

집성재를 이용한 막구조물의 시공 및 설계

Membrane Structural Design and Construction by Using Glued Laminated Timber

황 부 진*
Hwang, Bu Jin

고 광 응**
Ko, Kwang Woong

요 약

목재자원을 효율적으로 활용하기 위한 목적으로 개발된 공학목재는 기존에 구조용으로 사용되어 오던 목재제품에 비해 강도가 높으면서도 안정적인 장점을 가지고 있다. 또한 설계 상세에 따라 부재를 주문 제작이 가능하며, 대규모 건축물에도 주요 구조체로 사용되어져 오고 있다. 장 스패니 요구되는 재료로 구조용 집성재나 목재 I형장선, 단판적층재(LVL) 등을 활용하여 사용되고 있다.

본 프로젝트는 공학목재 중에서 집성재 및 막재를 이용한 구조 시스템으로, 강원도 뿌리기념관 공원공사 중 "야외무대 지붕공사"로 구조 재료, 구조설계 및 시공에 관한 내용으로 구성되어 있다. 지붕 구조재는 PVF/PFLT(테트라 필름코팅) 소재의 막이 사용되었다. 기둥 및 경사 부재는 강재(SS400)를 사용하였고, 캔틸레버 보 부재는 비대칭 구성 집성재(10S-28B)를 이용하였다.

Abstract

Structural Wood is developed by purpose to make efficient use of wood resources. The biggest advantage of structural wood is stable as strength is high than wood product that is used by structure in existing. Order manufacture according to design details is available. It is used to main structure elements to large spatial structure. Structure wood kind utilizes Glulam, prefabricated wood I-joists and laminated veneer lumber(LVL) and so on.

Structural Design and construction of Open-air Stage Roof Structure is described in the presented paper. Architectural roof materials is used to PVF/PFLT membrane. Column and diagonal members is used to steel members(SS400), and Cantilever beam is used to Glulam assembled with different Grade Laminations(10S-28B).

키워드 : PVE/PFLT, 구조용 집성재, 다른 등급 구성 집성재, 비대칭 구성

Keywords : PVE/PFLT, Structural Glued Laminated Timber (Glulam), Glulam Assembled with different Grade Laminations, Nonsymmetrical Assembly

1. 서 론

현재까지 국외에서는 목재를 이용한 대공간 구조물들이 다양하게 건설되었다. 대표적인 구조물로는 1992년에 완공되어진 직경이 143m이고, 높이가 48m인 Izumo Dome Stadium이라고 하겠다.

국내에서도 구조용 집성재를 이용한 대공간 구조물이 건설은 되고 있으나, 목재 자체가 고가인 문제로 아직은 활성화 되어 있지 못한 실정이다. 본 프로젝트는 강원도 뿌리기념관 공원공사 중 "야외무대 지붕공사"로 2007년 12월에 완공되었다. 야외무대 구조 시

스템은 캔틸레버형 구조물로서 서로 다른 3개의 이질 재료(강재, 집성목, 막재)를 사용하였다. 기둥 간격은 4.5M이고, 집성목인 보 부재는 대략 10M정도이다. 주 부재는 강재(SS400)와 집성재(10S-28B)를 사용하였고, 마감재는 막재(PVF/PFLT)를 사용하였다. 그림 1, 2는 야외무대 지붕공사 평면도 및 단면도이다.

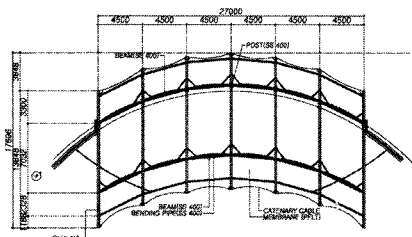


그림 1 평면도

* 정희원, (주)동아피엔에스 선임연구원
E-mail : wsl0206@nate.com

** 정희원, (주)동아피엔에스 선임연구원
E-mail : koku0516@empal.com

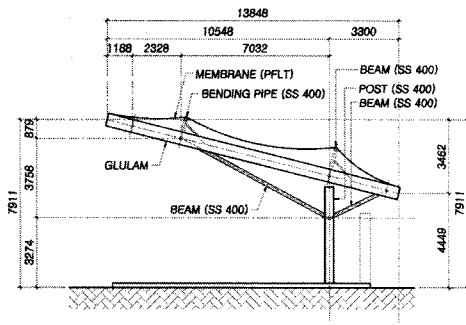
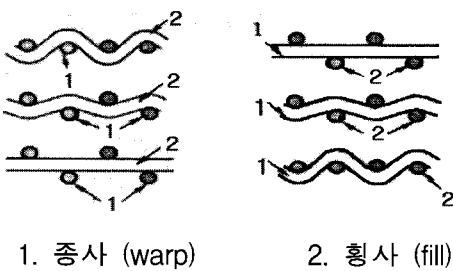
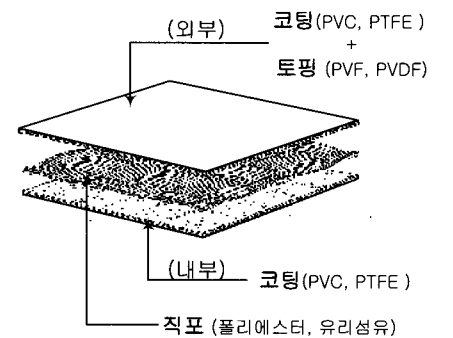


