

그린팀버월 패널의 전단성능

김윤희¹ · 신일중¹ · 장상식^{1*}

¹충남대학교 환경소재공학과

Shear performance of green timber wall panels

Yun-Hui Kim¹, Il-Joong Shin¹, Sang-Sik Jang^{1*}

¹Dept. of Bio-based Materials engineering, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Republic of Korea

Received on 18 August 2011, revised on 30 August 2011, accepted on 19 September 2011

Abstract : Korean building industry was developed by concrete and steel construction. However, concrete and steel have some problems which low carbon storage capability and difficulty of recycling. According to many studies, timber has high carbon storage capability, high recycling capability and sustainable supporting capability. Focus on this factors of timber, make new wall structure as Green Timber Wall panels and check the shear performance to use wall system in housing construction such as light-weight timber construction and nondearing wall on other construction. In the results, B-4-B and B-4-S show similar modulus of shear stiffness on the table. GH-4-GH has slip shape failure mode between Green Timber Wall boards. GH-4-GV has most stable characteristic curve than other specimens.

Key words : Green Timber Wall panel, Shear performance, Tongue & groove

I. 서론

자원의 고갈 및 재료비의 증가로 인해 에너지 재활용 및 대체에너지의 개발에 대한 관심이 높아지고 있다. 건축 산업 또한 자재비의 증가와 건설기간 중 발생하는 탄소발생량 증가 및 건축폐기물에 대한 관련법규 강화로 인해 탄소발생량 및 에너지 사용량 감소를 위해 노력을 기울이고 있으나 건축자재 개발 및 에너지 절약 공법을 통한 근본적인 대책이 필요하다. 대한민국의 건축시장은 주로 강철과 콘크리트로 발전해 왔으며 현재도 아파트와 같은 대량공급 주택부분에서 주도적인 역할을 하고 있다. 5년마다 작성되는 건설자재의 투입 구조에 대한 건설산업연구원의 보고서 [1] 에 따르면 레미콘이 11.8%로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며 금속 및 강철 또한 10.6%에 두 번째로 높은 비율을 차지하고 있다. 강철 및 콘크리트는 건축재료의 측면에서 재활용 및 폐기물 처리에 대한 에너지 소모도가 크기 때문에 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 탄소발생량은

감소시키면서 탄소저장능력이 뛰어날 뿐 아니라 재활용이 가능한 새로운 건축재료의 사용이 필요하다. 지속적으로 친환경재료로서 인정받아온 목재는 탄소발생량이 다른 재료에 비해 현저히 적으며 탄소저장능력이 뛰어나 친환경건축 재료로 적합하다 할 수 있다. 또한, 다른 재료와는 달리 재활용이 용이하며 계획된 조림을 통해 지속적인 재료 공급이 가능하다는 장점을 지니고 있다. 목재를 주재료로 사용하는 경골목조건축은 다른 건축공법에 비해 목재의 사용량이 현저히 높으나 벽체 부분에서 덮개 재료로 석고보드 및 OSB가 사용되고 있어 환경문제를 야기할 수 있다. 그린 팀버월은 경골목조건축에서 사용되고 있는 일반 벽체의 구조적 특징을 살려 구조체는 유지하면서 덮개로 사용되고 있는 석고보드나 OSB의 사용을 가급적 줄이고 목재의 사용량을 증가시키고자 한다. 최근 재료의 이동거리를 줄여 탄소발생량을 줄이고 그에 따른 경제성 향상을 도모하는 방식이 도입되고 있고 지속적인 조림을 통한 재료 수급을 고려하여 국산재를 활용하고자 한다. 국산재의 활용에 대한 연구는 이미 So와 Lim(1989)의 국산 주요 침엽수종의 복합 집성재 개발을 시작으로 Oh 등(2000)가 국산 낙엽송의 허

