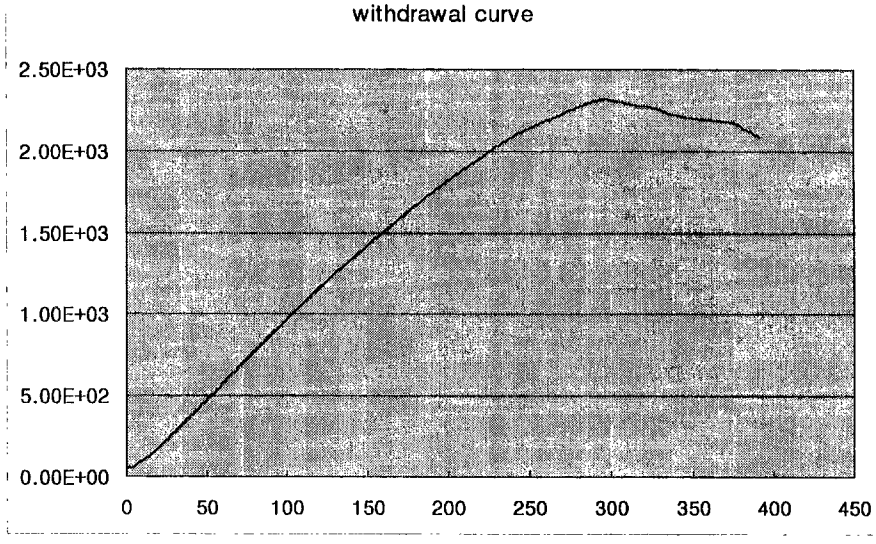


Fig. 2-18 Typical load-displacement curve in withdrawal test.

Table 2-7. Test results from withdrawal test of structural panels

	O.S.B				Plywood			
Withdrawal strength(kg*f*)	Dry		Wet		Dry		Wet	
	Prop	Max	Prop	Max	Prop	Max	Prop	Max
	144.3	178.6	21.6	24.3	47.3	90.2	15.4	17.0
Initial stiffness(kg/cm)	635.1		123.6		454.0		113.4	

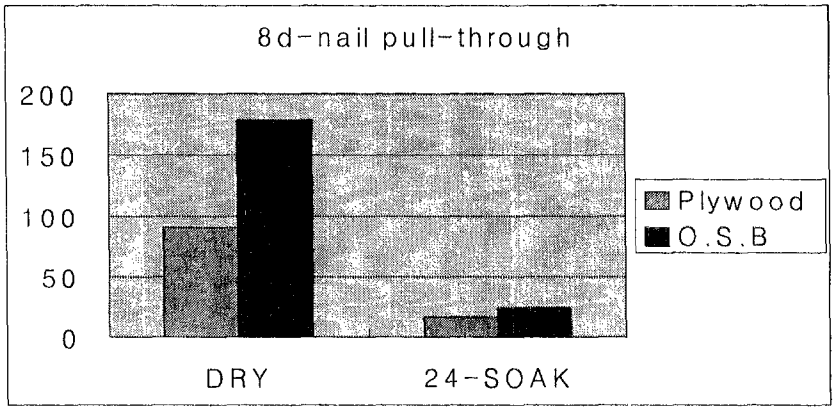
2) 덮개재료의 못머리관통력시험(nailhead pull-through test)

덮개재료의 못머리관통력시험 결과는 표 2-8과 같으며 상태조건에서의 못머리 관통력이 침지처리한 재료보다 우수하였고, 못의 직경증가에 따른 자항력의 차이는 크지 않았다. 덮개재료에 따른 영향은 OSB가 합판보다 높은 저항력을 가지는 것으로 나타났다.(그림 2-19) 상태조건에 대한 침지조건의 못뽑기 저항력의 비교에서 합판은 평균 54%, OSB는 62%로 OSB가 합판보다 약간 높게 나타났다. 이는 못머리가 덮개재 속으로 함입될수록 주위의 목재가 눌림을 받아 밀도가 높아지는 데에 따른 영향이 OSB가 합판보다 크게 나타나기 때문으로 생각된다.

Table 2-8. Test results from nailhead pull-through test of structural panels

(unit : kg*f*)

Nail types / Materials	8d		12d	
	Dry	Wet	Dry	Wet
plywood	149.4	78.6	143.7	78.7
OSB	155.8	99.1	169.0	105.2



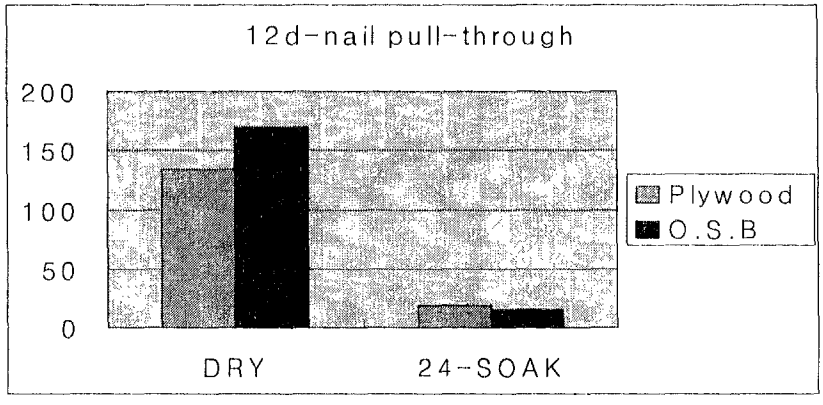


Fig. 2-19 Comparison of nail head pull-through test of structural panels

3) 덮개재료의 못지압시험(nail embedding test) :

덮개재료의 못지압시험결과는 표 2-9에 나타내었다. 표에서 보면 상태조건에서의 덮개재료의 못지압 강도가 침지후의 강도보다 높게 나타났으며, 상태조건에 대한 침지후의 강도보유율은 합판은 8d, 12d 못에서 평균 54%, OSB는 8d못에서 70%, 12d못에서는 49%로 나타나 못의 몸통종류에 따른 지압강도의 차이를 보여

주었다. 특히 OSB에서 침지후 못의 종류간에 지압강도의 차이가 심하게 나타난 것은 침지후 OSB의 측면이 합판보다 심하게 팽윤되어 나타난 결과로 생각된다.

Table 2-9. Test results from nail embedding test of structural panels

(Unit : kgf)

Nail types / Materials	8d		12d	
	Dry	Wet	Dry	Wet
plywood	122.0	66.8	145.3	78.2
OSB	122.2	86.6	204.3	99.6

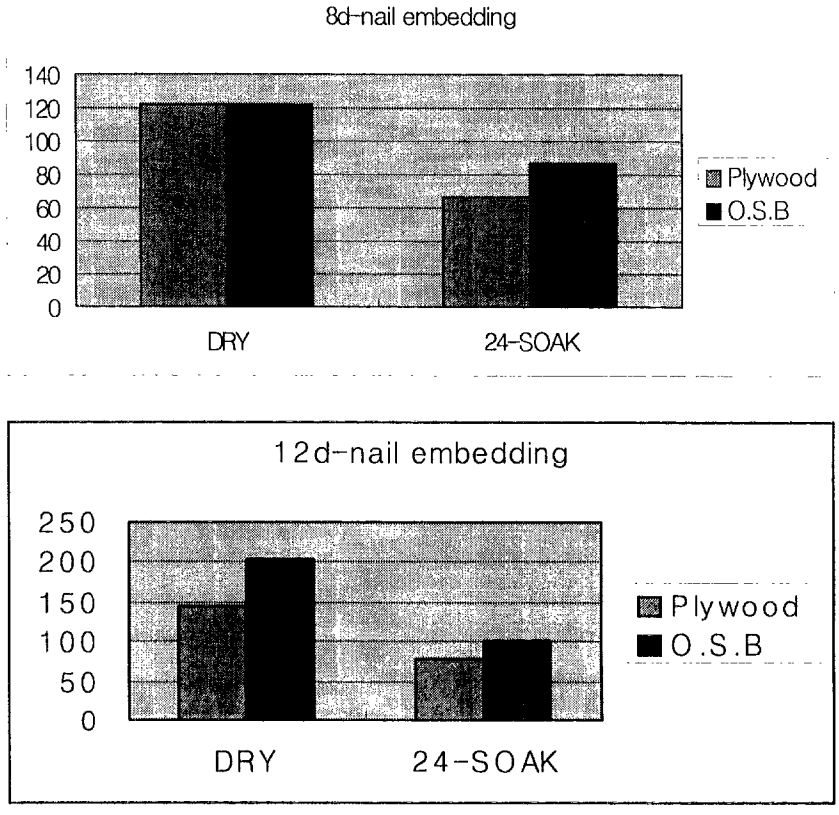


Fig.2-20 Comparison of nail embedding test of structural panels

4) 구조용 제재목의 못지압시험(nail embedding test)

구조용 골조부재인 소나무재의 못지압력에 대한 시험결과를 다음 표 2-10에 나타내었다. 섬유방향에 평행한 방향의 못지압력이 섬유방향에 수직한 방향보다 매우 높은 값을 나타내었다. 이는 목재의 섬유방향에 평행한 압축강도와 목리방향에 수직인 압축강도의 차이에 따른 것으로 판단되며 지압강도가 크다는 것은 못

을 박을 때 소요되는 힘이 그만큼 더 크다는 것을 의미한다.

섬유방향에 평행한 방향의 지압력은 못의 크기가 8d에서 12d로 커짐에 따라 매우 높은 상승률을 나타내었으나 섬유방향에 수직한 방향에서의 지압력은 못의 크기가 변화하여도 지압력에는 큰 변화를 보이지 않았다. 섬유방향에 평행하게 하중을 받을 때 비례한도는 최대하중값의 2/3정도로 나타났으며 변형량 1mm에서 섬유방향에 따른 최대하중의 차이는 섬유방향에 평행하게 하중을 받을 때가 수직으로 받을 때 보다 2.2 ~ 2.4배정도 큰 값을 보였다.

Table 2-10. Embedding properties of 2×4 lumber

(unit : kgf)

Nail type	Loading direction	Load 1*	Max. Load**
8d	Parallel	234.1	357.5
	Perpendicular	105.8	215.3
12d	Parallel	285.5	506.0
	Perpendicular	120.1	218.7

* : load to 1mm-deformation **: load to 5mm-deformation

5) 못접합부의 전단내력(lateral resistance of nailed joint)

구조용 제재목을 주부재(main member)로 하고 합판, OSB를 측면부재(side member)로 하여 구성된 접합부와 구조용 제재목을 주부재와 측면부재로 하여 구성한 접합부의 전단내력시험결과는 다음 표 2-11과 같다.

목재와 합판, 목재와 OSB간의 못접합된 부분의 전단내력에서 비례한도하중은 큰 차이가 나타나지 않았으나 최대하중에서 OSB가 5%정도 약간 높은 경향을 나

타내었다. 하지만 양재료간의 두께의 차이를 고려해 볼 때 OSB가 합판보다 두꺼운 관계로 전단내력 성능면에서는 차이가 있다고 볼 수는 없다. 접합부에서 비례한도하중에 대한 최대하중의 비는 두재료 모두 2/3정도로 나타났다.

목재와 목재로 된 못 접합부의 전단내력은 측면부재를 판넬로 한 접합부보다 높은 성능을 나타내었다. 비례한도 하중에서는 50%정도, 최대하중에서는 측면부재를 합판으로 한 것보다 37%, OSB로 한것보다 30%정도 높은 것으로 나타났다.

Table 2-11. Test results from lateral resistance test of nailed connection.

(unit: kgf)

Connection type	Load	
	Proportional	Maximum
Wood-Plywood	143.4	219.8
Wood-OSB	147.5	231.9
Wood-Wood	218.8	300.7

2. 2차년도: 목조건축에 사용되는 못접합부의 성능평가

가. 시험자료 수집

목구조 및 목조건축에서 사용되는 못접합부의 각종 형태와 양식, 시험법 및 해당 연구결과에 대한 각종 국내외의 각종 관련 문헌과 자료수집을 수행하였으며 그 내역은 다음과 같다.

1) 단행본

- American Society of Civil Engineers. 1998. Wood engineering in the 21st century:research needs and goals. Proceedings of the workshop offered in conjuction with the SEI/ASCE structures congress IV. Portland, Oregon.
- American Society of Civil Engineers. 1999. Mechanical connections in wood structures. ASCE manuals and reports on engineering practice No. 84
- Canadian Wood counsil. Introduction to wood design.
- Canadian Wood counsil. Wood reference handbook.
- Canadian Wood counsil. Canadian lumber properties.
- 송영준외 3명. 1999. 유한요소법과 최적구조설계. 성안당.
- 엄영근역. 2000. 목재의 3차원적 구조. WIT 컨설팅.

2) 논문자료

가) 시험법 및 관련규정

- American Plywood Association. 1980. Performance standards and policies for APA rated sheathing panels. APA Report No.445, Tacoma, Wash.
- American Society for Testing and Matarials. 1993. Test methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials. ASTM D 1037-93, Philadelphia, Pa.
- American Society for Testing and Matarials. 1993. Test methods for mechanical properties of lumber and wood-base structural materials. ASTM D 1037-93,Philadelphia, Pa.
- American Society for Testing and Matarials. 1988. Test methods for mechanical fasteners in wood. ASTM D 1761-88, Philadelphia, Pa.
- National Forest Product Association. 1991. National design specification for

wood and wood construction. NFPA, WA, D.C.
- KS F 2154 경골 목조 전단벽의 전단 시험 방법
- KS F 2153 목구조 철물 접합부의 전단 시험 방법
- KS F 1554 목재 표준 용어-목구조용 철물
- KS F 3200 섬유판
- KS F 3201 연질섬유판
- KS F 3201 중질섬유판
- KS F 3202 연질섬유판
- KS F 3203 경질섬유판
- KS F 3104 파티클보드
- ISO 6891 Timber Structures - Joints Made with Mechanical Fasteners - General Principles for the Determination of Strength and Deformation Characteristics First Edition
- ISO 768 Fibre building boards -- Determination of bending strength

나) 못접합부 - 전단성능

- Aune, Peter and Marcia Patton-Mallory. 1986. Lateral load-bearing capacity of nailed joints based on the yield theory - theoretical development. USDA research paper FPL469
- Aune, Peter and Marcia Patton-Mallory. 1986. Lateral load-bearing capacity of nailed joints based on the yield theory - experimental verification. USDA research paper FPL470
- 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.

- Ehlbeck, Juergen. 1979. Nailed joints based in Wood structures.. VPI & Stae Univ. Wood research and Wood construction Lab. Reserach Paper No. 166
- Foschi, Ricardo, O. and Thomas Bonac. 1977. Load-slip characteristics for connections with common nails. Woos Science 9(3): 118-123
- Winistorfer, Steve. G. 1992. NDS nail design method comparison. Research and Technology, FBN July/Aug: 32 - 44
- Zahn, John J. 1991. Design equation for multiple fastener wood connections. Journal of structural engineering 117(11):3477-3486
- 松尾 博, 泥田 稔. 1980. 木材と木質材料の釘接合剪斷耐力(第1報). 北海道大學農學部 演習林研究報告 37(3):712-746
- 平井卓郎, 安藤康光, 上田桓司. 1991. 木材の釘接合せん斷耐力と破壞形態(第1報). 日本木材學會誌 37(12):1157-1166
- 辻 直樹, 宮澤健二. 1994. 釘接合部の强度と剛性に關する研究(その1. 斜め釘打ちの實驗的研究) 日本建築學會大會學術講演梗概集 構造III :21-22
- 德田遊夫. 1996. 側材が鋼板で構成されたラグスクリユー接合部の一面せん斷性能. 日本建築學會大會 學術講演梗概集 構造III :37-38

다) 못접합부 - 못뽑기성능

- 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
- Groom Kevin M. and Robert J. Leichti. 1993. Load-withdrawal displacement characteristics of nails. Forest Product Journal 43(1) : 51-54

라) 구조용판넬의 수분저항성능

- Bolton, A J. 1994. The permeability of wood-based composite materials. Part 1. Holzforschung(48) : 95-100

- 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

마) 목재/목질재료의 지압성능

- 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驗 日本建築學會大會 學術講演梗概集 構造III :49-50

- 鴛海四郎. 1995. 吸水した各種ボードのめりこみ釘試驗. 日本建築學會大會學術講演梗概集構造III :83-84

- 黃權煥, 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

바) 연구동향 및 현황

- 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.

- 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

나. 못접합부의 성능평가

1) 구조부재의 못지압력(Nail embedding strength)

못지압력 시험은 구조용재에 있어서 접합부의 성능을 평가하는 파라미터의 설정을 위한 기초자료로 해당 재료의 면압성능을 시험하기 위해 많이 적용한다. 시험재료인 낙엽송, 잣나무 및 S-P-F 구조재의 못지압 시험에서 산출된 시험결과는 표 2-13, 14, 15와 같다. 최대하중 측정 및 강도계산을 위한 최대하중은 3mm 변위 일때의 하중으로 제한하였는데 이는 못의 직경이 3.5mm보다 작으므로 그 이상의 변위에서는 못의 지압과 목재의 압축이 혼재되어 못지압력의 측정이 어려워 지기 때문이다.

Table 2-13. Nail embedding strength of structural lumber for 8d nails

Lumber type	Load*		Nail embedding strength**	
	End grain	Edge grain	End grain	Edge grain
Larch	691	439	465	295
K. Pine	492	284	308	213
S-P-F	402	478	302	350

* : Load at 3.0mm deformation(kgf)
** : Load ÷ (nail diameter × member thickness)(kgf/cm^2)

Table 2-14. Nail embedding strength of structural lumber for 10d nails

Lumber type	Load		Nail embedding strength	
	End grain	Edge grain	End grain	Edge grain
Larch	753	448	512	304
K.Pine	525	305	333	229
S-P-F	512	478	340	364

Table 2-15. Nail embedding strength of structural lumber for 12d nails

Lumber type	Load		Nail embedding strength	
	End grain	Edge grain	End grain	Edge grain
Larch	927	452	526	256
K.Pine	632	272	334	170
S-P-F	586	461	372	292

목재구조부재의 지압강도에서 지압면이 횡단면일 때 못의 종류에 상관없이 모두 낙엽송 구조재는 잣나무와 S-P-F 구조재보다 높게 나타났으며, 잣나무와 S-P-F 구조재는 비슷한 지압력을 나타내었다. 지압면이 접선/방사단면인 경우 S-P-F 구조재는 낙엽송, 잣나무 구조재보다 높게 나타났으며 낙엽송 구조재는 잣나무 구조재보다 높게 나타났다.

못의 직경에 따른 영향에서 지압면이 횡단면일 경우 8d못과 10d, 12못은 몸통의 형태가 다르므로 직접비교는 곤란하나 각 구조재 별로 직경이 커질수록 지압강도는 감소하였으며 10d못과 12못은 각기 비슷한 지압강도를 보였다. 지압면이 접선/방사단면일 경우 몸통의 형태가 스크류형으로 같은 10d못과 12d못에서 직

경이 증가할수록 지압강도는 감소하였다. 8d못에서 10d, 12d못으로의 직경에 따른 영향에서 직경이 커짐에 따른 강도성향은 명확하게 나타나지 않았다. 이러한 결과는 못의 몸통구조의 차이에서 오는 결과와 목재의 재질특성 (방사/접선단면의 혼재)및 가공상태에 따른 영향이라고 보여진다. 黃과 小松(1999)의 각종 공학목재에 관한 면압시험에서 면압응력(지압력)과 강봉(못)의 직경간에는 명확한 관계가 드러나지 않았다고 한 연구결과를 발표하였으며, 原田등(1999)은 집성재에 관한 면압시험에서 지압면이 횡단면일 경우 면압성능은 일정한 반면 측면일 경우 강봉의 직경이 증가할수록 감소한다는 연구결과를 발표한 바 있는데 본 실험결과와 비교해 볼 때 비슷한 결과로 생각된다.

횡단면에 대한 측면의 목재구조부재의 지압강도의 비를 표 2-16에 나타내었다. 못의 종류에 상관없이 각 구조재 모두 직경이 증가할수록 지압강도의 비율이 감소하는 경향을 보여주었으며 낙엽송 구조재는 잣나무와 비슷한 값을 나타내었다. S-P-F 구조재는 국산 구조재보다 보다 높게 나타났다. 이런 경향은 앞서 언급하였듯이 측면부재에 대한 지압강도시험에서 지압면이 방사단면, 접선단면, 방사/접선단면의 혼재에 따른 영향으로 생각되며, 따라서 강도설정을 위한 파라미터의 산정시 이런 경향을 구분하여 그 영향을 최소화시켜 할 것으로 생각된다.

Table 2-16. Comparison of edge grain to end grain in nail embedding strength

Nail / Lumber	8d	10d	12d
Larch	0.63	0.59	0.49
K.Pine	0.69	0.68	0.51
S-P-F	1.16	1.07	0.78

2) 구조부재의 못인발력(nail withdrawal strength)

구조부재에 박힌 못의 인발력(저항)은 목재의 비중, 못의 직경, 침입깊이에 따라 다르다. 보통 측면에 못이 박히는 부재의 최대 인발력은 다음과 같은 실험식(1-9)을 통해 예측이 가능하다.

$$P = 54.12G^{5/2}DL \quad \text{----------} \quad (1\text{-}9)$$

여기서 P는 최대하중(N),

G는 함수율 12%의 부피에 대한 전건무게의 비를 기준으로 산정한 비중

D는 못의 직경(mm)

L은 침입깊이(mm)

여기서 인발력(최대하중)은 시험 평균치로서 수종에 따라 다소간의 변이가 있을 수 있다. 본 시험은 정적상태의 시험이므로 시험 데이타로부터 허용하중을 구하기 위해서는 재료의 변이성, 하중지속기간, 안전율을 고려하여야 한다. 보통 장기하중에 대해서는 최대 인발력의 1/6정도를 허용하중치로 받아들이고 있으며, 정상하중기간에 대해서는 이 허용치에 1.2를 곱하여 산정한 것을 허용하중치로 삼고 있다.(ASCE, 1996)

시험결과로부터 도출된 구조부재의 못의 인발력 및 예상 허용하중은 다음 표 2-17, 2-18, 2-19와 같다.

Table 2-17. Nail withdrawal strength and allowable stress of structural lumber - 8d nails

Lumber type	Maximum Load(*kgf*)		End/Edge (%)	Withdrawal - strength (*kgf/cm*)*	Allowable stress*** (*kgf/cm*)
	Edge	End			
Larch	159.2	71.9	0.45	48	9.6
*NDS***	-	-	-	-	*(7.3)*
K.pine	79.9	36.1	0.45	24	4.8
NDS	-	-	-	-	*(3.4)*
S-P-F	73.9	30.4	0.41	22	4.4
*S-P-F***	-	-			*(3.7)*

* : 측면최대하중/침입깊이
** : NDS 자료(동일 비중에 관한 자료)
*** : (인발저항×1.2/6)

몸통의 형태가 annual ring인 8d못의 경우 인발 최대하중은 낙엽송, 잣나무, S-P-F재의 순으로 나타났으며 잣나무와 S-P-F재는 비슷한 값을 보였다. 이는 잣나무와 S-P-F재의 비중이 비슷한 데에 따른 결과로 생각된다. 산정된 허용응력은 미 목구조 설계세칙(NDS)의 자료와 비교하여 모두 동일한 비중을 갖는 목재의 허용인발력보다 높은 값을 나타내었다. NDS자료에는 몸통의 형태가 원형인 못에 관한 자료가 없어 평못형태의 자료를 인용하였기 때문에 다소 높게 나타난 것으로 생각된다. 몸통의 형태가 스크류형인 10d못의 경우 최대하중은 낙엽송, 잣나무, S-P-F재의 순으로 나타났으며 잣나무와 S-P-F재는 8d 못의 역시 경우와 같이 비슷한 값을 보였다.

Table 2-18. Nail withdrawal strength and allowable stress of structural lumber for 10d nails

Lumber type	Maximum load(*kgf*)		End/Edge (%)	Withdrawal - strength (*kgf/cm*)	Allowable stress (*kgf/cm*)
	Edge	End			
Larch	140.9	91.1	0.64	44	8.1
NDS	-	-	-	-	*(8.1)*
K.pine	56.2	37.1	0.66	18	3.2
NDS	-	-	-	-	*(4.4)*
S-P-F	52.3	27.0	0.52	17	3.1
S-P-F	-	-			*(4.1)*

Table 2-19. Nail withdrawal strength and allowable stress of structural lumber for 12d nails

Lumber type	Maximum load(*kgf*)		End/Edge (%)	Withdrawal - strength (*kg/cm*)*	Allowable stress (*kg/cm*)
	Edge	End			
Larch	145.4	86.0	0.60	44.1	8.8
*NDS***	-	-	0.66	-	*(8.1)*
K.pine	71.1	46.7	-	21.5	4.3
NDS	-	-	-	-	*(3.9)*
S-P-F	73.5	49.5	0.67	22.3	4.4
*S-P-F***	-	-			*(4.1)*

산정된 허용응력은 NDS의 자료와 비교하여 낙엽송은 높은 값을 나타내었으며 잣나무와 S-P-F는 허용치와 비교하여 다소 낮은 값을 나타내었다. 특히 S-P-F의 경우 허용응력이 낮게 나타난 것은 NDS에서 언급되었듯이 같은 수종이라도 산

지에 따른 비중의 차이와 이로 인한 허용하중의 차이 때문인 것으로 보인다. 12d못에 관한 구조부재의 인발 최대하중은 낙엽송, S-P-F, 잣나무의 순으로 나타났으며 잣나무와 S-P-F재는 비슷한 값을 보여 앞의 경우와 같은 양상을 보였다. 산정된 허용응력은 NDS의 자료와 비교하여 비슷한 값을 나타내었다.

8d 못이 10d, 12d보다 높은 인발 최대하중을 보인 것은 몸통의 형태에 따른 못 인발저항의 영향에서 일반적으로 annual ring 타입이 다른 형태의 못보다 인발저항이 높다는 연구결과(Wood handbook, 1999)와 같은 결과를 나타내었다.

못이 박힌 위치에 따른 영향에서 횡단면에 박힌 못에 대한 측면에 박힌 인발 최대하중의 비에서 8d못은 2/5, 10d와 12d못은 대략 2/3정도로 나타났다. 수종별로 약간씩 차이를 보이는 것은 측면에 박힌 못의 위치가 방사단면, 접선단면이어서 이들의 인발저항의 차이로 인한 결과로 생각된다.

전반적으로 비중이 높은 낙엽송재의 경우 NDS의 허용치보다 높은 값을, 잣나무재는 비슷한 경향을 보여 NDS자료를 채택할 시 낙엽송의 경우처럼 비중이 높은 국산재에 대한 조정이 필요하다고 보여진다. 비중이 다소 낮은 잣나무재는 비슷한 비중을 갖는 S-P-F재와 인발성능이 역시 비슷함을 보였다.

3) 구조용 목재와 덮개재료간의 못접합부의 전단성능

가) 구조용 목재-덮개재료 못접합부의 1면전단성능

구조용 목재와 덮개재료로 이루어진 못접합부에 관한 전단시험에서 시험시 나타난 전형적인 하중 - 변형곡선은 그림 2-21과 같다. 그림에서 보듯이 접합부의 전단성능은 최대치에 도달한 후 바로 감소하는 것이 아니라 일정기간 성능을 유지하고 있음을 보여주고 있다. 이는 못 접합부에서 전단력이 작용할 경우 상당부분 성능이 유지되고 있음을 보여주는 것이라고 생각된다.

접합부의 전단시험에 관한 하중-변형 곡선에서 두개의 직선구간중 비례한도에

해당하는 첫 직선구간으로부터 해당 하중(P_1)과 변형(Δ_1)으로부터 초기 강성치인 접합계수($k_1=P_1/\Delta_1$)를 구하였으며, 하중이 최대치에 이르러 감소하기 직전의 값을 최대강도로 하여 접합강도(P_2)를 구하였다. 시험 결과는 표 2-20, 2-21과 같다.

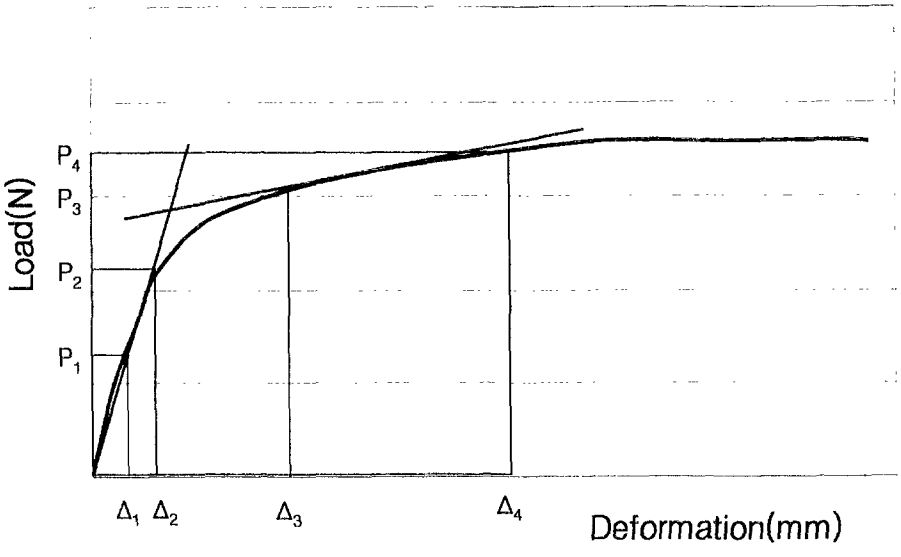


Fig. 2-21. Typical load-deformation curve for wood to sheathing nail connection.

Table 2-20. The lateral resistance of nail connection between wood and sheathing materials for 8d nails

Main-member	Side member	Proportional Limit		Lateral resistance	
		Load (N)	Deformation(mm)	K_1(N/mm)	Max. Load(N)
Larch	Plywood	678	1.48	421	1606
	OSB	779	1.63	434	1602
K.pine	Plywood	800	3.86	217	1418
	OSB	848	2.13	432	1271
S-P-F	Plywood	639	1.61	440	1643
	OSB	686	2.12	409	1525

Table 2-21. The lateral resistance of nail connection between wood and sheathing materials for 10d nails

Main member	Side member	Proportional Limit		Lateral resistance	
		Load(N)	Deformation(mm)	K_1(N/mm)	Max. Load(N)
Larch	Plywood	815	1.25	462	1721
	OSB	704	1.63	567	1729
K. pine	Plywood	779	3.86	403	1358
	OSB	778	2.13	417	1228
S-P-F	Plywood	673	1.23	403	1368
	OSB	712	2.12	523	1514

못 접합부의 1면 전단성능 시험에서 접합부의 초기강성치는 세 수종 모두에서 OSB가 대부분 합판보다 높은 강성치를 나타내었다. 8d 못으로 접합한 접합부의 덮개재료간의 초기강성의 차이는 수종에 상관없이 그리 크지 않았으나, 잣나무와 합판으로 구성된 못 접합부의 경우 상당히 낮은 값을 보였다. 하지만 10d 못으로 접합된 접합부의 초기강성은 낙엽송을 주부재로 한 접합부의 성능이 가장 우수한 것으로 나타났다. 다만, 초기강성에서 8d 못을 사용한 잣나무-합판으로 구성된 못접합부의 강성이 지나치게 낮은 것은 합판의 내부 결점에 따른 영향으로 보인다.

못 접합부의 최대강도(전단력)은 8d 못에서 측면부재가 합판인 경우 S-P-F와 낙엽송은 비슷하게, 잣나무는 낮게 나타났으며, OSB인 경우 낙엽송, S-P-F, 잣나무의 순으로 나타났다. 10d못으로 접합한 접합부의 경우 최대강도는 측면부재가 합판인 경우 낙엽송은 잣나무와 S-P-F보다 높게 나타났으며, S-P-F는 잣나무보다는 높게 나타났으나 그 차이는 크지 않은 반면, 측면부재가 OSB인 경우 S-P-F는 잣나무보다는 높게 나타났다.

8d 못과 10d 못간의 비교는 몸통의 형태가 각기 annual type과 screw type으로 서로 달라 직접적인 비교는 되지 않았으나 직경이 큰 10d 못이 전반적으로 높은 값을 나타내었다.구조용 덮개재료 간에는 8d 못에서는 합판이 OSB보다 비교적 높은 값을 보였으나, 10d 못의 경우에는 일정한 경향이 나타나지 않았다. 따라서 이들 경향을 놓고 볼 때 사용한 합판과 OSB의 두께의 차이와 밀도의 차이, 특히 합판의 경우 포함된 각종 내부 결함에 따른 영향이 이들 접합부의 성능에 크게 영향을 주는 것으로 생각된다. 구조부재간의 차이는 비중이 가장 높은 낙엽송의 성능이 가장 우수하고 잣나무와 S-P-F는 비중의 차이를 감안하면 거의 비슷할 것으로 보인다.

나) 목재-덮개재료, 목재-목재 못접합부의 2면 전단성능

목재와 덮개재료로 구성된 못접합부의 2면 전단성능 시험결과를 표 2-22와 23에, 목재와 목재로 이루어진 못접합부의 시험결과는 표 2-24에 나타내었다.

Table 2-22. The lateral resistance of nail connection in three member joint for 8d nails

Main member	Side member	Proportional Limit		Lateral resistance	
		Load(N)	Deformation(mm)	K_1(N/mm)	Max. Load(N)
Larch	Plywood	1419	4.63	325	1696
	OSB	1392	5.51	258	1636
K.pine	Plywood	1192	4.01	302	1495
	OSB	973	3.55	284	1220
S-P-F	Plywood	678	1.78	380	1378
	OSB	921	2.08	443	1484

Table 2-23. The lateral resistance of nail connection in three member joint for 10d nails

Main member	Side member	Proportional Limit		Lateral resistance	
		Load(N)	Deformation(mm)	K_1(N/mm)	Max. Load(N)
Larch	Plywood	1280	3.19	401	1696
	OSB	1445	2.77	522	1636
K.pine	Plywood	1192	4.01	297	1495
	OSB	973	3.55	274	1220
S-P-F	Plywood	678	1.78	380	1378
	OSB	921	2.08	443	1484

Table 2-24. The lateral resistance of nail connection in three member joint for 12d nails in wood to wood connection

Main member	Side member	Proportional Limit		Lateral resistance	
		Load(N)	Deformation(mm)	K_1(N/mm)	Max. Load(N)
Larch	Larch	2193	3.74	622	3496
K.pine	K.pine	1377	2.81	496	1578
S-P-F	S-P-F	1335	2.30	580	1760

8d 못으로 접합된 목재와 덮개재료간의 접합부의 초기강성은 주부재간, 측면부재간의 일정한 경향이 나타나지는 않았으나, 접합부의 최대하중은 낙엽송이 가장 높게 나타났으며 잣나무와 S-P-F 간에는 측면부재에 따라 서로 다르게 나타났다. 낙엽송의 최대하중이 크게 나타난 것은 접합부의 성능이 그만큼 우수하다고 볼 수 있으며, 향후 낙엽송을 비롯한 국산재를 구조용재로의 사용이 적극적으로 검토되어야 할 것이다. 10d 못에서 접합부의 최대강도는 측면부재가 합판인 경우 낙엽송, 잣나무, S-P-F 순으로 나타났으며, OSB인 경우 낙엽송, S-P-F, 잣나무의 순으로 나타났다. 1면 전단성능과 마찬가지로 잣나무와 S-P-F재간의 최대하중(접합부의 강도)강도의 차이는 크지 않았다. 하지만 초기강성에서 S-P-F는 높은 성능을 나타내어 탄성영역에서의 성능은 잣나무보다는 높은 것으로 나타났다. 최대하중에서 1면 전단시험과 2면 전단시험간의 차이는 크지 않았으나 대체로 초기강성에서 1면 전단시험이 2면 전단시험보다 높은 값을 나타내었다.

목재와 목재로 된 못접합부의 2면 전단성능은 최대하중과 초기강성면에서 낙엽송이 잣나무와 S-P-F보다 높게 나타났으며, 잣나무는 S-P-F보다 다소 낮게 나타났으나 그 차이가 크지 않은 것으로 나타나 두부재간의 성능의 차이는 각 부재의 비중을 감안 할 때 크지 않은 것으로 생각되어 잣나무 역시 구조재로의 사용이 가능하리라고 생각된다.

3. 3차년도: 수평패널 못접합부의 성능평가

가. 목재와 목재와 구성된 못 접합부 구조시스템의 못뽑기 저항성능

목재와 목재로 구성된 못 접합부 구조시스템의 못뽑기 저항성능 시험에서 나타난 하중 - 변형곡선은 그림 2-22에서 보듯이 최대하중에 이르기까지 거의 직선적으로 증가하다가 이후 감소하는 경향을 보였으며, 접합부는 계속 작지만 일정

한 하중을 지지하는 것으로 나타났다. 특히 잣나무 구조재에서는 못머리가 몸통으로 함입되면서 지속적으로 하중을 지지하는 현상을 보였다. 이는 잣나무재의 비중이 낮기 때문에 일어난 것으로 보이며, 전체적으로 보아 부재속으로 못머리가 함입해 들어가더하도 목구조 시스템에서 최대 인발저항에 미치는 영향이 적은 것으로 생각된다.

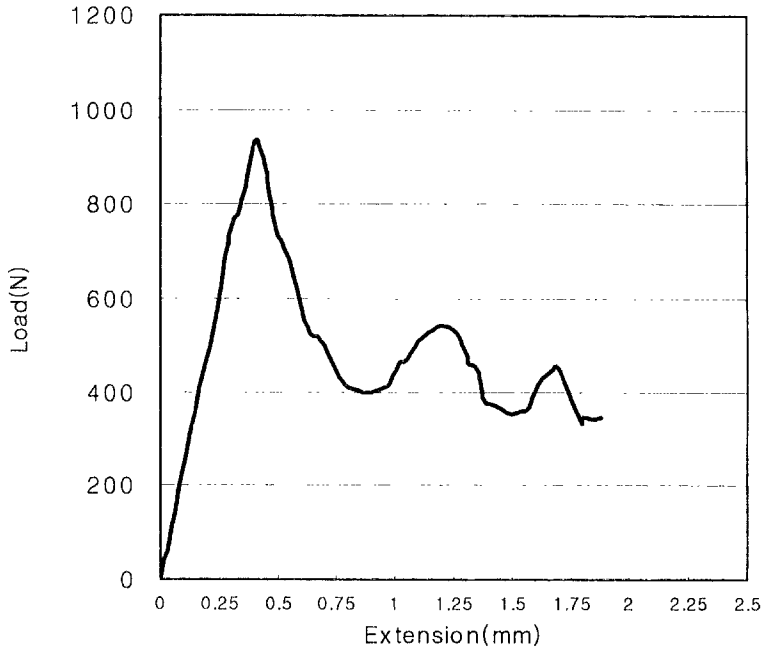


Fig. 2-22. Typical load-deformation curve in withdrawal test in lumber connection system

목재와 목재로 구성된 못 접합부 구조시스템의 못뽑기저항은 수종별로 보면 낙엽송이 가장 큰 값을, 다음으로 S-P-F와 잣나무순으로 나타났으며 S-P-F와 잣나무재는 큰 차이가 없었다. 잣나무재가 약간 적은 저항력을 보였지만, 강도의 변이계수(COV)는 더 작게 나타났다. S-P-F재가 변이계수가 크게 나타난 것은 잣나무와 낙엽송은 비교적 한 지역에서 자란 목재이면서 한 수종에 한정된 것이나, S-P-F같은 경우는 여러 수종이 섞인 혼합수종으로 이루어진 그룹명이므로, 수종 혼재에 따라 강도변이계수가 크게 나타난 것으로 생각된다. Winistorfer와 Soltis(1994)는 여러 수종의 구조용재에 대한 못뽑기 저항성능 비교시험에서 시험된 S-P-F 구조재의 못뽑기 강도의 변이계수는 0.20 ~ 0.35사이로 나타났다고 연구결과를 발표한 바 있으며, 같은 수종군으로 실험한 본 실험의 연구결과와 비교해 볼 때 비슷한 결과로 생각된다.

Table 2-25. Withdrawal resistance of lumber to lumber connections

Connection Type		Mean Load* (N)	COV
Main member	Side member		
Japanese Larch	Japanese Larch	1218	0.13
Korean Pine	Korean Pine	629	0.18
S-P-F	S-P-F	672	0.34

* average maximum load of 10-replication

나. 목재와 구조용 덮개재로 구성된 못 접합부 구조시스템의 못뽑기 저항성능

목재와 구조용 덮개재로 구성된 시스템은 바닥구조에서 장선과 덮개재간에, 벽체구조에서 샛기둥과 덮개재간에, 지붕구조에서 서까래나 트러스와 덮개재간에 이루어 지는 구조로 목구조에서 많은 부분이 바로 이런 구조에 해당된다. 목재와

구조용 덮개재간의 못뽑기저항 성능시험에서 나타난 하중-변형곡선은 목재와 목재 부재간의 못뽑기 저항성능 시험에서 나타난 것과 거의 같은 양상을 보여 최대하중까지 거의 직선적으로 증가하다가 이후 감소하지만 계속 일정하중을 지지하는 것으로 나타났다.

못뽑기 시험에서 덮개재가 OSB인 경우 하중이 증가함에 따라 못머리가 OSB쪽으로 함입되는 경향을 보였으나, 내수 MDF재의 경우 못머리의 함입현상은 관찰되지 않았다. 이는 내수 MDF의 높은 표면밀도로 인한 특성 때문이라고 생각된다.

Table 2-26. Withdrawal resistance of wood to panel connections

Connection Type		Mean Load* (N)	COV	OSB/MDF
Main member	Side member			
Japanese Larch	OSB	935	0.18	
Korean Pine	OSB	581	0.23	
S-P-F	OSB	621	0.19	0.95
				1.11
Japanese Larch	MDF	982	0.17	0.90
Korean Pine	MDF	521	0.13	
S-P-F	MDF	689	0.13	

* average maximum load of 10-replication

목재 부재와 덮개재간의 못뽑기저항 시험결과를 표 2-26에 나타내었다. 목재 부재와 덮개재간의 못뽑기저항은 덮개재가 OSB, MDF인 모든 경우에서 낙엽송이 가장 큰 값을, 다음으로 S-P-F가 와 잣나무 순으로 나타났다. 낙엽송과 S-P-F

재에서는 MDF를 덮개재로 한 경우가 OSB를 덮개재로 한 경우보다 높게 나타났으며, 잣나무재에서는 OSB를 덮개재로 한 경우가 더 높게 나타났다. 그림 2-23에서는 MDF를 덮개재로 한 시스템과 OSB를 덮개재로 한 목구조 시스템의 시험된 최대 못뽑기 저항을 비교하여 나타내었는데 낙엽송재의 경우 0.95, 잣나무재의 경우 1.11, S-P-F재의 경우 0.90정도로 대략 그 차이가 ±10% 정도의 범위에 있어서 시험된 덮개재간의 성능의 차이는 크지 않은 것으로 생각되며, 국산 내수 MDF가 구조용 덮개재료로서 사용이 가능하다고 보여진다.

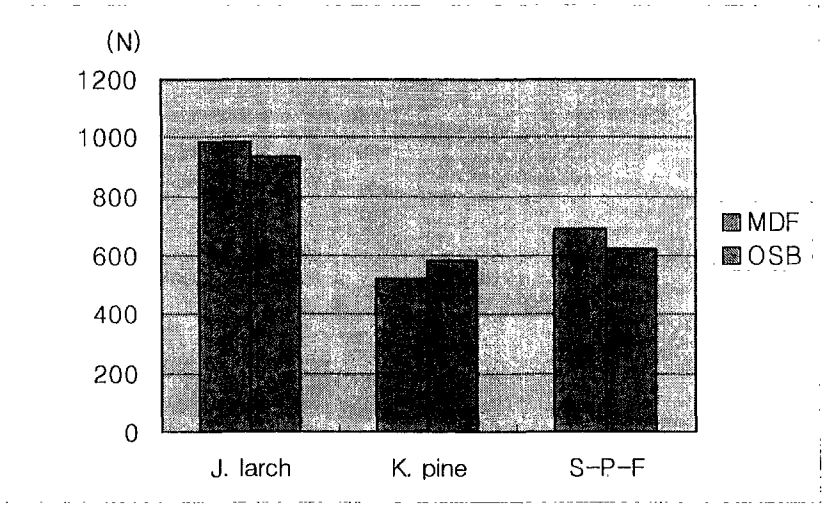


Fig. 2-23. Comparison of withdrawal resistance to lumber to panel connections

다. 목재와 목재와 구성된 못 접합부 구조시스템의 전단성능

목재와 목재와 구성된 못 접합부 구조시스템의 전단시험에서 나타난 결과를

표 2-27에 나타내었다. 동일한 수종끼리 접합된 구조시스템의 최대 전단성능은 낙엽송으로 이루어진 접합부에서 최대 전단력이 1782Kgf으로 가장 높았고, S-P-F 재로 이루어진 접합부에서는 1425Kgf, 잣나무재로 이루어진 접합부에서는 1117Kgf으로 나타나, 낙엽송재의 경우가 가장 높은 값을 보여주었다. 못이 박히는 주부재의 전단성능을 비교하기 위해 다른 수종끼리 접합된 구조시스템의 최대 전단성능에서 측면부재가 낙엽송으로 된 접합부에서 최대전단력이 16882Kgf, 잣나무재인 경우에는 1324Kgf으로 나타나, 접합부의 전단성능은 못이 박히는 주부재의 성능보다는 못머리가 있는 측면부재의 역할이 전단성능에 더 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 목구조 시스템에서 못 접합부의 전단성능이 주요 영향인자로 작용할 경우 측면부재의 선정과 역할을 잘 고려하여야 할 것으로 생각된다. 접합부의 성능에 관한 최대최소치의 범위를 그림 2-24에 나타내었다.

Table 2-27 Test results of lateral resistance test in wood to wood connection

Connection type		Max. load	Min. load	Avg. load
Main member	Side member			
Larch	Larch	2040	1364	1782
K.pine	K.pine	1375	856	1117
S-P-F	S-P-F	1594	1285	1424
Larch	K.pine	1680	855	1324
K.pine	Larch	1941	1359	1688

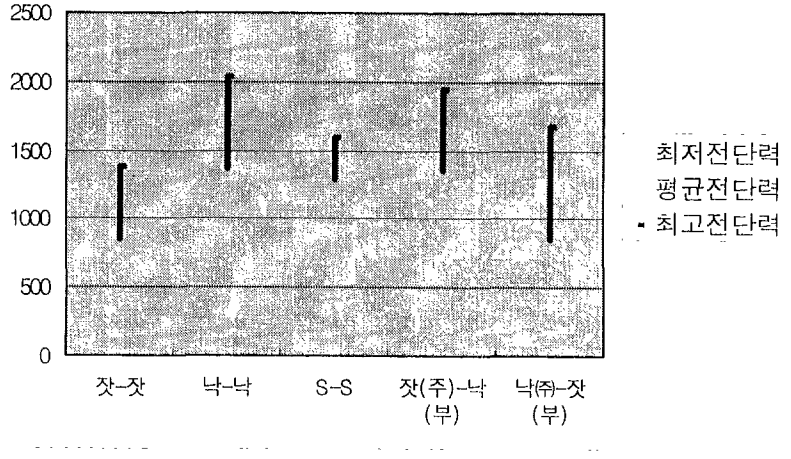


Fig. 2-24 Lateral load variance in wood to wood nail connection

라. 목재와 구조용 판넬재로 구성된 못 접합부 구조시스템의 전단성능

목재와 구조용 판넬재로 구성된 못 접합부 구조시스템의 전단시험에서 나타난 결과는 표 2-28과 같다. 측면부재가 OSB로 접합된 구조시스템의 최대 전단성능은 주부재가 낙엽송인 경우 최대 전단력은 1682Kg*f*으로 가장 높았고, S-P-F재인 경우 1221Kg*f*, 잣나무재인 경우 1130Kg*f*의 순으로 나타나, 낙엽송재가 가장 높은 값을 보여주었다. 측면부재가 국산 MDF로 접합된 구조시스템의 최대 전단력은 OSB의 경우와 마찬가지로 주부재가 낙엽송인 경우가 가장 높은 값을, 그 다음으로 S-P-F, 잣나무재의 순으로 나타났으며 OSB재의 경우보다 잣나무재와 S-P-F재 간의 차이가 더 크게 나타났다.

