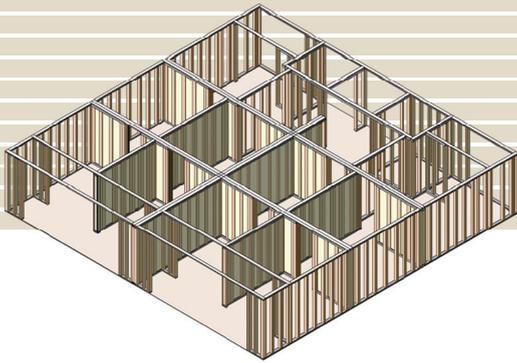
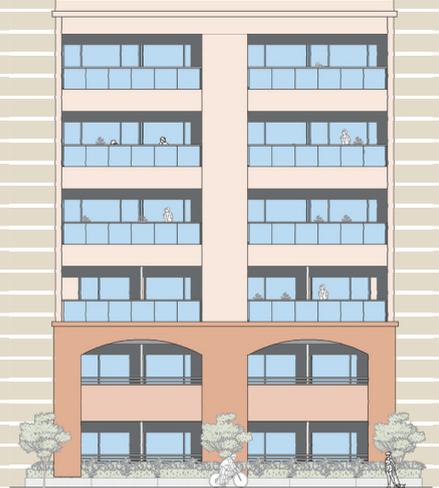


중판 내력벽 시스템 (Midply Wall System)

중층 및 대규모 목조건축물 전단벽 시스템



Canada Wood
캐나다 우드

임의 간행물

“중판 내력벽 시스템 (Midply Wall System) 중층 및 대형 목조건축물 전단벽 시스템”(이하 중판 내력벽 시스템이라 칭한다)은 임의 간행물이다. 본 간행물은 캐나다임업심의회(Council of Forest Industries, COFI)가 2015년 일본에서 발간한 “Midply Wall Systemを用いた 中層・大規模 枠組壁工法建築物”을 한국말로 번역하였으며, 이 간행물에 기술된 내용은 고성능 내력전단벽 시스템을 소개하기 위한 길잡이로, 대한민국의 건축법이나 건축구조기준, 지방건축조례를 대신하는 규정이 아님을 밝혀 둔다. 따라서 논란이 있을 경우 대한민국 정부에서 제정한 법규에 따라야 한다.

책임의 면제

중판 내력벽 시스템에 수록된 정보는 2015년 저술 시점을 기준으로 많은 노력을 기울여 정확하고 명확하며 신뢰성 있게 작성되었다. 또한 본 간행물의 번역에도 최선을 다하였다. 그러나 저자 또는 배부처, 발행인은 이 간행물에 나타날 수 있는 이론, 설명 또는 그림의 오류나 누락, 또는 중판 내력벽 시스템에 근거한 설계나 내역 등에 대하여 어떠한 책임도 지지 않는다.

저작권

중판 내력벽 시스템의 저작권은 캐나다 밴쿠버에 사무실을 둔 캐나다우드가 소유한다. 본 책자의 어떠한 부분도 캐나다우드가 문서로 허가하지 않은 한, 어떠한 형태나 수단으로 재발행하거나 전송하지 못한다.

© 캐나다우드 2017 판권소유

캐나다우드 한국사무소

중판 내력벽 시스템 (Midply Wall System)

중층 및 대규모 목조건축물 전단벽 시스템

- 목 차 -

1. 소개	
1.1 중판 내력벽 시스템 (Midply Wall System, MP 내력벽) 개요	
1.1.1 배경	1
1.1.2 사례 소개	4
(1) 4층 공동주택	
(2) NEESWOOD 프로젝트 시험용 7층 공동주택	
1.2 중판 내력벽 시스템 (Midply Wall System)의 구성	9
2. 관련 고시에 대한 적합성	12
2.1 고시 제1540호에 대한 대응	13
2.2 고시 제1541호에 대한 대응	18
3. 중판 내력벽 시스템 (Midply Wall System, MP 내력벽)에 대한 과거의 실험 및 성능 평가	
3.1 면전단 내력 성능	20
(1) 시험체의 개요	
(2) 시험 결과의 개요	
(3) 시험 결과의 검증	
3.2 수직 골조의 압축 내력 성능	30
(1) 시험체의 개요	
(2) NDS 규정과 평가 방법	
(3) 시험 결과와 평가 결과의 비교	
3.3 구조 계산을 위한 각종 구조 성능	37
(1) MP 내력벽의 항복 전단 내력 및 면전단 강성	
(2) MP 내력벽의 최대 전단 내력	
(3) MP 내력벽의 가상 항복 변형각 및 최대 변형각	
4. MP 내력벽을 이용한 모델 플랜의 계획 설계	
4.1 6층 건축물 모델 계획	
4.1.1 디자인 컨셉	40
4.1.2 계획	41
4.1.3 구조검토개요	46
4.2 3층 건축물 모델 계획	
4.2.1 디자인 컨셉	57
4.2.2 계획	58
4.2.3 구조검토개요	61



1. 소개

1.1 중판 내력벽 시스템 (Midply Wall System)의 개요

1.1.1 배경

최근 목조건축업계에서는 중층·대형 목조 건축물을 추진하는 움직임이 활발해지고 있다. 2010년 10월에는 「공공 건축물 등의 목재 이용 촉진에 관한 법률」(이하, 「목재 이용 촉진법」)이 시행되어 중대 규모의 목조 건축물의 실현을 위한 연구 및 개발, 건설 프로젝트 등이 많이 진행되고 있다.

또한 캐나다 브리티시 컬럼비아 주에서는 일본보다 1년 앞서, 2009년 10월 “Wood First Act(목재 우선 법률)”(이하 “WFA”)가 제정되어 주 정부가 발주하는 모든 건축물에서 우선 목구조로 가능한지를 검토하는 것이 의무화되었다. 이처럼 전 세계적으로 공공 건축물과 같이 중·대규모 건축물의 목구조화 또는 목질화를 향한 요구는 높아지고 있다. 목재이용촉진법과 WFA는 관청 시설 및 공공 건축물을 대상으로 한 것이지만, 다른 한편으로 지금까지 수많은 실험과 검토 등 축적되고 있는 지식과 경험을 토대로 공공건축물뿐만 아니라 공동주택과 노인복지시설 등의 민간용 건축물에 대해서도 이를 실현하고자 하는 최종 사용자의 기대가 높아지고 있다.

그런데 중·대 규모의 건축물을 계획할 때 구조 설계의 관점에서 가장 중요하고 고려가 필요한 항목의 하나로서 매우 높은 수평하중(지진하중)을 들 수 있다. 일반적으로 2~3층 정도의 목조주택에서는 5배 정도의 벽배율만 확보하면 구조적으로 충분한 안전성을 확보할 수 있다. 그러나 6층 정도의 중층 건축물을 내력벽 형식으로 설계하는 경우에는 계획에 따라 다르지만 일반적으로 1층에서는 15~20배 정도의 벽배율을 갖는 높은 강도의 내력벽이 필요하다.

높은 강도를 갖는 내력벽의 개발을 위하여 이 책에서 다루는 『Midply Wall System¹⁾』(중판 내력벽 시스템, 편의상 “MP내력벽”으로 표시) 외에 구조용 집성판(Cross Laminated Timber, “CLT”)과 두꺼운 합판을 이용한 내력벽 등 중·대규모 건축물의 검토와 병행하여 실험 및 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 CLT는 캐나다에서 이미 실제 건축물에 다수 이용되고 있으며, 일본에서도 CLT를 이용한 첫 번째 사례가 되는 3층 사원용 기숙사 건물이 고치 현에서 준공된 바 있다. 구조설계에 관해서는 현 단계에서 (일본) 건축 기준법 제20조 제1호에 따른 시간 이력 응답 계산 방법만 적용 가능하지만, 허용 응력 계산 방법도 적용할 수 있도록 관련 법령 정비가 진행되고 있다.

MP 내력벽은 경골목구조 건축물에 사용되는 면소재 내력벽의 하나로서 캐나다에서 개발되었다. MP 내력벽은 그림 1.1.1에서 보는 바와 같이 2개의 스테드의 넓은 면을 맞대 놓고 그 사이에 덮개 재료인 판재를 끼워 넣어서 구성하며 여기에 사용되는 못은 2면 전단(일반 내력벽은 1면 전단)을 받도록 함으로써 이론적으로 같은 판재를 사용하고 동일한 못 배치를 적용하는 경우에 2배의 전단내력을 얻을 수 있다. 또한 MP 내력벽의 두께는 12mm 두께의 판재를 사용하는 경우에, 2×4 규격재를 사용하는 일반적인 내력벽의 두께와 거의 동일하기 때문에, 일반 내력벽과 MP 내력벽을 함께 사용하는 건축물에 대해서도 어렵지 않게 설계가 가능하다.

현재 (2015년) MP 내력벽을 이용한 건축물의 실례로는 캐나다에 1개 동이 있으며, 일본에서도 실용화된 예가 없고, 건축 실적으로는 CLT건축물과 비교하여 적은 것이 현실이다.* 그러나 2009년 7월에 미국

* 2015년 이후 다수의 MP내력벽 목조건축물이 시공되고 있다.



NEESWOOD 프로젝트의 일환으로 7층 경골목구조 건축물의 진동대 실험이 효고 내진공학연구센터 E-Defense (효고현 미키시)에서 실시되었을 때에 해당 시험체의 내력벽의 일부로 MP 내력벽이 사용 된 바가 있다. 이 실제 크기 건축물의 진동대 실험에서 MP 내력벽은 고성능 내력벽으로 충분한 성능을 갖는 것으로 입증되었다. 또한 면내 전단 시험을 비롯한 각 요소 실험을 실시하고 있으며, MP 내력벽의 자세한 구조 성능에 대해서도 밝혀지고 있다.

또한 MP 내력벽의 법규 준수에 대해서 이 책에서 자세히 설명을 하겠지만, 2001년 일본 국토교통성 고시 제1540호에 규정하는 경골목구조 공법 건축물 기술 기준 중 일부 사양 규정에 맞지 않는 부분을 허용 응력 계산 방법(구조 계산 루트 1)으로 보충하면, 현재의 법령과 기준 하에서도 경골목구조 공법 내력벽의 일종으로 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

이러한 배경하에 이 책에서는 MP 내력벽의 개념과 부재의 구성 방법, 구조 성능, 법적 대응 등에 대하여 설명하고, 또한 2동의 모델 도면에 대한 시험 설계를 통하여 MP 내력벽을 이용한 중층·대규모 경골목구조 공법 건축물의 실현 가능성을 검증하였다. 그러나 이 책에 나와 있는 결과가 MP 내력벽을 이용한 건축물 설계에 필요한 정보를 모두 포함하는 것은 아니며, “2007년 경골목구조 공법 구조 계산 지침 「2007年 枠組壁工法構造計算指針」”으로 대표되는 기술 해설서와 동등한 수준으로 인정받기 위해서는 더 많은 검토가 필요할 것으로 생각된다. 이 점은 앞으로의 과제라고 볼 수 있으며, 이 책을 통해 최소한 MP 내력벽의 특징과 구조 성능에 대해서는 이해가 가능할 것으로 생각한다.

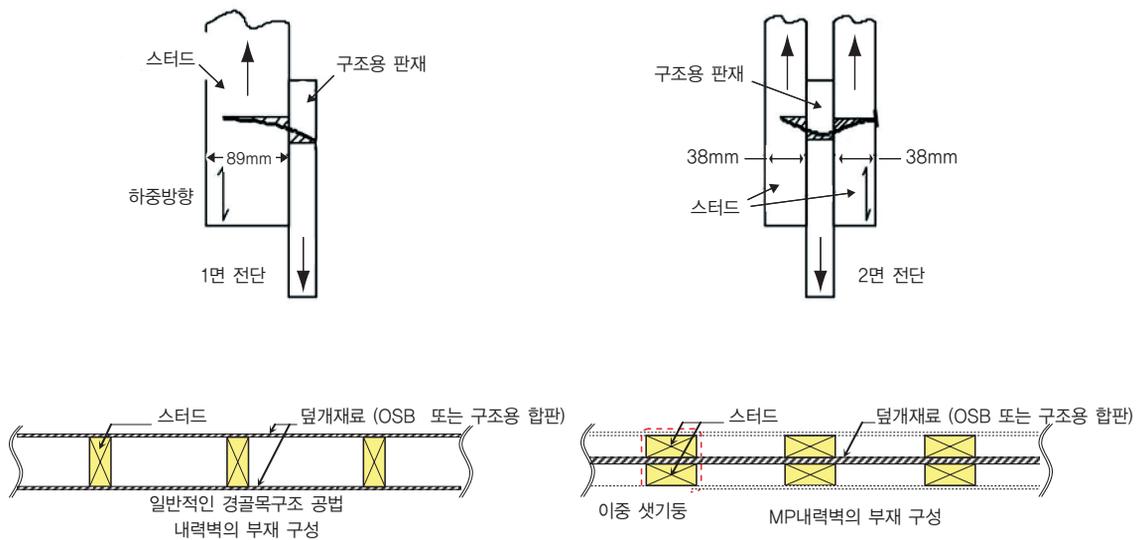


그림 1.1.1 일반적인 경골목구조 공법 내력벽과 MP 내력벽의 비교



*1 “Midply Wall System”은 FPInnovations가 지적 재산을 가지고 있으며, “Open Design”이라는 개념 하에서 기술 공개를 실시하고 있다.

Open Design”의 개념은 아래 1)~3)의 요건을 충족하는 경우에는 누구나 Midply Wall System을 사용할 수 있다는 것을 의미한다.

- 1) “Midply Wall System”이라는 용어를 일관되게 사용하고 표기한다.
- 2) FPInnovations의 Dr. Erol Varoglu와 브리티시 컬럼비아 대학의 Dr. Siegfried Stierner가 “Midply Wall System”의 개발자이고 지적 재산을 보유하고 있다. “Midply Wall System”에 대한 설명을 할 경우 이 사실을 주석으로 수록한다.
- 3) “Midply Wall System”을 더욱 발전시키는 기술 개발이 권장되며, 그 경우에도 이후 “Open Design”의 요건이 적용된다.





1.1.2 사례 소개

(1) 4층 공동주택

MP 내력벽을 이용한 건축물의 실례로는 현재 캐나다 브리티시 컬럼비아 주의 브리티시 컬럼비아 대학 캠퍼스에 위치한 1개 동만이 있다.* 건축물의 규모는 4층으로서, 용도는 학생들을 위한 공동 주택이며 그림 1.1.2에 해당 건물의 외관과 시공 중의 사진을 수록하였다. 구조 방법은 경골목구조 공법으로서 MP 내력벽과 일반 내력벽을 함께 사용한 구조로 되어 있다. 이 건물에서 MP 내력벽은 거실과 거실의 경계벽 또는 거실과 실내 통로의 경계벽으로 사용되었으며, 외벽에는 일반 내력벽이 적용되었다. 이와 같이 내력벽 종류에 따라서 구분하여 적용한 배경에는 외장재의 설치 방법과 단열 등의 관점에서 외벽에는 일반 내력벽을 적용하는 것이 기존과 동일한 방법으로 시공이 가능하다는 장점이 있기 때문이다(그림 1.1.3). 이 건축물에서 거실과 통로의 경계벽에는 소정의 단열 성능을 확보하기 위하여 MP 내력벽과 일반 내력벽을 이중 벽체로 구성하고 있는 부분도 있다. 또한 그림 1.1.4의 평면도에서 보는 바와 같이 공동 주택은 평면 계획을 할 때에 다른 용도에 비하여 경계벽을 많이 배치하여야 하는 특징이 있으며, 특히 기숙사와 같이 독신들을 위한 공동 주택은 MP 내력벽을 배치하기에 적합한 건축물이라고 할 수 있다.



그림 1.1.2 MP 내력벽을 이용한 경골목구조 공법 4층 공동 주택
(위 : 건물 전경, 아래 왼쪽 : 일반 내력벽의 외벽, 오른쪽 : MP 내력벽의 경계벽)

* 2015년 이후 다수의 MP내력벽 목조건축물이 시공되고 있다.

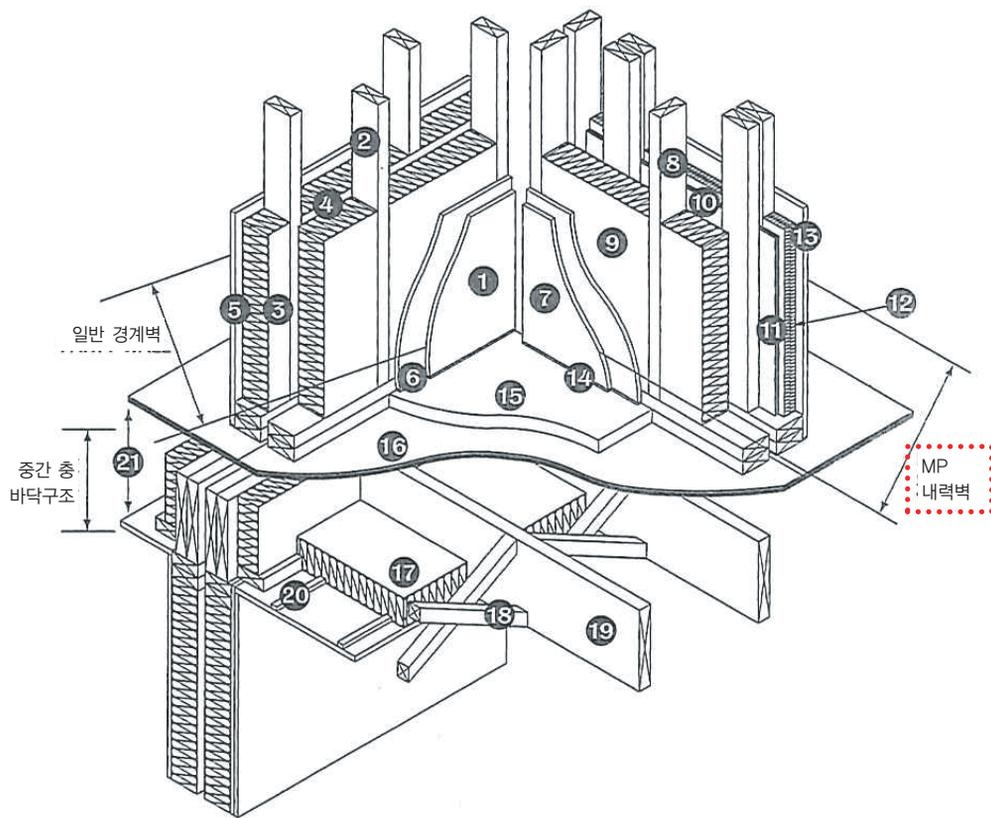
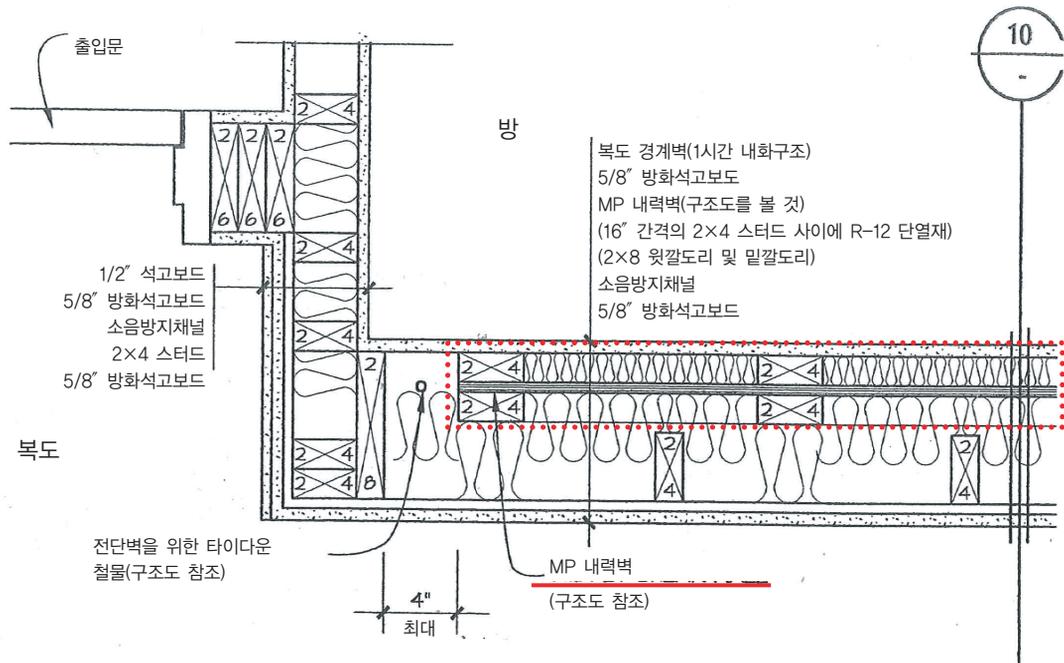


그림 1.1.3 MP 내력벽 및 내외장재·교차부의 구성 예

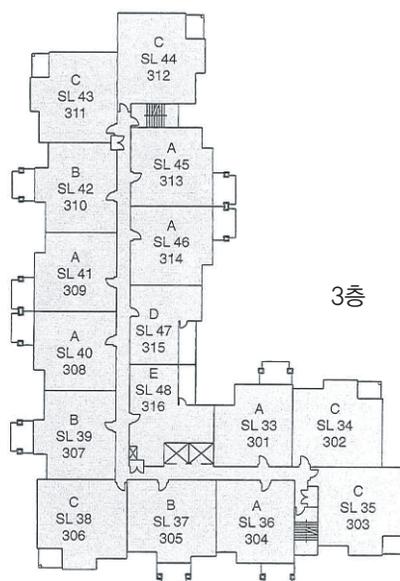
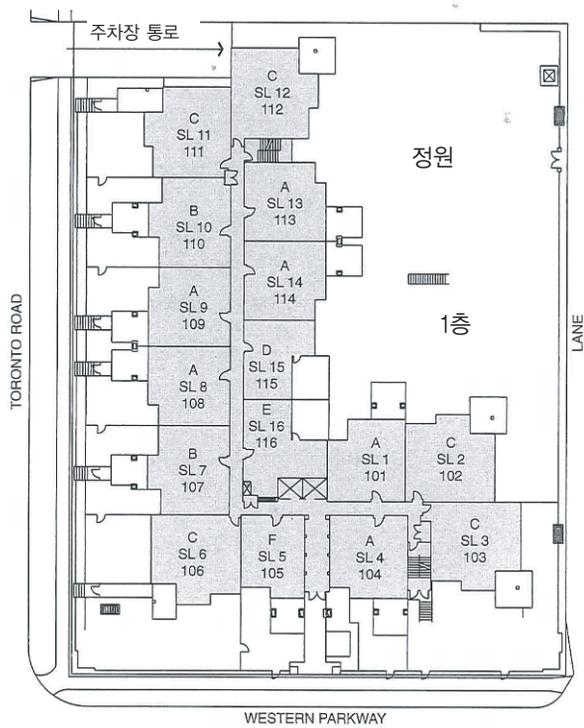
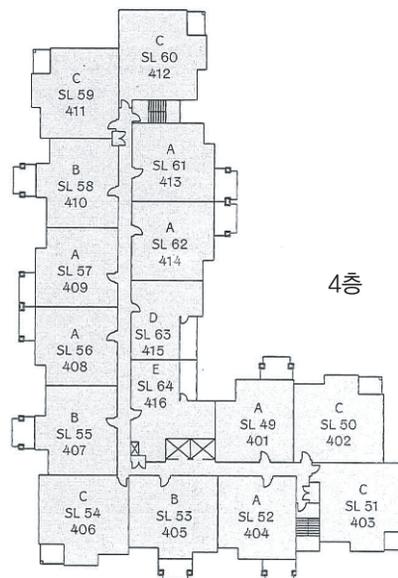
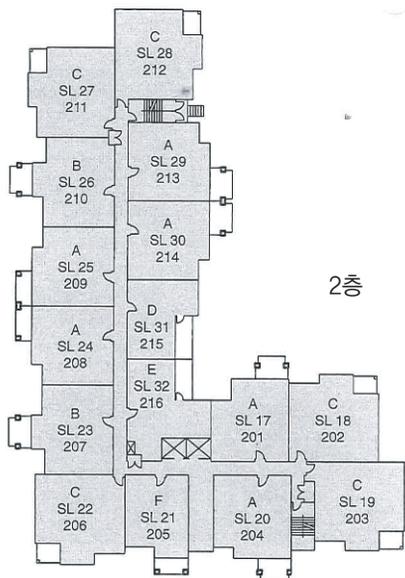


그림 1.1.4 MP 내력벽을 이용한 경골목구조 공법 4 층 공동 주택의 각 층 평면도



(2) NEESWOOD 프로젝트 시험용 7층 공동 주택

MP 내력벽을 이용한 건축물의 또 다른 예로 미국 NEESWOOD 프로젝트의 일환으로 진동대 시험에 사용된 7층 경골목구조 공법 건축물(1층 철골조, 2~7층의 총 6개 층이 경골목구조 공법)이 있다(그림 1.1.5). 이 시험은 2009년 7월, E-Defense(효고현 미키시)에서 실시되었으며, 경골목구조 공법으로 건축된 7층 목구조 건물의 지진 시의 성능 검증과 향후 목조 건축물의 중·고층화를 위한 검토에 적용 가능한 데이터의 취득을 주된 목적으로 하고 있다. 이 시험체의 크기는 그림 1.1.6에 나타난 평면이 약 12.1×18.1m로서, 각 층의 바닥 면적은 모두 219.0m²이다. 건물의 높이는 1층 철골조가 3.47m, 2층 3.28m, 3~7층 2.71m로 총 20.3m이다. 각 층의 평면은 2층, 3~6층, 7층이 각각 동일하며, 2~6층은 4세대, 7층은 3세대로서 총 23세대에 36개의 침실이 있는 건축물이다.

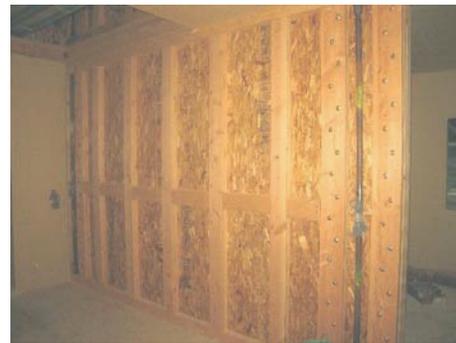
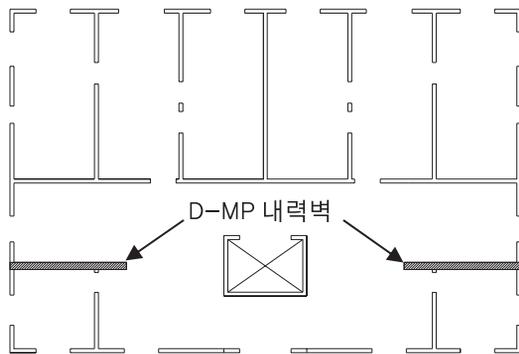
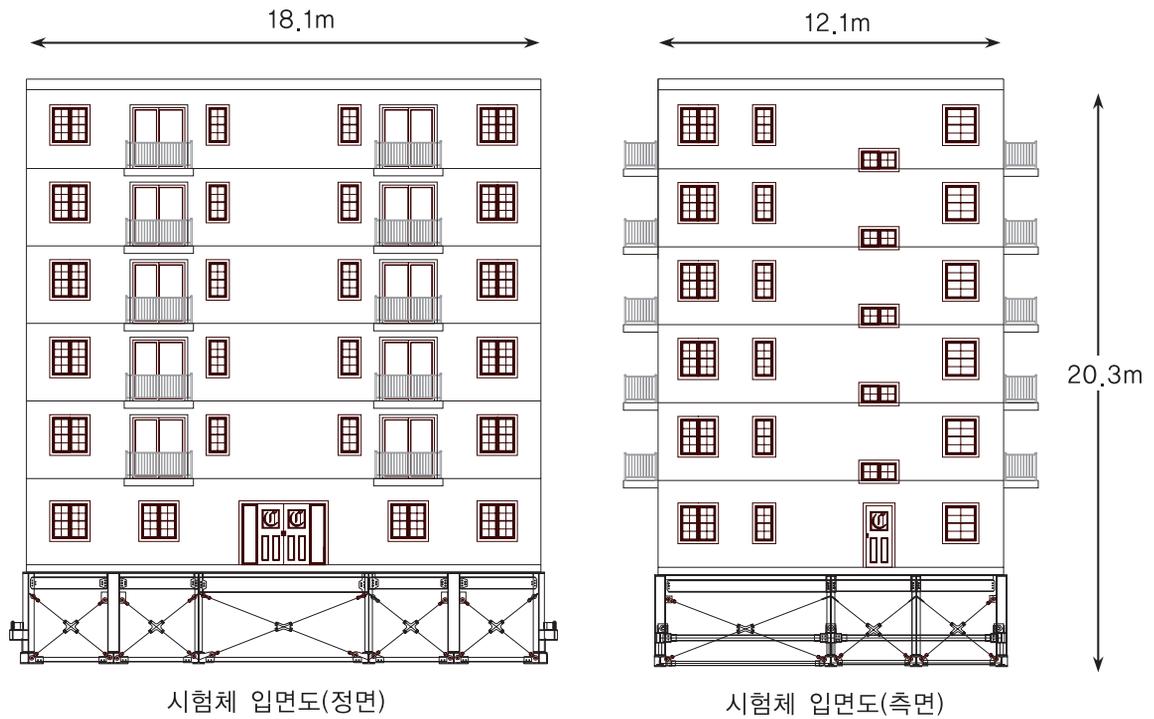


그림 1.1.5 NEESWOOD 실대 시험체

시험체의 주요 구조 재료는 2×6 스타드(D.Fir-L, SPF), 그리고 구조용 못질판재(OSB)이며, 이들 구조재와 못을 비롯하여 못 박는 기계에 이르기까지 거의 모든 자재들이 캐나다와 미국에서 수입되었다. 이것은 시험체가 북미의 규정을 적용한 것이기 때문이다. 내력벽에는 일본의 CN75*에 상당하는 길이의 못이 사용되었고 2~4층의 수직 골조에는 D.Fir-L, 5~7층에는 S-P-F가 사용되었다. 내력벽에 사용된 못의 간격은 요구되는 전단 내력에 따라서 50, 75, 100, 150mm의 4가지가 적용되었다. 시험체의 외벽 마감재는 설치하지 않았으며, 내장재는 내부 마감의 손상을 확인하기 위하여 석고보드를 설치하였다.

이 시험체에서 MP 내력벽은 그림 1.1.6에서 보는 바와 같이 벽(칸막이 벽)으로 일부 사용되었다. 또한 필요한 수평 내력 성능을 확보하기 위하여 못에 4면 전단이 작용하는 “이중 MP 내력벽”이라고 부르는 구조로 구성되어 있다. 여기에서 사용된 이중 MP 내력벽 (이하 “D-MP 내력벽”)과 구별하기 위하여 위의 4층 공동 주택에 사용된 2면 전단의 MP 내력벽을 “단일 MP 내력벽”(이하 “S-MP 내력벽”)이라고 부르기로 한다. D-MP 내력벽은 그림 1.1.7과 같이 S-MP 내력벽을 확장한 구조로서 이론적으로 S-MP 내력벽보다 2배의 전단 내력 성능을 얻을 수 있는 구조이다. 이 시험체와 같은 중층 건축물을 설계하기 위해서는 D-MP 내력벽과 같이 높은 성능을 지닌 내력벽이 필요하다.

*CN75 : 75mm 일반못



실대 시험체에 사용된 D-MP 내력벽

그림 1.1.6 NEESWOOD 시험체의 개요



그림 1.1.7 MP 내력벽의 구성 (왼쪽 : S-MP 내력벽 / 오른쪽 : D-MP 내력벽)



1.2 중판 내력벽 시스템 (Midply Wall System)의 구성

MP 내력벽의 부재 구성이 일반적인 내력벽과 크게 다른 것은 조립 스테드와 판재(구조용 판재, 덮개 재료)의 배치이다. 그림 1.2.1 및 1.2.2에서 보는 바와 같이 MP 내력벽의 수직격막 구조는 안팎 어느 방향에서 보더라도 조립 스테드 부재의 넓은 면이 보이고, 판재는 조립 스테드 사이에 삽입되도록 배치된다. 이러한 부재 구성은 사용되는 못의 전단면을 증가시키는 것뿐만 아니라 일반 내력벽의 내력 저하 요인을 제거한다는 측면에서도 전단 내력 성능의 향상을 기대할 수 있다. 예를 들어, 일반 내력벽의 경우에 판재는 스테드의 좁은 면(38mm)에 고정된다. 이 경우에 판재와 스테드 중 어느 부재도 못에 대한 충분한 연단거리를 확보할 수 없기 때문에 수평 전단 시험 등에서도 판재와 스테드 사이의 접합부 파괴에 따른 강도 저하가 확인되고 있다. 반면 MP 내력벽은 스테드 부재의 넓은 면에 못을 박기 때문에, 가장자리로부터 충분히 연단거리를 확보할 수 있다. 또한 못의 머리가 판재가 아닌 스테드 부재에 박히기 때문에 판재에 박힌 못이 판재를 뚫고 빠지는 파괴에 의한 강도 저하도 방지된다. 따라서 MP 내력벽은 수평 전단 내력 성능 향상에 대하여 이러한 특징들을 잘 살린 합리적인 부재 구성에 의한 내력벽이라고 할 수 있다.

여기서 MP 내력벽과 같이 수평 전단 내력 성능이 높은 내력벽일수록 내력벽의 양끝 부분에서 발생하는 인장하중과 압축하중이 증가한다. 따라서 기존의 내력벽보다 높은 인장 강도를 갖은 철물에 의하여 충분히 고정되어야 한다. 또한 중층 건축물을 계획하는 경우에, 상하 층에서 같은 위치에 내력벽을 배치하는 경우가 많고, 연속적으로 내력벽이 배치되는 층도 늘어난다. 상하층에 연속적으로 배치되는 내력벽이 수평력을 받는 경우에, 각 층의 내력벽 양끝에 발생하는 모멘트가 누적되어 아래층으로 전달되기 때문에 최하층에서는 매우 큰 모멘트가 발생할 수 있으며, 이 경우에 일반적인 내력벽에 사용되는 고정 철물로는 그 하중을 지지하기에 충분하지 않을 수 있다. 따라서 그림 1.2.1 및 1.2.2에 나타난 바와 같은 타이다운 철물이 필요하다. 기존의 인장 철물과 같이 래그 나사못이나 볼트 등의 전단강도에 의존하는 접합 방법이 아니라 타이로드와 유사한 강재(PC 강봉 등)와 위로 뜨는 것을 방지하는 철판에 의한 인발 내력이 확보된다. 인장 부위 상부로 연속 층 배치가 이루어지는 경우에도, 타이다운 철물은 매우 강하고 설치가 용이한 철물이라고 할 수 있다. 물론 구조계산에 의하여 타이다운 철물 정도의 인장 강도를 필요로 하지 않는 경우에는, 그림 1.2.3 및 1.2.4와 같이 일반적인 홀드다운 철물을 사용하는 것도 가능하다.