*Corresponding author: Tel: +82-42-821-5756

E-mail address: ssjang@cnu.ac.kr

용응력도 산출을 위한 연구를 진행하였으며 Byun 등(2008)은 국산재의 응용물성에 대한 연구를 통해 잣나무와 낙엽송에 대한 다양한 선질을 조사한 바 있다. 그 중에서도 국산 낙엽송의 경우에는 Park 등(2010)가 재질 평가를 통해 실내장식용재로서의 특성을 연구한 바 있다. 이 연구에서 사용되어지는 국산재는 전단응력을 위한 벽체 구성 및 실내장식을 위한 벽체 덮개재로 동시에 활용되기 때문에 앞선 다양한 연구결과를 토대로 국내산 낙엽송을 사용하기로 한다. 그린팁버널 패널은 목조건축에서는 내력벽으로 사용되어 수직하중 및 수평하중을 저항하는 구조로 사용되며 고층 아파트나 상가 등에서는 칸막이용 비내력벽으로 사용될 수 있다. 또한 건축에 대한 새로운 시도를 통해 건축물 유지에 필요한 에너지 사용량을 줄이려는 연구가 다양하게 진행되고 있는 점을 감안하여 높은 단열성능과 우수한 내화성능 및 차음성능을 포함해야 할 것이다. 지금까지 목조주택의 단점으로 작용되었던 품질의 균일성에 대해 그린팁버널은 패널화 작업을 통해 동일하면서 수준 높은 품질을 제공하며 생산성을 향상시킬 수 있는 기술을 적용하였다. 이 연구에서는 기존의 덮개재로 구성된 벽체와 제안된 벽체 구성인 그린팁버널 패널의 전단성능을 측정해 보고 가능성을 확인해 보고자 한다.

II. 재료 및 실험방법

1 시험재료

재료의 이동을 줄여 탄소발생량을 감소시키는 환경정책의 일환으로 국내산 낙엽송을 사용하였으며 구조재로는 국내에서 가장 많은 양이 사용되고 있는 캐나다산 햄퍼(Hem-fir) 및 SPF를 선정하였다. 모든 부재는 1종 구조재

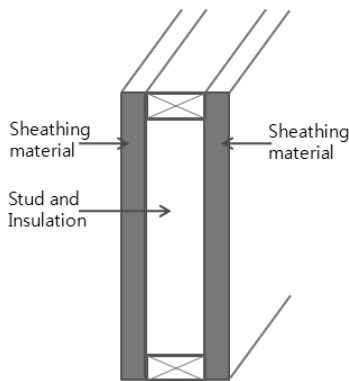


Fig. 1. Wall formation.





중에서 2등급 이상의 품질을 사용하였으며 함수율 18% 이하의 제품을 사용하였다. 전단성능을 시험하기 위하여 단열재를 설치하지 않은 구조체 형태의 벽체를 제작하였으며 제안하고자 하는 그린팁버널 패널의 덮개재로 그린팁버널 벽널을 사용하여 제작하였다. 그린팁버널 벽널은 일반 구조재용으로 생산되는 38 mm × 140 mm 부재를 사용하여 양측면을 따라 제혀쪽매 가공을 하였으며 최종 마감치수는 두께 35 mm에 나비 125 mm로 제작하여 끼우기 제작법을 사용하였다. 시험편은 실대재 실험에 가깝게 진행하기 위하여 길이 2.4 m로 제작하였다.

2 시험방법

그린팁버널 패널의 수평하중 저항성능 시험은 실제 건축물에서 작용하는 풍하중 및 지진하중에 대한 저항능력을 측정하기 위한 것이다. 풍하중이나 지진하중은 건축물에 지면과 평행한 방향의 수평하중을 작용시키며 이러한 수평하중은 하중 방향과 평행한 벽체에 전단하중으로 작용하게 된다. 따라서 건축물에서 풍하중이나 지진하중과 같은 수평하중에 대한 저항력을 제공하기 위해서는 벽을 구성하는 패널의 면전단강도가 매우 중요한 역할을 담당하게 된다. 수평하중 저항시험 방법은 KS F 2154(경골목조 전단벽의 전단시험 방법)에 따라서 수평방향으로 반복하중을 가하여 패널의 하중지지 성능을 측정하며 이 연구에서는 3층 건물의 1층 전단벽에 대하여 전단벽 상부로부터 전달되는 수직 압축하중을 가정하여 7,500 N/m의 수직하중(2.4 m 길이에 대하여 총 20 kN의 압축하중)이 패널 윗면에 등분포하도록 하여 실시하였다. 패널에 가해지는 수평하중은 패널의 상부에서 전단벽의 길이를 따라 균일하게 분포하여 작용하도록 하중블록을 설치하고 하중블록을 통해 반복수평하중을 가하였다. 각 하중은 단계별로 3반복으로 구성된 여러 단계의 준정적 반복하중을 가하며 하중의 속도는 하중을 가하기 시작한 후 약 10분 정도에서 시험편이 파괴될 수 있도록 조정하였다.

