

Global Report

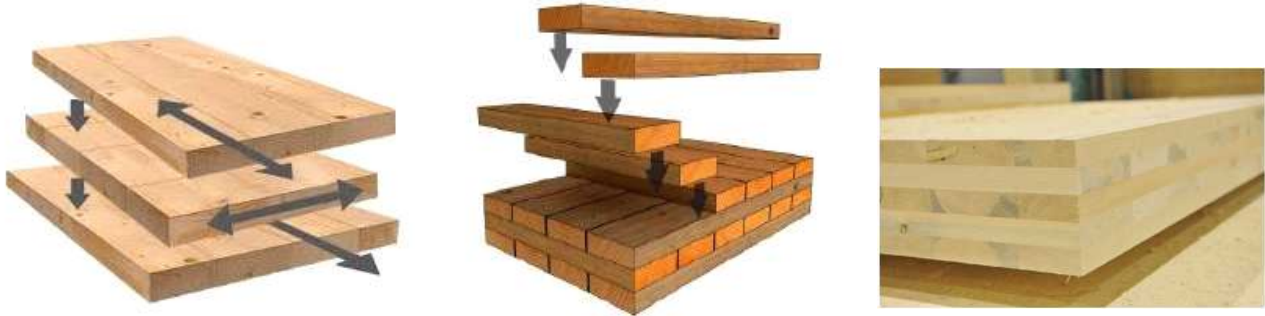
CLT 소개 및 호주와 뉴질랜드 설계 절차 개발

1. CLT의 소개
2. CLT의 유래와 장점
3. 호주의 CLT
4. 호주와 뉴질랜드의 CLT 설계법
5. 결론

1. CLT 소개

CLT(Cross Laminated Timber)란 [그림 1]과 같이 목재 층을 직각으로 교차시키면서 쌓아 접착하는 방식으로 제작된 목재다. 일반적으로 3개 또는 5개의 층을 겹치고 각 층은 직각으로 교차시키기 때문에 인접 층이 단단한 목재 패널을 형성하여 원재료의 구조적 특성을 개선할 수 있다.

CLT는 벽면 패널, 바닥 패널, 지붕 패널, 곡선 지붕 패널 및 보 등에 사용할 수 있다. 이러한 구조요소들은 안전하게 하중을 건디는 역할을 수행한다. 또한 패널은 공장조립이기 때문에 개구부를 자유롭게 배치할 수 있고 벽과 바닥 패널의 치수에 상관없이 자유롭게 사용가능하다.



[그림 1] CLT의 제작방법 및 제품

* 출처 : Cross Laminated Timber Market Size, Share, Trends By Type, ByApplication, By End-Use Forecasts To 2027

2. CLT 유래와 장점

1990년대 오스트리아와 독일에서 처음 개발된 CLT는 유럽 전역과 북미 및 뉴질랜드 등에서 설계와 건설이 크게 증가했다. 목재에 대한 이로움이 대중을 변화시키면서 녹색건축운동으로 광범위한 연구가 진행되었다. 유럽은 조화로운 설계절차의 표준화를 위해 노력했지만, 아직 생산을 위한 성능요건을 제외하고는 표준화된 유럽제품의 설계는 이루어지지 않고 있다. 최근에는 오스트리아 그라츠 대학에서 설계 절차를 포함한 소프트웨어 툴을 개발하였다.

유럽의 CLT 연구에 영향을 받아, 캐나다는 2005년에 비영리 목재연구센터인 FP Innovations에서 연구를 시작하여, 2010년에는 CLT 관련 제조, 설계, 유지관리에 관한 핸드북을 제공하였다. 이는 북미의 CLT 제품의 표준이 되었으며, 곧이어 2011년에 CLT 성능평가 표준이 발간되었다.

전 세계적으로 CLT의 판매량은 약 500,000m³에 달하였다(Brandner, 2014)

유럽에서는 CLT의 우수한 열 저항 특성으로 인해 단독주택 뿐 아니라 10층 이상의 고층건물에도 많이 사용되고 있다.

