

한국의 목구조 설계•시공자 대상
중목구조 : 설계와 시공 안내자료

2021 년 3 월 발행

일반사단법인 일본목재수출진흥협회

본 매뉴얼의 책정 취지 및 이용상의 주의사항 등

1. 책정 취지

한국에서는 1950년대까지 한옥이라 불리는 전통적인 단층 목조주택에 사는 것이 일반적이었지만, 경제부흥 속에서 산림자원의 황폐화와 급격한 도시화로 인한 주택 부족 등으로 도시지역을 중심으로 철근콘크리트 아파트의 수요가 증가하면서 목조주택에 대한 국민들의 관심은 낮아졌다.

2000년대 들어서면서 환경과 건강지향에 대한 국민들의 관심이 높아지면서 목조의 착공 호수는 2005년까지의 연간 2,000호 이하였던 것이 서서히 증가로 바뀌어 2007년에 7,000호, 2011년에는 1만호를 돌파하고 그 이후에는 안정적으로 1만호 이상을 유지하고 있다. 목조주택의 공법별 통계는 집계되지 않고 있지만 전통적인 한옥 이외에 1990년대부터는 통나무집이나 경량목구조 주택이 해외에서 수입되는 형태로 들어왔으며 현재는 경량목구조 주택이 신설 목조주택의 대부분을 차지하고 있다고 한다. 그러나 전통적인 한옥에 대한 향수를 불러일으키기도 하고 목재를 볼 수 있는 형태로 시공되는 한옥, 혹은 일본의 중목구조에 대한 동경도 나타나고 있다. 한국에는 잠재적으로 목조주택에 대한 수요가 높아 향후 목조주택의 착공수가 꾸준히 증가할 것으로 예상된다.

한편 2017년까지 한국에서 2층 이하의 목조주택은 구조 계산이 불필요했으나 2016년부터 지진이 빈발함에 따라 구조 계산서의 제출 의무화 등 최근 한국의 목조 관련 규정과 제도가 크게 바뀌었다.

이러한 상황에서 프리컷 부재나 접합 철물을 사용한 중목구조를 통한 목조주택의 수요는 증가하고 있으며 중목구조의 설계 및 시공기술 지원에 대한 요청이 적지 않다. 이러한 요구나 요청을 근거로 하여 한국과 일본의 목재·목조 관련 기업이나 업체단체는 일본의 목재·목조기술에 대한 의견교환과 정보를 공유하고, 구체적인 향후 발전방향에 대한 기술협력을 진행하고 있다.

향후 한국에서 중목구조의 보급을 도모하기 위해서는 현지 목구조 관련에 대한 설계·시공 사용 매뉴얼을 작성하고 중목구조의 설계·시공 관련 기술정보를 제공해 나가는 것이 필요하며 이를 위해 2019년 7월 「한국용 중목구조 설계·시공 매뉴얼 책정 검토위원회」를 설치하고 이후 2년에 걸친 검토를 거쳐 이 지침서를 작성하였다.

2. 이용상의 주의사항

본 매뉴얼의 작성에 있어서 가능한 범위에서 한국의 관련 기준·규격 등의 조사·분석, 요구의 파악, 현지 관계자에 대한 의견청취를 실시하고, 그 결과를 근거로 검토를 진행하여 성과를 정리하였다. 실제로 중목구조를 설계·시공할

때에는 본 매뉴얼을 참조하면서 현지의 관련 법령·기준을 확인할 필요가 있다. 또한 본 매뉴얼의 관련내용에 대한 조회 및 문의는 일반사단법인 일본목재수출진흥협회 (jwe@j-wood.org)로 하면 된다.

향후 관련법 개정이나 기준 개정, 설계·시공에 있어서 과제나 요구사항, 중목구조 주택 관련 기술 진보 등을 감안하여 향후 본 지침의 개정도 고려할 필요가 있다.

3. 주요집필 담당

성명	소속·직위	집필장·절
Isao Sakamoto	도쿄대학 명예교수	제 1 장
Fumio Kamiya	세이호쿠 주식회사 주임기술자	제 1 장 제 4 장 부록 A 부록 D
Hirofumi Nagao	국립연구개발법인 삼립연구·정비기구 삼립종합연구소 구조이용 연구영역 강도성능평가 담당팀장	제 2 장
Hideo Kato	국립연구개발법인 삼립연구·정비기구 삼립종합연구소 구조이용 연구영역 재료접합 연구실 주임연구원	
Kenji Aoki	도쿄대학 대학원 농학생명과학연구과 부교수	제 3 장 제 4 장 부록 B 부록 C
Hisamitsu Kajikawa	메이지대학 이공학부 건축학과 목질구조연구실 부교수	제 3 장
Hisashi Okada	공익재단법인 일본주택·목재기술센터 시험연구소장	제 5 장
Toshio Iijima	공익재단법인 일본주택·목재기술센터 이사 겸 인증부장	
Tatuo Osaka	스미토모 임업 주식회사 주택사업본부 기술부 주임기술자	제 6 장
Daisuke Kamikawa	국립연구개발법인 삼립연구·정비기구 삼립종합연구소 목재개질연구영역방내화담당팀장	
Masatoshi Sato	도쿄대학 명예교수	제 7 장
Katsuhiko Kohara	기후현립 삼립문화아카데미 교수	제 8 장 제 9 장 부록 D
Eiji Kawazoe	건축사무소 유우보쿠진 대표	제 9 장

주 : 직함은 집필시점을 반영

4. 본 매뉴얼 제정검토위원회

구분	성명	소속 · 직위
위원장	Kenji Aoki	도쿄대학 대학원 농학생명과학연구과 부교수
위원	Toshio Iijima	공익재단법인 일본주택·목재기술센터 이사 겸 인증부장
	Hideo Kato	국립연구개발법인 삼림연구·정비기구 삼림종합연구소 구조이용 연구영역 재료접합 연구실 주임연구원
	Daisuke Kamikawa	국립연구개발법인 삼림연구·정비기구 삼림종합연구소 목재개질연구영역방내화담당팀장
	Fumio Kamiya	세이호크 주식회사 주임기술자
	Eiji Kawazoe	건축사무소 유우보쿠진 대표
	Katsuhiko Kohara	기후현립 삼림문화아카데미 교수
	Masatoshi Sato	도쿄대학 명예 교수
	Katsuya Suginome	BX 카네신 주식회사 영업총괄부장
	Wonwoo Lee	전국 LVL 협회 기술부장

그리고, 매뉴얼 제정검토위원회 운영사무국은 다음과 같다.

Daisuke Yoshino	일반사단법인 일본목재수출진흥협회 사무국장
Mikihiro Inoue	일반사단법인 일본목재수출진흥협회 총괄담당
Chuan Zhao	일반사단법인 일본목재수출진흥협회 업무부 부장
Kiwami Tamamoto	일반사단법인 일본목재수출진흥협회 업무부 업무과 담당
Wataru Ikeda	일반사단법인 일본목재수출진흥협회 업무부 업무과 담당
Miho Yoshimura	일반사단법인 일본목재수출진흥협회 업무부 업무과 담당
문의 : TEL:+ 81-3-5844-6275 FAX:+ 81-3-3816-5062 Email:jwe@j-wood.org	

주 : 직위는 매뉴얼 최종 완성 시점 반영

목 차

제 1 장 개요	1
1.1 중목구조란	1
1.2 중국, 한국으로부터의 전래와 변천	1
1.3 내진규정의 역사	4
제 2 장 재료	8
2.1 한국 및 일본의 목구조 재료 개요	8
2.2 한국의 목구조 재료규격과 강도	8
2.3 일본의 구조재료 규격과 강도	23
제 3 장 구조의 개요	37
3.1 중목구조의 개요	37
3.2 중목구조의 건설방법	38
3.3 기초	43
3.4 축조	46
3.5 내력벽	50
3.6 바닥구조	52
3.7 지붕구조	52
제 4 장 구조설계	58
4.1 일반규정	58
4.2 하중	58
4.3 필요수평내력의 간이산정	58
4.4 내력벽	61
4.5 수평구면 (바닥구면, 지붕구면)	69
제 5 장 접합설계	76
5.1 개요	76
5.2 접합부의 형태	76
5.3 접합철물과 접합도구	87
제 6 장 방내화설계	91
6.1 방화설계의 목적	91
6.2 화재안전성에 대한 사고방식	91
6.3 건축물 화재의 진전과 법적대응	91
6.4 일본과 한국의 내화성능에 대한 사고방식 차이	94
제 7 장 내구설계	95
7.1 내구설계의 요점	95

7.2	방부·방의조치	97
7.3	접합철물·접합도구의 내구성향상	100
7.4	내구성향상을 위한 각부의 구조방법 등	101
제 8 장	설계예시	111
8.1	설계의 개요	111
8.2	진동분석에 의한 구조검토	134
제 9 장	시공순서와 주요공사.....	143
9.1	기초공사	143
9.2	건축방법 (구조 조립)	150
9.3	지붕공사	160
9.4	단열 방습공사	160
9.5	조작, 내장공사.....	162
9.6	그 외 기타 공사	163
부록 A	목구조접합부의 시험방법과 평가방법	166
부록 B	중목구조의 내진벽의 전단시험방법·평가방법	173
부록 C	중목구조의 바닥구조, 뼈대 내력벽의 전단시험방법·평가방법.....	177
부록 D	풍압력과 지진력의 산정방법과 간이계산법 (필요수평내력계산법)의 유도방법	179
부록 E	일본주택·목재기술센터 규격철물 (Z마크 철물)의 내력성능 일람표.....	203

제 1 장 개 요

1.1 중목구조란

중목구조란 일본에서 옛날부터 전해져 오는 전통적인 공법을 내진과 태풍에 대처할 수 있도록 발전시킨 공법이다. 철근콘크리트 기초에 토대를 올리고 기둥을 세워 대들보 등의 수평 재료를 걸쳐놓고 뼈대를 구성하여 수직력에도 저항한다. 벽에는 못 등을 이용하여 합판 등을 붙여 지진과 태풍에도 견딘다.

중목구조의 장점은 기둥의 위치나 길이를 자유롭게 설정할 수 있어 디자인이나 공간 계획이 자유롭다는 점이다. 창문이나 문 등 개구부를 자유롭게 설치할 수 있다는 것도 장점이다. 또한 외관이나 내장은 일본식 또는 서양식으로도 폭넓게 대응할 수 있다.

부재 접합은 예전에는 일본식 이음새라 하여 기본적으로 철물을 사용하지 않는 접합법을 사용하였으나 오늘날에는 필요에 따라 보조철물로 접합강도를 보강 한다. 또한 일본식 이음새와 관계없이 전용 철물을 사용하는 철물공법도 증가하고 있다. 게다가 일본식의 이음새나 철물 공법의 접합부 가공은 컴퓨터와 연동한 CAD, CAM 으로 실시되는 것이 일반적이다. 따라서 개인의 기술에 따른 정확도 차이가 해결되고 시공기간이 짧아지고 있다.

1.2 중국, 한국으로부터의 전래와 변천

일본의 목구조는 6 세기경에 현재의 한국을 거쳐 중국으로부터 전래되었고, 주춧돌 위에 굽은 기둥을 놓는 사찰건축공법(그림 1.1)을 뿌리로 하고 있다. 약 900 여 년 전 남송시대에는 선종사의 공법으로서 굽은 기둥에 사각형 구멍을 내어 기둥끼리 연결하는 횡가재(관목)가 생겼다(그림 1.2).



그림 1.1 중국에서 전래된 공법에 의한 아스카데라



그림 1.2 관목(풍압력이나 지진에 저항한다)
초석 위에 기둥을 설치함

이러한 기술의 첫 번째 특징은 기본적으로 철물을 사용하지 않고 부재를 조립하는 접합부(이음새)에 있다. 철물을 사용하지 않는 것은 내구성을 고려한 것이라고 하지만 철의 대량생산이 가능해진 것은 20 세기에 접어들면서부터이며 당시에는 일반 건축에 철을 사용할 정도의 생산량이 없었기 때문이다.

전통공법은 굵은 기둥에 굵은 압거를 꽂은 일종의 라면골조, 관목을 통한 이것도 라면골조 벽, 여기에 더해 흙칠벽을 기본으로 한다. 흙칠벽은 기둥과 기둥 사이에 판자를 엮고 죽목무를 만들고 짚섬유로 보강한 흙을 바른 것으로 같은 공법이 중국 남부에도 존재한다.

일본은 매년 대형 태풍과 100 년에 한 번은 대규모 지진이 일어난다. 그러므로 철을 사용하지 않고 태풍이나 지진에 저항할 수 있는 건축물을 짓는 것은 당시 목수들에게는 매우 어려운 과제였을 것으로 짐작된다. 전통공법의 강도는 현대의 공법보다는 높지 않으나 변형이 커져도 저항력을 지속하는 특성이 있고 변형능력이 높아 당시의 재료환경 중에서 만들 수 있는 최상의 내풍·내진구조였다고 생각된다. 실제 내진성은 대지진으로 붕괴되는 경우도 많았지만 간신히 붕괴를 면하는 것도 적지 않은 성능이라고 할 수 있다.

어긋나는 자재가 사용되지 않은 이유로는 경사지주를 설치하는 것을 문화적으로 싫어했다는 말도 있지만, 어긋나는 끝부분과 기둥-횡가재의 접합부를 견고하지 않게 안이하게 설치하면 반대로 힘을 불러들여 취성(물체가 외력에 의해 변형이 별로 일어나기도 전에 파괴되는 성질)으로 파괴하기 쉬워져서, 경사지주의 효용은 알지만 굳이 사용하지 않았다고 볼 수 있다.

1900 년대 들어 서양에서 트러스를 중심으로 한 구조양식이 도입되면서 태풍과 내진성을 보강하기 위한 가새가 도입되고, 철의 대량생산이 시작되면서 못, 끼쇠, 볼트 등의 철물이 사용되기 시작했다. 이것이 목구조 전통공법의 탄생이다.

주택에서의 가새 사용은 제 2 차 세계대전 후 건축기준법이 제정되어 내진성을

확보하게 된 이후 거의 필수사항이 되었다. 내풍·내진성능을 가새에 의해 확보함으로써 굽은 기둥과 상인방의 조합은 불필요하게 되어 기둥의 단면치수는 105mm 또는 120mm 각이 표준이 되고, 들보의 단면치수는 폭이 105mm 또는 120mm 이고 높이는 스패(기둥사이의 거리)이 커짐에 따라 30mm 간격으로 커지게 되었다.

1970년대에는 북아메리카의 2x4 경량목구조 공법이 도입되면서 합판을 못 박은 벽, 바닥, 지붕의 강도가 높아지는 것을 알게 되면서, 목구조공법에도 벽, 바닥, 지붕에 합판을 붙이게 되었다. 그 흐름은 오늘날에도 계속 되고 있다. 벽, 바닥, 지붕 등에 모두 합판을 붙인 것은 내풍·내진 메커니즘에서는 경량목구조 공법과 거의 같다고 생각된다.

목구조공법의 또 다른 큰 특징은 시공방법에 있다. 일반적으로 미리 모든 구조부재의 접합부 가공을 실시해, 그것을 공사 현장으로 옮겨 수일 내에 완성하는 방법이 채용되어 왔다. 이는 하루빨리 지붕을 씌워 나무가 비에 젖지 않도록 하기 위한 것으로 비가 많이 오는 일본에서 고안된 지혜이다. 단시간에 건축할 수 있도록 모든 접합부는 인장력을 이용하고, 끼워넣고, 썰기를 박아 조이는 방식으로 되어 있다.

시공방법에는 훌륭한 장점이 있지만, 단점은 목구조공법의 생산성이 목수의 수에 의한 것이었다. 이 때문에 건축회사가 사업을 확대하려고 해도 다수의 목수를 고용해야 하지만 그 규모에는 한계가 있었다. 실제로 부재 가공에 기술이 필요하지 않아 극단적으로 말하면 망치와 톱만 있으면 건축할 수 있는 경량목구조 공법이 증가하면서 목구조공법은 쇠퇴할 것이라는 우려마저 들었던 시절이 있었다.

그것한 우려를 불식시킨 것은, 1980년대 중반에 행해진 접합부의 가공을 실시하는 기계(프리컷기)의 발명이다. 접합부의 성능은 가공정밀도에 의존함에 따라 목수기량에 의존하지만, 기계에 의한 가공은 정밀도가 높다는 장점이 있다. 프리컷기는 점차 개량되어 오늘날에는 컴퓨터로 제어되어(CAM) 컴퓨터에 의한 설계(CAD)와 연동하여 자동적으로 가공하는 시스템으로 발전하고 있다. 이에 따라 건축회사의 대규모화가 진행되어 자본의 집중이 기술 혁신을 가속하게 하는 현상이 생겼다.

프리컷기에 의한 접합부는 오늘날에는 내풍·내진성을 증강하기 위해 철물로 보강하지만 그 기본적인 형상은 시공성이 뛰어난 전통적인 형상을 답습하고 있다. 또한 전통적인 형상에 의하지 않는 철물에 의한 접합법이 발명되어 있는데, 인장력을 이용하고 끼워넣고 썰기를 박아 조이는 시공을 위한 지혜와 메커니즘은 전통공법을 답습한 것이 많다.

프리컷기의 등장으로 크게 달라진 것이 재료와 공사 기간이다. 목재는 건조하지 않으면 건축 후에 뒤틀림 등이 발생한다. 따라서 예전에는 건축 후 잠시 방치하여

충분히 건조와 치수변화를 일으킨 후에 동연(furring strips) 등으로 면의 직선성을 내어 내외장을 하는 방법이 일반적이었으나 오늘날에는 충분히 건조시킨 제재나 집성재, LVL 을 사용하고 시간을 두지 않고 구조재에 직접 내외장재를 설치하는 공법이 채용되고 있다. 이 때문에 공사기간은 크게 단축되어 오늘날에는 기초가 완성된 후 3~4 개월이 표준으로 되어 있다.

또한 인공건조제나 집성재 등을 사용하는 두 번째 이유로서 구부러짐이나 뒤틀림이 있는 등 치수 정밀도가 나쁜 재료를 프리컷기에 넣으면 접합부 위치의 정밀도가 나빠져 현장에서 건축을 할 수 없는 등의 문제를 발생시킬 수 있다. 인공 건조제재의 생산량은 증가하고 있지만, 집성재에 비해 공급력이 낮고, 계절적으로 안정적인 공급에도 어려움이 있다. 그 때문에, 제재에서 집성재로 전환하는 건축회사가 증가하고 있다. 집성재, LVL, 합판 등의 보드류는 EW(Engineered Wood)라고 한다.

이와 같이 목조공법은 역사적으로 진화를 이루어 왔지만, 앞으로도 진화를 계속하는 공법이라 할 수 있다.

1.3 내진규정의 역사

일본은 예로부터 다양한 자연재해를 겪어왔다. 특히 지진으로 인한 재해나 태풍으로 인한 재해(풍해, 수해)가 극심했다. 또한 많은 건물이 목조로 지어졌으며, 도시지역에서는 건물들이 밀집해 있어 대형화재를 발생시키기도 했다.

이러한 재해를 사전에 방지하기 위해 법령과 설계법이 정비되어 왔는데, 여기에서는 지진 재해를 중심으로 지진 피해와 법령의 관계에 대해 개략적으로 설명하겠다. 한마디로 말하면, 어떤 지진 재해가 일어났을 때에, 그러한 재해가 다시 일어나지 않도록 법령이 정비되었던 역사였다. 덧붙여 여기에서는 단독주택 규모의 목구조 주택을 중심으로 설명하겠다.

1.3.1 노비 지진과 지진재해예방조사회

에도시대까지는 거슬러 올라가지 않기로 하고 일본이 왜국에서 개국해 서양문명이 일본에 유입될 무렵, 즉 메이지 유신(1868) 이후의 지진재해와 내진 연구와 법령 정비에 대해 설명하겠다.

이학의 한 분야로서의 지진학 연구는 메이지 초부터 시작되었지만 건물을 지진재해로부터 보호하기 위한 연구, 즉 내진 연구가 시작된 것은 1891 년의 노비 지진이 계기가 되었다.

이 노비지진은 일본 중부지방 내륙지진으로 지진규모 약 8 로 추정되는 거대지진이었다. 물론 이 지진으로 인한 피해는 심각했고, 이듬해인 1892 년에는 지진예방조사회라는 조직(현재 도쿄대학 지진연구소의 전신)이 설치되어 내진공학 연구가 시작되었다.

1.3.2 관동 지진과 도시건축물법의 내진 기준

1923 년에 일어난 관동 지진은 도쿄 등 수도권을 포함한 넓은 범위에 큰 피해를 입혔는데, 특히 그 지진 직후에 발생한 지진 화재로 인적과 물적 피해가 매우 커지면서 관동 대진재로 명명되는 대재해가 되었다.

이 관동 지진의 교훈에 따라 이듬해인 1924 년 이미 제정된 도시건축물법에 내진규정이 포함됐다. 이것이 일본 내진기준의 최초이다. 그 내용은 이른바 빌딩에 대해서는 설계진도를 0.1 로 하여 허용응력도 계산을 할 것, 목조건축물(도시지역에 세워진 규모가 큰 것)은 적당히 지주를 넣을 것 등이었다.

1.3.3 후쿠이 지진과 건축기준법의 내진기준

1948 년 후쿠이 지진은 지방 도시 바로 밑에서 일어난 지진으로 범위는 넓지 않지만 매우 강한 흔들림으로 많은 목조건축물이 파괴되었다.

이 후쿠이 지진 2 년 후인 1950 년에 도시건축물법이 개정되어 건축기준법이 되었을 때, 내진기준도 재검토 되었다. 빌딩의 설계진도는 지금까지의 허용응력도를 장기허용응력도로 하고, 그 2 배(콘크리트, 목재) 또는 1.5 배(철강)를 단기허용응력도로 한다는 장단기의 2 단계가 된 것에 따라 0.2 로 상향되었다(따라서 내진성의 요구수준은 거의 변하지 않았다).

목조건축물 중에서도 대다수를 차지하는 단독주택 규모에 대해서는 내진설계의 편의적인 방법으로 '벽량계산'이 채택되었다. 이것은 바닥면적(지진력에 대응)에 따라 내력벽(지주가 들어간 벽 등 저항력에 대응, 벽배율로 평가한다)의 길이(필요벽량, 몇층건물의 몇층이나 및 지붕재에 따라 다르다)를 규정하는 것이다.

그 배경에는 후쿠이 지진 피해 조사 결과로부터 목조주택에는 벽이 많을수록 피해가 적었다는 사실과 이때까지 진행되어 온 내력벽 실험 결과가 있었다.

이 「벽량 계산」에 의한 설계법은, 그 후 1971 년에 내풍설계법으로서도 채택되었다. 내진계산용의 필요벽량과 내풍설계용의 필요벽량은 수치는 개정되었지만 방법으로는 현재도 사용되고 있다.

1.3.4 도카치오키 지진과 신내진기준

1968 년에 일어난 도카치오키 지진은 동북지방에서 홋카이도에 걸쳐 강한 진동을 일으켰는데 피해 양상은 매우 충격적이었다. 4 년 전 니가타 지진 당시 지반 액상화로 철근콘크리트 연립주택이 넘어지는 피해 등이 있었지만 주요 구조에서 큰 피해를 본 것은 적어 철근콘크리트구조는 내진적이라는 점이 확인된 것으로 보였다.

그러던 것이 이 도카치오키 지진에서는 짧은 기둥의 전단 파괴에 의해 철근

콘크리트구조의 많은 학교와 청사 등이 붕괴되었다. 이것은 지금까지의 설계진도를 0.2로 하여 허용응력도 설계만 하는 것은 강한 지진동에 대해서는 붕괴하는 것이 있음을 의미하고 있었다. 이러한 인식 하에 새로운 내진설계법을 만들기 위한 범국가적인 연구가 시작되었다. 「신 내진설계법의 개발」이라는 종합 기술개발 프로젝트다.

이 프로젝트 결과에 따라 건축기준법의 내진규정이 대폭 개정되어 1981년에 시행되었는데 그 내용이 「신내진기준」으로 불리고 있다.

이 신내진기준에서는 어느 규모를 넘는 빌딩 등에서는 지금까지의 설계진도 0.2에 대한 허용응력도 계산에 의해 드문 지진동(중지진동)에 대해서는 손상되지 않는 것을 확인함과 동시에 극히 드문 지진동(대지진동)에 대해서도 붕괴만은 하지 않는 것을 확인하기 위해 보유수평내력계산이 요구되게 되었다. 이 보유수평내력계산은 설계진도(정확히는 기준층 전단력계수) 1.0에 대하여 소성화해도 좋지만 붕괴되지 않을 정도의 내진성이 있는지를 확인하는 방법이다.

이 신내진기준은 그 후의 수정(추가)이 있기는 하지만 기본적으로는 현행 내진기준이다.

1.3.5 신내진기준을 적용한 목조건축물의 내진설계

신내진기준은 철근콘크리트구조 등 규모가 큰 건축물에 주안점을 둔 것이라 할 수 있지만, 목조건축물에 대해서도 개정이 이뤄졌다.

목조와 관련하여 큰 개정은 벽량계산의 재검토로 필요벽량이 대폭 증가하고, 아울러 벽배율도 재검토되었다. 이들 수치는 허용응력도 계산의 결과와 거의 동등하게 되도록 정해져 있다. 필요벽량은 중지진동에 대한 지진력(기준층 전단력계수 0.2)을 바탕으로 결정되었다. 또한 벽배율도 지금까지의 많은 실험결과를 토대로 대체로 탄성한계 또는 손상한계를 허용내력으로 간주하여 다시 평가하였다. (극히 일반적인 목조주택인 경우에는 허용응력도가 계산된 것은 극히 드문 지진동(대지진동)에 대해서 간신히 붕괴하지는 않을 것으로 추측되고 있다.)

1.3.6 한신·아와지 대지진과 기준의 명확화

1995년에 효고현 남부 지진이 일어나 한신·아와지 대지진으로 이름 붙여진 대재앙이 일어났다. 이 지진은 고베라는 대도시 바로 아래 단층이 움직인 것으로 고베 중심부 등에서 진도 7(기상청 진도층에서 가장 강한 흔들림)의 진동이 발생해 많은 빌딩과 목조주택이 붕괴되었다. 단, 신내진기준이 시행된 1981년 이후의 것에는 비교적 피해가 적어 신내진기준이 유효했던 것으로 평가되었다.

목조주택 피해 조사가 활발하게 이루어졌으며 그 결과 무너지거나 큰 피해를 입은 목조주택은 내력벽 배치가 편중되어 있거나 기둥과 횡가재(토대 등)의 접합부가 허술한 것으로 나타났다.

내진기준으로는 1950 년 건축기준법 제정 당시부터 내력벽은 균형 있게 배치해야 한다는 것과 기둥 접합부는 긴결(binding)해야 한다는 것이 규정되어 있었지만 그것이 이른바 정신 규정적이어서 실무상 구체적으로 어떻게 하면 어떻다는 것인지 명확하지 않았다. 그러한 점이 위와 같은 미비를 초래했다는 반성이 있었다.

이런 반성을 교훈 삼아 신내진기준의 목조 관계 규정을 명확히 한 고시가 새롭게 나와 2000 년에 시행됐다. 이것을 (내진) 기준의 명확화라고 부르고 있다.

내력벽의 균형이 잘 맞는 배치에 대해서는 4 분할법이 제시되었으며, 접합부에 대해서는 철물에 의한 구체적인 접합방법이 제시되었다.

1.3.7 현행 내진기준과 구마모토 지진

2016 년 규슈에서 구마모토 지진이 일어났다. 마시키 마을이라고 하는 쿠마모토시의 옆 마을에서, 진도 7 이 2 회 관측되고 신축주택을 포함해 많은 목조주택이 붕괴되었다. 그 중에는 2000 년 기준이 명확화된 후에 지어진 목조주택도 붕괴된 것이 있었다. 그러나 2000 년 이후의 목조주택 전체 중 무너진 것은 매우 적었으며, 또한 목조 이외에도 신내진기준 이후의 건축물 피해가 적었다는 점에서 신내진기준(기준 명확화 포함)을 개정하려는 움직임은 아직 보이지 않고 있다.

따라서 목조건축물의 내진기준은 당분간 신내진기준(기준의 명확화 포함)이 유지 될 것으로 생각된다.

제 2 장 재 료

본장에서는 중목구조에 사용하는 재료에 대하여 한국의 구조용 제재, 구조용 집성재, 구조용 합판의 규격과 강도를 정리한다. 다음으로 한국의 목구조에 대응 가능한 일본의 구조용 제재, 구조용 집성재, 구조용 합판의 규격과 강도에 대한 대응관계를 나타낸다.

2.1 한국 및 일본의 목구조 재료 개요

목구조공법의 구조 골조에는 제재, 집성재, 단판적층재(LVL)의 구조용 구조재료 및 합판, OSB 등의 구조용 면재료를 사용할 수 있다. 또한, 한국의 목구조공법에 관한 기준에는 목구조 (KDS 41 33 01 : 2016) (이하, KDS 41 33 01), 소규모건축구조기준 (KDS 41 90 33 : 2018) (이하, KDS 41 90 33), 목구조 주요 구조재간의 접합부에 철물을 사용하지 않고 전통공법에 따라 목재끼리 맞추는 것으로 접속하는 전통목구조 (KDS 41 33 06 : 2016) (이하, KDS 41 33 06) 등이 있다. 모두 일본의 목구조공법으로 사용하는 재료를 사용할 수 있다고 생각되지만, KDS 413301에서는 공칭치수 125×125mm(실치수 114×114mm)이상의 부재, KDS 419033에서는 한 조각이 117mm 이상의 부재, KDS 413306에서는 주요 구조부가 공칭치수 125×125mm이상의 부재, KDS 413306에서는 주요 구조부가 공칭치수 125×125mm로 정해져 있다. 또한 한국의 목재제품의 품질기준을 정한 규격에는 침엽수 구조용재(KSF3020:2018), 구조용합판(KSF3113:2016), 국립산림과학원 고시 제 2019-10 호(이하 고시)가 있으나 2020년 12월 현재 시점에서는 고시가 최신이기 때문에 목재제품의 품질기준에 대해서는 고시한 내용을 설명하기로 한다. 또한 고시에서는 제재, 집성재, 합판의 품질기준을 부속서로 정하고 있다.

한편 일본의 목구조공법에서는 기둥이나 대들보 등의 구조부재로 비교적 소규모 주택에는 재폭이 105mm 또는 120mm 인 재료를 사용하고, 중대규모 건축물에는 재폭이 150mm 인 재료를 사용하는 경우가 많다. 그렇게 때문에 각각의 재료에 대하여 설정하고 있는 강도의 대응 관계 등을 파악할 필요가 있다.

2.2 한국의 목구조 재료규격과 강도

2.2.1 구조용 제재

KDS 41 33 01에서는 구조용 제품의 종류를 1종 구조재(2x4 공법용 제재), 2종 구조재(들보 구조재), 3종 구조재(기둥 구조재)의 3가지로 분류하고 있다. 또한 목구조공법에는 공칭치수 125×125mm(실치수 114×114mm) 이상의 부재를 사용하도록 하였다. 그 때문에 목구조공법에는 2종 구조재(들보 구조재)와 3종

구조재(기둥 구조재)를 사용하게 된다. 구조재의 등급구분으로 육안으로 목재의 결점을 평가하는 육안등급구분과 기계적으로 목재의 강도특성을 평가하는 기계등급구분 두가지가 정해져 있다. 단, 고시에서는 기계 등급 구분의 적용을 1종 구조재로 한정하고 있는 점에 주의할 필요가 있다.

또한 KDS 41 90 33에서는 우선 구조내력상 휨이나 인장하중을 지지하는 부재에 이용하는 구조용제품의 품질은 고시 또는 KSF3020의 2급 이상으로 하였다. 다음으로 들보에 사용되는 구조용 제재는 2종 구조재로 하며, 그 품질도 고시 또는 KSF3020의 2급 이상으로 하고 있다. 또한 기둥에 사용되는 구조용 제재는 3종 구조재로 하며, 그 품질은 고시 또는 KSF3020의 2급 이상으로 하고 있다. 아울러 토대로 사용하는 구조용 제품은 고시 또는 KS F3020의 3급까지 사용할 수 있는데, 고시의 목재 방부·방충 처리기준 규정에 규정된 사용 환경 카테고리 H3에 대응하도록 하고 있다.

고시에서의 구조용 제재의 표준단면 치수에 대한 2종 구조재(들보 구조재)의 표준단면 치수는 표 2.1과 같다. 또한 3종 구조재(주 구조재)의 표준 치수는 표 2.2와 같다. 또, 길이에 대해서는 0.9m 이상에 대해 0.3m의 등차 급수 마다 수치를 증가한 것이 표준치수가 된다.

표2.1 2종 구조재 (들보 구조재)의 표준단면 치수 (단위: mm)

폭 두께	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450
120	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-
150	-	○	○	○	○	-	-	-	-	-
180	-	-	○	○	○	○	-	-	-	-
210	-	-	-	○	○	○	○	-	-	-
240	-	-	-	-	○	○	○	○	-	-
270	-	-	-	-	-	○	○	○	○	-
300	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○
330	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○
360	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○
390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○

표2.2 3종 구조재 (기둥 구조재)의 표준단면 치수 (단위: mm)

폭 두께	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450
120	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-

180	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
210	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-
270	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-
330	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-
360	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-
390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-
420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○
450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○

구조용 제품의 육안 등급의 기준에 대한 2종 구조재(들보 구조재)는 표 2.3, 3종 구조재(기둥 구조재)는 표 2.4 와 같다.

표2.3 2종 구조재 (들보 구조재) 의 육안등급별 품질기준

등급			1급	2급	3급
결점사항					
단독 절경 비	좁은 재면		20%이하의 것	30%이하의 것	40% 이하의 것
	넓은 재면	재연부	20% 이하의 것	30% 이하의 것	40% 이하의 것
		중양부	25% 이하의 것	35% 이하의 것	45% 이하의 것
집중절경비			위의 기준 이하의 것		
곡면(길이제외)			10% 이하의 것	20% 이하의 것	30% 이하의 것
할열			폭의 1/2 이하의 것	폭 이하의 것	폭의 2배 이하의 것
윤할			두께의 1/6 이하의 것	두께의1/6 이하의 것	두께의1/2 이하의 것
휨			0.3% 이하의 것	0.4% 이하의 것	0.5% 이하의 것
평균연륜폭			6mm 이하의 것	8mm 이하의 것	제한없음
섬유주행경사			1:12 이하의 것	1:8 이하의 것	1:6 이하의 것
기타 결점			경미한 것	경미한 것	현저하지 않은 것

표2.4 3종 구조재 (기둥 구조재) 의 육안등급별 품질기준

등급			1급	2급	3급
결점사항					
단독절경비			25% 이하의 것	35% 이하의 것	45% 이하의 것
집중절경비			위의 기준의 2배 이하의 것		
곡면(길이제외)			10% 이하의 것	20% 이하의 것	30% 이하의 것
할열			폭 이하의 것	폭의1.5배 이하의 것	폭의2배 이하의 것
윤할			두께의 1/6이하의 것	두께의1/6 이하의 것	두께의1/2이하의 것

휨	0.3% 이하의 것	0.4% 이하의 것	0.5% 이하의 것
평균연륜폭	6mm 이하의 것	8mm 이하의 것	제한없음
섬유경사	1:12 이하의 것	1:8 이하의 것	1:6 이하의 것
기타 결점	경미한 것	경미한 것	현저하지 않은 것

육안등급 구분을 적용하는 구조용 제품의 수종군과 이에 대응하는 수종의 관계는 표 2.5와 같다. 또한, 표2.5에 포함되지 않는 수종에 대해서는 그 수종의 기준허용응력이 표2.6의 기준허용응력에 대응하는 것이 증명되면 구조용 제품으로 사용할 수 있다.

표2.5 육안등급 구분을 적용한 구조용 제재의 수종군과 그에 대응하는 수종

수종군	수종
낙엽송류	낙엽송, 북미 낙엽송, 북양 낙엽송
소나무류	소나무, 편백나무, 리기다소나무, 북미 전나무
낙엽송류	잣나무, 가문비나무, 북미 가문비나무, 북양 가문비나무, 북양 적송, 라디에타소나무
삼나무류	삼나무, 전나무, 북미 삼나무

육안등급 구분을 적용한 구조용 제재의 기준허용응력은, 표2.6과 같다.

표2.6 육안등급 구분을 적용한 구조용제재의 기준허용응력 (MPa)

수종군	등급	휨 F_b	세로인장 F_t	세로압축 $F_{c\parallel}$	가로압축 $F_{c\perp}$	전단 F_v	휨탄성계수 E
낙엽송류	1급	7.8	5.4	8.8	3.5	1.25	12,200
	2급	5.9	3.9	5.9	3.5	1.25	10,800
	3급	3.4	2.5	3.4	3.5	1.25	9,300
소나무류	1급	7.4	4.9	7.4	3.0	1.10	10,300
	2급	5.9	3.4	4.4	3.0	1.10	8,800
	3급	3.4	2.0	2.9	3.0	1.10	8,300
잣나무류	1급	5.9	4.9	6.9	2.5	0.95	8,300
	2급	4.9	3.4	4.4	2.5	0.95	7,400
	3급	2.9	2.0	2.9	2.5	0.95	6,900
삼나무류	1급	4.9	3.9	5.9	2.5	0.90	8,300
	2급	3.9	2.5	3.9	2.5	0.90	6,900
	3급	2.5	1.5	2.5	2.5	0.90	5,900

구조용 제재의 기계등급 구분 기준은 표 2.7 과 같지만, 앞에서 서술한 바와 같이 1 종 구조재(2x4 공법 용재)에 한하여 적용할 수 있다는 점에 주의가 필요하다.

표2.7 기계등급 구분을 적용한 구조용 제재의 품질기준

등급 구분	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
휨탄성계수(GPa)	6이상 7미만	7이상 8미만	8이상 9미만	9이상 10미만	10이상 11미만	11이상 12미만	12이상 13미만	13이상 14미만	14이상
등근 모서리(길이 제외)		30%이하의 것							
할열		폭의 2배 이하의 것							
윤활		두께의 1/2이하의 것							
휨		0.5%이하의 것							
기타 결점		현저하지 않은 것							

구조용 제재의 함수율 기준은 표2.8과 같다.

표2.8 구조용 제재의 함수율 기준

구분		기호	함수율기준
건조재	건조 12	KD12, D12	12% 이하
	건조 15	KD15, D15	15% 이하
	건조 19	KD19, D19	19% 이하
생재(green wood)*		G	19% 초과

* 단, 1종 구조재 (2x4공법용) 는 생재의 기준은 적용하지 않는다.

치수에 대한 허용차는 제재의 종류에 관계없이 공통으로 표2.9와 같다.

표2.9 제재의 치수에 대한 허용차

구분	두께 및 폭		길이 허용차
	치수	허용차	
건조재	30mm미만	± 0.5mm	+ 제한없음 - 0
	30mm이상, 90mm미만	± 1.0mm	
	90mm이상	± 1.5mm	
생재	90mm미만	+ 2.0mm, -0mm	
	90mm이상	+ 3.0mm, -0mm	

2.2.2 구조용집성재

KDS 41 33 01 에서는 규격에 기준한 강도평가에 의해 선별한 라미나의

섬유방향을 서로 평행하게 집성·접착하여 특정한 응력에 견디도록 공학적으로 생산한 제품으로 정의하였다.

또한 KDS 41 90 33에서는 우선 구조내력상 휨이나 인장하중을 지지하는 부재에 사용하는 구조용 집성재의 품질은 고시 또는 KSF 3021의 각 평가에 적합하며 이것과 동등 이상의 것을 사용하도록 하고 있다. 다음으로 들보에 이용하는 구조용 집성재는 고시 또는 KSF3021의 9S-25B 이상의 비대칭이등급구성 집성재 또는 9S-27B 등급 이상의 대칭이등급구성 집성재를 사용하도록 하고 있다. 또한 기둥에 사용되는 구조용 집성재는 고시 또는 KSF3021의 9S-31B 이상의 비대칭이등급구성 집성재 또는 그 이상의 성능을 가진 대칭이등급구성 집성재를 사용하는 것으로 하고 있다.

구조용 집성재에 관한 주요 용어와 정의는 다음과 같다.

- (1) 구조용 집성재 : 구조물의 하중을 지지하는 내력부재로 사용하는 집성재
- (2) 최외층 라미나: 이등급구성 집성재의 양측 최외부 표면에서 양측에 접하는 장변길이의 1/16 이내 부위에 사용되는 라미나로서 휨하중하에서 압축응력이 작용하는 상면에 사용되는 압축측 최외층 라미나와 인장응력이 작용하는 하면에 사용하는 인장측 최외층 라미나
- (3) 외층 라미나: 이등급구성 집성재 양측 최외부 표면에서 양측을 접하는 장변길이의 1/16 이상 1/8 이내 부위에 사용하는 라미나
- (4) 중간층 라미나: 이등급구성 집성재 양쪽 최외부 표면에서 양쪽을 접하는 장변길이의 1/8 이상 1/4 이내 부위에 사용하는 라미나
- (5) 내층 라미나: 이등급구성 집성재 양쪽 최외부 표면에서 양쪽을 접하는 길이의 1/4 이상 떨어진 부위에 사용하는 라미나
- (6) 기계등급구분 라미나: 기계등급구분기로 측정한 라미나의 탄성계수에 따른 평가와 육안검사에 의해 평가한 재면의 결점에 따른 평가가 라미나의 품질기준에 적합한지를 종합적으로 평가한 라미나
- (7) 구조용집성재의 강도등급 : 규격 또는 고시에 의해 정한 구조용 집성재의 강도등급에 표시되고, S는 해당 등급의 평균 휨 탄성계수 값, B는 휨강도의 품질기준에 대응하는 값

구조용 집성재는 라미나 구성에 따라 동일 등급 집성재, 이등급 집성재로 구분함과 동시에 라미나 배치에 근거해 대칭구성 집성재와 비대칭 구성 집성재가 있다.

- (1) 이등급구성 집성재 : 구조용 집성재를 구성하는 라미나 등급이 다른 집성재
- (2) 동일등급구성 집성재 : 구조용 집성재를 구성하는 라미나등급이 전부 동일한 집성재
- (3) 대칭구성 집성재 : 이등급구성 집성재 중, 중립축에 대해 라미나 등급을

대칭으로 배치한 집성재

- (4) 비대칭구성 집성재 : 이등급구성 집성재 중, 중립축에 대해 라미나 등급을 비대칭으로 배치한 집성재

구조용 집성재는, 단면의 크기에 따라, 대단면 집성재, 중단면 집성재 및 소단면 집성재로 구분한다.

- (1) 대단면 집성재 : 단면치수가 단변 150mm 이상, 단면적이 30,000mm² 이상의 구조용 집성재
- (2) 중단면 집성재 : 단면치수가 단변 75mm 이상, 장변 150mm 이상의 구조용 집성재로, 대단면집성재를 뺀 것
- (3) 소단면 집성재 : 대단면집성재와 중단면집성재에 해당하지 않는 구조용집성재

구조용 집성재 제조를 위한 라미나의 두께는 50mm 이하이며, 집성재 제조 후 마감 등에 의해 상하 표면 최외층 라미나의 두께가 감소되는 경우가 있으나 단면의 중심축에 대하여 상하 대칭으로 이루어져야 한다. 구조용 집성재의 제조 후 마감 등에 의해 감소한 최외층 라미나의 두께는 다른 라미나 두께의 80% 이상이 되어야 한다. 단, 동등급 집성재나 실증시험이나 모델시험을 통해서 검증된 강도를 가진 이등급 집성재의 경우에는 마감 후 최외층 라미나의 두께를, 다른 라미나 두께의 3분의 2 이상으로 할 수 있다.

구조용 집성재의 접착제는 사용환경의 접착성능을 만족시킬 수 있는 것으로 라미나의 두께, 폭 또는 길이 방향으로 페놀계 접착제, 아미노계 접착제, 이소시아네이트계 접착제 또는 이와 동등 이상의 성능을 가진 접착제를 사용한다. 또한 구조용 집성재의 품질기준은 표 2.10 과 같다.

표 2.10 구조용 집성재의 품질기준

구분			기준
접착 강도 ^a	시험 I	침지박리시험	1. 시험편의 양단면에서 길이 3mm 이상의 박리를 대상으로 측정하고, 그 박리율이 5% 이하일 것 2. 각 접착층에 나타나는 박리 길이가 각 접착층 길이의 1/4 이하일 것 3. 시험편의 한쪽 단면에 나타나는 모든 박리 길이의 합이 부재 적층 방향변 길이의 1/4 이하일 것 규정의 블록전단시험에 합격할 것
		자박리시험	
		블록전단시험	
	시험 II	감압가압시험	
함수율 (건량)			15% 이하일 것
포름알데히드		SE ₀	평균치 0.3mg/L 이하, 최대치 0.4mg/L 이하

방산량	E ₀	평균치 0.5mg/L 이하, 최대치 0.7mg/L 이하
	E ₁	평균치 1.5mg/L 이하, 최대치 2.1mg/L 이하
라미나 최소적층수		1. 이등급구성 집성재는 4 장 이상일 것 2. 동일구성 집성재는 2 장 이상일 것
휨 (통직 집성재만)		부재의 길이 1m 에 대해 횡방향변위가 1mm 이하일 것

^a : 구조용집성재의 접착강도는, 시험 I 과 시험 II 중 하나는 합격해야 한다.

이등급구성 집성재의 강도 등급과 구성하는 라미나의 기계 등급과의 관계는 표 2.11 과 같다. 또한 대칭이등급구성 집성재인 라미나의 구성 기준은 표 2.12, 비대칭이등급구성 집성재의 인장측과 압축측의 라미나의 구성 기준은 표 2.13 과 같다.

표 2.11 이등급구성 집성재의 강도등급

대칭이등급구성 집성재		비대칭이등급구성 집성재	
강도등급	최외층라미나 기계등급	강도등급	인장측 최외층라미나 기계등급
15S-43B	E18	14S-42B	E18
13S-37B	E16	12S-36B	E16
12S-33B	E14	11S-31B	E14
10S-30B	E12	10S-28B	E12
9S-27B	E11	9S-25B	E11
8S-25B	E10	8S-24B	E10
7S-24B	E9	7S-22B	E9
6S-22B	E8	6S-21B	E8

표 2.12 대칭이등급구성 집성재의 라미나 구성기준

최외층라미나	외층라미나	중간층라미나	내층라미나
L 일 것	-1L 이상일 것	-2L 이상일 것	-4L 이상일 것

또한, L 은 표 3 에서 나타낸, 해당구성집성재의 최외층라미나 기계등급을 기준으로 한다. 또 -nL 은 L 보다 n 등급낮은 라미나 기계등급이다.

표 2.13 비대칭이등급구성 집성재의 라미나구성기준

인장측 라미나			내층 라미나	압축측 라미나	
최외층 라미나	외층 라미나	중간층 라미나		중간층 라미나	외층라미나 최외층라미나
L 일 것	-1L 이상일 것	-2L 이상일 것	-4L 이상일 것	-3L 이상일 것	-2L 이상일 것

동일등급구성 집성재의 강도 등급은 표 2.13 과 같다. 또한 동일등급구성 집성재는 표 2.14 의 라미나의 기계등급으로 구성한다.

표 2.14 동일등급구성 집성재의 강도등급

4 장 이상의 동일구성 집성재의 강도등급	3 장 이상의 동일구성 집성재의 강도등급	2 장 이상의 동일구성 집성재의 강도등급	라미나 기계등급
17S-54B	17S-49B	17S-45B	E18
15S-46B	15S-43B	15S-39B	E16
13S-40B	13S-37B	13S-34B	E14
12S-37B	12S-33B	12S-30B	E12
10S-34B	10S-30B	10S-28B	E11
9S-31B	9S-28B	9S-27B	E10
8S-30B	8S-27B	8S-25B	E9
7S-27B	7S-25B	7S-24B	E8
6S-25B	6S-24B	6S-22B	E7

구조용 집성재의 치수 허용차는 구조용 집성재의 종류별로 정해져 있으며, 높이, 폭 및 길이의 허용차는 표 2.15 와 같다. 또, 곡선의 허용차는 길이 6,000mm 이하인 경우는 6mm 이하, 길이 6,000mm 이상인 경우는 길이가 6,000mm 증가할 때마다 3mm 씩 허용한도를 증가시키지만, 허용한도의 최대치는 19mm 이다.

표 2.15 구조용집성재치수의 허용차

구분	허용한도	
	대단면집성재	중단면집성재 및 소단면집성재
폭 및 높이	$\pm 1.5\%$ 이고 $\pm 5\text{mm}$ 를 초과할 수 없다.	$\pm 1.5\%$ 이고 $\pm 3\text{mm}$ 를 초과할 수 없다.
길이	+ 제한없음 - 0	

구조용 집성재의 휨탄성계수 및 휨강도에 관한 품질기준은 표 2.16 과 같다. 또한 비대칭이등급구성 집성재의 압축축 굽힘에 관한 품질기준은 표 2.17 과 같다.

표 2.16 구조용집성재의 휨 탄성계수 및 휨강도의 품질기준

구분	적층수	강도등급	휨탄성계수 (10^3 MPa)		휨강도 (MPa)
			평균치	하한치	
대칭이등급구성집성재	—	15S-43B	15	12	43
		13S-37B	13	11	37
		12S-33B	12	10	33
		10S-30B	10	9	30
		9S-27B	9	8	27
		8S-25B	8	7	25
		7S-24B	7	6	24
		6S-22B	6	5	22
비대칭이등급구성집성재	—	14S-42B	14	11	42
		12S-36B	12	10	36

		11S-31B	11	9	31
		10S-28B	10	8	28
		9S-25B	9	7	25
		8S-24B	8	6.5	24
		7S-22B	7	6	22
		6S-21B	6	5	21
동일등급구성 집성재	4 장 이상	17S-54B	17	14	54
		15S-46B	15	12	46
		13S-40B	13	11	40
		12S-37B	12	10	37
		10S-34B	10	9	34
		9S-31B	9	8	31
		8S-30B	8	7	30
		7S-27B	7	6	27
		6S-25B	6	5	25
	3 장	17S-49B	17	14	49
		15S-43B	15	12	43
		13S-37B	13	11	37
		12S-33B	12	10	33
		10S-30B	10	9	30
		9S-28B	9	8	28
		8S-27B	8	7	27
		7S-25B	7	6	25
		6S-24B	6	5	24
	2 장	17S-45B	17	14	45
		15S-39B	15	12	39
		13S-34B	13	11	34
		12S-30B	12	10	30
		10S-28B	10	9	28
		9S-27B	9	8	27
		8S-25B	8	7	25
		7S-24B	7	6	24
		6S-22B	6	5	22

표 2.17 비대칭이등급구성 집성재의 압축축에 대한 휨강도 품질기준

구분	강도등급	휨강도 (MPa)
비대칭이등급구성 집성재	14S-42B	28
	12S-36B	25
	11S-31B	24
	10S-28B	22
	9S-25B	21
	8S-24B	19
	7S-22B	18

	6S-21B	16
--	--------	----

구조용집성재의 기준허용응력은 고시의 부록 A 에 표기하고 있고, 이 부록에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

- (a) 기준허용응력도 : 구조용 집성재에 대한 허용응력으로 조정계수가 적용되기 전의 값
- (b) 설계허용응력도 : 구조용 집성재에 대한 기준허용응력도에 다양한 적용 가능한 조정계수를 곱해서 설계에 이용할 수 있도록 조정한 값
- (c) 장기허용응력도 : 10년간 작용할 것으로 상정되는 바닥활하중하에서 구조용 집성재를 지지할 수 있는 최대응력도이다. 구조용 집성재를 사용하는 건축물의 구조설계에 사용하는 기준값으로 사용되며, 기준허용응력도라고도 한다.

또한 구조용 집성재의 종류 및 등급별 장기허용응력도는 대칭이등급 구성 집성재의 기준허용응력도는 표 2.18, 비대칭이등급구성 집성재의 기준허용응력도는 표 2.19, 동일등급구성 집성재의 기준허용응력도는 표 2.20 과 같다.

표 2.18 대칭이등급구성 집성재의 기준허용응력도

등급	기준허용응력도 (MPa)						
	X-X 축에 대한 휨 ^a		Y-Y 축에 대한 휨 ^b		축하중		
	F_{bxx} ^c	E_{xx} ^d	F_{byy} ^e	E_{yy} ^f	F_t ^g	F_c ^h	E^i
15S-43B	14	12 000	9	11 000	9	11	11 000
13S-37B	12	11 000	8	10 000	8	10	10 000
12S-33B	11	10 000	7.5	9 000	7	8	9 000
10S-30B	10	9 000	7	8 000	6.5	7.5	8 000
9S-27B	9	8 000	6	7 000	6	7	7 000
8S-25B	8	7 000	5	6 000	5.5	6.5	6 000
7S-24B	7	6 000	4.5	5 500	5	6	5 500
6S-22B	6	5 000	4	5 000	4.5	5.5	5 000

^a X-X 축에 대한 휨: 휨 하중이 라미나와 라미나 사이의 접착층에 직각 방향으로 작용하는 경우

^b Y-Y 축에 대한 휨: 휨 하중이 라미나와 라미나 사이의 접착층에 평행 방향으로 작용하는 경우

^c X-X 축에 대한 기준휨허용응력도

^d X-X 축에 대한 기준휨탄성계수(MOE)

^e Y-Y 축에 대한 기준휨허용응력도

^f Y-Y 축에 대한 기준휨탄성계수(MOE)

^g 기준섬유방향인장허용응력도

^h 기준섬유방향압축허용응력도

ⁱ 기준탄성계수

표 2.19 비대칭이등급구성 집성재의 기준허용응력도

등급	기준허용응력도 (MPa)							
	X-X 축에 대한 휨 ^a			Y-Y 축에 대한 휨 ^b		축하중		
	F_{bxx}^c		E_{xx}^f	F_{byy}^g	E_{yy}^h	F_t^i	F_c^j	E^k
	I 형 ^d	II 형 ^e						
14S-42 B	14	9	11 000	9	10 000	9	10	10 000
12S-36 B	12	8.5	10 000	8	9 000	8	9.5	9 000
11S-31 B	10	8	9 000	7	8 000	7	8	8 000
10S-28 B	9.5	7.5	8 000	6.5	7 000	6	7.5	7 000
9S-25B	8.5	7	7 000	5.5	6 500	6	7	6 500
8S-24B	8	6.5	6 500	5	6 000	5	6	6 000
7S-22B	7.5	6	6 000	4.5	5 500	4.5	5.5	5 500
6S-21B	7	5.5	5 000	4	5 000	4.5	5	5 000

^aX-X 축에 대한 휨: 휨하중이 라미나와 라미나간의 접착층에 직각방향으로 작용하는 경우

^bY-Y 축에 대한 휨: 휨하중이 라미나와 라미나간의 접착층에 평행방향으로 작용하는 경우

^cX-X 축에 대한 기준휨허용응력도

^dX-X 축의 휨에서 인장측의 최외라미나에 인장응력이 작용하는 경우

^eX-X 축의 휨에서 압축측의 최외라미나에 인장응력이 작용하는 경우

^fX-X 축에 대한 기준휨탄성계수(MOE)

^gY-Y 축에 대한 기준휨허용응력도

^hY-Y 축에 대한 기준휨탄성계수(MOE)

ⁱ 기준섬유방향인장허용응력도

^j 기준섬유방향압축허용응력도

^k 기준탄성계수

표 2.20 동일등급구성 집성재의 기준허용응력도

적층수	등급	기준허용응력도 (MPa)						
		X-X 축에 대한 휨 ^a		Y-Y 축에 대한 휨 ^b		축하중		
		F_{bxx}^c	E_{xx}^d	F_{byy}^e	E_{yy}^f	F_t^g	F_c^h	E^i
4 장 이 상	17S-54B	18	14 000	13	13 000	13	15	13 000
	15S-46B	15	12 000	10	11 000	11	13	11 000
	13S-40B	13	11 000	9	10 000	9.5	11	10 000
	12S-37B	12	10 000	8	9 000	8.5	10	9 000
	10S-34B	11	9 000	7.5	8 000	8	9.5	8 000
	9S-31B	10.5	8 000	7	7 000	7.5	8.5	7 000
	8S-30B	10	7 000	6.5	6 000	7	8	6 000
	7S-27B	9	6 000	6	5 000	6.5	7.5	5 000
	6S-25B	8.5	5 000	5.5	4 000	6	7	4 000
3 장	17S-49B	16	14 000	11	13 000	13	14	13 000
	15S-43B	14	12 000	10	11 000	11	12	11 000
	13S-37B	12	11 000	8	10 000	9.5	10	10 000
	12S-33B	11	10 000	7.5	9 000	8.5	9	9 000
	10S-30B	10	9 000	7	8 000	8	8.5	8 000
	9S-28B	9.5	8 000	6.5	7 000	7.5	8	7 000
	8S-27B	9	7 000	6	6 000	7	7.5	6 000
	7S-25B	8.5	6 000	5.5	5 000	6.5	6.5	5 000
	6S-24B	8	5 000	5	4 000	6	6	4 000
2 장	17S-45B	15	14 000	11	13 000	13	14	13 000
	15S-39B	13	12 000	9	11 000	11	12	11 000
	13S-34B	11	11 000	7.5	10 000	9.5	10	10 000
	12S-30B	10	10 000	6.5	9 000	8.5	9	9 000
	10S-28B	9.5	9 000	6	8 000	8	8.5	8 000
	9S-27B	9	8 000	5.5	7 000	7.5	8	7 000
	8S-25B	8.5	7 000	5	6 000	7	7.5	6 000
	7S-24B	8	6 000	4.5	5 000	6.5	6.5	5 000
	6S-22B	7.5	5 000	4	4 000	6	6	4 000

^aX-X 축에 대한 휨: 휨하중이 라미나와 라미나간의 접착층에 직각방향으로 작용하는 경우

^bY-Y 축에 대한 휨: 휨하중이 라미나와 라미나간의 접착층에 평행방향으로 작용하는 경우

^cX-X 축에 대한 기준휨허용응력도

^dX-X 축의 휨에서 인장층의 최외라미나에 인장응력이 작용하는 경우

^eX-X 축의 휨에서 압축층의 최외라미나에 인장응력이 작용하는 경우

^fX-X 축에 대한 기준휨탄성계수(MOE)

^gY-Y 축에 대한 기준휨허용응력도

^hY-Y 축에 대한 기준휨탄성계수(MOE)

ⁱ 기준섬유방향인장허용응력도

^j 기준섬유방향압축허용응력도

^k 기준탄성계수

구조용 집성재의 전단 및 섬유직각방향의 압축(박음)에 있어서 장기허용응력도는 표 2.21 및 표 2.22 와 같다.

표 2.21 구조용집 성재의 기준전단허용응력도

수종군	기준전단허용응력도 (MPa)
전건비중 0.55 이상의 수종	2.0
전건비중 0.5 이상, 0.55 미만의 수종	1.6
전건비중 0.45 이상, 0.5 미만의 수종	1.4
전건비중 0.45 미만의 수종	1.2

* 수종군이 다른 라미나 구성 구조용 집성재의 경우 사용한 수종군 중 가장 약한 수종군에 대한 값을 적용한다.

표 2.22 구조용 집성재의 기준섬유직각방향압축 (박음) 허용응력도

수종군	섬유직각방향압축허용응력도(MPa)
전건비중 0.55 이상의 수종	3.5
전건비중 0.5 이상, 0.55 미만의 수종	3.0
전건비중 0.45 이상, 0.5 미만의 수종	2.5
전건비중 0.45 미만의 수종	2.0

* 수종군이 다른 라미나 구성 구조용 집성재의 경우 사용한 수종군 중 가장 약한 수종군에 대한 값을 적용한다.

2.2.3 구조용 합판

바닥, 벽 또는 지붕 덮개에는 고시 또는 KSF3113 에서 규정하는 2 급 이상의 구조용 합판을 사용하도록 하고 있다. 또, 구조용 합판의 품질항목은 표 2.23 과 같다.

표 2.23 구조용 합판의 종류 및 품질항목

종류	품질항목					
	접착성	포름알데히드 방산량	휨성능	수종구성	외관 등급	사이즈
구조용 합판	완전 내수	SE ₀ E ₀ E ₁ E ₂ (실내사용금지)	휨강도, 휨탄성 계수	침엽수, 활엽수, 침·활엽수혼용	1급 2 급	두께, 폭, 길이
	내수					

다음으로 구조용 합판의 표준치수는 표 2.24 와 같다.

표 2.24 합판의 표준치수(단위:mm)

호칭 두께	폭	길이	허용차			직각도 (판면에 있어서 대각선 길이의 차이)
			두께	폭	길이	
2.7						
3.0						
3.6						
4.2						
4.8						
5.0						
6.0						
7.0						
7.5	900	1,800				
8.0	910	1,820				
8.5	1,200	2,400	±4%	±2	±2	3
9.0	1,220	2,440				
12.0						
15.0						
18.0						
21.0						
24.0						
28.0						
30.0						
35.0						

※ 이 표 이외의 치수(두께, 폭, 길이)의 구조용 합판에 대하여 표시 치수의 합격 여부 판정에는 이 표의 허용차를 적용할 수 있다.

구조용 합판의 정의, 단판 구성, 밀도, 함수율, 접착성, 휨성능, 구성단판, 휨 또는 변형에 관한 품질기준은 표 2.25 와 같다.

표 2.25 구조용 합판의 정의 및 품질기준

구분		품질기준
정의		건축물의 구조 내력상 주요 부분에 이용하는 합판
밀도		밀도시험방법에 준하는 것(단, 기준치는 특별히 정하지 않는다)
함수율 (건조량)		13% 이하인 것
접 착 성	완전 내수	완전 내수인장 전단 접착력: 0.7MPa 이상인 것 서로 인접하는 단판의 섬유방향이 평행하게 적층되어 내수인장 전단 접착력 시험이 불가능한 접착층에 대해서는 내수침지박리시험에 의해 같은 접착층에서 박리되지 않은 부분의 길이가 전측면에서 2/3 이상인 것
	내수	보통합판의 내수 접착성 기준에 적합한 것

휨성능	1급	2급
	구조용 합판의 휨성능 시험에서 표2.26의 휨강도 및 휨 탄성계수 기준치 이상인 것	구조용 합판의 휨성능 시험에서 표2.27의 휨탄성 계수 기준치 이상인 것
휨 또는 변형	사용에 지장이 없는 것	

표2.26 구조용 합판의 휨성능에 대한 품질기준 (1급)

구분 두께 (mm)	휨강도 (MPa)		휨탄성계수 (GPa)	
	0°	90°	0°	90°
9.0	26.0	16.0	6.5	2.5
12.0	22.0	20.0	5.5	3.5
15.0	20.0	20.0	5.0	4.0
18.0	20.0	20.0	5.0	4.0
21.0	22.0	18.0	5.5	3.5
24.0	22.0	18.0	5.5	3.5
28.0	22.0	18.0	5.5	3.5

표 2.27 구조용 합판의 휨성능에 대한 품질기준 (2 급)

두께 (mm)	휨탄성계수 (GPa)
9.0 이상 12.0 미만	5.0
12.0 이상 24.0 미만	4.0
24.0 이상 28.0 미만	3.5
28.0 이상	3.3

2.3 일본의 구조재료의 규격과 강도

2.3.1 구조용 제재

구조용공법 재료의 단면 치수의 예로서 「제재의 일본 농림규격(2019 년 8 월 15 일 농림수산성 고시 제 661 호, 2019 년 11 월 13 일 시행)」(이하, 제재 JAS)의 구조용 제재의 표준치수를 나타내면 표 2.28 와 같다. 단, 마감재의 경우는 규정 치수가 된다. 또, 회색 부분은 한국의 2 종 및 3 종 구조재에는 해당하지 않는다.

표 2.28 「제재의 일본농림규격」의 구조용 제재의 표준단면치수

목판 의 단면 (mm)	목판의 장변 (mm)																							
15									90		10 5	12 0												
18									90		10 5	12 0												
21									90		10 5	12 0												
24									90		10 5	12 0												
27			45		60		75		90		10 5	12 0												
30		39	45		60		75		90		10 5	12 0												
36	36	39	45		60	66	75		90		10 5	12 0												
39		39	45		60		75		90		10 5	12 0												
45			45	55	60		75		90		10 5	12 0												
60					60		75		90		10 5	12 0												
75							75		90		10 5	12 0												
80								80	90		10 5	12 0												
90									90		10 5	12 0	13 5	15 0	18 0		21 0	24 0	27 0	30 0	33 0	36 0		
100										10 0	10 5	12 0	13 5	15 0	18 0		21 0	24 0	27 0	30 0	33 0	36 0	39 0	
105											10 5	12 0	13 5	15 0	18 0		21 0	24 0	27 0	30 0	33 0	36 0	39 0	
120												12 0	13 5	15 0	18 0		21 0	24 0	27 0	30 0	33 0	36 0	39 0	

135													13 5	15 0	18 0		21 0	24 0	27 0	30 0	33 0	36 0	39 0
150														15 0	18 0		21 0	24 0	27 0	30 0	33 0	36 0	39 0
180															18 0		21 0	24 0	27 0	30 0	33 0	36 0	39 0
200																20 0	21 0	24 0	27 0	30 0	33 0	36 0	39 0
210																	21 0	24 0	27 0	30 0	33 0	36 0	39 0
240																		24 0	27 0	30 0	33 0	36 0	39 0
270																			27 0	30 0	33 0	36 0	39 0
300																			27 0	30 0	33 0	36 0	39 0

구조용 제재의 치수 정밀도 및 건조재 구분을 마감재 및 미마감재별로 표 2.29, 구조용 제품의 건조 구분은 표 2.30 과 같다. 회색부분은 국내 기준에 해당하지 않는다. 치수에 대한 허용차를 한국과 일본을 비교하면 길이에는 차이가 없지만 단면 치수는 한국이 모든 건조재 구분에서 마이너스를 허용하고 있는 반면 일본은 규정 치수의 마감재에만 마이너스를 허용하고 있다. 또한, 플러스 및 마이너스의 허용차의 절대값의 합계는, 한국보다 일본이 작지만, 플러스 측의 수치는 한국이 작다. 한국의 함수율 구분과 일치하는 일본의 건조재 구분은 SD15 및 D15뿐이다. 단, 한국의 함수율 기준 건조 19 와 일본의 건조재 구분 SD20 및 D20 의 기준치 차이는 1%이며, 일본의 함수율 관리 실정에서 보면 SD20 및 D20 은 평균 17~18%로 하는 경우가 많아 한국의 함수율 기준인 건조 19 를 거의 만족할 수 있다고 생각된다.