다만 일반적인 홀드다운 철물의 강도는 스테드의 넓은 면에 철물이 고정되는 경우에 대한 값이므로 적용 시에 주의해야 한다. 또한 인장하중의 증가와 함께 압축하중도 증가한다. 특히 중층 건축물의 경우에는 수평하중이 작용할 때에 모멘트 이외에 수직하중도 증가한다. 압축하중에 대해서는 스테드의 좌굴이나 지압 등에 대한 충분한 검토를 수행하여 필요한 경우에는 스테드의

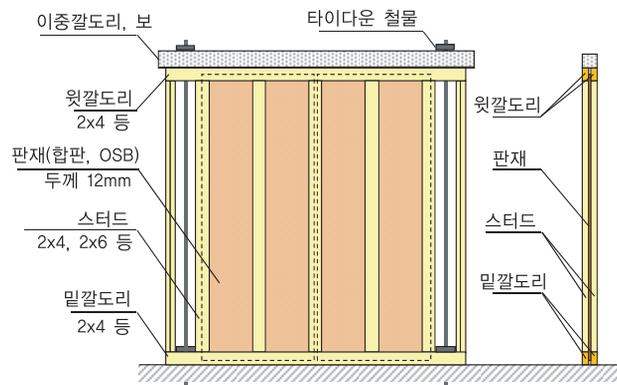


그림 1.2.2 MP 내력벽의 부재 배치 예

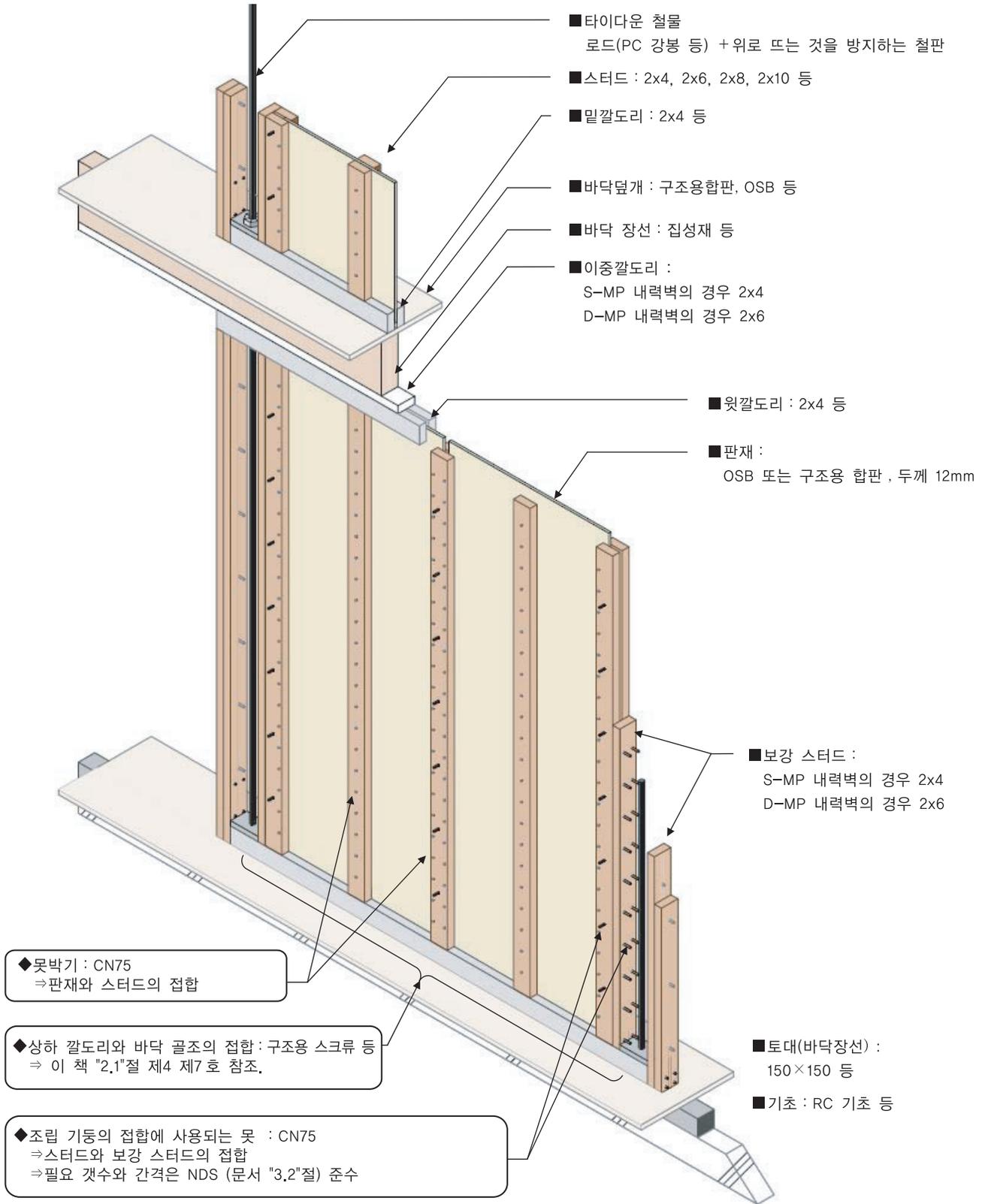


그림 1.2.2 MP 내력벽의 구성 (S-MP 내력벽 + 타이다운 철물의 경우)

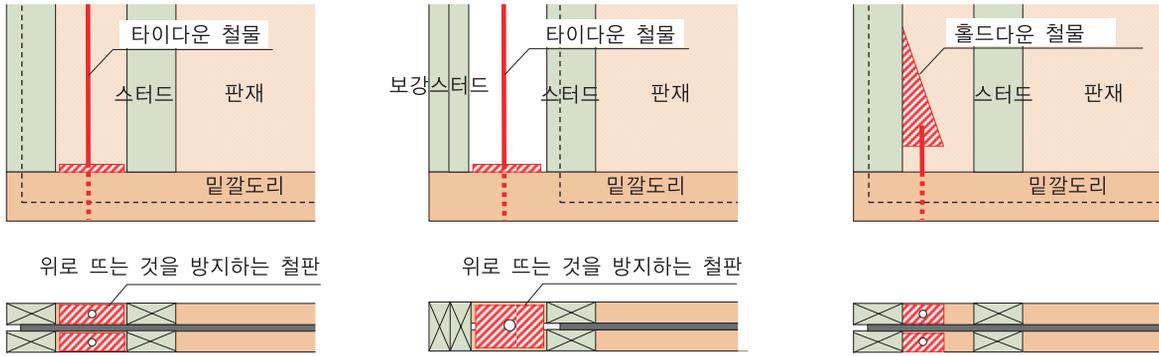


그림 1.2.3 MP 내력벽의 끝부분 보강 방법의 예



그림 1.2.4 MP 내력벽의 끝부분 보강에 홀드다운 철물을 사용한 예

2. 관련 고시에 대한 적합성

이 장에서는 경골목구조 공법 건축물 관련 법규에 대한 MP 내력벽의 적합성과 관련하여, 2001년 일본 국토교통성 고시 제1540호 및 제1541호의 규정을 검토하고자 한다.

표 2.1에 MP 내력벽이 위의 2개 고시에서 규정하는 사양에 맞지 않는 항목 또는 어떤 기술적인 고려와 검토가 필요하다고 예상되는 항목들을 수록하였다. 고시 사양에서 벗어나는 항목들은 크게 다음 두 가지로 요약할 수 있다.

- 국토교통 대신이 정하는 기술 기준에 적합한 벽의 구조 방법에 대한 요건 (벽배율이 주어지는 사양)
- 스테드의 배치에 관한 요건

MP 내력벽은 위의 두 항목 관련 고시 사양을 충족하지는 않지만, 해당 고시에 따르면 허용 응력 계산과 동등 이상의 구조 계산을 함께 실시하여 고시 규정에 적합한 것으로 판단되는 경우에는 사용할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 고시 제1540호의 제5, 제8 및 제9호처럼, MP 내력벽과 같은 조립 스테드의 배치는 고려되어 있지 않다고 생각되는 규정이 있기 때문에, 특히 MP 내력벽의 조립 스테드가 압축하중을 받는 경우의 구조 안전성에 대하여 별도의 검증이 필요하다고 생각된다. 이 책의 「3.2」에서는 MP 내력벽을 구성하는 조립 스테드를 대상으로 좌굴 시험을 실시하고 그 결과를 수록하였다. 그 결과, 정해진 규정에 따라 구성되는 MP 내력벽의 조립 스테드는 고시 사양과 동등 이상의 내력이 있는 것으로 확인되었으나, 관련 고시에의 적합성에 대한 제삼자 기관의 평가 등을 받고 있는 것은 아니다. 따라서 앞으로 실시 설계에 있어서 확인 신청 등의 절차를 원활하게 하기 위해서는 구조 계산 지침에 수록하고, 성능 평가 인증 등의 취득을 위한 준비를 진행시키는 것이 바람직하다고 생각한다.

표 2.1 MP 내력벽에서 관련 고시의 사양에 부적합 또는 기술적 배려가 필요한 항목

해당 고시 사양의 조항, 호 등 번호		내용	
2001년 국토교통성 고시 제1540호	제5 (벽 등)	제5호 (벽량 계산)	벽배율에 따른 허용 전단 내력이 미설정
		제8호 (스테드의 배치 간격)	좌굴성능에 대한 검토가 필요 (이 책 「3.2」참고)
		제9호 (교차 부의 스테드)	구조 계산 지침에 따라 검토
2001년 국토교통성 고시 제1541호	제1 (벽)	제5호 (벽배율)	벽배율이 정해진 부재 구성에 부적합
		제6호 (골조와 판재의 접합)	접합에 사용하는 못의 종류가 부적합



2.1 고시 제1540호에 대한 대응

고시 제1540호 (경골목구조 공법 기술기준, 桷組壁工法技術基準)에 규정된 항목 중 MP 내력벽에 관한 부분만을 발췌하여 해당 고시에 대한 MP 내력벽의 적합성에 대하여 설명하고자 한다

■ 고시 서문 : 주요 구조부에 경골목구조 공법을 이용한 건축물 또는 건축물의 부분

→ 경골목구조 공법은 “목재를 사용한 골조에 구조용 합판 또는 이와 유사한 것을 부착함으로써, 벽 및 바닥판을 설치하는 방법”으로 정의된다. 이 정의 중에서 밑줄을 친 부분에 대하여 경골목구조 공법의 벽으로서 MP 내력벽의 적합성은 제2 제1호 및 제2호, 또는 고시 제1541호에 적합하다는 사실로 확인할 수 있다, [적합].

■ 제 1 : 층수

→ 지하실을 제외한 층수가 3이하인 경우에는 구조 계산과 일부 사양 규정을 병용하여 안전성을 확인할 수 있다.

→ 지하실을 제외한 층수가 3을 초과하는 경우에 적용 가능한 규정은 제2 각 호, 제5 제1호, 제8 각 호를 제외하고 모두 예외로 할 수 있다. 이러한 경우에는 제12에서 규정하는 구조 계산을 실시하여 안전성을 확인한다.

■ 제2 제1호 : 골조 재료의 품질

→ MP 내력벽은 원칙적으로 표 3.1.1에 주어진 규격에 적합한 재료만 사용하므로, [적합].

→ 표 2.1.1에 주어진 재료 이외의 골조 재료를 사용하는 경우에는 한계 내력 계산이 요구된다.

표 2.1.1 골조 재료의 규격

골조재료	규격	구분	등급
① 윗깔도리 · 이중 깔도리	경골목구조 공법 구조용 목재의 일본 농림 규격	규격갑종 구조재	특급, 1급, 2급, 3급
		을종 구조재	Construction, Standard
		MSR 목재	
	경골목구조용 핑거조인트 구조재의 일본 농림 규격	갑종 핑거조인트재	특급, 1급, 2급, 3급
		을종 핑거조인트재	Construction, Standard
	구조용 집성재의 일본 농림 규격	치장 구조용 집성재	
구조용 단판 적층재의 일본 농림 규격	구조용 단판 적층재		
② 스테드	상기 ①에 나타내는 규격		
	경골목구조용 핑거조인트 구조재의 일본 농림 규격	스테드용 핑거조인트재	
③ 밑깔도리	상기 ①에 나타내는 규격		
	경골목구조 공법 구조용 목재의 일본 농림 규격	을종 구조재	유틸리티(Utility)
	경골목구조용 핑거조인트 구조재의 일본 농림 규격	을종 핑거조인트재	유틸리티(Utility)

주 : 제2 제3호의 규정에 따라 표 2.1.1에 정한 이외의 목재도 국토 교통대신이 그 수종, 구분 및 등급 등에 따라서 각각 허용 응력 및 재료 강도값을 정하는 경우에는 사용할 수 있다.



■ 제2 제2호 : 판재의 품질

- 구조용 합판과 동등 이상의 것으로서 구조용 합판 이외에 표 (1)에 다음의 11가지 재료가 명시됨
구조용 판재(OSB), 파티클 보드, 하드 보드, 경질 목편 시멘트 판,
유연한 판, 펄프 시멘트 판, 목재, 쉬딩 보드,
중밀도 섬유판, 화산 유리 복층판, 라스시트
- 과거의 실험 등에서 내력을 확인한 벽재는 “구조용 판재(OSB)”이기 때문에, **적합**.

■ 제4 제7호 : 바닥의 각 부재 상호간 및 바닥의 골조 부재와 토대 또는 이중깔도
리와의 접합 방법

- 끝 장선 또는 측면 장선과 이중깔도리 : 2.2kN/m 이상의 허용 전단 내력을
가진 접합 방법이라면, 비 JAS 제품에 의한 접합도 가능. NEESWOOD 프
젝트에서 검증 된 SDS (미국 Simpson 사 제조의 구조용 스크류 : 단기 허용
전단 내력 약 1.3kN/개)을 이용한 접합 방법을 권장. 필요한 수를 골고루 배치하면, **적합**.

SDS (구조용 스크류)



■ 제5 제1호 : 목질접착 복합패널과 다른 공법에 의한 내력벽의 병용 금지

- MP 내력벽은 목질 접착 복합 패널에는 해당되지 않음.
- MP 내력벽 및 일반 합판 덮개 내력벽은 함께 사용 가능. 목질 접착 복합 패널과 MP 내력벽을 병용
하지 않는 것으로 하면, **적합**.

■ 제5 제5호 : 내력벽의 단위 길이 당 전단 내력을 이용한 벽량 계산

- MP 내력벽은 시행령 제8조의 3의 규정에 근거한 고시 제 1541 호에서 장관이 정하는 벽의 구조 방
법에 적합하지 않기 이기 때문에(벽배율에 따른 내력이 설정되지 않음), **부적합**. 그러나 허용 전단
내력이 설정되어 있다면 MP 내력벽에 대해서도 규정을 적용하여 적합 여부의 판정이 가능. (책
「3.1.1」참고)

■ 제5 제8호 : 스테드의 간격

- 이 책 「3.2」의 검토 결과로부터 조립 스테드 상호간의 접합을 NDS의 규정에 따라서 조립기둥으로
구성하는 경우에 본 고시에서 규정하는 배치 간격으로 적용하면 **적합** 판정이 가능할 것으로 예상됨.
그러나 제삼자 기관에 의한 평가 등은 받지 않았음.

■ 제5 제9호 : 내력벽의 끝부분 및 교차부의 스테드

- 내력벽의 끝부분 및 교차부에 배치되는 스테드의 최소 개수의 규정에 준함
- 구조 계산 지침에 표시된 스테드의 배치 예에 준하여, 그림 2.1에 나타난 MP 내력벽의 끝부분 및 교
차부에 필요한 부재 구성 예 이상의 스테드를 배치함으로써 **적합** 판정이 가능할 것으로 예상됨. 그러
나 제삼자 기관에 의한 평가 등은 받지 않았음.

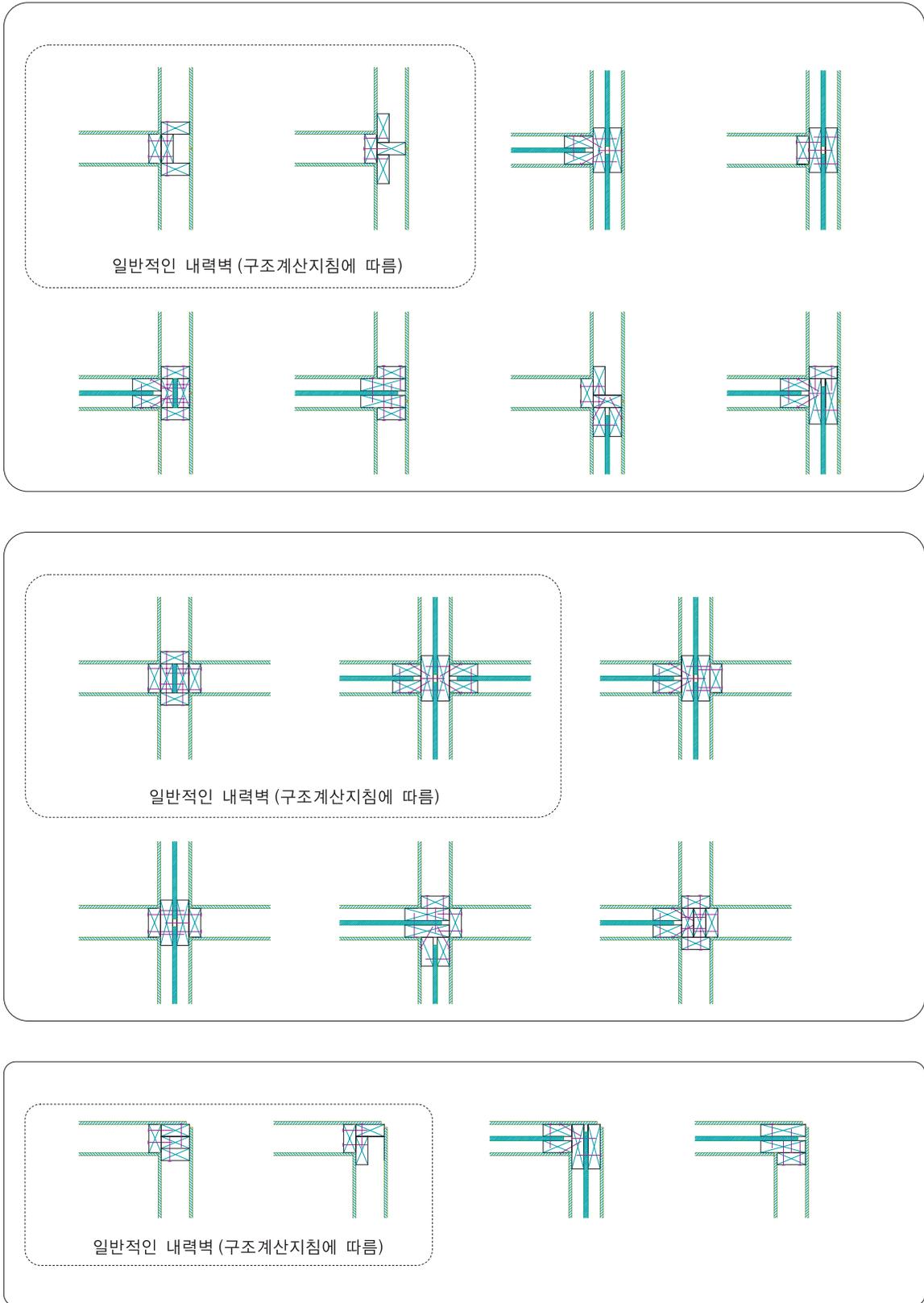


그림 2.1 MP 내력벽의 교차부에서 스테드 배치의 예



- 제5 제10호 : 벽의 끝부분 또는 개구부의 양끝에 있는 스테드의 접합
 - MP 내력벽은 높은 전단 내력을 보유한 내력벽으로서 원칙적으로 MP 내력벽의 양끝에는 타이다운 또는 흠드다운 철물을 배치하기 때문에, **적합**.

- 제5 제11호 : 이중깔도리의 배치
 - 원칙적으로는 MP 내력벽의 상단에는 이중깔도리를 배치한다. MP 내력벽의 “윗깔도리와 같은 치수의 단면” 또는 “윗깔도리와 같은 치수 이상의 단면”을 갖는 이중깔도리라면, **적합** 판정이 가능할 것으로 예상. 그러나 제삼자 기관에 의한 평가 등은 받지 않았음.

- 제5 제15호 : 벽의 각 부재 상호간, 벽의 각 부재와 바닥·이중깔도리 또는 개구부 옆기둥과의 접합
 - 스테드와 윗깔도리 또는 밑깔도리 사이의 접합 : 2개의 CN90 못을 경사 못박기하여, **적합**.
 - 밑깔도리와 바닥 : 3.2kN/m 이상의 허용 전단 내력을 갖는 접합 방법으로 하여, **적합**.
(제4 제7호의 해설에 나와있는 SDS를 이용한 접합 방법을 권장)
 - 스테드 상호간 접합 : NDS의 규정에 따라서 구성한 조립 기둥은 본 고시의 규정을 만족하기 때문에, **적합**.

- 제8 : 방부조치 등
 - 제8 제1호~제6호의 규정에 대해서는 MP 내력벽의 채택 여부에 관계없이 적합.

- 제9 : 수평 내력 계산과 동등 이상의 안전성을 확인할 수 있는 구조 계산의 내용
 - 영 제81조 제2항 제2호가에 수평 내력 계산과 동등 이상의 구조 계산 내용을 규정.
 - 제9 제1호 : 영 제82조 각 호 (허용 응력, 변형(휨)의 계산 방법)
 - 제9 제2호 : 접합부의 응력 전달
 - 제9 제3호 : 풍하중에 의한 층간 변위
 - 제9 제4호 : 지진하중에 의한 층간 변위
 - 제9 제5호 : 수평 내력의 확인

- 제10 : 구조계산에 의하여 구조 내력 상 안전하다는 것이 확인 된 건축물 등 (3층 이하)
 - 구조 계산의 내용과 사양 규정을 예외로 할 수 있는 항목은 표 2.1.2와 같음.

- 제11 : 내구성 관련 규정
 - 제8의 규정에서 정하는 안전상 필요한 기술적 기준을 내구성 관련 규정으로 지정함. 준수 필요.

- 제12 : 성능 규정
 - 제1항에 규정하는 건물 형태의 제한 없음 (3층 이상의 건축물도 대상).
 - 구조 계산의 내용과 사양 규정을 예외로 할 수 있는 항목은 표 2.1.2와 같음.

표 2.1.2 MP 내력벽의 사양과 고시 제1540호의 규정 내용과의 대응

구조 계산의 방법 사양 규정		고시 사양에 대한 MP 내력벽의 적합성 여부	제10 제2호 ^{※1} (일부사양규정)	제12 (성능규정)	
			제9 제1호 및 제2호 ^{※1}	제9 제1호~제5호	
	제1(층수)	건축물의 층수에 따름	○ (3 층 이하)	× (3 층 이상)	
고시 사양	제2(재료)	적합	○	○	
	제4(바닥)	제7호	×	×	
	제5(벽 등)	제1호	적합	○	×
		제8호	부적합 ^{※2}	×	×
		제8호	적합 ^{※3}	○	×
		제9호	적합 ^{※3}	×	×
		제10호	적합	○	×
		제11호	적합 ^{※4}	×	×
	제15호	적합	×	×	
제8(방부조치 등)		준수 필요 ^{※5}	○	○	
구조 계산	허용 응력 계산 (변형, 접합부 포함)		○	○	
	강성을 확인 (각층 $R_s \geq 0.6$)		× ^{※6}	×	
	편심율의 확인 (각층 $Re \leq 0.15$)		× ^{※1}	×	
	바람 압력에 의한 층간 변형 각의 확인		×	○	
	지진력에 의한 층간 변형 각의 확인		×	○	
	보유 수평 내력의 계산		×	○	

○표 : 준수 필요, ×표 : 준수 불필요

※1 : 공간·개구부 크기가 고시 사양에서 벗어난 건축물의 경우에만 제10 제1호의 구조 계산을 적용. 제10 제1호의 구조 계산에서는 제9 제1호 및 제2호 이외에 건축물의 지상 부분에서 영 제82조의 6 제2호 나뭇(편심율)의 규정을 준수하는 것이 필요.

※2 : 벽배율을 기반으로 단위 길이 당 전단 내력이 주어지지 않기 때문에 부적합으로 처리.

※3 : 실험 및 구조 계산 지침에 따라 적합한 것으로 판단. 그러나 제삼자 기관의 평가 등을 받지 않았음.

※4 : 원칙적으로 MP 내력벽의 상부에 이중깔도리를 배치. 동호 조문에서 “해당 내력벽의 윗깔도리와 같은 치수의 단면”이라는 문장을 “같은 치수 이상의 단면”으로 확대 해석이 가능한 것으로 보고 적합한 것으로 판단. 그러나 제삼자 기관에 의한 평가 등을 받지 않았음

※5 : 어떤 구조 계산 루트에 의한 경우도 준수 필요.

※6 : 구조 계산의 적합성 판정 대상 (높이 13m 이상, 처마 높이 9m 이상)의 건축물에서 구조 계산 루트 2를 선택한 경우에만 준수 필요.

2.2 고시 제1541호에 대한 대응

고시 제1541호 (벽 및 바닥의 구조 방법)에 규정된 항목 중에서 MP 내력벽에 관한 부분만을 발췌하여 해당 고시에 대한 MP 내력벽의 적합성에 관하여 설명하고자 한다.

- 고시 서문 : 구조 내력 상 주요한 부분인 벽 및 바닥이 경골목구조 공법에 의하여 건축되는 경우에 해당 벽 및 바닥의 구조는 국토 교통 장관이 정하는 기술 기준에 적합한 것으로서, 국토 교통 장관이 정한 구조 방법을 이용한 것 또는 국토 교통 장관의 인정을 받은 것으로 하지 않으면 안됨.

→ MP 내력벽은 장관의 인정을 받은 벽에 해당하지 않기 때문에 (벽배율이 주어지지 않음) 본 고시에 서 규정하는 구조 방법에 적합할 필요가 있음. 구조 계산을 함께 실시하는 것으로 하여, **적합**.

- 제1 제4호 : 내력벽의 밑깔도리, 스테드, 윗깔도리의 치수

→ MP 내력벽은 표 2.2.1에 규정한 치수 형식 또는 치수에 적합한 것을 사용하기 때문에, **적합**.

표 2.2.1 내력벽에 사용되는 골조부재의 치수 규정

골조 재료의 명칭	골조 재료의 규격	치수 형식 또는 치수
밑깔도리, 스테드, 윗깔도리	경골목구조 공법 구조용 목재의 일본 농림 규격	2×4, 2×5, 2×6, 2×8, 3×4, 3×6, 4×4, 4×6, 4×8
	표 3. 1.1에 주어진 골조부재의 치수	두께 38mm 이상, 너비 89mm 이상*

※ 밑깔도리, 스테드 또는 윗깔도리와 바닥의 골조부재, 이중깔도리, 개구부 옆기둥 등과의 접합에 지장이 없는 것 일 것

- 제1 제5호 : 내력벽의 벽배율을 이용한 벽량 계산

→ 표1 및 표1-2 “내력벽의 종류”란에서 MP 내력벽은 “- 한쪽 전면에”라는 부분에서 부적합

- 제1 제9호 : 내력벽의 끝부분 및 교차부의 스테드 배치

→ 고시 제1540호 제5 제9호와 동일, **적합**.

- 제1 제5호 : 벽의 각 부재 상호 및 벽의 각 부재와 바닥·이중깔도리 또는 개구부 옆기둥과의 접합 방법

→ 고시 제1540호 제5 제5호와 동일, **적합**.



■ 제1 제16호 : 벽의 골조부재와 판재의 접합방법

→ 표 2.2.2에 주어진 바와 같이 고시 사양에 규정된 못 CN50(CNZ50, BN50)으로는 MP 내력벽에서 필요한 2면 전단을 받을 수 있는 충분한 못의 침투깊이를 확보할 수 없다. 따라서 MP 내력벽에서는 CN75 못의 사용을 표준으로 하고 있기 때문에, [부적합].

표 2.2.2 벽의 골조부재와 판재의 접합방법

판재의 종류*	못이나 나사의 종류	치수 형식 또는 치수
구조용 합판, 구조용 판재(OSB)기타	CN50, CNZ50	판재의 가장자리 부분은 10cm 이하, 기타 부분은 20cm 이하
	BN50	

※벽의 덮개재료로 사용되는 판재들 중에 일반적인 것만을 발췌

■ 제3 제1호 : 사양 규정에 의하지 않고, 구조 내력 상 안전하다는 것이 확인되는 구조 계산의 내용

→ 허용 응력 및 변형(휨)을 확인하여 제1의 사양 규정 중 일부에서 예외로 인정 가능.

■ 제3 제2호, 제3호 : 사양 규정에 의하지 않고, 구조 내력 상 안전하다는 것이 확인되는 구조 계산

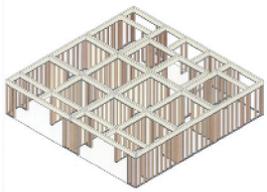
→ 제3 제1호 나 (1) 및 (2)에 기초한 영 제82조 각 호(허용 응력 계산)에 따라서 변형과 접합부의 응력 전달을 확인한다면 MP 내력벽에 관한 부분 (제1 제5호, 제9호 제15호 및 제16호)의 사양 규정은 예외로 인정 가능.

표 2.2.3 MP 내력벽의 사양과 고시 제1541호의 규정 내용과의 대응

벽의 구조 방법의 확인		고시 사양에 대한 MP 내력벽의 적합성	사양규정 (제1)	제3 제3호* ¹ (일부 사양규정) 제3 제1호 나 (1)과 (2)* ¹	
고시 사양	제1(벽)	제4호 (골조부재의 치수)	적합	○	
		제5호 (벽배율)	부적합	○	×
		제9호 (스터드의 배치)	적합	○	×
		제15호 (벽과 주변 부재의 접합)	적합	○	×
		제16호 (스터드와 판재의 접합)	부적합	○	×
구조 계산	허용 응도 계산 (변형, 접합부 포함)		×	○	
	편심율의 확인 (각층 $Re \leq 0.15$)		×	×* ¹	
	풍하중에 의한 층간 변위의 확인		×	×	
	지진하중에 의한 층간 변위의 확인		×	×	
	보유 수평 내력의 계산		×	×	

○표 : 준수가 필요, ×표 : 준수가 불필요

*1 : 공간·개구부 크기가 고시 사양에서 벗어난 건축물의 경우에만 제3 제2호의 구조 계산을 적용한다. 제3 제2호 구조 계산에서는 제3 제1호 나 (1)과 (2)뿐만 아니라, 건축물의 지상부에서 영 제82조의 6 제2호 (편심율)의 규정을 준수하는 것이 필요.



3. 중판 내력벽 시스템 (Midply Wall System)에 대한 과거의 실험 및 성능 평가

3.1 면전단 내력 성능

(1) 시험체의 개요

고시 제1540호 제2의 규격 및 품질에 적합한 골조부재 및 판재를 이용하여 구성된 MP 내력벽을 대상으로 하여 그림 3.1.1과 같이 수평 전단 내력 성능을 확인하기 위한 면전단 시험을 실시하였다. 시험체는 S-MP 내력벽(그림 3.1.2)과 D-MP 내력벽(그림 3.1.3)의 두 가지 사양으로서 반복수는 각각 3으로 하였다. 모든 내력벽 시험체는 벽 길이 2P(=1.82m), 높이 2.47m(밑깔도리 상단에서 이중깔도리 하단까지의 거리), 그리고 스테드의 배치 간격은 462.5mm로 하였다. 판재는 두께 12mm의 구조용 판재(OSB)를 사용하였고, 골조부재로는 치수 형식 2×4의 경골목구조 공법용 구조재로서 S-P-F 2등급(2000년 고시 제1452호 제7호의 규정에 따라서 기준 강도 지정을 받은 캐나다 등급 구분 규칙이 적용된 NLGA 목재)를 사용하였다. 모든 내력벽에서 판재의 가장자리와 내부 모두 CN75 못을 100mm 간격으로 못박기하였다. 또한 위로 뜨는 것을 방지하기 위하여 타이다운 철물(PC 강봉 + 누름 철판)을 사용하였다. 타이다운 철물로 사용된 PC 강봉은 해당 내력벽에 최대하중이 작용하는 경우에도 강봉의 탄성한계를 초과하지 않을 정도로 충분한 여유를 갖는 지름($\phi 17$, $\phi 23$)의 것을 사용하여 철판과 가압블럭과의 접촉 면적을 조정하였다.

하중시험을 통한 단기 기준 전단 내력 평가는 「구조 계산 지침」 제Ⅳ편 건축 기준법 제37조에서 규정하는 지정 건축 자재 및 건축 기준법 시행 규칙 제8조의 3에 따른 내력벽의 시험·평가 방법에 따라서 실시하였다. 하중의 제어는 변위 측정 방식으로 하였으며, 변형각 1/50rad에서 3회 반복 후에, 1/40, 1/30, 1/24, 1/20, 1/15rad에서도 각각 3회 반복 하중을 가하였다. 또한 단기 기준 전단 내력은 측정 변위를 이용한 경우와 실제 변위를 이용한 경우 모두에 대하여 평가하였다.

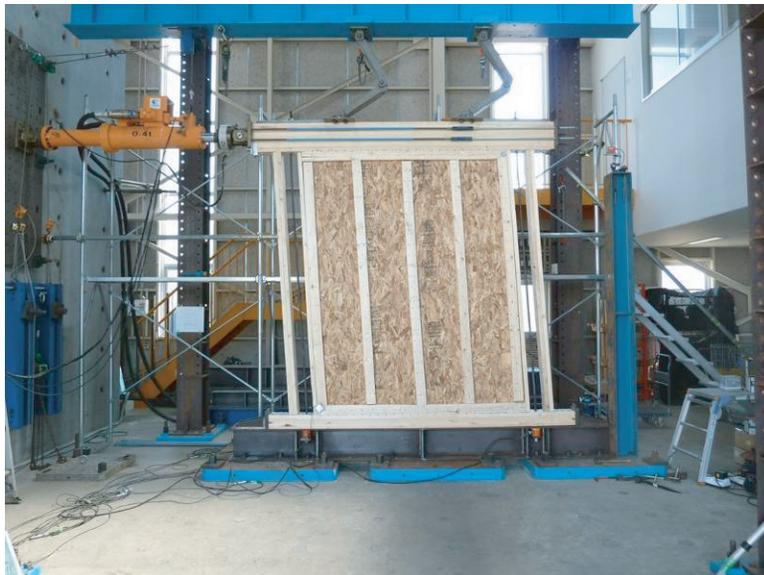
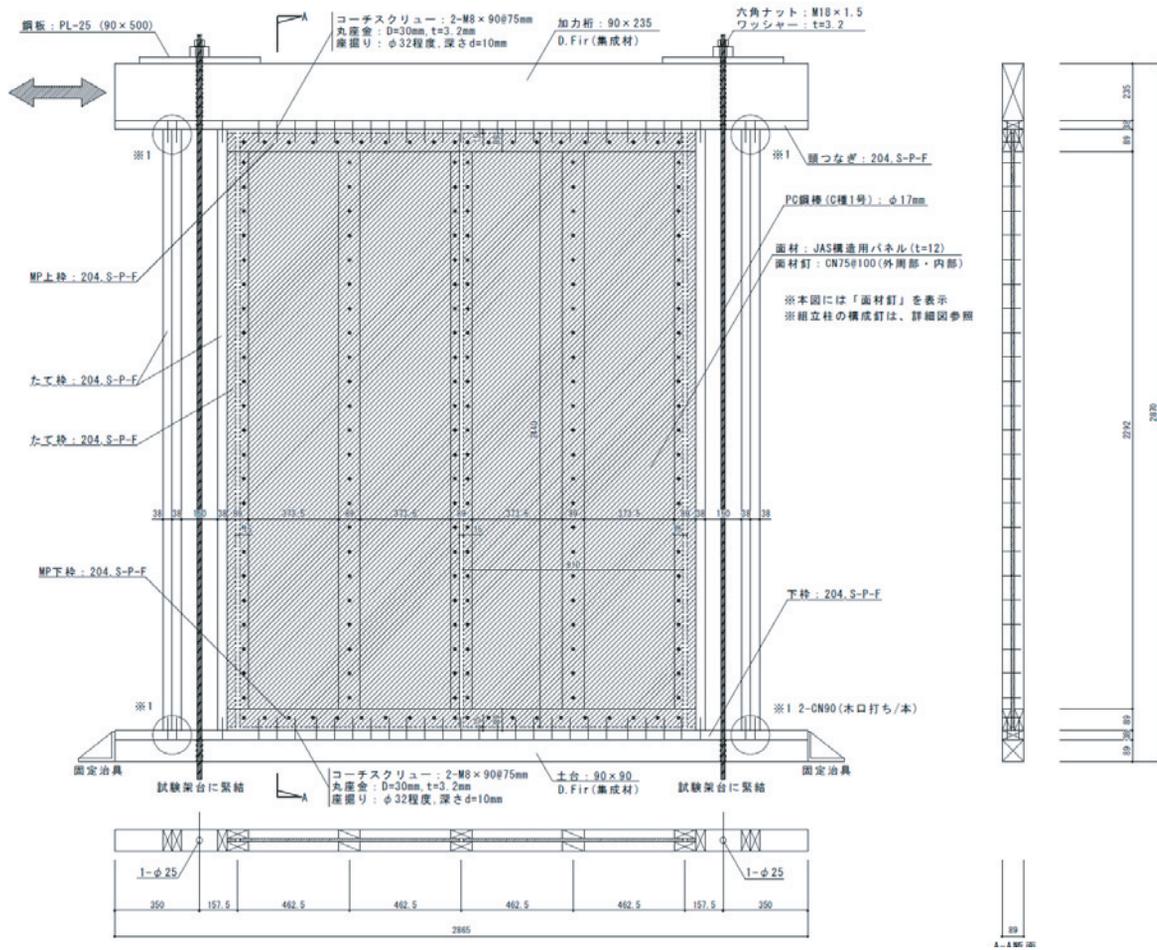
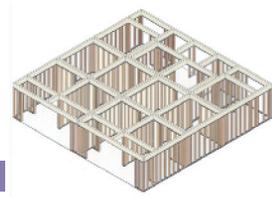
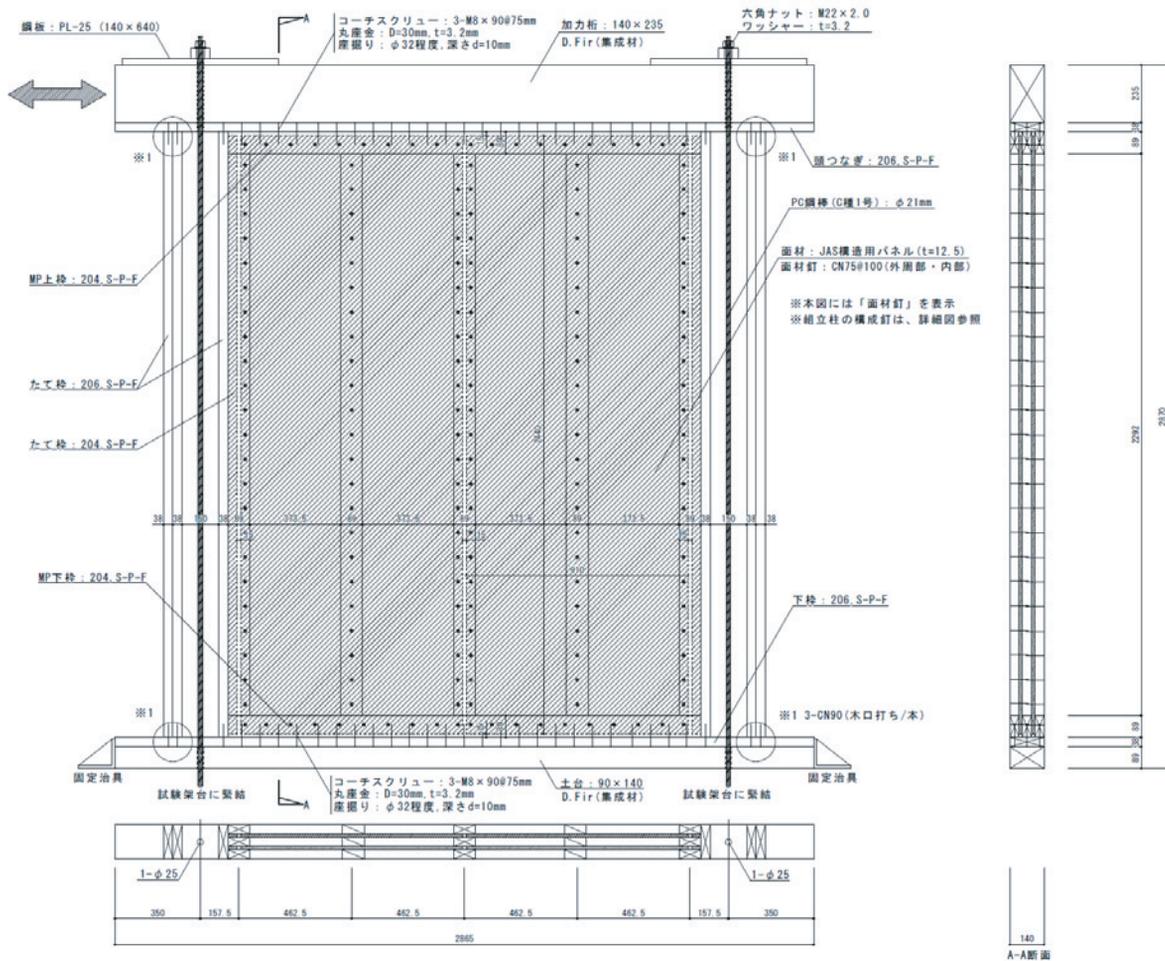
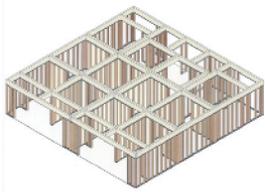


