



현대 한옥기술의 변화와 전망

Recent Changes and Prospects of Hanok Building Technology

이강민 Lee, Kang Min
오성훈 Oh, Sunghoon
구본현 Ku, Bon Hyun
김꽃송이 Kim, Kot Song I

(a u r i

AURI-한옥-2014-1
현대 한옥기술의 변화와 전망
Recent Changes and Prospects of Hanok Building Technology

지은이: 이강민, 오성훈, 구본현, 김꽃송이

펴낸곳: 건축도시공간연구소

출판등록: 제385-3850000251002008000005호

인쇄: 2014년 12월 26일, 발행: 2014년 12월 31일

주소: 경기도 안양시 동안구 시민대로 230 아크로타워 B동 301호

전화: 031-478-9600, 팩스: 031-478-9609

<http://www.auri.re.kr>

가격: 29,000원, ISBN: 979-11-5659-034-7

* 이 연구보고서의 내용은 건축도시공간연구소의 자체 연구물로서
정부의 정책이나 견해와 다를 수 있습니다.

연구진

Ⅰ 연구책임	이강민 부연구위원
Ⅰ 연구진	오성훈 연구위원 구본현 연구원 김꽃송이 연구원 윤연조 연구인턴
Ⅰ 외부연구진	김승범 단국대학교 교수 김영민 명지대학교 교수 이병연 충북대학교 교수

Ⅰ 연구자문위원	윤대길 조선건축사사무소 소장 이경아 한국전통문화대학교 교수 임재한 이화여자대학교 교수 정영수 명지대학교 교수
----------	---

연구요약

1장 서론

지속가능한 건축, 친환경적인 건축의 흐름에 맞추어 보다 편안하고 쾌적한 주거공간 안에서 건강한 삶을 추구하고자 하는 거주자들의 욕구와 관심이 점차 증가하고 있다. 그 동안 여러 주체들이 한옥의 시공성, 경제성을 향상시키기 위한 한옥기술을 개발하고 부분적으로 성능평가를 수행하여 왔으며, 한옥의 성능개선을 위한 노력들을 진행해왔다. 이에 따라 한옥 구조형식의 개선 및 실내환경의 향상을 위한 기술개발에서 종합적인 접근과 해법이 요구되고 있다.

본 연구에서는 그동안 진행되어온 한옥 기술의 발전방향과 한옥 신기술 확산을 위한 정책방향을 제안하기 위해 한옥의 성능 및 경제성 향상을 위해 개발된 현대 한옥 기술을 진단하고, 한옥기술 적용에 따른 구조성능 시뮬레이션과 환경성능 시뮬레이션을 실시하였다.

한옥의 목구조와 현대 목구조 기술의 비교·분석을 통해 경량화로 인한 구조형식의 변화 경향을 살펴보았으며, 신기술 적용에 따른 에너지 소비량을 분석하여, 실내환경에 영향을 미치는 요소를 찾아 대안을 검토함으로써 한옥 기술의 발전방향을 예측해보고자 했다.

보고서는 1장 서론, 2장 한옥기술의 사회적 인식, 3장 한옥기술 및 제품 개발 추이, 4장 한옥 구조기술의 성능 분석 및 개발 방향, 5장 한옥 환경기술의 성능 분석 및 개발 방향 6장 결론으로 구성하였으며, 각 장의 세부내용은 다음과 같다.

2장 한옥기술의 사회적 인식

2장에서는 한옥 기술 및 건축비에 대한 사회적 인식을 파악하기 위해 ‘한옥 기술’ 및 ‘한옥 건축비’를 키워드로 하여 온라인 뉴스 및 블로그 게시글을 검색하고 이와 관련한 주요 이슈, 급증·급감한 단어, 연도별 변화에 대한 빅데이터 분석을 실시하였다.

분석결과 한옥 기술의 경우 한옥연구개발(R&D)사업이 진행되면서 단열, 기밀성과 같은 성능기술, 모듈 및 표준화 기술, 시공비용 절감 등 가격에 대한 관심이 증가하였다. 관련 키워드는 과거 전통한옥기술에서 설비, 단열성능 등 현대 건축기술용어로 구체화 되고 있으며, 관광의 대상에서 거주 대상, 짓는 대상으로 관심이 변화하고 있다.

건축비용에 대한 기사들은 한옥 자체의 가격이라기보다 ‘지원 비용’에 대한 내용이 주를 이루고 있다. 또 2011년에는 교육과 밀접하게 연관되어 있고, 2012년에는 성능과 밀접하게 연관되어 있는 등 이슈가 변하는 모습도 살펴볼 수 있었다. 한옥의 구체적인 구성 요소와 재료가 주로 언급되면서 직접 시공할 수 있는 수준으로 정보가 확대되고 있으나, 한옥을 기술의 차원에서 접근한다기보다는 예산을 가늠해 보는 정도의 선에서 의견들이 제시되고 있다.

3장 한옥기술 및 제품 개발 추이

3장에서는 한옥기술 및 제품 개발 추이를 알아보기 위해 한옥 기술 및 제품 리스트를 구축하고, 한옥 특허기술 179건, 제품 112건의 기술현황 및 수량을 분석하였다. 한옥 특허기술의 변화를 분석한 결과, 주요구조부 관련 특허기술 및 제품(85건)이 가장 많은 것으로 나타났고 지붕마감(55건), 바닥(54건), 벽(45건) 관련 기술도 비교적 비중이 큰 것으로 나타났다. 반면 창호(26건), 담장(17건), 기초부(0건) 관련 기술은 적은 것으로 나타났다.

한옥기술은 전반적으로 증가 추세에 있으며, 정부주도 R&D 사업의 영향으로 주요구조부 신공법 관련 특허기술이 다수 출원되었다. 그러나 기술의 제품화에는 어려움이 있으며, 한옥에만 주로 사용되는 지붕마감(기와), 창호, 담장 관련 제품은 생산업체가 매우 한정되는 특징을 보이고 있다.

환경성능 관련 기술은 초기에는 재료와 부재의 교체 기술이 주를 이루었으나, 한옥

에 대한 인식이 거주 대상으로 변모하면서 현대인의 거주 환경에 부합하고 시공성을 향상시킬 수 있는 기술개발이 진행되고 있다. 한편, 한옥의 디자인과 관련된 기술이나 제품 개발은 부족한 실정으로 이에 대한 다양한 실험에 대한 용인과 장려 정책이 필요하다.

4장 한옥 기술의 구조성능 분석 및 개발 방향

4장에서는 한옥 기술 적용에 따른 구조성능을 진단하고 한옥의 구조에 대한 새로운 접근과 구조성능을 향상시킬 수 있는 계획적·기술적 대안을 제시하였다. 국내외 목조주택과 한옥의 구조기술 현황 및 성능 파악을 위해 목조주택과 한옥의 구조형식, 구조재료, 결구방식, 지붕구조 성능을 비교·분석하였다. 구조성능 특성을 기반으로 수평부재·서까래의 단면형태, 내진성능 향상 기술 등 한옥에 적용 가능한 현대 목조주택 구조기술의 대안을 추출하고 단위 구조부재 및 전체골조에 대한 구조성능 시뮬레이션을 수행하였다.

한옥의 구조성능 시뮬레이션 결과, 한옥은 구조분야에서 최적화 여지가 있는 것으로 나타났다. 부재 단면의 크기에서부터 부재가 놓이는 위치에 따라 구조성능의 차이가 크게 나타남에 따라 구조를 최적화한다면 소요 목재물량을 줄여 건축비를 절감할 수 있을 것으로 예상된다. 한옥의 수평부재는 2개 부재를 겹쳐서 사용하는 것보다 하나의 큰 부재를 사용하는 것이 구조성능 측면에서 합리적이며 시공이 간편하다. 그리고 한옥의 전통적인 입면형상을 유지하면서 내진성능을 향상하기 위해서는 면진 및 제진장치 등을 고려하는 것보다 입면 및 평면 형태를 진동에 유리하도록 계획하는 것이 선행되어야 한다.

구조기술 대안으로는 공학용 목재를 이용한 한옥부재 및 적절한 부재 치수 개발, 한옥의 내진성능 향상을 위한 평면 및 입면의 개발, 한옥의 꺾이는 부위의 구조체 분리 디테일 개발, 한옥의 내진성능 향상을 위한 내진 및 제진기법 개발, 한옥의 시공성 및 구조성능이 향상된 접합 디테일 개발 등이 있다.

5장 한옥 기술의 환경성능 분석 및 개발방향

5장에서는 한옥의 신기술 적용에 따른 에너지소비량 및 실내 쾌적성의 환경 성능을 분석하였다. 신한옥의 특징과 한옥의 구성 원리를 고려하여 4인 가족의 난방공간(화장실, 현관 제외)이 94.5m², 기본모듈은 10자 내외인 총 6개의 평면유형을 개발하여 환경성능

시뮬레이션 3D모델을 제작하였다.

시뮬레이션을 통한 비교를 위해 전통한옥건축법규 수준패시브하우스 수준의 3개의 외피조건, 각 외피수준의 침기량, 4인 가족의 내부발열량 그리고 냉난방시스템 없음/바닥난방+자연환기/바닥난방+자연환기+ac/ac의 4개의 냉난방시스템 조건의 시뮬레이션 변수를 설정하였다.

분석 결과 차양의 길이가 길어질수록 여름철 냉방에너지는 감소하지만, 겨울철 난방에너지는 증가하기에 총 냉·난방에너지의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 냉·난방에너지 사용량 및 실내환경 쾌적성을 위해 여름철 제습에 대한 고려가 필요하며, 한옥의 열손실을 줄이기 위해 그동안 외피에만 집중했던 면에서 나아가 건물 전체에서 기밀층을 확보하는 것이 더 밀접하고 직접적인 연관이 있음을 알 수 있다. 따라서 벽-기단-바닥 접합부에서 벽체와 바닥의 단열재 라인이 끊기지 않도록 설계할 것을 권장한다.

6장 결론

6장에서는 앞서 진행된 연구내용을 바탕으로 한옥기술의 발전 전망과, 한옥기술개발과 정책 과제를 제시하였다. 현재 한옥의 재료 및 환경 기술은 상당한 수준으로 개발되고 있고, 구조 및 환경 기술 분야에서는 특허 등 아이디어가 제시되고 있다. 아직은 부족한 한옥의 디자인과 관련된 기술이나 제품 개발의 활성화를 위해서는 다양한 실험과 제안에 대한 용인과 장려 정책이 필요하다.

또한 한옥의 구조분야 발전가능성의 여지는 상당히 크다. 다만 이러한 발전을 위해서는 신기술을 맹목적으로 따르는 것을 경계해야 하며, 한편으로는 기존에 익숙한 것과 결별할 수 있는 용기도 필요하다. 한옥기술의 발전을 위해서는 기술의 특성을 고려하고 발전 속도에 맞춘 개별적인 지원 정책과, 한옥 재료 및 환경성능 인증시스템 구축, 한옥기술이 광범위한 현대건축물에 활용될 수 있도록 한국적 스타일에 대한 수요를 견인하고 장려하는 정책이 필요하다.

주제어 : 한옥기술, 한옥의 사회적 인식, 한옥제품, 한옥 환경성능, 한옥 구조성능

차 례

제1장 서론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
1) 연구의 필요성	1
2) 연구의 목적	2
2. 연구의 내용 및 방법	3
1) 한옥기술의 사회적 인식	3
2) 한옥기술 및 제품개발 추이	3
3) 한옥기술의 구조성능 분석	4
4) 한옥기술의 환경성능 분석	4
제2장 한옥기술의 사회적 인식	7
1. 분석 개요	7
1) 분석대상 및 주요내용	7
2) 수행방법	8
2. 인터넷 검색어 ‘한옥기술’ 빅데이터 분석	9
1) 네이버 뉴스 ‘한옥기술’ 검색어의 주요 이슈	9
2) 네이버 블로그 ‘한옥기술’ 검색어의 주요 이슈	16
3) 한옥기술의 인식 변화	20
3. 인터넷 검색어 ‘한옥 건축비’ 빅데이터 분석	21
1) 네이버 뉴스 ‘한옥 건축비’ 검색어의 주요 이슈	21
2) 네이버 블로그 ‘한옥 건축비’ 검색어의 주요 이슈	28

3) 한옥건축비와 한옥기술의 관계	35
4. 소결	36

제3장 한옥기술 및 제품 개발 추이37

1. 분석 개요	37
1) 주요내용	37
2) 분석대상 및 수행방법	38
2. 한옥 특허기술 및 제품 현황	41
1) 한옥 특허기술 및 제품 현황	41
2) 한옥 특허기술 및 제품 수량	45
3) 한옥 특허기술 변화 추이	51
3. 목조주택 및 친환경주택 기술 현황	69
1) 목조주택 주요구조부 관련 기술 현황	69
2) 친환경주택 환경기술 현황 분석	75
4. 소결	82

제4장 한옥기술의 구조성능 분석 및 개발 방향83

1. 분석 개요	83
1) 주요내용	83
2) 분석대상 및 수행방법	84
2. 목조주택으로서 한옥의 구조성능 분석	87
1) 한옥 구조의 변경 가능성 검토	87
2) 한옥 구조기술의 대안 시뮬레이션	105
3. 한옥 구조기술 대안 검토	123
1) 2층 한옥 및 다층 한옥	123
2) 철근콘크리트 구조를 활용한 한옥	126
3) 철골조를 활용한 한옥	128
4) 공업화 건축을 활용한 한옥	132
4. 소결	137

제5장 한옥기술의 환경성능 분석 및 개발 방향139

1. 한옥의 환경성능 영향 체계	139
1) 한옥 환경성능 영향 체계	139
2) 건축물 에너지 소비량과 실내 쾌적성의 상관관계	142
3) 한국의 미시기후 특성을 고려한 실내환경 분석	143
2. 신한옥의 환경성능 시뮬레이션 프로세스	144
1) 신한옥 공간·구조 분석	144
2) 환경성능 3D 및 주요 변수	146
3. 친환경주택으로서 한옥의 환경 성능 결과 분석	156
1) 외피수준과 향 배치에 따른 차양효과 분석	156
2) 냉·난방시스템 에너지사용량 및 실내 환경 쾌적도 비교	163
3) 벽-기단-바닥 구조부 열교 검토	180
4. 소결	192

제6장 결론195

1. 한옥기술의 발전전망	195
2. 한옥기술개발과 정책 대응	197

참고문헌	201
------------	-----

표차례

[표 2-1] 분석대상 및 주요내용	8
[표 2-2] ‘한옥기술’ 관련 뉴스에서 급증한 단어	11
[표 2-3] ‘한옥기술’ 관련 뉴스에서 급감한 단어	12
[표 2-4] 블로그에서 ‘한옥기술’ 관련 급증한 단어	17
[표 2-5] 블로그에서 ‘한옥기술’ 관련 급감한 단어	18
[표 2-6] 블로그에서 ‘한옥기술’ 관련 서술어 변화	19
[표 2-7] ‘지원’ 과 관련된 뉴스 예시 1	24
[표 2-8] ‘지원’ 와 관련된 뉴스 예시 2	24
[표 2-9] ‘투자’ 와 관련된 뉴스 예시	25
[표 3-1] 분석 범위 및 방법	39
[표 3-2] 한옥 특허기술 및 제품 수	41
[표 3-3] 한옥 부위별 특허기술 및 제품 현황	42
[표 3-4] 한옥 특허기술 및 제품 수량 비교	46
[표 3-5] 특허출원 제품 현황	47
[표 3-6] 정부주도(R&D) 및 민간주도 특허기술 수량 비교	49
[표 3-7] 한옥제품 생산업체 수	50
[표 3-8] 한옥 부위별 특허기술 변화 추이(정부주도 R&D+민간주도 특허기술)	52
[표 3-9] 정부주도 R&D, 민간주도 특허기술 변화 추이	53
[표 3-10] 정부주도 R&D 특허기술 현황	55
[표 3-11] 정부주도 R&D 특허기술 현황	56
[표 3-12] 한옥 부위별 특허기술 변화 추이(민간주도 특허기술)	57

[표 3-13] 목조주택 주요구조부 각 항목별 특허기술 수 변화추이	73
[표 3-14] 창호 관련 특허 분류	79
[표 4-1] 한옥 구조부재의 구조검토 자동화 소프트웨어 종류	86
[표 4-2] 원형서까래와 비교한 장방형서까래의 종횡비에 따른 구조성능 비교	96
[표 4-3] 5량가의 장연과 단연의 동일 구조성능 발휘를 위한 단면 비교	98
[표 4-4] 전통한옥과 신한옥의 지붕구조 특성	102
[표 4-5] 명지대 무루정 개요	106
[표 4-6] 양주한옥 개요	107
[표 4-7] 실험한옥 시공 및 성능테스트동 개요	107
[표 4-8] 3량가 및 5량가 대량의 구성 요소에 따른 응력 및 처짐의 관계	109
[표 4-9] 3량가 및 5량가 대량의 구성 요소에 따른 구조성능 분석	109
[표 4-10] 도리의 구성 요소에 따른 응력 및 처짐의 관계	111
[표 4-11] 도리의 구성 요소에 따른 구조성능 분석	111
[표 4-12] 서까래의 구성 요소에 따른 응력 및 처짐의 관계	113
[표 4-13] 서까래의 구성 요소에 따른 구조성능 분석	113
[표 4-14] 내진성능 분석 대상 한옥의 기본 사항	114
[표 4-15] Mode Shape	115
[표 4-16] 평면 및 입면구성에 따른 진동모드 형상	117
[표 4-17] 최대응답변위 비교(단위 : mm)	119
[표 4-18] 최대응답가속도 비교(단위 : mm/sec ²)	119
[표 4-19] 최대응답변위 비교(단위 : mm)	120
[표 4-20] 최대응답가속도 비교(단위 : mm/sec ²)	121
[표 4-21] 충전단력 비교 (단위 : N)	121
[표 4-22] 주요 접합부	135
[표 5-1] 실내외 환경요소	139
[표 5-2] 평면 유형화	147
[표 5-3] 입면 유형화	148
[표 5-4] 향에 따른 유형별 외피, 창호면적과 면적비율	150
[표 5-5] 수준별 요소별 구성 및 물성치	152

[표 5-6] 외피 기준에 따른 침기량	154
[표 5-7] 요소에 따른 내부발열량	155
[표 5-8] 냉난방시스템	155
[표 5-9] 일사획득분석 모델(일자형)	156
[표 5-10] Sun Path Diagram & 획득 태양 에너지_정남향	157
[표 5-11] 총 일사량 획득 그래프	159
[표 5-12] 날짜별 일사획득 그래프 및 표_전통한옥(정남향)	159
[표 5-13] 날짜별 일사획득 그래프 및 표_전통한옥	160
[표 5-14] 차양길이에 따른 냉·난방 에너지 그래프	162
[표 5-15] 한옥 에너지성능별 냉난방부하량 비교 (Type 1)	164
[표 5-16] Type1_전통한옥의 실내환경분석 및 냉·난방에너지 사용량	166
[표 5-17] Type1_건축법규수준 한옥의 실내환경분석 및 냉·난방에너지 사용량	167
[표 5-18] Type1_패시브수준 한옥의 실내환경분석 및 냉·난방에너지 사용량	168
[표 5-19] 유형별 건축물 에너지 사용량(바닥난방+자연환기+AC)_건축법규수준	172
[표 5-20] 유형별 건축물 에너지 사용량(바닥난방+자연환기+AC)_준 패시브 수준	173
[표 5-21] 건축물 열손실·열획득 에너지량_건축법규수준 Type 1	174
[표 5-22] 건축물 열손실·열획득 에너지량_건축법규수준 Type 2	175
[표 5-23] 건축물 열손실·열획득 에너지량_건축법규수준 Type 3	176
[표 5-24] 건축물 열손실·열획득 에너지량_건축법규수준 Type 4	177
[표 5-25] 건축물 열손실·열획득 에너지량_건축법규수준 Type 5	178
[표 5-26] 건축물 열손실·열획득 에너지량_건축법규수준 Type 6	179
[표 5-27] 시뮬레이션 개요	182
[표 5-28] 시뮬레이션 모델 및 조건_전통구들의 전통한옥	184
[표 5-29] 시뮬레이션 결과_전통구들의 전통한옥	185
[표 5-30] 시뮬레이션 모델 및 조건_전통구들+온돌 전통한옥	186
[표 5-31] 시뮬레이션 결과1_전통구들+온돌 전통한옥	187
[표 5-32] 시뮬레이션 결과2_전통구들+온돌 전통한옥	187
[표 5-33] 시뮬레이션 모델 및 조건_단열처리가 끊어진 상태의 신한옥	188
[표 5-34] 시뮬레이션 결과1_단열처리가 끊어진 상태의 신한옥	189

[표 5-35] 시뮬레이션 결과2_단열처리가 끊어진 상태의 신한옥	189
[표 5-36] 시뮬레이션 모델 및 조건_단열처리가 연결된 상태의 신한옥	190
[표 5-37] 시뮬레이션 결과1_단열처리가 연결된 상태의 신한옥	191
[표 5-38] 시뮬레이션 결과2_단열처리가 연결된 상태의 신한옥	191

그림차례

[그림 1-1] 연구흐름도	5
[그림 2-1] 제목에 ‘한옥기술’ 키워드가 포함된 뉴스 연도별 수량 변화추이(2006-2014)	9
[그림 2-2] 네이버 뉴스에 나타난 ‘한옥기술’ 관련 이슈 현황(2006-2014)	10
[그림 2-3] ‘한옥기술’ 관련 단어 연도별 변화 추이	14
[그림 2-4] 네이버 블로그에 나타난 ‘한옥기술’ 관련 주요이슈 현황(2006~2013)	16
[그림 2-5] ‘한옥기술’ 관련 단어 연도별 변화 추이	20
[그림 2-6] ‘한옥 건축비’ 주요 이슈 변화 추이	21
[그림 2-7] ‘지원’ 의 에고넷(EGO-NET)	22
[그림 2-8] 뉴스에 나타난 ‘한옥 건축비’ 관련 단어 연도별 변화 추이	27
[그림 2-9] 네이버 블로그에 나타난 ‘한옥 건축비’ 관련 주요이슈 현황(2006~2014)	29
[그림 2-10] ‘시공’ 의 에고넷	29
[그림 2-11] ‘문화’ 의 에고넷	29
[그림 2-12] 블로그에 나타난 ‘한옥 건축비’ 관련 단어 연도별 변화 추이	34
[그림 2-13] 2013년 ‘인테리어’ 의 에고넷	35
[그림 2-14] 2013년 ‘시공’ 의 에고넷	35
[그림 3-1] ACCESS 2010 프로그램을 활용한 한옥 특허기술 목록화 예시	39
[그림 3-2] 국토교통부 R&D 기술개발 성과_지붕시스템	40
[그림 3-3] 한옥 특허기술 및 제품 수	41
[그림 3-4] 한옥 특허기술 및 제품 수	45
[그림 3-5] 특허 출원 제품 비율	46
[그림 3-6] 특허 출원 제품 예시_천년와	46

[그림 3-7] 바닥 관련 특허 예시_마루사랑 제품구조도 및 특허	48
[그림 3-8] 정부주도 (R&D) 및 민간주도 특허기술 수량 비교	48
[그림 3-9] 한옥 제품 생산업체 수	49
[그림 3-10] 한옥 부위별 특허기술 변화 추이	52
[그림 3-11] 정부주도 R&D, 민간주도 특허기술 변화 추이 비교	53
[그림 3-12] 정부주도 R&D 특허기술 변화 추이	54
[그림 3-13] 민간주도 특허기술 변화 추이	57
[그림 3-14] ‘주요구조부’ 관련 기술 현황 변화 추이	61
[그림 3-15] ‘지붕마감’ 관련 기술 현황 변화추이	63
[그림 3-16] ‘벽’ 관련 기술 현황 변화추이	66
[그림 3-17] “지붕” 항목의 연도별 특허기술	70
[그림 3-18] “기둥” 항목의 연도별 특허기술	70
[그림 3-19] “바닥/벽” 항목의 연도별 특허기술	71
[그림 3-20] 목조주택 주요구조부 관련 특허기술 연도별 변화추이	72
[그림 3-21] 목조주택 주요구조부 전체 특허기술 수의 추세선	74
[그림 3-22] 환경성능 요소별 기술 수량	75
[그림 3-23] 한옥 부위별 환경성능 관련 특허기술 및 제품 수	76
[그림 3-24] “기와” 항목의 제품 및 특허	77
[그림 3-25] “주요구조부” 항목의 제품 및 특허	78
[그림 3-26] “창호, 문” 항목의 제품 및 특허	80
[그림 3-27] “벽, 바닥” 항목의 제품 및 특허	81
[그림 4-1] 한옥의 지붕구조	85
[그림 4-2] 서까래의 구조설계자동화 소프트웨어를 이용한 구조성능 시뮬레이션 예시	86
[그림 4-3] 구조형식 및 하중조건에 따른 부재의 최대 처짐	87
[그림 4-4] 단면 형상에 따른 중립축에 대한 단면2차모멘트	88
[그림 4-5] 단면 배치에 따른 구조성능 비교	88
[그림 4-6] 단면의 폭에 따른 구조성능 비교	89
[그림 4-7] 단면의 춤에 따른 구조성능 비교	90
[그림 4-8] 겹침부재의 사용에 따른 구조성능 비교	91

[그림 4-9] 겹침부재의 일체화 여부에 따른 구조성능 비교	92
[그림 4-10] 겹침부재의 일체화 여부에 따른 구조성능 비교	92
[그림 4-11] 단면 형상에 따른 종립축에 대한 단면2차모멘트	94
[그림 4-12] 부재의 처짐과 휨응력	95
[그림 4-13] 장방형 단면의 종횡비에 따른 원형단면과 비교한 구조성능 비교 1	96
[그림 4-14] 장방형 단면의 종횡비에 따른 원형단면과 비교한 구조성능 비교 2	96
[그림 4-15] 단면에서의 각 서까래 적용	99
[그림 4-16] 비노출 부위 서까래의 각재 사용 예	99
[그림 4-17] 전통한옥의 지붕구조	100
[그림 4-18] 한옥의 진동실험	101
[그림 4-19] 신한옥 지붕골조의 트러스 적용 계획	101
[그림 4-20] 현대 한옥의 철물 접합 사례	103
[그림 4-21] 지진하중에 의한 변형	104
[그림 4-22] 명지대 무루정의 공사 중 및 완공된 모습	106
[그림 4-23] 양주한옥의 공사 중 및 준공직전 모습	107
[그림 4-24] 실험한옥 시공 및 성능테스트동의 공사 중 및 완공된 모습	108
[그림 4-25] 명지대 무루정의 수직하중에 의한 변형	110
[그림 4-26] 명지대 무루정의 도리 형태	112
[그림 4-27] 평면 및 입면 변화 모델의 부재력 평가	116
[그림 4-28] 비틀림 방지를 위한 한옥 모듈화를 통한 구조체 분리 방법	118
[그림 4-29] 제진장치(지진댐퍼) 설치위치	120
[그림 4-30] 면진장치 설치 위치	120
[그림 4-31] 한옥의 면진장치 설치방안	122
[그림 4-32] 바닥구조 및 완충제 관련 특허기술	123
[그림 4-33] 공학목재 및 집성재 관련 특허기술	124
[그림 4-34] 나이트 패스처 팜	126
[그림 4-35] X-Project : 가벼운 한옥	126
[그림 4-36] 철근콘크리트 한옥 전경	127
[그림 4-37] 관훈재 전경 및 내부	128

[그림 4-38] 가회동 엘(L) 주택 사진	128
[그림 4-39] 창익한옥의 결구골조가 접목된 특허기술	130
[그림 4-40] 가평주택 전경	131
[그림 4-41] 성북구립 어린이집 전경	131
[그림 4-42] 통인시장 아트게이트	132
[그림 4-43] 모듈화 한옥 관련 특허기술	134
[그림 4-44] 신한옥 단위유닛의 제작과정	135
[그림 4-45] 한옥 유형별 모델 설계 지침서	136
[그림 5-1] 실내외 환경의 상호작용 메커니즘	140
[그림 5-2] 에너지 소비 메커니즘	142
[그림 5-3] 총 건축물 에너지 소비 다이어그램	142
[그림 5-4] 한국과 독일의 기후조건 비교	143
[그림 5-5] 독일과 동아시아의 일사량	143
[그림 5-6] 지붕평면도 및 단면(삼량과 오량이 만나는 부분의 가구도)	146
[그림 5-7] Type1 지붕구조 평면도	148
[그림 5-8] Type1 구조 측면도	148
[그림 5-9] 전통건축에서의 처마 내밀기 기준	149
[그림 5-10] Type6 본체 지붕구조 평면도	149
[그림 5-11] IES VE Plug-in 사용한	151
[그림 5-12] Stetch Up 모델 IES VE 연동	151
[그림 5-13] 평면유형별 내부발열, 일사유입, 외기전도, 내부전도, 침기, 외부환기, 내부환기, 난방, 냉방, 전체부하량 분석 중 주요 분석 구간	169
[그림 5-14] 한옥의 벽-기단-바닥 구조부 예시	180
[그림 5-15] ground thermal bridge	180
[그림 5-16] HEAT2 시뮬레이션	181
[그림 5-17] 고평이 및 결로발생 온도 그래프	181

제1장 서론

1. 연구의 필요성 및 목적
2. 연구의 내용 및 방법

1. 연구의 필요성 및 목적

1) 연구의 필요성

한옥기술개발의 원활한 정착과 확산을 위해서는, 구법 및 기법에 대한 성능 평가와 기술 데이터의 구축이 뒷받침되어야 한다. 한옥기술개발연구단에서는 한옥의 시공성, 경제성을 향상시키기 위한 한옥기술을 개발하고 부분적으로 성능평가를 수행하였으나, 시공자나 건축주 입장에서 참고하고 적용할 수 있는 정보는 여전히 충분치 못한 실정이다.

또한 연구 성과의 공유 및 확산에 대한 계획이 마련되어 있지 않아 이를 체계적으로 지원하고 확산하기 위한 정책 마련이 시급하다.

□ 한옥 기술 및 제품 DB 구축

한옥 신기술의 확산을 위해서는 한옥 기술의 홍보 및 체계적인 정보제공이 필요하다. DB구축을 통해 한옥기술 관련 특허, 국토교통부 R&D 개발 기술, 한옥 기술 관련 제품 등에 대한 데이터를 구축하고 관련 기술 정보를 체계적으로 제공할 필요가 있다. 한옥 요소기술별 관련 기술 및 제품의 조사는 한옥 기술별 요소 기술명(서까래, 기와, 바닥재, 창호, 미장 등), 분류(점토그늘림기와 등), 종류(한식형 KS기와 등), 주요내용, 개발년도, 속성(시공성, 경제성, 전통성, 친환경성, 성능), 가격, 규격, 제품화 유무, 대표사진(제품

사진, 시공사진), 시공업체 또는 특허등록번호, 링크(출처) 조사 등 참고할 만한 정보를 구체적으로 구축하여 제시해야 한다.

□ 구조 및 환경 성능 평가

지속가능한 건축, 친환경적인 건축의 흐름 속에서 보다 편안하고 쾌적한 주거공간 안에서 건강한 삶을 추구하는 거주자들이 점차 증가하고 있다. 이러한 측면에서 한옥 실내환경의 쾌적성 향상을 위한 계획 및 기술의 종합적인 접근과 해법이 요구되고 있다. 국내외 현대 친환경주택과 한옥 실내환경의 성능을 비교하고, 신기술 적용에 따른 에너지 소비량을 분석하여, 실내환경에 영향을 미치는 요소를 찾아 대안을 검토할 필요가 있다.

또한 한옥에 신기술 적용에 따른 구조성능을 진단하고 한옥의 구조에 대한 새로운 접근과 구조성능을 향상시킬 수 있는 계획적·기술적 대안을 검토할 필요가 있다. 한옥의 중목구조 기술과 현대 목구조 기술의 비교·분석을 통해 경량화로 인한 구조형식의 변화 경향을 살펴보고, 미래 한옥의 발전가능성을 고려한 구조 및 성능의 절충적 접근과 해법이 요구 된다.

본 보고서에서는 한옥의 성능 및 경제성 향상을 위해 개발된 한옥 신기술을 조사분석하여 현대 한옥 기술을 진단하고, 한옥 신기술 적용에 따른 구조 및 환경성능의 분석을 통해 한옥 기술의 발전방향을 전망하고자 한다.

2) 연구의 목적

□ 한옥의 사회적 인식, 한옥 기술(제품)의 개발현황을 통한 기술 진단

한옥 산업의 지속가능한 발전을 위해 사회적 환경 변화와 이에 따른 수요자들의 요구를 우선 파악해야 한다. 또한 한옥기술 및 제품개발 추이를 토대로 현대인의 주거상에 대응하는 한옥의 발전방향과 보급·산업화를 위한 정책방안을 제안하고자 한다.

□ 한옥기술의 합리성과 현실성 제고

한옥 구조에 대한 새로운 접근과 한옥의 구조기술을 향상시킬 수 있는 계획적·기술적 대안을 검토하여, 한옥 신기술의 합리성과 현실성을 제고하고자 한다. 또한 한옥에 적용 가능한 에너지 저장기술 및 실내 쾌적성을 향상시킬 수 있는 환경성능기술을 검토함으

로써, 한옥 기술 발전 및 확산을 위한 정책방향 수립에 기여하고자 한다.

2. 연구의 내용 및 방법

본 연구는 1장 서론, 2장 한옥기술의 사회적 인식, 3장 한옥기술 및 제품 개발 추이, 4장 한옥 구조기술의 성능 분석 및 개발 방향, 5장 한옥 환경기술의 성능 분석 및 개발 방향, 6장 결론으로 구성하였으며, 각 장의 세부내용은 다음과 같다.

1) 한옥기술의 사회적 인식

한옥 기술 및 건축비에 대한 사회적 인식을 파악하기 위해 온라인상의 뉴스와 블로그를 수집하였으며, 빅데이터 분석을 수행하였다.

빅데이터 분석은 많은양의 데이터를 다룸으로서 보다 정확한 현상을 파악할 수 있어 실제적인 한옥기술의 변화와 개발 동향을 파악하기에 용이하다. 한옥 신기술 개발동향, 주요 이슈에 대한 종합적이고 다각적인 분석을 위해 전문가인 단국대학교 건축학과 김승범 교수에게 원고 의뢰하여 진행하였다.

연구방법은 뉴스 기사와 블로그를 읽을 수 있는 '크롤러'를 개발하여 뉴스와 블로그 수집하고, 수집한 자료를 바탕으로 '한옥 기술' 및 '한옥 건축비(비용)' 관련 주요 이슈, 급증급감한 단어, 연도별 동향을 통해 최근 한옥기술, 한옥 건축비(비용)의 인식변화를 분석하였다. 분석 자료는 다이어그램으로 구축하였다.

2) 한옥기술 및 제품개발 추이

한옥기술 및 제품 개발 추이를 알아보기 위해 한옥 특허기술 179건, 제품 112건, 정부주도 R&D 특허기술 38건, 민간주도 특허기술 148건을 대상으로 기술현황 및 수량을 분석하였다.

연구방법은 특허청에 등록된 특허·실용신안, 한옥 제품 웹사이트 및 관련 문헌조사를 통한 기술현황을 조사하고 MS ACCESS 프로그램을 활용하여 한옥 특허기술 및 제품을 목록화하였다. 한옥기술은 기초부, 주요구조부, 지붕마감, 벽, 바닥, 담장, 창호 등 한옥의 부위별로 분류하여 목록화하였다.

3) 한옥기술의 구조성능 분석

한옥의 구조에 대한 새로운 접근과 구조성능을 향상시킬 수 있는 계획적·기술적 대안을 제안하기 위해 국내외 목조주택과 한옥의 구조기술 현황 및 성능을 비교·분석하고 한옥의 구조성능을 향상시킬 수 있는 다양한 기술대안 조합한 후 시뮬레이션 분석을 실시하였다.

