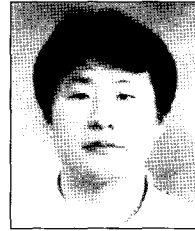


전통 목구조 구조성능 평가 연구

The Evaluation of Structural Performance for Traditional Wooden Structure



황종국*



홍성길**

*한국전통문화학교 전통건축학과 교수
**서울대학교 건축학과 교수

1. 연구배경 및 현황

전통 목조 문화재는 역사-문화적으로 보존 가치가 높은 문화유산으로서 재난 및 재해에 대비한 성능평가 및 보수보강 방안 등이 적절히 제시되어야 하며, 노후한 건물이나 부재에 대한 합리적인 보존관리를 위한 비파괴 계측기술 및 원형보존을 위한 세부적인 대책이 수립되어야 한다는 것에 대해서 반대하는 사람은 없을 것이다. 그러나 현실적으로는 이러한 시도는 매우 적었다고 말할 수 있다. 기존 전통 목구조에 대한 연구업적은 시대별 목조 양식과 결구법에 대한 연구로서 인문학적인 부분에 무게중심이 실려 있었다고 볼 수 있으며, 구조체의 안전성을 평가하기 위한 목적으로 진행되는 구조공학적인 연구는 거의 없었다고 볼 수 있다.

목조 문화재의 유지보수를 위한 목적으로 안전진단이 적용되고 있지만 전통 목구조에 대한 구조공학적인 지식이 부족한 관계로 안전진단이 육안으로 재료의 부후 정도를 판단하는 수준을 넘지 못하고 있으며, 과학이라는 허울을 쓰고 문화재 보수를 위한 요식행위로 전락하여 이용되고 있는 상황이라고 볼 수 있다. 현재 안전진단에 참여하고 있는 구조공학자는 이러한 상황을 잘 알고 있다고 볼 수 있다. 잘 알고 있으면서도 목조 문화재에 대한 안전진단 작업을 수행하는 이유는 작지만 꼭 필요한 부분이기 때문에 포기하지 않고 진행하면 좋은 결과가 있을 수 있다면 기대감도 중요한 한

부분이라고 말할 수 있겠다. 그러나 이러한 생각은 지나치게 낙관적인 면이 있다고 볼 수 있다. 이러한 상황은 인문학 분야의 연구자들과 행정가들에게는 안전진단 무용론의 빌미를 제공하고 있으며, 구조공학자에게는 연구 주제에 대한 명확한 생각을 덜 하게 되는 결과를 초래하고 있다.

현재의 상황은 전통 목조건축물의 구조성능에 대한 체계적인 연구가 진행되어야만 하는 상황이다. 구조성능에 대한 체계적인 연구가 의미하는 바를 좀 더 구체적으로 표현하면 다음과 같다.

- ① 전통 목조건축물 접합부 강성값을 간단한 계산으로 판단할 수 있는 수식이 제시되어야 한다.
- ② 이러한 접합부 강성을 근간으로 해서 전통 목조건축물의 횡강성을 판단할 수 있어야 한다.
- ③ 횡강성과 함께 비틀림 특성에 대해서도 구명되어야 한다. 비틀림 모멘트가 얼마의 크기로 발생하는지에 대해서 계산할 수 있어야 한다. 비틀림 강성의 크기가 얼마인지를 판단할 수 있어야 한다.
- ④ 지붕하중의 흐름을 분석할 수 있어야 한다. 이것을 근간으로 간단한 수식으로 각 부재에 작용하는 하중의 크기와 응력의 크기를 판단할 수 있도록 하여야 한다.
- ⑤ 응력을 근거로 하는 설계기준이 정립되어야 한다.
- ⑥ 허용기울기에 대한 기준이 마련되어야 한다.

2. 연구내용

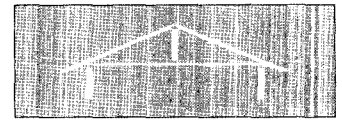
2.1 전통 목구조의 구분

지금까지의 전통 목구조의 구분법은 부재의 배치 형식에 따른 방법이었다고 볼 수 있다. 3량식, 5량식 등의 구분법이 그것인데, 이러한 방법으로는 구조물의 크기를 추정하는데 도움은 되지만 구조물에서 힘과 관련한 특성 차이를 판단하는 것에는 도움이 되지 않는다. 이러한 이유로 전통 목구조에서 비교적 분명한 특성의 차이를 보여주는 부분을 중심으로 하중의 작용과 하중에 의해 나타나는 힘의 특성의 차이를 이용하여 전통 목구조를 구분하였다.