동일한 주부재에서 판넬간에는 측면부재가 MDF인 경우가 OSB보다 모두 높은 값을 보여주었으며, 낙엽송과 S-P-F재의 경우 그 차이가 크게 나타났으나 잣나무재의 경우 그 차이는 크게 나타나지 않아 약간 다른 경향을 보여주었다. 이들에

관한 비교를 그림 2-25에 나타내었다. 그림에서 보듯이 목재와 목재간의 접합부 성능시험에서 보았듯이 접합부의 전단성능은 측면부재의 역할이 더 크게 영향을 미치는 결과에 따른 것으로 생각된다. 특히 국산 MDF재는 높은 비중으로 수입 OSB재를 능가하는 성능을 보여주어 구조용 덮개재로서 사용이 가능하다고 보여진다.

Table 2-28. Test results of lateral resistance test in wood to panel connection

Connection member		Average of Lateral load (Kg*f*)
Main member	Side member	
Larch	OSB	1682
K. pine	OSB	1130
S-P-F	OSB	1221
Larch	MDF	2225
K. pine	MDF	1229
S-P-F	MDF	1532

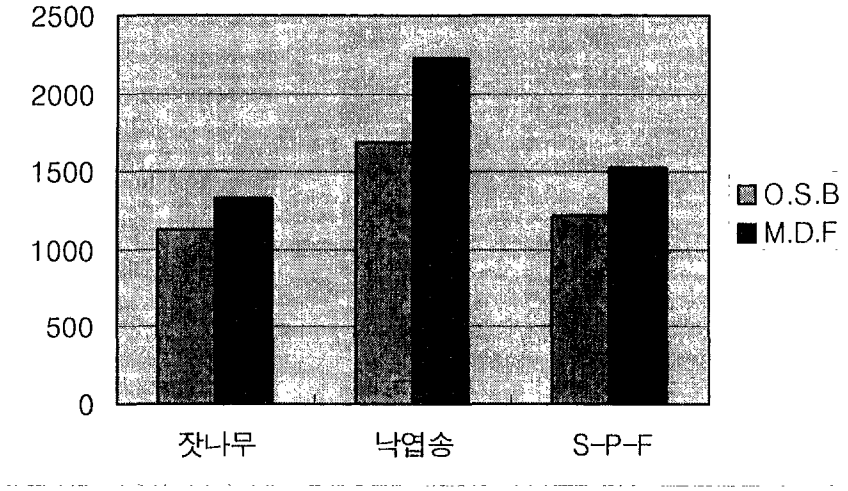


Fig.2-25 Comparison of lateral load in wood to panel nail connection

마. 목재와 구조용 덮개재로 구성된 못 접합부 바닥 구조시스템의 휨 성능

1) 처짐과 휨강성

목재와 구조용 덮개재로 구성된 못 접합부 바닥 구조시스템에서 보통 목재는 휨 응력을 받는 장선(joist)으로, 구조용 판넬은 하중을 전달하는 덮개재(sheathing)로 사용되며 사하중(dead load), 활하중(live load)등의 각종 하중을 골조 부재인 장선에 전달하는 역할을 한다. 일반 목구조 건물의 바닥구조나 지붕구조에서 설계에서 수직하중에 대한 저항 특성은 처짐을 중요시하며, 이에 따라 구미의 여러 건축법규에서는 하중 형태에 따른 처짐의 제한요건을 규정해 놓고 있으며 이에 따라 설계할 것을 권장하고 있다. 본 시험에서는 하중을 100, 300, 500, 700, 900kg*f*의 5단계로 나누고 각 하중에서의 처짐을 측정하여 그 성능을 비

교하고 처짐의 제한요건에 관한 내용을 고찰하였다. 본 시험에서 측정된 결과는 표 2-29에 나타내었다.

Table 2-29 Test results of bending deflection in each load level of floor system composed of wood to panel nail connection (unit; mm)

Load level(kgf) / Connection		100	300	500	700	900
Framing	Sheathing					
Larch	OSB	1.93	3.71	5.44	7.19	9.01
K.pine	OSB	2.39	4.68	6.54	8.56	10.48
S-P-F	OSB	2.22	4.27	6.12	7.80	9.78
Larch	MDF	1.97	3.73	5.36	6.92	8.49
K.pine	MDF	1.87	4.43	6.51	8.42	8.89
S-P-F	MDF	1.81	3.76	5.61	7.46	9.32

시험된 바닥 구조시스템에서 휨에 의한 처짐량은 덮개재가 OSB인 경우 각 하중단계에서 낙엽송이 가장 적은 처짐을 그 다음으로 S-P-F, 잣나무 규격재 순으로 적게 나타났으며, 덮개재가 MDF인 경우 각 하중단계에서 낙엽송, 잣나무, S-P-F 규격재 순으로 적게 나타났다. 두 덮개재 모두에서 처짐은 낙엽송재의 경우가 가장 작게 나타나 휨 성능면에서 가장 우수함을 보였다. 덮개재간 비교에서 전반적으로 OSB보다 MDF재의 경우가 처짐량이 적어 덮개재의 성능면에서 우수함으로 보여 바닥구조에서 구조용 판넬재로서 사용이 가능하다고 생각된다.

시험에서 나타난 하중까지는 하중과 변형이 직선적인 관계를 보여 이 하중영

역에서는 비례한도에 있다고 생각되며 따라서 이 측정치들로부터 측정된 초기강성치는 다음 그림에서 보듯이 K_1값 에 해당되며, 측정된 값은 다음 표 2-30과 같다. 이 강성치 결과로 부터 보면 구조용 판넬재 간에는 골조부재 모든 경우에서 판넬재를 MDF로 한 경우가 OSB 보다 높은 강성치를 보였으며, 골조부재 간에는 낙엽송재가 가장 큰 값을 보였으며 잣나무와 S-P-F는 거의 비슷함을 보여 주어 휨강성 면에서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

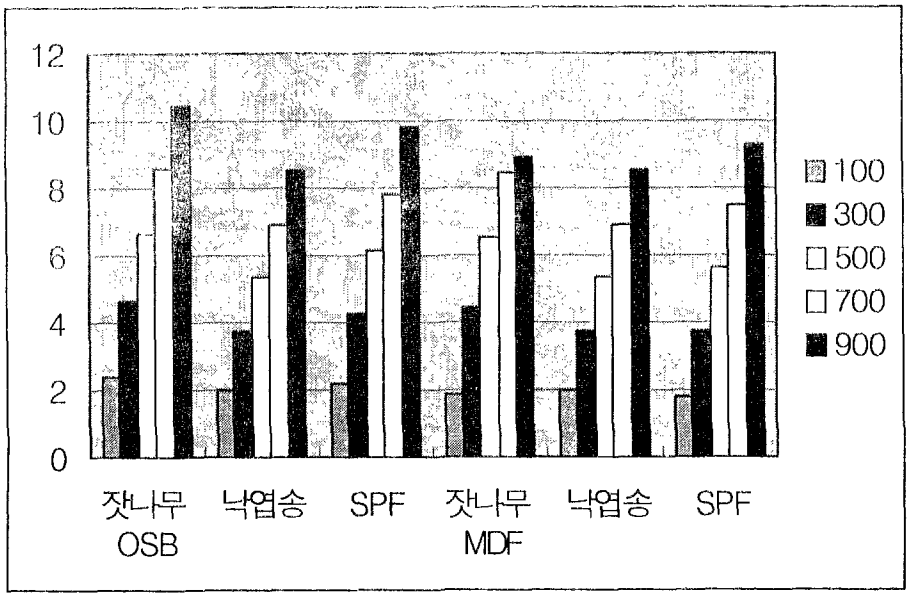


Fig. 2-26. Comparison of bending deflection in wood to panel floor systems

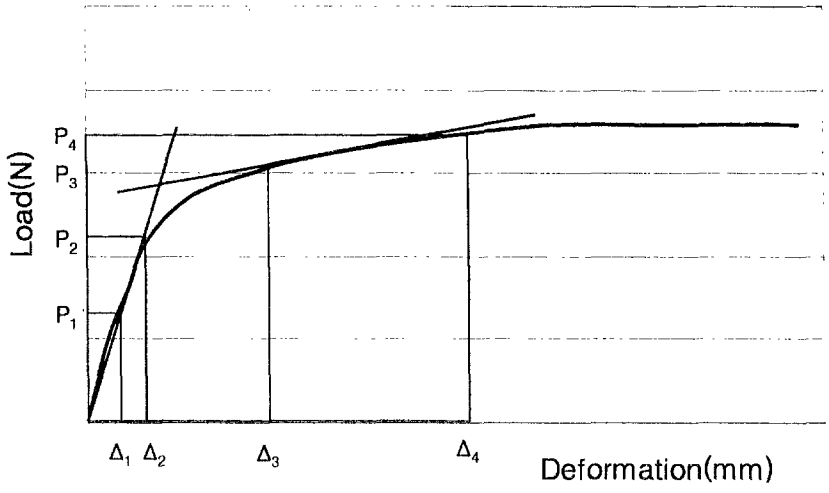


Fig. 2-27. Typical load-deformation curve in nail connection systems

Table 2-30 Initial modulus of wood to panel nail connection

Connection		Initial modulus (kgf/mm)
Framing	Sheathing	
Larch	OSB	1120
K. pine	OSB	870
S-P-F	OSB	970
Larch	MDF	1130
K. pine	MDF	880
S-P-F	MDF	1020

2) 처짐의 제한요건에 따른 바닥 구조시스템의 성능

바닥장선(floor joist)구조에서 구조성능은 휨응력, 전단응력, 눌림등 제반 응력조건을 만족시키는 동시에 처짐의 제한요건을 만족시켜야 한다. 처짐은 구조물의 파괴가 아니라 사용상의 문제점을 야기시키는 차원에서 취급되고 있다. 처짐의 기준은 외국의 처짐기준에 의하면 활하중하 에서는 지간거리(span)의 1/360, 총하중하에서는 지간거리의 1/240의 기준을 적용하고 있다. 보다 완화된 기준에서는 활하중에서는 지간거리의 1/240, 총하중하에서는 지간거리의 1/180의 기준을 적용하고 있다. 이 처짐제한요건에 해당되는 처짐과 이에 연관된 하중은 구조시스템에서 허용하중의 설정지표가 된다. 본 연구에서는 완화된 처짐의 제한요건에 관한 하중값의 비교와 이에 따른 등분포하중값을 산정하여 그 결과를 표 2-31에 나타내었다.

활하중 및 총하중에 관한 해당처짐 요건에 관한 하중치의 비교에서 두처짐 조건에 관계없이 각 처짐한계에서 낙엽송이 가장 큰 하중치를, 그 다음으로 S-P-F, 잣나무의 순으로 나타나, 낙엽송재를 골조부재로 한 바닥구조의 휨 성능이 가장 뛰어난 것으로 나타났다. 이는 낙엽송재의 상대적으로 높은 휨강도에 의한 것으로 사료된다. 덮개재별 비교에서 골조부재의 종류에 관계없이 MDF 덮개재가 OSB 덮개재보다 각 처짐한계에 대한 해당 하중치가 높거나 비슷한 경향을 보여주어 국산 MDF재가 수입 OSB의 대체재로서 충분히 사용가능함을 보여주었다.

처짐의 제한요건에서 해당 바닥구조의 전면적에 걸쳐 산정된 등분포하중값은 앞의 경우와 같이 낙엽송이 가장 큰 등분포 하중값을, 그 다음으로 S-P-F와 잣나무재 크기의 순으로 나타났다. 이 산정된 등분포 하중은 추후 건물의 설계시 같은 재료로 바닥구조를 설계할 때 허용하중에 관한 참조자료로 사용될 수 있으리라 생각된다.

Table 2-31. Load in each deflection limit(Load A) and disributed load(Load B) in wood to panel nail connection in floor system

Connection type / Deflection limit	Larch		K. Pine		S-P-F	
	OSB	MDF	OSB	MDF	OSB	MDF
Load A(kg*f*)						
1/180(=5.27mm)	484	491	337	356	430	469
1/240(=3.95mm)	319	317	253	267	277	315
Load B(kg*f*/mm^2)						
1/180(=5.27mm)	12.7	12.9	8.9	9.4	11.0	12.0
1/240(=3.95mm)	8.4	8.3	6.6	7.0	7.3	8.2

비고) 1 psf = 0.05kg*f*/mm^2

제 5 절 결론

1. 1차년도: 소나무재 못접합부의 성능평가

가. 덮개재료의 기본 물성

시험용 덮개재료인 합판의 휨탄성계수와 휨강도는 각각 7,700kgf/cm^2, 570 kgf/cm^{2}을 나타내어 OSB보다 높은 성능을 나타내었다. 수분의 흡수에 따른 팽윤성 시험에서 OSB가 합판 보다 매우 높은 팽윤성을 나타내어 습도가 높거나 직접 수분에 의한 젖음이 예상되는 곳에 OSB를 사용할 경우 습기유입의 방지에 주의를 기울여야 할 것으로 생각된다.

나. 못접합부의 강도

상태조건에서의 덮개재료의 못뽑기 저항력이 침지처리한 재료보다 월등히 높게 나타나 습윤한 환경에서 덮개재료의 못뽑기 저항력이 급격히 저하되었다. 상태조건에서의 못머리 관통력이 침지처리한 재료보다 우수하였고, 못의 직경증가에 따른 저항력의 차이는 크지 않았다. 덮개재료에 따른 영향은 OSB가 합판보다 높은 저항력을 가지는 것으로 나타났다. 상태조건에서의 덮개재료의 못지압 강도가 침지후의 강도보다 높게 나타났으며, 상태조건에 대한 침지후의 강도보유율은 합판은 8d, 12d 못에서 평균 54%, OSB는 8d못에서 70%, 12d못에서는 49%로 나타나 못의 몸통종류에 따른 지압강도의 차이를 보여주었다.

소나무재의 못지압력에 대한 시험결과, 섬유방향에 평행한 방향의 못지압력이 섬유방향에 수직한 방향보다 매우 높은 값을 나타내었다. 섬유방향에 평행하게 하중을 받을 때 비례한도는 최대하중값의 2/3정도로 나타났다.

목재와 합판, 목재와 OSB간의 못접합된 부분의 전단내력에서 비례한도하중은 큰 차이가 나타나지 않았으나 최대하중에서 OSB가 5%정도 약간 높은 경향을 나타내었다. 하지만 양재료간의 두께의 차이를 고려해 볼 때 전단내력 성능면에서는 차이가 크지 않았다. 목재와 목재로 된 못 접합부의 전단내력은 측면부재를 판넬로 한 접합부보다 높은 성능을 나타내었다.

2. 2차년도: 목조건축에 사용되는 못접합부의 성능평가

가. 시험자료수집

목구조 및 목조건축에서 사용되는 못접합부의 각종 형태와 양식, 시험법 및 해당 연구결과에 대한 각종 국내외의 각종 관련 문헌과 자료를 수집하여 분야별로 구분하였다.

나. 구조부재의 못지압력

목재구조부재의 지압강도에서 지압면이 횡단면일 때 못의 종류에 상관없이 모두 낙엽송 구조재는 잣나무와 S-P-F 구조재보다 높게 나타났으며, 잣나무와 S-P-F 구조재는 비슷한 지압력을 나타내었다. 못의 직경에 따른 영향에서 지압면이 횡단면일 경우 각 구조재 별로 직경이 커질수록 지압강도는 감소하였으며 10d못과 12못은 각기 비슷한 지압강도를 보였다. 지압면이 접선/방사단면일 경우 몸통의 형태가 스크류형으로 같은 10d못과 12d못에서 직경이 증가할수록 지압강도는 감소하였다. 8d못에서 10d, 12d못으로의 직경에 따른 영향에서 직경이 커짐에 따른 강도성향은 명확하게 나타나지 않았다.

다. 구조부재의 못인발력

몸통의 형태가 annual ring인 8d못의 경우 인발 최대하중은 낙엽송, 잣나무, S-P-F재의 순으로 나타났으며 잣나무와 S-P-F재는 비슷한 값을 보였다. 산정된 허용응력은 미 목구조 설계세칙(NDS)의 자료와 비교하여 모두 동일한 비중을 갖는 목재의 허용인발력보다 높은 값을 나타내었다. 10d 못의 경우 산정된 허용응력은 NDS의 자료와 비교하여 낙엽송은 높은 값을 나타내었으며 잣나무와 S-P-F는 허용치와 비교하여 다소 낮은 값을 나타내었다. 12d못에 관한 구조부재의 인발 최대하중은 낙엽송, S-P-F, 잣나무의 순으로 나타났으며 잣나무와 S-P-F재는 비슷한 값을 보여 앞의 경우와 같은 양상을 보였다.

못이 박힌 위치에 따른 영향에서 횡단면에 박힌 못에 대한 측면에 박힌 인발 최대하중의 비에서 8d못은 2/5, 10d와 12d못은 대략 2/3정도로 나타났다.

라. 구조용 목재와 덮개재료간의 못접합부의 전단성능

못접합부의 1면 전단성능 시험에서 접합부의 초기강성치는 세 수종 모두에서 OSB가 대부분 합판보다 높은 강성치를 나타내었다. 8d 못으로 접합한 접합부의 덮개재료간의 초기강성의 차이는 수종에 상관없이 그리 크지 않았으나, 잣나무와 합판으로 구성된 못 접합부의 경우 상당히 낮은 값을 보였다. 못접합부의 최대강도(전단력)은 8d 못에서 측면부재가 합판인 경우 S-P-F와 낙엽송은 비슷하게, 잣나무는 낮게 나타났으며, OSB인 경우 낙엽송, S-P-F, 잣나무의 순으로 나타났다. 10d못으로 접합한 접합부의 경우 최대강도는 측면부재가 합판인 경우 낙엽송은 잣나무와 S-P-F보다 높게 나타났으며, S-P-F는 잣나무보다는 높게 나타났으나 그 차이는 크지 않은 반면, 측면부재가 OSB인 경우 S-P-F는 잣나무보다는 높게 나타났다.

목재와 덮개재료로 구성된 못접합부의 2면 전단성능 시험에서 8d 못으로 접합된 목재와 덮개재료간의 접합부의 초기강성은 주부재간, 측면부재간의 일정한 경향이 나타나지는 않았으나, 접합부의 최대하중은 낙엽송이 가장 높게 나타났으며 잣나무와 S-P-F 간에는 측면부재에 따라 서로 다르게 나타났다. 10d 못에서 접합부의 최대강도는 측면부재가 합판인 경우 낙엽송, 잣나무, S-P-F 순으로 나타났으며, OSB인 경우 낙엽송, S-P-F, 잣나무의 순으로 나타났다. 1면 전단성능과 마찬가지로 잣나무와 S-P-F재간의 최대하중(접합부의 강도)강도의 차이는 크지 않았다. 하지만 초기강성에서 S-P-F는 높은 성능을 나타내어 탄성영역에서의 성능은 잣나무보다는 높은 것으로 나타났다.

목재와 목재로 된 못접합부의 2면 전단성능은 최대하중과 초기강성면에서 낙엽송이 잣나무와 S-P-F보다 높게 나타났으며, 잣나무는 S-P-F보다 다소 낮게 나타났으나 그 차이가 크지 않은 것으로 나타나 두 부재간의 성능의 차이는 각 부재의 비중을 감안 할 때 크지 않은 것으로 생각되어 잣나무 역시 구조재로의 사용이 가능하리라고 생각된다.

3. 3차년도: 수평패널 못접합부의 성능평가

가. 못 접합부 구조시스템의 못뽑기 저항성능

목재와 목재로 구성된 못 접합부 구조시스템의 못뽑기저항은 수종별로 보면 낙엽송이 가장 큰 값을, 다음으로 S-P-F와 잣나무순으로 나타났으며 S-P-F와 잣나무재는 큰 차이가 없었다.

목재와 덮개재간의 못뽑기저항은 덮개재가 OSB, MDF인 모든 경우에서 낙엽송이 가장 큰 값을, 다음으로 S-P-F가 와 잣나무 순으로 나타났다. 낙엽송과 S-P-F재에서는 MDF를 덮개재로 한 경우가 OSB를 덮개제로 한 경우보다 높게

나타났으며, 잣나무재에서는 OSB를 덮개재로 한 경우가 더 높게 나타났다. 실험결과 시험된 덮개재간의 성능의 차이는 크지 않은 것으로 생각되며, 국산 내수 MDF가 구조용 덮개재료로서 사용이 가능하다고 보여진다.

나. 못 접합부 구조시스템의 전단성능

동일한 수종끼리 접합된 구조시스템의 최대 전단성능은 낙엽송으로 이루어진 접합부에서 가장 높았고, 그 다음이 S-P-F재, 잣나무재의 순으로 나타났다. 못이 박히는 주부재의 전단성능을 비교하기 위해 다른 수종끼리 접합된 구조시스템의 최대 전단성능에서 접합부의 전단성능은 못이 박히는 주부재의 성능보다는 못머리가 있는 측면부재의 역할이 전단성능에 더 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 목구조 시스템에서 못 접합부의 전단성능이 주요 영향인자로 작용할 경우 측면부재의 선정과 역할을 잘 고려하여야 할것으로 생각된다.

목재와 구조용 판넬재로 구성된 못 접합부 구조시스템의 전단시험에서 측면부재가 OSB로 접합된 구조시스템의 최대 전단성능은 주부재가 낙엽송인 경우 가장 높은 값을 보여주었다. 측면부재가 국산 MDF로 접합된 구조시스템의 최대 전단력은 OSB의 경우와 마찬가지로 주부재가 낙엽송인 경우가 가장 높은 값을, 그 다음으로 S-P-F, 잣나무재의 순으로 나타났으며 OSB재의 경우보다 잣나무재와 S-P-F재 간의 차이가 더 크게 나타났다.

동일한 주부재에서 판넬간에는 측면부재가 MDF인 경우가 OSB보다 모두 높은 값을 보여주었으며, 낙엽송과 S-P-F재의 경우 그 차이가 크게 나타났으나 잣나무재의 경우 그 차이는 크게 나타나지 않아 약간 다른 경향을 보여주었다.

다. 처짐의 제한요건에 따른 바닥 구조시스템의 성능

활하중 및 총하중에 관한 해당처짐 요건에 관한 하중치의 비교에서 두처짐 조

건에 관계없이 각 처짐한계에서 낙엽송이 가장 큰 하중치를, 그 다음으로 S-P-F, 잣나무의 순으로 나타나, 낙엽송재를 골조부재로 한 바닥구조의 휨 성능이 가장 뛰어난 것으로 나타났다. 덮개재별 비교에서 골조부재의 종류에 관계없이 MDF 덮개재가 OSB 덮개재보다 각 처짐한계에 대한 해당 하중치가 높거나 비슷한 경향을 보여주어 국산 MDF재가 수입 OSB의 대체재로서 충분히 사용가능함을 보여주었다.

처짐의 제한요건에서 해당 바닥구조의 전면적에 걸쳐 산정된 등분포하중값은 앞의 경우와 같이 낙엽송이 가장 큰 등분포 하중값을, 그 다음으로 S-P-F와 잣나무재 크기의 순으로 나타났다. 이 산정된 등분포 하중은 추후 건물의 설계시 같은 재료로 바닥구조를 설계할 때 허용하중에 관한 참조자료로 사용될 수 있으리라 생각된다.

제 6절 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 of Civil Engineers. 1999. Mechanical connections in wood structures. ASCE manuals and reports on engineering practice No. 84

3) American Society of Civil Engineers. 1998. Wood engineering in the 21st century:research needs and goals. Proceedings of the workshop offered in conjuction with the SEI/ASCE structures congress IV. Portland, Oregon.

4) 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.

5) American Society for Testing and Materials. 1988. Test methods for mechanical fasteners in wood. ASTM D 1761-88, Philadelphia, Pa.

6) American Forest and Paper Association. 1997. National Design Specification. ANSI/AFPA NDS-1997

7) Aune, Petter and Marcia Patton-Mallory. 1986. Lateral load-bearing capacity of nailed joints based on the yield theory. Theoretical development. U.S.D.A. Forest Service, Forest Product Laboratory. Research paper FPL 469.

8) Aune, Petter and Marcia Patton-Mallory. 1986. Lateral load-bearing capacity of nailed joints based on the yield theory. Experimental verification. U.S.D.A. Forest Service, Forest Product Laboratory. Research paper FPL 470

9) Chow, Poo and J. A. Younhquist. 1985. The proportional limit of lateral resistance in structural wood composite. Symposium on Forest Product Research International - Achievements and the future. Vol 4:22-26. Pretoria,

South Africa.

10) Chow, Poo, J. Dobbin McNatt, Steven J. Lambrechts and George 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

11) Ehlbeck, Juergen and A. G. Julif. 1979. Nailed joints in wood structures. VPISU, Wood Research and Wood Construction Lab. Report No. 166, Blacksburg, Virginia, U.S.A.

12) Groom Kevin M. and Robert J. Leichti. 1993. Load-withdrawal displacement characteristics of nails. Forest Product Journal 43(1) : 51-54

13) Forest Product Laboratory. 1999. Wood handbook. U.S.D.A. Forest Service, Forest Product Laboratory. General technical report GTR-113

14) Foschi, Ricardo O. and Thomas Bonac. 1977. Load-slip characteristics for connections with common nails. Wood Science. Vo. 9.(3): 118-123;

15) International Standard Organization. ISO 6891 ; Timber structure - Joints made with mechanical fastener - general principles for the determination of strength and deformation characteristics.

16) International Standard Organization. ISO 10984-1 ; Timber structure - Dowel type fastener - Part 1: Determination of bending strength

17) International Standard Organization. ISO 6891 ; Timber structure - Dowel type fastener - Part 2: Determination of embedding strength and foundation value.

18) Nordest. 1981. Nails in wood. lateral strength. NT build 133. Stockholm, Sweden.

19) McLain, T. E. 1992. Strength of lag-screw connections. J. of structural engineering 118(10):2855-2871

20) McLain, T. E., L. A. Soltis, D. G. Pollock. and P. J. Pellicane. 1991. Timber connection design in the U. S. converting to LRFD format. Proceedings of the 1991 International timber engineering conference vol. 2 :277-285

21) Pellicane, Patrick J. 1991. Nail.glue joints in wood. Forest product Journal 41(11/12):33-35

22) Soltis, Lawrence A. and Primus V. A. mtenga. 1985. Strength of nailed wood joints subjected to dynamic load. Forest product Journal 35(11/12):14-18

23) Soltis, Lawrence A. and Scott Hanson. 1991. Strength of light-gauge steel nailed connections. Forest product Journal 41(5):57-60

24) Whale, L. R. J. and I. Smith. 1989. A method for measuring the embedding characteristics of wood and wood-based materials. Material and structure 22:403-410

25) Wills, B. L., S. G. Winistorfer, D. A. Bender and D. G. Pollock. 1996. Threaded-nail fasteners - research and standardization needs. Transaction of the ASAE 39(2):661-668

26) Winistorfer, S. G. 1992. NDS nail design method comparison. FBN July/August:32-44

27) Winistorfer, S. G. 1994. Nailed construction : A comparison of 1986 and 1991 National Design Specification Method. Transaction of the ASAE 37(2):603-610

28) Winistorfer, S. G. and L. A. Soltis. 1994. Lateral and withdrawal strength of nail connection for manufacturing housing. J. of structural engineering 120(12):3577-3594

29) Zahn, J. John. 1991. Design equation for multiple fastener wood connections. J. of structural engineering 117(11): 3477 - 3486

30) 赤松 明. 1990. 側板に鋼板を用いた木ねじ接合部の一面せん斷耐力に及ぼす保持力, 木ねじ呼び徑, 木ねじ長さ及び主材比重の影響. 木材學會誌 36(1):15-21

31) 松尾 博, 澤田 稔. 1980. 木材と木質平面材料の釘接合におげる剪斷耐力(第1報). 北海道大學 農學部演習林研究報告. 37(3):721-746

32) 日本建築學會. 1988. 木構造設計規準・同解說. 日本建築學會.

33) 日本木材學會. 1985. 木材科學實驗書. I. 物理工學編. 日本木材學會 物理工學編編輯委員會.

34) 平井卓郎, 安藤康光, 上田恒司. 1991. 木材の釘接合せん斷耐力と破壞形態. (第1報). 木材學會誌 37(12):1157-1166

35) 辻 直樹, 宮澤健二. 1994. 釘接合の强度と剛性に關する研究. 日本建築學會大會學術講演概要集

36) KS F 1554 목재 표준 용어-목구조용 철물

37) KS F 2153 목구조 철물 접합부의 전단 시험 방법

38) KS F 2154 경골 목조 전단벽의 전단 시험 방법

여 백

제 4장 격판구조의 성능 평가

제 1절 서설

현재 우리나라의 목조건축에서 주를 이루는 현대식 경골목조건축은 일명 상자형 구조(box structure)라고도 부르며 이는 상자와 같이 내부 공간을 막고있는 6개의 면이 각각의 강도는 매우 약하지만 6면이 함께 접합되어 상자를 이루면 매우 강한 강도를 나타낸다는 특성에서 유래된 용어이다. 이 용어가 의미하는 바와 같이 경골목조건축물은 실내 공간과 외부 공간을 구분하는 벽, 바닥, 지붕 등과 같은 구조체들이 상자의 6면과 같은 기능을 발휘하여 수직 및 수평하중에 대한 저항력을 발휘하게 된다.

따라서 경골목조건축에서는 벽, 바닥 및 지붕의 각 구조체들이 외력에 저항하는 중요 요소들이며 이들의 강성 및 강도가 직접적으로 건축물 전체의 강성 및 강도를 결정한다고 할 수 있다. 패널화 건축에서도 이들 구조체들이 가장 기본적인 패널 구성의 요소들이며 패널들이 모여서 벽이나 바닥 지붕 등과 같은 구조체를 구성하게 되는 것이다. 따라서 경골목조건축에서는 수직 또는 수평 패널의 하중 하에서의 성능이 매우 중요하며 이들로부터 전체적인 구조설계가 이루어진다고 할 수 있다.

특히 수평하중의 경우에는 이를 저항하기 위하여 과거에는 경사가새(diagonal brace)를 사용하였으나 그동안의 지진체험 및 수많은 연구결과를 통하여 경사가새보다는 구조용 판재 덮개를 사용한 격판구조가 더욱 높은 수평하중에 대한 저항력을 제공한다는 사실이 인정받게 되었다. 따라서 현재 경사가새의 사용은 일부 특정한 경우를 제외하고는 거의 사라지고 격판구조에 의한 건축이 주를 이루고 있는 실정이다. 특히 패널화 공법에서는 2,400mm×2,400mm의 패널을 가장 기본적인 모듈 치수로 잡고 있기 때문에 이 치수의 수직 및 수평패널에 대한 수

평하중 저항 성능이 필수적으로 평가되어야 할 것이다.

현재까지 우리나라의 현대식 목조건축은 주로 외국에서 수입된 자재와 외국 기술을 이용하여 이루어져 왔다. 목조건축 산업에서 자재 및 기술의 높은 대외 의존도는 요즘과 같은 고환율 시대에 모든 목조건축업체들에 어려움을 가중시키고 있는 주요 요인이 되고 있다. 따라서 목조건축 자재 중에서 국내 생산 자재의 사용량을 늘리고 우리나라의 실정에 맞는 고유한 기술을 개발하는 것이 현재의 어려움을 이기고 앞으로 장기적인 발전을 기대할 수 있는 방안이 될 것이다. 특히 현장에서의 인력 부담이 많은 현지 건축 방식보다는 공장에서 제작한 패널을 현장에서 조립하는 공법을 개발함으로써 건축비의 상당 부분을 절감하여 경쟁력을 향상시킬 수 있을 것이다.

이 연구에서는 궁극적으로 패널화 경골목조건축 공법의 개발을 목표로 하고 있으며 이를 위하여 패널화 공법의 가장 기본 단위인 2,400mm×2,400mm 크기의 수직 및 수평패널에 대한 성능 시험을 실시하였다.

제 2절 재료 및 방법

1. 1차년도(수직격판의 성능 평가)

가. 시험 재료

본 시험에서 사용된 구조부재로는 국산 제재목인 낙엽송(*Larix leptolepis*) 제재목을 사용하였다. 금산 산림조합에서 단면 치수 50mm×100mm, 길이 2,700mm로 제재된 낙엽송 제재목을 구입하였으며 대전 인근의 건조공장에서 목표 함수율 15%로 열기 건조하였다. 건조 후에 부재의 치수가 38mm×89mm가 되도록 대패 가공하였으며 부재의 길이를 2,400mm로 절단하였다. 시험 시의 목재의 함수율과 비중은 표 4-1과 같다. 시험용 수직격판의 제작을 위하여 현재 국내의 목조건축에서 많이 사용되고 있는 1,220mm×2,440mm 크기의 침엽수 합판과 OSB를 덮개재료로 사용하였으며 각 재료의 특성은 표 4-1과 같다.

표 4-1 시험재료의 특성

종류	치수	비중*	함수율*	규격
낙엽송 제재목	38mm×89mm	0.53	14.5%	50×100**
구조용 합판	8.7mm	0.46	8.5%	C-D Exterior
OSB	11.7mm	0.64	7.7%	APA rated 24/16 Exposure 1

* 전건기준 비중 및 함수율
** KS F 3020의 호칭 치수

목재와 덮개재료의 접합에 사용되는 접합철물로는 못 2종을 선정하여 사용하였으며 주요특성은 표 4-2와 같다. 표 4-2의 못 중에서 12d 못은 구조부재 사이의 접합에 사용되었으며 8d 못은 구조부재와 덮개재료 사이의 접합에 사용되었다. 구조부재 사이의 접합에는 위깔도리와 스터드 사이 또는 밑깔도리와 스터드 사이에 12d 못 2개씩을 끝면박기로 설치하였으며 구조부재와 덮개재료 사이에는 8d 못을 판재의 측면을 따라서 150mm 간격, 그리고 판재의 내부에서는 300mm 간격으로 설치하였다.

표 4-2 못의 주요 특성

종류	길이	몸통직경	몸통형태
8d	63.5mm	2.9mm	일반 박스못
12d	82.5mm	3.3mm	일반 박스못

나. 시험 방법

1) 못접합부의 전단시험

목재-덮개재료 못접합부의 전단성능은 수직 및 수평격판의 수평하중에 대한 저항능력을 결정할 수 있는 가장 중요한 변수이다. 이 연구에서는 그림 4-1(1면 전단) 및 그림 4-2(2면 전단)과 같은 방법으로 전단시험을 실시하였으며 매우 안정된 시험결과를 얻을 수 있었다. 이 시험방법은 철물접합부의 전단시험에 대한 KS 규격으로 기술표준원에 제안하여 현재 KS F 2153(목구조 철물접합부의 전단시험 방법)규격으로 제정되었다.

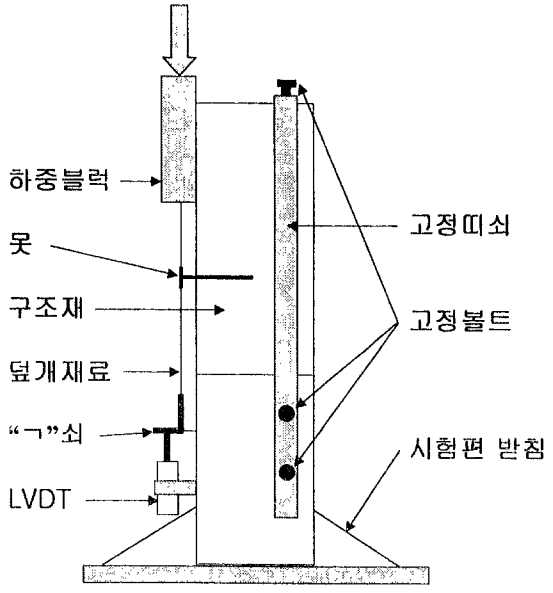


그림 4-1. 목재-덮개재료 못접합부의 1면전단 시험 방법.

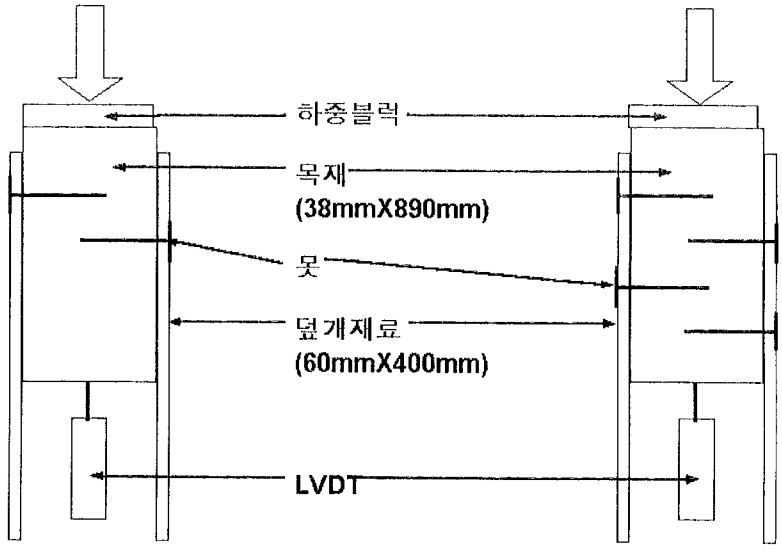
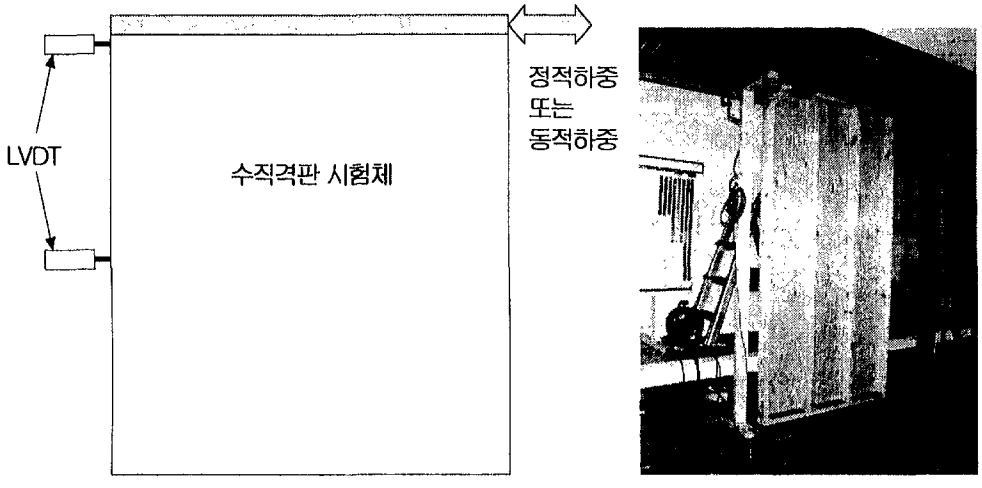


그림 4-2. 목재-덮개재료 못접합부의 2면전단 시험.

2) 수직격판의 수평하중 저항 성능

수직격판의 수평하중 저항 성능은 바람이나 지진에 대한 목조주택의 저항능력을 결정하는 가장 중요한 요소이다. 이 연구에서는 그림 4-3(a)의 시험방법을 적용하였으며 실제 시험방법의 사진은 그림 4-3(b)와 같다. 이 연구에서 적용되었던 그림 4-3의 시험 방법은 경골목조 수직격판의 전단시험 방법으로 기술표준원에 제안하여 현재 KS F 2154(경골목조 수직격판의 전단 시험 방법)규격으로 제정되었다.

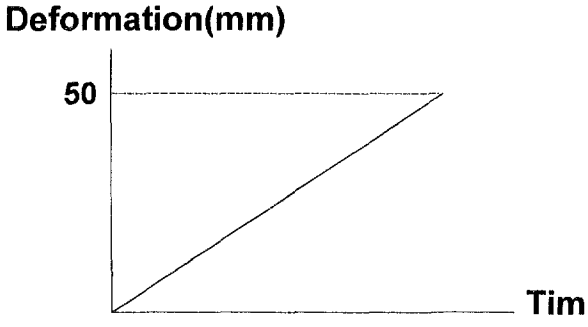


(a) 수직격판의 전단시험 방법 (b) 실제 시험 사진

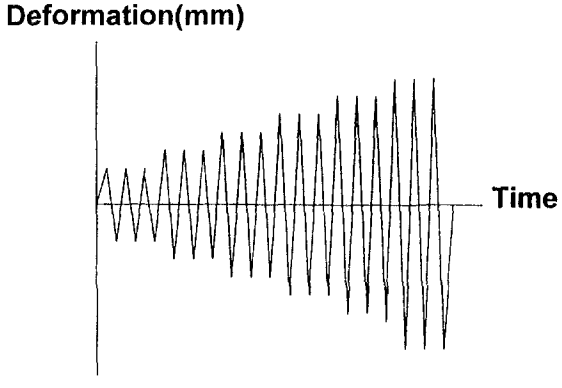
그림 4-3. 수직격판의 전단 시험 방법.

3) 수직격판의 전단 시험에 적용된 하중

수직격판의 수평하중에 대한 저항 능력을 평가하기 위하여 그림 4-3의 시험용 수직격판체에 대하여 그림 4-4의 단순증가 하중(monotonically increasing load) 및 반복하중(cyclic load) 하에서의 전단성능을 시험하였다. 단순증가하중은 분당 6mm/min의 하중속도를 적용하여 벽체의 최대 변형량이 50mm에 도달할 때까지 시험을 실시하였다. 반복하중은 0.5Hz의 속도로 변형량 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2.5, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0, 30.0, 40.0 및 50.0mm의 13단계로 나누어 인장과 압축이 반복되는 주기함수로 하중을 가하였으며 각 단계별로 동일한 진폭의 하중을 3회 반복하여 작용시켰다.



(a) 단순증가 하중 함수



(b) 반복 하중 함수

그림 4-4. 수직격판의 전단시험에 사용된 하중 함수.

반복하중함수에서 각 단계는 3번의 반복하중으로 구성되었으며 이 중에서 세 번째 반복하중은 다음 단계로 이행하는 단계이므로 결과의 분석은 첫 번째 또는 두 번째 반복하중 하에서의 측정치를 이용하였다.

2. 2차년도(수직격판의 성능 향상)

가. 시험 재료

국산 낙엽송으로서 호칭치수 50mm×100mm(실제치수 38mm×89mm)의 KS 2 등급 구조용재(KS F 3020)를 스터드로 사용하였다. 덮개용 재료로는 북미에서 제조된 11.7mm 두께의 OSB로서 RATED SHEATHING 등급을 선택하였으며 경간등급은 24/16인 제품을 사용하였다. 제재목과 OSB의 시험 시 함수율은 각각 11.6% 및 5.7%이었으며 비중은 각각 0.53 및 0.64이었다. 덮개재료의 설치를 위하여 6d 박스못이 사용되었으며 못의 간격은 측면에서는 150mm 그리고 내부에서는 300mm로 하였다.

전단벽 시험편을 제조하기 위하여 스터드의 간격은 400mm로 하였으며 기본적인 전단벽의 나비에 따른 기본적인 전단성능 평가를 위하여 그림 4-5와 같이 시험편을 제조하였고 창의 위치 및 크기와 문의 위치에 따른 전단성능 평가를 위하여 그림 4-6과 같이 시험편을 제조하였다. 전단벽의 높이는 일반적으로 적용되는 크기인 2,440mm로 고정하였으며 나비는 그림 4-5에서는 400mm, 800mm, 1,200mm, 1,600mm, 2,000mm 및 2,440mm로 하였다. 개구부의 영향을 평가하기 위한 그림 4-6의 시험편들은 모두 2,440mm의 높이에 2,440mm의 나비로 제조하였다.

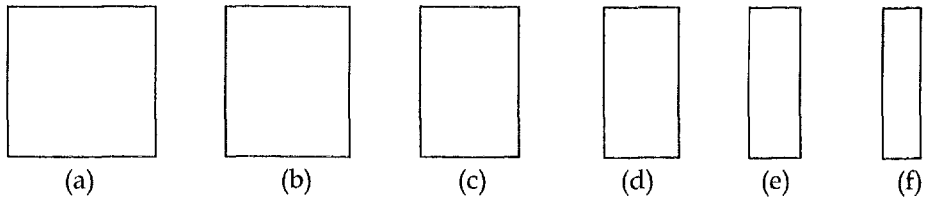


그림 4-5. 높이-나비비가 서로 다른 전단벽 시험편.

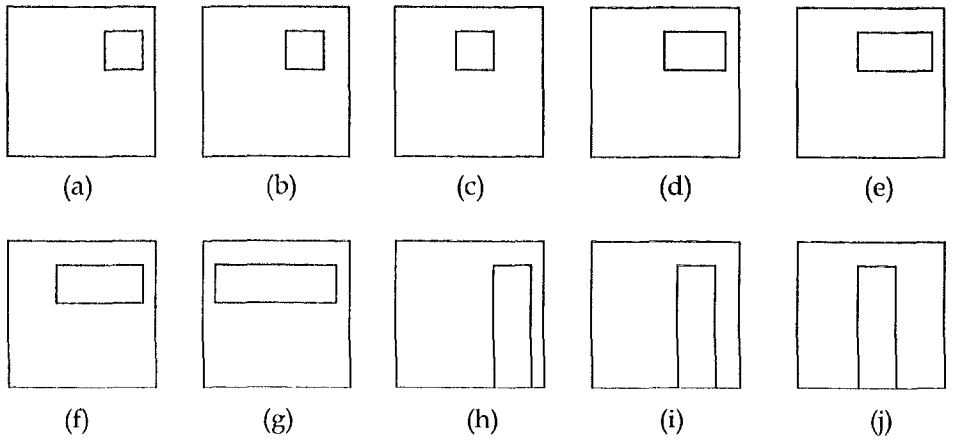


그림 4-6. 서로 다른 개구부 비율 및 위치를 갖는 시험편.

나. 시험 방법

시험편들은 1차년도와 동일한 방법으로 그림 4-4(b)와 같은 반복하중함수와 그림 4-4(a)와 같은 단순증가 하중함수 하에서 전단시험을 실시하였으며 반복하중의 하중속도는 0.5Hz로 하였고 단순증가 하중함수의 하중속도는 6mm/min로 하였다. 벽체의 중간 높이 및 상부에서 변형을 LVDT로 측정하여 이들 주가지 값을 비교하여 하중 하에서 전단벽에 변형이 발생하였을 때에 스터드는 직선을 유

지하는지 또는 곡선적으로 변형되는지를 평가하고자 하였다. 2,440mm 높이에 여러 가지 나비를 갖는 시험편의 경우에는 전단벽의 양끝에 사용하는 고정철물의 효과를 평가하기 위하여 고정철물을 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 시험을 실시하였으며 개구부 시험편의 경우에는 모든 시험편에 고정철물을 사용하였다. 그림 4-6에서 (a), (b), (c), (d), (e), (f) 및 (g)의 창들은 모두 동일한 높이(915mm)에 나비는 각각 680mm((a), (b), (c)), 1,085mm(d), 1,490mm(e), 1,900mm (f) 및 2,285mm(g)로 하였으며 (h), (i), (j)의 문을 위한 개구부는 모두 높이 2,000mm에 나비 1,000mm로 하였다. 그림 4-6의 시험편에서 2,440mm×2,440mm 전체 벽 면적에 대한 개구부의 면적 비율은 (a), (b) 및 (c)는 10.4%, (d)는 16.7%, (e)는 22.9%, (f)는 29.2%, (g)는 35.2% 그리고 (h), (i) 및 (j)는 35.9%이었다.