CLT는 강재나 콘크리트 등 전통적인 건설재료에 비해 상당한 경쟁력을 가지고 있다. 즉, 공사기간이 짧아 조기 임대수익 실현이나 자금조달의 부담이 적다는 것이다. 또한, CLT는 공장에서 조립되기 때문에 날씨에 상관없고, 개구부 설치도 공장제작시 미리 절단하여, 창문이나 문을 현장 측정 없이 바로 설치가 가능하다. 그 외의 장점으로 목재의 특성 상, 건물시공이 쉽고 노동력이 덜 집중되는 면이 있다. 또한 CLT는 양호한 강도대비 중량을 가지고 있어, 열악한 토질조건에서도 고층건물을 시공할 수 있다.

CLT는 줄어든 공사기간으로 인해, 운송이나 크레인 사용이 줄어들어 온실가스 배출을 감소시킬 수 있다. 또한 CLT 건물의 해체 시에도 설치와 동일한 방식으로 패널을 해체할 수 있으며, 해체된 모든 부품은 오염물을 제거한 후 재사용하거나 바이오매스 연료로 재활용할 수 있다.

3. 호주의 CLT

호주의 단층주택은 석재나 목재 등 건축재료의 가격경쟁이 심해 건축비가 낮게 유지된 반면, 고층건

물은 강재나 콘크리트의 높은 단가와 인건비로 인해 건축비가 상당히 고가이다. 이에 반해 CLT는 저가에 생산이 가능하고 제작기간이 짧아 건축시장에서 상당히 경쟁력이 있는 아이템이 되었다.

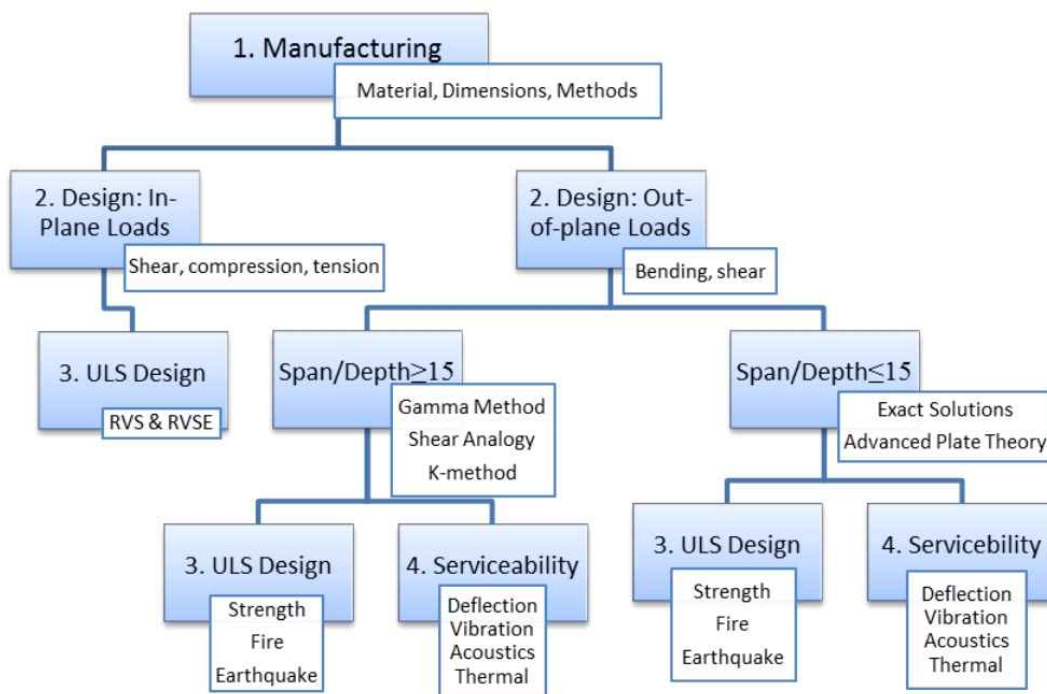
뉴질랜드에는 제한적이거나 CLT 제조시설이 있으나, 호주에는 시설이 전혀 없다. 뉴질랜드의 CLT 시장은 목재 건물로 얻을 수 있는 내진설계 특성 및 뉴질랜드와 호주의 산업체와 연구기관들이 협력하여 2009년 설립한 STIC(Structural Timber Innovation Company)에 의한 연구결과에 의해 상당히 활성화되었다.