단계별 반복 하중을 범위 내의 균일한 속도로 최대 하중에 도달할 때까지 가하며 하중과 변위를 연속적으로 기록하였다. 변위량은 총 10단계로 적용하였으며 하중-변위 그래프를 통해 최대 전단 내력 및 전단 강성 계수의 값은 KS F 2154의 계산식을 활용하여 계산하였다. 최대 전단 내력은 전단벽의 파괴 때까지 또는 변형이 50 mm가 될 때까지

Table 1. Wall composition.

Model	Image	materials
B-4-B		12.5 mm gypsumboard 38 mm × 89 mm stud 610 mm o.c. 12.5 mm gypsumboard
B-4-S		12.5 mm gypsumboard 38 mm × 89 mm stud 610 mm o.c. 11.1 mm OSB
GH-4-GH		Green timber panel (Horizontal) 38 mm × 89 mm stud 610 mm o.c. Green timber panel (Horizontal)
GH-4-GV		Green timber panel (Horizontal) 38 mm × 89 mm stud 610 mm o.c. Green timber panel (Vertical)

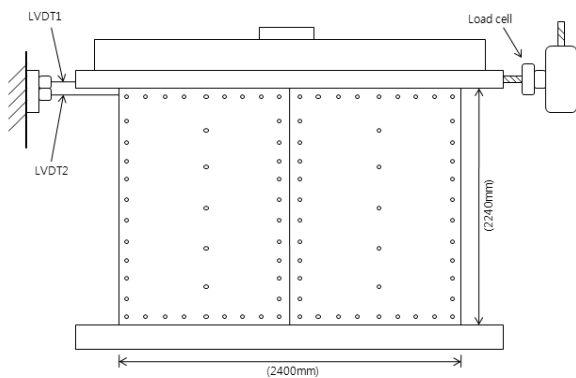


Fig. 2. Test method for wall.

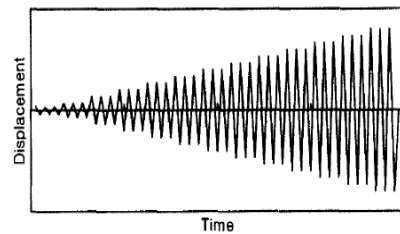


Fig. 3. Quasi-static cyclic load.

하중을 가하며 변위를 측정하고 변위 50 mm 이전에 최대 하중에 도달한 경우에는 그 값을 최대 하중으로 하고 그렇지 않은 경우에는 50 mm 변위에서의 하중을 최대 하중으로 하여 아래 식을 활용하여 최대 전단 내력을 계산하며 전단벽의 전단 강성 계수는 최대하중의 1/3에 해당하는 값을 구하여 계산하였다.

$$S_u = \frac{P_u}{b'} \quad (1)$$

$$G = \frac{P}{d} \times \frac{a}{b'} \quad (2)$$

S_u : 최대 전단 내력(N/m), P_u : 최대 하중 또는 변위 50 mm에서의 하중(N), b' : 전단벽의 나비(m), G : 전단 강성 계수(N/mm), P : 최대 하중의 1/3, a : 전단벽의 높이(m), d : 총 변위(mm)

III. 결과 및 고찰

실대재에 가까운 크기의 시험체를 이용하여 수평하중저항성능 시험을 실시한 결과를 Fig. 4와 5를 통해 확인할 수 있다. 그래프에 의해 감싸여진 면적이 패널의 전단운동에 의한 에너지 감쇠를 나타내는 것을 확인할 수 있다. B-4-B의 경우 하중-변위 선도의 내부 면적이 비교적 큰 것을 확인할 수 있으며 이는 시험중에 부재 변위와 상호 마찰로 인한 에너지 감쇠가 크게 발생한 것이라 볼 수 있다. 또한 초기 강성이 높은 편에 속하나 5 mm 이내의 작은 변형에서 최대강도가 나타나고 강도의 감소가 진행되는 것을 확인하였다. B-4-B에 비하여 B-4-S의 그래프 면적이 좀 더 적으며 벽면의 양면 덮개를 모두 12.5 mm 석고보드로 사용한 경우보다 단면 12.5 mm 석고보드, 단면 11.1 mm OSB를 사용한 경우가 전단운동에 의한 에너지 감쇠가 좀 더 적게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한 B-4-S