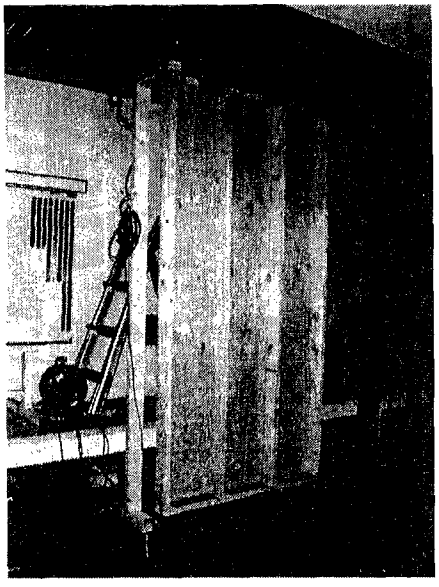
1) 수직격판 구조의 높이 대 나비 비에 따른 전단 성능

이 연구에서는 수직격판 구조의 전단시험이 가장 중요한 요소 중의 하나로서 그림 4-3과 같은 방법으로 실시하고자 하며 실제 시험장치의 사진은 그림 4-7과 같다. 그림 4-3의 방법은 4×8 패널을 기준으로 하고 있으며 필요한 경우에는 패널의 높이는 그대로 두고 나비에 0.6m ~ 2.4m까지 변이를 줄 수 있다. 전단벽은 높이 대 나비 비에 따라서 전단벽으로서의 성능을 발휘할 수 있는 한계가 있을 것으로 생각된다. 따라서 이 연구에서는 전단벽의 최소 높이 대 나비 비를 정하고자 한다.

2) 모서리 고정철물의 영향

현재 국내의 목조건축 현장에서는 전단벽의 모서리에 고정철물을 사용하는 경우가 드물고 볼트만을 사용하고 있다. 그러나 전단벽으로서의 성능을 발휘하기

위해서는 모서리 고정철물의 사용이 필수적이며 이 시험을 통하여 모서리 철물의 중요성을 평가하고자 한다.



(a) 2400mm×1200mm 시험편

(b) 개구부가 있는 2400mm×2400mm 시험편

그림 4-7. 전단벽의 실제 전단시험 사진.

3) 개구부의 영향

전단벽에는 창문이나 문을 설치하기 위하여 다양한 크기의 문을 설치하고 있으며 이들 개구부가 전단벽의 성능에 영향을 미치고 있다. 이 시험에서는 전단벽에 다양한 크기의 개구부가 존재하는 경우에 전단벽의 성능에 미치는 영향을 평가하고자 한다.

4) 덮개재료가 사용되지 않은 전단벽의 성능

전단벽에서 덮개재료를 생략할 수 있는 가능성을 평가하기 위하여 석고보드만 사용한 경우의 성능을 평가하고 석고보드의 전단성능을 향상시킬 수 있는 방법을 개발하며 그 외에 전단벽의 성능을 향상시킬 수 있는 다양한 방법들을 개발하고자 한다.

3. 3차년도(수평격판의 성능 평가)

가. 시험재료

국산 낙엽송으로서 호칭치수 50mm×150mm(실제치수 38mm×140mm)의 KS 2등급 구조용재를 장선으로 사용하였다. 덮개용 재료로는 북미에서 제조된 18mm 두께의 OSB로서 STURD-I-FLOOR 등급을 선택하였으며 경간등급은 24o.c., 노출등급은 Exposure 1인 제품을 선택하였으며 국내에서 생산된 목질판상재료의 사용 가능성을 평가하기 위하여 동화기업에서 시험 생산한 18mm 두께의 내수 MDF를 구하여 덮개재료로서의 성능을 평가하였다. 제재목과 OSB의 시험시 함수율은 각각 12.8% 및 7.5%이었으며 비중은 각각 0.53 및 0.65이었다. 덮개재료의 설치를 위하여 8d 박스못이 사용되었으며 못의 간격은 측면에서는 150mm 그리고 내부에서는 300mm로 하였다.

수평격판 시험편을 제조하기 위하여 스터드의 간격은 400mm로 하였으며 기본적인 수평격판의 치수는 가로 2,400mm에 세로 2,400mm로 하였다. 따라서 하나의 수평격판에는 총 7개의 세로 장선과 2개의 가로 장선 그리고 1,200mm×2,400mm 치수의 덮개재료 2장이 사용되었다. 수평격판에서 접착제의 영향을 평가하기 위하여 시중에서 바닥 건축용으로 시판되는 내수성 접착제를 구입하였으

며 접착제가 사용된 수평격판과 접착제가 사용되지 않은 수평격판을 제작하여 수평하중에 대한 저항 성능을 비교하고자 한다.

나. 시험방법

1) 수평격판의 수평하중 저항 성능 평가

시험편들은 1차년도 및 2차년도와 동일하게 그림 4-3 및 4-4의 반복하중 및 단순증가 하중 함수 하에서 전단시험을 실시하였으며 하중속도는 0.5Hz로 하고 격판의 중간 높이 및 상부의 변형을 LVDT로 측정한다. 시험에적용된 반복하중 함수는 각 하중 단계별 변위를 시험기의 최대 변위인 50mm의 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% 및 100%로 하고 각 단계별로 3반복의 하중으로 구성되어 있다. 각각의 수평격판 시험체는 먼저 반복하중 하에서 시험을 실시한 후 시험체가 완전히 파괴되지 않은 경우에는 단순 증가 하중 하에서 시험편이 완전히 파괴될 때까지 시험을 실시하였다.

2) 격판구조의 외기 노출 시험

2,400mm×2,400mm 크기의 수직 및 수평격판에 대한 외기 노출 시험을 실시하기 위하여 18mm 두께의 바닥 덮개용 OSB와 18mm 두께의 국산 내수 MDF, 11.7mm 두께의 OSB 벽덮개 그리고 15mm 두께의 홈파인 외장용 합판 등의 4가지 목질판재를 덮개재료로 사용하여 격판 시험체를 제작하였다. 격판구조를 고정시키기 위하여 가로, 세로 및 높이를 각각 2450mm로 한 정육면체의 틀을 만들고 틀 내에 격판구조를 4층으로 각 층마다 300mm의 간격을 두고 각 격판들이 15도 정도 경사지도록 설치하였다(그림 4-8). 이들 격판의 윗부분에 급수용 비닐파이프를 연결하고 각 격판마다 비닐파이프에 40개 정도의 구멍을 뚫어서 물

이 균일하게 분사될 수 있도록 하였다.

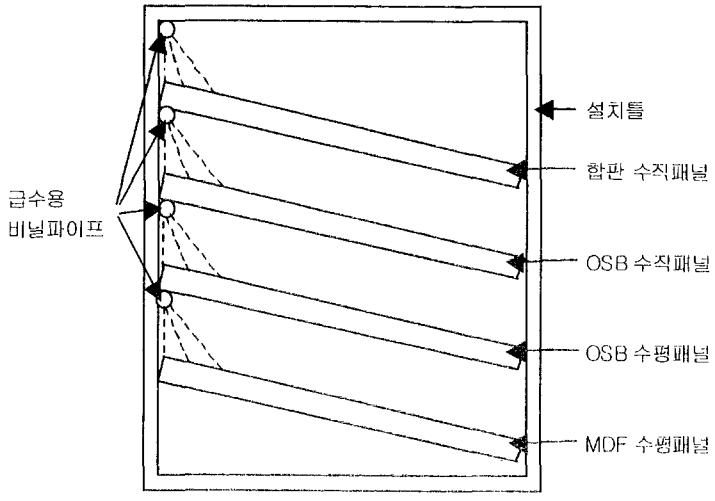


그림 4-8. 격판의 외기 노출 시험 장치

이 시험의 목적은 격판이 외기에 노출되고 격판의 표면에 물이 침투하였을 때를 가정하여 습윤과 건조 조건이 반복적으로 조성되었을 때에 격판로 제작된 판재들의 치수 안정성을 평가하기 위한 것이다. 따라서 이 시험격판들에는 1주일간의 습윤과정과 1주일간의 건조과정을 반복적으로 부여하면서 각 단계의 끝부분에 격판의 길이와 나비를 측정함으로써 실제 상황에서의 치수 안전 성능을 평가하고자 한다. 전체적인 시험기간은 4-5개월 정도로 잡고 치수의 변화폭에 변화가 없을 때까지 계속하고자 한다. 격판들이 설치된 틀에는 두꺼운 비닐로 외부를 덮음으로써 습윤과정에서 습기가 외부로 발산되지 않고 격판에 습기의 영향이 최대로 미치도록 하였으며 건조과정에서는 이 비닐을 제거하여 외기조건에 따라서 신속하게 건조되도록 하였다.

제 3절 결과 및 고찰

1. 1차년도(수직격판의 성능 평가)

가. 못접합부의 접합계수(joint modulus of nailed joint)

8.7mm 두께의 합판과 38mm×89mm 낙엽송 구조부재 사이에 8d 못에 의한 못접합부의 전단시험 결과로 그림 4-9와 같은 하중-변위선도(load-displacement diagram)를 구할 수 있다.

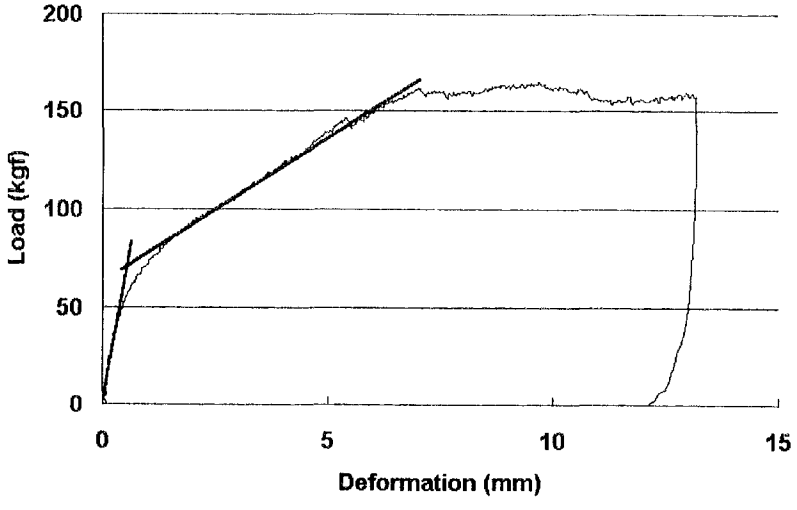


그림 4-9. 못접합부(합판, 38mm×89mm 낙엽송 제재목 및 8d 못)의 1면전단 시험 결과.

그림 4-9에서 보면 못접합부는 전단하중을 받을 경우에 그 저항능력을 크게 3개의 직선구간으로 나눌 수 있음을 알 수 있다. 첫 번째 구간은 변형이 비교적 적은 범위 내에서 하중-변형 곡선의 기울기가 매우 급한 부분으로서 못접합부가 매우 높은 강성을 나타내는 영역으로 볼 수 있다. 첫 번째 구간을 지나면 하중에 대한 못접합부의 저항능력이 감소되어 하중이 조금 증가되면 접합부의 변형이 급속히 증가하는 경향을 나타내는 구간이다. 마지막으로 세 번째 구간에서는 접합부의 강성이 급격히 감소하여 거의 직선적으로 변형만 증가하는 경향을 보임으로써 못접합부의 외력에 대한 저항능력이 상실되었음을 의미한다.

1개의 못을 사용한 접합부의 1면전단 시험, 2개의 못을 사용한 접합부의 1면전단 시험, 2개의 못을 사용한 접합부의 2면전단 시험 그리고 4개의 못을 사용한 접합부의 2면전단 시험의 결과를 3개의 직선 구간으로 구분하고 각각의 구간에 대한 접합계수를 계산한 결과는 합판과 OSB에 대하여 각각 표 4-3 및 4-4와 같다. 표 4-3과 4-4의 결과는 측정치를 못의 수로 나누어서 못 1개당 값으로 환산한 것이다.

표 4-3 못접합부(합판, 38mm×89mm 낙엽송 제재목 및 8d 못)의 접합계수

구간	성질	1면전단		2면전단	
		1개의 못	2개의 못	2개의 못	4개의 못
1	접합계수(kfg/mm)	36.7	39.5	29.7	28.0
	하중(kgf)	84	99	87	96
	변형(mm)	1.15	1.25	0.75	0.88
2	접합계수(kfg/mm)	12.3	12.4	12.6	12.4
	하중(kgf)	142	150	143	149
	변형(mm)	4.8	5.1	4.9	5.0
3	접합계수(kgf/mm)	0	0	0	0

표 4-4 못접합부(OSB, 38mm×89mm 낙엽송 제재목 및 8d 못)의 접합계수

구간	성질	1면전단		2면전단	
		1개의 못	2개의 못	2개의 못	4개의 못
1	접합계수(kfg/mm)	30.6	31.7	26.6	25.2
	하중(kgf)	75	71	79	81
	변형(mm)	1.25	1.15	1.35	1.65
2	접합계수(kfg/mm)	9.3	11.5	8.8	10.2
	하중(kgf)	125	130	123	121
	변형(mm)	4.2	4.5	4.8	4.9
3	접합계수(kgf/mm)	0	0	0	0

나. 단순증가 하중 함수 하에서 수직격판의 수평하중 저항 성능

1) 덮개재료의 영향

38mm×89mm의 낙엽송 스터드를 300mm 간격으로 배치하고 8d 박스못으로 접합한 수직격판에 대하여 합판과 OSB를 덮개재료로 사용한 경우의 수평하중 저항 성능을 비교하였으며 그 결과는 각각 그림 4-10 및 4-11과 같다. 그림 4-10과 4-11에서 보면 OSB의 경우가 합판의 경우보다 약간 높은 강성을 나타내었으며 이는 두 재료의 두께 차이에 기인하는 것으로 생각된다. 그림 4-10과 4-11에서 보면 수직격판의 전단시험 결과는 전체를 3개의 직선으로 구분할 수 있었으며 각 구간에서 강성을 나타내는 직선의 기울기는 점차 감소하는 경향을 나타내었다.

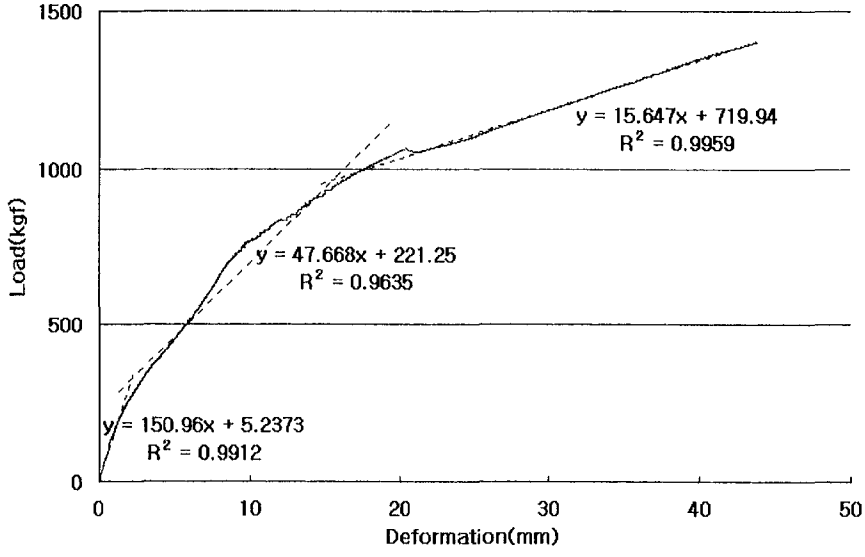


그림 4-10. 스터드 간격이 300mm인 합판 수직격판의 전단시험 결과

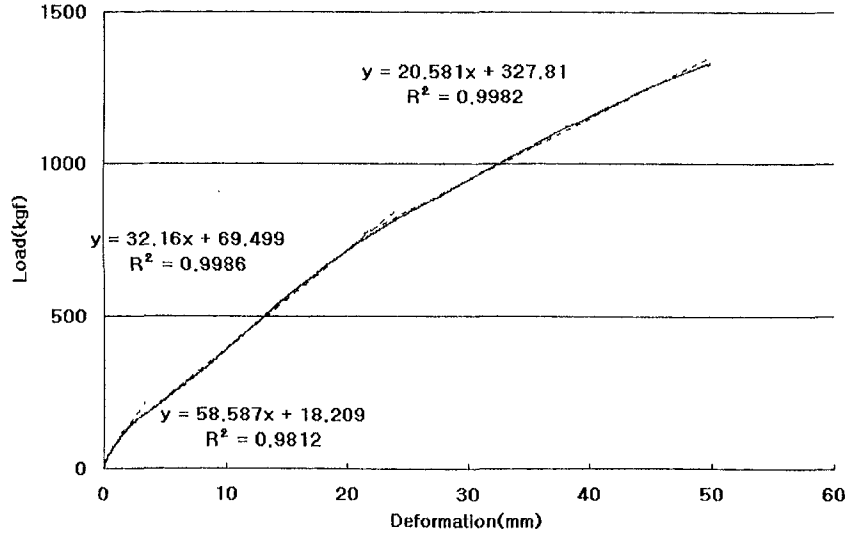


그림 4-11. 스터드 간격이 300mm인 OSB 수직격판의 전단시험 결과

2) 스터드 간격의 영향

합판 및 OSB를 덮개재료로 사용하고 8d 박스못을 사용한 수직격판에서 스터드의 간격을 300mm, 400mm 및 600mm로 변화시킨 경우의 전단성능 시험결과는 합판 덮개의 경우에는 그림 4-10, 4-12 및 4-13과 같고 OSB 덮개의 경우에는 그림 4-11, 4-14 및 4-15와 같다.

그림 4-10, 4-12 및 4-13에서 보면 합판 수직격판에서 스터드의 간격이 300mm, 400mm 및 600mm로 증가됨에 따라서 수직격판의 강성도 서서히 증가됨을 알 수 있다. 따라서 스터드의 간격을 줄이는 것이 목조 수직격판의 강성을 증가시킬 수 있는 한가지 요인이 됨을 알 수 있다. 그림 4-11, 4-14 및 4-15의 OSB 수직격판의 경우에도 동일한 경향이 관찰되었다.

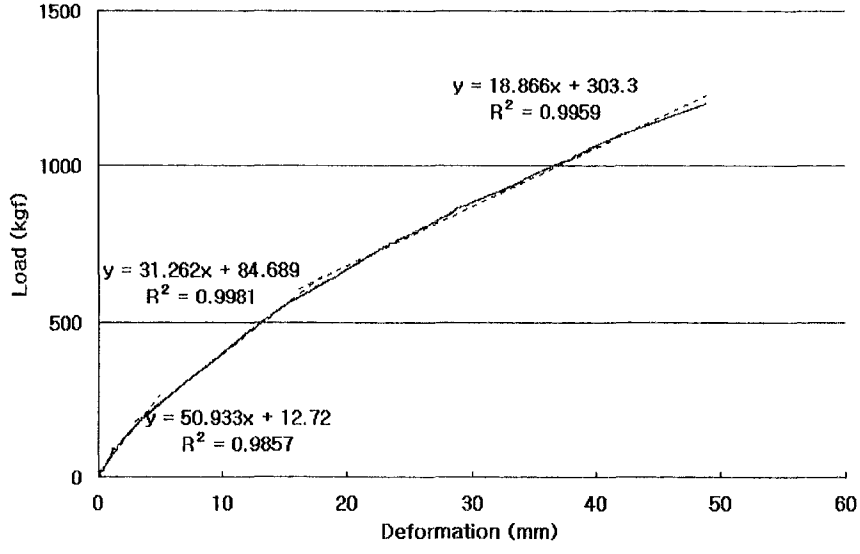


그림 4-12. 스터드 간격이 400mm인 합판 수직격판 전단시험 결과.

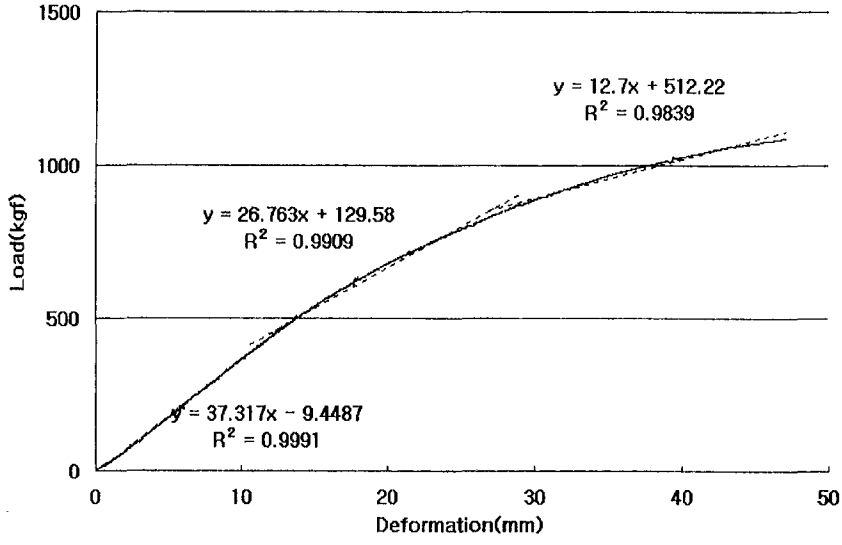


그림 4-13. 스터드 간격이 600mm인 합판 수직격판의 전단시험 결과

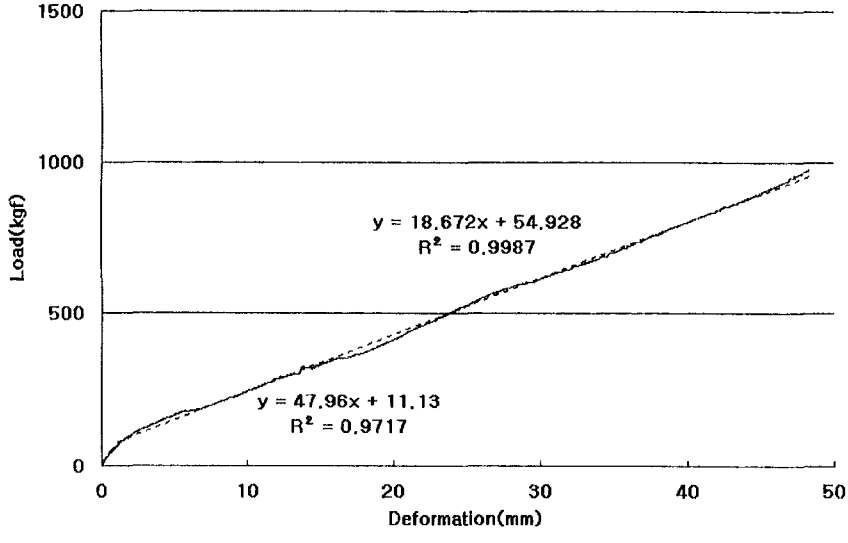


그림 4-14. 스터드 간격이 400mm인 OSB 수직격판의 전단시험 결과

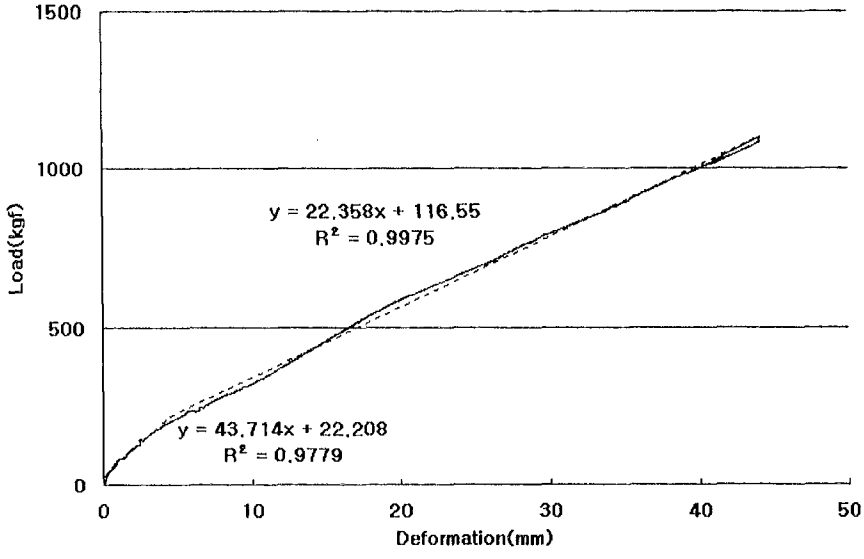


그림 4-15. 스터드 간격이 600mm인 OSB 수직격판의 전단시험 결과.

다. 반복 하중 함수 하에서 수직격판의 수평하중 저항 성능

목조주택의 수직격판은 수직하중과 함께 수평하중을 지지 또는 다른 구조체로 전달하는 기능을 갖는다. 건축물에 작용하는 수평하중에는 바람과 지진이 포함되며 이들 두 가지 모두 정적하중이 아니고 일장 시간 동안 특정 주파수로 반복되는 동적하중이다. 따라서 수직격판의 수평하중 저항성능을 올바로 평가하기 위해서는 반복하중 하에서의 시험이 필요하다.

1) 수직격판의 수평하중 저항 성능

합판 및 OSB 덮개로 제작된 수직격판의 수평하중 저항 성능은 그림 4-16, 4-17, 4-18, 4-19, 4-20 및 4-21과 같다. 그림 4-16, 4-17 및 4-18은 합판을 8d 못으로 접합시킨 수직격판으로서 구조부재의 간격이 각각 300mm, 400mm 및 600mm인 경우이다. 그림 4-19, 4-20 및 4-21은 OSB를 8d 못으로 접합시킨 수직격판으로서 구조부재의 간격이 각각 300mm, 400mm 및 600mm인 경우이다.

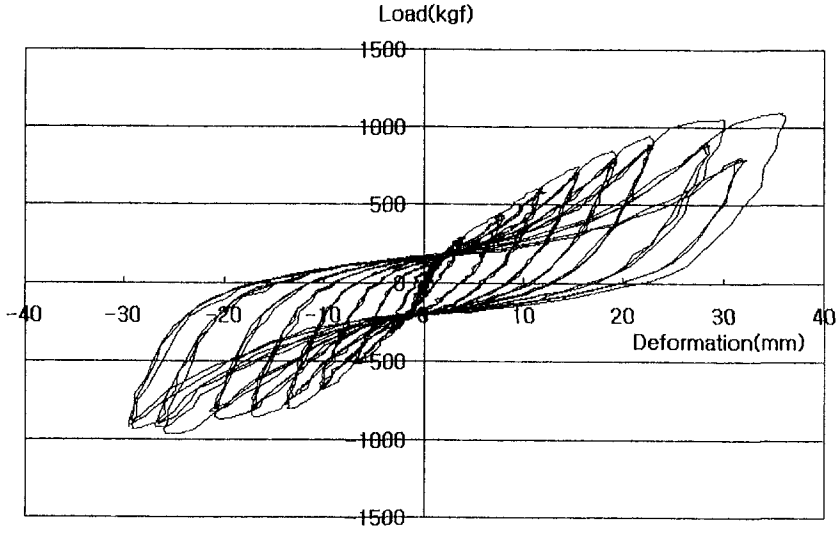


그림 4-16. 스터드 간격이 300mm인 합판 수직격판의 반복하중 하에서의 저항성능.

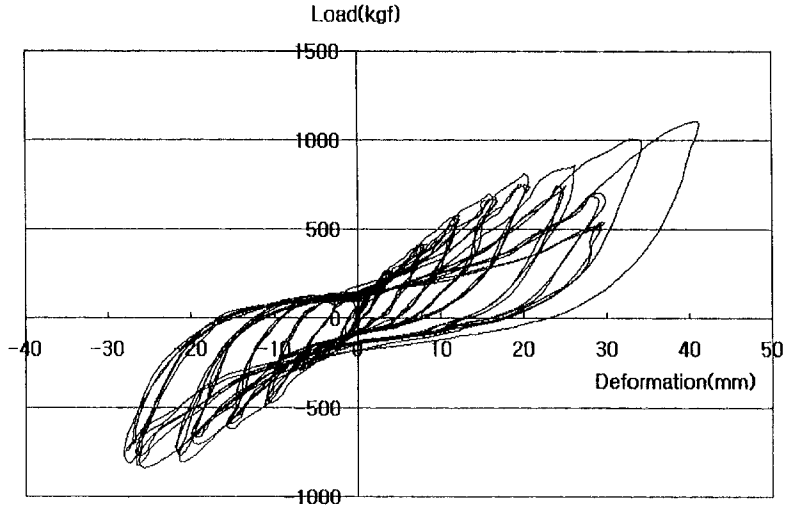


그림 4-17. 스터드 간격이 400mm인 합판 수직격판의 반복하중 하에서의 저항성능.

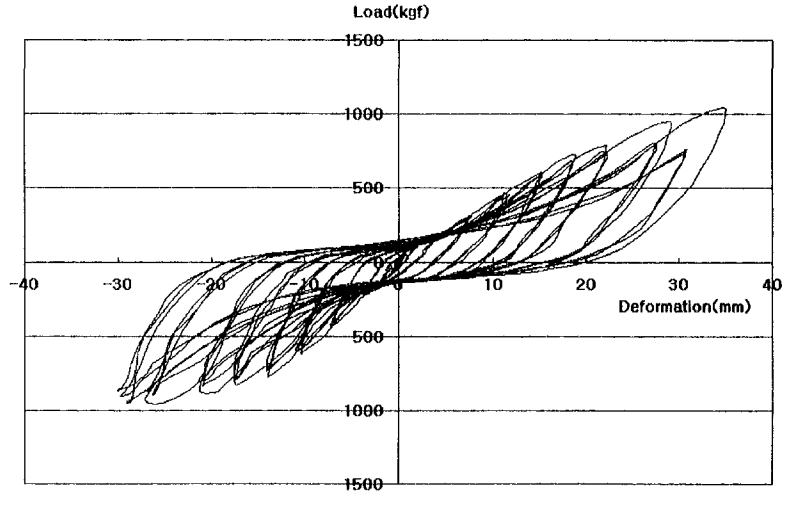


그림 4-18. 스터드 간격이 600mm인 합판 수직격판의 반복하중 하에서의 저항성능.

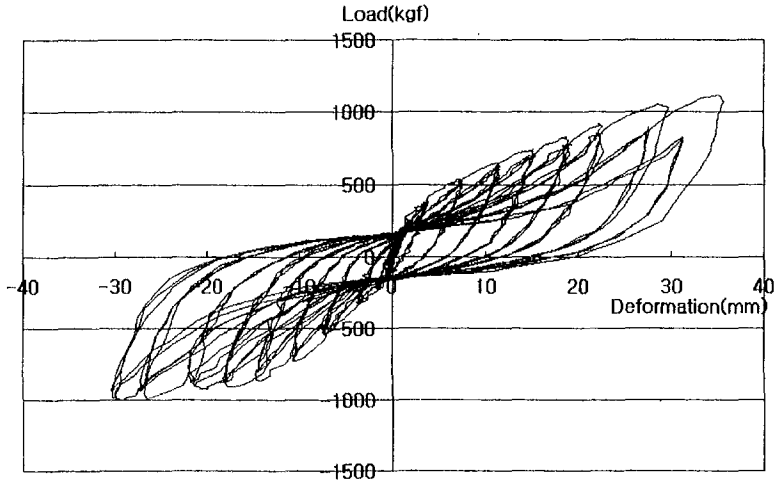


그림 4-19. 스터드 간격이 300mm인 OSB 수직격판의 반복하중 하에서의 저항성능.

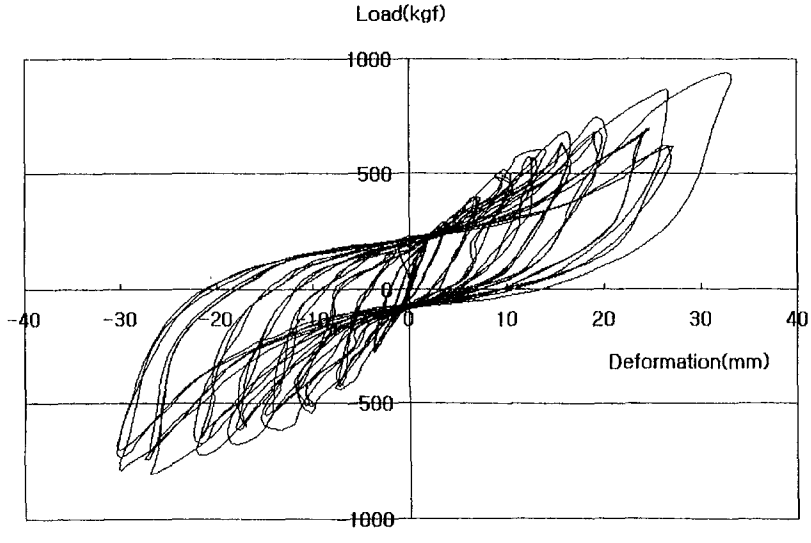


그림 4-20. 스터드 간격이 400mm인 OSB 수직격판의 반복하중 하에서의 저항성능.

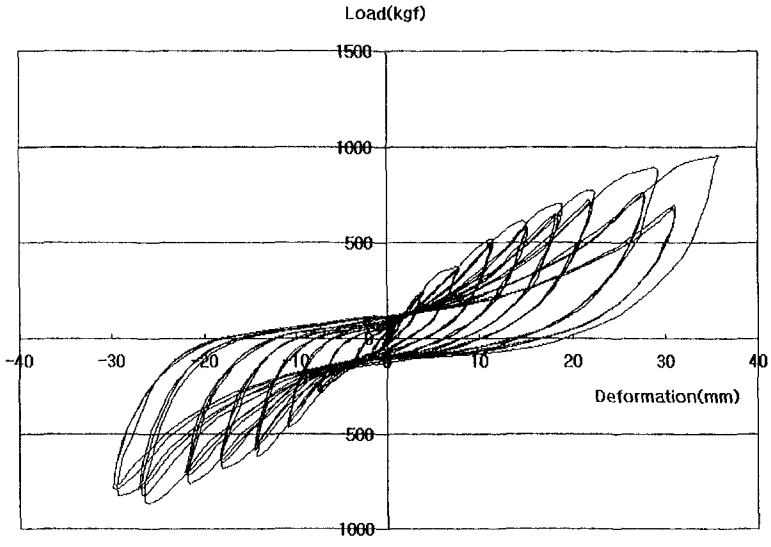


그림 4-21. 스터드 간격이 600mm인 OSB 수직격판의 반복하중 하에서의 저항성능.

그림 4-16, 4-17, 4-18, 4-19, 4-20 및 4-21에서 보면 반복하중함수의 초기단계인 ±0.25mm～±2.5mm의 범위 내에서는 상승곡선과 하강곡선의 구분이 명확치 않으며 거의 직선적인 하중-변형 관계를 나타냄을 알 수 있다. 반복하중함수 ±2.5mm～±20.0mm의 범위 내에서 상승곡선과 하강곡선 사이에 차이가 나타나지만 상승곡선의 꼭지점을 연결하면 하중-변형의 관계에서 두 번째 단계의 직선적인 변화가 나타난다. 반복하중함수 ±20.0mm 이상의 변형에서는 약간의 굴곡이 있기는 하지만 변형의 증가에 대하여 하중은 거의 증가되지 않거나 감소되는 현상을 나타낸다. 따라서 2440mm 높이의 수직격판에서 최대 변형량이 약 20mm에 도달하면 그 이후에는 수직격판의 수평하중 저항능력이 거의 소멸되는 것으로 간주할 수 있을 것이다.

그림 4-16, 4-17 및 4-18과 그림 4-19, 4-20 및 4-21을 서로 비교하면 구조부재의 간격이 증가할수록 하중-변형선도의 중간 부분이 높이가 낮아지고 길이는 길어지는 것을 알 수 있다. 이는 구조부재의 간격이 증가할수록 첫 번째 구간 이후에 하중 증가는 거의 없는 상태에서 변형이 크게 증가하는 현상인 항복(yielding)을 나타내는 것으로 볼 수 있다. 이러한 항복의 발생은 600mm의 구조부재 간격인 경우에 뚜렷하게 관찰할 수 있다.

합판 및 OSB 수직격판의 반복하중 하에서의 수평하중 저항성능을 세 구간으로 구분할 수 있었으며 그 결과는 표 4-5와 같이 요약될 수 있다.

표 4-5에서 보면 일반적으로 OSB 수직격판은 초기 강성이 높으나(첫 번째 구간) 변형이 증가하는 두 번째 구간에서는 합판 수직격판보다 강성이 작아지는 것을 알 수 있다. 첫 번째 구간에서의 한계 하중값은 OSB 수직격판의 경우가 합판 수직격판보다 높지만 두 번째 구간에서의 한계 하중값은 합판 수직격판이 더 높게 나타났다.

표 4-5. 반복하중 하에서 합판 및 OSB 수직격판의 수평하중 저항성능

구간	성질	합판 수직격판			OSB 수직격판		
		300mm 간격	400mm 간격	600mm 간격	300mm 간격	400mm 간격	600mm 간격
1	기울기(kgf/mm)	121	101	68	143	98	62
	하중(kgf)	290	211	122	370	264	274
	변형(mm)	2.4	2.1	1.8	2.6	2.7	4.4
2	기울기(kgf/mm)	37.3	32.9	37.5	28.2	30.1	30.9
	하중(kgf)	933	869	774	892	756	757
	변형(mm)	21	22	20	21	19	20
3	기울기(kgf/mm)	0	0	0	0	0	0

2) 구조부재 간격의 영향

수직격판에서 구조부재의 간격이 수직격판의 수평하중 저항능력에 미치는 영향은 합판 및 OSB 덮개에 대하여 각각 그림 4-22 및 4-23과 같다.

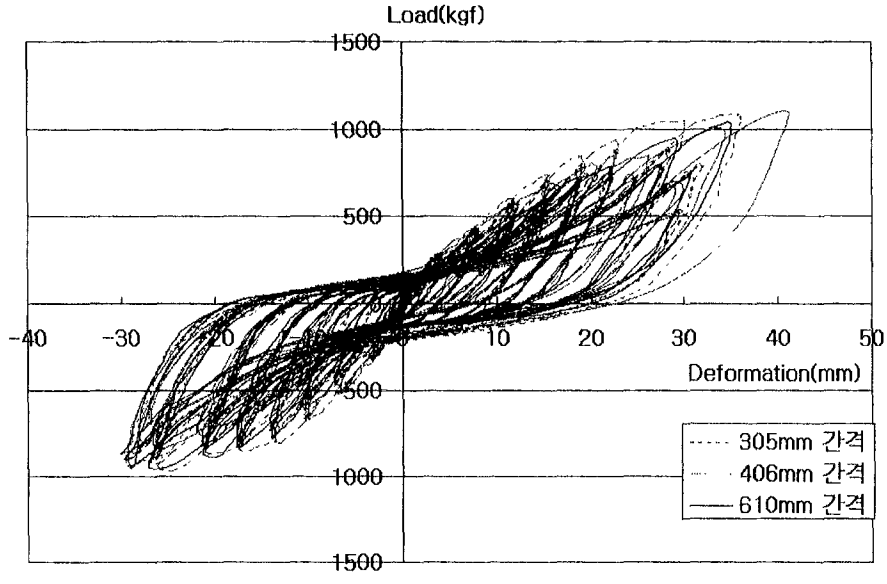


그림 4-22. 합판 수직격판에서 구조부재의 간격이 수평하중 저항성능에 미치는 영향.

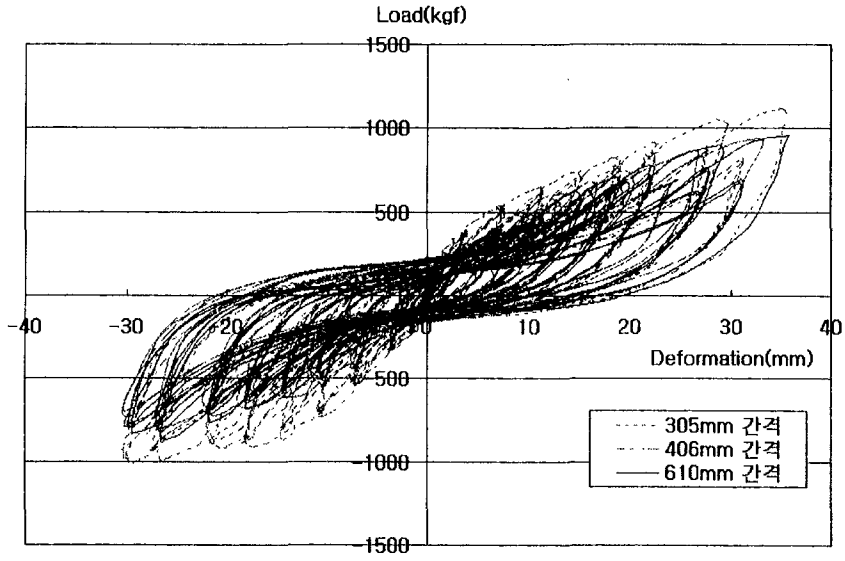


그림 4-23. OSB 수직격판에서 구조부재의 간격이 수평하중 저항성능에 미치는 영향.

그림 4-22와 4-23을 보면 구조부재의 간격이 300mm에서 400mm 및 600mm로 증가할수록 수직격판의 강성은 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 구조부재의 간격이 400mm와 600mm인 수직격판에서는 강성에 큰 차이를 보이지 않았으나 300mm 간격의 수직격판은 구조부재의 간격이 더 넓은 경우보다 비교적 높은 강성을 나타내었다.

3) 덮개재료의 영향

덮개재료의 종류에 따른 수직격판의 수평하중 저항성능은 그림 4-24 및 4-25와 같다. 그림 4-24와 4-25에서 보면 앞에서 설명한 바와 같이 OSB 덮개의 경우가

합판덮개보다 초기 강성은 높게 나타났지만 두 번째 구간에서는 합판의 경우보다 오히려 강성이 떨어짐을 알 수 있다.

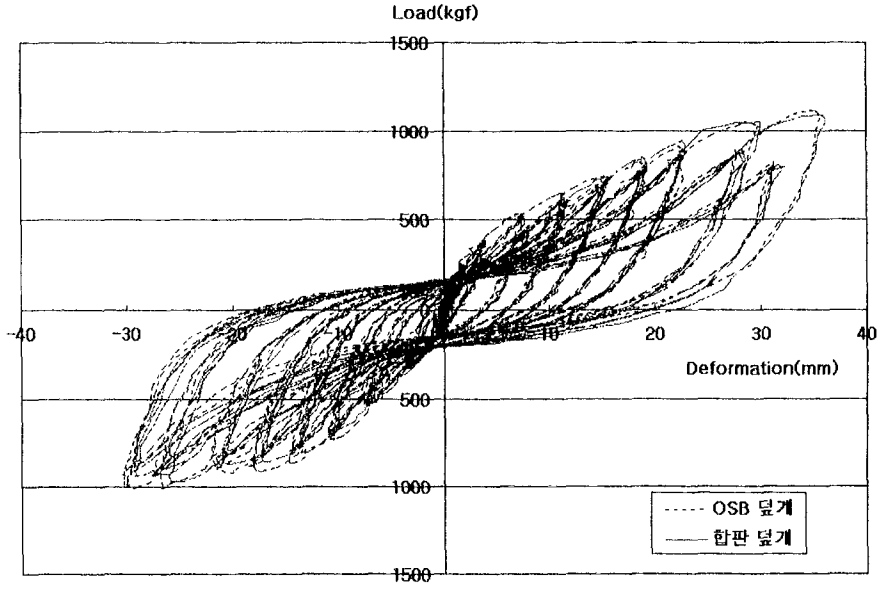


그림 4-24. 구조부재의 간격이 300mm인 수직격판에서 덮개재료가 수평하중 저항성능에 미치는 영향.

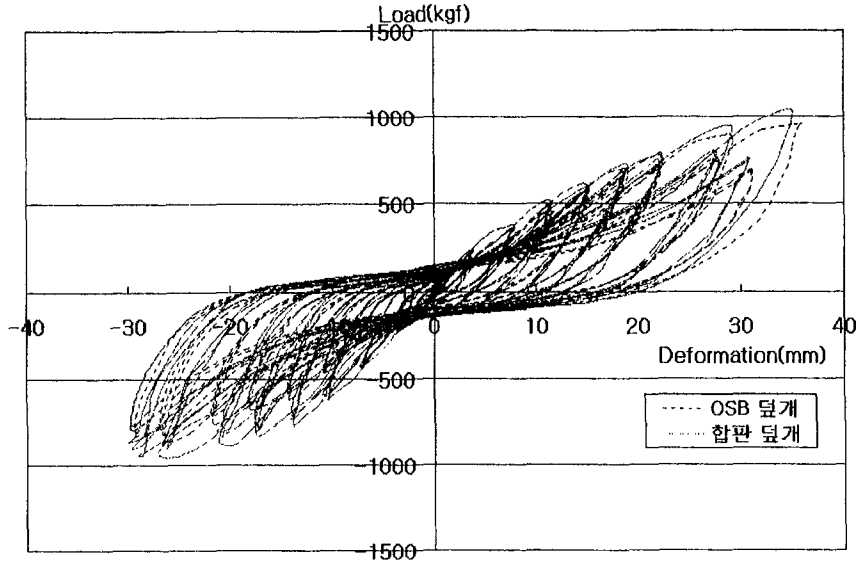


그림 4-25. 구조부재의 간격이 600mm인 수직격판에서 덮개재료가 수평하중 저항성능에 미치는 영향.

4) 스터드의 변형

수직격판에서 수직으로 배치된 스터드는 수평하중이 작용하는 동안 하중의 방향으로 변형이 발생된다. 수직격판의 상단에 수평하중이 작용할 때에 벽체의 변형 후에도 스터드가 직선을 유지하는지 또는 곡선형으로 휘는지를 보기 위하여 수직격판의 상단과 높이의 중앙지점에 LVDT를 부착하여 하중이 작용하는 동안 변형량의 변화를 기록하였다. 수직격판 상단의 변형에 대한 하중-변형선도와 중앙부의 변형에 대한 하중-변형선도는 그림 4-26과 같고 중앙부 변형과 상단 변형의 비교는 그림 4-27과 같다.