하중작용과 나타나는 힘의 특성 차이에 대해서 명확히 설명하면, 하중작용의 차이점은 보에 작용하는 하중점이 1점인가? 2점인가?를 의미한다. 이 차이에 의해서 보에 나타나는 모멘트의 형상이 다르게 나타나기 때문에 이것은 힘의 특성 차이를 반영하기도 한다. 이러한 방식으로 전통 목구조의 가구법을 구분하면 1점하중식, 2점하중식, 2점하중반력식으로 구분할 수 있다. 전통목구조의 가구법은 기본형과 기본형을 근간으로 약간씩 변화하는 파생형으로 구분할 수 있다.

2.1.1 1점하중식

1점하중식은 보의 양 단부에 기둥이 존재하여 지점 역할을 하고 중앙부에 동자주를 세워 지붕의 무게를 받아 줌으로서 보에 한 점으로 집중된 하중이 가해지는 것을 의미한다. 1점하중식은 2개의 기둥과 이 기둥들을 연결하는 보 그리고 보 위에 올려지는 동자주 1개로 구성된 기본 가구형식과 이 기본 가구형식에 퇴칸이 부착된 파생 가구형식으로 구분할 수 있다.



1점하중식 기본형



1점하중식 전후퇴보형



1점하중식 전후2중퇴보형
그림 1 1점하중식 기본형과 파생형

1점하중식의 기본형은 보의 중앙부에 동자주 또는 대공을 세우기 때문에 보의 가운데에 힘모멘트가 집중되는 경향이 있어 구조적으로는 불리한 방식으로 볼 수 있으며, 기둥 간격이 큰 경우에는 보의 두께가 매우 커져야 하기 때문에