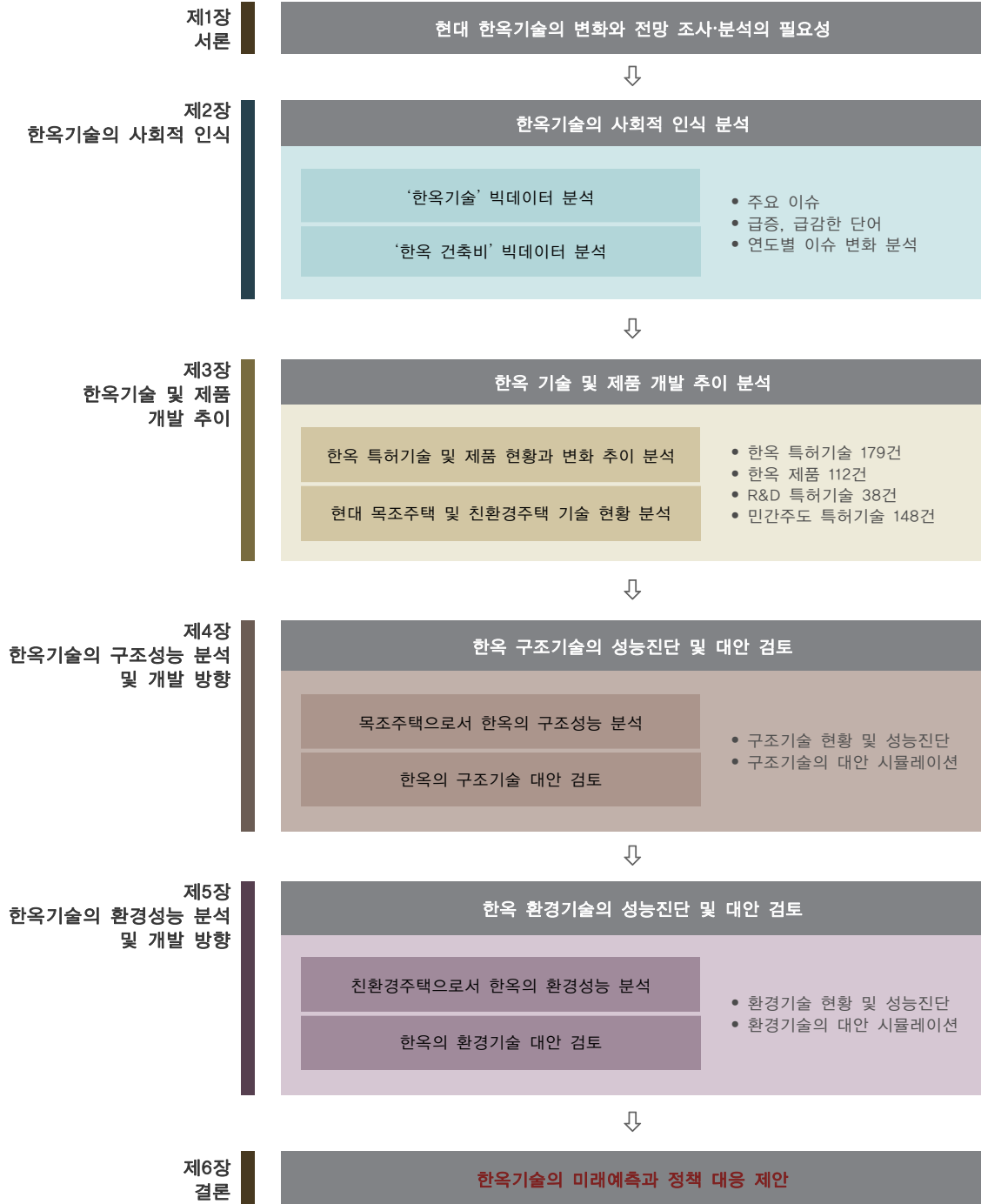
문헌조사를 통해 목조주택 구조기술 현황 및 성능 조사를 진행하였으며, ‘신한옥 구조검토 자동화 소프트웨어(midas Gen)’을 활용하여 한옥기술 적용에 따른 구조성능 시뮬레이션을 실시하였다. 일련의 연구수행을 위해 관련분야에 대한 전문지식을 바탕으로 시뮬레이션을 수행할 역량이 있는 전문가에게 위탁용역 필요하다고 판단되어, 한옥 구조 및 안전성과 관련된 기초자료를 보유하고 있고 한옥 구조성능 미래예측에 필요한 정밀한 분석을 수행할 수 있는 명지대학교 건축학과 김영민 교수에게 의뢰하여 진행하였다.

4) 한옥기술의 환경성능 분석

한옥 실내환경(열환경, 빛환경, 실내공기환경)에 적합한 한옥 기술 대안을 제시하기 위해 한옥의 신기술 적용에 따른 에너지소비량 및 실내 쾌적성의 환경 성능을 분석하였다. 실내환경에 영향을 미치는 계획·기술검토 및 시뮬레이션을 수행하기 위해 관련 분야에 대한 전문지식을 바탕으로 시뮬레이션을 수행할 수 있는 충북대학교 건축학과 이병연 교수에게 의뢰하여 진행하였다.

연구방법은 ‘PHPP+HEAT 2 프로그램, ISO 13790 및 ISO 14683 기준’을 활용하여 정적상태 냉난방 성능 시뮬레이션을 실시하였고 ‘IES VE Apach+Marco Flo 프로그램’을 활용하여 자연환기 및 축열성능이 적용된 냉난방 성능 시뮬레이션을 수행하였다.

이상의 내용을 종합하여 한옥기술의 발전 전망과, 한옥기술개발과 정책 과제를 제시하였다.



[그림 1-1] 연구흐름도

제2장 한옥기술의 사회적 인식

1. 분석 개요
2. 인터넷 검색어 ‘한옥기술’ 빅데이터 분석
3. 인터넷 검색어 ‘한옥 건축비’ 빅데이터 분석
4. 소결

1. 분석 개요

1) 분석대상 및 주요내용

한옥기술 개발의 원활한 정착과 확산을 위해서는 한옥기술에 대한 수요자들의 요구 파악을 통한 미래 한옥기술의 대응전략 도출이 필요하다. 이에 ‘한옥기술’과 ‘한옥건축비’에 대한 빅데이터 분석을 통해 관련 이슈들의 변화 양상과 수요자들의 인식변화를 파악하고자 한다. 빅데이터 분석은 많은 양의 데이터를 다룸으로서 보다 정확한 현상을 파악하고 감지할 수 있어 실제적인 한옥기술의 변화와 개발 동향을 파악하기에 용이하다.

빅데이터 분석을 위해 ‘한옥기술’, ‘한옥 공사비’를 키워드로 포털사이트¹⁾의 온라인 뉴스 및 블로그 게시글 수집하고, 수집한 자료를 기반으로 ‘한옥기술’ 및 ‘한옥 공사비’ 관련 주요 이슈, 급증·급감한 단어, 키워드들의 연도별 변화 추이를 분석하였다. 이를 통해 한옥기술, 한옥건축비 관련 키워드 및 변수 간 연관성을 도출하고 한옥기술과 한옥건축비에 대한 사회적 인식 변화를 분석하였다.

1) 온라인 뉴스는 네이버(<http://www.naver.com/>) 기사를 수집

[표 2-1] 분석대상 및 주요내용

분석대상	구분	네이버 뉴스	네이버 블로그
한옥기술	분석건수 (검색기간)	650건 (2006.1~2014.7)	4,150건 (2006.1~2014.7)
	주요내용	<ul style="list-style-type: none"> - ‘한옥기술’ 키워드가 세부적으로 구체화되어 등장 - 정부주도 R&D 사업의 영향으로 단열, 에너지와 같은 성능기술, 시공비용 절감 등 가격에 대한 관심 증가 	<ul style="list-style-type: none"> - 전통한옥기술에서 설비, 단열 성능 등 현대 건축기술로 이슈 변모 - 설비(단열) 및 시공에 대한 관심 증가
한옥 건축비 ²⁾	분석건수 (검색기간)	2,261건 (2006.1~2014.11)	4,920건 (2006.1~2014.11)
	주요내용	<ul style="list-style-type: none"> - ‘지원 비용’과 관련된 내용에서 ‘한옥 건축비’ 키워드가 다수 언급됨 - 초기에 ‘한옥 건축비’는 교육과 밀접하고 연관되어 있었으나 이후 ‘성능’, ‘단열’, ‘연구’ 등 단열 성능을 높이고 시공비를 낮춘 한옥 연구사업에 대한 관심 증가 	<ul style="list-style-type: none"> - 전통문화와 관련한 이론적 설명의 대상에서 점차 체험의 대상, 직접 시공할 수 있는 대상으로서 이슈 변모 - 한옥의 ‘인테리어’에 대한 관심 증가 추세

2) 수행방법³⁾

한옥기술에 대한 사회적 인식을 분석하기 위해 뉴스 기사와 블로그에 나타난 키워드를 읽을 수 있는 '크롤러'를 개발하고 결과물 도출을 위해 빅데이터 분석 방법론을 적용하였다. 키워드 검색 대상은 “한옥기술”과 “한옥 건축비”로 설정하였으며, “한옥 건축비”의 경우 ‘한옥 비용’, ‘한옥 공사비’, ‘한옥 건축비’, ‘한옥 시공비’의 검색결과의 합집합으로 하였다.

2) ‘한옥 건축비’ 빅데이터 분석은 ‘한옥 비용’, ‘한옥 공사비’, ‘한옥 건축비’, ‘한옥 시공비’의 4개의 키워드로 검색하였으며, 분석 시 한옥 공사비와 관계성이 적은 글은 제외하고 검색 결과 중 데이터 전처리를 통해 유효한 데이터만 수집

- 10,000자 이상이나 100자 이하의 글 제외 (띄어쓰기 포함)
- 마침표 비율 적은 글 제외(광고 글)
- 특수 기호 과다 출현 글 제외(신문기사나 광고)
- 신문에 많이 등장하는 단어가 자주 출현하는 글 제외
- 신문 같은 인용이 많이 들어간 글 제외
- 전화번호, 이메일, url, 날짜, 가격, 나이, 특수기호, 원문자, 로마숫자 등이 5개 이상 등장하면 제외

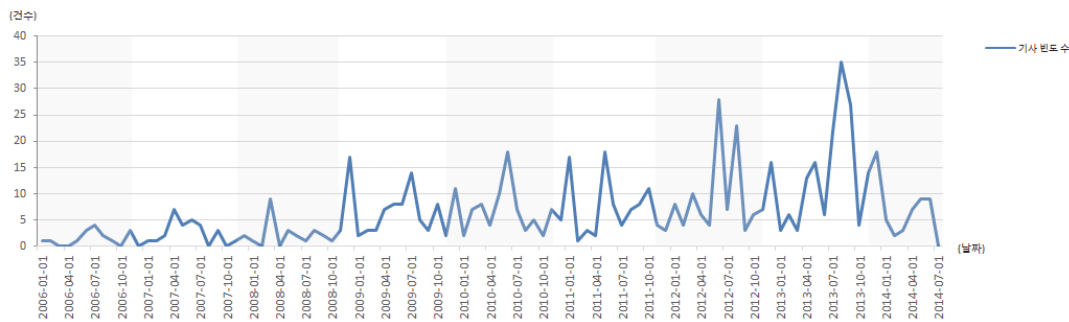
3) 빅데이터의 수집과 분석은 김승범 교수(단국대학교)에 의해 수행되었음

2. 인터넷 검색어 ‘한옥기술’ 빅데이터 분석

1) 네이버 뉴스 ‘한옥기술’ 검색어의 주요 이슈

□ ‘한옥기술’ 주요 이슈 현황

한옥기술과 관련된 뉴스는 점차적으로 증가하고 있는 것으로 나타났다. 아래의 그림에서 빈도가 집중된 기간은 집중적 관심을 받은 기사가 실린 부분으로, 내용을 분석한 결과 동일한 안전에 대하여 여러 언론사에서 다룬 것으로 나타났다.



* 기사는 매월 1일을 기준으로 조사(날짜는 년-월-일 순)

2006년 이전은 한옥 관련 기사가 미비한 시대로 본 조사에서는 제외, 2006년 01월~2014년 07월까지의 기사 수집

[그림 2-1] 제목에 ‘한옥기술’ 키워드가 포함된 뉴스 연도별 수량 변화추이(2006-2014)

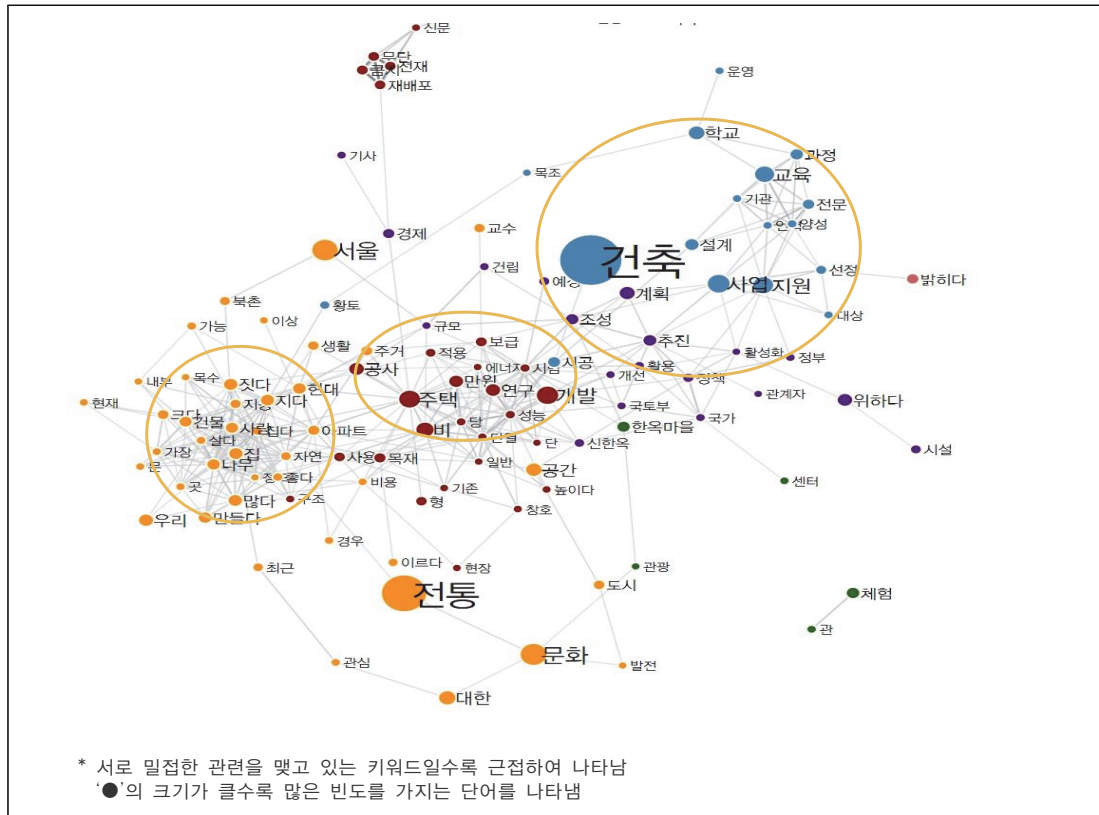
한옥기술 관련 주요이슈는 크게 ①한옥 설계·시공 교육을 통해 한옥건축산업의 선도 인력을 양성하는 한옥전문인력양성사업, ②한옥기술개발 R&D 연구사업과 주거용 한옥 시공과 관련된 주요부재 구법 및 재료 개발, 그리고 ③새로운 문화 공간에 대한 관심으로 나뉘볼 수 있다.

한옥기술 관련 뉴스에서 개별 키워드의 빈도수를 살펴보면 ‘건축’ 키워드가 가장 많은 빈도수를 보이는데, ‘건축’ 키워드는 ‘사업’·‘지원’·‘계획’·‘추진’·‘정책’·‘교육’·‘전문’·‘인력양성’·‘과정’ 과 관련을 맺으며 나타난다. 이는 정부주도의 한옥 정책사업과 연관되며 특히, 국토부의 한옥전문인력양성사업(‘11~)⁴⁾, 한옥 시공 교육과 밀접한 관련을 맺는다.⁵⁾

4) 한옥 전문 인력 양성사업은 한옥에 대한 관심과 수요는 증가하고 있지만 한옥설계와 시공에 대한 체계적이고 전문적인 교육개회가 부족한 문제점을 개선하기 위해 국토부가 ‘11부터 시행. 국토교통부 홈페이지, 「<http://www.molit.go.kr/>」

5) 국토부, 한옥 전문 인력 양성사업 관련 뉴스(’ 12.06)는 총 28건, 한옥학교 준공 뉴스(’ 08.12)는 총 17건, 한옥 건축 체험캠프 개최 관련 뉴스(’ 12.01)는 총 16건이 나타남

‘주택’·‘연구’·‘개발’ 키워드의 빈도수도 비교적 높게 나타났는데, 이 단어들은 ‘에너지’·‘성능’·‘단열’·‘시공’·‘공사’ 등 주거성과 관련한 그룹과 연결된다. ‘건물’·‘아파트’·‘집’은 친환경성, 쾌적성과 관련한 ‘나무’·‘자연’·‘좋다’·‘목수’·‘사람’·‘살다’·‘짓다’와 관계를 맺으며 나타난다. 이로부터 성능 측면에서 현대인의 주거생활을 충족시키면서 동시에 자연친화적인 한옥을 짓고자 하는 대중의 요구가 증가한 것을 알 수 있다.



[그림 2-2] 네이버 뉴스에 나타난 ‘한옥기술’ 관련 이슈 현황(2006-2014)

□ ‘한옥기술’ 주요 이슈 연도별 변화 추이

한옥기술 관련 뉴스에서 급증·급감한 단어를 추출하여 주요이슈 변화추이를 살펴보면, ‘09년을 기점으로 한옥에 대한 뉴스가 크게 증가하고 ‘한옥기술’ 키워드가 구체화되어 등장한 것을 알 수 있다. 특히, ‘단열’·‘에너지’·‘수준’ 등 주거성과 관련된 단어와 ‘만원’·‘인력’·‘줄이다’ 등 시공비용과 관련된 단어, ‘신한옥’·‘시범’ 등 철골조·공업화 건축을 활용한 현대한옥과 관련된 단어의 급증이 부각되었다. 급증한 단어들은 국토부 한옥기술개발 R&D

연구사업('09~'13)과 관련한 단어들로, '12년 이후 급격히 증가하였고 지금까지 지속적인 증가추세를 보이고 있다.

반면, '디자인'·'황토'·'목수'·'발전' 등 전통기술과 관련된 단어들은 상대적으로 감소한 것으로 나타났다.

■ '한옥기술' 관련 뉴스에서 급증한 단어 추출⁶⁾

- '국토부', '만원', '신한옥', '성능', '시범', '인력', '단열', '에너지', '수준', '마당', '서민', '은평', '줄이다' 단어가 급증
- 대부분 '12년 이후에 한옥기술 관련 단어가 급증한 것으로 나타났으며, 급증한 단어들은 ' 성능이 개선된 신한옥 개발'과 관련됨
 - 국토부 : 정부주도의 R&D 사업이 본격 추진되면서 '국토부' 단어 증가
 - 만원 : 가격으로 환산되었는데 가격이 언급된다는 것은 시장에서 거래되는 상품으로 취급되고 있다는 것을 의미
 - 에너지: 성능, 수준이 등장하면서 성능이 주요 관심의 대상으로 대두됨
 - 인력 : 인력 육성 관련 내용이 등장
 - 서민/신한옥 : 고급 기와 한옥에서 황토 등을 사용한 서민 신한옥으로 변화
 - 산림 : 황토, 목재 등의 자재와 연관되어 나타남(산림청에 산하의 연구사업 등)
 - 시범,은평 : 은평에 시범사업 시작하면서 등

[표 2-2] '한옥기술' 관련 뉴스에서 급증한 단어

구분	2006-2008	2009	2010	2011	2012	2013
국토부	1.00	4.29	3.51	7.81	6.94	8.56
만원	1.00	1.88	1.96	5.46	3.60	4.17
신한옥	1.00	1.00	3.22	1.78	13.75	2.93
성능	1.00	1.43	1.56	1.92	6.52	6.54
시범	1.00	3.67	2.19	0.86	1.60	7.10
당	1.00	1.00	1.00	4.38	6.88	4.95
국가	1.00	2.71	7.00	5.48	2.50	3.14
인력	1.00	1.00	4.22	4.11	5.71	3.62
단열	1.00	1.00	1.00	1.51	7.50	5.43
가구	1.00	5.00	4.00	3.01	1.61	4.20
에너지	1.00	1.00	2.44	3.97	8.13	1.38
산림	1.00	10.43	5.00	3.97	2.23	1.00
수준	1.00	1.00	1.00	1.00	3.21	6.01
마당	1.00	7.04	1.37	0.95	0.77	1.88
서민	1.00	1.00	1.00	1.00	8.21	2.82
은평	1.00	1.00	1.00	2.60	2.32	5.43
줄이다	1.00	1.00	1.00	1.37	5.09	3.24

*수치 : 2006-2008을 1로 기준하였을 때 출현빈도를 보이는 단어 수치

■ : 급증한 단어

■ ‘한옥기술’ 관련 뉴스에서 급감한 단어 추출

- ‘디자인’, ‘황토’, ‘목수’, ‘발전’ 등 전통기술과 관련된 단어들이 상대적으로 감소
 - 디자인 : 전체적으로 줄어드는 추세이다. 맥락을 검토해 봤을 때, ‘디자인’에서 ‘성능’으로 가는 추세라고도 볼 수 있음⁷⁾
 - 황토 : 증가와 감소가 반복되어 나타남. ‘06-’08년에는 황토와 목재 연구개발을 추진하는 산림청 및 산하기관의 연구로 인해 빈도가 증가하며, ‘12년에는 신한옥 기사로 인해 늘어남
 - 목수 : 전체적으로 줄어드는 추세임. 근래의 한옥에 새로 개발되는 기술은 목수의 전통기술과 거리가 있음을 보여줌
 - 발전 : 2006-2008년에는 ‘한옥 발전’이라는 다소 광범위한 의미를 담은 문구로 쓰이다가 최근에는 지시적이고 좁은 범위의 ‘발전’으로 쓰이고 있으며 관련 이슈는 점차 줄어드는 추세

【표 2-3】 ‘한옥기술’ 관련 뉴스에서 급감한 단어

구분	2006-2008	2009	2010	2011	2012	2013
학교	1.00	0.85	0.52	0.69	0.17	0.36
전주	1.00	0.27	0.42	1.05	0.18	0.87
교수	1.00	0.39	0.83	0.35	0.15	0.46
디자인	1.00	2.35	0.96	0.49	0.46	0.25
집다	1.00	1.08	0.20	0.41	0.66	0.43
황토	1.00	0.61	0.18	0.29	1.52	0.59
신청	1.00	0.24	0.24	0.15	0.26	0.22
목수	1.00	0.36	0.13	0.13	0.57	0.22
발전	1.00	0.18	0.29	0.43	0.26	0.15
환경	1.00	0.79	0.40	0.66	0.24	0.61

*수치 : 2006-2008을 1로 기준하였을 때 출현빈도를 보이는 단어 수치

■ : 급감한 단어

한옥기술에 대한 사회적 인식 변화 분석을 위해 뉴스에 나타난 ‘한옥기술’ 관련 단어가 서로 어떠한 관계를 맺으며 나타나고 있는지 살펴보면⁸⁾, 과거에 ‘한옥’은 ‘전통’·‘문화’·‘건축’ 등 문화시설과 연관되어 나타나다가 ‘09년도부터 ‘기술’과 관련성을 맺기 시작하여 ‘11년도 이후 한옥기술 개발과 관련한 사업이 본격적으로 추진되는 것으로 나타났다.

‘06~’08년에 ‘한옥’은 문화시설, 한옥시공교육과 연관되어 나타난다. 특히 ‘전주’·‘한옥마을’·‘정책’·‘지역’·‘도시’ 단어들이 많은 빈도수를 보이는데, 관련 기사들의 내용을 분석

6) 예) ‘국토부’ 의 2006-2008년 1.00 계산법

$$A = (\text{국토부 출현빈도 } 10) / (\text{2006-2008 기사 수 } 77) = 0.13 \text{ 이라 할 때}$$

‘국토부’의 2009년 3.29 계산법

$$b = (\text{국토부 출현빈도 } 39) / (\text{2009 기사 수 } 70) = 0.56 \text{ 이라 할 때}$$

$$(b/A = (0.56)/0.13 = 3.29$$

7) 단, 2006-2008년은 ‘한옥 처마를 닮은 서울시 신청사’ 관련 기사 때문에 ‘디자인’ 이 일시적으로 많아진 것으로 전체적 맥락과는 관계 없음

8) ‘한옥기술’ 관련 뉴스의 연도별 변화추이는 6개의 시기로 나누어 살펴보았다. ‘06~’ 08년도에 한옥기술 관련 기사는 미비하여 이를 통합하여 1개의 시기로 보았다.

해보면 전통 한옥마을 체험을 통해 지역 활성화를 이루기 위한 지자체 정책과 관련성을 맺고 있다. 이와 함께 ‘전통’이 주요하게 드러나고 ‘전통’은 목구조 시공 기술을 교육하는 한옥학교와 연관된다. 한편 ‘기술’은 ‘대통령’·‘자문’·‘위원회’·‘선진화’와 연결되는데, 미약하지만 한옥 기술개발을 위한 정책적 요구가 제기되고 있음을 알 수 있다.

‘09년에는 구체적인 한옥 관련 사업명이 나타나지는 않지만 정부에서 한옥 육성을 위한 사업을 추진하려는 노력을 엿볼 수 있다. ‘한옥’과 ‘기술’은 여전히 ‘나무’·‘목공’·‘도편수’ 등 전통한옥 기술과 관련을 맺으며 등장하고 있으며 ‘학교’·‘교육’·‘과정’과 연결된다. 즉, 시공교육 측면에서 높은 관심이 나타나며, 이 시기를 기점으로 ‘전통’은 지역 활성화를 위한 정책에서 교육 측면의 관심으로 이슈가 변모한다. 한편, ‘건축’·‘아파트’는 ‘시범’·‘개발’과 연계성을 가지며 주요한 중심어로 나타난다. 이 단어들은 ‘사업’·‘추진’·‘방안’·‘정책’·‘계획’·‘지원’·‘국토부’·‘위원회’ 등 공공의 정책 사업을 뜻하는 단어들과 연결되는데, 관련 기사들의 내용을 분석해보면 정부주도의 한옥 육성사업이 등장하면서 대두된 것으로 여겨진다.

‘10년에는 한옥 관련 사업 및 정책들과 관련한 구체적인 논의와 이슈가 등장한다. ‘한옥’은 ‘기술’과 더 가까워지며 ‘개발’과 밀접한 연관을 가지고 나타난다. 이 단어들은 ‘전문’·‘인력’·‘양성’ 등 정부주도의 전문인력양성사업과 관련된 구체적인 단어와 연관된다. 이와 더불어 ‘산림청’·‘표준’·‘목재’·‘산업’ 등 산림청의 목재 규격 제정 사업과 관련한 그룹도 나타난다. ‘추진’·‘사업’·‘지원’·‘국토부’·‘지자체’ 등 공공의 정책 사업을 뜻하는 단어들은 ‘농어촌’과 연결되는데, 관련 기사들의 내용을 분석해보면 농어촌 한옥 보급 확대 정책(10), 한옥플랜 정책(10)과 연관된다. 한편, ‘전통’은 ‘교육’·‘체험’·‘프로그램’·‘학교’·‘대학’과 연결되어 나타나며 한옥짓기 체험학교(10), 전통건축 무상교육(10)에 관한 사업과 연관된다. 이로부터 ‘10년에는 정부주도의 한옥 관련 사업 및 정책들이 본격적으로 추진되기 시작한 것을 알 수 있다.

한편, ‘신한옥’은 ‘기본’·‘계획’·‘품격’·‘향상’과 같은 단어들과 연관되어 처음으로 언급되었으나, 한옥기술과는 다소 떨어져있다.

‘11년에는 다양한 국가 중심의 정책이 활발하게 수행된다. ‘한옥’은 여전히 ‘기술’·‘사업’·‘추진’과 밀접한 관련을 맺으며 한옥 관련 사업의 선정·지원이 활발히 이루어지는 가운데 ‘서울’이 주요 주체로 등장한다. ‘서울’은 ‘5억원’·‘은평’·‘체험관’과 연결되는데, 관련 기사들의 내용에서 한옥마을 조성에 대한 연구·사업이 진행되고 있음을 알 수 있다. ‘국가’·‘포털’·

‘관련’·‘정보’도 한옥사업 관련 단어들과 연결되며 나타나는데, 한옥사업이 진행되면서 정보를 공유하기 위한 포털사업이 시작된 것으로 보인다. ‘인력’·‘전문’·‘양성’·‘연구’·‘개발’의 단어도 지속적으로 연관을 맺으며 나타나고 ‘전북대’·‘전문가’·‘따다’ 등 구체적인 사업내용이 언급되는 것으로 보아 한옥사업 진행이 본격화되었음을 알 수 있다.

‘에너지’·‘그린’ 등 친환경건축과 관련 단어와 ‘공사비’·‘모듈’·‘자재’ 등 한옥 비용과 관련한 단어도 나타났지만 주요 이슈들과는 다소 떨어져 있다.

‘12년부터는 앞서 언급하였던 급증했던 단어들이 전면에 부상한다.⁹⁾ ‘한옥’은 ‘기술’·‘개발’과 강한 연관성을 가지며, ‘연구’ 관련 단어들과 밀접하여 나타난다. 특히, ‘그린’·‘에너지’·‘난방’·‘수준’·‘성능’·‘개선’ 그룹과 연결되며 주거성능 개선을 위한 기술개발 대한 연구가 활발히 진행된다. 이와 함께 ‘한옥’은 ‘모듈’·‘생산’·‘현장’·‘조립’과도 연결되며 보급형 한옥, 표준화된 한옥 개발에 대한 연구가 수행된다. ‘비용’·‘줄이다’·‘낮추다’·‘비’·‘1평’·‘당’·‘600’ 등 한옥의 공사비 에 대한 관심이 확대되는 점도 주목할 만하다. ‘한옥’·‘인력’·‘양성’ 등 한옥전문인력양성사업도 지속적으로 추진되고 있다.

반면, ‘나무’·‘황토’·‘전통’은 상대적으로 위치가 밀려났다.

‘13년 이후에는 ‘12년의 연결 관계가 대부분 그대로 진행되고 있으며 여전히 다양한 국가 중심의 정책이 수행된다. 이 시기에는 다시 ‘전통’이 주요 키워드로 등장하는데, 이는 다수의 기사에서 ‘전통 한옥’이 관용어구로 쓰였기 때문으로 분석되었다. 은평한옥 시범사업이 완료되면서 ‘성과’가 등장하였으며, 한옥의 성능과 수준 개선, 비용 절감과 관련한 내용이 부각된다. ‘한옥’·‘인력’·‘양성’·‘교육’·‘과정’·‘전북대’ 등 한옥전문인력양성사업과 관련한 단어가 꾸준히 나타나는 것으로 보아 교육 사업이 지속적으로 진행되고 있음을 알 수 있다.

한편, ‘목재’는 여전히 먼거리에 위치한다.

이와 같이 ‘한옥기술’ 관련 단어의 연도별 변화 추이를 분석한 결과, ‘한옥’과 관련된 정책은 초기에는 지역 활성화를 이루기 위한 관광·문화사업의 일환으로 추진되었으나 이후 전통한옥기술 발전·계승을 위한 교육, 한옥의 성능 및 시공성 개선을 위한 기술 개발 등으로 내용이 변모하였음을 알 수 있다.

9) ‘한옥기술’ 관련 뉴스에서 급증한 단어들 : 국토부, 만원, 줄이다, 에너지, 성능, 수준, 인력, 서민, 신한옥, 산림, 시범

□ ‘한옥기술’ 주요 이슈 연도별 변화 추이

블로그에 나타난 ‘한옥기술’ 관련 급증·급감한 단어를 추출하여 주요이슈 변화추이를 살펴본 결과, ‘체험’·‘여행’·‘한옥마을’·‘카페’·‘코스’ 등 한옥마을 및 전통문화체험과 관련한 단어와 ‘에너지’·‘단열’ 등 주거성과 관련된 단어는 급증하고, ‘온돌’·‘목수’·‘흙’·‘구들’ 등 전통한옥 기술을 일컫는 단어들은 상대적으로 감소한 것으로 나타났다.

■ 블로그에서 ‘한옥기술’ 관련 급증한 단어 추출

- 전체적으로는 한옥마을 여행을 가서 코스를 따라 카페에서 마시고 사진 찍고 즐기는 내용이 급증¹⁰⁾. ‘체험’도 증가하고 있으나 ‘10년을 정점으로 하여 완만한 추세를 보임. 기술과 관련된 단어는 ‘단열’이 증가 추세를 보이며, 이는 뉴스 검색과 일치함

[표 2-4] 블로그에서 ‘한옥기술’ 관련 급증한 단어

구분	2006-2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
전주	1.00	1.16	1.34	1.47	1.30	2.08	2.37
체험	1.00	2.41	4.02	3.55	3.40	3.11	2.49
먹다	1.00	1.44	1.50	1.00	1.36	1.72	2.15
여행	1.00	1.83	2.67	2.94	3.61	3.84	3.77
한옥마을	1.00	1.58	2.10	2.43	2.17	3.44	3.62
찍다	1.00	0.88	1.45	1.25	1.45	1.67	2.15
경주	1.00	1.35	1.69	0.96	1.57	2.05	1.45
구경	1.00	1.13	2.33	2.12	2.06	2.53	2.28
유명	1.00	1.25	1.69	1.66	1.76	2.10	2.49
차	1.00	2.06	1.30	1.26	1.63	1.25	1.30
멋지다	1.00	1.87	2.85	2.06	2.62	2.74	2.69
인테리어	1.00	0.68	0.66	1.18	1.58	1.81	2.25
에너지	1.00	1.76	2.53	1.60	1.35	1.19	0.87
입구	1.00	1.17	1.64	1.53	1.84	1.73	2.23
프로그램	1.00	1.24	2.22	1.72	1.63	1.39	1.96
친구	1.00	1.30	1.86	1.18	1.27	1.91	2.21
단열	1.00	0.73	1.18	0.91	1.67	3.94	0.69
행사	1.00	1.19	2.18	1.87	1.74	1.21	1.25
대학	1.00	1.56	1.30	1.06	1.65	1.06	2.58
축제	1.00	2.17	5.49	2.83	2.50	2.65	4.46
관람	1.00	1.75	1.34	1.35	1.83	2.11	1.77
카페	1.00	2.11	3.27	2.70	3.98	5.45	5.81
코스	1.00	2.43	2.94	3.64	3.97	6.37	3.59
맛있다	1.00	0.93	1.70	1.29	1.68	2.09	2.49
예쁘다	1.00	0.76	1.47	0.99	1.33	1.66	2.36
추천	1.00	1.81	1.74	3.24	2.76	3.63	3.91

*수치 : 2006-2008을 1로 기준하였을 때 출현빈도를 보이는 단어 수치

■ : 급증한 단어

이러한 단어들의 급증과 급감은 결과적으로 한옥의 전통기술에 대한 관심들은 줄어들고 에너지, 단열 등 현대 주거생활을 충족시킬 수 있는 기술에 대한 새로운 관심이 증가한 것으로 해석할 수 있다. 또한 전통한옥마을 및 문화 체험이 지속적인 증가 추세를 보이는 것으로 보아 한옥을 체험하길 원하는 일반인들이 늘어나고 있는 것을 알 수 있다.