그림 2 단면도

2. 구조용 재료 특성 및 구조시스템

2.1 막재의 구성

막재의 구성은 그림 3.과 같이 기본적으로 직포와 코팅재로 구분된다. 구성 요소들 중에서 막재의 인장강도는 직포에 의해 대부분 결정되며 코팅재와 토핑재는 자외선과 오염등의 외부 환경 요인으로부터 직포를 보호하는 역할을 한다. 토핑은 PVC 계열의 막재에 필요하며 테프론 막재에서는 사용하지 않는다. 이와 같이 막재의 물리적인 성능을 유지시키기 위한 코팅재의 선택과 직포의 종류에 따라 다양한 막재가 만들어 진다.



1. 증사 (warp) 2. 횡사 (fill)

그림 3 막재의 구성

막재의 생산과정을 살펴보면, 아래와 같이 섬유생산에서 토핑까지의 많은 단계를 거치게 된다.

섬유	실	직포	코팅	토핑
(fiber)	(yarn)	(weave)	(coating)	(topping)

주로 건축용 막재에 사용되는 섬유는 폴리에스터 (polyester)와 유리섬유(glass fiber)이다. 이러한 섬유를 꼬아서 만든 것이 실이되며 실을 이용하여 옷감을 만드는 방법과 동일하게 종사와 횡사로 배치하면 직포가 되는 것이다. 실을 배치하는 방법에 따라서도 그림 4.와 같이 평직, 수자직, 능직 등의 방법이 있으나 구조용 막재는 양방향의 인장강도를 비슷하게 하기위해 평직을 주로 사용한다.

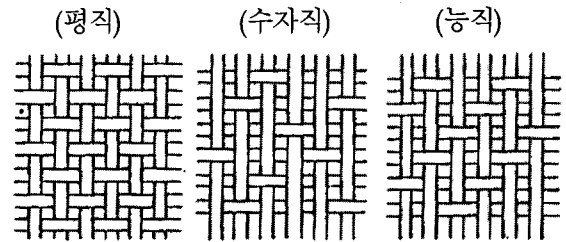


그림 4 직포의 구성방법

2.2 Structural Glued Laminated Timber

집성재는 만판(挽板), 작은각재, 단판 등 층칭 lamella, lamination 또는 lamina라고 불리는 요소(element)를 섬유방향이 평행하도록 길이, 폭, 두께 방향으로 집성, 접착하여 제조한 목질 재료를 일컫는 말로써 각종 조작용재 및 구조용재로 쓰이고 있다.

구조용 집성재의 종류는 KS F 3021에 의하여 층재의 구성과 배치에 따라서 같은 등급 구성 집성재와 대칭 또는 비대칭 다른 등급 구성 집성재로 구분한다. 각 라미나(lamina) 두께는 19~38mm (0.75~1.5 in)인 것을 사용한다. 미국에서 생산되는 대부분의 집성재는 주로 남부소나무(southern pine)나 미송(Douglas-fir)과 같은 구조용 침엽수 수종에 의한 것이지만 다른 여러 침엽수 및 활엽수 수종들도 집성재 생산에 사용되고 있다. 집성재는 층재구성 및 층재 배치에 따라 각각 2종류로 구분되어 지고, 횡단면의 크기에 따라 3종류,

접착면의 방향에 따라 2종류로 구분되어진다. 집성재 종류를 정리하면 표 1과 같다.

<표 1> 집성재 종류

구분	집성재 종류	
층재 구성	1. 같은 등급 구성재 2. 다른 등급 구성재	
층재 배치	1. 대칭 구성 (다른 등급 구성재) 2. 비대칭 구성(다른 등급 구성재)	
횡단면 크기	소단면	짧은변 75 mm 미만 긴 변 150 mm 미만
	중단면	짧은변 75 mm 미만 긴 변 150 mm 이상 대단면 제외
	대단면	짧은변 150 mm 이상 단면적 30000 mm ² 이상
접착면 방향	1. 수직 집성재 2. 수평 집성재	

기계 응력 식별 층재의 등급별 휨 탄성 계수는 표 2와 같고, 그림 5는 집성재 단면구성을 보여주고 있다.