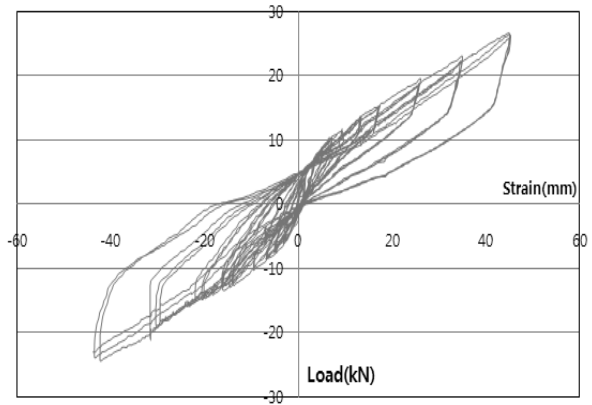
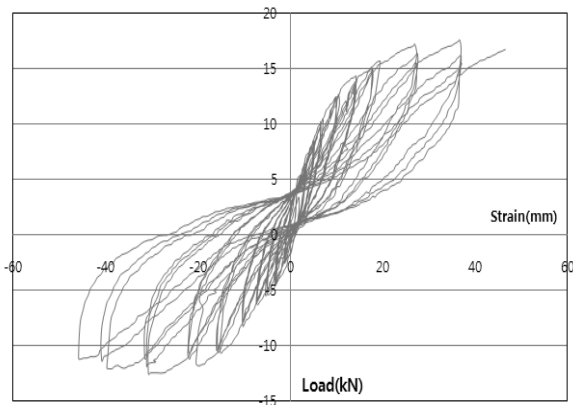


Fig. 4. Results of shear test (B-4-B and B-4-S).

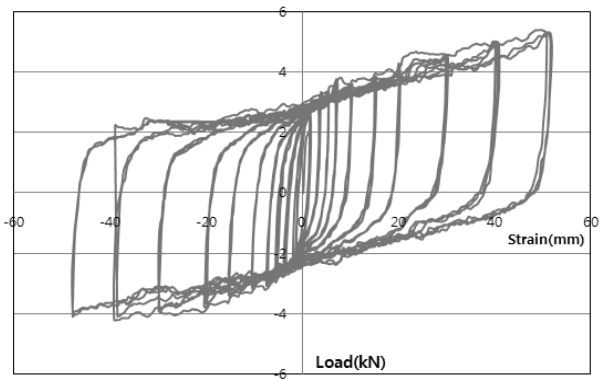
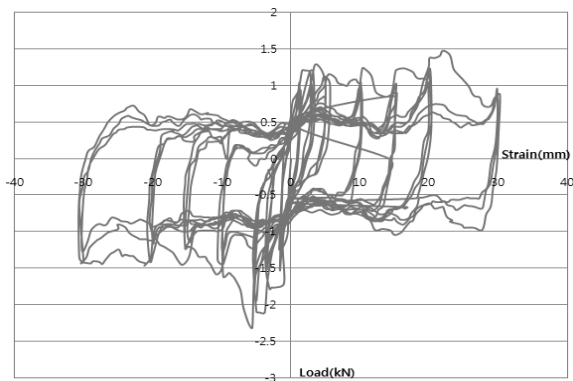


Fig. 5. Results of shear test (GH-4-GH and GH-4-GV).

시험편은 약 20 mm 정도의 전단변형에서 최대 강도를 나타내고 강도의 감소가 진행되는 형태를 보였다.