■ 블로그에서 ‘한옥기술’ 관련 급감한 단어 추출

- ‘지붕’, ‘기둥’, ‘재료’, ‘온돌’, ‘목수’, ‘흙’, ‘벽돌’, ‘구들’, ‘쌀다’의 단어가 전체적으로 감소 추세로 나타남. 이들은 한옥을 설명하는 전통적 단어들이며 구조와 재료에 관한 단어들로 한옥이 게스트하우스를 통해 단기간 체험의 대상이 되고, 실제로 많이 지어지고 관심도 받으면서 단열처럼 몸으로 느끼는 감각적 요소가 중요하게 등장한 것으로 파악됨. ‘환경’은 줄어들지만 ‘친환경’은 늘어나고 있는 추세

[표 2-5] 블로그에서 ‘한옥기술’ 관련 급감한 단어

구분	2006-2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
지붕	1.00	0.45	0.41	0.38	0.55	0.33	0.45
마을	1.00	0.34	0.67	0.59	0.68	0.61	0.61
사업	1.00	0.49	0.77	0.53	0.55	0.44	0.31
환경	1.00	0.56	0.54	0.53	0.43	0.40	0.30
가구	1.00	0.69	0.23	0.34	0.36	0.22	0.27
아파트	1.00	1.12	0.44	0.61	0.33	0.54	0.28
문제	1.00	0.73	0.43	0.45	0.31	0.39	0.35
기둥	1.00	0.84	0.61	0.61	0.59	0.34	0.69
주거	1.00	0.62	0.44	0.57	0.28	0.34	0.19
설명	1.00	0.34	0.74	0.48	0.61	0.48	0.60
그러나	1.00	0.60	0.34	0.27	0.27	0.33	0.25
재료	1.00	0.62	0.44	0.32	0.50	0.50	0.38
변화	1.00	0.74	0.40	0.34	0.34	0.34	0.35
온돌	1.00	0.88	0.18	0.41	0.49	0.20	0.38
고려	1.00	0.56	0.46	0.45	0.47	0.36	0.31
목수	1.00	0.85	0.32	0.87	0.46	0.26	0.36
과거	1.00	0.62	0.38	0.36	0.40	0.32	0.32
흙	1.00	0.53	0.52	0.34	0.42	0.32	0.25
벽돌	1.00	1.31	0.37	0.24	0.51	0.28	0.59
구들	1.00	0.49	0.56	0.18	0.36	0.16	0.78
쌀다	1.00	0.70	0.47	0.44	0.45	0.33	0.38
돈	1.00	0.59	0.50	0.33	0.39	0.56	0.60
술	1.00	0.44	0.49	0.29	0.41	0.97	0.91

*수치 : 2006-2008을 1로 기준하였을 때 출현빈도를 보이는 단어 수치

■ : 급감한 단어

블로그에 나타난 ‘한옥기술’ 관련 서술어의 변화추이를 살펴보면, 환경성능을 나타내

10) ‘카페’의 경우 2006-2008년 대비 5.81배까지 증가

는 서술어인 ‘춡다’·‘덥다’·‘시원하다’는 ‘단열’이 급증한 ‘13년에 급증한 것으로 나타났다. 그러나 블로그 게시글의 내용을 분석한 결과, ‘단열’과 ‘춡다’·‘덥다’의 유의미한 연관관계는 없는 것으로 나타났다. ‘춡다’와 ‘덥다’는 한옥에서 느낀 점이 아니라 대부분 한옥마을을 거닐며 느꼈던 당시의 기온에 대한 형용사들로, 다수의 한옥 게스트 하우스에 냉난방 시스템이 설치되어 있는 현실에서 덥거나 추운 것을 체감하기에는 어렵기 때문이다. 그리고 ‘덥다’의 경우 ‘14년에 다시 감소하여 증가추세에 있다고 볼 수는 없다.

한편, 구조와 관계된 ‘튼튼하다’와 ‘안정’은 ‘11년 이후 감소 추세를 보인다.

이것으로 보아 과거 ‘한옥기술’ 관련 이슈는 전통한옥기술과 한옥마을 체험에 집중되어 있었다면, 현재는 구조 및 환경성능으로 관심이 집중되고 있다고 볼 수 있다.

■ 블로그에서 ‘한옥기술’ 관련 서술어 변화

- ‘춡다’·‘덥다’·‘시원하다’의 단어가 ‘13년에 급증하고 구조와 관련된 서술어인 ‘튼튼하다’·‘안정적이다’는 감소

[표 2-6] 블로그에서 ‘한옥기술’ 관련 서술어 변화

구분	2006-2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
춡다	1.00	0.72	0.99	0.83	1.22	1.42	1.66
덥다	1.00	0.70	0.46	0.97	0.87	1.75	0.53
시원	1.00	0.93	1.15	0.88	1.59	1.43	0.83
따뜻하다	1.00	0.54	0.60	0.63	0.71	0.53	0.74
튼튼하다	1.00	0.57	0.60	0.33	0.66	0.69	0.80
안정	1.00	0.98	0.67	0.92	0.54	0.50	0.70
불편	1.00	1.07	0.81	0.65	0.78	0.98	0.77

* ■ : 급증한 단어 / ■ : 급감한 단어

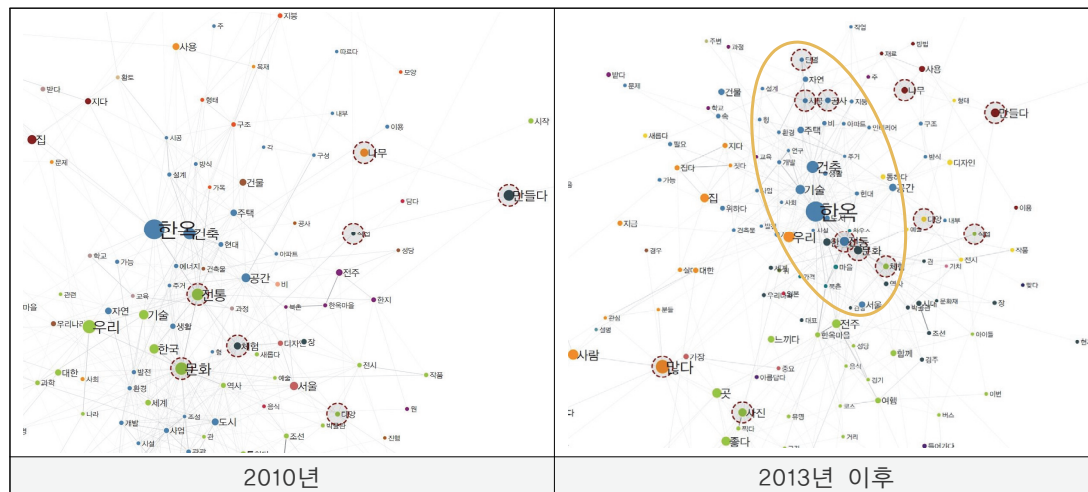
한옥기술에 대한 사회적 인식 변화 분석을 위해 블로그에 나타난 ‘한옥기술’ 관련 단어가 서로 어떠한 관계를 맺으며 나타나고 있는지 살펴보면, ‘10년도부터 ‘한옥’은 ‘전통’·‘문화’·‘체험’·‘직접’ 그룹과 지속적으로 밀접한 관계를 가지는 것으로 나타난다. 이 클러스터는 ‘나무’와 연결되며, ‘한옥마을’과 관련성을 맺는 것으로 보아 한옥마을에서 한옥과 전통문화 및 기술을 경험하는 일반인들이 증가하고 있음을 알 수 있다.

또한 ‘한옥’은 ‘기술과’ 연결되고 ‘현대’와 관계를 맺으며 나타난다. ‘13년에 이러한 분포가 가장 명확하게 드러나는데 ‘기술’은 ‘현대’·‘건축’·‘시공’·‘발전’·‘개발’·‘연구’·‘사업’·‘지원’ 그룹과 밀접하게 연관되어 등장하며, 현대한옥 기술에 대한 관심이 증대된다. 이와 함

께 ‘지붕’·‘단열’·‘시공’ 등 한옥의 주거성능과 관련한 단어가 본격적으로 구체화되어 나타난다.

한편 ‘가격’·‘복촌’·‘마을’도 중심에 나타나는데 이는 한옥을 짓거나 구매할 때 고려되는 단어로, 소비자 입장에서 한옥에 대한 접근이 이루어지고 있다고 볼 수 있다.

블로그 게시글을 통해 일반인들의 한옥기술에 대한 관심을 분석한 결과, 과거의 한옥기술은 전통한옥의 주요부재 시공구법에 집중되어 있었지만 최근에는 한옥의 시공방법·가격에 관심이 증가되고 있는 것으로 나타났다. 특히 주거환경성능이 개선된 현대한옥에 대한 관심이 높게 나타났다. 이러한 일반인들의 관심은 한옥 정책 및 연구개발사업과도 밀접하게 연관되는데, 실제로 한옥기술개발 R&D 연구사업(‘09년 말~’13년) 완료시점에 한옥기술 관련 게시글이 급증하였다.



[그림 2-5] ‘한옥기술’ 관련 단어 연도별 변화 추이

3) 한옥기술의 인식 변화

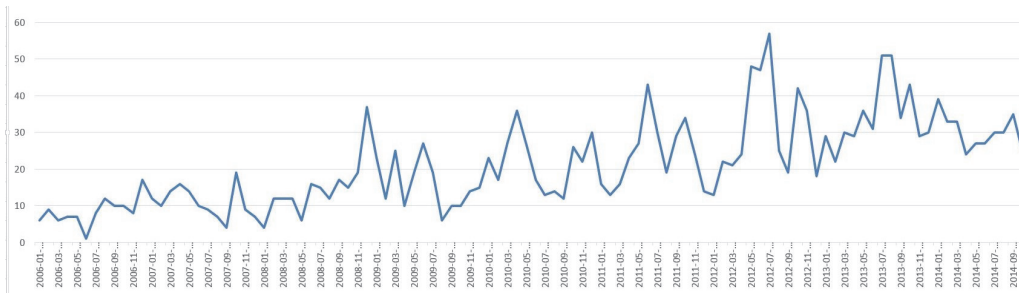
‘한옥기술’은 과거에는 전통한옥의 구조와 형태·구법 등 전통문화 및 지식의 대상으로서 관심이 집중되었으나, 이후 정부주도의 한옥기술개발연구사업(‘09년 말~’13)이 추진되면서 한옥의 구조 및 환경성능이 개선된 현대한옥기술에 대한 관심이 부각되었다. 아직 일반인들의 현대한옥에 대한 관심은 아직 미미한 수준이나 최근 한옥시공방법, 공사비 등에 대한 관심이 증대되고 있는 것으로 보아 한옥마을 여행, 한옥 게스트하우스 체험 등을 통해 수요자들이 한옥을 경험하면서 한옥을 주거의 대상, 신축의 대상으로서 인지하게 된 것으로 보인다.

3. 인터넷 검색어 ‘한옥 건축비’ 빅데이터 분석

1) 네이버 뉴스 ‘한옥 건축비’ 검색어의 주요 이슈

□ ‘한옥 건축비’ 주요 이슈

‘한옥 건축비’ 관련 뉴스는 점진적으로 증가하고 있지만, 최근의 추세는 지속적 증가 인지, 정체기인지 판단하기 어렵다.



[그림 2-6] ‘한옥 건축비’ 관련 뉴스 빈도

뉴스에서 한옥과 비용에 대한 키워드들을 언급하는 경우에는 특정 사업에 대하여 보도하거나, 개인에게 지원하는 사업을 다루는 경우가 많았다. 한옥 자체의 가격을 언급하는 경우는 2012년의 ‘고성능 저비용 반값 한옥’의 경우가 대표적이다.

‘한옥 건축비’ 검색된 내용들은 주로 ① 중앙정부나 지자체의 자체 추진 사업 ② 한옥을 건축하거나 보수하는 개인에 대한 지원 ③ 고성능 저비용의 한옥 보급을 위한 정책(연구)에 해당한다.

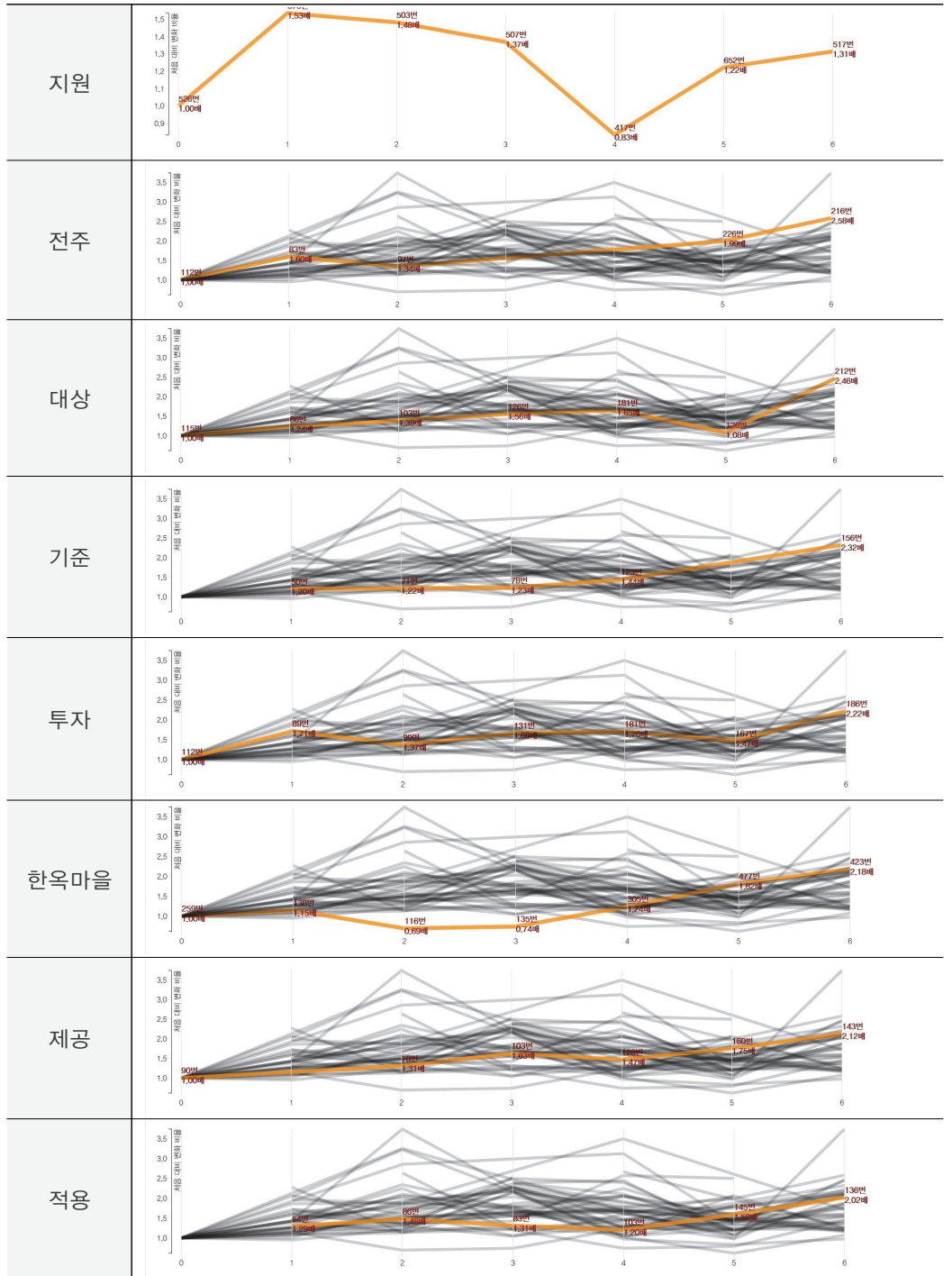
‘비용’, ‘건축비’, ‘공사비’, ‘시공비’는 한옥과 관련된 내용으로 나타난 뉴스도 있었지만, 기사 안에 단지 함께 서술되어 쓰인 경우가 더 많았다. ‘비용’에 대한 내용은 정책과 관련한 사업비용을 지칭하는 단어로 쓰이거나 다른 건물의 공사비에 관련된 단어로 활용되는 경우가 다수 나타났다.

‘비용’에 대한 단어들은 대부분 ‘지원’에 대한 단어들과 연결되어 있는데, 2011년에는 교육에 대한 단어들이 함께 연결되어 있고, 2012년에는 성능과 관련한 단어들이 함께 연결되어 있는 특징을 볼 수 있다. ‘지원’의 에고넷¹¹⁾을 보면, “정부에서 정책을 추진하며 사

11) 에고넷(ego-net) 각 단어와 직접적 연결정도가 강한 네트워크만 표현한 그래프

■ ‘한옥 건축비’ 관련 뉴스에서 점진적으로 증가한 단어 추출

- ‘전주’, ‘대상’, ‘기준’, ‘투자’, ‘한옥마을’, ‘제공’, ‘적용’ 단어가 점진적으로 증가



‘적용’, ‘기준’, ‘투자’, ‘대상’이 증가한 이유는 2014년의 경우 2~3월경 세금 관련 기사들이 다수 수집되었기 때문이기도 하다. 세금과 관련된 이슈들을 묶어서 게재된 기사 중 한 꼭지에 한옥에 대한 내용이 포함되었기 때문에 해당 기사들이 수집된 것이다. 이와 같은 기사들에 집중적으로 ‘적용’, ‘기준’, ‘투자’, ‘대상’이 등장했기 때문에 단어들이 갑자기 급증한 것처럼 나타났으나, 이 중 다수는 ‘지원’과 관련되어 기사들이 증가했기 때문으로 해석된다.

[표 2-7] ‘지원’ 과 관련된 뉴스 예시 1

“국토부 목록화 사업 대상 市 한옥지원조례 제정 등 활성화 의지 긍정적 영향 : 세계문화유산인 수원 화성 행궁 일대 한옥을 대상으로 한 전수조사와 목록화가 진행된다. 경기도에 따르면 국토부는 지난달 22일 '한옥 전수조사 목록화 사업' 대상으로 경기도 수원 화성행궁 주변을 선정했다고 5일 밝혔다.”

따라서 뉴스 분석을 통해 알 수 있는 내용은, 한옥 관련 사업에 대한 정부의 지원이 증가하고 있다는 사실이다. 이것은, 직접 한옥마을을 조성하거나 연구팀을 발족시키거나 하는 등의 정부 투자보다, 한옥을 소유하거나 신축하는 개인들을 지원하는 사업이 서서히 증가한다는 것을 말해준다.

그런데, 정작 ‘지원’의 연도별 단어 변화 추이를 살펴보면 뚜렷한 추세를 파악하기 힘들다. 이는 ‘지원’이라는 단어 자체가 많아지는 기사에서는 구체적 적용 기준을 포함하지 않는 경우도 있으며 단지 ‘지원’이라는 단어만 다수 포함되는 경우가 있기 때문으로 보여진다.

[표 2-8] ‘지원’ 와 관련된 뉴스 예시 2

“시는 이번 계획에 따라 북촌지구에서 중점적으로 시행해온 한옥보전 지원사업을 4대문 안으로 확대하고 개.보수 비용 지원도 최고 5천만원에서 1억원으로 상향 조정(3천만원 보조, 2천만원 융자 → 6천만원 보조, 4천만원 융자) 하기로 했다. 현재 지원이 전무한 비한옥을 한옥으로 신축하는 경우에도 8천만원을 보조하고 2천만원을 융자해 주기로 했으며, 지붕 등 부분 개보수에도 1천만원을 보조하기로 했다. 또 4대문 밖의 지역은 주민들이 한옥 보존과 관련해 지원을 요청하면 심사를 거쳐 지원 여부를 결정하기로 했다.”

또한 ‘투자’가 증가하는 것으로 보아 한옥이 투자의 대상으로 변모하는 것을 알 수 있다. ‘제공’은 기사의 내용과 관계성이 미미한 것으로 나타났다.

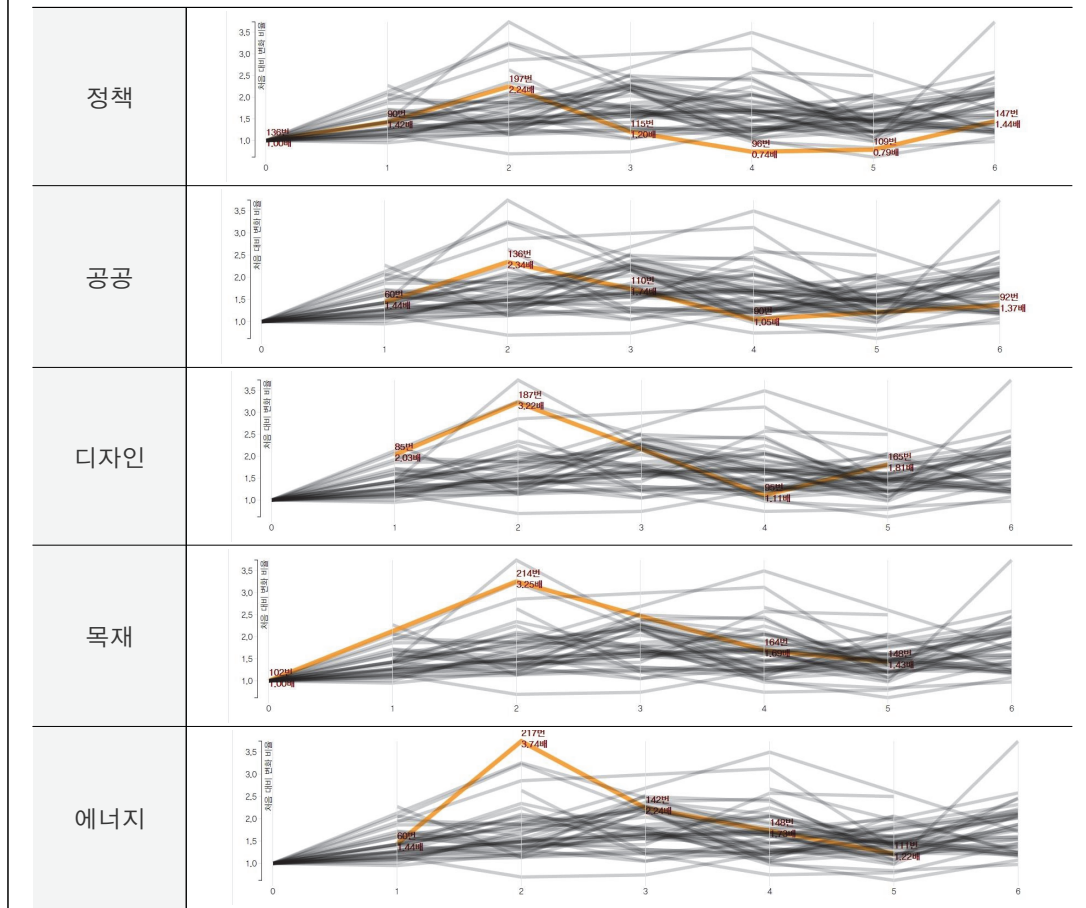
[표 2-9] ‘투자’와 관련된 뉴스 예시

“2008년 5만5000여 가구에 머물렀던 전국의 **한옥** 규모는 현재 10만 가구에 육박하며 크게 증가했다. 특히 서울 도심 **한옥**마을은 희소성도 높은 편이어서 매각 차익을 목적으로 하는 **투자** 상품으로도 주목을 받았다.”

2010년에는 ‘정책’, ‘공공’, ‘디자인’, ‘목재’, ‘에너지’ 단어가 급증한 것으로 나타났으나 한옥과 직접적 연관성은 없는 것으로 파악되었다. 2014년에는 ‘예산’ 단어가 급증하였으나 한옥과의 직접적인 연관성은 적은 것으로 나타났다.

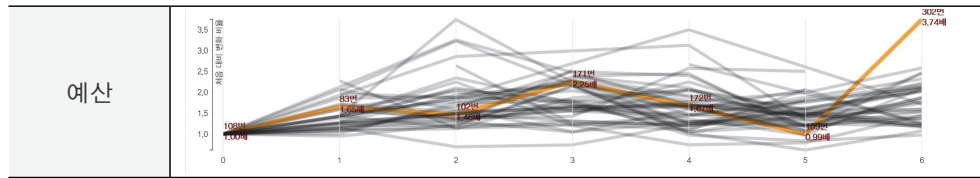
■ ‘한옥 건축비’ 관련 뉴스에서 급증한 단어 추출(2010년)

● ‘정책’, ‘공공’, ‘디자인’, ‘목재’, ‘에너지’ 단어가 2010년에 급증



■ ‘한옥 건축비’ 관련 뉴스에서 급증한 단어 추출(2014년)

● ‘예산’ 단어가 2014년 10~11월에 급증



‘한옥 건축비’ 관련 뉴스에서 전체적으로 ‘빈도가 감소하고 있다’라고 판단할 수 있는 단어들은 거의 없는 것으로 조사되었다. ‘기업’, ‘집’, ‘산업’, ‘주민’, ‘역사’, ‘학교’, ‘지구’, ‘보존’, ‘개발’, ‘분양’ 등의 단어가 증가와 감소가 반복되는 것으로 나타났다.

□ ‘한옥 건축비’ 연도별 변화 추이

2006~2008년의 비용 관련 키워드는 주로 ‘신축’, ‘보수’와 연결되어 있다. ‘지원’과도 한 클러스터에 있는 것으로 보아 ‘신축과 보수를 할 때 비용을 지원 받는’ 맥락에서 주로 사용된 것을 알 수 있다. 2006~2008년 그림의 파란색 클러스터를 보면 지원 사업에 대한 단어들을 볼 수 있다. 또한 ‘한옥마을’, ‘역사 관광지구’ 등에 대한 내용이 드러나 있다.

2009년에는 2006~2008년과 마찬가지로 ‘신축’, ‘보조금’ 등의 키워드와 연결되어 있으며, 2009년 그림에서 위쪽(연두색) 클러스터에는 사업에 대한 내용이 나타나 있다. 주황색 클러스터는 한옥마을 조성에 대한 내용이다. 아파트에 빚대어 한옥을 설명한 기사와 아파트에 대한 사업 내용을 담은 기사들이 다수 수집되었기 때문에, 한옥마을에 대한 사업을 다루는 기사들과는 클러스터가 분리되어 있다.

2010년에는 ‘비용’에 관한 키워드들은 여전히 신축과 연결되어 있지만, ‘건립’이나 ‘호텔’처럼 개인에 대한 지원이 아닌 사업에 관한 키워드들과 연결되어 있다. 연두색 클러스터는 한옥과 관련한 디자인 정책에 대한 기사들이고, 파란색 클러스터는 2010년 전반에 걸쳐서 나타난, 서울의 한옥밀집지역 보존 차원의 한옥수선 비용지원 관련 기사들이다.

2011년은 다른 년도와는 달리 ‘비용’에 관한 키워드가 ‘교육 기관’과 연결되어 있다. 이는 한옥설계전문인력 양성사업에 대한 기사들이 반영된 것이다.

2012년은 ‘한옥’을 둘러싸고 몇몇 새로운 키워드들이 보인다. ‘모듈’, ‘공장’, ‘현장’, ‘신한옥’, ‘에너지’ 등의 키워드들이 바로 그것들인데, 2012년에 발표된 ‘신한옥’, ‘반값한옥’에 대한 기사들을 반영한 것이다.

2012년에 이어 2013년의 파란색 클러스터에는 ‘성능’, ‘단열’, ‘연구’ 등의 키워드가 있다. 이는 ‘비용’에 대한 논의가 지원 사업 이외에 ‘단열성능을 높이고 시공비를 낮춘’ 한옥 연구와 주로 관련되었음을 보여준다.

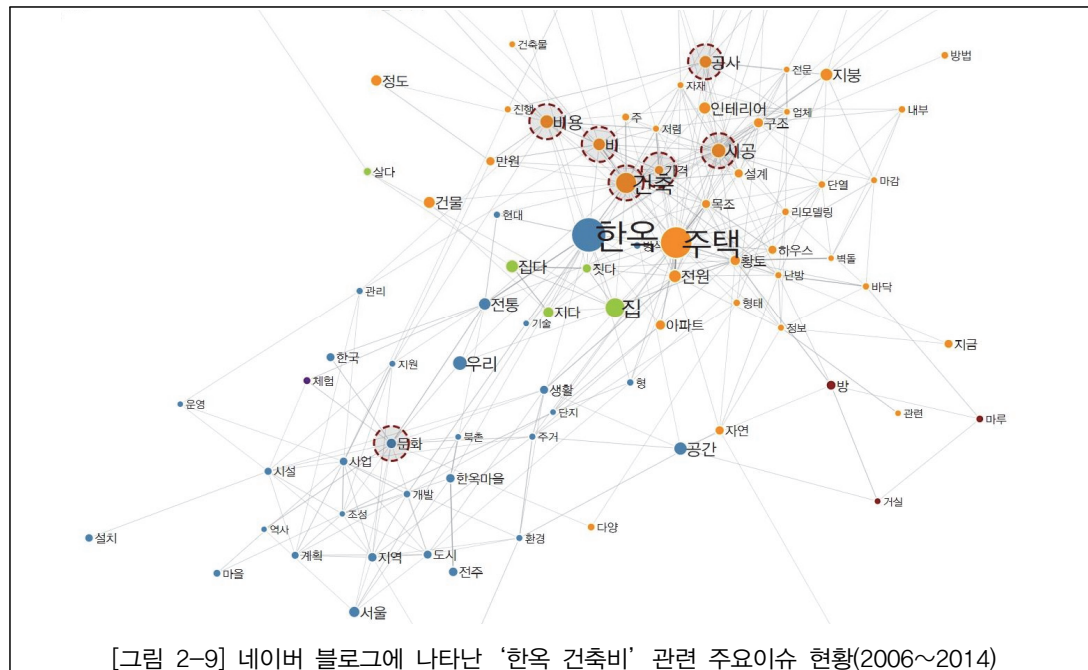
2) 네이버 블로그 ‘한옥 건축비’ 검색어의 주요 이슈

□ ‘한옥 건축비’ 주요 이슈 현황

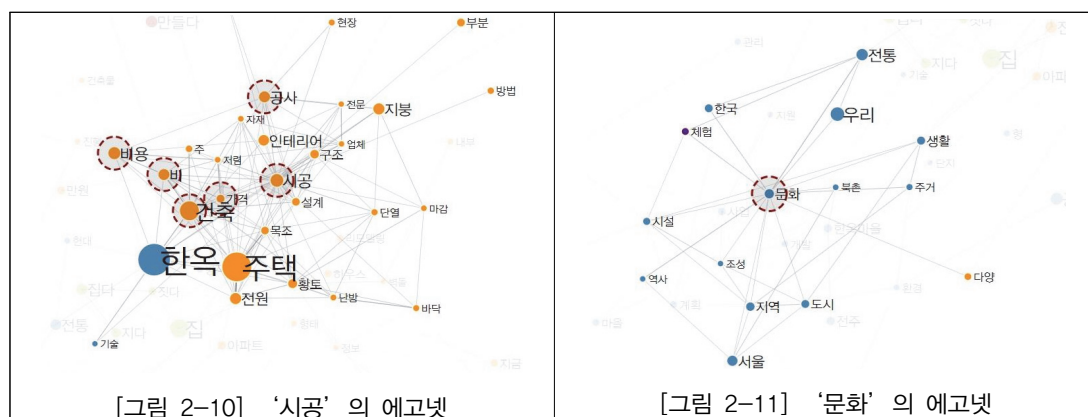
블로그에 나타난 ‘한옥 건축비’ 관련 현황을 조사한 결과 한옥을 ‘기술의 차원에서 접근한다기보다는 예산을 가늠하여 일단 한번 지어보는 대상’으로 접근하고 있는 것으로 파악되었다. 또한 점차 한옥을 짓는 사람이 많아지면서 구체적인 구성요소, 재료와 관련된 단어들이 많이 언급되는 것으로 나타났다. 즉, 과거에 한옥이 전통문화와 관련한 이론적 설명의 대상이었다면 점차 ‘체험’의 대상, ‘직접 시공할 수 있는’ 대상으로서 한옥의 개념이 변모하고 있다고 볼 수 있다.

전체 그룹은 크게 주황색과 파란색 클러스터로 구분된다. 파란색은 ‘문화’를 중심으로 이루어져 있고, 주황색은 ‘시공’을 중심으로 이루어져 있다.¹³⁾

13) 각 단어들이 해당 그룹 안에서 다른 단어들과 다양한 연결 관계를 가지고 있다. 단 주황색 클러스터에서 ‘주택’은 제외한다. 주택은 다른 그룹까지 광범위한 연결을 가진다.



이는 ‘거주의 대상’, ‘짓는 대상’으로 구분되었던 ‘한옥 기술’에 대한 블로그 검색과 비슷한 결과를 보여준다. 차이점이 있다면, ‘한옥 기술’로 검색했을 때에는 네트워크상에서 형용사들이 많이 보였던 반면, ‘한옥 비용’과 관련된 키워드로 검색했을 때에는 경험을 서술한 글들보다는 설명문 위주의 글들이 수집된다. 따라서 형용사들도 별로 없고 명사들로 주로 이루어진 네트워크를 보여준다. 주황색 클러스터는 ‘구조’, ‘가구’, ‘마감’, ‘디자인’, ‘단열’ 등 다양한 공종과 ‘목조’, ‘황토’, ‘벽돌’, ‘목재’ 등 다양한 재료들이 함께 언급되고 있다.



블로그에 나타난 ‘한옥 건축비’ 관련 단어들은 2013년을 기점으로 모두 감소하고 있는 것으로 나타났다.

‘인테리어’, ‘하우스’, ‘전원’, ‘한옥마을’, ‘리모델링’, ‘가격’, ‘목조’, ‘주택’, ‘체험’과 같은 단어들이 2013년까지 증가 추세에 있는 것으로 나타났다. 이들 단어는 대부분 실제 집을 시공하는 내용을 담는 블로그에서 추출된 단어들로서, 뒤이어 살펴볼 ‘감소하는 단어들’과 비교하여 보면 보다 잘 이해할 수 있다. 또한 ‘카페’가 이전까지는 출현하지 않았으나 2014년까지 두드러지게 증가한 것으로 나타났다. 그러나 ‘카페’가 포함된 글들은, ① 투자 대상으로서 한옥을 개조하여 카페로 꾸미는 내용 ② 한옥마을이나 삼청동 등의 카페에서 쉬는 내용 ③ 인터넷 커뮤니티(카페)가 언급된 경우의 세 가지 정도로 한옥과 직접적인 연관성은 없는 것으로 파악되었다.

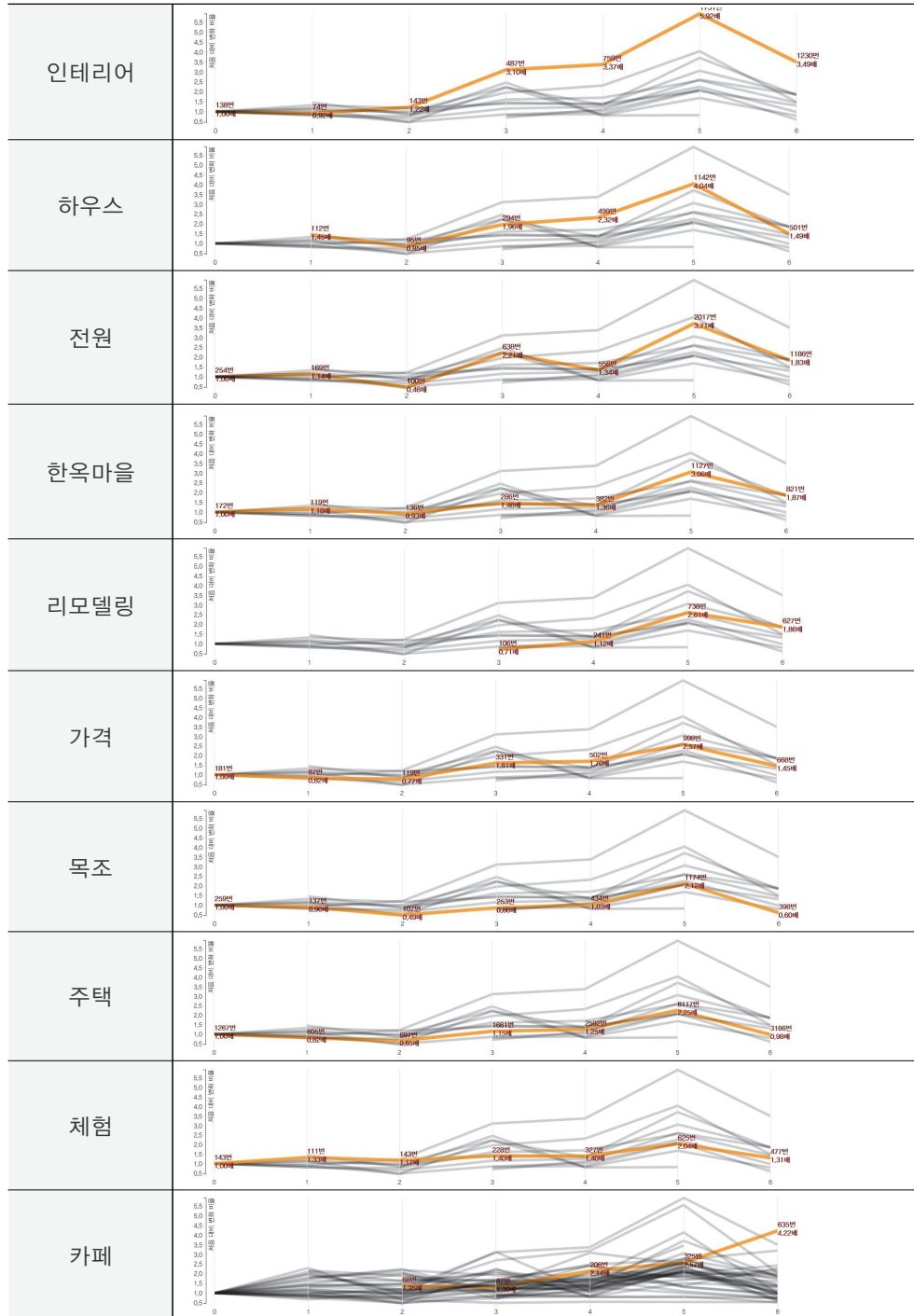
‘한옥과 전통문화’와 관련된 ‘기둥’, ‘조선’, ‘문화’, ‘농촌’, ‘통나무’, ‘서까래’, ‘기초’, ‘문화재’, ‘흙’ 단어는 감소 추세에 있는 것으로 나타났다.