<표 2> 기계 응력 식별 층재의 등급별 휨 탄성 계수
단위 : KN/mm²

등급	E5	E6	E7	E8	E9	E10
휨탄성계수	5	6	7	8	9	10
등급	E11	E12	E13	E14	E15	E16
휨탄성계수	11	12	13	14	15	16

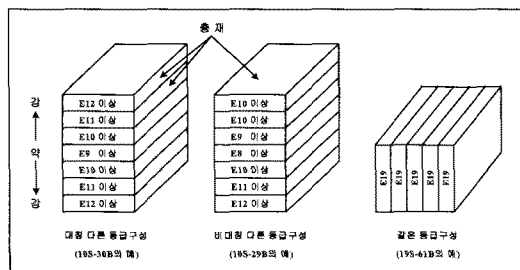


그림 5 집성재 단면 구성예

2.3 재료 허용강도

<표 3>에서는 사용된 Cable 및 막재의 특성을 나타내고 있다. 특히, 막재는 자정능력과 인열강도가 좋은 테드라(Tedlar) 필름코팅 막재로써 (주)경인에서 생산한 국내산 제품을 사용하였다.

<표 3> Cable 및 막재 허용강도

강관	SS400			
Cable	Structural Strand Rope 6xFi(25)+IWRC			
	Safety Factor=3.0(Long Term),2.2(Short Term)			
막재 (PFLT)	Max. Tensile Strength	Allowable Tensile Strength		
		Long Term (S.F=8.0)	Short Term (S.F=4.0)	
	Warp	80 kgf/cm	10 kgf/cm	20 kgf/cm
	Fill	80 kgf/cm	10 kgf/cm	20 kgf/cm

<표 4>에서는 본 시공현장에 사용된 집성재의 강도를 나타내고 있다. 야외무대에 사용된 목재의 강도등급은 10S-28B로 국내산 제품을 사용하였다.

<표 4> 집성재 허용강도

강도등급	재료강도				비고
	압축	인장	휨(정/부)	전단	
10S-28B	22.2	19.2	28/22	-	N/mm ²
	허용응력도				
	9.5	7.5	9.4/7.4	2	비고

3. 지붕구조의 시공

3.1 자재 검수 및 제작

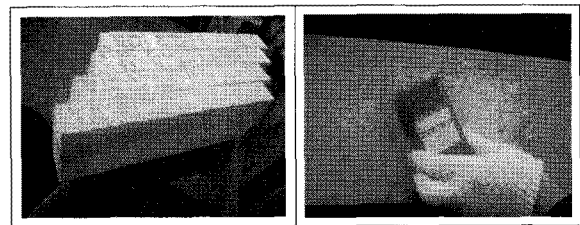


그림 6 시험체(좌) 및 함수율 측정사진(우)

그림 6은 집성재의 접착강도 시험체와 집성재의 함수율 측정과정을 보여주고 있다. 구조용 집성재 함수율은 15%이내여야 하고, 집성재 접착강도 시험 중 시험 I (침지 박리 시험, 삶은 박리 시험, 블록 전단시험)를 하였다.

3.2 야외무대 막구조의 제작 및 시공

그림 7은 야외무대 지붕공사 진행 과정을 보여주고 있다. 집성재, 강재 및 막재 가공은 모두 공장에서 가공되어졌다. 초기 디자인 과정에서는 주 구조체는 집성재를 이용하여 디자인 되었으나, 공사비와 완공일정 문제로 부득이하게 기둥부재와 경사부재는 강재를 사용하게 되었다.



그림 7 야외무대 시공사진

그림 8, 9는 시공이 완료된 후의 전경과 집성재, 막재와 강재 접합부의 디테일을 보여주고 있다.



그림 8 완공 후의 전경



그림 9 접합부 디테일

4. 맺음말

2002년 월드컵을 계기로 막재를 이용한 대공간 구조물은 많이 시공되었고, 활성화되어 가고 있다. 또한 막 구조에 대한 이해 및 대공간 시공 기술력 또한 지속적인 발전을 이루고 있으나, 막재와 목재를 이용한 대공간 구조물은 아직 저변화 되어 있지 못한 실정이다.

막재와 목재를 이용한 대공간 구조물의 설계와 시공이 지속적으로 이루어져, 향후 더욱 다양하고 아름다운 막구조물의 실현을 기대해 본다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 연구개발사업의 연구비지원 (과제번호# 06 건설핵심B03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김현중, 엄영근, 이전제, 정희석, 최인규 공역, "목재공학개론", 선진문화사, 2004
2. 건축구조설계기준(KBC-S 2005), 대한건축학회
3. Thomas G. Williamson, P.E., "APA ENGINEERED WOOD HANDBOOK", McGraw-Hill.
4. Donald E. Breyer, Kenneth J. Fridley, Kelly E. Cobeen "Design of Wood Structures ASD", McGraw-Hill.