새롭게 시도되는 그린티ம்ப러월 벽널을 활용한 시험체인 GH-4-GH 와 GH-4-GV 시험체의 전단강도 시험 결과는 Fig. 5를 통해 확인할 수 있으며 양면 모두 동일한 방향인 수평방향으로 그린티ம்ப러월 벽널을 배치할 경우 패널의 전단 운동에 의한 에너지 감쇄면적이 넓게 분포하는 것 뿐만 아니라 불규칙한 에너지 감쇄를 확인할 수 있었다. 약 10 mm 변형에서 목재 벽널 사이가 서로 미끄러지며 전단변형이 발생하였으며 강성 및 강도 또한 급격히 저하되는 것을 확인하였다. 그에 반해 단면 그린티ம்ப러월 벽널 수평배치 및 단면 그린티ம்ப러월 벽널 수직배치로 구성된 GH-4-GV의 그래프는 좀 더 안정적인 에너지 감쇄 경향을 나타내며 높은 초기강성을 확인할 수 있었다. 그린티ம்ப러월 벽널을 배치할 경우 양면 모두 수평으로 배치하기 보다는 수평 및 수직으로 배치하여 미끄러짐에 의한 전단변형을 예방하고 수평하중 저항성능을 향상시킬 수 있을 것이다.

수평전단 저항성능 시험 시 각 구간을 3반복으로 진행하여 각 주기에 따른 특성곡선을 Fig. 6과 7로 얻을 수 있었다. 1차 특성곡선을 초기 특성곡선이라 하며 3차 특성곡선을 안정특성곡선이라고도 부른다. 모든 시험체에서 2차 특성곡선과 3차 특성곡선 모두 비슷한 형태를 보였으며 1차 특성곡선의 경우 증가한 변위량으로 인하여 2차와 3차 특성곡선과는 다른 형태를 보이는 경향이 확인되었다. 각 시험체의 특성곡선의 분석을 통해 앞의 그래프와 동일하게 초기 강성이 높게 분포되어 있는 것을 확인할 수 있었으며 GH-4-GV의 특성곡선이 가장 안정화되어 있는 것을 확인할 수 있었다.

양면이 12.5 mm 석고보드로 구성되어 있는 B-4-B 시험체의 경우 최대전단내력에서 OSB와 12.5 mm 석고보드로 구성되어 있는 B-4-S에 비하여 낮은 수치를 보였으나 전단강성계수에서는 큰 차이를 발견하지 못했다. 그린티ம்ப러월 벽널을 이용하여 제작한 GH-4-GH의 경우 다른 시험체에 비하여 최대전단강도와 전단강성계수 모두 가장 낮은

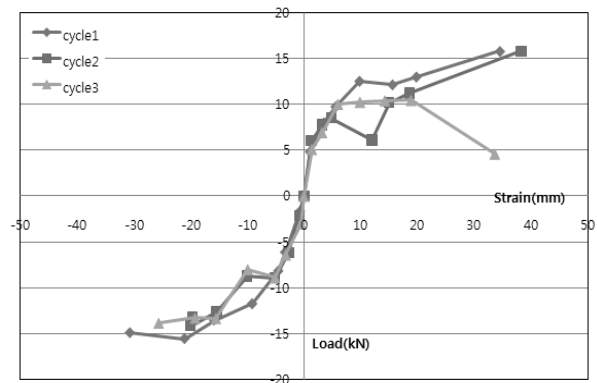
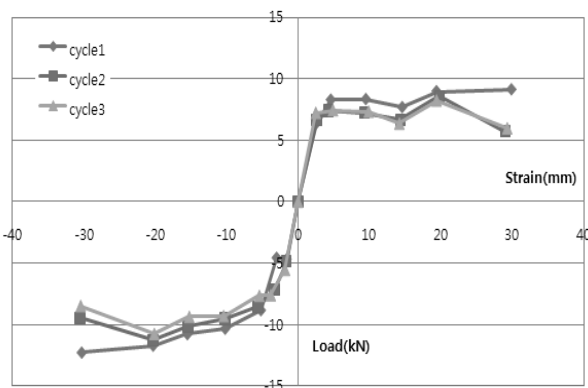


Fig. 6. Results of shear test (B-4-B and B-4-S).