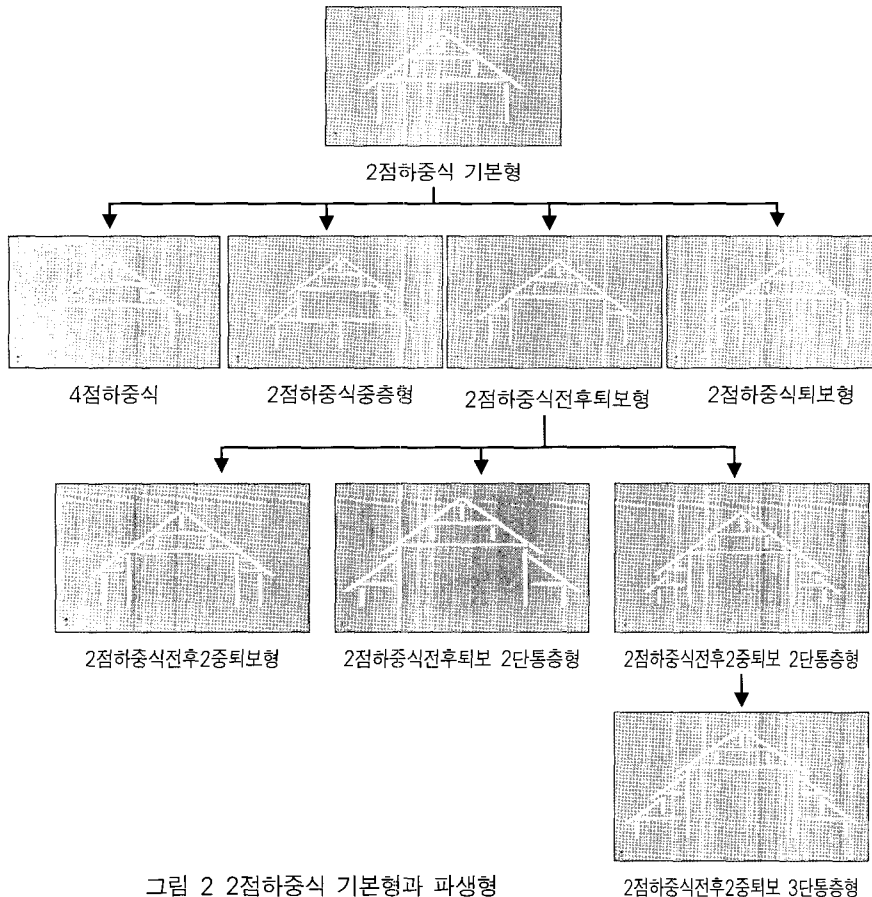


그림 2 2점하중식 기본형과 파생형

2점하중식전후2중퇴보 3단통층형

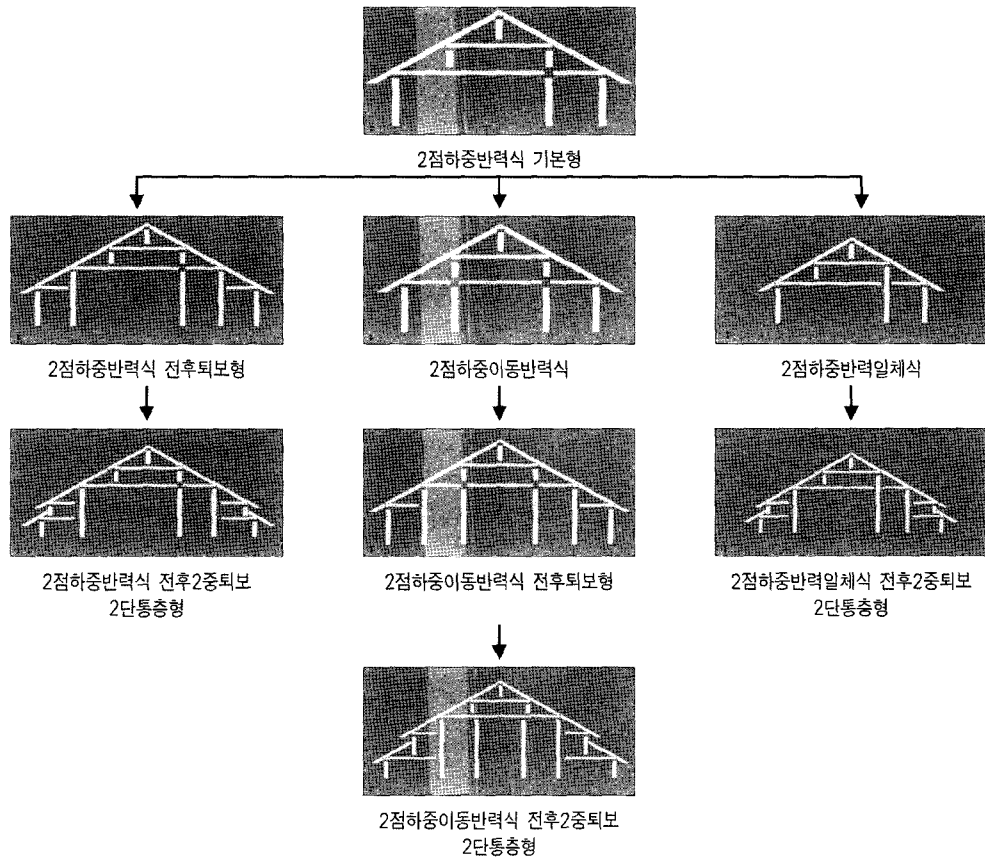


그림 3 2점하중반력식 기본형과 파생형

적극적인 사용에 어려움이 있다고 볼 수 있다.

파생 가구형식으로는 퇴보를 구조물의 앞, 뒤 모두에 사용한 1점하중식 전후퇴보형이 있으며, 1점하중식 전후퇴보형의 파생형으로 퇴보 위에 동자주를 놓아 중도리를 받게 하고 동자주의 끝단과 내부 기둥과 연결하는 퇴보를 두어 퇴칸 내에 퇴보를 2중으로 두는 1점하중식 전후이중퇴보형이 있다.

2.1.2 2점하중식

2점하중식은 2개의 기둥과 이 기둥들을 연결하는 보, 그 위에 2개의 동자주를 사용하여 구성된 가구형식과 이 가구형식으로부터 파생된 가구형식을 말한다. 2점하중식에서는 보의 양 끝에서 1/3~1/4 지점에 동자주를 세우고 중보를 걸어준다. 이렇게 2개의 동자주를 보의 양단에서 1/3~1/4 지점에 배치하는 것은 보의 중앙부에 동자주를 세우는 것과 비교하여 모멘트의 크기를 줄이는 효과가 있다.

2점하중식 기본형을 근거로 한 파생형으로는 4점하중식, 2점하중식 중층형, 2점하중식 전후퇴보형, 2점하중식 퇴보형이 있다.

