

# 경량 목조 주택

서원석 / 건축기술부 대리

**미** 국의 현대주택의 대부분을 차지하고 있는 목조주택은 오랜시간동안의 시행착오를 거쳐 정착해 왔다. 최근들어 국내에서도 목조주택에 대한 관심도가 점점 높아지고 있는 실정이다. 개인뿐 아니라, 기업 차원에서도 목조에 대한 관심이 늘어 단독주택에서부터 주거단의 형태로도 등장하고 있다. 이러한 의미에서 최근 국내에서 확산되어 가고 있는 목조주택에 대한 여러가지 문제점 및 특성, 시스템 등을 알아보고자 한다.

## 경량 목(木)구조 개념

경량 목조주거라 함은 주요 구조부를 경량각재로 구성하는 것으로 일정간격으로 배열된 각재 스티드에 수직하중을 받게 하고, 목재장선에 의해 수평하중이 지지되는 구조를 말한다. 흔히 우리가 말하는 통나무집(Log House)과는 많은 차이가 있다. 1960년대 이후 일본에 도입, 일본의 전통적인 목조방식에 소화되어 개량 되면서 "2×4주택"이라 통칭되며 현재 우리나라에서도 "2×4주택"이라 불리고 있다.

이러한 경량 목구조 방식의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

- 철근콘크리트 구조에 비해 저렴하다.
- 공사기간 단축 : 타구조에 비해 구체공사 및 부수적인 설비 및 전기공사 맞물려 시행
- 외벽의 두께가 감소되어 유효공간 증대
- 입면 구성이 다양하고 외관 미려
- 단열성능 우수 : 콘크리트보다 16배의 단열성능 지님
- 내화성능 우수 : 발화후 탄소피막에 의해 내부조직이 일정시간 유지
- 공업화 가능 : 패널제작 가능

또한 목재는 전기 및 열전도에 대한 저항이 대단히 우수하고 가공이 용이하며, 부재간의 접합과 도색에서도 가공이 용이하다는 이점이 있다.

이러한 특징을 지닌 경량 목조주택을 구조적 차원에서 보면,

첫째, 가장 기초적인 적층식의 Log House이고,

둘째, 기둥, 보 방식으로 지붕의 가구를 벽체나 바닥보다 먼저 구성하는 방식이다.

셋째, 중량 각재방식으로 중량 각재로서의 최소한의 규격이 요구되는 방식이다.

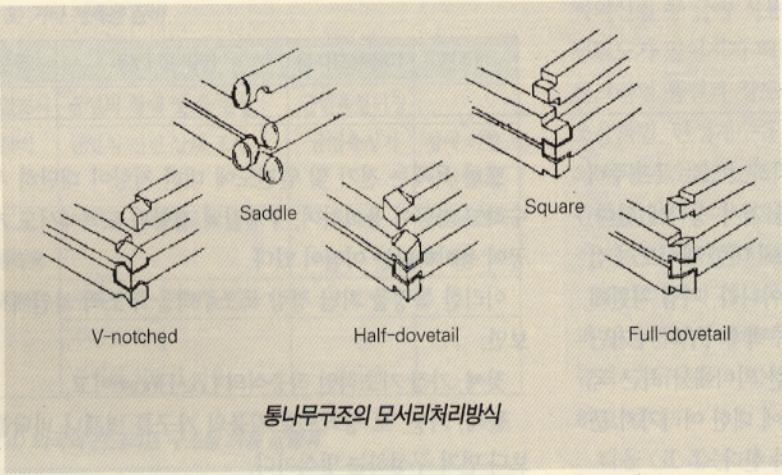
넷째, 발룬(Balloon Framing)방식으로, 경량스티드와 장선으로 대형 기둥과 보 부재를 대체하게 된 경량골조 방식이다. 다섯째, 플랫폼 방식으로 발룬방식이 연소시 층간 연도 구실을 하게 되고 스티드의 길이가 2개층에 달하는 시공 구조상 문제점을 보완한 방식이다. 1개층의 벽체와 그위로 바닥을 형성하는 방식으로 바닥구조가 방화망 구실을 하는 현재 가장 널리 쓰이는 방식이다.

우리나라와는 달리 미국에서는 이러한 목조주택의 주문판매가 가능하여 조립식 주택으로 발달하게 되었다. 뿐만 아니라 개인이 누구나 쉽게 부재를 구입하여 자신의 주택을 직접 지을수 있는 간단한 방식의 주거문화로서 자리를 잡게 되었다. 조립식 주거로서의 목조주택은 공장에서 패널로 벽체를 제작하여 현장에 반입하는 방식이 널리 사용되고 있다.