그림 3.1.1MP 내력벽의 면전단 시험



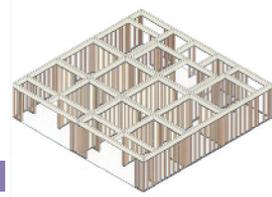
항목	시험체의 사양 (S-MP 내력벽)
하중능력	집성재의 일본 농림 규격에 규정된 구조용 집성재 대칭 다른 등급 구성 E120-F330, 유럽 소나무 단면 치수 (mm) : 너비 89×높이 235
골조부재 · 이중갈돌리	경골목구조 공법 구조용 목재 2000년 건설성 고시 제1452호 제7호의 규정에 따른 기준 강도 지정 2009년 국가 인정 3841호 캐나다 등급 규칙 NLGA-2003 적합 2등급, SPF, 건조 목재 KD-HT, 치수 형식 2×4 (38mm×89mm)
토대	CFLA JPS1 규격 Hem-Fir (N) 목재 E120-F330 2000년 건설성 고시 제1452호 제7호의 규정에 의한 국가 인정 1162-1호로 지정 단면 치수 (mm) : 폭 90×높이 90
판재	구조용 판재의 일본 농림 규격 3급, 두께 12mm, 너비 910mm×높이 2440mm
판재 못박기	CN75@100mm (판재 가장자리와 내부 모두)
벽 양끝의 보강	PC 강봉 C종 1호, ϕ 17mm, 길이 3150mm, 양단 150mm씩 나사 가공 누름 철판 (mm) 두께 25, 폭 90×길이 500
조립 스타드의 접합	CN75@150mm

표 3.1.2 S-MP 내력벽의 면전단 시험 개요



항목	시험체의 사양 (D-MP 내력벽)
하중능력	집성재의 일본 농림 규격에 규정된 구조용 집성재 대칭 다른 등급 구성 E120-F330, 유럽 소나무 단면 치수 (mm) : 너비 140×높이 235
골조부재 · 이중갈도리	경골목구조 공법 구조용 목재 2000년 건설성 고시 제 1452호 제7호의 규정에 따른 기준 강도 지정 2009년 국가 인정 3841호 캐나다 등급 규칙 NLGA-2003에 적합 2등급, SPF, 건조 목재 KD-HT, 치수 형식 2×4, 2×6(38mm×89mm 또는 140mm)
토대	CFLA JPS1 규격 Hem-Fir (N) 목재 E120-F330 2000년 건설 성 고시 제1452호 제7호의 규정에 의한 국가 인정 1162-1호로 지정 단면 치수 (mm) : 너비 140×높이 90
판재	구조용 판재의 일본 농림 규격 3급, 두께 12mm, 너비 910mm×높이 2440mm
판재 못박기	CN75@100mm (판재 가장자리와 내부 모두)
벽 양끝의 보강	PC 강봉 C종 1호, φ21mm, 길이 3150mm, 양단 150mm씩 나사 가공 누름 철판 (mm) : 두께 25, 너비 140, 길이 640
조립 스타드의 접합	CN75@150mm

표 3.1.3 D-MP 내력벽의 면전단 시험 개요



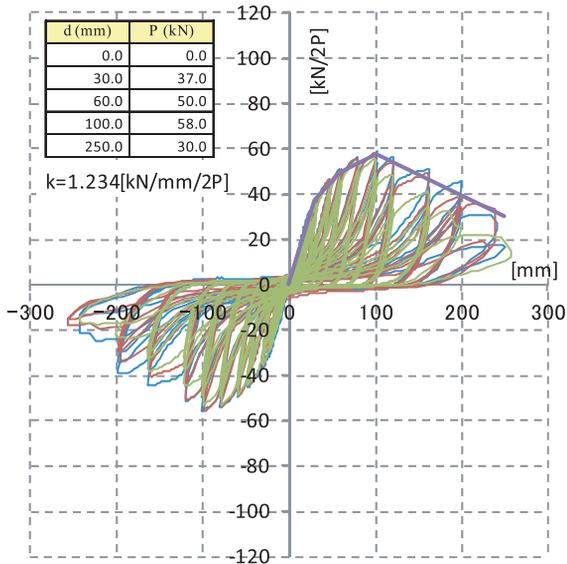
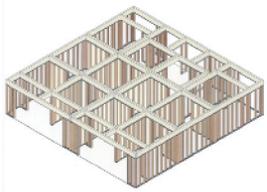
(2) 시험 결과의 개요

각 사양의 MP 내력벽에 대한 단기 기준 전단 내력 평가 결과는 표 3.1.1, 그리고 시험 결과의 하중 변위 관계는 그림 3.1.4에 수록하였다. MP 내력벽의 변환 벽배율은 실제 변위에 의하여 평가하는 경우에 S-MP 내력벽은 9배, D-MP 내력벽은 14.5배 정도를 나타내었다. 경골목구조 공법에서 한쪽 측면에만 합판을 덮은 표준 내력벽의 벽배율이 3배 정도되므로, MP 내력벽이 우수한 전단 내력 성능을 갖는 내력벽이라는 사실을 알 수 있다.

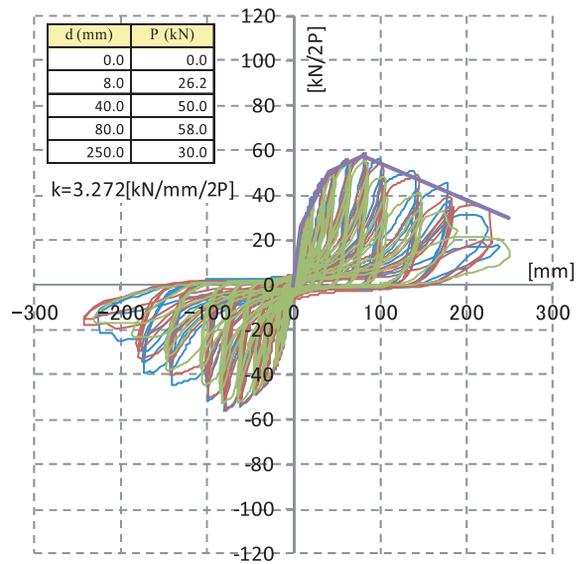
표 3.1.1 MP 내력벽의 면전단 내력 평가 결과

사양	평가 방법	내력지표	시험체 1 (kN/m)	시험체 2 (kN/m)	시험체 3 (kN/m)	평균 (kN/m)	표준편차	50%이하값 (kN/m)
S-MP 내력벽	측정 변위	P_y	18.70	14.04	19.91	18.49	0.45	18.28
		$0.2P_u/D_s$	18.80	13.24	15.82	14.10	0.89	13.68
		$2/3P_{max}$	17.97	20.96	14.83	20.62	0.62	20.33
		$P1/120$	15.01	20.99	14.67	15.11	0.63	14.81
		벽 길이 당 단기 기준 전단 내력 ΔP_o *						
	실제 변위	P_y	18.53	22.33	19.91	17.98	0.70	17.65
		$0.2P_u/D_s$	18.20	19.54	23.96	21.66	1.87	20.78
		$2/3P_{max}$	17.19	20.96	23.87	20.62	0.62	20.33
		$P1/120$	23.09	20.99	22.30	23.37	0.93	22.93
		벽 길이 당 단기 기준 전단 내력 ΔP_o *						
D-MP 내력벽	측정 변위	P_y	33.01	21.45	34.57	31.44	1.41	30.77
		$0.2P_u/D_s$	30.28	22.26	23.16	22.01	0.49	21.78
		$2/3P_{max}$	31.02	35.75	23.69	34.60	1.13	34.07
		$P1/120$	22.32	33.49	24.82	23.89	0.85	23.49
		벽 길이 당 단기 기준 전단 내력 ΔP_o *						
	실제 변위	P_y	31.29	31.76	34.57	29.54	1.77	28.71
		$0.2P_u/D_s$	27.75	34.01	42.81	33.39	1.42	32.72
		$2/3P_{max}$	29.59	35.75	39.29	34.60	1.13	34.07
		$P1/120$	34.40	33.49	42.74	41.61	2.01	40.66
		벽 길이 당 단기 기준 전단 내력 ΔP_o *						

※ 표 중 [] 안의 수치는 벽배율 변환 값 (= $\Delta P_o / 1.96$). 그러나 강도저감계수 α 는 고려하지 않음 ($\alpha = 1.0$)

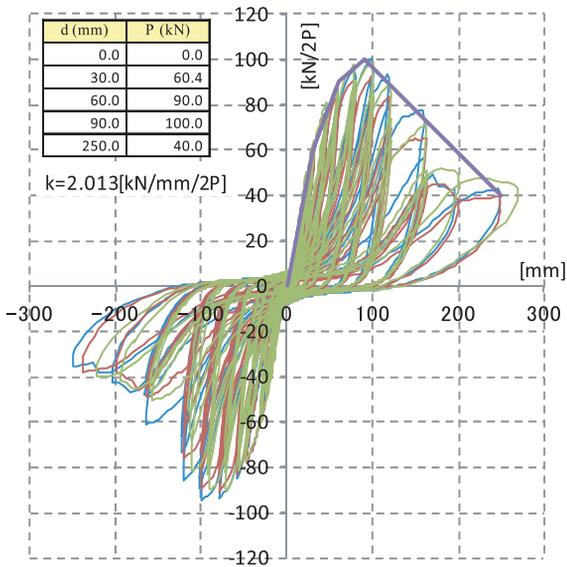


측정 변위

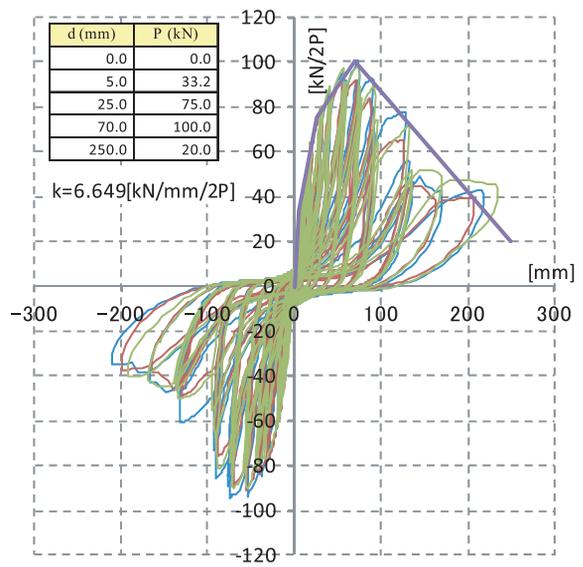


실제 변위

(a) S-MP 내력벽의 하중 변위 관계



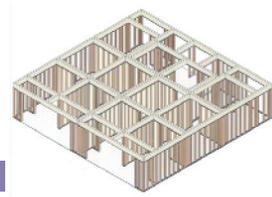
측정 변위



실제 변위

(b) D-MP 내력벽의 하중 변위 관계

그림 3.1.4 MP 내력벽의 면전단 시험에 의한 하중 변위 관계 (시험체 3)



(3) 시험 결과의 검증

여기에서는 면전단 시험에서 얻은 MP 내력벽의 전단 내력 성능에 대하여 논리적인 방법(“기하학적 중첩 방법”)을 이용하여 판재에 박힌 못 1개당 성능과의 관계를 확인하고자 한다. 먼저, 그림 3.1.5와 같이 하나의 판재가 못박기된 벽에 있어서 골조부재와 판재를 강성으로 가정한다면 벽에 작용하는 수평하중 P, 벽의 수평 변형 Δ, 수직·수평 골조부재의 중심에 대한 판재의 회전각 $j\theta_x, j\theta_y$, i 번째 못의 변형 $j\delta_i$ 및 전단내력 $j_s i$, X, Y 방향으로 못의 변형 $j\delta_{x,i}, j\delta_{y,i}$ 및 전단내력 $j_{s_{x,i}}, j_{s_{y,i}}$ 사이에 다음의 관계가 성립한다. 다만 판재에 박히는 못의 배열은 상하 대칭이며 또한 좌우 대칭이 되어야 한다. 여기서 이러한 관계는 반복 계산법에 의하여 계산이 이루어지며 첨자 j 는 반복 계산의 단계를 나타낸다.

$$P \cdot H = {}_j M_x = {}_j M_y \dots\dots\dots (3.1.1a)$$

$$\Delta = {}_j \theta \cdot H \dots\dots\dots (3.1.1b)$$

ここで、 ${}_j M_x = \sum_i {}_j s_{x,i} \cdot l_{y,i}$ ${}_j M_y = \sum_i {}_j s_{y,i} \cdot l_{x,i}$

$${}_j s_{x,i} = {}_j s_i \cdot \frac{{}_j \delta_{x,i}}{{}_j \delta_i} \quad {}_j s_{y,i} = {}_j s_i \cdot \frac{{}_j \delta_{y,i}}{{}_j \delta_i}$$

$${}_j \delta_{x,i} = l_{y,i} \cdot {}_j \theta_x \quad {}_j \delta_{y,i} = l_{x,i} \cdot {}_j \theta_y \quad {}_j \delta_i = \sqrt{{}_j \delta_{x,i}^2 + {}_j \delta_{y,i}^2}$$

$${}_j \theta = {}_j \theta_x + {}_j \theta_y$$

${}_j \theta_x, {}_j \theta_y$: 세로 및 가로 골조부재 중심에 대한 판재의 회전각

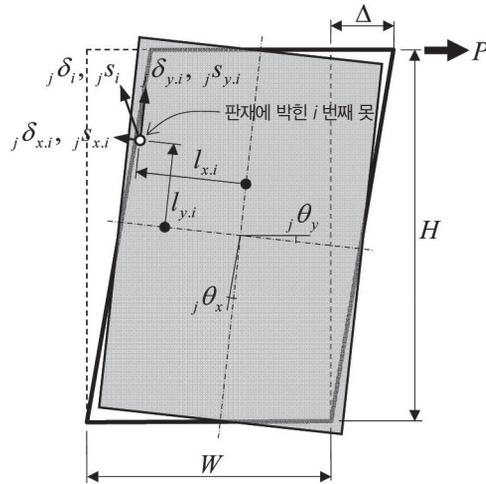
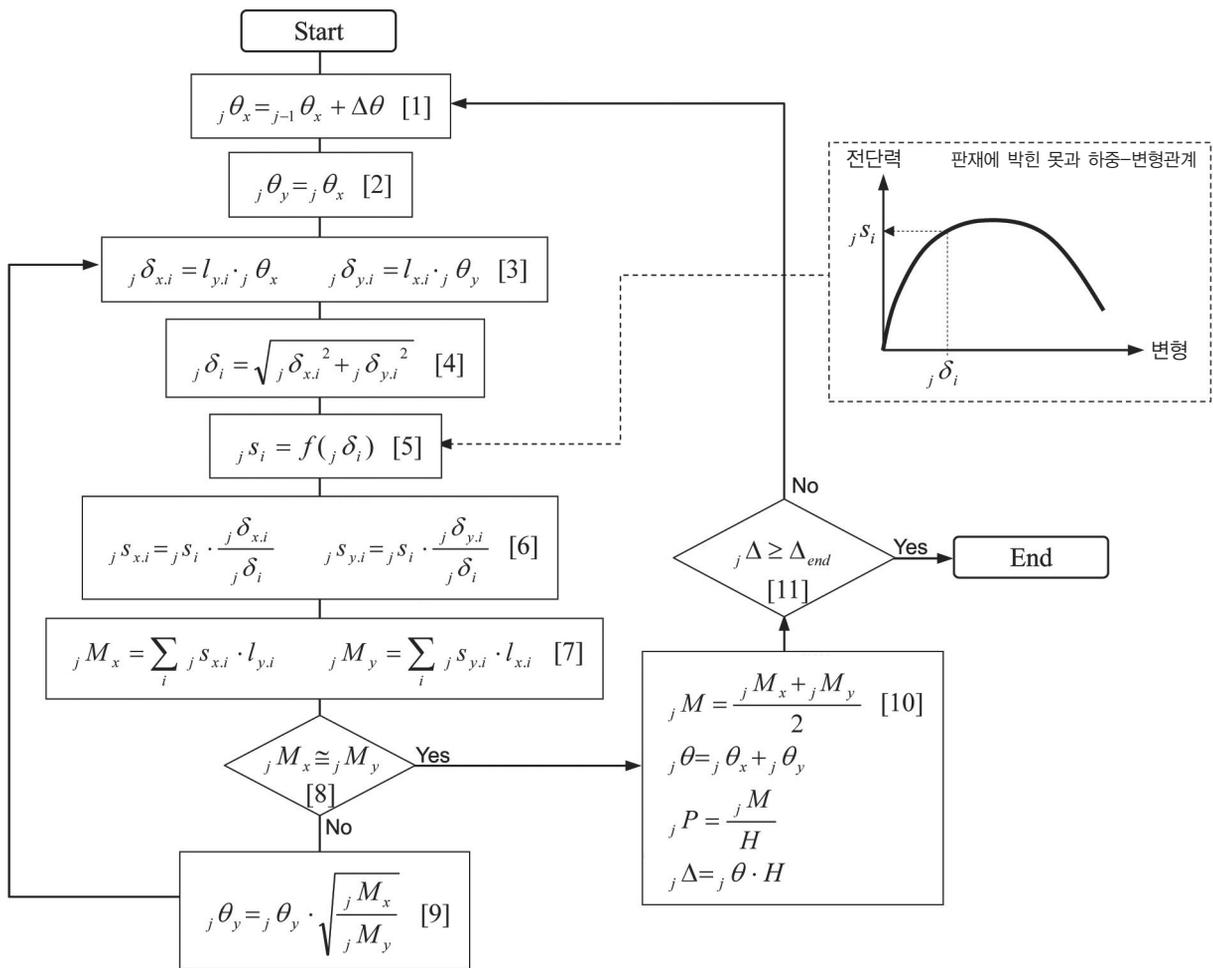


그림 3.1.5 벽 골조부재·판재 및 못의 응력 변형 상태

따라서 판재에 박힌 못의 전단력에 대한 응력 변형 관계가 알려져 있는 경우에는 그림 3.1.6에 주어진 계산 흐름도의 순서에 따라서 벽에 작용하는 수평하중 P와 벽의 수평 변형 Δ를 반복 계산에 의하여 구할 수 있다.



[1] 판재의 긴 변이 수평 방향으로 설치된 경우에는 스테드의 중심에 대한 판재의 회전각 $j\theta_x$ 를 반복 계산의 제어 변수로 하고 이전 단계의 회전각에 회전각 증가분 $\Delta\theta$ 를 합산한다. 여기서는 $\Delta\theta = 1/100000$ (rad)을 적용하였다. 그러나, 판재의 긴 변이 수직으로 설치된 경우에는 스테드의 중심에 대한 판재의 회전각 $j\theta_y$ 가 반복 계산의 제어 변수가 된다. 이러한 제어 변수의 선택은 하중에 의한 못의 변형 성능이 내력 저하의 원인이 되는 경우에 계산의 안정성을 확보하기 위한 경험적인 판단에 의한다.

[2] 초기 값은 $j\theta_y = j\theta_x$ 으로 설정한다.

[3] i 번째 못의 X, Y 방향의 변형 $j\delta_{x,i}, j\delta_{y,i}$ 을 계산한다.

[4] i 번째 못의 변형 $j\delta_i$ 를 계산한다.

[5] 판재에 박힌 못의 응력 변형 성능 곡선을 참조하여 $j\delta_i$ 에 대응하는 전단력 jS_i 를 구한다.

[6] i 번째 못의 X, Y 방향의 전단력 $jS_{x,i}, jS_{y,i}$ 를 계산한다.

[7] $jS_{x,i}, jS_{y,i}$ 에 따라서 판재의 모멘트 jM_x, jM_y 을 계산한다.

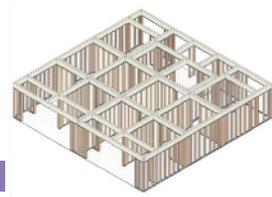
[8] $jM_x \cong jM_y$ 를 판정한다. 여기서는 $(1.0 - 0.001) \leq jM_x / jM_y \leq 1.0 + 0.001$ 의 경우에 $jM_x \cong jM_y$ 인 것으로 설정하였다.

[9] $jM_x \cong jM_y$ 가 성립하지 않는 경우에는 $j\theta_y$ 를 보정하여 [3]으로 돌아간다. 여기서, 보정 계수를 jM_x / jM_y 의 제곱근으로 하는 것은 과도한 보정을 피하기 위한 경험적인 판단에 따른 것이다.

[10] $jM_x \cong jM_y$ 가 성립하는 경우에는 벽에 작용하는 수평력 P 와 벽의 수평 변형 Δ 를 계산한다.

[11] 벽의 수평 변형 Δ 가 미리 설정된 최종 변형 Δ_{end} 에 도달하면 반복 계산을 종료한다. Δ_{end} 에 미달하는 경우에는 [1]로 돌아간다.

그림 3.1.6 기하학적 반복 계산법에 따른 판재 덮개 내력벽의 하중 변형 성능 계산 흐름도



MP 내력벽의 시험 결과 (“S-MP”, “D-MP”) 및 FPIinnovations(FPI)에 의한 시험 결과 (“M53-01”시험체)^{*1}를 이용하여 기하학적 반복 계산법에 따른 판재를 덮은 내력벽의 하중 변형 관계가 시험에 의한 하중 변형 이력의 외곽선에 일치하는 것을 조건으로, 판재에 박힌 못의 응력 변형 관계를 시행 착오 (trial and error) 방법으로 추정된 결과를 그림 3.1.9에 수록하였다. “D-MP”에는 “S-MP”의 못의 응력을 2배로 한 응력 변형 관계를 회색 막대로 함께 표시하였다. “D-MP”의 못의 최대 내력은 “S-MP”의 2배의 90% 정도가 되었으며, 변형이 크게 발생한 영역에서의 내력 저하가 “S-MP”보다 조기에 발생하였다. 이 원인으로는 아래 그림 (a)와 같이 앞 뒷면의 못을 같은 위치에 박았기 때문에 못이 서로 간섭하는 것으로 생각할 수 있다. 따라서 “D-MP”에 대해서는 아래 그림 (b)와 같이 앞뒤 재면의 못의 위치를 서로 다르게 하면 성능이 향상될 가능성이 있다고 할 수 있다.

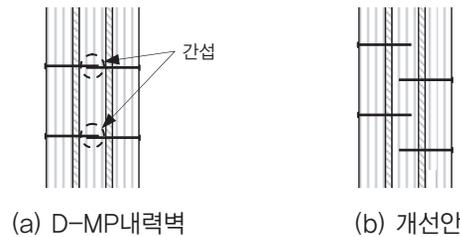


그림 3.1.7 “D-MP”의 판재에 박는 못의 위치 관계

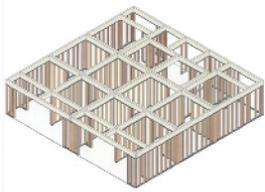
“M53-01”에는 “S-MP”의 못의 응력 변형 관계를 회색 굵은 선으로 함께 표시하였다. “M53-01”의 못의 전단 내력은 “S-MP”의 못보다 작은 것으로 나타났는데, 이는 “S-MP”에 사용된 못의 지름이 3.76(mm)인데 비하여 “M53-01”에 사용된 못의 지름은 3.05(mm)이었기 때문인 것으로 추측할 수 있다.

그림 3.1.9의 못의 응력 변형 관계는 “일본건축학회 : 목질구조 설계 표준 · 동 해설 (“AIJ”), 602의 휨 항복형 파스너를 이용한 접합”에 따라서 표 3.1.2과 같이 계산된 최대 전단 내력 P_{u0} 를 함께 수록하였다.

$$p_{u0} = C \cdot F_e \cdot d \cdot l \cdot r_u \dots\dots\dots (3.1.2)$$

- 여기서, C : 접합방법과 접합부의 파괴 형식 등에 따라 정해지는 접합 형식 계수
- F_e : 주부재의 기준 지압 강도 (N/mm²)
- d : 파스너의 지름 (mm)
- l : 주부재의 두께 (mm)
- r_u : 최대 강도비 (AIJ, 602.2 볼트접합, 표 6.5에 따름)

*1 참고문헌6) : Erol V.; Erol K., M.ASCE.; Siegfried S.; Chun N.; Marlen B. and Dan L. : Midply Wood Shear Wall System: Performance in Dynamic Testing, JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING, ASCE, July, 2007

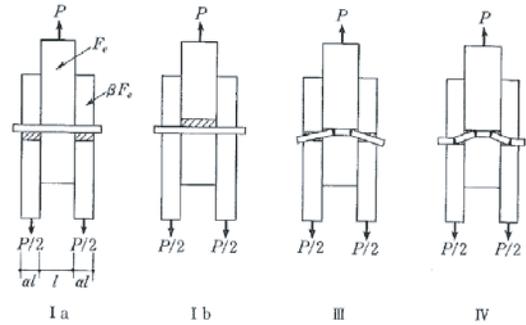


접합 형식 계수 C 는 다음과 같이 계산한다.

Mode I a : $2\alpha\beta$
 Mode I b : 1

$$\text{Mode III} : \sqrt{\frac{8\alpha^2\beta^2(1+\beta)}{(2\beta+1)^2} + \frac{8\beta\gamma\left(\frac{d}{l}\right)^2}{3(2\beta+1)}} - \frac{2\alpha\beta}{2\beta+1}$$

$$\text{Mode IV} : \frac{d}{l} \sqrt{\frac{8\beta\gamma}{3(2\beta+1)}}$$



여기서, α : 측면부재의 두께 l' / 주부재의 두께 l

l' : 측면부재의 두께 (mm)

β : 측면부재 및 주부재의 지압 강도의 비 (F'_e / F_e)

F'_e : 측면부재의 기준 지압 강도 (N^2/mm^2)

γ : 파스너의 기준 강도 및 주요 재료의 기준 지압 강도의 비 (F / F_e)

F : 파스너의 기준 재료 강도 (N/mm^2)

표3.1.2 AIJ “휨 항복형 파스너를 이용한 접합”에 의한 최대 전단 내력 p_{u0}

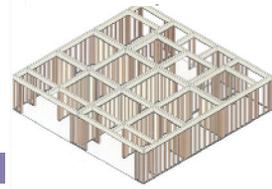
시험체	주부재(OSB)·측면부재(SPF)				파스너		α	β	γ	C			Py (N)			Pu (N)			
	Fe (MPa)		l (mm)		d (mm)	F (MPa)				I b	III	IV	I b	III	IV	I b	III	IV	
	주부재	측면부재	주부재	측면부재															
COFI	SG	41	19.4	12	38	3.76	590	3.167	0.473	14.39	1	1.271	1.1	1850	2351	2035	1850	2587	2442
	DB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3700	5173	4884
FPI	M53	41	19.4	11.1	38	3.05	689.5	3.423	0.473	16.82	1	1.333	1.043	1388	1851	1448	1388	2036	1737

$$P_u = r_u \times P_y \quad r_u = 1.0(I), 1.1(III), 1.2(IV) \text{ AIJ표6.5}$$

그림 3.1.9에서 보는 바와 같이 어느 시험체에 대해서도 최대 전단 내력 P_{u0} 는 Mode I b < Mode IV < Mode III의 관계를 나타내었다. Mode III 및 Mode IV의 P_{u0} 값은 서로 매우 근사하였으며 못의 응력 변형 관계로부터 얻어지는 최대 내력에 대체로 일치하였다. Mode I b의 P_{u0} 가 Mode III 및 Mode IV보다 작고, 못의 응력 변형 관계에 비해 작게 나타났다. 그 이유로 본 계산에서는 OSB의 지압 강도를 「구조 계산 지침」의

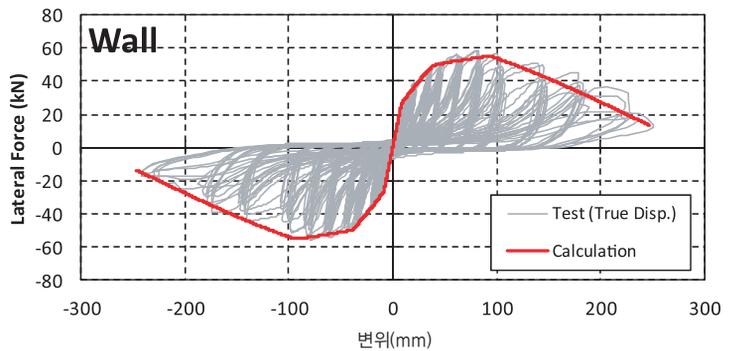
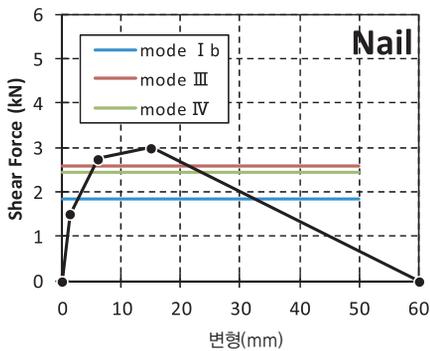


그림 3.1.8 전단 시험에 의한 MP 내력벽의 파괴 상황 (왼쪽 : 표면 재료의 지압 파괴, 오른쪽 : 못의 변형)

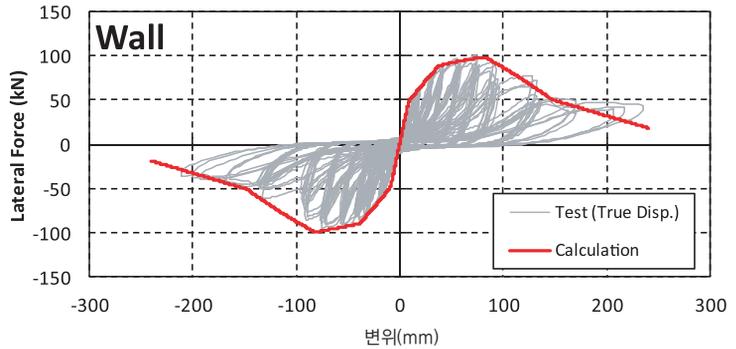
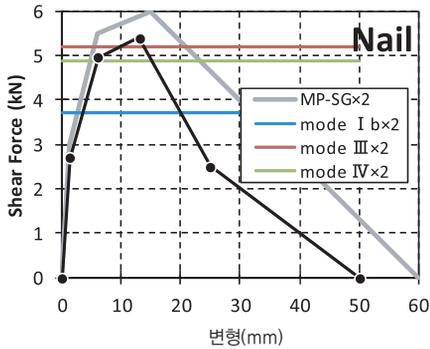


P.70 표 3.3.8에 표시된 값을 사용하였으나, 실제로는 더 큰 지압 강도를 가지고 있었을 가능성을 지적 할 수 있다. 그림 3.1.8의 사진과 같이 판재와 못의 파괴 상황에서는 판재에 상당한 지압 파괴가 발생하였지만, 동시에 못에도 Mode III 또는 Mode IV에 해당하는 힘 변형이 발생함으로써 Mode I b, III, IV에 의한 최대 전단 내력의 구분이 어렵고 이들이 함께 복합적으로 작용했던 것으로 생각된다. 또한 “S-MP”와 “D-MP”에서는 CN75 못을 사용하고 있으며, 이 경우에 골조부재에 못이 박히는 깊이는 25mm (6.65d)로 나타난다. 이것은 AIJ, 602.5 못접합에 규정된 “박힘 깊이 9d 이상”에 저촉되지만, 결과적으로 그림 3.1.9에서 보는 바와 같이 못의 최대 변형 성능은 89mm 길이의 못을 사용한 “M53-01”보다 오히려 높기 때문에, MP 내력벽 제조용 못으로 CN75를 사용하는 것에는 문제는 없는 것으로 생각된다.

■ COFI MP-SG 측정 변형 $P_0 = 24.89\text{kN}$ [배율 6.98], 실제 변형 $P^0 = 32.12\text{kN}$ [배율 9.00]



■ COFI MP-DB 측정 변형 $P_0 = 39.65\text{kN}$ [배율 11.12], 실제 변형 $P^0 = 52.24\text{kN}$ [배율 14.64]



■ FPInnovations M53-01

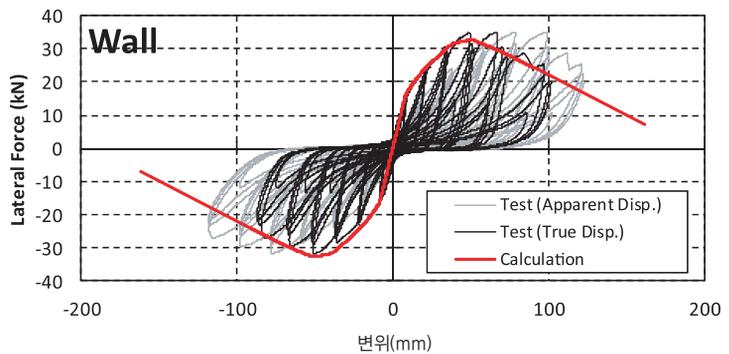
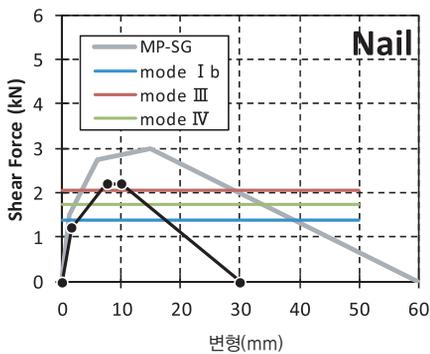
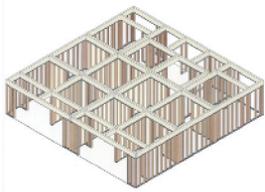
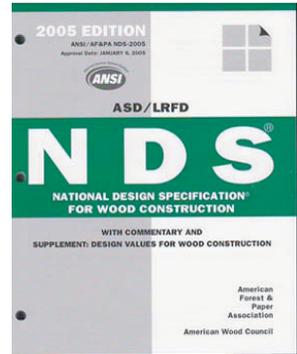


그림 3.1.9 기하학적 반복 계산에 따른 못의 전단 응력-변형 관계의 예측 결과



3.2 수직 골조의 압축 내력 성능

MP 내력벽의 수직 골조 배치는 책2장에서 언급 한 바와 같이 고시 제1540호에서 규정되지 않은 부재 구성으로 간주된다. 특히, 동 고시 제5 제8호 골조의 배치에 관한 규정은 수직 골조의 강축 방향이 내력벽의 면외 방향에 일치하는 경우를 전제로 하고 있는 것으로 생각된다. 그러한 이유로 MP 내력벽의 전형적인 수직 골조부재 구성인 「조립 기둥」을 대상으로 압축 시험을 실시하였다. 또한 MP 내력벽의 수직 골조의 사양 및 단면 검토에 있어서는 북미의 목구조 설계 규정인 NATIONAL DESIGN SPECIFICATION 2005 EDITON (이하, NDS_J)의 적용이 개발자 측에 의하여 권장되고 있기 때문에, NDS에 따라서 설정한 각 시험체에 대하여 NDS 평가법을 적용한 경우의 내력 시험 결과를 비교하였다.



(1) 시험체의 개요

조립 기둥의 압축 시험에 사용 된 5종류의 시험체의 개요를 표 3.2.1에 수록하였다. 각 사양의 시험체는 4회 반복 시험을 실시하였다. 또한 그림 3.2.1에 시험체의 설치방법을 수록하였으며, 모든 시험체는 시험 길이(좌골 길이, 핀의 지점간 거리)를 2750mm로 하였다. 5종류의 시험체 중에서 NDS의 평가 대상으로 한 시험체는 ①~④이고, 시험체 ⑤는 일반 내력벽의 수직 골조와의 비교 대상이다.