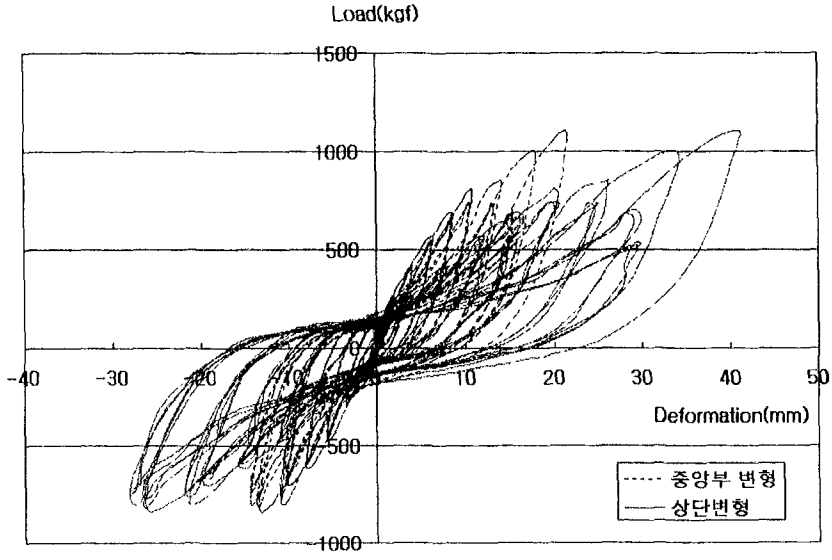


그림 4-26. 구조부재 간격이 400mm 합판 수직격판에서 중앙부와 상단의 하중-변형선도.

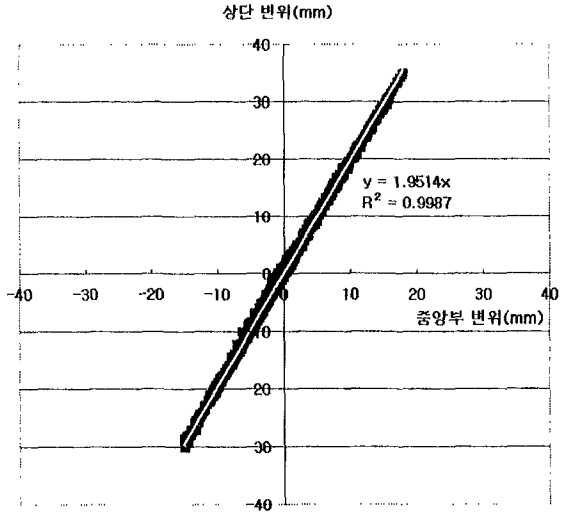


그림 4-27. 구조부재 간격이 600mm인 합판 수직격판에서 상단 및 중앙부 변형의 관계

그림 4-26과 4-27에서 보면 동일한 하중 하에서 중앙부의 변형은 상단 변형의 약 1/2로서 전체적인 시험 하중의 범위 내에서 이러한 관계가 계속 유지됨을 알 수 있다. 그림 4-27에서 보면 상단 변형과 중앙부 변형의 관계는 기울기가 약 2인 직선을 이루었고 하중의 증가와 무관하게 이 기울기가 그대로 유지됨을 알 수 있다. 따라서 시험이 진행되는 동안 스터드는 직선 상태를 유지하여 스터드의 변형은 높이에 비례함을 알 수 있다.

2. 2차년도(수직격판의 성능 향상)

가. 수직격판의 변형 및 파괴

수직격판은 전단하중 하에서 골조부재의 변형과 이에 따른 덮개재료의 변형 사이에 차이가 생기면서 골조와 덮개 사이의 접합에 사용되는 못의 변형이 생기게 된다. 초기에 골조부재의 변형이 적을 때에는 덮개재료가 골조부재와 동일한 변형을 나타내면서 못의 변형도 없으며 이 때에는 하중-변위선도도 거의 직선적인 변화를 나타낸다. 그러나 이러한 초기의 탄성적인 변화가 나타난 이후에는 골조부재와 덮개재료 사이의 변형량에 차이가 나타나며 못의 변형이 시작되고 하중-변위선도도 곡선적인 변화를 보이기 시작한다. 덮개재료의 종류에 따라서 약간의 차이는 있지만 구조용 판재를 덮개로 사용한 경우에는 변형이 계속 증가할수록 하중도 지속적으로 증가하는 형태를 나타낸다. 따라서 수직격판의 하중-변위선도에서 어느 정도에서 최대하중값을 결정하느냐 하는 문제가 생기게 된다. 전세계적으로 나라마다 특정한 변위값을 기준으로 정하여 여기에 해당하는 값을 최대강도로 결정하는 방법이 사용되는데 우리나라에서는 아직까지 이에 대한 기준이 없기 때문에 이 연구에서는 얻어진 하중-변위선도로부터 30mm 정도의 변위값을 기준으로 하는 것이 타당하다는 결론에 도달하였다.

수직격판은 수평하중 하에서 골조부재는 많은 변위을 나타내지만 구조용 덮개재료는 이보다 작은 변위 값을 나타내며 골조부재의 변위가 증가할수록 덮개재료는 그림 4-28과 같이 회전하는 경향을 나타낸다.

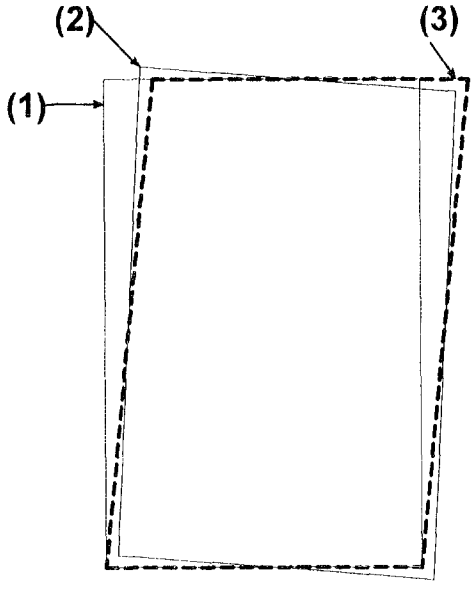


그림 4-28. 수평하중 하에서 수직격판의 변형:
(1) 수직격판의 변형전 모양;
(2) 덮개재료의 변위;
(3) 골조부재의 변위.

그림 4-28에서 덮개재료와 골조부재의 변위 사이에 차이가 나타나는 부분은 못접합부의 변형에 의하여 저항을 받으며 못접합부의 강도 및 강성도에 따라서 수직격판 전체의 강도 및 강성도가 결정되는 요인이 되고 있다. 그림 4-28에서 (2)와 (3)의 차이에 따라서 못이 전단에 의한 변위를 나타내며 경우에 따라서는 못이 뽑히기 보다는 못머리가 판재를 관통하는 형태의 변형이 나타나기도 한다. 석고보드가 덮개재료로 사용된 경우에는 대부분의 경우에 못머리가 석고보드를

관통하는 파괴형태가 나타나고 이와 더불어 못이 일부 뽑혀 나오며 석고보드의 모서리 부분이 파괴되는 경향을 보였다.

나. 단순증가 하중함수 하에서의 거동

1) 높이-나비 비(aspect ratio)의 영향

높이-나비 비를 여러 가지로 변화시킨 수직격판에 단순증가 하중함수를 작용시킨 경우에 하중-변위곡선은 그림 4-29와 같다.

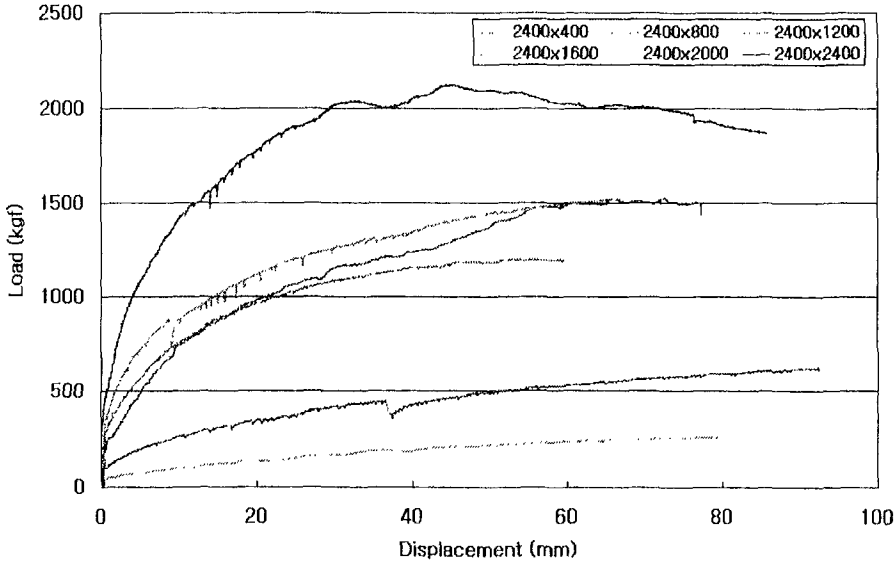


그림 4-29. 단순증가 하중함수 하에서 높이-나비 비가 수직격판의 전단강도에 미치는 영향.

그림 4-29에서 보면 동일한 높이(2400mm)를 갖는 수직격판에서 나비가 증가할수록 수직격판의 전단강도가 증가함을 알 수 있다. 나비 400mm 및 800mm의 수직격판은 강도가 매우 낮아서 30mm의 변위를 기준으로 하였을 경우에 500kgf 이하를 나타내었다. 따라서 수직격판의 나비 400mm 및 800mm의 경우에는 수직격판으로서의 기능을 제대로 나타내지 못할 것으로 생각된다.

나비가 넓은 수직격판의 경우에는 수직격판의 변위가 크게 나타난 경우에도 수직부재인 스터드는 직선을 유지하는 것으로 나타났지만 수직격판의 나비가 좁아지면 스터드가 곡선적으로 변할 가능성이 있으므로 이를 확인하기 위하여 가장 좁은 수직격판 시험편인 2,400mm×400mm에 대하여 벽의 중간 높이와 꼭대기에서의 변위를 비교하였으며 그 결과는 그림 4-30과 같다.

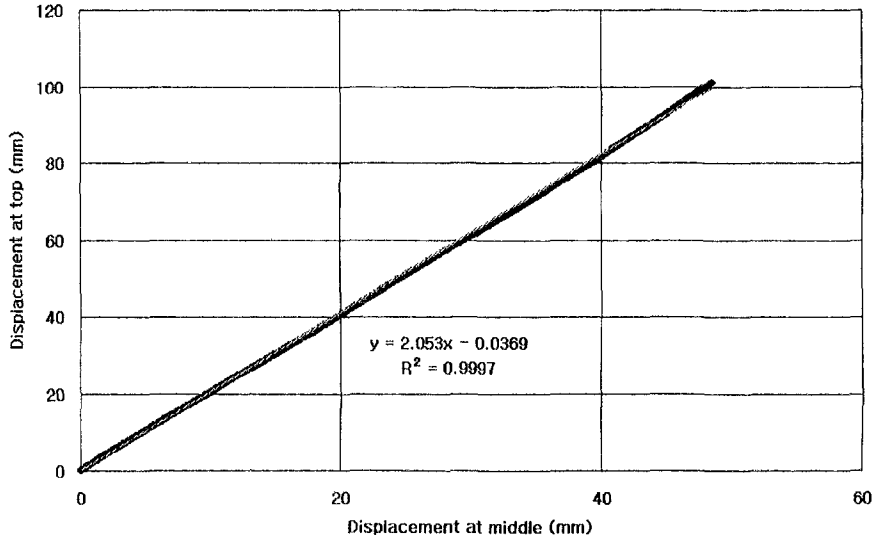


그림 4-30. 2,400mm×400mm 수직격판에서 꼭대기와 벽의 중간높이 변위 사이의 관계.

그림 4-30에서 보면 수직격판의 중간높이와 꼭대기에서의 변위 사이에는 기울기가 거의 2.0인 직선적인 관계가 있음을 알 수 있다. 이러한 사실이 의미하는 것은 나비가 좁은 수직격판에서도 수평하중 하에서 수직격판의 변위가 발생하더라도 스터드는 직선을 유지한다는 것이다. 따라서 이 보다 더 나비가 넓은 수직격판의 경우에는 당연히 수평하중 하에서 스터드는 직선을 유지한다는 사실을 알 수 있다.

2) 개구부의 영향

목조주택에 사용되는 수직격판에는 문이나 창문과 같은 개구부의 설치가 필수적으로 수반된다. 따라서 개구부가 수직격판의 성능에 미치는 영향을 정확하게 아는 것이 수직격판의 올바른 설계에 필수적으로 요구되는 사항이라고 할 수 있을 것이다. 개구부의 영향은 위치의 영향과 크기의 영향으로 나눌 수 있으며 특히 패널화 공법을 고려한다면 위치의 영향도 중요한 고려 대상이 되어야 할 것이다.

문과 창문 개구부의 위치에 따른 수직격판의 전단성능은 각각 그림 4-31 및 4-32와 같다. 그림 4-31에서 시험에 사용된 수직격판의 문 개구부 크기는 2,000mm×1,000mm로 하였으며 개구부의 위치는 개구부가 2,400mm×2,400mm 패널의 한쪽 측면에 설치된 경우(Position 1), 개구부가 패널의 중앙에 설치된 경우(Position 3) 및 그 중간 위치에 설치된 경우(Position 2) 등에 대하여 시험을 실시하였다. 그림 4-31에서 보는 바와 같이 개구부가 한쪽 측면에 설치되는 경우에 강도가 약간 낮게 나타났으나 전체적으로 보아서 개구부의 위치에 따른 영향은 크지 않은 것을 알 수 있다.

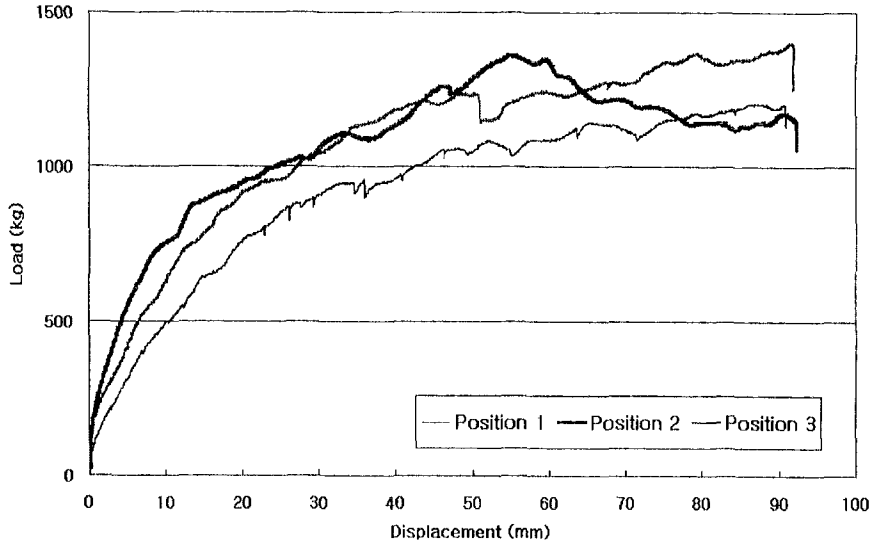


그림 4-31. 문 개구부의 위치에 따른 수직격판의 성능.

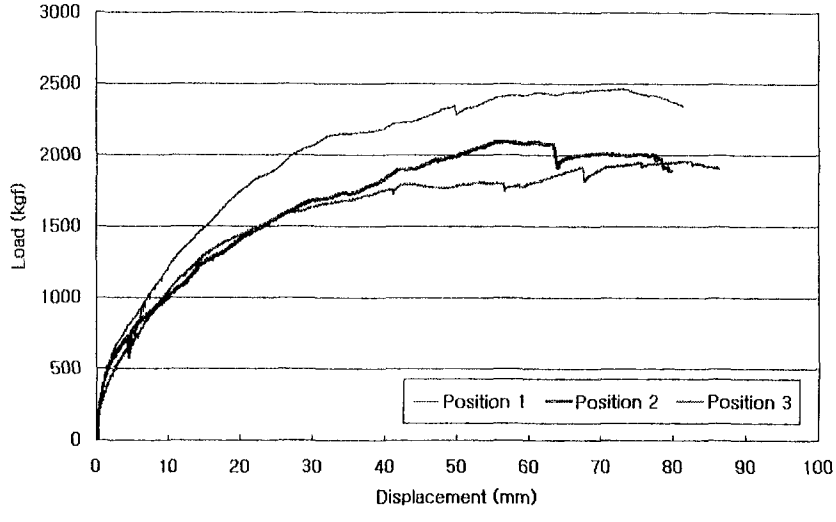


그림 4-32. 창문 개구부의 위치에 따른 수직격판의 성능.

그림 4-31은 915mm×680mm 크기의 창문용 개구부를 2400mm×2400mm 패널의 한쪽 측면에 설치한 경우(Position 1), 패널의 중앙에 설치한 경우(Position 3) 및 그 중간에 설치한 경우(Position 2)에 대한 전단시험 결과이다. 창문용 개구부의 경우에는 한쪽 측면에 설치한 경우가 약간 높은 강도를 나타내었으며 다른 두 가지 경우는 거의 동일한 강도를 나타내었다. 그림 4-31과 4-32로부터 개구부의 위치는 수직격판의 강도 및 강성도에 큰 영향을 미치지 않는다는 사실을 알 수 있다.

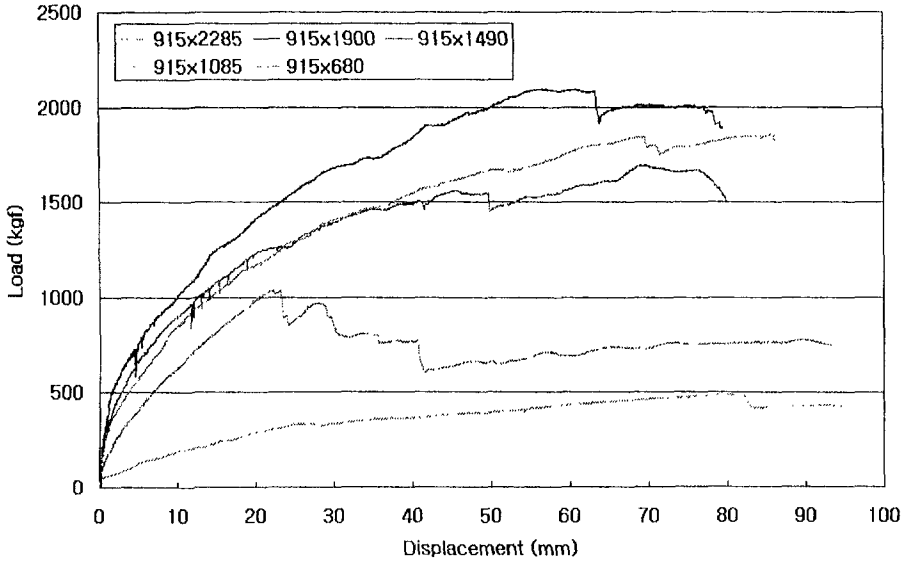


그림 4-33. 개구부의 크기가 수직격판의 강도에 미치는 영향.

개구부의 크기에 따른 수직격판의 전단강도는 그림 4-33과 같다. 그림 4-33에서 보면 개구부의 크기가 증가할수록 수직격판의 강도는 감소함을 알 수 있다.

특히 개구부의 크기가 915mm×1900mm와 915mm×2285mm의 경우에는 개구부를 설치한 단면에서 남아있는 수직격판의 나비가 600mm 및 115mm에 불과하기 때문에 이 부분에서 덮개재료가 파괴되면서 강도가 크게 떨어지는 현상을 나타내었다. 이들 두 가지 개구부 형태를 제외한 나머지 수직격판 시험편들에서는 못뽑기 또는 못머리 관통에 의한 파괴가 나타났다.

3) 덮개재료의 영향

경골목구조의 수직격판 건축에 사용되는 OSB 또는 구조용 합판과 같은 재료들은 국내에서 생산되지 않기 때문에 외국으로부터의 수입에 의존하고 있다. 따라서 목조건축용 자재의 국산화를 위해서는 국내에서 생산되는 자재의 사용이 필수적이며 이를 위하여 구조용 판재를 사용하지 않고 수직격판의 강도를 나타낼 수 있는 방법을 찾아보았다. 먼저 석고보드만을 사용한 경우의 강도를 확인하기 위하여 2,400mm×2,400mm 패널에 석고보드만을 사용하여 제작한 시험편에 대한 강도시험을 실시하였다. 그림 4-34는 루핑용 못을 사용하여 측면에는 150mm 간격 그리고 내부에는 300mm 간격으로 석고보드를 설치한 경우와 못의 간격을 절반으로 줄여서 설치한 경우의 시험결과이다.

석고보드만을 사용한 경우의 하중-변위곡선은 약 30mm 정도에서 최대하중을 나타내고 그 이후에 모서리 부분의 석고보드가 파괴되면서 강도가 감소하는 형태를 나타낸다. 그리고 구조용 판재를 덮개재료로 사용하지 않고 석고보드만을 사용한 경우에도 매우 높은 강도를 나타내어 일반적인 못의 간격인 측면에서 150mm, 내부에서 300mm로 한 경우에는 11.7mm 두께의 OSB 덮개 수직격판 강도의 약 50% 정도를 나타내었으며 못의 간격을 절반으로 줄인 경우에는 11.7mm 두께의 OSB 덮개를 사용한 수직격판과 거의 비슷한 강도를 나타내었다(그림 4-35).

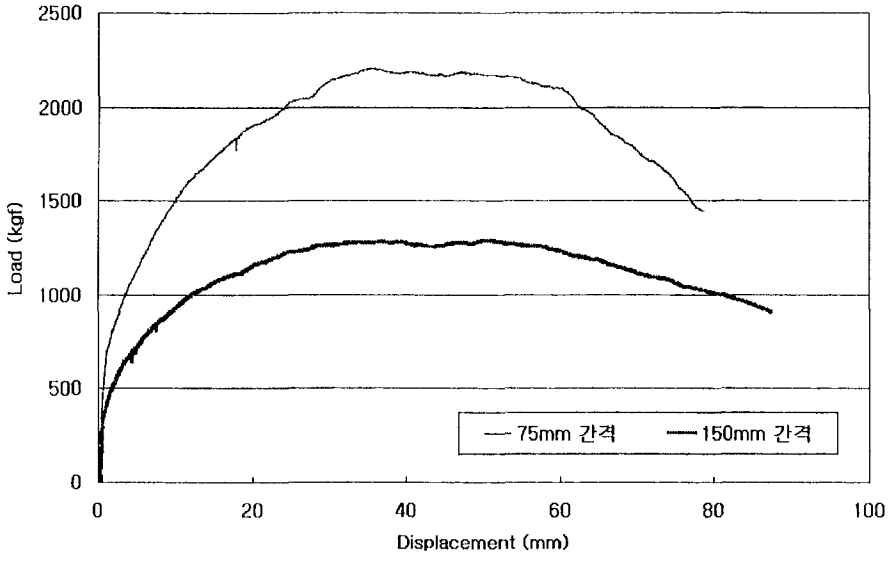


그림 4-34. 석고보드 덮개 수직격판에서 못 간격의 영향.

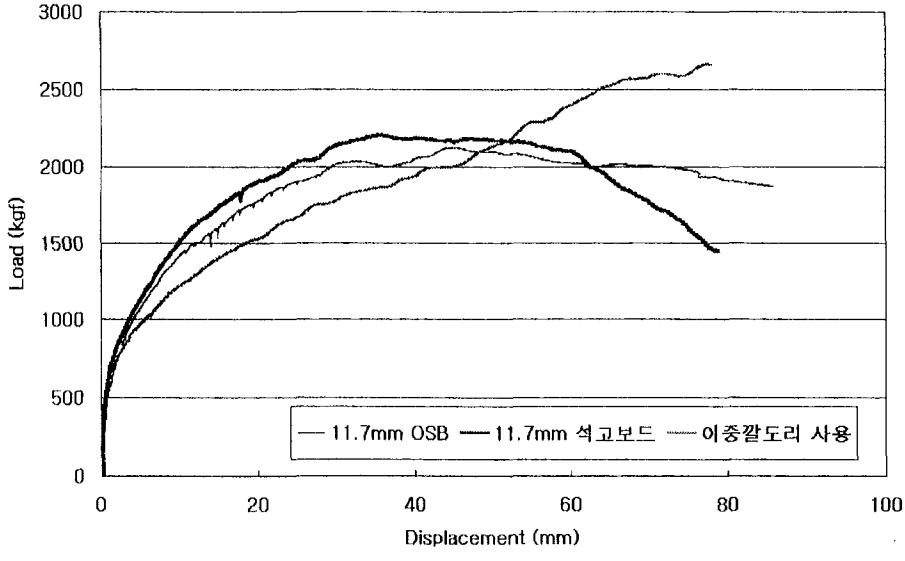


그림 4-35. 덮개재료 및 이중깔도리의 영향.

그림 4-35에는 2,400mm×2,400mm 패널에서 11.7mm 두께의 석고보드(루핑용 못 사용, 측면 못간격 75mm, 내부 못간격 150mm), 11.7mm 두께의 OSB(8d 보통못 사용, 측면 못간격 150mm, 내부 못간격 300mm) 그리고 11.7mm 두께의 OSB 덮개를 설치한 2,400mm×1,200mm 패널 2개를 못으로 접합시킨 후 그 위에 이중깔도리을 사용한 경우의 수직격판에 대한 시험결과이다.

그림 4-34 및 4-35에서 보면 OSB 덮개를 사용하지 않고 석고보드만을 사용한 패널도 생각보다는 매우 높은 전단강도를 나타내며 특히 그림 4-35에서 볼 수 있듯이 석고보드 수직격판에서 못의 간격을 절반으로 줄여 주면 수직격판의 강도는 2배 정도 증가되어 OSB 덮개 수직격판의 강도와 거의 비슷한 수준을 나타내는 것을 알 수 있다. 그러나 OSB 덮개 수직격판은 약 40mm의 변위에서 최대강도를 나타낸 후 변위가 계속 증가되어도 강도의 급격한 감소가 없는 반면 석고보드 수직격판은 약 40mm의 변위에서 최대강도를 나타낸 후 급격한 강도의 감소가 나타나고 있다. 이러한 현상은 석고보드가 소성의 재료이기 때문에 못접합부분이 파괴되어 그 이후에는 수평하중에 대한 저항력을 나타낼 수 없기 때문이다.

패널화 공법에서는 패널을 공장에서 만든 후에 현장에서 패널과 패널을 못으로 접합하여야 하는데 이러한 못접합 방법이 수직격판의 전단강도에 미치는 영향을 확인하기 위하여 2,400mm×1,200mm 패널을 2개 만들고 그 사이에 못으로 접합하여 2,400mm×2,400mm 패널을 만들어서 전단시험을 실시한 결과 매우 작은 수평하중 하에서도 패널 사이의 못접합이 쉽게 분리되는 결과를 나타내었다. 따라서 패널과 패널사이의 못접합만 가지고는 원하는 전단강도를 얻을 수 없음을 알 수 있었고 이를 개선하기 위하여 패널과 페널 사이를 못접합으로 고정시킨 후에 그 위에 이중깔도리를 설치한 수직격판에 대한 시험을 실시하였으며 그 결과는 그림 4-35와 같다. 그림 4-35에서 보면 이중깔도리를 설치한 패널화 수직격판은 원래의 공법에 의한 수직격판과 유사한 강도를 나타내었고 오히려 변위가 크게 증가할수록 강도도 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었다.

그림 4-36은 덮개재료를 사용하지 않고 여러 가지 철물로 보강한 수직격판에 대한 시험결과이다. 이 시험에서는 벽의 골조위에 T-형 금속판, 직경 2.6mm의 철사 그리고 시중에서 판매되는 Simpson사의 Wall bracing 철물 등을 보강재료로 사용하였다. T-형 금속판은 시중에서 판매되는 얇은 금속판으로서 생각보다 강도 보강 효과가 미미하였다. 철사는 한쪽 면에만 1줄로 X-자 가새를 설치하였으며 약 150kgf 정도의 강도를 나타내었는데 벽의 양면에 2줄로 가새를 설치하면 약 600kgf 정도의 강도를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. Simpson사의 Wall bracing을 X-자 가새로 사용한 경우에는 약 580kgf 정도의 강도를 얻을 수 있었으며 양면에 X-자 가새를 설치한 경우(그림 4-37)에는 이보다 강도가 2배 정도 증가되는 경향을 나타내었다. Simpson사의 철물은 가격이 일반적으로 사용하는 OSB 가격과 비슷하기 때문에 가격 면에서 본다면 강도보강 효과가 크지 않다고 할 수 있다.

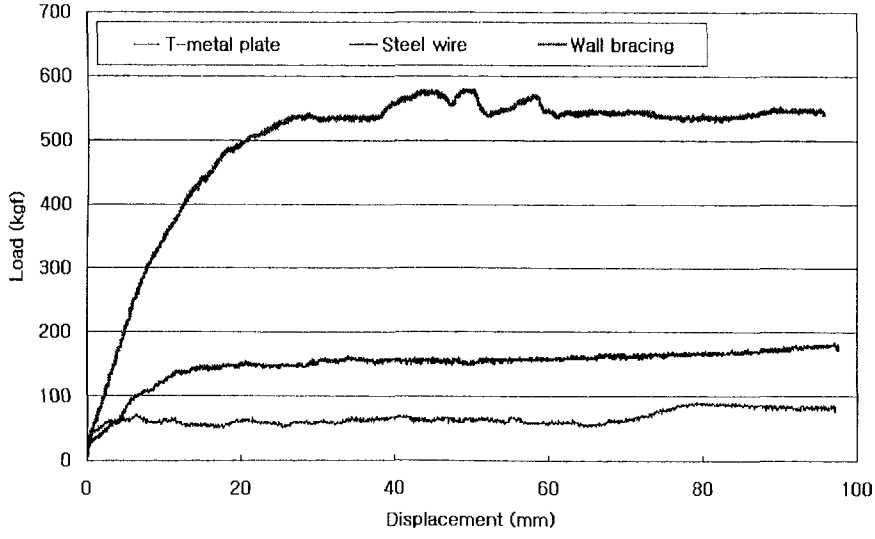


그림 4-36. 철물에 의한 수직격판의 강도 보강 효과.

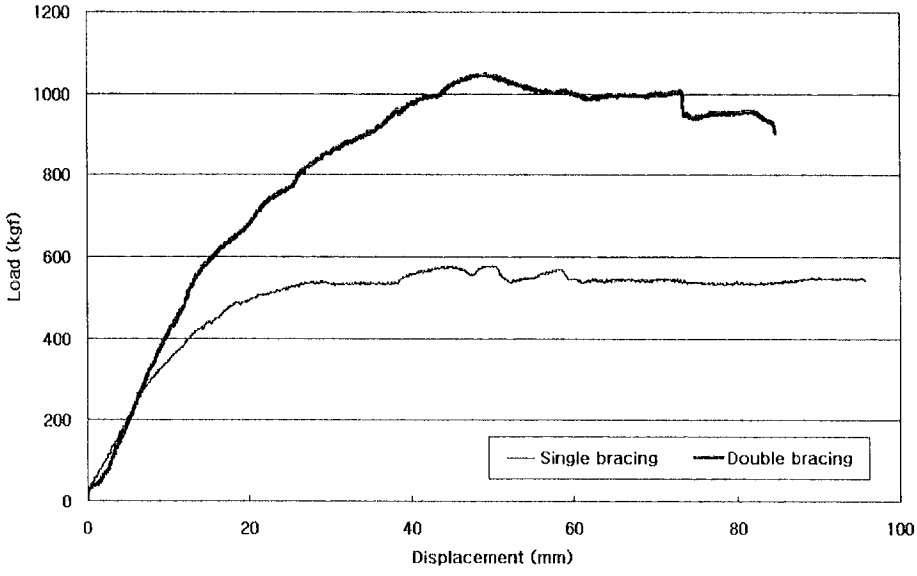


그림 4-37. Wall bracing의 수직격판 강도 보강 효과.

다. 반복하중함수 하에서의 거동

1) 높이-나비 비(aspect ratio)의 영향

수직격판에 대하여 반복하중 하에서의 전단시험으로부터 얻을 수 있는 하중-변형선도의 일반적인 모양은 그림 4-38과 같다.

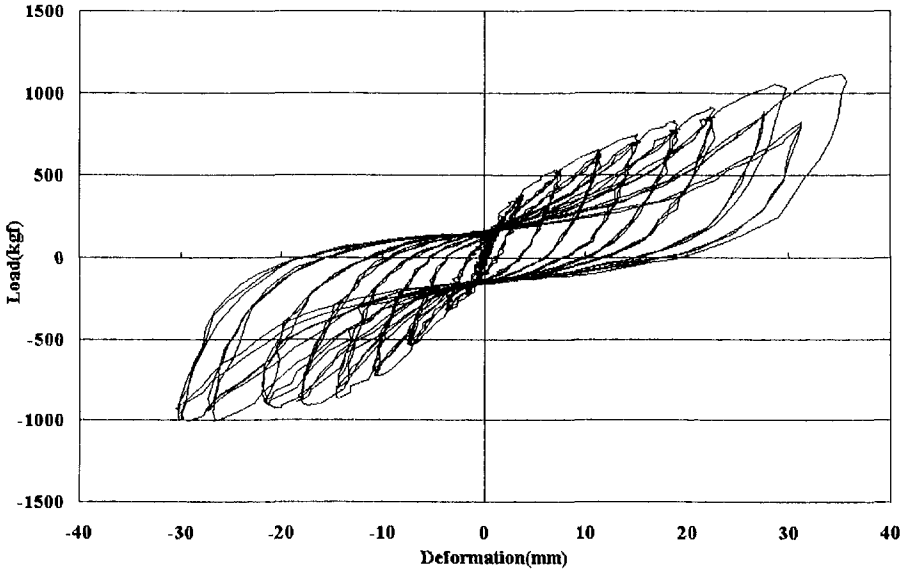


그림 4-38. 벽체의 전단시험 결과 얻을 수 있는 일반적인 하중-변형선도.

그림 4-38에서 하중-변형곡선의 꼭지점을 연결한 곡선을 수직격판의 특성곡선(envelop curve)이라 하고 이 곡선은 반복하중(cyclic load) 또는 준정적하중(quasi-static load) 하에서 수직격판의 저항력을 나타내는 의미를 갖는다. 수직격판에 작용시킨 반복하중 함수를 보면 각 하중 단계별로 동일한 진폭의 3개의 주기함수로 구성되어 있다. 이와 같은 3개의 주기함수 중에서 첫 번째 주기함수 하에서의 특성곡선을 초기특성곡선(initial envelop curve: IEC) 그리고 3번째 주기함수 하에서의 특성곡선을 안정특성곡선(stabilized envelop curve: SEC)이라고 한다. 여러 가지 높이-나비비를 갖는 수직격판의 특성 곡선은 그림 4-39 및 4-40과 같다. 그림 4-39는 여러 가지 높이-나비비를 갖는 수직격판의 초기특성곡선(IEC)으로서 인장과 압축하중 하에서의 특성을 나타내고 있다. 그림 4-40은 인장과 압축의 평균치로서 초기(IEC) 및 안정(SEC)특성곡선을 나타낸다.

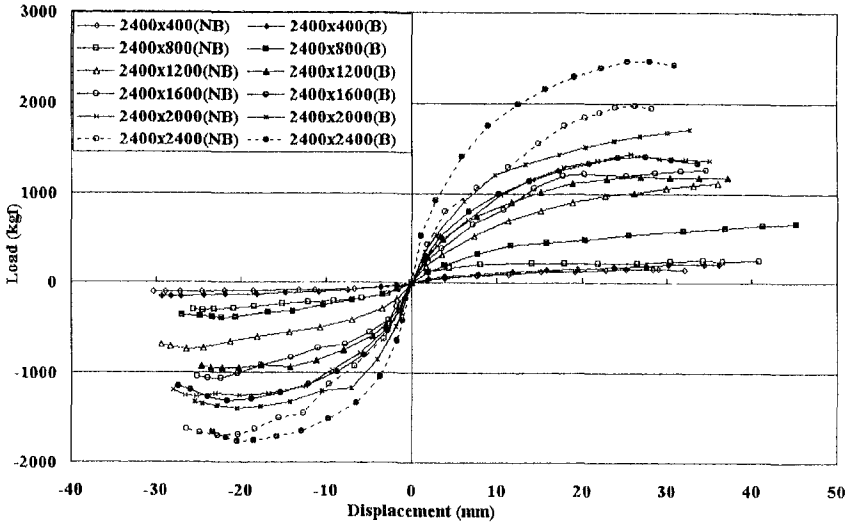


그림 18. 여러 가지 높이-나비 비를 갖는 수직격판의 첫 번째 초기특성곡선:
NB = 모서리 고정철물이 사용되지 않은 수직격판;
B = 모서리 고정철물이 사용된 수직격판.

그림 4-39와 4-40에서 보면 수직격판의 높이-나비 비가 감소할수록 즉 동일한 높이의 수직격판에 대하여 나비가 증가할수록 수직격판의 강성도 및 강도가 증가함을 알 수 있다. 그림 4-39에서 보면 수평압축보다는 수평인장하중 하에서 더 높은 저항력을 나타내지만 이는 벽체에 작용하는 하중의 방향에 따라서 달라지는 것이기 때문에 큰 의미를 두기는 어렵다. 수직격판의 나비가 작은 경우에는 수직격판의 저항력이 매우 작아서 수직격판으로서의 성능을 기대하기가 어려울 것으로 생각된다. 따라서 앞에서도 언급한 바와 같이 수직격판의 저항력의 최소치와 최소 나비에 대한 기준의 설정을 어떻게 할 것인가 하는 문제가 생기게 된다. 이 연구에서는 수직격판의 최소 저항력을 500kgf으로 설정하고 이에 합당한 2,400mm 높이의 수직격판 나비를 구하여 최소 나비로 설정하고자 한다.

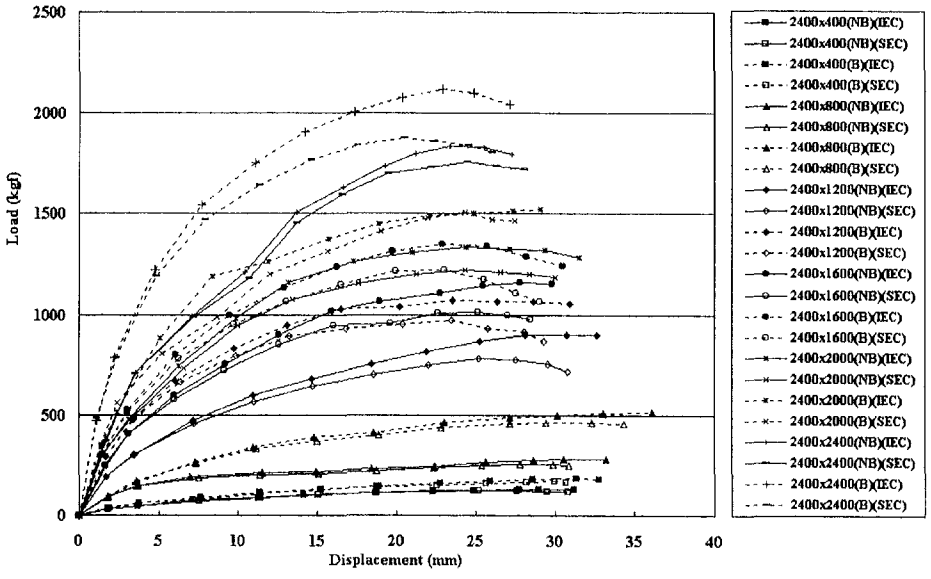


그림 4-40. 여러 가지 높이-나비비를 갖는 수직격판의 평균특성곡선.

그림 4-39에는 수직격판에 모서리 고정용 철물을 사용한 경우(그림 4-39에서 B로 표시)와 사용하지 않은 경우(그림 4-39에서 NB로 표시)에 대한 시험 결과도 함께 표시되어 있다. 그림에서 보면 모든 종류의 수직격판에서 모서리 고정철물을 사용하였을 경우에 수직격판의 강도가 증가됨을 알 수 있다. 모서리 고정철물이 사용되지 않은 수직격판에서는 수평하중이 작용하면 벽체의 변위가 증가됨에 따라서 양끝의 스터드가 밑깔도리로부터 들려 올라감으로써 두 부재가 서로 분리되는 파괴형태가 관찰되었다. 그러나 모서리 고정철물이 사용된 경우에는 이러한 양끝 스터드의 분리 현상이 없었으며 이로 인하여 수직격판의 수평하중 저항능력이 향상된 것으로 생각된다. 따라서 지진이나 바람과 같은 수평하중이 크게 작용하는 지역에 건축되는 건축물에서는 수직격판의 양끝 모서리 부분에 고정철물을 사용해 줌으로써 건물의 안전성과 내구성을 향상시킬 수 있을 것으

로 생각된다.

그림 4-40은 그림 4-39의 결과에서 초기 및 안정특성곡선에 대하여 인장부분과 압축부분의 평균을 나타내는 평균특성곡선이다. 수직격판은 외부에서 작용하는 수평하중의 방향에 따라서 또는 보는 방향에 따라서 인장이 되기도 하고 또는 압축이 되기도 하기 때문에 인장이나 압축 부분의 자료만으로는 전체적인 거동을 정확하게 표현하기가 어렵다. 따라서 그림 4-40과 같은 평균특성곡선으로 표현하는 것이 수직격판의 수평하중에 대한 거동을 나타내는데 가장 적합할 것으로 생각된다. 그림 4-40의 평균특성곡선의 경향도 그림 4-39의 경향과 거의 같으며 높이-나비 비가 감소할수록 전단강도가 증가하고 500kgf의 전단강도를 수직격판으로서 요구되는 최소강도라고 한다면 900mm 이상의 수직격판 나비가 필요할 것으로 생각된다. 따라서 패널화 구조를 설계할 때에는 가능하면 900mm 이상의 나비를 갖는 패널로 나누어야 하며 만약에 그 이하의 나비를 갖는 패널이 생기면 수평하중에 대한 저항능력을 계산할 때에 이 패널 부분은 무시하여야 할 것이다. 모서리 고정철물은 수직격판의 강도를 약 20~30% 정도 증가시키는 효과가 있으며 초기특성곡선보다는 안정특성곡선이 낮은 값을 나타내었다. 수직격판의 전단강도는 수평하중에 대한 저항력을 측정하는 것으로서 일반적으로 건축물의 외부에서 작용하는 수평하중은 바람이나 지진에 의하여 유발된다. 바람이나 지진은 단순증가 하중함수라기 보다는 반복하중에 가까우므로 이에 대한 저항능력을 평가하기 위한 목적이라면 초기특성곡선(IEC)보다는 안정특성곡선(SEC)을 참고하는 것이 바람직하다고 생각된다.

수직격판의 나비에 따른 최대강도는 그림 4-41과 같으며 그림 4-41에서 보면 수직격판의 최대강도는 벽의 나비에 영향을 받으며 벽의 나비에 직접적으로 비례하는 함수로 표현될 수 있다. 수직격판의 나비와 최대강도 사이에 직선비례관계가 있으며 이 관계식은 그림 4-41과 같이 표현될 수 있고 모든 경우에 상관계수가 0.97 이상으로서 높은 상관관계를 나타내었다. 그림 4-41에서도 초기특성곡선이 안정특성곡선보다는 높은 값을 나타내었고 모서리 고정철물을 사용하는 것

이 사용하지 않는 것 보다 약 20 ~ 30%의 강도 증가를 나타냄을 알 수 있다.

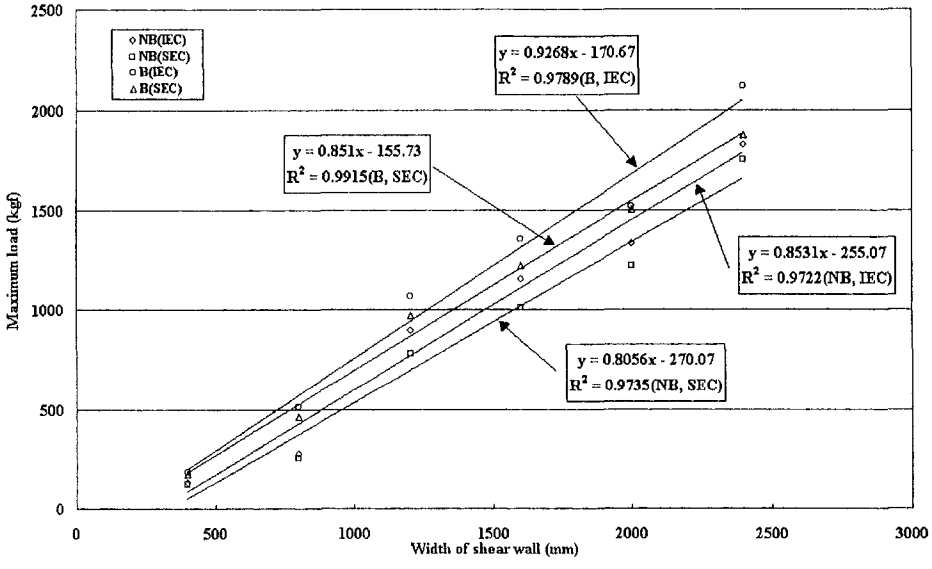


그림 4-41. 수직격판의 나비에 따른 최대강도.

그림 4-41에서 수직격판의 최소강도를 500kgf으로 하였을 때 요구되는 수직격판의 최소 나비는 B와 IEC에 대한 직선회귀식으로부터 724mm, B와 SEC에 대한 직선회귀식으로부터 771mm, NB와 IEC에 대한 직선회귀식으로부터 885mm 그리고 NB와 SEC에 대한 직선회귀식으로부터 956mm를 얻을 수 있다. 이 값들로부터 요구되는 수직격판의 최소 나비를 결정한다면 900mm 정도로 하는 것이 합당할 것으로 생각된다.

그림 4-41에서 수직격판의 전단강도는 벽의 나비(또는 길이)에 직선적으로 비

례한다고 하는 사실을 알 수 있다. 그러나 그림 4-41의 결과는 개구부가 없는 수직격판에 대한 값으로써 일반적인 주택의 경우에 대부분의 벽체에 창이나 문 등의 개구부가 있으므로 개구부를 고려한 수직격판의 성능을 그림 4-41을 적용하기보다는 뒤에 나오는 개구부가 있는 수직격판에 대한 시험 결과를 적용하여야 할 것이다.

2) 개구부의 영향

개구부의 위치에 따른 수직격판의 특성곡선은 문 개구부에 대하여 개구부의 위치에 따른 영향을 그림 4-42에 수록하였다. 그림 4-42에서 문 개구부의 위치는 2400mm×2400mm 패널의 한쪽 측면에 설치한 경우(Position 1), 2400mm×2400mm 패널의 가운데에 설치한 경우(Position 3) 및 그 중간에 설치한 경우(Position 2) 등에 대하여 시험을 실시하였다. 그림 4-42에서 보면 개구부의 위치는 수직격판의 성능에 큰 영향을 주지 않는다는 것을 알 수 있다.

창 개구부에 대하여 개구부의 크기가 수직격판의 전단강도에 미치는 영향은 그림 4-43에 수록하였다. 그림 4-43에서 보면 개구부의 크기가 증가할수록 수직격판의 전단저항은 감소하는 것으로 나타났다. 개구부의 크기에 따른 수직격판의 첫 번째 주기 및 세 번째 주기에서의 평균특성곡선은 그림 4-44와 같다.

그림 4-40과 4-44에서 보면 시험편에 따라서 약간의 차이는 있지만 일반적으로 수직격판의 최대강도는 20~30mm 정도의 변위에서 나타났다. 그림 4-40과 4-44에서 보면 수직격판에서 초기특성곡선이 안정특성곡선보다 약간 높은 값을 나타내고 있음을 알 수 있다.