표 2.29 「제재의 일본농림규격」의 구조용 제재의 표시치수에 대한 허용범위

			구분		표시된 치수와 측정한 치수와의 차 (mm)
			인공건조 표시	목판의 단변 및 목판의 장변	
목판의 단변	인공건조 처리를	마감재	SD15	75mm 미만	+1.5、-0.5
				75mm 이상	+2.0、-0.5

및 목판의 장변	한 것		SD20	75mm 미만	+1.5、-0
				75mm 이상	+2.0、-0
		미마감재	D15 D20 D25	75mm 미만	+1.5、-0
				75mm 이상 105mm 미만	+2.0、-0
				105mm 이상	+5.0、-0
		인공건조처리를 하지 않은 것	75mm 미만	+2.0、-0	
	75mm 이상 105mm 미만		+3.0、-0		
	105mm 이상		+5.0、-0		
	재장				

표 2.30 「제재의 일본농림규격」의 구조용 제재의 건조재구분

구분		기준
마감재	SD15 로 표시하는것	15%이하
	SD20 로 표시하는 것	20%이하
미마감재	D15 로 표시하는 것	15%이하
	D20 로 표시하는 것	20%이하
	D25 로 표시하는 것	25%이하

제재 JAS 의 구조용 제재는 등급구분법으로 육안등급구분과 기계등급구분의 2 종류의 방법을 채용하고 있다. 육안등급구분 구조용 제재는 품질기준 중 강도적 요구에 관한 절경비, 섬유방향의 경사, 평균 연륜폭에 대해서 한국의 치수기준에 일치하는 각 등급의 기준치는 표 2.31 와 같다. 또한, 갑종 구조재 구조용Ⅱ(갑종 구조재 중, 목판의 단변이 36mm 이상이고 또한 장변이 90mm 이상인 제재, 이하 갑종 구조용Ⅱ)가 을종 구조재와 다른 점은 목판 면을 제외한 4 재면을 넓은 면과 좁은 면의 각각 2 면씩으로, 더욱 넓은 면은 마디가 존재하는 범위를 중앙부와 재연부로 나누고, 특히 재연부의 절경비에 대해서는 중앙부에 비해 엄격한 기준이 마련되어 있다. 이는 한국의 경우와 같지만, 한국의 2 중 구조재(들보 구조재)의 경우 집중 절경비가 단독 절경비와 같은 값을 취하는 것, 일본의 집중 절경비는 기본적으로 단독 절경비의 1.5 배에 대해서 한국의 3 중 구조재(주 구조재)는 2 배라는 차이가 있다. 또한, 한국과 일본의 용이에 관한 기준치를 동일 등급으로 비교하면, 2 중 구조재(들보 구조재) 1 급의 좁은 면 및 넓은 면의 재연부 이외에는 한국이 일본보다 작은 값을 설정하고 있다. 또한 섬유방향의 경사와 평균 연륜폭의 기준치는 한국과 일본이 같다.

표 2.31 「제재의 일본농림규격」의 육안등급구분 구조용 제재의 품질기준
상한(일부발취)

항목			갑종구조재구조용Ⅱ			乙종구조재		
			1 급	2 급	3 급	1 급	2 급	3 급
단독절경비	전면		-			30%	40%	70%
	좁은면		20%	40%	60%	-		
	넓은 면	중앙 부	30%	40%	70%			
		재연 부	15%	25%	35%			
집중절경비	전면		-			45%	60%	90%
	좁은면		30%	60%	90%	-		
	넓은 면	중앙 부	45%	60%	90%			
		재연 부	20%	40%	50%			
섬유방향의 경사			1/12	1/8	1/6	1/12	1/8	1/6
평균연륜폭			6mm	8mm	10mm	6mm	8mm	10mm

한편, 기계등급구분 구조용 제재는 규격에 근거한 휨세로탄성계수에 대응한 등급 (표 2.32) 으로 구분된다. 또한, 부분적인 결점을 평가하는 것은 곤란하기 때문에, 용이 등 결점에 대해 육안의 기준을 병행 하고 있다.

표 2.32 「제재의 일본농림규격」의 기계등급구분구조용제재의 휨양구계수의 기준

등급	휨세로탄성계수 (GPa 또는 10^3N/mm^2)	
E50	3.9 이상	5.9 미만
E70	5.9 이상	7.8 미만
E90	7.8 이상	9.8 미만
E110	9.8 이상	11.8 미만
E130	11.8 이상	13.7 미만
E150	13.7 이상	

제재 JAS 규격의 구조용 제재에 대응한 기준강도는 「목재의 기준강도 F_c , F_t , F_c 및 F_s 을 정한 건 (2000 년 5 월 31 일 건설성고시 1452 호) 」에 표시하고, 기준탄성계수는 건축학회발행의 「목질구조설계기준 · 동

해설 1) 」의 설계자료에 게재되어 있다. 육안등급구분 구조용 제재 및 기계등급구분 구조용 제재에 대해서 한국의 수종군 표에 게재되어 있고, 일본의 주요 조림목인 삼나무, 히노끼, 낙엽송의 각 등급 수치는 표 2.33, 표 2.34 와 같다.

표 2.33 「제재의 일본농림규격」의 육안등급구분 구조용 제재에 대한 기준강도와 기준탄성계수

수종	구분	등급	기준강도 (N/mm ²)				기준탄성계수 (kN/mm ²)		
			F _c	F _t	F _b	F _s	E ₀	E _{0.05}	G ₀
삼나무	갑종 구조재	1 급	21.6	16.2	27.0	1.8	7.0	4.5	E ₀ 의 값의 1/15 로 한다.
		2 급	20.4	15.6	25.8				
		3 급	18.0	13.8	22.2				
	을종 구조재	1 급	21.6	13.2	21.6				
		2 급	20.4	12.6	20.4				
		3 급	18.0	10.8	18.0				
편백	갑종 구조재	1 급	30.6	22.8	38.4	2.1	11.0	8.5	
		2 급	27.0	20.4	34.2				
		3 급	23.4	17.4	28.8				
	을종 구조재	1 급	30.6	18.6	30.6				
		2 급	27.0	16.2	27.0				
		3 급	23.4	13.8	23.4				
낙엽송	갑종 구조재	1 급	23.4	18.0	29.4	2.1	9.5	6.0	
		2 급	20.4	15.6	25.8				
		3 급	18.6	13.8	23.4				
	을종 구조재	1 급	23.4	14.4	23.4				
		2 급	20.4	12.6	20.4				
		3 급	18.6	10.8	17.4				

표 2.34 기계등급구분구조용제재의 기준강도와 기준탄성계수

수종	등급	기준강도 (N/mm ²)				기준탄성계수 (kN/mm ²)		
		F _c	F _t	F _b	F _s	E ₀	E _{0.05}	G ₀
삼나무	E50	19.2	14.4	24.0	1.8	5.0	4.0	E ₀ 의 값의 1/15로
	E70	24.0	18.0	29.4		7.0	6.0	

	E90	28.2	21.0	34.8		9.0	8.0	한다.
	E110	32.4	24.6	40.8		11.0	10.0	
	E130	37.2	27.6	46.2		13.0	12.0	
	E150	41.4	31.2	51.6		15.0	14.0	
편백 낙엽송	E50	11.4	8.4	13.8	2.1	5.0	4.0	
	E70	18.0	13.2	22.2		7.0	6.0	
	E90	24.6	18.6	30.6		9.0	8.0	
	E110	31.2	23.4	38.4		11.0	10.0	
	E130	37.8	28.2	46.8		13.0	12.0	
	E150	44.4	33.0	55.2		15.0	14.0	

2.3.2 구조용 집성재

「집성재의 일본농림규격 (농림수산성고시 475 호, 2019 년 6 월 27 일)」 (이하, 집성재 JAS) 는 조작용 집성재, 화장조작용 집성재, 구조용 집성재, 화장조작용 집성재의 4 품목으로 구성된다. 이 중, 후자의 2 품목이 구조용재로 사용되고, 구조용 집성재에서는 제품의 휨성능, 라미나의 품질, 접착의 정도, 함수율(15%이하), 표시치수의 허용차, 포름알데히드 방출량에 대한 기준치가 각각 규정되어 있다. 또한, 구조용 집성재는 단면의 크기에 따라 대단면집성재, 중단면집성재, 소단면집성재, 라미나구성에 따라 대칭이등급구성 집성재, 비대칭이등급구성 집성재, 특정대칭이등급구성 집성재, 동일등급구성 집성재, 내충특수구성 집성재로 구분된다.

일반적으로 집성재의 강도는, 등급 구분된 라미나를 규격에 의해서 규정된 단면 구성으로 제조함으로써 보증하는 시스템이다. 대칭이등급구성 집성재의 단면 구성과 등급별로 지정되어 있는 각 층의 등급은 그림 2.1, 표 2.35 와 같다.

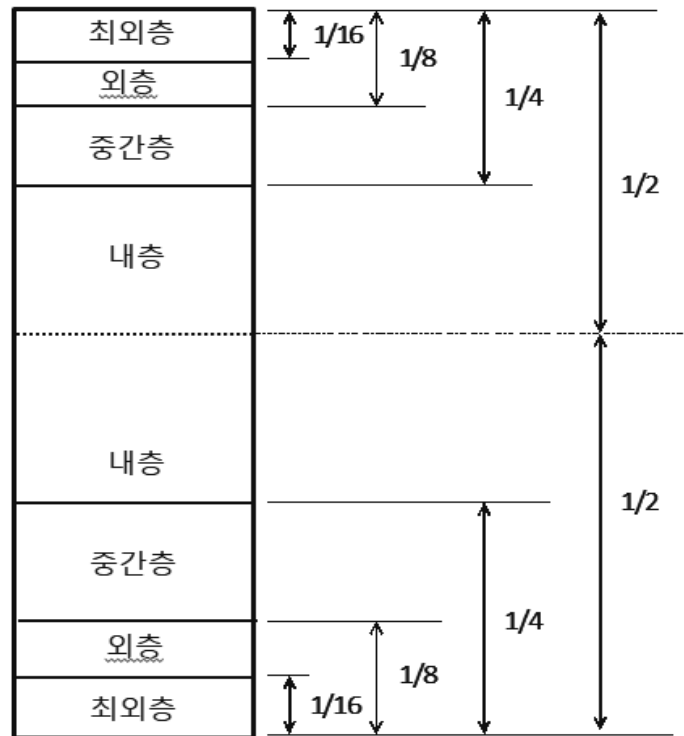


그림 2.1 집성재 JAS 에서 이등급구성구조용 집성재 (대칭구성) 의 단면구성

표 2.35 집성재 JAS 의 이등급구성구조용 집성재 (대칭구성) 의 강도등급별의 라미나 구성

강도등급	최외층	외층	중간층	내층
E170-F495	L200	L180	L160	L125
E150-F435	L180	L160	L140	L110
E135-F375	L160	L140	L125	L100
E120-F330	L140	L125	L110	L90
E105-F300	L125	L110	L100	L80
E 95-F270	L110	L100	L90	L70
E 85-F255	L100	L90	L80	L60
E 75-F240	L90	L80	L70	L50
E 65-F225	L80	L70	L60	L50
E 65-F220	L80	L70	L60	L40
E 55-F200	L70	L60	L50	L30

라미나의 두께는 원칙적으로 50mm 이하로 되어있다. 또한 라미나의 등급구분법으로서, 「육안에 의한 등급구분법」, 「기계등급구분(일반은 E-rate 라고 불러진다.)」 및 「MSR 구분」의 3 종류가 채용되고, 각각의 구분법에 따라 라미나의 품질기준이 규정되고 있다.

구조용제품의 휨성능에 관한 기준은 라미나 구성별로 정한 강도등급에 대해 휨세로탄성계수의 평균치와 하한치 및 휨강도가 정해져 있다. 집성재 JAS 의 이등급 구성 집성재의 휨세로탄성계수 및 휨강도의 기준(발취)은 표 2.36, 집성재 JAS 의 동일 등급구성 집성재의 휨세로탄성계수 및 휨강도의 기준은 표 2.37 과 같다. 또한 한국의 구조용 집성재의 강도 등급에 대응하는 일본의 강도 등급은 표 2.38 과 같다.

표 2.36 집성재 JAS 의 이등급구성 집성재의 휨세로탄성계수 및 휨강도의 기준 (발취)

	강도등급	휨세로탄성계수 (GPa 또는 10^3N/mm^2)		휨강도 (MPa 또는 N/mm^2)
		평균치	하한치	
대칭이등급구성 집성재	E170-F495	17.0	14.0	49.5
	E150-F435	15.0	12.5	43.5
	E135-F375	13.5	11.5	37.5
	E120-F330	12.0	10.0	33.0
	E105-F300	10.5	9.0	30.0
	E 95-F270	9.5	8.0	27.0
	E 85-F255	8.5	7.0	25.5
	E 75-F240	7.5	6.5	24.0
	E 65-F225	6.5	5.5	22.5
	E 65-F220	6.5	5.5	22.0
	E 55-F200	5.5	4.5	20.0
특정대칭이등급 구성 집성재	ME120-F330	12.0	10.0	33.0
	ME105-F300	10.5	9.0	30.0
	ME 95-F270	9.5	8.0	27.0
	ME 85-F255	8.5	7.0	25.5
비대칭이등급 구성 집성재	E160-F480	16.0	13.5	48.0
	E140-F420	14.0	11.5	42.0
	E125-F360	12.5	10.5	36.0
	E110-F315	11.0	9.0	31.5
	E100-F285	10.0	8.5	28.5
	E 90-F255	9.0	7.5	25.5
	E 80-F240	8.0	6.5	24.0
	E 70-F225	7.0	5.5	22.5
	E 60-F210	6.0	5.0	21.0
	E 60-F205	6.0	5.0	20.5

	E 50-F170	5.0	4.5	17.0
--	-----------	-----	-----	------

표 2.37 집성재 JAS 의 동일등급구성 집성재의 휨세로탄성계수 및 휨강도의 기준

적층수	강도등급	휨세로탄성계수 (GPa 또는 10^3N/mm^2)		휨강도 (MPa 또는 N/mm^2)
		평균치	하한치	
4 층 이상	E190-F615	19.0	16.0	61.5
	E170-F540	17.0	14.0	54.0
	E150-F465	15.0	12.5	46.5
	E135-F465	13.5	11.5	46.5
	E120-F375	12.0	10.0	37.5
	E105-F345	10.5	9.0	34.5
	E 95-F315	9.5	8.0	31.5
	E 85-F300	8.5	7.0	30.0
	E 75-F270	7.5	6.5	27.0
	E 65-F255	6.5	5.5	25.5
	E 55-F225	5.5	4.5	22.5
3 층	E190-F555	19.0	16.0	55.5
	E170-F495	17.0	14.0	49.5
	E150-F435	15.0	12.5	43.5
	E135-F375	13.5	11.5	37.5
	E120-F330	12.0	10.0	33.0
	E105-F300	10.5	9.0	30.0
	E 95-F285	9.5	8.0	28.5
	E 85-F270	8.5	7.0	27.0
	E 75-F255	7.5	6.5	25.5
	E 65-F240	6.5	5.5	24.0
	E 55-F225	5.5	4.5	22.5
2 층	E190-F510	19.0	16.0	51.0
	E170-F450	17.0	14.0	45.0
	E150-F390	15.0	12.5	39.0
	E135-F345	13.5	11.5	34.5
	E120-F300	12.0	10.0	30.0
	E105-F285	10.5	9.0	28.5

	E 95-F270	9.5	8.0	27.0
	E 85-F255	8.5	7.0	25.5
	E 75-F240	7.5	6.5	24.0
	E 65-F225	6.5	5.5	22.5
	E 55-F200	5.5	4.5	20.0

표 2.38 한국과 일본의 구조용 집성재의 강도등급의 비교

구분	적층수	한국의 강도등급	일본의 강도등급
대칭이등급구성 집성재	—	15S-43B 13S-37B 12S-33B 10S-30B 9S-27B 8S-25B 7S-24B 6S-22B	E150-F435 E135-F375 E120-F330、ME120-F330 E105-F300、ME105-F300 E 95-F270、ME 95-F270 E 85-F255、ME 85-F255 E 75-F240 E 65-F220
비대칭이등급구성 집성재	—	14S-42B 12S-36B 11S-31B 10S-28B 9S-25B 8S-24B 7S-22B 6S-21B	E140-F420 E125-F360 E110-F315 E100-F285 E 90-F255 E 80-F240 E 70-F225 E 60-F210
동일등급구성 집성재	4 장 이상	17S-54B	E170-F540
		15S-46B	E150-F465
		13S-40B	E135-F405
		12S-37B	E120-F375
		10S-34B	E105-F345
		9S-31B	E 95-F315
		8S-30B	E 85-F300
		7S-27B	E 75-F270
		6S-25B	E 65-F255
	3 장	17S-49B	E170-F495
		15S-43B	E150-F435
		13S-37B	E135-F375
		12S-33B	E120-F330
		10S-30B	E105-F300
		9S-28B	E 95-F285
		8S-27B	E 85-F270
	2 장	7S-25B	E 75-F255
		6S-24B	E 65-F240
		17S-45B	E170-F450
		15S-39B	E150-F390
		13S-34B	E135-F345

		12S-30B	E120-F300
		10S-28B	E105-F285
		9S-27B	E 95-F270
		8S-25B	E 85-F255
		7S-24B	E 75-F240
		6S-22B	E 65-F225

2.3.3 구조용 합판

「합판의 일본농림규격 (농림수산성고시 475 호, 2019 년 6 월 27 일)」 (이하, 합판 JAS) 는 보통합판, 콘크리트형틀합판, 구조용합판, 화장구조용합판, 천연목화장합판, 특수가공화장합판 등 6 품목부터 구성된다. 이 중 2 품목이 구조용이다. 구조용 합판은 은축가공을 실시한 것을 포함하여 건축물의 구조내력상 주요한 부분에 사용하는 합판, 화장구조용합판은 구조용 합판의 표면 또는 이면에 나무재질 특유의 미관을 나타내는 것을 주요 목적으로 한 화장단판을 배합한 합판이다. 또한 구조용 합판은 접착의 정도, 함수율(동일 시료에서 채취한 시험편의 함수율 평균치가 14% 이하), 판면의 품질, 휨성능, 면내 전단강도, 포름알데히드 방출량, 구성단판, 휘거나 비틀림, 치수의 허용차, 유효단면 계수비에 대한 기준치가 각각 규정되어 있다.

구조용합판의 접착정도는 특류와 1 류가 있고, 특류는 연속자비시험, 스티밍반복시험, 감압가압시험 중 어느 하나의 결과에 따라 평균 목부파단율 및 전단강도가 정해져 있다. 1 류는 자비반복시험, 스티밍처리시험, 감압가압시험 중 어느 하나의 결과에 따라 특류와 마찬가지로 평균 목부파단율 및 전단강도가 정해져 있다. 목부파단율 및 전단강도의 기준은 표 2.39 와 같다.

표 2.39 일본농림규격의 합판 목부파단율 및 전단강도의 기준

그 시험편에 사용되는 단판의 수종		평균목부파단율 (%)	전단강도 (MPa 또는 N/mm ²)
활엽수	자작나무		1.0
	참나무, 졸참나무, 고로쇠, 옻나무, 물푸레나무, 들메나무		0.9
	일본목련, 계수나무, 타브		0.8
	라왕, 피나무, 기타 활엽수		0.7
침엽수			0.7
		50	0.6
		65	0.5
		80	0.4

구조용 합판 1 급의 휨세로탄성계수 및 휨강도의 기준은 표 2.40 과 같다. 또한 구조용 합판 1 급에서 휨세로탄성계수 및 휨강도를 기호 E 와 F 로 나타낼 때의 기준은 표 2.41 과 같다. 또한 회색부분은 한국의 구조용 합판 규격에 대응하는 것이 없다.

표 2.40 구조용합판 1 급의 휨양구계수 및 휨강도기준

표시두께 (mm)	휨세로탄성계수 (GPa 또는 10 ³ N/mm ²)		휨강도 (0°) (MPa 또는 N/mm)			휨강도 (90°) (MPa 또는 N/mm)
			판면의 품질기호			
	0°	90°	A-A B-B	A-C B-C C-C	A-D B-D C-D D-D	
6.0 미만	8.5	0.5	42.0	38.0	34.0	8.0
6.0 이상 7.5 미만	8.0	1.0	38.0	36.0	32.0	14.0
7.5 이상 9.0 미만	7.0	2.0	34.0	32.0	28.0	12.0
9.0 이상 12.0 미만	6.5	2.5	32.0	28.0	26.0	16.0
12.0 이상 15.0 미만	5.5	3.5	26.0	24.0	22.0	20.0
15.0 이상 18.0 미만	5.0	4.0	24.0	22.0	20.0	
18.0 이상 21.0 미만	5.0	4.0	24.0	22.0	20.0	
21.0 이상	5.5	3.5	26.0	24.0	22.0	18.0

표 2.41 구조용 합판 1 급으로 휨세로탄성계수 및 휨강도를 기호 E 와 F 로 표기시 기준

강도등급	휨세로탄성계수 (GPa 또는 kN/mm^2)		휨강도 (MPa 또는 N/mm^2)	
	0°	90°	0°	90°
E50-F160	5.0	단판수가 3 의 경우 0.4	16.0	단판수가 3 의 경우 5.0
E55-F175	5.5		17.5	
E60-F190	6.0	단판수가 4 의 경우 1.1	19.0	단판수가 4 의 경우 6.5
E65-F205	6.5		20.5	
E70-F220	7.0	단판수가 5 의 경우 1.8	22.0	단판수가 5 의 경우 9.0
E75-F245	7.5		24.5	
E80-F270	8.0	단판수가 6 이상의 경우 2.2	27.0	단판수가 6 이상의 경우 10.0

구조용 합판 2 급의 휨세로탄성계수의 기준은 표 2.42 와 같다. 또, 회색부분은 한국의 구조용 합판 규격에 대응하는 것이 없다.

표 2.42 구조용 합판 2 등급의 휨세로탄성계수의 기준

표시두께 (mm)	휨세로탄성계수 (GPa 또는 10^3N/mm^2)
6.0 미만	6.5
6.0 이상 7.5 미만	6.0
7.5 이상 9.0 미만	5.5
9.0 이상 12.0 미만	5.0
12.0 이상 24.0 미만	4.0
24.0 이상 28.0 미만	3.5
28.0 이상	3.3

제 3 장 구조의 개요

본 장에서는 중목구조주택의 구조개요를 설명하고, 반듯이 알아야할 사양 규정 및 구조규정을 소개한다.

3.1 중목조공법의 개요

중목조공법이란 들보·도리 등의 횡가재와 기둥을 기본으로 한 축조 구조방법으로 축조내에는 구조용합판 등의 구조용면재에 의한 내력벽을 가진다. 구조체를 구성하는 요소의 명칭은 그림 3.1 과 같고 구조에 대한 구체적인 사진은 그림 3.2~3.4 와 같다.

최근의 중목구조주택은 철근콘크리트로 만든 기초 위에 토대를 깔고 그 위에 기둥을 세워 들보·도리로 기둥의 꼭대기를 연결함으로써 축조체를 형성한다. 축조체 간에는 이음매, 시구치(목재와 목재를 잇기 위해 장부를 낸곳)라는 가공을 하여 접합하고 철물을 고정시킴으로써 긴결하게 한다. 바닥 또는 지붕에는 합판 등의 구조용 패널을 못으로 박고 바닥면·지붕면을 일체화한다. 벽에도 합판 등의 구조용 패널을 못으로 박고 지진이나 바람에 버틸 수 있는 벽으로 만든다.

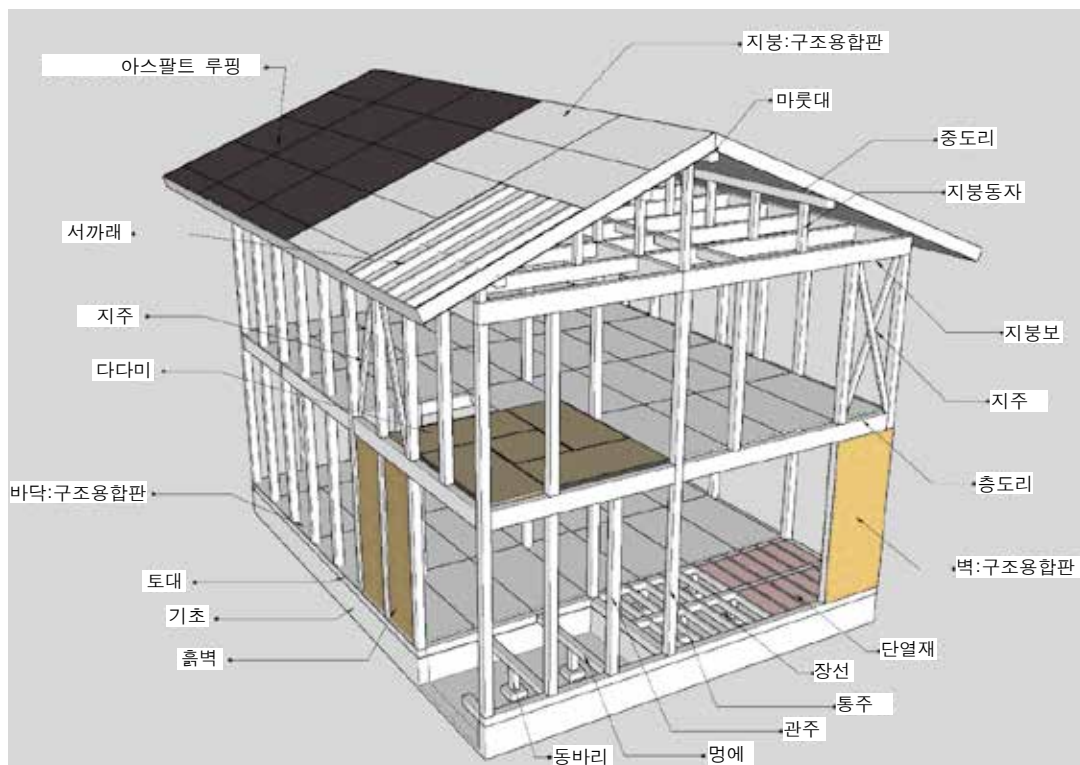


그림 3.1 중목구조주택을 구성하는 요소

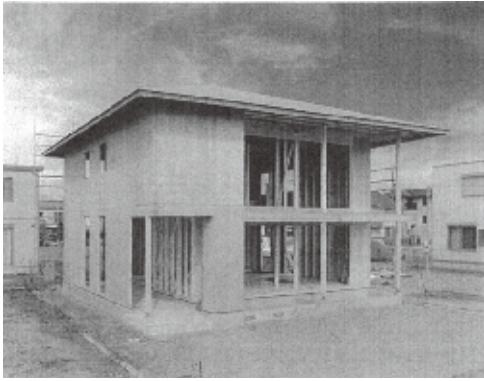


그림 3.2 중목구조의 전경사진

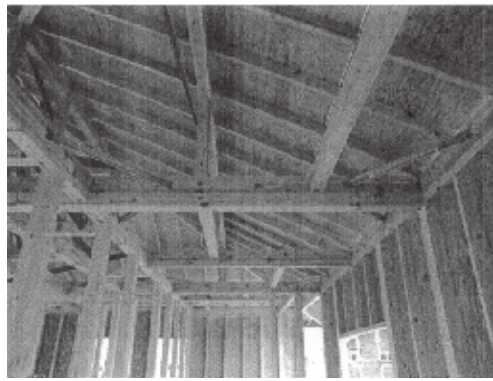


그림 3.3 구조가 완성된 내부사진 : 뼈대

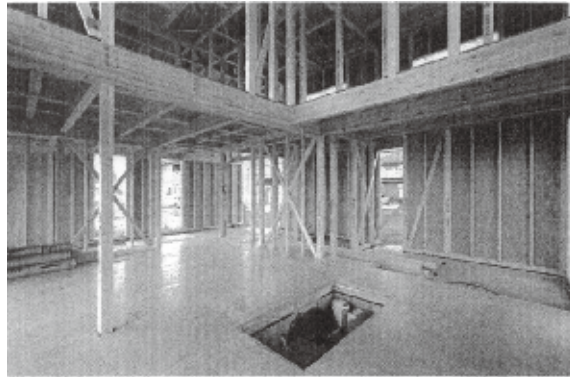


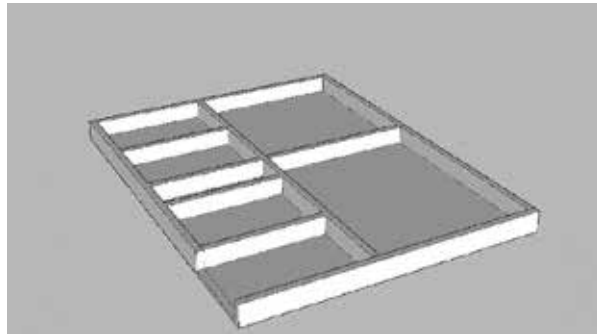
그림 3.4 구조가 완성된 내부사진 : 바닥·벽

3.2 중목구조공법의 건축방법

중목구조주택의 건축방법 순서는 다음과 같다. 또한 상세한 시공순서는 제 9 장에서 소개하겠다.

① 기초

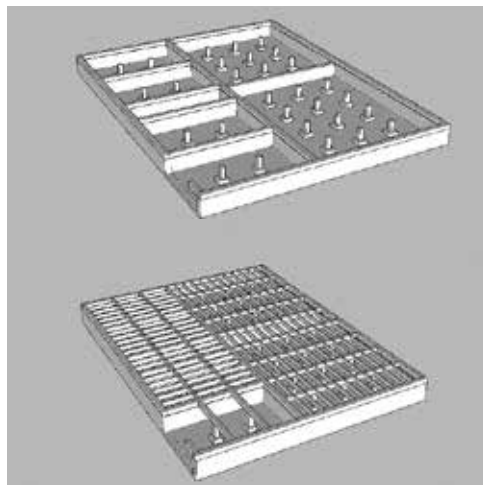
토대를 고정시키는 앵커볼트를 정확하게 설치하고 기초용 철근을 배근시킨 뒤 콘크리트를 타설한다. 일반적으로 토대에 맞춰 기초를 배치하는 줄 기초나 바닥 밑까지 모두 콘크리트로 덮는 베타 기초 등 두 가지 시공 방법이 있다.



② 토대·다발기초·멍에(장선을 받치는 가로대)

기초 위에는 토대를 배치해 앵커볼트로 연결한다. 1 층 바닥을 지지하기 위한 멍에와 다발기초를 마련한다. 멍에의 배치 간격은 900~1000mm 를 기준으로 한다. 또한, 다발은 나무로 되어 있으나 오늘날에는 강철로 만든 다발이 일반적이다.

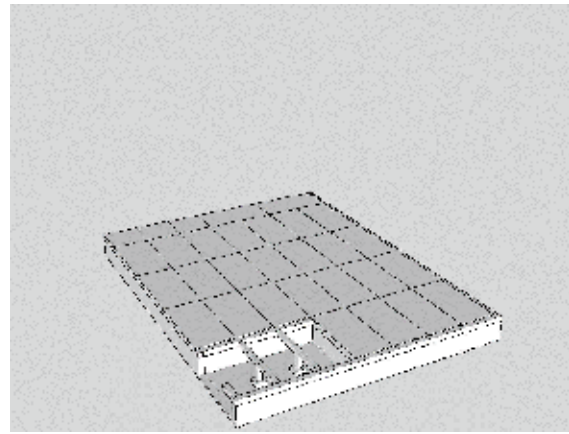
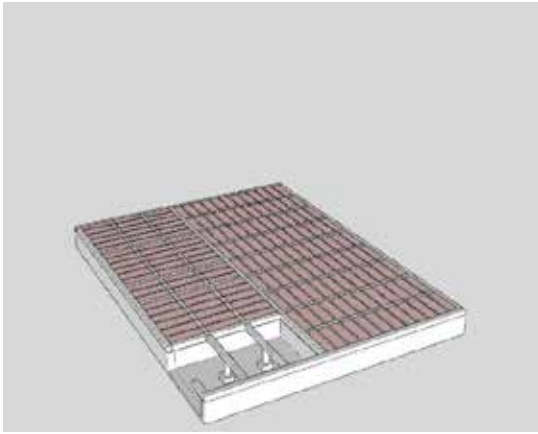
1 층 바닥에 붙이는 합판은 굴곡방지로 토대와 멍에 사이에 1 층 바닥합판을 설치한다. 1 층 바닥합판의 배치 간격은 900~1000mm 를 기준으로 한다. 또, 합판을 생략할 경우는 줄눈의 불균형을 방지하기 위해서 은축 장착 합판을 이용한다.



③ 1 층바닥

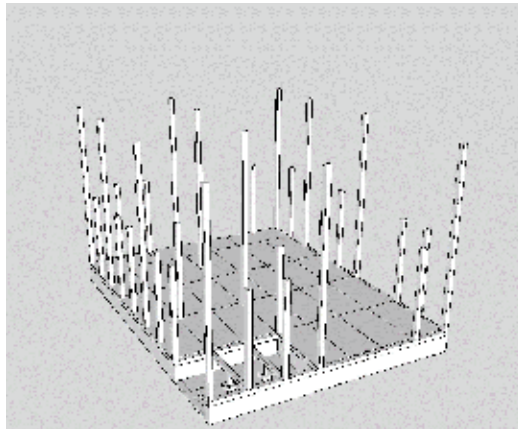
단열재를 깔 경우는 멍에 사이에 단열재를 깐다.

1 층 바닥밀바탕용 합판을 토대, 멍에, 1 층 바닥합판에 대해서 못을 박는다. 기둥이나 간주(셋기둥, 두 기둥 사이의 좁은 기둥)를 설치하는 곳은 미리 합판을 잘라 두는 것이 중요하다.



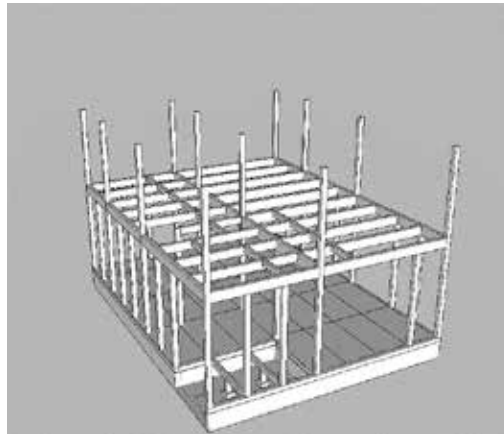
④ 1층 기둥

1층 토대 위에 1층 기둥을 배치한다. 집의 모서리 및 구조상 중요한 곳에는 2층까지 연속되는 기둥을 배치한다.



⑤ 2층 바닥보

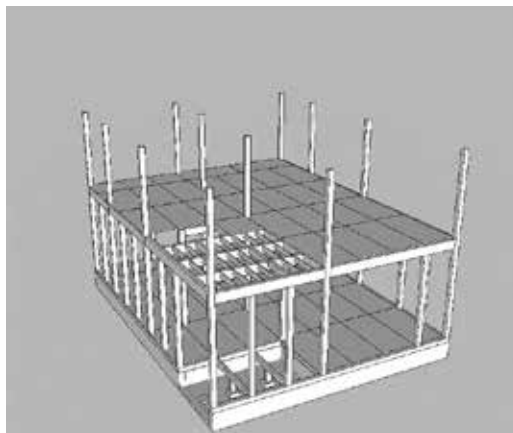
1층 기둥 위에 2층 바닥보와 동차(목조건축의 상층과 하층 경계에 이용하는 두꺼운 수평재)를 배치하고, 2층 바닥보 간에는 필요에 따라 작은 보를 배치한다. 기둥의 상하단 및 들보 사이에는 철물로 연결한다. 작은 보의 배치간격은 900~1000mm 를 기준으로 한다. 축조가 넘어지는 것을 방지할 위해 가설재를 설치한다.



⑥ 2층바닥

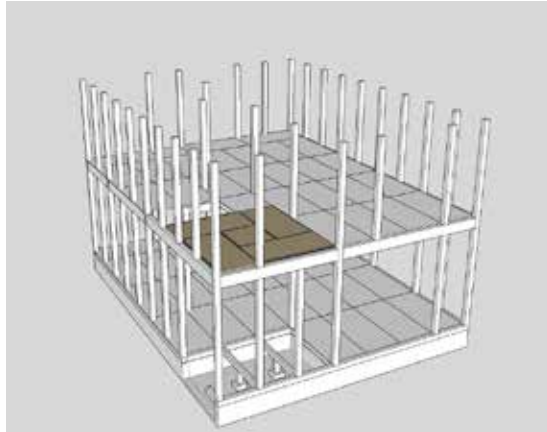
바닥 구면의 강도를 높이고 합판의 굴곡을 감소시키는 경우에는 대들보나 작은 보 사이에 합판을 설치한다. 합판의 배치 간격은 900~1000mm 를 기준으로 한다.

합판을 생략할 경우에는 줄눈에서의 불균형을 방지하기 위해서 은축 장착 합판을 이용한다. 이어서 2 층 바닥밑바탕용 합판을 2 층 바닥들보, 작은들보, 동차, 2 층 바닥합판에 대해 못을 박는다.



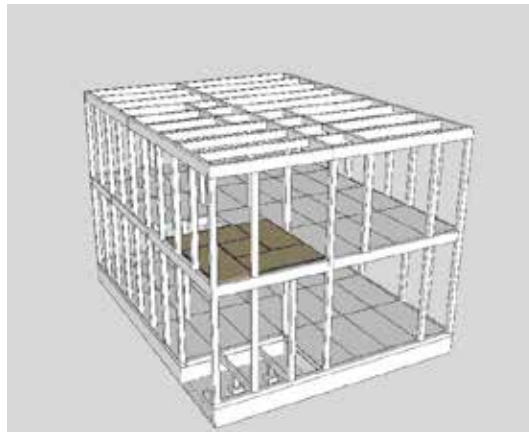
⑦ 2층기둥

2 층 기둥을, 2 층 바닥들보와 동차의 위에 배치한다. 또한, 2 층 기둥을 설치할 개소의 합판은 미리 잘라둔다.



⑧ 중보와 도리

중보와 도리를 2 층 기둥의 위에 배치한다. 2 층 기둥의 상하단 및 중보 사이에는 철물로 연결한다.

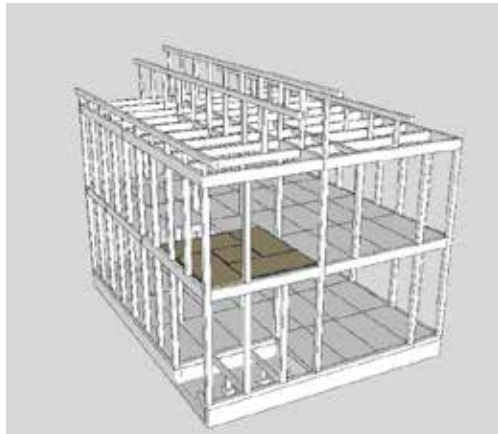


⑨ 지붕틀

건물들보면 구면의 직사각형 모양을 유지하기 위해서는 앵글 보를 기둥이 배치되는 구획의 네 모서리에 배치한다. 또한, 건물들보면에도 합판에 못을 박는 경우나 지붕 구면이 충분한 내력을 가진 경우에는 보강재 들보는 불필요하다.

다음으로, 지붕을 형성하기 위해서는 기둥을 건물들보의 위에 배치한다. 기둥의 길이와 배치는 지붕의 형상과 경사면에 따라 결정한다.

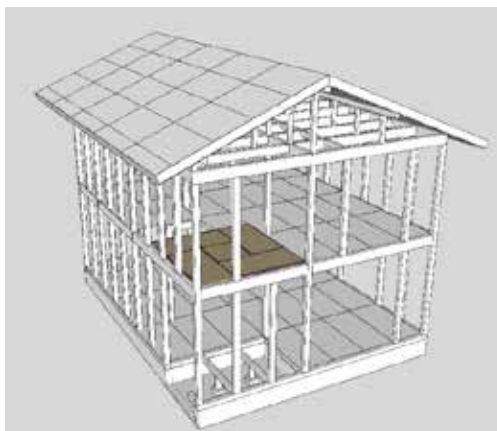
그리고, 마룟대, 꺾자보, 중도리를 기둥위에 배치한다. 각 부재간은 못을 박거나 철물로 연결한다.



⑩ 서까래·지붕판

마룻대, 중도리, 들보에 서까래를 배치한다. 서까래 간격은 300~500mm 정도로 한다. 횡가재와 교차하는 부분은 못질 혹은 철물로 연결하고, 특히 처마보는 바람의 상승에 대처하기 위해 전용철물로 연결한다. 또한, 서까래를 사용하지 않는 등반 보 방식으로 하는 경우도 있다.

다음으로 서까래에 지붕판을 못으로 박는다.



⑪ 벽 시공

이후 벽면이 들어오는 곳에 간주를 배치한다. 간주는 벽면재나 밀바탕재의 면외방향 굴곡을 방지하기 위한 부재이다.

기둥, 간주, 토대, 대들보, 중보에 외벽용 밀바탕합판을 못으로 박는다. 외벽에서는 천장에서 내려온 벽, 흠막이 벽에도 합판을 못 박는다. 그리고, 내벽 쪽에 단열재를 넣고 내벽 밀바탕을 처리한 뒤 내장공사로 이어진다.

3.3 기초

(1) 기초의 구성

기초의 구성은 그림 3.5 와 같다. 기초는 철근콘크리트구조가 기본이지만,

토대아래에 기초 보를 마련하는 줄기초와 마루아래 부분 전면에 기초 슬래브를 깔아 채우는 베타 기초 2 종류가 있다. 건물의 구조일체성이나 바닥 밑부분의 습기 방지·회개미방지 등을 고려하면 베타 기초로 하는 것이 바람직하다.

또한 상부 구조로부터의 힘을 확실히 지반에 전달시키기 위해서도, 내력벽선의 바로 밑에는 기초 보를 설치하는 것이 중요하다. 또한 바닥 점검 등에 필요한 통구는 상부 구조가 큰 개구 바로 밑을 피해서 배치하는 것이 바람직하다.

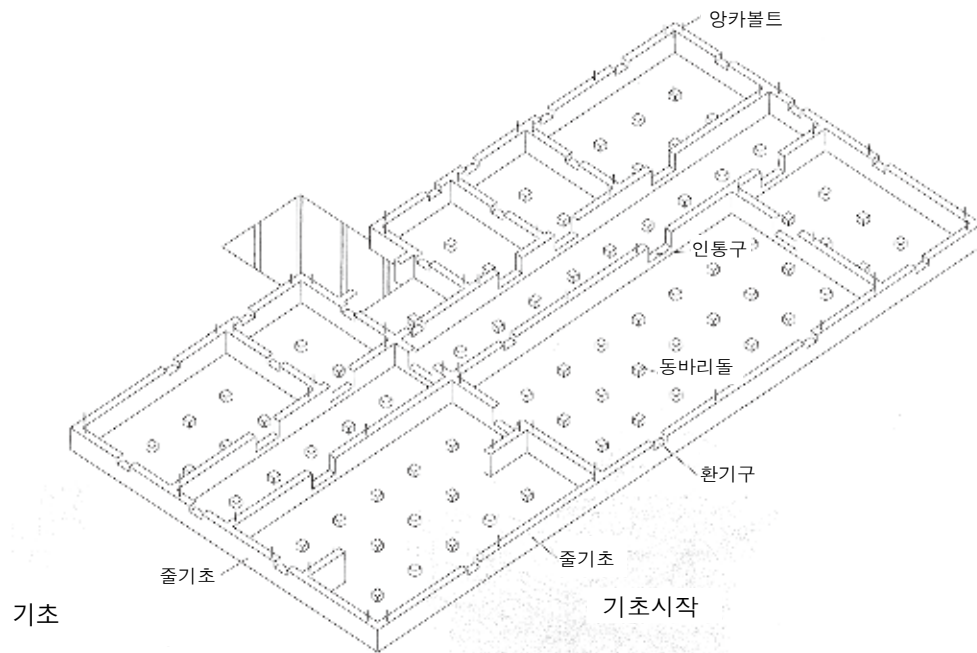


그림 3.5 기초의 구성 (베타기초의 예시)

참고 : 스즈키 슈조 편[해설] 건축의 구조와 공법, 이노우에 서원

(2) 기초의 단면

베타기초의 단면 예시는 그림 3.6 과 같다.

기초시작 부분의 폭은 150mm 이상을 기본으로 하고, 그 중 축철근, 복철근, 횡철근을 배치한다. 축철근은 기초 들보의 폭 중심에 위치하도록 배치하고, 토대를 연결하기 위한 앵커볼트도 기초의 배근시에 동시에 시공해 둔다 (정확한 위치를 밝혀두지 않으면 토대를 설치할 수 없음에 주의)

기초시작 높이 (기초 슬라브보다도 위의 길이) 는 300mm 이상으로 하지만, 내구성 관점에서는 400mm 이상으로 하는 것이 좋다.

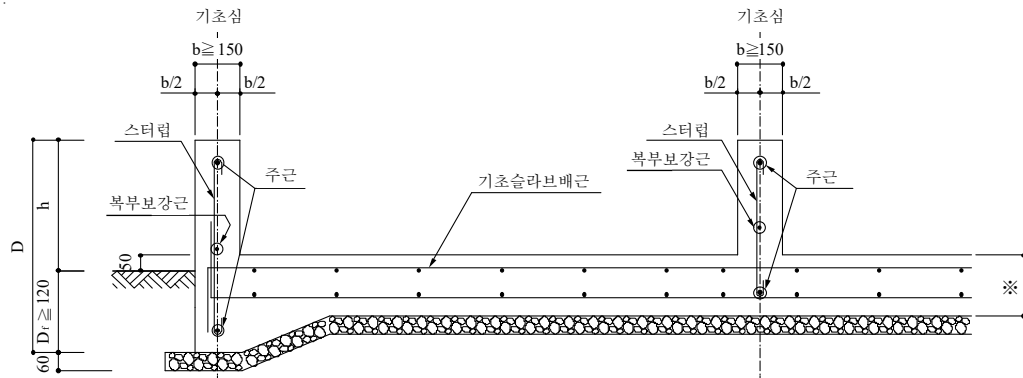


그림 3.6 베타기초의 단면예시

참고 : 소규모 건축물기초설계지침, (사)일본건축학회

(3) 기초의 배근

기초의 배근예시는 그림 3.7~그림 3.9 과 같다. 상부구조로부터의 힘을 지반에 전달하기 위해서는 기초보에는 축철근과 (상단과 하단)전단보강근을 배치한다. 개구부 (환기구) 주변에는, 축철근의 연속성을 보전하기 위해서 개구부 경사 보강근을 필요한 정착길이를 확보해서 배근한다.

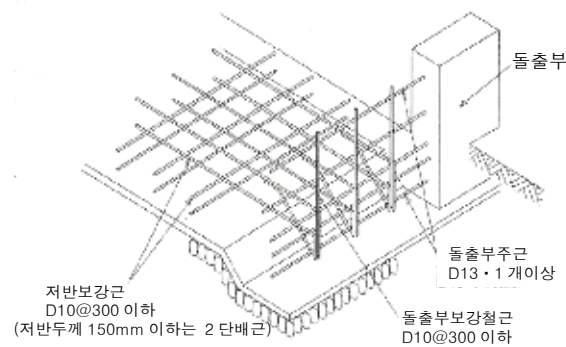


그림 3.7 베타기초의 배근

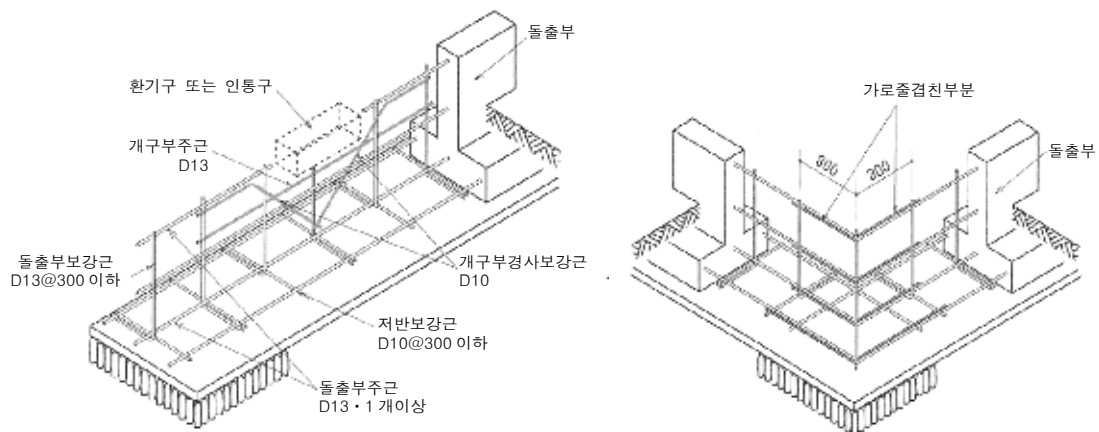


그림 3.8 환기구의 보강

그림 3.9 모서리 부분의 보강

참고 : 스즈키 슈조 편[해설] 건축의 구조와 공법, 이노우에 서원

3.4 축조

(1) 토대

기초와 토대 및 토대와 토대의 접합예시는 그림 3.10 과 같다.

기초와 토대는 앵커볼트로 연결한다. 토대 위에 바닥 밑바탕용 합판을 직접 붙일 경우 등 앵커볼트의 여분 길이와 너트가 신경 쓰이는 경우에는 볼트 길이에 주의하고, 토대 중에 가려질 수 있는 타입의 너트를 이용하는 것이 좋다. 토대와 토대의 접합은 목재간 연결가공 외에 그림 3.10 과 같은 접합철물을 사용해도 된다.

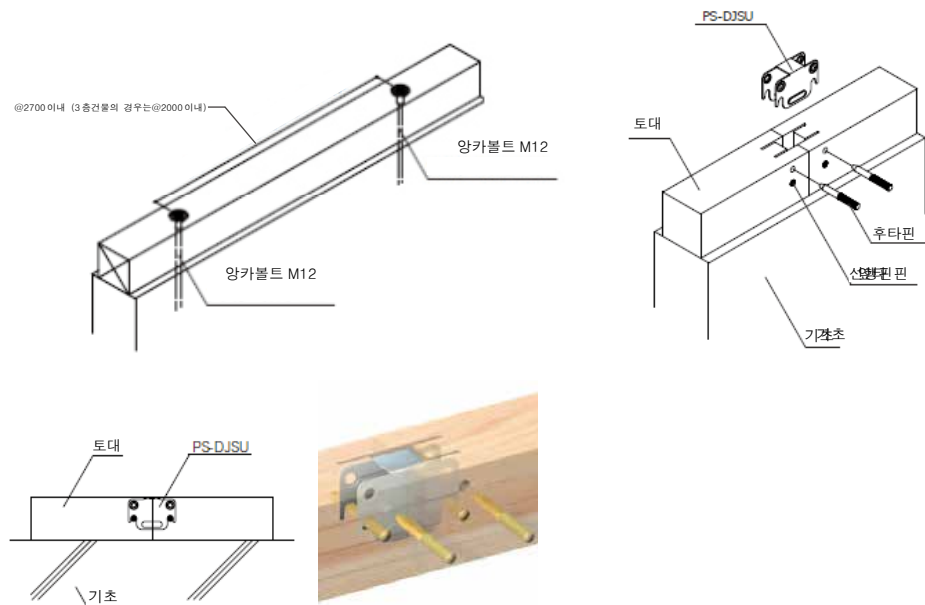


그림 3.10 기초와 토대, 토대와 토대의 접합

토대와 기둥의 접합예시는 그림 3.11 과 같다.

토대의 재료는 내부후성·내충성이 높은 편백나무 심재가 바람직하지만 구할 수 없는 경우에는 방부처리제를 도포한 재료를 사용한다. 토대의 치수는 기둥보다 큰 것으로 한다.

접합방법은 목재간 홈접합 또는 철물에 의한 접합으로 한다. 내력벽을 구성하는 기둥의 경우에는 이와 별도로 분리하여 힘에 저항하는 철물을 설치하는 경우가 있다. 상세한 내용은 「4 장 구조설계」를 참조하기 바란다.

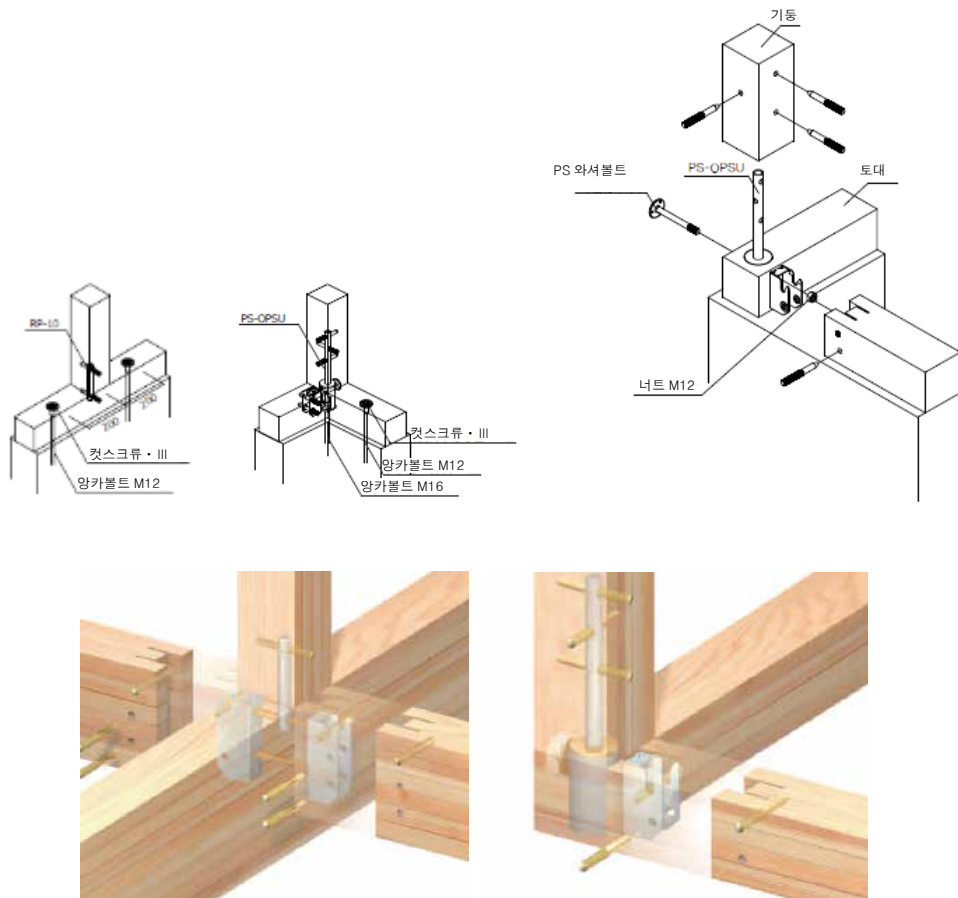


그림 3.11 토대와 기둥의 접합

• 앵커볼트의 배치

앵커볼트의 설치방법은 그림 3.12 와 같다. 수평하중(내진력·풍압력)에 의해 건물 들뜸현상이나 사이드 슬립을 방지하기 위해, 기초와 토대를 연결하기 위한 앵커볼트를 설치한다.

앵커볼트의 기초 매몰 길이는 M12 볼트의 경우 240mm 이상, M16 볼트(홀다운 철물용)인 경우 360mm 이상으로 한다.

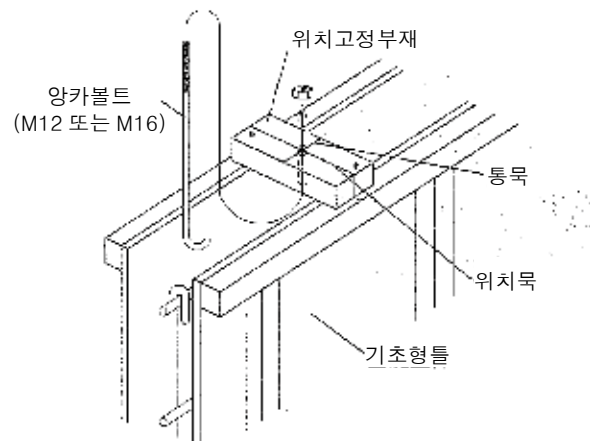


그림 3.12 앵커볼트의 설치방법

참고 : 스키 슈조 편[해설] 건축의 구조와 공법, 이노우에 서원

앵커볼트는 다음의 경우에는 기둥 심지보다 150mm 내외의 위치에 설치하도록 한다. 그 외의 경우에는 약 2.7m 간격으로 설치하면 된다.

- ① 합판 등의 내력벽의 기둥 양측에 근접한 곳
- ② 토대의 끝부분이나 이음매의 위쪽에 배치되는 토대의 끝부분
- ③ 가새와 연결되는 기둥의 아랫부분

(2) 기둥

기둥은 상부구조에 작용하는 힘을 토대를 통해 기초에 전달시키는 것이다. 기둥에는 이음매 없이 단일 부재로 하고, 각층에서 독립해 설치하는 경우는 "관기둥", 1 층부터 2 층까지를 1 개의 목재로 하는 경우는 "일련기둥"이라고 부른다. 일련기둥은 필요에 따라서 2 층 부분의 모서리나 주요 축조의 교차부에 설치한다.

기둥단면은 105mm 각에서 120mm 각이 표준적이지만 통상보다 큰 하중을 부담하는 기둥은 상황에 따라 부분적 혹은 구조 전체의 구조 계재에 의해 단면을 산정한다.

기존에 기둥과 횡가새의 접합은 흙 가공 등의 목재끼리의 접합이었지만 최근에는 철물 등을 사용해 접합하는 철물공법 사례가 증가하고 있다. 철물공법에는 볼트나 드리프트 핀 등의 금속 접합기구를 사용함으로써 접합부 내력이 안정되고 보다 끈기 있는 접합부로 만들 수 있다는 장점이 있다.

이러한 철물공법에 의한 기둥과 도리, 바닥 빔, 중보와의 접합은 그림 3.13, 그림 3.14 에, 사진 그림 3.15 와 같다.

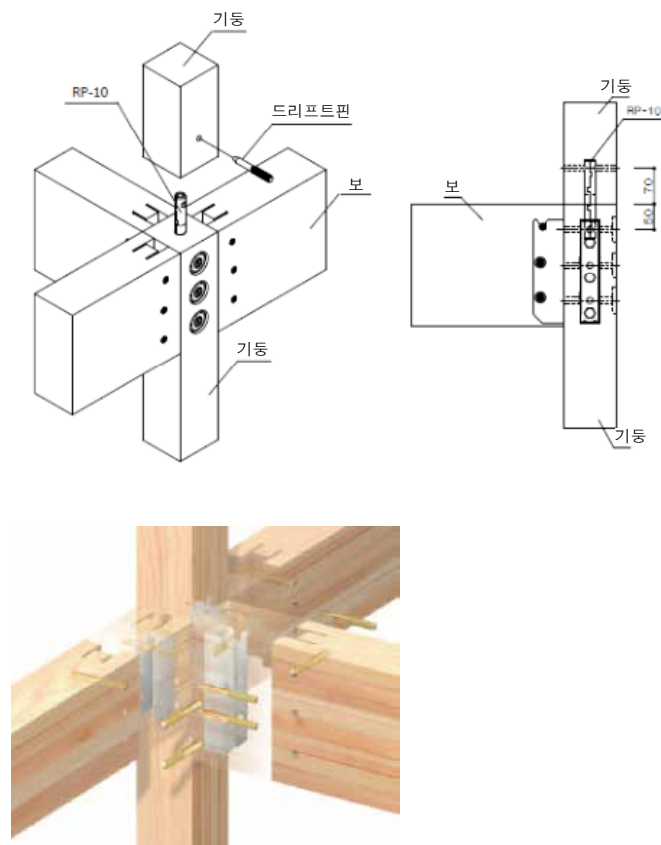


그림 3.13 일련기둥과 보의 접합 1

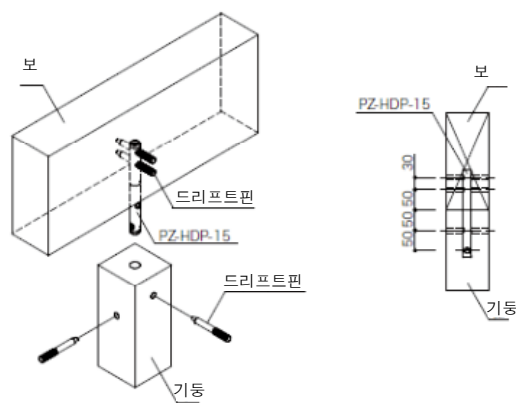


그림 3.14 일련기둥과 보의 접합 2

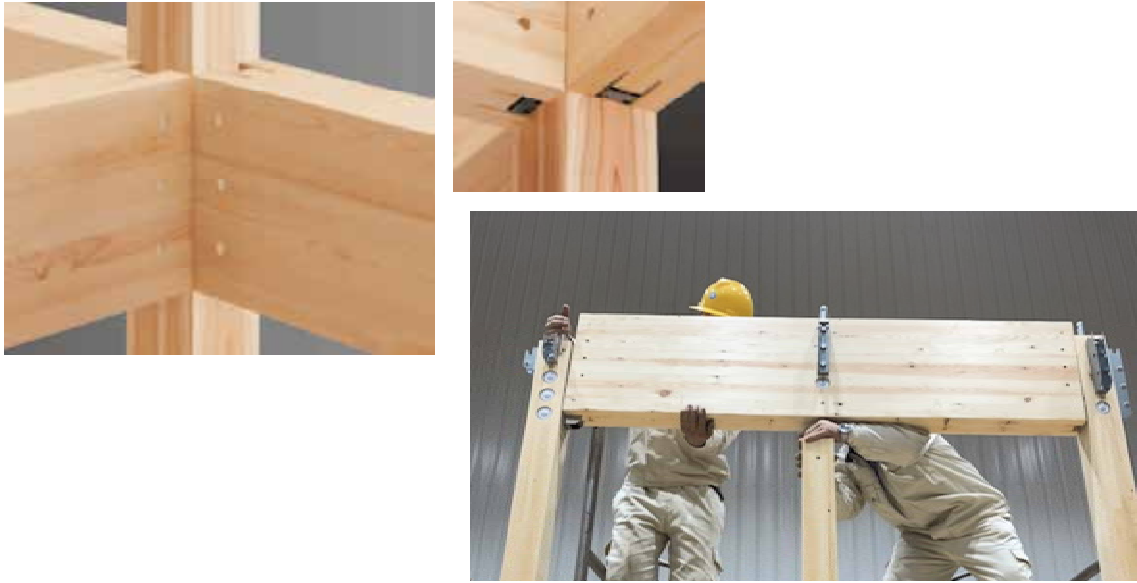


그림 3.15 기둥과 보의 접합시공 사진

(3) 보 등

보, 도리, 동차는 바닥이나 위층으로부터의 큰 하중을 지탱하는 부재이다. 그 때문에 수종은 굽힘강도가 높은 낙엽송이나 편백 등이 일반적으로 사용된다. 보, 도리, 동차는 내력벽선상은 하나의 재료로 구성하는 것을 원칙으로 하지만 부득이할 경우에는 굽힘응력이 작은 장소에서 접합하는 것으로 하여 전단응력을 전달할 수 있는 방식으로 한다. 또한 수평구면의 주변에 배치될 경우에는 인장응력을 전달할 수 있는 철물 등에 의해 연결한다.

3.5 내력벽

내력벽은 합판을 붙이고 기둥과 간주 및 보 등의 횡가재에 못질하여 구성한다.

내력벽의 구성은 그림 3.16, 개구부의 구성은 그림 3.17 과 같다.

내력벽은 기둥과 횡가재, 간주, 이음간주와 합판으로 구성된다. 합판의 사면은 될수 있는데로 105mm 각 이상의 부재로 구성하는 것이 바람직하지만, 부득한 경우에는 이음매간주를 이용해서 팽팽하게 잇는 것도 괜찮다.

간주는 합판의 면외 방향으로의 변형을 억제하기 위한 것으로 지진 등의 수평력에 대해서는 그다지 저항력을 가지지 않는다. 간주는 합판의 면외 방향으로의 변형을 억제하기 위한 것으로 지진 등의 수평력에 대해서는 그다지 저항력을 가지지 않는다.

합판은 사면을 못박는 것으로 하고, 못박이의 상세한 내용은 「4장 구조설계」를 참조하는 것으로 한다.

창문 등의 개구부를 설치하는 경우에는 창문지지대, 창대, 받침재로 밀바탕을

구성하고 합판을 붙인다. 단, 이 개구부 상하에 붙인 합판은 내력벽으로 간주하지는 않는 것으로 한다.