표 3.2.1 MP 내력벽의 수직 골조로서의 조립 기둥의 압축 시험을 위한 시험체 개요

시험체 번호	부재구성 ^{*1}		비고
	단면도	사양	
①		2-2×4 재 ^{*2} CN75@150mm	2개의 2×4 부재를 맞대고 CN75@150mm로 양면에서 교차로 못박기하여 구성한 조립 기둥.
②		3-2×4 재 ^{*2} CN90@150mm	3개의 2×4 부재를 겹쳐 놓고 CN90@150mm로 양면에서 교차로 못박기하여 구성한 조립 기둥.
③		2-2×4 재 ^{*2} OSB, t=12mm CN75@150mm	두께 12mm의 OSB를 2×4 부재 사이에 끼워서 배치한 조립 기둥. CN75@150mm로 양면에서 교차로 못박기하여 구성.
④		3-2×4 재 ^{*2} OSB, t=12mm CN75@150mm	시험체 ③과 같은 구성의 조립 기둥에 시험체 ③의 좌골 방향과 강축 방향을 일치시킨 2×4 부재를 추가하고 2열의 CN75@150mm로 서로 직교하는 2개의 수직 골조에 못박기.
⑤		3-2×4 재 ^{*2}	3개의 2×4 부재를 접착제를 이용하여 일체화하여 구성한 조립 기둥. 2×4 부재의 강축 방향과 좌골 방향이 일치하기 때문에 2×4 부재 1개의 강축 방향 좌골 성능을 평가할 수 있다.

※ 1 모든 시험체는 양 끝부분에서 클램프를 이용한 단방향 핀을 설치하여 좌우 방향이 좌골 방향이 되도록 하중을 가하였다.

※ 2 모든 시험체는 JAS 경골목구조 공법용 구조재로서 감중 2급 S-P-F를 사용하였다.

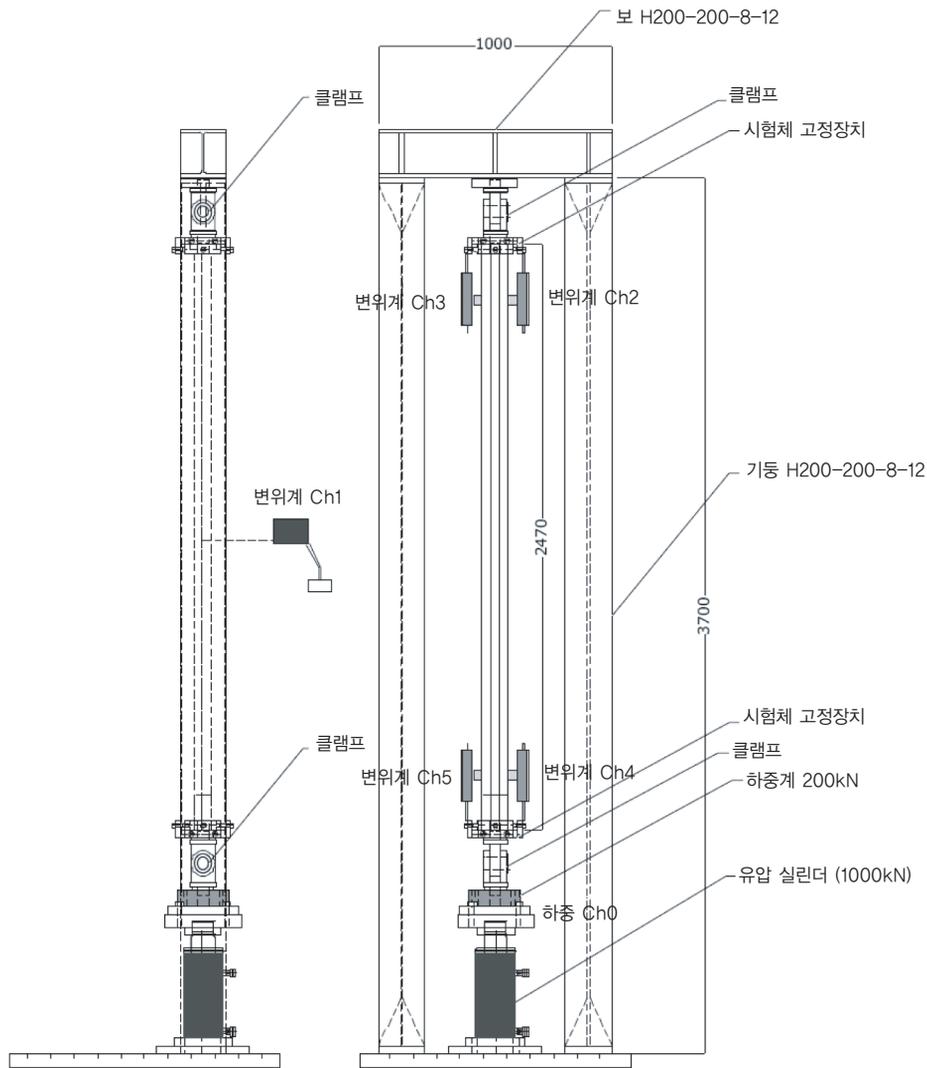
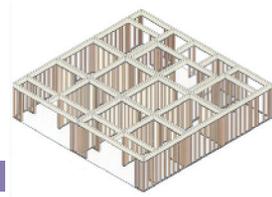
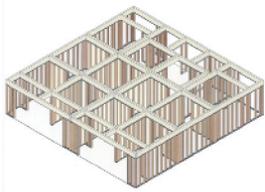


그림 3.2.1 압축시험을 위한 조립 기둥의 설치 방법



(2) NDS의 규정과 평가 방법

NDS에서는 조립 기둥으로 좌굴 내력 등을 평가할 때에 적용 조건으로 충족시켜야 할 부재 구성 방법에 관한 사양 규정이 정해져 있다. 다음은 조립 기둥에 대한 NDS의 규정을 요약 발췌한 것이다.

■ NDS-15.3.1 (일반사항)

- (a) 수직 골조는 사각형 단면의 부재로서 두께 t 는 $t \geq 1-1 / 2\text{inch}$ ($\approx 38\text{mm}$)로 한다.
- (b) 모든 수직 골조는 동일 치수로 구성되어야 한다.
- (c) 인접한 수직 골조는 서로 접하도록 배치한다.
- (d) 모든 수직 골조의 길이(좌굴 길이 l)는 동일하여야 한다.
- (e) 다음의 접합 방법에 따른 사양 규정을 충족하여야 한다.
 - 못 접합에 의하여 조립 기둥을 구성하는 경우 : NDS-15.3.3
 - 볼트 접합에 의하여 조립 기둥을 구성하는 경우 : NDS-15.3.4

■ NDS-15.3.2 기둥안정계수 (Column Stability Factor), C_p

◇ 15.3.2.1 기둥의 유효길이 l_e

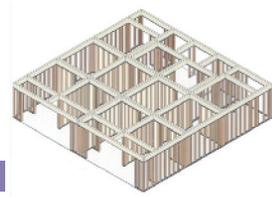
기둥의 유효길이 l_e 는 공학적 판단하에 적절하게 설정한다. 부재의 양끝 지지 조건이 명백한 경우에는 아래 표의 계수 K_e 를 이용하여, $l_e = K_e \cdot l$ 로 할 수 있다. 아래 표는 NDS 「Appendix G」에서 발췌.)

좌굴모드						
이론적인 K_e 값	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
이상적인 경우에 권장 K_e 값	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.4
지점조건						
			회전고정, 변위고정 회전자유, 변위고정 회전고정, 변위자유 회전자유 변위자유			

◇ 15.3.2.2 기둥의 유효 세장비

조립 기둥의 각 방향의 유효 좌굴 길이 l_{ei} 를 이용하여 세장비를 l_{ei} / d_i 로 구한다. 또한, 각 방향의 l_{ei} 를 이용하여 기둥안정계수 C_p (15.3.2.4)를 계산하고, 가장 작은 C_p 를 섬유 방향의 기준 압축 강도 F_c' 에 곱하는 계수로 결정한다. 조립 기둥의 F_c' 는 3.7절에 정의된 수직 골조가 단일 부재인 경우의 F_c' 이하로 하지 않아도 좋다.

◇ 15.3.2.3 세장비의 제한



□ NDS-15.3.2 계속

◇15.3.2.4 기동안정계수 C_p

아래 식에 의하여 C_p 를 계산한다.

$$C_p = K_f \left[\frac{1 + (F_{cE}/F_c^*)}{2c} - \sqrt{\frac{1 + (F_{cE}/F_c^*)}{2c} - \frac{F_{cE}/F_c^*}{c}} \right] \dots\dots\dots (15.3-1)$$

F_c^* : 섬유 방향 기준 압축강도 (감소계수 등을 곱하여 보정 후의 값)

F_{cE} : 좌굴을 고려한 압축강도 $\left(= \frac{0.822 \cdot E_{\min}}{(l_e/d)^2} \right)$

K_f : $l_e/d=l_{e2}/d_2$ 하고, 못 접합의 경우 = 0.60

K_f : $l_e/d=l_{e2}/d_2$ 하고, 볼트 접합의 경우 = 0.75

K_f : $l_e/d=l_{e1}/d_1$ 또는 못 접합 및 볼트 접합 이외의 경우 = 1.00

c : 지상재의 경우 = 0.8, 집성재 구조용 복합재료의 경우 = 0.90

※ 부록 H : C_p 계산식의 배경 · 근거

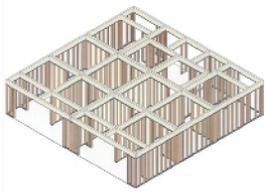
- 기둥의 파괴 형식 : ① 압축파괴, ② 압축파괴와 좌굴의 복합, ③ 좌굴에 의한 굽음
이러한 파괴 형식에 근거하여, 기동안정계수 C_p 가 결정되었다.
- 좌굴에 대해서는 오일러의 좌굴공식에 따라서 F_{cE} 로 설정되어 있다.

F_{cE} : 좌굴 하중 시의 압축 응력 $\left(= \frac{0.822 \cdot E_{\min}}{(l_e/d)^2} \right) 0.822 = \pi^2/12$

■ NDS-15.3.3 못 접합에 의한 조립 기둥의 사양 규정

- (a) 동일한 열에서 인접한 못은 수직 골조부의 양 측면에서 교차로 박을 것.
- (b) 못이 박히는 수직 골조부재에는 못이 부재 두께의 3/4(=0.75)이상의 깊이 박힐 것.
- (c) 부재의 끝면으로부터 못까지의 끝면거리는 15D 이상 18D 이하로 할 것.
- (d) 인접한 못 사이의 간격은 20D 이상 $6t_{\min}$ 이하로 할 것.
- (e) 못의 열 사이의 간격은 10D 이상 20D 이하로 할 것.
- (f) 못과 수직 골조부재의 측면 사이의 연단거리는 5D 이상 20D 이하로 할 것.
- (g) 수직 골조부재 단면의 가로-세로 치수비가 3이상인 경우에는($d \geq 3t_{\min}$), 못을 2열 이상으로 박을 것.

D : 못의 지름 (nail diameter) [mm]
 t_{\min} : 조립 기둥을 구성하는 수직 골조부재 두께 (thickness)의 최소값 [mm]
 d : 조립 기둥을 구성하는 수직 골조부재의 너비 (face width) [mm]



■ NDS-15.3.4 볼트 접합에 의한 조립 기둥의 사양 규정

(a) 볼트 접합 시 볼트 머리와 너트 양쪽에 철판 또는 와셔를 사용할 것.
(b) 인접조립하는 수직 골조부재들이 서로 붙어있도록 볼트가 조여졌는지 확인할 것.
(c) 부재 끝면으로부터 볼트까지의 끝면거리는 수직 골조부재의 수종에 따라서 다음을 충족할 것. · 침엽수(softwoods)의 경우 : $7D$ 이상 $8.4D$ 이하 · 활엽수(hardwoods)의 경우 : $5D$ 이상 $6D$ 이하
(d) 인접한 볼트 사이의 간격은 $4D$ 이상 $6t_{min}$ 이하로 할 것.
(e) 볼트의 열 사이의 간격은 $1.5D$ 이상 $10D$ 이하로 할 것.
(f) 볼트와 수직 골조부재의 측면 사이의 연단거리는 $1.5D$ 이상 $10D$ 이하로 할 것.
(g) 수직 골조부재 단면의 가로-세로 치수비가 3 이상인 경우에는 ($d \geq 3t_{min}$) 볼트를 2열 이상으로 설치할 것.
D : 볼트의 지름 (bolt diameter) [mm]
t_{min} : 조립 기둥을 구성하는 수직 골조부재 두께 (thickness)의 최소값 [mm]
d : 조립 기둥을 구성하는 수직 골조부재의 너비 (face width) [mm]

시험에 사용된 조립 기둥 시험체 ①~④에 대하여 NDS의 각 사양 규정에 적합 여부를 표 3.2.2에 요약하였다. 또한 NDS 사양 규정에 맞지 않는 시험체에 대해서도 NDS15.3.2의 계산식을 적용하였다.

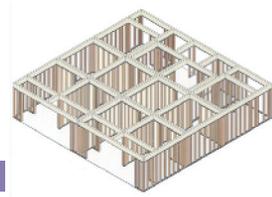
표 3.2.2 시험체 ①~④의 NDS 사양 규정에 대한 적합 여부

NDS 사양규정		시험체 번호			
		①	②	③	④
15.3.1 (일반사항)	(a), (b)	○	○	○	○
	(c)	○	○	× ^{※1}	× ^{※1}
	(d)	○	○	○	○
	(e)	15.3.3에 적합 확인	15.3.3에 적합 확인	15.3.3에 적합 확인	15.3.3에 적합 확인
15.3.3 (못접합)	(a)	○	○	○	○
	(b) ^{※2}	○(0.97)	×(0.37)	×(0.66)	×(0.66)
	(c)~(g)	○	○	○	○

○ : 적합, × : 부적합

※1 수직 골조부재 사이에 판재를 끼웠기 때문에 부적합하지만, MP 내력벽의 조립기둥으로서는 준용할 수 있는 것으로 본다

※2 괄호 안의 숫자는, 못이 박히는 수직 골조부재의 두께에 대한 못이 박혀있는 깊이로, 0.75이상이면 적합하다.



(3) 시험 결과 및 평가 결과의 비교

압축 시험에 의한 좌굴 내력과 NDS 평가식에 의한 내력을 그림 3.2.2에 비교하였다. 또한 비교 대상으로서 오일러식에 의해 평가한 좌굴 내력에 대해서도 같은 그림에 표시하였다. 여기서 오일러식에 의한 좌굴 내력은 횡강성(EI)을 3 종류로 설정(그림의 주석 참조)하여 비교를 실시하였다.

NDS 계산식과 압축 시험의 비교에서는 시험체 ①~④ 모두에서 NDS 계산식은 비교적 정밀하게 압축 시험의 결과와 일치하고 있는 것을 알 수 있다. 표 3.2.2를 보면 NDS 사양 규정에 대해서는 시험체 ①만 적합한 것으로 나타났으며, 시험체 ①의 NDS 평가 값은 시험결과에 대하여 충분히 안전한 정도의 내력 설정이 되어 있다는 것을 확인할 수 있다. 시험체 ②③④는 NDS-15.3.3의 못 접합 사양 규정 (b) 항목에 대하여 공통으로 부적합한 것으로 나타났으며, 부적합 정도가 큰 시험체 ②에서는 그 차이가 크지는 않았지만 NDS 평가 값이 시험결과 내력보다 높게 나타났다. 또한 시험체 ③④는 수직 골조부재 사이에 판재가 끼워진 사양이 되어 NDS 사양 규정에는 부적합하지만, 시험체 ②와 ③④를 비교해 보면 해당 사양 규정에 부적합하다는 것이 결정적인 내력 저하 요인이 될 가능성은 낮은 것으로 추정할 수 있다. 이 비교 평가의 결과로 NDS 계산식 및 실제 성능이 비교적 잘 부합한다는 것을 확인할 수 있었지만, 실무 설계자로서는 일정한 안전율을 고려할 필요가 있을 것으로 생각된다. 이 점은 앞으로의 과제라고 생각한다.

또한 시험체 ③의 결과는 MP 내력벽에서 일반적으로 나타나는 조립 기둥에 의한 벽 구조면의 면외 방향 좌굴 내력에 해당한다. NDS 사양 규정에 적합하게 구성된 조립 기둥의 좌굴 내력은 30kN 정도이다. 이에 비하여 일반 내력벽에 사용되는 2×4 부재의 강축 방향 면외 좌굴 내력은 시험체 ⑤의 내력 값의 1/3 정도로 간주하여 $80\text{kN}/3 = 27\text{kN}$ 정도이다. 따라서 MP 내력벽의 표준 조립 기둥은 2×4 부재의 강축 방향 좌굴 내력과 동등 이상의 강도를 가지고 있음을 알 수 있다. 이 때문에 2×4 부재의 강축 방향 좌굴을 전제한 것으로 생각되는 고시 제1540호 제5 제8호 규정에 대해서는 MP 내력벽의 수직 골조를 NDS의 규정에 따라서 구성하는 것과 동등한 성능을 가지고 있는 것으로 추정할 수 있다.

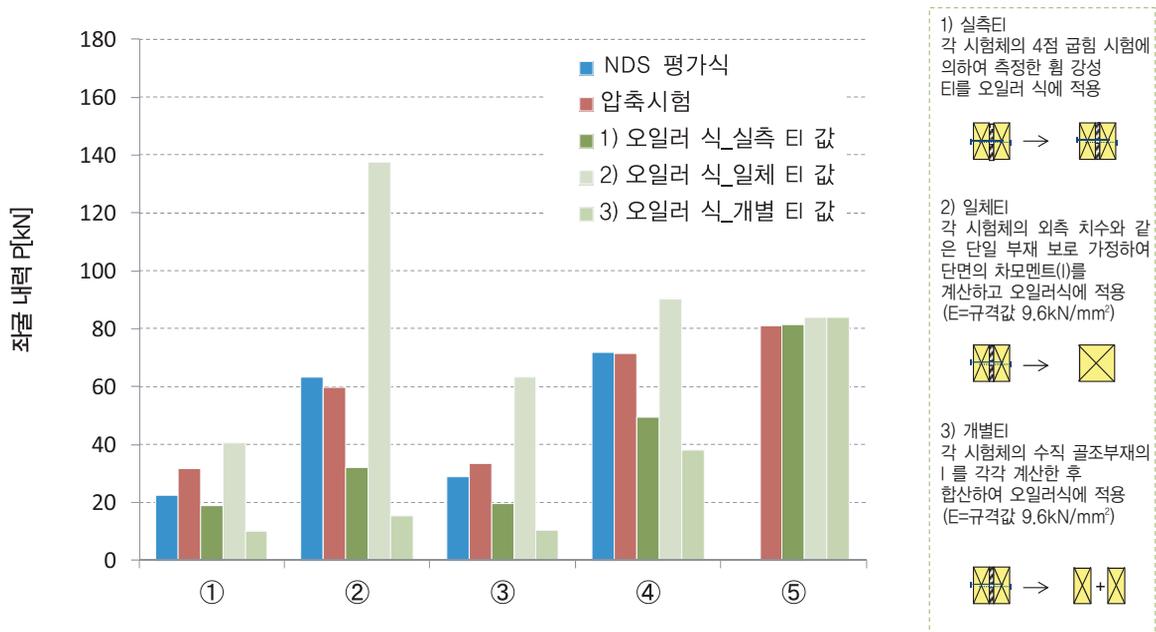


그림3.2.2 시험결과 및 각종 내력 평가 결과의 비교

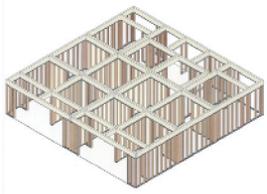
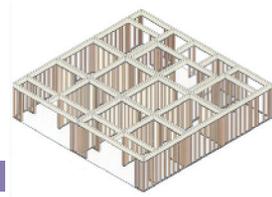


표 3.2.3 NDS 계산식에 의한 내력 평가 결과

기호	단위	조립 기둥 시험체 번호				비고
		①	②	③	④	
l_e	mm	2750	2750	2750	2750	유효 좌굴 길이($K_e=1.0$)
d	mm	76	114	88	88	좌굴 방향의 부재 길이
l_e/d	-	36.2	24.1	31.3	31.3	좌굴 방향의 세장비
E_{min}	N/mm ²	9600	9600	9600	9600	탄성계수
F_{cE}	N/mm ²	6.03	13.56	8.08	8.08	좌굴 하중 시의 압축 응력
F_c	N/mm ²	17.4	17.4	17.4	17.4	기준 압축 강도 (SPF 갑종2급)
K_f	-	0.60	0.60	0.60	1.00	못0.6, 볼트 0.75, 기타 1.0
c	-	0.8	0.8	0.8	0.8	제재목 0.8, 집성재등 0.9
C_p	-	0.190	0.360	0.245	0.408	기준 강도에 곱하는 계수
$C_p \cdot F_c$	N/mm ²	3.31	6.26	4.26	7.10	좌굴 응력도
A	mm ²	6764	10146	6764	10108	단면적 (수직 골조부재만 고려)
P_{NDS}	kN	22.38	63.52	28.82	71.78	NDS 에 의한 좌굴 내력



3.3 구조 계산을 위한 각종 구조 성능

MP 내력벽을 이용한 건축물을 설계하는 경우에, 허용 응력 계산(루트 1) 이상의 구조 계산이 요구되는 것은 이 책 2장에서 확인한 바와 같다. 또한 3층 이상의 건축물은 표 2.1.2에 주어진 바와 같이 수평 내력 계산(루트 3)이 요구된다. 따라서 이러한 구조 계산 루트를 전제로 구조 계산을 수행하는 데 필요한 MP 내력벽의 각종 구조 성능을 수록하였다.

(1) MP 내력벽의 항복 전단 내력 및 면전단 강성

MP 내력벽의 항복 전단 내력은 “시행 규칙 제8조의 3에 근거하는 장관이 인정하는 지정 성능 평가 기관의 내력벽의 시험·평가 방법”에 따라서 실시한 MP 내력벽의 면전단 시험(책 “3.1”)에 의한 단기 기준 전단 내력으로 한다. 또한 면전단 강성은 동 시험 및 평가 방법에 의하여 얻어진 기준 강성으로서 표 3.3.1에 표시된 값을 사용한다. 표에 나타나는 기호 H는 MP 내력벽을 배치하는 건축물의 해당 층의 높이(m)로 한다.

표 3.3.1 MP 내력벽의 항복 전단 내력 및 전단 강성

내력벽의 사양	평가	항복 전단 내력 (kN/m)	면내 전단 강성 (kN/mm/m)
S-MP 내력벽	측정 범위	13.68	$0.668 \times (2.47/H)$
	실제 범위	17.65	$1.725 \times (2.47/H)$
D-MP 내력벽	측정 범위	21.79	$1.084 \times (2.47/H)$
	실제 범위	28.70	$3.589 \times (2.47/H)$

※ 본 표의 수치는 일반 재단법인 더 나은 생활(Better Living)의 시험 성적서 제11-4800호에 근거한다.

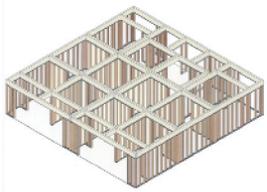
(2) MP 내력벽의 최대 전단 내력

MP 내력벽의 최대 전단 내력은 “시행규칙 제8조의 3에 근거하는 장관이 인정하는 지정 성능 평가 기관의 내력벽의 시험·평가 방법”에 따라서 실시한 MP 내력벽의 면전단 시험(책 「3.1」)에 의한 실제 범위를 이용한 최대 내력으로서 표 3.3.2에 표시된 값을 사용한다

표3.3.2 MP 내력벽의 최대 전단내력

내력벽의 사양	최대 전단 내력 (kN/m)
S-MP 내력벽	27.13
D-MP 내력벽	45.84

※ 본 표의 수치는 일반 재단법인 더 나은 생활(Better Living)의 시험 성적서 제11-4800호에 근거한다.



(3) MP 내력벽의 가상 항복 변형각 및 최대 변형각

MP 내력벽의 최대 전단 내력은 「시행규칙 제8조의 3에 근거하는 장관이 인정하는 지정 성능 평가 기관의 내력벽의 시험·평가 방법」에 따라서 실시한 MP 내력벽의 면전단 시험(본책 「3.1」)에 의한 실제 변위를 이용한 완전 탄소성 모델의 탄성한계 변위에 해당하는 변형각을 가상 항복 변형각, 최대 변위에 해당하는 변형각을 최대 변형각으로 하고 표 3.3.3에 주어진 값을 사용한다.

표 3.3.3 MP 내력벽의 가상 항복 변형각 및 최대 변형각

내력벽의 사양	가상 항복 변형각 (rad/m)	최대 변형각 (rad/m)
S-MP 내력벽	6.36×10^{-3}	4.95×10^{-2}
D-MP 내력벽	5.17×10^{-3}	3.44×10^{-2}

※ 본 표의 수치는 일반 재단법인 더 나은 생활(Better Living)의 시험 성적서 제 11-4800호에 근거한다.

4. 모델 플랜의 계획 설계

- 4.1 6층 건축물 모델 계획
- 4.2 3층 건축물 모델 계획

4.1.1 6층 건축물 모델 계획 <디자인 컨셉>

이 계획은 주요 구조 내력 요소로서 "MP 내력벽"을 이용한 2x4 공법에 의한 6층 도시형 공동 주택의 모델이다. 6층 건축 계획의 경우에 방내화 성능 요건에 따라서, 1·2층은 2시간 내화 성능이 요구된다. 2시간 내화 성능은 현재 공인된 규격이 없기 때문에 2x4 공법에서 1시간 내화 성능 사양을 바탕으로 필요한 내화 성능을 만족하는 사양을 상정하여 평면·단면 계획 및 하중 조건에 반영하였다.* 건물의 구성으로서 1층부터 3층까지는 각 층에 4세대, 4층에서 6층은 거주자의 라이프 스타일에 따라서 자유롭게 칸막이 벽을 설치하는 것으로 가정하여 비교적 큰 원룸 형식의 각 층 2세대를 계획하였다. 이것은 목구조 6층의 경우에 1층에서 3층 정도까지는 상당한 벽량이 필요하기 때문에, 내력벽의 배치가 계획 도면에 영향을 미치지 않는 소규모의 공동 주택을 설정한 것이다. 부지 조건으로는 건물의 남북면을 도로, 동서면을 인접 건물에 접하는 일반적인 시가지로 가정하였다.

● 평면 계획 (내력벽의 배치 계획)

도시형 공동 주택을 계획함에 있어서 평면 계획(내력벽의 배치 계획) 상의 주안점으로서 「개방성」과 「가변성」을 고려하였다.

「개방성」

도시 내에서의 설계의 경우에 인접 건물에 접하는 부분은 건물이 부지 경계까지 건축되는 경우가 많아 충분한 여유 공간을 확보하는 것이 어려울 뿐만 아니라 개인의 프라이버시 문제도 있기 때문에 필요한 최소한의 개구부를 제외하고, 개구부를 설치하는 것이 어려운 상황이라고 할 수 있다. 따라서 공간의 넓은 느낌이나 개방감, 충분한 채광·환기를 확보하기 위하여 도로에 접한 부분에 가능한 한 큰 개구부를 설치할 필요가 있다.

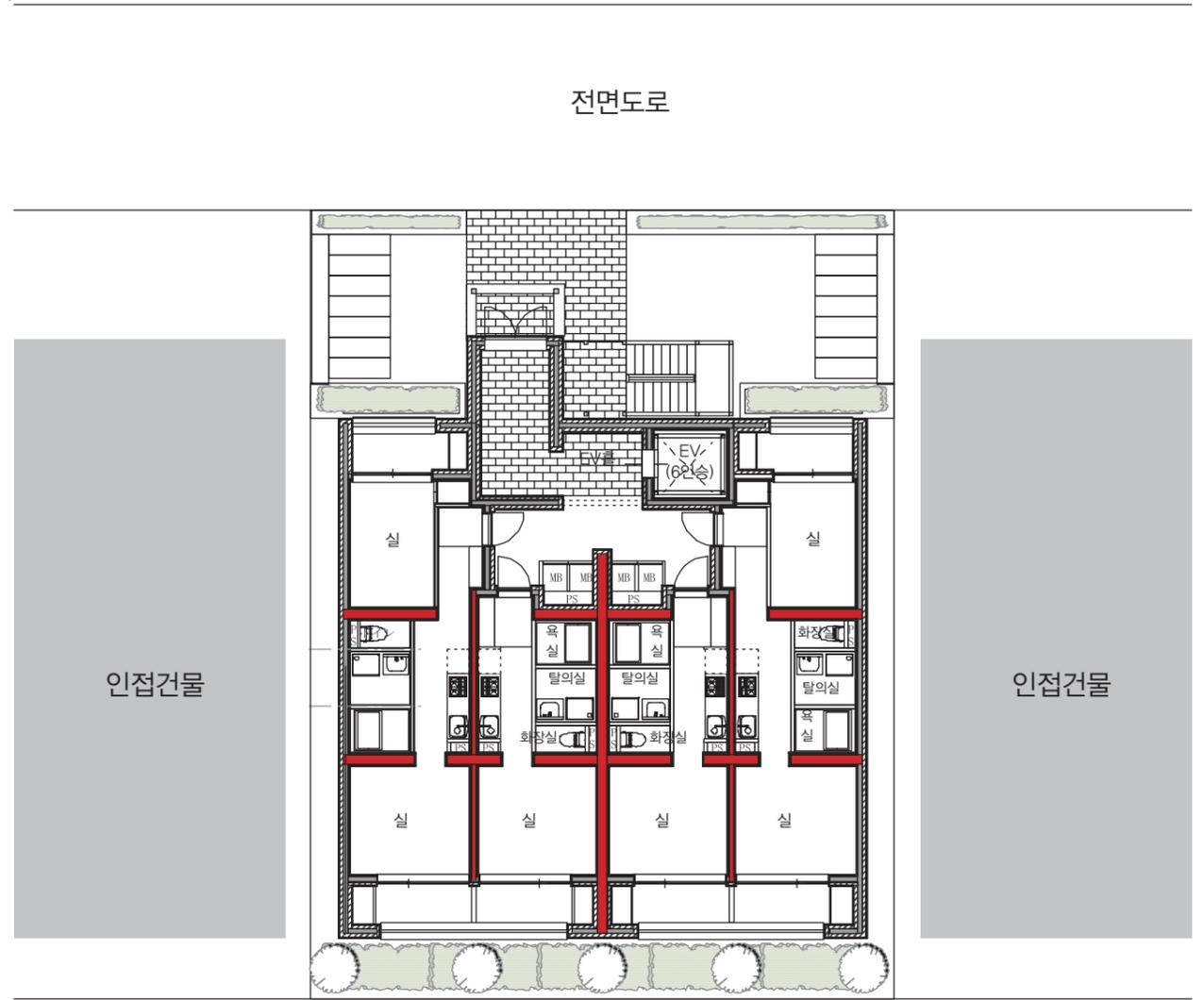
「가변성」

주택의 일부를 사무실이나 스튜디오 등으로 사용한다든지, 넓은 공간에 자신이 좋아하는 가구나 선반 등을 자유롭게 배치하여 자기다움을 연출하는 등, 앞으로의 주거 환경은 기존의 생활 활동 범위의 변화에 대한 대응뿐만 아니라 거주자의 라이프 스타일의 다양화로 인하여 더욱 가변성이 높은 공간이 요구 된다고 할 수 있다.

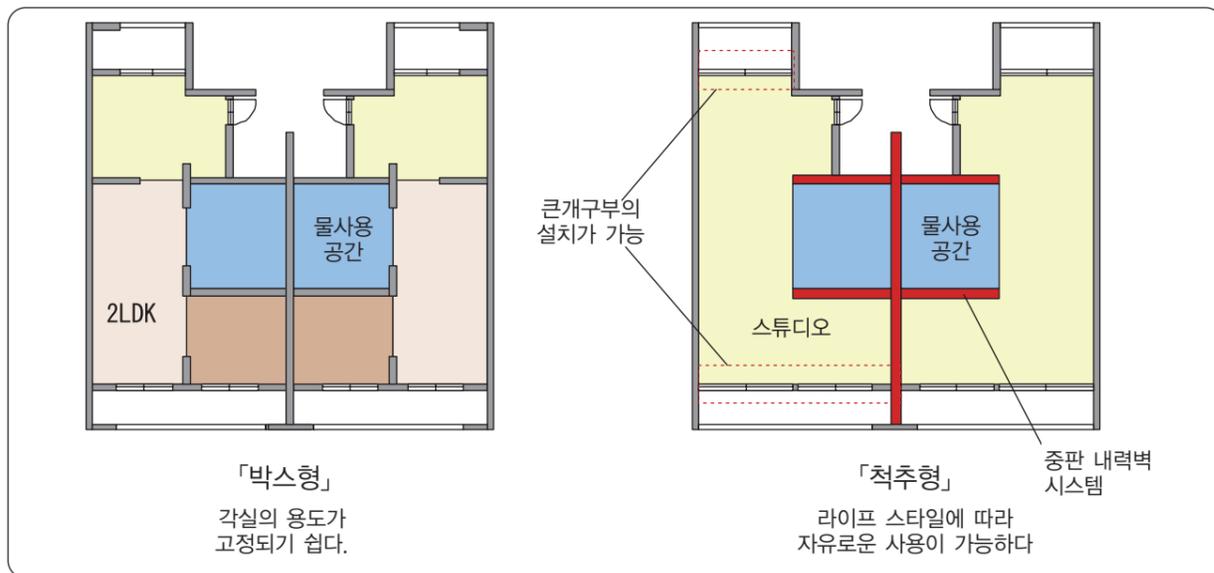
위의 요구 성능을 보장하기 위하여 이 계획에서는 건물 외주부에 내력벽을 배치하는 '박스형' 벽 배치보다는 세대 경계벽과 거기에서 연장되는 칸막이 부분에 내력벽을 배치하는 "척추형" 벽 배치를 적용하고자 한다. 내력벽을 척추형으로 배치함으로써 건물 외주부는 내력벽의 영향을 받지 않고, 주변 환경에 따라 자유로운 벽 배치가 가능하며, 도로에 접한 부분 등에 문이나 최대한 큰 개구부를 설치할 수 있게 된다. 또한 칸막이 부분의 내력벽으로서 비교적 공간 이용의 변화가 적은 것으로 간주되는 물 사용 공간의 칸막이 벽에 내력벽을 집중적으로 배치함으로써 거실 부분의 내부에 내력벽이 필요하지 않은 가변성 높은 공간을 실현할 수 있다. 또한 세대 경계벽에 내력벽을 집중적으로 배치하는 것은 인접한 세대와의 방음성 확보에도 효과적이 아닐까 생각한다.

● 단면 계획

「가변성」 높은 공간을 실현하기 위하여, 천장 및 바닥에 충분한 설비 배관 공간을 확보하는 것이 중요하다. 이 계획에서는 층고 3500mm, 천장 높이 2500mm로 하여 천장에 400mm (환기 덕트용), 바닥에 200mm (위생 배관용) 정도의 공간을 확보하였다.