멜버른에 있는 포르테 빌딩은 2012년에 지어진 10층짜리 CLT 주거용 빌딩이다. 그런데, 호주는 아직 CLT를 제조할 수 있는 공장이 없기 때문에 유럽의 오스트리아 CLT 공장인 KLH사로부터 재료를 공급받아 지어졌다. 따라서 호주가 CLT 시장에서 경쟁력을 갖기 위해서는 재료와 지역자원 및 활용가능한 생산 프로세스가 있어야 한다.

CLT 패널은 일반적으로 부드러운 나무로 제작되며, 유럽은 가문비 나무가 일반적으로 사용된다. 호주 시드니 공과대학에서는 현지의 소나무로 CLT 패널을 만드는 연구가 진행 중이며, 유럽의 가문비 나무와 비교해서 동등이상의 성능을 가진 호주산 소나무 활용 CLT 패널을 제조할 것으로 기대하고 있다.

4. 호주와 뉴질랜드의 CLT 설계법

호주와 뉴질랜드 내에서 CLT의 설계절차를 만들기 위해서, [그림 2]와 같은 요약된 설계 흐름도를 제안하였다. 이 흐름도는 유럽의 설계절차를 수정한 것이며, 호주의 설계표준이 될 수 있을 것이다. [그림 2]의 설계 흐름도에 대한 각각의 내용을 보면 다음과 같다.



[그림 2] CLT 설계절차의 흐름도

(1) CLT 제조

CLT 패널은 벽, 바닥, 지붕 및 보 요소등에 다양하게 사용되며, 서로 다른 종의 나무나 서로 다른 단면 등이 교차하는 경우에도 쉽게 제조될 수 있다. 이는 다양한 매개변수를 포함한 설계모델이 존재하기 때문이며, 일관적인 제조를 위해 치수, 품질요구사항, 동일한 기계등급 및 강도등급 등의 표준화가 충족되어야 한다.

(2) 설계하중 결정

바닥과 벽에 사용되는 패널에는 평면 내 하중과 평면 외 하중이 동시에 작용한다. 특히 바닥 패널에는 수직하중과 휨이 동시에 작용한다. 결국 패널의 각 요소에는 3가지의 하중을 고려해야 하며, 이는 풍력에 의한 휨 하중과 수직하중에 의한 축력 및 수평하중에 의한 전단하중 등이 있다. CLT는 목재를 서로 직각으로 겹쳐 층을 이뤄 만들었기 때문에 이들 하중들에 대한 저항력을 가지게 된다.

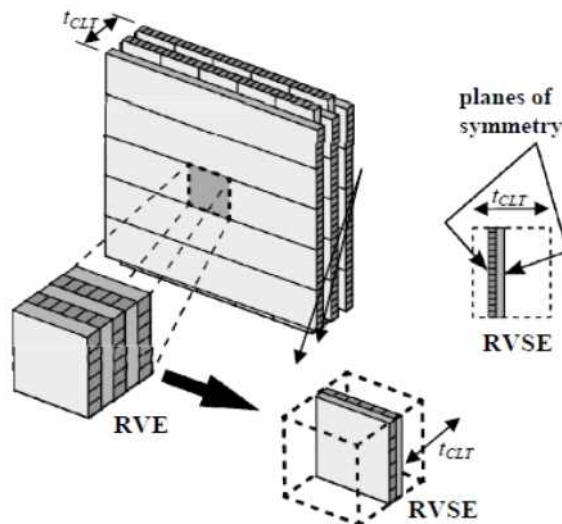
CLT는 비균질 재료를 사용하여 서로 직교시켜 층을 이루므로 인해, 평면 내의 전단응력이나 평면 외의 휨응력 발생이 획기적으로 줄어들게 된다. 이러한 내용은 유로코드5에서 유추할 수 있으며, 좀 더 복잡한 전단해석법에서는 전단변형을 직접 설명하여 유추하기도 한다.