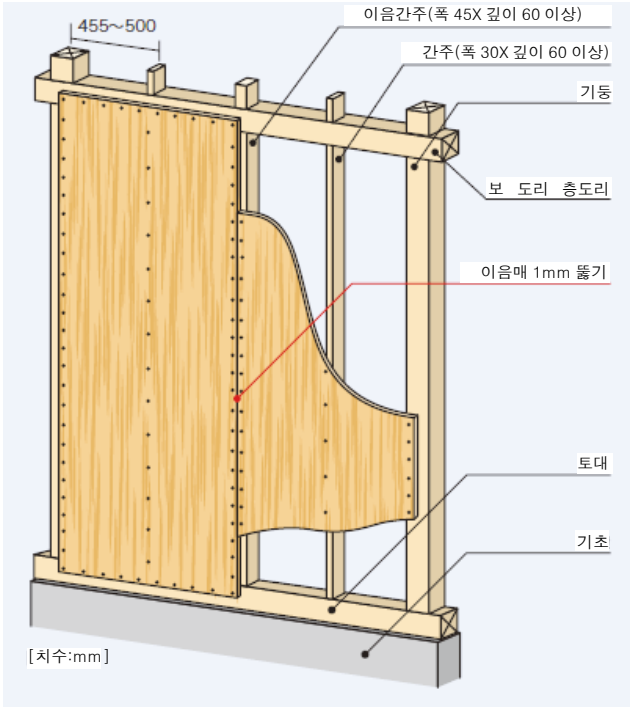


그림 3.16 내력벽의 구성

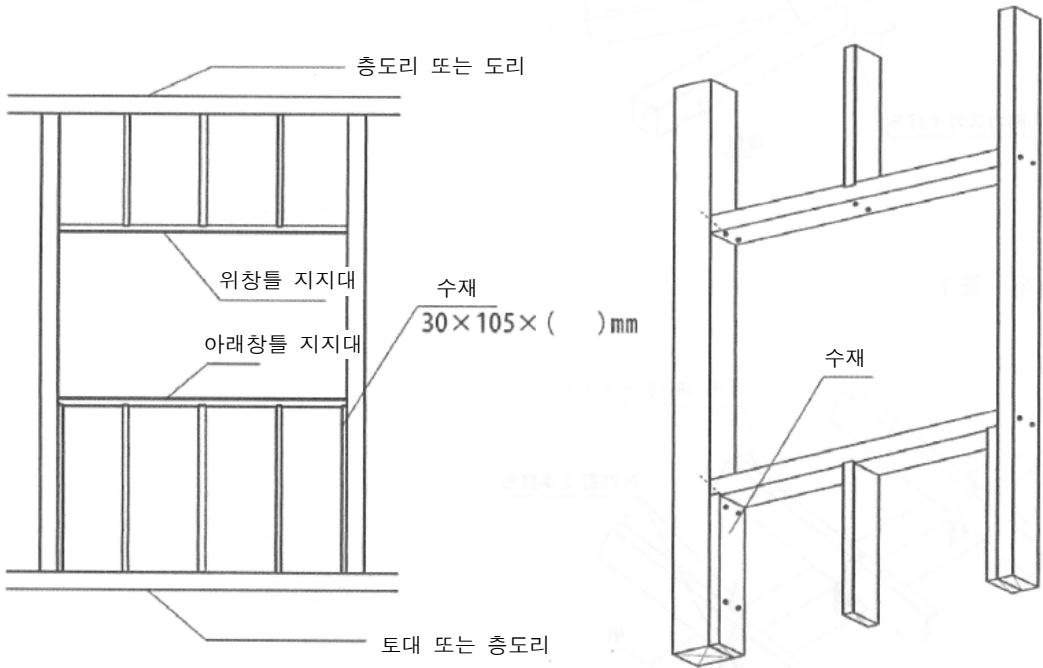


그림 3.17 개구부의 구성

3.6 바닥틀

(1) 바닥 구면의 구성

바닥 구면의 구성은 그림 3.18 과 같다. 바닥은 합판을 못질해서 구성한다. 바닥틀은 바닥보 (대보) 와 중보로 구성한다. 대들보간의 연결은 철물로 보강하고, 지진이 일어난 경우에 접합부가 선행해서 빠지지 않도록 한다.

바닥틀에 합판을 붙일 때 비교적 얇은 합판(두께 12mm 정도)을 붙일 때는 들보 위에 장선을 300mm 간격 정도로 걸치고 그 위에 합판을 못박는다. 한편 비교적 두꺼운 합판(두께 24mm 정도 이상)을 붙일 때는 장선을 생략하고 마루틀에 직접 못을 박는다. 이러한 바닥틀의 구성방법과 못박는 방법에 대해서는, 「4 장 구조설계」에 상세한 내용이 수록되어 있다. 또한 바닥 구면에는 계단실이나 통풍 등의 개구부가 설치되는 경우가 많다. 개구부 주변은 구조적인 약점이 되기 쉬우므로 개구부 접합부를 철물로 단단히 조이고 필요에 따라 개구 주위 합판의 못질 간격을 좁히는 등의 대책을 취하는 것이 바람직하다. 또한 개구를 가진 바닥 구면의 설계방법에 대해서는 「4 장 구조설계」에 해설되어 있다.

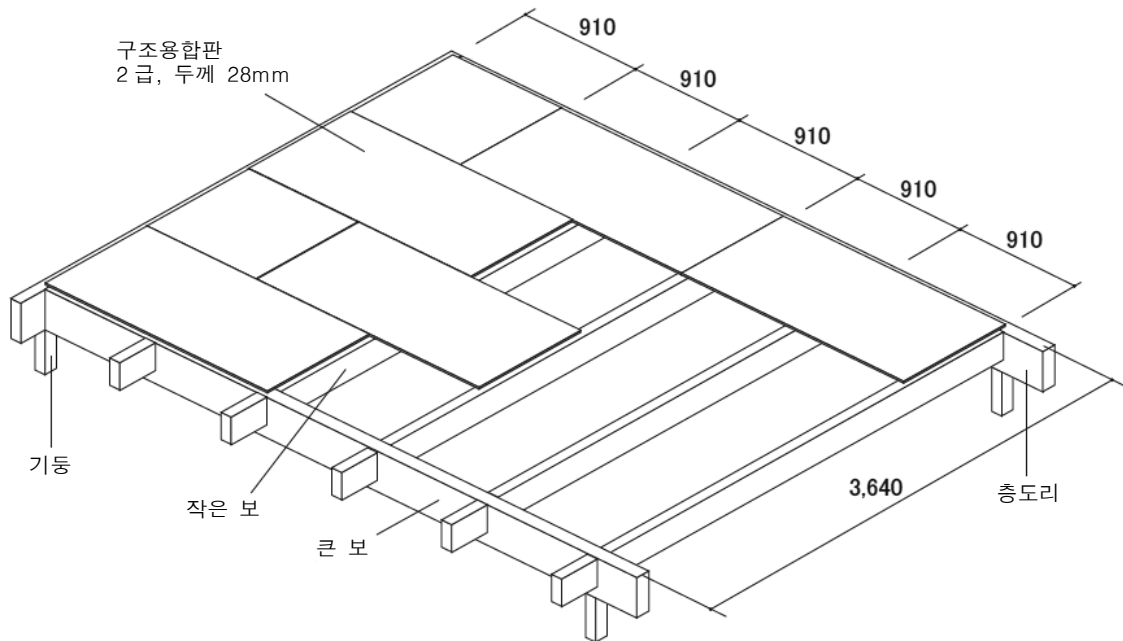


그림 3.18 바닥구면의 구성

3.7 지붕틀

(1) 지붕틀의 구성

지붕보면에는 보 보강재를 설치하고, 수평구면의 보강을 실시한다. 보강재의

방법을 그림 3.19 와 같다. 강철 보강재를 이용할 경우에는 기둥이나 도리에 직접 볼트 등으로 연결한다.

또한, 지붕기둥 구면에도 합판을 붙인 경우, 지붕면에 충분한 수평구면을 구성하는 경우는 보강재를 설치할 필요가 없다.

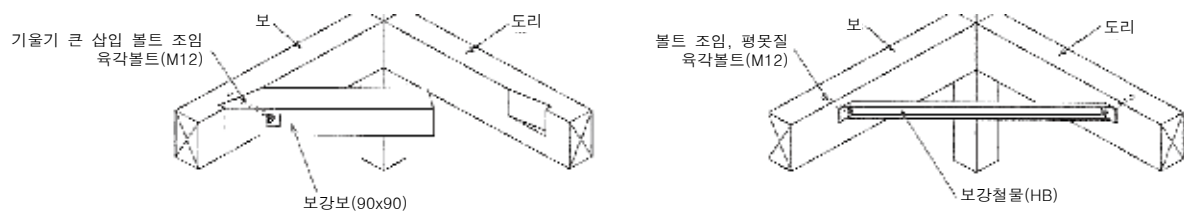


그림 3.19 보강보의 수법

합각머리의 지붕틀은 그림 3.20, 우진각 지붕틀은 그림 3.21 과 같다.

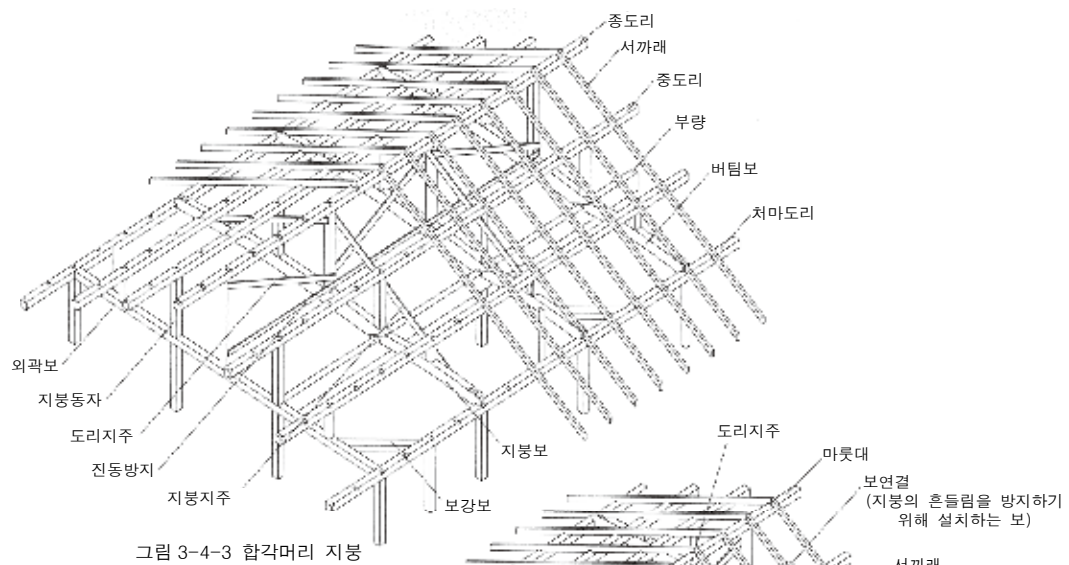


그림 3-4-3 합각머리 지붕

그림 3.20 합각머리 지붕

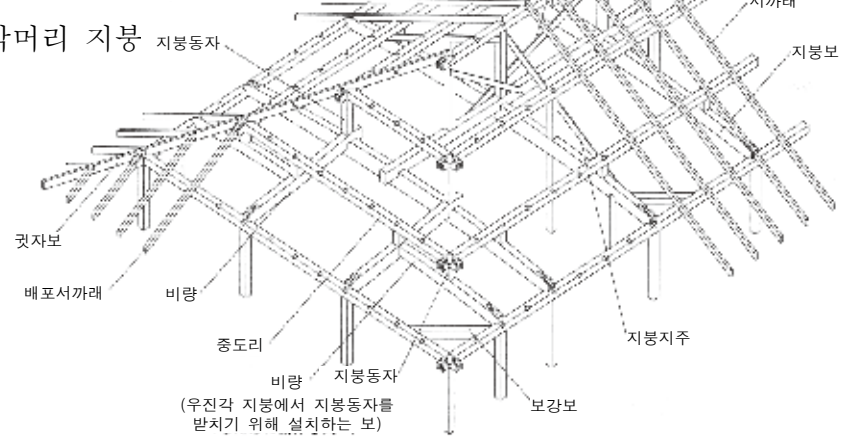


그림 3.21 우진각 지붕

여기에서 나타내는 것은 서까래를 사용한 타입이지만, 동자기둥이나 종도리를 사용하지 않고 지붕보에서 마룟대에 걸쳐 경사보를 설치하는 방법도 있다. 이것이 구조적으로는 명쾌하지만 부재에 가해지는 응력도 늘어나기 때문에 충분한 단면확보와 접합부의 연결이 중요하다.

지붕구조의 수직력에 대한 구조설계는 용이하지만 지진이나 풍압 등의 수평력에 대한 설계는 지붕 형상이 복잡한 경우가 많아 경험적으로 이루어지고 있는 실정이다. 지붕틀은 지진 등의 수평력에 대하여 보길이 방향은 서까래와 지붕보가 되는 트러스(truss)로 저항하고, 도리방향은 높은 지주에 따라 저항하는 구조이며, 그 안전성은 지금까지 큰 지진이나 태풍을 견뎌온 실적으로 확인되었다고 판단된다.

(2) 지붕틀의 상세도

지붕틀의 상세도는 그림 3.22 ~ 그림 3.28 와 같다.

그림 3.19 ~ 그림 3.23 은 컷자보(골서까래)의 시공방법이다. 보, 도리, 중도리를 일부 잘라내고 그 위에 모서리를 얹어 못이나 꺾쇠로 연결한다. 그림 3.27 는 서까래와 도리의 시공방법이지만, 도리를 잘라내고, 서까래를 얹어 철물로 고정하고 있다.

그림 3.25 은 서까래에 합판을 못질하는 방법이다. 벽이나 바닥과 달리 합판의 사면에 못박을 수는 없으므로 합판의 단변방향만 못을 박아야 한다. 서까래 대신 경사보를 이용하는 지붕틀의 경우도 마찬가지이고, 기본적으로 지붕 밑바탕에 합판을 못질할 경우 내천자(川)로 하는 경우가 많다. 또한, 이러한 지붕틀의 구성방법과 못 박는 방법에 대해서는 「4 장 구조설계」에 따라 선정한다.

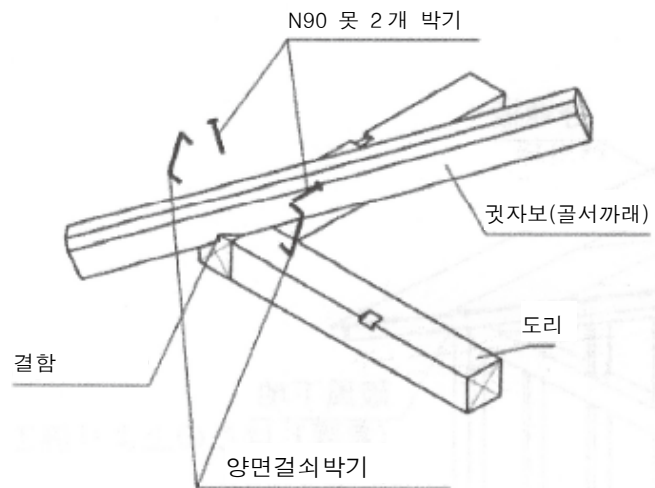


그림 3.22 도리와 모서리목의 접합

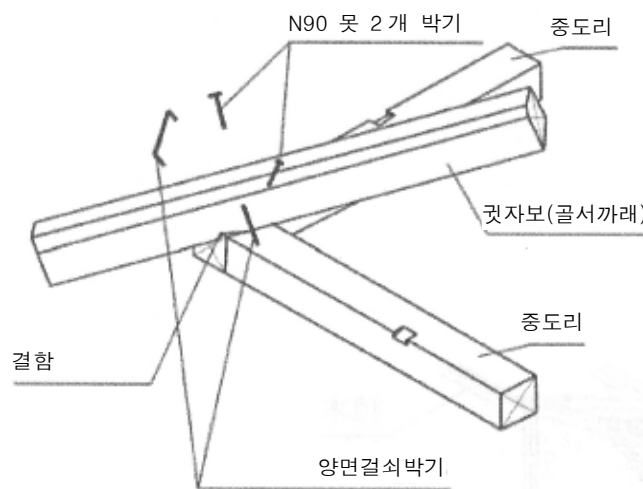


그림 3.23 중도리와 모서리목, 곡목의 접합

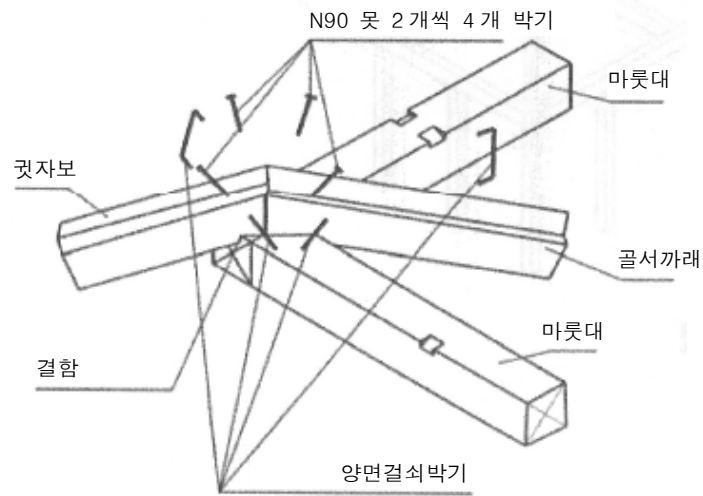


그림 3.24 용마루와 모서리, 곡목의 접합

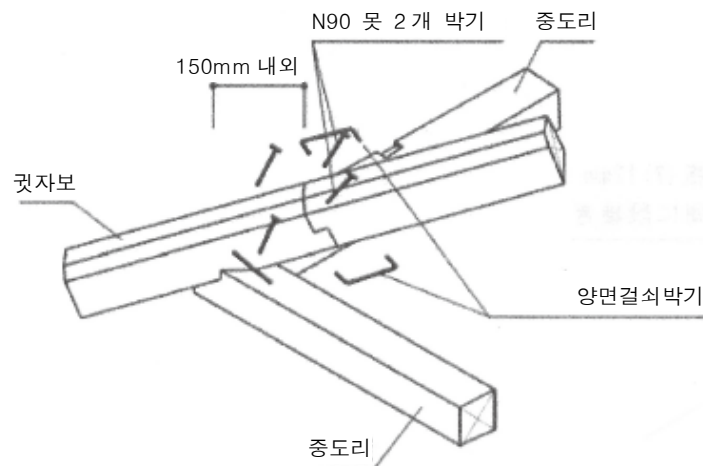


그림 3.25 모서리목의 이음새

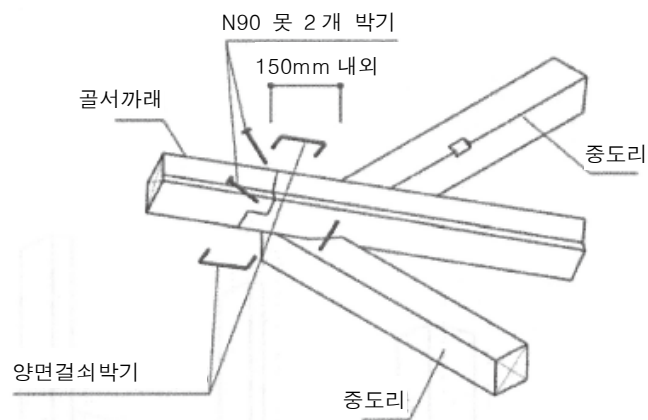


그림 3.26 곡목의 이음새

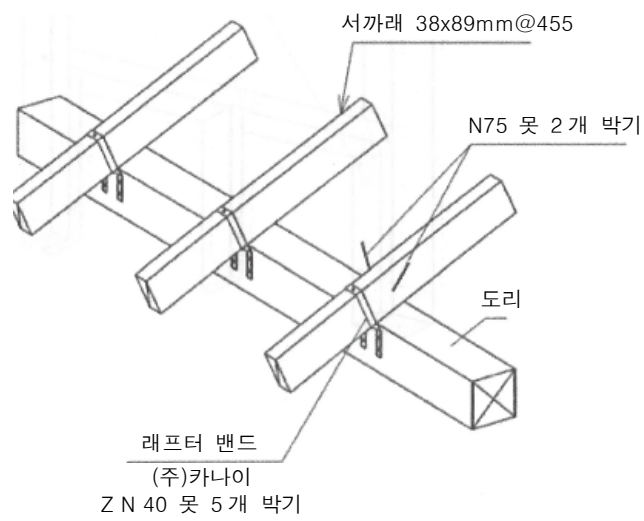


그림 3.27 도리, 서까래 접합

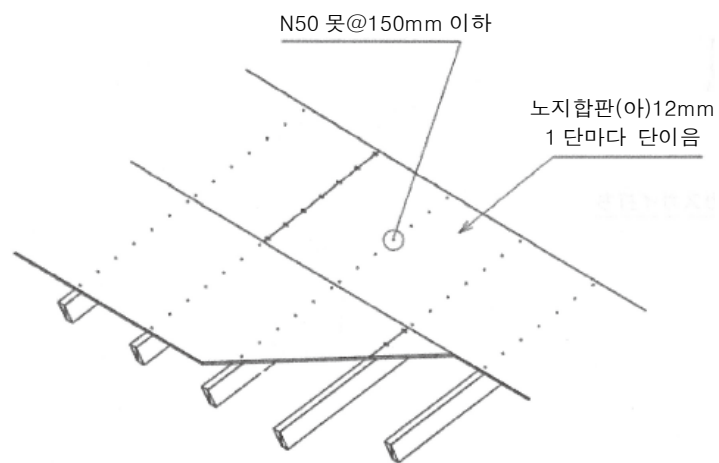


그림 3.28 노지합판과 서까래의 접합

제 4 장 구조설계

본장에서는 중목구조의 설계 개요를 설명한다.

4.1 일반규정

중목구조공법은 부재의 자체무게, 적재하중, 눈하중 등의 연직하중에 대해 기둥·보로 저항하고 지진력이나 풍압력에 의한 수평력에 대해서는 내력벽의 연직구면과 바닥·지붕의 수평구면으로 저항하는 구조방법이다.

중목구조공법 건물의 평면계획은 가능한 한 밸런스가 잡힌 것으로 하고 질량과 강성의 치우침이 없고 내력과 강성을 확보하기 위해 모든 부재의 접합부는 존재응력에 대해 강고하게 연결함과 동시에 구조부분을 기초에 앵커볼트로 고정한다. 중목구조공법 건물의 부재와 접합부는 수종, 재료의 종별과 등급, 하중, 접합방식등에 따라 이 규정에 기초하여 설계한다.

4.2 하중

중목구조공법 건물에 관련되는 고정하중, 적재하중, 적설하중, 풍압력은 KDS 41 10 15 「건축구조의 표준설계하중」을 따른다.

중목구조공법 건물에 관련되는 지진력은 KDS 41 17 00 「건축물내진설계기준」을 따른다. 수평방향의 지진계산은 베이스시아법을 사용하고, 구조의 기본고유주기는 식 $T=0.0488H^{0.75}$ 으로 계산한다. 여기에서 H는 기초상부에서 건물의 최고점까지의 길이 (m) 이다.

4.3 필요수평내력의 간편 산정

이하의 규정을 충족한 경우, 3 층이하 건물의 수평력은 KDS 41 17 00 「건축물내진설계기준」에 따라, 간략화한 이하의 방법으로 계산할 수 있다.

지진에 대한 필요수평내력 : $P_e = K_e \times A_e$ (식 4.1)

풍압력에 대한 필요수평내력 : $P_w = K_w \times A_w$ (식 4.2)

여기에서

K_e = 표 4.1 또는 4.2 에서 정한 계수

K_w = 표 4.3 또는 4.4 에서 정한 계수

A_e = 1 층의 바닥면적 (m^2)

A_w = 건물의 바깥면적(m^2)

단,

- 층수는 3 이하로 한다.
- 건축물 각층의 면적은 600m² 이하, 층고는 3m 이하로 한다.
- 건물동 높이는 최상층보다 2m 이하로 한다.
- 처마 끝길이는 1.2m 이하로 한다.
- 바닥의 활하중치는 2.5kN/m² 이하, 지붕의 활하중은 0.5kN/m² 이하로 한다.
- 내력벽간 거리는 12m 이하로 한다.
- 보 간격은 12m 이하로 한다.

표 4.1 건물해당층의 지진력에 대한 계수 K_e (kN/m²) (기준변형각 1/150)

건물의 중요도분석	내진중요도 계수	내진 등급	지진 구역	지진구역 계수	건물의 해당층	지반의 종류				
						S1	S2	S3	S4	S5
중요도(2)	1	II	I	0.11	단독주택	0.176	0.215	0.228	0.212	0.223
					2층건물 의 2층	0.250	0.305	0.325	0.301	0.317
					2층건물 의 1층	0.492	0.600	0.638	0.592	0.623
					3층건물 의 3층	0.275	0.341	0.363	0.337	0.354
					3층건물 의 2층	0.613	0.759	0.808	0.750	0.789
					3층건물 의 1층	0.795	0.985	1.048	0.972	1.023
			II	0.07	단독주택	0.113	0.140	0.157	0.149	0.165
					2층건물 의 2층	0.160	0.199	0.223	0.211	0.235
					2층건물 의 1층	0.315	0.392	0.438	0.415	0.461
					3층건물 의 3층	0.175	0.223	0.249	0.236	0.262
					3층건물 의 2층	0.389	0.497	0.555	0.526	0.584
					3층건물 의 1층	0.505	0.644	0.720	0.682	0.757

※1. Siesta(층높이 3000mm)의 평균중량을 기본중량으로 하고, 바닥면적은 각층 모두 동일한 면적으로 한다.

※2. 1 층 바닥높이: GL+ 500mm, 2 층 바닥높이: GL+ 3500mm, 3 층 바닥높이: GL+ 6500mm, 3 층 도리높이: GL+ 9500mm

※3. 지붕 도리 높이: 처마도리높이+ 2000mm

표 4.2 건물해당층의 지진력에 대한 계수 K_e (kN/m^2) (기준변형각 1/225)

건물의 중요도분석	내진중요도 계수	내진 등급	지진 구역	지진구역 계수	건물의 해당층	지반의 종류				
						S1	S2	S3	S4	S5
중요도(2)	1	II	I	0.11	단독주택	0.117	0.143	0.151	0.141	0.149
					2층건물의 2층	0.167	0.203	0.216	0.201	0.211
					2층건물의 1층	0.328	0.400	0.425	0.395	0.415
					3층건물의 3층	0.184	0.227	0.242	0.224	0.236
					3층건물의 2층	0.409	0.506	0.539	0.500	0.526
					3층건물의 1층	0.530	0.656	0.699	0.648	0.682
			II	0.07	단독주택	0.075	0.094	0.105	0.099	0.110
					2층건물의 2층	0.107	0.133	0.149	0.141	0.156
					2층건물의 1층	0.210	0.261	0.292	0.277	0.308
					3층건물의 3층	0.117	0.149	0.166	0.157	0.175
					3층건물의 2층	0.260	0.331	0.370	0.350	0.389
					3층건물의 1층	0.337	0.429	0.480	0.454	0.505

※1. Siesta(층높이 3000mm)의 평균중량을 기본중량으로 하고, 바닥면적은 각층 모두 동일한 면적으로 한다.

※2. 1층 바닥높이: GL+ 500mm, 2층 바닥높이: GL+ 3500mm, 3층 바닥높이: GL+ 6500mm, 3층 도리높이: GL+ 9500mm

※3. 지붕 도리 높이: 처마도리높이+ 2000mm

표 4.3 건물해당층의 풍압력에 대한 계수 K_w (kN/m^2) (기준변형각 1/150)

	기준풍속 $V_o(\text{cm/s})$										
	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44
단독주택	0.46	0.54	0.63	0.72	0.82	0.92	1.04	1.15	1.28	1.41	1.55
2층건물	0.58	0.68	0.78	0.90	1.03	1.16	1.30	1.45	1.60	1.77	1.94
3층건물	0.67	0.78	0.91	1.04	1.19	1.34	1.50	1.68	1.86	2.05	2.25

※1. KDS 41 10 15(건축구조기준 설계하중)의 「5.14 간편법에 의한 풍하중」의 방법에 따라 수압면적당의 풍하중을 산출했다.

※2. 풍력계수 C_f 는, 풍상면 0.6 및 풍하면 -0.5(최대치)로 해서 1.1 을 사용했다.

※2. 1층 바닥높이: GL+ 500mm, 각층의 층고: 3000mm

※3. 지붕의 동높이: 처마도리높이 + 2000mm

표 4.4 건물해당층의 풍압력에 대한 계수 K_w (kN/m^2) (기준변형각 1/225)

	기준풍속 $V_o(\text{cm/s})$										
	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44
단독주택	0.31	0.36	0.42	0.48	0.55	0.62	0.69	0.77	0.85	0.94	1.03
2층건물	0.38	0.45	0.52	0.60	0.68	0.77	0.86	0.96	1.07	1.18	1.29
3층건물	0.45	0.52	0.61	0.70	0.79	0.89	1.00	1.12	1.24	1.37	1.50

※1. KDS 41 10 15(건축구조기준 설계하중)의 「5.14 간편법에 의한 풍하중」의 방법에 따라 수압면적당의 풍하중을 산출했다.

※2. 풍력계수 C_f 는, 풍상면 0.6 및 풍하면 -0.5(최대치)로 해서 1.1 을 사용했다.

※2. 1층 바닥높이: GL+500mm, 각층의 층고: 3000mm

※3. 지붕의 등높이: 처마도리높이 +2000mm

4.4 내력벽

4.4.1 건물의 전단내력

산정한 필요수평내력에 대해서, 건물의 전단내력이 그 이상이 되도록 내력벽의 선택, 배치, 집합을 실시한다.

건물의 전단내력은, 내력벽의 종류에 따라 산정된 전단내력에 그 길이를 곱한 값을 합해서 구한다.

$$V = \sum f_{vd} l \quad (\text{식 4.3})$$

여기에서,

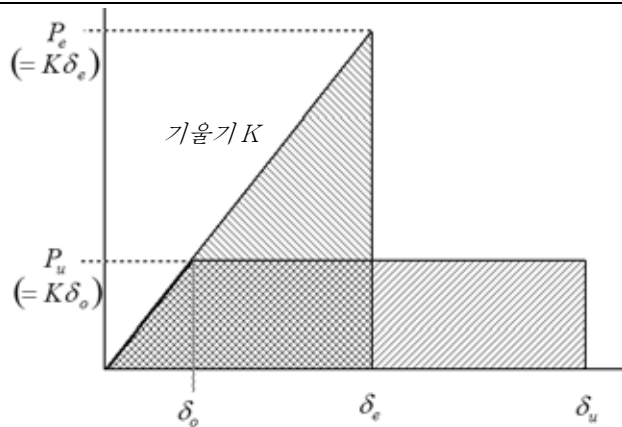
f_{vd} : 내력벽의 전단내력 (kN/m) 으로, 표 4.5 에 규정한 값

l : 내력벽의 길이 (m)

해설

건물에 발생하는 내진력의 산정과 그것에 저항하기 위한 연직구면과 수평구면의 설계방법과의 관계는 밀접해야 된다. 일본에서는 중목구조공법의 내진설계방법은 대지진의 경험과 실물크기 건물을 이용한 대수의 척력 실험과 진동대 실험을 통해 몇 번의 개량을 거듭하여 오늘날의 방법이 되었다. 한국에서 지진력의 산정은 일본과 동일한 베이스시아법을 채택하고 있고 그 값은 일본과 한국의 지진의 규모로 보면, 동일한 조건에서 산정되었다고 생각된다. 한편, 한국에는 연직구면과 수평구면의 내력의 평가방법이 없다. 그래서 본방침에서는 일본의 평가방법을 제안하는 것으로 한다.

건물에 입력되는 내진력은 건물이 탄성체이면 진동이론으로부터 쉽게 구할 수 있다. 그러나, 건물이 탄소성체여서 손상으로 인해 그 역학적 성질이 변화하는 경우 입력되는 지진력을 계산하기가 쉽지 않다. 그래서, 일본에서는 다음에 나타내는 Newmark 의 에너지 측정을 활용하고, 입력되는 지진력의 크기를 추정하고 있다.



지금 탄성체 건물에 입력되는 지진력을 P_e 라고 하면 완전탄소성체 건물에 입력되는 지진력은 그림 삼각형 면적과 사다리꼴 면적이 동일한 조건에서 P_u 가 된다. 여기서,

$$P_u = P_e \cdot D_s$$

$$D_s = 1 / (2\delta_o / \delta_u - 1)^{1/2}$$

이다. 일본의 중목구조공법의 내진설계에서는 $D_s = 0.3$ 를 기준으로 하고 있다.

내력벽의 설계는 그것을 구성하는 각 부재와 접합부의 응력을 검정하는 것이 아니라, 방법을 정한 내력벽마다의 역학적특성을 실험등에서 구함으로써, 허용내력을 평가하는 방법을 이용하고 있다. 구체적으로는 포락선을 완전탄소성으로 모델화하고 다음 4 가지 인자의 최저치로 한다.

- P_y 겹보기 비례 한도 내력: 중지진에 대해 수리 가능하도록 한다.
- $P_{(1/120)}$ 1/120rad 시의 내력 : 중지진에 대해 변형을 1/120rad 이하로 억제한다.
- $2/3 \cdot P_{\max}$ 최대내력에 대해 안전율 1.5 를 확보한다.
- $0.3/D_s \cdot P_u$ 대지진시에도 붕괴시키지 않는다.

여기에서, 최후의 인자는 내력벽의 D_s 가 0.3 을 상회할 때에 건물의 $D_s = 0.3$ 를 확보하기 위한 저감이다.

또한, 이 설계법이 성립하기 위해서는 건물내부에 있는 개별 내력벽의 역학적특성을 합성한 것이, 건물의 역학적특성이 되어야 한다. 그러기 위해서 내력벽이외의 부재 및 접합부는 내력벽에 선행해서 붕괴하지 않는 강도를 가지도록 설계하는 것으로 하고 있다.

건물에 관계되는 내진력은 건물의 질량을 구하는것에서부터 시작하지만, 이 작업을 꽤 번거로운 작업이다. 그래서, 일반적으로는 목조주택의 질량과 적재하중이 어느 범위에 들어가 있음에 따라, 본 안내서에서는 건물의 바닥면적으로부터 지진력을 간접적으로 구하는 간이계산방법을 제안하고 있다.

이상의 내진설계의 철학과 간략계산법은, 중국의 목구조설계기준에서도

채용되었다.

4.4.2 내력벽의 구성

중목구조공법의 내력벽은, 기둥과 횡가새, 그리고 구조용 목질면재(합판, OSB 등)으로 구성된다. (그림 4.1)

기둥의 단면치수는 $105 \times 105\text{mm}$ 이상으로 하고, 면재를 붙이는 내력벽의 양끝에는 반드시 기둥을 설치하는 것으로 한다. 횡가새 (토대를 포함한다) 의 양면치수는 $105 \times 105\text{mm}$ 이상으로 하고, 면재를 붙이는 내력벽의 상하에는 반드시 횡가새를 설치하는 것으로 한다. 이러한 축조재간은 홈접합으로 결합하고, 내력벽기초의 축조를 구성한다.

2 개의 기둥으로 구성되는 내력벽의 길이 최소치는 600mm , 최대치는 2000mm 으로 하고, 면재의 면외방향을 굴곡을 억제하기 위해서 500mm 간격 정도로 적절히 간주재를 배치한다. 또한, 면재를 횡방향으로 붙이는 경우는 이음간주재를, 연직방향으로 붙이는 경우는 동체연결재를 시공한다. 이음간주재의 단면치수는 $45 \times 60\text{mm}$ 이상, 간주재는 $30\text{mm} \times 60\text{mm}$ 이상, 동체연결재는 $45 \times 60\text{mm}$ 이상으로 하고, 각각 기둥, 횡가새에 대해 비스듬한 못길로 연결한다.

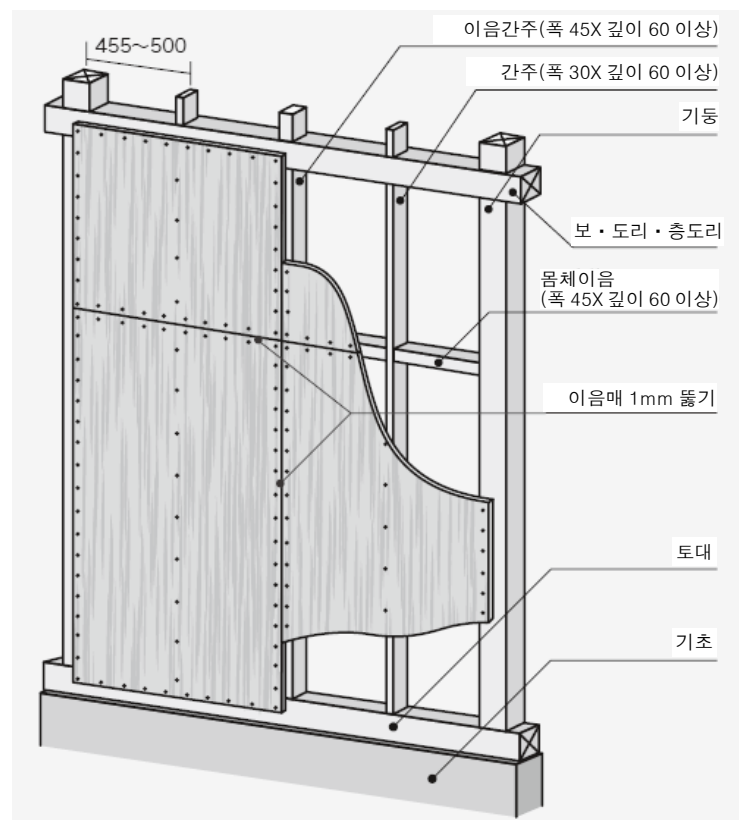
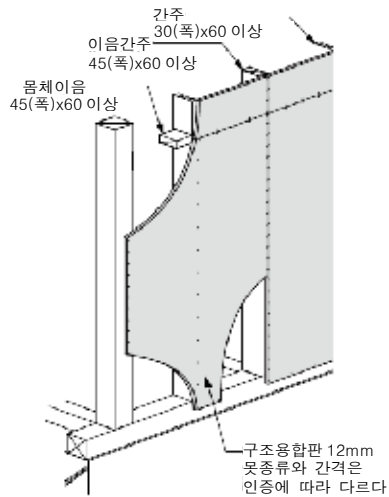


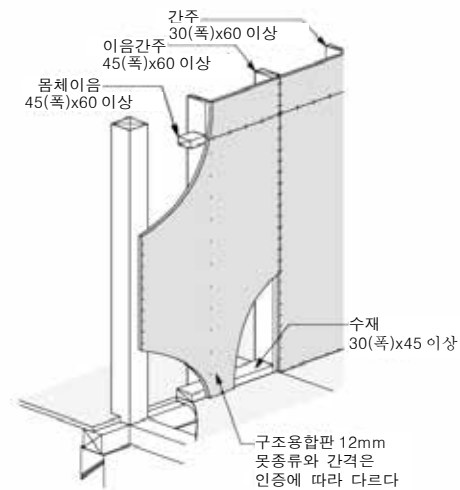
그림 4.1 내력벽의 구성

면재를 설치하는 축조의 사양은 그림 4.2 와 같이 ① 대벽방법 ② 바닥기초 선행형의 대벽방법 ③ 받침재 진벽(건물의 기둥이 겹으로 드러나게 한 벽)방법 ④ 바닥기초 선행형의 받침재 진벽방법 등 4 종류를 대상으로 하며, 못질 방법이 같으면 축조의 방법이 달라도 내력벽의 성능은 동등하다고 생각하면 된다. 진벽방법에서 사용되는 받침재의 단면치수는 30×45mm 이상으로 하고, 길이 75mm 이상의 못으로 축조재 혹은 바닥기초에 연결하는 것으로 한다.

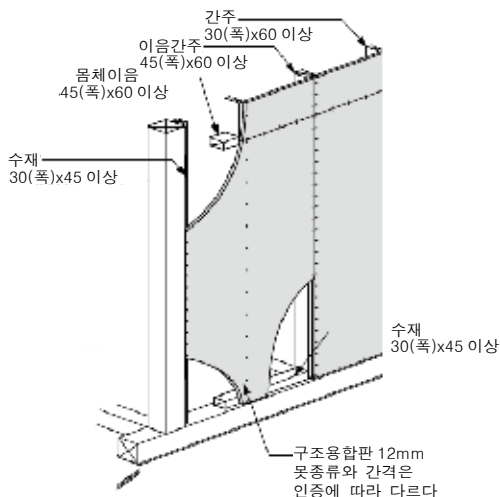
면재를 붙이는 방법은 그림 4.3 에 나타난 것처럼 세로 붙임, 가로 붙임, 중횡붙임 등이 있지만, 면재의 사면을 확실하게 못질하면, 어떤 붙임 방식도 동등한 성능을 가진다고 보면 된다.



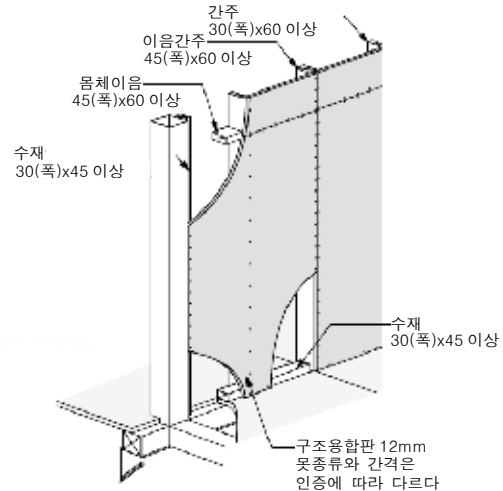
① 대벽방법



② 바닥기초선행형의 대벽방법

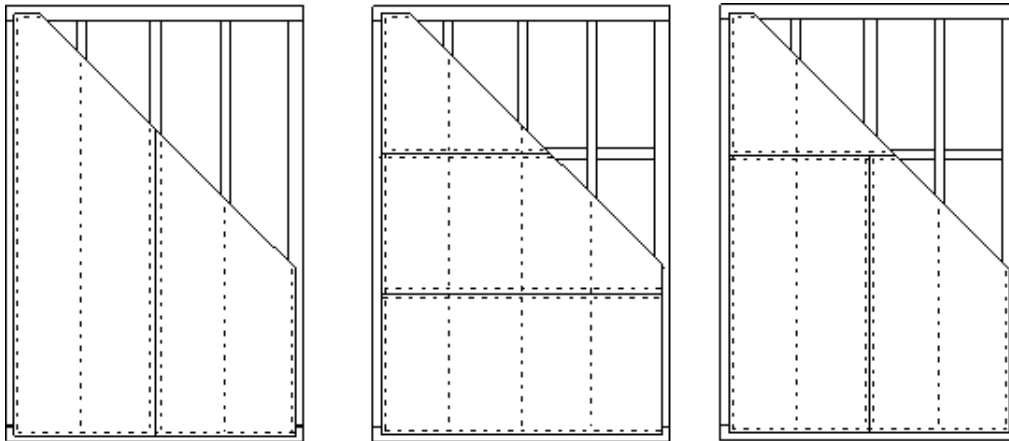


③ 받침재진벽방법



④ 바닥기초선행형의 받침재진벽방법

그림 4.2 대벽, 진벽, 바닥기초선행형의 축조방법



면재의 세로붙임

면재의 가로붙임

면재의 중횡붙임

그림 4.3 면재의 부착방식의 예시

4.4.3 내력벽의 허용전단내력

한쪽면에 구조용 목질면재를 못 박은 내력벽의 허용 전단내력은 면재의 두께, 못의 종류와 못질간격에 따라 표 4.5 와 같다. 또한 벽의 양면(표면과 이면)에 면재를 못질하는 경우에는 사용되는 면재의 두께나 못의 종류에 관계없이 내력벽의 허용 전단내력은 벽의 양면의 허용 전단내력의 합계값으로 해도 좋다.

표 4.5 구조용목질면재를 붙인 내력벽의 허용전단내력 P_a (kN/m)

면재두께 (mm)	못		못 간격			
	길이 (mm)	직경 (mm)	150mm	100mm	75mm	50mm
9	50	2.87	5.0	7.1	—	—
12	50	2.87	4.9	7.1	8.7	11.2
	65	3.33	5.8	7.9	9.6	12.2
24	75	3.76	9.8	14.2	17.4	22.4

주 : 표에 없는 방법의 벽은, 그 전단허용력을 5.1.3 에 나타내는 실험적 평가법, 또는 이론해석에 따라 구할 수 있다.

해설

일본의 합판과 OSB의 규격은 한국과 거의 동일 규격이기 때문에, 일본의 내력벽의 허용내력을 그대로 제안하고 있다.

일본에는, 합판과 OSB 이외의 다양한 목질계 면재와 비목질계 면재를 붙인 내력벽이 있지만, 재료 규격이 한국과 다르고 표준이 아니기 때문에 본 안내서는 넣지 않았다. 중목구조공법의 내진화는 지주를 설치하는것부터 시작되어, 최근까지는 대부분의 건물에 채용되어 왔다. 그러나, 최근 들어 역학 특성이 힘의

방향(압축의 경우와 인장의 경우)에 의해서 다른 점, 시공 정도의 영향이 큰 점, 마무리되는 시점에서 지주가 면외 좌굴을 생기는 점, 단열재가 넣기 어려운 점 등에서 급속히 감소하는 경향에 있다. 이러한 상황과 일본의 허용내력은 과거의 값을 끌어들이고 있는 점 등을 들어 본 지침서는 채택하지 않기로 했다. 또, 표에 없는 면재나 지주를 채용할 경우에는 세부 사양을 결정한 후에 이론 해석이나 부록의 시험방법과 평가방법에 따라 허용 내력을 산정하기 바란다

4.4.4 내력벽의 배치

내력벽의 안전성을 확인하기 위해서, 편심률 계산 또는 4 분할법을 행한다.

편심률 계산에 의한 경우는 편심률이 0.15 를 넘지 않도록 내력벽을 배치한다. 편심률이 0.15 를 초과하여 0.3 이하인 경우에는 비틀림에 의한 응력을 보정하여 안전성을 확인한다. 4 분할법에 의한 경우는 다음과 같다.

건물의 각 층평면을 장간방향으로 4 분할하고, 외측부분 각각이 독립된 건물이라고 가정하고, 가정한 건물마다 필요수평력에 대한 각각 존재하는 벽의 허용내력 총합의 비(내력충족률이라 한다)를 구하고, 다음 중 하나 이상이 만족하고 있는지를 확인한다.

- ① 2 개의 내력 충족율이 모두 1 이상
- ② 두 개의 내력 충족율 중 작은 쪽을 큰 쪽으로 나눈 값이 0.5 이상
- ③ 2 개의 내력충족률이 모두 0

동일한 확인을 도리행 방향 및 각 층에 대해 실시한다.

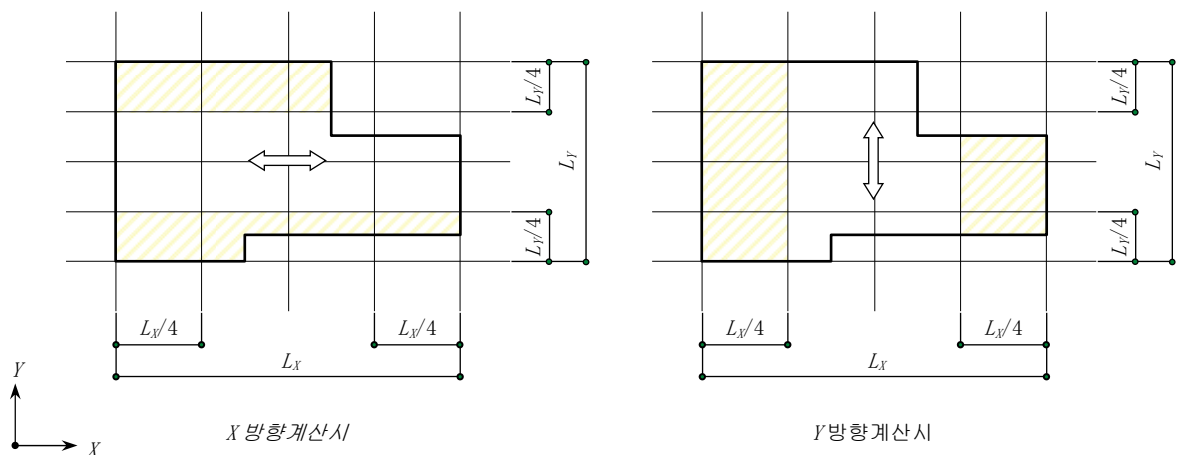


그림 4.4 4 분할법의 설명도

차고와 같이 가장자리 부분에 내력벽이 없는 부분의 바깥 돌출부분은 1.8m 이하로 한다(그림 4.5)

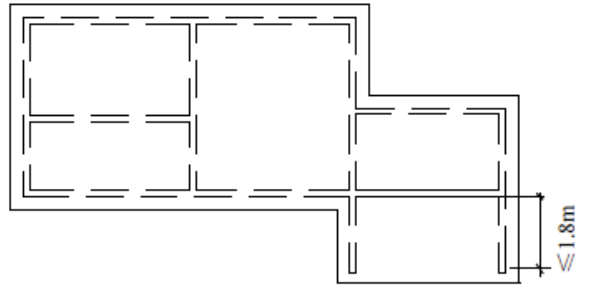


그림 4.5 내력벽이 없는 구획의 허용 돌출 길이

4.4.5 내력벽의 접합 (내력벽 양끝의 주두·주각접합)

내력벽에 허용내력이 작용하였을 때 양쪽 기둥에 생기는 축력은 식 4.4 에 의해 계산할 수 있다 (그림 4.7 좌측을 참조).

$$N = \frac{M}{B} \quad (\text{식 4.4})$$

여기에서, N : 내력벽단부의 기둥의 축력 (kN)

M : 수평력 (허용내력) 에 의한 내력벽내에 생기는 모멘트 (kN·m)

B : 내력벽 양단 주간의 거리 (m)

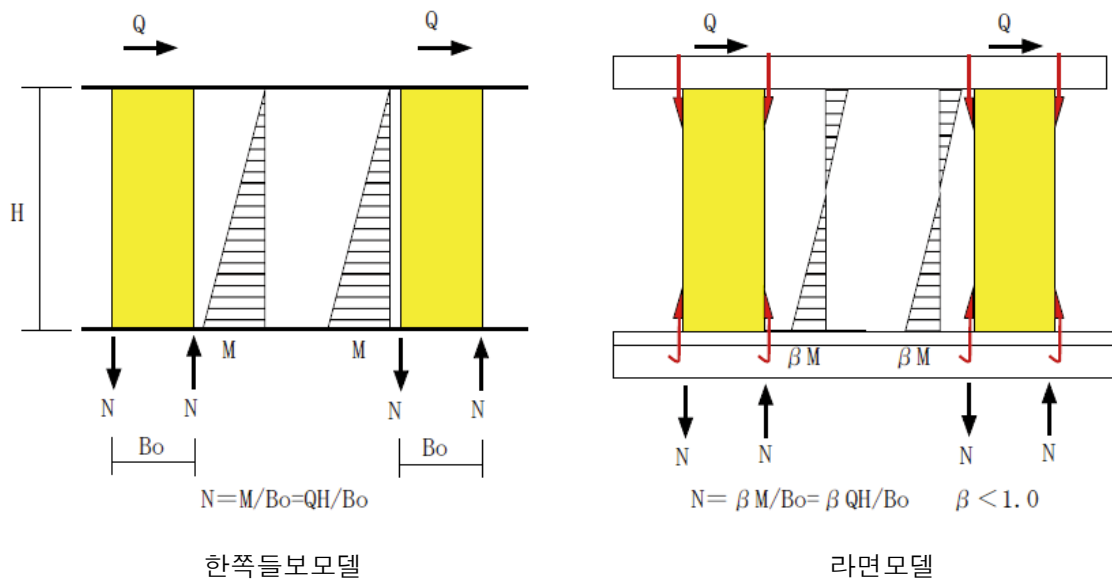


그림 4.6 내력벽의 주각에 생기는 축력(좌 : 단순모델, 우 : 라면모델)

단 주각·주두를 연결함으로써 생기는 라면 효과(그림 4.6 오른쪽을 참조)를 고려한 다음의 N 값 계산법을 이용하여 계산해도 된다. 또한 N 값 계산법에서는 적재하중이나 고정하중도 계산되어 포함된다.

최상층의 기둥의 축력 :

$$T = \Delta Q_1 \times H_1 \times B_1 - N_w \quad (\text{식 4.5})$$

위에서 2 번째 층의 기둥의 축력 :

$$T = \Delta Q_1 \times H_1 \times B_1 + \Delta Q_2 \times H_2 \times B_2 - N_w \quad (\text{식 4.6})$$

위에서 3 번째 층의 기둥의 축력 :

$$T = \Delta Q_1 \times H_1 \times B_1 + \Delta Q_2 \times H_2 \times B_2 + \Delta Q_3 \times H_3 \times B_3 - N_w \quad (\text{식 4.7})$$

여기에서, T : 해당층의 기둥에 발생하는 축력

$\Delta Q_1, \Delta Q_2, \Delta Q_3$: 기둥의 양측 내력벽 전단강도특성값의 차이 (kN/m)

ΔQ_2 은 해당 기둥에 연속하는 상층기둥 ΔQ_3 는 그보다 위의층에 연속하는 상층기둥

H_1, H_2, H_3 : H_1 는 해당층의 층고 (m) 。 H_2 는 그 상층, H_3 는 그보다 위의 상층의 층고

B_1, B_2, B_3 : B_1 는 해당 기둥 주변부재에 의한 굽힘효과를 나타내는 계수로, 줄 모퉁이 기둥의 경우는 0.8, 중간 기둥의 경우는 0.5. B_2 는 그 윗층, B_3 는 그보다 더 윗층으로 아래와 같다

N_w : 연직하중에 의해 해당기둥에 가해지는 압축력 (kN) 。

해설

내력벽의 양 끝 기둥에는 수평력에 의한 인장·압축력응력이 발생한다. 그러므로 주두·주각 접합부는 이들 응력에 대해 접합할 필요가 있다.

건물의 내진성은 「건물의 역학적 특성이 내력벽의 역학적 성능의 종합에 따른다」는 전제 하에 확보되므로 주두·주각접합부는 내력벽에 선행하여 파괴해서는 안 된다. 그러므로 기둥에 발생하는 인장·압축응력은 건물에 작용하는 수평력이 아니라 내력벽이 가진 내력에 대해 산정할 필요가 있다.

식 4.2 는 내력벽을 독립적으로 서 있는 한쪽 보로 모델화했을 때의 식이다. 그러나 실제 크기의 건물의 척력 실험이나 진동대 실험, 실제 지진에 의한 피해 조사 등으로부터, 식 4.2 에서 계산한 값이 과대한 것을 알 수 있다.

실제 건물에서는 수직벽이나 요벽(스팬드럴벽) 외에 주각·주두를 결합함으로써 기초 보나 수평구면이 내력벽을 연결하는 보로서 작용하여 그림 4.6 오른쪽 그림과 같이 라면 효과가 있을 것으로 생각된다. 그래서 이 라면 효과를 고려하여 도출된 것이 N 값 계산법이다. 또한 N 값 계산법에서는 적재하중이나 고정하중의 수직력도 고려되고 있다.

구한 축력 T 가 표 4.6 에 제시된 접합방법의 단기허용인장내력 T_a 를 상회하지 않도록 접합방법을 선정한다. 또한 표에 없는 접합방법에 대해서는 별도 실험을

통해 단기 허용 인장내력을 구하는 것이 가능하다.

표 4.6 주두주각 접합부의 단기 허용 인장 내력

주두 주각 접합부 사양	단기허용인장내력 T_a [kN]
짧은 장부 맞댐	0.0
꺼썬치기	1.08
긴장부 끼워넣기	3.81
L 자형의 모서리철물 못 CN65×10 개	3.38
T 자형의 모서리철물 못 CN65×10 개	$3.38 \times 1.5 = 5.07$
山형 플레이트철물 못 CN90×8 개	$3.92 \times 1.5 = 5.88$
주각볼트 $\phi 12\text{mm}$ 혹은 피스고정 철물	$5.00 \times 1.5 = 7.50$
주각볼트 $\phi 12\text{mm}$ 혹은 피스고정 철물에 길이 50mm 지름 4.5mm 스크류 못×1 개	$5.00 \times 1.5 + 1.00 = 8.50$
홀다운철물 $\phi 12\text{mm}$ 볼트×2 개	10.0
홀다운철물 $\phi 12\text{mm}$ 볼트×3 개	15.0
홀다운철물 $\phi 12\text{mm}$ 볼트×4 개	20.0
홀다운철물 $\phi 12\text{mm}$ 볼트×5 개	25.0
홀다운철물 $\phi 12\text{mm}$ 볼트×3 개×2 세트	30.0

또한 기둥은 면재의 보강효과를 무시하고 양쪽끝 힌지(경첩)로 면내와 면외 양방향에 대한 압축 및 인장에 대해 구조 안전성을 확인할 필요가 있다. 기둥은 또 양쪽끝 힌지로서 풍하중에 대한 구조안전성을 확인할 필요가 있다.

4.5 수평구면 (바닥구면, 지붕구면)

4.5.1 수평구면의 전단내력

산정한 필요수평내력에 대해 수평구면의 전단내력이 그 이상이 되도록 수평구면의 선택과 접합을 실시한다. 바닥구면, 지붕구면의 전단내력은 아래 식에 의한다.

$$V = f_{vd} B_e \quad (\text{식 4.8})$$

여기에서,

f_{vd} : 바닥구면, 지붕의 허용전단내력 (kN/m) 으로 4.4.3 에 의한다.

B_e : 바닥구면, 지붕구면의 하중방향의 유효길이

4.5.2 바닥구면의 구성

중목구조공법의 바닥구면은, 층도리·도리·보 등의 축조재와 장선으로 구성되는

바닥구조에 구조용목질면재를 못질해서 구성한다. 보 등의 단면 치수는 105×105mm 이상으로 하며, 면재 사면 중 적어도 2 변은 반드시 보나 장선 등의 바닥구조에서 지지받고 있는 것으로 한다. 축조재간 연결부는 주걱볼트 등의 철물로 보강하고, 접합부에서 파괴가 발생하지 않도록 연결한다.

보 간격은 자체무게나 적재하중에 의한 굴곡 등에 의해 결정되는데, 최대라도 면재의 단변 방향 길이(일반적으로는 900~1000mm 정도)가 되도록 배치하고, 면재는 보 사이에 걸쳐 놓듯이 붙인다. 12mm 두께의 면재를 붙일 경우에는 바닥조에 추가로 나무판도 배치할 필요가 있다. 장선의 단면 치수는 45×45mm 이상으로 하고, 면재에 국소적인 적재 하중이 작용한 경우에도 국부 변형이 생기지 않도록 적절히 장선 간격을 설정한다.

바닥구면의 방법은 그림 4.7 에서 나타내는 대로 장선을 축조재 위에 얹은 "산륜 장선방법", 축조재를 엮어 장선 상면의 레벨이 축조재와 잘 맞도록 한 "떨굼 장선방법", 비교적 두꺼운 면재를 이용할 때의 "장선생략 방법" (면재를 붙이는 방법에 따라 복수의 방법이 있음)이 있다.

면재를 붙이는 방법은 그림 4.8 에 나타내는 것과 같이 면재의 사면을 못박는 방법, 면재의 단변방향과 구면외주부만을 못박는 방법, 면재의 단변방향만 못박는 방법 등 3 종류가 있으며, 고정 방법의 차이에 따라 바닥조의 전단강도도 다르다.

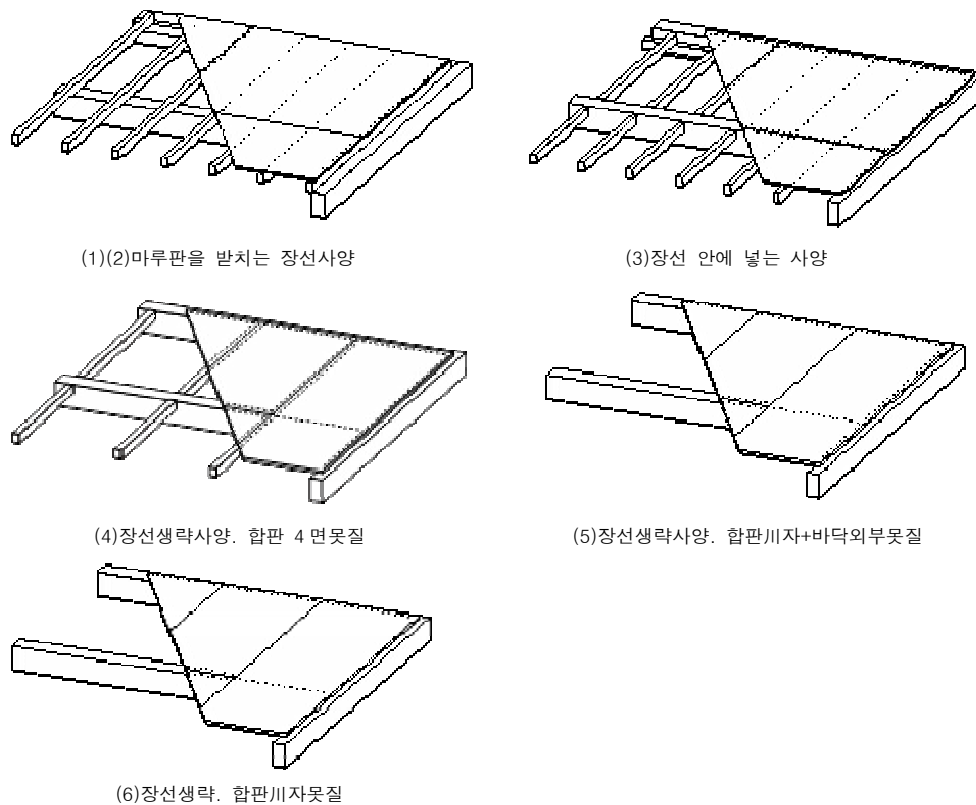


그림 4.7 바닥 방법

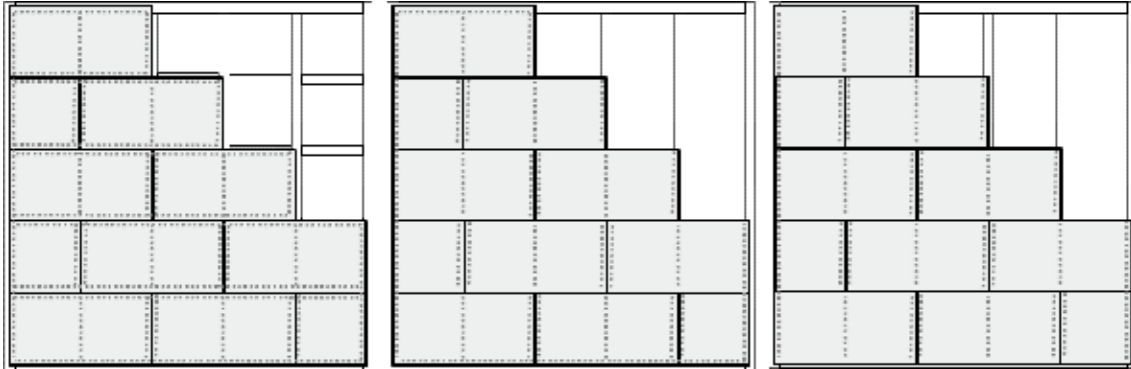


그림 4.8 바닥 합판의 못 박기

4.5.3 지붕구면의 구성

지붕구면 (지붕채) 는 도리 · 보 등의 위에 지붕트러스를 세우고, 그 위에 중도리 · 마룻대를 걸치고 서까래를 올려 그 위에 면재를 붙이는 방식과, 지붕트러스와 마룻대와 보만의 지붕틀에 면재를 붙이는 방식이 있다. 지붕트러스 등의 부재의 단면치수는 90×90mm 이상으로 하고, 서까래는 45×75mm 정도이상, 보는 105×105mm 이상의 단면치수로 한다. 축조재끼리는 짧은 장부 접합과 임시이음접합 등으로 접합하고, 모서리 철물이나 못질로 보강하고 서까래는 축조재 위에 올려 사선못이나 강압금속물 등으로 고정시킨다.

구면의 방법은 그림 4.9 와 같이 서까래를 300~500mm 간격으로 중도리 위에 걸친 "서까래 방법(방지턱 있음/없음)", 오름 보를 450~~1000mm 정도의 간격으로 늘어놓은 "오름 보 방법(못 박는 방법의 차이 등에 따라 4 종류)"이 있다. 각각 그림 4.7 과 같이 못질 방법에 따라 전단강도도 다르다. 지붕채의 접합부에서 중요한 부분에 대해서는 그림 4.10, 그림 4.11 에 자세한 접합 내용을 나타내었으므로 참조하기 바란다.