## 목구조 시스템

### 1. 목구조에 사용되는 기초방식

목구조의 기초방식은 독립형 기초와 줄기초로 나눌 수 있는데, 이것은 대지의 형상과 조건에 따라 달라질 수 있

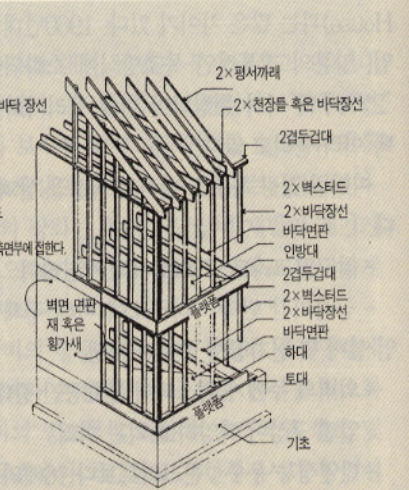
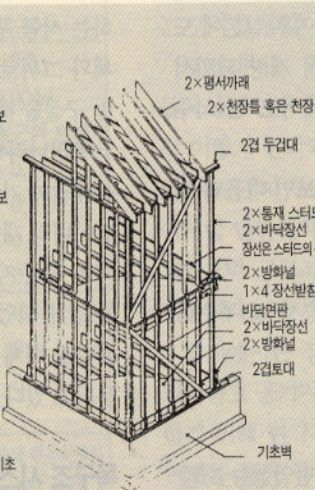
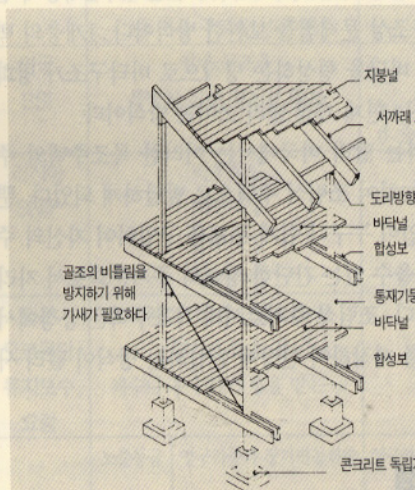


방법에 따라 통나무 구조, 2×4경골구조, 기둥보 구조로 나눌 수 있다.

통나무구조에서 가장 중요한 것은 모서리 부분의 처리방식인데, 가장 흔한 것은 V-Notched나 Saddle 방식이다. 목구조에서 가장 보편적이고 널리 쓰이는 방식은 수직재를 내력벽으로 이용하는 구조인데, Post & Beam과 2×4경골구조 방식이다. Post & Beam 방식은 비교적 큰 부재를 사용하여 골격을 형성하고 2×4

다. 독립형 기초는 경사지나 대지에 고저차가 있을 때, 평지에는 콘크리트 줄기초가 일반적으로 쓰이고 있다. 현장은 흠파기전 미리 시험보오링을 하거나 충분한 대지조사를 해야 한다. 또한 목구조주택의 벽체방식으로는 내력벽의

수직재를 섞어쓰는 경우도 있다. 이 또한 2×4부재를 이용한 경골목구조 방식은 현대주택에서 쓰는 가장 보편화된 방식이다. 2×4경골구조는 Platform Frame과 Balloon Frame이 있고, 부재의 결합은 대부분 못으로 한다.



〈그림 1〉 기둥 보(Post Beam) 방식

〈그림 2〉 발룬(Balloon Framing) 방식

〈그림 3〉 플랫폼(Platform Framing) 방식

목구조방식

여기서 Balloon방식이 바닥에서 지붕까지 한부재로 되어 있다면, Platform Frame방식은 층별로 독립된 구조로 Stud 길이가 짧아 설치가 용이하다. 미국의 현대 주택 대부분이 이 구조 방식을 채택하고 있다. 2×4경골구조라 해서 모든 부재가 2×4부재를 이용하는 것은 아니고 외벽은 2×6부재를 흔히 사용하고 있다.

이것은 외벽의 단열효과를 위해서이다. Stud의 간격은 대부분 92.5/8인치를 사용하면 4×8의 석고보드에 딱 맞는다.