증감한 단어들을 비교해보면, ‘문화’ 중심의 그룹 단어들은 점차 감소하고, ‘시공’ 중심의 그룹 단어들은 점차 증가하고 있음을 알 수 있다. 2006년경에는 한옥과 비용에 관련된 글들이 설명을 듣고 이해하는 대상이었다면, 점차 직접 체험해보고 시공하고 카페를 만드는 등 경험을 올리는 대상이 된 것이다. 또한 개인의 투자를 유도하기 위해 시공을 홍보하는 내용과 관계되어 단어들이 나타났다. 시공에 대한 정보들을 블로그뿐만 아니라 카페(인터넷 커뮤니티)를 통해 공유하기도 한다. 즉, 전주 한옥마을 등 한옥을 체험할 수 있는 장소가 늘어나고, 한옥마을에 사람들이 많이 다녀가고, 그 곳에서 성공한 카페들도 보게 되고, 시공에 대한 정보들을 인터넷을 통해 접하거나 업체와 연결되기 쉬워지면서, 한옥을 사들이고 개조하여 직접 창업하는 사람들이 많아지는 연쇄적 효과가 일어나고 있음을 추측해 볼 수 있다.

‘주택’과 ‘카페’의 증가와 감소 추이를 살펴보면, 절대적인 빈도에서 주택과 카페는 비할바가 아니지만, 자체적인 추이로 볼 때 ‘한옥’은 거주하기 위한 대상이 되기도 하지만, 고풍스런 인테리어의 상품화된 배경으로서의 역할이 점차 증가한다고도 볼 수 있다. 물론, 어떠한 용도로 쓰이는가라는 목적성에 대한 부분과는 별도로, ‘한옥을 짓는 행위’가 이전보다 점차 친숙해지고 있다는 것을 빈도 분석에서 알 수 있다.

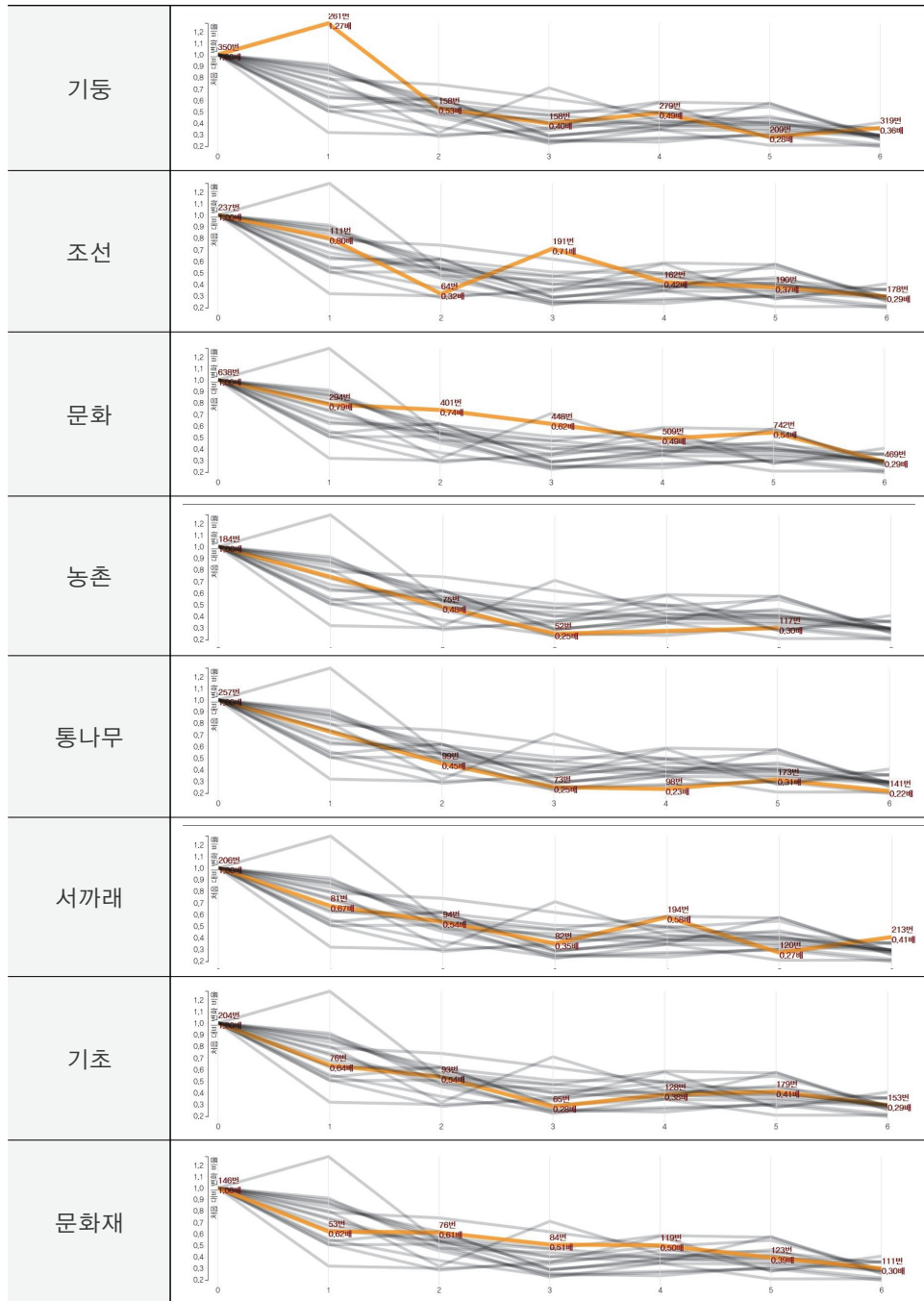
블로그에 나타난 ‘한옥 건축비’ 관련 점진적으로 증가한 단어 추출

- ‘인테리어’, ‘하우스’, ‘전원’, ‘한옥마을’, ‘리모델링’, ‘가격’, ‘목조’, ‘주택’, ‘체험’, ‘카페’ 단어가 점진적으로 증가



■ 블로그에 나타난 ‘한옥 건축비’관련 점차적으로 감소한 단어 추출

- ‘기둥’, ‘조선’, ‘문화’, ‘농촌’, ‘통나무’, ‘서까래’, ‘기초’, ‘문화재’ 단어가 점진적으로 감소



□ ‘한옥 건축비’의 연도별 변화 추이

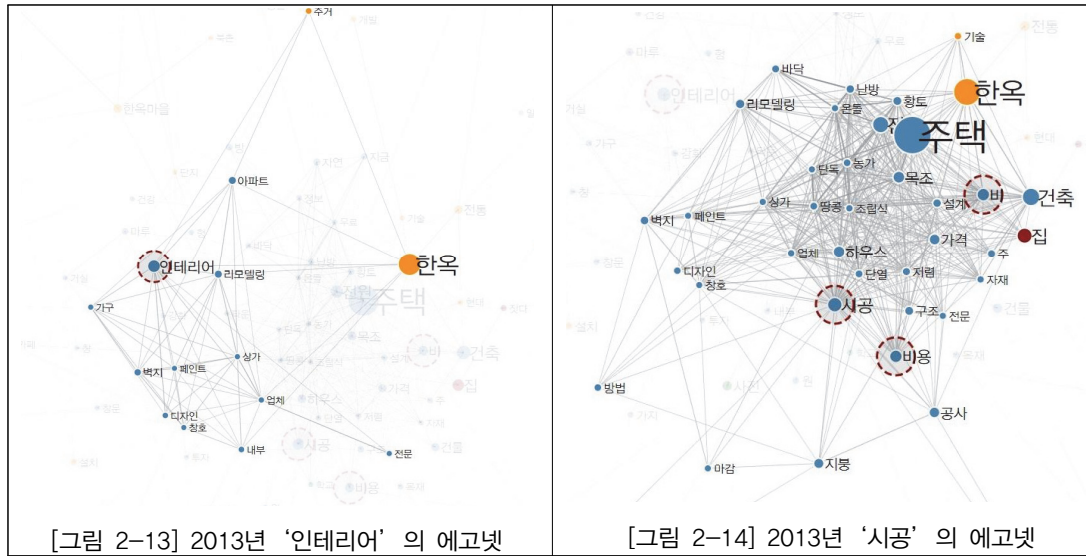
2006~2008년은 ‘시공’에 대한 내용과 ‘문화’에 대한 설명적 글들이 각기 다른 그룹으로 분리되어 있다.

2009년 역시 ‘시공’과 ‘문화’의 두 그룹이 보인다. ‘비용’은 ‘시공비’, ‘공사비’ 등과는 달리 여러 가지 맥락에서 쓰이기 때문에 상대적으로 전체 그룹에서 거리를 두고 있다. 2010년 역시 ‘시공’과 ‘문화’의 두 그룹이 보인다.

2011년에는 기존의 ‘문화’와 ‘시공’ 그룹이 보이지만, ‘문화’는 ‘체험’과 좀 더 가까운 그룹을 맺고 있다. 녹색 그룹은 한옥 관련 홍보에 대한 블로그들이다. 2011년에만 두드러지는 특징을 보인다. 해당 포스트를 올리는 몇몇 헤비유저에 의한 영향일 수도 있다. ‘인테리어’가 2010년부터 등장하여 점차 자리를 잡아간다.

2012년 역시 ‘시공’과 ‘문화’의 두 그룹이 보인다. 2013년은 ‘시공’과 ‘문화’의 두 그룹이 보이지만, ‘시공’ 관련 클러스터가 유난히 밀집되어 있다. 다른 년도에 비하여 상대적으로 관련 단어들이 집중적으로 나타났다는 것을 말해준다. 물론 모여 있는 클러스터 안에서도 강하고 약한 연결고리들이 있다. 2013년에 급증한 ‘인테리어’와 연결된 단어들은 ‘리모델링’, ‘가구’, ‘벽지’, ‘페인트’, ‘창호’ 등으로서 건축물 내부 표피에 관련된 것들이다. 즉, 한옥이 ‘인테리어’의 대상이 되고 있다는 것을 말해준다. 앞에서 ‘상품화’를 언급한 것과 의미가 통한다고도 볼 수 있는데, 디자인 및 ‘어떻게 보이는가’가 점차 중요해지고 있다는 해석이 가능하다.

2014년에는 ‘문화’에 대한 그룹이 거의 사라지고 그 대신 경험을 기술한 그룹(연두색)이 등장한다. 사진을 찍고 카페에 가고 먹는 행위들이 기술되어 있다.



3) 한옥건축비와 한옥기술의 관계

한옥 기술의 경우 한옥연구개발(R&D)이 진행되면서 단열, 에너지와 같은 성능기술, 모듈 및 표준화 기술, 시공비용 절감 등 가격에 대한 관심 증가하였다. 과거 전통한옥기술에서 설비, 단열 성능 등 현대 건축기술로 구체화 되고 있으며, 거주 대상, 짓는 대상으로서의 한옥으로 변화하고 있다.

비용에 대한 기사들은 한옥 자체의 가격이라기보다 '지원 비용'에 대한 내용이 주를 이루고 있다. 2011년에는 교육과 밀접하게 연관되어 있으며, 2012년에는 성능과 밀접하게 연관되어 있다. 증감한 단어들을 비교해보면, '문화' 중심의 그룹 단어들은 점차 감소하고, '시공' 중심의 그룹 단어들은 점차 증가하고 있음을 알 수 있다. 한옥의 구체적인 구성요소, 재료가 주로 언급되면서 직접 시공할 수 있는 대상으로 변화하고 있으며, 한옥이 '인테리어'의 대상이 되면서 한옥 디자인 및 '어떻게 보이는가'의 관점에서 관심이 증가하고 있다.

4. 소결

한옥기술에 대한 수요자들의 인식과 요구사항을 파악하기 위해 국내 포털사이트의 블로그와 온라인 뉴스 기사를 분석하였다. ‘한옥기술’과 ‘한옥건축비’로 검색된 기사의 빅데이터 분석을 통해 한옥의 건축방식과 비용에 관한 사회적 관심의 변화추이를 살펴보았다. 한옥기술은 과거에는 전통한옥의 구조와 형태, 구법 등 전통문화의 지혜를 살펴보는 대상으로 여겨져 왔으나, 정부주도의 한옥 정책, 특히 한옥기술개발(’09~’13)사업이 각광을 받으면서 현대적 편의성, 구조 및 환경성능에 대한 관심이 증대되고 있는 실정이다. 블로그에 글을 남긴 사람들은 한옥마을 여행, 한옥 게스트하우스 체험 등을 통해 한옥의 시공, 한옥에서의 거주 등에 흥미를 갖게 되고, 이에 따라 최근 한옥건축기술, 공사비 등의 주제가 부각되는 경향이 있다.

한옥건축비와 관련된 기사들은 정부의 지원정책에 따른 보조금에 대한 관심을 반영하고 있다. 그러나 매우 구체적인 구성요소, 재료와 제품들이 연계되면서 보다 현실적이고 실현가능한 대상으로 자리매김 되고 있음을 알 수 있다. 또한 한옥풍의 인테리어에 관한 기사가 급증하는 경향으로 보아, 한옥요소의 확산가능성을 낙관할 수 있다.

제3장 한옥기술 및 제품 개발 추이

1. 분석 개요
2. 한옥 특허기술 및 제품 현황
3. 목조주택과 친환경주택 기술 현황
4. 소결

1. 분석 개요

1) 주요내용

전통한옥은 전문인력의 부족과 수공업적인 부재치목 구법, 비싼 목재 비용 등으로 인해 고가의 공사비용이 수반되고 구조 및 환경기술 측면에서도 현대인의 생활만족감을 충족시키기 어려워 전통문화 및 지식의 대상으로 여겨지며 특정한 사람들에 의해 지어지는 집으로 인식되어 왔다. 하지만 최근 한옥마을 여행, 한옥 게스트하우스 체험 등을 통해 수요자들이 한옥을 경험하면서 한옥에 대한 인식이 거주 의 대상으로 변모하게 되었다. 한옥에 대한 관심이 높아지면서 가격은 싸고 성능은 향상된 한옥을 짓고자 하는 요구가 줄곧 제기되었고, 이러한 수요에 부응하여 정부 및 민간에서는 보급형 한옥을 구현하기 위한 기술개발을 추진하고 있다.

최근 현대한옥은 수요자들의 요구를 반영하여 목구조, 한식지붕틀, 자연재료 및 전통양식의 경계를 넘나들며 재료가 뒤바뀌고 구조와 형식이 합종연횡하는 새로운 종의 한옥 건축물로 변모하고 있다. 정부주도의 한옥기술연구개발단에서는 한옥의 주거성능을 향상시키기 위해 경량한식기와, 지붕시스템, 벽체·창호·바닥온돌시스템 등 실 공간 부재개발을 수행하였으며 민간에서도 한옥 관련 시공구법 및 재료에 대한 기술이 점진적으로 개발되고 있다. 이러한 현대한옥은 강화된 구조와 현대적 공간이라는 시장 수요에 힘입어 등장

한 사건으로서 우리 주거의 미래를 엿보는 중요한 단서가 될 수 있다.

한옥에 적용 가능한 다양한 특허기술과 제품 개발이 지속적으로 증가하고 있는 현 시점에서 한옥기술의 원활한 정착과 발전을 위해서는 한옥기술의 현황 파악과 기술 진단을 기반으로 한옥기술이 나아가야 할 방향을 예측할 필요가 있다. 이에 3장에서는 한옥기술 및 제품의 현황과 변화 추이를 조사·분석하여 한옥기술의 전망과 한옥의 미래상을 모색하였다. 이를 위해 한옥 특허기술 및 제품을 목록화하고 기술개발이 활발히 수행된 분야와 그렇지 않은 분야를 조사하였다. 또한 한옥기술 변화 추이 및 기술별 성능을 분석하고, 한옥에 적용 가능한 목조주택의 구조기술과 친환경주택 환경기술의 개발 현황을 조사하였다.

2) 분석대상 및 수행방법

□ 분석대상 및 범위

한옥기술은 한옥에 적용 가능한 특허기술 및 제품 총 291건을 조사하였다. 특허기술은 등록일자를 기준으로 10년 이내 특허·실용신안으로 한정하여 특허청에 등록된 특허·실용신안¹⁴⁾을 조사하였다. 특허는 관련 키워드 검색을 통해 조사하고 중복자료와 한옥 건축과 직접적 연관이 없는 특허는 제거하였다. 한옥 제품은 생산업체를 기준으로 제품 및 제품생산업체 현황을 목록화하였다.¹⁵⁾ 한옥에 적용 가능한 목조주택 구조기술과 친환경주택의 환경기술도 이와 동일한 방법으로 조사하였다.

한옥기술 변화 추이를 살펴보기 위해 한옥 정책 시기를 3단계로 구분하고 이에 따른 특허기술의 변화 양상을 분석하였다. 한옥에 적용 가능한 목조주택 구조기술과 친환경주택의 환경기술은 연도별 변화추이를 비교·분석하였다.

□ 분석 방법

한옥기술은 기초부, 주요구조부, 지붕마감, 벽, 바닥, 담장, 창호 등 한옥의 부위별로 분류하여 조사하였다. 특허기술은 정부주도의 국토교통부 R&D 사업 특허기술¹⁶⁾과 그

14) 특허출원의 상태는 등록, 취하, 거절, 소멸, 공개, 포기 총 6가지로 분류할 수 있으나 자료수집단계에서는 그 중에서 특허로 등록되어 인정된 실용실안으로만 한정하였다.

15) 동일한 한옥 제품을 각기 다른 유통업체에서 보급하고 있어 한옥 제품 유통업체는 한옥 제품 생산업체에서 제외하였다.

16) 국토교통부는 한옥의 브랜드 가치를 계승하고, 현대적 거주성능을 확보하면서, 건축비를 기존의 60% 수준으로 낮춘 한옥을 개발하기 위해 2009년부터 2013년까지 총 3년 9개월에 걸쳐 한옥기술개발 추진하였다.

외 민간주도의 특허기술을 구분하여 조사하고, 제품으로 개발된 특허를 파악하였다. 상기의 과정을 효율적으로 수행하기 위해 MS ACCESS 프로그램을 활용하였다.

[표 3-1] 분석 범위 및 방법

구분	내용
분석대상 및 범위	① 한옥에 적용 가능한 특허기술 및 제품 총 291건 목록화, 기술현황 및 수량 조사 - 특허기술 : 특허청에 등록된 한옥 관련 특허·실용신안 ¹⁷⁾ 179건 조사 (정부주도 R&D 특허기술 38건, 민간주도 특허기술 141건) - 제품 : 웹사이트 및 관련 문헌조사를 통한 한옥 제품 112건 조사
	② 한옥정책시기를 3단계로 구분하여 한옥 특허기술 변화추이 분석 - 2006년 이전 - 2007~2009년: 한스타일 종합 육성계획('07~'11), 행복마을 조성사업('07), 한옥선언(서울, '07) - 2010~2014년: 한옥기술개발 R&D 연구사업('10~'13), 제1차 건축정책기본계획('10~'14), 신한옥플랜('10), 한옥인력양성사업('11~)
	③ 한옥에 적용 가능한 목조건축 및 친환경건축 기술 목록화, 기술현황 조사
분석방법	· MS ACCESS 프로그램을 활용하여 한옥 특허기술 및 제품 목록화 · 한옥기술은 기초부, 주요구조부, 지붕마감, 벽, 바닥, 담장, 창호 등 한옥의 부위별로 분류하여 목록화

특허등록번호

1009344580000

대표사진 선택하기

기술

☒

제품

☐

특허명

철골구조가 적용된 한식 건축물과 그 건축방법

출원인

임정택

IPC코드

E04B 1/14 E04B 1/30 E04C 3/292

발명자

임정택

등록일자

2009.12.21

주제어

한식 건축물, 한옥, 철골, 나무물딩, 전통기와

주요내용

본 발명은 철골구조가 적절히 적용되면서도 전통 한식 건축물의 외관이 그대로 구현된 한식 건축물과, 그러한 한식 건축물의 바람직한 건축 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 한식 건축물은, 전통 한식 건축물의 외관을 그대로 갖는 한식 건축물로서, 기초·기초 위에 철골기둥을

링크

<http://kpat.kipris.or.kr/kpat/biblio.do?method=biblioFrame>

요소명

주요구조부

요소코드

B

공종명

콘크리트공사

공종코드

C03

[그림 3-1] ACCESS 2010 프로그램을 활용한 한옥 특허기술 목록화 예시
(철골구조가 적용된 한식 건축물과 그 건축방법)

17) 특허출원의 상태는 등록, 취하, 거절, 소멸, 공개, 포기 총 6가지로 분류할 수 있으나 자료수집단계에서는 그 중에서 특허로 등록되어 인정된 실용신안으로만 한정하고 등록일자를 기준으로 10년 이내 특허·실용신안을 조사하였다.

■ 국토교통부 R&D 사업 주요내용(2009~2013)¹⁸⁾

1) 사업추진 배경 및 목적

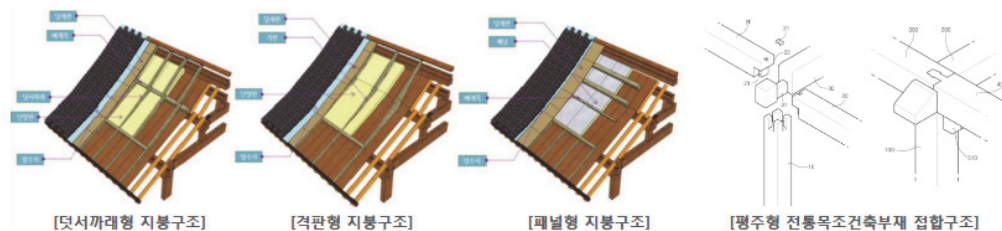
- 국토교통부는 국가브랜드가치를 높이고 한국 고유의 건축문화 창달을 통한 주거문화의 품격 향상을 위해 한국의 전통주거유형인 한옥을 미래주거모델로 하고자 한옥의 성능개선을 위한 한옥기술개발 추진
- 국토교통부 R&D 연구사업은 전통한옥의 브랜드가치를 계승하고 현대적 거주 성능이 확보된 저렴한(전통한옥의 60% 수준) 대중한옥 개발을 목표로 함

2) 사업 주요내용

- 한옥기술개발은 크게 다음의 네 개의 연구과제로 추진됨
 - ① 통합시공시스템 개발
 - ② 한스타일 개발을 통한 한옥모델개발
 - ③ 한옥 성능요소 기술 개발
 - ④ 한옥건축 통합정보시스템 및 3차원 한옥부재 라이브러리 구축
- 총 연구개발비 : 총 178억원(정부출연금 133억원, 민간 45억원)
- 사업기간 : 2009.12~2013.9 (3년 9개월)

3) 한옥 성능요소 기술 개발 주요내용

- (목적) 한옥의 향상된 성능의 주거환경을 마련하기 위해 재료 및 제품 개발, 실 공간 부재개발, 한옥 성능기준 수립 및 평가, 한옥 유지관리 매뉴얼 개발의 4개 분야에 대해 연구 수행
- **한옥 성능요소 기술 개발 세부내용**
 - 재료 및 제품 개발 : 한식프리패브담장 개발/ 경량 한식기와 개발/ 지붕시스템 개발
 - 실 공간 부재 개발 : 벽체 시스템 개발/ 창호 시스템 개발/ 바닥온돌 시스템 개발
 - 한옥 성능기준 수립 및 평가 : 한옥 성능기준 수립 및 평가/ 쾌적성 모니터링/ 시뮬레이션 평가
 - 한옥 유지관리매뉴얼 개발 : 한옥 유지관리를 위한 환경친화형 목재보존재 및 일반인(거주자)용 유지관리매뉴얼 개발/ 개발 보존재의 비생물적 성능평가 및 전문가용 유지관리 매뉴얼 개발



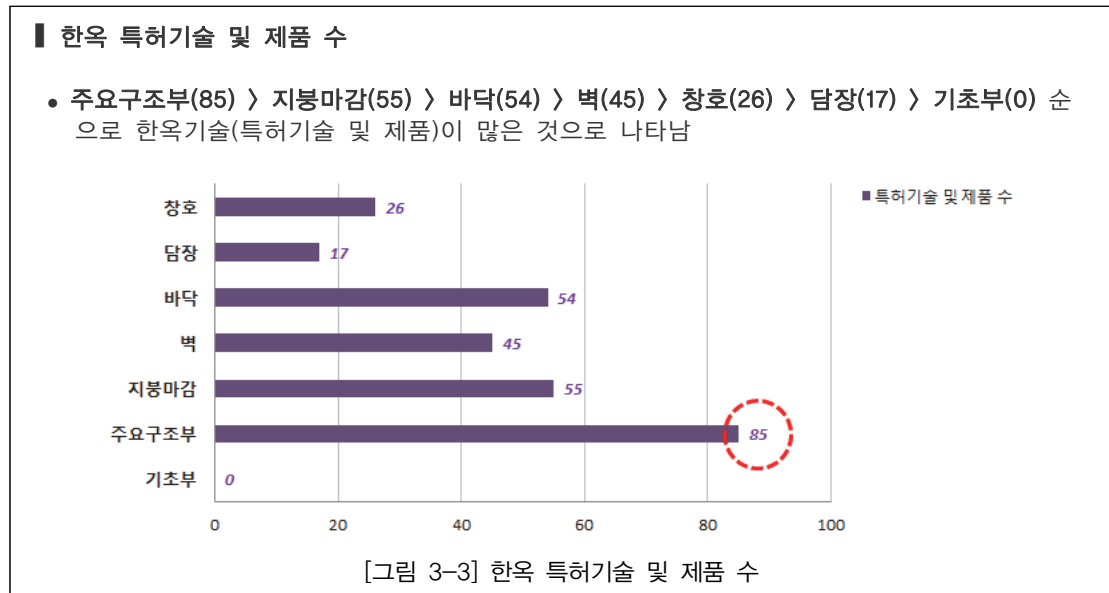
[그림 3-2] 국토교통부 R&D 기술개발 성과 지붕시스템

18) 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원(2013), 한옥 기술개발 연구보고서, pp.2~10.

2. 한옥 특허기술 및 제품 현황

1) 한옥 특허기술 및 제품 현황

한옥기술(특허기술+제품)은 총 291건으로 조사되었다. 부위별 한옥기술은 ‘주요구조부’(85건) 관련 기술이 가장 많은 것으로 나타났고 ‘지붕마감’(55건), ‘바닥’(54건), ‘벽’(45건) 관련 기술도 비교적 많은 것으로 나타났다. 반면 ‘창호’(26건), ‘담장’(17건), ‘기초부’(0건) 관련 기술은 적은 것으로 나타났다.



[표 3-2] 한옥 특허기술 및 제품 수

요소명	한옥기술 수 (특허기술 +제품 수)	특허기술 수	제품 수	
		소계	소계	특허 출원 제품 수
기초부	0	0	0	—
주요구조부	85	83	2	—
지붕마감	55	39	16	2
벽	45	23	22	—
바닥	54	7	47	3
담장	17	5	12	—
창호	26	13	13	—
기타	9	9	—	—
합계	291	179	112	5

■ : 한옥 특허기술 및 제품 수가 다수 개발된 한옥 부위

한옥 부위별 기술 현황을 살펴보면, ‘주요구조부’ 관련 기술은 구조재료에 따른 시공 방식, 접합부(기둥+보) 결구방법, 당골막이, 지붕구조 시공방법, 지붕단열방법 등 구조성능이 개선된 신공법과 관련한 기술이 다수 개발되었다. ‘지붕마감’ 관련 기술은 내구성·내수성 및 시공성이 향상되고 경량화된 기와와 그 시공방법과 관련한 기술이 개발되었다. ‘바닥’ 관련 기술은 가스난방, 온수온돌, 전기온돌패널, 전기온돌필름 등 난방열원에 따른 바닥난방시스템과 다양한 재료로 가공된 우물마루 제품이 개발되었다. ‘벽’ 관련 기술은 화이트폼, 숯, 황토벽재 등 단열재료에 따른 단열벽재와 오일스테인, 한옥전용도료 등의 도장재가 개발되었다. ‘창호’ 관련 기술은 창호틀과 마감재가 결합된 창호, 창호 개폐방식에 따른 시스템창호가 개발되었으며, ‘담장’ 관련 기술은 타일로 시공된 담장과 볼트와 너트를 삽입한 블록조 담장이 개발되었다.

[표 3-3] 한옥 부위별 특허기술 및 제품 현황

요소명	요소기술 현황			합계
	대분류	세분류	특허기술 및 제품	
주요 구조부	1.구조재료	목조	-원목	85건
			-집성목	
		철골구조+목조구조	-철골구조가 적용된 한식 건축물과 그 건축방법	
		공학목재	-파라렘	
			-글루램	
	2.접합부(기둥+보) 결구방법	이음과 맞춤으로 결구	-전통목조건축부재 접합구조	
			-평주형 전통목조건축부재 접합구조	
			-우주형 전통목조건축부재 접합구조	
			-회첨형 전통목조건축부재 접합구조	
		철물(볼트+너트)로 결구	-목조 건축의 판형 기둥 연결장치	
	3. 당골막이	발표플라스틱 모듈+스편지 (탄성부재)	-당골막이용 발포 플라스틱계 모듈 및 상기 모듈로 구성된 당골막이	
		발포플라스틱 모듈+판스프링 (탄성부재)	-당골막이	
		볼트 삽입 건식모듈형당골막이	-한옥의 개량형 당골막이	
		다목적 주심도리	-당골막이 기능을 가진 다목적 주심도리	
	4. 지붕구조 시공방법	덧서까래형 지붕구조	-덧서까래형 한옥지붕 및 그 제작방법	
		가첨서까래형 지붕구조	-가첨 서까래 및 이의 제조방법	
		패킹재 삽입 지붕구조	-한옥 및 한옥의 제조방법	
		콘크리트 삽입 지붕구조	-한식지붕구조	
		철골형 지붕구조	-철골조와 합성수지기와를 이용한 개량한옥과 그 시공방법	

요소명	요소기술 현황			합계
	대분류	세분류	특허기술 및 제품	
	5. 지붕단열방법	공학목재 삽입 지붕구조	-공학목재를 이용한 한옥 지붕의 경량화 시공방법	
		발포 폴리스티렌	-한옥 지붕용 단열블록	
		우레탄폼	-한옥용 난열단열방수지붕재	
		셀룰로오스	-셀룰로오스	
		유리섬유	-경량 맞춤형마그네슘 한식기와 제작방법	
지붕 마감	6. 지붕마감 및 시공	점토기와	-한식형 그을림 기와 -한식 청(유약)기와	55건
		시멘트기와	-KS S형 한식 6호 시멘트기와 -S형 2단 개량 한식 시멘트기와	
		금속기와	-한식 동기와 -주물동기와	
		합성기와	-소성왕겨	
			-레진콘크리트기와(천년와) -태양열기와	
		일체형기와	-일체형 한식기와	
바닥	7. 바닥난방 시스템	습식난방	-그린온돌시스템(온수온돌) -쭈난방(온수온돌) -도시가스 온수난방	54건
		건식난방	-미래 전기온돌판넬(전기온돌패널) -따따시 건강난방(전기온돌패널) -직조섬유 면상 발열체 바닥난방(전기온돌필름)	
	8. 우물마루 종류	원목	-원목	
		원목마루	-원목마루	
		합판마루	-합판마루	
		강화마루	-강화마루-레브 -강화마루-유니크 -강화마루-락	
		원목집성	-TEKA 대청마루-한식스모크 -TEKA 대청마루-오크품워시 -TEKA 대청마루-한식 점보투스카니 -TEKA 대청마루-한식 점보 콘월 -TEKA 대청마루-한식 카본 워시 -TEKA 대청마루-한식 오크브러쉬 -TEKA 대청마루-점보오크브러쉬	
벽	9. 단열벽재 종류	화이트폼	-화이트폼	45건
		숏단열벽체	-Easy plug-in 단열벽체	
		알루미늄 열반사필름	-따시론	
		왕거솓+황토벽재	-프리캐스트 황토벽체 및 이의 제조방법	
	10.도장재 종류	오일스테인(식물성기름)	-본덱스오일스테인 -올림픽 오일스테인	

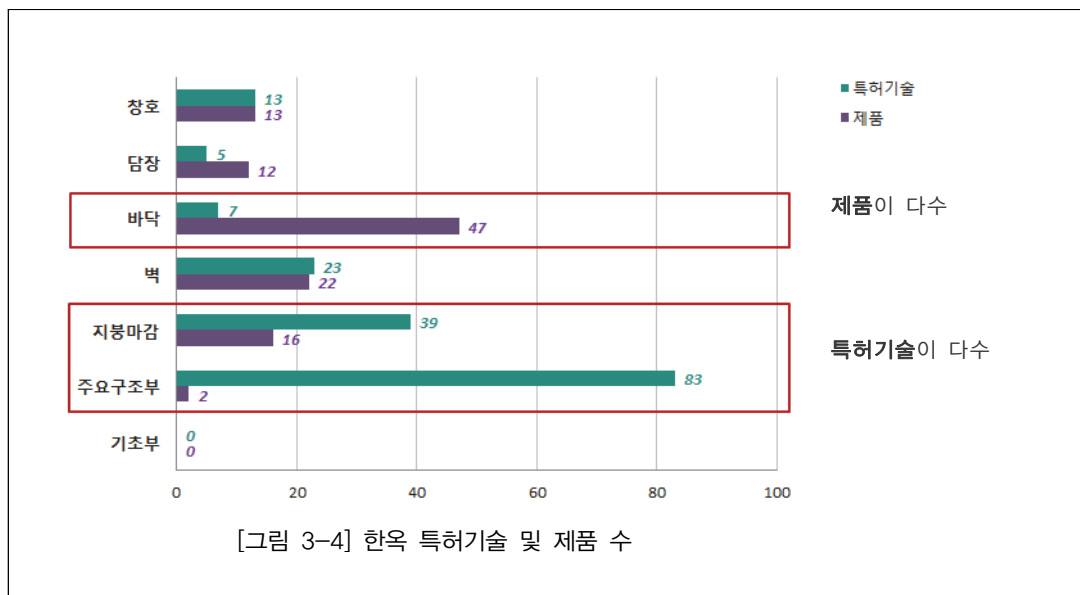
요소명	요소기술 현황			합계
	대분류	세분류	특허기술 및 제품	
		천연옻칠+수용성우레탄	-구채옻칠	
		한옥전용도료	-채색단청도료 -고색단청도료 -단면도료	
		핸디코트	-핸디코트	
		테라코트	-테라코트	
		회벽마감	-회벽마감	
	11. 벽 마감재	황토마감	-황토벽돌	
		시멘트 마감	-시멘트 모르타르	
		무수축 마감	-무수축 모르타르	
창호	12. 창호틀+ 마감재 종류	목재 창문틀	-목재창문틀+유리 -목재창문틀+창호지	17건
		목재+알루미늄 창문틀	-목재,알루미늄창문틀+유리 -목재,알루미늄창문틀+창호지	
		샷시	-샷시	
	13. 창호개폐방식	이중창	-미서기(외부)+미서기(내부) -여닫이(외부)+미서기(내부) -여닫이(외부)+미닫이(두겹닫이, 내부) -복합여닫이창호	
		단일창	-미서기/여닫이/미닫이/들어열개	
	14. 현관문 종류	철재프레임+목재		
		목재+모서리 철재장식	-다드미 목재단열현관문	
담장	15. 담장재	타일	-우리담-줄눈사괴석 -우리담-전돌 -우리담-와편 -줄눈전돌 -전돌 고구려 -卍_만자문양석 -亞_아자문양석 -귀갑문양석 -기단석 타일 -꽃담장식	26건
		볼트+너트 삽입 블록조담장	-담장용 블록과 그 블록으로 이루어진 담장	
기타	-	-	-건축용 대단면재의 제조방법 -BIM 객체분류체계 생성시스템 및 그 방법 -한옥의 건축방법 -파라메트릭 디자인 프로세스를 이용한 한옥설계지원 정보시스템 구축 -한옥의 디지털 영상 합성 변형 시스템 및 그 방법	9건
총 합계				291

2) 한옥 특허기술 및 제품 수량

□ 한옥 특허기술 및 제품 수량 비교

한옥기술에서 특허기술과 제품이 차지하는 비율을 분석한 결과, ‘주요구조부’ 관련 기술(특허기술 83건/ 제품 2건)과 ‘지붕마감’ 관련 기술(특허기술 39건/ 16건)은 특허기술이 대부분을 차지하고 있으며, 제품 개발은 미흡한 것으로 나타났다. ‘주요구조부’ 관련 기술은 접합부(기둥+보) 결구방법, 지붕구조 시공방법, 지붕단열방법 등 구조성능 개선을 위한 특허기술로, 이와 같은 기술은 제품화되기 어렵기 때문에 특허기술의 비중이 높게 나타난 것으로 보인다. ‘지붕마감’ 관련 기술은 내수성·내구성·단열성능 및 시공성이 향상된 기와와 관련한 특허기술이 다수 출원되었는데, 기와는 한옥에 국한되어 적용되는 자재로 한옥에 대한 적은 수요와 한옥의 디자인 구현 미흡으로 인해 다수의 특허가 제품으로 출시되지 못하고 있는 상황이다.