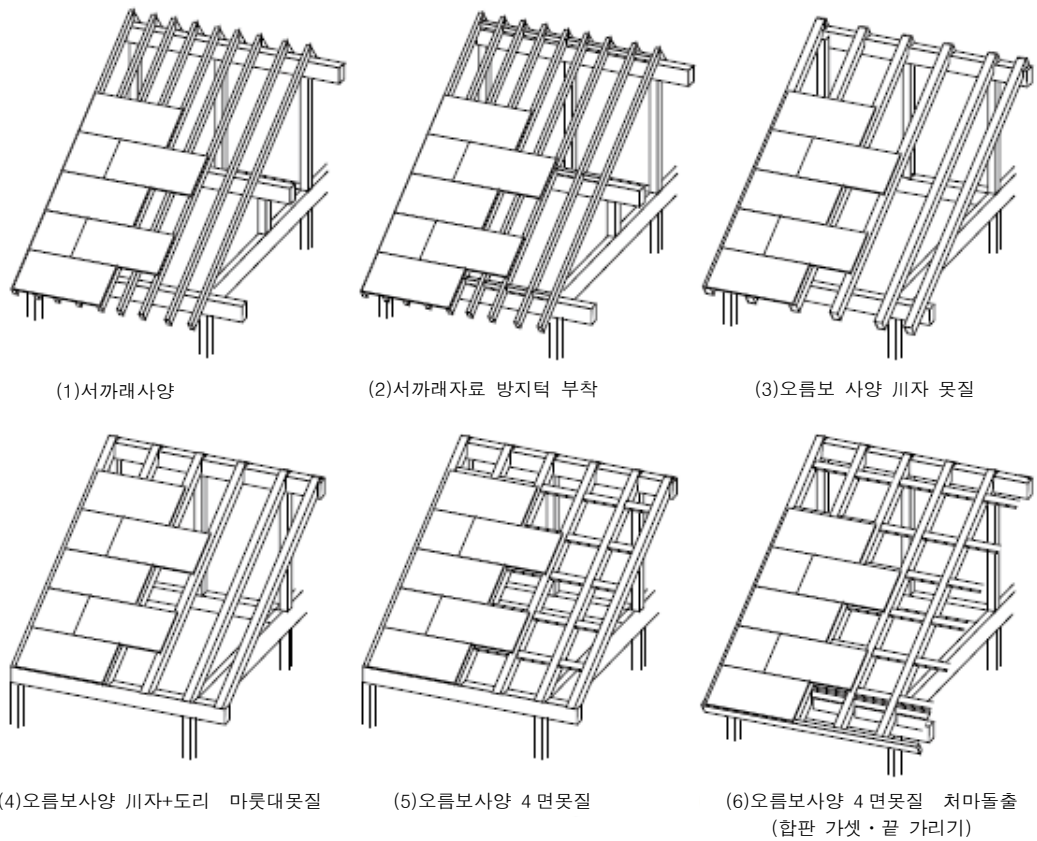


그림 4.9 지붕의 방법

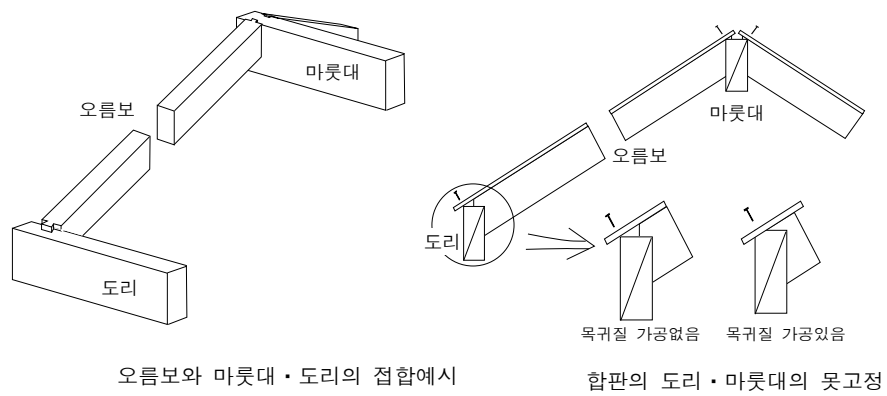
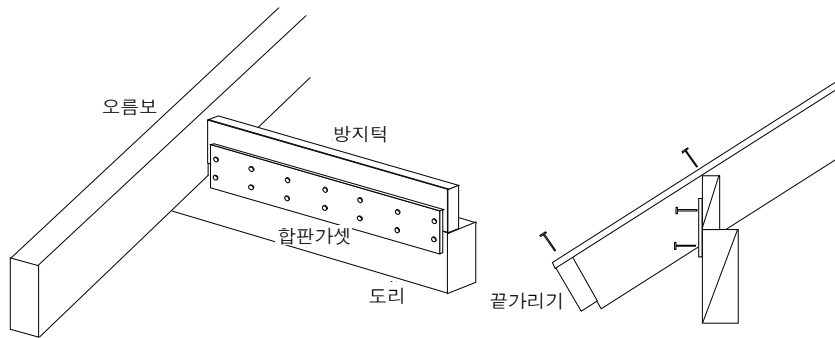


그림 4.10 오름 보와 중도리·도리의 접합과의 합판의 못 박은 예시



방지턱, 합판가셋, 끝 가리기

그림 4.11 오름 보의 방지턱, 합판 가셋(gusset), 끝부분 가림 예시

4.5.4 수평구면의 허용전단내력

바닥보나 장선 위에 구조용 목질면재를 못박기한 바닥구면과 서까래 혹은 오름보의 위에 구조용목질면재를 못질한 지붕구면의 허용전단내력은 (식 4.9) 에서 계산한다. 축조의 구성, 면재 두께, 못 종류와 못박기 간격에 따른 단위벽길이당 허용전단내력은 표 4.7 및 표 4.8 과 같다. 또한, 지붕구면의 허용전단내력은 지붕면에 따른 방향값이고, 구면으로서의 수평방향의 허용전단내력은 기울기 θ 에 따라 $P_a \times \cos\theta$ 로 구하는 것으로 한다.

$$Q = \sum P_a \times L \quad (\text{식 4.9})$$

여기에서

P_a : 구조용목질면재를 붙인 바닥구면 및 지붕의

전단강도설계값 (kN/m) 이고, 표 4.7, 표 4.8 에 근거해서 구한다.

L : 바닥구면 및 지붕의 구조성능 검토방향에 평행한 유효길이 (m)

표 4.7 구조용목질면재를 붙인 바닥구면의 허용전단내력 P_a (kN/m)

방법	합판두께 (mm)	못치수		전단강도 P_a		
		길이 (mm)	직경 (mm)	못간격(mm)		
				150	100	75
(1) (굴림장선방법. 장선간격 350mm 이하) 보 위에 장선을 간격 350mm 이하로 배치하고, 그 위에 합판을 놓고 합판을 장선에 못으로 고정한다.	12 이상	50	2.75	1.98	—	—
(2) (굴림장선방법. 장선간격 500mm 이하) 보 위에 장선을 간격 500mm 이하로 배치하고, 그 위에 합판을 놓고 합판을 장선에 못으로 고정한다. .				1.39	—	—
(3) (장선떨굼방법) 장선을 그 상단이 보와 층도리의 상단과 동일한 높이가 되도록 배치하고, 그 위에 합판을 놓고, 합판을 보, 층도리, 장선에 못으로 고정한다.				3.96	—	—
(4) (장선생략방법. 합판 4 사면 못 고정) 간격 1000mm 이하에 배치한 보, 층도리, 받침재 등에 합판을 직접 못으로	24 이상	75	3.40	7.84	9.3	12.6

	고정한다.						
(5)	(장선생략방법, 합판 川자+바닥외주 못고정) 간격 1000mm 이하에 배치한 보, 중도리 등에 합판을 직접 못으로 고정한다.				3.53	5.4	6.9
(6)	(장선생략방법, 합판 川자 못고정) 간격 1000mm 이하에 배치한 보에, 합판을 직접 못으로 고정한다.				2.35	4.2	5.3

주 : 표에 없는 방법의 벽에 대해서는, 그 전단허용능력을 5.1.3 에 나타낸 실험적평가법, 또는 이론분석에 따라 구할 수가 있다.

표 4.8 구조용목질면재를 붙인 지붕의 허용전단내력 : P_a (kN/m)

방법		합판 두께 (mm)	못		전단강도 P_a		
			길이 (mm)	직경 (mm)	못 간격 (mm)		
					150	100	75
(1)	(서까래방법, 장선간격 500mm 이하) 서까래를 간격 500mm 이하로 나열하고, 그 위에 합판을 놓고, 합판을 서까래에 못 고정한다. 서까래는 도리에 철물 등으로 연결한다.	12 이상	50	2.75	1.37	—	—
(2)	(서까래방법, 장선간격 500mm 이하, 방지턱장치) 상기에 덧붙여, 도리 · 서까래의 이음새가 놓이는 중도리 · 중도리의 사면의 서까래와 서까래 사이에 서까래와 동단면의 방지턱재를 설치한다.	12 이상	50	2.75	1.96		
(3)	(오름방법, 합판 川자 못고정) 오름 보를 간격 1000mm 이하로 배치하고, 합판을 오름 보에 못고정한다.	24 이상	75	3.76	2.35	4.23	5.27
(4)	(오름보방법, 합판 川자+도리·중도리부분에 못고정) 노보리보를 간격 1000mm 이하에 배치하고, 합판을 오름 보, 중도리에 못고정한다.				3.53	5.41	6.85
(5)	(오름 보 방법, 합판 사면 못고정) 오름 보를 간격 1000mm 이하에 배치함과 동시에, 오름 보 사이에 받침재, 도리위에 방지턱을 배치하고, 합판을 오름 보, 중도리, 받침재, 방지턱에 못고정한다. 방지턱은 합판가넷 등으로 도리에 연결함과 동시에 처마의 돌출부가 있는 경우는 역학적으로 일체의 끝부분을 설치하고, 못 고정한다.				7.84	9.28	12.57

주 : 표에 없는 사양의 벽에 대해서는, 그 전단허용내력을 5.1.3 에 나타내는 실험적평가법, 또는 이론해석에 따라 구할 수 있다.

4.5.5 수평구면의 개구와 유효길이

바닥구면, 지붕구면의 하중방향에 평행한 유효길이 B_e 는 개구를 뺀 길이로 한다. 개구의 크기는 계단용 개구의 정도로 하고, 개구접합부는 주각볼트 등으로

연결한다.

개구가 큰 경우는 개구에 따라 전단력의 분포와 개구부의 축력을 계산하고, 전단력이 집중하는 부분의 못치는 수 증가와 개구부 등에 축조접합부의 적절한 설계를 실시한다.

4.5.6 수평구면 외주부재의 이음새

바닥구면, 지붕구면의 외연이 되는 횡가재에는 수평력에 의한 축력이 발생하므로 역학적으로 연속이어야 한다. 횡가재에 이음새를 설치할 경우는 이음새를 축력에 대해 설계한다. 이 때, 바닥구면, 지붕구면의 면재를 이음새로 이용해서는 안된다.

4.5.7 스킵 플로어

인접바닥구면의 상하방향의 어긋남은 보의 상면에서 하면까지의 높이 이하로 한다. 이를 초과할 경우에는 스킵 플로어로 간주하여 이에 기인하는 지진력과 풍압력에 대한 구조안전성을 별도로 검토해야 한다.

제 5 장 접합설계

5.1 개요

목조건축물의 접합부는 기존의 철물을 사용하지 않는 전통적인 방식과 조인트를 접합철물로 보강하는 방법과 전용으로 개발된 접합철물을 이용하는 방법으로 분류할 수 있다.

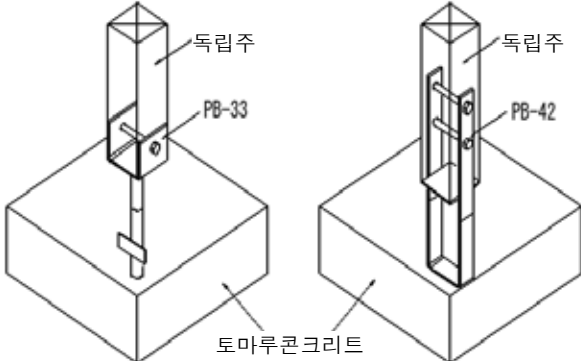
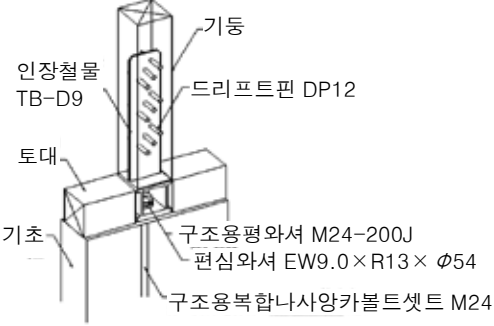
그리고, 접합구나 접합철물은 사용환경을 고려하여 필요에 따라 부식방지 처리를 할 필요가 있다.

5.2 접합부 형태

5.2.1 표준적인 접합부

표준 접합부에서의 접합 철물과 부재의 접합을 정리하면 표 5.1~표 5.4 와 같다. 접합부에 사용하는 접합철물이나 접합구는 공익재단법인 본주택·목재기술센터(이하 「주목센터」라 약칭함)가 정하는 목조건축용 접합철물 규격이다. 이 규격은 목조건축업계에서는 디팩토 스탠다드(de facto standard)라 할 수 있다.

표 5.1 기둥 접합

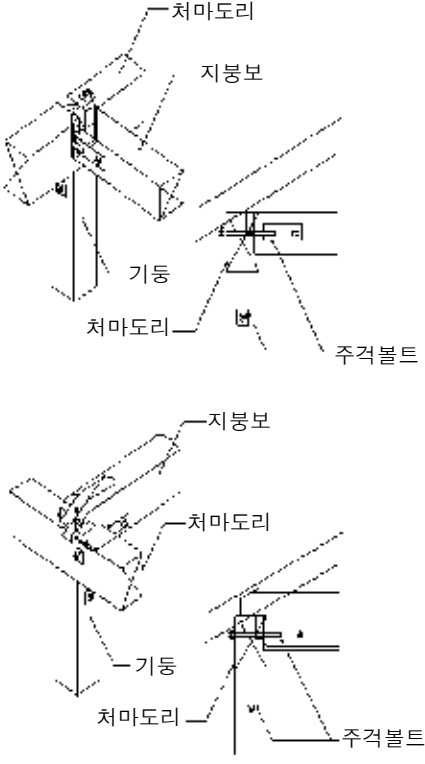
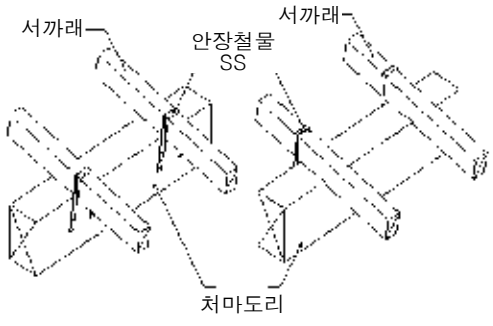
종류	설치도면	용도
주각철물	 독립주 PB-33 토마루콘크리트 독립주 PB-42	현관의 독립기둥 등의 주각지지
인장철물	 인장철물 TB-D9 토대 기둥 드리프트핀 DP12 기초 구조용평와셔 M24-200J 편심와셔 EW9.0×R13×φ54 구조용복합나사앙카볼트셋트 M24	기초와 기둥의 접합

홀다운 철물		토대 또는 기초와 기둥의 접합 및 상하층의 기둥상호 접합
모서리 철물		기둥의 상하 접합
피스고정철물		상하층의 기둥상호 혹은 층도리 상호 접합

표 5.2 기둥과 바닥의 횡가새의 설치

종류	설치도면	용도
격쇠 철물	통기둥 마룻보 판목흡접합 단장부꼴이 격쇠철물 SA	통주와 층도리의 접합

표 5.3 지붕채 설치

종류	설치도면	용도
주걱볼트		지붕보와 처마도리의 접합
안장철물		서까래와 처마도리 혹은 중도리 접합

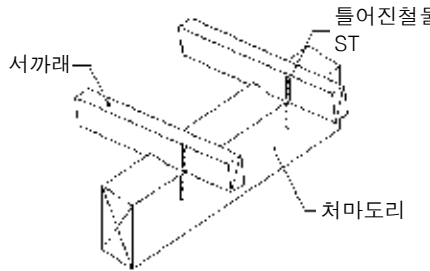
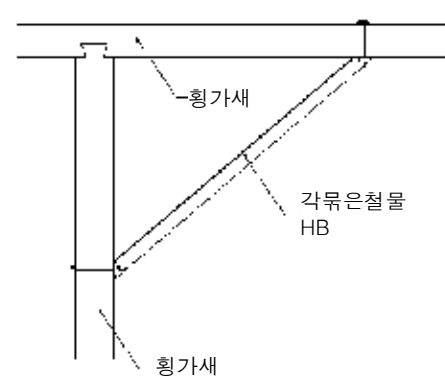
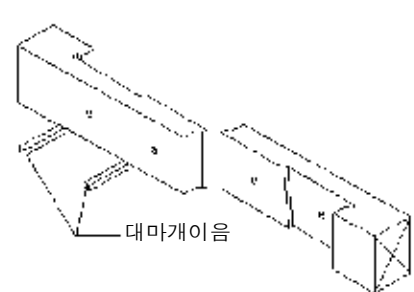
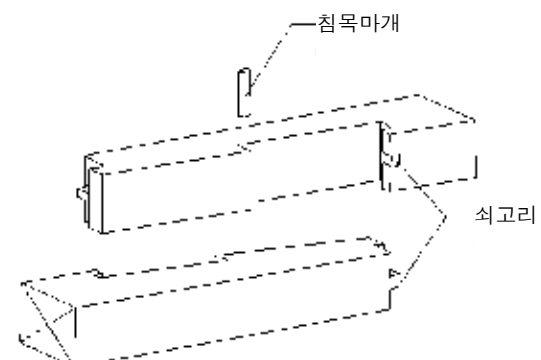
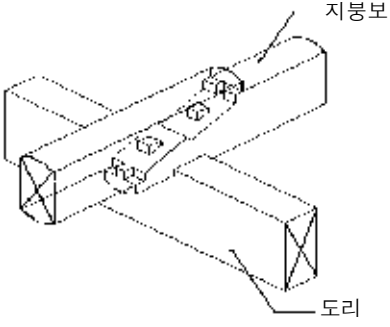
틀어진철물		
각 목음철물		지붕채의 모서리보강

표 5.4 그 외 횡가새 설치

종류	설치도면	용도
대마개 이음		횡가새의 이음매
쇠고리 이음		

반침 이음		기둥 또는 횡가새의 바로 위에서 연결하는 경우
-------	--	---------------------------------------

5.2.2 프리컷

중목구조의 전통적인 이음매·수법(목재와 목재를 잇기 위해 장부를 낸곳)은 예전에는 목수 장인의 수가공으로 제작했지만, 20 년전부터는 주택용 프리컷 가공기(그림 5.1)에 의한 가공방법이 주류가 되었다. 이 프리컷을 이용한 생산시스템의 도입에 의해 가공속도를 높임으로써 공사기간 단축 및 가공비용의 절감, 가공정밀도의 향상, 가공형상의 표준화 등 다양한 장점이 생겨 중목구조의 합리화를 진전시켰다(그림 5.2).

덧붙여 프리컷이 주류가 된 현재에도 목수 장인의 수가공은 적재적소에서 이용되고 있다. 복잡한 형상의 이음매 설치의 가공에서는 수가공 쪽이 가공 정밀도를 확실히 유지할 수 있거나 경제적인 경우가 있다.

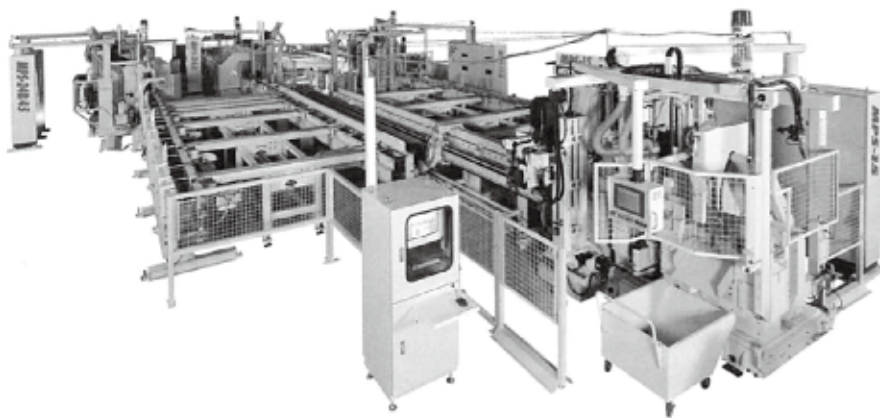


그림 5.1 주택용 프리컷 가공기의 예시

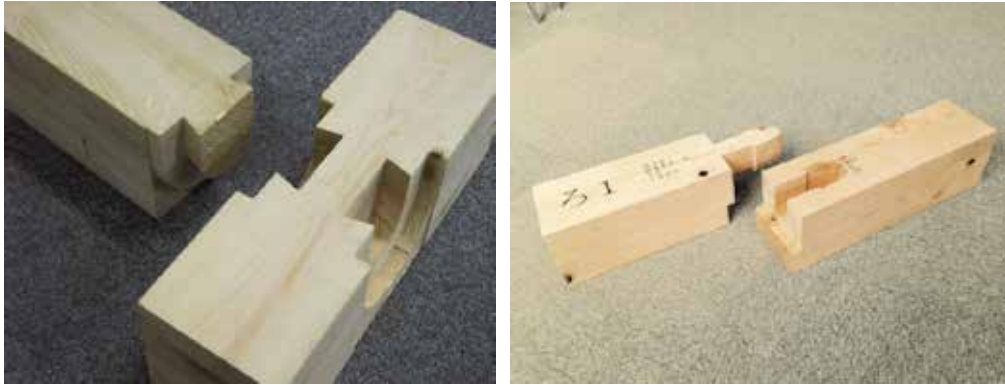


그림 5.2 프리컷으로 제작한 이음새 · 수법 예시

5.2.3 철물공법의 접합부

전통적인 수법 · 이음새에 보강을 실시하는 대신, 전용철물로 구조내력상 주요한 접합부응력을 전달하는 공법을 철물공법이라 부른다.

기존의 접합법과 철물공법의 주요한 차이는 표 5.5 에 나타낸 것 같다. 기존의 접합법에서는 홈 접합과 긴장부 삽입 마개질 등의 수법·이음새를 간단한 보강철물이나 삽입마개로 보강하는데 비해 철물공법에서는 부재단부를 갖다대는 정도의 간단한 형태로 보 받침 철물이나 장파이프 등의 전용철물로 접합한다.

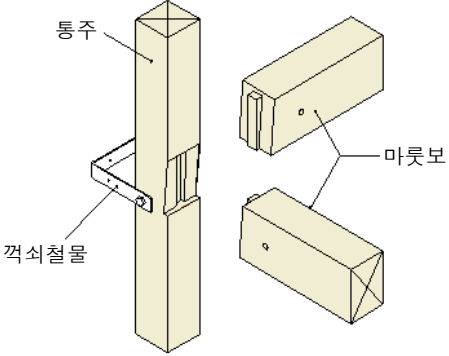
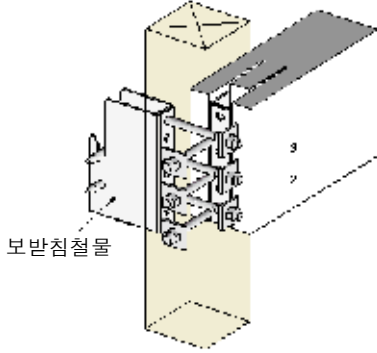
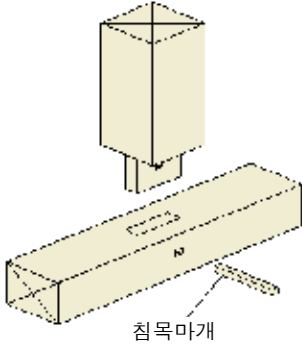
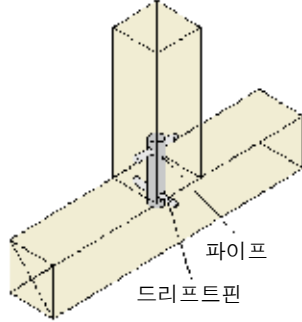
철물공법은, 표 5.5 처럼 특수가공과 기술 등을 필요로 하지 않기 때문에, 다음과 같은 장점이 있다.

【접합철물로 인한 장점】

- ① 수법 · 이음새의 단면결손이 작다.
- ② 수법 · 이음새는 원형톱이나 드릴 등의 간단한 기계로 단시간에 가공할 수 있다.
- ③ 가공시간이 짧다.

이런 점에서 철물공법은 증가 추세지만 비용이 많이 든다는 점에서 양측의 특징을 살린 절충 공법도 이뤄지고 있다. 예를 들면, 구조적인 약점이 되기 쉬운 통기둥의 사방꽂이를 보받침철물로 접합하는 방법이다. 단면 결손율은 사방 삽입이 약 70%에 비해 보수 철물은 볼트 구멍의 결손뿐이고 약 10%에 불과하다.

표 5.5 축조공법과 철물공법과의 설치

축조공법	철물공법
 통주 꺼식철물 마룻보 홈접합 짧은 장부 삽입	 보받침철물 보받침철물
 침목마개 긴장부 삽입 마개질	 파이프 드리프트핀 파이프 장부 드리프트 핀 치기

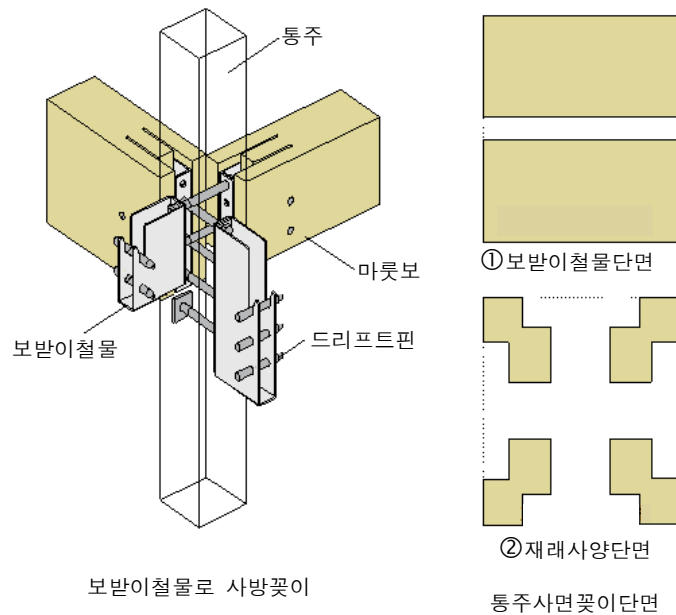


그림 5.3 통기둥 사방꽃이로 인한 단면손실

다음으로, 접합철물의 예시를 소개한다.

접합철물에는, 주목센터에서 통일규격의 Z 마크 철물과 철물회사가 개발한 철물이 있다.

보받침철물의 예로서, 사진 5.1의 주목센터 규격의 Z 마크 철물과, 사진 5.2의 철물회사가 개발한 보수 철물을 소개하겠다. 양자의 크기 차이는, Z 마크 철물이, 기둥에 접하는 단부에서 드리프트 핀까지의 거리를 길게 잡고, 저부에 횡가재로 가재를 받는 수재가 있는 것에 비해서 철물회사의 보수 철물은 목재의 끝부분에서 드리프트핀까지의 거리가 짧아 횡가재는 드리프트핀으로만 받는다. 이 때문에 철물회사의 철물은 제재보다 품질이 안정된 구조용 집성재 등으로 한정하고 있다.



사진 5.1 Z마크 철물의 보수 철물



사진 5.2 철물회사의 보수 철물

사진 5.3 은 원슬릿 타입의 보받침철물에 횡가재를 넣은 모습이다. 보받침 철물에는 이와 같이 홀날 원슬릿타입과 사진 5.1 의 Z-마크 철물과 같이 2 중날 투슬릿 타입이 있는데, 절반 이상이 후자형태이다. 이것은 원슬릿 타입은 사진 5.3 과 같이 주철에 의한 성형이나 사진 5.4 와 같이 용접가공 등을 필요로 하기 때문에 비용이 상승하는 원인이다.

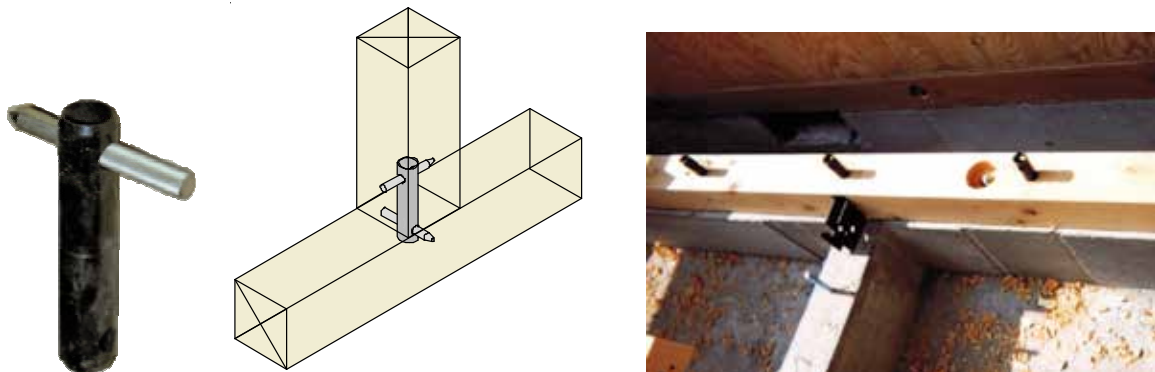


사진 5.3 보받침 철물에 횡가재를 설치



사진 5.4 훑날 보받침 철물의 예시

사진 5.5는 장파이프의 시공사진이다. 토대와 층도리의 횡가새에는 미리 프리컷한 구멍에 장파이프와 드리프트핀을 꽂아둔다. 사진은, 드리프트핀을 하나씩 꽂는 타입이지만, 더 높은 인발내력을 필요로 하는 경우에는 드리프트핀을 2 개이상 꽂는 타입도 있다.



①드리프트핀 ②장파이프를 기둥과 토대에 긴결 ③토대에 장파이프 설치

사진 5.5 장파이프 설치 예시

5.3 접합철물과 접합구

5.3.1 접합철물

주목센터규격의 접합철물은 그림 5.4 에 나타낸 것 같다. 허용내력은 수종별로 정해져 있으며, 그 값을 부록 E 에 나타낸다.

접합철물 재료에는 각 묶음 철물과 인장철물이면 구조용 강판, 격쇠철물이나 지주플레이트 등은 용융아연도금강판 등이 사용되고 있다. 모두 일본산업규격의 JIS 에 적합한 재료이다.

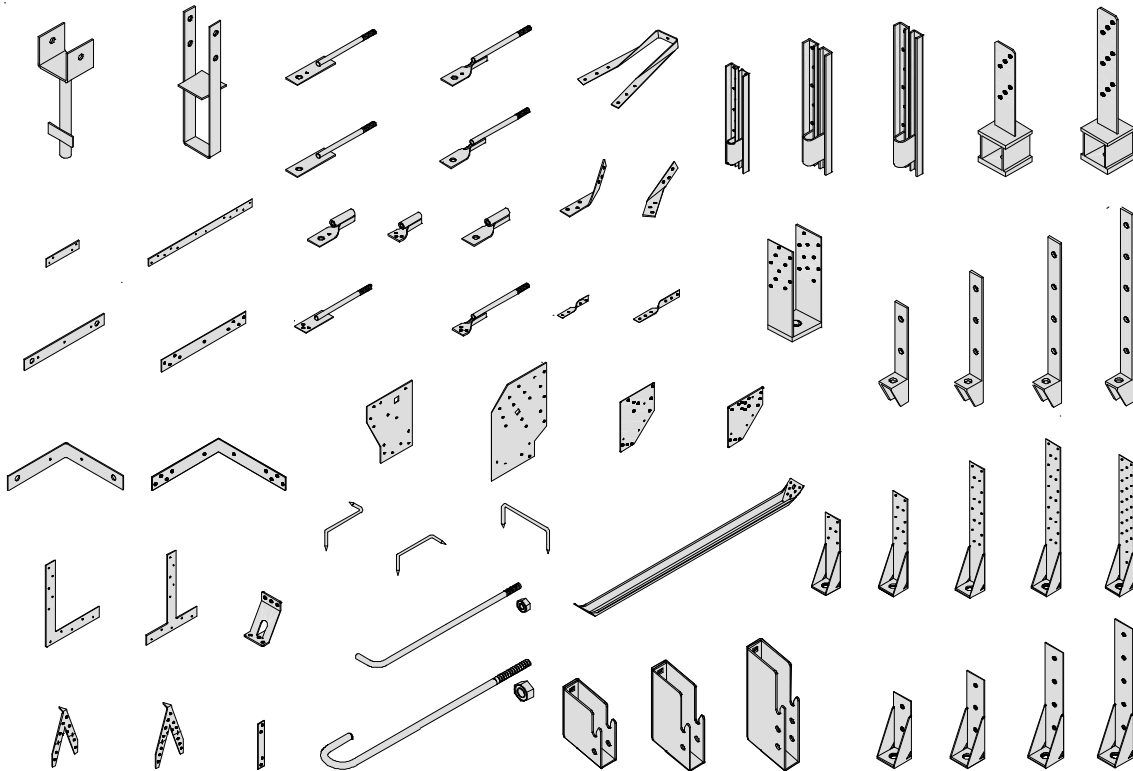


그림 5.4 (공익재단) 일본주택·목재기술센터 규격철물의 접합철물

5.3.2 접합구

주목센터 규격의 접합구를 그림 5.5 에 나타낸 것 같다. 못 등의 허용내력은 부록 E 를 참고하길 바란다.

접합구의 재료는 못과 꺾쇠면 JIS G 3532 (철선) 에 규정한 기계적성질 SWM-N 에 적합한 것으로, 6 각 볼트, 앵커볼트 및 주걱볼트는 제품이 JISB 1180 (6 각 볼트) 부속서 JA 에 규정하는 기계적성질의 강도구분 4.6 또는 4.8 에 적합한 탄소강으로 하고 있다. 그 외의 접합구 재료도, 일본산업규격의 JIS 에 적합한 것으로 하고 있다.

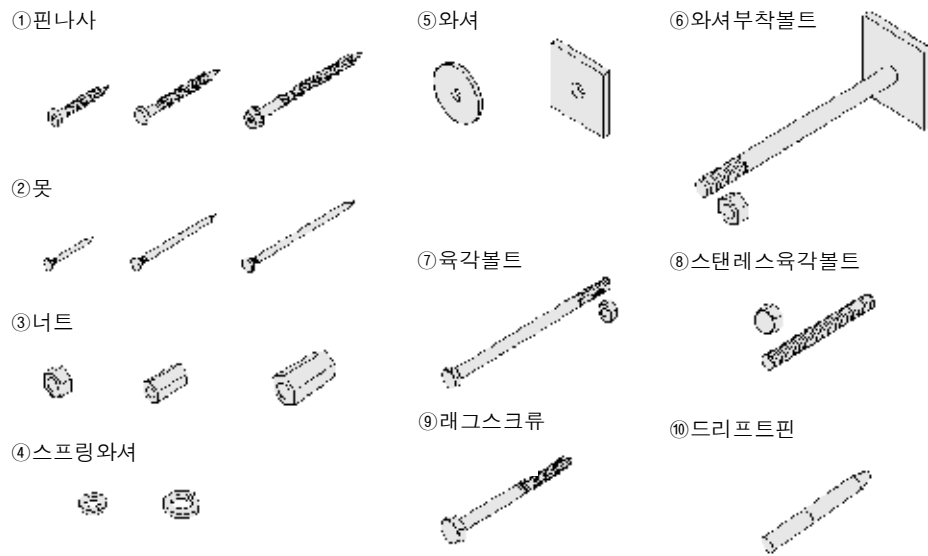


그림 5.5 (공익재단) 일본주택·목재기술센터 규격철물의 접합구

5.3.3 방청 방식(부식방지) 처리

접합철물 및 접합구의 방제방식처리(표면처리)는 사용환경을 고려해야 한다. 한국의 기후는 일본과 마찬가지로 사계절이 뚜렷하고 장마도 있다. 겨울에는 대륙성 고기압의 영향을 받아 춥고 건조하지만 여름에는 고온다습한 북태평양 고기압의 영향으로 무더운 열대야가 이어지기도 한다.

이와 같이 일본과 같은 환경이므로 접합철물이나 접합구의 부식방지 처리에 대해서는 국토교통성 대신관방관청 영선부 「공공건축 목조공사 표준시방서(이하, 「목조공사 표준시방서」라 한다.)가 정하고 있는 기준을 소개한다. 이 목조공사 표준시방서는 국가의 통일기준으로서 공적인 목조 건축물에 사용되고 있다. 이 목조공사 표준시방서에서는 접합철물은 주목센터가 규정하는 「접합철물규격」에 적합한 것으로 사용환경 2의 구분으로 하고 있다. 이 사용환경 2의 구분은 표 5.6과 같다. 접합 철물이나 접합구는 직접 비에 노출되지 않는 옥외환경 또는 다습한 실내환경에서의 사용을 상정한 부식방지처리를 요구하고 있다. 예를 들어 인장철물이나 태핀나사(비스)라면 JIS H 8610(전기아연도금) Ep-Fe/Zn20/CM1로 한다. 이 도금두께는 $20\mu\text{m}$ 이나, 용융아연도금강판을 이용한 접합철물과 접합구의 도금두께는 같은 값이 되도록 하고 있다.

주목센터의 접합 철물 규격은, 주택 금융 지원 기구 「목조 주택 공사 시방서」, 일본 건축학회 「건축 공사 표준 시방서 JASS 11 목공사」 등에도 인용되고 있다.

표 5.6 접합철물에 대한 사용환경 및 방제방식처리

종류		사용환경 1	사용환경 2	사용환경 3
		실내와 같은 건조한 환경에서 사용	직접 비는 맞지않는 옥외환경 및 다습한 실내 환경에서 사용	직접 비를 맞는 옥외환경에서 사용
접합철물	•인장철물		•JIS H 8610(전기아연도금) Ep-Fe/Zn20/CM1 •기타, 동등 이상의 처리	•JIS H 8641 (용융아연도금) 2종 HDZ35 •JIS G 3302(용융아연도금 강판 및 강대) Z35 NC •기타, 동등 이상의 처리
	•홀다운 철물		•JIS H 8641 (용융아연도금) 1종 A HDZ A •JIS H 8610(전기아연도금) Ep-Fe/Zn8/CM2 •기타, 동등 이상의 처리	
	•기타*1		•JIS G 3302(용융 아연도금 강판 및 강대) Z27 NC •기타, 동등 이상의 처리	
접합구 등	•태핑 나사 •박힘방지 와셔 •편심환 와셔	•JIS H 8610 (전기아연도금) Ep-Fe/Zn5/CM2 •기타, 동등이상의 처리	•JIS H 8610(전기아연도금) Ep-Fe/Zn20/CM1 •기타, 동등 이상의 처리	•JIS H8610 (전기아연도금) Ep-Fe/Zn25/CM2 •기타, 동등 이상의 처리
	•못 종류*2		•JIS H 8641 (용융아연도금) 1종 A HDZ A •기타, 동등 이상의 처리	
	•볼트 종류*3		•JIS H 8610(전기아연도금) Ep-Fe/Zn8/CM2	
	•기타*4		•기타, 동등 이상의 처리	

범례

* 1 기 타 : 단작철물, 평철물, 꺾임철물, 꺾은철물, 안장철물, 보강철물, 코너철물, 모서리철물, 산형플레이트, 지주플레이트, 보받침철물, 소형사각와셔

* 2 못종류 : 굽은못, 평못, 스크류못

* 3 볼트류 : 육각볼트, 각근육각볼트, 각근평두볼트, 양나사볼트, 전나사볼트, 앵커볼트, 와셔 부착 볼트, 육각 너트, 육각 캡 너트, 조인트 너트

* 4 기 타 : 리그스크류, 드리프트핀, 각와셔, 둥근와셔, 주각철물, 주각볼트, 주각판파이프, 와셔용스프링, 꺾쇠

제 6 장 방내화 설계

6.1 방화설계의 목적

중목구조에 의한 건축물의 방내화 설계는 건축물 또는 건축물 부분의 방내화 성능을 확보하여 화재의 확대(연소)방지와 다른 건축물에 대한 연소방지를 목적으로 한다. 또한 화기사용실 등의 내장제한으로 인한 화재발생 위험성 저감과 연소확대시간 지연 등에 따른 거주자의 대피 확보 등을 도모한다.

여기에서는 우선 건축물의 화재안전성을 확보하기 위한 기본적인 사고방식을 기술함과 동시에 방내화 설계에 관한 법규제의 한일간 차이에 대해 해설한다.

또한 일본의 방내화 설계에 대한 자세한 내용을 건설지와 목조건축물의 규모, 용도 등에 따라 건축물에 요구되는 방내화성능에 대해서는 부록에 실었다.

6.2 화재안전성에 대한 사고방식

건축물의 설계자로서 건축물에서의 화재 안전성을 생각할 때는 우선 화재 현상에 대해 어떤 일이 일어나는지 이해하고 어떤 위험이 있으며, 어떤 점이 약점이 될 수 있는지, 어떤 대책을 생각할 수 있는지를 의식하는 것이 중요하다. 필요한 대책의 어느 정도의 부분은 건축기준법 등의 법규에 의해 정비되고 있으며, 설계자로서는 그 법규를 이해하는 것만을 목표로 하기 쉽다. 그렇지만, 후술과 같이 특히 주택에 관해서 거주자의 안전성에 대한 법규제는 희박하고, 법규제를 만족하는 것만으로는 위험한 설계가 될 수 있다. 본 매뉴얼이 대상으로 하고 있는 중목구조는 비교적 소규모 건축물이 주된 적용 대상이 될 것이며, 주택은 그 최대 적용 용도일 것이다. 일반 건축주가 목조라는 말을 듣고 가지는 네거티브 이미지의 주된 내용으로 “나무는 탄다”는 점이기 때문에, 향후 중목구조 건축물을 더욱 보급시키려는 설계자나 시공업체는 실제로 화재에 안전한 것을 공급하는 동시에 일반인에게 “목조라도 충분한 대책을 세움으로써 다른 공법과 다름없는 화재안전성을 만들 수 있다”는 것을 주지시키는 것이 필요하다. 그 일환으로 예를 들어 신축건물을 상담하러 온 시공주에게 화재안전에 관한 성능이나 기술, 대책에 대해 설명하거나 중목구조의 주택을 지은 시공주에게 거주자로서 안전하게 살기 위한 마음가짐이나 화재 등 비상시의 대응을 정리한 자료를 배포·설명하는 등의 대응을 통해 화재 안전성을 주지할 수 있다면 이상적이다.

6.3 건축물의 화재 진전과 법적대응

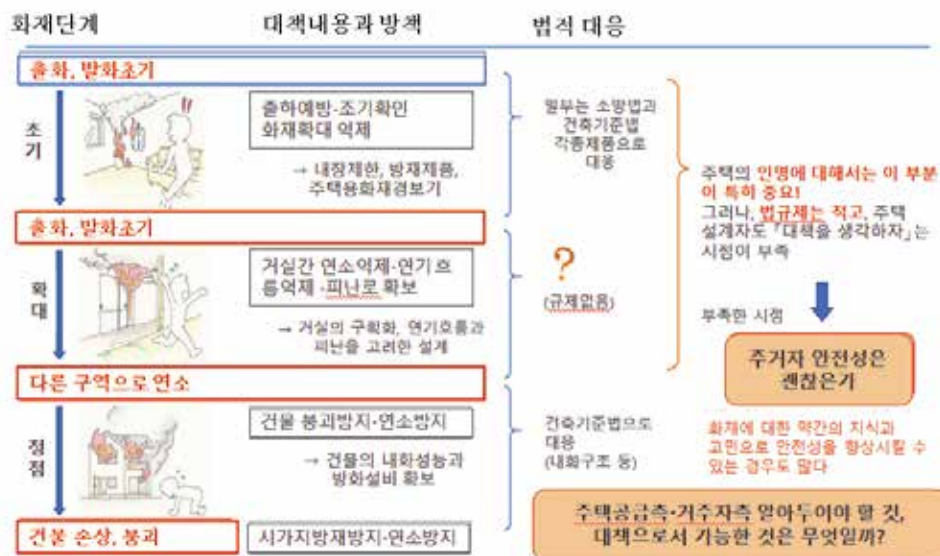
표 6.1 은 주택 내부에서의 발화를 상정했을 경우의 화재 진전의 개요와 각각의 국면에서 필요한 대책 및 법적 대응 예시이다. 불이 난 원인은 다양하나 스토브, 담배, 방화, 난로, 배선기구 등이 주요 발화원인이다. 화재로 인한 인명 피해는

많은 부분이 일산화탄소 중독 등의 연기로 인한 피해라는 사실을 인식해야 한다.

실내에서 불이 났을 경우를 예로 들어 화재의 진전을 설명하면, 우선 발화원 근방의 가볍고 얇은 가연물을 중심으로 확산된다. 이 초기 단계에서는 화염으로부터의 가열도 비교적 약해 기둥과 같은 큰 단면의 목질 구조재가 갑자기 타는 경우는 거의 없다. 연소되는 것은 주로 거주자가 거실에 반입한 수납 가연물이며, 옷이나 소파와 같은 천 제품이나 플라스틱 등의 가연 부분이 있는 휴지통, 가전, 가구 등이다. 번짐은 위쪽으로 천과가 빠르고 가로방향으로의 확산이 느리다. 이 단계까지는 건축물의 사상이 번지는 것에 미치는 영향은 미미하고, 수납 가연물의 배치 등 거주자의 거주 상황의 영향이 대부분이지만, 벽면 마감재료의 연소성 향상, 타기 어려운 불박이 가구에 대한 수납 등으로 화재 진전을 늦출 수 있다.

연소범위가 넓어지고 천장에 화염이 도달할 무렵이면 천장 부근에 고온가스가 머물게 돼 천장 마감재료의 연소성이 크게 영향을 미치게 된다. 천장 마감재가 가연물일 경우, 상당히 이른 단계에서 천장 전체가 화염에 휩싸인 상태가 되어 불이 번짐이 현격히 빨라지므로 법규의 규제가 가해지지 않더라도 석고 보드 등의 연소성이 낮은 재료를 사용할 것을 강력히 권장한다. 천장 부근의 온도가 높아지면 직접 화염에 근접하지 않는 떨어진 가연물도 강한 가열을 받게 되어 발화원 부근과 구획 상부뿐만 아니라 이로부터도 가연가스가 발생하기 시작한다.

표 6.1 화재의 진전단계별 방내화 대책, 법적 대응



천장 부근에 가연가스가 차 온도가 충분히 상승하면 한꺼번에 화염이 번지는

경우가 있어 흔히 플래시 오버로 불리는 상태에 이른다. 이 단계에서 화재실과 다른 구획 사이가 효율적으로 차단되지 않았을 경우 다량의 연기가 복도나 다른 거실로 흘러들어가고, 특히 발화층보다 위층에서 연기로 인한 인명피해가 발생할 위험이 있다. 또한 플래시오버에 이르기 전이라도 가연물의 종류나 연소시간에 따라서는 연기에 의한 피해가 발생할 수 있다. 방내화성능이 낮은 벽이나 바닥의 경우 일부에서 탈착이 생겨 인접구획으로 연소되거나 구조적 손상이 생길 수 있다.

그 후, 주로 문이나 개구부를 통해 인접한 구획이나 위층으로 번지고, 이윽고 건물 전체로의 연소, 구조부재의 탄화에 의한 구조 붕괴, 인접한 건축물에 대한 연소 등으로 이어진다. 부여된 내화성능 수준에 따라 구조부재의 목질여부가 영향을 미치는 시간은 변화하지만, 중목구조의 축조(기둥)를 석고보드로 피복한 대벽구조와 바닥 등이라면 상당한 시간, RC 조 및 철골조와 같은 정도의 확전속도로 억제할 수 있다.

이러한 화재의 진전에 대해 화재피해를 줄이기 위해 필요한 대책과 이를 규정하는 건축 관련 법규제를 살펴보면, 우선 화재 초기 단계에서는 내장 제한이나 화재 경보기 설치, 방염 제품 사용 등의 대책이 취해지고 있으며, 일본에서는 내장 제한은 건축기준법, 화재 경보기와 방염 제품은 소방법으로 규정되어 있다. 그러나 주택에서는 내장제한은 주방 등 화기사용실뿐이며 방염제품은 호텔이나 사업소 등에서의 규정이다. 주택용 화재경보기의 설치는 일본에서는 2006 년에 소방법으로 의무화되어 주택에서의 화재에 의한 사망자수 감소에 크게 기여했다고 생각된다. 화재가 플래시오버에 이른 단계 부근에서의 대책으로는 거실 간 연소 지연이나 연기 유동 제어, 대피로 확보 등을 들 수 있으며 이를 위해서는 문과 같은 거실 경계 부분의 창호 개선 등을 통한 구획화, 연기 유동이나 2 방향 대피를 의식한 설계가 필요하다. 불특정 다수가 이용하는 특수건축물이나 대형 건축물 등에 대해서는 배연이나 거주자의 피난에 관한 규정이 세세하게 정해져 있으나, 주택에서는 이에 대한 법규상 규제는 특별히 존재하지 않는다. 플래시오버 이후의 구조골조 손상이나 옆 동으로의 연소가 문제가 되는 단계에서는 건물의 붕괴 방지와 연소 방지를 목적으로 건축기준법에 의해 기둥과 대들보, 벽, 바닥 등의 내화성능 규정, 개구부의 방화설비에 관한 규정이 정해져 있다.

이상을 정리하면, 중목구조의 주요 적용 대상이라고 여겨지는 주택에서는 화재 초기의 확산이나 연기 피해 억제, 대피로 확보와 같은 거주자의 생명과 직결되는 부분의 법규제가 충분하다고는 단언할 수 없다. 그 이유로는 이러한 대책은 거주자의 쾌적성이나 자유도를 해치는 것으로 생각되기 때문에 법규제로 규정하는 것이 어렵다는 점을 들 수 있다. 반대로 말하면, 이들 부분에 대해 경미한 평면 설계에 대한 연구나 거주자에 대한 강의에 의해 화재안전성을 대폭적으로 향상할 수 있을 가능성이 있으며, 이들 법규 이상의 안전성을 지향하는 자세를 시공자에게 보여주는 것은 중목구조의 보급으로 이어질 것으로 생각된다.

6.4 일본과 한국의 내화성능에 대한 사고방식의 차이

표 6.2 는 일본의 건축기준법과 한국의 건축기준<KS F 1611-1:2007>에서 방내화 규정의 차이를 보여준다. 이를 보면, 한국에서의 내화 성능은 화재 후의 자립을 전제로 하는 일본의 내화 구조와는 달리, 일정시간동안 화재에 견디는 성능=준내화의 성능으로 기술되고 있음을 알 수 있다. 또한 외벽에 관해서는 실내측 가열만을 상정하고 있어 옆동 화재나 시가지 화재로 인한 연소는 그다지 상정되어 있지 않은 것으로 보인다.

표 6.2 일본의 건축기준법과 한국의 법규간의 차이

부위	내화시간	일본 (방화, 준내화)	한국 <KS F 1611-1:2007>
외벽	30 분	실외측 예시 석고보드 12mm+금속판 실내측 석고보드 9.5mm	실외측 합판등 : 12mm+외벽마감 실내측 방화석고보드 15mm
	1 시간		실외측 합판 등 12mm+외벽마감 실내측 방화석고보드 12.5mm×2
칸막이	1 시간	- 강화석고보드 16mm - 석고보드 12mm×2 - 강화석고보드 12mm + 석고보드 9mm	방화석고보드 12.5mm×2 (스터드폭이 140mm 이상이면 방화석고보드 15mm)

제 7 장 내구설계

7.1 내구설계의 요점

7.1.1 목적

중목구조주택의 내구설계란 건물 또는 그 부분의 성능을 일정 수준 이상의 상태로 계속 유지시키기 위한 설계이다. 여기에서는 목표로 하는 건물의 내용연수를 정하여 건물전체 및 각 부위, 부재, 부품에 내구성능을 부여한 건물의 설계 및 시공상의 사양을 나타낸다.

7.1.2 적용범위 및 전제조건

본 사양은 중목구조공법에 의한 건물연면적 600 m² 미만으로 3 층건물까지의 건물을 대상으로 한다.

또한 일반 목조건축물의 구조부분 및 다른 구조와 병용한 건축물의 목조부분으로서 지면에서 순 목조부분의 지붕높이가 18m 이하 또는 처마높이가 15m 이하이고 연면적 3,000 m² 이하(1,000 m² 마다 방화구획 적용)인 경우. 단 스프링클러를 설치한 경우에는 연면적 6,000 m² (2,000 m² 마다 방화구획 적용)인 경우까지 적용할 수 있다.

7.1.3 적용지역

본 사양의 적용범위는 한국 국내로 한다.

7.1.4 내구설계의 기본방침

내구설계의 기본방침은 아래와 같다.

(1) 내구성에 대한 목표 (목표내용연수) 설정

내구성에 관한 목표 (목표내용연수) 는, 「구조내력상 주요한 부분」이 1) 또는 (2) 에 나타내는 상태 (한계상태라고 한다.) 가 될때까지의 연수로서, 75년 ~ 90년 이상을 목표로 한다.

- 1) 통상적인 거주에 견딜 수 있는(구조설계에서 설정한 구조안전성능) 한계를 넘고 또한 통상적인 보수이나 부분적인 교환에 의해 통상의 거주에 견딜 수 있는(통상적인 거주에 견딜 수 있는 안전성능) 상태까지 회복할 수 없는 상태
- 2) 통상적인 보수이나 부분적인 교환에 의해 통상의 거주에 견딜 수 있는 상태(통상적인 거주에 견딜 수 있는 안전성능)까지 회복할 수 있으나, 계속적으로 사용하는 것이 경제적으로 불리해질 것으로 예측되는 상태

(2) 건축물의 전사용기간을 통한 내구성 중시

건물의 내구성을 향상시키기 위해서는 설계 단계에서의 배려와 마찬가지로 각종 공사 단계에서의 설계도에 기초한 검사 항목이나 검사 방법 등의 감리가 중요하며, 이러한 설정도 필요하다. 게다가 설계나 시공 단계에서 내구성에 대한 배려가 되어 있었다고 해도, 유지 관리가 적절히 되지 않으면 내구성은 저하된다.

(3)유지보전 계획의 주지

건물의 계획이나 설계 단계부터 구조재 등의 점검 주기나 항목(수), 점검이나 재처리 등의 용이성 정도(점검구가 있음, 부재가 노출되어 있음 등), 나아가 방부·흰개미의 재처리 연수 설정 등을 포함한 유지관리 계획을 실시하는 것이 중요하다.

7.1.5 내구성을 고려한 계획설계의 방법

내구성을 고려한 계획설계는 내구계획의 기본방침에 따라 목표사용연수를 설정하여 실시한다. 사용연수는 건축물 전체와 각 부위, 부품, 기구별로 추정하고 성능 저하에 따른 추정치를 바탕으로 하여 노후방지를 위한 처리방법을 고려하여 설계한다.

내구성의 설계방법은, 7.1.4 의(1)의 내구성에 대한 목표 (목표내용연수) 설정에 의거하여,

- ① 목표로 하는 내용연수를 설정한다. 내용연수를 결정할 때에는 건물이 내용연수에 달했다고 생각되는 상태를 미리 검토해 둘 필요가 있다.
- ② 사용하는 목재 등의 종류·단면치수, 방부·흰개미 처리를 각 부위별로 설정한다.
- ③ 건물이 건설될 지역의 노후균이나 흰 개미의 분포에 의한 지역열화외력구분, 그리고 건물의 각부위별 열화외력을 설정한다.
- ④ 바닥, 벽, 지붕 등의 주요구조부의 공법종류를 설정하고, 내용연수를 검토한다. 이에 따라 건물의 각부위에서 내용연수에 차이가 있을 경우에는 이 시점에서 재료와 공법을 변경하여 부위간에 내용연수에 차이가 생기지 않도록 반복 검토한다.
- ⑤ 내구성에 관한 시공관리의 레벨을 설정한다.
- ⑥ 여기까지의 결과를 통해 추정내용연수가 목표내용연수와 동등하거나 그 이상일 경우에는 종료한다.
- ⑦ 또한, 유지관리를 검토할 경우에는 유지관리를 고려한 추정내용연수를 검토하고 추정내용연수가 목표내용연수와 동등하거나 그 이상인 것을 확인하여 내구설계를 종료한다.

7.2 방부·방충 조치

7.2.1 방부·방충 조치의 종류

방부·방충 조치에는 구조법과 방부·방충 약제 처리법이 있다. 이때 방부·방충 약제 처리법은 최소로 하고 구조법을 우선한다. 또한, 흰개미방지 조치는 흰개미의 종류, 인근 건물의 피해 정도, 건축물의 구조, 용도, 규모 및 사용 연한 등에 따른 조치를 적용한다.

목재 방부·방충 약제 처리에 관해서는 ISO 에서 열화 위험도(해저드 클래스)와 부재 사용 환경과의 관계가 표 7.1 과 같이 구분되어 있다. 방부·방충 처리 기준은 표 7.2 에 목재 보존 약제와 각 해저드 클래스에 대응한 목재 보존 약제의 보유량 적합 기준, 또한 표 7.3 에 해저드 클래스와 약제 침윤도의 적합 기준이 표시되어 있다. 방부목재 등을 사용하는 경우는 이 기준에 따른 것을 사용한다.

7.2.2 방부·방충 약제처리

- (1) 목재방부약제의 품질기준은, 한국산업규격 KSM1701 에 준한다.
- (2) 목재방부·방충 약제처리 기준은, 산림청에서 고시한 목재의 방부·방충처리기준에 준한다.
- (3) 이음새 등의 목재 가공부위는, 이음새 시공 후, 목재가공부위는 방부·방충 방제약제로 도포 또는 분사처리를 한다.
- (4) 시공은 유자격자에 의해서 실시하고, 시공중인 방부·방충 처리제나 토양 처리 현장의 양생, 약제의 보관, 작업장의 안전성을 배려한다.

7.2.3 바닥 밑의 방충 조치

(1) 적용

바닥 아래 지면에 적용하는 방충 조치는, 다음 중 어느 하나를 따른다.

- 1) 철근 콘크리트구조의 베타기초
- 2) 지면을 동일하게 타설한 콘크리트 (줄기초와 철근으로 일체가 된 것에 한함) 로 덮는다.
- 3) 약제를 사용하여, 줄 기초의 시작부분내 주변 및 독립기초의 주위의 토양처리를 한다.

(2) 약제로 토양처리

약제로 토양처리를 하는 경우는 다음 중 어느 하나를 따른다.

- 1) 토양의 방충 처리에 사용하는 약제의 품질은 한국산업규격 KSM1701 에 준한다. 약제의 종류와 처리방법은 산림청 고시에 규정된 목재의 방부·방충처리 기준에 따른다.

- 2) 건물과 접촉하는 부분의 토양을 약제로 처리하여 흰개미의 침입을 방지
 3) 토양처리법의 시공은 유자격자에 의해 실시하고, 양생, 약제의 보관, 작업장의 안전성에 유의한다.

표 7.1 ISO의 해저드 클래스와 부재 사용 환경

해저드 클래스	부재의 노출 환경	일반부재 예시
1	내장에서 건조환경	내부조작재, 지붕재, 마감재
2	내장에서 습윤환경	물사용 환경의 부재
3	외주부에서 보호환경	외주 벽내의 부재
	통상 노출환경	우드데크, 발코니
4	접지환경	울타리, 말뚝
5	바다속	말뚝

표 7.2 목재보존약제의 약제보유량의 적합기준

목재보존약제		최소약제보유량의 적합기준 (구성 주성분으로서 보유량기준, kg/m ³)				
화합물의 명칭	기 호	H3 *1		H4		H5
		H3A	H3B	H4A	H4B	
구리·알킬암모늄 화합물 (Alkaline Copper Quat)	ACQ-1	4.0	4.0	6.4	6.4	-
	ACQ-2	2.6	2.6	5.2	5.2	-
크롬·불산동·아연화합물 (Copper chromated fluoride zinc)	CCFZ	6.0	6.0	8.0	8.0	-
산화크롬·구리화합물 (Acid copper chromate)	ACC	6.0	6.0	9.0	-	-
크롬·구리·붕소화합물 (Chromated copper boron)	CCB	6.0	6.0	9.0	9.0	-
나프텐산 구리*2 (Copper Naphthenate) (Cu 기준)	NCU-O	0.8	0.8	-	-	-
	NCU-W	1.0	1.0	-	-	-
나프텐산 아연 *3	NZN-O	1.6	1.6	-	-	-

(Zinc Naphthenate) (Zn 기준)	NZN-W	2.0	2.0	-	-	-
구리·아졸 화합물 (Copper Azole)	CUAZ-1	2.6	2.6	5.2	5.2	-
	CUAZ-2	1.0	1.0	2.0	5.0	-
	CUAZ-3	0.96	0.96	2.4	5.0	-
구리·시클로헥실다이아제늄디 옥시마이온화합물 (Bis(N-cyclohexyl-diazenu m-dioxy)-copper)	CuHDO-1	3.0	3.0	4.0	-	-
	CuHDO-2	1.24	1.24	2.48	-	-
	CuHDO-3	0.92	0.92	1.85	2.53	-
테브코나졸, 프로피코나졸, 3-요드-2-프로피닐부틸카바 메이트(Tebuconazole, Propiconazole, 3-iodo-2-propynyl butyl carbamate)	Tebuconazole, Propiconazole, IPBC	0.23	0.23	-	-	-
마이크로나이즈드구리· 아루킬암모늄 화합물 (Micronized Copper Quat)	MCQ	2.6	2.6	5.2	-	-
크레오소트오일 (Creosote oil)	A	-	-	80	80	170

*1 : <부록A>의 H1과 H2사용 환경에서 방부목재의 사용이 필요한 경우에는 H3을 사용한다.

*2, *3 : NCU-O 및 NZN-O는 유용성, NCU-W 및 NZN-W는 유효성약제를 나타낸다.

- : 해당약제는 적합기준이 없기 때문에 사용할 수 없다.

표 7.3 침윤도의 적합기준

사용 환경 구분		구분		적합기준	
		목재종류	측정부위	측정부위의 침윤도(%)	재면으로부터의 침윤깊이(mm)
H3	H3A H3B	변재	변재부분의 전층	80 이상	-
		심재	재면에서10mm까지	80 이상	8 이상
H4	H4A H4B	변재	변재부분의 전층	80 이상	-
		심재 (굵기90mm이하 제재)	재면에서10mm까지	80 이상	8 이상
		심재 (굵기90mm이상 제재)	재면에서15mm까지	80 이상	12 이상
H5		변재	변재부분의 전층	80 이상	-
		심재 (굵기90mm이하 제재)	재면에서15mm까지	80 이상	12 이상
		심재 (굵기90mm이상 제재)	재면에서20mm까지	80 이상	16 이상

* <부록 A>의 H1 및 H2 사용환경에서 방부목재의 사용이 필요한 경우에는 H3 을 사용한다.

7.3 접합철물·접합구의 내구성 향상

7.3.1 접합철물·접합구의 내구성 향상조치

옥외에 노출되거나 항상 습윤 상태로 유지되는 경우 방청처리를 하거나 이와 동등 이상의 보호처리가 된 제품을 사용한다.

7.3.2 접합철물 등의 부식방지

- (1) 강재가 놓여있는 환경으로부터 부식요인을 멀리한다.
- (2) 스테인레스 강재 및 내후성강을 이용한다.
- (3) 강재를 방청처리할 것. 접합철물 등의 방청처리의 종류에는 표 7.4 와 같은 각종 처리방법이 있는데, 「아연도금+유기피막」과 같은 복합피막이 가장 내구성이 뛰어나다.

표 7.4 접합철물·접합구의 방청처리 일람

	방청처리	사용된 주요 접합철물	기타
Z 및 C 마크 철물에 사용되고 있는 방청처리	용융아연도금강판(Z27)	프레스가공만으로 제품화할 수 있는 접합철물. 귀보강철물, 단책철물 등	아연도금 위에 얇게 크로메이트 처리가 되어 있는 것이 일반적. 이것을 대신하는 논크롬강판도 많다.
	전기아연도금크로메이트 (Ep-Fe/Zn8/CM2)	볼트, 너트류 등. 와셔 등 강판의 판 두께가 높은 접합철물	자동차부품업체와 약전업체의 부품에 삼가크로메이트처리가 채용되어 있지만, 크로메이트 처리대체의 논크롬처리 앞으로의 개발과제가 되고 있다.
	용융아연도금(HDZ-A)	홀다운철물 SHD·굵은 못 등. 아연도금강판에서는 제작할 수 없는 접합철물과 제작상, 용접공정 등이 필요한 접합철물에 적용	아연도금 위에 얇게 크로메이트 처리가 되어 있는 것이 일반적. 크로메이트 대신하는 크롬을 포함하지 않는 화성처리 등이 개발되어 있다.
동등인정 철물 등에 사용되고 있는 방청처리	합금아연도금강판	프레스가공만으로 제품화할 수 있는 접합철물. 허우치, 단책철물 등	합금아연도금 위에 얇게 크로메이트 처리가 되어있는 것이 일반적. 이것을 대체하는 논크롬강판도 많다.
	합금아연도금	홀다운철물·굵은 못 등. 합금아연도금강판에서는 제작할 수 없는 접합철물과 제작상, 용접공정 등이 필요한 접합철물에도 적용할 수 있다.	합금아연도금 위에 얇게 크로메이트 처리가 된 것이 일반적. 이것을 대체하는 논크롬 처리도 개발되어 있다. 볼트·너트 등 나사감합을 필요로 하는 접합철물에는 적용하지 않는다.

	복합피막(대표적인 복합피막은 기초에 아연도금, 상부에 도장해서 유기피막을 얹는다, 무기와 유기의 복합피막이다)	접합철물전반에 처리가능하다.	복합피막은 목재와의 접촉이라고 하는 부식환경의 조사부터 개발된 피막이고, 목산등의 산과 방부방충목재와의 접촉부식에 대해서, 높은 내식성을 나타낸다. 논크롬의 복합피막도 개발되고 있다.
--	---	-----------------	--

7.4 내구성향상을 위한 각부의 구조방법 등

일본의 목조주택 내구성과 관련된 각종 사양 중에서 중목구조공사 시방서(주택금융지원기구편)의 장기우량주택 (구조구체에 대해서 통상 상정되는 자연조건 및 유지관리조건에서 주택이 한계상태에 이를때까지의 기간이 75~90 년 이상) 의 구조 골조 등의 열화 대책에 관련된 각부의 사양을 주로 나타내고 있다.

한편, 한국의 규격 등에 있어서 각 부위의 내구성 사양이 예시되어 있는 경우에는 그 사양을 일본의 사양과 비교 검토하고, 차이점이 없는 경우에는 한국의 예를 그대로 나타내고, 차이가 있는 경우에는 다른 점을 정밀 조사하여 한국의 사양에 변경을 추가해서 나타내고 있다.

7.4.1 기초, 바닥 슬래브

(1) 일반사항

- 1) 모든 전단벽 아래에는 줄기초 또는 베타기초를 설치하고, 모든 기둥 밑에는 독립기초나 베타기초를 설치한다.
- 2) 줄기초, 베타기초와 독립기초는 철근콘크리트구조로 하고, 줄기초, 베타기초, 독립기초의 하부에는 두께 50mm 이상의 콘크리트를 설치한다.
- 3) 철근은, KSD3504 에 의한 KS 인증을 취득한 이형철근으로서, 직경 10mm 또는 13mm 의 SD400 (공칭항복강도 400MPa) 를 사용한다. 직경 10mm 와 13mm 의 철근의 배치간격은, 각각 250mm 와 300mm 이하로 한다. 아래부근의 피복두께는 80mm 와 윗부근의 피복두께는 40mm 로 한다.
- 4) 건물의 외벽 아래 부분에 위치한 줄기초와 독립기초의 밑면과 베타기초의 전단벽 아래 보강부분의 아래부분이 해당지역의 동결심도 아래 올 수 있도록 설치한다.
- 5) 지면에서 1 층 바닥 콘크리트 슬래브의 상부까지의 높이는 300mm 이상으로하고 지면에서 독립 기초 콘크리트 기둥의 상부까지의 높이는 200mm 이상으로 한다.

(2) 줄기초와 베타기초

- 1) 줄기초에서 기초벽의 두께는, 그림 7.1 과 같이 지상부의 최하층의 벽 두께의 1.5 배 이상 및 300mm 이상으로 한다.

- 2) 줄기초에서 기초판의 두께는, 기초벽 두께의 1 배 이상 및 300mm 이상으로 한다.
- 3) 줄기초에서 기초저판의 폭은 기초벽 두께의 3 배 이상 및 900mm 이상으로 한다.