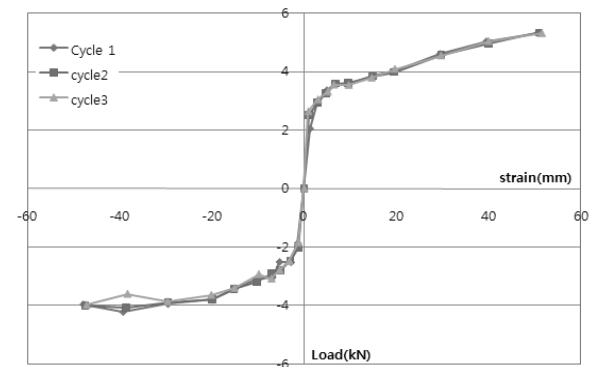
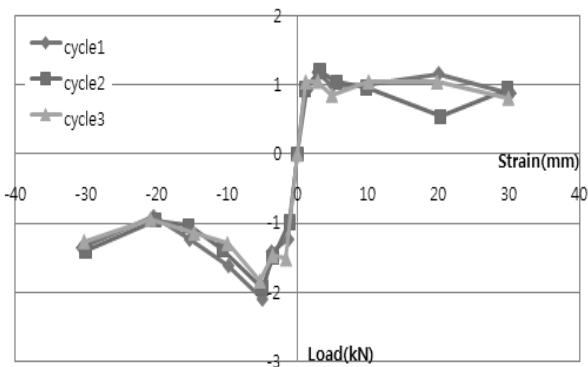


Fig. 7. Results of shear test (GH-4-GH and GH-4-GV).

Table 2. Max shear strength and modulus of shear stiffness.

Model	Maximum shear strength (N/m)			Modulus of shear stiffness (N/mm)		
	cycle1	cycle2	cycle3	cycle1	cycle2	cycle3
B-4-B	4,446	4,133	3,954	2.55	2.65	2.83
B-4-S	5,863	5,650	5,133	2.65	3.31	2.95
GH-4-GH	681	660	600	0.75	0.83	0.86
GH-4-GV	1,983	1,960	1,933	1.36	1.79	2.02

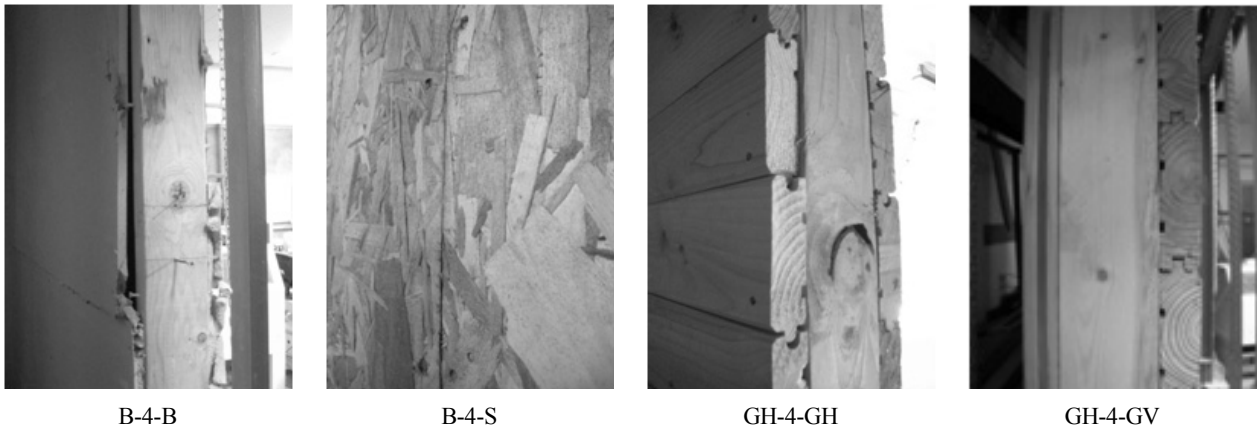


Fig. 8. Failure mode of shear test.

수치를 보였다. 이는 양면 모두 수평으로 배치된 벽널의 형태로 인하여 전단변형에 대한 저항능력이 다른 시험체에 비하여 현저히 낮은 것으로 판단된다. 그에 반해 단면 수평 및 단면 수직으로 그린팁버널 벽널을 배치한 GH-4-GV의 경우 월등히 향상된 전단변형저항성능을 확인할 수 있었다. 건축구조기준2009에 명시되어진 격막의 허용전단력을 적용하여 계산할 경우 B-4-B의 허용전단력은 18kN/m 이며 모든 시험결과가 기준치에 미치지 못했다. 실외벽에 사용되는 석고보드-OSB의 덮개 구성인 B-4-S의 결과 또한 기준허용전단력에 미치지 못하는 것으로 보아 내력벽으로서 기준허용전단력 이상을 발현할 수 있도록 하기 위해 2X6 스티드를 사용할 뿐 아니라 전단력 향상을 위한 보조 철물의 설치가 필요할 것으로 판단된다.