내력벽의 배치계획

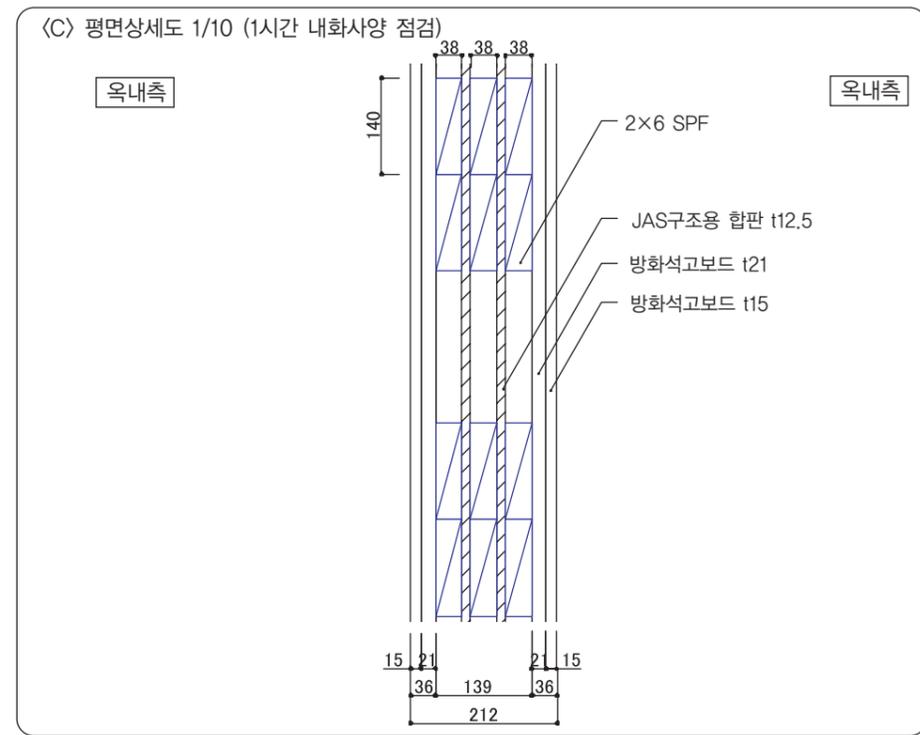
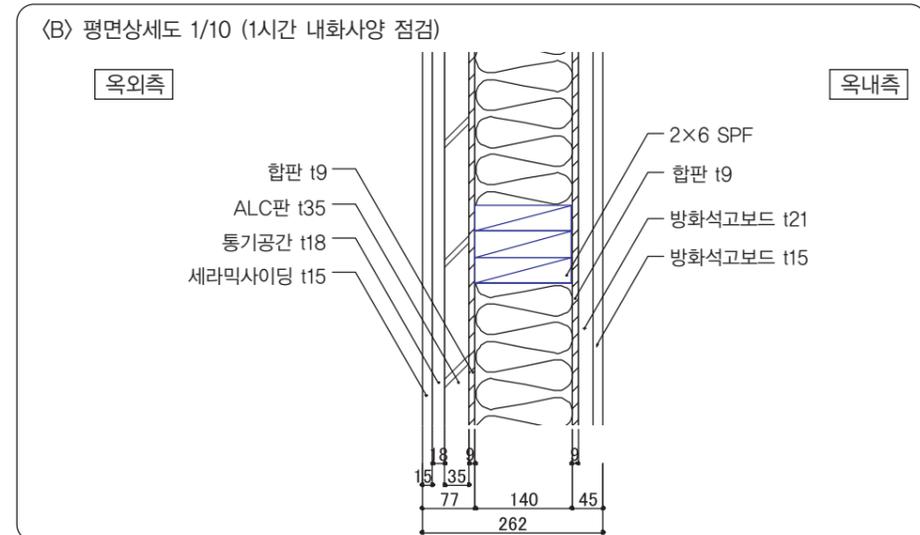
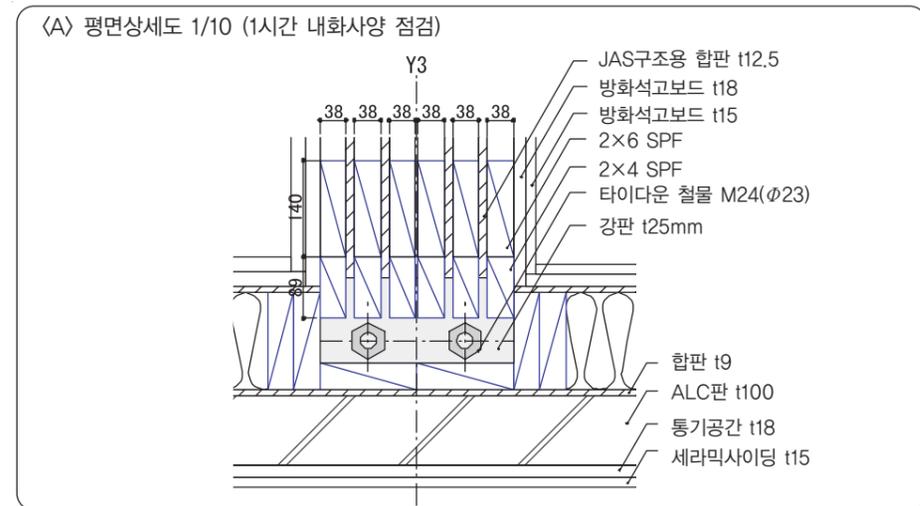
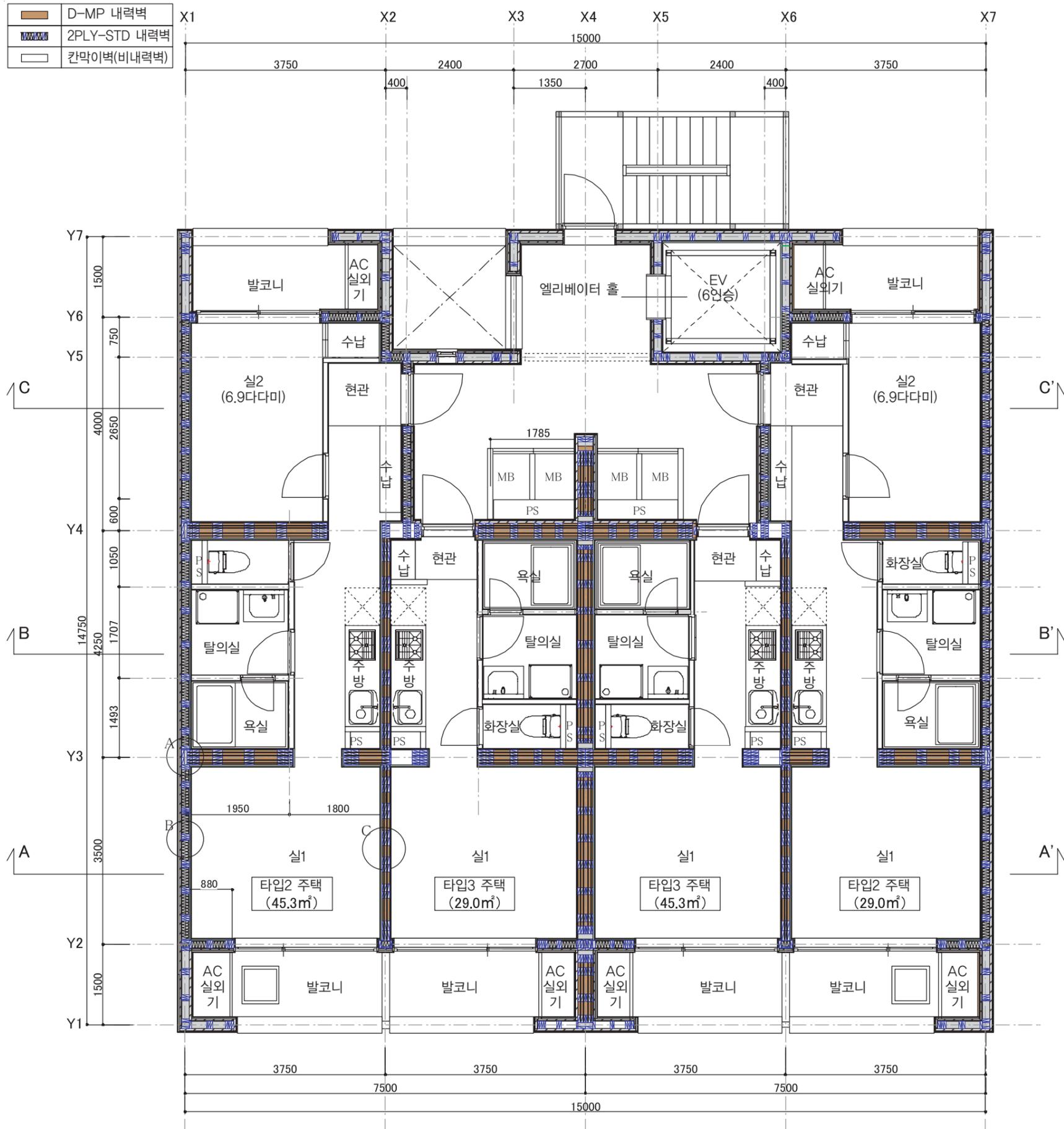


항목	요약
건축면적	240.0m ²
바닥면적	
1층 바닥	240.0m ²
2층 바닥	230.1m ²
3층 바닥	230.1m ²
4층 바닥	230.1m ²
5층 바닥	230.1m ²
6층 바닥	230.1m ²
내화구조의 지정	1층~2층 : 2시간 내화구조 3층~6층 : 1시간 내화구조

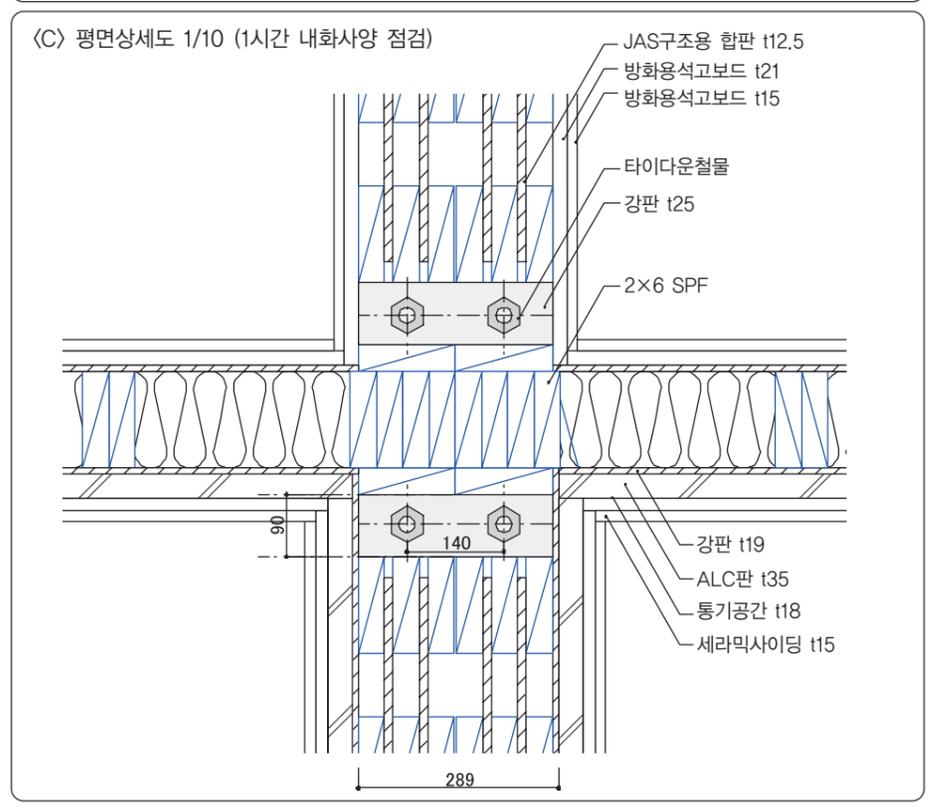
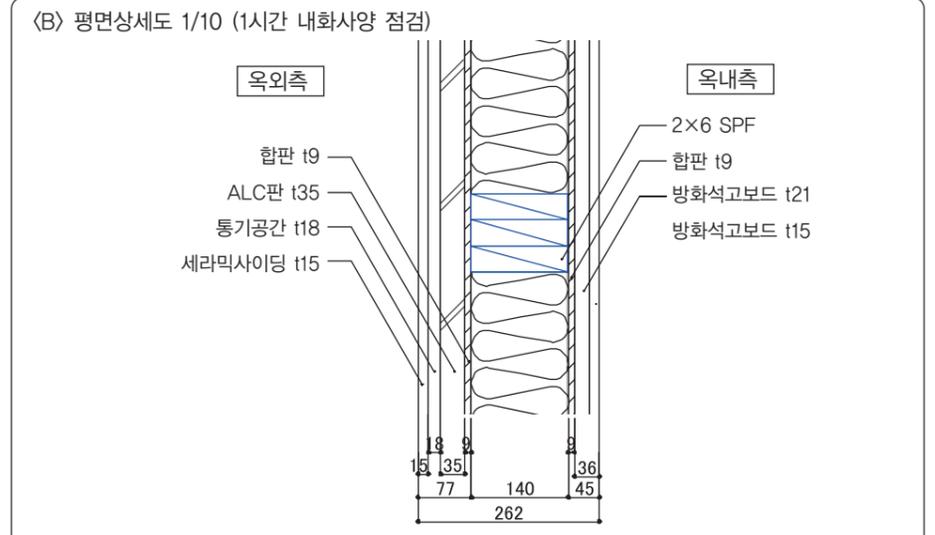
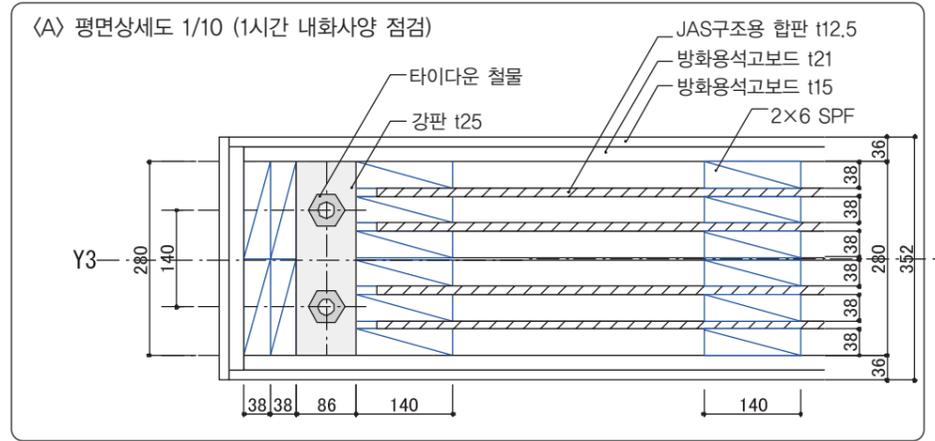
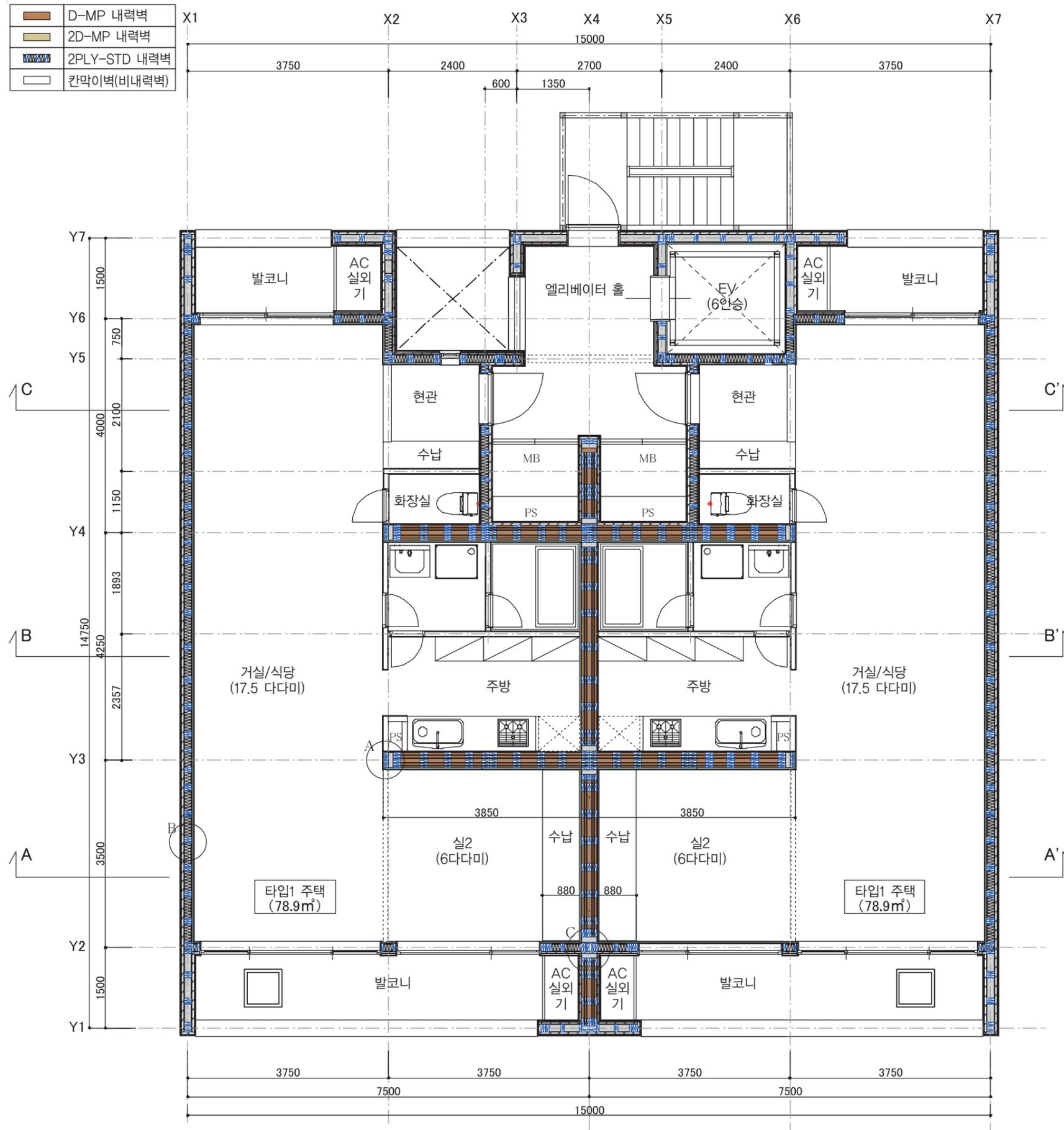
배치도 1/200

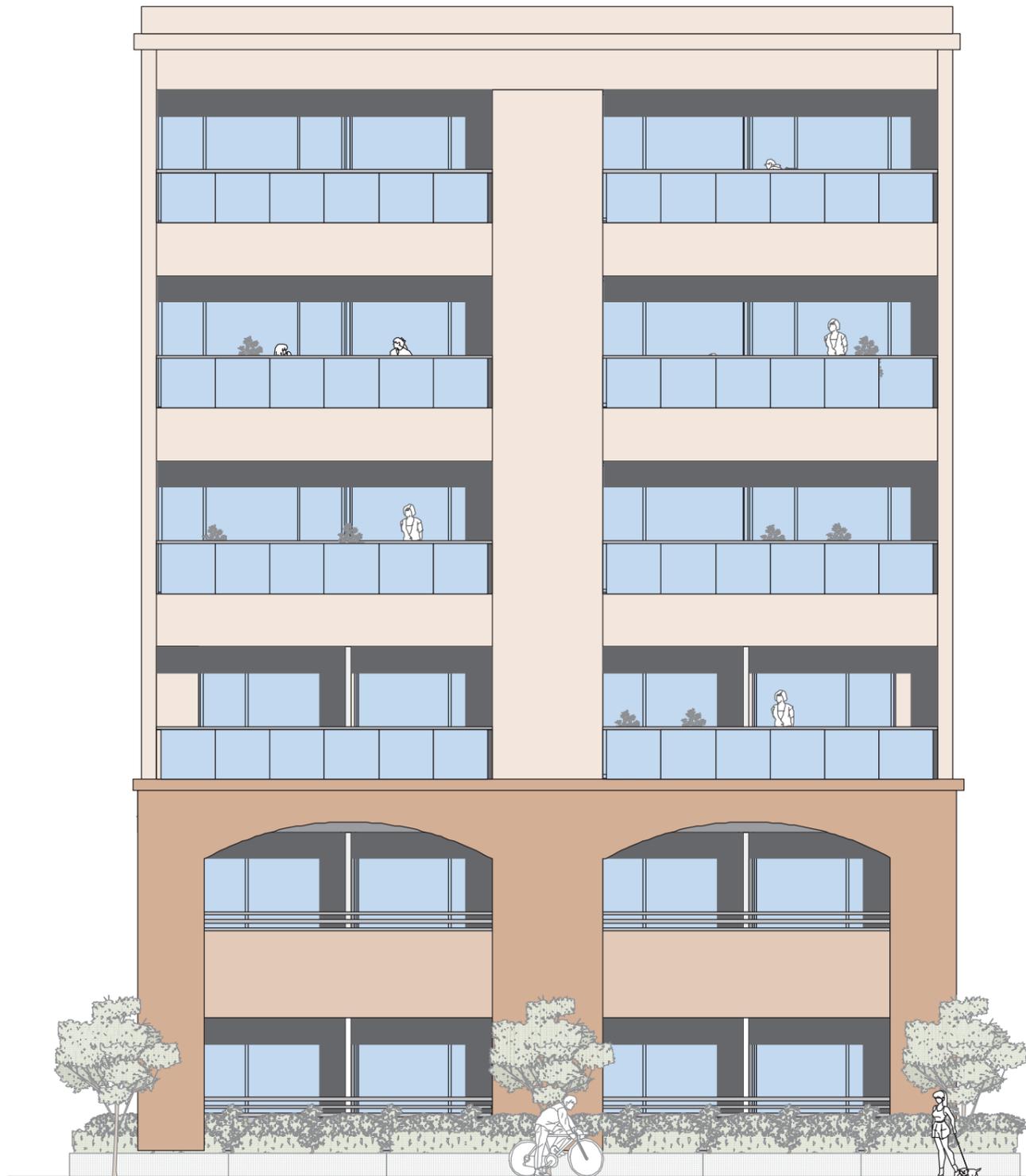
* 2016년 다수의 경골목구조 구조체가 일본 국토교통성으로부터 2시간 내화구조 인정을 득하였다.

4.1.2 6층 건축물 모델 계획 <계획>

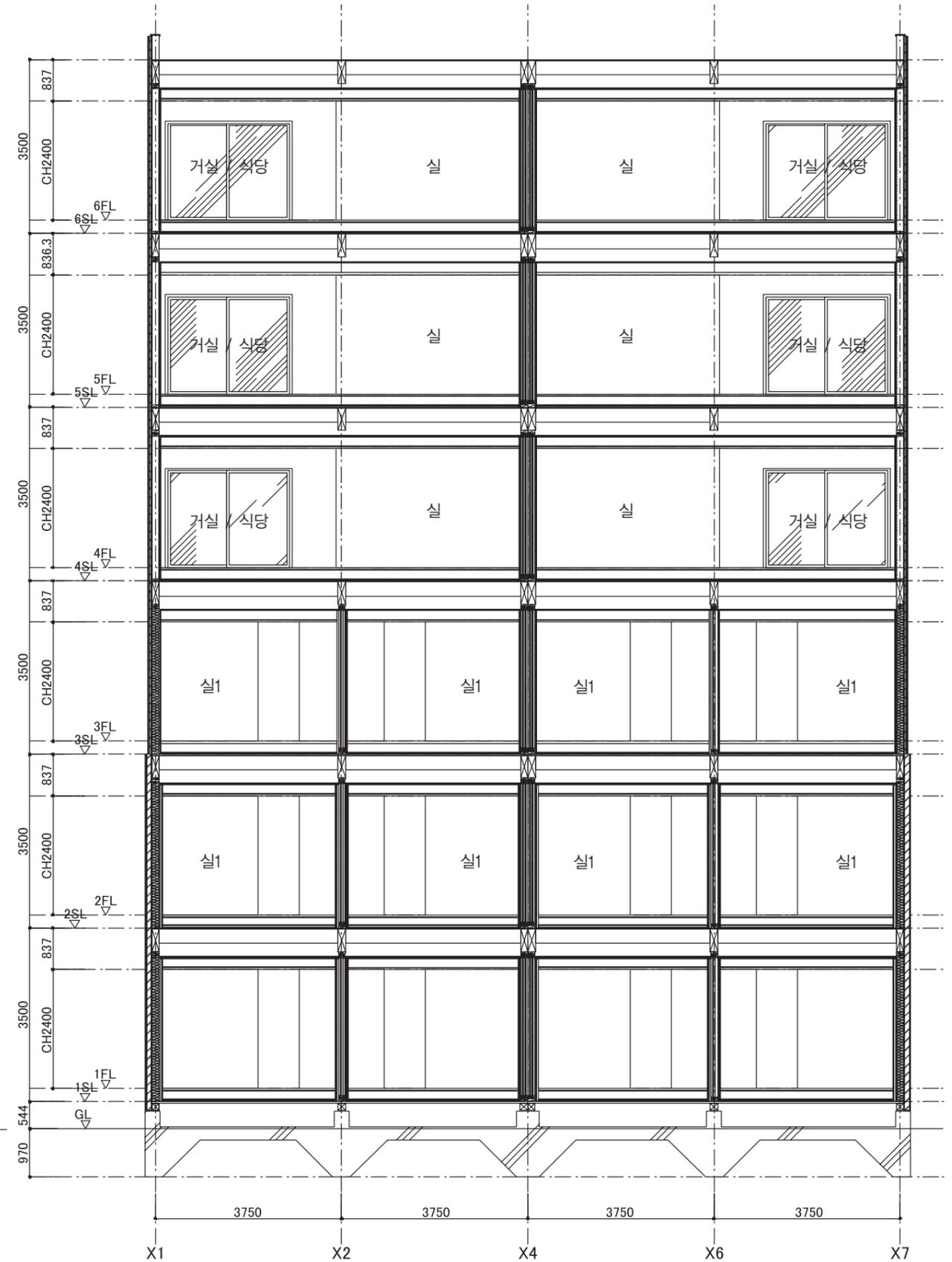


4.1.2 6층 건축물 계획 (계획)

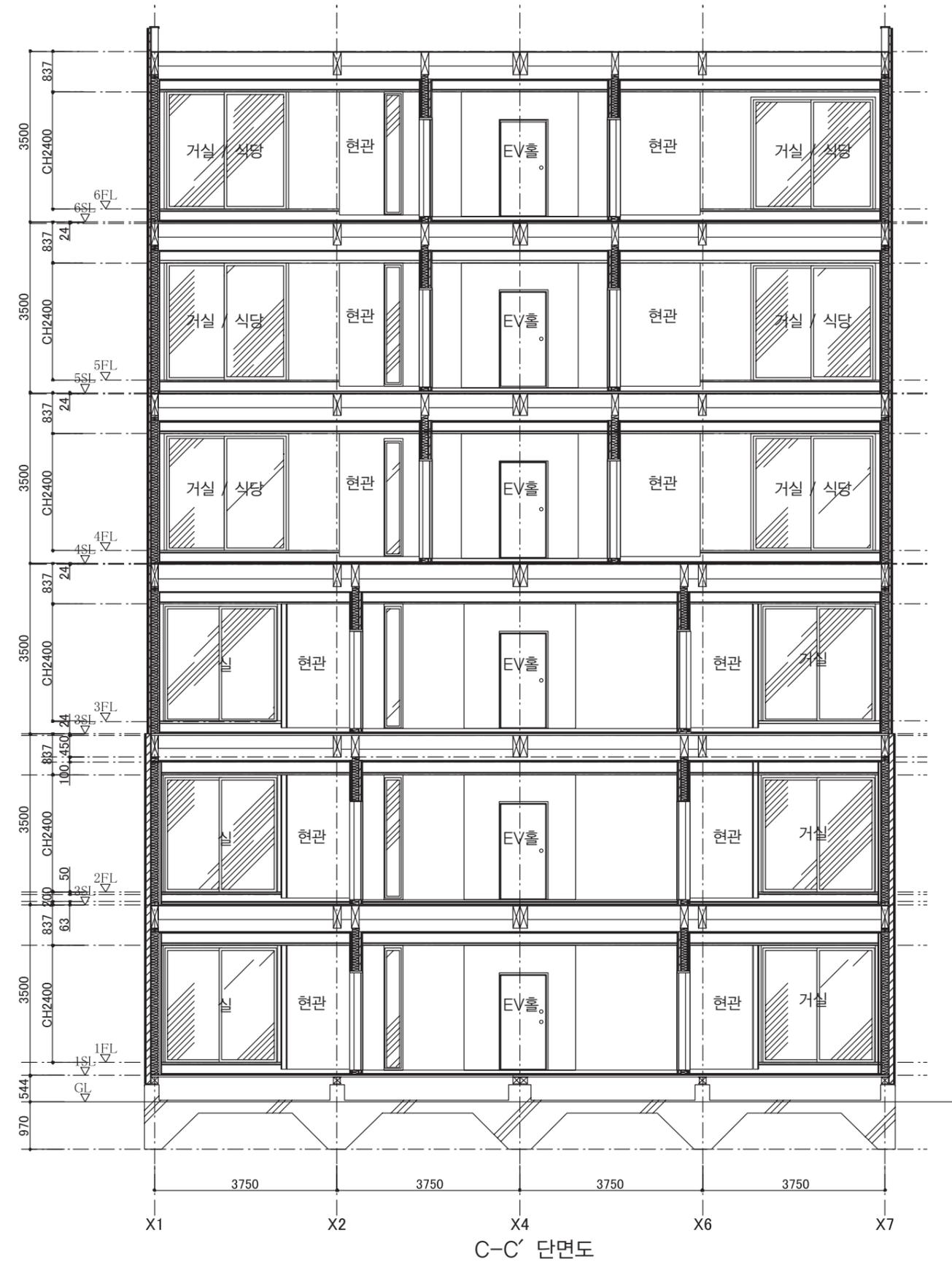
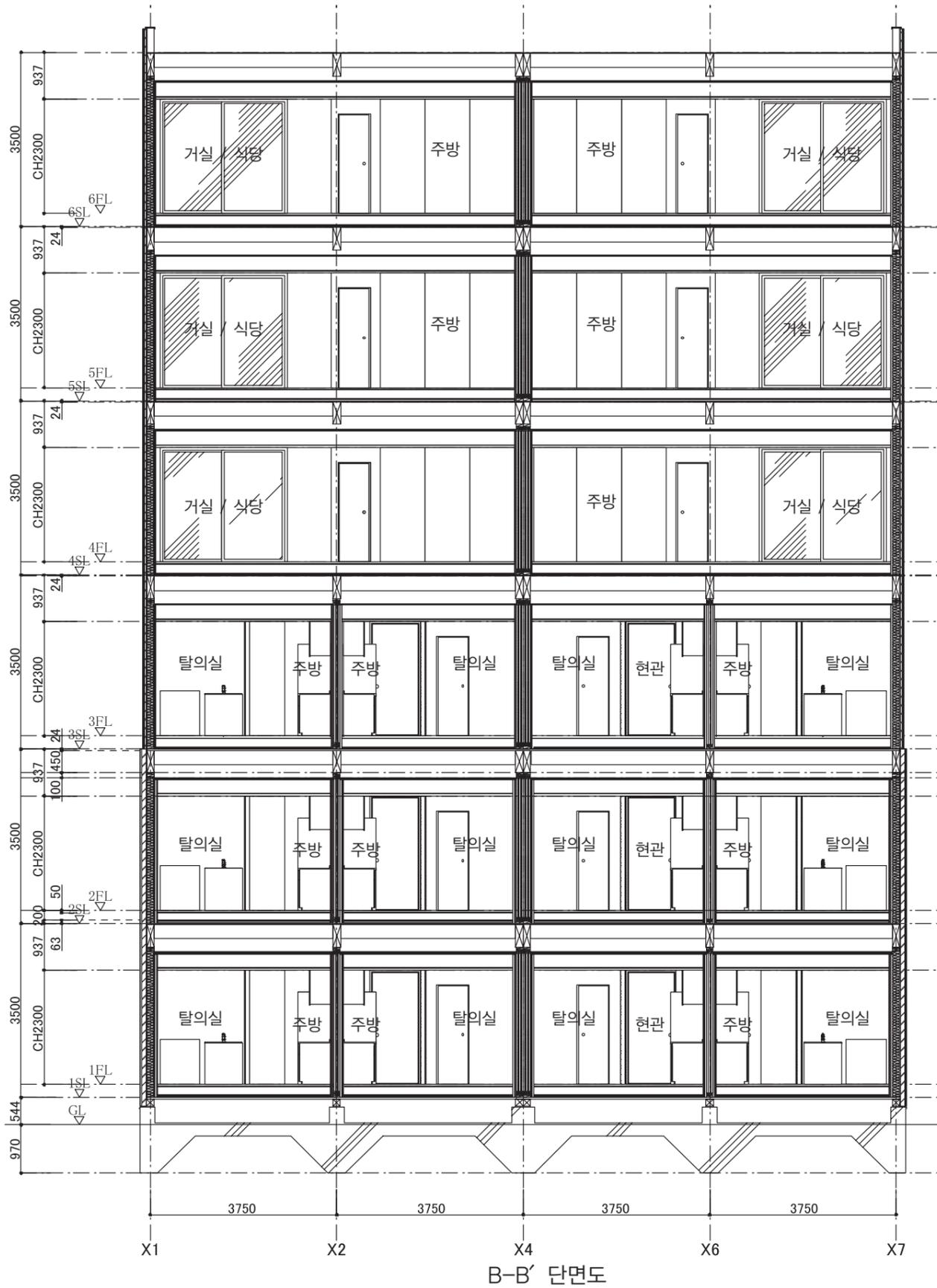




입면도



A-A' 단면도



(1) 건물개요

대상 건축물		6층 모델 계획	
구조 유형		목조 (경골목구조)	
용도		공동주택	
건축지역조건	지반지역계수 Z	1.0	
	지반종별	제2종 지반	
	기준풍속 Vo	30cm (20N/m ² /cm)	
	수직 적설량	34m/sec	
규모	층수	6층	
	각층 바닥면적	1층	227.25m ²
		2~6층	221.25m ²
	연면적	1333.5m ²	
	처마높이※	21.25m	
	건축물의 높이※	21.75m	

※ 6층 모델 계획 : 기초 높이 = GL+0.5m, 각층의 높이 = 3.5m, 평지붕 난간 = 0.25m로 가정.

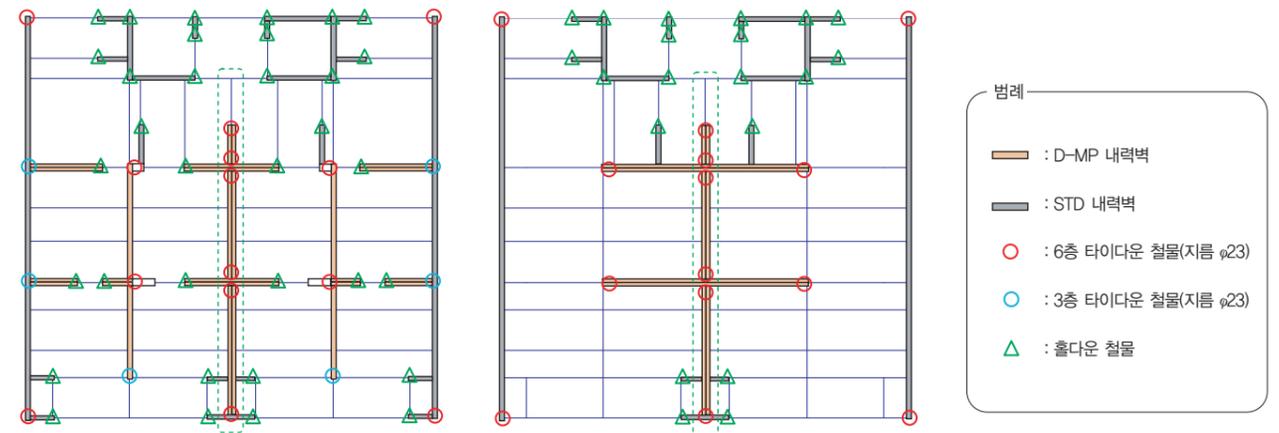


그림 4.1.1 내력벽, 타이다운 철물, 홀다운 철물의 배치 (왼쪽 : 1, 2, 3층 오른쪽 : 4, 5, 6층)

(2) 구조 계획 및 구조 계산 (모델링) 지침

- 내력벽으로서 일반적인 경골목구조 건축물에 사용되는 구조용 판재로 양 측면에 덮은 STD 내력벽과 면전단 시험을 통하여 전단 성능이 확인된 4면 전단 사양의 D-MP 내력벽을 함께 적용한다.
- 건물 내부에 배치되는 내력벽으로 D-MP 내력벽을 사용한다. 부분적으로 D-MP 내력벽을 2중으로 설치한다. 수평하중 작용 시에 큰 인장력이 발생하는 내력벽의 끝부분에는 타이다운 철물 또는 홀다운 철물을 사용한다.
- 바닥을 구성하는 바닥덮개로 두께 24mm의 구조용 합판을 사용하고, 바닥덮개와 바닥 장선 사이의 접합에 사용하는 못은 CN75 @ 125이하로 한다.
- 응력 및 변형의 계산에는 기초와 지붕구조를 제외한 상부 구조를 모델링한 입체 프레임 모델(이하, 분석모델)을 사용한다. 해석 모델에는 수직 하중 및 각 방향의 수평 하중을 가하고, 입체 분석을 실시함으로써 편심으로 인한 비틀림의 영향을 고려한다.
- 해석 모델은 벽을 기둥 요소 또는 가새 요소(하중 변위 곡선에 따라서 설정)로, 내력벽선 상의 바닥 장선을 보 요소로 각각 대체하고 각 부재의 접합 상태를 고려하여 적절히 배치 한다.
- 기둥 요소의 위쪽과 아래쪽에 축 스프링 요소를 배치하고 기둥 요소와 보 요소를 연결한다. 축 스프링 요소에는 압축 특성으로 배치하는 수직 골조부재의 수에 따라서 횡압축(지압) 강성 요소를 배치한다.
- 타이다운 철물을 배치하는 부분에는 보와 보를 직접 연결하는 위치의 인장축에 스프링 요소를 배치한다. 해당 스프링 요소의 특성은 로드(rod)의 축 강성과 각 층이 위로 뜨는 것을 방지하는 누름 철판의 지압을 직렬 강성으로 설정한다.
- 홀다운 철물을 배치하는 부분에는 압축 스프링 요소와 병렬 위치에 인장 스프링 요소를 배치한다. 해당 스프링 요소의 특성은 1개당 15kN / mm로 가정한다.
- 해석 모델의 바닥 및 지붕면은 강성 바닥구조로 가정한다.
- 해석 모델에 가해지는 수직하중은 그림 4.1.1의 파란색 선으로 구분 된 사각형 영역마다 면 하중으로 가하며 골조의 응력 검토용 및 인장하중 검토용의 2종류로 한다. 골조 응력 검토용의 단위 중량은 활하중 (영 제85조의 “주택의 거실”)을 포함하고, 인장하중 검토용 단위 중량은 활하중을 포함하지 않는다.
- 해당 건물은 무거운 건물로서 풍하중보다 지진하중의 영향이 더 크기 때문에 각 방향의 Ai 분포에 의한 지진하중을 해석 모델에 가해지는 수평 하중으로 사용한다.