반면, ‘바닥’ 관련 기술(특허기술 7건/ 제품 47건)은 제품이 다수를 차지하는 것으로 나타났으며, 특허기술은 비교적 적은 것으로 나타났다. ‘바닥’ 관련 제품인 바닥난방시스템, 우물마루 등은 디자인의 다양성이 요구되고 한옥 뿐 아니라 광범위한 건축물에 함께 사용될 수 있어 특허기술이 제품 개발로 연결되기 용이하다.



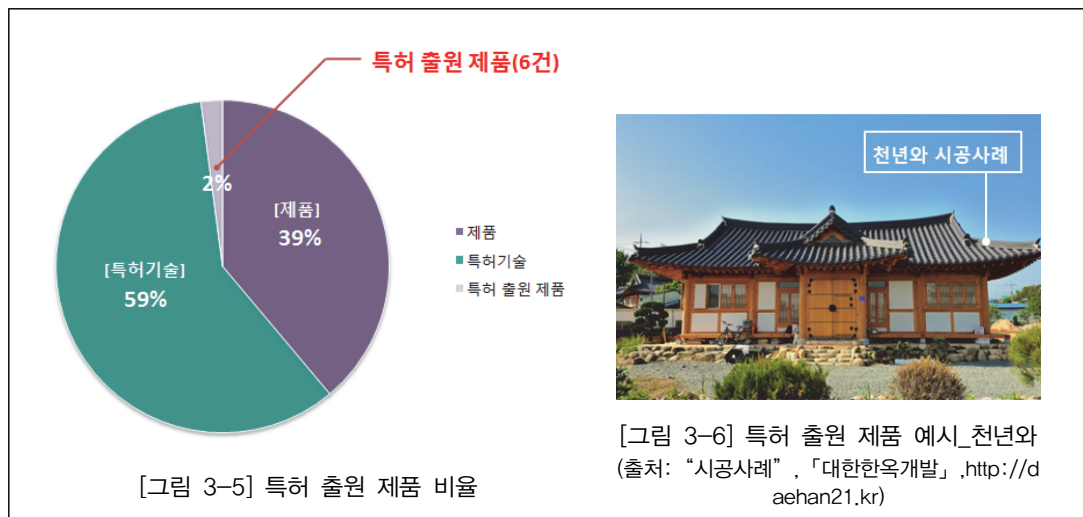
[표 3-4] 한옥 특허기술 및 제품 수량 비교

요소명	한옥기술 수 (특허기술 + 제품 수)	특허기술 수	제품 수
기초부	0	0	0
주요구조부	85	83	2
지붕마감	55	39	16
벽	45	23	22
바닥	54	7	47
담장	17	5	12
창호	26	13	13
기타	9	9	-
합계	291	179	112

* □ : 제품이 다수 개발된 한옥 부위/ □ : 특허기술이 다수 개발된 한옥 부위

□ 특허 출원 제품의 비율

한옥기술 중 제품으로 개발된 특허기술은 ‘지붕마감’ 관련 제품 2건, ‘바닥’ 관련 제품 4건으로 전체 한옥기술 중 2%(6건)만을 차지하는 것으로 나타났다.



‘지붕마감’ 관련 특허기술 중 PVC 또는 레진콘크리트를 사용한 합성기와(천년와)와 청색의 점토기와 색상을 구현한 한식 청(유약) 기와가 제품으로 개발된 것으로 나타났다.

‘지붕마감’ 관련 특허기술은 대부분 기와 관련 기술들로 점토기와, 시멘트기와, 금속기와, 합성기와, 일체형 기와 등이 있다. 기와 관련 특허들은 내수성 및 내구성 향상, 낙하방지, 시공성 및 생산성 향상, 경량화, 단열성능 개선, 친환경성 등이 적용되어 전통기와의 성능을 개선한 기와 제품이다. 하지만 출원된 특허들이 전통기와의 디자인을 구현하기에 미흡하고 전통기와가 사용된 한옥만을 한옥으로 인정하는 수요자들의 인식들로 인해 다수의 특허가 제품으로 출시되지 않고 있다. 판형기와, 조립식 기와는 아직 지붕 곡선 형태를 구현하기에 미흡한 단계이며 친환경재료를 사용한 기와 제품, 친환경에너지 활용 기와 제품은 가격대비 성능, 거주자들의 수요 등을 고려할 때 아직 보급단계에 도달하지 않은 것으로 보인다. 따라서 차후년도 R&D 연구개발 전략 수립 시 이에 대한 고려가 필요하다.

반면 ‘바닥’ 관련 특허기술의 경우, 한옥 뿐 아니라 광범위한 건축물에 적용될 수 있고 수요가 많아 특허기술이 제품 개발로 연결되기 용이하다.

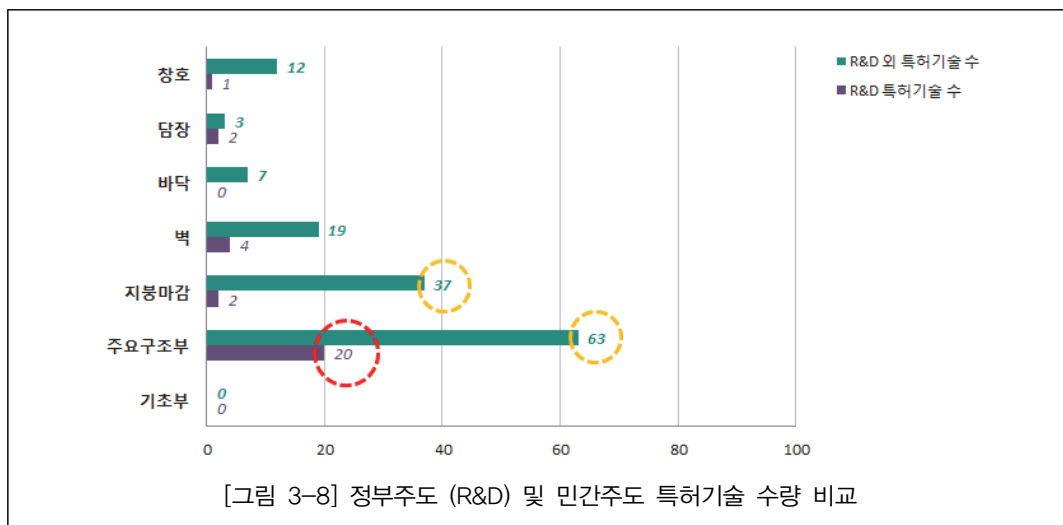
[표 3-5] 특허출원 제품 현황

요소명	제품명	주요내용	특허등록 번호	합계 (건)
지붕 마감	천년와	PVC 또는 레진콘크리트 재질을 이용하여 전통한옥 기와지붕의 형태, 색상 및 질감을 표현하면서 전통적인 기와의 3~4개의 폭으로 기와꼴 크기가 한판 일체로 만들어진 지붕마감재로써, 취급 및 시공의 편의를 높인 제품	10050751 80000	2
	한식 청(유약) 기와	고령 한식기와에 고령기와 특유의 유약을 사용하여 고온 소성한 지붕재로 겨울철 동파, 내구성 저하로 인한 기와 손상이 적어 반영구적인 지붕의 보전이 가능	1005470 210000	
바닥	Heat One	층간소음방지 에너지절감 조립식 바난난방시스템	10091723 60000	4
	따따시 건강난방	기포콘크리트를 대체하는 금속 바닥판을 이용하여 황토온돌을 시공할 수 있는 시스템	10081586 00000	
	온수순환마루용 패널	온수패널 상부와 마감용 바닥재를 일체화시켜 마감포함 온수패널의 두께를 25mm로 만든 제품	10143849 00000	
	대나무바닥재 Bamboo Floor-board	중판부분이 특수 구조화되어 단변측 길이방향으로 쉽게 구부러지지 않아 상판과 하판의 접착이 떨어져 들뜨지 않게 하고 중판 단변측 힘에 의한 왜곡현상을 방지한 바닥재 제품	10109329 30000	
총 계				6건



□ 정부주도(R&D) 및 민간주도 특허기술 수량 비교

정부주도(R&D) 및 민간주도 특허기술은 모두 ‘주요구조부’ 관련 기술이 다수 출원된 것으로 나타났다. 정부주도(R&D) 특허기술 총 38건 중 주요구조부 관련 기술은 20건으로, 시공성과 구조 안전성이 향상된 한옥을 구현하기 위한 기술개발이 추진되었다. 민간주도 특허기술에서도 ‘주요구조부’(63건) 관련 기술이 가장 많이 나타났으며, ‘지붕마감’(37건) 관련 특허기술도 다수 출원된 것으로 나타났다. 이는 최근 한옥에 대한 인식이 거주 대상으로 변모하면서 가격은 싸고 성능은 향상된 한옥을 짓고자 하는 수요자들의 요구가 반영된 것으로 판단된다.



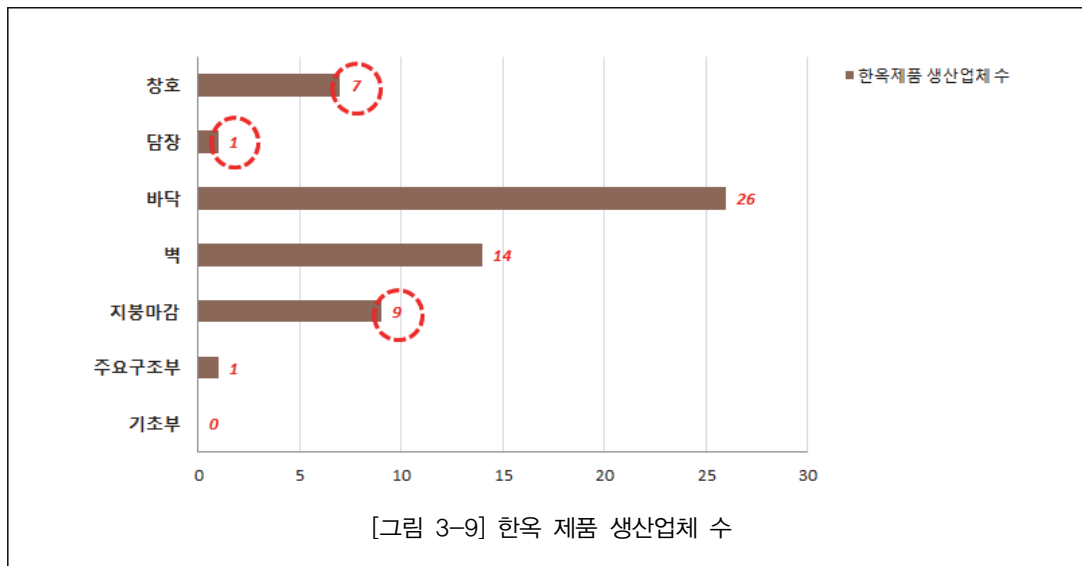
[표 3-6] 정부주도(R&D) 및 민간주도 특허기술 수량 비교

요소명	특허기술 수		
	정부주도(R&D) 특허기술	민간주도 특허기술 (R&D 외)	소계
기초부	0	0	0
주요구조부	20	63	83
지붕마감	2	37	39
벽	4	19	23
바닥	0	7	7
담장	2	3	5
창호	1	12	13
기타	9	—	9
합계	38	141	179

* ■ : 한옥 특허기술 및 제품 수가 다수 개발된 한옥 부위

□ 한옥에 적용 가능한 제품 생산업체 수

한옥에 적용 가능한 제품은 총 112개가 생산되고 있으며 한옥 제품 생산업체는 58개로 조사되었다.¹⁹⁾



19) 동일한 한옥 제품을 각기 다른 유통업체에서 보급하고 있어 한옥 제품 유통업체는 한옥 제품 생산업체에서 제외하였다.

특히, 한옥에만 주로 사용되는 기와, 창호, 담장 관련 제품은 생산업체가 매우 한정된 것으로 조사되었다. 한옥 제품 생산업체는 하나의 제품만을 생산하는 영세 업체가 대다수로, 다양한 제품 생산 측면에서는 어려운 여건에 있다. 이러한 양상은 한옥에 대한 수요가 적기 때문인 것으로 판단되며, 다양한 제품개발을 위해서는 한옥의 가치 공유와 한옥에 대한 수요 증대가 수반될 필요가 있다.

[표 3-7] 한옥제품 생산업체 수

요소명	1개업체당 생산제품 종류	업체 수	업체 수 합계
기초부	0	0	0
주요구조부	2	1	1
지붕마감	5	1	9
	2	2	
	1	6	
벽	4	1	14
	3	1	
	2	3	
	1	9	
바닥	8	1	26
	7	1	
	3	3	
	2	3	
	1	18	
담장	12	1	1
창호	3	2	7
	2	2	
	1	3	

* □ : 하나의 제품만을 생산하는 업체

3) 한옥 특허기술 변화 추이

한옥 특허기술 변화 추이를 살펴보기 위해 한옥 정책 시기를 3단계로 구분하고 이에 따른 특허기술 수량 및 현황을 분석하였다. 한옥 정책 시기는 본격적으로 한옥 관련 이슈가 제기되고 정부주도 사업이 시작된 시점과 한옥 성능 개선과 보급형 한옥 개발이 추진되기 시작한 국토부 R&D 사업 시행일을 기점으로 시기를 구분하였다.

- (2006년 이전) 한옥에 대한 관심이 저조하던 시기
- (2007~2009년) 한옥 관련 정부주도 사업 시작
 - 한스타일 종합 육성계획('07~ '11), 행복마을 조성사업('07), 한옥선언(서울, '07)
- (2010~2014년) 보급형 신한옥 개발을 위한 R&D 사업 시작
 - 한옥기술개발 R&D 연구사업('10~ '13), 제1차 건축정책기본계획('10~ '14), 신한옥 플랜('10), 한옥인력양성사업('11~)

□ 한옥 특허기술 변화추이

연도별 특허기술 총 합계에 따르면 전반적으로 한옥 특허기술은 증가 추세를 보이고 있다. 한옥의 부위별 특허기술에 따른 변화추이를 분석한 결과, '주요구조부', '지붕마감', '벽' 관련 특허기술 증가가 두드러졌으며 특히, '주요구조부' 관련 특허기술은 정부주도 R&D 사업 완료시점인 '12~'13년도에 크게 증가한 것으로 나타났다. 이로 보아 현대사회에서 한옥은 수요자들의 관심을 받지 못하였고 목수의 재량에 따라 건축되어지면서 특허기술 출원이 미비했으나, 최근 한옥에 거주하길 원하는 수요자가 늘어나면서 구조안정성과 관련된 문제점을 보완하기 위한 노력이 시행되었다고 여겨진다. 실제로 국토부 R&D 사업기간 동안에 접합 및 하중, 구조부재와 관련된 기술이 다수 출원되었다. '지붕마감', '벽'과 관련된 기술도 계속해서 증가하는 것을 볼 수가 있는데 '13년에는 '06년 이전까지 개발되었던 기술들보다 약 2배 가량 많은 수치를 보인다.

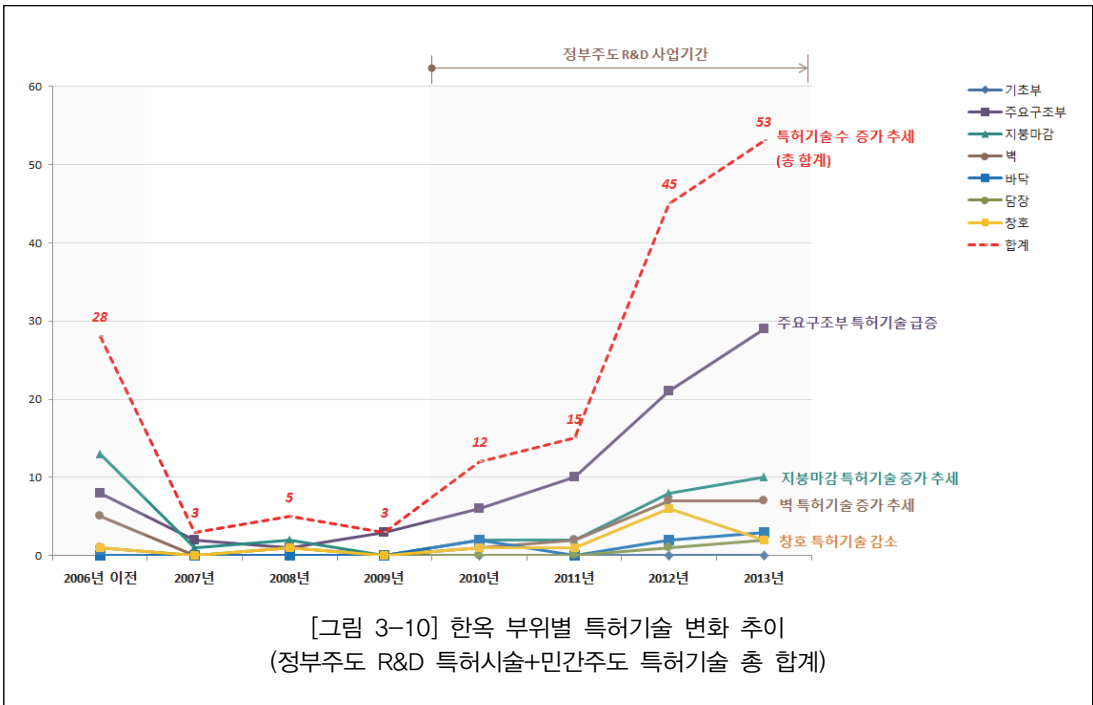
이에 반해 '바닥', '담장', '창호'에 관련된 기술은 대체적으로 증가가 미비한 것을 볼 수 있다. 바닥재의 경우 디자인의 다양성이 요구되므로 특허기술보다는 제품이 월등히 많기 때문으로 유추되며, 담장은 면적당 인구밀도가 높아짐에 따라 건축물이 밀집형태를 이루면서 작은 면적에 높은 효율을 제공해야 하는 도심지의 특성 때문에 개발이 미비한 것으로 보인다. 창호 역시 한옥이 전통한옥에서 신한옥으로 발전·개발되면서 일반 강화유리

의 사용이 많아졌고 창호가 차지하는 면적이 넓어지면 단열성능이 낮고 에너지 소비율이 높다는 문제점을 가지고 있어 더 이상의 기술 발전이 이뤄지지 않은 것으로 보인다.

[표 3-8] 한옥 부위별 특허기술 변화 추이(정부주도 R&D+민간주도 특허기술)

구분	연도별 특허기술								합계
	2006년 이전	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	
기초부	0	0	0	0	0	0	0	0	0
주요구조부	8	2	1	3	6	10	21	29	83
지붕마감	13	1	2	0	2	2	8	10	39
벽	5	0	0	0	1	2	7	7	23
바닥	0	0	0	0	2	0	2	3	7
담장	1	0	1	0	0	0	1	2	5
창호	1	0	1	0	1	1	6	2	13
합계	28	3	5	3	12	15	45	53	282

* □ : 정부주도 R&D 사업기간



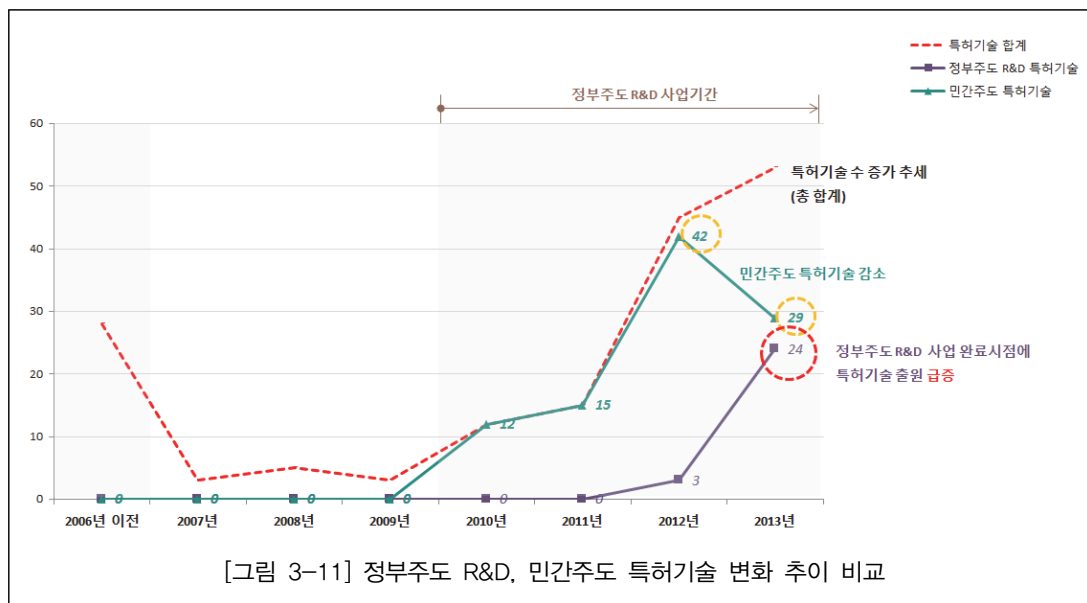
□ 정부주도(R&D), 민간주도 한옥 특허기술 변화추이

정부 주도(R&D) 특허기술과 민간주도 특허기술이 한옥 기술 발전에 어떠한 영향력을 주고 발전해왔는지 살펴보기 위해 정부주도(R&D), 민간주도 특허기술의 연도별 특허기술 수량 변화추이를 비교·분석하였다.

과거에서 '06년도 까지 특허기술의 수는 총 28개로 기간이 길었던 것에 비해 상대적으로 낮을 수치를 보이고 있다. 이러한 추세가 '09년까지 계속 이어지고 '10년을 전후로 수치와 그래프의 양상이 급변한다. 이러한 양상은 정부주도 R&D 연구사업이 진행되었던 시기와 일치하며, 정부주도의 한옥 기술개발이 크게 영향을 미친 것을 알 수 있다. 특히 R&D 연구사업이 완료되는 시점인 '13년에 특허기술 출원이 급증하였다.

[표 3-9] 정부주도 R&D, 민간주도 특허기술 변화 추이

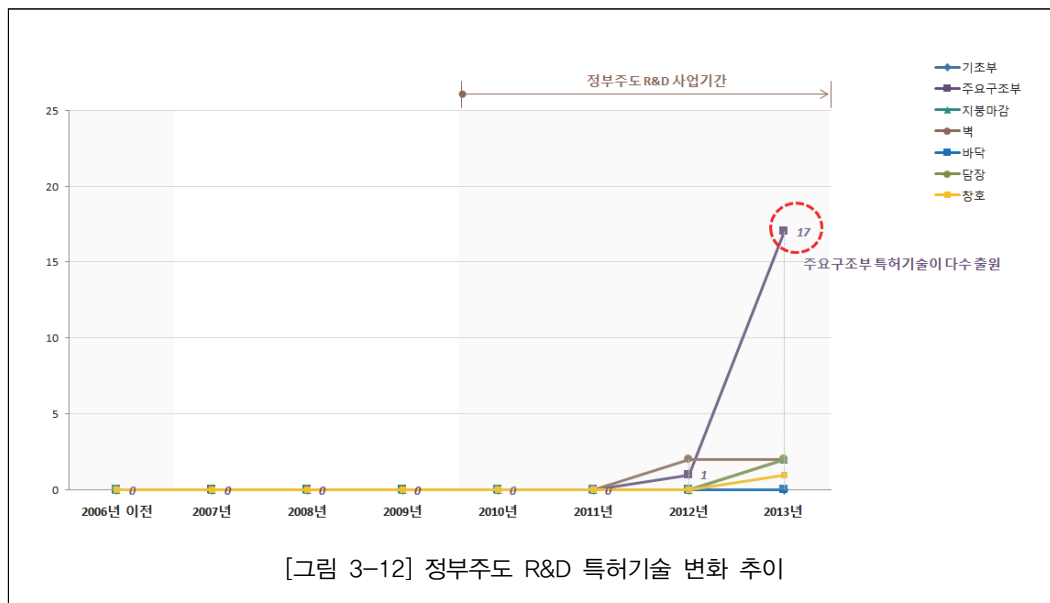
구분	연도별 특허기술							
	2006년 이전	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
R&D 외	28	3	5	3	12	15	42	29
R&D	—	—	—	—	0	0	3	24
합 계	28	3	5	3	12	15	45	53



민간주도의 특허기술은 꾸준한 증가 추세를 보이다 '12년에 특허출원이 급격히 늘어났다. 이후 '13년으로 오면서 특허 출원이 소폭 감소하였지만 여전히 많은 수의 특허가 출원되어 감소추세로 보기는 어렵다.

□ 정부주도(R&D), 민간주도 특허기술 현황 변화 추이

정부주도로 R&D를 통해 개발된 특허기술은 주요구조부 신공법 관련 기술이 대부분으로 '13년에 17건의 특허가 출원되었다. 이것으로 보아 R&D사업은 한옥에 대한 일반인들의 관심 증대로 인한 한옥 수요증가 추세를 반영하여 한옥 건축 시 취약했던 구조안전성에 그 주안점을 두고 기술 개발을 추진한 것으로 유추된다.



정부주도로 개발된 주요구조부 특허기술은 접합부(기둥+보) 결구방법, 지붕구조 시공방법, 당골막이 등이 있다.

한옥의 주요구조부 시공방식은 부재와 부재를 맞춤과 이음을 통해 접합하는 방식으로 목재의 물성을 그대로 이용한다. 이에 한옥에서는 부재간의 긴결성을 유지하며 내력을 형성하는 접합부 결구방법이 중요하다. R&D에서는 한옥의 구조안전성을 향상시키기 위해 부재의 단면손실을 최소화하는 접합구조를 개발하여 내력과 긴결성을 향상시키는 결과를 얻었다.

전통한옥의 지붕구조에서 지붕을 형성하는 가장 기본적인 부재는 서까래로, 지붕의 모든 하중은 서까래를 통하여 도리를 거쳐 보에 집중하중으로 전달된다. 이에 일반적으로 한옥 시공 시 지붕하중을 견딜 수 있도록 많은 양의 서까래를 사용한다. 기존에는 하중을 고려하지 않고 목수의 경험에 의해 부재의 크기가 결정되는 경우가 많았으며, 장기간의 공사기간으로 경제성·효율성이 떨어지는 문제점을 가지고 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 R&D 사업에서는 한옥의 외부에 노출되어 있는 부분은 전통한옥의 모습으로 구현하고 내부의 부재는 경량화하며 지붕하중에 적합한 서까래 부재의 단면형상을 갖는 한옥을 제안하였다.

한옥에서 당골은 시공성과 단열·기밀의 문제가 가장 많이 발생하는 부위이다. 전통한옥은 황토와 회반죽을 이용한 습식 시공방식이 주로 사용되나, 습식 시공방식은 공사기간이 길고 시공의 효율성이 낮다는 단점이 있다. 또한 시공 후에도 서까래의 수축변형으로 황토와 서까래간의 이격이 발생할 수 있어 열손실 등의 문제점을 가지고 있다. 이에 최근에는 건식공법을 적용하는 사례가 증가하고 있다. R&D 사업에서는 습식시공방식이 아닌 건식시공방식으로 모듈화된 당골막이와 당골막이 착고를 이용한 시공방법, 단열재를 포함하는 당골막이 시공방법 등 당골을 최적상태로 시공하고 단열성능도 높일 수 있는 기술을 개발하였다. 또한 하중을 고려하여 부재의 단면을 최적으로 설계할 수 있는 프로그램과 모델링·설계 자동화가 가능한 프로그램을 개발하였다.

반면, 정부주도 특허기술은 주요구조부를 제외한 나머지 부위에서는 기술 개발이 소극적인 것으로 나타났다.

[표 3-10] 정부주도 R&D 특허기술 현황

요소명	대분류	세분류	한옥 특허 기술명	특 허 등 록번호	출원인	발명자	등록 년도
주요 구조부	접합부 (기둥+보) 결구방법	이음과맞춤으로 결구	전통 목조 건축 부재 접합 구조	1012168 250000	한국전통문화대 학교산학협력단	황종국	2012
			우주형 전통 목조 건축 부 재 접합 구조	1012636 280000	한국전통문화대 학교산학협력단	황종국, 이학원	2013
			평주형 전통 목조 건축 부 재 접합 구조	1012636 300000	한국전통문화대 학교산학협력단	황종국, 이학원	2013
			회첨형 전통 목조 건축 부 재 접합 구조	1012636 290000	한국전통문화대 학교산학협력단	황종국, 이학원	2013
		철물(볼트와 너트) 로 결구	목조 건축의 판형 기둥 연 결 장치	1012859 640000	한국전통문화대 학교산학협력단	황종국, 김형준	2013

[표 3-11] 정부주도 R&D 특허기술 현황

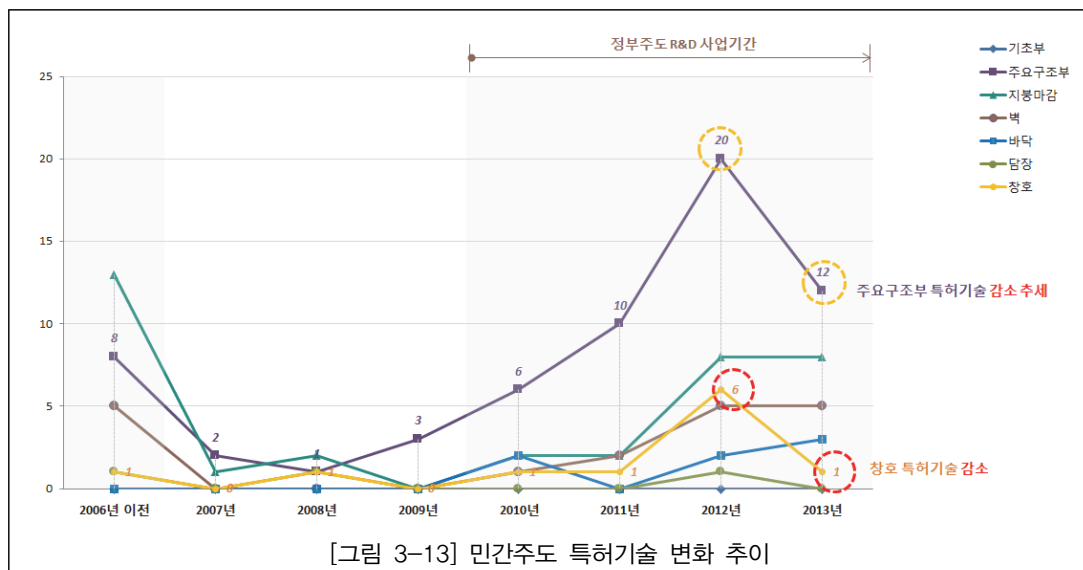
요소명	대분류	세분류	한옥 특허 기술명	특 허 등 록번호	출원인	발명자	등록 년도
주요 구조부	지붕구조 시공방법	목조(원목) 지붕구조	목조주택 및 목조주택의 제조방법	1012892 360000	한국건설기술연 구원, 유한회사 에스와이	강재식, 최경석, 김기현, 정영용	2013
			목조주택 지붕 및 목조주 택 지붕의 제조방법	1012770 540000	한국건설기술연 구원, 유한회사 에스와이	강재식, 최경석, 김기현, 정영용	2013
			목조주택 기둥의 단열구조 및 목조주택 기둥의 단열 방법	1012920 190000	한국건설기술연 구원, 유한회사 에스와이	강재식, 최경석, 김기현, 정영용	2013
		덧서까래형 지붕구조	덧서까래형 한옥지붕 및 그 제작방법	1013741 630000	명지대학교 산학협력단	김왕직, 조현정	2014
			한식형 기와지붕 구조체	1012572 880000	전남대학교 산학협력단	천득염, 양정무	2013
		가침서까래형 지붕구조	가침 서까래 및 이의 제조 방법	1013741 620000	명지대학교 산학협력단	김왕직, 김상협	2014
		패킹재 삽입 지붕구조	한옥 및 한옥의 제조방법	1013430 530000	한국건설기술 연구원	강재식, 최경석	2013
		콘크리트 삽입 지 붕구조	한식지붕구조	1012862 780000	채민수	채민수	2013
	당골막이	발포플라스틱모듈+ 스펀지(탄성부재)	당골막이용 발포 플라스틱계 모듈 및 상기 모듈로 구성된 당골막이	1013361 250000	전남대학교산학 협력단	천득염, 양정무	2013
		발포플라스틱모듈+ 판스프링(탄성부재)	당골막이	1012943 570000	명지대학교 산학협력단	김왕직, 김상협	2013
		볼트 삽입 건식모 듈형당골막이	한옥의 개량형 당골막이	1013028 730000	명지대학교 산학협력단	김홍식	2013
		다목적 주심도리	당골막이 기능을 가진 다 목적 주심도리	1012621 700000	임배환	임배환	2013
	기타	-	한옥 구조부재 단면조건표 생성 시스템 및 그 방법	1013090 830000	명지대학교 산학협력단	김영민, 김장희	2013
			한옥 구조부재 설계 자동화 시스템 및 그 방법	1013090 820000	명지대학교 산학협력단	김영민, 김슬기	2013
			파라메트릭 구동에 의한 한 옥 지붕 부재의 모델링 방법	1012877 140000	서울대학교 산학협력단	전 봉 희 외 6인	2013

민간주도 기술 개발도 ‘주요구조부’에서 가장 많은 발전이 있는 것으로 나타났다. 민간주도 ‘주요구조부’ 기술은 ‘12년까지 지속적으로 증가하다가 ’13년도에 소폭 감소하는 모습을 보이는데, 이는 R&D 사업에서 추진한 다수의 ‘주요구조부’ 기술 개발로 인한 영향으로 유추된다. 실제로 ‘13년도의 주요구조부 기술 출원 수치가 전년도에 비해 절반 가까이 떨어졌다.

민간에서는 ‘지붕마감’, ‘벽’, ‘창호’ 관련 특허기술도 지속적으로 출원 중인 것으로 나타났다. 이는 정부주도 특허기술 현황과 차이가 있는 결과로, 제품으로 출시하기 용이하고 수요가 있는 한옥기술은 민간에서 활발히 개발되는 것을 알 수 있다.

[표 3-12] 한옥 부위별 특허기술 변화 추이(민간주도 특허기술)

구분	연도별 민간주도 특허기술(R&D 외)								합계
	2006년 이전	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	
기초부	0	0	0	0	0	0	0	0	0
주요구조부	8	2	1	3	6	10	20	12	63
지붕마감	13	1	2	0	2	2	8	8	37
벽	5	0	0	0	1	2	5	5	19
바닥	0	0	0	0	2	0	2	3	7
담장	1	0	1	0	0	0	1	0	3
창호	1	0	1	0	1	1	6	1	12
합계	28	3	5	3	12	15	42	29	141



민간주도로 개발된 ‘주요구조부’ 특허기술의 현황을 살펴보면, ‘06 이전에는 강성을 증가시킨 복합구조제²⁰⁾, 곡선형상을 구현할 수 있는 집성목 성형방법²¹⁾, 동일 규격의 서까래 성형방법, 표준화된 소형부재 제조 및 조립방법에 대한 기술 등이 개발된 것으로 나타난다. 이 시기에 개발된 기술들은 설계자가 설계한 대로 성형이 가능하고 표준화된 규격으로 공장에서 대량생산할 수 있는 부재를 개발하는데 목적이 있었다.