B-4-B의 경우 초기 강성은 높았으나 5 mm 이내의 작은 변형에서 최대강도를 나타낸 후 석고보드 표면 종이 가 못에 의해 관통되면서 강도의 감소현상이 발생하였으며 종이 관통과 함께 측면 석고보드가 깨지는 파괴형태를 확인할 수 있었다. B-4-S의 경우 약 20 mm 정도의 전단변형에서 최대강도를 타나내고 석고보드의 종이관통과 함께 OSB에 설치된 못이 OSB 내로 삽입되는 형태의 파괴가 발생하였

다. 그린팁버널 벽널을 양면 수평으로 배치한 GH-4-GH는 약 10 mm 변형에서 목재벽널 사이가 서로 미끄러지며 전단변형이 발생하였으며 수평, 수직으로 배치한 GH-4-GV는 수평하중하에서 벽널이 계단형으로 변형되는 형태와 함께 마찰력에 의한 벽널 턱 접합부에서의 일부 분리 형태로 파괴가 발생하였다.

IV. 결론

1. 양면 12.5 mm 석고보드를 덮개 재료로 사용한 B-4-B 시험편과 단면 12.5 mm 석고보드, 단면 11.1 mm OSB로 사용한 B-4-S 시험편의 전단시험결과 B-4-S가 전단변형에 따른 에너지 감쇄량이 적은 것으로 확인되었으며 두 시험체의 전단강성계수는 큰 차이를 보이지 않았다. 일반적으로 사용되고 있는 벽체 구조로 초기 강성이 높으나 석고보드 종이부분의 관통형 파괴형태를 보였으며 석고보드 측면 파괴와 함께 강성 및 강도의 급격한 감소가 확인되었다.
2. 그린팁버널 벽널을 활용한 GH-4-GH는 양면 모두 벽널을 수평으로 배치하여 수평전단저항성능이 기대

치 이하로 낮게 측정되었을 뿐 아니라 작은 수평전단에도 벽널의 미끄러짐 현상이 발생하며 파괴되는 형태를 보였다 이에 반해 단면 수평, 단면 수직으로 벽널을 배치한 GH-4-GV는 안정적인 특성곡선을 보이며 벽널의 미끄러짐 현상이 줄어들었고 수평전단저항성능 또한 향상되었다.

3. 그린티ம்ப러월 벽널을 활용할 경우 석고보드나 OSB를 대체한다는 의미에서 좀 더 친환경적인 벽체구조를 구성할 수 있으나 내력벽으로서 기준허용전단력 이상을 발현하기 위해서 스티드 두께의 조절과 전단력 향상을 위한 보조철물 등의 사용이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농업산림기술개발 프로젝트(2009)의 일환으로 농림수산식품기술기획평가원의 지원을 받아 수행한 것임.

참고 문헌

- Construction & Economy Research Institute of Korea (CERIK). 2010. *Investment Structure of Building Materials and Analysis per Unit Production Cost*. 10 pp. [in Korean]
- Lee JJ, Oh JK. 2000. Study of optimum probability distribution model for allowable stress design of domestic Larix Kaempferi. *Mokcha Konghak Progress*. pp. 52-57. [in Korean]
- Byeon HS, Lee WH, Park BS, Chong SH. 2008. Study on physical properties of domestic species II: Sorption, thermal, electrical and acoustic properties of Pinus Koraiensis and Larix Kaempferi. *Mokchae Konghak* 36(4): 1-10. [in Korean]
- Park BH, Lee JY, Choi K, Jo WH. 2010. A development of interior decoration timber thorough evaluation of the quality with domestic Larix Kaempferi. *Journal of the Korean Society of Design Culture* 16(4): 249-262. [in Korean]
- KS. 2001. Method of shear(racking) resistance test for light-frame wood shear walls. In *KS F 2154*. [in Korean]
- KBC. 2009. *Korean Building Code Structural*. pp. 694-701. [in Korean]
- Donald EB, Kenneth JF, Kelly EC, David GP. 2007. *Design of Wood Structures ASD/LRFD*. pp. 10.1-10.54. The McGraw-Hill, USA.
- Jang SS, Shin IJ, Kim YH. 2010. Shear load performance test in accordance with sheathing materials of shear wall. *Journal of Agricultural Science* 37(2): 271-276. [in Korean]