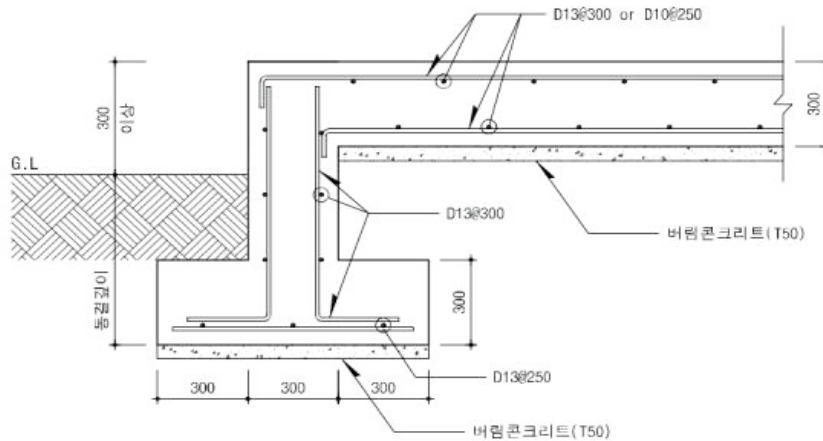


그림 7.1 줄기초(단위: mm)

- 4) 베타기초에서 전단벽 아래의 보강부분은, 그림 7.2 에 나타난 것처럼, 1 층의 바닥 슬래브의 저면부터 폭 400mm 이상과 깊이 300mm 이상으로 한다.

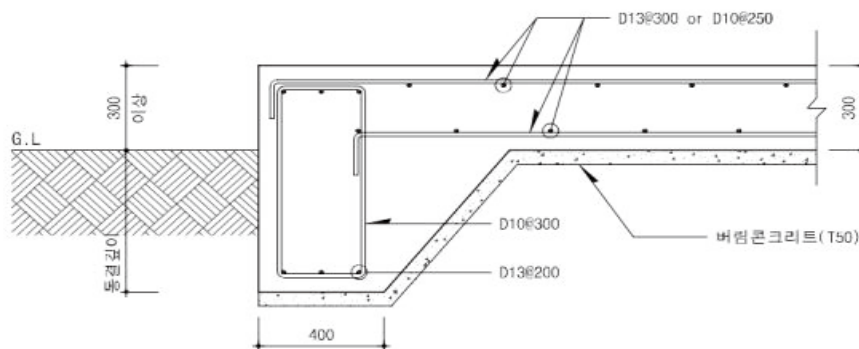


그림 7.2 베타기초(단위: mm)

- 5) 베타기초에서 기둥 아래의 보강부분은 1 층 슬래브의 저면부터 가로 및 세로 각각 600mm 이상과 깊이 300mm 이상으로 한다.

(3) 독립기초

- 1) 1 층의 모든 기둥의 아래에는 독립기초를 설치하고, 베타기초 위에 기둥이 위치할 경우, 바닥슬래브의 저면을 세로와 가로 각각 600mm 이상, 깊이 300mm 이상에서 보강한다.
- 2) 독립기초는 그림 7.3 과 같이 세로와 가로를 각각 900mm 이상으로 하고, 두께는 300mm 이상으로 한다.

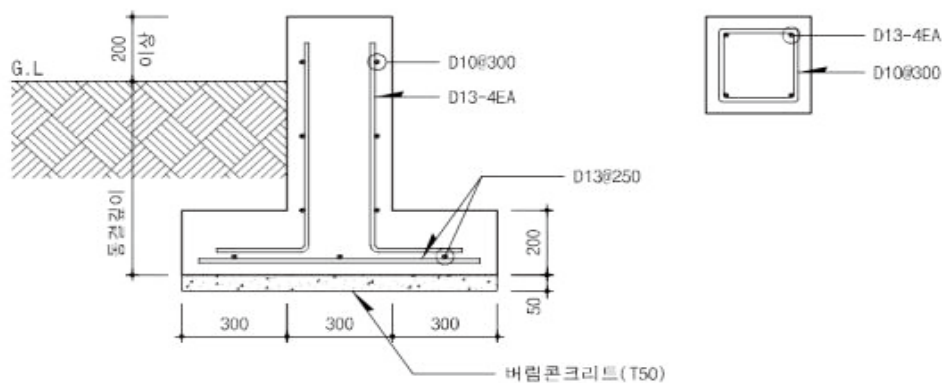


그림 7.3 독립기초(단위: mm)

- 3) 기둥의 하부와 독립기초 간에는, 독립기초의 중앙부위에 기둥의 단면치수이상이고, 300mm×300mm 이상의 단면을 가지는 철근콘크리트 기둥을 세운다. 기둥의 길이방향 철근은 독립기초로 90°혹으로 정착한다.

(4) 바닥슬래브

- 1) 1 층바닥은, 두께 300mm 이상의 철근콘크리트 슬래브로 하고, 철근은 상부와 하부에서 가로 및 세로방향으로 배치한다.
- 2) 철근의 직경에 따른 배치간격과 위치에 따른 피복 두께는, 아래 부근이 80mm, 윗부분이 40mm로 한다.
- 3) 층 슬래브 철근의 단부는 줄기초 또는 베타기초의 보강부분에 배치되는 철근과 90°혹으로 정착한다.

(5) 바닥하부 환기

- 1) 바닥 하부 공간이 발생할 경우의 바닥 환기 조치는 고양이 토대를 사용하고 바깥(안) 주위 토대 전주에 걸쳐 1m 당 유효면적 75 cm² 이상의 환기구를 설치한다(그림 7.4 (a) 참조)
- 2) 외주부의 바닥 환구에는 쥐 등의 침입을 막기 위해 스크린 등을 견고하게

설치한다(그림 7.4(b) 참조)

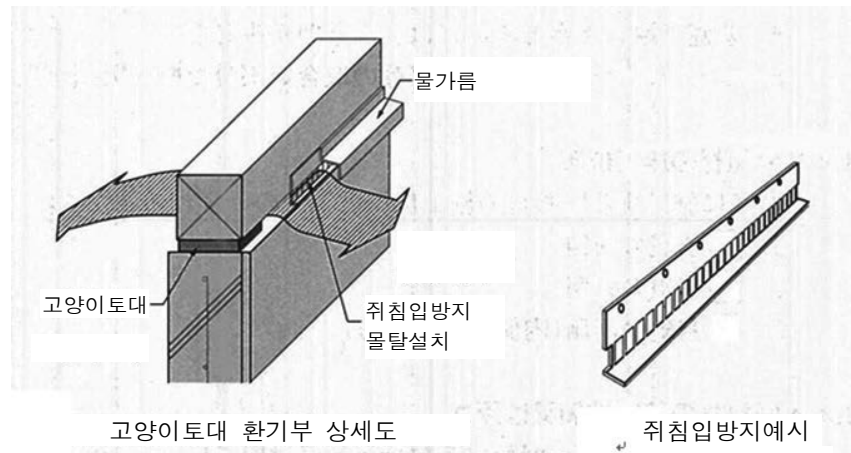


그림 7.4 바닥하부 환기

7.4.2 토대의 방부·방충 조치

토대는 국립산림과학원 고시 목재의 방부·방충처리기준규정(국립산림과학원 고시 제 2016-2 호)에 규정된 목재의 사용환경 카테고리 H3 에 대응하는 방부목재를 사용한다. 금속판(개미 뚫지기)을 설치해 흰개미의 침입을 막는다.

7.4.3 외벽축조의 방부·방충 조치

(1) 지면에서의 높이가 1m이내의 외벽축조의 방부·방충 조치는 다음 중 어느 하나에 의한다.

- 1) 편백나무, 노송나무, 밤나무, 느티나무, 낙엽송 등을 이용한 재료나 이러한 수종을 사용한 구조용 집성재 또는 구조용 단판 적층재로 한다.
- 2) 단면 치수 120mm×120mm 이상의 제재, 구조용 집성재 또는 구조용 단판 적층재를 이용한다.
- 3) ①또는②의 약제처리를 한 제재, 구조용집성재 또는 구조용 단판적층재를 이용한다.
 - ① 방부·방충처리재 (방부목재) 로서, 공장에서 처리한 것
 - ② 한국산업규격 KSM1701 에 준하는 표 7.2 에 열거한 방부·방충 약제를 현장에서 도포, 분사 또는 침지한 것.

(2) 외벽의 통기공법

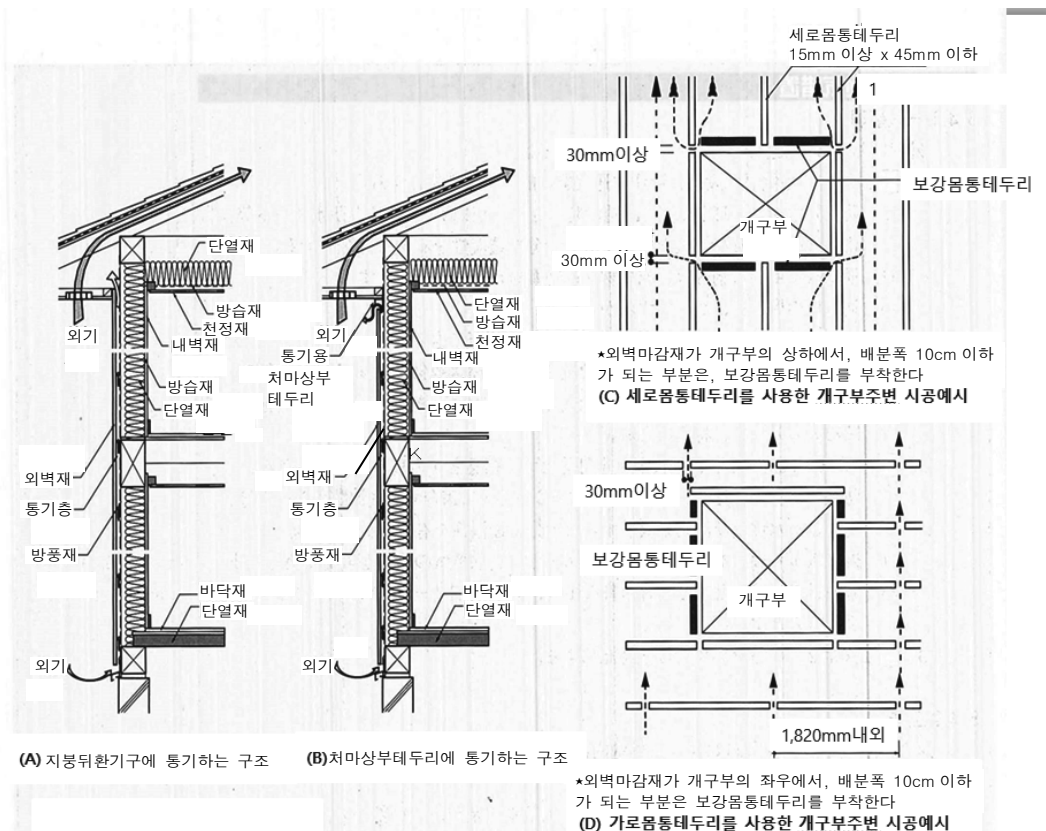
- 1) 구조용목재 (KSF3020 : 일본에서는, 편백나무, 노송, 밤, 느티나무, 삼나무, 낙엽송 등을 사용) 를 사용한 기초재를 사용한다. 구조용 목질 패널로서 구조용 합판 (KSF3113)이나 구조용 OSB (KDS413302) 등을 이용한다.

목재방부처리는 산림청에서 고시한 목재의 방부·방충처리기준에 준하며, 목재용 방부약제(한국산업규격: KSM1701)를 사용하여 가압주입·침지와 도포 등의 방법으로 방부처리한다.

- 2) 외벽 내에 통기층을 설치하여 벽체 내 통기를 가능하게 하는 구조로 한다(그림 7.5 참조). 외벽의 외측면에는 구조용 목질패널 등을 설치하고, 목질패널의 외측면에는 투습방수성능을 가진 하우스랩(투습방수시트: 타이벡스), 외측면에 강수차단층(rain screen: 통기층)을 설치한 후 외벽마감을 한다. 강수차단층은 두께 20mm 이상 및 폭 35mm 이상의 방부목재를 650mm 이하의 간격으로 설치하여 그 가운데 빈 공간을 통하여 외벽 마감재를 통과한 빗물이 흘러내리도록 한다. 강수 차단층의 상하부에는 튼튼한 재질의 망을 설치해 벌레나 이물질의 침입을 방지한다.
- 3) 지붕구조 내에 침투한 수분이 원활하게 배출될 수 있도록 지붕덮개 바로 아래에 처마에서 지붕용마루까지 연속된 환풍 통로를 확보한다.
- 4) 합각머리를 제외한 모든 벽의 상부 처마 밑에 외부 공기가 유입되는 처마 환기구를 벽의 바깥면과 처마 끝의 중간 위치에 처마를 따라 연속적으로 설치한다.
- 5) 지붕 윗부분에는 처마에서 유입된 공기가 빠져나갈 수 있는 지붕용마루 통풍구가 지붕의 전체 길이에 걸쳐 연속적으로 설치한다.
- 6) 처마 환기구에서 지붕용마루 통풍구까지 단열재 누름판 등을 설치하여 지붕 덮개 바로 아래에 연속 환풍 통로를 확보한다.

(3) 외벽의 진벽구조

지붕의 처마와 차양은 채광 및 구조상 지장이 없는 한 길게(처마의 돌출을 90 cm 이상) 하고 또한 기둥이 직접 외기에 접하는 구조(진벽 구조)로 한다.



유의사항

1. 그림(A)구조가 되는 경우는, 지붕뒤로 침입하는 수증기량이 통상보다 많아지기 때문에, 지붕뒤 환기가 적절하게 작용될수 있도록 특히 주의한다.
2. 통기층내의 기류에 의해 방풍방수재의 하단부분이 감겨올려가, 벽체내에 기류가 침입하지 않도록 주의할 것

그림 7.5 외벽이 통기공법

7.4.4 개구부

(1) 재료

- 1) 창문은 창틀 (JISA4706) 에 적합한 것, 또는 이것과 동등 이상의 품질과 성능을 가지는 것으로 한다.
- 2) 문은 문셋트 (JISA4702) 에 적합한 것, 또는 이것과 동등 이상의 품질과 성능을 가지는 것으로 한다.
- 3) 금속제 덧문의 품질은 주택용 덧문(JISA 4713)에 적합한 것, 또는 이와 동등 이상의 품질과 성능을 갖는 것으로 한다.
- 4) 방화문의 지정은 특이사항으로 한다. 또한, 알루미늄제 창호의 경우는 건축기준법에 따라 지정을 받은 것으로 한다.
- 5) 금속제 방충망 품질은 외면 고정되어 전체가동식으로 하고 망은 합성수지제로 한다.

6) 외부건구에 사용하는 유리의 품질 및 종류는, JIS 규격을 따른다.

(2) 창틀 설치

창틀의 설치는 원칙적으로 다음 중 하나의 방법에 따른다. 단, 이에 해당하지 않는 경우는 방수지와 창틀의 접합, 창틀의 부착 안정성, 외벽 마감재의 손상방지 등에 고려하여 특이사항으로 한다.

- 1) 축조 위에 방풍 방수재를 붙이는 구조의 경우는 기둥, 문미, 창문 등에 창틀을 견고하게 설치한다.
- 2) 라스기초판, 구조용 면재 등, 기둥의 바깥쪽에 판재 또는 보드류를 붙이는 구조의 경우는 판재 또는 보드류와 같은 두께의 면재를 붙이고, 이 위에 창틀못을 박는 핀을 썬워 설치한다.
- 3) 외부부착 단열공법으로 할 경우는 충분한 단면치수의 면맞춤재에 설치한다.
- 4) 내부 부착 창틀을 설치할 경우는 각 제조사가 지정하는 방법으로 한다.

(3) 창호 주변의 물막이판

- 1) 외벽개구부의 창문턱에는, 시트를 붙인다. 창대와 기둥의 입모부는 방수 테이프 또는 창틀 테두리 각부위에는 방수역물 등을 이용하여 틈이 생기지 않도록 물막이판 처리를 한다.
- 2) 전항의 물막이판 후 창틀을 부착한다.
- 3) 창틀 주변의 방수 테이프는 창틀 세로 테두리와 윗테두리에 붙인다. 방수테이프 부착방법은 양쪽 테두리, 위쪽 테두리 순으로 한다.
- 4) 방풍방수재의 부착방법은 방수시트의 뒤에 끼우고 개구부 양쪽, 개구부 상부의 순서로 붙인다.
- 5) 건식 외벽 마감은 창틀 주위를 실링(밀폐) 처리한다.

7.4.5 발코니

- (1) 튀어나온 발코니의 외벽심으로부터 노출되는 길이는 대체로 1m 이하로 하고, 이를 초과하는 경우에는 특이사항으로 한다.
- (2) 튀어나온 길이는 실내쪽의 바닥보 스패ن(경간)의 1/2 이하로 하고, 끝부분은 이음보로 고정한다.
- (3) 기초판은 1/50 이상의 물매를 설치하고, 흙 부분은 1/200 이상의 물매를 설치한다. 2 장 이상 겹칠 경우에는 이음매가 겹치지 않도록 하고 단차 및 불균형이 생기지 않도록 한다.

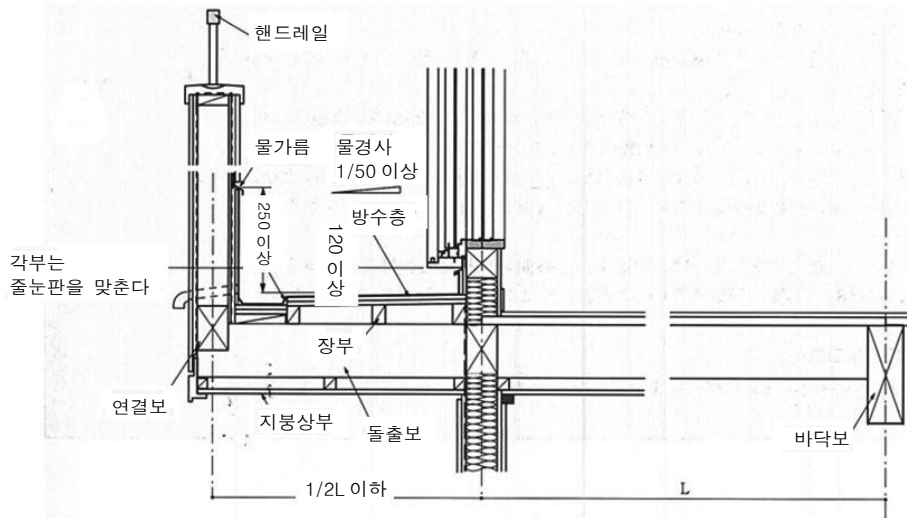


그림 7.6 돌출한 발코니 단면도

7.4.6 옥실·부엌 등의 방수조치

옥실·부엌 등의 물이 접하는 부분에는 방수를 하여 건조를 잘 되게 하고, 부재가 습윤하지 않는 구조로 한다.

- (1) 옥실 벽의 축조 등(목질의 기초재·실내측에 노출된 부분을 포함한다), 바닥조(지상 2 층 이상인 경우에는 기초재를 포함한다) 및 천장은 다음 중 하나의 방수조치를 실시한다.

- 1) 옥실 단위
- 2) 옥실 벽의 축조 등, 바닥조 및 천장에 대해서 방수상 유효한 마감을 실시한다.
- 3) 옥실 벽의 축조 등, 바닥조 및 천장에 대해서, 방부·방충 조치를 실시한다.

- (2) 탈의실·부엌 벽의 축조 등(목질의 기초재·실내측에 노출된 부분을 포함한다), 바닥조(지상 2 층 이상에 있는 경우는 기초재를 포함한다) 및 천장은, 다음에 해당하는 방수조치를 취한다.

- 1) 탈의실 벽의 축조 등, 바닥조에 대해서, 방수지, 비닐벽지, 덮개 석고보드, 비닐바닥시트, 또는 내수합판을 사용한다.
- 2) 탈의실 벽이 축조 등 바닥조 및 천장에 대해서 방부·방충 조치를 취한다.

7.4.7 지붕뒤 환기구

- (1) 지붕뒤 환기구

지붕뒤 공간이 생길 경우의 지붕 뒤 환기는 다음과 같다. 단, 천장면이 아니라 지붕면에 단열재를 시행할 경우는 지붕뒤 환기구는 설치하지 않기로 한다.

- 1) 지붕뒤 환기구는 독립한 지붕마다 2 개소 이상, 환기에 유효한 위치에

설치한다.

2) 환기구의 유효환기면적은, 다음 중 어느 하나를 따른다. (그림 7.7 참고)

- ① 양 가로벽에 각각 환기구(흡배기 양용)를 설치할 경우는 환풍구를 가능한 상부에 설치하도록 하고, 환기구 면적의 합계는 천장 면적의 $1/300$ 이상으로 한다.
- ② 처마 뒤에 환기구(흡배기장치용)를 설치할 경우는 환기구 면적의 합계는 천장 면적의 $1/250$ 이상으로 한다.
- ③ 처마 뒤 또는 지붕 뒤 벽 중 실외에 접하는 것에 흡기구를, 가로벽에 배기구를, 수직 거리에서 900mm 이상 떨어뜨려 설치하는 경우는 각각의 환기구 면적을 천장 면적의 $1/900$ 이상으로 한다.
- ④ 지붕배기 그외의 기구를 사용한 배기구는 가능한 한 지붕뒤 가장 위부분에 설치하기로 하고, 배기구 면적은 천장 면적의 $1/600$ 이상으로 한다. 또한 처마 뒤 또는 지붕 뒤 벽 중 실외에 접하는 것에 설치하는 흡기구 면적은 천장 면적의 $1/900$ 이상으로 한다.
- ⑤ 처마 뒤 또는 지붕 뒤 벽 중 실외에 접하는 것에 흡기구를 설치하고 동시에 용마루부위에 배기구를 설치할 경우는 흡기구 면적을 천장 면적의 $1/900$ 이상으로 하며, 배기구 면적을 천장 면적의 $1/1600$ 이상으로 한다.

(2) 스크린

지붕뒤 환기구에는 비, 눈, 벌레 등의 침입을 방지하기 위해 스크린 등을 견고하게 설치한다.

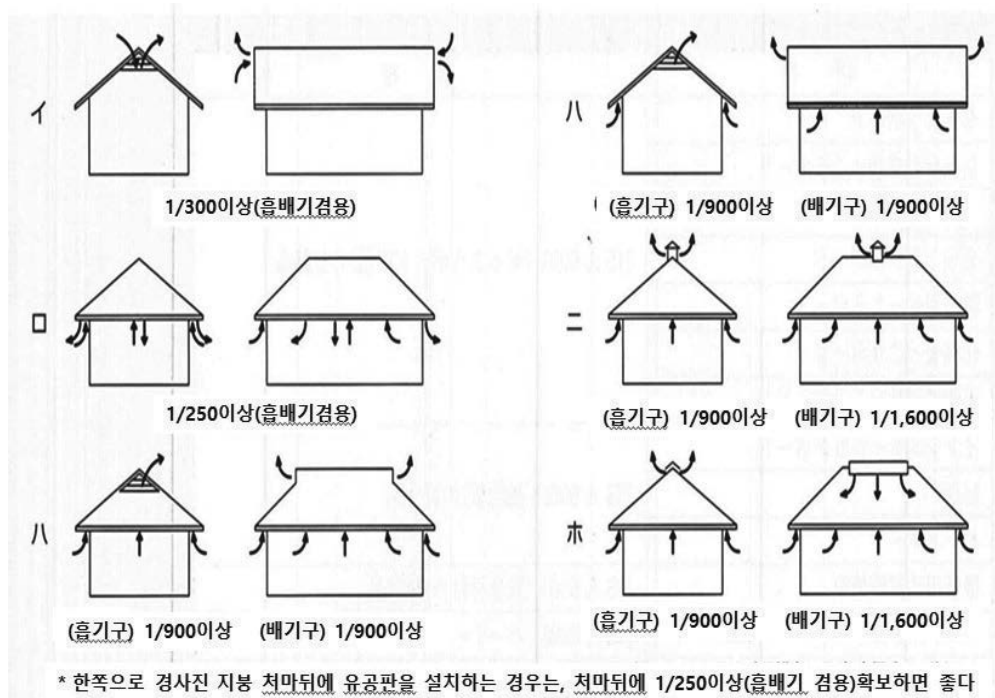


그림 7.7 환기구의 유효면적

참고문헌

- ① KDS413308 목구조 내구계획 및 공법
- ② 한국규격 부속서 2 방부목재
- ③ KDS413307 목구조 2x4 공법
- ④ KDS419033 소규모건축구조기준 목구조
- ⑤ 제 8 장 내구설계 (중국) 2019

제 8 장 설계예시

8.1 설계 개요

8.1.1 설계조건

설계 사례로서 취급하는 건축물의 개요는 표 8.1 에 나타난 것 같다. 구조 계산 조건은 표 8.2 와 같다. 또 이 건축물의 평면도 및 입면도를 나타낸 것은 그림 8.1 ~ 8.6 과 같다. 외벽의 구조사양(허용 전단 내력 7.1 kN/m)은 대벽방법으로 구조용 합판(두께 9 mm), 못 길이 50 mm(직경 2.87 mm), 못 박은 간격 100 mm 이다. 내벽의 구조사양(허용 전단내력 7.1kN/m)은 진벽방법으로 구조용합판(두께 9mm), 못길이 50mm(직경 2.87mm), 못박은 간격 100mm 이다.

지진 시 건물중량은 2 층 부분(2 층의 층높이 중앙에서 위쪽 중량)은 92.75kN, 1 층 부분(2 층의 층높이 중앙에서 아래쪽 중량 + 1 층의 층높이 중앙에서 위쪽 중량)은 175.86kN 이다. 2 층 바닥 부분에는 바닥 난방분 중량으로 콘크리트 t=40mm (단위중량: 1.19kN/m³, 총중량 62.09kN)를 상정하였다.

또한 이 설계사례의 건물 구조성능은 일본의 건축기준법, 내풍등급 2 에 해당한다.

표 8.1 건축물의 개요

명칭	한국모델하우스 01	
용도	전용주택	
층수	2 층건물	
연면적 (m ²)	104.341	
각층면적 (m ²)	1 층	52.170
	2 층	52.170
최고높이 (m)	7.400	
처마높이 (m)	5.740	
각층 높이 (m)	1 층	2.700
	2 층	2.457

표 8.2 구조계산의 조건

구조계산 방법	간이계산	「지진시 필요 수평내력계산」
		「4 분할법」
		「N 값계산」
지진력의 계산조건	중요도분류	중요도 (2)
	내진등급	Ⅱ
	중요도계수	1
	행정구역	서울
	지진구역	I
풍압력의 계산조건	지반의 종류	S5
	기준풍속	26m/s

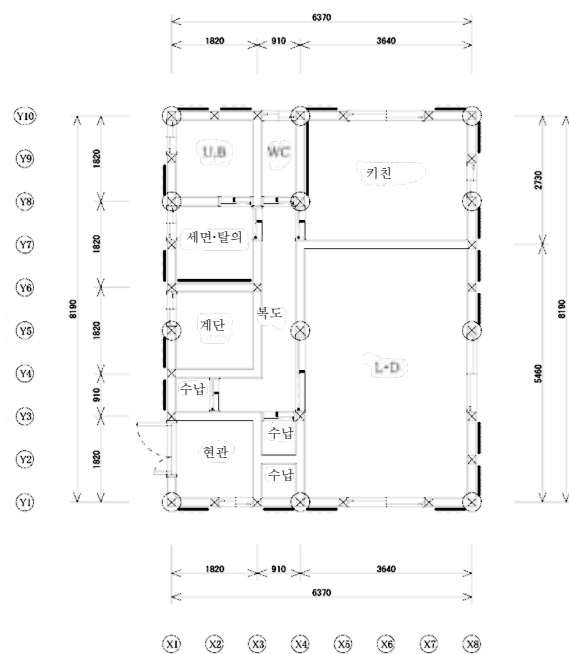


그림 8.1 1층 평면도·내력벽배치도
내력벽배치도

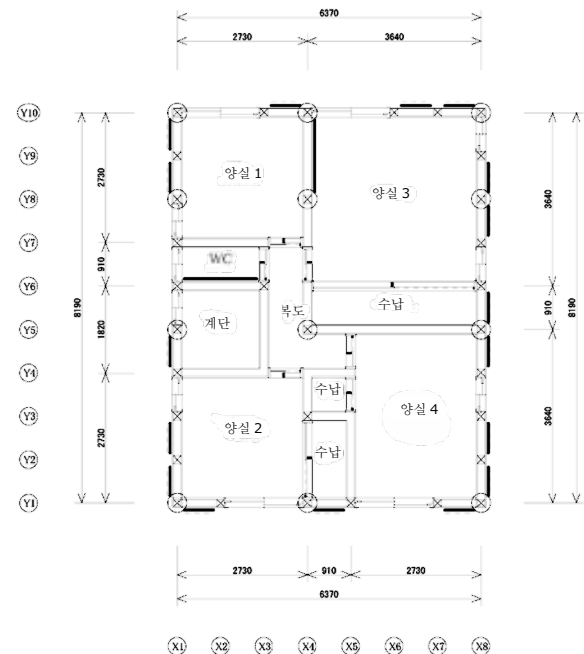


그림 8.2 2층 평면도·

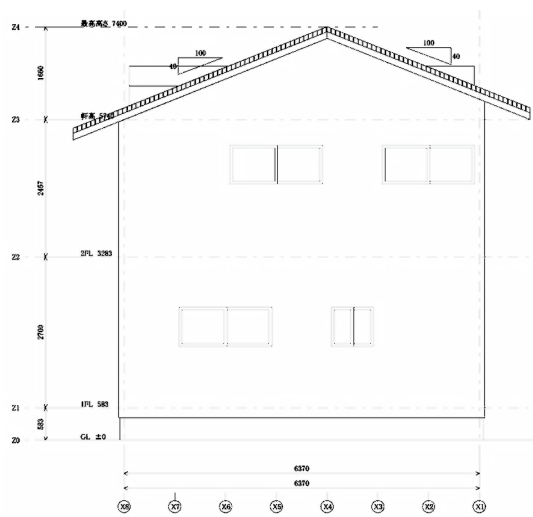


그림 8.3 북쪽 입면도

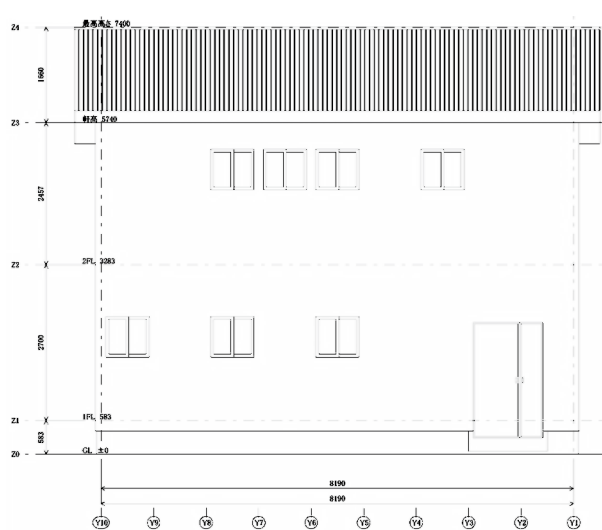


그림 8.4 서쪽 입면도

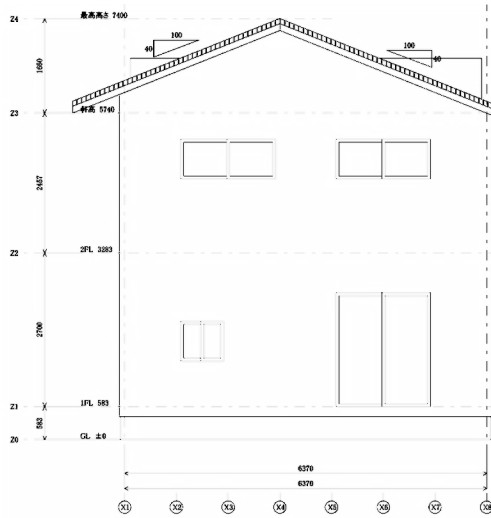


그림 8.5 남쪽 입면도

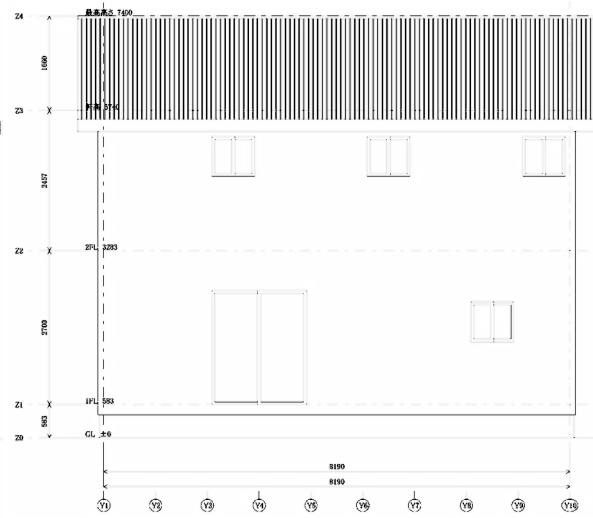


그림 8.6 동쪽 입면도

8.1.2 수평내력계산에 따른 내력벽의 강도설계

1. 필요수평내력

(1) 지진시의 필요수평내력 Q_E 는 아래와 같다.

서울의 지진구역은 I 이고, 지진구역계수 (Z) 는 0.11 이다. 설계스펙트럼 가속도 산정을 위한 유효한 지반가속도(S)는 지진구역계수(Z)에 2400 년 재현주기에 대응하는 위험계수(I) 2.0 을 곱한 값으로 하여 0.22 가 된다.

KDS 41 17 00 (건축물내진설계기준) 의 「4.1.1 지반의 종류」 (3)에서는, 「대상지역의 지반을 분류할 수 있는 재료가 충분하지 않고, 지반의 종류가 S5 일 가능성이 없는 경우에는, 지반의 종류 S4 를 적용할 수 있다. 」라고 되어 있다. 그러나 현재 한국에서는 지반조사를 실시하지 않은 경우에는 지반의 종류로서 S5 를 채용하고 있기 때문에, 여기에서도 지반의 종류를 S5 라고 한다.

KDS 4117 00(건축물 내진설계기준)의 「4.2.2 단주기와 1 초 주기의 설계 스펙트럼 가속도」 (1)에서는 단주기와 주기 1 초의 설계 스펙트럼 가속도 SDS, SD1 은 아래 식에 의해 산정한다. 여기에서 F_a 와 F_v 는 각각 아래 표에 규정된 지반 증폭계수이다.

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3$$

$$S_{D1} = S \times F_v \times 2/3$$

또 KDS 4117 00(건축물 내진설계기준)의 「4.2.2 단주기와 1 초주기의 설계 스펙트럼 가속도」 (3)에서는 지반분류가 S5 이고 기반암의 깊이가 불분명한 경우는 F_a 와 F_v 값의 110%를 적용한다.

표 8.3 단주기 지반증폭계수 F_a

지반의 종류	지진지역		
	$S \leq 0.1$	$S = 0.2$	$S = 0.3$
S1	1.12	1.12	1.12
S2	1.4	1.4	1.3
S3	1.7	1.5	1.3
S4	1.6	1.4	1.2
S5	1.8	1.3	1.3
*S 는 설계 스펙트럼 가속도 산정식(4.2-1)에 적용된 값이다. 위의 표에서는 S 의 중간값에 대하여 선형보간법으로 한다.			

표 8.4 1 초주기 지반증폭계수 F_v

지반의 종류	지진지역		
	$S \leq 0.1$	$S = 0.2$	$S = 0.3$
S1	0.84	0.84	0.84
S2	1.5	1.4	1.3
S3	1.7	1.6	1.5
S4	2.2	2.0	1.8
S5	3.0	2.7	2.4
* S 는 설계 스펙트럼 가속도 산정식(4.2-1)에 적용된 값이다. 위의 표에서는 S 의 중간값에 대해 선형보간법으로 한다.			

KDS 4117 00(건축물 내진설계기준)의 「6.1 지진력 저항 시스템의 설계계수」에서는 반응수정계수 R , 시스템 초과강도계수 Ω_0 , 변위증폭계수 C_d 가 정해져 있다. 목구조에 적용되는 지진력 저항 시스템의 설계계수를 아래 표에 나타낸다.

표 8.5 목구조의 지진저항 시스템의 설계계수

기본지진력	설계계수	지진설계 카테고리에
-------	------	------------

저항시스템				다른 시스템의 제한과 높이(m)제한		
	반응수정계수 R	시스템초과 강도계수 Ω_0	변이증폭 계수 Cd	A 또는 B	C	D
1. 내력벽 시스템						
1-e 경골목조내진벽	6.0	3.0	4.0	가능	가능	가능
2. 건물골조 시스템						
2-r 경골목조내진벽	6.5	2.5	4.5	가능	가능	가능

여기서 내력벽시스템은 수직하중과 횡하중을 벽에 지지하는 지진력저항시스템으로 벽은 지진하중에 대해 충분한 면내 전단강성과 전단강도를 발휘해야 한다. 건물 골조 시스템은 수직하중은 대들보, 슬래브, 기둥으로 구성된 골조가 저항하고, 지진하중은 전단벽이나 지주골조 등이 저항하는 지진력 저항 시스템이다. 따라서 중목구조공법은 「건물 골조 시스템」으로서 설계한다.

KDS 41 17 00 (건축물 내진 설계기준) 의 「7.2.1 저면전단력」에서는, 저면전단력 V 는 아래 식에 근거하여 구한다.

$$V = C_s W$$

여기에서, C_s : 지진응답계수
 W : 고정 하중 등을 포함하는 유효 건물의 중량

KDS 41 17 00 (건축물내진설계기준) 의 「7.2.2 지진응답계수」에서는, 지진응답계수 C_s 는 아래의 식에 근거하여 구한다.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left[\frac{R}{I_E}\right]}$$

이 식에 근거하여 산정한 지진응답계수는, 다음 값을 넘지 않아도 된다.

$$T \leq T_L : C_s = \frac{S_{D1}}{\left[\frac{R}{I_E}\right]T}$$

$$T > T_L : C_s = \frac{S_{D1}T_L}{\left[\frac{R}{I_E}\right]T^2}$$

그러나 지진응답계수 C_s 는 다음 값 이상이어야 한다.

$$C_s = 0.044 S_{DS} I_E \geq 0.01$$

여기에서, I_E : 건축물의 중요도 계수

R : 응답수정계수

S_{DS} : 단주기의 설계 스펙트럼 가속도

S_{D1} : 주기 1 초에서의 설계 스펙트럼 가속도

T : 건축물의 고유주기 (초)

T_L : 5 초

KDS 41 17 00 (건축물 내진 설계기준) 의 「7.2.4 고유주기의 간편법」에서는 근사 고유주기 T_a (초)는 아래 식에 따라 구한다. 목구조의 근사 기본진동주기(T_a)를 산정하기 위해 0.0488 의 값을 적용할 수 있다.

$$T_a = C_t h_n^x$$

여기에서, $C_t=0.0466$, $x=0.9$: 철근 콘크리트 모멘트 골조

$C_t=0.0724$, $x=0.8$: 철골 모멘트 골조

$C_t=0.0731$, $x=0.75$: 철골편심보강골조와 철골좌굴방지보강골조

$C_t=0.0488$, $x=0.75$: 철근 콘크리트 내진벽의 구조, 기타 골조

h_n : 건축물의 밑면에서 꼭대기까지의 전체 높이 (m)

KDS 41 17 00 (건축물 내진 설계기준) 의 「7.2.5 지진력의 연직분포」에서는, 저면 전단력을 수직 분포시킨 각층 지진력 F_x 는 아래 식에 따라 구한다. 목구조에서는 지진력의 연직분포 산정에 적용되는 건물주기에 따른 분포계수 k 의 값에 목구조건축물에 대해서는 1 을 적용한다.

$$F_x = C_{vx} V$$

여기에서, C_{vx} : 연직분포 계수 $C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$

k : 건축물 주기에

$k=1$: 0.5 초 이하의 주기를 가진 건축물

$k=2$: 2.5 초 이상의 주기를 가진 건축물

단 0.5 초와 2.5 초 사이의 주기를 가진 건축물의 경우, k 는 1 과 2 사이의 값을 선형보간법으로 구한다.

h_i, h_x : 저면으로부터 i 또는 x 층까지의 높이

V : 저면 전단력

w_i, w_x : i 또는 x 층에서의 중량

n : 층수

KDS 41 17 00 (건축물 내진 설계기준) 의 「7.2.6.1 수평전단력의 계산」에서는,

x 층에서의 전단력 V_x 는 아래 식에 근거하여 구한다.

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i$$

여기에서, F_i : i 층에 작용하는 지진력

단주기의 지반증폭계수

$$F_a = 1.30 \times 1.10 = 1.430 \quad (S=0.22)$$

주기 1 초의 지반증폭계수

$$F_v = 2.64 \times 1.10 = 2.904 \quad (S=0.22)$$

단주기의 설계 스펙트럼 가속도

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3 = 0.22 \times 2.5 \times 1.430 \times 0.667 = 0.524$$

주기 1 초의 설계 스펙트럼 가속도

$$S_{D1} = S \times F_v \times 2/3 = 0.22 \times 2.904 \times 0.667 = 0.426$$

근사고유주기

$$T_a(s) = CT \times hn^x = 0.0488 \times 7.40^{0.75} = 0.219(\text{sec})$$

지진응답계수

$$C_s = S_{DS} \times I_E / R = 0.524 \times 1 / 6.5 = 0.081$$

$$T < T_L : C_{s,\max} = S_{D1} \times I_E / (R \times T_a) = 0.426 \times 1 / (6.5 \times 0.219) = 0.300$$

$$T > T_L : C_{s,\max} = S_{D1} \times T_L \times I_E / (R \times T_a^2) = 0.426 \times 5 \times 1 / (6.5 \times 0.219^2) = 6.834$$

$$C_{s,\min} = 0.044 \times S_{DS} \times I_E = 0.044 \times 0.524 \times 1 = 0.023$$

$$C_{s,\min} = 0.010$$

이상으로부터, $C_s = 0.081$

저면전단력

$$V = C_s \times W = 0.081 \times 268.61 = 21.757 \text{ kN}$$

연직분포계수

k=1 로 하면,

$$\Sigma w \cdot h^k = w_2 \times (h_2)^k + w_R \times (h_R)^k = 175.86 \times 3.28 + 92.75 \times 5.74 =$$

1109.56

$$C_{VR} = w_R \times (h_R)^k / \Sigma w \cdot h^k = 92.75 \times 5.74 / 1110 = 0.4799$$

$$C_{V1} = w_2 \times (h_2)^k / \Sigma w \cdot h^k = 175.86 \times 3.28 / 1110 = 0.5202$$

각층 지진력

$$F_R = C_{VR} \times V = 0.480 \times 21.757 = 10.441 \text{ kN}$$

$$F_2 = C_{V1} \times V = 0.520 \times 21.757 = 11.318 \text{ kN}$$

층 전단력

$$V_2 = F_R = 10.441 \text{ kN}$$

$$V_1 = F_2 + V_2 = 21.760 \text{ kN}$$

따라서, 이 건축물의 지진 시 필요수평내력 Q_E 는

$$2 \text{ 층 } x \text{ 방향 : } 10.441 \text{ kN, } 2 \text{ 층 } y \text{ 방향 : } 10.441 \text{ kN}$$

$$1 \text{ 층 } x \text{ 방향 : } 21.760 \text{ kN, } 1 \text{ 층 } y \text{ 방향 : } 21.760 \text{ kN}$$

이 된다.

(2) 풍압시의 필요수평력 Q_W 는 아래와 같다.

KDS 41 10 15 (건축구조기준 설계하중) 의 「5.14 간편법에 의한 풍하중」의 방법으로 풍하중을 산출한다. 이 방법에서는 다음의 모든 조건을 충족하는 작은 규모의 건축물을 대상으로 간단히 풍하중을 산정할 때 적용할 수 있다.

$$1) \quad H \leq 20 \text{ m}$$

$$2) \quad \frac{H}{\sqrt{B \cdot D}} \leq 1.0 \text{ 또는 } \frac{H}{\sqrt{A_f}} \leq 1.0$$

3) 형상이 정형적이고, 단면은 대칭에 가까워야 한다.

여기에서, H : 건축물의 기준높이 (m)

B : 건축물의 대표폭 (m)

D : 건축물의 깊이 (m)

A_f : 건축물의 바닥면적 (m²)

이 건축물에서는, 건축물의 기준높이 $H = (7.40 + 5.74)/2 = 6.57 \text{ m} \leq 20 \text{ m}$ 【OK】 ,

$$\frac{H}{\sqrt{B \cdot D}} = \frac{6.57}{\sqrt{6.37 \cdot 6.19}} = 0.910 \leq 1.0 \quad \text{【OK】} , \quad \frac{H}{\sqrt{A_f}} = \frac{6.57}{\sqrt{52.17}} = 0.910 \leq 1.0 \quad \text{【OK】} ,$$

형상이 정형적인 【OK】, 이상에서 간편법에 의한 풍하중 산출이 가능하다.

간편법에 의한 설계용수평하중 W_{SF} 는 다음 식과 같이 구한다.

$$W_{SF} = 0.25 \cdot V_0^2 \cdot H^{0.44} \cdot C_e \cdot C_f \cdot A$$

여기에서, V_0 : 기본풍속 (m / s)

H: 건축물의 기준높이 (m)

C_e : 건설지 주변의 지표면 상황에 따라 정하는 환경계수로 통상 1.0 을 사용하고, 장애물이 없는 평탄지일 경우에는 1.5, 바다가 있을 경우에는 2.0 으로 한다.

C_f : 풍력계수로 이 계산에서는, 최대치가 되는 1.1 을 사용했다.

A: 유효수압면적 (m^2) 으로 이 계산에서는 각층 바닥보다 위의 면적으로 했다.

이 건축물에서는, x 방향 내력벽의 풍하중은

$$W_{SF} = 0.25 \cdot 26^2 \cdot 6.57^{0.44} \cdot 1.0 \cdot 1.1 \cdot 35.25 = 15.004 \text{ kN (2 층 x 방향)}$$

$$W_{SF} = 0.25 \cdot 26^2 \cdot 6.57^{0.44} \cdot 1.0 \cdot 1.1 \cdot 57.88 = 24.637 \text{ kN (1 층 x 방향)}$$

y 방향 내력벽의 풍하중은

$$W_{SF} = 0.25 \cdot 26^2 \cdot 6.57^{0.44} \cdot 1.0 \cdot 1.1 \cdot 22.53 = 9.588 \text{ kN (2 층 y 방향)}$$

$$W_{SF} = 0.25 \cdot 26^2 \cdot 6.57^{0.44} \cdot 1.0 \cdot 1.1 \cdot 40.24 = 17.127 \text{ kN (1 층 y 방향)}$$

이 된다.

따라서, 이 건축물의 풍압시의 필요수평내력 Q_w 은,

2 층 x 방향: 15.004 kN, 2 층 y 방향: 9.588 kN

1 층 x 방향: 24.637 kN, 1 층 y 방향: 17.127 kN

이 된다.

2. 건물의 수평내력

건물의 수평내력 Q_a 는 다음과 같은 식으로 구한다.

$$Q_a = \Sigma (P_a \times L_w) \times 150 / (1 / \Delta a \times C_d)$$

여기에서, P_a : 내력벽의 허용전단내력

L_w : 내력벽의 길이 (m)

$150 / (1 / \Delta a \times C_d)$: P_a 는 1/150rad 시의 내력을 위한 「중요도 (2)」의 경우, 허용변형 Δa (=0.020rad) 를 변위증폭계수로 나눈 변형각(1/225rad)이 설계 시의 허용변위가 되므로 전단내력을 조정하는 계수(150/225)를 곱한다.

Δa : 허용변형

C_d : 변위증폭계수

본 건물에서 사용하는 내력벽의 허용전단내력 P_a 는 다음과 같다.

1) 외벽의 구조사양: $P_a = 7.1 \text{ kN/m}$

대벽방법으로 구조용 합판(두께 9mm), 못 길이 50mm(직경 2.87mm),
못질 간격 100mm 이하

2) 내벽의 구조사양 : $P_a = 7.1 \text{ kN/m}$

진벽방법으로 구조용 합판(두께 9mm), 못 길이 50mm(직경 2.87mm),
못질 간격 100mm 이하

각 층 각 방향의 수평내력은 표 8.6 에 나타낸 것 같다.

층	방향	거리	P_a	L_w	$P_a \times L_w$	$\Sigma (P_a \times L_w)$	$150/(1/\Delta a \times Cd)$	Q_a
			(kN/m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
2	X	Y1	7.1	2.73	19.38	51.688	150/225	34.459
		Y6	7.1	1.82	12.92			
		Y10	7.1	2.73	19.38			
층	방향	거리	P_a	L_w	$P_a \times L_w$	$\Sigma (P_a \times L_w)$	$150/(1/\Delta a \times Cd)$	Q_a
			(kN/m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
2	Y	X1	7.1	4.55	32.31	83.993	150/225	55.995
		X4	7.1	1.82	12.92			
		X8	7.1	5.46	38.77			
층	방향	거리	P_a	L_w	$P_a \times L_w$	$\Sigma (P_a \times L_w)$	$150/(1/\Delta a \times Cd)$	Q_a
			(kN/m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
1	X	Y1	7.1	3.64	25.84	64.610	150/225	43.073
		Y6	7.1	1.82	12.92			
		Y10	7.1	3.64	25.84			
층	방향	거리	P_a	L_w	$P_a \times L_w$	$\Sigma (P_a \times L_w)$	$150/(1/\Delta a \times Cd)$	Q_a
			(kN/m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
1	Y	X1	7.1	3.64	25.84	77.532	150/225	51.688
		X4	7.1	1.82	12.92			
		X8	7.1	5.46	38.77			

표 8.6 각 층 각 방향의 수평내력

3. 수평내력충족률

각 층 각 방에서의 수평내력이 지진 시의 필요수평내력 Q_E 이상인 동시에 풍압 시의 필요수평내력 Q_W 이상인 것을 확인하기 위해 다음 식에 의한 수평내력충족률을 산정한다. 아래 표는 그 계산 결과를 나타낸 것이다.

$$\text{지진시의 수평내력충족률} : Q_a / Q_E \geq 1.0$$

$$\text{풍압시의 수평내력충족률} : Q_a / Q_W \geq 1.0$$

표 8.7 지진력과 풍압력에 대한 필요수평내력 (요구치)

층	방 향	지진력의 계산							풍압력의 계산					
		바닥 면적	각층 중량	건물 중량	지진 응답 계수	연직 분포 계수	각층 지진력	요구 치	기준 풍속	기준 높이	환경 계수	풍력 계수	수압 면적	요구 치
		A _f	W _i	W	C _s	C _v	F	Q _E	V ₀	H	C _e	C _f	A	Q _W
		(㎡)	(kN)	(kN)			(kN)	(kN)	(m/s)	(m)			(㎡)	(kN)
2	X	52.1703	92.75	268.61	0.081	0.4799	10.441	10.441	26	6.570	1.0	1.1	35.25	15.004
	Y	52.1703	92.75	268.61	0.081	0.4799	10.441	10.441	26	6.570	1.0	1.1	22.53	9.588
1	X	52.1703	175.86	268.61	0.081	0.5202	11.318	21.760	26	6.570	1.0	1.1	57.88	24.634
	Y	52.1703	175.86	268.61	0.081	0.5202	11.318	21.760	26	6.570	1.0	1.1	40.24	17.127

표 8.8 수평내력충족률의 판정

층	방 향	지진력	풍압력	설계값	수평내력충족률					
		요구치	요구치		지진시			풍압시		
		Q _E	Q _W	Q _a	Q _a /Q _E	판정		Q _a /Q _W	판정	
		(kN)	(kN)	(kN)						
2	X	10.441	15.004	34.459	3.300	≧1.0	OK	2.297	≧1.0	OK
	Y	10.441	9.588	55.995	5.363	≧1.0	OK	5.840	≧1.0	OK
1	X	21.760	24.634	43.073	1.980	≧1.0	OK	1.749	≧1.0	OK
	Y	21.760	17.127	51.688	2.375	≧1.0	OK	3.018	≧1.0	OK

8.1.3 4 분할법에 의한 내력벽의 배치설계

(1) 4 분할부분 (측단부) 의 필요수평내력

각 층 각 방향에서의 1/4 분할 부분(측단부)의 필요수평내력 Q_E 는 건물 전체의 필요수평내력을 바닥면적으로 안분한 값으로 한다. 각 층 각 방향의 측단부는 그림 8.7~8.1 과 같다. 또한, 측단부의 지진력에 의한 필요수평내력은 표 8.9 에 나타난 것 같다.

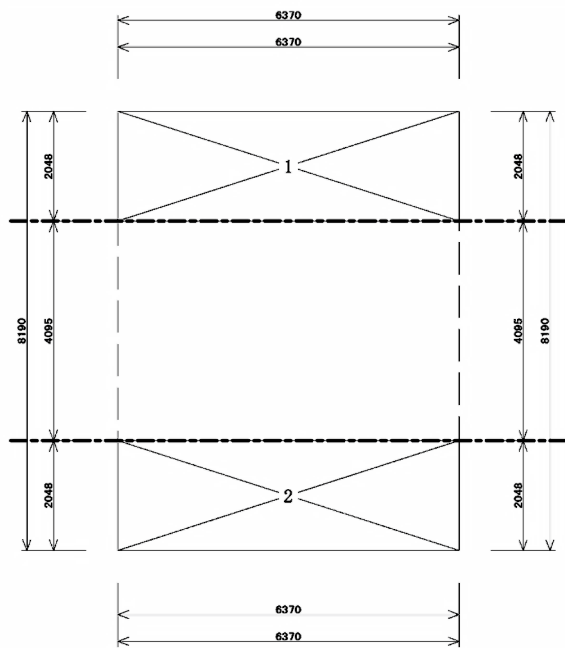


그림 8.7 2층 X 방향 1/4 측단부

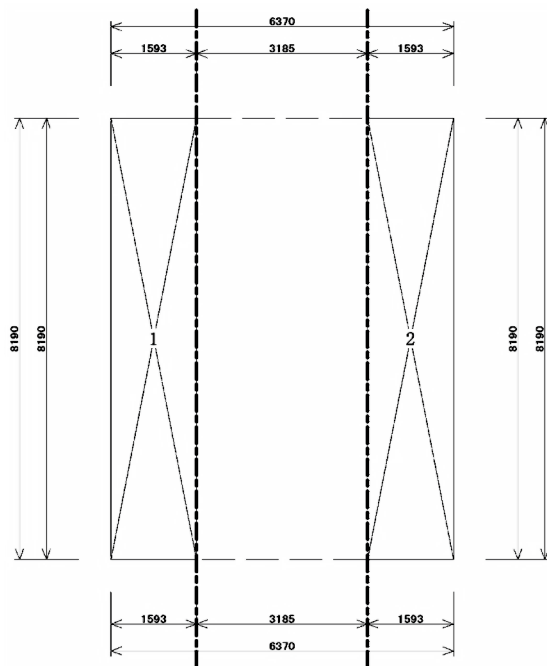


그림 8.8 2층 Y 방향 1/4 측단부

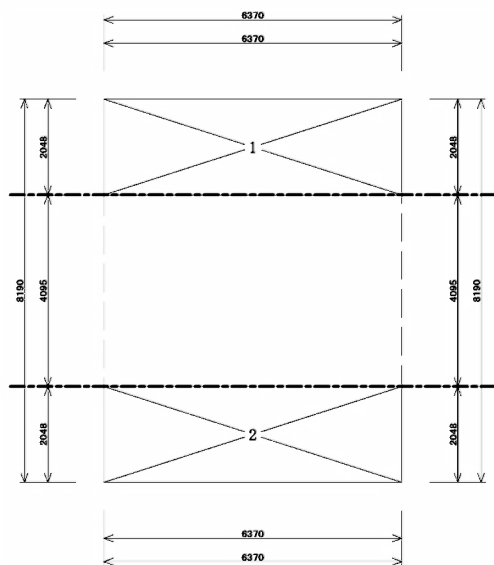


그림 8.9 1층 X 방 1/4 측단부

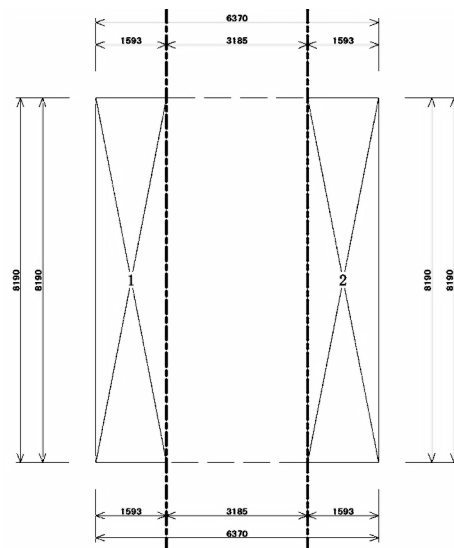


그림 8.10 1층 Y 방향 1/4 측단부

표 8.9 측단부의 지진력에 대한 필요수평내력 (요구값)

층	방향	측단부	지진력	바닥면적		지진력
			해당 층 전체	해당 층 전체	측단부 바닥 면적	측단부 요구치
				Af	Ai	Q _E
			(kN)	(㎡)	(㎡)	(kN)
2	X	北側 1/4	10.441	52.170	13.043	2.610
		南側 1/4	10.441	52.170	13.043	2.610
	Y	西側 1/4	10.441	52.170	13.043	2.610
		東側 1/4	10.441	52.170	13.043	2.610
1	X	北側 1/4	21.760	52.170	13.043	5.440
		南側 1/4	21.760	52.170	13.043	5.440
	Y	西側 1/4	21.760	52.170	13.043	5.440
		東側 1/4	21.760	52.170	13.043	5.440

(2) 측단부의 수평내력은 표 8.10 에 나타난 것 같다.

표 8.10 측단부의 수평내력

층	방향	측단부	거리	Pa (kN/m)	Lw(m)	Pa x Lw (kN/m)	$\Sigma(Pa \times Lw)$ (kN)	$150(1/\Delta a \times Cd)$ (kN)	측단부Qa (kN)
2	X	북측 1/4	Y10	7.1	2.73	19.38	19.38	150/225	12.922
		남측 1/4	Y1	7.1	2.73	19.38	19.38	150/225	12.922
층	방향	측단부	거리	Pa (kN/m)	Lw(m)	Pa x Lw (kN/m)	$\Sigma(Pa \times Lw)$ (kN)	$150(1/\Delta a \times Cd)$ (kN)	측단부Qa (kN)
2	Y	서측 1/4	X1	7.1	4.55	32.31	32.31	150/225	21.537
		동측 1/4	X8	7.1	5.46	38.77	38.77	150/225	25.844
층	방향	측단부	거리	Pa (kN/m)	Lw(m)	Pa x Lw (kN/m)	$\Sigma(Pa \times Lw)$ (kN)	$150(1/\Delta a \times Cd)$ (kN)	측단부Qa (kN)
1	X	북측 1/4	Y10	7.1	3.64	25.84	25.84	150/225	17.229
		남측 1/4	Y1	7.1	3.64	25.84	25.84	150/225	17.229
층	방향	측단부	거리	Pa (kN/m)	Lw(m)	Pa x Lw (kN/m)	$\Sigma(Pa \times Lw)$ (kN)	$150(1/\Delta a \times Cd)$ (kN)	측단부Qa (kN)
1	Y	서측 1/4	X1	7.1	3.64	25.84	25.84	150/225	17.229
		동측 1/4	X8	7.1	5.46	38.77	38.77	150/225	25.844

(3) 측단부의 수평내력충족률

측단부의 수평내력충족률을 구한다.

또한, 각 측단부의 수평내력충족률 중 작은쪽의 충족률을 큰쪽의 충족률로 나누어 값을 충족률비로 계산한다.

계산 결과는 아래 표에 나타난 것과 같다.

표 8.11 측단부의 수평내력충족률

층	방향	측단부	지진력	설계값	수평내력충족률					
			요구값		측단충족률			충족률비		
			Q_E	Q_a	Q_a/Q_E	판정		측단충족률 (소) / (대)	판정	
			(kN)	(kN)						
2	X	북측1/4	2.610	12.922	4.950	> 1.0	OK	1.000	≧ 0.5	OK
		남측1/4	2.610	12.922	4.950	> 1.0	OK			
	Y	서측1/4	2.610	21.537	8.251	> 1.0	OK	0.833	≧ 0.5	OK
		동측1/4	2.610	25.844	9.901	> 1.0	OK			
1	X	북측1/4	5.440	17.229	3.167	> 1.0	OK	1.000	≧ 0.5	OK
		남측1/4	5.440	17.229	3.167	> 1.0	OK			
	Y	서측1/4	5.440	17.229	3.167	> 1.0	OK	0.667	≧ 0.5	OK
		동측1/4	5.440	25.844	4.751	> 1.0	OK			

판정은 아래의 하나를 만족시키면 OK로 한다.

- ① 해당층의 해당방향의 2 개의 측단부충족률이 모두 1 이상
- ② 해당층의 해당방향의 2 개의 측단부충족률이 모두 0
- ③ 해당층의 해당방향의 충족비율이 0.5 이상

본 건물은 ①을 만족하고 있기 때문에 OK.

8.1.4 주두주각 접합부의 설계

(1) 주두주각 접합부의 인장내력의 요구치

내력벽 양쪽에 붙는 기둥의 주두주각 접합부의 인장내력 요구치 T 는 아래와 같이 계산한다. 또한 주두접합부와 주각접합부의 인장내력 요구치는 같은 값으로 한다.

(1)-1 2층 건물의 2층에 있는 기둥의 경우 (단층부분의 기둥의 경우를 포함)

$$T = \Delta Q_{a1} \times H_1 \times B_1 - N_w$$

여기에서, ΔQ_{a1} : 해당 기둥의 양측에 붙는 내력벽의 허용전단력의 차이

$$\Delta Q_{a1} = |P_{aL1} - P_{aR1}|$$

P_{aL1}, P_{aR1} : 해당 기둥의 좌측 (우측) 의 내력벽의 허용전단력 (kN)

H_1 : 해당층의 층높이(m)

B_1 : 해당 기둥의 주변부재로 곱힘 효과를 나타내는 계수

모통이 기둥의 경우 : 0.8, 그 외의 기둥의 경우 : 0.5

N_w : 연직하중에 의한 해당 기둥의 압축력 (kN)

단, 기둥의 압축력을 계산하지 않는 경우에는 다음 값을 채용해도 된다.

모서리 기둥의 경우: 2.12kN, 기타 기둥의 경우: 3.18kN

(1)-2 2층 건물의 1층에 있는 기둥의 경우

$$T = \Delta Q_{a1} \times H_1 \times B_1 + \Delta Q_{a2} \times H_2 \times B_2 - N_w$$

여기에서, ΔQ_{a1} : 해당 기둥 양쪽에 붙는 내력벽 허용전단내력의 차이

$$\Delta Q_{a1} = |P_{aL1} - P_{aR1}|$$

$$\Delta Q_{a2} = |P_{aL2} - P_{aR2}|$$

P_{aL1} , P_{aR1} : 해당 기둥의 좌측(우측)의 내력벽의 허용전단력 (kN)

P_{aL} , P_{aR2} : 해당 기둥에 연속되는 2층 기둥 좌측(우측)에서의 내력벽 허용전단내력 (kN)

H_1 : 해당층의 층높이(m)

H_2 : 해당층의 층높이(m)

B_1 : 해당 기둥 주변 부재에 의한 굽힘 효과를 나타내는 계수

모서리 기둥의 경우: 0.8, 기타 기둥의 경우: 0.5

B_2 : 해당 기둥에 연속되는 2층 기둥 주변 부재에 의한 굽힘 효과를 나타내는 계수

2층 부분 모서리 기둥의 경우: 0.8, 2층 부분의 기타 기둥의 경우: 0.5

N_w : 연직하중에 의한 해당 기둥의 압축력 (kN)

단, 기둥의 압축력을 계산하지 않는 경우에는 다음 값을 채용해도 된다.

모서리 기둥의 경우: 5.30kN, 기타 기둥의 경우: 8.48kN

(2) 주두주각 접합부의 인장내력 설계치

주두주각 접합부의 인장내력 설계치 T_a 는 접합방법에 따라 표 4.6 에 의한다.

(3) 주두주각 접합부의 철물 산정

각 층 각 방향에서의 내력벽 양쪽에 붙는 기둥 주두주각 접합부의 인장내력 설계치 T_a 가 해당 접합부의 인장내력 요구치 T 이상이 되도록 해당 접합부의 접합방법을 결정한다.

주두주각 철물 위치도는 그림 8.11, 그림 8.12 와 같다. 주두주각 접합부의 철물 산정은 표 8.15 에 나타낸 것과 같다.