이후 ‘07~09년도에는 직선재 부재를 사용한 처마 시공방법, 경량화되고 모듈화된 서까래 제조 및 시공방법, 조립식 한옥 시공방법, 철골과 목조구조를 혼합 사용한 한옥 시공방법 등 현대한옥에 적용 가능한 새로운 주요구조부 기술들이 개발되기 시작하였다.

종래의 한옥의 지붕구조는 기둥-서까래에 접합된 처마 브라켓이 내부로 돌출되어 미관상 좋지 않으며 처마 브라켓 상부가 단부 부모멘트에 영향을 많이 받는 구조로 되어 있었다. ‘07년도에 개발된 접합용 처마 브라켓은 접합부에 발생하는 단부 부모멘트에 효과적으로 저항하고 기둥-서까래 접합부의 접합 각도에 대응되어 한옥의 시공성을 개선하였다. ‘08년도에는 직선재를 사용하여 가공이 용이하고 표준화된 규격의 부재생산이 가능한 조립식 처마가 개발되어 대규모의 직선재를 사용하지 않고도 한옥의 곡선을 재현할 수 있게 되었다. ‘09년도에는 서까래 사이마다 다수개의 황토판넬을 일렬로 조립 설치하여 지지력을 향상시킬 수 있는 기술을 개발되어 지붕의 구조안정성을 높일 수 있게 되었다.²²⁾

‘09년도 이전에 개발된 한옥의 지붕구조 관련 기술은 구조 안전성을 개선하고 적은 목재를 사용하기 위한 기술들이 개발되었다. 이 시기의 기술들은 종래의 지붕구조에서 혁신적인 변화가 있지 않은 다소 소극적인 기술들이 주를 이루고 있었다. 하지만 ‘10년도 이후, 한옥의 지붕구조 관련 기술은 부재를 경량화하고 비전문가도 쉽게 시공할 수 있는 시공방법에 집중하여 개발되기 시작하였다. 이러한 영향으로 새로운 재료와 시공방법을 적용한 한옥이 등장하였다.

20) 목재구조재에 에폭시혼합제와 보강재를 사용하여 강성을 증가시킨 복합구조재를 개발

21) 종래의 집성목은 직선형태가 주류를 이루었으나 곡선형상을 이루는 구조용 집성목 제조방법 및 장치 개발을 통해 부재를 표준화하고 공장생산, 대량생산을 가능하게 되었으며 숙련된 전문인 없이도 용이하게 제작할 수 있게 됨

22) 종래에는 서까래의 상면부에 다수개의 목재판넬을 고정부착하였으나 본 고안에서는 서까래 사이마다 다수개의 황토판넬이 일렬로 조립설치된 상태로 안착하여 상기 장선목이 황토판넬의 양측면을 안정되게 지지하여 황토판넬의 설치가 간단하고 용이하게 이루어질 수 있도록 함

기둥, 보, 서까래 등 한옥에 사용되는 부재의 양을 줄이거나 경량화하고 시공방법을 달리하는 기술들이 개발되기 시작하였다.²³⁾ 하나의 원목을 사용하여 기둥을 제작하는 경우, 부재 치목을 수작업으로 수행해야하기 때문에 오랜 시공기간이 소요되고 많은 인건비가 부가되는 문제가 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 내부가 빈 구조로 된 서까래('12), 하중을 줄인 콘크리트 서까래('12)²⁴⁾, 합성수지인 PVC로 제조된 서까래('13) 등 다양한 재료와 형식을 가진 경량화된 서까래가 개발되었으며, 서까래의 규격화와 대량생산이 가능한 장치('05)²⁵⁾도 개발되었다. 소경재²⁶⁾를 이용한 표준화 목조건축 구법('06), 복수개의 부재를 조합하여 하나의 기둥을 구성하는 조합기둥과 조합보('12)가 개발되어 재료의 사용량을 줄이고 부재의 공장생산이 가능하여 비용을 절감할 수 있게 되었다. 또한 공학목재를 사용하고 방수처리재를 추가하여 단열성능이 높고 경량화된 지붕구조('12), 철골을 이용한 기둥부재(13), 콘크리트 부연('13)²⁷⁾ 등 목재가 아닌 재료를 사용하여 부재를 경량화하고 시공이 간편한 부재가 개발되었으며, 공사비 절감을 위한 기술은 지속적으로 개발되고 있다.

전통한옥은 이음과 맞춤을 통한 가구결구방식을 준수해왔으나 철골로 결구되는 방법, 철골과 목조구조가 혼합된 방법 등 새로운 한옥의 시공구법에 대한 개발이 이루어지기 시작하였다. '07~'08년도에는 목구조와 형강구조가 복합된 조립시공방법, 공장가공이 가능한 표준화된 부재 개발 및 결합방법, 일체화된 부재(기둥, 보, 도리) 개발 등 한옥의 구조성능 및 시공성을 개선한 기술들이 개발되었다. '09년도부터는 철골과 목구조가 혼합된 시공방법²⁸⁾이 개발되기 시작하였다. '10년에는 기둥과 보는 철근콘크리트 구조로 구성하고 지붕골조는 콘크리트 슬라브로 시공하며 목재는 노출되는 부위에서만 적용된 기술이

23) 지붕을 지성에서 먼저 조립시공 후 기둥 위에 올리거나, 지성에서 지붕틀을 형성하고 이후 기와를 설치하여 시공성을 향상시킨 기술('10), 소형단면부재를 사용한 2중 바닥구조의 한옥지붕판 결구방법을 통해 자재비와 인건비를 줄인 기술('10) 벽체와 지붕이 착탈 가능한 구조로 구성되어 한옥 시공에 소모되는 인력과 비용, 시공시간을 절감한 기술('11) 등이 개발됨

24) 콘크리트 서까래는 단열재로 스티로폼(경량화)을 사용하고 보강철근을 포함

25) 상기의 서까래는 합성수지인 PVC로 성형되어 성형 고정시 간편하고 신축성이 좋아 장기간 반복사용이 가능하며 또한 금형에 의해 서까래를 제조하게 되면 균일한 규격의 서까래를 단시간에 대량으로 생산할 수 있는 장점이 있음

26) '소경재'란 굵기가 15cm 미만의 작은 원목을 뜻함

27) '부연'이란 처마서까래나 돌연 끝에 덧댄 짧은 서까래를 말함. 상기의 기술은 콘크리트 부연으로 부재의 경량화를 위해 스티로폼을 단열재로 사용하여 재료의 절감과 하중의 감량을 동시에 구현

28) 기초 위에 철골기둥을 세우고 철골골조 위로 전통 한식 건축물과 동일한 방식으로 목조서까래 및 기와를 설치하여 전통기와지붕으로 시공한 기술이 개발됨

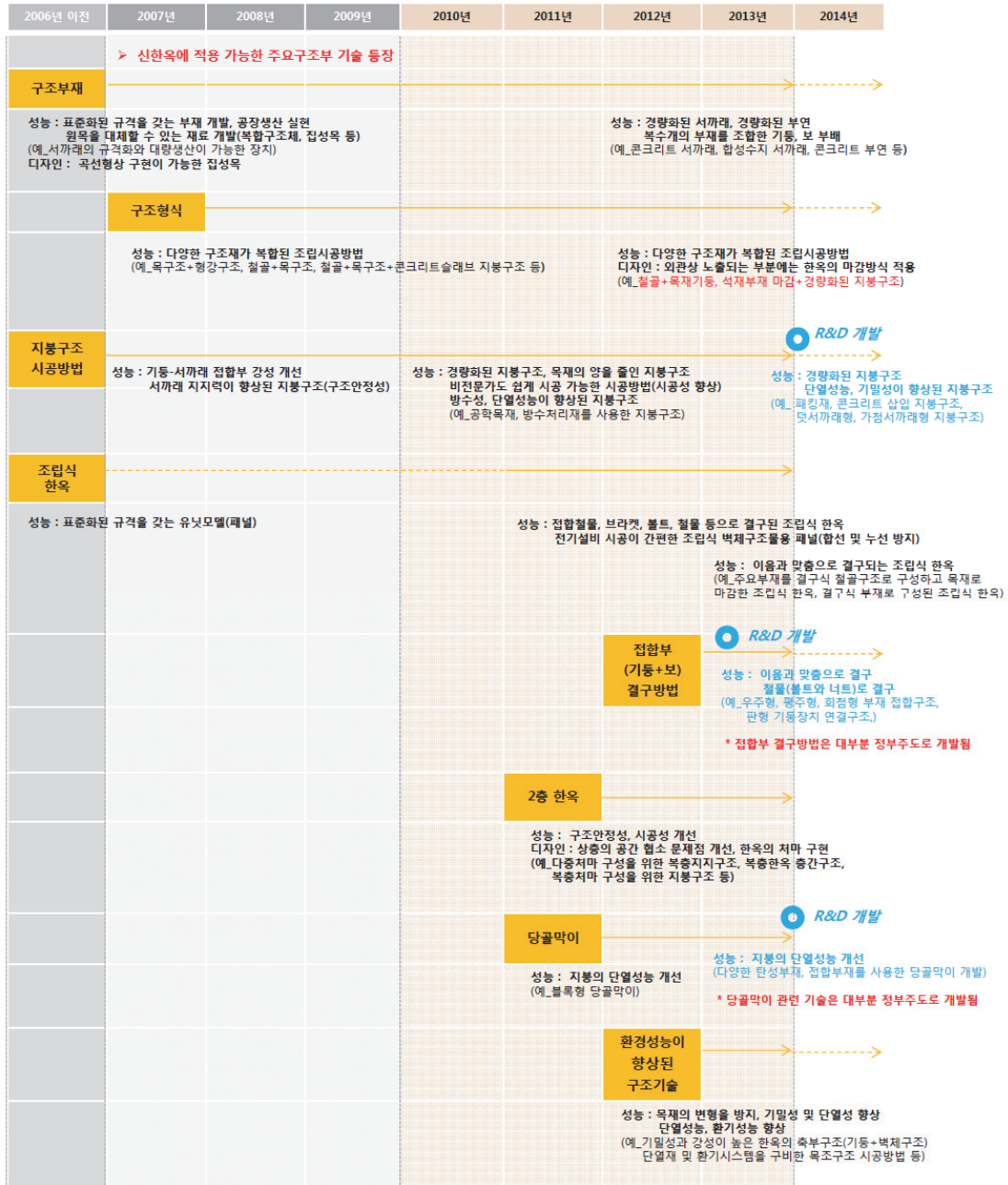
개발되었다. 한옥의 지붕을 철골조로 구성하고 지붕의 외부를 목재·기와 등으로 마감하여 한옥의 외관을 유지하면서 구조안전성을 높인 시공방법도 개발되었다. ‘12년에는 한옥 골격 대부분을 철골구조로 구성하고 외관상 노출된 철재기둥에는 목재 및 석재로 마감하는 시공방법이 개발되었다. 일체형기와를 사용하여 지붕구조를 경량화한 기술도 개발되었다.²⁹⁾ 이러한 기술들은 한옥의 구조성능 및 시공성을 개선하고 공사비 절감을 위한 기술들로, 전통한옥의 주요구조부 시공방법과 차별화된다.

조립식 한옥에 대한 기술개발도 활발해졌다.³⁰⁾ 조립식 한옥은 일반적으로 각 부재를 유닛모델, 패널 등으로 표준화하여 공장생산하고 브라켓, 접합철물, 이음과 맞춤 등을 통해 현장에서 조립·시공된다. 초기에 조립식 한옥은 용접 또는 볼트, 브라켓 접합으로 구성된 한옥의 양상을 보이다가 최근에는 맞춤과 이음으로 결구되는 조립식 한옥(‘13)이 등장하기 시작하였다. ‘11년에는 기둥, 보, 지붕구조 등 주요구조부를 접합철물로 결합하고 각 유닛은 브라켓, 볼트, 철물 등으로 결구한 조립식 한옥이 개발되었고, ‘12년도에는 부재의 공장생산이 가능하고 패널에 전선관홀이 매립된 벽체구조물용 패널이 개발되었다. 종래의 한옥 패널구조물은 전선이 패널 속에 직접 매립되어 있어 과부 시 과열로 인한 합선 및 누선의 위험이 있었으나 본 발명을 통해 이를 해결하였다. 같은 시기에 초석, 기둥, 기와를 제외한 한옥의 구조부를 조립패널로 구성하고 브라켓을 통해 접합되는 조립식 한옥이 개발되었다. 13년도에도 부재를 표준화하여 조립식으로 시공한 한옥, 주요구조부를 철골구조로 구성하고 외피만 목재로 마감한 조립식 한옥³¹⁾이 개발되었다. ‘14년도에도 이러한 추세는 계속되었으며, 조립식 한옥 개발이 활발해짐에 따라 비전문가도 한옥의 품질을 일정하게 유지하며 시공할 수 있게 되었다.

29) 지붕골격 상부를 경량화하기 위해 다수의 기와를 일체로 결합하여 형성한 합성수지재 기와부재로 마감

30) ‘05년도에 패널화 목조건축공법이 개발되었으나, 이후 조립식 한옥에 대한 기술개발은 미미하다가 ‘11년부터 활발해지기 시작함

31) 기둥, 도리, 보 부재를 결구식 철골 조립구조로 하부골조를 구성하고, 대공, 중부, 중도리 부재도 결구식 철골 조립구조로 상부골조를 구성하며 골조 외피를 목재마감재로 둘러싸는 결구식 철골 조립구조. 종래에는 용접 또는 볼트접합으로 수행하였으나 본 발명에서는 맞춤과 이음으로 결구



[그림 3-14] '주요구조부' 관련 기술 현황 변화 추이

2층 한옥에 대한 관심으로 다층처마를 구성하기 위한 복층지지구조('11)³²⁾, 복층한옥의 층간구조('11), 복층처마 구성을 위한 지붕구조('12) 등 2층 한옥의 시공이 가능한 주요 구조부 기술도 등장하였다. 도심 속에 지어지는 한옥들은 비싼 대지 비용을 극복하기 위해 다층 한옥이 도입될 필요가 있으나, 종래의 2층 한옥의 경우 하층에 비해 상층의 기둥 간격이 좁아 공간이 협소해지고 구조안정성 확보, 한옥의 처마 구현의 어려움 등의 문제가 있었다. 이와 같은 문제를 개선하기 위해 하층과 상층의 기둥을 동일한 위치에 놓아 상층의 내부공간이 협소해지지 않는 지붕구조, PC와 RC·가구식구조와 벽식구조 적절히 구성한 층간구조 기술 등이 개발되었다. 이러한 기술 개발로 인해 구조안정성을 확보하면서 공간 활용도를 높일 수 있는 한옥을 구현할 수 있게 되었다.

최근에는 한옥의 단열 및 기밀성능 개선을 위한 주요구조부 기술이 개발되고 있다. 이러한 추세는 한옥에 대한 관심증대와 한옥을 거주 대상으로 바라보는 인식의 반영으로 보여지며, 향후 지속적으로 관련 기술이 발전될 것으로 예상된다. '12년도에는 목재의 변형을 방지하고 기밀성, 강성을 높인 한옥의 축부구조(기둥+벽체 구조)가 개발되었다. 본 기술은 수장재와 기둥을 쌍장부결합하고 건조패널을 활용하여 시공이 간편하고 충분한 기밀성을 확보할 수 있다. '13년에는 단열재 및 환기시스템을 구비하는 목조주택 시공방법, 목조주택의 단열성능 유지를 위한 단열재 시공방법 등 주거 내부에서 단열성능을 유지하기 위한 구조부 시공방법이 개발되었다. 지붕의 단열성능을 개선할 수 있는 당골막이 시공방법도 개발되었다.

그 외에도 일반 건축물을 전통한옥으로 리모델링하는 방법('10), 대나무를 소재를 사용한 집성목의 제조방법('11)³³⁾, 황토를 주성분으로 한 공간충진제를 이용한 목조주택의 제조방법('12), 외기도리³⁴⁾를 설치하지 않고도 간단하게 시공할 수 있는 한옥의 맞배지붕 시공방법('12) 화재전이 방지 기능을 갖는 한옥 지붕 및 이의 시공방법('12), 한옥 골격용 목재프레임('13) 등 다양한 분야에서 주요구조부 기술이 개발되고 있다.

32) 하층에 설치되는 기둥에 비해 내측에 위치되도록 형성하는 한옥의 복층지지구조, 처마도리 상부에 철근콘크리트 재질의 슬래브를 설치하고 슬래브의 둘레부에 서까래의 기단부를 고정할 수 서까래에 다 기와를 올려 처마를 설치함으로써, 다단의 처마를 설치하여 한옥의 외관을 개선함

33) 두께가 15~50mm의 판자를 여러 장으로 겹쳐서 접착시킨 것으로 신한옥의 구조재로 널리 쓰임

34) 외기도리는 서까래의 전단하중을 지지하는 역할을 함

‘지붕마감’ 관련 특허기술은 대부분 민간주도로 개발되었는데, 기와 재료에 따라 점토기와, 금속기와, 친환경재료 사용 및 에너지를 사용한 기와가 개발되었고 시공성을 고려한 판형기와(조립식기와), 일체형기와, 기와 시공방법, 기와 생산 시스템과 관련한 기술이 출원되었다. 이외에도 ‘09년도에 야간 시 조명 역할을 수행하는 기와 등이 개발되었다.

초기에 개발된 기와는 전통기와의 내수성 및 내구성 향상을 향상시키고 낙하의 위험을 개선하기 위한 기와가 주를 이루었다. 이후 거주 대상으로서 한옥에 관심이 증대되기 시작하면서 단열성능이 향상되고 보다 간편하게 시공할 수 있는 기와와 기와 생산 시스템 기술이 개발되기 시작하였다. 최근에는 저탄소 녹색 환경 구현을 중요시 여기는 경향을 반영하여 친환경 재료 및 에너지를 사용한 기와(’13)가 개발되었다. 정부주도 R&D에서도 조립식 기와, 친환경 재료를 사용한 기와를 개발하였다. 기와의 시공성을 향상시키기 위해 개발된 일체형 기와는 유지관리에 어려움이 있어 관련 제품이 개발되고 있지 않는 추세이며, 이를 보완하기 위해 지붕의 곡선 형태를 유연하게 구현할 수 있는 조립식 기와가 개발되고 있다.



[그림 3-15] ‘지붕마감’ 관련 기술 현황 변화추이

‘벽’ 관련 특허기술은 ‘12년부터 증가하고 있는 것으로 나타났으며 황토벽체에 대한 기술이 가장 많았다. 황토벽체는 인체 건강에 유익한 원적외선이 방출되고 주거 공간 내

에 각종 제품에서 발생하는 휘발성 유기화합물질은 제거하는 효과가 있다는 장점이 있지만, 작업이 번거롭고 저장안전성이 나쁘며, 마감재가 빠른 시간 내에 경화되고 크랙이 발생하는 문제점³⁵⁾과 시공 시 각각의 원료를 혼합하여야하는 번거로움이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 다양한 재료 및 혼합방법을 적용한 황토벽재가 개발되었다. 지금까지 개발된 황토벽재로는 황토에 맥반석 및 게르마늄, 옥분을 첨가한 실내 내장재 황토벽돌('05), 황토에 토르말린 및 질석을 혼합한 황토벽돌('06), 황토가루, 장식가루, 석탄가루 및 스티로폼으로 구성되고 벽돌 내부에 기공이 포함된 황토벽돌('08), 비닐계수성접착제에 에멀전수지와 황토분말, 물을 주성분으로 한 일액형 황토마감재('10), 수소이온과 물을 배합하여 제조한 수소수용액으로 표면 처리한 황토벽돌('12), 메타규산소다, 탄산칼륨, 구연산칼륨, 붕사 및 물로 구성된 친환경 황토벽돌('12), 석회와 기포제를 황토와 배합하고 이를 열처리한 후 염분을 흡착시키고 건조하여 제조한 소금황토블럭('13), 황토와 천연 해초를 혼합한 내장용 황토벽돌('13), 황토에 왕겨숯을 혼합한 목재 등이 있다. 이러한 기술은 황토벽돌의 내구성·내마모성을 향상시키고 표면오염을 억제하여 품질을 개선하고, 환경친화적인 황토의 특성을 유지하면서 경량화, 제작방법 간소화를 통해 대량생산이 가능한 황토벽돌을 제조하는데 목적이 있다.

이외에도 황토벽 시공방법, 황토벽돌 제조장치에 대한 기술들도 개발되었다. 황토는 내구성이 약할 뿐만 아니라 수축과 팽창하는 성질이 있어 기둥과의 연결부위가 쉽게 떨어지는 문제점이 있다. 이에 철근 콘크리트로 기초 골조공사를 마무리한 후 벽체 외면에 덧입혀 시공해야만 하는 제한성이 뒤따르며, 실내공간에 황토가 그대로 노출되어 표면에 별도로 벽지도배 또는 페인트 도색(코팅) 등 벽면 마감을 위한 추가 작업공정이 필요하다. 또한 벽면마감은 황토의 원적외선 방출을 저해하는 요인이 되어 통기성 결여에 문제가 있고 유해성분 방출의 위험이 있다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해 황토 시공방법에 대한 기술들이 개발되었다. '11년에는 기둥에 외기유입방지수단³⁶⁾을 구비하고 황토벽을 시공하여 황토벽이 수축되어 발생하는 틈새로 외기가 유입되는 것을 방지할 수 있는 시공방법이 개발되었다. '12년에는 콘

35) 황토를 성형하여 두꺼운 벽체를 만들면 건조 시 수분이 증발하여 건조수축이 발생하고, 이로 인해 균열이 발생하여 벽체의 강도 및 내구성이 저하되어 건축물에 황토벽돌을 활용하는데 어려움이 있음

36) 기둥에 수용부나 돌기부를 구성하여 건조과정에서 황토벽 수축으로 인해 패널과 기둥 사이에 발생한 틈새로 외기가 유입되는 것을 방지 또는 감소시켜 단열성을 향상시킴. 김인수(2011), “특허번호, 1010561860000”, 「한옥용 벽체」, 김인수, p.1

크리트 외면 전체에 일정한 간격을 두고 격자형 구조로 다수의 목장선을 설치한 후 황토로 미장하고 마감패널을 설치하여 통기성을 갖는 황토벽 시공방법이 개발되었다. 상기의 기술은 시공이 간편하고 공기 및 비용 절감 효과가 있으며, 원적외선이 실내로 원활히 유입되어 쾌적한 주거환경을 조성할 수 있다. '13년에는 한옥 벽체와 기둥 사이 틈새가 발생하는 것을 방지하고 물에 대한 내성이 강한 현대식 벽체로 시공하는 방법도 개발되었다. 본 기술은 한옥의 인방들 사이에 각각 한옥용 벽체를 삽입하여 시공하는 한옥 벽체 시공방법으로, 한옥 벽체와 기둥 사이에 틈새가 발생하는 것을 방지하며, 단열재와 대나무 사이를 황토와 천연접착제의 혼합물로 미장하여 유해물질 방출이 적다.

황토벽돌 제조장치 관련 기술은 시공기간을 단축하고 한옥의 심미성을 살릴 수 있는 색상구현을 위해 개발되었다. '04년도에는 종래의 황토벽돌 제조 시 필요로 하던 건조과정을 생략하여 연속적으로 대량생산이 가능하게 한 황토벽돌 제조장치가 개발되었고, '07년도에는 단순한 제조과정으로 공정오차를 줄이고 다양한 크기와 무늬를 갖는 황토벽돌을 제작할 수 있는 장치가 개발되었다. 최근에는 다양한 색상의 황토벽돌 제조를 위한 표면 성형장치³⁷⁾, 박형으로 제조 가능한 황토패널 제조장치³⁸⁾가 개발되었다.

최근에는 건축용 회반죽 조성물, 흰개미 방제 유화성 목재 유지관리용 보존재 등 벽면 결로를 방지하고 곰팡이나 세균 등으로 인한 벽면 손상을 줄이기 위한 마감재 관련 기술도 개발되었다. '13년에 개발된 회반죽 조성물 제조방법은 알긴산(HMWA)와 저분자 알긴산(LMWA)를 혼합한 결합제를 사용하여 회반죽의 표면 물성을 좋게 하고 균열이 없는 마감재를 얻으며 정량화된 재료 혼합을 가능하게 한다.³⁹⁾ 흰개미 방제 유화성 목재 유지관리용 보존재('13)는 독극물에 해당되지 않는 보통물로, 비교적 저독성의 살충제와 살균제를 조합하여 보존제를 구성함으로써 휘발성 유기 화합물에 의한 실내 공기질 오염을 방지하고 목재에 발생하는 변색균이나 오염균류에 대한 발생을 억제한다.⁴⁰⁾

조립식 욕실에 사용되는 타일벽 판넬에 관련된 기술도 개발되었다. '12년에 출원된

37) 한삼화(2012), "특허등록번호, 1011458090000", 「다양한 색상의 황토벽돌 제조를 위한 표면 성형 방법 및 그 장치 및 그 제품」, (주)삼화씨원, p.1.

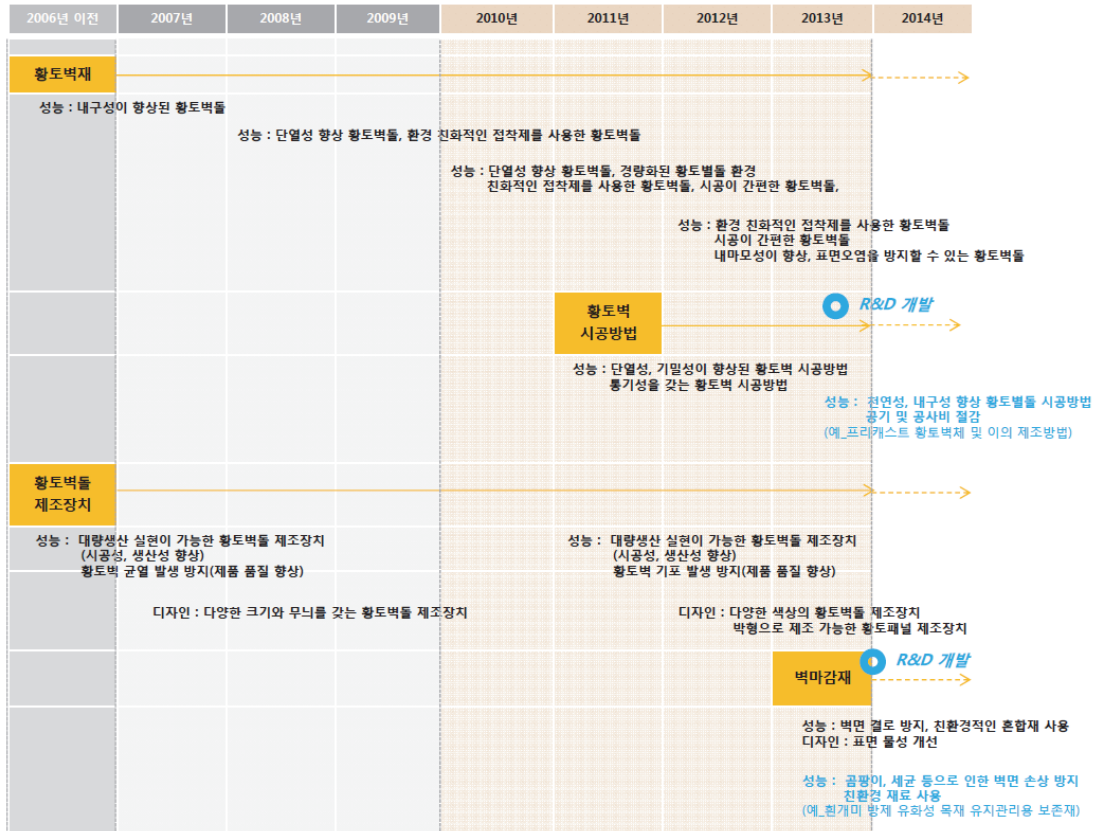
38) 상기 황토패널의 경우, 박형으로 제조되어 저렴한 비용으로 시공이 가능하고 취급이 용이함

39) 김수인 외(2013), "특허등록번호, 1012747470000", 「해조류를 이용한 건축용 회반죽 조성물 및 이의 제조 방법」, 조선대학교산학협력단 · (주)광아, p.1.

40) 이종신 외(2014), "특허등록번호, 1013979470000", 「흰개미 방제 유화성 목재 유지관리용 보존재」, 충남대학교산학협력단 · (주)한캠, p.4.

육실용 조립식 벽판넬 구조는 방수판용 가변형 몰드장치를 이용하여 육실방수판의 결합홈에 설치되는 조립식 하이브리드 벽판넬 구조로, 기존 타일벽 판넬보다 시공기간을 단축시키고 재활용이 가능하며 친환경적이다.

‘벽’ 관련 기술은 초기에는 내구성이 향상되고 인체에 무해한 친환경적인 재료, 원적외선 방출을 저해하는 요인을 개선하기 위한 황토벽재 개발과 대량생산이 가능한 시공방법에 치중되었고, 이후 단열성이 향상되고 경량화된 황토벽재가 개발되었다. 최근에는 시공이 간편하고 벽면 크랙 및 오염을 방지하고 부식손상 최소화할 수 있는 황토벽재 및 시공방법 개발 등으로 기술개발의 키워드가 변하고 있다. 황토벽재는 마감재로써 한옥의 미에 직접적인 영향을 미치는 부위이기 때문에 다양한 크기와 무늬, 색상 구현을 위한 기술도 지속적으로 개발되고 있다.



[그림 3-16] ‘벽’ 관련 기술 현황 변화추이

‘창호’ 관련 기술 개발은 그동안 미미한 수준에 그치다가 ‘12년에 다수 개발되었다. 창호는 내·외부를 차단하기 위해 개구부에 설치되는 온갖 창과 문을 통틀어 말하는 것으로, 창호들과 마감재의 종류에 따라 목재창호, 금속재 창호, 플라스틱재 창호 등으로 구성되며 개폐방식에 따라 이중창호, 단일창호 등으로 분류된다.⁴¹⁾

‘창호’ 관련 기술은 초기에는 다양한 전통창호 디자인을 구현하고 성능을 개선시킬 수 있는 한지 관련 기술이 개발되었다. 다양한 색상과 무늬를 보다 간편하게 형성할 수 있는 한지가 개발(‘06)⁴²⁾되었으며, 기능성 물질이 함유되어 원적외선 방출 및 전자파 차폐, 정전기 방지 효과가 있는 한지(‘08), 입체문양이 가능하도록 제조한 창호 한지(‘11)⁴³⁾ 등이 개발되었다. 이러한 한지 개발은 한옥의 심미성을 높여주고 인체의 건강증진을 실현 시키는데 목적이 있다.

‘10년도로 넘어오면서 제작이 간편하고 단열 및 기밀성능을 보완한 시스템 창호가 다수 개발되었다. 외부의 여닫이창을 개폐할 경우, 외부벽에 고정장치가 구비되어 있지 않아 사람이 외부로 직접 나가 수동으로 문고리나 줄을 이용하여 고정해야 하는 번거로움이 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 단열 및 방풍 성능, 조립에 용이한 규격화된 창호(‘10)⁴⁴⁾, 이중 개폐장치를 포함한 창호(‘12)⁴⁵⁾, 상부루버 및 하부루버를 개방하여 유리 판 밖의 공기와 열교환이 가능한 창살 내장형 창호(‘12), 동작스위치를 통해 외부창호를 개폐동작시키는 창호시스템(‘12)이 개발되었다. 유동성 있게 개폐 가능한 창호 구조와 동

41) 창호는 작동형태에 따라 미닫이창, 여닫이창 및 고정창으로 분류되며 이중창호는 창호형식이 복합적으로 사용된 창호를 말함

- 미닫이창 : 유리를 감싸 고정시키는 유리고정프레임이 설치프레임에 형성된 레일을 따라 슬라이딩이 가능하게 결합되어 좌우로 개폐시키는 창
- 여닫이창 : 유리를 감싸 고정시키는 유리고정프레임의 일측 모서리와 설치프레임의 일측 모서리가 힌지로 결합되어 유리고정프레임이 힌지를 중심으로 회전하여 개폐시키는 창
- 고정창 : 설치프레임을 유리고정프레임으로 사용하여 설치하는 창호로, 설치프레임에 직접 유리가 고정 결합되는 창

42) 한지에 다양한 색상과 무늬를 형성할 수 있는 특성의 염색된 장식유를 첨가하여 건축용, 산업용 등의 표면마감재용의 모양지로 사용할 수 있는 한지 개발. 조현진 외(2006), “특허번호, 1005935590000”, 「표면마감재용 한지 및 이의 제조방법」, 대한민국(산업청 국립산림과학원장, p.1.

43) 무늬부분의 두께는 유지하면서 그 외 부분은 두께를 얇게 하여 입체문양이 가능하도록 제조한 창호 한지 개발. 안치용(2011), “특허등록번호, 1010731780000”, 「입체문양 창호 한지 및 그 제조방법」, 안치용, p.1.

44) 창호의 메인프레임과 고정바를 각각 브라켓과 가스켓이 결합된 상태에서 못으로 체결하거나 스톱온 형식으로 체결하여 조립이 용이하며, 유리와 브라켓 사이에 가스켓이 구비되어 한옥의 미관을 유지하면서 방풍 성능이 개선된 창호 개발. 황두진(2010), “특허등록번호, 2004495820000”, 「한옥 시스템 창호」, (주)황두진건축사사무소, p.1~6 내용 재구성

45) 여닫이문으로 형성된 외측창호(또는 문)와 알루미늄 샷시를 설치한 내측 창호로 구성된 이중창호

작스위치를 통한 자동 개폐가 가능한 창호는 환기에 유리하고 겨울철 차가운 공기가 실내로 들어오는 것을 방지하며 외부벽에 밀착되게 180도 이상으로 개폐될 수 있어 한옥의 미관을 유지할 수 있다.⁴⁶⁾

‘13년에는 여단이 창호와 밀착되는 가스켓과 단열유리(하이브리드 패널)를 포함하는 창호(‘13)가 개발되었다. 여단이 창호는 창호틀 사이의 기밀성이 저하되면 실내로 빗물과 같은 이물질이 유입될 수 있고, 겨울철에 실내 기온이 저하되는 문제점이 발생할 수 있다. 또한 실외에서 실내가 보이지 않도록 차폐하기 위해서는 창틀에 별도의 차폐 수단을 설치하여야하므로 실내 미관을 저하시킬 수 있고 창틀 인근의 공간 활용도가 저하되는 문제점이 발생할 수 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 정부주도 R&D에서는 분리 가능한 보조장치(가)가 설치된 복합 여단이 창호(‘13)를 개발하였다. 본 창호는 창틀에 분리가 가능한 보조 창호가 설치되어 기밀 및 단열 성능을 조절할 수 있다.⁴⁷⁾

전통창호의 심미성을 유지하기 위한 창호도 개발되었다. 삽입식 문살틀을 구비하고 문살틀 전후면에 창호지를 붙여 공기순환에 유리하고 외부와의 온도차를 유지 가능토록 하는 다중문살 창호(‘12)⁴⁸⁾, 이중창호가 설치된 창호시스템에서 실내에 설치되는 이중창호를 특수한지와 목재창살 등의 친환경소재를 사용하여 에너지를 절감시키고 전통창호의 심미감을 표출시킬 수 있게 한지와 목재창살을 이용한 창호(‘12)⁴⁹⁾에 대한 기술도 개발되었다. 종래의 창호는 내측 유리에 창호지를 발라 전통적인 분위기를 연출하였으나 전통한옥의 심미성을 구현하기에는 다소 부족했다. 이러한 점을 보완하기 위해 최근에는 쌍창에 영창을 삽입 및 탈착할 수 있고 영창의 창호지를 한지뿐만 아니라 비단, 아크릴, 비닐쉴, 색상한지 등으로 다양화할 수 있는 한옥 시스템 창호(‘14)⁵⁰⁾가 개발되어 단열 및 기밀성 향상뿐 아니라 다양한 목재 창호의 질감을 표현할 수 있게 되었다.