이 목구조 방식에서 가장 중요하게 고려해야 할 것은 바로 개구부 설치이다. 거실 및 식당에 큰 창을 낼 경우에 중요한 사항은 벽체보강과 상인방보강이다. 또한 이경우에 창문의 흔들림 방지를 위해 4구통이에 썸기를 박아야 한다

## 2. 2×4경골구조 시공 순서

### 1) 사전 계획

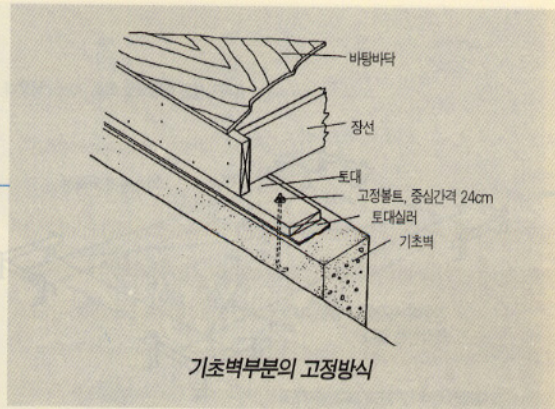
공사계획에 있어서 가장 먼저 선결되어야 할 문제는 바로 대지선정 및 측량에 관한 사항이다. 먼저 공사계획서를 작성하여 사전준비작업을 해야 한다. 사전준비시 부재 선택 및 관리에 주의를 기울여야 한다.

목재는 습기에 민감한 부재이므로 수분에 대한 노출은 피해야 한다는 점이다. 또한 내장재 및 외장재는 48시간 내에 현장에 도착하도록 신경을 써야 하며, 이것은 현장의 기후 조건에 적응할 수 있도록 시간을 확보하기 위한 것이다.

### 2) 기초 흙파기

선결되어야 할 사항은 기초벽 시공에 대한 방수처리이다. 기초벽에 기초판 설치시 만약 깊을 경우에는 흙으로 메우지 말고 콘크리트로 채워야 한다.

기초벽의 높이는 지하의 토양수분 및 목재의 도장으로 부터 보호하기 위해 땅에서 8인치 정도 띄어야 한다. 기초판 및 벽은 타르나 아스팔트 방수코팅을 해야 하며 그



(단위 : 인치)

기초에 의해 지지되는 마루수	기초벽두께	기초판폭	기초판두께	평평한지반 아래깊이
1	6	12	6	12
2	8	15	7	18
3	17	18	8	24

위에는 반드시 비닐을 덮어 보호해야 한다. 높이는 반드시 마감 지반선까지 해주어야 한다. 배수공사는 동시에 이루어져야 하는데 배수파이프를 사용하는데 있어, 2인치의 자갈층 위에 다시 6-8인치의 자갈층을 깔아 주어야 한다. 기초벽에 토대를 고정하기 위해 고정볼트나 고정 띠쇠를 박아 주어야 한다.

고정 띠쇠후 토대를 기초벽에 고정한다. 고정할 시에는 기초벽에서 목재로 전달되는 수분을 막기 위해 토대위에 스폰지나 단열재를 사용한다. 특히 앞에서도 설명했듯이 모든 공사에는 모서리 공사가 중요한데, 이때는 대각선법이나 직각삼각형법을 이용한다.

### 3) 바닥 마루판 시공

바로 이 토대위에 바닥장선이 놓이게 되는데 지반선에서 목재장선까지 적당한 공간이 있어야 한다.

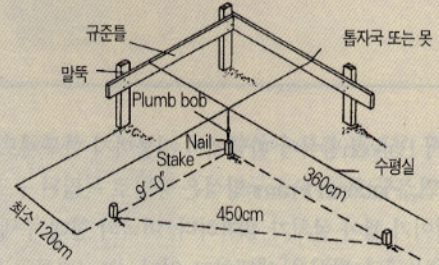
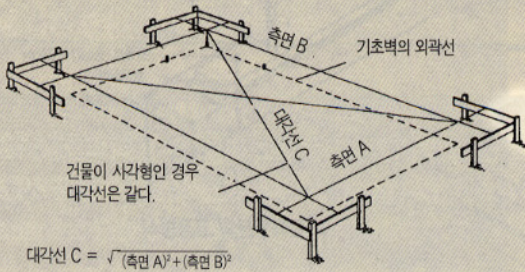
이것은 올라오는 수분에 의해 발생하는 부패를 막기 위한 작업이다.

마루 및 환기구는 바닥 면적에 1/150 이상 설치한다.