2.1.3 2점하중반력식

1점하중식과 2점하중식이 기둥 2개를 기본으로 구성되

었던 것에 비해 2점하중반력식은 2개의 기둥 내부에 반력 점이 하나 더 추가되어 3개의 기둥으로 구성되어지는 것이 가장 큰 특징이다. 예외적인 경우를 제외하고는 2개의 동자주 중 하나의 하부에 추가 기둥이 위치하게 된다. 또한 보는 추가되는 반력 기둥의 상단에서 맞보로 처리하는 것이 일반적이기 때문에 2점하중식에서는 1개의 보를 사용하였지만, 2점하중반력식에서는 2개의 보를 사용하게 되어 길이가 줄어들게 되고, 보의 부담이 경감되는 특징이 있다.

2점하중반력식 기본형은 2점하중식 기본형에서 동자주의 위치 중 한 곳에 동자주를 직접 지지할 수 있는 기둥을 설치하고 이 위치에서 보 연결점을 둔 것을 말한다. 2점하중식에 비해 보의 길이가 길어짐에 따라 두께가 두꺼워지는 것에 대한 부담감을 극복할 수 있는 가구시스템으로 볼 수 있다. 보는 2개로서, 길이가 긴 것과 짧은 것 2개이며, 평주 위의 공포에서 내부 기둥 위까지 연결되고 내부 기둥 위에서 맞보로 처리된다.

2점하중반력식 기본형의 파생형으로는 2점하중반력식 전후퇴보, 2점하중이동반력식, 2점하중반력일체식이 있다.

2.2 실험에 의한 강성 분석

2.2.1 보방향 강성 분석

보방향 프레임의 형상은 다음 그림과 같다. 그림 4의 보방향 프레임에는 공포를 연결점으로 기둥, 보, 도리가 연결되는 접합부와 고주와 보가 연결되는 접합부의 2가지 형식의 접합부가 있는 것으로 판단할 수 있다. 따라서 각 접합부의 수평강성을 확인하기 위해 접합부 실험체 모델을 구성하여 강성실험을 수행하였다.

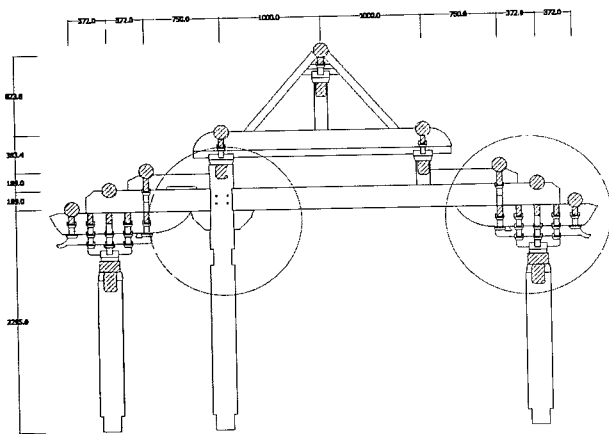


그림 4 프레임 단면

2.2.2 도리방향 강성 분석

도리방향 프레임의 형상은 다음 그림과 같다. 도리방향 프레임 강성에서 주두 위 공포부분은 단지 하중 전달 경로로만 판단하여 모델링에 포함시키지 않았다.

귀기둥 부분에서는 창방과 평방 모두 반턱으로 접합되는 특징이 있고, 내부 기둥에서는 창방과 평방이 주먹장으로 접합되는 특징이 있기 때문에 접합부의 형식은 크게 2가지의 형식이 있는 것으로 판단할 수 있다. 여기에 주먹장의 조건에 따라 접합부 강성의 변화를 확인하고자 하였기 때문에 모두 8가지 형식의 부분접합부 형식에 대해서

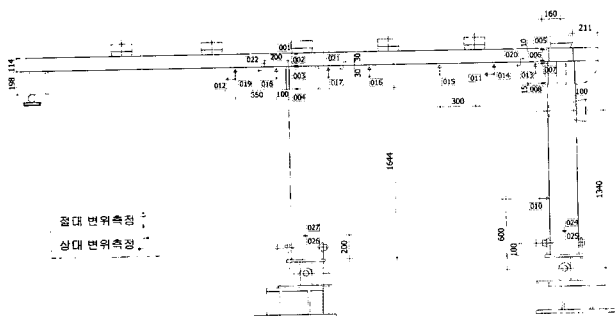


그림 5 도리방향 프레임 강성 실험체

접합부 강성 실험을 수행하였다. 접합부 형식의 결정에는 수직하중의 변동에 따른 효과도 확인하고자 시도하였다.