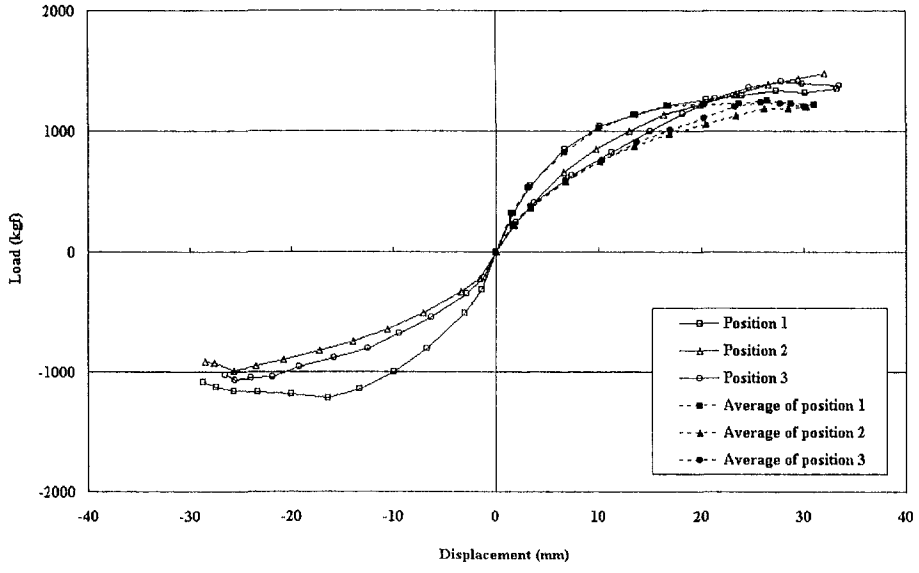


그림 4-42. 문 개구부의 위치에 따른 수직격판의 특성곡선.

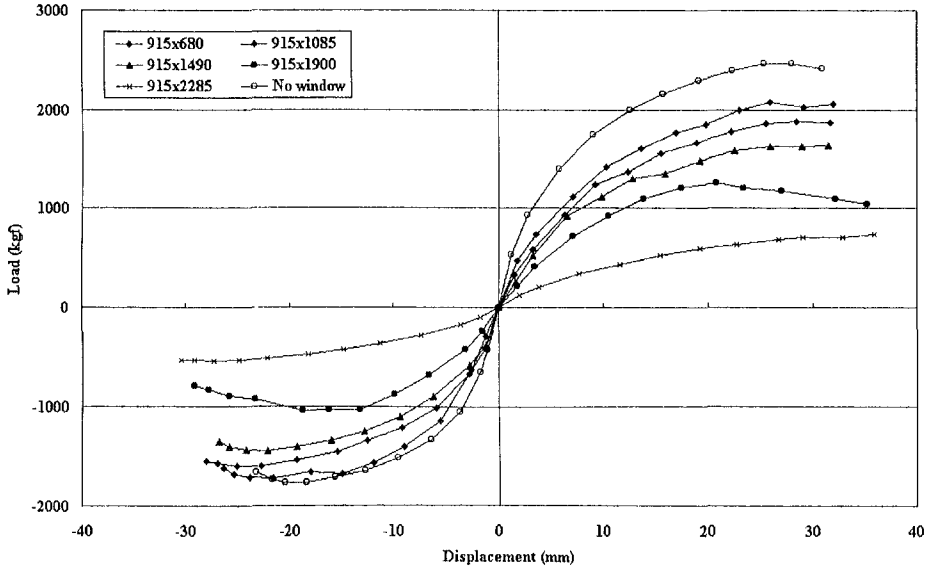


그림 4-43. 개구부의 크기에 따른 수직격판의 특성곡선.

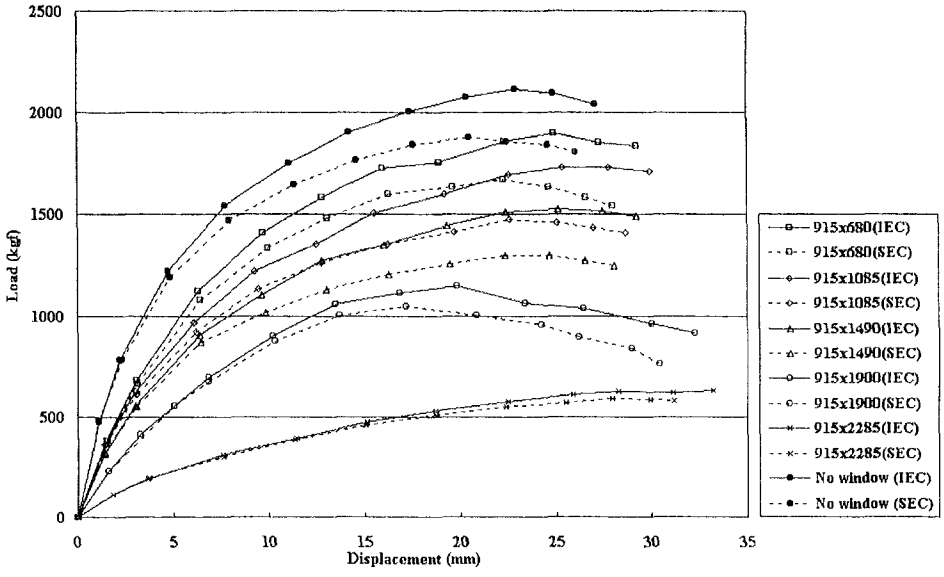


그림 4-44. 여러 가지 개구부 면적을 갖는 수직격판의 평균특성곡선.

개구부 면적에 따른 수직격판의 최대강도는 그림 4-45와 같다. 그림 4-45에서 보면 개구부 면적이 큰 경우(개구부 비율이 29.2% 및 35.2%)를 제외하고 개구부 면적과 전단강도 사이에 서로 반비례하는 관계에 있음을 알 수 있다.

그림 4-45에서 보면 수직격판의 전단강도는 개구부의 면적과 반비례함을 알 수 있다. 그러나 개구부의 면적이 너무 커서 개구부를 절단한 후에 남는 수직격판의 나비가 요구되는 최소치(900mm)에 미달하는 경우에는 전단강도가 이 직선 반비례의 관계보다 더욱 낮게 나타남을 알 수 있다. 따라서 패널화 공법에서 개구부가 설치된 패널을 제작할 경우에 개구부를 절단한 부위에서 남아있는 수직격판의 나비가 900mm 이상이 되도록 주의하여야 원하는 전단강도를 얻을 수 있을 것이다. 수직격판에서 수직격판의 나비에 따른 전단강도의 평가에는 그림 4-41을 적용할 수 있으며 개구부가 있는 경우에 개구부에 따른 전단강도의 평가

에는 그림 4-45를 적용할 수 있을 것이다.

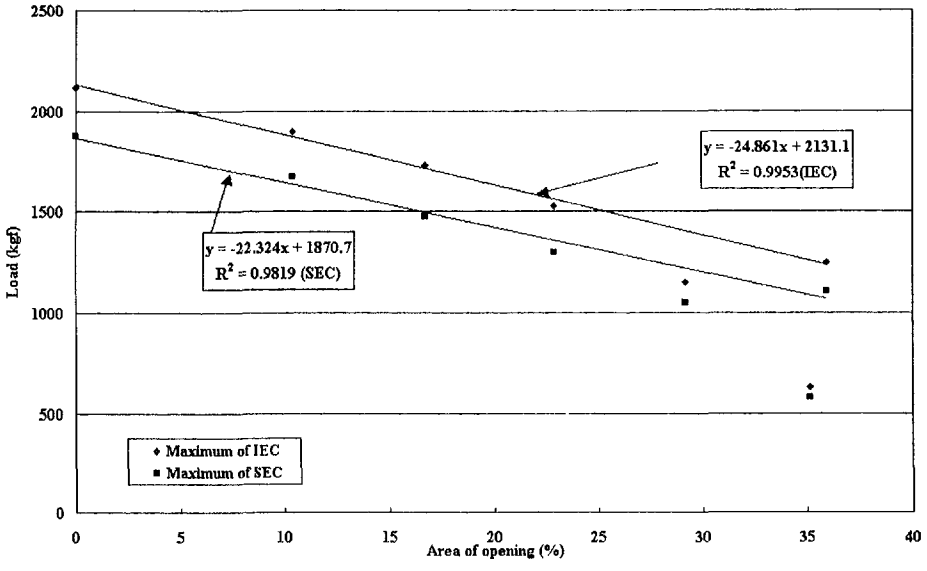


그림 4-45. 여러 가지 개구부 면적을 갖는 수직격판의 최대강도.

3) 철물의 영향

수직격판에서 구조용 판재를 덮개재료로 사용하지 않고도 원하는 전단강도를 얻기 위하여 여러 가지 철물을 사용하고 있다. 반복하중 하에서 이러한 철물의 강도 보강 효과를 평가하였다. 그림 4-46은 Simpson사의 Wall bracing을 수직격판의 한쪽 면에 X-형으로 설치한 경우와 양면에 X-형으로 설치한 경우의 전단시험 결과이다. 철물을 이용한 가새의 효과는 최대강도의 측면에서는 어느 정도 강도 증가의 효과를 기대할 수 있으나 작은 변위에서의 강성도 증가는 예상보다 적으며 최대강도도 기대치보다는 못 미치는 결과를 얻었다. 철물 가새를 양면에

사용하면 한 면에만 사용한 경우보다 약 2배 정도의 강도 증가 효과를 얻을 수 있으나 앞에서 언급한 바와 같이 철물의 가격이 비싸기 때문에 가격에 비하여 강도 및 강성도 증가 효과는 기대에 미치니 못한다는 평가를 내릴 수 있었다.

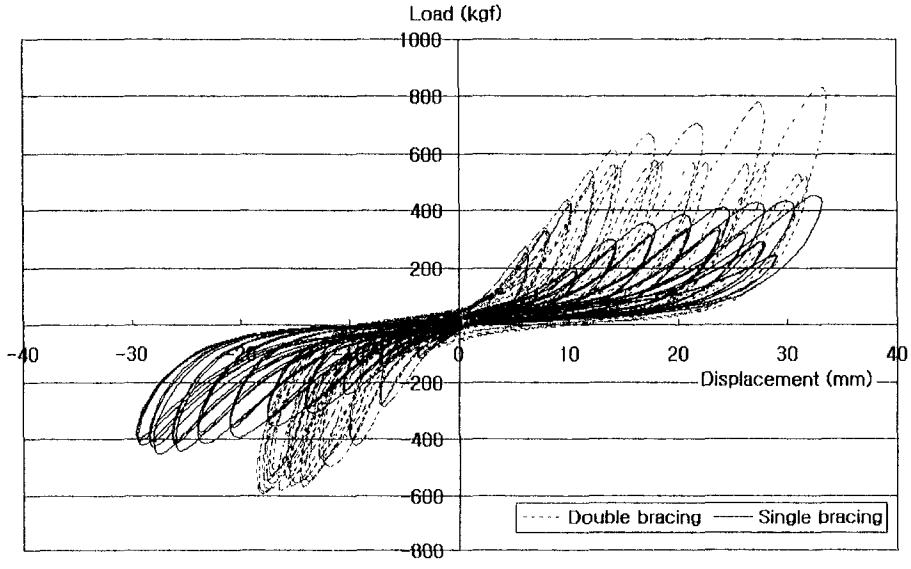


그림 4-46. Simpson사의 Wall bracing을 사용한 수직격판의 반복하중 하에서의 거동.

골조의 각 부재 사이의 접합부에 T-형 금속판을 사용한 벽체의 경우에는 앞의 단순증가 하중함수 하에서도 예상에 훨씬 못 미치는 낮은 강도를 나타내었는데 반복하중 하에서도 매우 낮은 강도값을 나타내어(그림 4-47) T-형 금속판은 수직격판에 사용하기 힘들다는 결론을 내릴 수 있었다.

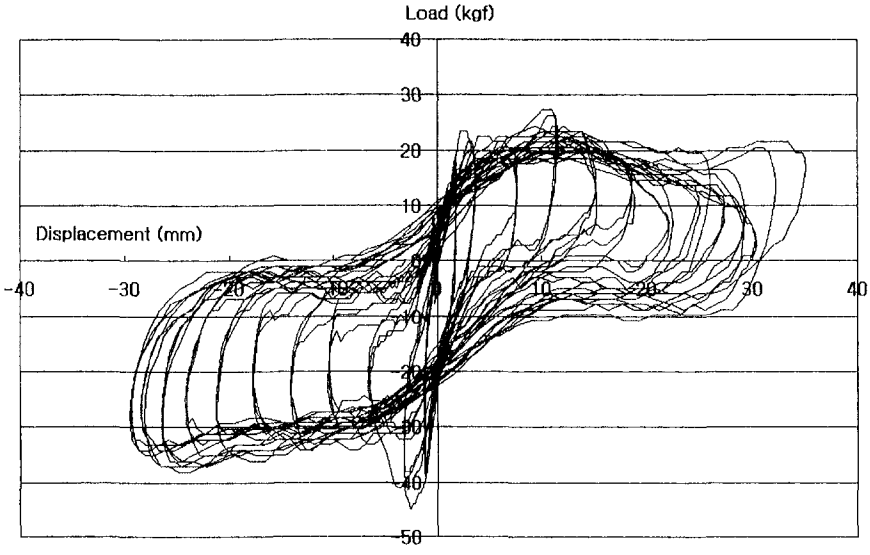


그림 4-47. T-형 금속판으로 보강한 수직격판의 반복하중 하에서의 거동.

3. 3차년도(수평격판의 성능 평가)

가. 수평격판의 수평하중에 대한 저항력

수평하중 하에서 수평격판은 전반적으로 수직격판과 거의 동일한 반응을 나타낸다. 다만 바닥 덮개재료의 두께가 더 두껍고 더 굵은 못을 사용하기 때문에 그로 인하여 더 높은 강성 및 강도를 나타낸다는 사실 이외에는 큰 차이가 없다고 할 수 있다. 수평격판의 반복하중 하에서의 시험으로부터 얻을 수 있는 전형적인 하중-변위선도는 그림 4-48과 같고 단순증가 하중 하에서의 하중-변위선도는 그림 4-49와 같다.

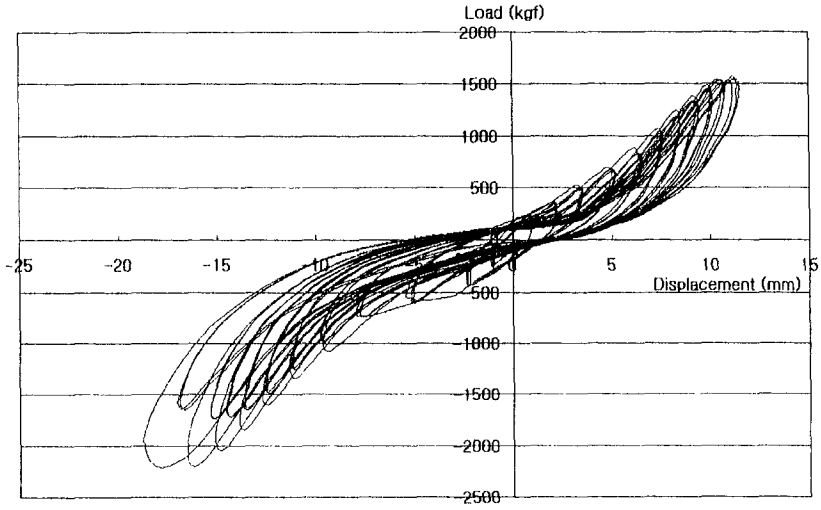


그림 4-48. 반복하중 하에서 수평격판(OSB 덮개, 접착제 사용, 8d 못)의 하중-변위선도.

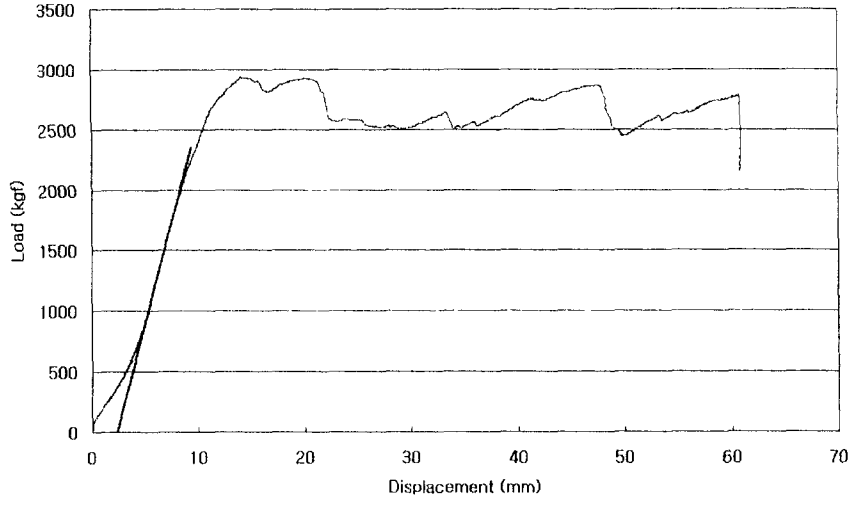


그림 4-49. 단순증가 하중 하에서 수평격판(MDF 덮개, 접착제 사용, 10d 못)의 하중-변위선도.

그림 4-48 및 4-49를 보면 수평격판도 수직격판과 마찬가지로 약 20mm 전후의 변위에서 최대하중을 나타내다가 그 후에 서서히 저항력이 감소하는 경향을 나타내고 있다. 그림 4-48을 보면 반복하중이 가해지는 초기에 ±2.5mm 이내의 작은 변위 범위에서는 거의 직선적인 관계를 나타내고 이후에 서서히 강성이 감소하다가 5~10mm의 변위에서 오히려 강성이 약간 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 경향은 접착제가 사용된 수평격판의 경우에 뚜렷하였으며 접착의 영향으로 수평격판의 강성이 증가된 영향으로 생각된다. 그림 4-49를 보면 단순증가 하중 하에서 수평격판은 매우 높은 강성을 나타내고 20mm 전후의 변위에서 최대하중을 나타낸 뒤 서서히 저항력이 감소하고 높낮이의 변화가 크기는 하지만 상당히 많은 변위가 나타날 때까지 일정 수준 이상의 저항력을 유지하는 것을 볼 수 있다.

나. 반복하중 하에서의 거동

1) 접착제의 영향

일반적으로 수평격판은 목조건축물의 바닥구조에 사용되며 바닥구조의 강성을 보강하고 주변 환경의 온습도 변화에 따라서 바닥덮개가 구조부재로부터 이탈되어 삐걱거리는 현상을 방지하기 위하여 바닥덮개와 구조부재 사이에 내수성 접착제를 사용한다. 이 접착제는 바닥의 장선과 덮개재료를 하나의 구조체로 일체화시켜서 T형 보와 같은 구조적인 성능을 갖도록 보강해 주는 역할과 함께 오랜 시간 동안 온도 및 습도 변화에 노출된 바닥구조에서 덮개재료 및 장선이 수축과 팽윤을 반복하면서 못이 서서히 구조부재로부터 뽑힘으로써 바닥이 삐걱거리는 현상을 방지해주는 역할을 수행한다.

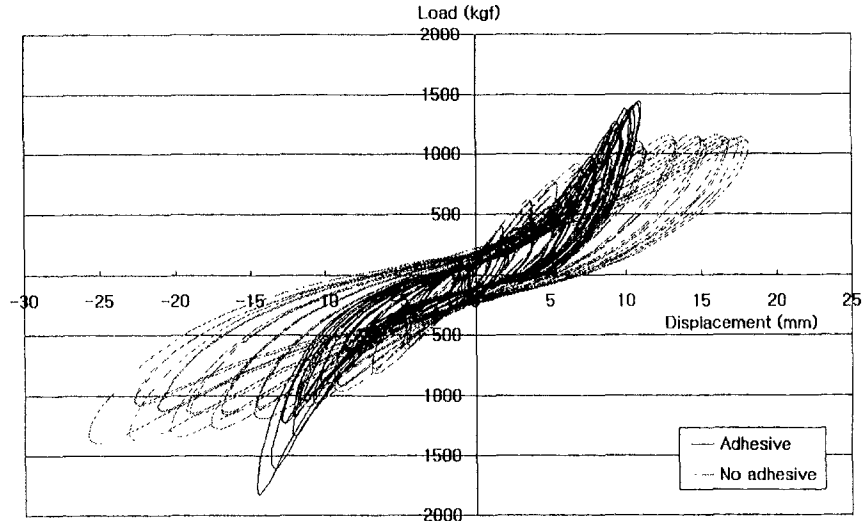


그림 4-50. 반복하중 하에서 수평격판(MDF 덮개, 10d 못)의 저항력에 대한 접착제의 영향.

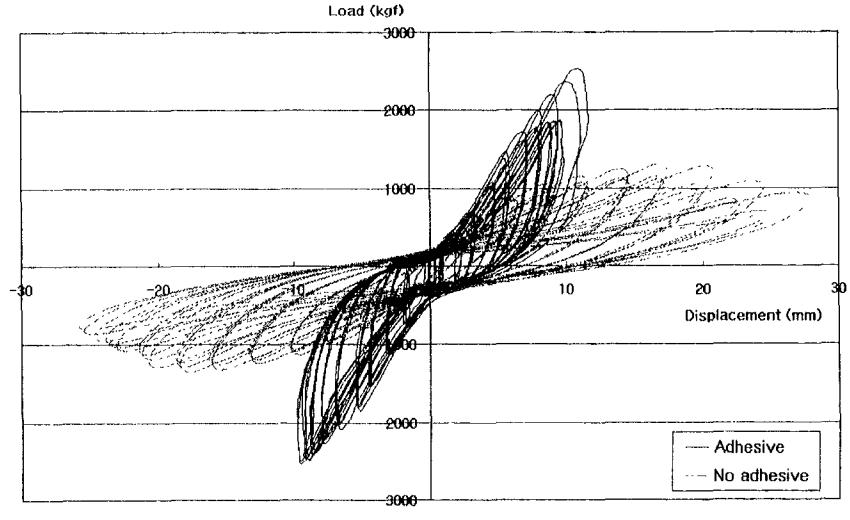


그림 4-51. 반복하중 하에서 수평격판(MDF 바닥, 8d 못)의 저항력에 대한 접착제의 영향

이러한 접착제가 바닥구조의 강성 및 강도보강에 미치는 영향을 평가하기 위하여 MDF 바닥덮개에 대하여 접차제가 사용된 경우와 접착제가 사용되지 않은 경우에 대한 시험을 실시하였으며 10d 못을 사용한 수평격판에 대한 시험 결과는 그림 4-50과 같고 8d 못을 사용한 수평격판에 대한 시험결과는 4-51과 같다.

그림 4-50 및 4-51에서 하중 증가 시의 곡선 아래쪽의 면적이 변위에너지로서 구조의 변위에 의하여 구조체 내에 흡수된 에너지 또는 구조체 내에서 잠재적으로 가지고 있는 에너지이며 하중 감소 시의 곡선 아래쪽의 면적은 하중 감소에 따라서 탄성의 성질에 의하여 회복되는 에너지를 나타낸다. 이들 곡선에 의하여 둘러싸여 있는 중간 부분의 면적은 구조체의 반복적인 움직임에 따라서 내부 마찰이나 외부로의 에너지 발산에 의하여 감쇠되는 에너지를 나타낸다.

그림 4-50과 4-51에서 접착제가 사용된 수평격판과 접착제가 사용되지 않은 수평격판을 서로 비교해 보면 접착제가 사용된 수평격판의 변형이 적고 강성과 강도가 높으며 내부에너지 소모로 인한 감쇠가 적은 것을 알 수 있다. 동일한 변위에서 접착제가 사용된 수평격판이 2배에 가까운 높은 하중을 나타내고 이는 그 만큼 많은 탄성에너지가 저장되어 있음을 나타낸다. 하중 감소 시에는 회복되는 변위의 양이 거의 0에 가까울 정도로 회복됨으로써 탄성의 성질이 매우 강함을 알 수 있다. 따라서 접착제가 사용된 수평격판은 높은 강성으로 작은 변위를 나타내며 동일한 변위에서는 높은 탄성에너지를 가지고 많은 부분이 회복됨으로써 감쇠가 적게 나타나는 특성을 지니고 있다고 할 수 있다.

접착제가 사용되지 않은 수평격판의 경우에는 초기 강성은 접착제가 사용된 수평격판과 거의 비슷하였으나 2.5mm 내외의 초기 변위 이후에 강성이 떨어지다가 10~20mm의 변위에서 최대하중에 도달한 후 급격하게 저항력이 약화되는 것을 알 수 있다. 접착제가 사용된 수평격판과 사용되지 않은 수평격판 사이의 이러한 구조적인 차이는 접착제에 의한 T형 보로서의 일체화 효과에 의한 것으로 생각되며 목조건축물의 전체적인 강성 및 강도 증가를 위하여 바닥구조에서의 접착제 사용이 매우 중요함을 알 수 있다. 이러한 특성은 10d 못이나 8d 못

에서 똑같이 관찰되었으며 어떠한 덮개재료에 대해서도 동일한 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

반복하중 하에서 수평격판의 거동은 각 하중 단계에서의 꼭지점들을 연결한 특성곡선(envelop curve)으로 표현할 수 있으며 첫 번째 주기에서 특성곡선을 추기특성곡선(initial envelop curve: IEC), 3번WO 주기에서의 특성곡선을 안정특성곡선(stabilized envelop curve: SEC)라고 한다. 그림 4-50의 MDF바 덮개재료에 10d 못과 접착제가 사용된 수평격판의 특성곡선은 그림 40-52와 같다. 인장면과 압축면에서의 특성곡선의 평균치를 평균특성곡선(average envelop curve:AEC)이라고 하며 MDF 수평격판의 평균특성곡선은 10d 못 및 8d 못에 대하여 각각 그림 4-53 및 4-54와 같다.

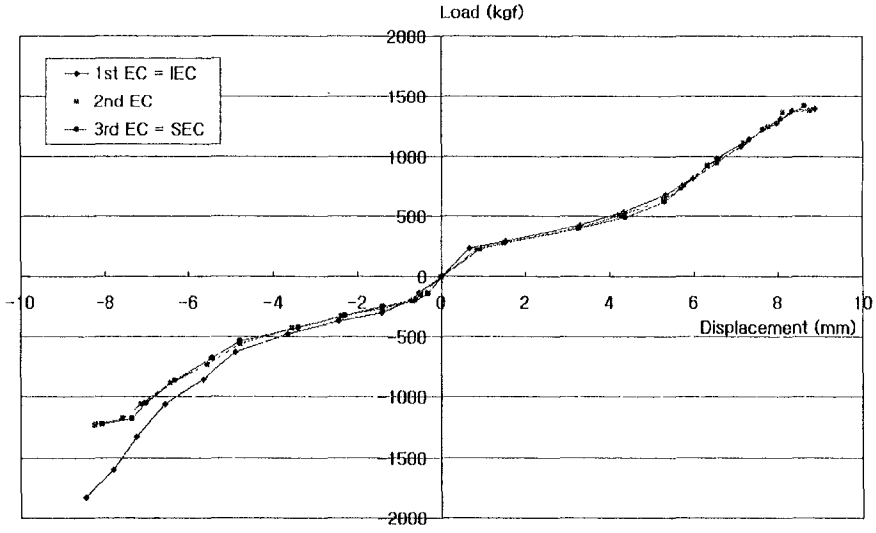


그림 4-52. 수평격판(MDF 덮개, 접착제 사용, 10d 못)의 반복하중 하에서의 특성곡선.

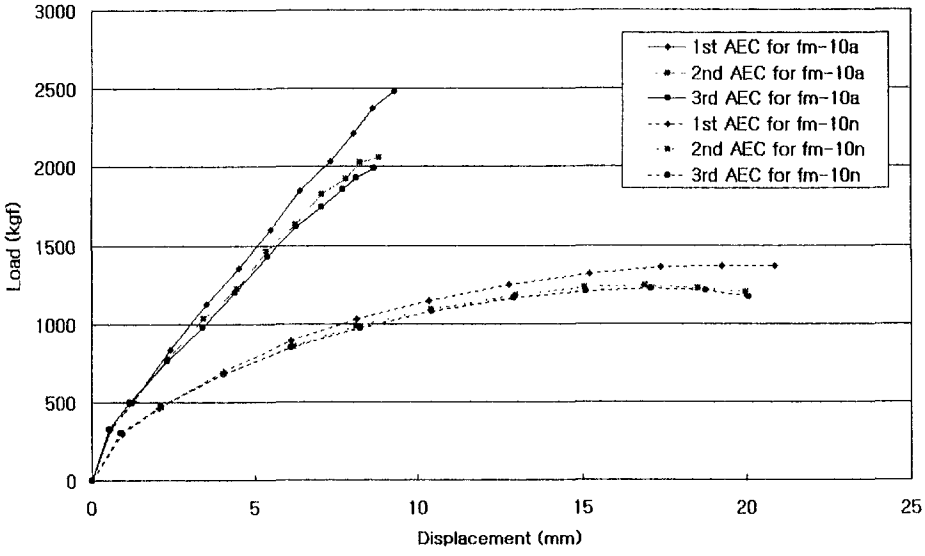


그림 4-53. 수평격판(MDF 덮개, 10d 못)의 평균특성곡선.

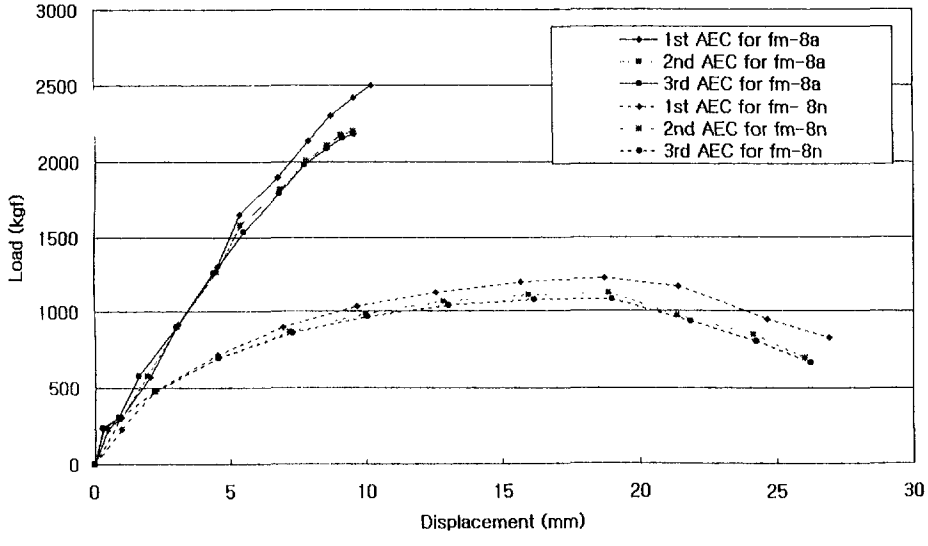


그림 4-54. 수평격판(MDF 덮개, 8d 못)의 평균특성곡선.

그림 4-53과 4-54에서 보면 수평격판의 반복하중 하에서의 거동을 알 수 있으며 첫 번째 하중주기에서의 초기특성곡선과 두 번째 및 세 번째 하중주기에서의 특성곡선 사이에 약간의 차이가 남을 알 수 있다. 이러한 차이는 구조체의 조립시에 장선과 덮개 그리고 못 등의 구성요소들 사이에 약간의 유격이나 오차가 있으며 이러한 것들이 첫 번째 하중주기에서 수정되어 구조부분들끼리 밀착되는 현상 때문에 생기는 것으로 판단된다. 구조부분들끼리 밀착된 이후에는 거의 거동의 차이가 없는데 이는 두 번째 및 세 번째 하중주기 하에서의 특성곡선이 거의 일치하는 것으로부터도 알 수 있다.

그림 4-53과 4-54를 보면 접착제가 사용된 수평격판과 접착제가 사용되지 않은 수평격판의 거동의 차이를 명확하게 볼 수 있다. 접착제가 사용된 수평격판은 초기 강성이 약간만 감소된 상태로 유지되고 있는데 비하여 접착제가 사용되지 않은 수평격판은 급격한 강성의 감소가 나타나며 최대하중에서도 큰 차이를 나타냄을 알 수 있다.

2) 못의 영향

격판의 건축에서 못의 역할은 매우 지대하며 구조부재와 판재가 결합하여 이루어진 격판이 하나의 구조체로써 하중에 저항하기 위해서는 이들을 하나로 묶어주는 매개체가 필요한데 이 역할을 못이 맡고 있는 것이다. 따라서 못은 상자형 건축 공법이 목조건축에서 실현되는데 가장 중요한 역할을 하고 있으며 못으로 인하여 현대건축이 오늘날과 같이 발전되어 왔다고 할 수 있다. 따라서 격판의 거동에 못이 큰 영향을 미칠 것으로 생각되며 그 영향의 정도를 파악하기 위하여 수평격판에서 많이 사용되는 크기인 8d 못과 10d 못을 사용한 수평격판에 대한 전단 시험을 실시하였다.

MDF 덮개와 OSB 덮개에 대하여 반복하중 하에서 측정한 평균특성곡선은 그림 4-55 및 4-56과 같다.

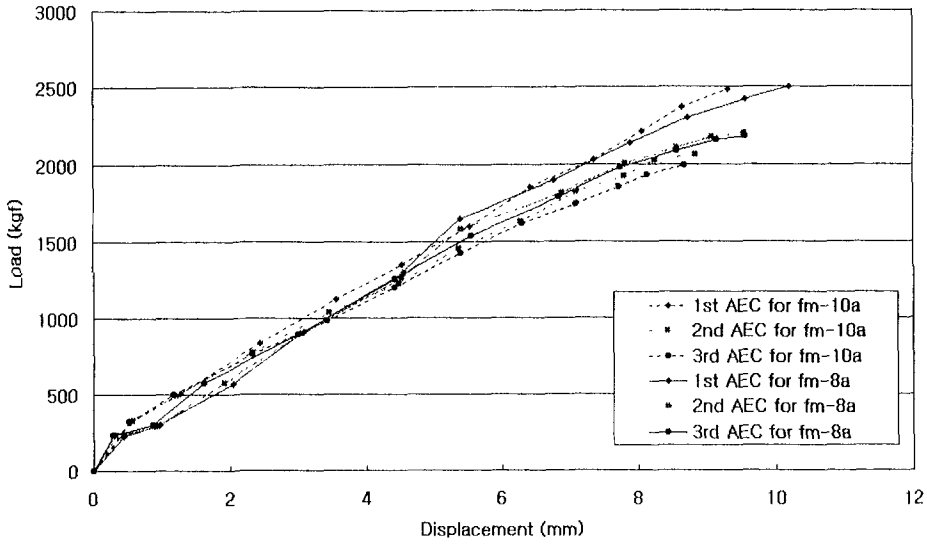


그림 4-55. 접착제가 사용된 MDF 수평격판의 평균특성곡선.

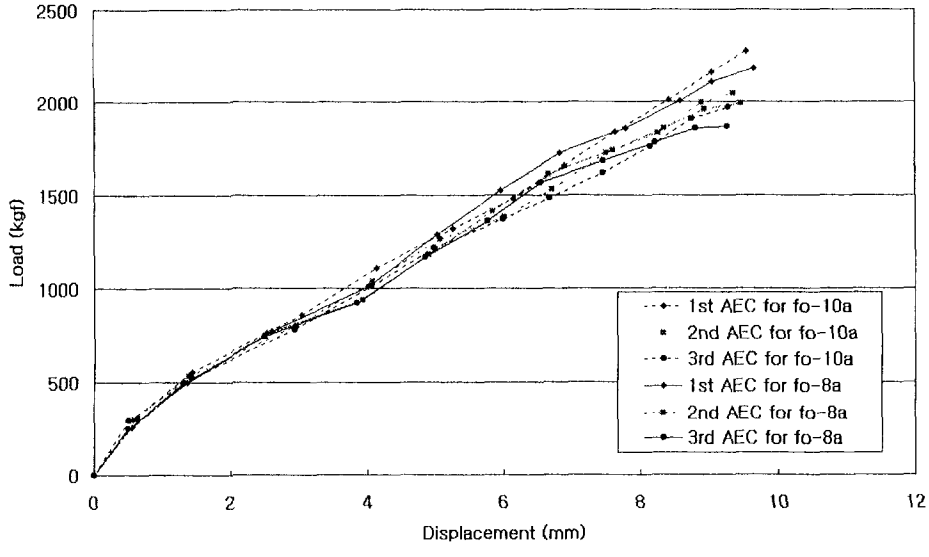


그림 4-56. 접착제가 사용된 OSB 수평격판의 평균특성곡선.

그림 4-55와 4-56에서 보면 수평격판의 수평하중에 대한 저항력에 못의 영향은 별로 크지 않은 것을 알 수 있다. 이는 접착제의 사용으로 인하여 접착제가 덮개재료와 장선 사이에 강성접합(rigid joint)을 형성함으로써 반강접합(semi-rigid joint)의 특성을 지니는 못의 특성이 겉으로 드러나지 않는 때문인 것으로 생각된다. 이러한 점은 접착제가 사용되지 않은 수평격판에서 못에 따른 평균특성곡선의 차이(그림 4-57)를 보면 명확하게 나타난다.

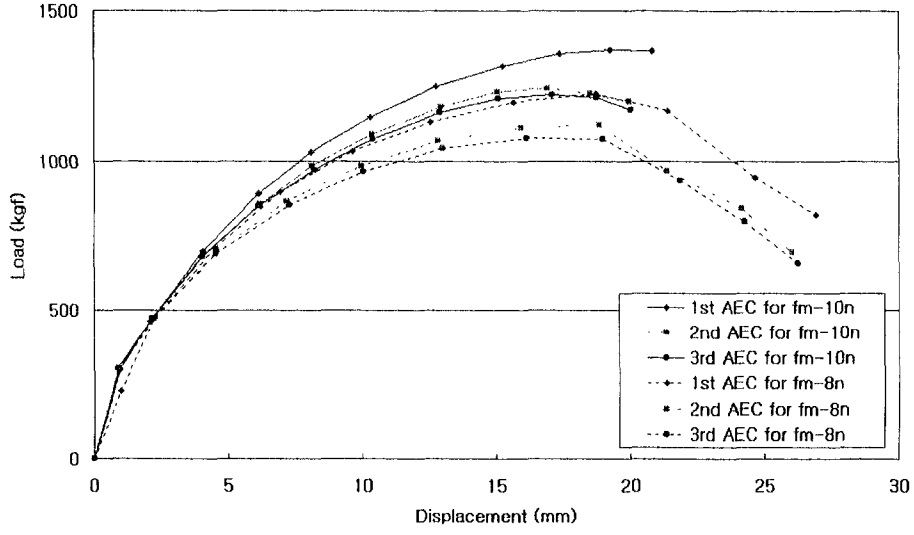


그림 4-57. 접착제가 사용되지 않은 MDF 수평격판의 평균특성곡선.

그림 4-57을 보면 접착제가 사용되지 않은 수평격판의 경우에는 10d 못이 8d 못보다 약간 더 높은 강도를 나타냄을 알 수 있다. 그러나 10d 못의 경우나 8d 못의 경우에 모두 20mm 전후의 변위에서 최대치를 나타냄으로써 수평격판에서도 수평격판으로서의 기능을 유지하는 최대변위는 20mm로 가정할 수 있을 것으로 생각된다.

3) 덮개재료의 영향

격판구조의 강성이나 강도에 가장 큰 영향을 주는 요소들로써 접착제, 못 그리고 덮개재료를 들 수 있다. 격판은 궁극적으로 덮개재료의 면전단강도에 의하여 수평하중을 저항하는 원리를 이용하는 구조체이기 때문에 면을 덮고 있는 덮개재료의 중요성이 강조될 수밖에 없다. 수평격판은 장선을 통하여 전달된 수평하중이 못을 통하여 덮개재료로 전달되고 최종적으로 이 하중을 덮개재료의 면전단강도에 의하여 지지하는 하중전달 체계를 가지고 있기 때문이다.

10d 못과 8d 못이 사용된 수평격판의 평균특성곡선은 그림 4-58 및 4-59와 같다.

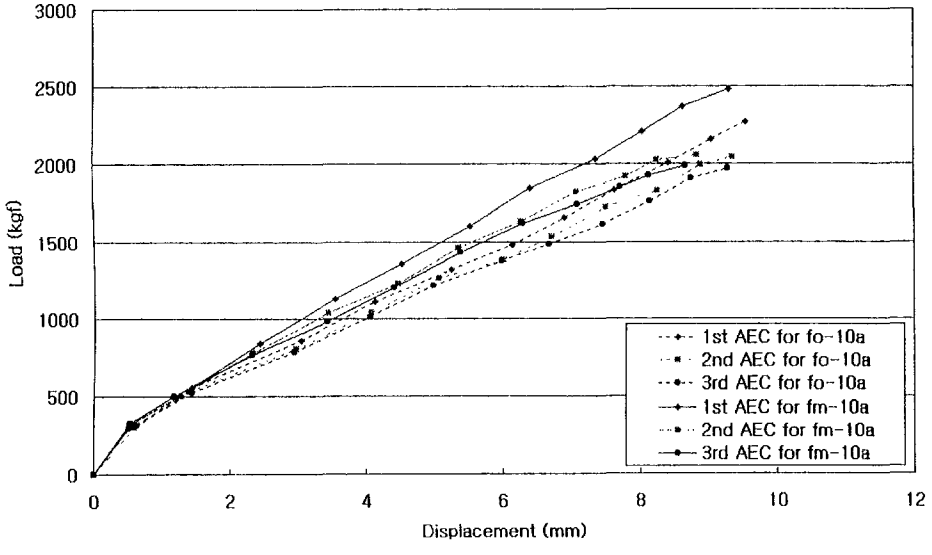


그림 4-58. 접착제와 10d 못이 사용된 수평격판의 평균특성곡선.

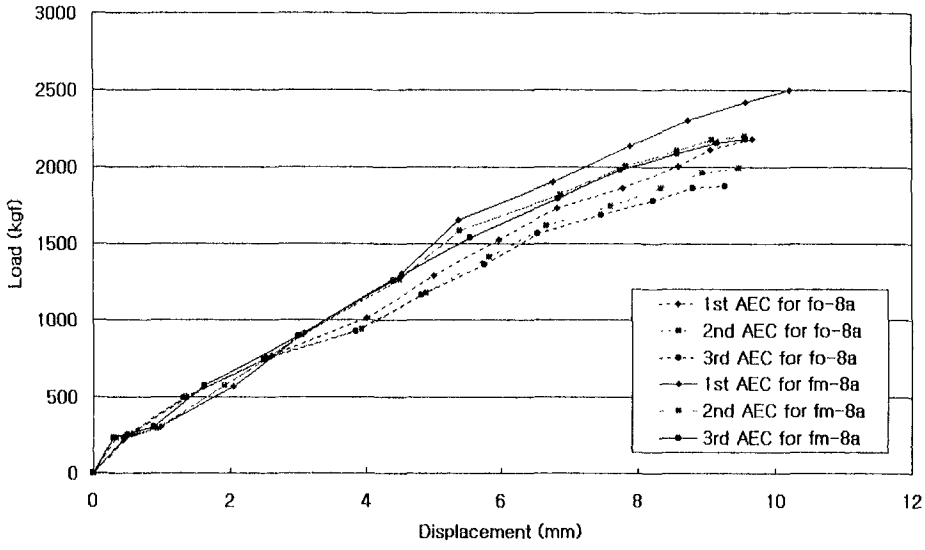


그림 4-59. 접착제와 8d 못이 사용된 수평격판의 평균특성곡선.

그림 4-58과 4-59를 보면 덮개재료 중에서 국산 내수 MDF가 OSB보다 그 차이는 크지 않지만 약간 더 높은 강성 및 강도를 나타냄을 알 수 있다. 일반적으로 MDF는 표면이 OSB에 비하여 더 강하기 때문에 못을 박으면 하중 하에서 못머리가 MDF의 표면을 파고 들어가는 현상이 거의 나타나지 않는다. 따라서 MDF 덮개재료를 사용하게 되면 하중이 증가함에 따라서 못이 덮개의 표면을 파고 들어가지 않고 못이 휘면서 뽑히는 현상이 발생한다. OSB 덮개의 경우에는 초기에 못머리가 약간씩 표면을 파고 들어가면서 변위가 증가하게 되는데 이러한 거동의 차이로 인하여 수평격판의 강도에도 약간의 차이가 나타나는 것으로 생각된다.

다. 단순증가 하중 하에서의 거동

수평격판을 반복하중 하에서 시험한 후 접합계수와 파괴시까지의 최대하중을 측정하고 파괴 시의 거동을 관찰하기 위하여 단순증가 하중 하에서 완전히 파괴될 때까지 전단 시험을 실시하였다. 전단 시험의 결과로 얻을 수 있는 하중-변위선도의 예는 MDF 덮개에 대하여 그림 4-49, 그리고 OSB 덮개에 대하여 그림 4-60과 같다.

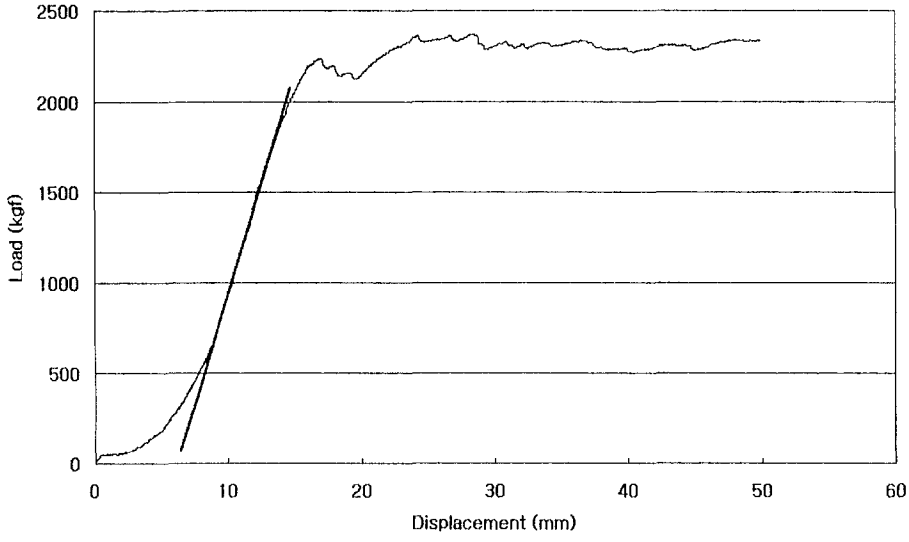


그림 4-60. 단순증가 하중 하에서 수평격판(OSB덮개, 접착제 사용, 8d 못)의 하중-변위선도.

그림 4-49 및 4-60을 보면 단순증가 하중 하에서 수평격판은 초기의 조정기를 거쳐서 매우 급한 기울기의 탄성구간을 나타내며 그 이후에 10~20mm의 변위에서 최대강도를 나타낸 후 점차 강도가 감소하는 경향을 나타내었다. 그림 4-49

및 4-60은 모두 접착제가 사용된 수평격판에 대한 하중-변위선도이며 접착제가 사용되지 않은 경우에는 초기 탄성구간의 기울기 및 탄성한계 하중 그리고 최대하중의 크기가 모두 적게 나타났다. 이 연구에서 사용된 시험체들에 대한 탄성계수, 탄성한계 하중, 최대하중 등을 정리하면 표 4-6과 같다.

표 4-6 단순증가 하중 하에서 수평격판의 강성 및 강도

Symbol*	Diaphragm modulus (kgf/mm)	Proportional limit		Maximum strength (kf)
		Load (kgf)	Displacement (mm)	
fm-10a	333	1,940	8.2	2,924
fm-10n	85	1,200	16.1	1,650
fm-8a	336	1,915	9.8	2,897
fm-8n	72	1,042	14.5	1,430
fo-10a	272	1,833	7.9	2,656
fo-8a	244	1,755	7.2	2,340

* f = floor, m = MDF, o = OSB, 10 = 10d nail, 8 = 8d nail,
a = adhesive, n = no adhesive.