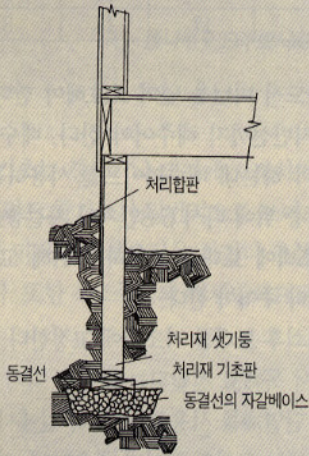
바닥장선의 설치간격은 설계기준에 따르는데 그 표는 다음과 같다.

규격인치	2×8			2×10		
간격(인치)	12.0	16.0	24.0	12	16	24
MOE1.4인치	13-6	12-3	10-9	17-3	15-8	13-8

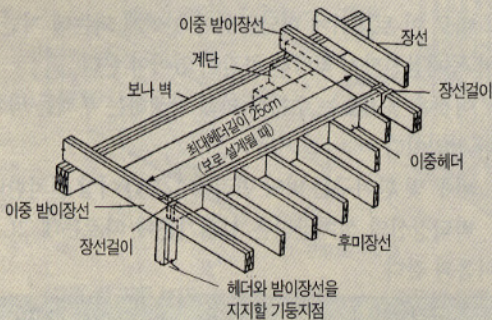
주 : 흙피기선은 벽밖으로 최소 30cm 띄운다.



### 모서리공사 방식



### 바닥마루판 시공방식



### 계단 개구부 부분

우리나라는 여름기후가 고온다습하여 1층 바닥 하부의 Crawl Space의 결로로 인한 바닥 구조체의 부식현상이 일어나고 있다. 따라서 이 공간의 환기 및 결로 대책이 매우 중요시되고 있다.

이 경우 바닥 슬라브를 콘크리트로 대체할 수도 있는데, 이러한 슬라브 구조로 하면 바닥의 방습은 물론 방진이나 견고성도 확보할 수 있다. 또한 바닥의 온돌공사를 전통적인 방법으로 할 수도 있다.

하지만 정밀시공이 필요하고 바닥에 매립되는 설비 배관공사가 사전에 면밀히 검토되어야 한다는 단점이 있다. 그리고 배관의 하자보수를 위해 PTT 등을 고려해야 한다.

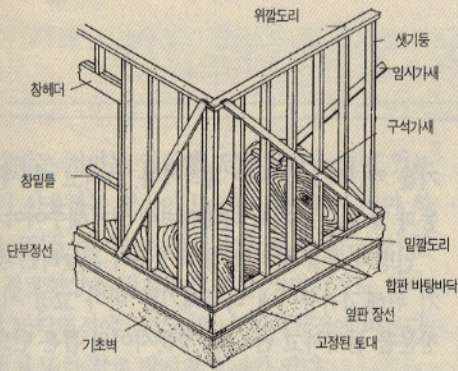
### 4) 부대시설

계단 등의 개구부가 4피트 이상이거나 욕조와 같이 하중이 클 경우에는 2중 장선을 설치한다.

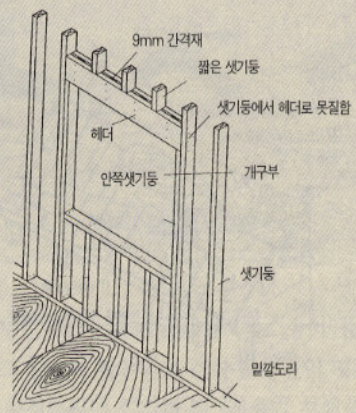
장선 고정에는 3개의 못으로 마구리를 고정한다. 장선과 장선의 사이는 8피트 간격으로 버팀재를 낸다. 이것은 장선이 횡 방향으로 틀어지는 것을 막기 위한 것이다. 이후 바닥 덮개를 덮어 마감한다. 이 마감에서는 접착재를 사용하거나 못으로 시공하는 경우가 대부분이다. 접착재 사용은 못으로만 할 경우에 못이 헐거워져서 삐걱거리는 소리가 나는 것을 방지하기 위한 방법이다.