범례	
<철물>	
주두철물 주각철물	
<내력벽>	
X+방향벽배율 X-방향벽배율	
Y+방향벽배율 Y-방향벽배율	

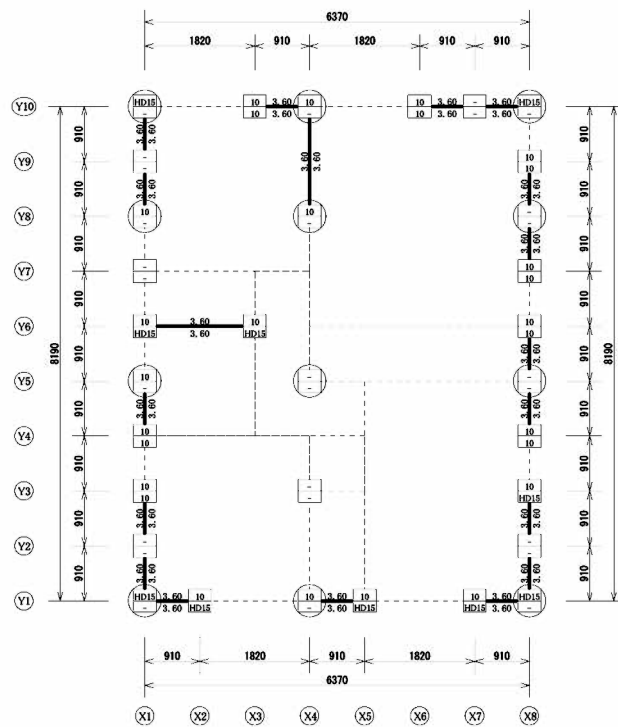


그림 8.11 주두주각 철물 위치도 (2층)

범례	
<철물>	
주두철물 주각철물	
<내력벽>	
X+방향벽배율 X-방향벽배율	
Y+방향벽배율 Y-방향벽배율	

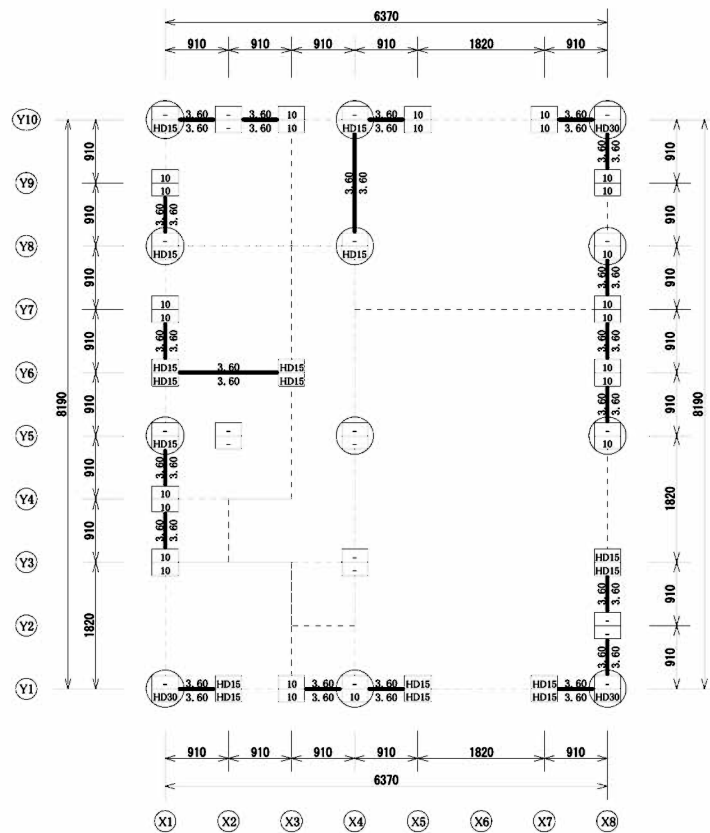


그림 8.12 주두주각 철물 위치도 (1층)

(4) 주두주각 접합부의 철물 산정

각 층 각 방향에서의 내력벽 양쪽에 붙는 기둥 주두주각 접합부의 인장내력 설계치 T_a 가 해당 접합부의 인장내력 요구치 T 이상이 되도록 해당 접합부의 접합방법을 결정한다.

표 8.12 주두주각 접합부의 철물 산정 (그 중 1)

층	기호	방향	B1	ΔQ_{a1}	H1	상층의 $\Delta Q_{a2} \cdot B2$	Nw	Tu	T		주두철물명칭	기호	허용인장내력	검정치	판정
											주각철물명칭	기호			
2	X1 Y1	X+	0.8	7,100	2.5	0.000	2.12	0.0	12.1	12.08	15kNHD철물	HD15	15	0.81	OK
		X-	0.8	-7,100	2.5	0.000	2.12	0.0	-19.87						
		OY+	0.8	7,100	2.5	0.000	2.12	0.0	12.1						
		Y-	0.8	-7,100	2.5	0.000	2.12	0.0	-19.87						
	X2 Y1	X+	0.5	-7,100	2.5	0.000	3.18	0.0	-20.93	5.70	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
		OX-	0.5	7,100	2.5	0.000	3.18	0.0	5.70						
		Y+	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18		15kNHD철물	HD15	15	0.38	OK
		Y-	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18						
	X4 Y1	OX+	0.5	7,100	2.5	0.000	3.18	0.0	5.70	5.70	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
		X-	0.5	-7,100	2.5	0.000	3.18	0.0	-20.93						
		Y+	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18						
		Y-	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18						
	X5 Y1	X+	0.5	-7,100	2.5	0.000	3.18	0.0	-20.93	5.70	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
		OX-	0.5	7,100	2.5	0.000	3.18	0.0	5.70						
		Y+	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18		15kNHD철물	HD15	15	0.38	OK
		Y-	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18						
	X7 Y1	OX-	0.5	7,100	2.5	0.000	3.18	0.0	5.70	5.70	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
		X-	0.5	-7,100	2.5	0.000	3.18	0.0	-20.93						
		Y+	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18		15kNHD철물	HD15	15	0.38	OK
		Y-	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18						
	X8 Y1	X+	0.8	7,100	2.5	0.000	2.12	0.0	-19.87	12.08	15kNHD철물	HD15	15	0.81	OK
		OX-	0.8	-7,100	2.5	0.000	2.12	0.0	12.1						
		Y+	0.8	7,100	2.5	0.000	2.12	0.0	12.1						
		Y-	0.8	-7,100	2.5	0.000	2.12	0.0	-19.87						
X1 Y2	X+	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18	-3.18						
	OX-	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18							
	Y+	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18							
	Y-	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18							
X8 Y2	X+	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18	-3.18						
	OX-	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18							
	Y+	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18							
	Y-	0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18							
X1 Y3		0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18	5.70	10kN접합철물	10	10	0.57	OK	
		0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18							
		0.5	-7,100	2.5	0.000	3.18	0.0	-20.93		10kN접합철물	10	10	0.57	OK	
		0.5	7,100	2.5	0.000	3.18	0.0	5.70							
X4 Y3		0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18	-3.18						
		0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18							
		0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18							
		0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18							
X8 Y3		0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18	5.70	10kN접합철물	10	10	0.57	OK	
		0.5	0.000	2.5	0.000	3.18	0.0	-3.18							
		0.5	-7,100	2.5	0.000	3.18	0.0	-20.93		15kNHD철물	HD15	15	0.38	OK	
		0.5	7,100	2.5	0.000	3.18	0.0	5.70							

표 8.12 주두주각 접합부의 철물 산정 (그 중 2)

층	기호	방향	B1	ΔQ_{a1}	H1	상층의	NW	Tu	T		주두철물명칭	기호	허용인장 내력	검정치	판정
						$\Delta Q_{a2} \cdot B2$					주각철물명칭	기호			
2	X1	X+	0.5	0	2.5	0	3.18	-3.18	12.08	5.7	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
	Y4	X-	0.5	0	2.5	0	3.18	-3.18	-19.87						
		OY+	0.5	7100	2.5	0	3.18	5.7	12.08		10kN접합철물	10	10	0.57	OK
		Y-	0.5	-7100	2.5	0	3.18	-20.93	-19.87						
	X8	X+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18	5.7	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
	Y4	X-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
		OY+	0.5	7100	2.5	0	3.18	0	5.7						
		Y-	0.5	-7100	2.5	0	3.18	0	-20.93						
	X1	X+	0.5	7100	2.5	0	3.18	0	-3.18	5.7	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
	Y5	X-	0.5	-7100	2.5	0	3.18	0	-3.18						
		Y+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-20.93						
		OY-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	5.7						
	X4	X+	0.5	-7100	2.5	0	3.18	0	-3.18	-3.18					
	Y5	OX-	0.5	7100	2.5	0	3.18	0	-3.18						
		Y+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
		Y-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
	X8	X+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18	-3.18					
	Y5	OX-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
		Y+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
		Y-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
	X1	OX+	0.5	7100	2.5	0	3.18	0	5.7	5.7	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
	Y6	X-	0.5	-7100	2.5	0	3.18	0	-20.93		15kNHD철물	HD15	15	0.38	OK
		Y+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
		Y-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
	X3	X+	0.5	-7100	2.5	0	3.18	0	-20.93	5.7	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
	Y6	OX-	0.5	7100	2.5	0	3.18	0	5.7		15kNHD철물	HD15	15	0.38	OK
		Y+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
		Y-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
	X8	X+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18	5.7	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
	Y6	X-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18		10kN접합철물	10	10	0.57	OK
		Y+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-20.93						
		OY-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	5.7						
	X1	X+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18	-3.18					
	Y7	OX-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
		Y+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
		Y-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
	X8	X+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18	5.7	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
	Y7	X-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18		10kN접합철물	10	10	0.57	OK
		OY+	0.5	7100	2.5	0	3.18	0	5.7						
		Y-	0.5	-7100	2.5	0	3.18	0	-20.93						
	X1	X+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18	5.7	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
	Y8	X-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
		OY+	0.5	7100	2.5	0	3.18	0	5.7						
		Y-	0.5	-7100	2.5	0	3.18	0	-20.93						
	X4	X+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18	5.7	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
	Y8	X-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
		OY+	0.5	7100	2.5	0	3.18	0	5.7						
		Y-	0.5	-7100	2.5	0	3.18	0	-20.93						
	X8	X+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18	-3.18					
	Y8	OX-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
		Y+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						
		Y-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18						

표 8.12 주두주각 접합부의 철물 산정 (그 중 3)

층	기호	방향	B1	ΔQ_{a1}	H1	상층의	NW	Tu	T	주두철물명칭	기호	허용인장 내력	검정치	판정
						$\Delta Q_{a2} \cdot B2$				주각철물명칭	기호			
2	X1	X+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18					
	Y9	OX-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18					
		Y+	0.5	7100	2.5	0	3.18	0	-3.18					
		Y-	0.5	-7100	2.5	0	3.18	0	-3.18					
	X8	X+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
	Y9	X-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18					
		Y+	0.5	-7100	2.5	0	3.18	0	-20.93					
		OY-	0.5	7100	2.5	0	3.18	0	5.7					
	X1	X+	0.8	0	2.5	0	2.12	0	-2.12	15kNHD철물	HD15	15	0.81	OK
	Y10	X-	0.8	0	2.5	0	2.12	0	-2.12					
		Y+	0.8	-7100	2.5	0	2.12	0	-19.87					
		OY-	0.8	7100	2.5	0	2.12	0	12.08					
	X3	OX+	0.5	7100	2.5	0	3.18	0	5.7	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
	Y10	X-	0.5	-7100	2.5	0	3.18	0	-20.93					
		Y+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18					
		Y-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18					
	X4	X+	0.5	-7100	2.5	0	3.18	0	-20.93	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
	Y10	OX-	0.5	7100	2.5	0	3.18	0	5.7					
		Y+	0.5	-7100	2.5	0	3.18	0	-20.93					
		Y-	0.5	7100	2.5	0	3.18	0	5.7					
	X6	OX+	0.5	7100	2.5	0	3.18	0	5.7	10kN접합철물	10	10	0.57	OK
	Y10	X-	0.5	-7100	2.5	0	3.18	0	-20.93					
		Y+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18					
		Y-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18					
	X7	X+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18					
	Y10	OX-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18					
		Y+	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18					
		Y-	0.5	0	2.5	0	3.18	0	-3.18					
	X8	X+	0.8	-7100	2.5	0	2.12	0	-19.87	15kNHD철물	HD15	15	0.81	OK
	Y10	OX-	0.8	7100	2.5	0	2.12	0	12.08					
		Y+	0.8	0	2.5	0	2.12	0	-2.12					
		Y-	0.8	0	2.5	0	2.12	0	-2.12					
1	X1	OX+	0.8	7100	2.7	5.68	5.29	0	25.38					
	Y1	X-	0.8	-7100	2.7	-5.68	5.29	0	-39.8					
		Y+	0.8	0	2.7	5.68	5.29	0	10.04					
		Y-	0.8	0	2.7	-5.68	5.29	0	-20.63					
	X2	X+	0.5	-7100	2.7	-3.55	8.47	0	-37.22	15kNHD철물	HD15	15	0.71	OK
	Y1	OX-	0.5	7100	2.7	3.55	8.47	0	10.7					
		Y+	0.5	0	2.7	0	8.47	0	-8.47					
		Y-	0.5	0	2.7	0	8.47	0	-8.47					
	X3	OX+	0.5	7100	2.7	0	8.47	0	1.12	10kN접합철물	10	10	0.11	OK
	Y1	X-	0.5	-7100	2.7	0	8.47	0	-27.64					
		Y+	0.5	0	2.7	0	8.47	0	-8.47					
		Y-	0.5	0	2.7	0	8.47	0	-8.47					
	X4	OX+	0.5	0	2.7	3.55	8.47	0	1.12					
	Y1	X-	0.5	0	2.7	-3.55	8.47	0	-18.05					
		Y+	0.5	0	2.7	0	8.47	0	-8.47					
		Y-	0.5	0	2.7	0	8.47	0	-8.47					
	X5	X+	0.5	-7100	2.7	-3.55	8.47	0	-37.22	15kNHD철물	HD15	15	0.71	OK
	Y1	OX-	0.5	7100	2.7	3.55	8.47	0	10.7					
		Y+	0.5	0	2.7	0	8.47	0	-8.47					
		Y-	0.5	0	2.7	0	8.47	0	-8.47					

표 8.12 주두주각 접합부의 철물 산정 (그 중 4)

층	기호	방향	B1	$\Delta Qa1$	H1	상층의 $\Delta Qa2 \cdot B2$	Nw	Tu	T		주두철물명칭	기호	허용인장내력	검정치	판정
											주각철물명칭	기호			
1	X7 Y1	OX+	0.5	7100	2.7	3.550	8.47	0.0	10.70	10.70	15kNHD철물	HD15	15	0.71	OK
		X-	0.5	-7100	2.7	-3.550	8.47	0.0	-37.22						
		Y+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47		15kNHD철물	HD15	15	0.71	OK
		Y-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
	X8 Y1	X+	0.8	-7100	2.7	-5.680	5.29	0.0	-39.80	25.38					
		OX-	0.8	7100	2.7	5.680	5.29	0.0	25.38						
		Y+	0.8	7100	2.7	5.680	5.29	0.0	25.38		30N접합철물	HD30	30	0.85	OK
		Y-	0.8	-7100	2.7	-5.680	5.29	0.0	-39.80						
	X8 Y2	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	-8.47					
		OX-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
	X1 Y3	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	-8.47	10kN접합철물	10	10	0.00	OK
		OX-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y+	0.5	7100	2.7	-3.550	8.47	0.0	-8.47		10kN접합철물	10	10	0.00	OK
		Y-	0.5	-7100	2.7	3.550	8.47	0.0	-18.05						
	X4 Y3	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	-8.47					
		OX-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
	X8 Y3	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	10.70	15kNHD철물	HD15	15	0.71	OK
		X-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y+	0.5	-7100	2.7	-3.550	8.47	0.0	-32.78		15kNHD철물	HD15	15	0.71	OK
		OY-	0.5	7100	2.7	3.550	8.47	0.0	10.70						
	X1 Y4	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	1.12	10kN접합철물	10	10	0.11	OK
		X-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		OY+	0.5	0.000	2.7	3.550	8.47	0.0	1.12		10kN접합철물	10	10	0.11	OK
		Y-	0.5	0.000	2.7	-3.550	8.47	0.0	-18.05						
	X1 Y5	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	10.70					
		X-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y+	0.5	-7100	2.7	-3.550	8.47	0.0	-37.22		15kNHD철물	HD15	15	0.71	OK
		OY-	0.5	7100	2.7	3.550	8.47	0.0	10.70						
	X2 Y5	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	-8.47					
		OX-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
	X4 Y5	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	-8.47					
		OX-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
	X8 Y5	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	5.56					
		X-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		OY+	0.5	7100	2.7	0.000	8.47	4.4	5.56		10kN접합철물	10	10	0.56	OK
		Y-	0.5	-7100	2.7	0.000	8.47	0.0	-27.64						
	X1 Y6	OX+	0.5	7100	2.7	3.550	8.47	0.0	10.70	10.70	15kNHD철물	HD15	15	0.71	OK
		X-	0.5	-7100	2.7	-3.550	8.47	0.0	-37.22						
		Y+	0.5	7100	2.7	0.000	8.47	0.0	1.12		15kNHD철물	HD15	15	0.71	OK
		Y-	0.5	-7100	2.7	0.000	8.47	0.0	-27.64						
	X3 Y6	X+	0.5	-7100	2.7	-3.550	8.47	0.0	-37.22	10.70	15kNHD철물	HD15	15	0.71	OK
		OX-	0.5	7100	2.7	3.550	8.47	0.0	10.70						
		Y+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47		15kNHD철물	HD15	15	0.71	OK
		Y-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						

표 8.12 주두주각 접합부의 철물 산정 (그 중 5)

층	기호	방향	B1	△Qa1	H1	상층의 △Qa2 · B2	Nw	Tu	T	주두철물명칭	기호	허용인장내력	검정치	판정	
										주각철물명칭	기호				
1	X8 Y6	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	1.12	10kN접합철물	10	10	0.11	OK
		X-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y+	0.5	0.000	2.7	-3.550	8.47	0.0	-18.05		10kN접합철물	10	10	0.11	OK
		OY-	0.5	0.000	2.7	3.550	8.47	0.0	1.12						
	X1 Y7	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	1.12	10kN접합철물	10	10	0.11	OK
		X-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y+	0.5	-7100	2.7	0.000	8.47	0.0	-27.64		10kN접합철물	10	10	0.11	OK
		OY-	0.5	7100	2.7	0.000	8.47	0.0	1.12						
	X8 Y7	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	1.12	10kN접합철물	10	10	0.11	OK
		X-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		OY+	0.5	0.000	2.7	3.550	8.47	0.0	1.12		10kN접합철물	10	10	0.11	OK
		Y-	0.5	0.000	2.7	-3.550	8.47	0.0	-18.05						
	X1 Y8	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	10.70					
		X-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		OY+	0.5	7100	2.7	3.550	8.47	0.0	10.70		15kNHD철물	HD15	15	0.71	OK
		Y-	0.5	-7100	2.7	-3.550	8.47	0.0	-37.22						
	X4 Y8	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	10.70					
		X-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		OY+	0.5	7100	2.7	3.550	8.47	0.0	10.70		15kNHD철물	HD15	15	0.71	OK
		Y-	0.5	-7100	2.7	-3.550	8.47	0.0	-37.22						
	X8 Y8	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	1.12					
		X-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y+	0.5	-7100	2.7	0.000	8.47	0.0	-27.64		10kN접합철물	10	10	0.11	OK
		OY-	0.5	7100	2.7	0.000	8.47	0.0	1.12						
	X1 Y9	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	1.12	10kN접합철물	10	10	0.11	OK
		X-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y+	0.5	-7100	2.7	0.000	8.47	0.0	-27.64		10kN접합철물	10	10	0.11	OK
		OY-	0.5	7100	2.7	0.000	8.47	0.0	1.12						
	X8 Y9	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	-8.47	10kN접합철물	10	10	0.00	OK
		OX-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47						
		Y+	0.5	7100	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47		10kN접합철물	10	10	0.00	OK
		Y-	0.5	-7100	2.7	0.000	8.47	0.0	-18.05						
X1 Y10	OX+	0.8	7100	2.7	0.000	5.29	0.0	10.04	10.04						
	X-	0.8	-7100	2.7	0.000	5.29	0.0	-24.46							
	Y+	0.8	0.000	2.7	-5.680	5.29	0.0	-20.63		15kNHD철물	HD15	15	0.67	OK	
	Y-	0.8	0.000	2.7	5.680	5.29	0.0	10.04							
X2 Y10	X+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	-8.47						
	OX-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47							
	Y+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47							
	Y-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47							
X3 Y10	X+	0.5	-7100	2.7	3.550	8.47	0.0	-18.05	-8.47	10kN접합철물	10	10	0.00	OK	
	OX-	0.5	7100	2.7	-3.550	8.47	0.0	-8.47							
	Y+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47		10kN접합철물	10	10	0.00	OK	
	Y-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47							
X4 Y10	OX+	0.5	7100	2.7	3.550	8.47	0.0	-8.47	10.70						
	X-	0.5	-7100	2.7	-3.550	8.47	0.0	-18.05							
	Y+	0.5	-7100	2.7	0.000	8.47	0.0	-37.22		15kNHD철물	HD15	15	0.71	OK	
	Y-	0.5	7100	2.7	0.000	8.47	0.0	10.70							
X5 Y10	X+	0.5	-7100	2.7	-3.550	8.47	4.4	-23.20	1.12	10kN접합철물	10	10	0.11	OK	
	OX-	0.5	7100	2.7	3.550	8.47	0.0	1.12							
	Y+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47		10kN접합철물	10	10	0.11	OK	
	Y-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47							

표 8.12 주두주각 접합부의 철물 산정 (그 중 6)

층	기호	방향	B1	ΔQ_{a1}	H1	상층의 $\Delta Q_{a2} \cdot B2$	Nw	Tu	T	주두철물명칭	기호	허용인장내력	검정치	판정
	X7 Y10	OX+	0.5	7100	2.7	0.000	8.47	4.4	5.56	10kN접합철물	10	10	0.56	OK
		X-	0.5	-7100	2.7	0.000	8.47	0.0	-27.64					
		Y+	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47	10kN접합철물	10	10	0.56	OK
		Y-	0.5	0.000	2.7	0.000	8.47	0.0	-8.47					
	X8 Y10	X+	0.8	-7100	2.7	-5.680	5.29	0.0	-39.80					
		OX-	0.8	7100	2.7	5.680	5.29	0.0	25.38					
		Y+	0.8	-7100	2.7	0.000	5.29	0.0	-24.46	30NHD철물	HD30	30	0.85	OK
		Y-	0.8	7100	2.7	0.000	5.29	0.0	10.04					

8.2 진동해석을 통한 구조검토

8.2.1 설계 가속도 응답 스펙트럼

KDS 41 17 00 (건축물내진 설계기준) 의 「4.2.2 단주기와 1 초 주기의 설계 스펙트럼 가속도」 (1)에서는, 단주기와 주기 1 초의 설계 가속도 스펙트럼 SDS, SD1 은 아래와 같은 의해 산정한다. 여기에서 F_a 와 F_v 는 각각 아래 표에 규정된 지반 증폭계수이다.

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3$$

$$S_{D1} = S \times F_v \times 2/3$$

또한, KDS 41 17 00 (건축물내진 설계기준) 의 「4.2.2 단주기와 1 초 주기의 설계 스펙트럼 가속도」 (3)에서는, 지반 분류가 S5 이고 기반암의 깊이가 불분명할 때는 F_a 와 F_v 값의 110%를 적용한다.

표 8.13 단주기지반 증폭계수, F_a

지반의 종류	지진지역		
	$S \leq 0.1$	$S = 0.2$	$S = 0.3$
S1	1.12	1.12	1.12
S2	1.4	1.4	1.3
S3	1.7	1.5	1.3
S4	1.6	1.4	1.2
S5	1.8	1.3	1.3
*S 는 설계스펙트럼 가속도 산정식(4.2-1)에 적용된 값이다. 위의 표에서는 S 의 중간값에 대해 선형보간법으로 한다.			

표 8.14 1 초 주기지반 증폭계수, F_v

지반의 종류	지진지역		
	$S \leq 0.1$	$S = 0.2$	$S = 0.3$
S1	0.84	0.84	0.84
S2	1.5	1.4	1.3
S3	1.7	1.6	1.5
S4	2.2	2.0	1.8
S5	3.0	2.7	2.4

*S 는 설계스펙트럼 가속도 산정식(4.2-1)에 적용된 값이다. 위의 표에서는 S 의 중간값에 대해 선형보간법으로 한다.

두가지 식 가운데 「2/3」는 내진등급Ⅱ의 건축물에 대해서 붕괴방지를 요구하고 있는 「재현주기 2400 년의 지진」에서 동건물에 대해서 인명보호를 요구하고 있는 「재현주기 1000 년의 지진」으로 변환하고 있다.

지진의 설계가속도응답 스펙트럼은 다음 식에 따라 산정한다.

$$[0 \leq T \leq T_0] \quad S_a = 0.6 \frac{S_{DS}}{T_0} T + 0.4 S_{DS}$$

$$[T_0 \leq T \leq T_s] \quad S_a = S_{DS}$$

$$[T_s \leq T] \quad S_a = \frac{S_{DS}}{T}$$

여기에서, T : 구조물의 고유주기 (초)

$$T_0 = 0.2 \times S_{D1} / S_{DS}$$

$$T_s = S_{D1} / S_{DS}$$

$$T_L = 5 \text{ 초}$$

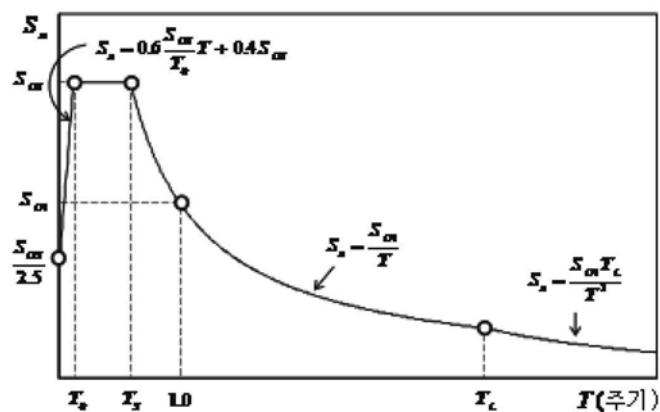


그림 8.13 설계가속도응답 스펙트럼

8.2.2 지진파형의 작성

설계가속도응답 스펙트럼으로 설계용 지진파형을 작성하였다. 내진등급Ⅱ, 지진구역Ⅰ, 지반 S5 를 상정해 「재현주기 1000 년의 지진」에 상당하는 지진파형 (L1 라고 한다) 를 작성하였다. 또한, 「재현주기 2400 년의 지진」에 상당하는 지진파형 (L2) 을 작성했다.

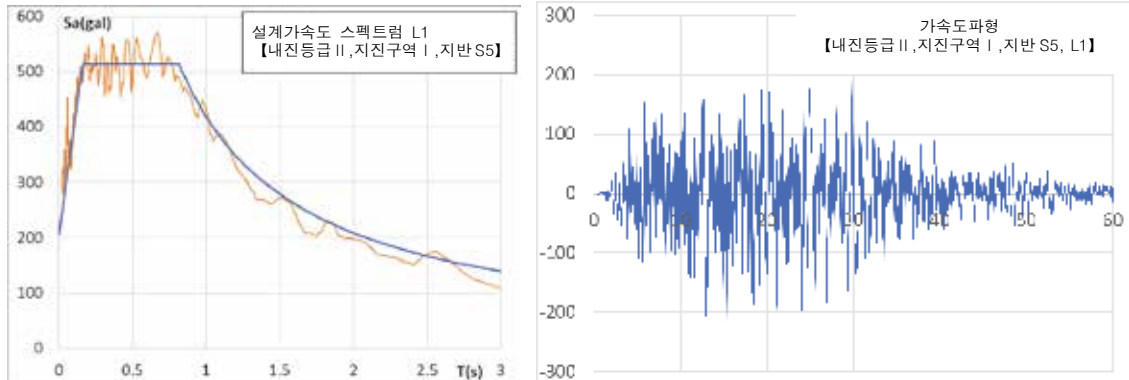


그림 8.14 설계용가속도응답 스펙트럼과 가속도 파형 (재현주기 1000 년의 지진 : L1)

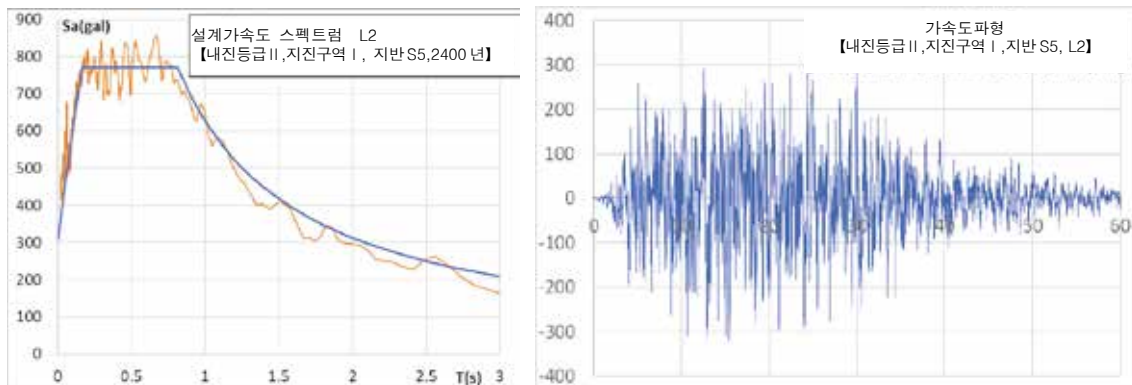


그림 8.15 설계용가속도응답 스펙트럼과 가속도 파형 (재현주기 2400 년의 지진 : L2)

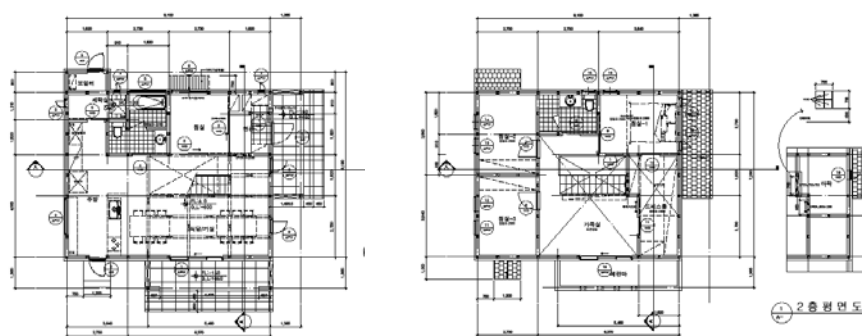
8.2.3 진동해석

한국에서 건설된 4 동(Type A-D) 및 앞장에서 언급한 설계사례인 「한국 모델하우스 01」의 2 층 바닥에 바닥난방 설치를 상정한 건물을 해석 모델의 대상으로 하였다. 이들 해석 모델을 아래 그림과 같이 제시한다. 모두 2 층 중목구조공법으로 연면적은 110m²-150 m² 정도이다. 1 층의 수평내력 총족률은 1.6-2.0 정도이다. 또한 어느쪽 모델에도 2 층 바닥에 바닥난방 설비(습식)가

설치되어 있다(한국 모델하우스 01 에서는 설치를 상정했다). 해석은 WallStat 를 이용해 실시하였다. 입력 지진동은 작성한 「재현주기 1000 년의 지진」 (L1) 、 「재현주기 2400 년의 지진」 (L2) , 일본의 고시와 희소지진(BCJ-L1) 및 매우 희소한 지진(BCJ-L2)으로 하였다. 진동해석 결과의 일람 표를 표 8.15~8.19 에 나타낸 것 같다.



그림 8.16 Type A



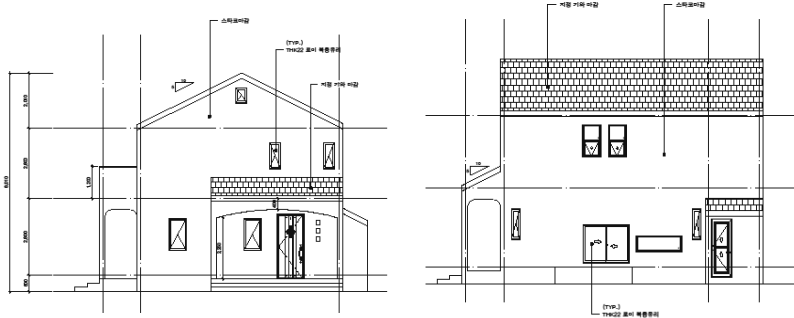
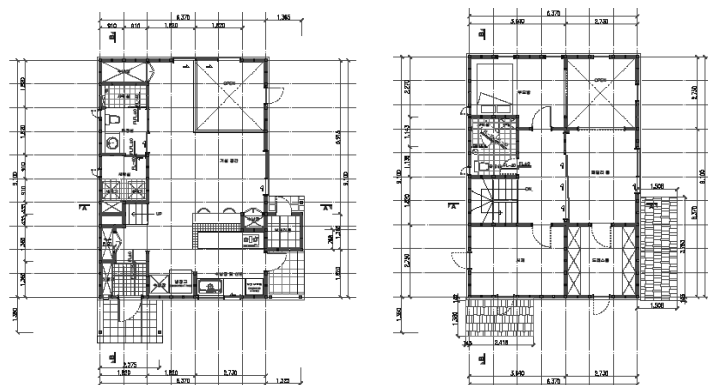


그림 8.17 Type B



그림 8.18 Type C



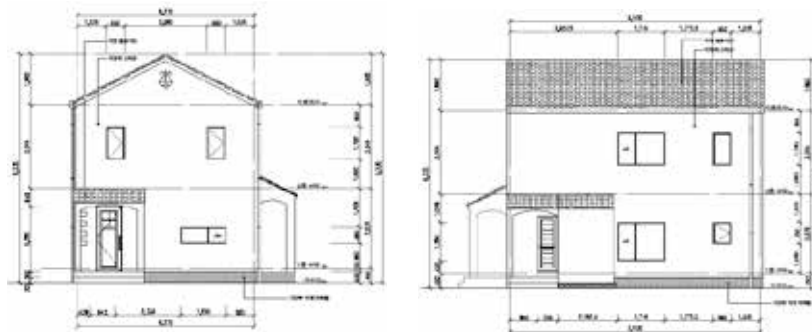


그림 8.19 TypeD

표 8.15 Type A 의 진동해석 결과

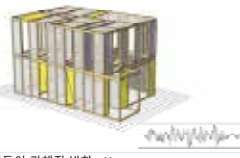
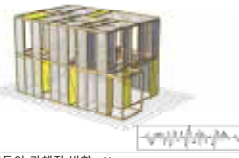
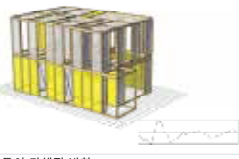
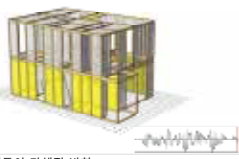
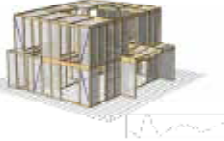
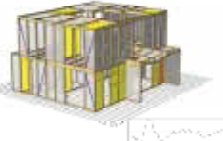
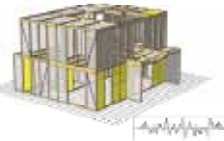
분석대상	드문 지진 (BCJ-L1×0.85)	아주 드문 지진(BCJ-L2×0.85)	한국지진 (Korea-wave2-1 L1×1.0)	한국지진 (Korea-wave2-1 L2×1.0)
GE-SIESTA-BH01				
<벽량계산>				
1 F-X방향 2.368				
1 F-Y방향 2.639				
2 F-X방향 3.977				
2 F-Y방향 2.878				
	진동이 가해진 방향 : X	진동이 가해진 방향 : X	진동이 가해진 방향 : X	진동이 가해진 방향 : X
<중량설정>	<중간변이최대치>	<중간변이최대치>	<중간변이최대치>	<중간변이최대치>
M2지중 : 103.20kN	1층 X방향 : 최대 17.8mm	1층 X방향 : 최대 104.8mm	1층 X방향 : 최대 39.4mm	1층 X방향 : 최대 67.6mm
M1 2층 : 288.40kN	1층 Y방향 : 최대 9.0mm	1층 Y방향 : 최대 21.6mm	1층 Y방향 : 최대 15.6mm	1층 Y방향 : 최대 27.3mm
M0 1층 : 412.30kN	2층 X방향 : 최대 6.9mm	2층 X방향 : 최대 20.1mm	2층 X방향 : 최대 14.2mm	2층 X방향 : 최대 16.0mm
	2층 Y방향 : 최대 7.9mm	2층 Y방향 : 최대 18.3mm	2층 Y방향 : 최대 11.4mm	2층 Y방향 : 최대 17.1mm
				
	진동이 가해진 방향 : Y	진동이 가해진 방향 : Y	진동이 가해진 방향 : Y	진동이 가해진 방향 : Y
	<중간변이최대치>	<중간변이최대치>	<중간변이최대치>	<중간변이최대치>
	1층 X방향 : 최대 11.4mm	1층 X방향 : 최대 10.9mm	1층 X방향 : 최대 15.3mm	1층 X방향 : 최대 22.3mm
	1층 Y방향 : 최대 13.7mm	1층 Y방향 : 최대 91.3mm	1층 Y방향 : 최대 28.7mm	1층 Y방향 : 최대 48.1mm
	2층 X방향 : 최대 4.5mm	2층 X방향 : 최대 11.6mm	2층 X방향 : 최대 12.2mm	2층 X방향 : 최대 12.4mm
	2층 Y방향 : 최대 9.8mm	2층 Y방향 : 최대 22.5mm	2층 Y방향 : 최대 16.6mm	2층 Y방향 : 최대 19.7mm

표 8.16 Type B 의 진동해석 결과

분석대상	드문 지진 (BCJ-L1×0.85)	극히 드문 지진(BCJ-L2×0.85)	한국지진 (Korea-wave2-1 L1×1.0)	한국지진 (Korea-wave2-1 L2×1.0)
CJ-JEJU-SIESTA				
<벽량계산> 1 F-X방향 1.636 1 F-Y방향 2.112 2 F-X방향 5.184 2 F-Y방향 4.009	진동이 가해진 방향 : X <층간변이최대치> 1층 X방향 : 최대 29.6mm 1층 Y방향 : 최대 4.5mm 2층 X방향 : 최대 18.0mm 2층 Y방향 : 최대 1.9mm	진동이 가해진 방향 : X <층간변이최대치> 1층 X방향 : 최대 116.0mm 1층 Y방향 : 최대 13.2mm 2층 X방향 : 최대 26.5mm 2층 Y방향 : 최대 5.9mm	진동이 가해진 방향 : X <층간변이최대치> 1층 X방향 : 최대 65.3mm 1층 Y방향 : 최대 4.9mm 2층 X방향 : 최대 22.9mm 2층 Y방향 : 최대 3.2mm	진동이 가해진 방향 : X <층간변이최대치> 1층 X방향 : 최대 82.6mm 1층 Y방향 : 최대 5.4mm 2층 X방향 : 최대 24.8mm 2층 Y방향 : 최대 3.7mm
<중량설정> M2지붕 : 109.10kN M1 2층 : 363.70kN M0 1층 : 507.10kN				
	진동이 가해진 방향 : Y <층간변이최대치> 1층 X방향 : 최대 20.0mm 1층 Y방향 : 최대 21.9mm 2층 X방향 : 최대 16.0mm 2층 Y방향 : 최대 5.5mm	진동이 가해진 방향 : Y <층간변이최대치> 1층 X방향 : 최대 43.9mm 1층 Y방향 : 최대 117.6mm 2층 X방향 : 최대 21.2mm 2층 Y방향 : 최대 21.2mm	진동이 가해진 방향 : Y <층간변이최대치> 1층 X방향 : 최대 33.5mm 1층 Y방향 : 최대 57.9mm 2층 X방향 : 최대 17.3mm 2층 Y방향 : 최대 11.0mm	진동이 가해진 방향 : Y <층간변이최대치> 1층 X방향 : 최대 56.6mm 1층 Y방향 : 최대 106.6mm 2층 X방향 : 최대 20.8mm 2층 Y방향 : 최대 13.9mm

Type A, B, C, D 는 1 층의 층높이가 2.8m 이므로 한국의 설계기준으로 허용층간 변위는 $56\text{mm}(=2800\text{mm} \times 1/50\text{rad})$ 이다. 한국 모델하우스 01 은 1 층의 층 높이는 2.7m 및 2 층의 층 높이는 2.457m 로 한국의 설계기준으로는 1 층의 허용층간 변위는 $54\text{mm}(=2700\text{mm} \times 1/50\text{rad})$, 2 층의 허용층간 변위는 $49\text{mm}(=2457\text{mm} \times 1/50\text{rad})$ 이다.

「재현주기 1000 년의 지진」 (L1) 을 입력했을 때의 층간변위는 Type A, C, D 에서는 허용층간변위 이하였다.

일본의 설계기준으로 Type A, B, C, D 의 허용층간 변위는 $18.6\text{mm}(=2800\text{mm} \times 1/150\text{rad})$. 한국모델하우스 01 의 1 층 허용층간 변위는 $18\text{mm}(=2700\text{mm} \times 1/150\text{rad})$, 2 층 허용층간변위는 $16\text{mm}(=2457\text{mm} \times 1/150\text{rad})$ 이다. 희소지진(BCJ-L1)을 입력했을 때의 층간 변위를 보면 Type A, C, D 에서는 허용층간 변위 이하였다. 그 밖의 모델도 수평내력 총축률에서 2 정도 이상 있는 상태에서 허용층간 변위에 가까운 층간변위가 있는 점, 수평내력 총축률에서 1.6 정도(1 층 X 방향)인 Type B 와 한국 모델하우스 01 에서도 허용층간 변위를 초과한 것은 2 층 바닥에 바닥난방 설비가 설치된 영향으로 인해 지진력이 컸기 때문이라고 판단된다.

표 8.17 Type C 의 진동해석 결과

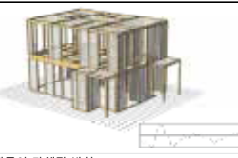
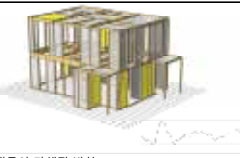
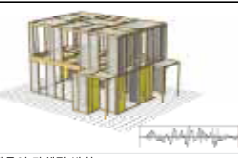
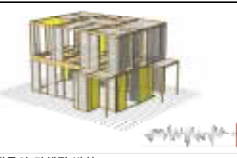
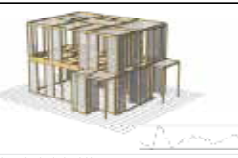
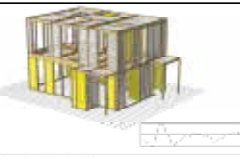
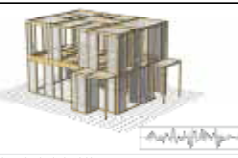
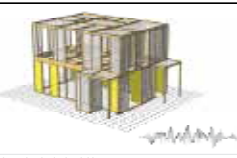
분석대상	드문 지진 (BCJ-L1×0.85)	극히 드문 지진(BCJ-L2×0.85)	한국지진 (Korea-wave2-1 L1×1.0)	한국지진 (Korea-wave2-1 L2 ×1.0)
CJ-CHONG-SIESTA1				
<벽량계산> 1 F-X방향 2.445 1 F-Y방향 2.117 2 F-X방향 2.773 2 F-Y방향 2.878				
진동이 가해진 방향 : X	진동이 가해진 방향 : X	진동이 가해진 방향 : X	진동이 가해진 방향 : X	진동이 가해진 방향 : X
< 층간변이최대치 > 1층 X방향 : 최대 18.4mm 1층 Y방향 : 최대 4.3 mm 2층 X방향 : 최대 6.9mm 2층 Y방향 : 최대 4.3mm	< 층간변이최대치 > 1층 X방향 : 최대 92.5mm 1층 Y방향 : 최대 22.6mm 2층 X방향 : 최대 22.2mm 2층 Y방향 : 최대 9.3mm	< 층간변이최대치 > 1층 X방향 : 최대 53.1mm 1층 Y방향 : 최대 7.2mm 2층 X방향 : 최대 13.3mm 2층 Y방향 : 최대 5.4mm	< 층간변이최대치 > 1층 X방향 : 최대 88.1mm 1층 Y방향 : 최대 11.1mm 2층 X방향 : 최대 18.4mm 2층 Y방향 : 최대 7.5mm	
< 중량설정 > M2지붕 : 89.80kN M1 2층 : 277.90kN M0 1층 : 414.10kN				
				
진동이 가해진 방향 : Y	진동이 가해진 방향 : Y	진동이 가해진 방향 : Y	진동이 가해진 방향 : Y	진동이 가해진 방향 : Y
< 층간변이최대치 > 1층 X방향 : 최대 7.6mm 1층 Y방향 : 최대 18.5mm 2층 X방향 : 최대 2.9mm 2층 Y방향 : 최대 8.5mm	< 층간변이최대치 > 1층 X방향 : 최대 16.3mm 1층 Y방향 : 최대 81.0mm 2층 X방향 : 최대 7.4mm 2층 Y방향 : 최대 26.1mm	< 층간변이최대치 > 1층 X방향 : 최대 4.3mm 1층 Y방향 : 최대 22.6mm 2층 X방향 : 최대 2.0mm 2층 Y방향 : 최대 13.0mm	< 층간변이최대치 > 1층 X방향 : 최대 8.1mm 1층 Y방향 : 최대 39.1mm 2층 X방향 : 최대 3.1mm 2층 Y방향 : 최대 19.1mm	

표 8.18 Type D의 진동해석 결과

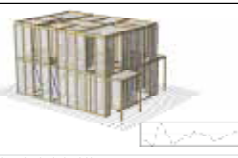
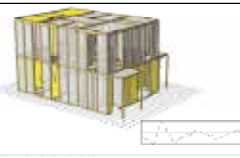
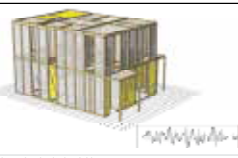
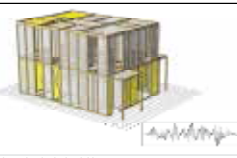
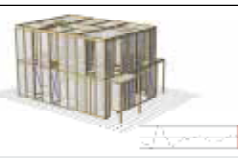
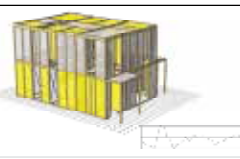
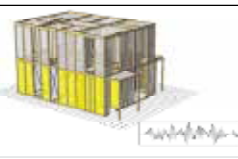
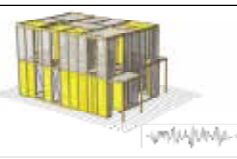
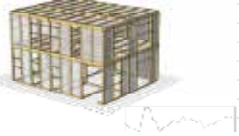
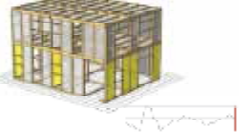
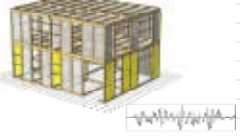
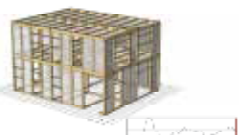
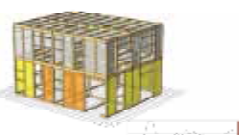
분석대상	드문 지진 (BCJ-L1×0.85)	극히 드문 지진(BCJ-L2×0.85)	한국지진 (Korea-wave2-1 L1×1.0)	한국지진 (Korea-wave2-1 L2×1.0)
CJ-CHONG-SIESTA2				
<벽량계산> 1 F-X방향 2.440 1 F-Y방향 2.461 2 F-X방향 2.773 2 F-Y방향 3.794	진동이 가해진 방향 : X	진동이 가해진 방향 : X	진동이 가해진 방향 : X	진동이 가해진 방향 : X
<중량설정> M2지붕 : 108.20kN M1 2층 : 291.90kN M0 1층 : 418.20kN	<층간변형최대치> 1층 X방향 : 최대 18.1mm 1층 Y방향 : 최대 3.5mm 2층 X방향 : 최대 5.8mm 2층 Y방향 : 최대 4.8mm	<층간변형최대치> 1층 X방향 : 최대 100.0mm 1층 Y방향 : 최대 16.8mm 2층 X방향 : 최대 36.8mm 2층 Y방향 : 최대 19.2mm	<층간변형최대치> 1층 X방향 : 최대 49.4mm 1층 Y방향 : 최대 7.8mm 2층 X방향 : 최대 19.4mm 2층 Y방향 : 최대 10.2mm	<층간변형최대치> 1층 X방향 : 최대 84.1mm 1층 Y방향 : 최대 15.4mm 2층 X방향 : 최대 33.5mm 2층 Y방향 : 최대 17.4mm
				
	진동이 가해진 방향 : Y	진동이 가해진 방향 : Y	진동이 가해진 방향 : Y	진동이 가해진 방향 : Y
	<층간변형최대치> 1층 X방향 : 최대 2.4mm 1층 Y방향 : 최대 14.5mm 2층 X방향 : 최대 3.2mm 2층 Y방향 : 최대 8.0mm	<층간변형최대치> 1층 X방향 : 최대 7.1mm 1층 Y방향 : 최대 77.9mm 2층 X방향 : 최대 8.6mm 2층 Y방향 : 최대 20.2mm	<층간변형최대치> 1층 X방향 : 최대 3.4mm 1층 Y방향 : 최대 29.3mm 2층 X방향 : 최대 3.4mm 2층 Y방향 : 최대 11.8mm	<층간변형최대치> 1층 X방향 : 최대 4.6mm 1층 Y방향 : 최대 58.3mm 2층 X방향 : 최대 4.9mm 2층 Y방향 : 최대 20.5mm

표 8.19 한국 모델하우스 01의 진동해석 결과

분석대상	드문 지진 (BCJ-L1×0.85)	극히 드문 지진(BCJ-L2×0.85)	한국지진 (Korea-wave2-1 L1×1.0)	한국지진 (Korea-wave2-1 L2×1.0)
한국 모델하우스01				
<벽량계산> 1 F-X방향 1.606 1 F-Y방향 1.927 2 F-X방향 2.326 2 F-Y방향 3.779	진동이 가해진 방향 : X <층간변형 최대지> 1층 X방향 : 최대 20.0mm 1층 Y방향 : 최대 1.9mm 2층 X방향 : 최대 7.6mm 2층 Y방향 : 최대 1.0mm	진동이 가해진 방향 : X <층간변형 최대지> 1층 X방향 : 최대 97.1mm 1층 Y방향 : 최대 3.9mm 2층 X방향 : 최대 17.9mm 2층 Y방향 : 최대 1.9mm	진동이 가해진 방향 : X <층간변형 최대지> 1층 X방향 : 최대 53.3mm 1층 Y방향 : 최대 2.5mm 2층 X방향 : 최대 11.4mm 2층 Y방향 : 최대 1.4mm	진동이 가해진 방향 : X <층간변형 최대지> 1층 X방향 : 최대 74.2mm 1층 Y방향 : 최대 2.7mm 2층 X방향 : 최대 15.7mm 2층 Y방향 : 최대 1.6mm
<중량설정> M2지붕 : 102.58kN M1 2층 : 305.48kN M0 1층 : 437.925kN				
	진동이 가해진 방향 : Y <층간변형 최대지> 1층 X방향 : 최대 10.0mm 1층 Y방향 : 최대 21.4mm 2층 X방향 : 최대 3.6mm 2층 Y방향 : 최대 4.3mm	진동이 가해진 방향 : Y <층간변형 최대지> 1층 X방향 : 최대 35.8mm 1층 Y방향 : 최대 102.0mm 2층 X방향 : 최대 8.6mm 2층 Y방향 : 최대 11.4mm	진동이 가해진 방향 : Y <층간변형 최대지> 1층 X방향 : 최대 19.9mm 1층 Y방향 : 최대 62.1mm 2층 X방향 : 최대 5.8mm 2층 Y방향 : 최대 8.7mm	진동이 가해진 방향 : Y <층간변형 최대지> 1층 X방향 : 최대 33.1mm 1층 Y방향 : 최대 79.8mm 2층 X방향 : 최대 7.9mm 2층 Y방향 : 최대 10.2mm

참고문헌

- ① 후쿠모토 미즈오, 오하라 카즈히코: 「2 층 목조주택 구조 계산서 7×9 모델」, 기후현립 삼림문화아카데미 전문기술자 연수 허용 응력도 계산 연습 교재(2020 년 4 월)
- ② 한국설계기준 KDS (Korean Design Standard) KDS 41 17 00 (건축물 내진 설계기준)
- ③ 한국설계기준 KDS (Korean Design Standard) KDS 41 10 15 (건축구조 기준 설계하중)
- ④ 나카가와 타카후미: 「대지진동 시의 중목구조공법의 붕괴 해석방법 개발」 건축연구자료, 제 128 호 (2010 년 11 월)
- ⑤ 오하라 카즈히코: 「한국판 벽량계산 매뉴얼 2017 판」, 한국목조건축기술협회 기술지원 교재(2018 년 1 월)
- ⑥ 오하라 카즈히코: 「구조안전성과 내진설계서 (5 층 건물 이하의 건축물 등) 작성 매뉴얼」, GE Group 기술지원 교재 (2020 년 7 월)
- ⑦ 오하라 카즈히코: 「한국으로의 기후현산 목재의 전개를 위한 구조기술 지원에 관한 연구」, 기후현립 삼림문화아카데미 2019, Annual Report vol.3 (2020 년 9 월)

제 9 장 시공순서와 주요공사의 요점

9.1 기초공사

9.1.1 배관공사

버림콘크리트에 기초 위치, 배관 등을 위한 마킹(먹출)을 한 후에 배근 작업이 이루어진다. 배근은 기초의 강도나 내구성과 관련되기 때문에 미장설계자나 구조설계자가 콘크리트 타설 전에 확인 검사를 실시한다. 불량품이 있으면 고쳐진다.

외주형틀 테두리를 배근 작업 전에 설치한다. 기초의 형상이나 높이 등으로 판단해서 목재 형틀 혹은 철제 형틀을 선정한다. 목재 형틀은 현장 가공이 용이하고 기초 형상 등이 변칙적인 경우에도 설치가 용이하다는 장점이 있다. 또한 철제 형틀은 재이용할 수 있기 때문에 장기적으로 생각하면 시공자의 비용을 줄일 수 있는 장점이 있다.

버림콘크리트에 먹매김한 기초의 위치를 바탕으로 기초 배근을 실시한다. 기초 배근은 외주 시작부분, 베이스 부분, 내부 시작부분의 순서로 시공한다. 또, 시작 부분이나 보강철근 등 미리 철근을 구부려 두면 작업하기 어려운 부분에 대해서는 현장에서 선반 등으로 가공한다.

목조주택에서는 베타기초와 줄기초가 있어, 그 배근 사례는 사진 9.2, 사진 9.3 와 같다.

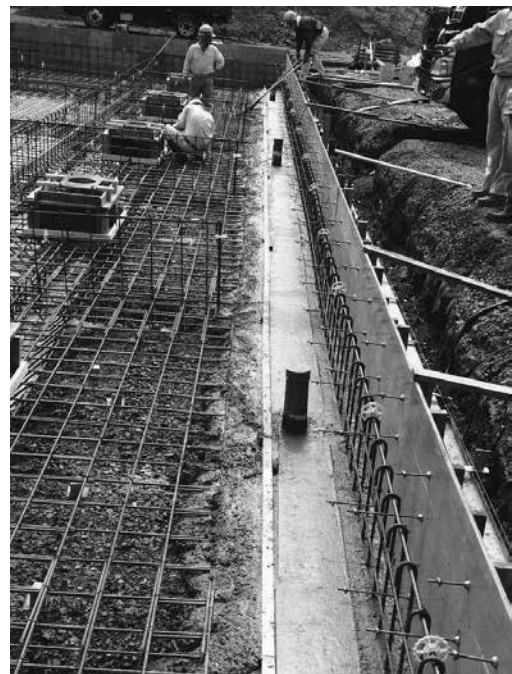


사진 9.1 외주형 테두리와 배근작업

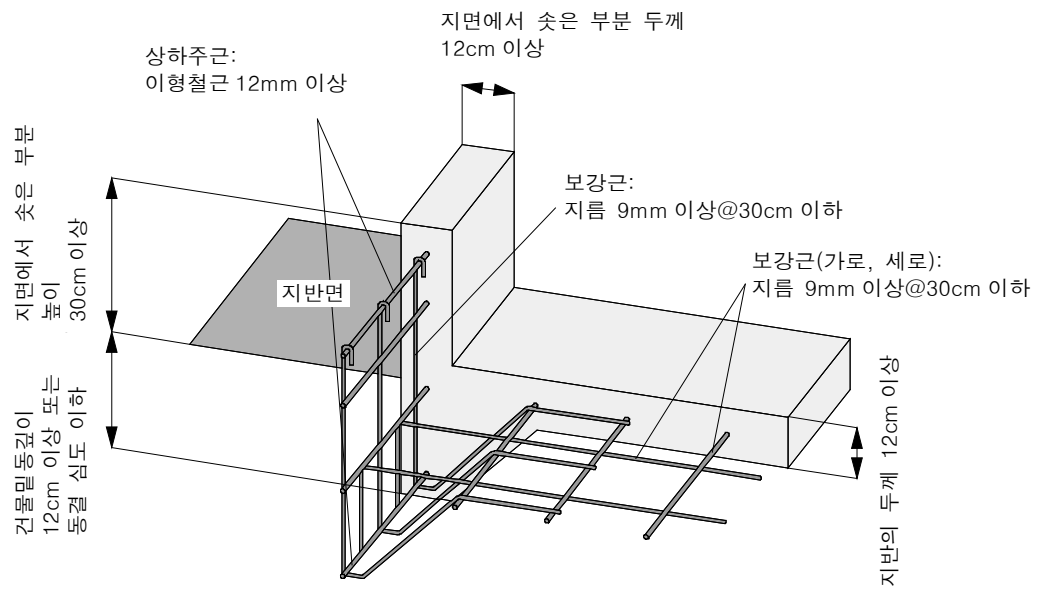


사진 9.2 베타기초의 배근 예시

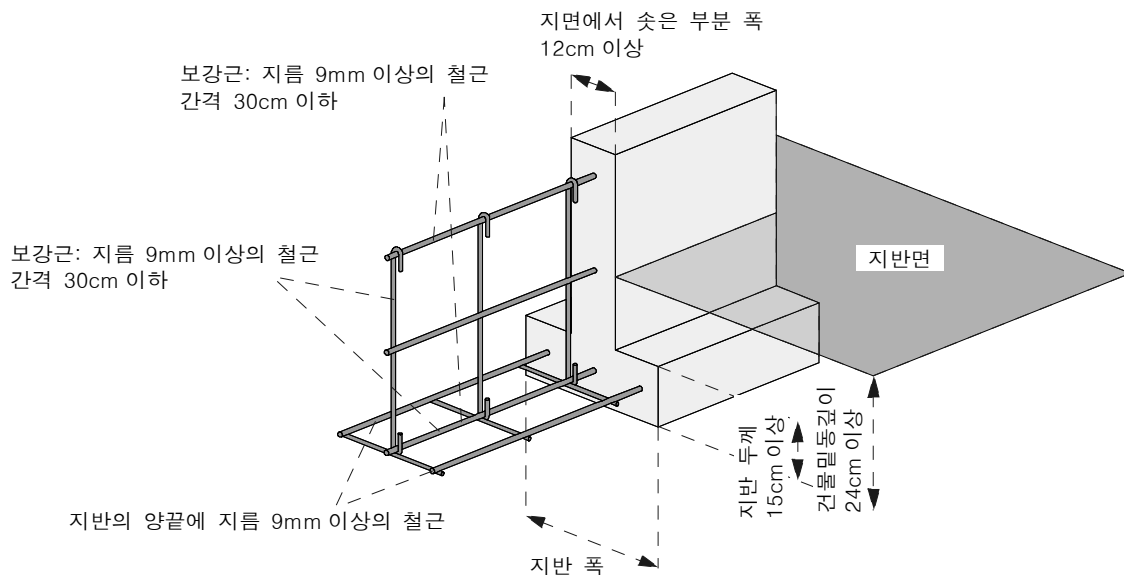


사진 9.3 줄기초의 배근 예시

콘크리트 타설 시 철근의 위치가 어긋나지 않도록 결속선(선의 직경 0.9mm 이상)을 이용하여 철근끼리 묶는다. 정착 길이에 유의하면서 코너부 등의 배근을

실시한다. 철근의 길이가 부족한 경우에는 겹침 이음매로서 이음매 길이가 적절하도록 한다. 이음매 길이의 위치는 집중되지 않도록 서로 어긋나게 배치한다. 정착 길이 및 중첩 길이는 표 9.1 에 나타낸 것과 같다.

표 9.1 철근의 겹침 이음매 길이와 정착길이

철근의 종류	콘크리트의 설계기준 강도 Fc(N/mm2)	후크의 유무	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L ₃ (mm)	
					작은보	슬라브
SD295	21,24,27	유	30d	25d	15d	----
		무	40d	35d	25d	10d 동시에 150mm 이상
	18	유	35d	30d	15d	
		무	45d	40d	25d	10d 동시에 150mm 이상

*L₁: 겹침이음새 길이, L₂ 및 L₃ 이외의 정착길이

*L₂: 할열과열의 위험이 없는 개소에의 정착길이

*L₃:작은 보 및 슬라브의 하단근의 정착길이

*후크부분의 길이를 L₁, L₂, L₃에는 포함하지 않는다.

*직경이 다른 철근의 겹침 이음새는, 작은 직경의 철근의 이음새 길이로 한다.

*인접한 겹침 이음새는, 0.5 · L₁ 비켜서 배치한다.

배근한 철근이 잘 부식되지 않도록 하여 기초 내구성을 확보하기 위해 콘크리트면에서 철근까지의 거리(덮개 두께)를 일정 정도 확보할 필요가 있다. 덮개 두께를 스페이서로 확보한다. 덮개 두께는 표 9.2 와 같다.

표 9.2 덮개 두께

부위	마감(1) 유무	JASS 5(2)		건축기준법 시행령
		설계 덮개두께 (mm)	최소 덮개두께 (mm)	덮개두께의 규정
기초(시작 부분)	유	----	40 이상	----
	무	50 이상	40 이상	4cm 이상
기초(베이스 부분)	유	70 이상	60 이상	----
	무	70 이상	60 이상	6cm 이상

- (1) 내구성상 유효한 마감(몰탈도장 등이 있는 것, 철근의 내구성상 유효하지 않은 마감도장 등은 제외)
- (2) 덮개 두께는 보통 콘크리트에 적용하고, 경량 콘크리트의 경우는 10mm 높인 값으로 한다.

기초평면도를 참조하여 앵커볼트를 설치한다. 콘크리트 타설 시 앵커볼트의 위치가 어긋나지 않도록 고정기구 등을 이용하여 고정한다. 앵커볼트 설치 시에는 콘크리트면의 레벨(높이)과 위치를 확인한다.

9.1.2 배관 슬리브

배근 후에 배관 슬리브를 설치한다. 배관이 연속되는 부분에 대해서는 기초 타설에 의한 결함(정커 또는 균열)에 대한 대책을 실시한다. 배관 슬리브 직경의 3 배 이상의 간격을 배관 슬리브 사이에 확보한다. 유지보수를 고려하여 배관류는 시작 부분에 설치하는 것이 바람직하다. 또 슬리브와 철근 사이에는 40mm 이상의 덮개 두께를 설치한다. 개구부의 지름이 80 mm 이상일 경우는 보강철근이 필요하다.

9.1.3 배근검사

배근 및 배관 슬리브의 설치 작업이 완료된 시점에서 콘크리트를 타설하기 전에 미장 설계자, 구조 설계자, 현장 감독자에 의해 배근검사를 실시한다. 철근지름, 철근의 간격, 덮개두께, 철근의 정착길이, 겹침 이음길이, 보강철근의 위치, 앵커볼트의 위치 등을 확인한다.



사진 9.4 배근

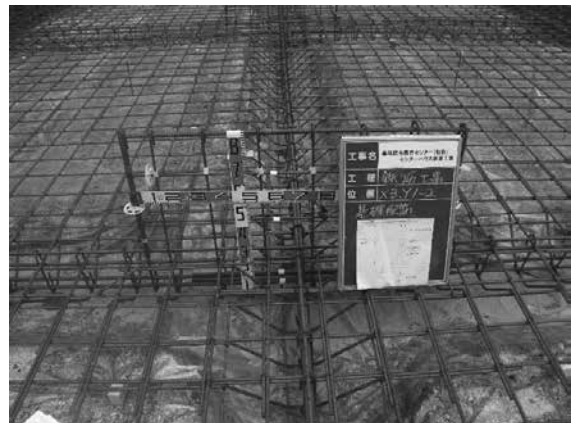


사진 9.5 배근검사

9.1.4 콘크리트 타설

콘크리트 타설 전에 레미콘의 입고검사를 실시한다. 슬럼프·플로 시험, 공기량의 측정, 테스트 피스 채취 등을 실시한다. 배합계획서 등의 차이가 없는지 확인한다.



사진 9.6 레미콘 주입

레미콘 차량이 도착한 시점에서 운반시간이 90 분 이내임을 확인하고, 시험결과 허용 수치를 확인한 후 콘크리트 설계 강도, 슬럼프·플로 시험, 공기량 측정 등을 실시한다. 부적절한 경우에는 수용 거부를 할 수 있도록 레미콘 업체와 사전에 협의를 해 둘 필요가 있다. 압축강도시험용 테스트피스는 7 일 후 및 28 일 후에 3 개씩 압축강도시험을 실시하고, 시험보고서에서 강도에 문제가 없는지 확인한다.



사진 9.7 슬럼프·플로 시험

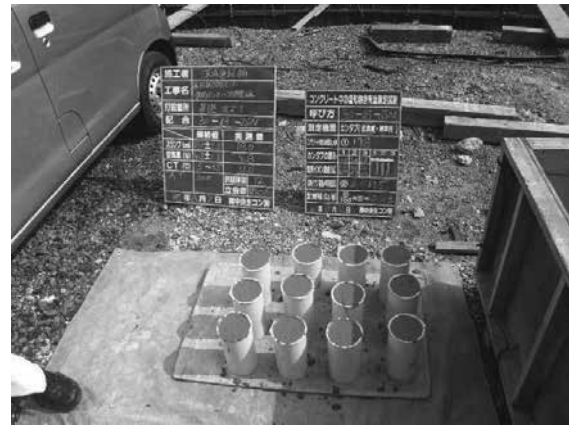


사진 9.8 테스트피스 채취



사진 9.9 공기량시험



사진 9.10 탬핑

콘크리트를 부어 넣는 것과 동시에 바이브레이터로 다져 간다. 그 후, 타설한 콘크리트 표면을 흙손 등으로 균일하게 한다. 금이 가는 것을 방지하기 위해서 탬버로 타설한 콘크리트 표면을 두드려 여분의 수분이나 공기를 뽑아 다지는 탬핑을 실시한다. 타설한 콘크리트에서 나온 수분은 스펀지 등으로 흡수한다.

베이스 부분의 콘크리트 타설이 끝나고 나서 시작 부분의 형틀을 설치한다. 시작 부분의 콘크리트 타설 시 콘크리트가 튀어 올라 나사부분에 콘크리트가 부착되지 않도록 앵커 볼트 등의 나사부분에 미리 테이프 등으로 양생 해 둔다. 또 타설 후 형틀을 떼어내기 쉽도록 형틀 안쪽에는 박리제를 도포해 둔다. 형틀 내에서 철근의 덮개 두께가 충분히 확보되었는지 확인한다.