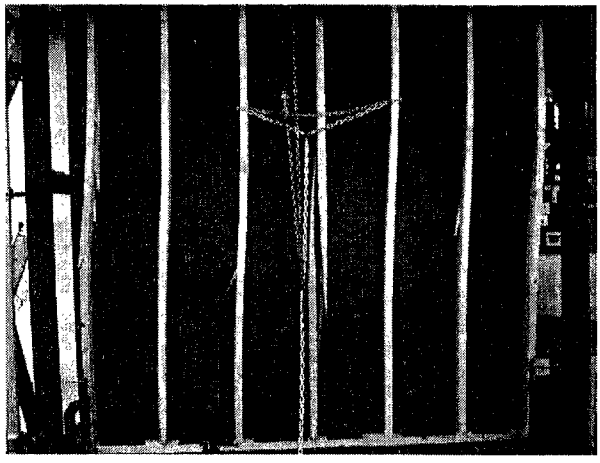
표 4-6을 보아도 앞의 반복하중 하에서의 거동에서 논의되었던 접착제, 못 및 덮개재료의 영향의 차이를 알 수 있다. 접착제의 사용은 수평격판의 강성을 크게 증가시켜서 접착제가 사용되지 않은 경우의 수평격판의 강성에 비하여 4배 이상 높은 값을 나타내었고 탄성한계도 상승시켰으며 최대강도는 2배 정도 높게 상승시키는 효과를 나타내었다. 못의 크기는 10d 못과 8d 못 사이에 접착제가 사용된 경우에는 그 차이가 거의 나타나지 않았으며 접착제가 사용되지 않은 경우에는 10d 못이 약간 높은 강성 및 강도를 나타내었다. 덮개재료에 따른 차이

는 국산 내수 MDF가 OSB보다 약간 높은 강성 및 강도를 나타내었으며 그 이유는 MDF의 표면경도 때문인 것으로 생각된다.

하중이 증가되면서 수평격판에는 파괴가 발생하는데 수평격판의 경우에는 판재의 강도가 강하기 때문에 그림 4-61과 같이 1,220mm×2,440mm 크기의 판재가 함께 움직이게 되고 장선과 연결된 못이 판재의 움직임에 비례하여 휘면서 빠짐으로써 변위가 증가한다(그림 4-61(b)). 덮개재료의 변위에 따른 움직임으로 인하여 장선은 S자형으로 휘면서 변형을 받고 결과적으로는 장선이 파괴되는 현상까지 나타나고 있다(그림 4-61(d)). 결국 2개의 판재가 인접하여 부착된 수평격판에서 인접한 판재가 서로 엇갈려서 미끄러지는 힘을 받게 되며 이러한 덮개재료의 미끄러지는 힘에 의하여 장선은 덮개재료 사이의 경계지점에서 전단력을 받으며 이러한 전단력은 못의 서서히 뽑힘으로써 장선의 휨으로 작용하게 된다.

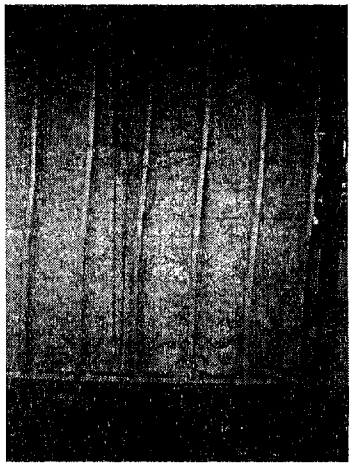
장선는 덮개재료 사이의 경계지점을 중심으로 S자형으로 휘게 되고 변형이 더욱 진행되면 경계지점 부근에서 휨에 의한 장선의 파괴가 발생한다. 이러한 현상은 수직격판에서도 일부 관찰되었으나 수직격판의 덮개재료는 두께가 얇고 표면의 경도가 약하기 때문에 못머리가 덮개재료의 표면을 파고 들어가며 휘기 때문에 위와 같은 현상이 두드러지지는 않는데 수평격판의 경우에는 두께가 두껍고 표면경도가 높으며 판재 자체의 휨강성 및 강도가 높기 때문에 위에 설명한 것과 같은 현상이 많이 관찰되었다. 따라서 수평격판은 수평하중이 작용할 때에 덮개재료의 측면을 따라서 수평력이 전단의 형태로 전달되지 않도록 하기 위하여 판재의 측면이 인접한 열에서 서로 엇갈리게 배치하는 것이 중요하다.

수평격판의 이러한 움직임과 파괴형태는 장선의 중앙 및 끝부분에서의 변형에서도 수직격판과는 차이를 나타낸다는 사실에서도 관찰할 수 있다. 그림 4-27과 4-30은 수직격판의 스터드 중앙지점과 상부에서의 변형량의 관계를 나타내는 것으로 직선적인 관계이며 직선의 기울기가 거의 2에 가깝게 나타남으로써 스터드가 직선적으로 변형됨을 알 수 있었다. 그러나 수평격판에서 장선의 중앙 및 끝부분에서의 변형 사이의 관계는 그림 4-62 및 4-63과 같다.

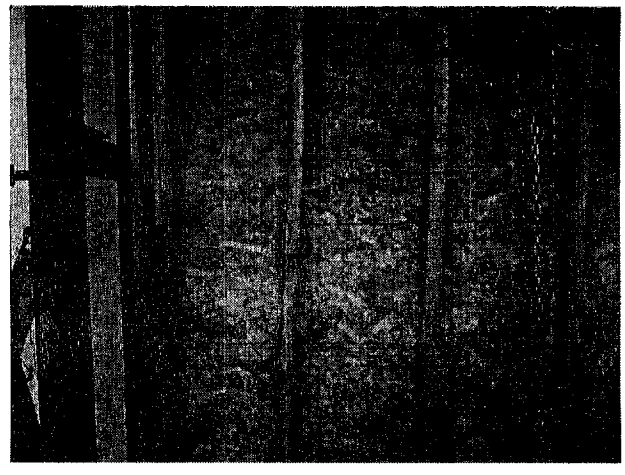


a) MDF 수평격판의 파괴

b) 파괴 시 못의 뽑힘



c) OSB 수평격판의 파괴



d) 수평하중에 의한 스터드의 파괴

그림 4-61. 수평하중에 의한 수평격판의 파괴 형태.

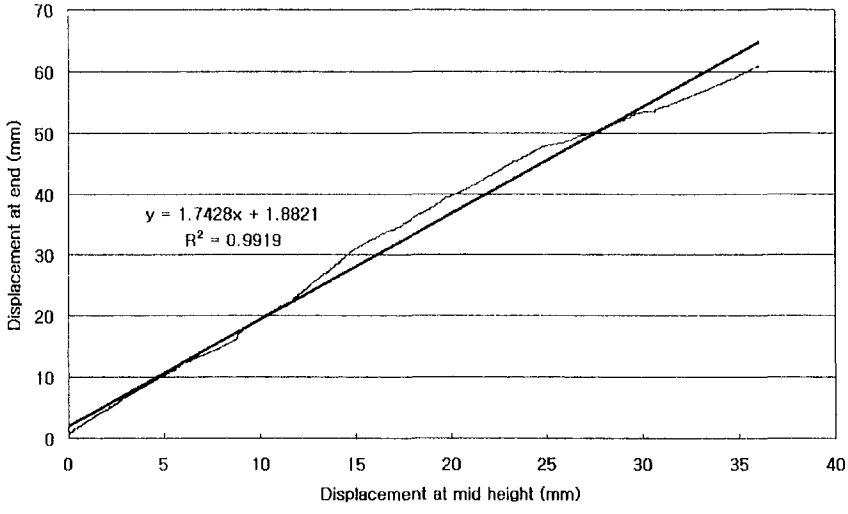


그림 4-62. 단순증가 하중 하에서 수평격판 장선의 중앙 및 끝부분 변형 사이의 관계(장선이 부러지지 않은 경우).

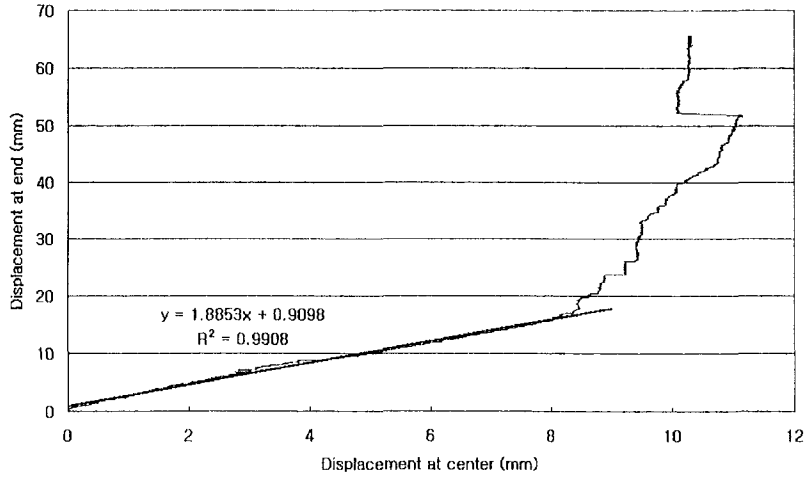


그림 4-63. 단순증가 하중 하에서 수평격판 장선의 중앙 및 끝부분 변형 사이의 관계(장선이 부러진 경우).

그림 4-62에서 보면 수평격판에서 장선의 중앙부와 끝부분에서의 변형 사이에도 거의 직선적인 관계가 있으나 직선의 기울기가 2보다 작은 것을 알 수 있다. 이는 장선이 직선적으로 변형되지 않음을 나타내며 초기에 약간의 직선적인 변형 후에 바로 S자형의 변형을 나타내며 그 상태에서 상하부가 비례하는 값으로 변형이 증가하는 것을 알 수 있다. 그림 4-63은 수평격판에 변위가 발생하면서 장선도 S자형으로 휘다가 최대하중점인 20mm 정도의 변위에서 장선이 부러진 경우이다. 이 경우에도 직선부분의 기울기는 2보다 작아서 그림 4-62 보다는 휜 정도가 덜 하지만 장선이 직선을 유지하지 못하고 S자형으로 휘었음을 알 수 있다.

수평격판에서 장선의 S자형 휨의 특성은 반복하중 하에서 장선 중앙부 및 끝부분의 변형 사이의 관계를 나타내는 그림 4-64를 보면 더욱 뚜렷하게 나타난다. 그림 4-64를 보면 장선의 중앙부와 끝부분의 변형 사이에는 수직격판에서 만큼 뚜렷하지는 않지만 대체적으로 직선적인 관계를 나타내어 하중이 작용하는 동안 장선의 중앙과 끝에서의 변형은 비례함을 알 수 있다. 그러나 직선의 기울기가 1.5 정도로써 2보다 매우 작음으로써 장선의 S자형 변형의 특성을 명확하게 알 수 있다.

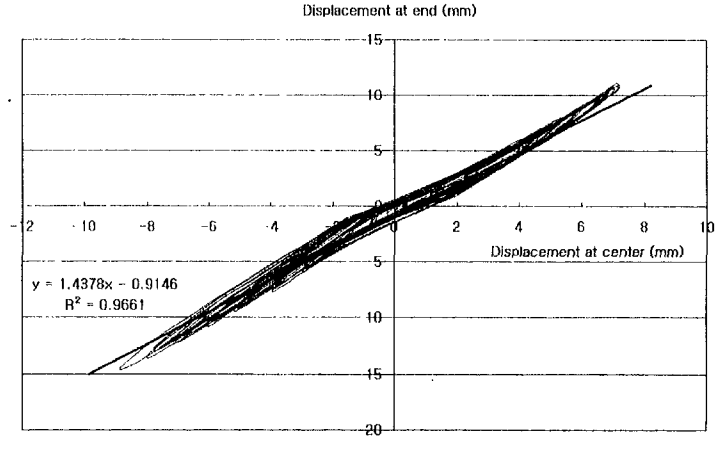


그림 4-64. 반복하중 하에서 장선의 중앙 및 끝부분 변형 사이의 관계.

라. 격판의 습윤 및 건조 환경 노출 시험

목조건축 현장에서 수직 및 수평격판은 외기에 노출되는 상태로 시공이 이루어지고 마감재료가 덮어지기까지 그대로 비와 햇빛에 노출되며 완공 후에도 외기 환경의 온도 및 습도변화의 영향을 많이 받는 상태에서 사용된다. 따라서 수직 및 수평격판은 온도 및 습도 변화가 이루어지는 환경 하에서의 성능이 중요하며 건축물의 장기적인 수명을 보장하기 위해서는 강도와 함께 온습도변화에 대한 치수안정성의 문제가 매우 중요하다. 특히 습도가 변하는 환경에 노출되는 경우의 치수 안정성이 중요하며 치수안정성의 문제는 구조적인 위험보다는 건축물의 사용 중의 하자 발생과 밀접한 관련이 있다고 할 수 있다.

수직 및 수평격판이 건축물에 사용되는 동안 주변의 습도변화에 의하여 치수안정성이 영향을 받는 정도를 측정하기 위하여 2,400mm×2,400mm 크기의 수직 및 수평격판을 습윤 및 건조과정이 1주일 단위로 반복되는 환경에 노출시킨 후 각각의 습윤 및 건조 과정이 끝나는 시점에서 덮개재료의 긴 축 방향 및 짧은 축 방향의 치수 변화를 측정하였다. 각각의 격판 구조는 1,220mm×2,440mm 크기의 판재 2장으로 구성되었으며 각 판재에 대하여 긴 축 방향으로 2개 지점, 그리고 짧은 축 방향으로 3개 지점에서 길이를 측정하였다.

각각의 격판에서 긴 축 방향의 치수를 판재 1개당 2군데씩 총 4지점에서 측정하였으며 짧은 축 방향으로는 판재 1개당 3군데씩 총 6지점에서 치수를 측정하여 그 평균치를 각 방향의 치수로 하였다. 시험을 시작할 시점에서의 각 축 방향 길이를 기준으로 하여 습윤과 건조과정에 의하여 생긴 치수의 변화 측정 결과는 판재의 긴 축 방향 및 짧은 축 방향에 대하여 각각 그림 4-65 및 4-66과 같다. 그림 4-65 및 4-66에서 보면 MDF 바닥 구조의 길이방향 치수안정성이 다른 구조들에 비하여 매우 높음을 알 수 있다. 다른 재료들의 치수 변화 폭은 일반적으로 ±3mm 이내에 있는데 비하여 MDF 바닥의 긴 축 방향 치수 변화는 2배 정도 되는 ±6mm의 범위 인 것으로 나타났다.

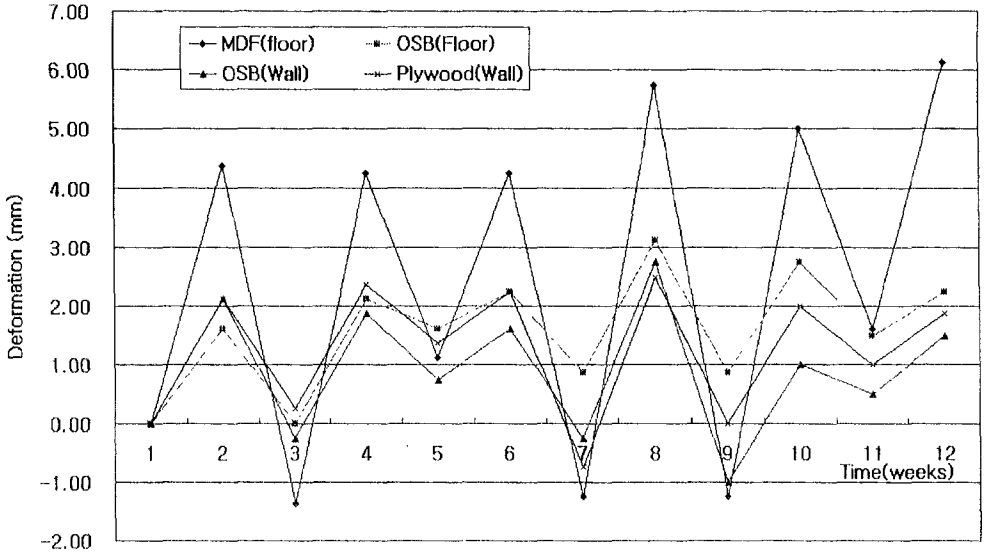


그림 4-65. 습윤-건조 반복 환경에 노출된 격판의 긴 축 방향 치수 변화.

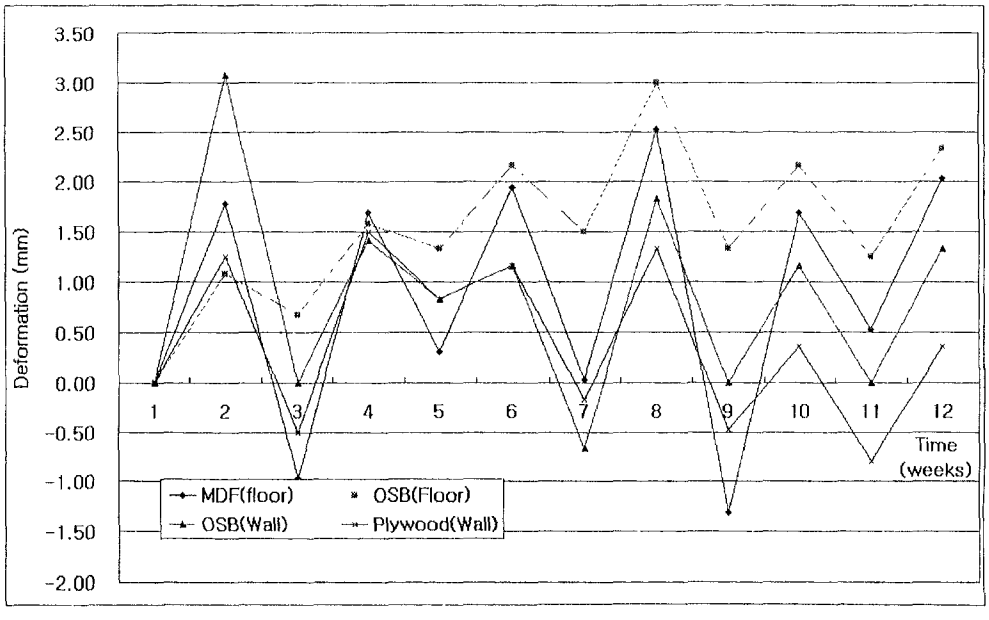


그림 4-66. 습윤-건조 반복 환경에 노출된 격판의 짧은 축 방향 치수 변화.

일반적으로 목조건축에서는 덮개재료를 설치할 경우에 인접한 덮개재료와의 사이에 3mm의 공간을 두도록 하고 있다. 그림 4-65와 4-66을 보면 MDF를 제외한 판재들의 경우에는 치수의 변화 폭이 이 범위에 들기 때문에 수분변화에 따른 하자 발생의 가능성이 매우 낮으나 MDF의 경우에는 긴 축 방향 치수의 변화 폭이 이 보다 2배 가까이 커서 판재의 긴 축 방향으로는 판재와 판재 사이에 6mm의 공간을 두어야 수분으로 인한 하자의 발생 가능성을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

제 4절 결론

이 연구에서는 다음과 같이 각 연차별 결론을 얻을 수 있었다.

1. 1차년도(수직격판의 성능 평가)

1차년도에는 패널화 공법의 개발을 위하여 패널화 공법의 기본 단위가 되는 가로 및 세로가 각각 2,400mm인 수직격판에 대한 수평하중 저항 시험을 실시하였다. 수직격판 시험체에 단순증가 하중 및 반복하중을 가한 후 각 하중 하에서의 하중-변위선도를 구하고 그 하중-변위선도에 대한 분석으로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 수직격판의 성능 시험결과는 3개의 직선 구간으로 나타낼 수 있었으며 OSB덮개가 합판 덮개보다 약간 더 높은 강성을 나타내었다.
2) 스터드의 간격이 증가함에 따라서 수직격판의 강성이 감소하는 경향을 나타내었다.
3) ±0.25mm ~ ±2.5mm의 작은 변위 범위의 반복하중 하에서 수직격판은 상승곡선과 하강곡선의 구분이 명확치 않았으며 거의 직선적인 하중-변위 관계를 나타내었다.
4) ±20mm 정도의 변위가 전단벽의 성능을 나타낼 수 있는 한계값으로 간주될 수 있었다.
5) 수평하중 하에서 수터드의 상부와 중앙부는 직선적으로 비례하는 변위를 나타내어 수평하중 하에서 수터드는 직선을 유지함을 알 수 있었다.

2. 2차년도(수직격판의 성능 향상)

2차년도에는 수직격판의 운반 중에 생길 수 있는 손상을 방지하고 수평하중에 대한 저항력을 키우기 위하여 수직격판의 성능 향상을 위한 여러 가지 방법을 개발하여 성능 향상 정도를 평가하였다. 2,400mm×2,400mm 크기의 수직격판에 대하여 여러 가지 덮개재료와 가새형 철물의 보강, 석고보드만을 사용한 수직격판 등에 대한 단순증가 하중 및 반복하중 하에서의 전단시험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 구조용 판재를 덮개재료로 사용한 전단벽의 파괴는 주로 못의 휨 및 뽑힘 또는 못머리의 관통에 의하여 초래되었다.
2) 전단벽의 변위가 증가하면 골조의 변위와 덮개재료의 변위에 사이에 차이가 나타나며 그 사이는 못에 의하여 지지되는 형태를 나타내었다.
3) 석고보드만을 덮개재료로 사용하여 구성한 전단벽도 못의 간격을 측면에서 100mm, 내부에서 200mm로 좁혀주면 충분한 수평하중 지지능력을 나타내었으며 석고보드용 못 대신에 석고보드용 나사못이나 지붕 싱글용 못을 사용하면 구조용 판재 덮개와 비슷한 강성 및 강도를 나타내었다.
4) 석고보드를 덮개재료로 사용한 전단벽의 경우에는 석고보드의 모서리 부분에서 파괴가 발생하였다.
5) OSB 덮개를 사용한 전단벽에서는 개구부의 크기가 너무 커서 남아있는 벽의 나비가 너무 작은 경우에는 덮개재료에서 파괴가 나타났다.
6) 단순증가 하중함수 하에서는 약 40 ~ 50mm의 변위에서 최대강도를 나타내었다.
7) 벽체의 스터드는 전단벽 전체의 변위가 증가하는 경우에도 거의 직선상태를 유지하였다.
8) 반복하중함수 하에서 전단벽의 최대강도는 약 20 ~ 30mm의 변위에서 나타

났다.

9) 전단벽의 전단강도는 전단벽의 나비(또는 길이)에 비례하였다.

10) 개구부의 위치는 전단벽의 강도에 큰 영향을 주지 않았다.

11) 전단벽의 전단강도는 개구부의 면적에 반비례하였다.

12) 요구되는 전단벽의 최소강도는 500kgf 정도로 볼 수 있으며 전단벽의 최소 나비는 900mm 정도로 볼 수 있었다.

13) 개구부 절단 높이에서 남아있는 전단벽면의 나비가 900mm 이하인 경우에는 전단강도가 감소하였다.

3. 3차년도(수평격판의 성능 평가)

3차년도에는 가로 및 세로가 각각 2,400mm인 수평격판의 수평하중 저항 성능을 시험하고 수직 및 수평격판들의 습윤 및 건조 반복환경 노출 시험을 실시하였다. 수평격판에 단순증가 하중 및 반복하중을 가하여 시험한 후 얻은 하중-변위선도와 수직 및 수평격판을 습윤과 건조가 반복적으로 변하는 환경에 노출시킨 후 치수변화를 측정한 자료를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 수평격판의 수직하중 저항 성능이 수직격판보다 2~3배 정도 높은 것으로 나타났다.

2) 수평격판에서 접착제가 사용되지 않은 경우보다 접착제가 사용된 경우에 변위의 양은 적어지고 강성은 증가하는 경향을 나타내었다.

3) 접착제가 사용되지 않은 경우에는 초기 강성에서 점차 변위가 증가할수록 강성이 빠르게 감소하는 경향을 나타내었으며 접착제가 사용된 경우에는 강성의 감소폭이 크지 않고 오히려 5 ~ 10mm의 변위에서 강성이 약간 상승하는 경향을 나타내었다.

4) 못의 크기는 수평격판의 저항력에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

5) 국산 내수 MDF의 경우에 OSB보다 약간 높은 강성을 나타내었다.

6) 외기 노출 시험에서 국산 내수 MDF 바닥 덮개는 OSB 또는 합판에 비하여 판재의 긴 축 방향 변형이 높게 나타났고 짧은 축 방향의 변형은 비슷한 것으로 나타났다.

7) 국산 내수 MDF를 바닥덮개로 사용하는 경우에는 긴 축 방향으로 판재와 판재 사이에 6mm의 공간을 주어야 할 것으로 판단된다.

제 5절 참고문헌

기술표준원. 1999. 구조용 실대재의 휨시험 방법. KS F 2150.

기술표준원. 2000. 목구조 철물접합부의 전단 시험 방법. KS F 2153.

기술표준원. 2001. 경골목조전단벽의 전단 시험 방법. KS F 2154.

기술표준원. 2001. 목재의 밀도 및 비중 시험 방법. KS F2198

기술표준원. 2001. 목재의 함수율 측정 방법. KS F 2199.

기술표준원. 2000. 목질판재의 밀도 측정 방법. KS F 2200.

American Society of Civil Engineers. 1998. Wood engineering in the 21st century : research need and goals. Proceedings of the workshop offered in conjuction with the SEI/ASCE structures congress IV. Portland, Oregon.

American Society of Civil Engineers. 1999. Mechanical connections in wood structures. ASCE manuals and reports on engineering practice No. 84

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.

American Society for Testing and Materials. 1988. Test methods for mechanical fasteners in wood. ASTM D 1761-88, Philadelphia, Pa.

American Society for Testing and Materials. 1982. Standard methods of static tests of timber in structural sizes. ASTM D 198.

Atherton, G. H. 1983. Ultimate strength of structural particleboard diaphragm. Forest Products Journal 33(5):22-26.

Aune, Peter and Marcia Patton-Mallory. 1986. Lateral load-bearing capacity of nailed joints based on the yield theory - theoretical development. USDA research paper FPL469

Aune, Peter and Marcia Patton-Mallory. 1986. Lateral load-bearing capacity of nailed joints based on the yield theory - experimental verification. USDA research paper FPL470

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.

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

Ehlbeck, Juergen. 1979. Nailed joints based in Wood structures.. VPI & State Univ. Wood research and Wood construction Lab. Reserach Paper No. 166

Falk, R. H. and R. Y. Itani. 1988. Prediction of diaphragm displacement. pp766-773 in Proceedings of the 1988 International Conference on Timber Engineering Vol 2, R. Y. Itani ed., September 19-22, Seattle, Washington, USA.

Foschi, Ricardo, O. and Thomas Bonac. 1977. Load-slip characteristics for connections with common nails. Woos Science 9(3): 118-123

Foschi, R. O. 1977. Analysis of wood diaphragms and trusses Part 1: Diaphragms. Canadian Journal of Civil Engineering 4(3):345-352.

Griffiths, D. R. and H. G. Wickens. 1996. Timber-frame walls: design for racking resistance. pp37-44 in Proceedings of the International Wood Engineering Conference Vol 2, K. A. Gopu ed. October 28-31, New Orleans, Louisiana, USA.

Groom Kevin M. and Robert J. Leichti. 1993. Load-withdrawal displacement characteristics of nails. Forest Product Journal 43(1) : 51-54

Hayashi, K. 1988. Studies on methods to estimate the racking resistance of houses with wooden wall panel sheathing. pp774-783 in Proceedings of the 1988 International Conference on Timber Engineering Vol 2, R. Y. Itani ed., September 19-22, Seattle, Washington, USA.

Itani, R. Y., R. L. Tuomi, and W. J. McCutcheon. 1982. Methodology to evaluate racking resistance of nailed walls. Forest Products Journal 32(1):30-36.

Jang. S. 1997. Comparison of nondestructive parameters with destructive parameters for larch lumber grown in Korea. The 50th Anniversary International Conference of Forest Products Society, Vancouver, Canada, June 22-26.

Kamiya, F.,K. Sugimoto, and N. mii. 1996. Pseudo dynamic test of sheathed wood walls. pp187-194 in Proceedings of the International Wood Engineering Conference Vol 2, K. A. Gopu ed. October 28-31, New Orleans, Louisiana, USA.

Karacabeyli, E. and A. Ceccotti. 1996. Test results on the lateral resistance of nailed shear walls. pp179-186 in Proceedings of the International Wood Engineering Conference Vol 2, K. A. Gopu ed. October 28-31, New Orleans, Louisiana, USA.

Kataoka, Y. and K. Asano. 1988. The lateral behavior of frame structures stiffened by shear diaphragms. pp784-793 in Proceedings of the 1988 International Conference on Timber Engineering Vol 2, R. Y. Itani ed., September 19-22, Seattle, Washington, USA.

Kuenzi, E.W. and T.L. Wilkinson. 1971. Composite beams-effects of adhesive or fastener rigidity. USDA Forest Service Res. Pap. FPL 152, Madison, WI.

Leiva-Aravena, L. 1996. Behavior of timber-frames shear walls subjected to reversed cyclic lateral loading. pp201-208 in Proceedings of the International Wood Engineering Conference Vol 2, K. A. Gopu ed. October 28-31, New Orleans, Louisiana, USA.

Niu, K. T. and K. G. Gebremedhin. 1996. Three-dimensional building stiffness model for post-frame buildings. pp45-52 in Proceedings of the International Wood Engineering Conference Vol 2, K. A. Gopu ed. October 28-31, New Orleans, Louisiana, USA.

Oliva, M. G. and R. W. Wolfe. 1988. Contribution of gypsum wallboard to racking performance of walls. pp 759-765 in Proceedings of the 1988 International Conference on Timber Engineering Vol 2, R. Y. Itani ed., September 19-22, Seattle, Washington, USA.

Polensek, A. 1977. Strength and stiffness of walls with wood and steel studs. Forest Products Journal 27(2):45-53.

Polensek, A. 1982. Effects of construction variables on performance of wood-stud walls. Forest Products Journal 32(5):37-41.

Polensek, A. 1986. Rotational restraint of wood-stud wall supports. Journal of Structural Engineering 112(6):1247-1262.

Polensek, A. and K. M. Bastendorff. 1982. Wood-stud walls: stiffness of joints between stud and hardwood paneling. Forest Products Journal 32(7):51-53.

Polensek, A. and K. M. Bastendorff. 1982. Wood-stud walls: structural properties of stuccoed sheathing. Forest products Journal 32(4):54-56.

Skaggs, T. D. and J. D. Rose. 1996. Cyclic load testing of wood structural panel shear walls. pp195-200 in Proceedings of the International Wood Engineering Conference Vol 2, K. A. Gopu ed. October 28-31, New Orleans, Louisiana, USA.

Sugiyama, H., etc. 1988. Comparison of lateral stiffness of frame obtained from full scale test and that estimated by racking tests in Japanese type of wooden frame construction. pp804-812 in Proceedings of the 1988 International Conference on Timber Engineering Vol 2, R. Y. Itani ed., September 19-22, Seattle, Washington, USA.

Tuomi, R. L. 1978. Racking strength of wood-frame walls. National Bureau of Standards Pub. 523.

Tuomi, R. L. and D. S. Gromala. 1977. Racking strength of walls: let-in corner bracing, sheet materials, and effect og loading rate. USDA Forest Products Laboratory Res. Pap. FPL 301.

Tuomi, R. L. and W. J. McCutcheon. 1978. Racking strength of light-frame nailed walls. Proceedings of the ASCE 104(ST7):1131-1140.

Winistorfer, Steve. G. 1992. NDS nail design method comparison. Research and Technology, FBN July/Aug: 32 - 44

Zahn, John J. 1991. Design equation for multiple fastener wood connections. Journal of structural engineering 117(11):3477-3486

松尾 博, 泥田 稔. 1980. 木材と木質材料の釘接合剪斷耐力(第1報). 北海道大學農學部演 習林研究報告 37(3):712-746

平井卓郎, 安藤康光, 上田恒司. 1991. 木材の釘接合せん斷耐力と破壞形態(第1報). 日本木材學會誌 37(12):1157-1166

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驗 日本建築學會大會學術 講演梗概集 構造III :49-50

辻 直樹, 宮澤健二. 1994. 釘接合部の强度と剛性に關する研究(その1. 斜め釘打ちの實驗的研究) 日本建築學會大會 學術講演梗概集 構造III :21-22

제 5장 패널화 경골목조건축 공법

제 1절 서설

경골목조건축공법은 표준화가 매우 잘 이루어져 있는 건축공법으로서 짧은 시간 내에 현장에서 건축물을 완공시킬 수 있는 이점이 있다. 이러한 이점으로 인하여 경골목조건축공법의 발생지인 북미지역을 중심으로 많은 발전을 이루어서 현재는 전 세계적으로 경골목조건축공법의 우수성을 인정받고 있다. 그러나 점차 문명이 발달하고 고도로 복잡해지는 사회 속에서 현장의 인건비가 계속 상승하고 현장에서의 자재 및 인력, 장비 등의 관리비용이 지속적으로 상승하고 있는 추세이기 때문에 경골목조건축공법도 새로운 변화의 압력을 받고 있다고 할 수 있다. 경골목조건축공법의 선진국인 미국과 캐나다 등에서는 이러한 문제의 해결책을 패널화 공법으로부터 찾고 있다.

우리나라의 경우에는 아직까지 목조건축 시장이 크게 활성화되어 있지 못한 실정이며 아직까지는 전체 건축시장 중에서 목조건축이 차지하는 부분은 극히 작은 부분에 불과하다. 1997년에는 우리나라의 1인당 국민소득이 10,000달라를 돌파하면서 보다 좋은 주거환경 및 보다 나은 삶의 질을 추구하는 욕구가 분출하여 목조건축의 활성화가 기대되기도 하였다. 그러나 1997년 말에 경제위기가 다치면서 거품이 빠지고 국민소득이 다시 곤두박질 치면서 목조건축 시장도 급격히 위축되어 아직까지 회복되지 못하고 있는 실정이다. 아직까지 우리나라의 경제 사정이 회복되지 못하고 있고 세계적으로 경기 위축이 현실화되고 있는 시점이기 때문에 우리나라의 경제도 정상적으로 회복되기 위해서는 상당한 시일이 더 필요할 전망이다.

경제 위기로 인하여 위축된 목조건축 시장도 경제위기가 회복되어야만 다시 활성화될 수 있을 것으로 기대되며 그 시기까지는 목조건축업계의 재도약을 위

한 준비시기로 삼아야 할 것이다. 현재 우리나라의 목조건축업계는 많은 문제점을 안고 있지만 그 중에서 가장 큰 문제 중의 하나로 가격 경쟁력을 들 수 있다. 목조건축 시장이 수요를 확대해 나아가기 위해서는 다른 건축공법들과 비교하여 경쟁할 수 있는 수준의 비용 수준에서 건축이 가능하여야 할 것이다. 그러나 지금까지 보면 경쟁대상이 되는 콘크리트구조 또는 조적조에 비하여 50% 이상 높은 건축비가 소요되기 때문에 그 시장이 제한적일 수밖에 없다고 할 수 있다.

현재 목조건축용 자재의 거의 대부분은 외국으로부터 수입되고 있으며 국산목재의 경우에도 그 가격이 수입목재와 비슷하게 높기 때문에 자재 가격에서의 원가 절감에는 한계가 있을 수밖에 없다. 따라서 원가 절감을 위해서는 건축 인건비 및 관리비용의 절감만이 유일한 대안이며 이를 위한 노력이 절실히 필요한 시점이라고 할 수 있다. 목조건축이 우리나라에 도입된 초기에는 기술인력이 부족하고 현장에서의 시행착오와 기술 부족, 정보 및 자료 부족, 공정 착오 등으로 인하여 불필요한 경비가 과다하게 지출됨으로써 건축비가 상승하는 측면이 있었으나 이제는 충분한 인력이 공급되고 있고 목조건축과 관련된 외국과 국내의 많은 자료들이 공급되고 있어서 인력, 기술, 정보 등의 부족으로 인한 경비 상승의 문제는 거의 없는 것으로 판단된다.

따라서 이 시점에서 목조건축의 경비를 절감할 수 있는 방법은 이미 목조건축의 선진국들에서 가고 있는 방향인 패널화 건축이 좋은 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다. 현장건축에서는 모든 자재를 건축 현장에 쌓아두고 현장에서 자재의 가공 및 수직격판과 수평격판의 제작을 해 나아가는 방법이다. 그러나 패널화 건축은 공장에 필요한 자재들을 쌓아두고 건축도면으로부터 필요한 수직패널 및 수평패널의 크기와 수를 결정하고 이를 공장에서 제작하여 현장에 운반한 후 조립하는 방법이다. 어느 방법이든지 수직격판과 수평격판을 이용하여 수직하중 및 수평하중에 대한 저항력을 제공한다는 원리는 같지만 그들을 현장에서 제작하는 H는 공장에서 제작한 후 현장에서 조립하느냐의 차이가 있다고 할 수 있다.

현장건축공법에 비하여 패널화 건축공법은 다음과 같은 많은 장점들을 지니고 있다.

1) 현장에서의 건축 기간을 단축할 수 있다.

2) 수직 및 수평패널을 정밀하게 제작할 수 있다.

3) 자재의 정확한 관리가 가능하다.

4) 자재의 수급이 용이하다.

5) 고도의 목공기술을 지닌 인력이 필요하지 않다.

6) 현장에 많은 인력이 필요하지 않다.

7) 품질관리가 용이하다.

8) 현장인력의 기술교육이 단기간에 쉽게 이루어질 수 있다.

이상과 같은 장점으로 인하여 현장 인건비를 대폭적으로 절감할 수 있으며 현장에서의 자재 관리, 자재 수급 문제, 남는 자재의 관리 및 운반, 현장 관리 등의 부분에서도 추가적인 경비 절감이 가능하다. 물론 패널화 공법도 크레인의 사용, 크레인의 진입로 문제, 패널 제작 공장의 설립 및 운영 등의 문제가 있지만 패널 제작 공장의 설립 및 운영의 문제를 제외하면 큰 문제는 아닌 것으로 판단된다. 패널 제작 공장의 경우는 작은 규모의 공장이라도 1년에 한 공장에서 최소한 100세대 이상의 공급이 가능하여야 공장의 경영이 가능할 것으로 판단된다. 그러나 현재의 국내 목조건축 시장 여건으로는 한 공장에서 1년에 100세대 이상의 목조주택을 공급한다는 것은 어려운 실정이며 이 문제는 앞으로 경기가 회복되고 국민소득이 증가하여 목조건축에 대한 사람들의 욕구가 다시 살아나야만 가능할 것으로 판단된다. 다만 현 시점에서는 몇 개의 기업이 연합하여 하나의 패널화 공장을 운영하는 방안은 가능할 것으로 판단된다.

따라서 비록 목조주택 시장의 현장 여건은 아직 부족하지만 앞으로의 목조주택 시장 활성화에 대비하여 목조건축이 안고 있는 고비용의 문제 해결을 위하여 패널화 목조건축공법의 개발이 좋은 대안이 될 것으로 생각하며 이 연구에서 우리나라의 현실에 적합한 패널화 경골목조건축공법을 개발하고자 하였다.

제 2절 패널화 경골목조건축공법의 표준

경골목조건축공법 자체가 매우 표준화가 잘 되어 있는 공법이지만 패널화 공법은 여기에서 한발 더 나아가서 표준화가 진행된 공법이라고 할 수 있다. 따라서 패널화 공법에서 제시하는 표준에 따르면 일정 규모 이하의 건축물에서는 별도의 구조계산이나 구조분석이 필요 없이 바로 건축이 이루어질 수 있을 것이다. 패널화 건축공법의 표준은 이 보다 큰 범주인 건설교통부 고시인 목구조설계기준의 경골목구조에 대한 규정의 범주 내에서 제시되어야 할 것이다.

따라서 이 연구에서는 앞에서 이루어진 내수 MDF의 개발, 못접합부의 성능평가, 수직격판 및 수평격판의 성능 평가 등의 연구결과를 이용하고 "목구조설계기준의 제 6장 경골목구조"를 참조하여 패널화 경골목조건축공법의 표준을 다음과 같이 작성하였다.

<패널화 경골목조건축공법>

1. 적용 범위 이 규격은 지하층을 제외한 층수가 3개 층 이하이고 연면적 3,000m^2 이하이며 구조 내력상 주요한 부분에 4에서 규정한 재료가 사용되고 방화구역 이외의 지역에서 단독주택, 공동주택, 기숙사, 노유자 시설, 근린생활시설, 근린공공시설 등의 목적으로 건축되는 패널화 경골목조주택 구조부의 시공표준에 대하여 규정한다.

2. 인용 규격 부표에 나타내는 규격은 이 규격에 인용됨으로써 이 규격의 일부를 구성한다. 이러한 인용 규격은 최신판을 적용한다.

3. 정의 본 규격에서 사용된 주된 용어의 정의는 KS F 1552에 따른다.

4. 재료 경골목조주택에서 구조내력 상 주요한 부분에 사용하는 재료는 다음 규격에 적합한 것 또는 이와 동등 이상의 품질을 갖는 것으로 한다. 구조내력상 주요한 부분에 사용되면서도 다음에 규정되지 아니한 재료는 KS 또는 이와 동등 이상의 품질을 갖는 것으로 한다.

a) 토대와 같이 지면이나 기초와 직접 접촉하여 사용 중에 수분의 영향을 받기 쉬운 부재: KS F 3025

b) 토대, 바닥장선, 보, 서까래, 마룻대 등과 같이 구조내력 상 주요한 휨이나 인장하중을 지지하는 중요한 부분에 사용하는 구조용재: KS F 3020의 2등급 이상, KS F 3021 및 KS F3119의 1급 이상

c) 깔도리, 스터드 등과 같이 압축하중을 지지하는 구조용재: KS F 3020의 3등급 이상

d) 구조내력 상 주요한 부분에 사용하는 바닥, 벽 또는 지붕의 덮개: KS F 3113의 2등급 이상

e) 구조내력 상 주요한 부분에 사용하는 못, 나사못 등의 철물: KS B 1056, KS D 3553, KS D 7052, KS F 3514, KS F 4514, KS F 4537

5. 시공방법

5.1 기초 및 토대 기초 및 토대의 단면 모양은 그림 1과 같고 시공 방법은 5.1.1 및 5.1.2에 따른다.

5.1.1 기초 경골목조주택의 기초 시공은 다음에 따른다.

a) 모든 내력벽 및 전단벽의 아래에는 줄기초를 설치한다. 줄기초는 철근콘크리트구조, 무근콘크리트구조 또는 조적조로 하고 기초벽의 두께는 최하층벽 두께의 1.5배 이상으로서 150mm 이상이어야 한다.

b) 줄기초의 깊이는 동결선 아래까지 설치하며 지면으로부터 기초벽 상단까지의 높이는 300mm 이상으로 한다.

c) 기초의 두께와 나비는 각각 줄기초 두께의 1배 및 2배 이상이어야 한다.

d) 기초 주변 토양의 배수가 좋지 않은 경우에는 기초의 바깥쪽 또는 안쪽에 배수구를 설치하여야 한다.

e) 1층 바닥에 목재 바닥장선을 설치하는 경우에는 바닥밑 공간을 높이 450mm 이상 확보하여야 하며 바닥으로부터 습기가 올라오지 못하도록 지면에 두꺼운 비닐을 덮고 바닥밑 공간의 환기가 원활히 될 수 있도록 환기구를 설치하여야 한다.

f) 기초를 설치하기 위하여 땅을 파고 되메우기를 한 경우에는 단단하게 다져야 하며 건축폐기물이나 나뭇가지 등이 포함되지 않도록 주의하여야 한다.

g) 기초를 설치하고 되메우기를 한 후 최소한 주택으로부터 3m 이상 떨어진 지점까지 지면의 기울기가 기초로부터 멀어지는 방향으로 경사지도록 하여야 한다.

5.1.2 토대 토대는 건물 목조부분의 가장 밑면을 구성하는 부재로서 수직과 수평을 정확하게 잡아야 하며 그 시공 방법은 다음에 따른다.

a) 1층 내력벽 또는 전단벽의 아래쪽에 토대를 설치한다.

b) 토대는 앵커볼트 또는 이와 유사한 강도를 갖는 철물에 의하여 기초에 고정시킨다.

c) 앵커볼트는 최소한 직경 12mm 및 길이 230mm 이상 되어야 하며 볼트의 머리부분 또는 구부러진 부분이 기초 내에 180mm 이상 묻히도록 설치한다.

d) 앵커볼트는 토대 끝면 또는 개구부로부터 150mm 이내에 고정하고 토대 1개당 2개 이상의 앵커볼트를 사용하여야 하며 앵커볼트 사이의 간격은 1.8m 이하로 한다.

e) 토대에는 KS F 3025에 적합한 가압 방부처리 목재를 사용한다.

f) 토대 설치의 정밀도는 서로 평행한 방향의 선들의 길이 차이와 양 대각선 길이의 차이가 ±0.1% 이내이어야 한다.

g) 토대의 수평을 잡기 위하여 토대 밑에 쇄기를 박은 경우에는 토대 밑의 남는 공간을 반드시 콘크리트로 메워야 한다.

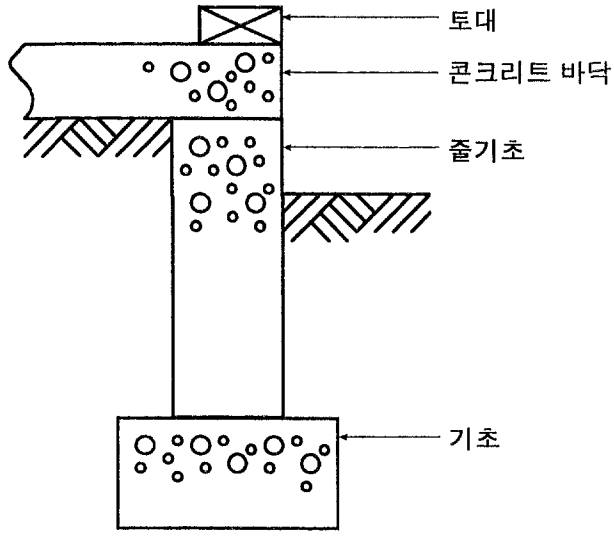


그림 1. 기초 및 토대

5.2 바닥 경골 목구조 바닥의 구조는 그림 2와 같고 시공방법은 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3 및 5.2.4에 따른다.

5.2.1 바닥패널 건축도면으로부터 바닥구조를 기본적으로 2.4m×2.4m 크기의 패널로 분리하며 패널의 제작은 5.2.2 및 5.2.3에 따른다.

a) 바닥패널의 크기는 2.4m 나비를 기준으로 하고 길이는 바닥을 지지하는 지점 사이의 거리를 고려하여 하나의 패널이 지점들 사이에 걸칠 수 있도록 길이를 결정한다.

b) 바닥에 개구부가 있는 경우에는 5.2.4에 따라서 개구부를 설치하며 패널을 분리할 때에 하나의 개구부가 2개 이상의 패널로 나누어지지 않도록 한다.

c) 각각의 패널마다 양 끝에 끝막이 장선이 설치되어야 하며 바닥패널끼리의 조립은 서로 접하는 끝막이 장선끼리 12d 못을 아래, 위로 2개씩 300mm 간격으로 설치하여 고정시킨다.

d) 바닥패널이 만나서 2개의 끝막이 장선이 접합되는 부위에는 130mm 이상의

부재로 지점을 제공하고 그 외에 하나의 장선이나 끝막이 장선이 걸쳐지는 부위에는 80mm 이상의 부재로 지점을 설치하여 패널내의 장선에 대한 받침이 충분히 제공될 수 있도록 하여야 한다.

e) 바닥의 전체 길이를 바닥을 지지하는 하부 벽의 덮개를 제외한 스터드 바깥면으로부터 반대쪽 벽의 스터드 바깥면까지의 거리로 하며 바닥구조를 콘크리트구조 또는 조적조에 의하여 지지하는 경우에는 이들의 최외측 사이의 거리로 한다.

f) 바닥패널의 조립 시에는 크레인으로 패널을 세워서 운반하는 것보다 수평으로 눕혀서 운반하는 것이 설치에 유리하다.