### 5) 외벽 골조 공사

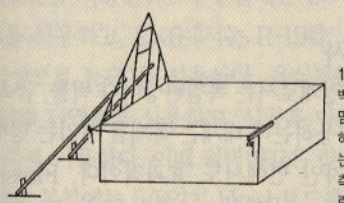
장선 설치후 외벽 골조공사는 셋기둥을 이용하는데, 2×4, 2×6 간격은 대개 16이나 24인치로 한다. 외벽 골조 공사시 도리 및 창인방을 고려해야 하는데, 개구부는 창



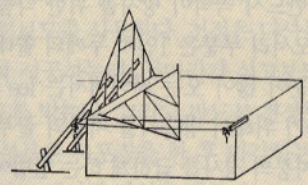
외벽골조방식



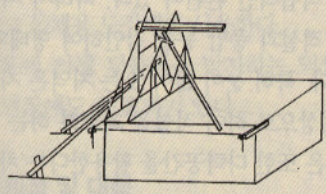
외벽 개구부 부분의 구조방식



**1단계**  
박공트러스를 수직으로 정확히 내  
뒀을 두고 세운다.  
하현재에서 벽의 깔도리에 못을 박  
는다. 지면에 가새를 설치한다.  
측면의 반대편 끝에 내민 가이드 블  
럭을 설치하고 가이드 줄을 맨다.

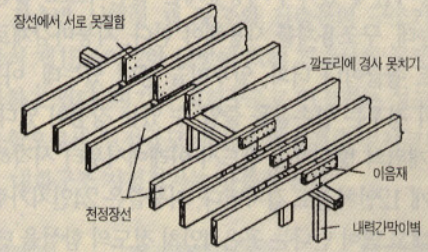


**2단계**  
트러스의 정점이 아래를 향하  
도록 지붕트러스를 올린다

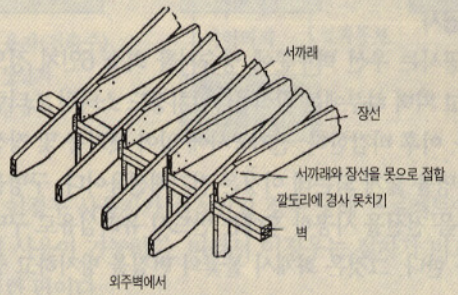


**3단계**  
2×4막대를 사용하여 지붕트러  
스를 수직으로 세우고 간격과  
내뒀을 조절하여 하현재에서 벽  
의 위괄도리에 못을 박고 2×4  
재 임시움마루가새에서 박공트  
러스의 지붕트러스에 못질한다.

트러스 시공순서



장선을 겹치거나 맞댄 중앙 내벽간막이벽에서



외주벽에서

천정장선 구조방식

보다 반인치 정도 크게 해주어야 한다.

6인치 이상이면 보강재를 반드시 이중으로 시공해야 한다. 그리고 벽체의 직각을 유지하기 위해 합판덮개를 만든다.

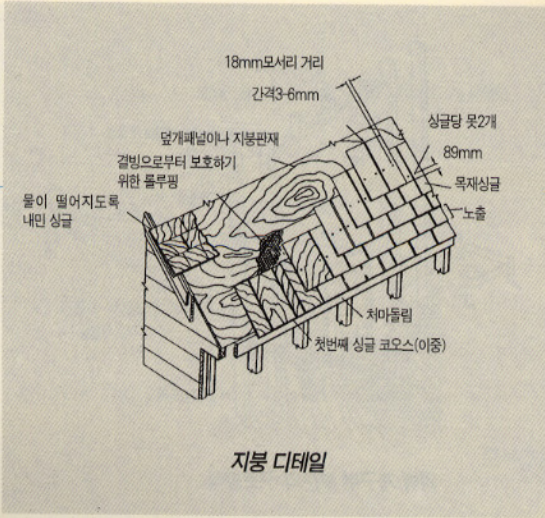
6) 천정 및 지붕골조공사

지붕은 대개 목조트러스나 천정장선, 서까래를 이용한

다. 서까래를 이용할 경우 지붕의 경사, 천정의 형태, 지붕 마감재의 무게, 활하중에 따라 변하게 된다.

서까래의 설계기준표는 다음과 같다

규격인치	2×8			2×10		
간격(인치)	12.0	16.0	24.0	12	16	24
힘응력	15-10	13-8	11-2	20-2	17-6	14-3



지붕 디테일

지붕마감에 있어서 지붕덮개는 일반적으로 합판을 이용하는데, 구조용재를 사용해야 한다. 지붕마감재로는 아스팔트 싱글이나 너와, 알루미늄 등이 있는데, 아스팔트 싱글의 경우는 열손실을 줄일 수 있는 장점이 있다. 그리고 덮개위의 방수지는 반드시 아래에서부터 시작해야 하고 대개 12인치정도 겹쳐댄다. 지붕끝은 24인치가량의 합석을 대고 벽이 만나는 곳은 4인치 정도의 합석을 댈다.