46) 정공선(2012), “특허등록번호, 1011948200000”, 「한옥 벽체 구조물」, 정공선, p.6 내용 재구성

47) 송민정 외(2013), “특허등록번호, 1013187300000”, 「복합 여단이 창호」, 전남대학교산학협력단, pp.6~7의 내용 재구성

48) 고정문살과 삽입식 문살틀을 수직상의 수평으로 설치하고 각 문살틀 전후면에 창호지를 붙여 삽입식 문살틀을 분리하여도 시각적인 전통창호를 유지할 수 있으며 공기의 소통을 원활하게 할 수 있음. 이우재(2012), “특허등록번호, 1011692130000”, 「다중문살 창호」, 이우재, p.3

49) 이중창의 실내측 창호에 시공되는 내부 프레임에 목재 창살을 삽입시켜 격자형 또는 다양한 문양의 창살을 형성. 박영배 외(2012), “특허등록번호, 1011609450000”, 「한지와 목재 창살을 이용한 이중 창호시스템 및 그 시공방법」, 미광창호주식회사, p.3

50) 김왕직 외(2014), “특허등록번호, 1013634560000” 「영창 교체식 한옥 시스템 창호와 이의 제조 및 시공방법」, 명지대학교산학협력단 · (주)티엔디, p.5.

3. 목조주택 및 친환경주택 기술 현황

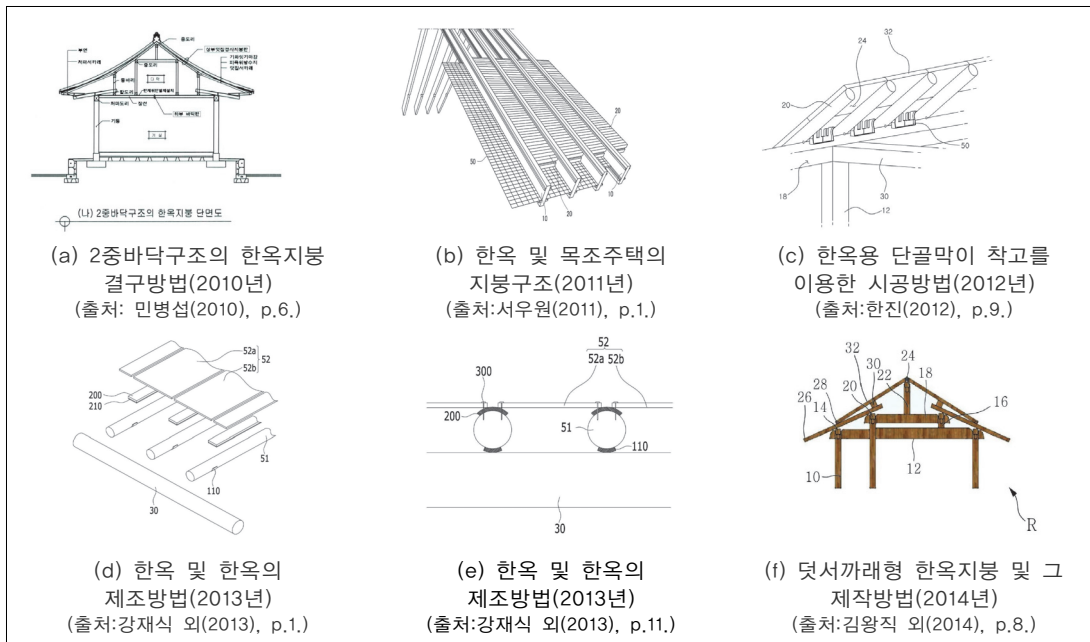
1) 목조주택 주요구조부 관련 기술 현황

□ 특허기술 현황

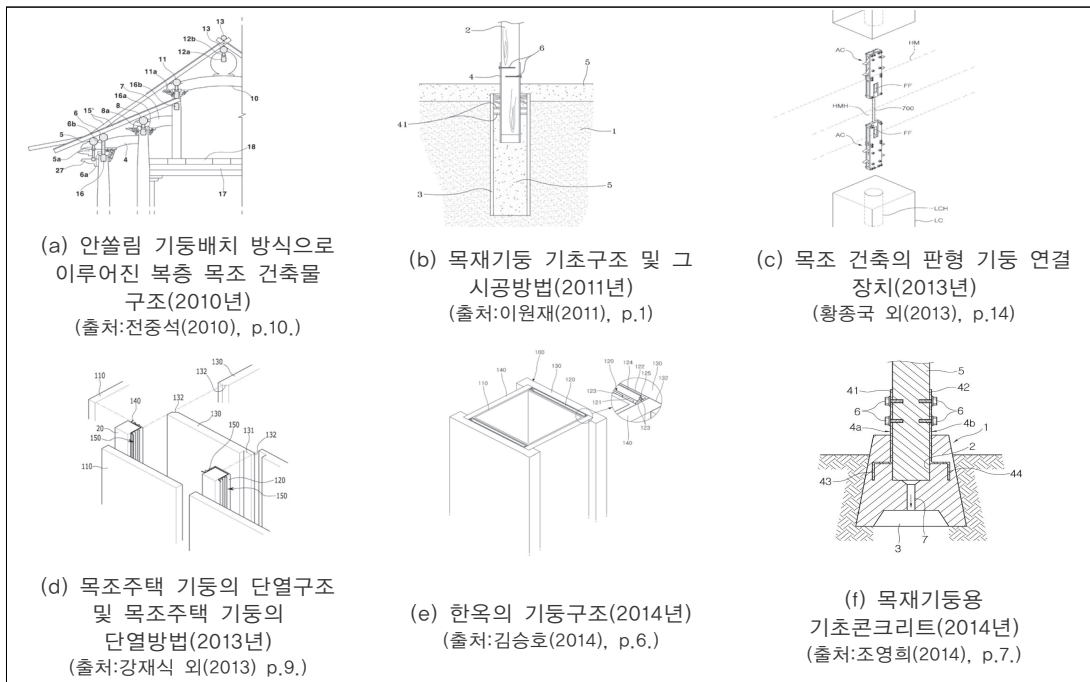
목조주택 ‘주요구조부’ 관련 기술은 총 144건으로 지붕, 기둥, 접합부, 바닥/벽과 관련된 특허기술이 다수 나타났고, 이 외에는 시스템 관련 기술, 알고리즘, 제조장치가 주를 이루고 있으며 목재의 난연성 및 방미·방부를 위한 보존처리제를 소개하는 특허기술도 개발된 것으로 나타났다.

‘지붕’과 관련한 기술은 다양한 방면으로 개발된 것으로 나타났다. ‘10년에는 트러스 구조물을 이용한 집중하중에 견딜 수 있는 구조가 개발되었고, 소형 단면재를 이용한 부재의 규격화 기술이 개발되었다. 이후 지붕용 블록을 이용하여 목재량을 절감시켰고 단열 성능이 개선된 기술이 개발되었다. ‘12년부터는 에너지 효율성에 관련된 기술이 다수 개발되었다. 단열성능과 차음성능이 향상된 당골막이, 고무패널을 이용하여 접착면적을 넓히는 방법 등 부재와 부재 사이에 새는 열을 줄일 수 있는 기술이 개발되었다. ‘14년에는 서까래의 소요량을 줄이면서 시공성능을 향상시킬 수 있는 기술이 개발되었다. 이처럼 지붕 관련 기술은 지붕구조뿐 아니라 당골막이, 서까래 등 세부 요소기술로 지속적으로 발전하고 있는 양상을 보이고 있다.

‘기둥’ 관련 특허기술은 ‘10년에는 기둥의 배흘림 형상을 이용한 안정감 있는 구조체가 개발되었고 이후에 화학처리 된 기둥이 토양과 접촉하면서 발생하는 토양오염을 방지할 수 있는 기술이 개발되었다. ‘13년에는 지진이나 풍하중과 같은 수평하중에 의해 초석이나 기둥상부에서 기둥이 밀려나거나 들리는 현상을 판형 기둥 연결장치를 이용하여 외관을 유지할 수 있도록 하는 기술이 개발되었고, 단열에 취약한 기둥부재에는 고정 부재를 설치하여 단열성능을 높이는 기술이 개발되었다. ‘14년에는 목재기둥과 기초사이를 견고하게 고정시킬 수 있는 기술이 개발되었고, 기둥구조에서 H형강을 이용한 기둥 제조방법이나, 각형강관에 마감부재와 외부부재를 연결하여 정밀시공이 가능하도록 하는 기술이 개발되었다.



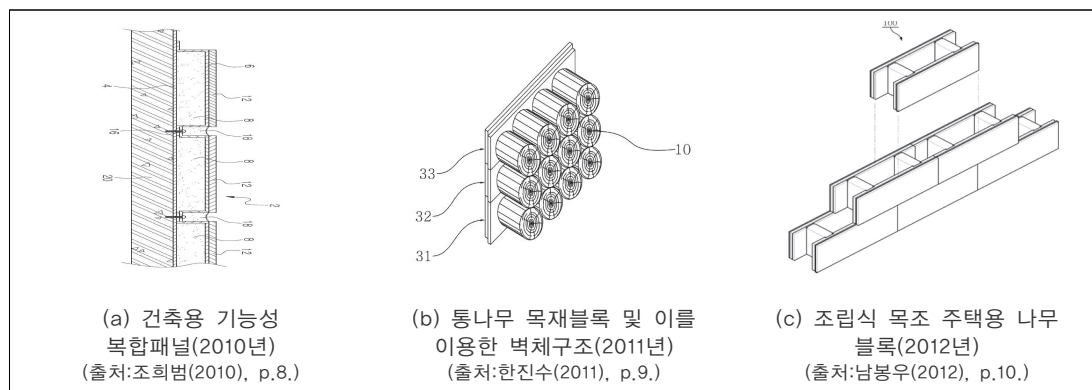
[그림 3-17] “지붕” 항목의 연도별 특허기술
(출처: “특허·실용신안”, 「특허정보넷 키프리스」, <http://www.kipris.or.kr>.)



[그림 3-18] “기둥” 항목의 연도별 특허기술
(출처: “특허·실용신안”, 「특허정보넷 키프리스」, <http://www.kipris.or.kr>.)

‘접합부’ 관련 특허기술은 ‘10년까지는 목재와 목재를 볼트와 너트를 이용하여 결합력을 향상시키는 방법과 두 목재 접합부에 축을 일치시켜 응력이 원활하게 흘러가도록 도와주는 목재체결조인트가 주로 개발되었다. ‘11년 이후에는 대형 목조건축 시공을 효율화할 수 있는 연결 철물 구조가 개발되었고, 또한 이러한 연결철물 없이 이음과 맞춤을 이용한 결구방법에 관련된 새로운 형태가 개발되었다. 특히 ‘13년에 전통목조 접합부에서 회침형, 평주형, 우주형 등 여러 가지 형태의 결구방식이 개발되었다. 그 이후에 다시 접합철물을 이용한 접합방식을 개발하는 등 철물을 이용한 방법과 기존 전통의 결구방식의 구조안정성을 높이는 개발이 양방향으로 이루어졌다.

‘벽체’와 관련된 특허기술은 대부분의 기술이 비슷하였다. 벽체단열을 위한 내외부에 설치할 수 있는 기능성 패널의 부착기술과 보온성과 습도조절능력이 뛰어난 통나무 목재블록, 나무 블록의 적층 구성방식에 대한 기술이 개발되었다. ‘12년에 등록된 특허기술인 한옥의 벽체 시공방법에서는 격자골조 내부에 친환경소재의 블록패널을 이용하여 벽을 형성하고 진흙을 이용해 미장할 수 있는 구조를 이루고 있다. 그 이후에 황토를 이용한 방법으로 발전된 기술이 개발되었다. 목조건축 자체가 보-기둥방식의 가구식 구조방식으로 벽체자체의 내력은 중요하지 않지만 ‘14년에 개발된 경락벽체 시공방법은 내력도 부담할 수 있는 방식을 채택하는 등의 발전이 있었다.

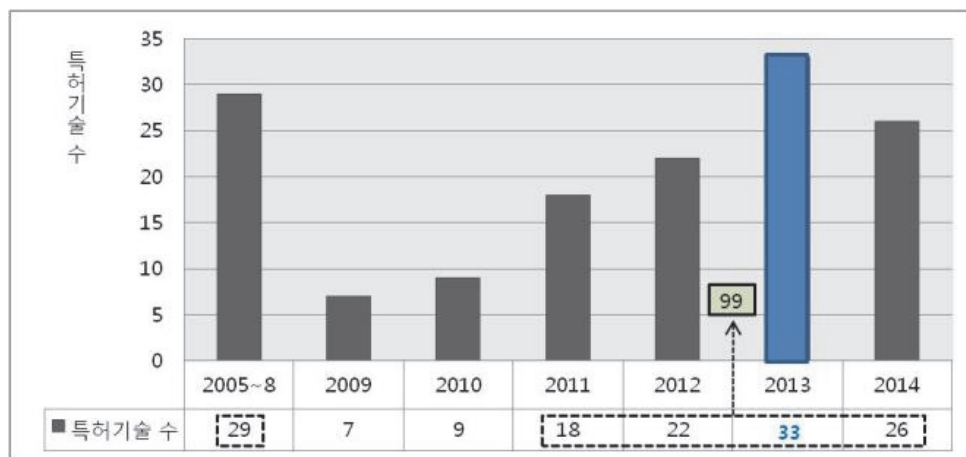


[그림 3-19] “바닥/벽” 항목의 연도별 특허기술
(출처: “특허·실용신안”, 「특허정보넷 키프리스」, <http://www.kipris.or.kr>.)

‘05년에서 ‘08년까지 4년 동안 개발된 특허기술 수는 29개이고 ‘11년에서 ‘14년까지 4년 동안 이루어진 특허기술 수는 총 99개로 같은 기간 내에 개발된 특허기술은 3.4배 가량 증가한 수치를 볼 수가 있다. 이러한 증가수치는 2가지로 볼 수가 있다.

첫째는 건물에 대한 사람들의 인식이 변화하였다는 점이다. 기존 1990년대 이후부터 도시의 대규모 개발이 시작되면서 대량의 아파트단지가 건설되기 시작했다. 이러한 고층 건물은 높은 효율과 내구성을 가져야하기 때문에 철골구조와 철근콘크리트 구조가 사용되며 이와 관련된 기술이 계속해서 발전하였다. 최근 들어서 생활이 안정화 되면서 경제력을 갖게 되어 사람들은 자신의 건강과 안락하고 환경 친화적인 주거에 눈길을 돌렸다. 이에 따라 친환경재료인 목재를 주재료로 하는 목조주택에 많은 연구가 진행되었다.

둘째로 목조주택이 점차 세상에 알려짐에 따라 통나무집, 황토집 등 많은 환경친화적인 주택이 발전했지만 그 중에서도 한옥에 대한 관심이 집중되었다. 이 이유는 '10년에서 '13년 까지 이루어진 한옥기술개발 R&D사업 때문이다. '09년에서 '10년 까지는 특허기술 수가 미비하지만 그 이후로는 앞의 그래프에서 단순 기울기를 나타낸 것처럼 급격한 발전 양상을 보이고 있으며 특히 '13년에 특허기술의 수가 정점을 찍었다. 또한 R&D사업이 끝맺음 되는 시기와 더불어 특허기술 수도 하강추세를 그리고 있는 것을 보고 유추할 수 있다. 즉, 목조주택 관련 특허기술의 발전양상과 시기는 R&D사업과 깊은 연관성을 가지고 있다고 판단할 수 있으며 실제로 최근 특허기술의 현황을 보면 한옥관련 특허기술이 대부분을 이루고 있다는 점을 볼 수 있다.



[그림 3-20] 목조주택 주요구조부 관련 특허기술 연도별 변화추이

다음은 연도별 특허기술 변화추이를 나타낸 것이다. 전체적으로 특허기술 수는 '10년을 기준으로 계속해서 증가하는 추세를 보이며 '11년을 넘어가면서 그 수가 급격하게 증가한 것을 볼 수가 있다. 이러한 상승세가 최고점에 이르는 부분은 소분류된 것마다 다르

지만 '12년 이후에 많이 분포되어있으며 특히 '13년에는 지붕, 기둥, 접합부, 목재에 관련된 특허가 최고치에 이른 것을 볼 수 있다. 또한 '13년도에 최고점에 오른 소분류들을 보면 목조건물을 4등분하여 나누었던 부분에서 지붕, 기둥, 접합부 등 3개 부분이 차지하고 있는 것으로 보아 '13년도에 특히 목조건물 그 자체에 대한 문제점 해결에 목적을 두었다고 유추할 수 있으며 목조주택의 주재료인 목재 자체에 대한 특허기술이 많은 것은 목재 자체의 대대적인 문제점을 보완했을 가능성을 가지고 있다.

[표 3-13] 목조주택 주요구조부 각 항목별 특허기술 수 변화추이

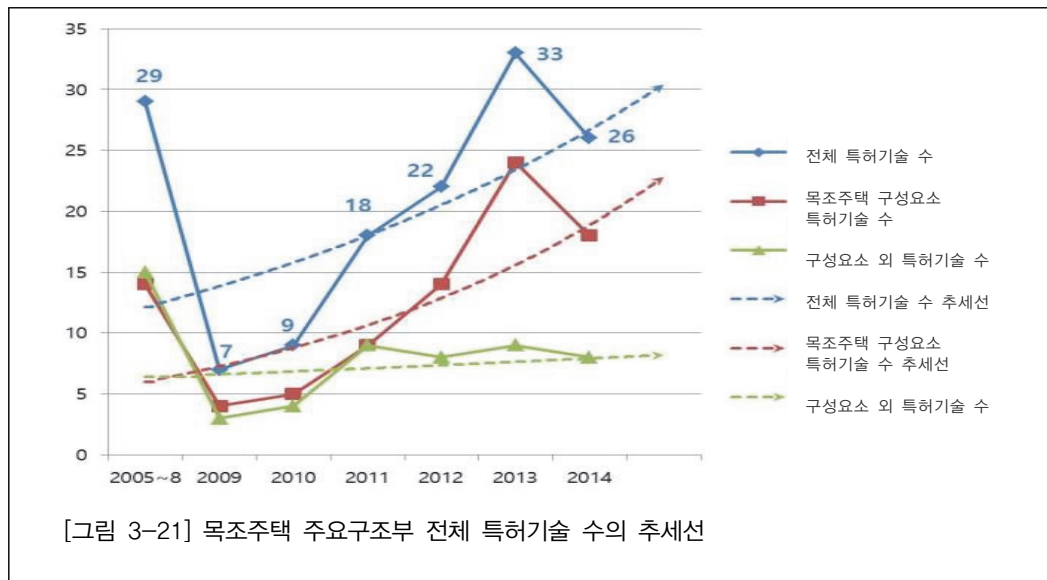
구 분	연도별 특허기술							합 계
	2005~8	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
지붕	0	1	2	2	3	9	2	19
기둥	3	0	2	1	0	3	3	12
접합부	4	1	0	2	1	7	4	19
바닥 / 벽	7	2	1	4	10	5	9	38
목재	5	0	0	3	2	5	1	16
기타	4	2	1	4	1	1	5	18
종합	6	1	3	2	5	3	2	22
합계	29	7	9	18	22	33	26	144

* ■ 다수의 출원빈도를 보이는 특허기술

앞에서 유추한 바와 같이 실제로 '13년도에 등록된 특허기술들이 무엇을 목적으로 개발되었는지 알아볼 수 있도록 표를 제시하였다. 대분류에서 90%이상은 경제성과 성능향상을 목적으로 기술개발이 이루어짐을 알 수 있고 그 외에는 목조주택의 수요증가에 따른 공급을 원활하게 하기 위한 공업화와 부재의 규격화를 통해 공사기간을 단축시키고 전문인 없이도 목조주택을 건설할 수 있는 토대를 마련한 것으로 보인다. 또한 이것을 토대로 각 대분류 마다 공업화와 규격화가 이루어져 시공이 자동화가 된다면 목조주택도 일반 주거형태로 많은 사람들에게 사용되어 질 것으로 전망된다. 또한 '13년도에 최고치에 도달했던 지붕, 기둥, 접합부, 목재의 경우 출원인을 보면 정부주도하에 이루어진 것이 23건 중에 14건 즉, 60%가량으로 특허기술의 절반을 넘어간 수치를 기록했다. 이것으로 특허기술은 정부의 대대적인 사업을 통하여 많은 발전을 이루었다는 것을 알 수 있고 14건 중 8

건이 성능 향상에 관한 것 6건이 경제성에 관한 것으로 목조주택의 장점인 비용절감에, 목조주택의 단점인 부정확한 구조안정성에 대해서 주안점을 두었다는 것을 할 수가 있다.

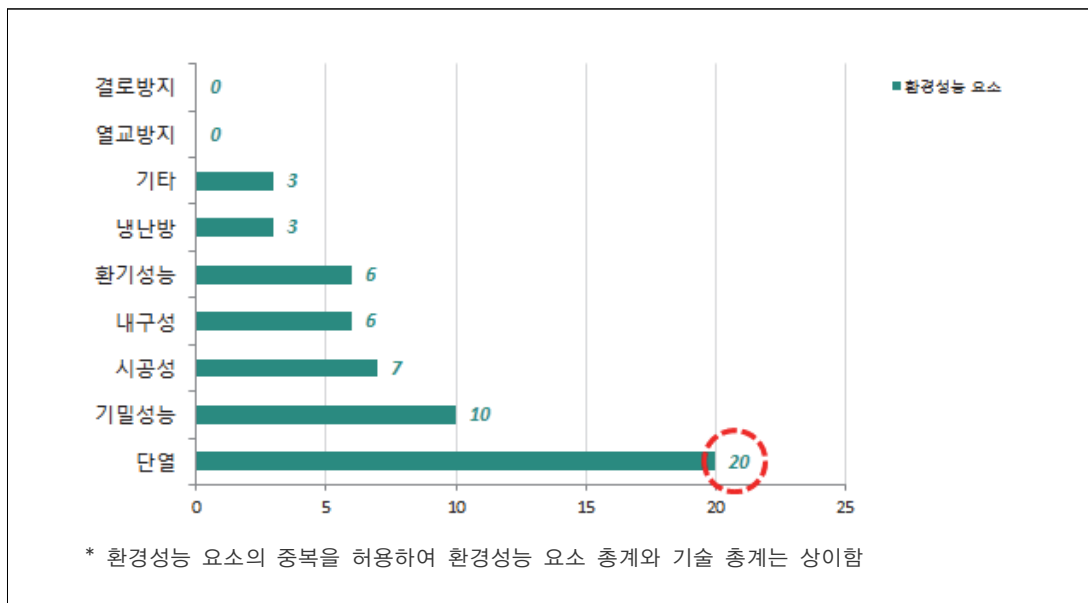
다음의 그래프는 목조주택을 구성하는 지붕, 기둥, 접합부, 바닥, 벽을 통합한 특허기술의 수와 그 이외의 분류항목인 기타, 목재, 종합을 통합한 특허기술의 수에 대한 것이다. 위의 그래프를 보면 전체 특허기술 수의 그래프와 목조주택 구성요소 특허기술 수에 대한 그래프의 모양이 비슷한 것을 볼 수 있는데 이는 목조주택의 특허기술의 발전 방향이 지붕, 기둥, 접합부, 바닥과 관련된 사항의 영향력을 많이 받았다고 볼 수 있다. 그에 반해 구성요소 외 특허기술 수는 증가추세가 미비함을 알 수 있는데 앞으로 향후 이 부분에 대한 기술개발이 이루어 져야 할 것으로 보고 있다. 또한 앞으로 목조주택의 특허기술의 개발은 계속해서 증가할 것으로 보이며 그 외에도 목재 관련하여 목재 자체의 성능강화와 규격화에 대한 기술과 종합적으로 주택의 가공방법 및 목조주택의 시공방법에 대해서 더 연구를 한다면 구성요소 외 특허기술의 추세선의 증가율이 현재는 미비하지만 발전가능성은 있다고 보인다.



2) 친환경주택 환경기술 현황 분석

□ 특허기술 및 제품 현황

한옥 환경성능 관련 기술에 대한 현황⁵¹⁾ 파악을 위해 한옥의 환경성능과 관련된 제품 및 특허 총 36개의 기술을 추출하여 건축요소별로 1차 분류하고, 이를 다시 성능요소별로 분류하였다. 건축요소는 한옥의 주요 부위와 건물을 구성하는 주요 부위 및 구조를 기반으로 각 부위별 적용 가능한 환경관련 기술들이 파악되도록 분류하였고, 환경관련 건축요소는 총 7개로 한옥 부위를 고려하여 주요구조부, 지붕마감, 벽, 바닥, 창호, 문, 설비로 분류하였다. 성능요소는 한옥관련 기술들의 환경성능 주요 이슈를 파악하기 위해 단열, 열교방지, 기밀성능, 결로방지, 환기성능, 냉난방, 시공성, 내구성, 기타 등 9개 항목으로 분류하였다.



[그림 3-22] 환경성능 요소별 기술 수량

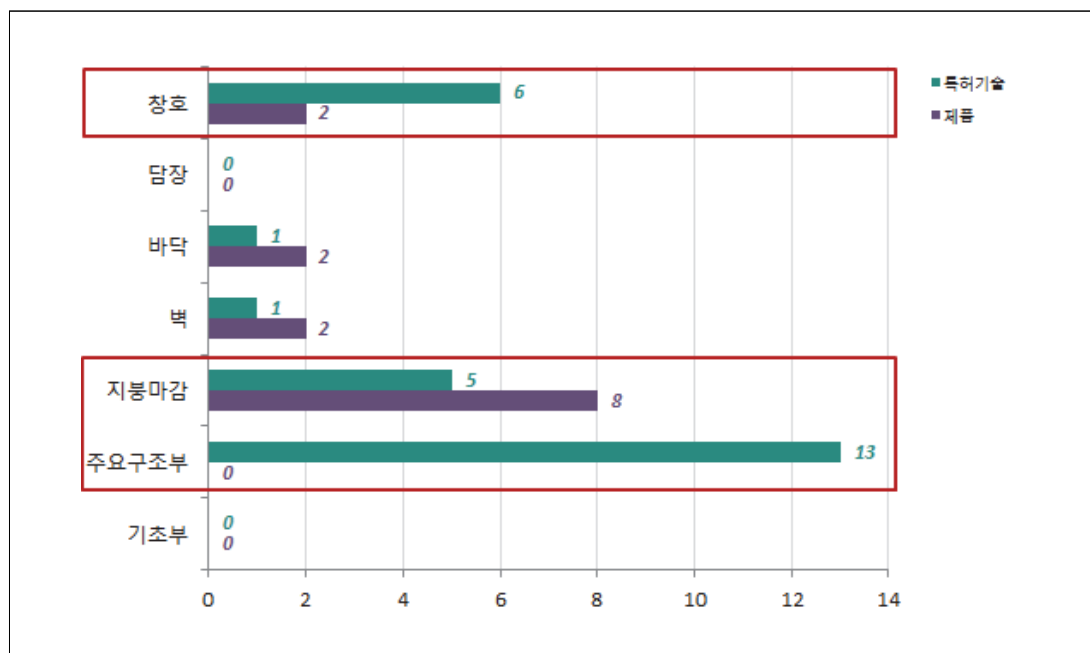
분석 결과, 환경기술은 단열, 기밀과 관련된 기술이 주를 이루었으며 개발된 기술들은 비교적 현재시점에서 적용가능성이 높은 것으로 나타났다. 이와 함께 시공성, 내구성, 환기성능이 향상된 재료 개발도 활발히 진행되고 있는 것으로 나타났다. 반면 냉난방, 열

51) 2014 auri 국가한옥센터 제3차 한옥포럼 - 이강민, '신기술이 한옥을 바꾼다' 발표 참고

교 및 결로 방지를 위한 제품 및 특허는 많지 않은 것으로 나타나 비교적 미래형 기술요소로 조사되었다.

환경성능 관련 기술에서 특허기술과 제품이 차지하는 비율은 특허가 22건, 제품이 15건으로 나타났고 특허가 제품화된 사례는 2건⁵²⁾으로 나타났다. 특허는 대부분 '12~'13년에 출원되었다.

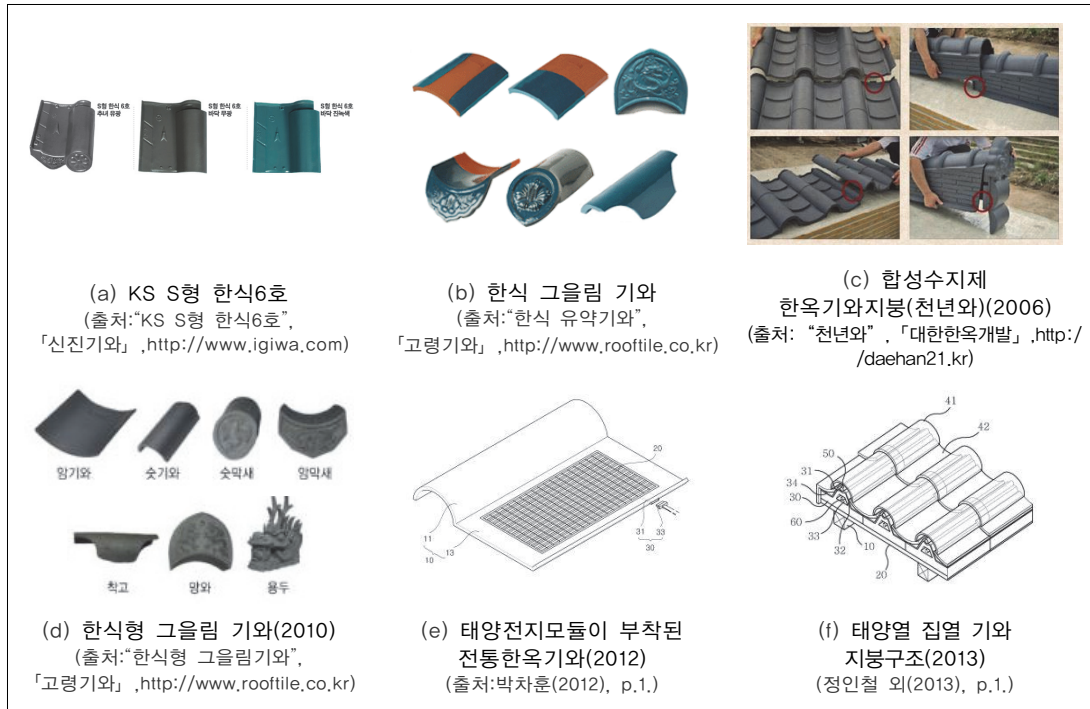
부위별 기술을 살펴보면, 환경성능 관련 기술은 주요구조부 13건, 지붕마감 11건으로 구조 및 기와 관련 기술이 가장 많은 것으로 나타났다.



[그림 3-23] 한옥 부위별 환경성능 관련 특허기술 및 제품 수

기와 관련 기술은 시멘트 기와, 합성수지제 기와 등 새로운 재료를 사용하여 전통기와 대비 내구성 및 시공성이 향상된 기와 개발이 주를 이루는 가운데, 최근에는 친환경재료로 제조된 기와, 신재생에너지로 활용 가능한 기와 등 환경 친화적인 기술이 이슈가 되고 있다.

52) 지붕마감 관련 기술 중 특허가 제품화된 사례가 2건이 나타남.



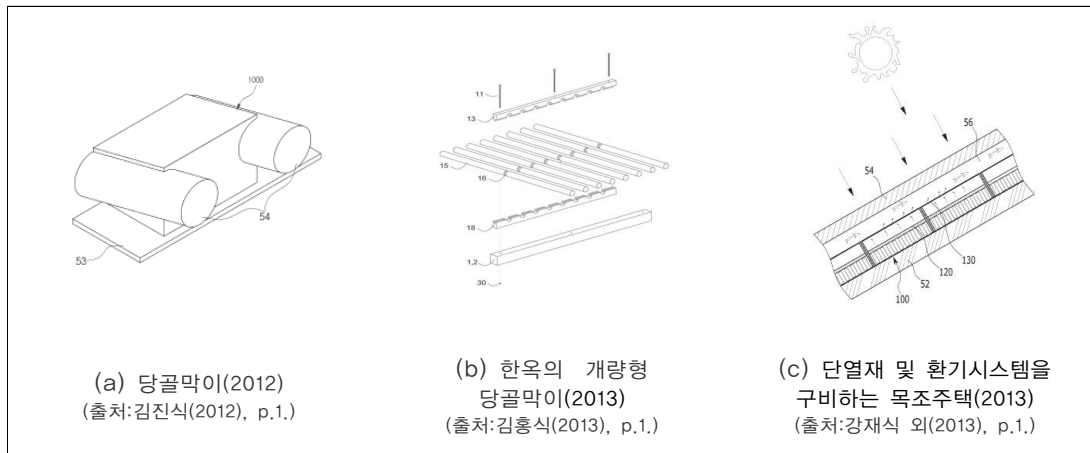
[그림 3-24] “기와” 항목의 제품 및 특허
(출처: “특허·실용신안”, 「특허정보넷 키프리스」, <http://www.kipris.or.kr>)

주요구조부 기술은 대다수가 지붕구조 관련 기술로 특히, 단열 및 기밀 성능을 개선하기 위한 당골막이⁵³⁾ 기술 개발이 활발한 것으로 나타났다. 당골막이 기술은 당골막이-서까래를 최적의 접합으로 막아 기밀성을 향상시키기 위한 당골막이-서까래 조립구조와 단열재를 구비하여 단열성능을 개선하기 위한 당골막이 기술로 분류해볼 수 있다. 진흙반죽으로 당골막이를 시공할 경우, 시간이 지나면 목재인 서까래의 수준이 증발하여 서까래가 수축되고 당골막이와 서까래 사이에 틈새가 발생하게 된다. 이러한 단점을 보완하기 위해 당골막이-서까래를 최적의 상태로 결합할 수 있는 모듈이 개발되었고, 건식으로 모듈형 당골막이와 서까래를 조립하여 기밀성을 확보한 기술⁽¹³⁾이 개발되었다. 단열재를 구비한 당골막이 기술에는 발포플라스틱계 단열재를 포함한 당골막이^(12, '13) 등이 있으며, 발포플라스틱계 단열재로 구성된 당골막이를 포장부재 재질인 부직포로 감싸 서까래의 수축으로 발생한 틈을 보완한 기술⁽¹²⁾도 개발되었다. 이와 더불어 단열성능이 뛰어난 하이브리드 패널로 구성된 지붕구조⁽¹³⁾도 개발되었다.⁵⁴⁾

53) 한옥의 도리 위에 배치된 서까래 사이에는 빈틈이 생기는데, 이 틈을 막는 것을 당골막이라 함.

공기순환공간을 가지는 지붕구조 기술 개발도 두드러진다. 지붕의 공기순환공간에서는 실내로 유입되는 공기와 실내에서 배출되는 공기의 열교환이 이루어지며 적은 에너지를 이용하여 환기가 가능하다. ‘05년에는 지붕표면에 통풍성을 부여하여 기와에 열이 축적되는 것을 억제하는 조립식 한식기와 지붕판⁵⁵⁾이 개발되었고, ‘12년에는 단열부에 공기층을 구비한 경량 지붕구조, ‘13년에는 단열재와 단열재 사이의 공기 유동공간 형성하는 적심을 구비한 당골막이가 개발되었다.

지붕마루부와 용머리기와부를 일체로 형성하여 소요부품 및 조립공수를 절감할 수 있는 지붕마루도 개발되었다.⁵⁶⁾ 상기의 지붕마루는 원료에 친환경 기능성 방향제(버거못, 마모마일로만, 클레리세이지 등)가 혼합되어 친환경적이다.



[그림 3-25] “주요구조부” 한옥의 제품 및 특허
(출처: “특허·실용신안”, 「특허정보넷 키프리스」, <http://www.kipris.or.kr>.)

창호, 문 관련 기술은 전통의장요소를 통해 한옥의 미를 살리면서 단열, 기밀 성능이 향상되고 유동적으로 환기가 가능한 제품들이 개발되고 있다.