5.2.2 바닥장선 일반적으로 1층의 바닥은 콘크리트로 하고 2층 및 3층의 바닥에 목재 장선을 설치하며 필요한 경우에는 1층의 바닥에도 목재 장선을 설치할 수 있다. 목재 바닥장선의 설치 공정은 다음에 따른다.

a) 바닥장선에는 KS F 3020의 1종 구조재로서 2등급 또는 이와 동등 이상의 품질을 지닌 목재로서 나비 140mm 이상의 것을 사용한다.

b) 바닥장선은 표 1, 2, 3, 4 및 5의 경간 기준에 따라서 구조내력 상 안전하게 설치한다. 단면치수가 38×235mm 이상인 목재를 사용하는 경우(해당 장선을 2개 이상 접합하여 사용하는 경우 또는 경간을 4.5m 미만으로 할 경우는 제외한다)에는 2.4m 이하의 간격으로 두께 38mm 이상의 보막이를 설치한다.

c) 바닥장선, 보 또는 기타 수평 구조부재에서 부재의 중앙 1/3 부분에는 아래쪽이나 위쪽에 구조내력 상 지장이 있는 따내기를 할 수 없다.

d) 바닥장선에 배관 및 배선용 구멍을 뚫는 경우에는 가능하면 장선 높이의 중앙에 뚫어야 하며 구멍의 직경이 장선 높이의 1/3을 초과할 수 없다.

e) 따내기는 깊이가 부재 높이의 1/6을 초과할 수 없으며 길이가 부재 높이의 1/3을 초과할 수 없다.

f) 장선이나 보의 끝면에 지점에 걸치기 위한 따내기를 하는 경우에 그 깊이가 부재 높이의 1/4을 초과할 수 없다.

g) 바닥장선 상호간의 간격은 650mm 이하로 하며 일반적인 간격은 1200mm×

2400mm 판재를 사용하는 경우에는 300mm, 400, 또는 600mm로 하고 1220mm ×2440mm 판재를 사용하는 경우에는 305mm, 406mm 또는 610mm로 한다.

h) 2층 또는 3층의 내력벽 바로 아래에 내력벽을 설치하지 않는 경우에는 해당 내력벽 바로 아래의 바닥장선을 구조내력 상 유효하게 보강한다.

i) 기둥-보 구조로 바닥을 지지하거나 철근콘크리트, 무근콘크리트 또는 콘크리트 블럭의 줄기초 및 철근콘크리트조나 무근콘크리트조의 바닥을 설치하여 앞의 각 호에 정하는 것과 동등 이상의 성능을 갖도록 하는 경우에는 이를 적용할 수 있다.

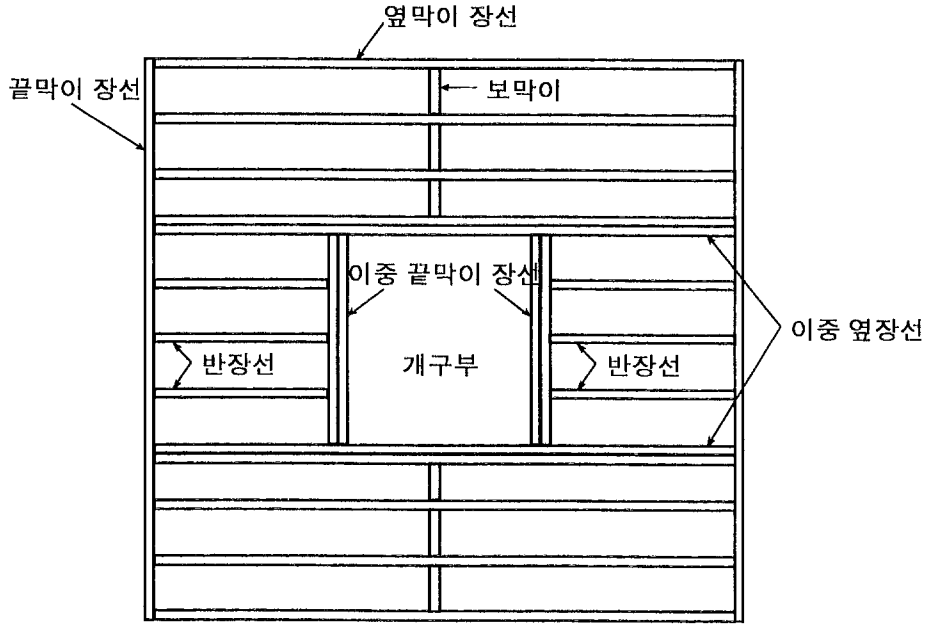


그림 2 바닥 구조

표 1 바닥장선 경간표(적재하중 1500N/m^2 + 고정하중 500N/m^2)

수 종 군	부재크기(mm)	경간 (m)		
		중심간격 300mm	중심간격 400mm	중심간격 600mm
SG = 0.50[1)]	38× 140	3.60	3.27	2.71
	38× 185	4.74	4.31	3.55
	38× 235	6.04	5.30	4.34
	38× 286	7.11	6.17	5.02
SG = 0.45[1)]	38× 140	3.35	3.04	2.66
	38× 185	4.41	4.01	3.45
	38× 235	5.63	5.13	3.22
	38× 286	6.85	5.99	4.90
SG = 0.40[1)] *SG* = 0.35[1)]	38× 140	3.17	2.81	2.28
	38× 185	4.11	3.55	2.89
	38× 235	5.00	4.34	3.55
	38× 286	5.81	5.02	4.11

[1)] 삼나무류: *SG*(기건비중)=0.35, 잣나무류: *SG*=0.40, 소나무류: *SG*=0.45, 낙엽송류: *SG*=0.50,

표 2 바닥장선 경간표(적재하중 2000N/m^2 + 고정하중 500N/m^2)

수종군	부재크기(mm)	경간 (m)		
		중심간격 300mm	중심간격 400mm	중심간격 600mm
낙엽송류 (*SG* = 0.50)	38× 140	3.27	2.97	2.51
	38× 185	4.31	3.88	3.17
	38× 235	5.48	4.74	3.88
	38× 286	6.37	5.51	4.49
소나무류 (*SG* = 0.45)	38× 140	3.04	2.76	2.41
	38× 185	4.01	3.65	3.09
	38× 235	5.13	4.62	3.78
	38× 286	6.19	5.35	4.36
잣나무류 (*SG* = 0.40) 삼나무류 (*SG* = 0.35)	38× 140	2.89	2.51	2.05
	38× 185	3.68	3.17	2.59
	38× 235	4.49	3.88	3.17
	38× 286	5.20	4.49	3.68

[1)] 삼나무류: *SG*(기건비중)=0.35, 잣나무류: *SG*=0.40, 소나무류: *SG*=0.45, 낙엽송류: *SG*=0.50,

표 3 바닥장선 경간표(적재하중 2500N/m^2 + 고정하중 500N/m^2)

수종군	부재크기(mm)	경간 (m)		
		중심간격 300mm	중심간격 400mm	중심간격 600mm
SG = 0.50[1)]	38× 140	3.02	2.76	2.28
	38× 185	3.98	3.55	2.89
	38× 235	5.00	4.34	3.55
	38× 286	5.81	5.02	4.11
SG = 0.45[1)]	38× 140	2.81	2.47	1.98
	38× 185	3.73	3.37	2.81
	38× 235	4.74	4.21	3.45
	38× 286	5.63	4.90	3.98
SG = 0.40[1)] *SG* = 0.35[1)]	38× 140	2.64	2.28	1.87
	38× 185	3.35	2.89	2.36
	38× 235	4.08	3.55	4.11
	38× 286	4.74	4.11	3.35

1) 삼나무류: *SG*(기건비중)=0.35, 잣나무류: *SG*=0.40, 소나무류: *SG*=0.45, 낙엽송류: *SG*=0.50,

표 4 바닥장선 경간표(적재하중 2000N/m^2 + 고정하중 1000N/m^2)

수종군	부재크기(mm)	경간 (m)		
		중심간격 300mm	중심간격 400mm	중심간격 600mm
SG = 0.50[1)]	38× 140	3.25	2.81	2.28
	38× 185	4.11	3.55	2.89
	38× 235	5.00	4.34	3.55
	38× 286	5.81	5.02	4.11
SG = 0.45[1)]	38× 140	3.04	2.71	2.23
	38× 185	3.98	3.45	2.81
	38× 235	4.87	4.21	3.45
	38× 286	5.63	4.90	3.98
SG = 0.40[1)] *SG* = 0.35[1)]	38× 140	2.64	2.28	1.87
	38× 185	3.35	2.89	2.36
	38× 235	4.08	3.55	2.89
	38× 286	4.74	4.11	3.35

1) 삼나무류: *SG*(기건비중)=0.35, 잣나무류: *SG*=0.40, 소나무류: *SG*=0.45, 낙엽송류: *SG*=0.50,

표 5 바닥장선 경간표(적재하중 2500N/m^2 + 고정하중 1000N/m^2)

수종군	부재크기(mm)	경간 (m)		
		중심간격 300mm	중심간격 400mm	중심간격 600mm
SG = 0.50[1)]	38× 140	2.99	2.59	2.10
	38× 185	3.81	3.30	2.69
	38× 235	4.64	4.01	3.27
	38× 286	5.38	4.67	3.81
SG = 0.45[1)]	38× 140	2.80	2.51	2.05
	38× 185	3.68	3.20	2.61
	38× 235	4.52	3.91	3.20
	38× 286	5.23	4.52	3.70
SG = 0.40[1)] SG = 0.35[1)]	38× 140	2.43	2.13	1.72
	38× 185	3.09	2.69	2.18
	38× 235	3.78	3.27	2.69
	38× 286	4.39	3.81	3.09

[1)] 삼나무류: *SG*(기건비중)=0.35, 잣나무류: *SG*=0.40, 소나무류: *SG*=0.45, 낙엽송류: *SG*=0.50,

5.2.3 바닥덮개 그림 2의 바닥 골조 위에 바닥덮개를 덮어서 못으로 고정시키며 그 시공은 다음에 따른다.

a) 바닥덮개에는 두께 18mm 이상의 구조용 합판, 오에스비 또는 이와 동등 이상의 구조용 판재를 사용한다.

b) 바닥덮개는 바닥장선과의 사이에 내수 접착제(페놀수지 목재 접착제(KS M 3702), 멜라민-요소 공축합수지 목재 접착제(KS M 3735) 또는 이와 동등 이상의 것)를 도포한 후 표 6에 따라서 못으로 고정한다.

c) 바닥의 각 부재들 사이 그리고 바닥장선과 토대 또는 위깔도리 사이는 각각 표 6에 따라서 못으로 고정한다.

d) 바닥덮개의 짧은 측면이 서로 엇갈리도록 첫 번째 열을 한 장으로 설치하기 시작하였으면 두 번째 열은 반장으로 설치하기 시작한다.

e) 바닥덮개용 구조용 판재는 긴 측면을 따라서 제혀쪽매가 가공되어 있는 것을

사용하여야 하며 그렇지 않은 경우에는 측면을 따라서 바닥의 골조부재를 받쳐 주거나 또는 철제 판재 클립을 사용하여야 한다.

f) 구조용 판재의 강축 방향(긴 방향)을 바닥장선에 수직으로 설치하여야 한다.

5.2.4 바닥 개구부 계단, 벽난로, 연통 등과 같이 위층과 아래층 사이의 통로가 필요한 경우에는 바닥에 개구부를 설치한다.

a) 가능하면 개구부의 긴 치수가 바닥장선과 평행하게 배치되도록 한다.

b) 가능하면 개구부의 한쪽 측면이 바닥장선과 붙도록 배치한다.

c) 개구부가 바닥의 중요한 보나 아래쪽의 내력벽을 가로지르지 않도록 설치하여야 한다.

d) 그림 2에서 개구부의 나비가 1.2m 이하이면 개구부의 끝막이 장선을 단일 부재로 할 수 있다.

e) 그림 2에서 개구부가 바닥장선의 끝으로부터 1.2m 이내에 위치하면 개구부의 옆장선을 단일 부재로 사용할 수 있다.

f) 그림 2에서 반장선의 길이가 1.8m 이하이면 3개의 16d 못(끝면 못박기)과 2개의 10d 못(경사 못박기)을 사용하여 직접 개구부 끝막이 장선에 접합시킬 수 있다.

g) 단일 부재 끝막이 장선인 경우에는 3개의 16d 못(끝면 못박기)과 2개의 10d 못(경사 못박기)을 사용하여 직접 옆장선에 접합시킬 수 있다.

h) 끝막이 장선이 단일 부재인 경우에는 옆장선도 단일 부재로 할 수 있으나 그 외의 경우에는 이중부재 이상으로 사용하여야 한다.

g) 위에 열거한 경우 이외에는 부재끼리의 접합에 반드시 장선걸이 철물이 사용되어야 한다.

5.2.5 바닥의 처짐 바닥구조의 최대 처짐량은 표 7의 값을 초과할 수 없다.

표 6 못박기 기준

구분	접합부	못박기 기준[1]	
		못박기방법	못의 치수 및 개수
1	장선과 토대 또는 큰보	경사못박기	8*d* 못 3개
2	보막이와 장선	경사못박기	각 끝면에 8*d* 못 2개
3	밑깔도리와 장선 또는 보막이	표면못박기	중심간격 400mm로 16*d* 못
4	위깔도리와 스터드	끝면못박기	16*d* 못 2개
5	스터드와 밑깔도리	경사못박기	8*d* 못 4개
		끝면못박기	16*d* 못 2개
6	2중 스터드	표면못박기	중심간격 600mm로 16*d* 못
7	2중 깔도리	표면못박기	중심간격 400mm로 16*d* 못
8	위깔도리 이음부	표면못박기	16*d* 못 2개
9	헤더(2개의 부재 조립보)	표면못박기	중심간격 400mm로 16*d* 못
10	천장 장선과 위깔도리	경사못박기	8*d* 못 3개
11	헤더와 스터드	경사못박기	8*d* 못 4개
12	실내 간막이벽 위에서 천장 장선의 겹침 부위	표면못박기	16*d* 못 3개
13	천장장선과 서까래	표면못박기	16*d* 못 3개
14	서까래와 위깔도리	경사못박기	8*d* 못 3개
15	모서리 스터드	표면못박기	중심간격 600mm로 16*d* 못
16	조립보	표면못박기	상하단에서 중심간격 800mm로 20*d* 못, 끝면과 각 연결부에서 20*d* 못 2개
17	두께 38mm 널판	표면못박기	각 지점 위에서 16*d* 못 2개 (데크의 경우에는 방청못)
18	바닥밑판, 지붕덮개 및 벽덮개와 골조: 두께 12mm 이하의 구조용 판재 두께 15-25mm 이하의 구조용 판재 두께 28-31mm 이하의 구조용 판재		 6*d* 못(방청못) 8*d* 못(방청못) 10*d* 못(방청못)
19	구조용 판재 외벽널과 골조: 두께 12mm 이하의 구조용 판재 두께 15mm 이하의 구조용 판재		 6*d* 못(방청못) 8*d* 못(방청못)

[1] 못의 종류가 별도로 규정되지 않은 경우 일반용 철못을 사용한다.

표 7 주요 구조부의 최대 처짐 허용한계

주요구조부	적재하중에 의한 처짐	총하중에 의한 처짐
지붕	$L^{1)}/360$	$L/240$
바닥	$L/240$	$L/180$
벽	$L/100$	-

1) L = 경간

5.3 내력벽 또는 전단벽 내력벽 또는 전단벽의 구조는 그림 3과 같고 그 시공은 5.3.1, 5.3.2, 5.3.3, 5.3.4, 5.3.5 및 5.3.6에 따른다.

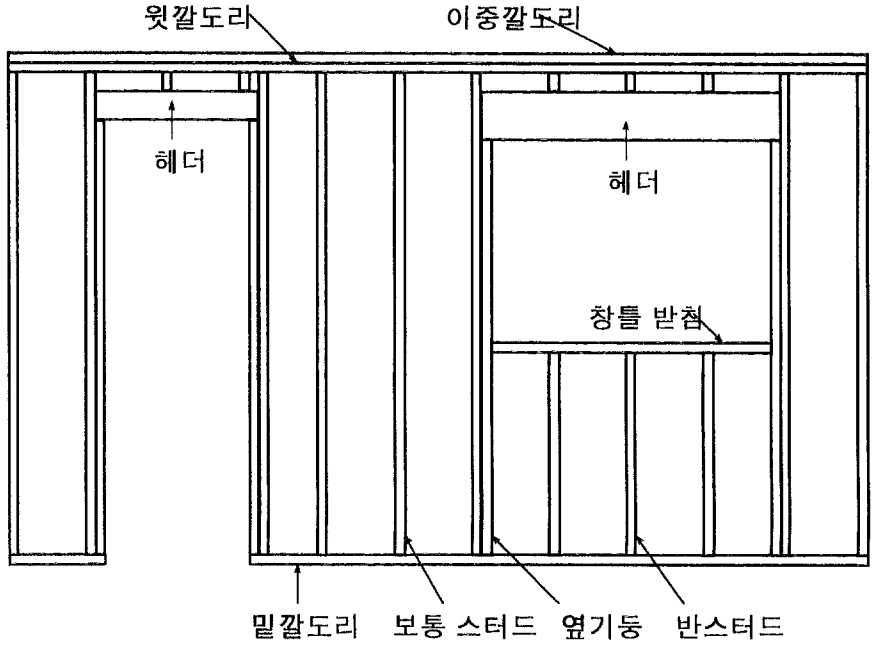


그림 3 내력벽 또는 전단벽 구조

5.3.1 내력벽 또는 전단벽의 배치 내력벽 또는 전단벽은 건축물에 작용하는 수직하중 및 수평하중을 지지하는 기능을 가지며 벽 골조 위에 구조용 판재, 석고보드 또는 철물 등을 사용하여 충분한 강성 및 강도를 갖도록 제작되어야 하며 건물 내에서 내력벽 또는 전단벽을 균형있게 배치하여야 한다.

a) 내력벽 사이의 거리는 12m 이하로 하며 내력벽에 의하여 둘러지는 부분의 수평 투영면적은 40m^2(바닥장선을 깔도리에 연결할 때에 고정되는 부분이 구조내력상 충분한 강도를 제공하며 장선 사이에 적절하게 보막이가 된 경우에는 60m^2) 이하로 한다.

b) 내력벽의 최소 길이는 개구부가 없는 벽을 기준으로 하여 구조용 판재 덮개를 사용한 경우에는 900mm이며 구조용 판재 덮개를 사용하지 않고 석고보드만을 사용하는 경우에는 1200mm 그리고 띠쇠를 대각선으로 X-자 형태로 사용하여 보강하는 경우에는 2400mm로 한다.

c) 외벽 사이의 교차부에는 내력벽을 하나 이상 설치한다.

d) 경골목조건축물의 각 층에서 전체 벽 면적(실내 벽 포함)에 대한 내력벽 면적의 비율은 3층 건물의 1층에서는 40% 이상, 3층 건물의 2층(또는 2층 건물의 1층)에서는 30% 이상 그리고 3층 건물의 3층(또는 2층 건물의 2층이나 1층 건물의 1층)에서는 25% 이상 되어야 한다.

5.3.2 벽패널 건축도면으로부터 벽구조를 기본적으로 2.4m×2.4m 크기의 패널로 분리하며 패널의 제작은 5.3.3, 5.3.4 및 5.3.5에 따른다.

a) 벽패널의 크기는 2.4m 나비를 기준으로 하고 높이는 벽의 높이를 그대로 적용한다.

b) 벽에 개구부가 있는 경우에는 5.3.5에 따라서 개구부를 설치하며 패널을 분리할 때에 하나의 개구부가 2개 이상의 패널로 나누어지지 않도록 한다.

c) 각각의 패널마다 양 끝에 스터드가 설치되어야 하며 벽패널끼리의 조립은 서로 접하는 스터드끼리 12d 못을 아래쪽과 위쪽에 각각 2개씩 설치하고 중간에는 300mm 간격으로 1개씩 엇갈리게 설치하여 고정시킨다.

d) 벽패널의 조립 시에는 크레인으로 패널을 세워서 운반하는 것이 유리하며 패널의 위 또는 아래 방향표시를 하는 것이 조립 시에 유리하다.

5.3.3 스터드 및 골조부재 나비 140mm 이상의 구조용재를 사용하여야 하는 3층 건물의 1층 내력벽 또는 전단벽을 제외하고 벽의 골조에는 나비 89mm 이상의 구조용재를 사용할 수 있다. 일반적으로 건물의 외벽은 구조용 목적이 아닌 단열의 목적으로 나비 140mm 이상의 치수를 사용한다.

a) 내력벽 또는 전단벽의 스터드에는 KS F 3020의 1종구조재로서 2등급 또는 이와 동등 이상의 강도와 강성을 지닌 구조용재를 사용한다.

b) 내력벽 또는 전단벽에 사용되는 스터드의 간격은 표 8에 따르며 일반적으로 스터드 상호간의 간격은 1200mm×2400mm 판재를 사용하는 경우에는 300mm, 400, 또는 600mm로 하고 1220mm×2440mm 판재를 사용하는 경우에는 305mm, 406mm 또는 610mm로 한다.

c) 내력벽 또는 전단벽의 모서리 및 교차부에는 각각 3개 이상의 스터드를 사용한다.

d) 내력벽 또는 전단벽의 상부에는 이중깔도리를 사용하여 내력벽 또는 전단벽 상호간을 구조내력 상 유효하게 연결한다.

e) 벽과 바닥, 이중깔도리 또는 옆기둥을 포함한 벽의 각 부재는 표 6에 따라서 못으로 고정한다.

f) 지하층의 벽은 철근콘크리트조 또는 조적조로 한다.

표 8 건축물의 종류에 따른 스터드 간격

스터드 치수 (mm)	내력벽 또는 전단벽에서 스터드의 간격 (mm)		
	단층 건물 2층 건물의 2층 3층 건물의 3층	2층 건물의 1층 3층 건물의 2층	3층 건물의 1층
38× 89	650 이하	500 이하	450 이하
38×140	650 이하	650 이하	500 이하
38×184	650 이하	650 이하	650 이하

5.3.4 벽 덮개 그림 3의 벽 골조 위에 벽 덮개를 덮어서 못으로 고정시킨다.

a) 내력벽 또는 전단벽의 덮개에는 두께 12mm 이상의 구조용 합판이나 오에스비 또는 이와 동등 이상의 구조용 판재를 사용한다.

b) 구조용 판재는 수직 또는 수평으로 사용할 수 있으며 수평으로 사용하는 경우에는 판재의 측면을 따라서 받침이 제공되어야 한다.

c) 구조용 판재 없이 석고보드 만을 사용하는 경우에는 두께 12.5mm 이상의 석고보드에 30mm 이상의 길이를 갖는 나사못 또는 지붕용 못(roofing nail)을 사용하여 측면 간격 75mm 이하 그리고 내부 간격 125mm 이하로 고정한다.

d) 구조용 판재 없이 띠쇠 등의 철물만을 사용하여 보강하는 경우에는 제조업체에서 요구하는 방법에 따라서 고정한다.

5.3.5 개구부 벽에는 문이나 창문을 설치하기 위한 개구부가 설치되며 그 시공은 다음에 따른다.

a) 내력벽 또는 전단벽에 설치되는 개구부의 나비는 4000mm 이하로 하며 그 폭의 합계는 표 9에 따른다.

b) 폭 900mm 이상의 개구부의 상부에는 개구부를 구성하는 스터드와 동일치수의 단면을 가지는 옆기둥에 의하여 지지되는 헤더를 표 10, 11, 12, 13, 14, 15 및 16에 따라서 구조내력상 유효하게 설치한다.

5.3.6 이중깔도리의 설치 벽패널을 조립한 후 이중깔도리를 구조내력상 유효하게 설치하여야 한다.

a) 이중깔도리로 사용되는 부재는 벽의 스터드와 동일한 치수 및 등급의 부재를 사용한다.

b) 이중깔도리는 최소한 1.2m 이상의 길이로 사용하여야 한다.

c) 벽패널과 패널 사이의 접합부를 중심으로 최소한 좌우로 600mm 이상에 걸쳐서 이중깔도리가 이음부 없이 설치되어야 하며 한 쪽면에 16d 못을 8개 이상 설치하여 고정하여야 한다.

d) 벽과 벽이 만나는 부위에서 이중깔도리는 윗깔도리와 엇갈리도록 설치하여야 하며 이 부위에는 2개 이상의 16d 못을 사용하되 이중깔도리의 끝면이 갈라지지 않도록 주의하여야 한다.

e) 이중깔도리에서 위에 언급한 부분들을 제외한 부분에는 16d 못을 1개씩 300mm 간격으로 엇갈리게 설치한다.

5.3.6 벽구조의 처짐 벽구조의 최대 처짐량은 표 7의 값을 초과할 수 없다.

표 9 내력벽 또는 전단벽에서 개구부의 최대 허용비율

(단위: %)

층 구분	1층 건축물	2층 건축물	3층 건축물
1 층	75%	60%	40%
2 층	-	75%	60%
3 층	-	-	75%

표 10 외부 내력벽 또는 전단벽에서 헤더 경간표 (적재하중 2000N/m^2)

(낙엽송류, 소나무류, 잣나무류 및 삼나무류 2등급 이상)

지지 조건	부재 크기 (mm)	경간 (m)		
		건물의 폭 6.0m	건물의 폭 8.5m	건물의 폭 11.0m
지붕	2- 38× 89	1.09	0.96	0.86
	2- 38× 140	1.65	1.42	1.27
	2- 38× 185	2.08	1.80	1.62
	2- 38× 235	2.56	2.20	1.98
	2- 38× 286	2.97	2.56	2.28

표 11 외부 내력벽 또는 전단벽에서 헤더 경간표 (적재하중 2000N/m^2)

(낙엽송류, 소나무류, 잣나무류 및 삼나무류 2등급 이상)

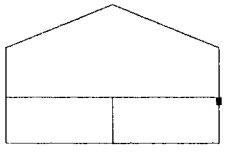
지지 조건	부재 크기 (mm)	경간 (m)		
		건물의 폭 6.0m	건물의 폭 8.5m	건물의 폭 11.0m
지붕 및 2층 	2- 38× 89	0.93	0.83	0.73
	2- 38× 140	1.37	1.21	1.09
	2- 38× 185	1.75	1.52	1.37
	2- 38× 235	2.13	1.87	1.67
	2- 38× 235	2.46	2.15	1.95

표 12 외부 내력벽 또는 전단벽에서 헤더 경간표 (적재하중 2000N/m^2)

(낙엽송류, 소나무류, 잣나무류 및 삼나무류 2등급 이상)

지지 조건	부재 크기 (mm)	경간 (m)		
		건물의 폭 6.0m	건물의 폭 8.5m	건물의 폭 11.0m
지붕 및 2층	2- 38× 89	0.81	0.71	0.63
	2- 38× 140	1.19	1.04	0.91
	2- 38× 185	1.52	1.32	1.16
	2- 38× 235	1.85	1.60	1.42
	2- 38× 286	2.15	1.85	1.65

표 13 외부 내력벽 또는 전단벽에서 헤더 경간표 (적재하중 2000N/m^2)

(낙엽송류, 소나무류, 잣나무류 및 삼나무류 2등급 이상)

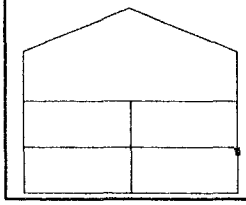
지지 조건	부재 크기 (mm)	경간 (m)		
		건물의 폭 6.0m	건물의 폭 8.5m	건물의 폭 11.0m
지붕, 2층 및 3층 	2- 38× 89	0.78	0.68	0.60
	2- 38× 140	1.14	0.99	0.88
	2- 38× 185	1.44	1.27	1.14
	2- 38× 235	1.75	1.54	1.39
	2- 38× 286	2.03	1.77	1.60

표 14 외부 내력벽 또는 전단벽에서 헤더 경간표 (적재하중 2000N/m^2)

(낙엽송류, 소나무류, 잣나무류 및 삼나무류 2등급 이상)

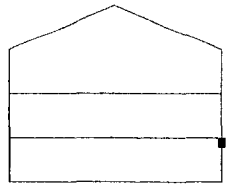
지지 조건	부재 크기 (mm)	경간 (m)		
		건물의 폭 6.0m	건물의 폭 8.5m	건물의 폭 11.0m
지붕, 2층 및 3층 	2- 38× 89	0.63	0.55	0.48
	2- 38× 140	0.93	0.81	0.71
	2- 38× 185	1.16	1.01	0.91
	2- 38× 235	1.44	1.24	1.11
	2- 38× 286	1.67	1.44	1.29

표 15 실내 내력벽 또는 전단벽에서 헤더 경간표 (적재하중 2000N/m^2)

(낙엽송류, 소나무류, 잣나무류 및 삼나무류 2등급 이상)

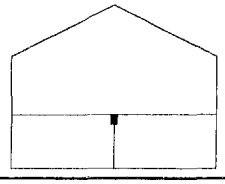
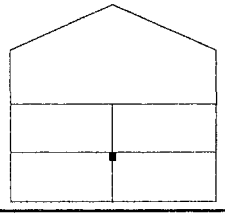
지지 조건	부재 크기 (mm)	경간 (m)		
		건물의 폭 6.0m	건물의 폭 8.5m	건물의 폭 11.0m
2층 	2- 38× 89	1.04	0.86	0.76
	2- 38× 140	1.49	1.27	1.11
	2- 38× 185	1.90	1.62	1.42
	2- 38× 235	2.33	1.98	1.75
	2- 38× 286	2.71	2.28	2.00

표 16 실내 내력벽 또는 전단벽에서 헤더 경간표 (적재하중 2000N/m^2)

(낙엽송류, 소나무류, 잣나무류 및 삼나무류 2등급 이상)

지지 조건	부재 크기 (mm)	경간 (m)		
		건물의 폭 6.0m	건물의 폭 8.5m	건물의 폭 11.0m
2층 및 3층 	2- 38× 89	0.68	0.58	0.53
	2- 38× 140	1.01	0.86	0.76
	2- 38× 185	1.29	1.09	0.99
	2- 38× 235	1.57	1.34	1.19
	2- 38× 286	1.82	1.57	1.39

5.4 지붕 및 천장 지붕의 골조는 그림 4와 같고 지붕 구조는 서까래와 천장장선 구조, 서까래와 조름보 구조 또는 트러스 구조로 할 수 있으며 그 시공은 5.4.1, 5.4.2, 5.4.3 및 5.4.4에 따른다.

5.4.1 지붕 및 천장 패널 건축도면으로부터 지붕 및 천장구조를 기본적으로 2.4m 나비의 패널로 분리하며 패널의 제작은 5.4.2, 5.4.3 및 5.4.4에 따른다.

a) 지붕패널의 크기는 2.4m 나비를 기준으로 하고 길이는 서까래을 지지하는 벽체와 마루대 또는 마루보까지의 거리를 고려하여 하나의 패널이 지붕마루에서 벽체 사이에 걸칠 수 있도록 길이를 결정하되 운반에 따른 문제점도 고려하여야 한다.

b) 천장패널의 제작 및 설치는 5.2.1의 바닥패널 제작 및 설치 방법에 따른다.

c) 지붕에 개구부가 있는 경우에는 5.4.4의 따하여 개구부를 설치하며 패널을 분리할 때에 하나의 개구부가 2개 이상의 패널로 나누어지지 않도록 한다.

d) 각각의 패널마다 양 끝에 끝막이 장선이 설치되어야 하며 지붕패널끼리 만나는 지붕마루에서는 서로 접하는 끝막이 장선끼리 12d 못을 상하로 2개씩 300mm 간격으로 박아서 고정시킨다.

e) 지붕마루에서 지붕패널이 만나는 부위에 마루보가 설치되는 경우에는 100mm 이상의 나비를 갖는 부재로 마루보를 설치하여 지점을 제공하고 지붕패널의 끝막이 장선이 마루보의 중앙에 정확하게 위치하도록 설치하여야 한다.

f) 지붕 패널의 서까래는 지붕의 경사각을 정확하게 표현할 수 있도록 경사각을 주어야 하며 벽체와 만나는 부위에서는 최소한 30mm 이상 길이가 벽체 위에 걸쳐질 수 있도록 걸침턱을 파야 한다.

g) 지붕패널의 길이는 특별히 지붕의 길이를 나누는 경우를 제외하고 처마돌림의 안쪽면으로부터 마루대 또는 마루보의 중앙까지로 한다.

h) 지붕패널의 조립 시에는 크레인으로 패널을 세워서 운반하는 것보다 수평으로 눕혀서 운반하는 것이 설치에 유리하다.

i) 귀서까래 또는 골서까래 부위에서는 일반적으로 패널을 분리하며 각각의 패널에 별도의 귀서까래 및 골서까래를 설치하고 패널의 조립 시에 서로 접하는 귀서까래 또는 골서까래끼리 12d 못을 상하로 2개씩 300mm 간격으로 박아서 고정시킨다.

5.4.2 서까래, 천장장선 및 조름보 가장 일반적인 구조로서 서까래와 천장장선을 동일한 간격으로 배치하며 천장장선 없이 조름보를 설치하는 경우에는 조름보를 서까래 길이의 절반 이하의 위치에 각 서까래마다 하나씩 설치하여야 한다.

a) 지붕의 서까래 및 천장의 장선에는 KS F 3020의 1종 구조재로서 2등급 또는 이와 동등 이상의 강도와 강성을 지닌 목재를 사용하고 경간의 결정은 표 16, 17, 18, 19 및 20에 의한다.

b) 서까래 및 천장 장선 상호간의 간격은 650mm 이하로 하며 일반적으로 서까래 또는 천장장선 상호간의 간격은 1200mm×2400mm 판재를 사용하는 경우에는 300mm, 400, 또는 600mm로 하고 1220mm×2440mm 판재를 사용하는 경우에는 305mm, 406mm 또는 610mm로 한다.

c) 천장 장선이 설치되거나 또는 구조내력 상 유효한 방법으로 보강된 경우를 제외하고 서까래에는 조름보를 구조내력상 유효하게 설치한다. 조름보는 현장에서

지붕패널을 조립한 직후에 설치하며 서까래와 동일한 치수의 구조용재를 한쪽 면에 5개 이상의 16d 못으로 서까래에 고정한다.

d) 트러스는 작용하는 하중 및 외력에 대하여 구조내력 상 안전하게 설계한다.

e) 서까래 또는 트러스는 파스너를 사용하여 구조내력 상 안전하게 윗깔도리에 고정한다.

5.4.3 지붕 덮개 서까래 위에 구조용 판재를 덮어서 못으로 고정시킨다.

a) 지붕 덮개는 구조용 판재 중에서 두께 12mm 이상의 구조용 합판이나 오에스비 또는 이와 동등 이상의 구조용 판재를 사용한다.

b) 지붕골조의 목재 부재 사이 및 서까래와 윗깔도리 또는 지붕덮개 사이는 표 6에 따라서 못으로 고정한다.

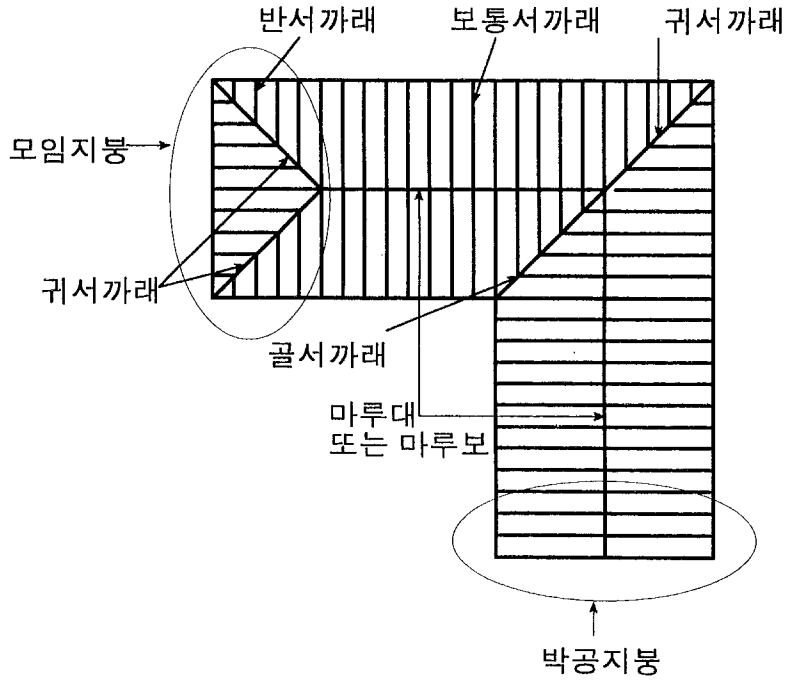


그림 4 지붕 구조

표 16 천장장선 경간표(적재하중 500N/m^2 + 고정하중 250N/m^2)

수종군	부재 크기 (mm)	지간거리 (m)		
		중심간격 300mm	중심간격 400mm	중심간격 600mm
SG = 0.50[1)]	38× 89	3.78	3.42	2.99
	38× 140	5.94	5.38	4.57
	38× 185	7.82	7.11	5.81
	38× 235	9.98	8.68	7.08
SG = 0.45[1)]	38× 89	3.53	3.20	2.79
	38× 140	5.53	5.02	4.39
	38× 185	7.31	6.62	5.63
	38× 235	9.32	8.02	6.88
SG = 0.40[1)] SG = 0.35[1)]	38× 89	3.32	3.02	2.56
	38× 140	5.23	4.57	3.73
	38× 185	6.70	5.81	4.74
	38× 235	8.17	7.08	5.79

[1)] 삼나무류: SG(기건비중)=0.35, 잣나무류: SG=0.40, 소나무류: SG=0.45, 낙엽송류: SG=0.50,

표 17 천장장선 경간표(적재하중 1000N/m^2 + 고정하중 500N/m^2)

수종군	부재 크기 (mm)	지간거리 (m)		
		중심간격 300mm	중심간격 400mm	중심간격 600mm
SG = 0.50[1)]	38× 89	2.99	2.71	2.20
	38× 140	4.57	3.96	3.25
	38× 185	5.81	5.02	4.11
	38× 235	7.08	6.14	5.00
SG = 0.45[1)]	38× 89	2.79	2.54	2.15
	38× 140	4.39	3.86	3.14
	38× 185	5.63	4.87	3.98
	38× 235	6.88	5.96	4.87
SG = 0.40[1)] SG = 0.35[1)]	38× 89	2.56	2.20	1.80
	38× 140	3.73	3.25	2.64
	38× 185	4.74	4.11	3.35
	38× 235	5.79	5.0o	4.08

[1)] 삼나무류: SG(기건비중)=0.35, 잣나무류: SG=0.40, 소나무류: SG=0.45, 낙엽송류: SG=0.50,

표 18 서까래 경간표(적재하중 1000N/m^2 + 고정하중 500N/m^2)

(눈이 오지 않는 지역, 가벼운 지붕 마감재료, 석고보드 부착, 다락방이 없는 경우)

수종군	부재크기(mm)	지간거리 (m)		
		중심간격 300mm	중심간격 400mm	중심간격 600mm
SG = 0.50[1)]	38× 89	4.72	4.29	3.63
	38× 140	6.22	5.61	4.59
	38× 185	7.92	6.85	5.61
	38× 235	9.19	7.65	6.50
SG = 0.45[1)]	38× 89	4.39	3.98	3.47
	38× 140	5.79	5.25	4.47
	38× 185	7.39	6.68	5.43
	38× 235	8.94	7.74	6.32
SG = 0.40[1)] *SG* = 0.35[1)]	38× 89	4.16	3.63	2.94
	38× 140	5.30	4.59	3.75
	38× 185	6.47	5.61	4.57
	38× 235	7.51	6.50	5.30

[1)] 삼나무류: *SG*(기건비중)=0.35, 잣나무류: *SG*=0.40, 소나무류: *SG*=0.45, 낙엽송류: *SG*=0.50,

표 19 서까래 지간거리표(적재하중 1000N/m^2 + 고정하중 500N/m^2)

(눈이 오지 않는 지역, 가벼운 지붕 마감재료, 천장이 없는 경우)

수종군	부재크기(mm)	지간거리 (m)		
		중심간격 300mm	중심간격 400mm	중심간격 600mm
SG = 0.50[1)]	38× 89	3.30	2.99	2.48
	38× 140	5.13	4.44	3.63
	38× 185	6.50	5.61	4.59
	38× 235	7.92	6.85	5.61
SG = 0.45[1)]	38× 89	3.07	2.79	2.41
	38× 140	4.85	4.31	3.53
	38× 185	6.29	5.46	4.47
	38× 235	7.69	6.68	5.43
SG = 0.40[1)] *SG* = 0.35[1)]	38× 89	2.87	2.48	2.03
	38× 140	4.19	3.63	2.94
	38× 185	5.30	4.59	3.75
	38× 235	6.47	5.61	4.57

[1)] 삼나무류: *SG*(기건비중)=0.35, 잣나무류: *SG*=0.40, 소나무류: *SG*=0.45, 낙엽송류: *SG*=0.50,

표 20 서까래 지간거리표(적재하중 1500N/m^2 + 고정하중 750N/m^2)

(눈이 오는 지역, 중간 무게의 지붕 마감재료, 석고보드 부착, 다락방이 없는 경우)

수종군	부재크기(mm)	지간거리 (m)		
		중심간격 300mm	중심간격 400mm	중심간격 600mm
SG = 0.50[1)]	38× 89	4.01	3.47	2.84
	38× 140	5.08	4.39	3.58
	38× 185	6.19	5.38	4.39
	38× 235	7.18	6.22	5.08
SG = 0.45[1)]	38× 89	3.83	3.37	2.76
	38× 140	4.92	4.26	3.50
	38× 185	6.04	5.23	4.26
	38× 235	6.98	6.07	4.95
SG = 0.40[1)] *SG* = 0.35[1)]	38× 89	3.27	2.84	2.31
	38× 140	4.14	3.58	2.94
	38× 185	5.08	4.39	3.58
	38× 235	5.86	5.08	4.16

1) 삼나무류: *SG*(기건비중)=0.35, 잣나무류: *SG*=0.40, 소나무류: *SG*=0.45, 낙엽송류: *SG*=0.50,

5.4.4 지붕 개구부 지붕밑 공간을 다락방으로 활용하거나 또는 외관상의 목적으로 지붕창을 만들기 위하여 지붕에 개구부를 설치하며 그 시공은 다음에 따른다.

a) 실험 또는 계산에 의하여 구조내력 상 안전하다고 확인된 경우를 제외하고 지붕에 설치하는 개구부의 폭은 2m 이하로 하며 그 폭의 합계는 해당 지붕 하단 폭의 1/2 이하로 한다.

b) 지붕에 설치하는 폭 900mm 이상의 개구부의 상부에는 개구부를 구성하는 스터드와 동일치수의 단면을 가지는 옆기둥에 의하여 지지되는 헤더를 표 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 및 16에 따라서 구조내력상 유효하게 설치한다.

5.4.5 지붕구조의 처짐 지붕 및 천장구조의 최대 처짐량은 표 7의 값을 초과할 수 없으며 천장구조에는 표 7의 바닥에 대한 값을 적용한다.

5.5 계단 구조 계단구조는 그림 5와 같으며 계단은 구조내력 상 안전하고 통행

및 가구 운반 등을 위한 적절한 상부 공간을 확보하여야 하며 그 시공은 다음에 따른다.

a) 실내계단은 디딤판의 두께가 38mm 이상, 옆판은 두께가 38mm이상이고 높이가 235mm 이상 그리고 챌판은 두께가 20mm 이상이어야 한다.

b) 실외계단은 불연성재료로 한다. 다만 2층 이하의 건물에서는 두께 38mm 이상의 목재를 계단 챌판을 제외한 계단 각부에 사용할 수 있으며 계단 챌판으로는 20mm 이상의 목재를 사용할 수 있다.

c) 계단 각부의 치수는 표 21에 따른다.

d) 공동주택의 세대수 또는 기숙사의 침실수가 6을 초과하는 경우에는 표 22에 따라서 피난계단을 설치한다.

e) 공동주택 내에는 나선형의 계단을 설치할 수 없다.

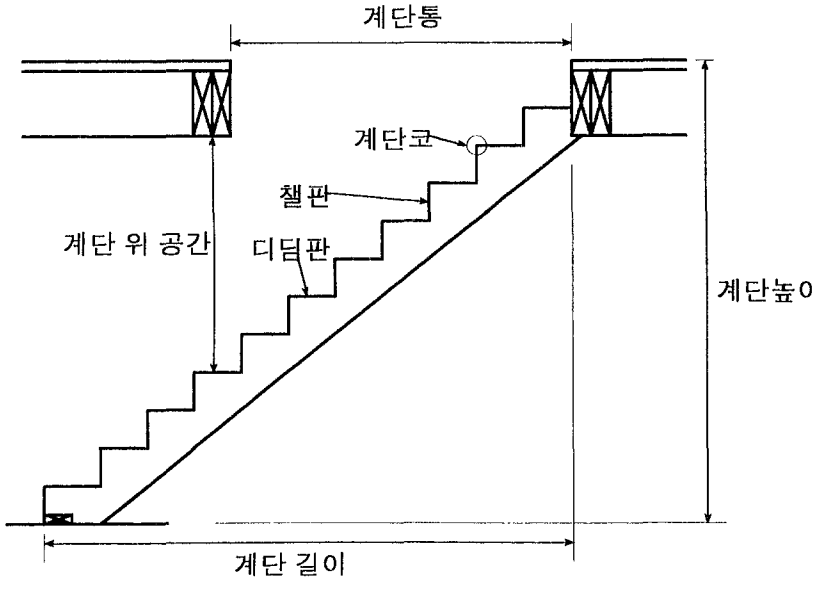


그림 5 계단 구조

표 21 계단 각부의 치수

계단의 종류		계단의 나비	최대 챌판 높이	최소 디딤판 나비
주택의 계단	공동주택	1200mm 이상	230mm 이하	150mm 이상
	공동주택 이외의 주택	750mm 이상		

표 22 공동주택 피난계단의 치수

계단의 종류	계단의 나비	최대 챌판 높이	최소 디딤판 나비
실내계단	1200mm 이상	200mm 이하	240mm 이상
실외계단	900mm 이상		

5.6 접합부 접합부는 부재와 부재 사이를 연결시키면서 하중을 전달하는 기능을 갖는다. 접합부에는 현저한 변형이 발생하거나 파스너의 강도를 초과하는 전단, 인장 및 휨하중이 작용하지 않도록 설계한다.

a) 표 6의 못박기 기준은 최소한의 요건이며 필요한 경우에는 별도의 구조계산을 통하여 이를 보강할 수 있다.

b) 못 이외의 철물을 이용한 접합부의 경우에는 해당 철물 제조업체에서 제공하는 허용강도에 따라서 구조계산을 실시하여야 하며 이보다 더 높은 하중이 작용해서는 아니 된다.