용마루의 경우는 싱글을 잘라서 덧대어 시공한다

### 7) 외장공사

외장공사는 우선 벽부분에 방습지를 최소 6인치 정도 겹쳐대고 외벽 하부에는 합석을 1인치정도 스타팅 스테러를 댈다. 이후 마감한다. 전기공사에 있어 셋기둥 및 장선에는 구멍을 뚫게 되는데 이것은 전기배선용이다. 구멍을 뚫은 다음 전선을 시공한 후에는 반드시 유리섬유로 구멍을 막아 한다. 그것은 화재시 불꽃의 번짐을 방지하고 공

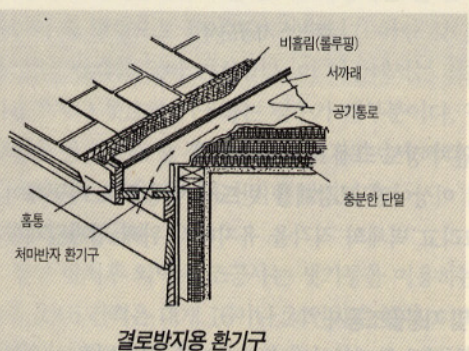
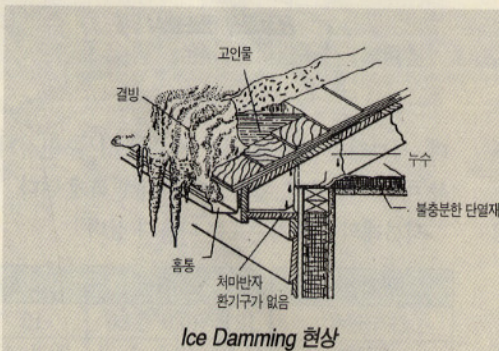
기를 차단하고자 하는 목적이다. 그리고 배수관은 겨울철 동파 및 보수를 위해 비내력벽에 설치해주어야 한다.

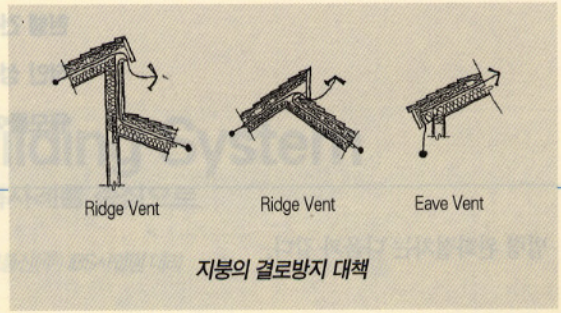
인방과 창을 설치할 경우 창문이 흔들리는 것을 방지하기 위해 4구통이에 나무췌기를 박아 고정 시켜야 한다. 창문을 설치하고 난 다음 창문사이의 틈은 반드시 단열재로 처리해 주어야 한다. 외부로 통하는 문은 아래에 접착재를 바른 후 고정하는데, 이것은 빗물의 전이를 막기 위한 작업이다.

### 8) 마무리 공사

벽체의 외장재로서는 목질판상이나 벽돌, 금속, 알루미늄판 등을 사용하는데 대개는 목재를 살리는 방향으로 하는 것이 디자인 면에서도 효과적이다. Finishing못과 Siding못은 반드시 녹막이 방지를 위한 약품처리를 해야 한다. 벽의 모서리 부분은 1인치 두께의 쫄대로 마무리를 댈다. 특히 눈이 많이 오는 지역에서는 Ice Damming현상을 방지하기 위해서 방습지를 지붕의 끝부분에 겹쳐대는 방법과 지붕의 경사를 급하게 하는 방법이 있다.

이 Ice Damming현상은 겨울철 처마에 고드름이 생기는 원인과 직접적인 관련이 있다. 따라서 지붕의 구조는 그 지역에 적설과 풍압 등을 감안하여 형태와 부재를 선정해야 한다. 특히 눈이 많이 오는 지역은 지붕의 경사각을 45도 이상으로 하여 적설을 최소화 하는 것이 바람직하다. 이것은 또한 다락공간을 활용한다는 차원에서도 바