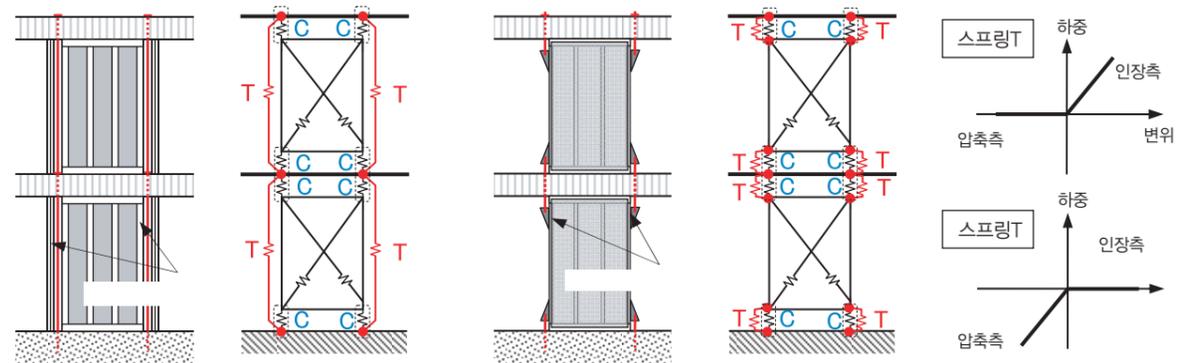
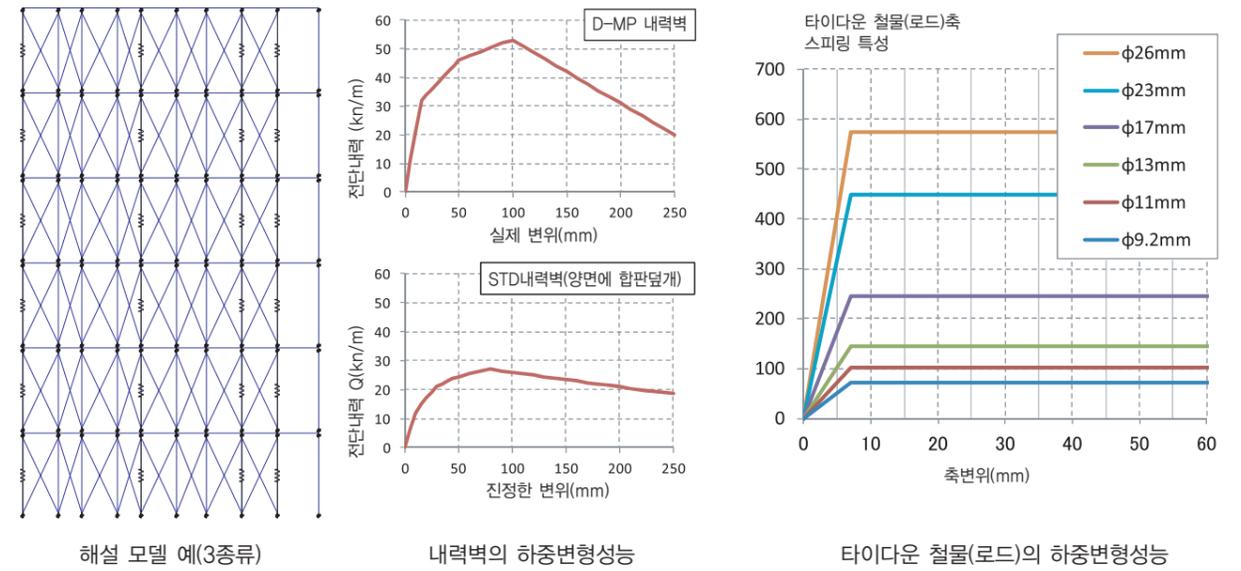


그림 4.1.2 해석 모델의 개요

4.1.3. 6층 건축물 모델 계획 <구조검토개요>

표 4.1.6 지진하중의 산정 결과

층	단위중량* Δwi (kN/m ²)	면적 s (m ²)	층 중량		건물높이 h (m)	지진하중 산정을 위한 변수								지진하중 Qi (kN)
			wi (kN)	Σwi (kN)		α	T (sec)	Co	Z	Rt	ai	Ai	Ci	
6	1.90	221.3	420.4	420.4	21.75	1.00	0.65	0.20	1.0	1.0	0.09	2.42	0.484	203.4
5	3.30	221.3	730.1	1150.5							0.25	1.77	0.354	407.8
4	3.30	221.3	730.1	1880.6							0.41	1.51	0.302	568.0
3	3.30	221.3	730.1	2610.8							0.56	1.34	0.267	697.6
2	4.30	221.3	951.4	3562.1							0.77	1.16	0.232	827.2
1	4.80	221.3	1062.0	4624.1							1.00	1.00	0.200	923.4

* 중량은 고정 하중 + 활하중 (영 제85조 "주택의 거실" 지진에 대한 무게)으로 설정하였다.

표 4.1.7 고정 하중의 설정 근거

■ 2시간 내화사양 (예상 사양)			■ 1시간 내화사양 (녹본 사양)		
◇ 가벼운 지붕+천장					
【지붕】지붕슬레이트	260	N/mm ²	【지붕】지붕슬레이트	260	N/mm ²
【지붕】지붕덮개(구조용합판 두께9mm)	60	N/mm ²	【지붕】지붕덮개(구조용합판 두께9mm)	60	N/mm ²
【지붕】서까래 (2x6 @ 455mm)	100	N/mm ²	【지붕】서까래 (2x6 @ 455mm)	100	N/mm ²
【천장】암면 두께 50mm	20	N/mm ²	【천장】암면 두께 50mm	20	N/mm ²
【천장】천장장선(2x4@455mm)	50	N/mm ²	【천장】천장장선 (2x4@455mm)	50	N/mm ²
【천장】내화석고보드두께15mm×3장	450	N/mm ²	【천장】내화석고보드두께 15mm	150	N/mm ²
			【천장】내화석고보드두께 12.5mm	120	N/mm ²
	940	→ 1000		760	→ 800
◇ 바닥(복도·발코니 포함)					
바닥마감	180	N/mm ²	바닥마감	180	N/mm ²
내화석고보드 두께21mm×3장	600	N/mm ²	내화석고보드 두께15mm	150	N/mm ²
바닥덮개(구조용 합판 두께15mm)	100	N/mm ²	내화석고보드 두께21mm	200	N/mm ²
바닥장선(2x10 @455mm)	120	N/mm ²	바닥재(구조용 합판 두께15mm)	100	N/mm ²
천장장선(2x4 @227.5mm)	100	N/mm ²	바닥장선(2x10 @455mm)	120	N/mm ²
			천장장선(2x4 @227.5mm)	100	N/mm ²
내화석고보드 두께 21mm×3장	600	N/mm ²	내화석고보드 두께15mm	150	N/mm ²
	1700	→ 1700	내화석고보드 두께21mm	200	N/mm ²
				1200	→ 1200
◇ 외벽					
세라믹 사이딩 두께15mm	170	N/mm ²	세라믹 사이딩 두께15mm	170	N/mm ²
ALC판 두께100mm	543	N/mm ²	ALC판 두께35mm	190	N/mm ²
외벽덮개(구조용합판 두께9mm)	60	N/mm ²	외벽덮개(구조용합판 두께9mm)	60	N/mm ²
스터드(2x6 @15mm)	80	N/mm ²	스터드(2x6 @15mm)	80	N/mm ²
암면 두께90mm	30	N/mm ²	암면 두께90mm	30	N/mm ²
			내화석고보드 두께15mm	150	N/mm ²
내화석고보드 두께21mm×3장	600	N/mm ²	내화석고보드 두께21mm	200	N/mm ²
	1483	→ 1500		880	→ 900
◇ 내벽					
내화석고보드 두께 21mm×3장	600	N/mm ²	내화석고보드 두께15mm	150	N/mm ²
스터드(2x6 @15mm)	80	N/mm ²	내화석고보드 두께21mm	200	N/mm ²
내화석고보드 두께21mm×3장	600	N/mm ²	스터드(2x6 @15mm)	80	N/mm ²
			내화석고보드 두께21mm	200	N/mm ²
			내화석고보드 두께15mm	150	N/mm ²
	1280	→ 1300		780	→ 800

* 부재 구성은 「경골목구조 공법 건축물 구조 설계 지침 2007 년판」에 게재된 내화 건축물의 고정 하중 (P.398)을 참고로 설정.

(6) 내력벽의 수평하중에 대한 검토【허용응력 계산】

1) 구조체 시험에 따른 강도 및 강성을 적용하는 경우

내력벽의 수평하중(지진하중)에 대한 대략적인 검토를 위하여 구조체의 시험을 근거로 평가된 내력 및 강성을 이용한 검토 결과를 표 4.1.0.8 ~ 표 4.1.10에 수록하였다. 이 방법을 사용하여 조사를 실시하는 경우, 타이다운 철물의 변형, 수직 골조의 변형 등에 의한 강성 저하의 영향을 포함하기 때문에 구조체 시험의 "측정 범위"에 의한 평가값을 이용하였다.

표 4.1.8 지진하중에 의한 내력벽의 전단 내력에 대한 검토 (대략적인 검토)

층	지진하중 Qi (kN)	층의 허용 전단내력* Qa (kN)		검정비			
		X 방향	Y 방향	뒤틀림 보정 고려하지 않음		뒤틀림 보정 고려	
				X 방향	Y 방향	X 방향	Y 방향
6	203.4	832.5	851.3	0.24	0.24	0.27	0.25
5	407.8	832.5	851.3	0.49	0.48	0.54	0.49
4	568.0	832.5	851.3	0.68	0.67	0.76	0.69
3	697.6	1037.9	1189.5	0.67	0.59	0.69	0.61
2	827.2	1037.9	1189.5	0.80	0.70	0.82	0.72
1	923.4	1037.9	1189.5	0.89	0.78	0.91	0.81

* 층의 허용 전단 내력은 MP 내력벽 및 STD 내력벽 각각에 대해 아래와 같이 산정 한 수치의 합으로 평가하였다.
D-MP 내력벽 : 표 3.3.1 「측정 범위」에 의한 항복 전단 내력에 각 층 각 방향의 D-MP 내력벽 길이를 곱하여 산정.
STD 내력벽 : 벽 배율 6등급으로 구한 (1.96×6)에 각 층 각 방향의 STD 내력벽 길이를 곱하여 산정.

표 4.1.9 지진하중에 의한 층간 변위의 확인 (대략적인 검토)

층	지진하중 Qi (kN)	층강성 (kN/mm)		층간 변위의 역수(1/rad)				변형각의 산술평균		강성율Rs	
		X 방향	Y 방향	평균		최대		X 방향	Y 방향	X 방향	Y 방향
				X 방향	Y 방향	X 방향	Y 방향				
6	203.4	60.0	65.2	1032	1122	931	1090	1/401	1/461	2.57	2.80
5	407.8	60.0	65.2	515	560	465	544			1.28	1.40
4	568.0	60.0	65.2	370	402	334	390			0.92	1.00
3	697.6	74.7	89.0	375	446	366	430			0.94	1.11
2	827.2	74.7	89.0	316	377	308	363			0.79	0.94
1	923.4	74.7	89.0	283	337	276	325			0.71	0.84

* 층 강성은 MP 내력벽 및 STD 내력벽 각각에 대해 다음과 같이 산정 한 수치의 합으로 평가하였다.
D-MP 내력벽 : 표 3.3.1 「측정 범위」에 의한 면내 전단 강성 (H = 3.50)에 각 층 각 방향의 D-MP 내력벽 길이를 곱하여 산정.
STD 내력벽 : 벽 배율 6등급으로 구한 (1.96×6×150 / 3500)에 각 층 각 방향의 STD 내력벽 길이를 곱하여 산정.

표 4.1.10 편심율의 계산

층	방향	층강성(kN/mm)	편심위치(m)	중심위치(m)	편심거리 e(m)	비틀림강성KR(m ²)	탄성반경J(m)	편심율Re
1-3	X거리	89.0	7.55	7.38	0.17	2999.36	5.81	0.03
	Y거리	68.3	7.88	7.50	0.38			
4-6	X거리	65.2	7.52	7.38	0.15	2495.60	6.19	0.02
	Y거리	60.0	8.06	7.50	0.56			

4.1.3. 6층 건축물 모델 계획 <구조검토개요>

2) 해석 모델에 의한 검토의 경우

내력벽의 수평하중(지진하중)에 대한 상세한 검토를 위하여 소정의 구조 성능을 부여한 해석 모델에 의한 검토 결과(변형성능만)를 표 4.1.11 및 4.1.12에 수록하였다. 이 방법을 사용하여 조사를 실시하는 경우, 타이다온 철물의 변형, 수직 골조의 변형 등을 각 스프링 요소로 개별적으로 고려하기 위하여 내력벽의 전단 성능을 대체하는 가새는 "실제 변위"에 의한 하중 변위 곡선에 따라 설정하였다. 또한 내력벽의 허용 전단 내력도 실제 변위에 따른 평가값을 사용하였으며 입체 분석 모델에 의해 편심의 영향과 국부적인 응력 집중의 영향도 고려하였다.

표 4.1.11 지진하중에 의한 내력벽의 전단 내력에 대한 검토 (분석 모델에 의한 검토)

층	각 내력벽의 검토비 평균		각 내력벽의 검토비 최대치	
	X 방향	Y 방향	X 방향	Y 방향
6	0.16	0.16	0.53	0.58
5	0.24	0.30	0.73	0.81
4	0.29	0.41	0.77	0.81
3	0.51	0.45	0.76	0.81
2	0.62	0.54	0.83	0.82
1	0.68	0.60	0.86	0.78

표 4.1.12 지진하중에 의한 층간 변위의 확인 (분석 모델에 의한 검토)

층	평균 층간 변위		평균 층간 변형각		변형각의 산술평균		강성율Rs	
	(mm)	(mm)	(rad)	(rad)				
	X 방향	Y 방향	X 방향	Y 방향	X 방향	Y 방향	X 방향	Y 방향
6	6.66	4.75	1/526	1/736	1/321	1/472	1.64	1.56
5	9.31	7.05	1/376	1/497			1.17	1.05
4	11.02	8.73	1/318	1/401			0.99	0.85
3	12.30	7.49	1/285	1/467			0.89	0.99
2	13.39	8.17	1/261	1/428			0.81	0.91
1	12.77	8.32	1/274	1/421			0.85	0.89

(7) 내력벽의 수평하중에 대한 검토 [수평 내력 계산]

수평 내력 계산에 사용되는 각층의 P-δ 곡선은 그림 4.1.3과 같이 설정하였으며 수평 내력 계산 결과는 그림 4.1.4 및 표 4.1.13에 수록하였다.

Ai 분포에 의한 수평하중

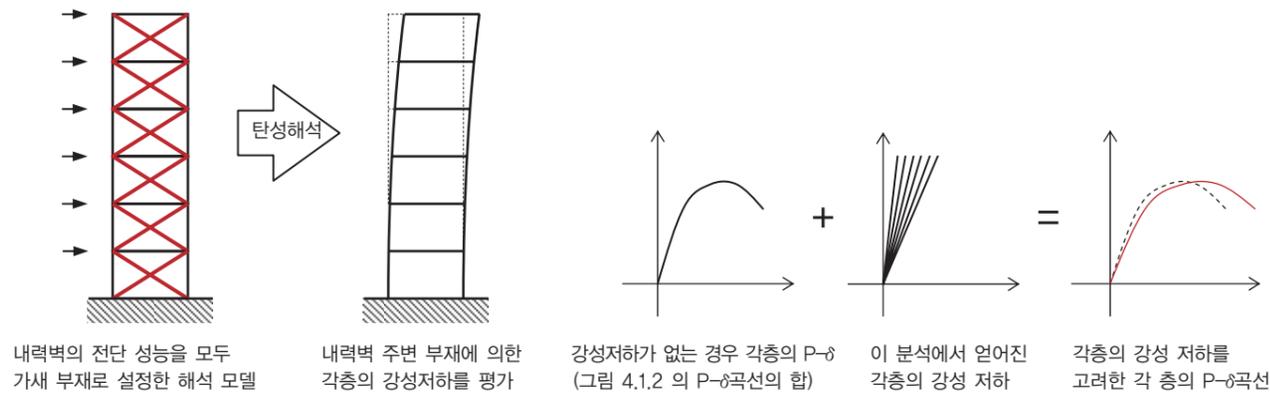


그림 4.1.3 수평 내력 계산에 사용된 각층의 P-δ곡선의 설정 요령

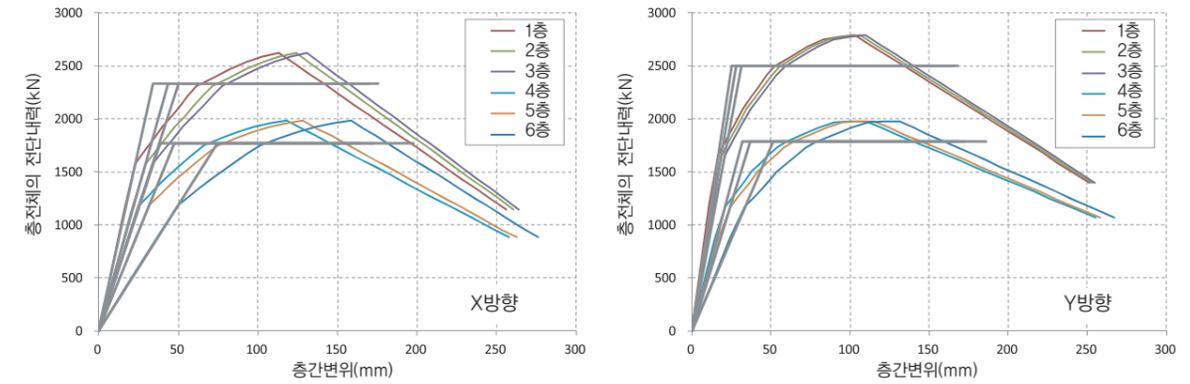


그림 4.1.4 각층에서 각 방향의 P-δ곡선과 완전 소성 모델

표 4.1.13 수평 내력 계산 결과

층	지진하중(Co=1.0) Qud (kN)	구조특성계수 Ds		형상계수 Fes		요구되는 수평내력 Qun (kN)		수평내력 Qu (kN)		검정비 Qun/Qu	
		X 방향	Y 방향	X 방향	Y 방향	X 방향	Y 방향	X 방향	Y 방향	X 방향	Y 방향
6	1017.2	0.48	0.40	1	1	489.9	407.0	1772.9	1790.2	0.28	0.23
5	2038.8	0.40	0.35	1	1	812.9	703.7	1771.4	1789.2	0.46	0.39
4	2840.0	0.36	0.32	1	1	1030.6	921.0	1770.9	1788.9	0.58	0.51
3	3488.1	0.41	0.32	1	1	1422.6	1118.0	2334.7	2504.1	0.61	0.45
2	4135.8	0.39	0.30	1	1	1592.4	1261.1	2334.3	2503.7	0.68	0.50
1	4617.0	0.34	0.29	1	1	1590.6	1334.8	2333.6	2503.4	0.68	0.53

(8) 수직 골조의 압축하중에 대한 검토

MP 내력벽의 수직 골조부재의 좌굴내력(NDS 적용)은 표 4.1.14, 검토 결과는 표 4.1.15에 수록하였다.

표 4.1.14 MP내력벽의 수직 골조(조립 기둥)의 좌굴 내력

■좌굴내력 (NDS 계산식 적용)	접합방법	S-MP 내력벽 (수직 골조부재 2 개)				D-MP 내력벽 (수직 골조부재 3개)			
		2 x 4	2 x 6	2 x 8	2 x 10	2 x 4	2 x 6	2 x 8	2 x 10
목재	-	규격재	규격재	규격재	규격재	규격재	규격재	규격재	규격재
Ke	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
L	mm	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
di	mm	76	76	76	76	114	114	114	114
dz	mm	89	140	184	235	89	140	184	235
d	mm	76	76	76	76	114	114	114	114
le	mm	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
le/d	-	39.5	39.5	39.5	39.5	26.3	26.3	26.3	26.3
Emin	N/mm ²	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600	9600
FcE	N/mm ²	5.06	5.06	5.06	5.06	11.39	11.39	11.39	11.39
Fc	N/mm ²	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
치수계수	-	1.00	0.96	0.93	0.91	0.96	0.93	0.81	0.81
장기하중계수	-	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
단기하중계수	-	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
Fc*	-	15.66	15.03	14.56	14.25	15.03	14.56	12.68	12.68
Kf	-	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
c	-	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Cp	-	0.179	0.186	0.191	0.195	0.353	0.361	0.392	0.392
Lfc	-	1.141	1.136	1.132	1.130	2.165	2.140	2.024	2.024
Sfc	-	2.075	2.066	2.059	2.054	3.936	3.891	3.680	3.680
A	mm ²	6764	10640	13984	17860	10146	15960	20976	26790
장기 LNa	kN	7.72	12.09	15.83	20.17	21.96	34.16	42.46	54.23
단기 sNa	kN	14.03	21.98	28.79	36.68	39.93	62.10	77.20	98.60

4.1.3. 6층 건축물 모델 계획 <구조검토개요>

표 4.1.15 수직 골조부재의 압축하중에 대한 검정 결과

수직 골조부재의 압축 하중에 대한 검정(최대값)		층/위치	해당부위의 수직 골조 구성	최대 압축하중 N (kN)	허용내력 Na (kN)	검정대비 N/Na
장기		1층/X6-Y2 교차	D-MP 내력벽(2-2x6)×1 구조+2-206	91.33	121.3	0.75
단기	EX	1층/X7-Y3 교차	D-MP 내력벽(1-2x6)×2구조+4-2x4+STD 내력벽(4-2x6)	267.82	330.5	0.81
	EY	1층/X4-Y4,5사이	D-MP 내력벽(2-2x6)×2 구조+4-2x4	256.32	293.4	0.871

(9) 타이다운철물의 인장력에 대한 검토

단기 수평 하중의 작용 시(수직하중은 고정하중만 고려)의 타이다운 철물의 인장력에 대한 검정 결과는 표 4.1.16과 같다. 로드(rod)의 검정비에는 여유가 있지만, 강성 저하를 방지하기 위하여 축 단면이 큰 로드를 사용하였다.

표 4.1.16 타이다운 철물의 인장력에 대한 검정 결과

타이다운의 인장력에 대한 검정(최대값)		층/위치	타이다운 철물사양	최대인장하중 T(kN)	허용내력※			검정대비	
				T(kN)	Ta(kN)	Nca(kN)	T/Ta	T/Nca	
단기	EX	1 층/X1-Y4 교차	2-φ23mm+누름 철판 280mm×65mm	83.37	714	109.2	0.12	0.76	
	EY	1 층/X4-Y1 교차	2-φ23mm+누름 철판 280mm×65mm	72.47	714	109.2	0.10	0.66	

※Ta는 로드의 허용내력, Nca는 누름 철판의 지압 내력

(10) 바닥장선의 검토

바닥장선(집성재 E105-F300 : 150mm×450mm)의 최대 검정비는 표4.1.17과 같다.

표 4.1.17 바닥장선의 최대 검정비

■ 최대 휨 검정비

검정비	2F	3F	4F	5F	6F	RF
장기	0.36	0.33	0.27	0.47	0.47	0.31
단기	0.42	0.55	0.58	0.31	0.34	0.23

■ 최대 전단 검정비

검정비	2F	3F	4F	5F	6F	RF
장기	0.22	0.22	0.31	0.33	0.33	0.19
단기	0.58	0.70	0.70	0.19	0.18	0.12

(11) 바닥의 검토

바닥 격막의 면전단 하중에 대한 검토는 그림 4.1.5로부터 요구 성능을 만족하는지 확인한다.

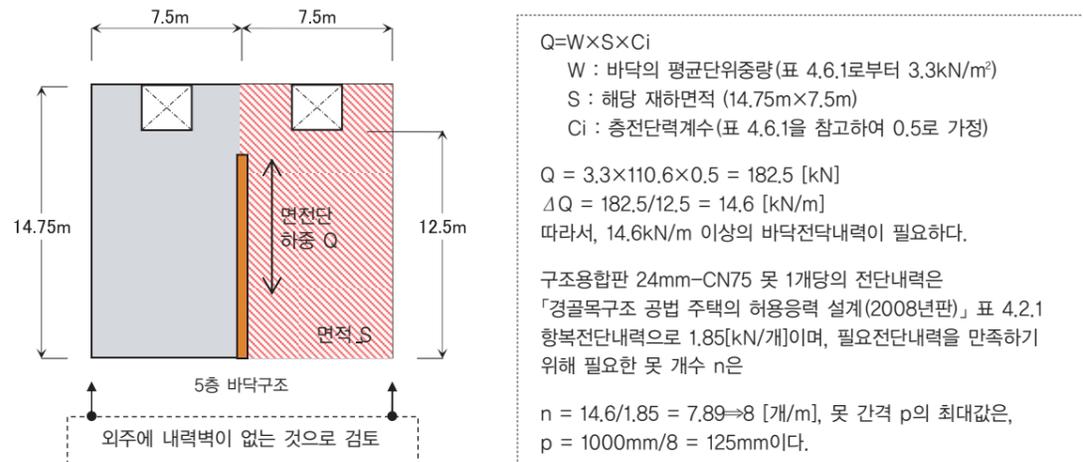


그림 4.1.5 바닥 수평격막의 검토

(12) 기초 검토

지반 내력 검토 및 기초구조의 단면 검토에 이용하기 위한 무게는 표 4.1.18과 같다.

표 4.1.18 기초 검토를 위한 무게 설정

항목	전체무게	바닥면적	평균 중량	
	kN	m ²	kN/m ²	
각부 무게	① 상부구조/1층 절반 위쪽	5475.9	221.25	24.7
	② 상부구조/1층 절반 아래쪽+1층 바닥(고정하중+가실 활하중)	525.6	221.25	2.4
	③ 기초구조/RC(슬래브 및 기초 빔)	2655.0	221.25	12.0
검토용 무게	지반 내력 검토용(=①+②+③)	8656.5	221.25	39.1
	기초구조 검토용(=①)	5475.9	221.25	24.7

장기 하중에 의한 평균 지반 내력은 대체로 40kN/m² 정도이며, 양호한 지반이면 직접 기초(기초+줄기초 방식)도 선택 가능하다. 또한 수평하중 작용 시의 전도 모멘트에 의한 단기 지반 내력은 63kN/m²이며 장기 하중에 의한 지반 내력의 2배를 초과하지 않는 것(장기 지반 내력의 검정에 필요한 지반의 허용 응력 결정)을 확인하였다. 또한, 연약 지반이나 액상화가 우려되는 지반은 말뚝 기초를 이용할 필요가 있다.

줄기초는 내력벽선의 하부에 배치한다. 줄기초의 교차점마다 핀 지점을 가정하여 분할된 단순 보 모델로 응력을 계산하고 휨 및 전단 하중에 대한 단면 검정을 만족하도록 배치한다. 단면 검정 결과 필요한 줄기초의 단면 및 배근의 사양을 표 4.1.19에 수록하였다.

표 4.1.19 줄기초 단면

이름	단면치수(mm)	주 철근	전단 보강 철근
FG1	350×1000	4-D22(1단 배근)	□-2-D13@300mm
FG2	450×1000	5-D22(1단 배근)	□-2-D13@300mm

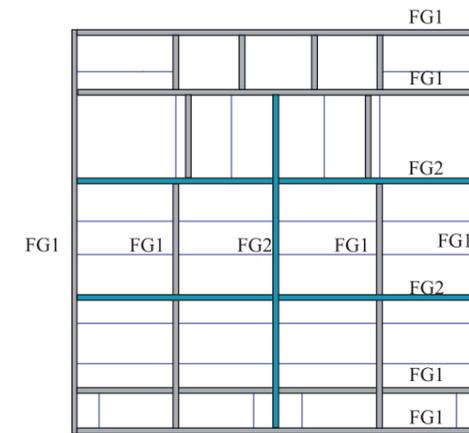
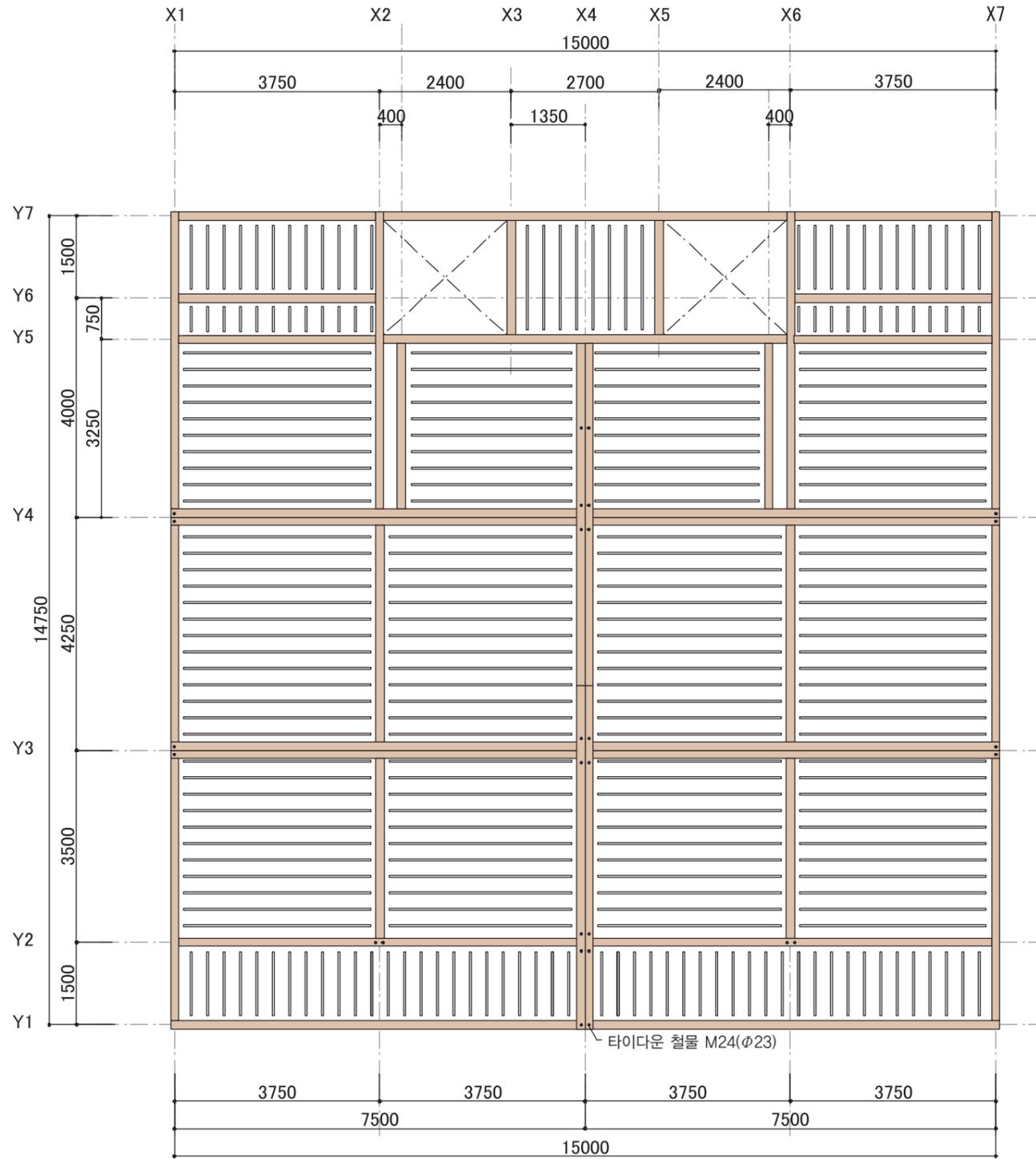


그림4.1.6 줄기초 배치 개요

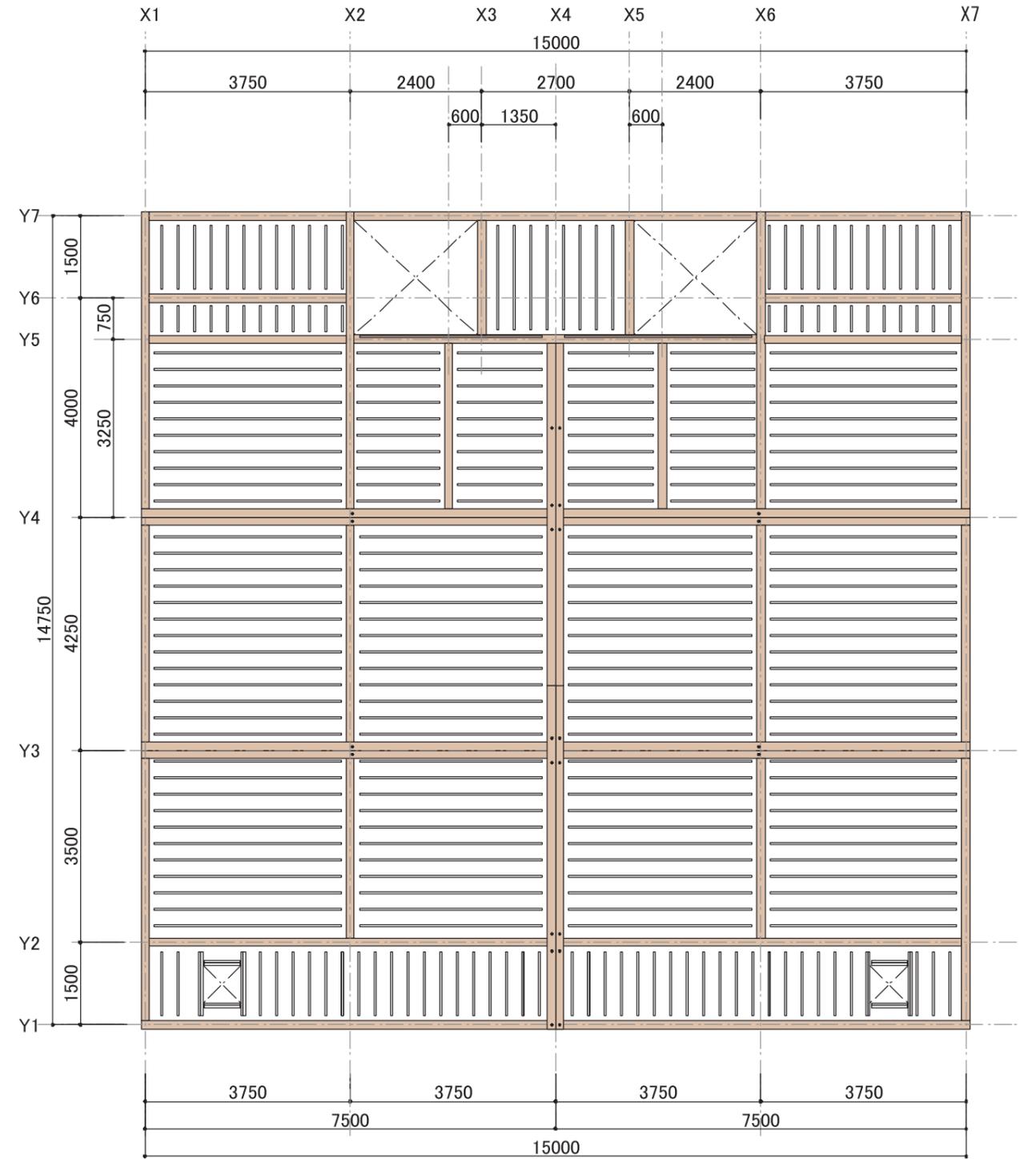
(13) 구조도

바닥 평면도, 입면도, 구조도 등을 다음 페이지 이후에 수록하였다.