5.7 구조계산 이 규격은 허용응력설계법에 근거하여 이루어진 것으로서 이에 따르지 아니하는 목구조 건축물은 건설교통부 고시 "목구조 설계 기준"에 의하여 구조계산을 실시한다.

a) 건축물의 사용 중에 각 구조부재에 작용하는 응력이 건설교통부 고시 "목구조 설계기준"에 주어진 해당 재료의 허용응력을 초과할 수 없다.

b) 건축물의 사용 중에 각 부재에는 과도한 변형이 발생하지 않아야 하며 주요 구조부의 처짐이 표 7의 값을 초과할 수 없다.

c) 경골목구조 건축물에서 구조내력 상 중요한 구조부로서 이 규격에서 규정되지 않은 부분은 적절한 공학적 방법에 의하여 구조설계를 실시한다.

5.8 차음구조

a) 다음 각 호의 규정에 의한 건축물의 경계벽 및 간막이벽, 바닥 등은 차음구조로 하고 벽체는 지붕 및 바로 윗층 바닥판까지 닿게 한다.

(a) 공동주택의 각 세대간 경계벽(발코니 부분은 제외한다) 및 바닥.

(b) 학교의 교실, 의료시설의 병실, 숙박시설의 객실 및 기숙사의 침실간의 간막이벽 및 바닥.

(c) 승강로와 인접한 주거 경계벽

b) 모든 차음구조는 표 23의 차음성능을 만족하여야 하며 세대 사이의 바닥이나 천장에는 R-30 단열재와 아래 층 천장에 두께 12.5mm 이상의 석고보드 그리고 윗층 바닥에 두께 40mm 이상의 온돌을 설치하고 세대 사이의 벽은 이중 스터드 사이에 R-19 이상의 단열재와 양면에 두께 12.5mm 이상의 석고보드를 설치함으로써 이 기준을 만족시킬 수 있다.

표 23 차음성능 기준

구조명	차음등급(*STC*)
경계벽 및 간막이벽, 바닥	45이상

비고) 시험방법은 KS F 2808에 의하고 차음등급(*STC*; sound transmission class) 산출방법은 ISO 717-part1에 따르며 주파수범위는 125Hz~4000Hz를 적용한다.

5.9 건축물의 열손실 방지 경골목조건축물은 다음 각 호의 기준에 의하여 열손실 방지 등의 에너지 이용 합리화를 위한 조치를 취하여야 한다.

a) 건축물의 각 부위는 표 24의 열저항값을 만족하여야 하며 일반적으로 외기와 접하는 바닥과 지붕이나 천장에는 R-30 그리고 외벽에는 R-13(남부지방) 또는 R-19(중부지방)의 성능을 갖는 단열재를 사용하는 것이 표 24의 기준에 적합하다.

b) 온수온돌로 난방을 하는 공동주택에 세대별 온수 보일러를 설치하는 경우에는 거실바닥(최하층의 거실 바닥 및 외기에 접하는 바닥은 제외)의 열저항은 1.0 이하로 하여야 한다.

표 24 건축물의 각 부위별 열저항 기준

건축물 부위	중부[1]	남부[2]	제주도
외벽 및 최하층 바닥(외기에 접하는 바닥 포함)	0.5 이하	0.65 이하	1.0 이하
최상층 거실의 반자 또는 지붕	0.35 이하	0.45 이하	0.65 이하
공동주택의 세대간 벽	0.4 이하	0.6 이하	0.7 이하
거실의 외기와 접하는 창 (2중창 또는 복층유리로 시공하는 경우는 제외)	2.9 이하	3.1 이하	5.0 이하

[1] 중부지역: 서울특별시, 경기도, 인천광역시, 충청북도, 강원도

[2] 남부지역: 충청남도, 대전광역시, 전라북도, 광주광역시, 전라남도, 경상북도, 경상남도, 대구광역시, 부산광역시

6. 검사

6.1 검사 방법

6.1.1 시공 전 시공 전의 확인 사항은 다음과 같다.

a) 사용하는 주요 구조재료가 KS 규격품인지 또는 설계 시방서에 있는 것인지

확인한다.

b) 그 밖의 사용 재료들이 설계 시방서와 같은 것인지 확인한다.

c) 주요 구조용재에 눈에 띠는 결함은 없는지 확인한다.

d) 패널의 제작 품질 및 수평과 수직 상태를 확인한다.

e) 패널들의 운반 및 보관상태를 확인한다.

f) 패널에 사용된 주요 구조재료들의 치수, 사용 간격 및 경간거리, 사용하는 못의 종류, 크기, 숫자 및 간격, 구조부재의 배치 및 고정, 내력벽 또는 전단벽의 면적, 개구부의 면적 등이 이 규격에 준하여 이루어지고 있는지를 확인한다.

6.1.2 시공 시 시공 시의 확인 사항은 다음과 같다.

b) 각부 구조 및 배치가 설계도와 같게 시공되는지를 확인한다.

c) 단열재가 물에 젖지 않았는지 확인한다.

d) 배관 및 배선용 구멍이나 따냄이 구조용재의 강도에 심각한 손상을 주지 않는지 확인한다.

e) 구조체의 임시 가새 및 버팀목이 안전한지 확인한다.

f) 석고보드의 측면 받침이 있는지 확인한다.

g) 구조용 판재와 판재 사이에 3mm의 틈이 있는지 확인한다.

h) 못이 정확한 위치에 박혔는지 확인한다.

i) 각부 구조의 수직 및 수평이 정확한지 확인한다.

6.1.3 시공 후 6.1.2의 사항을 재확인한다.

6.2 보수 및 재시공 6.1의 검사 결과에 따라 건축물의 안전에 심각한 위험이 초래될 가능성이 있는 경우에는 보수 또는 재시공을 실시하고 재검사를 하여야 한다.

7. 검사 기록서 시공 전, 시공 시 및 시공 후의 검사에 있어서는 검사 기록서를 작성하여야 하며 검사 기록서에는 다음 사항들이 포함되어야 한다.

a) 일시

b) 장소

c) 검사자

d) 시공자

e) 설계자

f) 검사 결과

g) 조치 사항

부표 인용 규격

KS B 1056 십자홈 나사못

KS D 3553 일반 철못

KS D 7052 스텐레스강 못

KS F 1552 목재 표준 용어 - 목조건축

KS F 2808 실험실에서의 음향투과손실 측정 방법

KS F 3020 침엽수 구조용재

KS F 3021 구조용 집성재

KS F 3113 구조용 합판

KS F 3119 목재 단판적층재

KS F 3514 석고판용 못

KS F 4514 목구조용 철물

KS F 4537 목조건축용 철못

KS F 0000 토대용 가압식 방부처리 목재

KS M 1701 목재 방부제

KS M 3702 페놀수지 목재 접착제

KS M 3735 멜라민-요소 공축합 수지 목재 접착제

ISO 717-1 Acoustics-Rating of sound insulation in buildingd and building elements Part 1: Airborne sound insulation

제 3절 시작품 제작

1. 시작품 개요

패널화 연구의 시작품으로 24평 내외의 주택을 건축하기로 하고 시작품의 건축 위치를 찾았으나 시작품의 구조부 완공 후 내외장 마감에 소요되는 경비 마련, 건축 부지의 마련, 완공 후 시작품의 관리 및 운영 등의 문제에 부딪히게 되었다. 이러한 모든 것들을 고려한 후 2002년 5월 17~27일 기간 중에 강원도 동해시의 망상해수욕장 지역에서 개최되는 제 64회 세계캠핑캐라바닝대회 장소에 시작품을 건축하고 이를 동해시에 기증하는 것이 합당하다는 결론에 도달하였다. 이와 같이 함으로써 시작품의 사적 사용을 배제하여 공익적 기능을 살리고, 시작품 건축 부지를 망상해수욕장 내에 확보함으로써 앞으로 지속적으로 망상해수욕장을 찾는 사람들에게 국산 패널화 목조주택의 홍보장소를 확보하고, 사후 관리를 동해시에 맡김으로써 관리 및 운영의 문제를 해결할 수 있을 것으로 생각된다. 다만 장기간에 걸쳐서 발생할 수 있는 건축물에서 하자 발생 여부를 관찰하기 위하여 1년에 여름과 겨울 2회에 걸쳐 시작품에 대한 조사를 지속적으로 할 계획이며 시작품이 숙소 등으로 계속 사용되기 때문에 주택으로서 사용 중에 발생할 수 있는 하자의 관찰에 적합할 것으로 판단된다.

가. 시작품의 위치

강원도 동해시 망상동 393-39 망상해수욕장
제 64 세계캠핑캐라바닝대회 장소 내

나. 시작품의 바닥면적: 78m^2(2층 다락방 포함) (24평)

다. 시작품 도면: 3항에 첨부

라. 시작품 건축용 공사비 내역서 및 자재 목록

표 1 시작품의 공종별 공사비 내역서

공종별 내역서

건축연면적: 81.23M2 (25평)

NO.	공 종	내 용	수 량	단 위	단 가	금 액
	1.건축 공사					
1-1	가설공사	먹메김,비계,청소,보양,운반,	60	M2	25,000	1,500,000
1-2	토공사	터파기,되메우기,오배수,정화조10인용,우배수,	1	LS	1,000,000	1,000,000
1-3	기초 콘크리트 공사	거푸집, 철근: 4ton, 콘크리트:35m3,	1	LS	2,000,000	2,000,000
1-4	목구조 공사		81.1	M2	185,000	15,003,500
1-5	외벽 마감 공사	사이딩, TRIM	85	M2	25,000	2,125,000
1-6	지붕 마감 공사	쉉글:160m2, 물홈통, FACIA,	75	M2	27,000	2,025,000
1-7	방수, 기포, 미장 공사	기포CONC.:40mm, 온돌미장:40mm	1	LS	1,500,000	1,500,000
1-8	단열 및 방음공사	단열:외벽/R-19, 지붕/R-30, 방음/R-11	1	LS	1,500,000	1,500,000
1-9	석고보드 공사	일반석고, 방수석고, 세멘보드	150	M2	15,000	2,250,000
1-10	창문설치 공사	VINYL창호: 16개소,	1	LS	1,800,000	1,800,000
1-11	문설치공사	현관문:장식철제문, 실내문,접이문:판넬H.C.문	1	LS	800,000	800,000
1-12	타일공사	욕실,	34	M2	35,000	1,190,000
1-13	페인트 공사	거실,홀:천정,벽, 몰딩,외벽, 문	1	LS	1,200,000	1,200,000
1-14	벽지공사		1	LS	1,200,000	1,200,000
1-15	바닥마감공사	거실,홀:비닐씨트, 방:비닐장판	100	M2	12,000	1,200,000
1-16	주방가구공사		1	LS	2,000,000	2,000,000
1-17	기타공사	옷장선반, 신발장, 거울,	1	LS	650,000	650,000
소 계						38,943,500
	2.기계설비 공사					
2-1	난방공사	기름보일러, 엑셀파이프,	1	LS	2,200,000	2,200,000
2-1	급배수 공사	동파이프,	1	LS	1,800,000	1,800,000
2-3	위생기구공사	욕조, 세면대. 대변기, 악세사리	1	LS	1,200,000	1,200,000
소 계						5,200,000
	3.전기설비 공사					
3-1	배선공사		1	LS	1,000,000	1,000,000
3-2	전기기구공사		1	LS	950,000	950,000
3-3	통신, 방범공사		1	LS	-	-
3-4	조명기구 공사		1	LS	800,000	800,000
소 계						2,750,000
	직접 공사비	건축, 설비, 전기공사비				46,893,500
	간접 공사비	현장관리비, 산재보험, 공과잡비, 이윤				18,000,000
	총 공 사 비					64,893,500

표 2 시작품의 목구조 자재 및 공사 내역

목구조 자재 목록 및 공사 내역

면적: 78m^2 (24 평)

품 명	규 격	단 위	수 량	단 가	금 액
1층 목구조					
토대 방수판	길이 150m(500LF)	ROLL	1	25,000	25,000
토대	50mm*150mm(2"*6") 방부처리목	LF	20	3,960	79,200
토대	50mm*100mm(2"*4") 방부처리목	LF	20	2,480	49,600
헤더	100mm*250mm*4.8m(4"*10"*16')		4	64,500	258,000
외벽깔도리	50mm*150mm*4.8m(2"*6"*16')		30	13,500	405,000
내벽깔도리	50mm*100mm*4.8m(2"*4"*16')		30	8,700	261,000
외벽샛기둥	50mm*150mm*2.35m(2"*6"*92-5/8")		70	6,000	420,000
내벽샛기둥	50mm*100mm*2.35m(2"*4"*92-5/8")		60	3,900	234,000
외벽덮개	11mm*1.2m*2.4m(7/16"*4'*8') OSB		30	15,600	468,000
쐐기			3	7,500	22,500
2층목구조					
바닥장선	50mm*300mm*3m(2"*12"*10')		20	19,000	380,000
바닥장선	50mm*300mm*4.8m(2"*12"*16')		25	30,400	760,000
바닥장선(욕실)	50mm*250mm*3m(2"*10"*10')		10	16,500	165,000
바닥덮개	18mm*1.2m*2.4m(23/32"*4'*8') T&G		30	37,800	1,134,000
외벽깔도리	50mm*150mm*4.8m(2"*6"*16')		15	13,500	202,500
내벽깔도리	50mm*100mm*4.8m(2"*4"*16')		20	8,700	174,000
외벽스터드	50mm*150mm*2.35m(2"*6"*92-5/8")		30	6,000	180,000
내벽스터드	50mm*100mm*2.35m(2"*4"*92-5/8")		20	3,500	70,000
헤더	100mm*250mm*4.8m(4"*10"*16')		2	36,000	72,000
외벽덮개	11mm*1.2m*2.4m(7/16"*4'*8') OSB		10	15,600	156,000
천장장선	50mm*150mm*3.6m(2"*6"*12')		15	9,300	139,500
써까레	50mm*250mm*6m(2"*10"*20')		25	33,000	825,000
써까레	50mm*250mm*5.4m(2"*10"*18')		25	29,500	737,500
마루대	50mm*300mm*7.2m(2"*12"*24')		2	68,000	136,000
지붕덮개	12mm*1.2m*2.4m(15/32"*4'*8') OSB		30	23,650	709,500
계단받침	50mm*300mm*2.4m(2"*12"*8')		2	17,500	35,000
연결철물	H2.5 HURRICANE TIES		60	500	30,000
마루대 경사철물	LSSU210 SKEWER HANGER		20	7,500	150,000
접착재	290Z CONSTRUCTION ADHESIVE	BOX	1	63,000	63,000
연결철물	15/32" PC CLIP	BOX	1	36,000	36,000
보강띠쇠	CS16 COIL STRAP TIE	ROLL	1	75,000	75,000

표 2 (계속)

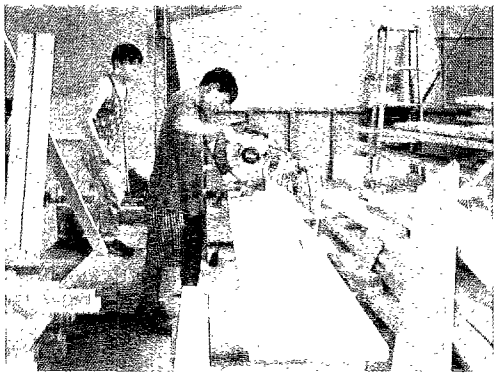
외부 데크 및 철물재료					
방부목/장선	50mm*200mm*4.8m(2"*8"*16') 방부처리목		10	30,000	-
방부목/기둥	100mm*100mm*2.4m(4"*4"*8') 방부처리목		4	12,800	-
방부목/마구리	50mm*250mm*3m(2"*10"*10') 방부처리목		4	28,000	-
방부목/바닥재	50mm*150mm*5.4m(2"*6"*18') 방부처리목		20	26,000	-
난간기둥	100mm*100mm*2.4m(4"*4"*8') 방부처리목		6	36,000	-
난간	50mm*100mm*3.6m(2"*4"*12') 방부처리목		4	12,600	-
동자기둥	50mm*50mm*1.2m(2"*2"*4') 방부처리목		60	2,400	-
자동못	16D VC SINKER HITACHI NAILER	BOX	3	85,000	255,000
자동못	8D VC SINKER HITACHI NAILER	BOX	2	85,000	170,000
자동못	12D VC SINKER HITACHI NAILER	BOX	2	85,000	170,000
아연도못	8D EG GALV.SIDING NAIL	BOX	2	54,000	108,000
싱귤못	1-1/4" EG GALV.ROOFING NAILS	BOX	2	54,000	108,000
석고나사못	1-5/8" DRYWALL SCREWS	BOX	3	54,000	162,000
아연도금못	16D 아연도금 박스못	BOX	2	54,000	108,000
아연도금못	16D 아연도금 케이싱못	BOX	2	54,000	108,000
철물못	1-1/2" JOIST HANGER NAIL	BOX	2	36,000	72,000
연결철물	JOIST HANGER -LU28		30	1,200	36,000
연결철물	SIMPSON LU28 JOIST HANGER		2	36,000	72,000
연결철물	SIMPSON LU210-2 JOIST HANGER		6	2,500	15,000
연결철물	DECK TIE CONNECTOR-DBT1	BOX	2	72,000	144,000
기둥받침	POST BASE-AB44		8	6,300	50,400
합계					10,005,700

인건비					
인건비	패널 제작	명	50	65,000	3,250,000
	패널 조립	명	20	80,000	1,600,000
운반비					
운반비	자재운반	대	2	200,000	400,000
	패널운반	대	3	200,000	600,000
크레인 임대					
크레인 임대	패널운반 및 조립	대	4	300,000	1,200,000
합계					7,050,000

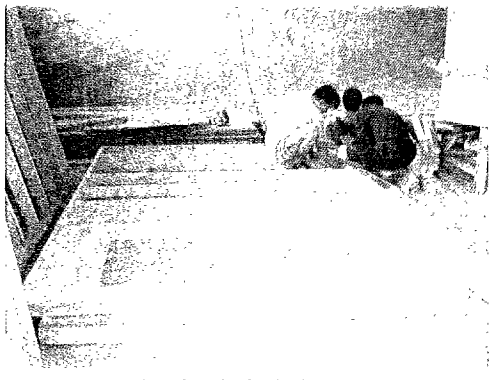
목구조 총공사비	17,055,700

2. 시작품 건축 과정

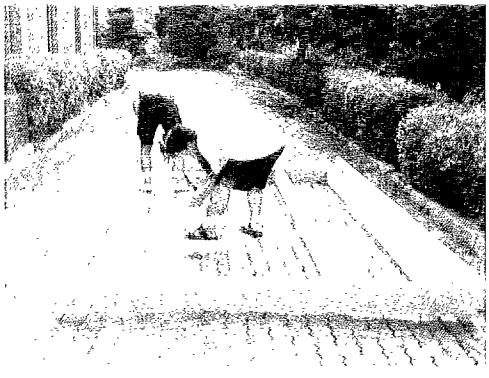
1) 자재 준비



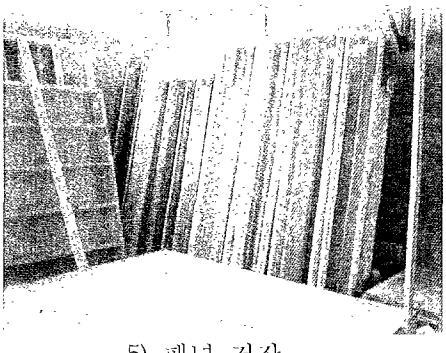
2) 자재 절단



3) 벽 및 바닥패널 제작

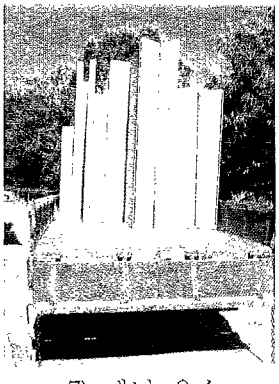


4) 지붕패널 제작

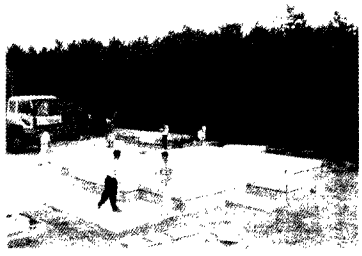


5) 패널 저장

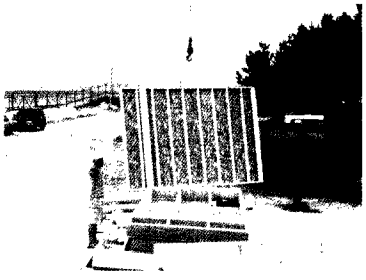
6) 패널 상차

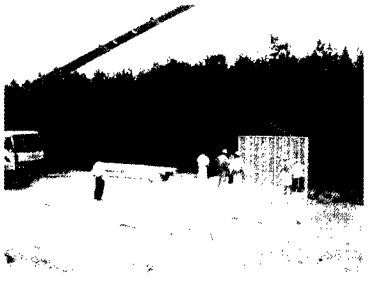


7) 패널 운송

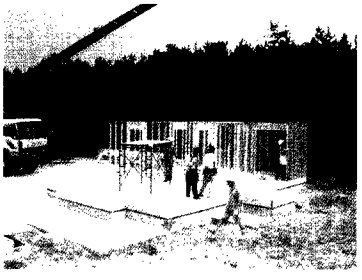


8) 현장 기초 및
바닥 준비
9) 패널 준비

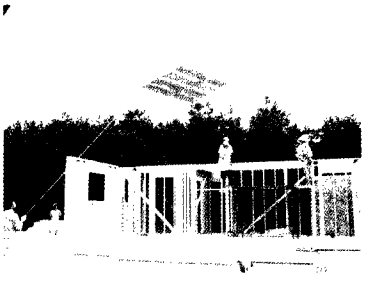




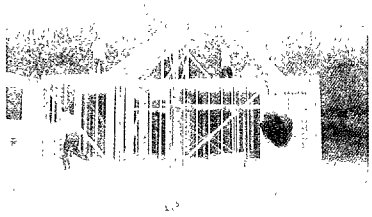
10) 크레인으로
벽패널 운반
11) 벽패널 설치



12) 실내벽과 실외벽
패널 설치
13) 이중깔도리의
설치

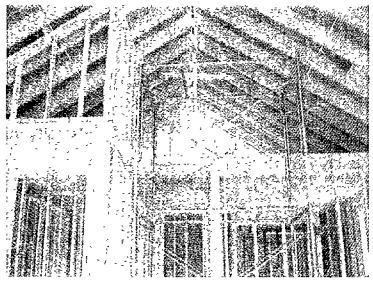


14) 2층 바닥패널의
설치
15) 지붕패널의 설치

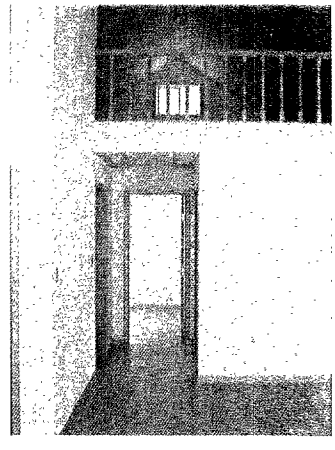


16) 지붕패널의 설치
17) 완성된 패널 구조부의 전면

18) 완성된 패널구조부의 좌측면
19) 완성된 패널구조부의 우측면

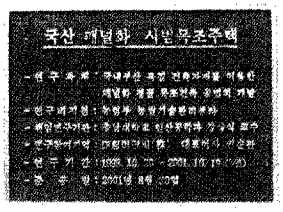


20) 완성된 패널 구조부의 내부

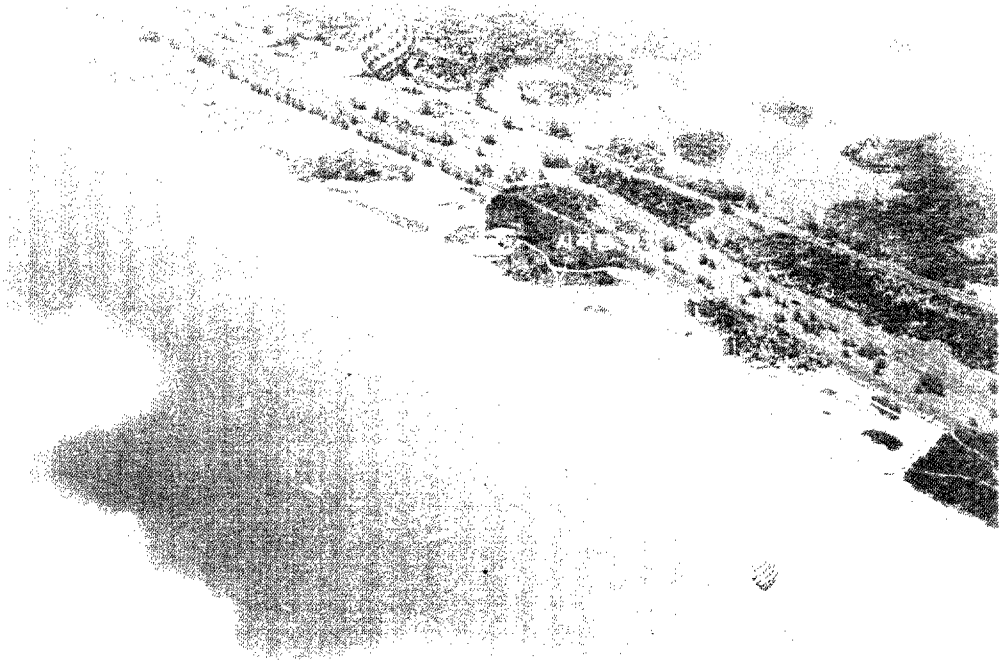


21) 완공된 시작품의 외관
22) 완공된 시작품의 실내

23) 완공된 시작품의 입지

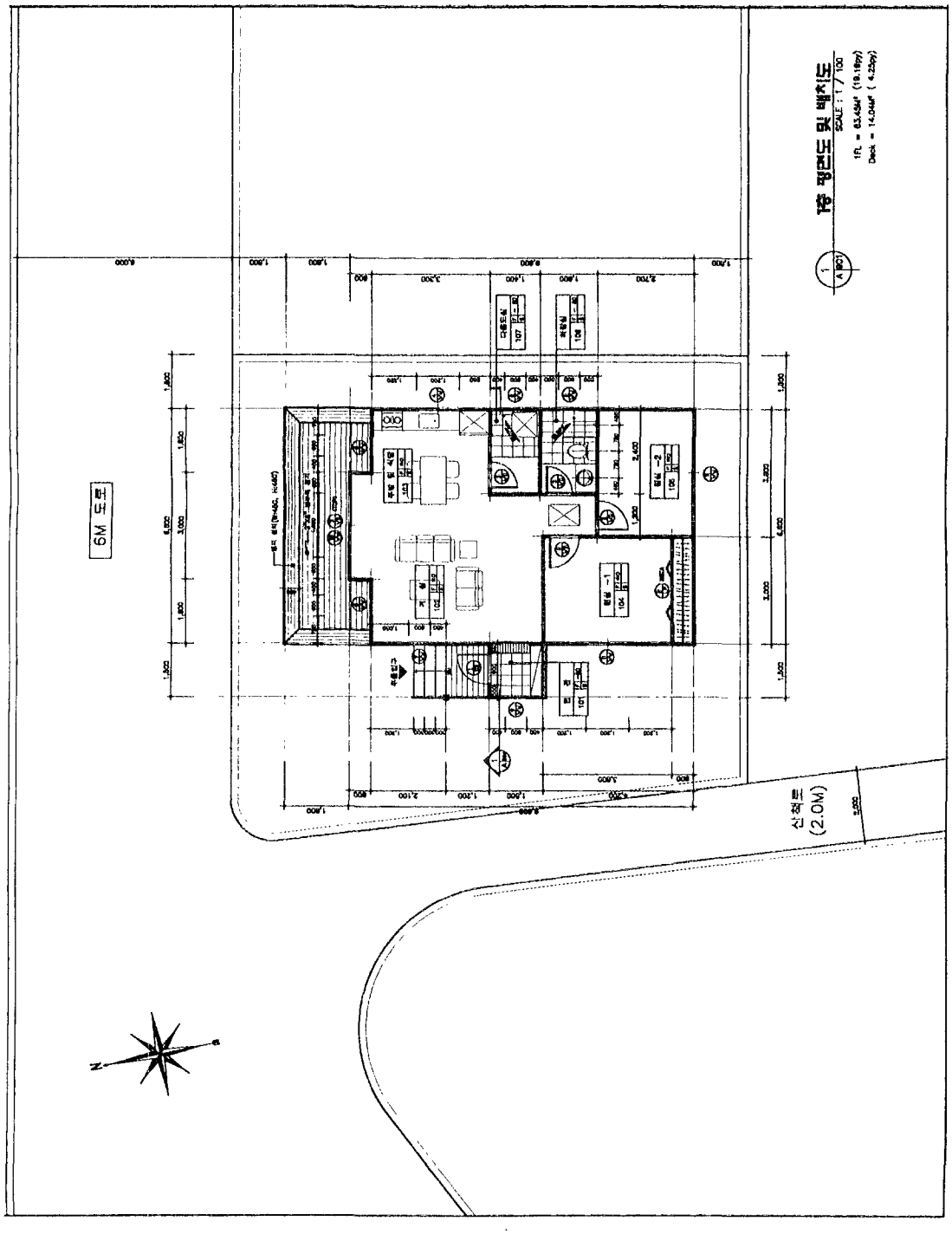


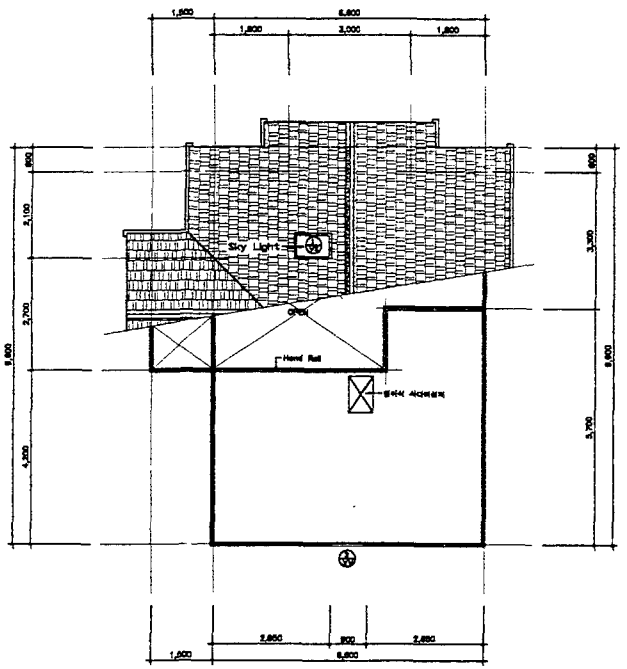
24) 시작품 출입구에 부착된 기증패



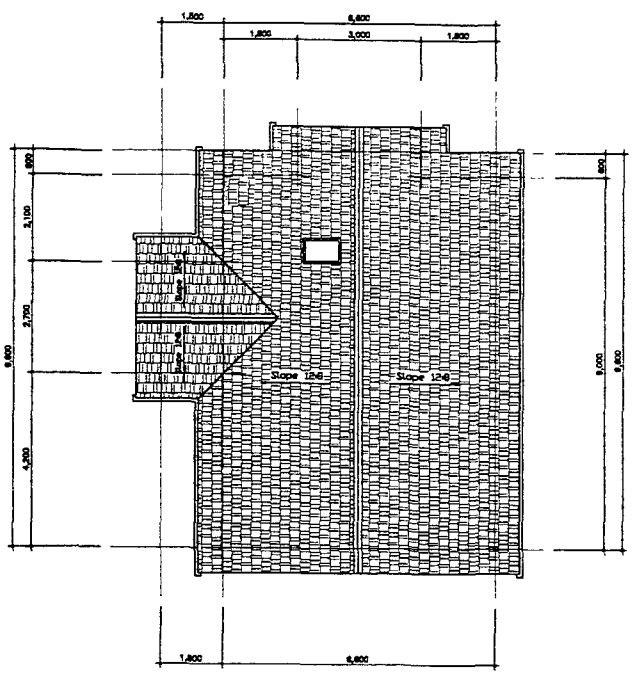
25) 세계캠핑카라바닝대회장의 자동차 전용 캠프장내 시작품의 입지

3. 시작품 도면

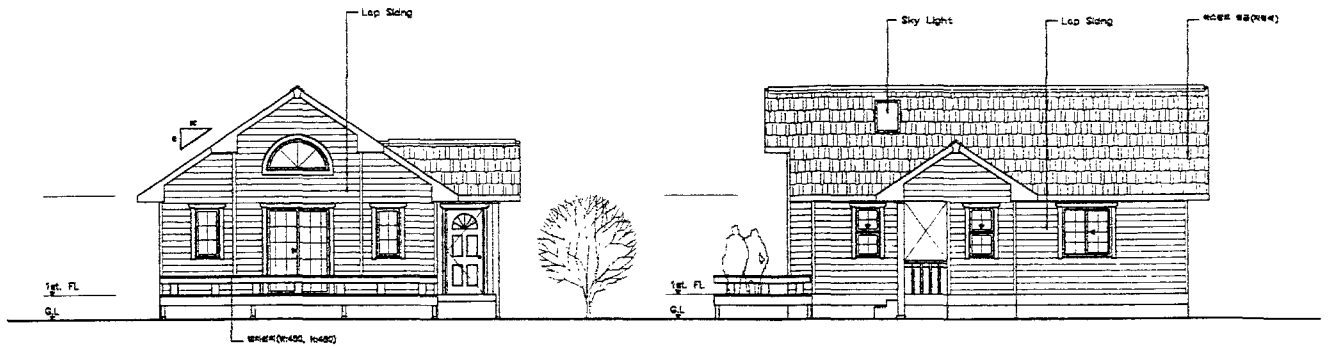

1층 평면도 및 배치도
SCALE : 1 / 100
1FL = 63.45m² (19.19py)
Deck = 14.04m² (4.25py)
6M 도로
산책로
(2.0M)
N



1 / A902 다락방평면도
SCALE : 1 / 100
Attic Space = 14.99㎡ (4.53py)

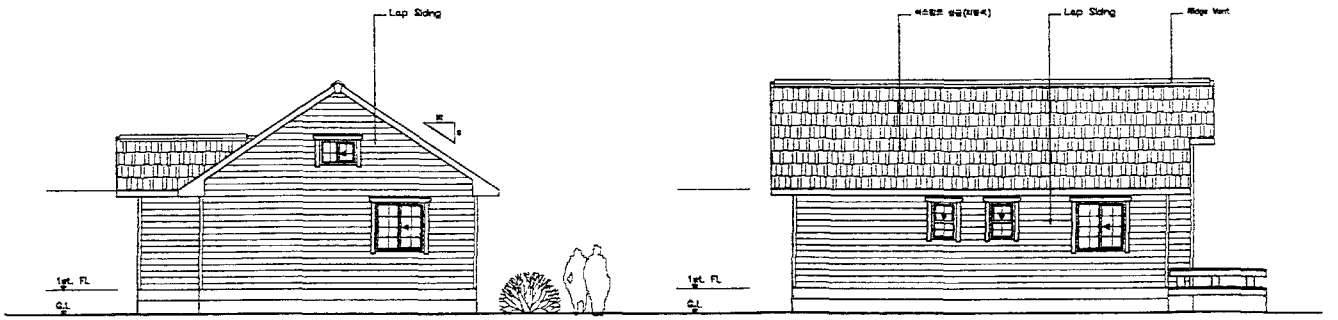


2 / A902 지붕평면도
SCALE : 1 / 100



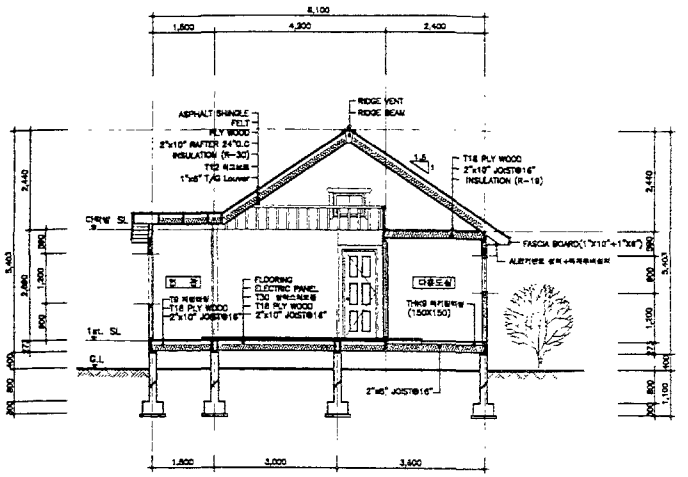
1 A-803 정 면 도
SCALE : 1 / 100

2 A-803 우 측 면 도
SCALE : 1 / 100

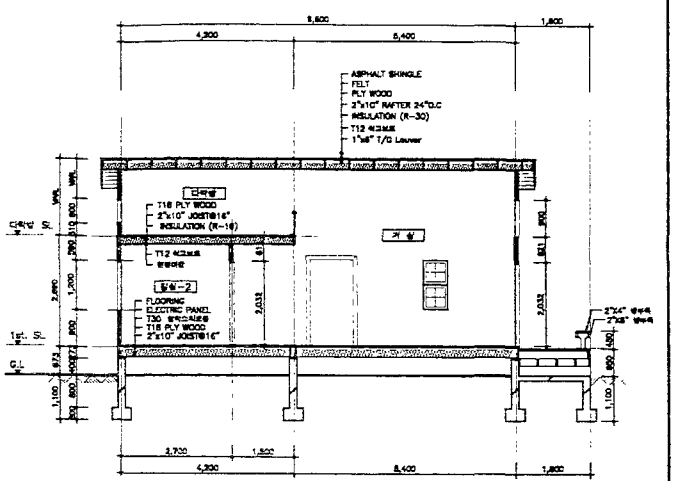


3 A-803 배 면 도
SCALE : 1 / 100

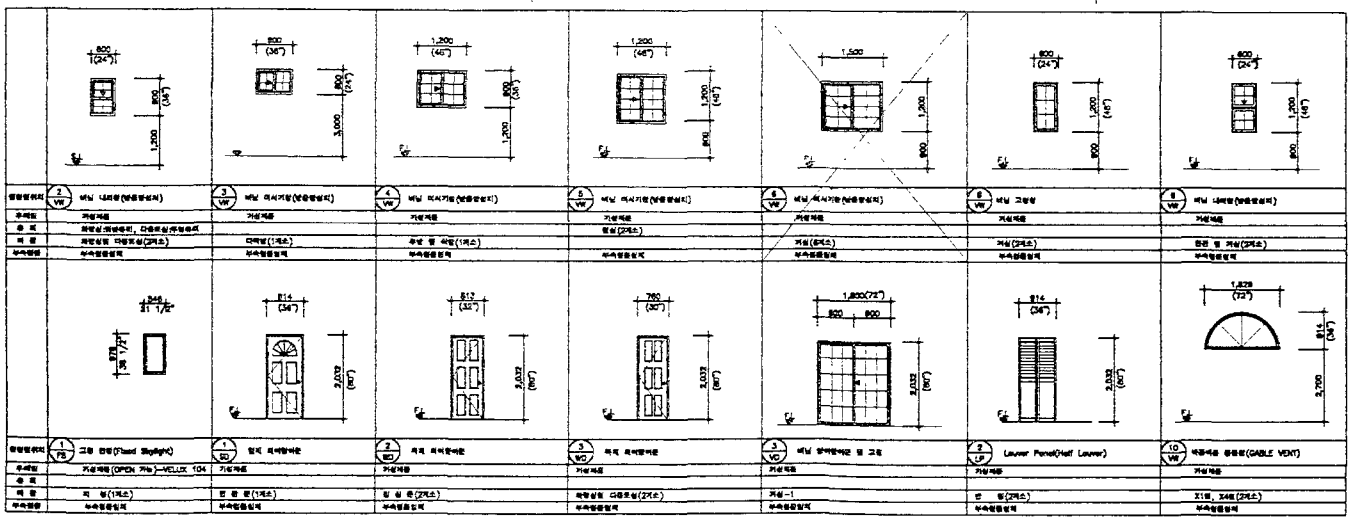
4 A-803 좌 측 면 도
SCALE : 1 / 100



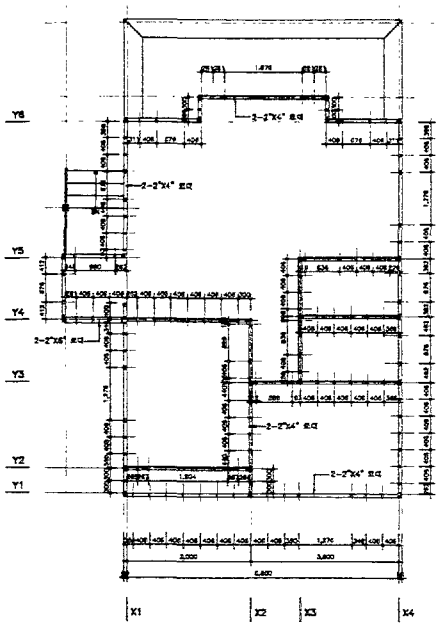
1 A/904 주 단 면 도-1
SCALE : 1 / 100



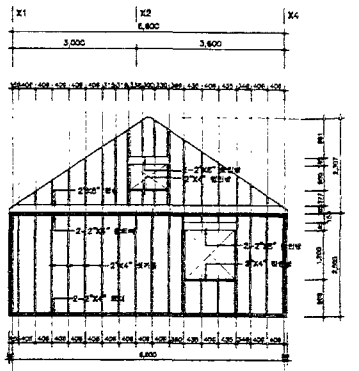
2 A/904 주 단 면 도-2
SCALE : 1 / 100



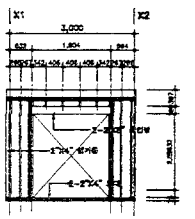
3 A/904 창 호 도
SCALE : 1 / 100



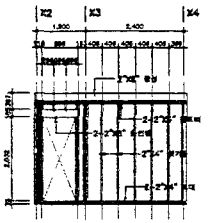
1층 골조 평면도
SCALE : 1 / 100



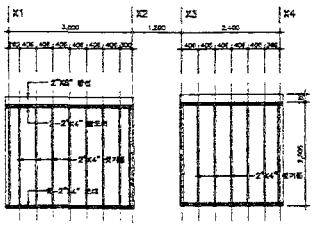
Y-1 전개도



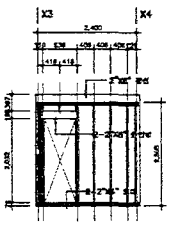
Y-2 전개도



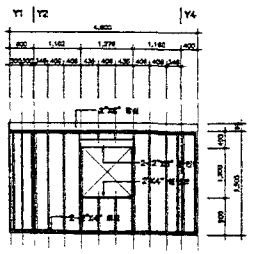
Y-3 전개도



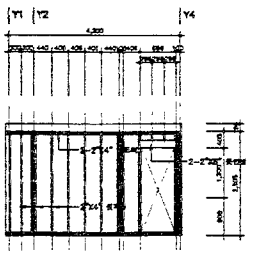
Y-4 전개도



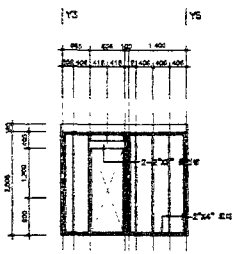
Y-5 전개도



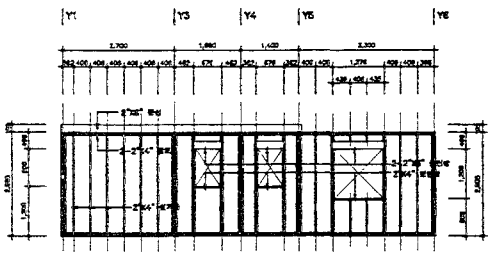
X-1 전개도



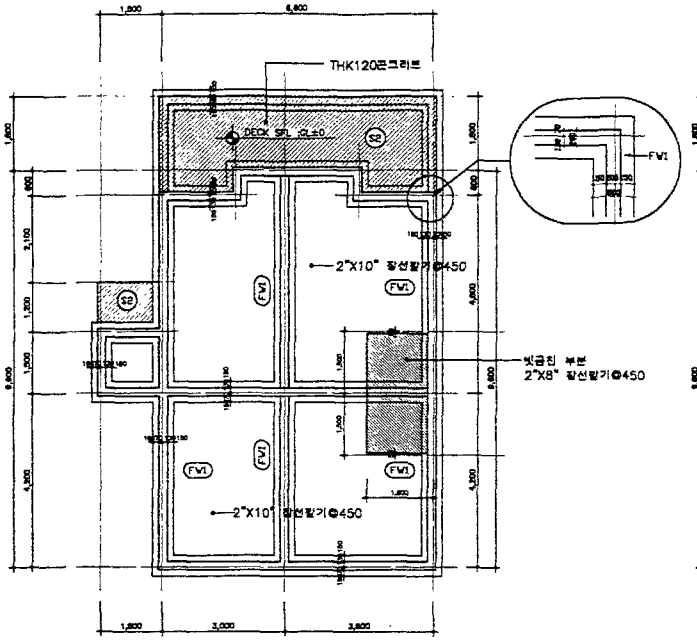
X-2 전개도



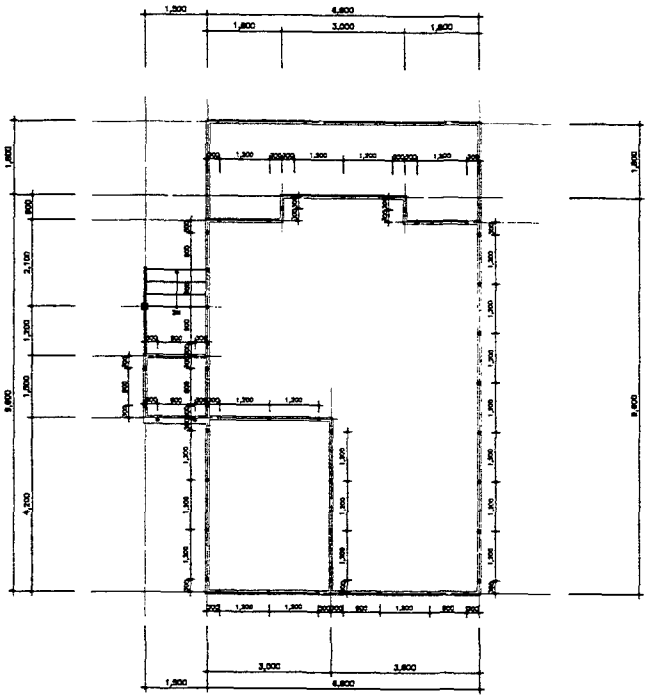
X-3 전개도



X-4 전개도



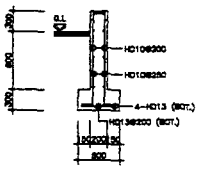
1 S 201 **1층 바닥 구조평면도**
SCALE : 1 / 100



2 S 201 **앵커볼트 위치도**
SCALE : 1 / 100

SLAB LIST

NAME	THK.	단 변		장 변		비 고
		TOP	BOT.	TOP	BOT.	
1S1	150	HD13@200	HD10@200	HD10@250	HD10@250	
1S2	120	HD10@300		HD10@300		



3 S 201 **줄기초배근도 (WF1)**
SCALE : 1 / 100