람직하다. 내미는 처마는 열린형, 닫힌형, Box형이 있는데 가장 많이 사용하는 방식이 Box형이다. 특히 처마 하부에는 공기구멍을 설치하여 항상 숨을 쉬게 해주어야 한다. 겨울철 결로현상을 방지하기 위한 방법이기도 하다. 크기는 대략 바닥면적에 1/15이거나 지역규정에 따른다. 이 환기구 설치 또한 결로 방지의 효과가 있다

단열효과를 얻기위해 실내 벽체에는 단열재, 외부마감에도 유리섬유를 사용한다. 이 단열재는 2×4에서는 R-11, R-13을 사용하고, 2×6에서는 R-19를, 지붕바닥에는 2×8이상으로 R-30을 사용한다. 옥실부분의 소음을 차단하기위해 단열재를 사용하고, 시공후 마감공사는 석고보드를 주로 이용한다. 이때 외벽마감은 반인치 석고보드를, 벽난로 부분에는 5/8인치 Finish보드를, 습기가 많은 지역은 그린보드를 사용한다. 천정은 나사못이나 접착재를 이용하여 시공하는데, 못머리가 석고보드 표면보다 깊게 들어가도록 박는다. 그리고 반드시 천정부터 붙이고 구석 모서리 부분은 사포질을 한 후 마감하는 것이 효과적이다. 모서리는 테이핑 작업을 해준다

마지막으로 외벽 방수용 도장은 콘크리트용 방수도장재를 쓰지 않고 목재용 도장재를 사용한다.

이것은 기후에 의해 뒤뜰름을 방지하는 역할을 하며, 목재의 수명 연장에도 큰 효과가 있다.

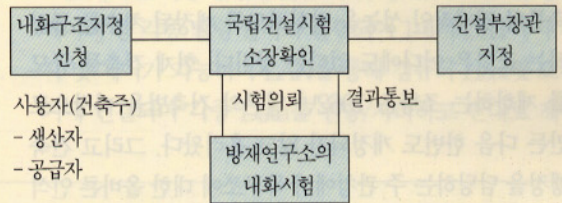
### 목구조의 문제점 및 대책

가장 문제시 되고 있는 것이 바로 내화규정에 관한 사항이다. 우리나라 건축법규에 의하면 주요 구조부가 목조인 건축물은 높이 13m, 처마높이 9m, 연면적 3,000㎡미만으로 건축되어야 한다. (건축물 구조 기준 등에 관한 규칙, 제 15조 2항 목조건축물의 규모제한) 즉 건축물의 높이가 3층 이상이면 1층의 바닥 스라브구조는 콘크리트로 해야 한다는 점이다.

다시말해 3층 이상은 건축될 수 없다는 것이다. 또한 내화규정에 의거하여 건설부 장관이 고시하는 기준(내화

성능 시험방법)에 따라 국립건설시험소장이 품질검사를 실시하여 그 성능이 확인되고 건설부 장관이 지정하는 자가 행하는 품질검사에 합격한 것 (건축법 시행령 제3조 3항 8호)이라고 되어 있다. 즉 건축물의 주요 구조부를 내화구조로 해야 한다는 지정에서 목구조는 내화구조로 인정하고 있지 않고 있다.

현행 건축법 시행령 제 56조와 건축물의 구조기준에 관한 규칙 제15조의 2항 규정에 의해 건축물의 목구조를 제한하고 있다. 여기서 내화구조로 인정받는 석고보드를 사용함으로써 일정규모 이내에 목조건축이 가능한 실정이다. 내화구조 지정절차는 다음과 같다.

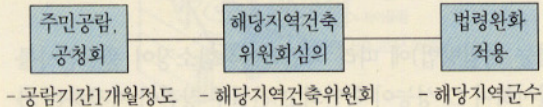


이경우 사용자가 신청인일 경우 당해 프로젝트에 한하여 사용이 가능하다. 따라서 이경우는 절차가 비교적 간편한 편이다.

그러나 생산자 또는 공급자가 신청인일 경우에는 A회사의 B제품에 대한 내화구조의 지정이므로 독점적 지위 부여에 따르는 제반문제를 고려해 지정절차가 까다롭고 비용도 많이 들게 된다. 반면에 적용특례 규정을 이용한 제한완화에서 건축법 제5조, 시행령 제6조, 시행규칙 제3조에 의거하여 시장, 군수, 구청장은 주변여건을 참작할 때 법령 등을 완화하여 적용하는 것이 적합하다고 인정되는 대지 또는 건축물에 대하여 법령의 기준을 완화하여 적용할 수도 있다.