2·3층 바닥구조도

※ 3층에는 발코니에 대피용 해치설치

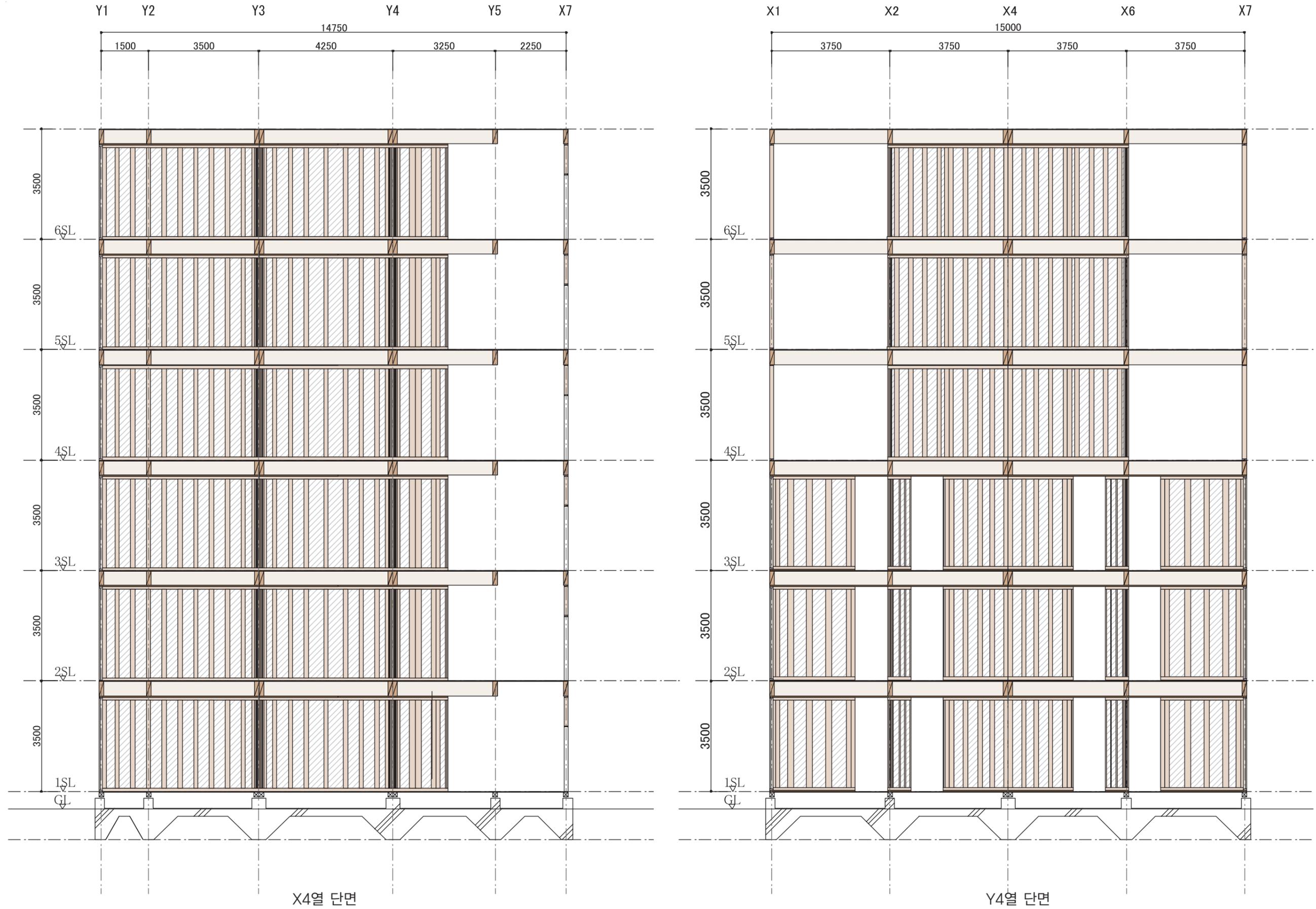


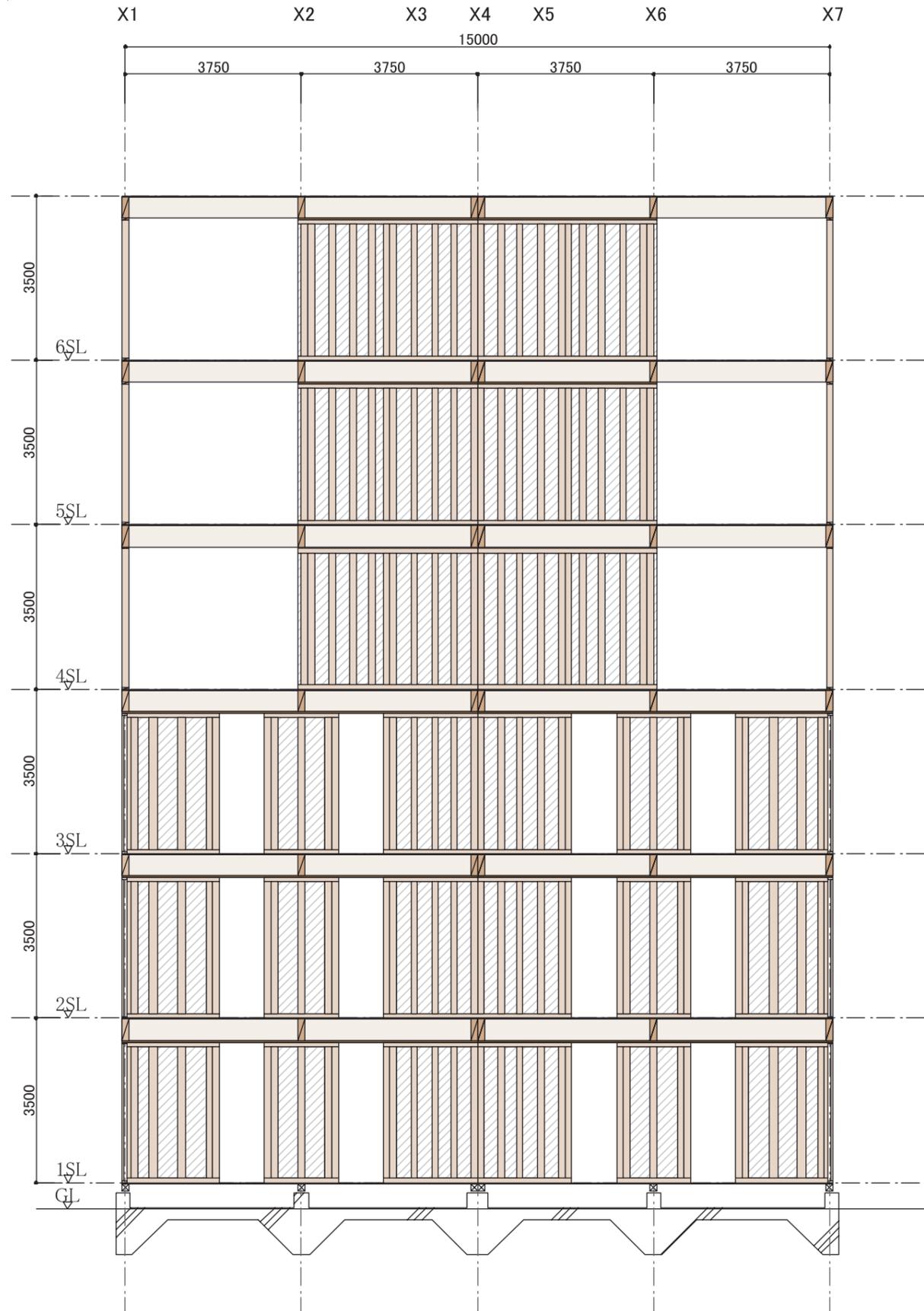
4·5층 바닥구조도

※ 대피용 해치는 상하층에서 밀칠 수 있도록 설치

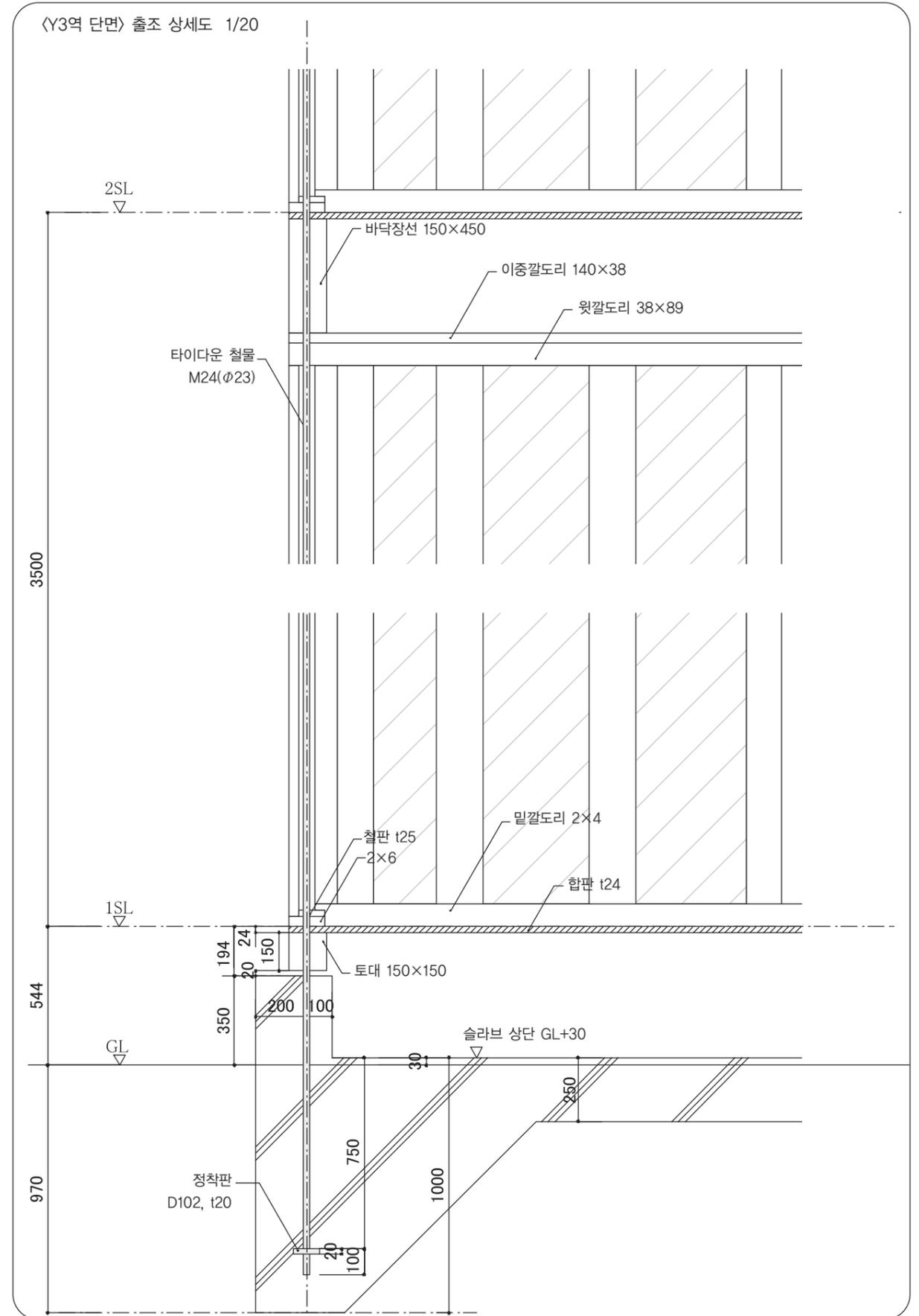
범례

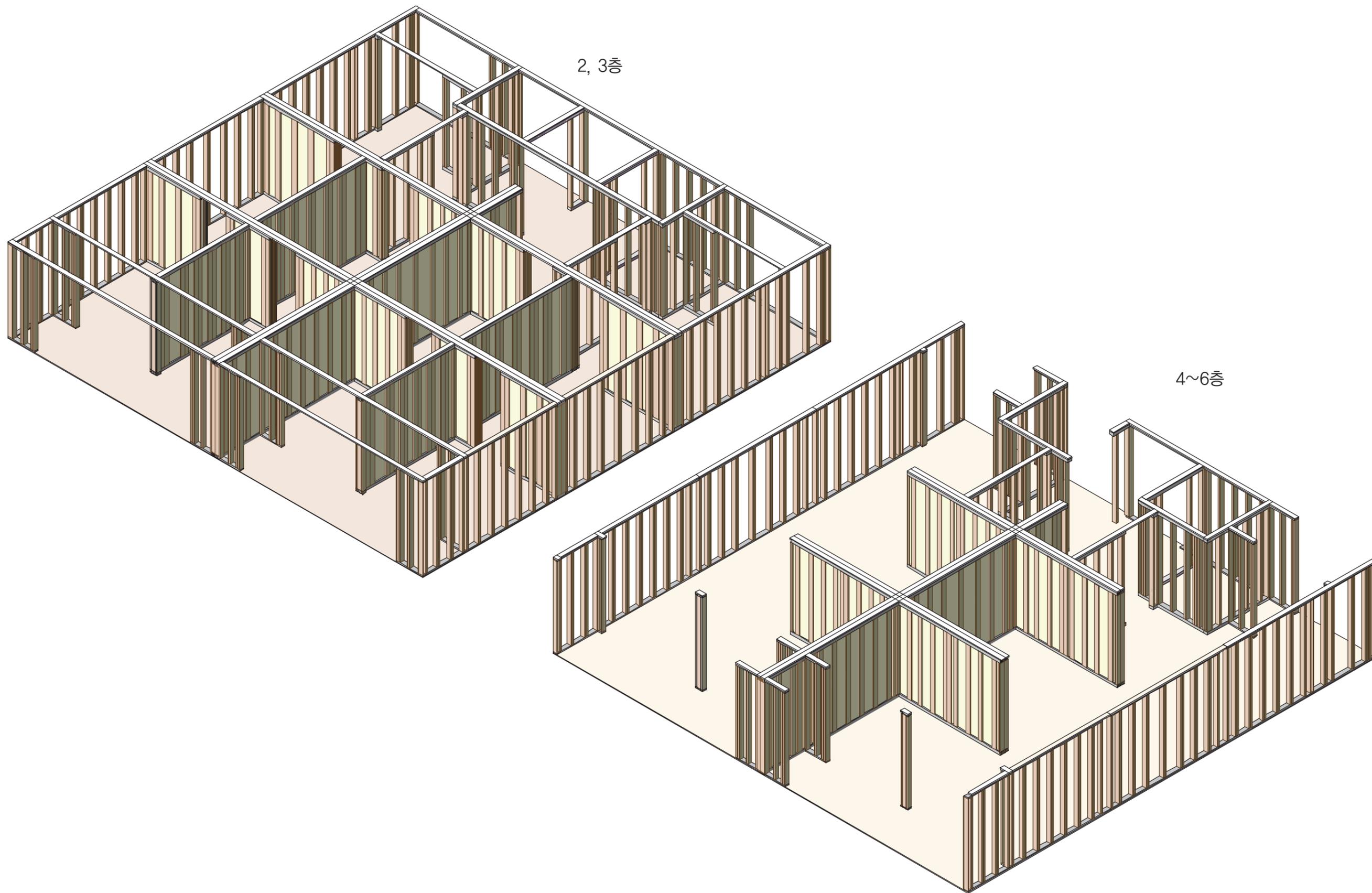
	150 × 450
	2 × 12 (38 × 286) @ 300
	타이다운 철물 M24(φ23)

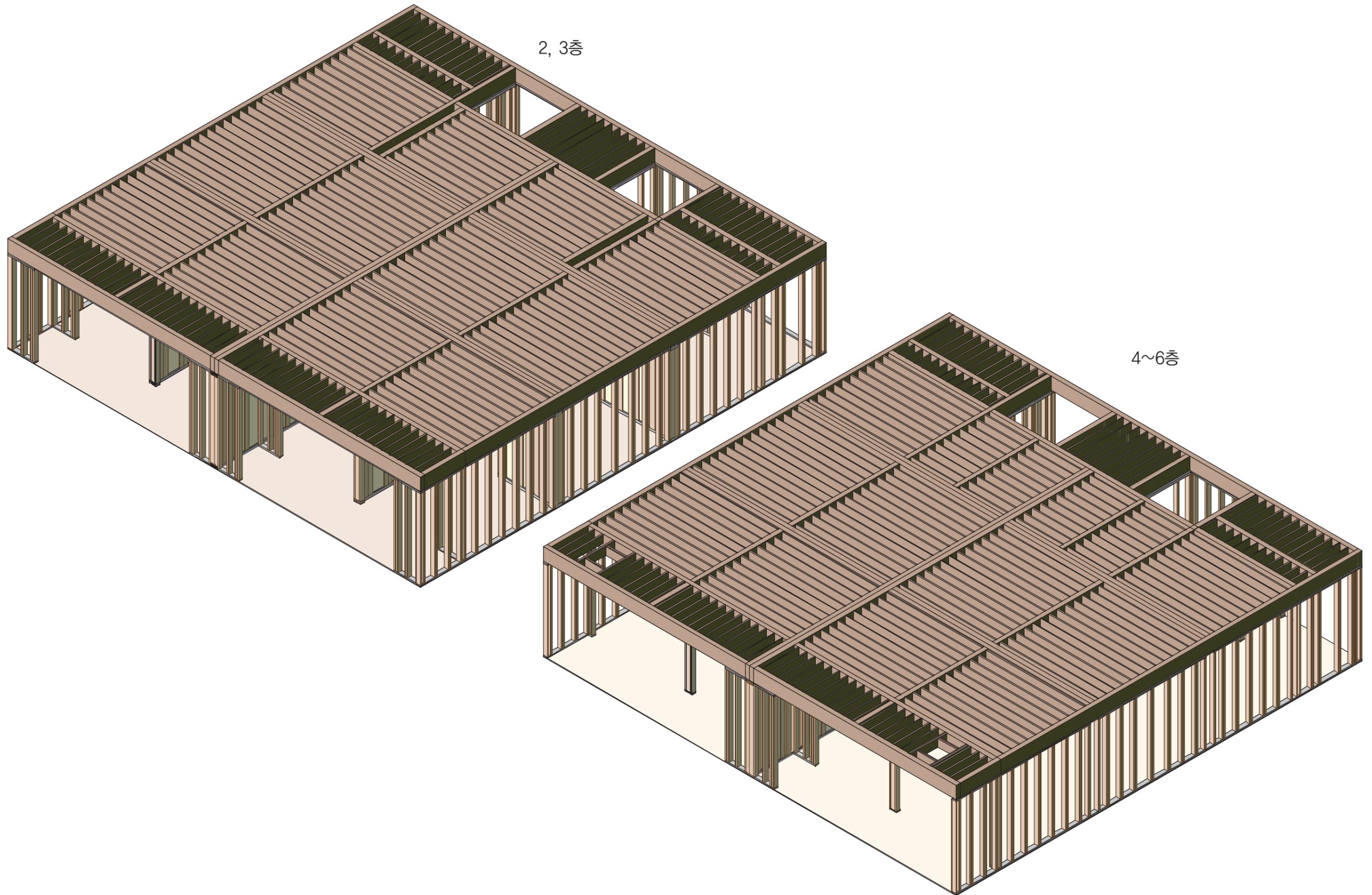


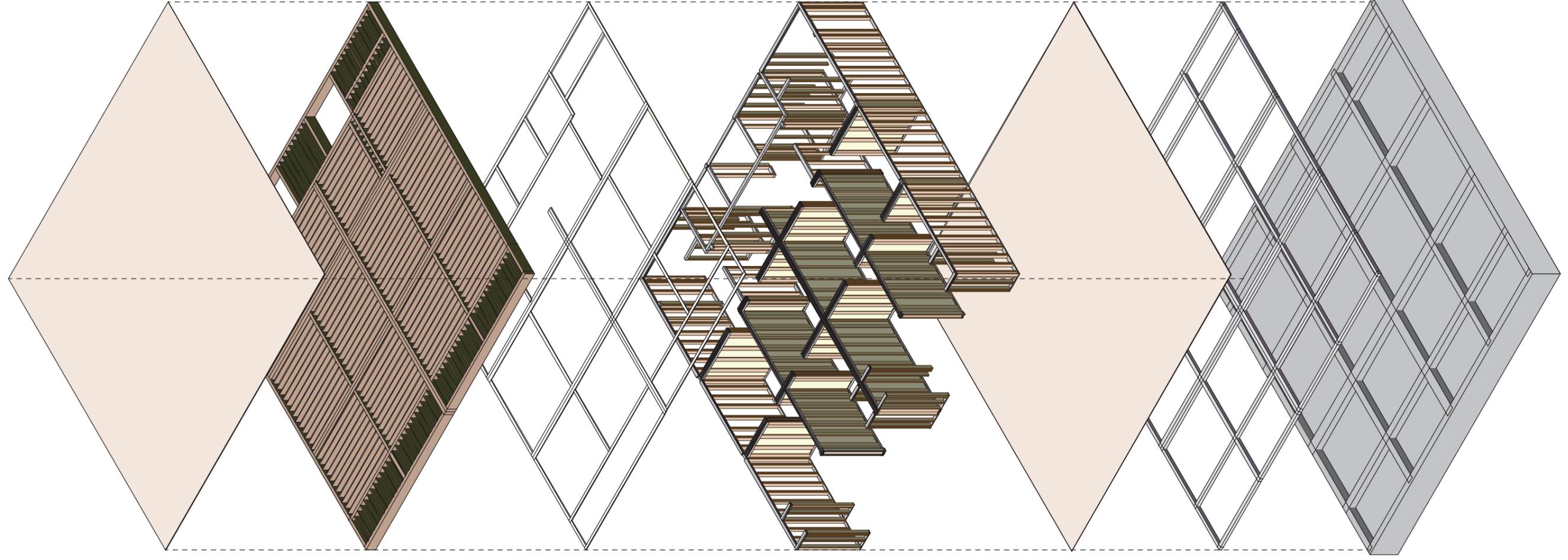


Y3열 단면









합판

보 · 바닥장선

이중갈도리

밑갈도리 · JAS구조용 스티드 · 윗갈도리

합판

토대

기초

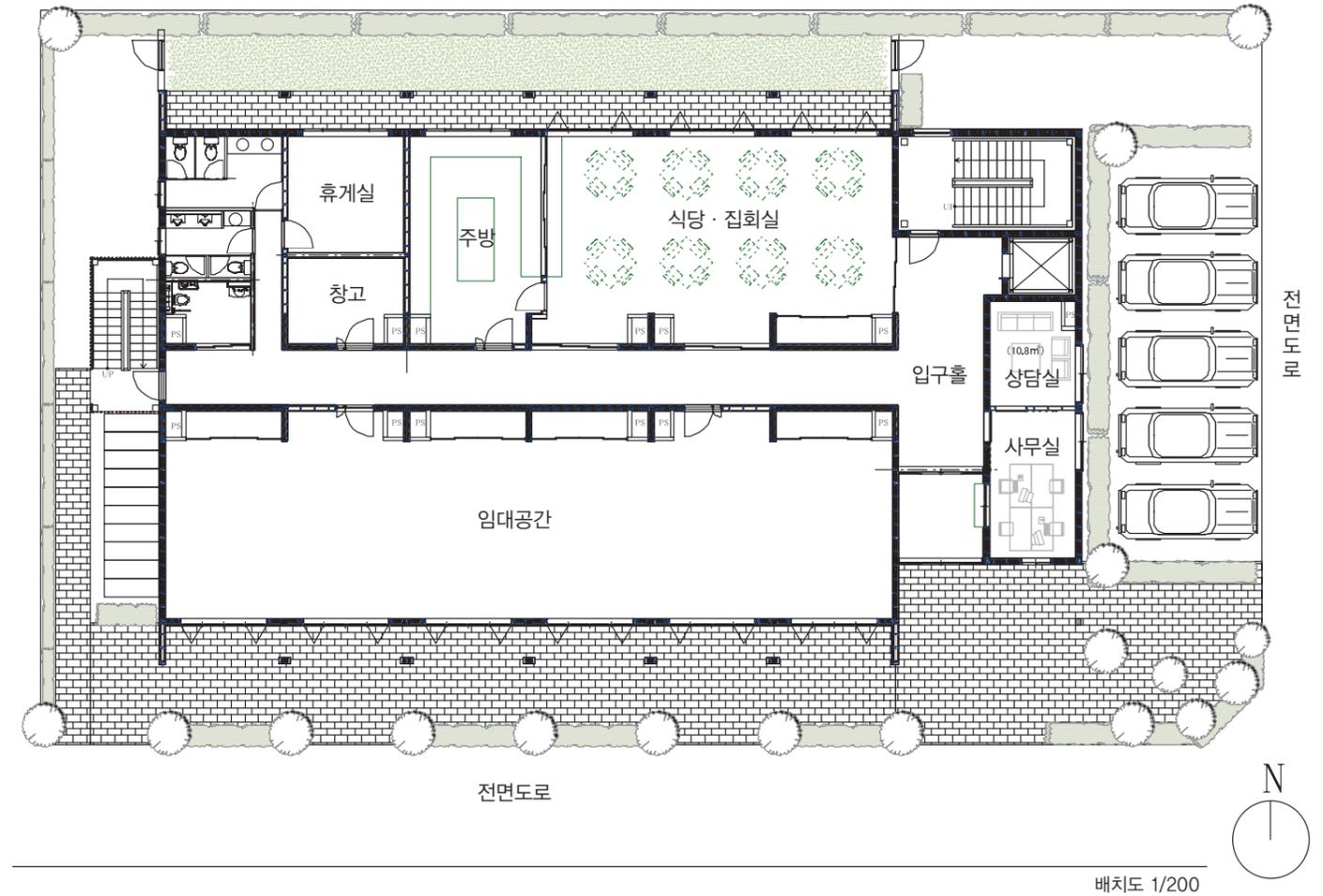
4.2.1 3층 건축물 모델 계획 <디자인 컨셉>

이 계획은 주요 구조 내력 요소로 “중판 내력벽 시스템, Midply Wall System”을 이용한 2x4 공법에 의한 3층 노인 주거 시설의 모델 계획이다. 건물의 구성으로, 1층에는 거주자용 식당 및 거주자 공용공간을 배치하고, 2~3층에는 원룸 스튜디오를 중심으로 한 주거 공간을 배치하였다. 노인 주거 시설을 계획함에 있어서 시설 자체의 부가 가치를 높이기 위하여, 편의점이나 진료소 등의 거주자에게 편리한 시설이나 주간 서비스 시설 등 지역의 간호 거점을 병설하는 복합적인 시설 계획이 최근 요구되고 있다. 이러한 다양한 용도에 대응해 나가기 위하여 1층 부분은 유연성이 높은 공간 구성이 필요하다.

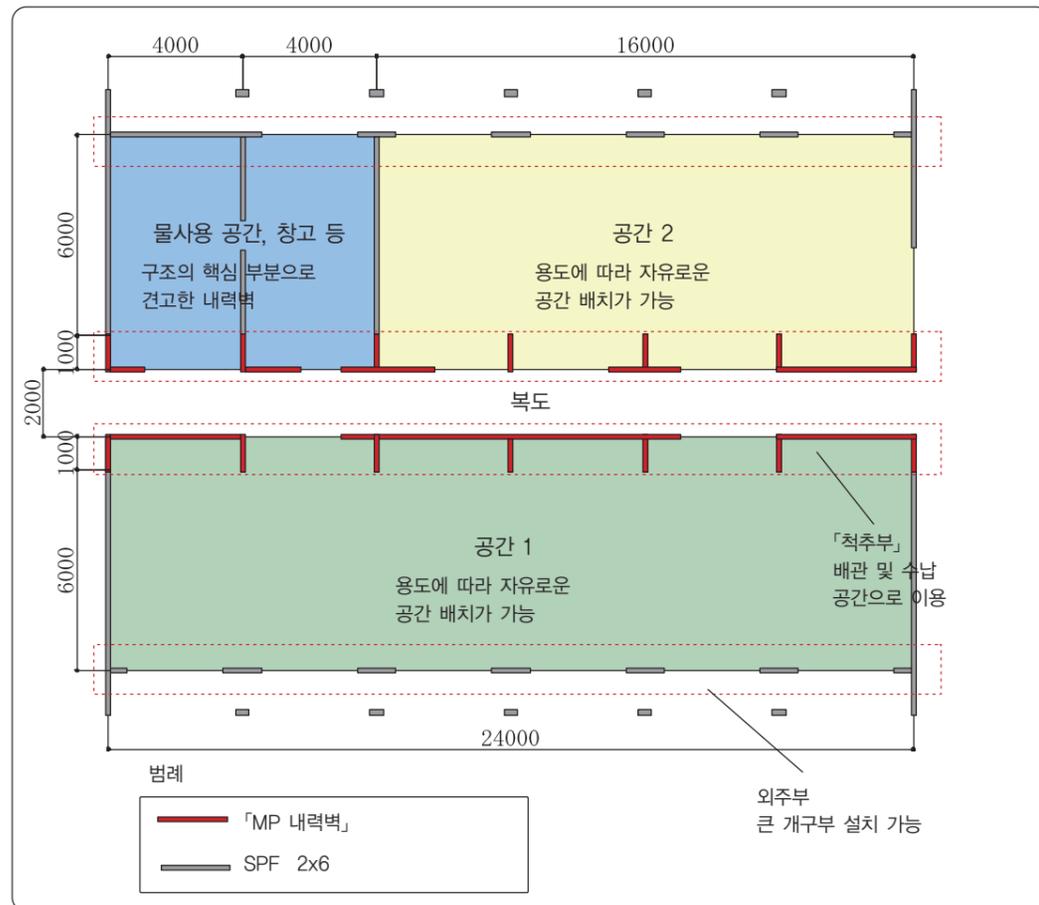
● 평면 계획 (내력벽의 배치 계획)

복합적인 노인 주거 시설을 계획함에 있어 평면 계획(내력벽의 배치 계획)의 포인트로, 1층 부분의 ‘가변성’을 들 수 있다. 본 계획에서는 전면 도로에 접한 부분에 가로 24m, 세로 6m의 원룸 스튜디오 공간을 배치하였다. 바닥 면적 144㎡에 이르는 원룸 공간은 내부에 내력벽이 없기 때문에 1개로 이용할 수 있으며, 비내력 칸막이 벽을 설치하여 여러 실로도 이용이 가능하여 구조에 좌우 되지 않고 용도에 따라 다양한 이용이 가능하다. 목조 건축물에서도 RC 구조나 강구조의 라멘 구조와 유사한 자유도가 높은 공간을 확보하기 위하여 이 계획의 내력벽 배치는 복도 부분의 경계벽과 거기에서 직교 방향으로 연장되는 부분에 “중판 내력벽 시스템”을 이용한 고강도 내력벽을 배치하는 “척추형”으로 설계하였다.

또한 물을 사용하는 공간, 창고 공간 등을 구조의 핵심 부분으로 하여 내력벽을 중점적으로 배치하였다. 고강도의 내력벽을 척추형으로 배치함으로써 6층 건물 모델 설계에서와 마찬가지로 건물 외주부는 내력벽의 영향을 받지 않기 때문에, 도로에 접한 부분 등에 큰 개구부를 설치할 수 있다. 또한 복도 벽과 직교하는 내력벽은 길이가 1m 정도이기 때문에 파이프 배관 공간이나 수납에 활용함으로써 공간 활용에 미치는 영향도 적지 않은 것으로 생각된다.

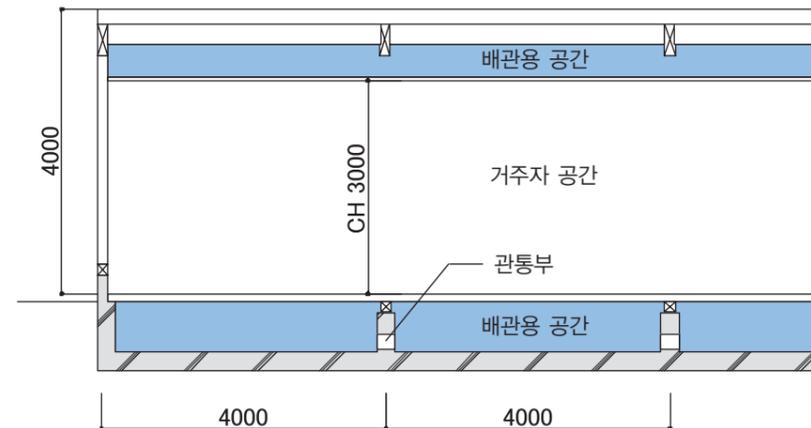


「척추형」 내력벽의 배치계획

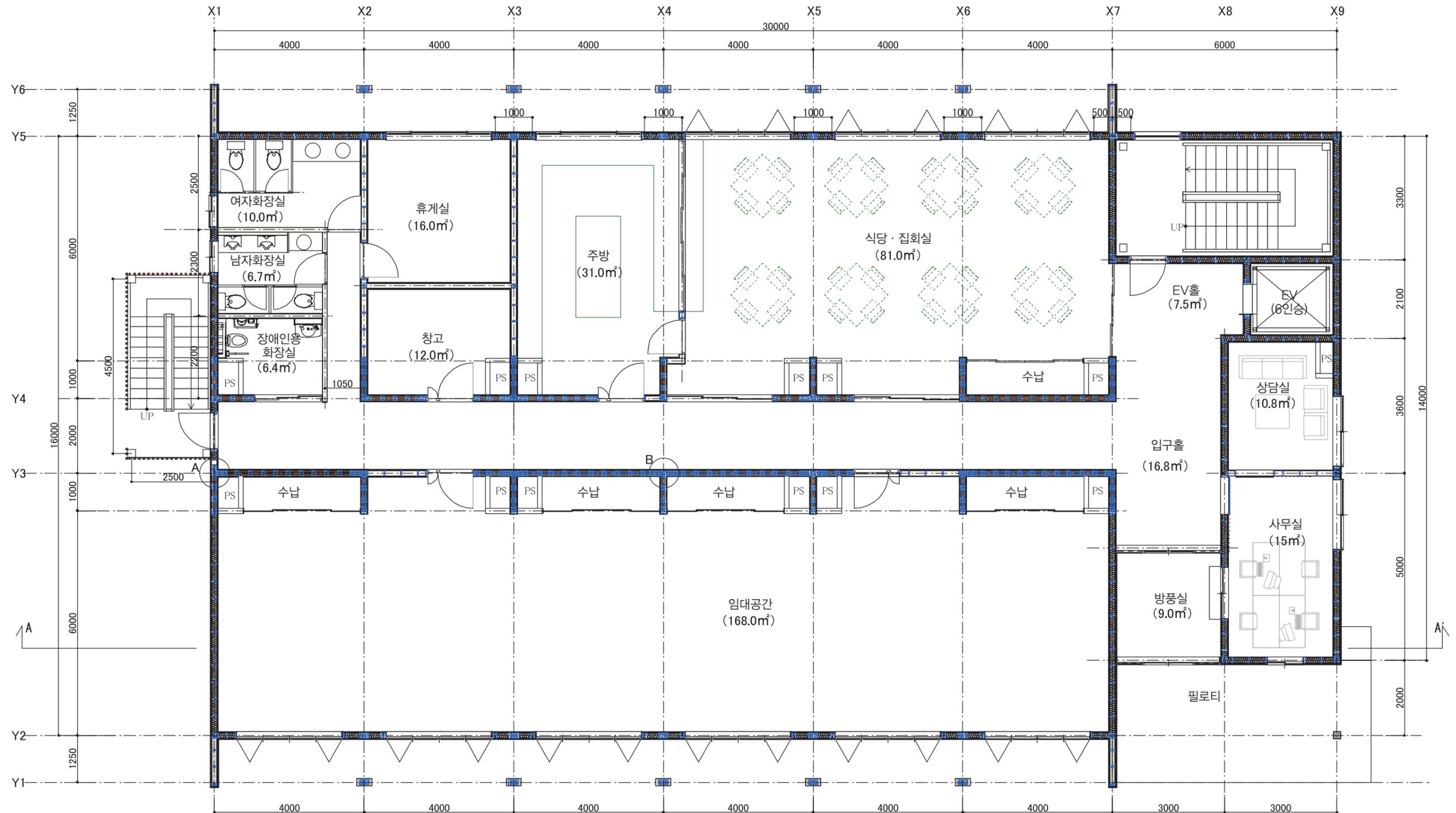


● 단면 계획

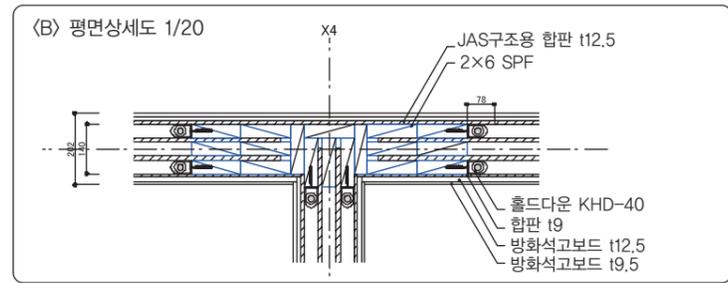
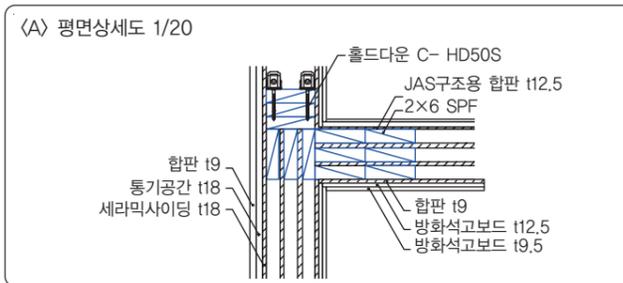
「가변성」이 높은 공간을 실현하기 위하여, 천장 및 바닥에 충분한 설비 및 배관 공간을 확보하는 것이 중요해지고 있다. 이 계획에서는 1층의 층고 4000mm에 천장 높이를 3000mm로 하여 천장 속에 350mm 정도의 설비 및 배관 공간을 확보하였다. 또한 기초를 하부에 공간이 생기는 역 슬라브 구조로 하여 1층의 바닥 하부에 400mm (위생 배관용) 정도의 공간을 확보하였다.