K법은 티모셴코의 휨 이론에 기초한 또 다른 방법인데, 패널에 작용하는 휨응력이 패널의 직교되는 층을 통해 감소되는 것을 설명하고 있다. 일반적으로 CLT 설계는 변형과 진동에 의해 지배되며, 두께에 대한 길이 비가 15이상 이내에서 위 이론들이 잘 적용될 수 있다.

K법은 보 이론에 기인한 분석모델이며, 실제 CLT는 평면이기 때문에 한계가 있다. 즉 하중이 크거나 2방향 슬래브 효과, 그리고 두께에 대한 길이 비가 15 이하인 경우에는 좀 더 많은 검증이 요구된다.

그라츠 대학에서, 평면 내 하중을 계산하기 위해 [그림 3]과 같이 대표적인 체적요소인 RVE를 제안하였다. RVE 한 개의 크기는 CLT 패널의 두께와 단일 보드의 폭으로 결정된다. 이때 RVE는 평면응력일 때만 적용되며, 응력과 변형률은 전단면에서 일정하다고 가정한다.

제조과정에서, CLT 패널의 가장자리에는 접착제를 사용하지 않는 것이 일반적이다. 왜냐면 패널의 가장자리가 붙어 있으면 작용된 전단력으로 인해 비틀림이 발생하기 쉽고, 이 비틀림 응력으로 인해 패널에는 팽창과 수축이 발생하면서 균열이 생기기 때문이다.



[그림 3] CLT 요소에서 RVE의 정의

(3) 극한 한계상태

휨, 인장, 전단, 압축강도에 대한 극한 한계상태설계 능력은 앞에서 언급한 이론에 따라 계산되며, 특히 지진과 화재에 대해서 한계상태를 고려해야 한다. 즉, 화재시 CLT의 강도능력을 확인하기 위해서는 EN 1995-1-2에 의해 감소된 단면으로 설계해야 한다.

목재 구조는 가볍기 때문에 지진에 의한 영향이 더 적다. 강재와 비교해서 CLT 패널은 지진거동에 무한한 강성을 가지고 있기 때문에 연결부 설계에 적합하다.

(4) 사용한계 상태

CLT의 직교 적층 때문에, 휨과 동시에 롤링 전단을 고려해야 하며, 이를 위해 탄성계수와 전단계수를 이용하여 계산한다. 또한 크리프를 고려한 장기 변형도 고려되어야 하는데, 이는 사용된 나무의 습도에 영향을 많이 받는다.

스팬길이가 4m 이상인 첫 요소는 설계시 진동에 대한 영향도 고려해야 하며, 진동수, 강성 기준 및 진

동 가속도 등에 대한 경계조건을 고려하여 포괄적인 분석이 필요하다.

5. 결론

CLT는 유럽 전역에서 지속적으로 사용되고 있으며, 그 설계법은 유럽 표준에서 개략적으로 제시되었다. 하지만 이들 설계 가이드라인은 현지 목재 기준에 적합하도록 수정이 제안되고 있다. 호주 숲에서 생산되는 다양한 소나무로 만들어진 CLT 패널들에 대한 실험결과는 호주 소나무가 유럽 연구결과 및 해석모델과 잘 부합하여 상품제조의 가능성을 충분히 확보하고 있는 것을 나타내고 있다.

<원문출처> 23rd Australasian Conference on the Mechanics of Structures and Materials (ACMSM23) Byron Bay, Australia, 9–12 December 2014, S.T.Smith(Ed.)