사진 9.11 시작부분의 형틀설치

시작 부분의 콘크리트 타설 시에 시작 부분의 꼭대기까지 콘크리트를 흘리지 않고 꼭대기 조금 아래까지로 한다. 그 후, 1 회차 레벨러(상부면 마감제)로 수평인 상부면을 만든다. 콘크리트가 약간 말라붙어 1 회차 레벨러의 부드러움이 사라지기 시작하면 2 회차 레벨러를 꼭대기까지 흘려 보낸다. 콘크리트가 경화된 후 틀에서 제거한다.

콘크리트는 완전히 건조되면 강도가 떨어지기 때문에 시트로 덮거나 살수하여 습윤 상태가 지속되도록 수분을 유지하면서 양생을 한다. 형틀을 분리한 후 외부배관을 부설한다. 급수관에 대해서는 이상이 없는지 수압검사를 실시한다.



사진 9.12 외부배관의 부설



사진 9.13 수압검사

기초공사가 완료되면 설계도와 차이가 없는지 확인한다. 기초형상이나 앵커볼트의 위치 등을 확인하고 슈미트 해머 등을 이용하여 콘크리트의 반발계수를 조사한다.

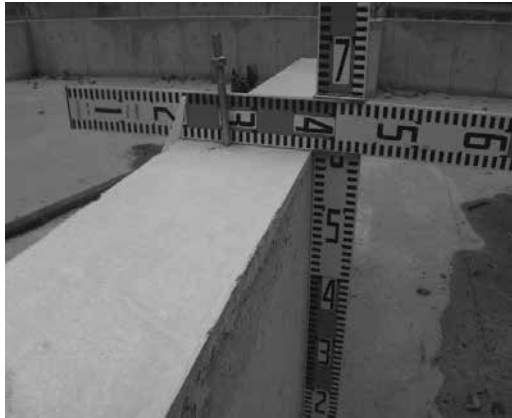


사진 9.14 기초검사



사진 9.15 기초검사 (슈미트해머)

9.2 현장조립(축조의 조립)

9.2.1 목재와 자재의 수용

목재와 자재가 현장에 반입된다. 목재를 입고 받을 때에는 목재의 수량이나 품질, 목재에 표시되어 있는 번호 표시, 목재의 치수, 장부를 낸 곳·이음매의 가공위치, 산지를 지정한 경우에는 이력추적을 확인한다. 또한, 주요 구조재에 대해서는 현장에서 할 수 있는 간단한 함수율 측정 등을 실시한다.

구조용 면재를 입고 받을 경우에는 면재의 수량이나 품질, 면재의 치수와 가공위치, 산지를 지정한 경우에는 이력추적 등을 확인한다.



사진 9.16 목재의 입고와 치수검사



사진 9.17 목재의 함수율검사



사진 9.18 구조용합판의 수용

철물의 입고를 받을 때에는 철물의 수량이나 품질, 철물의 치수 등을 확인한다. 특수철물의 입고 시에는 특수철물의 수량과 품질, 특수철물의 치수, 가공위치 등을 확인한다.



사진 9.19 철물의 입고

9.2.3 토대작업

상부구조와 기초와의 접속 부재로서의 토대를 제대로 설치한다. 토대받침의 전후에 가설 발판을 설치한다.

기초의 윗면에 토대를 설치하는 위치에 먹매김을 한다. 동시에 앵커볼트의 위치를 1 층 바닥평면도에서 확인한다. 만약 위치가 다를 경우에는 현재 위치를 측정하고 현재 앵커볼트의 위치를 토대에 옮겨 적어서 토대에 구멍을 뚫는다.

기초 위에 기초 패킹을 깔아 나간다. 일반적으로는 통기 패킹을 설치하고, 기밀화가 필요한 곳에는 기밀 패킹을 이용한다. 비연속형 패킹인 경우에는 토대의 수평성을 유지하기 위해 앵커볼트, 기둥, 토대 이음매의 아래에 설치한다.

토대에 붙여진 번호 순서를 확인하면서, 도면대로 토대를 깎는다. 토대의 이음매

형상에 의해 오목형 나무를 먼저 깔고, 그 후에 볼록형 나무를 끼워 넣는다. 토대의 설치 후에 멍에(장선을 받치는 가로대)를 설치한다. 강철다발을 멍에에 고정시켜두면 효율적으로 설치할 수 있다. 토대 설치 후에 토대 및 멍에의 수평을 확인한다. 앵커볼트의 위치, 토대 결점 부분의 간섭, 토대 구멍과의 간섭 등을 확인하면서 앵커볼트를 고정한다.

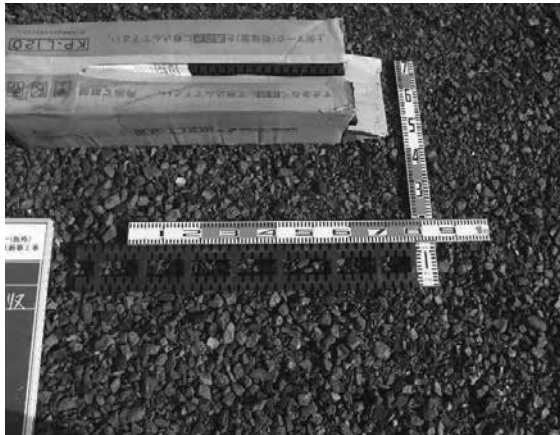


사진 9.20 기초패킹



사진 9.21 가설발판 설치



사진 9.22 토대설치



9.2.4 바닥난방재의 설치

최하층 바닥은 전면에 단열재를 시공한다. 바닥합판은 밀바탕이 있는 부분에서 잇거나, 은축이 있는 것을 사용하고 그 이외의 경우는 기밀테이프로 줄눈 처리를 한다.

또한 외부에 접하는 바닥의 시공(포치 또는 차고 위 등 2층에 붙인 거실 바닥)은 2층의 바닥 합판을 붙이기 전에 장선 사이에 받침목을 시공하고 단열재를 설치한다. 외부공기와 접하는 바닥은 일반바닥보다 높은 단열성능을 필요로 한다. 바닥합판은 밀바탕이 있는 부분에서 잇거나 은축이 있는 것을 사용하고, 그 이외의

경우는 기밀테이프로 줄눈처리를 한다.



사진 9.23 바닥아래 단열재 시공 (베타기초의 저반상에 단열재를 시공하는 경우)

9.2.5 1층 바닥 온돌 (온수순환식) 설치

바닥 난방은 바닥에서 직접 접촉면(발바닥 등)으로 전달되는 열「전도열」 과 바닥에서 방까지 퍼지는 열「복사열」 을 조합해 방 전체를 따뜻하게 하는 방법이다. 바닥난방 종류는 전기히터식과 온수순환식이 있다.

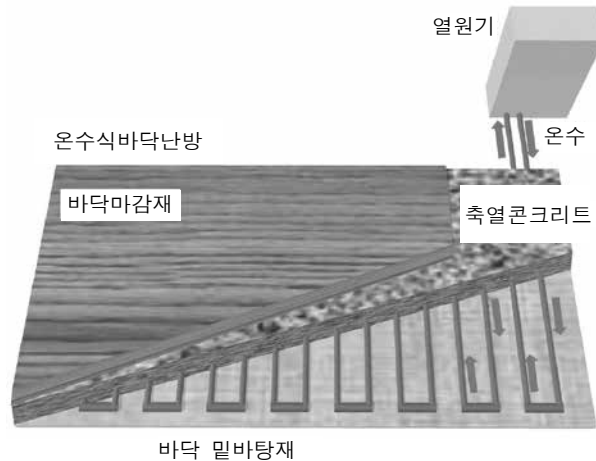


사진 9.24 온돌 (온수순환식 바닥난방) 구조

전기히터식은 바닥마감재 아래에 전기히터를 부설하여 전기를 통해 발열시켜 따뜻하게 한다. 설치 비용이 온수식보다 저렴하고 시공이 용이하다. 그러나 전기비용이 비싸고 따뜻해지는 데 시간이 걸리며 저온화상의 위험이 있고 따뜻해지는 곳에 얼룩이 생긴다.

- ① 열선 히터식: 마루 밑에 전열선을 설치하는 심플한 구조다.
- ② 축열식: 심야전력을 이용해 축열재에 열을 쌓아 밤에 발열한다. 전기요금을 감소시키면서 24 시간 바닥 난방이 가능하다.
- ③ PTC 히터식 : 실내 온도차를 감지하여 열을 조정하므로 실내 온도 및 바닥 온도를 일정하게 유지할 수 있다.

온수순환식은 전기와 가스, 등유, 태양열, 열펌프 등으로 온수를 만들고 그것을 바닥마감재 아래에 부설한 온수매트 등에 순환시켜 데운다. 가스온수식의 경우 1 대의 열원기로 여러 방에 설치도 가능하며, 쉽게 데울 수 있고, 광범위하게 데울 수 있으며, 장시간 사용이 가능한 것이 특징이다. 온수를 만드는 열원기를 설치하는 만큼 초기비용이 전기히터식보다 많고 급탕기 공간이 필요해 수리비용이 많이 드는 단점도 있다. 열펌프식 온수바닥난방은 대기의 열을 끌어 올려 온수를 만들기 때문에 전기 히터식에 비해 적은 에너지(전기)를 소비로 인해 에너지 절약성과 경제성이 뛰어나다. 하지만 초기 비용이 많이들고 따뜻함이 더디는 단점이 있다..

바닥난방을 사용할 때는 바닥난방의 열로 플로어링이 변형되는 것을 고려하여

줄눈에 조금 여유를 둔 「바닥난방용」 플로팅을 설치한다. 또한, 바닥난방을 설치해도 기밀성·단열성이 낮으면 발열해도 열이 종종 밖으로 빠져나가서 난방 효율이 감소한다. 따라서 벽이나 천장의 단열은 물론 바닥 아래 단열을 제대로 실시할 필요가 있다.



사진 9.25 1층 바닥 온돌 (온수순환식) 시공과 배관

9.2.6 1층 바닥합판의 시공

1층 바닥아래의 구조용 합판과 바닥판 등을 장선, 토대, 멍에, 1층 바닥 합판 받침에 못 박는다.



사진 9.26 바닥조 (장선, 멍에, 토대)

사진 9.27 바닥합판 시공

9.2.7 1층 기둥 시공

통재기둥을 세운다. 통재기둥의 수직을 확보한다. 통재기둥 이외의 관주는, 부지의 안쪽에서 앞의 순서로 세워 간다. 관주의 수직을 확보한다.



사진 9.28 1층 기둥 시공

9.2.8 2층 바닥보의 시공

1층의 기둥을 다 세우고는 횡가재를 세운다. 외주부를 굳히고 대들보, 소들보의 순서로 걸쳐나간다. 횡가재를 가로질러 축조가 굳어진 곳에서 접합부를 철물로 고정한다. 접합방법에 따라서는 횡가재를 가설하기 전에 미리 철물이나 볼트 등을 횡가재나 기둥에 세팅해 둘 필요가 있는 경우도 있으므로 주의가 필요하다.

축조의 수평·수직이 확보되면 임시 가설재를 부착하여 이를 유지한다.



사진 9.29 2층 바닥보의 시공

9.2.9 2층 바닥판의 시공

나서 각층의 마루를 붙이는 작업을 하는 경우가 많다.



사진 9.30 2층 바닥판의 시공

9.2.10 2층 바닥 온돌 (온수순환식) 설치

2층 바닥에 바닥난방(온수순환식)을 설치할 때는 밀바탕의 바닥 합판 위에 기밀시트를 깔고 기밀방수 테이프로 봉한다. 외부·칸막이 벽의 이음매부에는 콘크리트 유출을 방지하기 위한 재료를 설치하고 목재부분과 콘크리트부분 사이의 이음매부 완충재로 폴리스틸렌 폼 보온판 등을 설치한다.

2층 바닥에 바닥난방을 설치함으로써 2층 바닥의 하중이 커지기 때문에 2층 바닥을 지지하는 2층 바닥보재의 단면이나 1층 구조를 충분히 설계해둘 필요가 있다.



사진 9.31 2층 바닥 온돌 (온수순환식) 시공과 배관

9.2.11 2층 기둥시공

2층의 기둥을 부지 안쪽에 위치한 기둥으로부터 세워 간다. 층도리와 1층 바닥보 등의 횡가재의 구멍에 기둥을 넣어 간다. 관주의 수직을 확보한다.



사진 9.32 2층 기둥 시공

9.2.12 지붕보 시공

2층의 기둥을 다 세우고 횡가재를 세운다. 외부 횡가재를 먼저 가설하고 대들보, 소들보의 순서로 가설해 간다. 횡가재를 가설하고 나서 축조가 굳어지면 접합부를 철물로 연결한다. 접합방법에 따라서는 횡가재를 가설하기 전에 미리 철물이나 볼트 등을 횡가재나 기둥에 세팅해 둘 필요가 있는 경우도 있어 주의가 필요하다.

축조의 수평, 수직이 확보되면 임시 가설재를 부착하여 이를 유지한다.



사진 9.33 지붕보의 시공

9.2.13 지붕틀 시공

지붕보의 구멍에 지붕트러스를 끼워넣는다. 지붕트러스에 중도리를 얹고 축조의 가장 높은 곳에 중도리를 건다. 중도리, 컷자보, 중도리 등의 위에 서까래를 배치한다.



사진 9.34 지붕트러스, 중도리 시공



사진 9.35 서까래 시공

9.2.14 지붕의 지붕판 시공

지붕 밑바탕이 되는 지붕판(구조용 합판: 12mm 두께 등)을 처마 끝에서 용마루를 향해 차례로 붙여 나간다. 지붕판을 서까래, 중도리, 꺾자보, 중도리 등에 고정시킨다.



사진 9.36 지붕 밑바탕의 지붕판 (구조용합판) 시공

9.3 지붕시공

지붕은 서까래, 지붕판(구조용 합판 등의 면재), 하부지붕재(아스팔트 루핑) 등의 지붕 밀바탕과 기와 및 금속 등의 마감재로 구성된다.



사진 9.37 투습방지시트와 지붕재시공



사진 9.38 아스팔트 루핑



사진 9.39 지붕재 시공



9.4 단열, 방습공사

9.4.1 단열공사

목조주택에서의 단열 방법은 충전 단열 공법과 외장 단열 공법이 있다. 외벽 밀바탕과 간주의 설치 후 단열재를 설치한다. 단열재에도 여러가지가 종류가 있지만 가장 많이 사용되고 있는 것이 비용대비 효과가 뛰어난 글라스 울이다. 이외에도 락울, 현장 발포계 우레탄폼, 압출법 폴리스틸렌폼(XPS), 비즈법 폴리스틸렌폼(EPS), 경질 우레탄폼, 페놀폼, 셀룰로오스화이버, 양모단열재 등 여러 종류가 있다.



사진 9.40 바닥 아래 단열재



사진 9.41 외벽단열재



사진 9.42 천장 단열재



사진 9.43 지붕 단열재

9.4.2 방습공사

외벽 내부의 배선과 배관, 단열 공사 후 방습·기밀 공사를 실시한다. 단열 성능이나 기밀 성능의 향상과 함께 벽체내에 결로가 발생하기 쉽기 때문에 방습이나 통기 공사는 중요하다. 내부 결로 대책의 기본은 ①지붕이나 벽안에 습기가 스며들지 않는 것, ②스며드려간 습기를 없애 주는 것 등 2 가지이다.

주의하지 않으면 안되는 것은 외벽이나 지붕의 외장재 둘레는 조심해야 한다. 방수 효과가 높기 때문에 배습도 잘 되지 않아 내부에 쌓인 습기를 밖으로 배출할 수 없다. 그 때문에 외장의 안쪽에 통기층이라고 하는 습기를 배습할 수 있는 층을 확보한다.



사진 9.44 벽의 방습방수시트



사진 9.45 벽의 통기층 (세로창살)

9.5 제작, 내장공사

9.5.1 바닥

바닥에는 장선공법과 장선없는 공법이 있다. 장선공법은 멍에와 바닥보에 303mm 정도의 간격으로 멍에를 배치하고 두께 12mm 정도의 구조용합판을 붙이는 방법이다. 장선없는 공법은 멍에와 바닥보에 두께 24mm 이상의 구조용합판을 직접 붙이는 방법이다.

2 층바닥 등의 경우 설계시 요구되는 수평구면의 강성에 따라 바닥 밀바탕은 붙이는 방법과 못이나 나사 등으로 고정하는 방법 등이 있다.



사진 9.46 바닥트러스 배치



사진 9.47 바닥재 (구조용 합판)

9.5.2 내부벽

설계 시 요구되는 연직구면의 강성·강도에 따라 내부벽 하부는 붙이는 방법이나 못이나 나사 등으로 고정하는 방법이 있다. 가설과 가설부의 접합철물에 유의한다.



사진 9.48 내력벽(구조용합판)

9.5.3 천장

천장의 밑바탕은 종보와 종보 받침, 달목(선반을 매다는 나무), 반자대 받이로 구성된다. 종보는 천장의 마감재를 붙이기 위한 밑바탕재(단면:30×40mm 정도), 종보 받침은 종보를 고정하기 위한 부재(단면:45×45mm 정도)로 달목에 고정시킨다. 가장자리 종보는 종보 받침재이고 종보를 설치할 때의 기준(천장 높이의 기준)으로서 벽옆에 설치된다. 달목은 천장 밑바탕을 수평으로 지지하기 위해서 이용하는 부재로서 지붕보와 바닥보 등에 고정한 반자대 받이로 (보 등에 직접 달목을 고정시키고 반자대 받이를 생략하는 경우도 많다) 고정시킨다.

9.5.4 개구부

창틀, 문미, 간주 등 개구부의 기초는 설치되는 창틀의 중량을 지지하기 위한 강도가 요구된다. 최근 창틀은 고성능화와 함께 중량이 증가하고 있어 기초 재료의 배치에 주의한다.



사진 9.49 창틀 반입



사진 9.50 창틀 부착

9.6 기타 공사

9.6.1 도장공사

도장면을 평활화하기 위해 보드의 이음매나 나사 구멍 등 단차가 있는 부분을 패티 처리하여 도장면의 본바탕을 마무리한다. 초벌칠 도료(실러 등) 처리를 한 후, 마무리가 바뀌는 부분에 마스킹 테이프를 붙이는 등의 보호를 하여 도장하여 마무리한다.



사진 9.51 도장 (바닥면)



사진 9.52 도장 (벽면)

9.6.2 미장공사

습식 마감으로 미장마감이 있다. 기본적으로 밀바탕재의 이음매에 대해 균열 대책으로서 섬유 메쉬를 고정시키고, 나사 구멍 등 단차가 있는 부분을 포함해 패티 처리를 한다. 내부 모서리나 외부 모서리 등 코너 부분은 코너재로 보강한다. 밀칠을 하고 밀칠이 건조해지면 중간칠을 한다. 밀칠의 양생기간을 거친 후, 마감재를 조합하여 인두로 벽에 짓누르며 덧칠한다.



사진 9.53 미장공사

9.6.3 설비공사

건물 내 배선공사가 필요한 곳에 대해서는 외벽 기초공사가 시작됨과 동시에 배선공사가 시작된다. 배선을 인입할 수 있는지 여부를 사전에 전기설비도에서 분전반의 위치를 확인한다. 배선 시에는 최단거리로 배선되었는지 느슨하지

않았는지 확인한다. 배선 시 구조재를 절단하는 일이 없도록 주의한다.

공사가 끝나고 1 층 바닥이 깔리기 전에 건물 내부 배관공사가 시작된다. 기초 위에 급배수관을 적절한 경사(75mm 직경 미만:1/50, 75mm 직경 이상:1/100)로 설치한다. 급수관이나 급탕관은 철물로 단단히 고정한다. 외부관통 부분은 부틸 테이프 등을 이용하여 기밀처리를 한다. 동절기에 동결하지 않게 단열재로 덮을 필요가 있다. 배수관은 차음 시트를 이용하여 방음한다. 배관 시 구조재를 잘라내는 일이 없도록 주의한다.

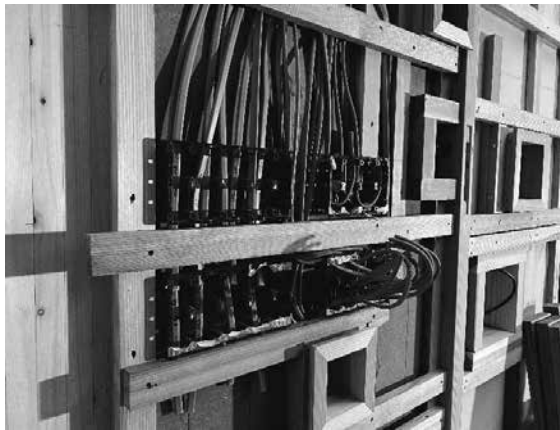


사진 9.54 배선공사



사진 9.55 배관공사



사진 9.56 공조기기

참고문헌

-
- ① 기후현립 삼립문화아카데미 morinos 건축비화,
<https://www.forest.ac.jp/facilities/morinos/>
 - ② 일반사단법인 일본건축학회: 건축공사표준사양서·동 해설 JASS5
철근콘크리트공사
 - ③ 건축기준법 시행령

부록 A 중목구조접합법의 시험방법과 평가방법

1. 적용범위

접합부에 관한 시험은, 아래의 4 종류로 크게 분류된다.

- a)접합부의 강성과 내력을 접합부에 직접가공으로 구하는 접합부의 강도시험
- b)접합부의 강성과 내력을 계산으로 구하기 위한 주재료 등의 지압강도시험
- c)접합부의 강성과 내력을 계산으로 구하기 위한 접합구의 강도시험
- d)접합부의 강성과 내력에 대한 함수율과 하중지속기간 등의 영향에 대한
각종조정계수를 구하기 위한 접합부를 사용한 시험

본 규격에서는 이들 시험중 상기 a)에 관한 표준적인 시험방법과 평가방법에 대해 규정한다.

2. 용어의 정의

2.1 접합부

두 개 이상의 부재가 접합되는 부분의 총칭

2.2 장부

두 개 이상의 부재가 직접 또는 어느 정도 접합되는 부분

2.3 이음새

두 개의 부재들이 그 재축방향으로 접합되는 부분

2.4 주두주각접합부

주두접합과 주각접합부

2.5 횡가재접합부

기둥보접합부와 보접합부

2.6 주각접합부

기둥재와 토대의 장부 및 기둥재와 기초의 장부

또한, 기둥재가 토대단부에 접합되는 경우를 「모서리 기둥형」이라고 하고,
기둥재가 토대 중앙에 접합되는 경우를 「중앙 기둥형」이라고 부른다.
또한, 기둥재가 기초에 직접되는 경우를 「앵커형」이라고 부른다.

2.7 주두접합부

가로재 통과 방식(이른바 양승형식)의 기둥보와 기둥재의 장부

2.8 주보접합부

연직재 통과 방식(이른바 주승형식)의 기둥재와 보재의 장부

2.9 보보접합부

들보상호의 장부와 들보재 상호간의 이음새

3. 시험의 종류

- 3.1 주두주각접합부의 인장시험
- 3.2 주두주각접합부의 전단시험
- 3.3 횡가재단접합부의 재축방향인장시험
- 3.4 횡가재단접합부의 재성방향순전단시험
- 3.5 횡가재단접합부의 재성방향역전단시험
- 3.6 횡가재단접합부의 재폭방향전단시험

4. 시험조건

- 4.1 시험체의 재료는 아래 규정에 적합한 것으로 준비한다.
 - (1) 목재의 품질은 실제로 사용하는 목재의 강도등급 이하의 등급에 적합한 것으로 한다. 또한, 강도 등급 TC11B 에 적합한 목재를 사용해서 시험체를 제작한 경우, 해당 시험 결과는 강도 등급 TC11B 이상의 등급을 가진 모든 수종에 적용할 수 있다.
 - (2) 목재의 함수율은, 18%이하로 한다.
 - (3) 목재의 밀도는, $0.32\text{t/m}^3 \sim 0.58\text{t/m}^3$ 의 범위(함수율이 15%때)를 표준으로 하고, 실제로 사용하는 수종 중에서, 가장 밀도가 낮은 수종을 시험체 재료로 채용하는 것을 원칙으로 한다.
- 4.2 시험체에 사용하는 부재의 단면치수는 건축물에서 사용되는 실체와 동일한 치수법·형상을 원칙으로 한다. 또한 시험체에 이용하는 부재의 길이는 시험결과에 영향이 나오지 않도록 설정한다.
- 4.3 동일 형태·치수의 시험체 수는 예비시험에서는 1 체, 이 시험에서는 6 체 이상을 원칙으로 한다. 단, 각 부의 치수나 재료의 품질을 파라미터로 한 일련의 시험에 의한 경우에는 동일조건의 시험체수를 6 구 미만으로 할 수 있다.
- 4.4 기온 $20 \pm 3^\circ\text{C}$, 습도 $65 \pm 5\%$ 의 항온항습조건에서 조습한 시험체를 이용할 것을 표준으로 한다.

다만 특이한 사용환경에서 사용되는 접합부 시험 등 특별한 목적을 위한 시험의 경우 또는 시험장의 제약 등으로 인하여 위의 조건과 다른 경우에는 그 습도 조건을 기록한다.
- 4.5 시험 실시기관과 실시장소는 국내와 국외 어느 곳이라도 좋다. 또한 국외 실시기관의 시험보고서는 한국어 또는 영어로 번역한다.

5. 시험방법

- 5.1 시험체의 설치방법은 이하의 규정에 적합한 것을 표준으로 한다.

1 주두주각접합부의 인장시험에서는 그림 A.5.1-1 에 나타난 방법으로 시험체를 설치한다.

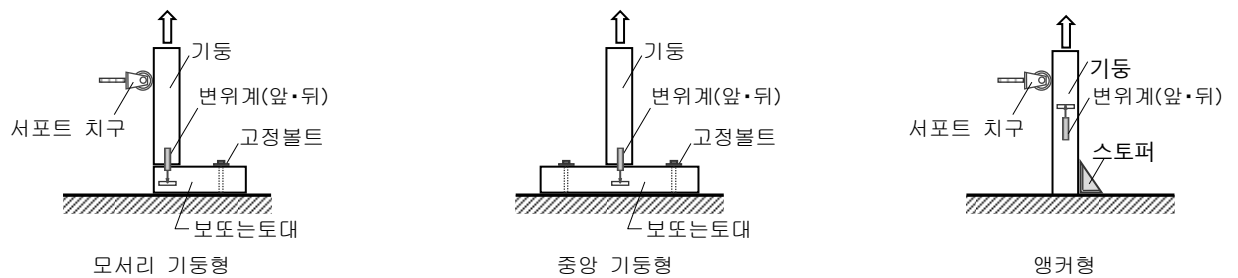


그림 A.5.1-1 주두주각접합부의 인장시험의 시험체 설치방법 예시

2 주두주각접합부의 전단시험에서는, 그림 5.1-2 에 나타난 것과 같은 방법으로 시험체를 설치한다.

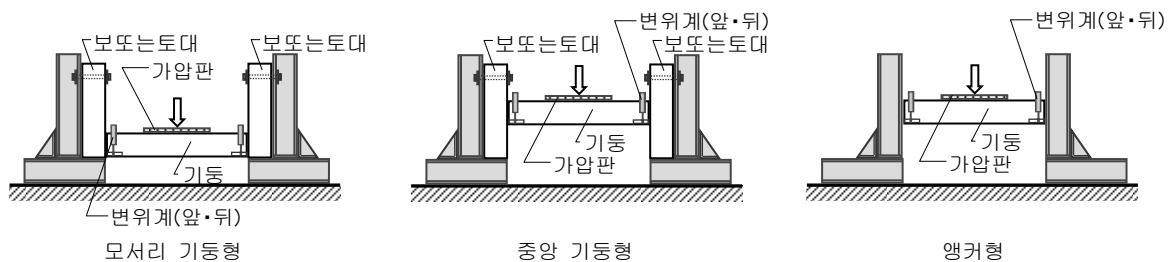


그림 A.5.1-2 주두주각접합부의 전단시험의 시험체 설치방법 예시

3 횡가재단접합부의 재축방향 인장시험에서는 그림.5.1-3 에 나타난 것과 같은 방법으로 시험체를 설치한다.

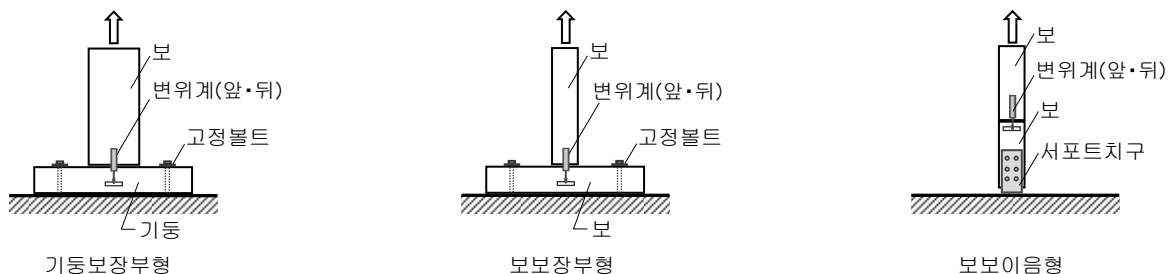


그림 A.5.1-3 횡가재단접합부의 인장시험의 시험체 설치방법 예시

4 횡가재단접합부의 재성방향 전단시험에서는 그림 A.5.1-4 에 나타난 것과

같은방법으로 시험체를 설치한다.

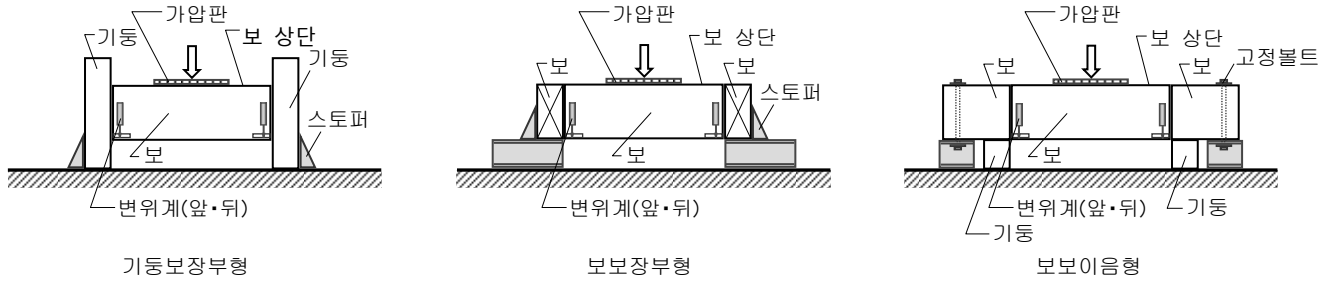


그림 A.5.1-4 횡가재단접합부의 재성방향 전단시험체의 시험체 설치방법 예시

5 횡가재단접합부의 재성방향 역전단시험에서는, 그림 A.5.1-5 에 나타난 것과 같은 방법으로 시험체를 설치한다.

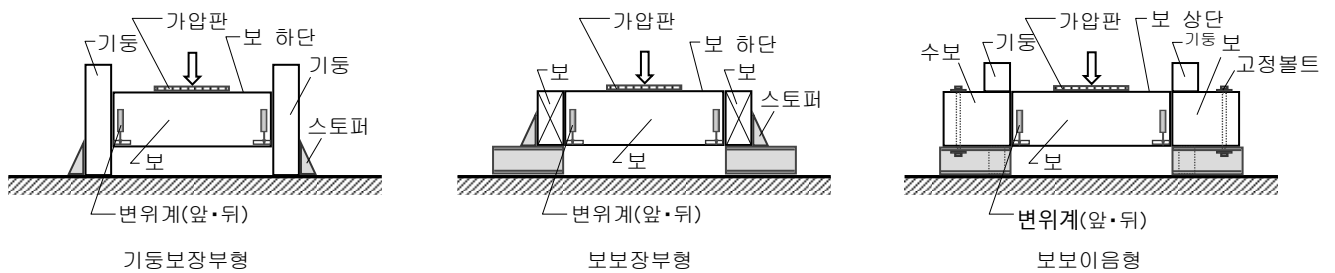


그림 A.5.1-5 횡가재단접합부의 재성방향 역전단시험의 시험체 설치방법 예시

6 횡가재단접합부의 재폭방향 전단시험에서는, 그림 A.5.1-6 에 나타난 것과 같은 방법으로 시험체를 설치한다.

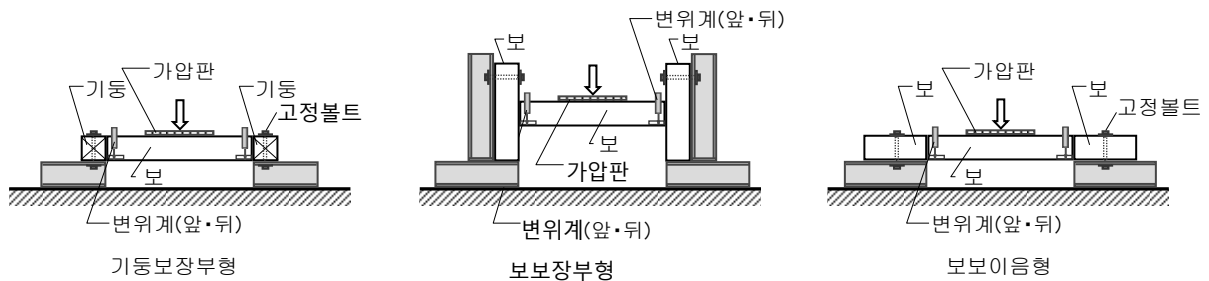


그림 A.5.1-6 횡가재단접합부의 재폭방향전단시험의 시험체 설치방법 예시

5.2 접합부시험의 가력방법은 이하의 규정에 적합한 것을 표준으로 한다.

- 1 예비시험에서는 단조가력으로 하고 본시험에서는 단축반복가력으로 한다.
- 2 본 시험에서는 단조가력시험에서 얻어진 항복변위의 1/2, 1, 4, 6, 8, 12, 16 배의 순서로 반복가력을 실시한다. 또한 항복변위를 얻을 수 없는 경우에는 최대하중시 변위의 1/10, 2/10, 3/10, 4/10, 5/10, 6/10, 7/10, 1의 순서로 반복하여 가력을 실시한다.
- 3 가력은 최대하중을 경과한 후 최대하중의 80%에 하중이 감소하는 시점 또는 접합부가 파괴하는 시점 중 어느 하나의 시점까지 실시한다.
- 4 단조가력에서는 시험에서 최대하중에 도달할 때까지의 시간을 5 분에서 10 분을 표준으로 한다. 또한 반복 가력의 가력속도는 매초 0.1mm 에서 10mm 의 범위에서 적절하게 정한 일정한 속도로 하는 것이 바람직하다.

5.3 변위계측에서는 이하의 규정에 적합한 것을 표준으로 한다.

- 1 변위계를 이용하여 부재간의 상대변위와 부재의 절대변위 중 어느 하나 또는 양쪽을 측정한다.
- 2 시험체의 전후 2 곳에 변위계를 설치하는 경우 측정변위의 평균값을 당해부분의 변위로 한다.

6 평가방법

6.1 구조특성치는 이하의 규정에 적합한 것을 표준으로 한다.

- 1 접합부의 포락선은 최종적으로 파괴한 접합부의 하중변위곡선으로 작성한다. 첫 시작의 계측점을 최고치까지 연결한다. 그 후에는 각 반복가력의 최고치 및 그 사이의 계측점을 순차적으로 연결하여 최대하중 이후에는 계측점을 모두 연결한다.
- 2 항복내력 P_y 는 $0.1P_{max}$ 와 $0.4P_{max}$ 를 연결하는 선과, $0.4P_{max}$ 와 $0.9P_{max}$ 를 연결하는 직선구배에서 하중변위곡선(포락선)에 접하는 직선과의 교점에서 하중값으로 한다. 여기에서, P_{max} 는 최대내력으로 한다.
- 3 항복변위 δ_y 는 접합부가 처음으로 항복내력 P_y 에 도달한 시점의 변위로 한다.
- 4 최대내력 P_{max} 는 최종변위 δ_u 에 도달하기까지의 최대하중의 값으로 한다.
- 5 종국변위 δ_u 는 접합부의 파괴시 변위, 최대하중 경과후의 $0.8P_{max}$ 에 도달한 시점의 변위, 특정변위 내 최소의 값으로 한다. 또한, 표준적인 특정변위의 값은 30mm 로 한다.
- 6 초기강성 K 는 원점과 항복점을 연결하는 직선의 기울기로 한다. 단, 항상 한방향의 힘을 받는 접합부에서는 초기슬립을 제외하고 평가해도 좋다.

- 7 종국내력 P_u 는 종국변위 δ_u 까지의 에너지 흡수량이 하중변위곡선(포락선)과 등가가 되도록 치환된 완전탄소성형 모델의 항복내력 값으로 한다.
- 8 항복점변위 δ_v 는 종국내력 P_u 에 달한 시점의 완전탄소성형모델의 변위로 한다.
- 9 소성률 μ 는 종국변위 δ_u 를 항복점 변위 δ_v 로 나눈 값($=\delta_u/\delta_v$)으로 한다.

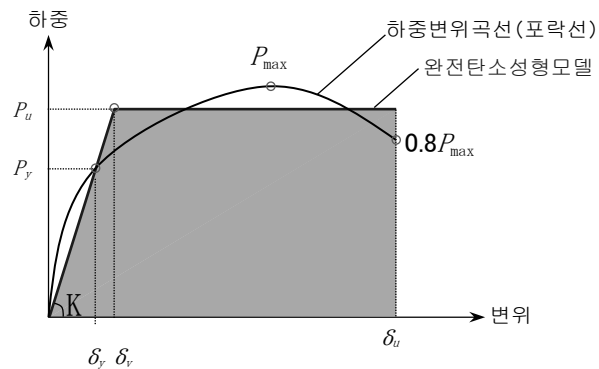


그림 A.6.1 구조특성치의 평가

K : 초기강성
 P_y : 항복내력
 P_u : 종국내력
 P_{max} : 최대내력
 δ_y : 항복변위
 δ_v : 항복점변위
 δ_u : 종국변위
 μ : 소성률 ($=\delta_u/\delta_v$)

6.2 설계용강도와 설계용강성은 아래의 규정에 따라 구하는 것을 표준으로 한다.

- 1 설계용강도는 항복내력 P_y 또는 최대내력 $P_{\max}$ 의 2/3 의 평균치에 각각의 불균형계수를 곱하여 산출한 값 중 작은 편으로 한다.
- 2 앞항의 불균형계수는 모집단의 분포형을 정규 분포로 간주하고, 통계처리에 기초한 신뢰수준 75%의 95%인 하측허용한계치를 바탕으로 식 (A.6.2)에 의해 구한다.

$$C_{TL}=1-C_V \cdot k \quad (\text{A.6.2})$$

C_{TL} : 불균형계수

C_V : 변동계수

k : 신뢰수준 5%의 95% 하측허용한계치를 구하기 위한 계수로 표.6.2의 규정에 따라 값을 구한다.

- 3 설계용강성은 초기강성의 신뢰수준 75%의 50% 하측허용한계치를 적용한 것을 표준으로 한다. 또한, 신뢰수준 75%의 50% 하측허용한계치를 구하기 위한 계수 k 에는, 표.6.2의 수치를 적용한다.

표 A.6.2 k 의 값

시험체수	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
신뢰수준 75%의 95% 하측허용한계치를 구하기 위한 k 의 값	3.152	2.681	2.464	2.336	2.251	2.189	2.142	2.104	2.074	2.048
신뢰수준 75%의 50% 하측허용한계치를 구하기 위한 k 의 값	0.471	0.383	0.331	0.297	0.271	0.251	0.235	0.222	0.211	0.203

6.3 그 외의 설계용 특성값은 필요에 따라 시험결과를 통계적으로 처리하여 적절하게 산출한다.

부록 B 중목구조공법의 내력벽의 전단시험방법·평가방법

제 5 장의 표 5.1 에 기록되어 있지 않은 방법의 벽에 대해서는 아래에 나타낸 시험법 (혹은 ISO 21581 Timber structures -Static and cyclic lateral load test methods for shear walls) 을 사용해서 전단강도설계값 P_a 를 구할 수가 있다.

(1) 시험체

시험체는 그림 B.1 에 나타내는 것처럼 기둥과 횡가재로 이루어진 축조에 구조용 목질패널을 못박은 것으로 한다. 실제 방법에 맞춰서 축조 재료의 수종과 단면 치수, 판넬 두께와 못 종류, 못질 간격 등을 적절하게 시공한다. 간주재 등에 대해서도 동일하다. 시험체의 높이, 폭에 대해서도 실제로 사용하는 벽에 맞춘 표준 치수로 한다.

주두주각의 장부는 짧은 장부 접합으로 하고, 길이 90mm 정도의 못을 박는다. 또한 주두주각 접합부가 선행 파괴되지 않도록 끌어당김 철물(Hold-down 철물)로 연결한다.

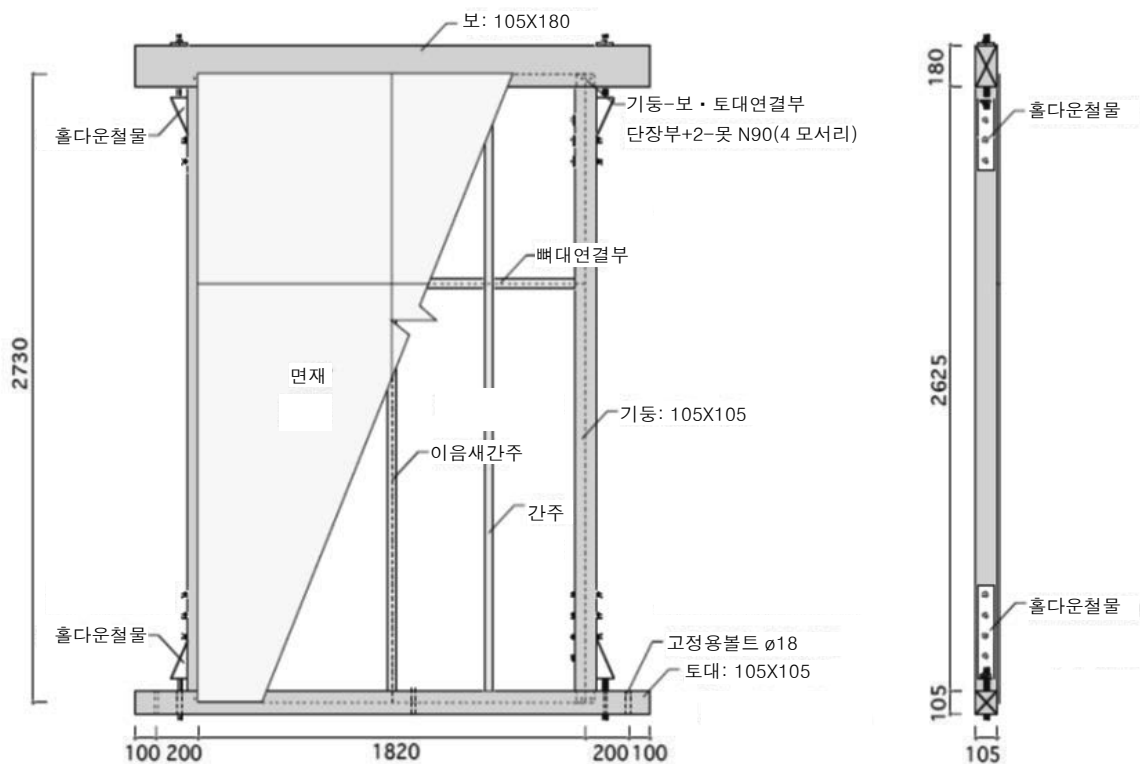


그림 B.1 내력벽시험체의 구성 예시

(2) 가력방법

가력은 그림 B.2에 나타난 것처럼 주각고정식의 단면전단시험으로 한다. 시험체는 기초상당발판에 앵커볼트로 고정하고 주각접합부에 부착한 끌어당김 철물의 볼트를 발판에 연결한다. 도리의 한쪽을 잭으로 잡아 수평력을 준다. 가력은 정부교번가력으로 하고, 전단변형각에서 $1/450\text{rad}$ 부터 $1/50\text{rad}$ 까지 서서히 변형각을 크게 하면서 반복 가력을 실시하며, 최종적으로 한 방향으로 시험체가 파괴되거나 $1/15\text{rad}$ 를 초과할 때까지 가력을 실시한다.

시험체의 도리 및 토대의 수평변위 및 양단 기둥의 연직방향변위를 변위계로 계측하고 잭에 부착된 로드셀로 하중을 계측한다.

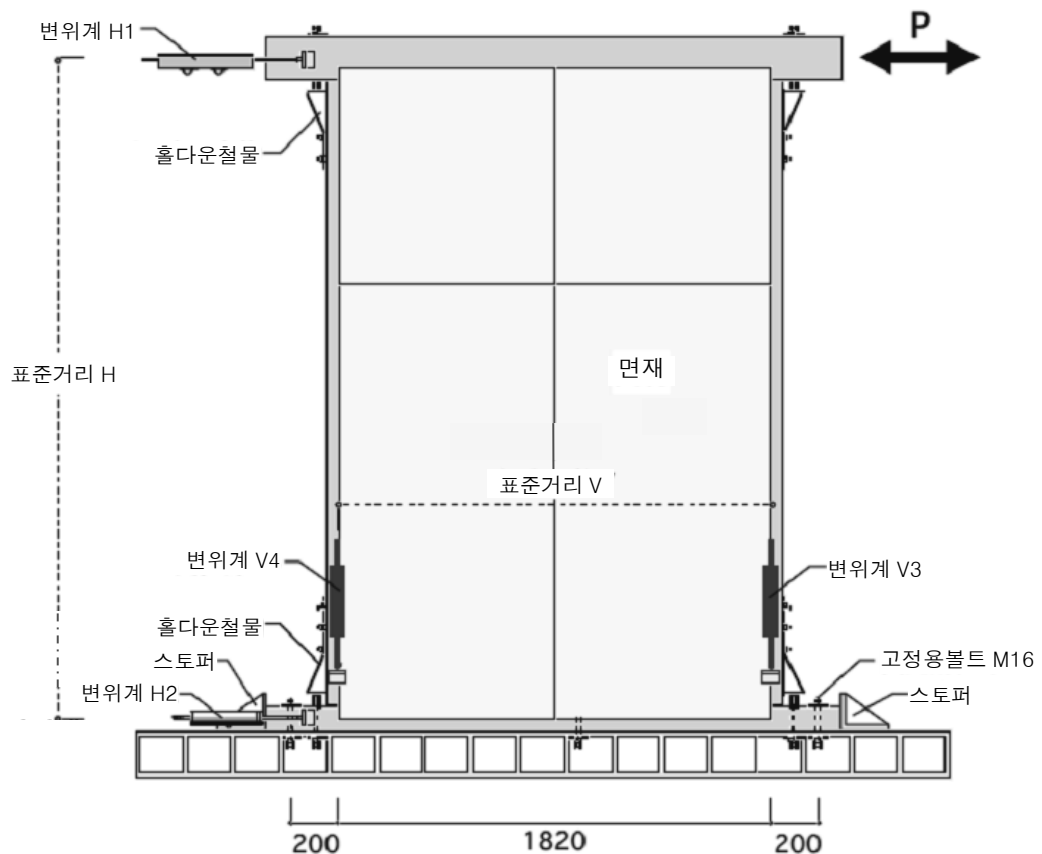


그림 B.2 가력방법

(3) 평가방법

① 하중-변형각 관계

시험체에 가해진 하중과 각부 변형량으로부터 구한 전단변형각에서 아래에 따라 하중-변형각 관계를 구하고, 그것을 바탕으로 포락선을 구한다.

○전단변형각의 산출

외관전단변형각 $\gamma = (\delta_1 - \delta_2) / H$ (rad)

각부의 전단변형각 $\theta = (\delta_3 - \delta_4) / V$ (rad)

사실전단변형각 $\gamma_0 = \gamma - \theta$ (rad)

단, δ_1 : 보재의 수평방향변위 (mm) (변위계 H1)

δ_2 : 토대의 수평방향변위(mm) (변위계 H2)

H : 변위계 H1 과 H2 의 간 거리 (mm)

δ_3 : 주각부의 연직방향변위 (mm) (변위계 V3)

δ_4 : 주각부의 연직방향변위 (mm) (변위계 V4)

V : 변위계 V3 와 V4 간의 거리 (mm)

○포락선의 작성

포락선은 그림 B.3 에 나타내는 것과 같이 최종 파괴시킨 층의 하중-변형각 곡선으로 작성한다. 포락선은 곡선의 가장 외측의 측정점을 연결하도록 하여 작성하여 파괴에 의해 급격히 하중이 감소한 경우나 최대하중 이후에는 하중저하부분도 포락선에 포함하는 것으로 한다.

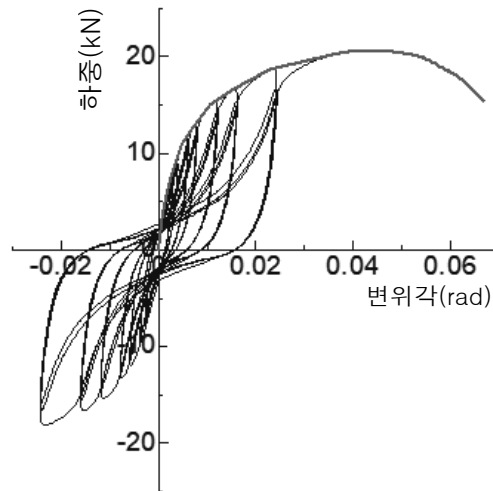


그림 B.3 하중-변형각곡선을 기준으로 한 포락선을 잡는 방법의 예시

② 전단강도설계값 P_a 의 산정

전단강도설계값 P_a 는 포락선을 그림 B.4 에 제시하는 방법으로 완전탄소성 모델화하여 각종 특성치를 구하고, 이하의 (a)~(d)의 최소값을 구해 얻은 내력벽의 기준 전단내력 P_0 (kN/m)에 내구성이나 시공성을 고려한 저감계수 α 를 곱하여 결정한다.

$$P_0 = \min(P_{1/120}, 2/3P_{\max}, P_y, 0.2P_u/Ds) \quad (\text{kN/m})$$

$P_{1/120}$: 외관전단변형각 γ 가 1/120rad 일 때의 내력

$2/3P_{\max}$: 최대내력 $P_{\max}$ 에 2/3 를 곱한 값

P_y : 하복내력

$0.2P_u/D_s$: 종국내력 P_u 에 $(0.2/D_s)$ 를 곱한 값

또한 이 값들은 시험결과의 편차를 고려한 신뢰수준 75%의 50% 하한허용 한계치로 한다. 전단강도설계값 P_a 는 기준 전단내력 P_0 에 저감계수 α 를 곱해서 결정한다. α 는 다음 4 가지 영향을 감안하여 정하며, 0.7~1.0 의 범위에서 결정한다.

$$P_a = P_0 \times \alpha \quad (\text{kN/m})$$

저감계수 α 로서 고려해야하는 항목 :

- (1) : 장기적으로 사용하는 패널이나 못의 강도 저하
- (2) : 건설 시에 비에 젖었을 경우의 강도 저하
- (3) : 못의 파손 등 시공의 불균형에 관한 강도 저하
- (4) : 끈기가 없는 등에 의해 공학적 판단이 필요하다고 여겨지는 경우의 강도저감

③ 전단강성 K 의 산정

전단강성 K 는, 다음 식으로 구한다.

$$\text{전단강성 } K = P_y / D_y \quad (\text{kN/m/rad})$$

단, D_y : 항복내력시의 변형각 (rad)

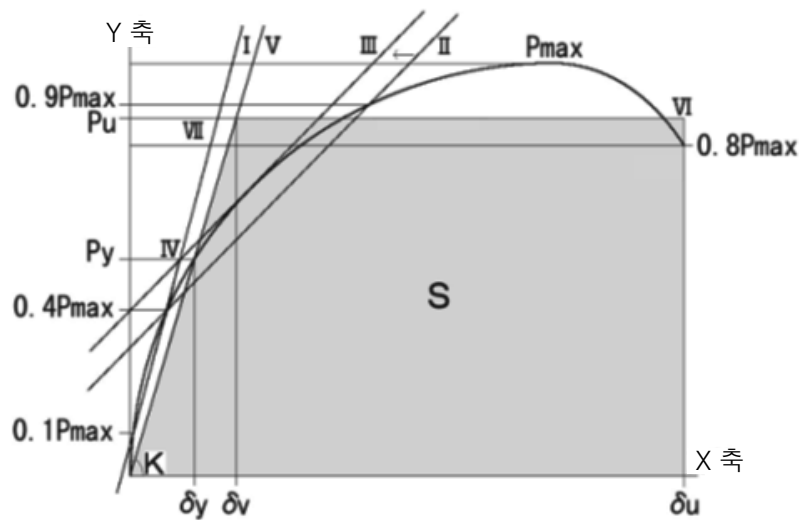


그림 B.4 포락선의 완전 탄소성모델화와 특성값의 산정

부록 C 중목구조공법의 바닥조, 지붕내력벽의 전단시험방법 · 평가방법

제 5 장의 표 5.2, 표 5.3 에 기재되어 있지 않은 방법의 바닥조, 지붕에 대해서는 부록 B 와 같은 시험법을 사용해 전단강도 설계치 P_a 를 구할 수 있다.

(1) 시험체

구조용 목질패널을 칸 바닥구면의 면내 전단시험체의 예를 그림 C.1 에, 지붕구면의 면내 전단시험체의 예를 그림 C.2 에 나타냈다. 내력벽 시험과 마찬가지로 실제 방법에 맞추어 목재의 수종과 단면치수, 판넬의 두께와 못의 종류, 못질 간격 등을 적절하게 시공한다.

(2) 가력방법

부록 B (2)와 동일하게 한다.

(3) 평가방법

부록 B (3)과 동일하게 한다.

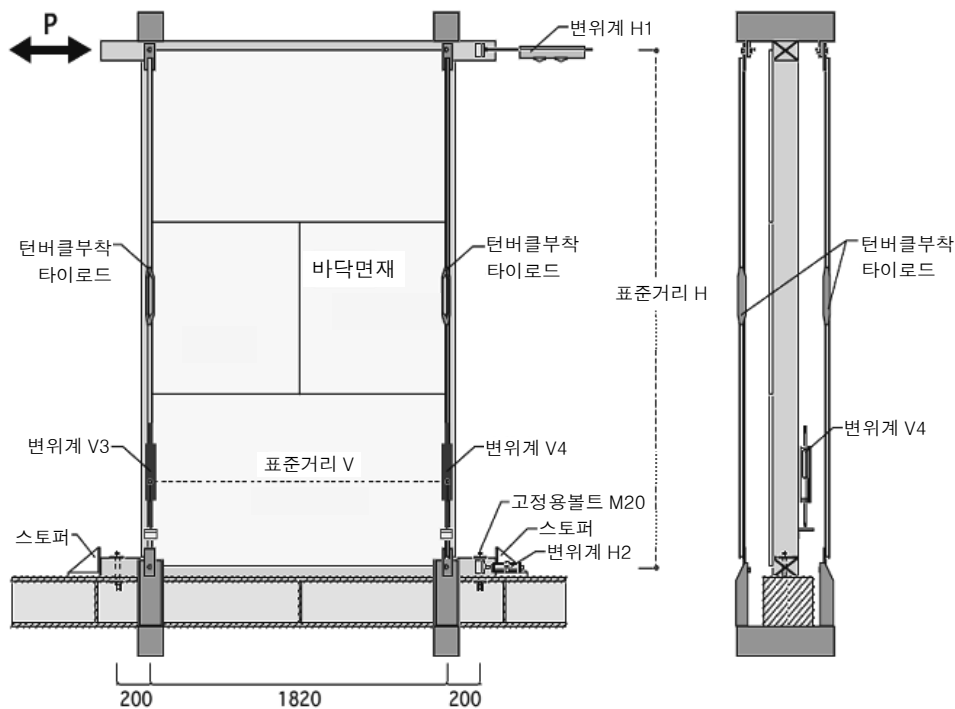


그림 C.1 바닥구면 시험체의 구성예시

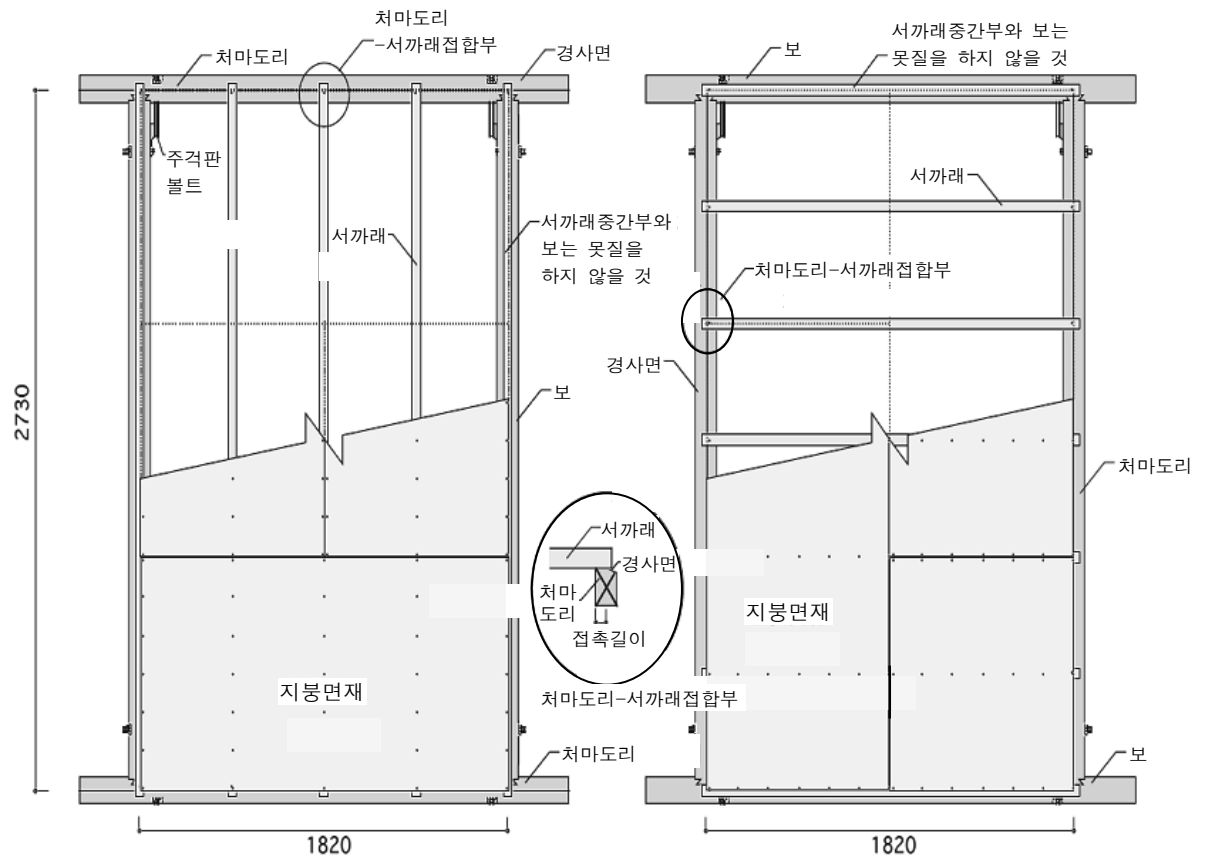


그림 C.2 지붕구면 시험체의 구성예시

부록 D 풍압력과 지진력의 산정방법과 간이계산법 (필요수평내력계산법) 의 유도방법

1 건물의 중요도와 중요도계수 (I_E , I_W , I_S)

1.1 건물의 중요도와 중요도계수 (I_E , I_W , I_S)

건축물의 중요도 (KDS 41 10 05 : 3. 건축물의 중요도분류) 는 용도와 규모에 따라 다음과 같이 중요도 (특) , 중요도 (1) , 중요도 (2) 와 중요도(3) 으로 분류한다. 단, 2 개 이상의 건물에 공유되는 부분 또는 1 개의 구조물이 동일한 중요도에 속하지 않는 2 개 이상의 용도에 사용되는 경우에는 가장 큰 중요도를 적용해야 한다.

【중요도(특)】

- (1) 연바닥면적 1,000m² 이상의 위험물의 보존과 처리시설
- (2) 연바닥면적 1,000m² 이상의 국가 혹은 지방자치단체 청사 · 외국공관 · 소방서 · 발전소 · 방송국 · 전신전화국
- (3) 종합병원, 수술시설과 구급시설이 있는 병원
- (4) 지진과 태풍, 기타 비상시의 긴급피난수용시설로 지정된 건축물

【중요도(1)】

- (1) 연바닥면적 1,000m² 미만의 위험물의 보존과 처리시설
- (2) 연바닥면적 1,000m² 미만의 국가 혹은 지방자치단체의 청사 · 외국공관 · 소방서 · 발전소 · 방송국 · 전화국
- (3) 연바닥면적 5,000m² 이상의 회장 · 집회장 · 관람장 · 전시장 · 운동시설 · 판매시설 · 운수설비(화물터미널과 집배송시설은 제외)
- (4) 아동관련시설 · 노인복지시설 · 사회복지시설 · 근로복지시설
- (5) 5 층 이상의 숙박시설 · 오피스빌딩 · 기숙사 · 아파트
- (6) 학교
- (7) 수술시설과 구급시설이 모두 없는 병원, 기타 연면적 1,000 m² 이상의 의료시설로서 중요도(특)에 해당하지 않는 건축물

【중요도(2)】

- (1) 중요도 (특) , (1) , (3) 에 해당되지 않는 건축물

【중요도(3)】

(1) 농업시설, 소규모창고

(2) 가설구조물

지진력에 대한 중요도계수 I_E (KDS 41 17 00:2.2 건축물의 내진등급과 중요도계수), 풍압력에 대한 중요도계수 I_W (KDS 41 10 15:5 풍하중), 적설하중에 대한 중요도계수 I_S (KDS 41 10 15:4 적설하중)는 아래 표에서 나타낸 것 같다.

표 D.1 지진력에 대한 중요도계수 I_E

건축물의 중요도 ¹⁾	내진평가	내진설계의 중요도계수 I_E
중요도(특)	특	1.5
중요도(1)	I	1.2
중요도(2)、(3)	II	1.0
¹⁾ KDS 41 10 05(3)에 의한다.		

표 D.2 풍압력에 대한 중요도계수 I_W

중요도분류	초고속건축물	특	1	2	3
중요도계수 I_W	1.05	1.00	1.00	0.95	0.90
주) 초고층건축물은, 50 층 건물 이상의 건축물 또는 200m 이상의 건축물					

표 D.3 적설하중에 대한 I_S

중요도	특	1	2	3
중요도계수 I_S	1.2	1.1	1	0.8

2 지진력에 대한 필요내력의 산출

최대 고려 지진은 내진 설계에서 고려되는 최대 지진으로 국가지진 해저드맵의 2400 년 재현 주기에 해당한다. 기본설계지진은 스펙트럼 가속도가 최대 고려 지진에 의한 값의 2/3 수준에 대응하는 지진으로 한다. (KDS 41 17 00:2.3 지진 리스크)

내진안전성을 위해 건축물의 내진설계에서 고려되어야 할 내진등급별 최저성능

목표(KDS 41 17 00:2.4 성능의 목표)는 아래 표와 같다.