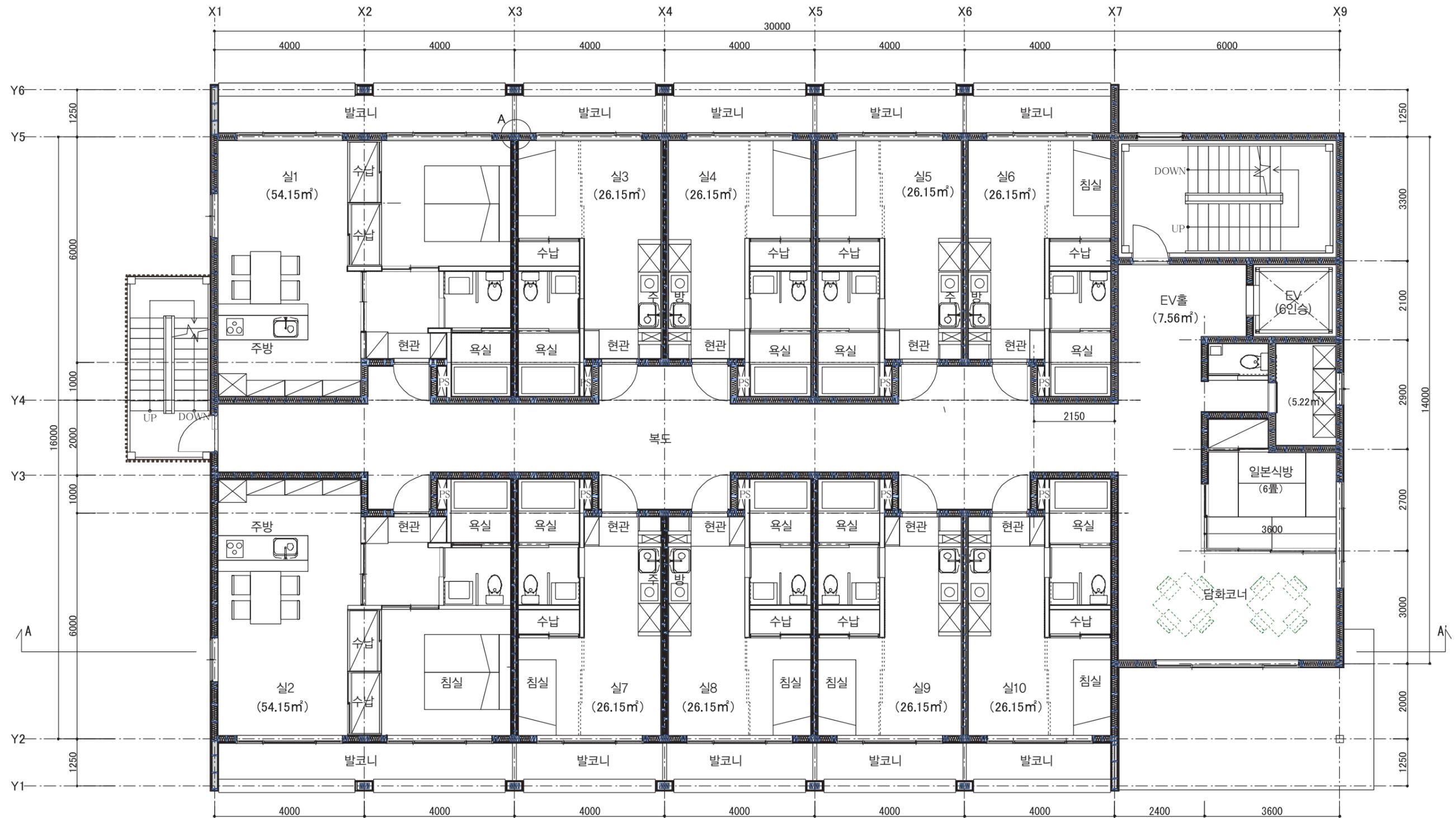


항목	개요
건축면적	1617.75 m ²
바닥면적 합계	539.25 m ²
1층 바닥면적	546.25 m ²
2층 바닥면적	539.25 m ²
내화구조 지정	준내화구조

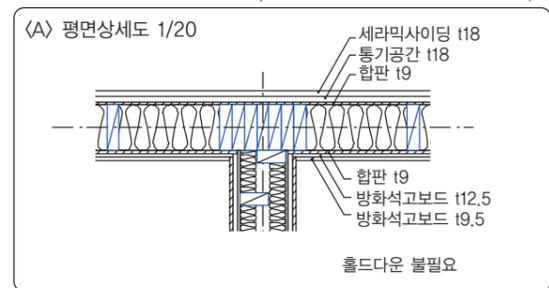


	D-MP 내력벽	세로프레임 간격의 상한 @35
	2PLY-STD 내력벽	세로프레임 간격의 상한 @45
	칸막이벽(비내력벽)	
	준내화차음벽	





	D-MP 내력벽	세로프레임 간격의 상한 @35
	2PLY-STD 내력벽	세로프레임 간격의 상한 @45
	칸막이벽(비내력벽)	
	준내화차음벽	준내화차음벽





<입면도 1/120>



<A-A' 단면도 1/120>

(1) 건물 개요

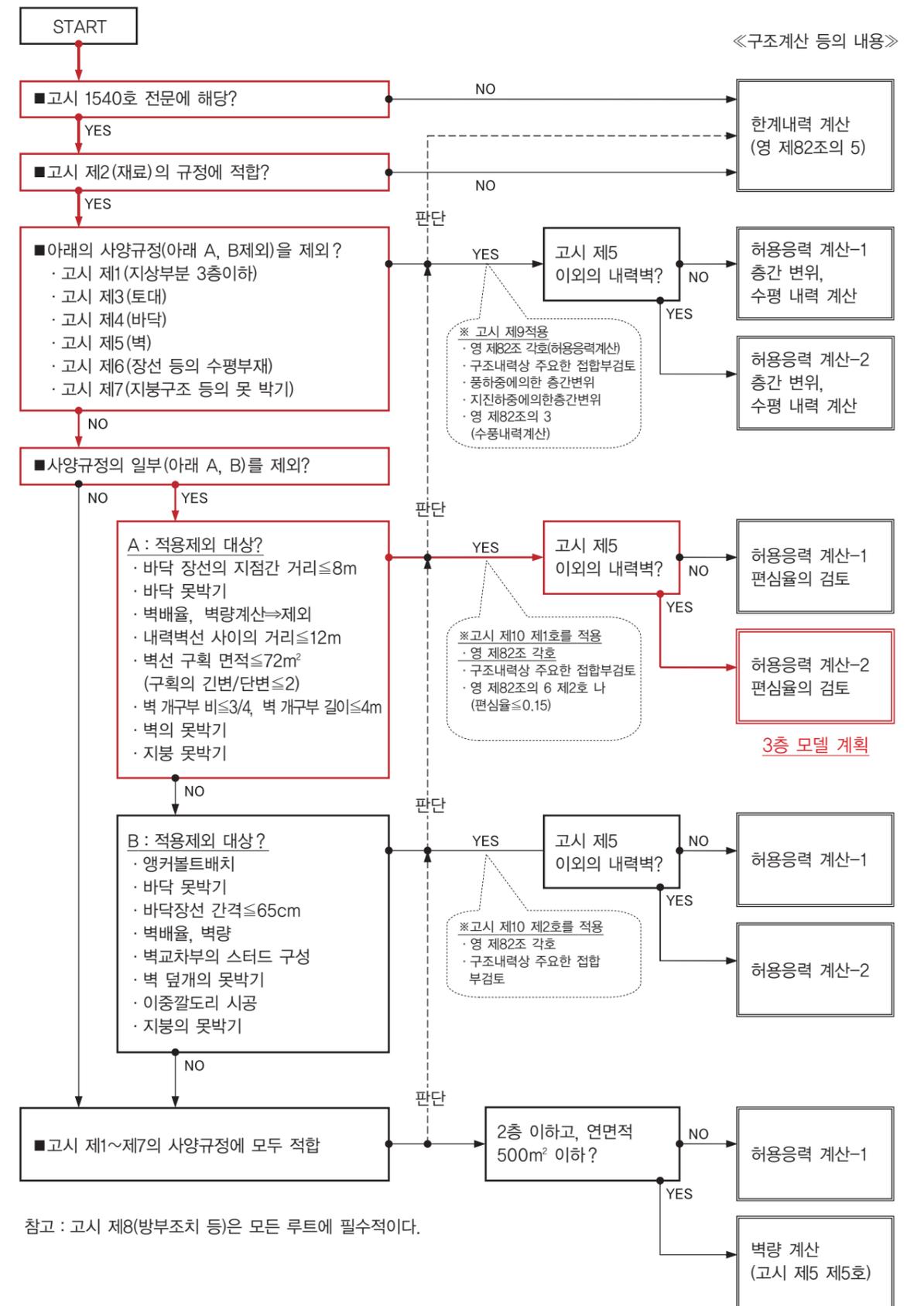
대상 건축물		3층 모델 계획	
구조 유형		목조 (경골목구조)	
용도		노인복지시설	
건축지역조건	지반지역계수 Z	1.0	
	지반종별	제2종 지반	
	기준풍속 V ₀	34m/sec	
	수직적설량	30cm (20N/m ² /cm)	
규모	층수	3층	
	층 바닥면적	1~3층 540.0m ²	
	연면적	1620.0m ²	
	처마 높이*	10.30m	
	건축물의 높이*	12.96m	

* 3층 모델 계획 : 기초 바닥 높이 = GL + 0.3m, 1층 층고 = 4.0m, 3층 층고 = 3.0m, 지붕 경사 3/10으로 산정.

(2) 구조 계획 및 구조 계산 지침

- 일반적인 경골목구조 건축물에 사용되는 구조용 합판으로 양 측면에 덮은 내력벽(2PLY-STD 내력벽)과 4면 전단 사양의 종판 내력벽 시스템 (D-MP 내력벽)을 함께 적용한다. 건물의 1층에서만 2PLY-STD 내력벽과 D-MP 내력벽을 함께 사용하고 2, 3층에서는 2PLY-STD 내력벽만 사용한다.
- 바닥을 구성하는 바닥덮개로 두께 24mm의 구조용 합판을 사용하고, 바닥덮개와 바닥 장선 사이의 접합에는 CN75 못을 사용하며 바닥 및 지붕면은 강성바닥으로 가정한다.
- 응력의 계산은 각 층마다 독립 전단벽 모델(개구부가 있는 부분의 짧은 벽의 효과는 무시)을 사용한다.
- 내력벽의 끝부분에 생기는 인장하중에 대한 보강을 위하여 홀드다운 철물을 설치한다.
- 홀드다운 철물 검토 시 수직하중으로 고정하중을 고려하여, 수평력 작용 시 벽의 끝부분에 발생하는 인장하중과 수직 골조에 작용하는 수직하중이 서로 상쇄되는 것으로 검토 한다.
- 바닥 장선(보)는 마주 보는 벽의 스테드와 스테드 사이에 걸치거나 또는 바닥 장선의 지점들 사이에 걸치는 단순 보 모델로 대체하여 응력 및 처짐을 검토한다.
- 편심 계산에 사용되는 내력벽의 수평 강성은 허용 전단 내력에 비례하는 것으로 간주한다. 또한, MP 내력벽의 수평 강성은 책 "3.3" 절 표 3.3.1에 언급된 "측정 범위"에 의한 면전단 강성에 MP 내력벽의 길이를 곱하여 계산하고, STD 내력벽의 수평 강성은 벽배울 6에 상당하는 것으로 가정하여 구한 벽의 단위 길이 당 강성값 (1.96×6×150/층고)에 STD 내력벽의 길이를 곱하여 계산한다.

(3) 구조계산 루트



(4) 사용 재료 및 기준 강도 · 허용 응력도

표 4.2.1 경골목구조 공법용 구조재의 기준 강도 및 기준 탄성 계수

수종군	등급	기준강도 (N/mm ²)					기준탄성계수 ×10 ³ (N/mm ²)	비고
		압축 F _c	인장 F _t	휨 F _b	전단 F _s	섬유직각방향 F _{cv}		
S-P-F	갑종 2급	17.4	11.4	21.6	1.8	6.0	9.6	스터드, 바닥장선
D.fir-L	갑종 2급	19.2	15.0	21.6	2.4	9.0	10.7	윗깔도리, 밑깔도리, 이중깔도리

표 4.2.2 경골목구조 공법용 구조재의 치수 형식 및 응력의 종류에 따라 곱하는 계수

치수형식	응력의 종류			
	압축	인장	휨	전단
1X4, 2X3, 2X4, 4X4	1.00	1.00	1.00	1.00
1X6, 2X6, 4X6	0.96	0.84	0.84	
2X8, 4X8	0.93	0.75	0.75	
2X10	0.91	0.68	0.68	
2X12	0.89	0.63	0.63	

표 4.2.3 구조용 집성재의 기준 강도 및 기준 탄성 계수

집성재규격	강도등급	기준재료강도 (N/mm ²)					기준탄성계수 ×10 ³ (N/mm ²)	비고
		압축 F _c	인장 F _t	휨 F _b	전단 F _s	섬유직각방향 F _{cv}		
다른등급구성	E120-F330	25.9	22.4	33.0	1.8	7.5	12.0	바닥장선

표 4.2.4 경골목구조 공법용 구조재 및 구조용 집성재의 기준 허용 응력

장기 하중에 대한 허용 응력 (N/mm ²)					단기 하중에 대한 허용 응력 (N/mm ²)				
압축	휨	휨	전단	섬유직각방향압축	압축	인장	휨	전단	섬유직각방향압축
1.1/3F _c	1.1/3F _c	1.1/3F _b	1.1/3F _s	1.5/3F _{cv}	2/3F _c	2/3F _c	2/3F _b	2/3F _s	2/3F _{cv}

*집성재의 허용 응력은 치수계수 K_z = (300 / h)1/9 을 고려 (h : 부재 높이 [mm])

*경골목구조 공법용 구조재 (육안 등급 구분)를 바닥 장선으로 사용하고 구조용 합판 덮개를 설치하는 경우에 휨 허용 응력에 대한 할증 계수 (반복부재계수) 1.25를 고려한다.

(5) 설계하중

표 4.2.5 설계하중

검토대상	각 층의 단위 면적당 설계용 중량 (N/m ²)	
	3 층	2,1 층
고정하중 D.L.	1450	1920
활하중 L.L.	바닥	900
	골조	750
	지진	300
설계(총)하중 T.L.	바닥	2530
	골조	2230
	지진	1810

* 활하중은 영 제85조 "주택의 거실"을 설정하였다. 3층의 적재 하중은 1, 2층의 1/2로 하였다.

표 4.2.6 지진하중의 계산 결과

층	단위중량※ (kN/m ²)	면적 (m ²)	층 중량 w _i (kN)	∑w _i (kN)	건물높이 h (m)	지진하중 계산을 위한 각 계수값								지진하중 Q _i (kN)
						α	T (sec)	C _o	Z	R _t	a _i	A _i	C _i	
3	1.81	540.0	975.1	975.1	12.96	1.00	0.39	0.20	1.0	1.0	0.264	1.604	0.32	312.8
2	2.52	540.0	1359.8	2335.0							0.632	1.225	0.24	571.9
1	2.52	540.0	1359.8	3694.8							1.000	1.000	0.20	739.0

표 4.2.7 고정하중의 산출 근거

부위	이름	두께 (mm)	단위중량 (N/m ²)
강판지붕+천장 (천장 준내화)	【지붕】 금속 지붕판	-	200
	【지붕】 아스팔트 루핑 (t=9, γ=20)	9	180
	【지붕】 구조용 합판(t=12, γ=6)	12	72
	【지붕】 서까래(간격 2m 이하)	-	100
	【천장】 유리섬유200(t=200, γ=1.2)	200	240
	【천장】 방화석고보드(t=12.5, γ=8)	12.5	100
	총		892
설계하중			900

부위	구성 재료의 명칭 등	두께 (mm)	단위중량 (N/m ²)
일반바닥	바닥마감재(γ=8)	15	120
	구조용합판(γ=6)	9	54
	석고보드(γ=8)	9.5	76
	구조용 합판(γ=6)	24	144
	바닥 골조 (120mm×600mm@1P 가정)	-	450
	천장	-	150
	유리섬유(γ=1.2)	50	60
	방화석고보드(γ=8)	15	120
총		1174	
설계하중			1180

부위	구성 재료의 명칭	두께 (mm)	단위중량 (N/m ²)
외벽	모르타르(γ=20)	25	500
	메탈 라스	-	10
	레인스크린(18mm×45mm@0.5P)	-	20
	투습방수쉬트(γ=20)	2	40
	구조용합판(γ=6)	12	72
	골조(스터드)	-	100
	유리섬유(γ=1.2)	100	120
	석고보드(γ=8)	12.5	100
	석고보드 (γ=8)	9.5	76
	총		1038
설계하중			1040

부위	구성 재료의 명칭 등	두께 (mm)	단위중량 (N/m ²)
내벽 (칸막이벽)	석고보드 (t=9.5, γ=8)	9.5	76
	석고보드 (t=12.5, γ=8)	12.5	100
	골조(스터드)	-	100
	석고보드 (t=12.5, γ=8)	12.5	100
	석고보드 (t=9.5, γ=8)	9.5	76
총		452	
설계하중			500

4.2.3 3층 건축물 모델 계획 <구조검토개요>

(6) 내력벽의 수평하중에 대한 검토 【허용응력계산】

내력벽의 수평하중(지진하중)에 대한 검토에 있어서, 내력벽의 전단 내력 및 면전단 강성은 MP 내력벽의 경우에는 구조체의 시험에 근거하여 평가한 표 3.3.1의 “측정 범위”에 의한 값들을 적용하고, STD 내력벽의 경우에는 벽배율 6으로 감주하여 구한 전단 내력 및 전단 강성을 적용한다. 검토 결과는 표 4.2.8 및 4.2.9에 수록하였다. 각층의 양 방향 모두에서 편심율은 Re 0.15의 규정을 만족한다.

표 4.2.8 지진하중에 의한 내력벽의 전단 내력에 대한 검토

층	지진하중 (kN)	층의 허용 수평 내력(kN)		검정비			
		X 방향(장변)	Y 방향(단변)	편심을 고려하지 않음		편심 고려	
				X 방향	Y 방향	X 방향	Y 방향
3	312.81	719.71	839.66	0.43	0.37	0.47	0.38
2	571.91	719.71	839.66	0.79	0.68	0.86	0.69
1	738.96	953.75	864.24	0.77	0.86	0.83	0.94

표 4.2.9 편심율의 계산

■ 1층 편심율(Re)

층	방향	층강성 (kN/mm)	강성 중심 위치 (m)	중심위치 (m)	편심거리 e (m)	비틀림 강성KR (m ²)	탄성반경J (m)	편심율 Re
1층	X	60.04	15.68	14.73	0.95	8826.66	12.12	0.08
	Y	62.59	10.24	9.25	0.99		11.88	0.08

■ 2, 3층 편심율(Re)

층	방향	층강성 (kN/mm)	강성 중심 위치 (m)	중심위치 (m)	편심거리 e (m)	비틀림 강성KR (m ²)	탄성반경J (m)	편심율 Re
2, 3층	X	70.53	14.96	14.84	0.11	9111.80	11.37	0.01
	Y	60.46	10.36	9.25	1.11		12.28	0.09

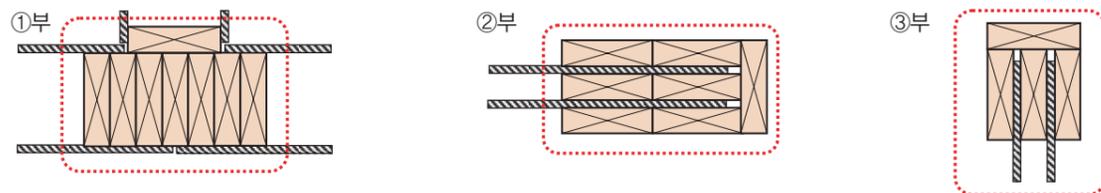
(7) 수직 골조의 압축하중에 대한 검토

검정 결과는 표 4.2.10에 수록하였다.

표 4.2.10 수직 골조의 압축하중에 대한 검토 결과

수직 골조의 압축하중에 대한 검토(최대값)	층/위치	해당 부위의 수직 골조 구성	최대축하중	허용내력	검정비
			N (kN)	Na (kN)	N/Na
장기	1층/X2-Y2 교점	① 8-2×6	125.7	145.4	0.86
단기	EX	② D-MP 내력벽(2-2×6)+1-2×6	114.4	183.5	0.62
	EY	③ D-MP 내력벽(1-2×6)+1-2×4	61.7	95.1	0.65

*D-MP 내력벽의 허용 내력은 표 4.1.14를 참고하였다.



(8) 홀드다운 철물의 인장하중에 대한 검토

단기 수평하중의 작용 시(수직하중은 고정하중만 고려)의 홀드다운 철물에 대한 검토 결과는 표 4.2.11에 수록하였다.

표 4.2.11 홀드다운 철물의 인장하중에 대한 검토 결과

단기	층/위치	홀드다운 철물 사양	최대인장하중	허용내력	검정비	
			T(kN)	Ta(kN)	T/Ta	
단기	EX	1층/X1-Y3 교차	2-C-HD50(경골구조용)	94.3	101.2	0.93
	EY	1층/X4-Y3 교차	6-KHD-40D	31.0	53.0*	0.59

* 경골목구조 스티드의 좁은 재면에 고정하기 위하여 철물 중앙의 나사 2개가 유효한 것으로 하여 규정의 내력을 저감하고 가정한 값. 실제 실험을 실시하여 내력을 확인하는 것이 바람직하다.

(9) 바닥장선 검토

바닥 장선은 아래 층의 수직 골조 사이에 걸치는 단순 보 모델로서 검토를 실시한다. 경간의 중간에 위층의 내력벽이 위치하는 경우에는 위층 내력벽에 의한 모멘트를 고려하여야 한다(바닥 장선에 의한 휨 복원 효과로 0.8을 고려). 그림 4.2.1에 나타난 부재 응력이 최대가 되는 부위의 바닥 장선(A : 150mm×510mm, B : 150mm×450mm)에 대한 최대 검정비는 표 4.2.12에 수록하였다.

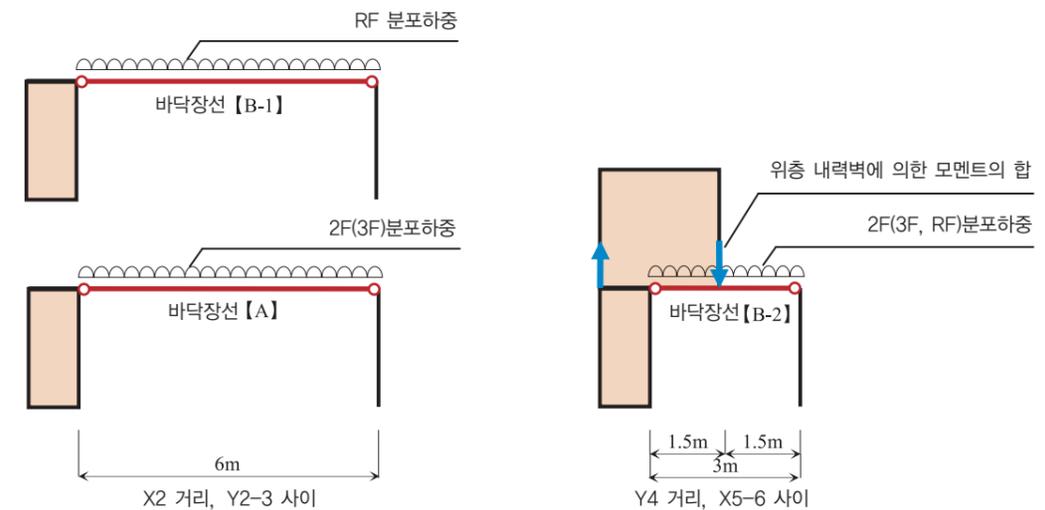


그림 4.2.1 바닥 장선 모델링 (단순 보 모델)

표 4.2.12 바닥장선의 최대 검정비

■ 최대 휨 검정비

최대 검정비	2F	3F	RF
장기	0.79 [A]	0.79 [A]	0.69 [B-1]
단기 수평하중 작용 시	0.78 [B-2]	0.44 [B-2]	0.09 [B-2]

■ 최대 전단 검정비

최대 검정비	2F	3F	RF
장기	0.69 [A]	0.69 [A]	0.54 [B-1]
단기 수평하중 작용 시	0.72 [B-2]	0.42 [B-2]	0.13 [B-2]

■ 최대 처짐 검정비

최대 검정비	2F	3F	4F
장기	0.79 [A]	0.79 [A]	0.60 [B-1]
단기 수평하중 작용 시	-	-	0.60 [B-1]

(10) 바닥의 검토

바닥 전단의 검정은 그림 4.2.2과 같은 연속 보 모델을 적용한다. 검정 결과의 예로서 2층 바닥의 Y방향에 대한 결과를 표 4.2.13에 수록하였다. 또한 바닥의 전단 내력은 6층 모델 계획에서와 동일하게 구조용 합판 24mm-CN75 및 1개당 항복에 의한 파괴 내력으로 1.85 [kN/개]를 적용하여 계산하였다.

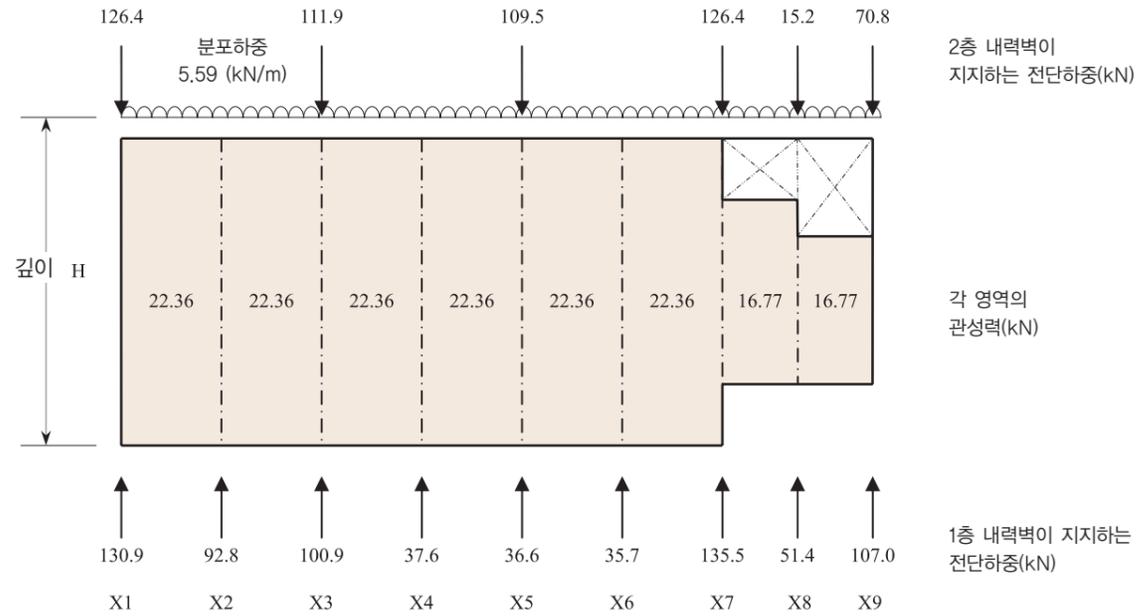


그림 4.2.2 바닥모델링(연속 보 모델)

표 4.2.13 바닥 장선의 최대 검정비

바닥 전단하중의 산정 위치	각 영역의 관성력 F (kN)	i층 수직 골조가 지지하는 전단하중 Q _{wi}			각 영역의 바닥 전단하중 Q (kN)	바닥 너비 H (m)	바닥 내력 (CN75@200)		검정비	판정
		1층 (kN)	2층 (kN)	Q _{w1} -Q _{w2} (kN)			ΔQ _a (kN/m)	Q _a (kN)		
X1	-	130.9	126.4	4.5	4.47	18.50	9.25	171.1	0.03	OK
X1-2 사이	22.36	-	-	-	-17.89	18.50	9.25	171.1	0.10	OK
X2	-	92.8	0.0	92.8	74.86	18.50	9.25	171.1	0.44	OK
X2-3 사이	22.36	-	-	-	52.50	18.50	9.25	171.1	0.31	OK
X3	-	100.9	111.9	-11.0	41.55	18.50	9.25	171.1	0.24	OK
X3-4 사이	22.36	-	-	-	19.19	18.50	9.25	171.1	0.11	OK
X4	-	37.6	0.0	37.6	56.78	18.50	9.25	171.1	0.33	OK
X4-5 사이	22.36	-	-	-	34.42	18.50	9.25	171.1	0.20	OK
X5	-	36.6	109.5	-72.9	-38.49	18.50	9.25	171.1	0.22	OK
X5-6 사이	22.36	-	-	-	-60.85	18.50	9.25	171.1	0.36	OK
X6	-	35.7	0.0	35.7	-25.16	18.50	9.25	171.1	0.15	OK
X6-7 사이	22.36	-	-	-	-47.52	18.50	9.25	171.1	0.28	OK
X7	-	135.5	126.4	9.1	-38.39	10.70	9.25	99.0	0.39	OK
X7-8 사이	16.77	-	-	-	-55.16	10.70	9.25	99.0	0.56	OK
X8	-	51.4	15.2	36.2	-18.94	10.70	9.25	99.0	0.19	OK
X8-9 사이	16.77	-	-	-	-35.71	8.60	9.25	79.6	0.45	OK
X9	-	107.0	70.8	36.1	0.43	8.60	9.25	79.6	0.01	OK

(11) 기초의 검토

지반 내력 검토 및 줄기초의 단면 산정에 이용되는 중량을 표 4.2.14에 수록하였다.

표 4.2.14 기초 검토를 위한 중량의 설정

항목	전체 중량	바닥면적	평균 단위 중량
	kN	m ²	kN/m ²
각부 중량	① 상부구조/1층 절반보다 위쪽	540	8.5
	② 상부구조/1층 아래쪽 절반+1 층바닥(고정+활하중)	540	3.9
	③ 기초구조/RC(슬래브 및 줄기초)	540	7.0
검토용 중량	지반 내력 검토용 (=①+②+③)	540	19.5
	줄기초 검토용 (=①)	540	8.5

장기 하중에 의한 평균 지반 내력은 20kN/m²정도이며, 지반의 허용 응력이 30kN/m²정도의 일반적인 지반이라면 직접 기초(기초, 줄기초)를 적용할 수 있다. 또한 수평하중 작용 시의 전도 모멘트에 의한 단기 지반 내력은 대략 30kN/m²이며 장기 하중에 의한 지반 내력의 2배를 초과하지 않는지 확인하였다.

줄기초는 내력벽 선의 하부에 배치한다. 줄기초 교차점마다 핀 지점을 가정한 단순 보 모델을 적용하여 응력을 계산하고 휨 및 전단하중에 대한 단면 검정을 만족하도록 배치한다. 단면 검정 결과 필요한 줄기초의 사양을 표 4.2.15에 수록하였다.

표 4.2.15 줄기초 단면

이름	단면 치수(mm)	주 철근	전단 보강 철근
FG1	250×800	4-D22(2 단 배근)	□-2-D13@300mm

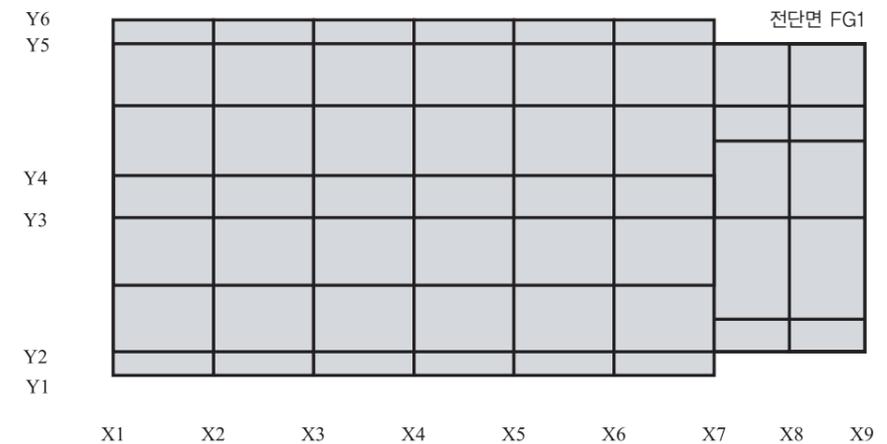
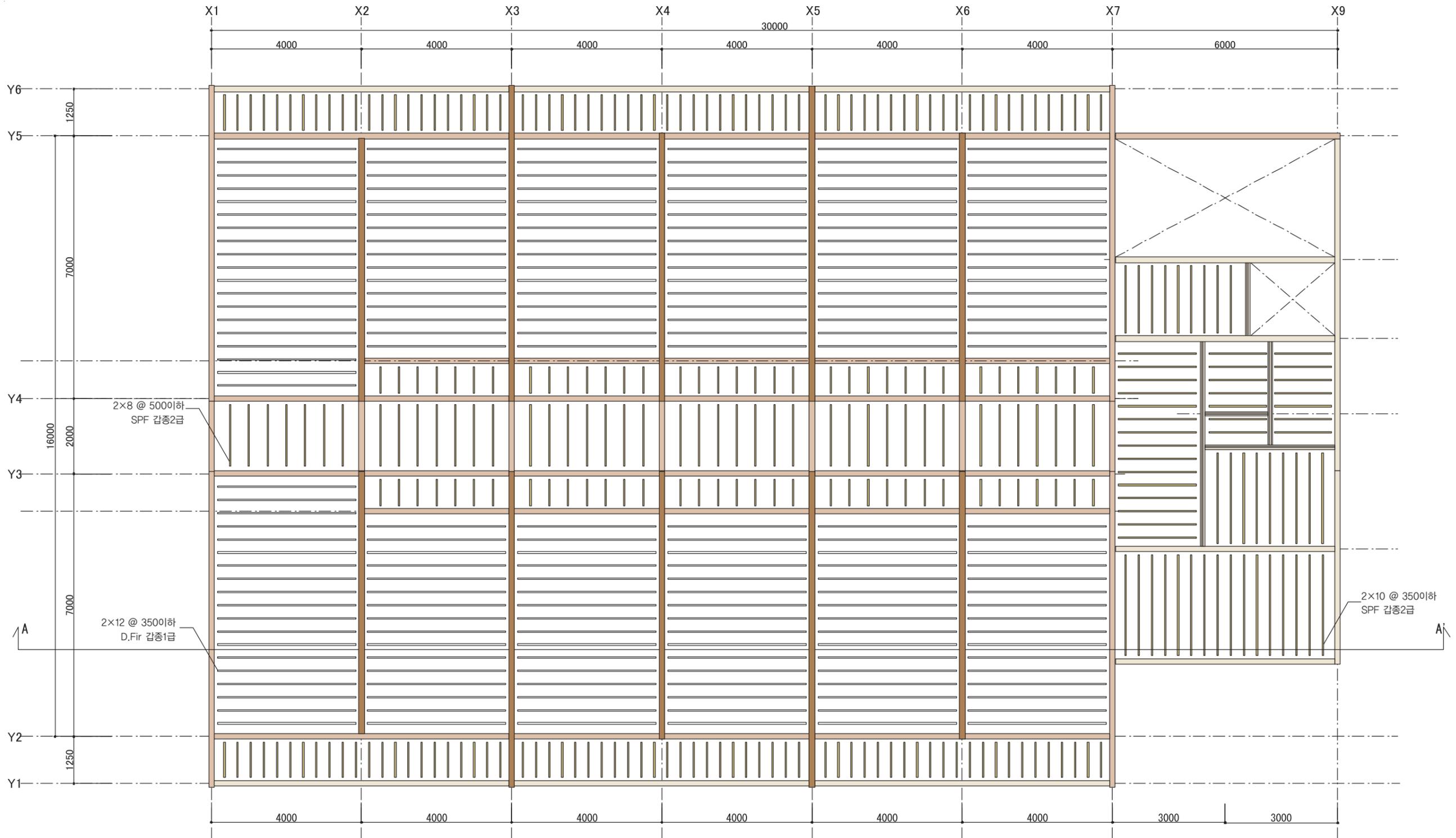


그림 4.2.3 줄기초의 배치 요령

(12) 구조도

바닥 평면도를 다음 페이지에 표시하였다.



	집성재 E120-F330	150×510
	집성재 E120-F330	150×450
	집성재 E120-F330	150×360
	3-2×10	114×235

■ 참고 문헌

- 1) 麓英彦, “高耐力壁 MidplyWall に関する国内外の動向”, Wood industry 67(10), 451-454, 2012-10-01
- 2) 五十田博, “木造建築物の震動台実験”, Bulletin of JAEE No.10 July 2009
- 3) 清水秀丸, 五十田博, John W. van de Lindt, “枠組壁工法7 階建て木造建物 (NEESWOOD) E-ディフェンス 実験の速報”, Journal of Timber engineering Vol.22 No.4
- 4) Ni C., Popovski M., Karacabeyli E., Varoglu E., Stiemer S., “Midply wood shear wall system: concept, performance and code implementation”, Proceedings of Meeting 40 of CIB-W18, paper 40-15-3, Bled, Slovenia, 2007.
- 5) Karacabeyli, E., Stiemer, S., and Ni, C. (2001) MIDPLY Shearwall System. Structures 2001: pp. 1-17. doi: 10.1061/40558(2001)177
- 6) Erol V.; Erol K., M.ASCE,; Siegfried S.; Chun N.; Marlen B. and Dan L. : Midply Wood Shear Wall System : Performance in Dynamic Testing, JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING, ASCE, July, 2007
- 7) 麓英彦, 岡崎友也, 三宅辰哉, 岡部実, “Midply Wall System の構造性能に関する検討(その1) 合せ柱とするたて枠の座屈耐力の評価”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造III, 22126, 2013.8.
- 8) 岡崎友也, 麓英彦, 三宅辰哉, 岡部実, “Midply Wall System の構造性能に関する検討(その2) 構面試験に基づく面材釘のせん断耐力性能の評価” , 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造III, 22127, 2013.8
- 9) American Wood Council: ANSI/AF&PA NDS-2005 National Design Specification (NDS) for Wood Construction, 2005 Edition with Commentary.
- 10) 社団法人ツーバイフォー協会, “2007 年枠組壁工法建築物構造設計指針”
- 11) 社団法人ツーバイフォー協会, “2007 年枠組壁工法建築物設計の手引き”



Canada Wood
Produits de bois canadien



**BC COUNCIL
OF FOREST
INDUSTRIES**



Canada Wood
캐나다 우드

캐나다우드 한국사무소
서울시 서초구 매향로 54-1, 3층
3rd Fl., 54-1, Maeheon-ro, Seocho-gu,
Seoul, Korea 06770
Tel : 02-3445-3835 Fax : 02-3445-3832
www.canadawood.or.kr