현행 건축법은 규모 및 용도 등의 제한을 위한 기준으로 건축물의 경제적인 성능을 발휘하도록 제정된 치수를 규정하는 조항은 없다. 건축물 규모를 제한하는 조항은 1962년 만든 다음 한번도 개정되지 않았다.

법령 완화절차는 다음과 같다.



또한 완화가능 법령으로는 건축법 26조-29조, 시행령 23조-25조(제3장 건축물유지관리), 건축법 38조-44조, 시행령 23조-25조(제5장 건축물의 구조 및 재료)의 조항은 내화구조관련 사항이다.

그리고 건축법 47조-59조(제6장 지역 및 지구안의 건축물중 일부 법령), 건축법 73조, 시행령 119조(건축물의 면적, 높이 및 층수의 산정)이 있다.

결론적으로 보면 현행 건축법은 규모 및 용도 등의 제한을 위한 기준이지, 성능기준은 아니라는 점이다. 즉 건축물의 경제적인 성능을 발휘하도록 제정된 치수를 규정하는 조항은 어디에도 없다는 것이다. 현재 건축물 규모를 제한하는 조항은 1962년 일본의 건축법을 바탕으로 만든 다음 한번도 개정되지 않고 흘러왔다. 그리고 건축행정을 담당하는 주 관청에서 목구조에 대한 올바른 인식이 우선 급선무라 생각된다.

## 결론

지금까지 개괄적인 면에서 목구조주택에 관해 알아보았다. 하지만 이것이 목구조주택의 전부라기 보다는 일부에 지나지 않는다. 시공방법의 차원에서도 다양한 방법이 있을 수 있으며, 자재측면에서도 경량목구조이외에 여러 가지가 있다.

흔히 핀란드와 같은 추운 유럽지역에서 많이 사용되고 있는 Log House방식은 경량목구조와는 다소 상이하다고 볼 수 있다. 이 방식은 쉽게 말해 직층식 구조 혹은 조적구조라고 할 수 있다. 이밖에도 글루램이라는 방식과 목조판넬형식의 구조 시스템도 있다. 글루램이라는 방식의 목구

조는 일명 적목식 구조라고 보면 된다. 이것은 Log가 갈라지는 것을 보완하기 위하여 목재의 심재가 변재에 비해 갈라짐이나 변형이 적고, 내식성이 뛰어난 점에 착안해 Log를 반으로 쪼개어 뒤집어서 접합(Laminated)한, 즉 심재가 양표면에 나오게 만든 것으로 외관도 Log처럼 둥근 형상이 아니라 평활한 입면을 가진다. 하지만 이것도 그나무대로의 장단점이 있는 바, 추후 세심한 관리를 필요로 한다.

경량 목구조가 우리나라에 들어온 지는 얼마되지 않는다. 지금도 시공중에 있거나 이미 시공된 건축물들 중에서도 하자가 발생되고 있는데, 가장 중요한 것은 그 자체의 구조성질에 대한 노하우도 중요하지만 기후나 대지 및 시공상의 여건에 따라 나무대로의 시공기술을 습득하지 않으면 안된다고 본다.

이 경량목구조도 가장 단순히 보자면 시공후 2년에 한번 전체 도장을 해야 한다. 사실상 부지런하지 않으면 어려운 일이다. 뿐만 아니라, 용평지역 같이 혹한기 지대에 건축할 경우도 그 기후나 여건에 대한 충분한 연구가 필요하다.

지붕구조에 Air-Ventilation효과, Ice-Damming현상, 지붕부분의 Snow Stopper설치, 벽체부분의 공기구멍설치 등 여러가지 제약조건이 있다. 미국의 리조트 단지중의 하나인 Beaver Creek이라는 곳은 겨울철 스키장으로 유명한 곳이다. 이곳은 우리나라 리조트와는 다소 차이가 있으나, 목구조 주택이 대부분을 차지한다. 이곳에서도 목구조의 혹한기 기후에 대한 충분한 조사를 거친 후 지금은 나무대로의 노하우를 보유하고 있는 실정이다.

이러한 점에서 목구조에 대한 전반적인 관심과 노력으로 내화성능 및 기타 여러가지 문제점에 대한 해결책 마련에 고심해야 할 것이다. 현 시점에서는 개인 뿐아니라 학계에서도 각종 세미나를 개최하여 목구조에 대한 관심도를 높이고, 기업의 차원에서도 다각적인 실험 및 시행착오를 거치면서 목구조가 안고 있는 문제에 대해 하나씩 해결해 나가야 할 것으로 본다. **SS**