3. 연구결과

3.1 보방향 접합부 강성

보방향 프레임에 대해서 수평하중과 변위의 이력을 도시하면 다음 그림과 같다.

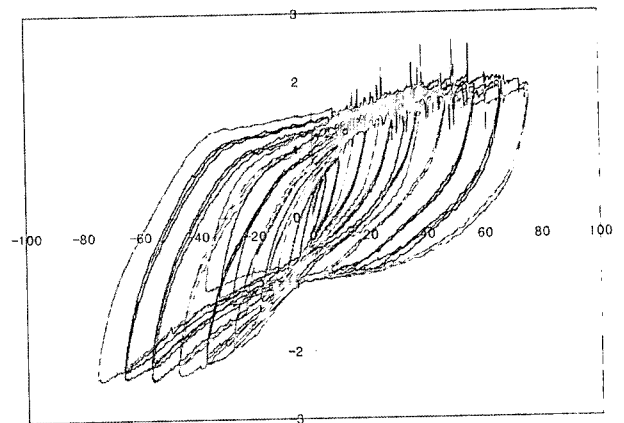
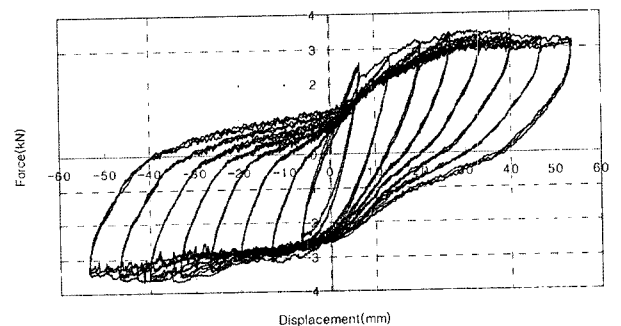


그림 6 프레임 실험 결과

3.2 도리방향 프레임 접합부 강성

도리방향 프레임에 대한 수평 변위하중에 따른 변위-하중의 관계곡선을 그림 7과 같이 얻었다. 그림과 같이 정방향과 부방향의 반복이력 곡선은 동일한 형상을 나타내고 있으며, 최대값 이후 내력이 감소되는 현상을 보여주고 있다.



4. 향후 연구과제

연구배경 및 현황에서 언급하였던 것처럼 현재의 상황은 전통목조 건축물의 구조성능에 대한 체계적인 연구를

지속적으로 진행시켜야만 하는 상황이다. 잘하고 있으나? 그렇지 않느냐?를 따지는 것보다 중요한 것이 지속적으로 연구비를 투입해서 연구를 진행시켜 나가면서 연구자를 탄생시켜야 한다는 점이다.

무엇을 해야 하는가?에 대해서 우선 당장 필요한 것은 다음과 같은 항목이라고 볼 수 있을 것이다. 이 보다 더 세부적인 것은 지금단계에서 언급할 필요도 없는 것으로 보인다.

- ① 전통 목조건축물 집합부 강성값을 간단한 계산으로 판단할 수 있는 수식이 제시되어야 한다.
- ② 이러한 집합부 강성을 근간으로 해서 전통 목조건축물의 횡강성을 판단할 수 있어야 한다.
- ③ 횡강성과 함께 비틀림 특성에 대해서도 구명되어야 한다. 비틀림 모멘트가 얼마의 크기로 발생하는지에

대해서 계산할 수 있어야 한다. 비틀림 강성의 크기가 얼마인지를 판단할 수 있어야 한다.

- ④ 지붕하중의 흐름을 분석할 수 있어야 한다. 이것을 근간으로 간단한 수식으로 각 부재에 작용하는 하중의 크기와 응력의 크기를 판단할 수 있도록 하여야 한다.
- ⑤ 전통 목구조물의 허용 기율은 어느 정도로 잡아야 하는지에 대해서 기준이 제시되어야 한다.
- ⑥ 전통 목구조물의 내진 성능에 대해서도 규명되어야 한다. 목조 문화재의 경우에도 내진성능은 파악되어야 한다. 이 부분이 더욱 필요한 경우는 새롭게 지어지는 전통 건축물에 대해서는 현재의 기준이 적용되어야 하기 때문에 내진 기준의 적용을 위한 방법이 마련되어야 한다. 