표 D.4 건축물의 내진등급별 최저성능 목표

내진평가	성능의 목표		설계지진
	재현주기	성능수준	
특	2400 년	인명보호	기본설계지진×중요도계수 (I_E)
	1000 년	기능의 실행	-
I	2400 년	붕괴방지	-
	1400 년	인명보호	기본설계지진×중요도계수 (I_E)
II	2400 년	붕괴방지	-
	1000 년	인명보호	기본설계지진×중요도계수 (I_E)

지진구역, 지진구역계수 (Z), 평균재현주기성 리스크계수 (I) 는 아래의 표와 같다. (KDS 17 10 00 : 4.2 지진재해)

설계 스펙트럼 가속도 산정을 위한 효과적인 지반가속도(S)는 지진구역계수(Z)에 2400 년 재현주기에 대응하는 위험계수(I) 2.0 을 곱한 값으로 하거나 국가지진 해저드맵(그림 D.1)에서 구할 수 있다. 다만 국가지진 해저드맵을 이용해 결정한 S 는 지진구역계수 위험계수를 곱해 구한 S 값의 80%보다 작으면 안 된다. (KDS 41 17 00:3 지진구역 및 지진구역 계수)

표 D.5 지진구역

지진구역	행정구역	
I	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종
	도	경기, 충북, 충남, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도, 강원남부 ¹
II	도	강원북부 ² , 제주

¹강원남부 (군, 시) : 영월, 상동, 삼척, 강릉, 동해, 원주, 태백
²강원북부 (군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 구, 인제, 고성, 양양, 춘천, 속초

표 D.6 지진구역계수 (평균재현주기 500 년에 상당)

지진구역	I	II
지진구역계수	0.11	0.07

표 D.7 위험계수

평균재현주기 (년)	50	100	200	500	1,000	2,400	4,800
위험계수	0.40	0.57	0.73	1	1.4	2.0	2.6

국지적 토질조건, 지질조건과 지표와 지하지형이 지반의 움직임에 미치는 영향을 고려하기 위해 지반을 S1, S2, S3, S4, S5, S6 등 6 종류로 분류한다. 단 기반암은 전단파 속도가 760m/s 이상인 층으로 정의한다. (KDS 17 10 00:4.2.1.2 지반의 분류)

표 D.8 지반의 분류

지반의 종류	지반종류의 호칭	분류기준	
		기반암의 깊이, H (m)	토층의 평균 전단파속도 (m/s)
S1	암반지반	1 미만	-
S2	얕은 고체지반	1~20 이하	260 이상
S3	얕고 부드러운 지반		260 미만
S4	깊고 단단한 지반	20 을 초과	180 이상
S5	깊고 부드러운 지반		180 미만
S6	부지 고유의 특성 평가와 지반 응답 해석이 필요한 지반		

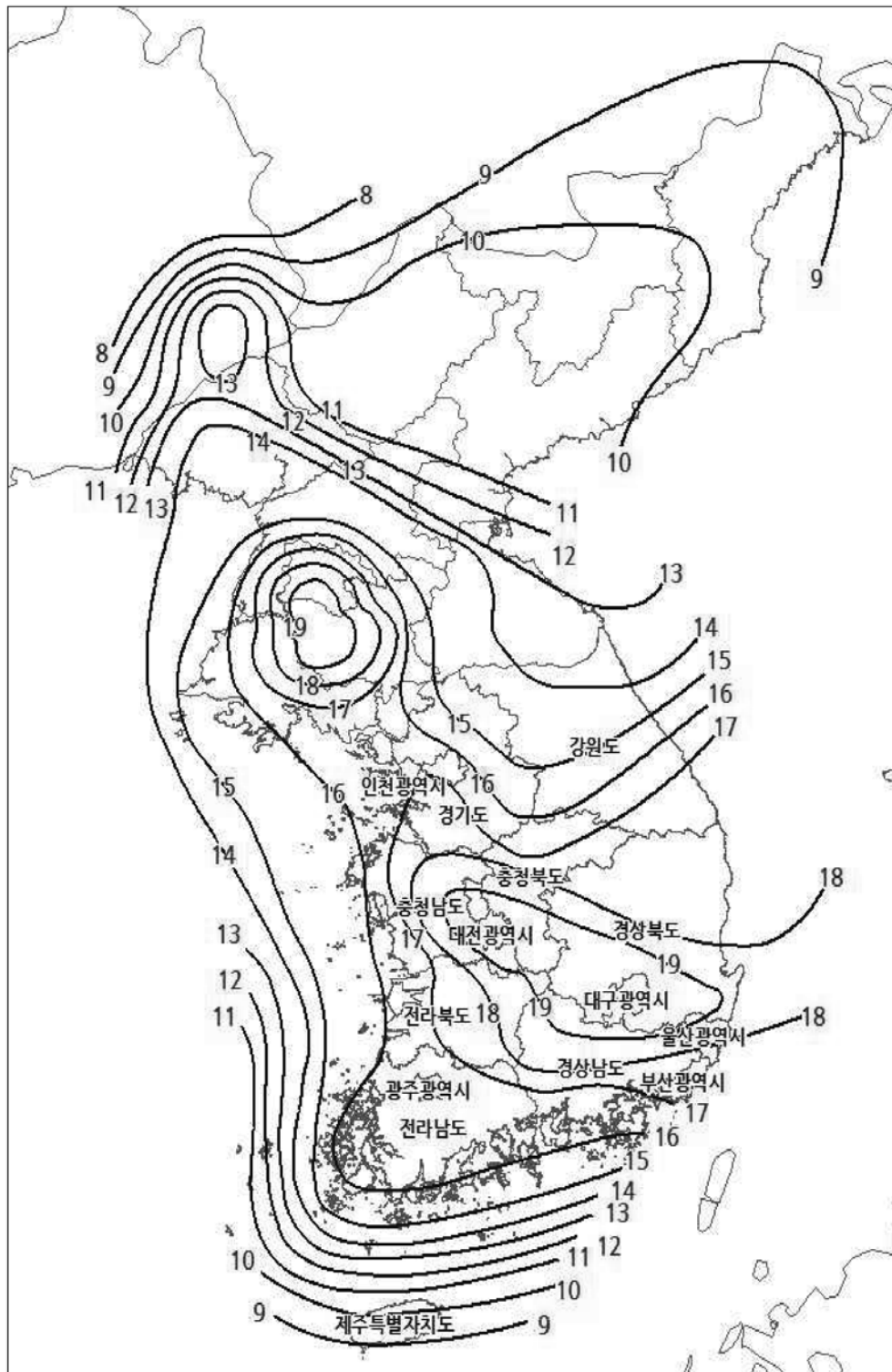


그림 D.1 국가 지진 위험 지도, 재현 주기 2400 년 최대 고려 지진의 유효 지반 가속도 (S) % (소방방재청, 2013)

단주기와 주기 1 초의 설계 스펙트럼 가속도 S_{DS} , S_{D1} 은 아래 식에 의해 산정한다. 여기에서 F_a 와 F_v 는 각각 아래 표에 규정된 지반 증폭계수이다. (KDS 41 17 00:4.2.2 단주기와 1 초 주기의 설계 스펙트럼 가속도)

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3$$

$$S_{D1} = S \times F_v \times 2/3$$

또한 지반 분류가 S5 이고 기반암의 깊이가 불분명할 때는 F_a 와 F_v 값의 110%를 적용한다. (KDS 41 17 00:4.2.2 단주기와 1 초 주기의 설계 스펙트럼 가속도)

표 D.9 단주기 지반증폭계수 F_a

지반의 종류	지진지역		
	$S \leq 0.1$	$S = 0.2$	$S = 0.3$
S1	1.12	1.12	1.12
S2	1.4	1.4	1.3
S3	1.7	1.5	1.3
S4	1.6	1.4	1.2
S5	1.8	1.3	1.3
* S 는 설계 스펙트럼 가속도 산정식에 적용된 값이다. 위의 표에서는 S 의 중간값에 대해 직선 보간한다.			

표 D.10 1 초주기 지반증폭계수, F_v

지반의 종류	지진지역		
	$S \leq 0.1$	$S = 0.2$	$S = 0.3$
S1	0.84	0.84	0.84
S2	1.5	1.4	1.3
S3	1.7	1.6	1.5
S4	2.2	2.0	1.8
S5	3.0	2.7	2.4
* S 는 설계 스펙트럼 가속도 산정식에 적용된 값이다. 위의 표에서는 S 의			

중간값에 대해 직선 보간한다.

반응 수정 계수 R, 시스템 초과 강도 계수 Ω_0 , 변위 증폭 계수 C_d 가 정해져 있다. 목구조에 적용되는 지진력 저항 시스템의 설계 계수를 아래 표에 나타낸 것과 같다. (KDS 41 17 00:6.1 지진력 저항 시스템의 설계 계수)

표 D .11 목구조의 지진력 저항시스템의 설계계수

기본지진력 저항시스템	설계계수			지진설계의 분류에 따른 시스템의 제한과 깊이 (m) 제한		
	반응수정 계수 R	시스템 초과강도계수 Ω_0	변위증폭 계수 C_d	A 또는 B	C	D
1. 내력벽 시스템						
1-e 경골목조내진벽	6.0	3.0	4.0	가능	가능	가능
2. 건물골조 시스템						
2-r 경골목조내진벽	6.5	2.5	4.5	가능	가능	가능

여기서 내력벽시스템은 수직하중과 횡하중을 벽에 지지하는 지진력 저항시스템으로 벽은 지진하중에 대해 충분한 면내횡강성과 횡강도를 발휘해야 한다. 건물 골조 시스템은 수직하중은 보, 슬래브, 기둥으로 구성된 골조가 저항하고, 지진하중은 전단벽이나 가설골조 등이 저항하는 지진력 저항 시스템이다. 따라서 중목구조공법은 「건물 골조 시스템」으로서 설계한다.

저면 전단력 V 는 아래 식에 따라 구한다. (KDS 41 17 00:7.2.1 저면 전단력)

$$V = C_s W$$

여기에서, C_s : 하식에 근거해 산정한 지진응답계수

W : 고정하중 등을 포함하는 유효건물의 중량

지진응답계수 C_s 는 하식에 근거해 구한다. (KDS 41 17 00 : 7. 2. 2 지진응답계수)

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{\left[\frac{R}{I_E}\right]}$$

이 식에 근거해 산정한 지진응답계수는 다음 값을 넘지 않아도 된다.

$$T \leq T_L : \quad C_s = \frac{S_{D1}}{\left[\frac{R}{I_E}\right] T}$$

$$T > T_L : \quad C_s = \frac{S_{D1} T_L}{\left[\frac{R}{I_E}\right] T^2}$$

그러나, 지진응답계수 C_s 는 다음 값 이상이어야 한다.

$$C_s = 0.044 S_{DS} I_E \geq 0.01$$

여기에서, I_E : 건축물의 중요도계수

R : 응답수정계수

S_{DS} : 단주기의 설계스펙트럼 가속도

S_{D1} : 주기 1 초에서의 설계스펙트럼 가속도

T : 건축물의 고유주기 (초)

T_L : 5 초

근사 고유주기 T_a (초)는 아래 식에 의해 구한다. 목구조의 근사 기본 진동 주기(T_a)를 산정하기 위한 값으로 0.0488 을 적용할 수 있다. (KDS 41 17 00:7.2.4 고유주기의 약산법)

$$T_a = C_t h_n^x$$

여기에서, $C_t=0.0466$, $x=0.9$: 철근 콘크리트 모멘트 골조

$C_t=0.0724$, $x=0.8$: 철골 모멘트 골조

$C_t=0.0731$, $x=0.75$: 철골편심보강골조와 철골좌굴방지보강골조

$C_t=0.0488$, $x=0.75$: 철근콘크리트내진벽의 구조, 그 외 골조

h_n : 건축물의 저면에서 최상층까지의 전체 높이 (m)

저면 전단력을 수직 분포시킨 각층 지진력 F_x 는 아래 식에 따라 구한다. 목구조에서는 지진력의 연직분포산정에 적용되는 건물주기에 따른 분포계수 k 의 값에 목구조건축물에 대해서는 1 을 적용한다.(KDS 41 17 00:7.2.5 지진력의 연직 분포)

$$F_x = C_{vx} V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

여기에서, C_{vx} : 수직분포계수

k : 건축물 주기에 따른 분포 계수

$k=1$: 0.5 초 이하의 주기를 가진 건축물

$k=2$: 2.5 초 이상의 주기를 가진 건축물

단 0.5 초와 2.5 초 사이의 주기를 가진 건축물의 경우, k 는 1 과 2 사이의 값을 선형보간법으로 구한다.

h_i, h_x : 저면에서 i 또는 x 층까지의 높이

V : 저면전단력

w_i, w_x : i 또는 x 층에서의 중량

n : 층수

x 층에서의 층전단력 V_x 는 하식의 근거해 구한다. (KDS 41 17 00 : 7.2.6.1 수평전단력의 계산)

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i$$

여기에서, F_i : i 층에 작용하는 지진력

각층에서의 층전단력을, 건물의 각층의 지진시의 전단요구치 Q_E 로 한다.

3 풍압력에 대한 필요내력의 산출

다음의 모든 조건을 충족하는 작은 규모의 건축물을 대상으로 간단히 풍하중을 산정할 때 적용할 수 있다. (KDS 41 10 15:5.14 간편법에 의한 풍하중)

1) $H \leq 20 m$

2) $\frac{H}{\sqrt{B \cdot D}} \leq 1.0$ 또는 $\frac{H}{\sqrt{A_f}} \leq 1.0$

3) 형상이 정형적이고, 단면은 대칭에 가까워야 한다.

여기에서, H : 건축물의 기준높이 (m)

B : 건축물의 대표폭 (m)

D : 건축물의 깊이 (m)

A_f : 건축물의 바닥면적 (m)

간이법에 의한 설계용수평풍하중 W_{sf} 은 다음식으로 구한다.

$$W_{SF} = 0.25 \cdot V_0^2 \cdot H^{0.44} \cdot C_e \cdot C_f \cdot A$$

여기에서, V_0 : 기본풍속 (m / s)

H : 건축물의 기준높이 (m)

C_e : 건설지 주변의 지표면 상황에 따라 정하는 환경계수로 통상 1.0 을 사용하고, 장애물이 없는 평탄지일 경우에는 1.5, 바다가 있을 경우에는 2.0 으로 한다

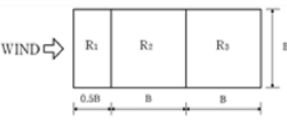
C_f : 풍력계수

A : 유효수압면적 (m²)

표 D.12 저층건축물의 설계용 외압계수

대상	구분	C_e
상면 C_{ei}	$B/H > 1$	0.6
바람과 C_{ef}	$D/B = 0 \sim 1$	-0.5
	$D/B \geq 2$	-0.3
지붕면 C_{er}	R_1	-1.0
	R_2	-0.7
	R_3	-0.3

주) R_1 : 상층의 지붕골로부터 풍하중에 $0.5B$ 의 거리까지의 지붕
 R_2 : 거리 $0.5B$ 부터 $1.5B$ 의 거리까지의 지붕
 R_3 : 거리 $0.5B$ 부터 풍하중단까지의 지붕
 $0.5B$ 와 $1.5B$ 의 풍간격은 직선간보에서 사용한다.



지붕면

기본풍속은 지상 10m 의 높이에서 10 분간의 평균풍속의 재현주기 100 년의 값이며, 건설장소가 있는 지역에 따라 그림 D.2 또는 표 D.13 에서 정한다. 다만, 건설지점 부근의 유효한 바람관측 데이터가 있는 경우에는 그 값에 따라 설정할 수 있다. 이 경우 풍속의 데이터를 처리할 때에 인정된 극단통계해석법을 사용하여 재료의 길이, 측정오차, 평가시간, 풍속계높이, 풍속계의 주변 지표면의 상태 등을 고려하여 풍속 데이터는 지표면 조구분인 지상 10m 에서 10 분간 평균 폭풍속의 재현기간 100 년 값으로 균질화해야 한다. 바람은 항상 풍속계의 주변 지표면의 상태 등을 고려하여 폭풍의 데이터는 지표면 조구분인 지상 10m 에서 10 분간 평균 폭풍속의 재현기간 100 년 값으로 균질화해야 한다. (KDS 41 10 15 건축구조의

기준설계하중 : 5.5.2 기본적인 풍속)

각층에서의 층전단력을, 건물의 각층의 풍압시의 전단요구치 Q_w 로 한다.

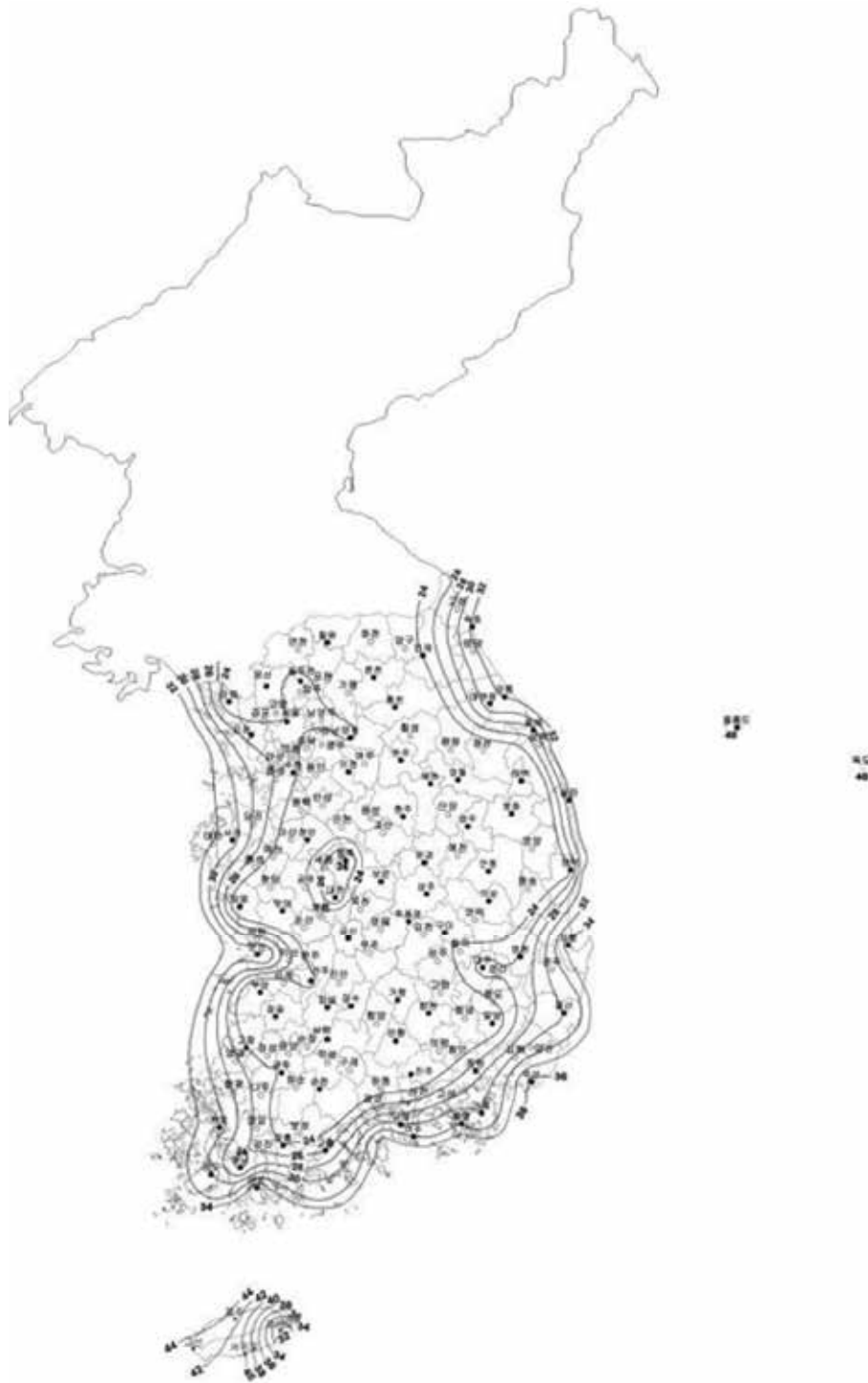


그림 D.2 기본풍속 V_0 (m / s)

표 D.13 지역별 기본풍속 V_0 (m/s)

지역		V_0 (m/s)
서울특별시 인천광역시 경기도	용	30
	인천, 강화, 안산, 시흥, 평택	28
	서울, 김포, 동, 수원, 군포, 오산, 화성, 왕, 부천, 고양, 안양, 과천, 광명, 의정부, 동두천, 양주, 파주, 포천, 남양주, 가평, 하남, 성남, 광주, 양평, 용인	26
	안성, 연천, 고파, 이천	24
강원도	속초, 양양, 강릉, 고성	34
	동해, 삼척, 홍천, 상등, 인제	30
	구	26
	철원, 화천, 춘천, 고성, 원주, 평창, 영월, 태백	24
대전광역시 충청남북도	서산, 태안	34
	당진	32
	서천, 보령, 홍성, 청주, 청원	30
	예산, 세종, 대전, 프린세스, 부여	28
	아산, 계룡, 진천	26
	천안, 증평, 청양, 논산, 금산, 음성, 충남, 제천, 단양, 귀산, 보은, 영, 옥천	24
부산광역시 대구광역시 울산광역시 경상남북	독도	40
	부산	38
	포항, 경주, 키비, 통영, 거제	36
	양산, 김해, 남해, 울산, 울주	34
	영덕, 고성	32
	울진, 창원, 사천성, 영주	30
	청송, 타라, 경산, 청도, 밀양, 하동	28
	영양, 군위, 칠곡, 성주, 달성, 성안, 고령, 창녕, 진주	26
	봉화, 영주, 예천, 문경, 상주, 추풍령, 안동, 성, 구미, 김천, 의령, 산청, 합천, 함양	24
광주광역시 전라남도	완도, 해남	36
	진보, 여수, 고흥, 신안, 무안, 진흥	34
	목포, 부안, 영암, 강진	32
	영광, 성평, 전주	30
	익산, 김제, 순천, 고창, 광양	28
	광주, 옥성, 완주, 전주, 장성	26
	무주, 진안, 장수, 임실, 정읍, 순창, 남원, 담양, 곡성, 구례	24
제주도	서귀포, 제주	

4 지진력에 대한 필요수평내력의 계산

(1)기존 한국주택 Siesta 의 중량산정

Siesta 의 각구조부위의 상정단위하중은 표 D.14 와 같다. 이것을 이용해서 이미 한국에서 건축되어 있는 Siesta (4 동) 에 대해 중량산정을 실시했다. 단, 층고를 3m 로 해서 계산했다. 중량산정의 결과는 표 D.15 ~ E.18 에 나타낸 것 같다.

표 D.14 【Siesta】 각 구조부위의 단위하중과 각종 지진력에 대한 계수

지붕	마감	카파라스기와				441	N/m ²		
	기초	30X30@290				15	N/m ²		
	걸지붕개판	t=12				59	N/m ²		
	서까래	38x89@455				36	N/m ²		
	지붕채	105x105@910				59	N/m ²		
	단열재	글라스울(R-30)				59	N/m ²		
	마감	석고보드 t=12.5				115	N/m ²		
	합계					784	N/m ²	→	790N/m ²
	지붕구배	5촌구배	1.119	x	790 =	885	N/m ²	→	890N/m ²
천장	마감	석고보드 t=12.5				115	N/m ²		
	장연					35	N/m ²		
	합계					150	N/m ²	→	150N/m ²
	지붕구배	5촌구배	1.119	x	150 =	168	N/m ²	→	170N/m ²
2층바닥	마감	t=6				29	N/m ²		
	RC+배관	t=42	24000	x	0.042 =	1008	N/m ²		
	단열재	t=50				13	N/m ²		
	수평구면	구조용합판 t=28				137	N/m ²		
	바닥조	105x270@455				271	N/m ²		
	합계					1459	N/m ²	→	1460N/m ²
2층바닥•	바닥+천장		150		+ 1460 =	1610	N/m ²	→	1610N/m ²
외벽	마감	스타코10	24000	x	0.01 =	240	N/m ²		
		(물탈메쉬5+마감5)							
	단열재					13	N/m ²		
	구조용합판					44	N/m ²		
	축조					119	N/m ²		
	마감					115	N/m ²		
	합계					531	N/m ²	→	540N/m ²
내벽	마감	석고보드 t=12.5				115	N/m ²		
	축조	105x105@455				119	N/m ²		
	마감	석고보드 t=12.5				115	N/m ²		
	합계					348	N/m ²	→	350N/m ²
1층바닥	마감					29	N/m ²		
	RC+배관		24000	X	0.043 =	1032	N/m ²		
	단열재					13	N/m ²		
	합계					1075	N/m ²	→	1080N/m ²
기초	RC	t=250	24000	x	0.25 =	6000	N/m ²		
	단열재	t=100				66	N/m ²		
	RC	t=50	24000	x	0.05 =	1200	N/m ²		
	버림콘크리트	t=200	24000	x	0.2		N/m ²		
	합계					7266	N/m ²	→	7270N/m ²

표 D.15 【Siesta01】 중량산정의 결과 (층높이 : 3000mm)

GE-SIESTA-BH01					
건축부위		수평투영면적, 연직면적		단위중량	건물중량
M2	지붕	9.205 X 6.57 = 60.477m ² → 60.477m ²		X 890 N/m ² = 53.82kN	
	천장(경사)	2.73 X 4.55 = 12.422m ² → 12.422m ²		X 170 N/m ² = 2.11 kN	
	천장(수평)	3.64 X 4.55 = 16.562m ²			
		6.37 X 4.55 = 28.984m ² → 45.546m ²		X 150 N/m ² = 6.83 kN	
	2층외벽(상반분)	12.74 X 3 / 2 = 19.110m ²			
		18.2 X 3 / 2 = 27.300m ² → 46.410m ²		X 540 N/m ² = 25.06 kN	
	2층내벽(상반분)	18.2 X 3 / 2 = 27.300m ²			
		10.92 X 3 / 2 = 16.380m ² → 43.680m ²		X 350 N/m ² = 15.29 kN	합계 103.20 kN
M1	2층외벽(하반분)	12.74 X 3 / 2 = 19.110m ²			
		18.2 X 3 / 2 = 27.300m ² → 46.410m ²		X 540 N/m ² = 25.06 kN	
	2층내벽(하반분)	18.2 X 3 / 2 = 27.300m ²			
		10.92 X 3 / 2 = 16.380m ² → 43.680m ²		X 350 N/m ² = 15.29 kN	
	2층바닥	3.64 X 3.64 = 13.250m ²			
		6.37 X 5.46 = 34.780m ²			
		0.91 X 3.64 = 3.312m ² → 51.343m ²		X 2060 N/m ² = 105.77 kN	
	지붕	2.38 X 1.465 = 3.487m ²			
		0.9625 X 2.085 = 2.007m ² → 5.494m ²		X 890 N/m ² = 4.89 kN	
	천장(경사)	2.38 X 1.465 = 3.487m ²			
		0.9625 X 2.085 = 2.007m ² → 5.494m ²		X 170 N/m ² = 0.93 kN	
	천장(수평)	3.64 X 4.55 = 16.562m ²			
		6.37 X 4.55 = 28.984m ² → 45.546m ²		X 150 N/m ² = 6.83 kN	
	1층외벽(상반분)	12.74 X 3 / 2 = 2.95m ²			
		18.2 X 3 / 2 = 27.300m ² → 30.250m ²		X 540 N/m ² = 16.34 kN	
	1층내벽(상반분)	7.84 X 3 / 2 = 11.760m ²			
		11.375 X 3 / 2 = 17.063m ² → 28.823m ²		X 350 N/m ² = 10.09 kN	합계 185.20 kN
M0	1층외벽(하반분)	12.74 X 3 / 2 = 2.95m ²			
		18.2 X 3 / 2 = 27.300m ² → 30.250m ²		X 540 N/m ² = 16.34 kN	
	1층내벽(하반분)	7.84 X 3 / 2 = 11.760m ²			
		11.375 X 3 / 2 = 17.063m ² → 28.823m ²		X 350 N/m ² = 10.09 kN	
	1층바닥	6.37 X 9.1 = 57.967m ² → 57.967m ²		X 1680 N/m ² = 97.38 kN	합계 123.90 kN
	기초(베타기초)	6.37 X 9.1 = 57.967m ² → 57.967m ²		X 720 N/m ² = 421.42 kN	합계 545.30 kN
	기초(기립부분)				

표 D.16 【Siesta02】중량산정의 결과 (층높이 : 3000mm)

CJ-JEU-SIESTA				
건축부위		수평투영면적, 연직면적		단위중량
M2	지붕	9.205 X 7.385 = 67.979m ² → 67.979m ²	X 890 N/m ² = 60.50kN	
	천장(경사)	4.55 X 4.55 = 20.703m ²		
		0.91 X 8.19 = 7.453m ² → 28.156m ²	X 170 N/m ² = 4.79 kN	
	천장(수평)	2.73 X 7.28 = 19.874m ²		
		1.82 X 10.01 = 18.218m ² → 38.093m ²	X 150 N/m ² = 5.71 kN	
	2층외벽(상반분)	14.56 X 3 / 2 = 21.840m ²		
		18.2 X 3 / 2 = 27.300m ² → 46.410m ²	X 540 N/m ² = 25.54 kN	
	2층내벽(상반분)	9.1 X 3 / 2 = 13.650m ²		
		12.74 X 3 / 2 = 19.110m ² → 32.760m ²	X 350 N/m ² = 11.47 kN	합계 109.10 kN
M1	2층외벽(하반분)	22.75 X 3 / 2 = 34.125m ²		
		18.2 X 3 / 2 = 27.300m ² → 61.425m ²	X 540 N/m ² = 33.17 kN	
	2층내벽(하반분)	9.1 X 3 / 2 = 13.650m ²		
		12.74 X 3 / 2 = 19.110m ² → 32.760m ²	X 350 N/m ² = 11.47 kN	
	2층바닥	3.64 X 15.015 = 54.655m ²		
		1.82 X 9.1 = 16.562m ²		
		1.365 X 4.55 = 6.211m ² → 77.428m ²	X 2060 N/m ² = 159.50 kN	
	지붕	4.655 X 1.4175 = 6.598m ²		
		1.2 X 1 = 1.200m ²		
		0.9625 X 2.085 = 2.007m ² → 5.494m ²	X 890 N/m ² = 8.73 kN	
	천장(경사)	4.655 X 1.4175 = 6.598m ²		
		1.2 X 1 = 1.200m ²		
		0.9625 X 2.085 = 2.007m ² → 9.806m ²	X 170 N/m ² = 1.67 kN	
	천장(수평)	3.64 X 14.105 = 51.342m ²		
		1.82 X 7.735 = 14.078m ²		
		1.365 X 4.55 = 6.211m ² → 71.631m ²	X 150 N/m ² = 10.74 kN	
	1층외벽(상반분)	16.38 X 3 / 2 = 2.95m ²		
		18.2 X 3 / 2 = 27.300m ² → 30.250m ²	X 540 N/m ² = 16.34 kN	
	1층내벽(상반분)	15.47 X 3 / 2 = 23.205m ²		
		9.1 X 3 / 2 = 13.650m ² → 36.855m ²	X 350 N/m ² = 12.90 kN	합계 254.60 kN
M0	1층외벽(하반분)	16.38 X 3 / 2 = 2.95m ²		
		18.2 X 3 / 2 = 27.300m ² → 30.250m ²	X 540 N/m ² = 16.34 kN	
	1층내벽(하반분)	15.47 X 3 / 2 = 23.205m ²		
		9.1 X 3 / 2 = 13.650m ² → 36.855m ²	X 350 N/m ² = 12.90 kN	
	1층바닥	9.1 X 7.28 = 66.248m ²		
		0.91 X 1.82 = 1.656m ² → 67.905m ²	X 1680 N/m ² = 114.08 kN	합계 143.40 kN
	기초(베타기초)	6.37 X 9.1 = 57.967m ² → 57.967m ²	X 720 N/m ² = 421.42 kN	합계 564.80 kN
	기초(기립부분)			

표 D.17 【Siesta03】중량산정의 결과 (층높이 : 3000mm)

CJ-CHONG-SIESTA1				
건축부위		수평투영면적, 연직면적		단위중량
M2	지붕	9.365 X 6.689 = 62.642m ² → 62.643m ²	X 890 N/m ² = 55.75kN	
	천장(경사)	4.55 X 1.82 = 8.281m ²		
		6.37 X 1.82 = 11.593m ²		
		9.1 X 2.73 = 24.843m ² → 44.718m ²	X 890 N/m ² = 39.80 kN	
	천장(수평)	4.55 X 1.82 = 8.281m ²		
		2.73 X 1.82 = 4.969m ² → 13.250m ²	X 150 N/m ² = 1.99 kN	
	2층외벽(상반분)	12.74 X 1.865 / 2 = 23.760m ²		
		18.2 X 3 / 2 = 27.300m ²		
		12.74 X 3 / 2 = 19.110m ² → 70.171m ²	X 540 N/m ² = 37.89 kN	
	2층내벽(상반분)	9.1 X 3 / 2 = 13.650m ²		
		10.01 X 3 / 2 = 15.015m ² → 28.665m ²	X 350 N/m ² = 10.03 kN 합계 89.80 kN	
M1	2층외벽(하반분)	18.2 X 3 / 2 = 27.300m ²		
		12.74 X 3 / 2 = 19.110m ² → 46.410m ²	X 540 N/m ² = 25.06 kN	
	2층내벽(하반분)	9.1 X 3 / 2 = 13.650m ²		
		10.01 X 3 / 2 = 15.015m ² → 28.665m ²	X 350 N/m ² = 10.03 kN	
	2층바닥	9.1 X 3.64 = 33.124m ²		
		6.37 X 2.73 = 17.390m ² → 50.515m ²	X 2060 N/m ² = 104.06 kN	
	지붕	3.926 X 1.385 = 5.438m ²		
		2.561 X 1.36 = 3.483m ² → 8.921m ²	X 890 N/m ² = 7.94 kN	
	천장(경사)	3.926 X 1.385 = 5.438m ²		
		2.561 X 1.36 = 3.483m ² → 8.921m ²	X 170 N/m ² = 1.52 kN	
	천장(수평)	4.55 X 1.82 = 8.281m ²		
		2.73 X 6.37 = 17.390m ² → 25.672m ²	X 150 N/m ² = 3.85 kN	
	1층외벽(상반분)	30.94 X 3 / 2 = 46.410m ²		
		2.73 X 3 / 2 = 4.095m ² → 50.505m ²	X 540 N/m ² = 27.27 kN	
	1층내벽(상반분)	10.465 X 3 / 2 = 15.698m ²		
		5.46 X 3 / 2 = 8.190m ² → 23.888m ²	X 350 N/m ² = 8.36 kN 합계 188.10 kN	
M0	1층외벽(하반분)	30.94 X 3 / 2 = 46.410m ²		
		2.73 X 3 / 2 = 4.095m ² → 50.505m ²	X 540 N/m ² = 27.27 kN	
	1층내벽(하반분)	10.465 X 3 / 2 = 15.698m ²		
		5.46 X 3 / 2 = 8.190m ² → 23.888m ²	X 350 N/m ² = 8.36 kN	
	1층바닥	9.1 X 6.37 = 57.967m ²		
		1.365 X 1.365 = 1.863m ² → 59.831m ²	X 1680 N/m ² = 100.52 kN 합계 136.20 kN	
	기초(베타기초)	9.1 X 6.37 = 57.967m ²		
		1.365 X 1.365 = 1.863m ² → 59.831m ²	X 720 N/m ² = 434.97 kN 합계 571.20 kN	
	기초(기립부분)			

표 D.18 【Siesta04】 중량산정의 결과 (층높이 : 3000mm)

CJ-CHONG-SIESTA2				
건축부위		수평투영면적, 연직면적		단위중량
M2	지붕	9.365 X 6.689 = 62.642m ² → 62.643m ²	X 890 N/m ² = 55.75kN	
	천장(경사)	2.73 X 2.73 = 7.453m ²		
		3.64 X 1.82 = 6.625m ²		
		1.82 X 1.82 = 3.312m ²		
		2.73 X 3.64 = 9.934m ² → 27.328m ²	X 170 N/m ² = 4.65 kN	
	천장(수평)	6.37 X 2.73 = 17.390m ²		
		2.73 X 3.64 = 9.937m ²		
		1.82 X 1.82 = 3.312m ² → 30.640m ²	X 150 N/m ² = 406. kN	
	2층외벽(상반분)	12.74 X 1.865 / 2 = 11.880m ²		
		18.2 X 3 / 2 = 27.300m ²		
		12.74 X 3 / 2 = 19.110m ² → 58.291m ²	X 540 N/m ² = 31.48 kN	
	2층내벽(상반분)	9.555 X 3 / 2 = 14.333m ²		
		12.74 X 3 / 2 = 19.110m ² → 33.443m ²	X 350 N/m ² = 11.71 kN	합계 108.20 kN
M1	2층외벽(하반분)	18.2 X 3 / 2 = 27.300m ²		
		12.74 X 3 / 2 = 19.110m ² → 46.410m ²	X 540 N/m ² = 25.06 kN	
	2층내벽(하반분)	9.555 X 3 / 2 = 14.333m ²		
		12.74 X 3 / 2 = 19.110m ² → 33.443m ²	X 350 N/m ² = 11.71 kN	
	2층바닥	6.37 X 2.71 = 17.360m ²		
		9.1 X 3.64 = 33.124m ² → 50.515m ²	X 2060 N/m ² = 104.06 kN	
	지붕	3.926 X 1.508 = 5.920m ²		
		1.36 X 2.561 = 3.483m ² → 9.404m ²	X 890 N/m ² = 8.37 kN	
	천장(경사)	3.926 X 1.508 = 5.920m ²		
		1.36 X 2.561 = 3.483m ² → 9.404m ²	X 170 N/m ² = 1.60 kN	
	천장(수평)	6.37 X 2.73 = 17.390m ²		
		9.1 X 3.64 = 33.124m ² → 50.515m ²	X 150 N/m ² = 7.58 kN	
	1층외벽(상반분)	18.2 X 3 / 2 = 2.95m ²		
		15.47 X 3 / 2 = 23.205m ² → 26.155m ²	X 540 N/m ² = 14.12 kN	
	1층내벽(상반분)	12.427 X 3 / 2 = 18.641m ²		
		8.75 X 3 / 2 = 13.125m ² → 31.766m ²	X 350 N/m ² = 11.12 kN	합계 183.70 kN
M0	1층외벽(하반분)	18.2 X 3 / 2 = 2.95 m ²		
		15.47 X 3 / 2 = 23.205m ² → 26.155m ²	X 540 N/m ² = 14.12 kN	
	1층내벽(하반분)	12.427 X 3 / 2 = 18.641m ²		
		9.66 X 3 / 2 = 14.490m ² → 33.131m ²	X 350 N/m ² = 11.60 kN	
	1층바닥	6.37 X 9.1 = 57.967m ²		
		1.365 X 1.365 = 1.863m ² → 59.831m ²	X 1680 N/m ² = 100.52 kN	합계 126.30 kN
	기초(베타기초)	6.37 X 9.1 = 57.967m ²		
		1.365 X 1.365 = 1.863m ² → 59.831m ²	X 720 N/m ² = 434.97 kN	합계 561.30 kN
	기초(기립부분)			

(2)Siesta 의 지진시 중량 (층높이 : 3000mm)

산출한 Siesta (4 동) 의 각층단위지진시중량을 표 D.19 에 나타낸다.

각층 단위지진시중량은 편차가 있는데 그 평균은 2 층 1.835(kN/m²), 1 층 4.964(kN/m²)였다. 또한 2 층의 벽(외벽+내벽) 중량에 대한 1 층의 벽(외벽+내벽) 중량의 비는 평균 0.76 이었다.

표 D.19 시에스타 (4 동) 의 각층 단위지진시 중량 (층높이 : 3000mm)

No	물건명칭	의장층	면적(m ²)	구조층	각층중량 (kN)	지진시중량 (kN)	각층 단위중량 (kN/m ²)	각층 지진시중량 (kN/m ²)	벽중량 (kN/m ²)	벽중량비 (1F/2F)	비고
1	GE-SIESTA-BH01	2층	51.34	M2	103.20	103.20	2.010	2.010	85.586	0.679	
		1층	57.97	M1	185.20	288.40	3.195	4.975	58.138		
2	CJ-JEJU-SIESTA	2층	77.428	M2	109.10	109.10	1.409	1.409	89.476	0.738	
		1층	67.905	M1	254.60	363.70	3.749	5.356	66.036		
3	CJ-CHONG-SIESTA1	2층	50.515	M2	89.80	89.80	1.778	1.778	76.177	0.936	
		1층	59.831	M1	188.10	277.90	3.144	4.645	71.319		
4	CJ-CHONG-SIESTA2	2층	50.515	M2	108.20	108.20	2.142	2.142	81.024	0.687	
		1층	59.831	M1	183.70	291.90	3.070	4.879	55.649		
5		2층		M2							
		1층		M1							
평균		2층	57.450	M2	102.58	102.58	1.835	1.835	83.066	0.760	
		1층	61.384	M1	202.90	305.48	3.290	4.964	62.786		
최대		2층	77.428	M2	109.10	109.10	2.142	2.142	89.476	0.936	
		1층	67.905	M1	254.60	363.70	3.749	5.356	71.319		

(3)지진력에 대한 필요수평내력 계산의 전제조건

한국의 법령에 적합하게 「 2. 2 지진력에 대한 필요내력의 산출」에서 기술한 건물 각층의 지진시의 전단요구치 Q_E 를 구하는 방법을 이용해 지진력에 대한 필요수평내력 (바닥면적당 내진필요수평내력) 을 계산 한다.

일반적인 목조주택을 상정하여 건물의 중요도 분류를 「중요도 (2) 」로 하고, 내진중요도 계수를 「1.0」, 내진등급을 「Ⅱ」로 한다. 또한, 내진구역 (내진구역계수) 를 「Ⅰ (0.11) 」 및 「Ⅱ (0.07) 」을 상정하고, 지반의 종류를 「S₁、S₂、S₃、S₄、S₅」의 5 종류로 하여 지진력에 대한 필요수평내력을 계산한다.

중목구조공법은 수직하중을 보, 슬라브, 기둥에 구성된 골조가 저항하고, 지진하중을 전단벽과 가설골조 등이 저항하는 지진력저항 시스템이기 때문에, 지진력저항 시스템의 설계계수로서 「2-r 건물골조 시스템의」의 값을 사용하고, 반응수정계수 $R=6.5$, 시스템초과강도계수 $\Omega_0=2.5$, 변위증폭계수 $C_d=4.5$ 를 사용했다.

또한, 기존 한국주택 Siesta (2 층 바닥에 습식난방설비 보유) 의 중량을 참고해서 지진력을 산출한다. Siesta (층높이 3000mm) 의 각층 단위중량의 평균을 기본중량으로 하고 바닥면적은 각층 모두 동일 면적 (60 m²) 으로 한다. 건물의

높이에 대해서, 1 FL 바닥높이를 GL+500mm, 2FL 바닥높이를 GL+3500mm, 3FL 바닥높이를 GL+6500mm, 3 층 도리높이를 GL+9500mm, 지붕의 용마루 높이를 처마높이+2000mm 로 상정했다.

(4)지진력에 대한 필요수평내력의 계산 예시

지진구역 (지진구역계수) 를 「 I (0.11) 」, 지반의 종류를 「S5」, 2층 건물로서, 지진력에 대한 필요수평내력의 계산 예시는 아래와 같다.

- 단주기의 지반증폭계수

$$F_a = 1.30 \times 1.10 = 1.430 \quad (S=0.22)$$

- 주기 1 초의 지반증폭계수

$$F_v = 2.64 \times 1.10 = 2.904 \quad (S=0.22)$$

- 단주기의 설계스펙트럼 가속도

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3 = 0.22 \times 2.5 \times 1.430 \times 0.667 = 0.524$$

- 주기 1 초의 설계스펙트럼 가속도

$$S_{D1} = S \times F_v \times 2/3 = 0.22 \times 2.904 \times 0.667 = 0.426$$

- 근사고유주기

$$T_a(s) = CT \times h_n^x = 0.0488 \times 8.50^{0.75} = 0.243 \text{ (sec)}$$

- 지진응답계수

$$C_s = S_{DS} \times I_E / R = 0.524 \times 1 / 6.5 = 0.081$$

$$T < T_L : C_{s, \max} = S_{D1} \times I_E / (R \times T_a) = 0.426 \times 1 / (6.5 \times 0.243) = 0.270$$

$$T > T_L : C_{s, \max} = S_{D1} \times T_L \times I_E / (R \times T_a^2) = 0.426 \times 5 \times 1 / (6.5 \times 0.243^2) = 5.552$$

$$C_{s, \max} = 0.044 \times SDS \times I_E = 0.044 \times 0.524 \times 1 = 0.023$$

$$C_{s, \max} = 0.010$$

이상으로부터, $C_s = 0.081$

- 저면전단력

$$V = C_s \times W = 0.081 \times 307.50 = 24.908 \text{ kN}$$

- 수직분포계수

$k=1$ 라고 하면,

$$\sum w \cdot h^k = w_2 \times (h_2)^k + w_R \times (h_R)^k = 197.40 \times 3.50 + 110.10 \times 6.50 = 1406.55$$

$$C_{VR} = w_R \times (h_R)^k / \sum w \cdot h^k = 110.10 \times 6.50 / 1407 = 0.5088$$

$$C_{V1} = w_2 \times (h_2)^k / \sum w \cdot h^k = 197.40 \times 3.50 / 1407 = 0.4913$$

- 수평내력계산역산

허용변형 층높이

$$\delta_{a2}(\text{cm}) = 0.020(\text{rad}) \times 300.00(\text{cm}) = 6.000(\text{cm})$$

$$\delta_{a1}(\text{cm}) = 0.020(\text{rad}) \times 300.00(\text{cm}) = 6.000(\text{cm})$$

$$IE/Cd \times \delta_a \text{ (cm)}$$

$$\delta_2 \text{ (cm)} = 1/4.5 \times 6.000 = 1.333 \text{ (cm)}$$

$$\delta_1 \text{ (cm)} = 1/4.5 \times 6.000 = 1.333 \text{ (cm)}$$

$$C_v \times C_s \times W \text{ (kN/m}^2\text{)} + V_{x+1}$$

$$V_2 \text{ (kN/m}^2\text{)} = 0.5088 \times 0.081 \times 5.125 + 0.000 = 0.211 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$V_1 \text{ (kN/m}^2\text{)} = 0.4913 \times 0.081 \times 5.125 + 0.211 = 0.415 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$V \text{ (kN/m}^2\text{)} / 1.96 \times 1 / (150 / (1/0.020 \times Cd))$$

$$Lw_2 \text{ (cm/m}^2\text{)} = 0.211 \text{ (kN/m}^2\text{)} / 1.96 \times 1 / (150 / (1/0.020 \times 4.5)) = 16.164 \text{ (cm/m}^2\text{)}$$

$$Lw_1 \text{ (cm/m}^2\text{)} = 0.415 \text{ (kN/m}^2\text{)} / 1.96 \times 1 / (150 / (1/0.020 \times 4.5)) = 1.773 \text{ (cm/m}^2\text{)}$$

이상의 계산을 지진구역계Ⅱ, 단층집, 3 층 건물, 각 지반 종류에 적용해서 구한 내진·필요·내력은 표 D.20 과 같다.

또한 표. 20 은 변형각 1/150rad 시 내력벽의 기준 내력으로 설계할 경우의 필요 내력을 나타내고 있다. 허용변위를 1/225 rad 로 할 경우는 표 값을 225/150 배로 할 필요가 있다.

표 D.20 건물해당층의 지진력에 대한 필요내력 (kN/m²)

【바닥면적당의 내진필요내력】

(기준변형각 1/150)

건물의 중요도분류	내진중요도 계수	지진 등급	지진 구역	지진구역 계수	건물의 해당층	지반의 종류				
						S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
중요도(2)	1	Ⅱ	Ⅰ	0.11	단독건물	0.176	0.215	0.228	0.212	0.223
					2층건물의 2층	0.250	0.305	0.325	0.301	0.317
					2층건물의 1층	0.492	0.600	0.638	0.592	0.623
					3층건물의 3층	0.275	0.341	0.363	0.337	0.354
					3층건물의 2층	0.613	0.759	0.363	0.750	0.789
					3층건물의 1층	0.795	0.985	1.048	0.972	1.023
			Ⅱ	0.07	단독건물	0.113	0.140	0.157	0.149	0.165
					2층건물의 2층	0.160	0.199	0.223	0.211	0.235
					2층건물의 1층	0.315	0.392	0.438	0.415	0.461
					3층건물의 3층	0.175	0.223	0.249	0.236	0.262
					3층건물의 2층	0.389	0.497	0.555	0.526	0.584
					3층건물의 1층	0.505	0.644	0.72	0.682	0.757

※Siesta(층높이 3000mm)의 평균중량을 기본중량으로 하고 바닥면적은 각층 모두 동일 면적으로 한다.

※ 1FL 바닥높이: GL+ 500mm, 2FL 바닥높이: GL+ 3500mm, 3FL 바닥높이: GL+ 6500mm,
3 층도리높이:GL+ 9500

※지붕마룻대높이: 처마도리높이+ 2000mm

5 풍압력에 대한 필요수평내력의 계산

(1) 풍압력에 대한 필요수평내력 시산의 전제조건

한국의 법령에 적합하게 「2. 3 풍압력에 대한 필요내력의 산출」에서 서술한, 건물의 풍압시의 전단요구치 Q_w 를 구한 방법을 이용하여, 풍압력에 대한 필요수평내력 (수압면적당 내풍필요수평내력) 의 계산을 실시한다.

일반적인 목조주택을 상정해 기준 준풍속 (m/s) 을 「24, 26, 28, 30, 32, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44」의 11 종류로 하고, 풍력계수 C_f 는, 풍상면 0.6 및 풍하면 -0.5 (최대치) 로 해서 1.1 를 사용했다. 건물높이에 대해, 1FL 바닥높이를 GL+ 500mm, 2FL 바닥높이를 GL+ 3500mm, 3FL 바닥높이를 GL+ 6500mm, 3 층도리높이를 GL+ 9500mm, 지붕용마루높이를 처마도리높이+ 2000mm 로 상정하였다.

(2) 풍압력에 대한 필요수평내력의 계산 예시

2 층건물로서, 풍압력에 대한 필요수평내력의 계산 예시는 아래와 같다.

$$W_{SF} = 0.25 \times V_o^2 \times H^{0.44} \times C_e \times C_f$$

$$W_{SF, V0=, 24} = 0.25 \times 24^2 \times 7.5^{0.44} \times 1 \times 1.1 = 384 \text{ N/m}^2$$

$$W_{SF, V0=, 26} = 0.25 \times 26^2 \times 7.5^{0.44} \times 1 \times 1.1 = 451 \text{ N/m}^2$$

$$W_{SF, V0=, 28} = 0.25 \times 28^2 \times 7.5^{0.44} \times 1 \times 1.1 = 523 \text{ N/m}^2$$

$$W_{SF, V0=, 30} = 0.25 \times 30^2 \times 7.5^{0.44} \times 1 \times 1.1 = 601 \text{ N/m}^2$$

$$W_{SF, V0=, 32} = 0.25 \times 32^2 \times 7.5^{0.44} \times 1 \times 1.1 = 683 \text{ N/m}^2$$

$$W_{SF, V0=, 34} = 0.25 \times 34^2 \times 7.5^{0.44} \times 1 \times 1.1 = 771 \text{ N/m}^2$$

$$W_{SF, V0=, 36} = 0.25 \times 36^2 \times 7.5^{0.44} \times 1 \times 1.1 = 865 \text{ N/m}^2$$

$$W_{SF, V0=, 38} = 0.25 \times 38^2 \times 7.5^{0.44} \times 1 \times 1.1 = 964 \text{ N/m}^2$$

$$W_{SF, V0=, 40} = 0.25 \times 40^2 \times 7.5^{0.44} \times 1 \times 1.1 = 1068 \text{ N/m}^2$$

$$W_{SF, V0=, 42} = 0.25 \times 42^2 \times 7.5^{0.44} \times 1 \times 1.1 = 1177 \text{ N/m}^2$$

$$W_{SF, V0=, 44} = 0.25 \times 44^2 \times 7.5^{0.44} \times 1 \times 1.1 = 1292 \text{ N/m}^2$$

$$\text{필요수평내력 } V0=, 24 \quad 0.384 \text{ kN/m}^2 / 1.96 \text{ kN/m} \times 1 / (150 / (1/0.02 \times 4.5)) = 29.418 \text{ cm/m}^2$$

$$\text{필요수평내력 } V0=, 26 \quad 0.451 \text{ kN/m}^2 / 1.96 \text{ kN/m} \times 1 / (150 / (1/0.02 \times 4.5)) = 34.526 \text{ cm/m}^2$$

$$\text{필요수평내력 } V0=, 28 \quad 0.523 \text{ kN/m}^2 / 1.96 \text{ kN/m} \times 1 / (150 / (1/0.02 \times 4.5)) = 40.042 \text{ cm/m}^2$$

$$\text{필요수평내력 } V0=, 30 \quad 0.601 \text{ kN/m}^2 / 1.96 \text{ kN/m} \times 1 / (150 / (1/0.02 \times 4.5)) = 45.996 \text{ cm/m}^2$$

$$\text{필요수평내력 } V0=, 32 \quad 0.683 \text{ kN/m}^2 / 1.96 \text{ kN/m} \times 1 / (150 / (1/0.02 \times 4.5)) = 52.299 \text{ cm/m}^2$$

$$\text{필요수평내력 } V0=, 34 \quad 0.771 \text{ kN/m}^2 / 1.96 \text{ kN/m} \times 1 / (150 / (1/0.02 \times 4.5)) = 59.041 \text{ cm/m}^2$$

$$\text{필요수평내력 } V0=, 36 \quad 0.865 \text{ kN/m}^2 / 1.96 \text{ kN/m} \times 1 / (150 / (1/0.02 \times 4.5)) = 66.191 \text{ cm/m}^2$$

$$\text{필요수평내력 } V0=, 38 \quad 0.964 \text{ kN/m}^2 / 1.96 \text{ kN/m} \times 1 / (150 / (1/0.02 \times 4.5)) = 73.750 \text{ cm/m}^2$$

$$\text{필요수평내력 } V0=, 40 \quad 1.068 \text{ kN/m}^2 / 1.96 \text{ kN/m} \times 1 / (150 / (1/0.02 \times 4.5)) = 81.717 \text{ cm/m}^2$$

$$\text{필요수평내력 } V0=, 42 \quad 1.177 \text{ kN/m}^2 / 1.96 \text{ kN/m} \times 1 / (150 / (1/0.02 \times 4.5)) = 90.093 \text{ cm/m}^2$$

$$\text{필요수평내력 } v_{0=,44} = 1.292 \text{ kN/m}^2 / 1.96 \text{ kN/m} \times 1 / (150 / (1 / 0.02 \times 4.5)) = 98.878 \text{ cm/m}^2$$

이상의 계산을 단독주택 3층 건물에 적용해서 구한 내풍필요내력은 표 D.21 과 같다.

또한, 표 D.21 은, 변형각 1/150rad 시의 내력벽의 기준내력으로 설계한 경우의 필요내력을 나타내고 있다. 허용변위를 1/225rad 로 하는 경우는, 표의 값을 225/150 배 할 필요가 있다.

표 D.21 건물 해당층의 풍압력에 대한 필요내력 (kN/m²)

【수압면적당의 내풍필요내력】

(기준변형각 1/150)

	기준풍속V ₀ (cm/s)										
	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44
단독건물	0.46	0.54	0.63	0.72	0.82	0.92	1.04	1.15	1.28	1.41	1.55
2층건물	0.58	0.68	0.78	0.90	1.03	1.16	1.30	1.45	1.60	1.77	1.94
3층건물	0.67	0.78	0.91	1.04	1.19	1.34	1.50	1.68	1.86	2.05	2.25

- ※1 KDS 41 10 15(건축구조기준 설계하중)의 「5.14 간이법에 의한 풍하중」의 방법에 의한 수압면적당의 풍하중을 산출했다.
- ※2 풍력계수 C_r는, 풍상면 0.6 및 풍하면 -0.5(최대치)로서 1.1 을 사용했다.
- ※2 1FL 바닥높이: GL+ 500mm, 각층의 층높이: 3000mm
- ※3 지붕의 용마루높이: 처마도리높이+ 2000mm

참고문헌

- ① 한국설계기준 KDS (Korean Design Standard) KDS 41 10 15 (건축구조기준 설계하중)
- ② 한국설계기준 KDS (Korean Design Standard) KDS 41 17 00 (건축물내진 설계기준)
- ③ 오하라 카즈히코 : 「한국판 벽량계산 매뉴얼 2017 판」, 한국목조건축기술협회 기술지원 교재 (2018 년 1 월)
- ④ 오하라 카즈히코 : 「목조안전성과 내진설계서 (5층건물 이하의 건축물 등) 작성 매뉴얼」, GE Group 기술지원 교재 (2020 년 7 월)
- ⑤ 오하라 카즈히코 : 「한국으로의 기후현 목재의 활용을 위한 구조기술지원에 관한 연구」, 기후현립 삼림문화아카데미 2019、Annual Report vol.3 (2020 년 9 월)

부록 E 일본주택·목재기술센터 규격철물 (Z 마크 철물) 의 내력성능 일람표

1 접합철물 (접합구 : 굽은못, 러그스크류 또는 육각볼트)

표 E.1 단기허용 내력표 (kN)

명칭	기호	수종			접합구
		미송류* ¹	편백류* ²	삼나무류* ³	
주각철물	PB-33	11.3	10.4	10.0	육각볼트 M12
	PB-42	22.7	20.8	20.0	육각볼트 M12
평철물	SM-12	1.7	1.5	1.3	굽은못 ZN65
	SM-40	4.3	3.8	3.4	굽은못 ZN65
비틀린철물	ST-9	1.7	1.5	1.3	굽은못 ZN40
	ST-12	1.7	1.5	1.3	
	ST-15	2.5	2.3	2.0	굽은못 ZN40
깍은철물	SF	2.5	2.3	2.0	
안장철물	SS	5.1	4.6	4.0	
주각볼트	SB·F	5.6	5.2	5.0	육각볼트 M12 스크류못 ZS50
	SB·E				
	SB·F2	5.6	5.2	5.0	육각볼트 M12
	SB·E2				
주각볼트	SP·E	5.6	5.2	5.0	육각볼트 M12 스크류못 ZS50
	SP·E2	5.6	5.2	5.0	육각볼트 M12
모서리철물	CP·L	4.3	3.8	3.4	굽은못 ZN65
	CP·T				
산형플레이트	VP	5.0	4.5	3.9	굽은못 ZN90
	VP2	5.1	4.6	4.0	굽은못 ZN65
단작철물	S	5.6	5.2	5.0	육각볼트 M12 스크류못 ZS50
깍은철물	SA				육각볼트 M12 스크류못 ZS50
격쇠	C-120	1.2	1.1	1.0	/
	C-150				
어긋난 격쇠	CC-120				
	CC-150				
끌어당김철물 (홀다운철물)	HD-B10	11.3	10.4	10.0	육각볼트 M12 혹은 러크스크류 LS12
	S-HD10				
	HD-B15	17.0	15.6	15.0	육각볼트 M12 혹은 러크스크류 LS12
	S-HD15				
	HD-B20	22.7	20.8	20.0	육각볼트 M12 혹은 러크스크류 LS12
	S-HD20				
	HD-B25	28.4	26.0	25.0	육각볼트 M12 혹은 러크스크류 LS12
	S-HD25				
	HD-N5	7.5	6.8	5.8	굽은못 ZN90
	HD-N10	12.6	11.4	9.8	굽은못 ZN90
	HD-N15	20.1	18.2	15.6	굽은못 ZN90

	HD-N20	22.6	20.5	17.6	굵은못 ZN90
	HD-N25	29.4	26.6	22.9	굵은못 ZN90

(주 1) 내력의 산출방법은, 일반사단법인 일본건축학회발행 1988 「목구조 계산기준·통해설」을 따른다.

(주 2) 와셔를 사용하는 경우는 각 와셔 W4.5 X 40 이상으로 한다.

(주 3) * 1 미송류 : 미송, 흑송, 적송, 낙엽송, 솔송나무

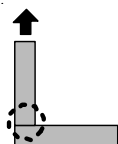
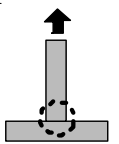
* 2 편백류 : 편백나무, 더글러스퍼, 미국 편백나무, 노송나무잎, 전나무

* 3 삼나무류 : 삼나무, 미국삼나무, 분비나무, 가문비나무, 스프러스

이러한 수종분류들은 밀도를 바탕으로 정리한 일반사단법인 일본건축학회기준의 취지를 원용하여 정리하였다.

2 접합철물 (접합구 : 태핀 나사, 육각 볼트 또는 드리프트 핀)

표 E.2 단기허용내력표 (kN)

명칭	기호	수종		접합구	
		모서리 기둥	모서리 기둥외		
					
		미송류*1, 편백류*2, 삼나무류*3			
평철물	SM-15S	모서리 기둥이외		기둥 : 태핀나사 STS·C65 횡가재 : 태핀나사 STS·C65	
코너철물	CP·ZS	횡가재에 직접못질	모서리기둥	8.8	기둥 : 태핀나사 STS·C65 횡가재 : 태핀나사 STS·HC90
			모서리기둥 외	9.6	
		마루판(28mm이하 위로부터)	모서리기둥	8.0	
			모서리기둥 외	8.3	
주걱파이프	SP·ES	모서리기둥		9.5	육각볼트 M12 태핀나사 STS·C65
		모서리기둥외		11.5	
주걱볼트	SB·FS	모서리기둥외		12.6	태핀나사 STS·C65
	SB·ES			10.8	
단작철물	S·S	10.0		태핀나사 STS·C65	
꺾은철물	SA·S	8.2		태핀나사 STS·C65	

(주 1) 내력의 산출방법은, 공익재단법인 일본주택·목재기술센터 접합철물시험규격 및 공익재단법인일본주택·목재기술센터 발행 「목조축조공법주택의 허용응력도설계(2008년판)」에 의한다.

(주 2) 와셔를 사용하는 경우는, 각와셔 W6.0×60 또는 원형와셔 RW6.0×68 이상으로 한다.

표 E.3 단기허용내력 일람표 (kN)

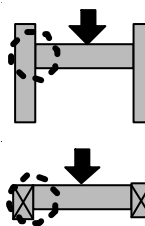
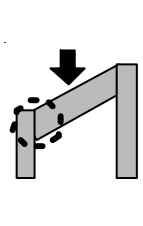
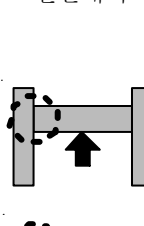
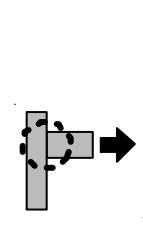
명칭	기호	수종		비고
		미송류※ ¹ ・편백류※ ²	삼나무류※ ³	
끌어당김철물 (홀다운철물)	HD-S6	16. 1		기둥 : 105×105 mm이상 태핀나사 STS・HC90
	HD-S8	21. 6		
	HD-S12	37. 2		
	HD-S14	42. 8		
인장철물	TB-S20	97. 2	—	기둥 : 120×120 mm이상

				태편나사 HTS8.0·HC
	TB-D6	63.7	56.7	기둥 : 120×120 mm 이상
	TB-D9	113.1	93.5	드리프트핀 DP12

(주 1) 내력의 산출방법은, 공익재단법인 일본주택·목재기술센터 접합철물시험법규 및 공익재단법인 일본주택·목재기술센터 발행 「목조축조공법주택의 허용응력도설계(2008년판)」에 의한다.

3 보받이철물

표 E.4 단기 및 장기허용내력표 (kN)

기호	재종	장기허용전단내력		단기허용 전단내력	단기허용 인장내력
		수평보	오름보		
					
BH-135	제재·집성재 1	6.4	8.0	5.0	12.1
	집성재 2	9.0	9.3	6.9	18.8
BH-195	제재·집성재 1	9.4	10.8	5.0	13.5
	집성재 2	15.4	11.2	6.9	25.4
BH-255	제재·집성재 1	15.2	10.8	11.0	13.5
	집성재 2	17.9	13.6	15.6	25.4

(주 1) 제재 : 미송류*¹, 편백류*², 삼나무류*³, 집성재 1 : 구조용집성재일반, 집성재 2 : 강도등급 E105-F300 이상의 구조용집성재

(주 2) 내력의 산출방법은, 공익재단법인 일본주택·목재기술센터 접합철물 시험법규격 및 공익재단법인 일본주택·목재기술센터 발행 「중목구조공법 주택의 허용응력도 설계」에 의한다. 단, 장기허용전단내력의 수평보의 기둥-보접합 및 보-보접합 및 단기허용전단내력의 기둥-보접합 및 보-보접합의 전단내력은, 양자의 전단내력 중, 작은 값을 채용하고 있다.

(주 3) 와셔를 사용하는 경우는, 각와 셔 W4.5×40 이상으로 한다.

4 박힘방지와셔

표 E.5 박힘방지와셔의 허용박힘내력표 (kN)

명칭	기호	종별		수종과 부재					
				미송류* ¹		편백* ²		삼나무류* ³	
				토대	그 외	토대	그 외	토대	그 외
박힘 방지 와셔	PW12 (105×145)	장기	적설시	56.16	53.54	48.67	46.40	37.44	35.69
			적설이외		41.18		35.69		27.46
		단기	적설시	74.88	59.90	64.90	51.92	49.92	39.94

	PW12 (120×160)	장기	적설이외	74.05	74.88	64.17	64.90	49.37	49.92
			적설시		70.59		61.18		47.06
		단기	적설이외	98.73	54.30	85.57	47.06	65.82	36.20
			적설시		78.98		68.45		52.66
			적설이외		98.73		85.57		65.82
			적설시		98.73		85.57		65.82

(주) 내력의 산출방법은, 공익재단법인 일본주택 · 목재기술센터 발행 「중목구조공법 주택의 허용응력도설계(2017년판)」에 의한다.

5 앵커볼트

표 E.6 앵커볼트

명칭	기호	원주의 길이 (mm)	정착길이 (mm)	단기부착응력도 (N/mm ²)	단기부착내력 (kN)
앵커볼트	M12*	10.7*×3.14	232	2.16	16.8
	M16	16×3.14	312		33.8

(주 1) 앵커볼트의 단기부착응력도의 산출방법은, 국토교통성고시 제 1024 호 제 1 제 15 호의 규정에 의한다.

또한, 콘크리트의 설계기준강도는 18N/mm²로 하고 있다.

(주 2) * 앵커볼트 M12 는 유효직경육각볼트 (JIS B 1180 부속서 JA:2014) 가 주류이므로, 몸통 지름은 10.7 mm이다.

6 가설플레이트

표 E.7 가설플레이트

명칭	기호	내력벽		접합구
		방법	벽배율	
가설플레이트	BP	30×90 mm이상의 목재	1.5	각근평두볼트 M12 소형각와셔 W2.3×30 굵은못 ZN65
	BP-2	45×90 mm이상의 목재	2.0	각근평두볼트 M12 소형각와셔 W2.3×30 스크류못 ZS50
	BP-2FS			태핀나사 STS·C45
	BP-3FS	90×90 mm이상의 목재	3.0	태핀나사 STS·C65

7 귀보강철물

표 E.8 귀보강철물

명칭	기호	수평구면		접합구
		방법	기준바닥배율	

귀보강철물	HB	평균부담면적 2.5 m ² 이하 보높이 105 mm이상의 목재	0.5	평못 ZF55 소형각와셔 W2.3×30 육각볼트 M12 각와셔 W4.5×40
	HB·S			태원나사 STS·C65

8. 접합구

표 E.9 접합구의 단기허용내력표 (kN)

명 칭	기 호	수종			주요 용도 등
		미송류* ¹	편백류* ²	삼나무류* ³	
굵은못	ZN 40	0.86	0.77	0.68	장기허용전단내력의 값은, 표값의 1/2 로 한다.
	ZN 65	0.86	0.77	0.68	
	ZN 90	1.26	1.14	0.98	
스크류못	ZS 50	1.48	1.34	1.17	강판 첩판이므로 25% 할증에 의한 수치로 한다.
각와셔	W4.5×40×φ14	9.60	8.32	6.40	박힌 부분 내력 이하의 당김을 받는 볼트 M12 용의 와셔
	W6.0×60×φ14	21.60	18.72	14.40	
	W9.0×80×φ18	38.40	33.28	25.60	박힌 부분 내력 이하의 당김을 받는 볼트 M16 용의 와셔
등근와셔	RW6.0×68×φ14	21.77	18.87	14.51	박힌 부분 내력 이하의 당김을 받는 볼트 M12 용의 와셔
	RW9.0×90×φ18	38.14	33.06	25.43	박힌 부분 내력 이하의 당김을 받는 볼트 M16 용의 와셔
와셔장착 볼트	M16W	38.40	33.28	25.60	홀다운철물용의 접합구
각와셔	W6.0×54×φ18	—	—	—	HD-B、HD-N 의 전용와셔
소형각와셔	W2.3×30×φ12.5	—	—	—	BP、BP-2 의 전용와셔
편심등근와셔	EW9.0×R13×φ54	—	—	—	TB-D、TB-S 의 전용와셔

(주) 와셔의 박힘내력 산출방법은 국토교통성 고시 제1024호 제1의 1의 이의 규정에 의하는 동시에 와셔 면적의 산출방법은 공익재단법인 일본주택·목재기술센터 발행 「중목구조공법 주택의 허용응력도 설계(2008년판)」에 의한다.