54) 김기현 외(2013), “특허등록번호, 1012770600000”, 「한옥 및 한옥의 제조방법」, 유한회사에스와이·한국건설기술연구원, p.5.
55) 김재현(2005), “특허등록번호, 1005075170000”, 「조립식 한옥기와지붕판」, 대한한옥개발 주식회사, pp.2~3 내용 재구성
56) 박수구 외(2012), “특허등록번호, 2004580390000” 「친환경 한옥형 지붕마루」, 박수구, p.1

[표 3-14] 창호 관련 특허 분류

분류	특허명	주요 특성	특허 등록번호	관련 환경성능
고정창	열교환이 가능한 창살내장형 창호	<ul style="list-style-type: none"> 창호 상부와 하부에 개폐 가능한 루버 포함 유리창은 2중창호로 구성하고 목재창살을 구비 	1020100 009499	환기
	전통 창호형 창호	<ul style="list-style-type: none"> 창호 상부와 하부에 롤러를 포함 유리창은 2중창으로 구성하고 목재창살을 구비 	1020100 009474	환기
여닫이창(외부)	한옥 창호 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 동작스위치로 창호 개폐 조절 창호는 180°까지 개폐 가능 창호는 방충망을 포함한 3중창으로 구성 	1020120 071823	환기, 기밀, 단열
	복합 여닫이 창호	<ul style="list-style-type: none"> 반대방향으로 개폐되는 여닫이 창호 구비 창틀 실내측, 실외측에 분리가능한 보조창호를 설치 가능 	1020130 040274	환기, 기밀, 단열
여닫이창(외부)+ 미들창	한옥용 문의 이중개폐장치	<ul style="list-style-type: none"> 문선을 목재로 제작 미들창은 격자형 문살로 구성하고 외주면에 패킹재를 구비 	1020110 067036	환기, 기밀, 단열
여닫이창(외부)+ 슬라이딩 창호(내부)	한옥의 창호시스템	<ul style="list-style-type: none"> 여닫이창 상부에 자연환기 장치 설치, 여닫이창에 가스켓을 설치 슬라이딩 창호는 간살과 한지를 구비 	1020110 087267	환기, 기밀, 단열

(출처: “특허·실용신안”, 『특허정보넷 키프리스』, <http://www.kipris.or.kr>.)

창호의 개폐방식으로 특허기술을 분류해보면, 고정창의 경우 창호의 일부에 루버, 롤러를 설치하여 환기성능을 향상시킨 창호 개발(10)이 주를 이루었다. 개폐가 가능한 창호의 경우, 다양한 방식으로 개폐되는 여닫이창호(12, 13), 여닫이창에 미들창(11) 또는 슬라이딩창호를 추가로 설치한 창호(11) 등 환기성능 뿐만 아니라 기밀, 단열성능을 향상시킨 창호가 개발되고 있다. 이러한 창호들은 창호를 구성하는 요소들에 단열부재를 사용하여 단열성능을 더욱 향상시켰다. 또한 문선을 단열부재(하이브리드 패널 등)로 구성(11)

하거나, 유리창을 단열유리 또는 이중창, 삼중창으로 설치('10, '12)하는 등 창호의 각 요소들에 현대식 부재를 적용하였다. 현대화된 한옥용 창호들에서는 공통적으로 전통창호의 디자인을 구현하고자 한 노력이 엿보인다. 유리판 외측에 창호지(한지)를 구비한 창호, 유리판에 목재 창살을 설치한 창호, 문틀을 목재로 제작한 창호 등이 그 예이다.

한옥용 문은 방음, 단열성을 높이기 위해 문짝과 문틀의 접합부분을 기밀하게 하고 집성재를 사용하여 단열성능을 높이하고자 한 시도는 있지만 현재 개발되고 유통되고 있는 기술 및 제품은 미미한 상태이다.



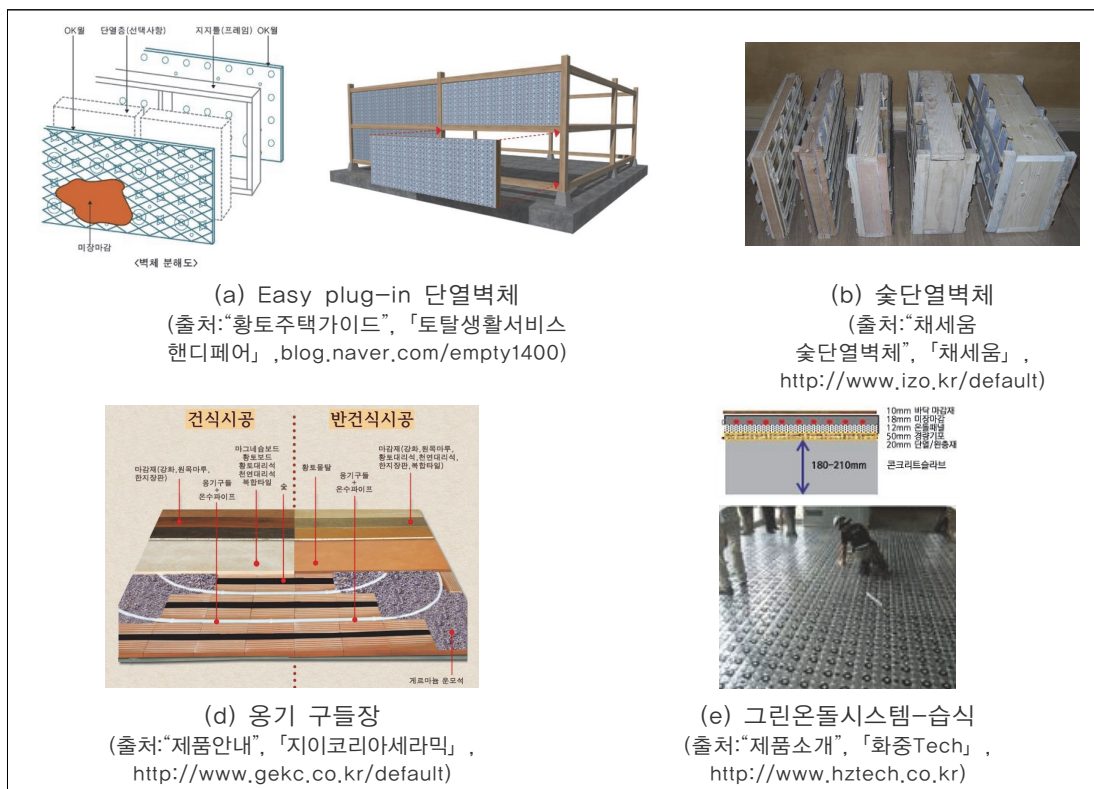
[그림 3-26] “창호, 문” 항목의 제품 및 특허
(출처: “특허·실용신안”, 「특허정보넷 키프리스」, <http://www.kipris.or.kr>.)

벽 관련 기술은 단열벽재와 마감재가 결합된 형태로 단열 및 기밀성능을 개선한 제품이 개발되고 있다. 벽 관련 기술은 단열재를 보강하여 따뜻한 환경을 유지하려는 기술이 가장 많은데, 한옥에 사용되는 벽재의 단열재로는 친환경 재료인 숯이 가장 많이 활용되고 있다. 내부의 열손실이 발생하는 현상을 방지하기 위해 벽과 바닥의 연결을 기밀하게 구성하는 기술도 개발되었다.

이외에도 비교적 실내 공기질의 오염을 배제하면서 목재의 부식을 방지하는 목재 보존재가 개발되었다. 한옥은 흰개미, 곰팡이, 부후균 등으로 인한 목재 변형이 빈번하게 발생하여 여러 목재보존제가 사용되고 있지만, 실내 공기 질에 해로운 보존재가 대부분이었다. 상기의 보존제는 독극물에 해당되지 않는 보통물로, 저독성의 살충제와 살균제를 조합하여 비교적 실내 공기질의 오염을 배제한다.⁵⁷⁾

바닥 관련 기술은 난방 에너지 효율과 시공성을 향상시키기 위한 제품들이 개발되었다. 건식공법을 활용한 온돌, 전기필름 및 전기판넬, 온수판넬이 대표적인 예로, 건식공법은 시멘트 모르타르 타설을 하지 않아도 되어 습식공법에 비해 유해물질 배출이 적다. 최근 건식공법은 공기가 짧고 간편하여 많이 선호되고 있다. 이외에도 금속바닥판을 이용한 황토온돌 난방시스템, 용기구들장을 활용한 난방시스템 등이 개발되었다.

바닥난방시스템은 시공의 편의성을 위해 발열체와 바닥구조가 결합된 제품, 마감용 바닥재 및 몰딩까지 바닥구조를 일체화시킨 제품 등 다양한 형태를 가지며 개발되고 있다.



[그림 3-27] “벽, 바닥” 항목의 제품 및 특허
(출처: “특허·실용신안”, “특허정보넷 키프리스”, <http://www.kipris.or.kr>)

4. 소결

한옥 특허기술의 합계를 통하여 앞으로의 전망을 살펴보면, 정부주도 한옥기술개발 프로젝트와 그 이외에서도 많은 발전이 이루어져 왔고 향후 지속적으로 한옥기술개발이 활발하게 이루어 질 것으로 보인다. 이러한 한옥에 대한 관심으로 볼 때 디자인에 관련된 특허와 같이 기존의 특허기술이 출원되지 않았던 분야에서도 발전이 있을 것으로 전망된다.

현재 개발된 한옥기술은 주요구조부 관련 기술들이 대부분으로, 경제성과 구조성능 향상을 목적으로 개발이 이루어지고 있으며 특히 '10~'13년 정부주도 R&D 사업의 영향으로 많은 발전을 이루었다. 그 외에는 한옥 수요 증가에 따른 공급을 원활하게 수행하기 위한 구조부 공업화, 부재의 규격화 관련 기술개발이 이루어졌으며 이를 통해 한옥의 공기를 단축시키고 인건비를 절감할 수 있는 토대를 마련하였다. 그러나 새로 개발된 구조 및 시공기술은 아직까지 제품개발이 미미하고 시장에서 활성화되지 못하고 있으며, 특히 한옥 구조의 진정성 문제와 관련하여 사회적 논쟁을 야기하고 있다.

환경성능 관련 기술은 재료와 부재의 교체 기술로 초기에는 내수성 및 내구성 향상, 낙하방지 등 재료성능 개선을 위한 부분적 개발이 주를 이루었다. 이후 한옥이 거주 의 대상으로 개념이 변모하면서 고단열, 고기밀, 경량화, 친환경성 및 생산성 향상 등 현대인의 거주 환경에 부합하고 시공성을 향상시킬 수 있는 요소기술로 개발이 활발해 진행되었다. 한옥의 재료 및 환경기술은 현대 건축이 추구하는 친환경 기술과 맥을 같이하며 큰 장애 없이 발전할 것으로 예상된다.

한편, 한옥의 디자인과 관련된 기술이나 제품 개발은 현재 부족한 실정이다. 디자인 기술은 미적인 기준과 선호에 관련한 문제로 우선적으로 새로운 형태의 한옥에 대한 논의와 미래상에 대한 다양한 고찰이 선행되어야 하며, 재료 환경기술과 구조 및 시공기술이 통합적으로 고려되어야하기 때문에 가장 뒤늦게 개발되는 특징이 있다. 그러나 재료 및 환경기술, 구조 및 시공기술의 변화는 필연적으로 디자인의 변화를 수반하며, 이에 대한 다양한 실험과 제안에 대한 용인과 장려 정책이 필요하다.

제4장 한옥 기술의 구조성능 분석 및 개발 방향

1. 분석 개요
2. 목조주택으로서 한옥의 구조 성능 분석
3. 한옥 구조기술 대안 검토
4. 소결

1. 분석 개요

1) 주요내용

한옥의 대량, 도리, 서까래, 평방, 창방 등의 수평부재는 부재축에 수직방향의 하중을 받으며 이로 인해 부재는 처짐이 발생한다. 이러한 처짐은 부재의 경간, 재료의 강도, 작용하중, 그리고 단면의 크기 및 형상에 따라 그 값이 달라진다. 전통한옥의 지붕구조는 무거운 지붕하중을 받치는 용도로는 전혀 무리가 없으나 바람이나 지진 등의 횡력에 대해서는 다소 취약하다고 볼 수 있다. 전통한옥의 지붕구조는 외형적으로 보았을 때 삼각형의 형태를 보여 트러스 구조와 마찬가지로 견고하게 보일 수 있으나, 구조적인 관점에서는 명확한 트러스 구조가 아니고, 강절이음 구조도 아니기 때문에 횡력에 대해서는 다소 형태를 유지하기 어려운 내적불안정 구조라고 볼 수 있다.

전통한옥의 경우, 규모가 크지 않아 일반적으로 구조검토를 수행하지 않고 경험과 직관에 의한 부재선정으로 안전성을 담보하기 부족하고, 수작업 공정과 습식공정으로 현대 목조주택에 비해 비용과 공사기간이 많이 소요된다는 어려움이 있다.⁵⁸⁾ 또한 대규모 공간

58) 전통한옥의 경우 공사비는 현대목조주택에 비해 약 3~4배 정도 소요되고 공사기간도 3배 정도 길게 소요된다.

계획의 어려움, 중층 이상의 구조계획의 어려움 등으로 현대생활에 부합하는 주거형태를 구현하는 것이 쉽지 않은 것이 현실이다.

신한옥에서는 시공 편의성을 증대하고 건축비용을 절감하기 위해 프리컷 가공이나 접합부 처리 등에서 현대적인 건축기법을 적용하고 있다. 하지만 여전히 대부분의 경우 대목이나 장인이 하중이나 경간에 따라 경험적으로 알고 있는 부재치수와 결구방법을 적용하고 있다. 이는 일반규모 이하의 목조주택 구조설계는 현행 법규에 의하면 건축사의 책임으로 수행하게 되어 있지만 구조에 대한 전문지식을 충분히 보유하기 어려운 건축사가 직접 수행하기는 쉽지 않기 때문이다.

따라서 한옥 구조성능의 미래예측 및 한옥의 확장가능성을 고려한 구조기술의 절충적 접근과 해법이 요구된다. 상기와 같은 문제를 검토하기 위해 본 4장에서는 구조성능 시뮬레이션을 통해 한옥 기술 적용에 따른 구조기술 진단을 수행하고, 한옥의 구조에 대한 새로운 접근과 구조성능을 향상시킬 수 있는 계획적·기술적 대안을 제안하였다.⁵⁹⁾

2) 분석대상 및 수행방법

본 4장에서는 한옥 및 목조주택 구조기술 특허기술을 기반으로 한옥의 구조성능을 개선할 수 있는 구조기술 대안을 샘플링하고 한옥기술개발 연구단의 명지대 김영민 교수팀에서 개발한 신한옥 구조검토 자동화 소프트웨어와 상용 소프트웨어인 건축구조물 전용 구조검토 소프트웨어(midas Gen)를 활용하여 구조성능 시뮬레이션을 실시하였다. 한옥의 구조기술 대안을 추출하기 위해 우선 한옥 수평부재 단면형태 및 지붕구조에 따른 구조성능을 검토하고, 이를 기반으로 한옥 전체골조의 구조성능을 검토하였다. 한옥 전체골조의 구조성능은 3량가 및 5량가 한옥을 대상으로 대량의 구조성능, 도리(주심도리⁶⁰⁾)의 구조성능, 서까래의 구조성능을 시뮬레이션하고, 2층 한옥을 대상으로 지붕하중, 평면 및 입면구성 등에 따른 한옥의 내진성능 시뮬레이션을 실시하였다. 3량가 한옥 전체골조 시뮬레이션은 명지대 무루정을 대상으로 하였고, 5량가 전체골조의 구조성능 시뮬레이션은 신한옥으로 지어진 양주 한옥을 대상으로 하였다. 2층 한옥 전체골조의 구조성능 시뮬레이션은 신한옥으로 지어진 명지대 내 실험한옥인 시공 및 성능테스트동을 대상으로 하였다.

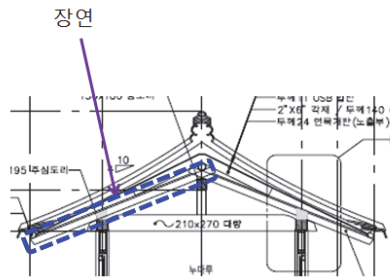
59) 본 4장은 위탁용역을 통한 김영민 교수(명지대학교)의 원고를 토대로 재구성하여 작성하였다.

60) 5량가 한옥의 경우 도리는 중도리, 중도리, 주심도리로 구성된다. 이 중 주심도리가 일반적으로 가장 큰 하중을 받으므로 본 연구에서는 주심도리를 대표로 구조성능을 검토하였다. (하중은 일반적으로 주심도리>중도리>중도리 순으로 많이 받는다.)

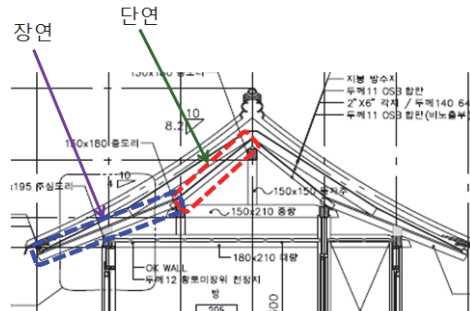
최종적으로 구조성능 시뮬레이션 분석을 통해 한옥 산업화에 따른 재료 및 공법의 변화를 고려하여 한옥의 구조성능을 향상시킬 수 있는 기술 대안을 제안하였다.

■ 수평부재(도리, 서까래) 지붕구조의 구조적 특성

- **도리** : 3량가인 경우 종도리와 주심도리가 있으며, 5량가인 경우 종도리, 중도리, 주심도리가 있다. 이 중 주심도리가 일반적으로 가장 큰 수직하중을 받는다. 도리는 단일부재 또는 하부에 장여를 덧대어 겹침부재로 사용된다. 도리와 장여가 함께 사용되는 경우에는 각각의 휨강성에 따라 하중을 분담한다.
- **서까래** : 서까래는 도리 위에 건너지르는 부재로 지붕하중을 일차적으로 받는다. 3량가 구조에서는 장연서까래만 있으며, 5량가 구조에서는 장연서까래와 단연서까래가 있다. 서까래 설계시 장연서까래는 내민길이와 지지길이가 변수가 되며, 단연서까래는 지지길이가 변수가 된다.
- **지붕구조** : 전통한옥의 지붕구조는 구조적인 관점에서 보았을 때 횡력에 대해 형태를 유지하기 어려운 내적불안정 구조라고 볼 수 있다. 이러한 이유는 서까래와 도리가 접합되는 방식에 기인한다. 서까래는 종도리, 중도리, 주심도리에 연정을 박아 고정하는 형태를 취한다. 고정하는 연정의 개수는 대체로 한군데의 이음 위치에서 하나를 사용한다. 이러한 연정에 의한 이음은 서까래가 옆으로 굴러가지 않을 정도의 외력은 견딜 수 있지만 횡력에 대하여 지붕구조의 형태를 유지하기에는 상당히 부족하다고 볼 수 있다. 이와 같은 이유로 엄밀한 의미에서 전통한옥의 지붕구조는 횡력에 대하여 불안정한 구조라고 볼 수 있다. 그러나, 전통한옥은 무거운 지붕하중이 접합부를 강하게 눌러주어 지붕구조의 형태를 유지하고 있다고 볼 수 있다.



(a) 3량가 지붕구조



(b) 5량가 지붕구조

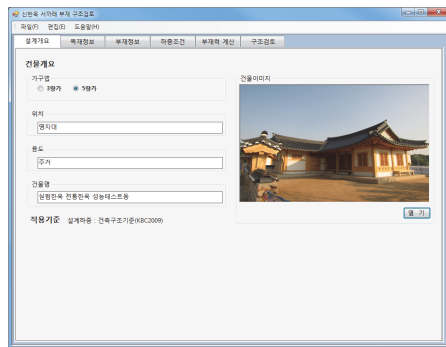
[그림 4-1] 한옥의 지붕구조

(출처 : 명지대학교 산학협력단(2013), 「은평시범한옥 건축도면집」, 명지대학교 산학협력단, p.10.)

[표 4-1] 한옥 구조부재의 구조검토 자동화 소프트웨어 종류

프로그램명	등록연월일	등록번호	주요 기능
신한옥 대량 및 종보의 구조설계자동화 소프트웨어	2012.11.26	C-2012-023415	3량가 및 5량가 한옥의 대량과 종보의 안전성 및 사용성 검토
신한옥 도리부재의 구조설계자동화 소프트웨어	2013.01.07	C-2013-000341	3량가 및 5량가 한옥의 도리/장혀, 평방/창방의 안전성 및 사용성 검토
신한옥 서까래의 구조설계자동화 소프트웨어	2013.01.21	C-2013-001494	3량가 및 5량가 한옥의 장연 및 단연 서까래의 안전성 및 사용성 검토

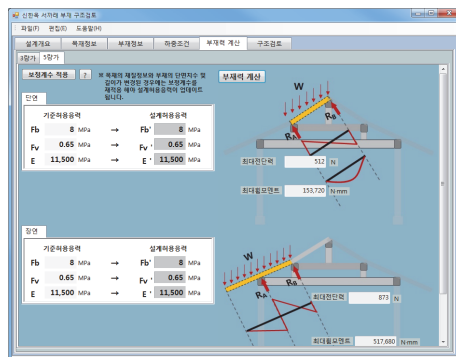
* 한옥기술개발 R&D 홈페이지에서 다운로드 가능 : <http://hanokkorea.hanokdb.kr/main/rnd/main/main.do>



(a) 설계개요 입력화면



(a) 하중조건 입력화면



(b) 5량가 장연, 단연 서까래 부재력 계산화면



(d) 구조검토 출력화면

[그림 4-2] 서까래의 구조설계자동화 소프트웨어를 이용한 구조성능 시뮬레이션 예시

2. 목조주택으로서 한옥의 구조성능 분석

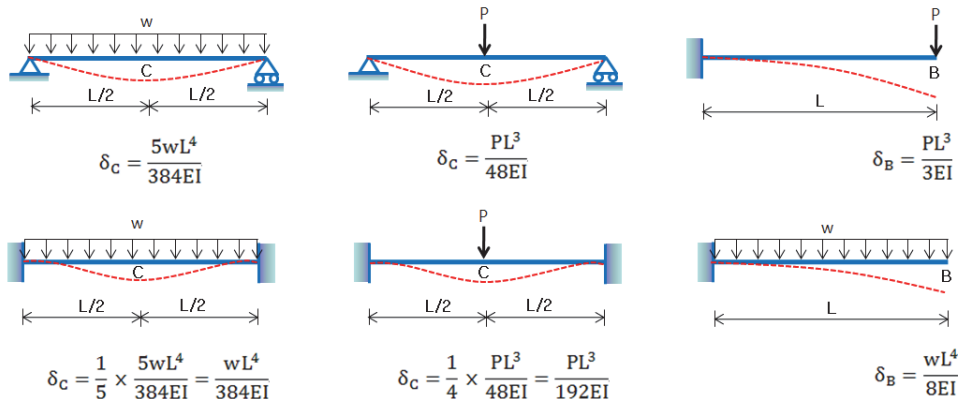
1) 한옥 구조의 변경 가능성 검토

① 수평부재의 단면형태 검토

□ 수평부재의 구조성능 특성

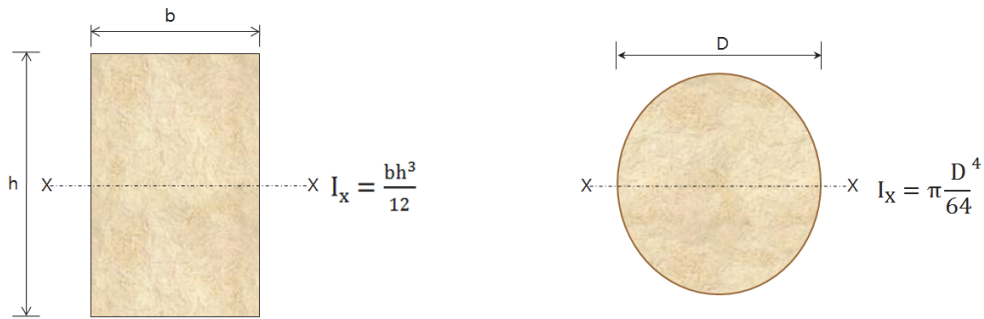
한옥의 대량, 도리, 서까래, 평방, 창방 등의 수평부재는 부재축에 수직인 하중을 받는다. 이로 인해 부재는 처짐이 발생한다. 이러한 처짐은 부재의 경간, 재료의 강도, 작용 하중, 그리고 단면의 크기 및 형상에 따라 그 값이 달라진다. 일반적으로 부재의 경간과 작용하중은 한옥의 유형에 따라 결정되고, 재료의 강도도 목재의 수급에 따라 결정되므로 이를 변화시키기는 어렵다. 결국 다른 조건이 일정하다면 단면의 크기 및 형상을 최적화하여 구조성능을 높이는 방안을 찾는 것이 현실적인 대안이라고 볼 수 있다.

아래 그림은 구조형식 및 하중조건에 따른 부재의 처짐을 보여주고 있다. 부재의 처짐은 단면2차모멘트(I)와 관계성을 가지며 수평부재의 길이에 따라 달라짐을 알 수 있다. 단면2차 모멘트는 단면 형상에 따라 달라진다. 수평부재의 단면형태가 직사각형일 경우 단면의 폭과 단면의 춤에 따라 달라지며, 원형단면일 경우에는 원형단면의 직경에 따라 단면2차모멘트 값이 달라진다.



*E : 재료의 강도(탄성계수), I : 단면 2차모멘트

[그림 4-3] 구조형식 및 하중조건에 따른 부재의 최대 처짐



*b : 단면의 폭, h : 단면의 춤, D : 원형단면의 직경

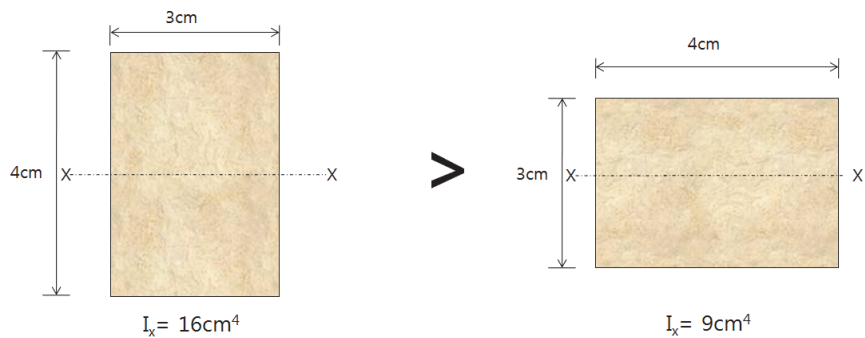
(a) 직사각형 단면

(b) 원형 단면

[그림 4-4] 단면 형상에 따른 중립축에 대한 단면2차모멘트

□ 단면의 배치에 따른 구조성능 비교

수평부재가 직사각형 단면인 경우 단면2차모멘트는 단면의 폭에는 선형으로 비례하지만 단면의 춤에는 세제곱에 비례하므로 동일한 단면을 사용하더라도 단면을 어떻게 놓느냐에 따라 구조성능이 달라진다. 아래 그림에서 두 개의 동일한 직사각형 단면을 세워 배치하는 경우와 눕혀 배치하는 경우의 단면2차모멘트 및 이에 따른 구조성능을 비교하였다. 단면을 세워 배치하는 경우, 눕혀 배치하는 경우보다 구조성능이 $16/9=1.78$ 배 높게 나타났으며, 이것은 단면을 세워 배치하는 것이 구조성능이 높음을 나타낸다.



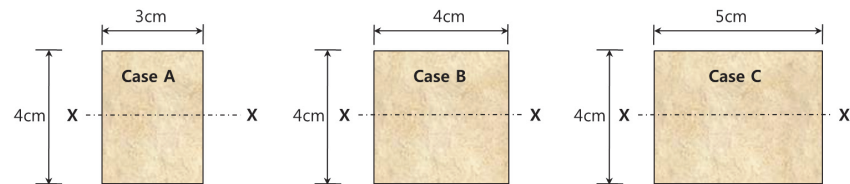
[그림 4-5] 단면 배치에 따른 구조성능 비교

□ 단면의 폭에 따른 구조성능 비교

직사각형 단면을 가지는 수평부재의 단면2차모멘트는 단면의 폭에는 선형으로 비례한다. 따라서 수평부재의 구조성능도 단면의 폭이 증가함에 따라 선형으로 증가한다.

아래 그림은 3개의 단면 폭에 따른 구조성능을 보여준다. 단면의 춤은 모두 4cm로 일정하고 단면의 폭이 3cm, 4cm, 5cm로 증가하고 있다. 단면의 폭이 증가함에 따라 단면적과 단면2차모멘트도 증가하고 있으며, 단면적의 증가율과 단면2차모멘트의 증가율은 동일하다.

이와 같이 한옥의 수평부재에서 단면의 폭을 증가시키는 것은, 재료비 증대에 비례하여 구조성능이 단순히 동일 비율로 증가하는 것이므로 재료를 효과적으로 사용한다고 볼 수 없다. 따라서 한옥 수평부재의 구조성능을 향상시키기 위한 대안으로 단면의 폭을 증가시키는 것은 구조적으로 큰 효과를 보기 어렵다고 볼 수 있다.



	Case A	Case B	Case C
면적	12cm ²	16cm ²	20cm ²
면적 증가율	1.0	1.33	1.67
단면2차모멘트	16cm ⁴	21.33cm ⁴	26.67cm ⁴
단면2차모멘트 증가율	1.0	1.33	1.67

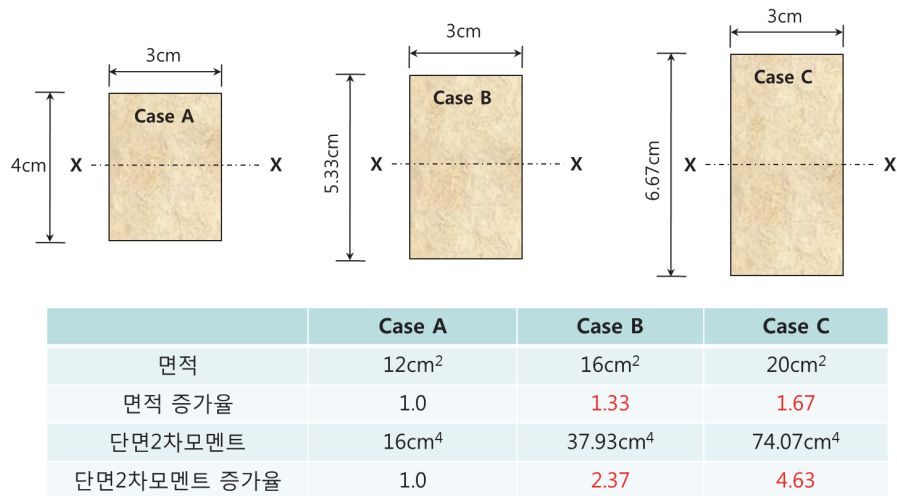
[그림 4-6] 단면의 폭에 따른 구조성능 비교

□ 단면의 춤에 따른 구조성능 비교

수평부재의 구조성능은 단면의 춤과 관계가 있는 것으로 나타났다. 아래 그림은 3개의 단면 춤에 따른 구조성능을 보여준다. 단면의 폭은 모두 3cm로 고정하고 단면의 춤을 4cm, 5.33cm, 6.67cm로 증가시켜 이에 따른 구조성능을 비교하였다. 그 결과, 단면의 춤이 증가함에 따라 단면적과 단면2차모멘트 모두 증가하였지만, 단면적의 증가율보다 단

면2차모멘트의 증가율이 훨씬 크다는 것을 확인할 수 있다. 이는 직사각형 단면에서 단면 2차모멘트는 단면의 폭에는 선형으로 비례하지만 단면의 춤에는 제제곱에 비례하기 때문이다.

따라서, 구조성능을 높이기 위해서는 단면의 폭을 증가시키는 것보다는 단면의 춤을 증가시키는 것이 훨씬 효과적이라는 것을 확인할 수 있다.



[그림 4-7] 단면의 춤에 따른 구조성능 비교

□ 겹침부재의 일체화 여부에 따른 구조성능 비교

한옥에서 수평겹침부재를 많이 볼 수 있는데 도리와 장혀, 평방과 창방이 대표적이다. 이러한 겹침부재를 사용하는 이유에는 여러 가지가 있지만, 구조적으로는 하나의 부재로는 수직하중을 부담하기 어려운 경우에 하중을 분배하여 부담할 목적으로 사용되고 있다. 다음 그림은 도리와 장혀 및 평방과 창방을 겹침부재로 사용하는 경우이다.

다음 그림에서는 수평부재를 겹쳐 사용할 경우 구조성능의 증가를 비교하였다. Case A는 3cm 각재 하나를 사용하는 경우이고, Case B는 3cm 각재 2개를 상하로 겹쳐서 사용하는 경우이며, Case C는 폭은 3cm이고 춤은 4cm인 각재 하나를 사용하는 경우이다. Case B는 Case A에 비해 면적이 2배 증가되었지만 휨성능과 관계가 있는 단면2차모멘트는 단순히 2배 증가하는데 그쳤다. 반면, Case C는 Case A에 비해 면적은 1.33배 증가하

였지만 단면2차모멘트는 2.37배 증가하여 면적이 더 큰 Case B보다 휨성능이 더 크게 증가하고 있다. 이로부터 수평겹침부재는 단면의 폭을 증가시키는 것과 동일한 효과만 발휘되고 춤의 증가효과는 없다는 것을 확인할 수 있다. 이는 2개의 부재를 겹쳐서 사용하는 것보다 차라리 하나의 부재를 조금 더 큰 것을 사용하는 것이 수평부재의 구조성능에서는 훨씬 효과가 크다는 것을 나타낸다. 또한 2개의 부재를 겹쳐서 사용하는 것보다 하나의 큰 부재를 사용하는 것이 시공도 간편하다.



	Case A	Case B	Case C
면적	9cm ²	18cm ²	12cm ²
면적 증가율	1.0	2.0	1.33
단면2차모멘트	6.75cm ⁴	6.75x2=13.5cm ⁴	16cm ⁴
단면2차모멘트 증가율	1.0	2.0	2.37

[그림 4-8] 겹침부재의 사용에 따른 구조성능 비교

다음으로 수평부재를 겹쳐 사용할 경우 일체화 효과에 따른 구조성능의 증가를 비교하였다. Case A는 3cm 각재 하나를 사용하는 경우이고, Case B는 3cm 각재 2개를 상하로 겹쳐서 사용하는 경우이며, Case C는 3cm 각재 2개를 연결축을 이용하여 상하로 일체화시켜 사용하는 경우이다. Case B는 Case A에 비해 면적이 2배 증가하였고 휨성능과 관계가 있는 단면2차모멘트도 단순히 2배 증가하는데 그쳤다. 반면, Case C는 Case A에 비해 면적은 2배 증가하였지만 단면2차모멘트는 8배 증가하여 동일 면적의 Case B보다 휨성능이 4배 더 증가하였다. 부재를 상하로 겹쳐 사용하는 경우 단순히 겹치는데 그치지 않고 이를 연결축이나 볼트로 일체화시키면 춤이 큰 하나의 부재처럼 거동하여 휨에 대한 강성증대효과가 크게 발휘되는 것을 알 수 있다.

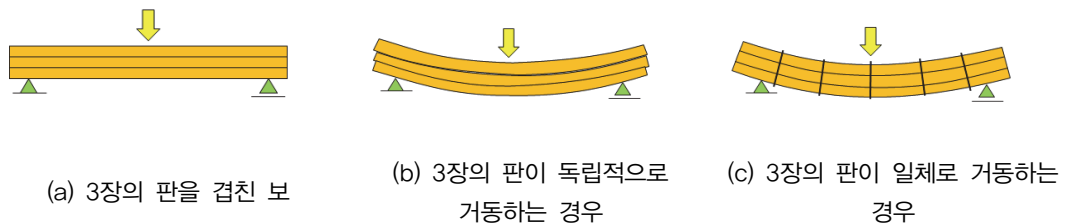


	Case A	Case B	Case C
면적	9cm ²	18cm ²	18cm ²
면적 증가율	1.0	2.0	2.0
단면2차모멘트	6.75cm ⁴	6.75x2=13.5cm ⁴	54cm ⁴
단면2차모멘트 증가율	1.0	2.0	8.0

[그림 4-9] 겹침부재의 일체화 여부에 따른 구조성능 비교

다음 그림은 3장의 판이 독립적으로 거동하는 경우와 일체로 거동하는 경우를 비교한 것이다. 독립적으로 거동하는 경우에는 판 사이에 미끄러짐이 발생하여 전체 휨강성은 개별판의 휨강성의 단순합과 같다. 즉, 3개의 판이 겹쳐져 있는 경우에는 전체 휨강성은 개별판 휨강성의 3배가 된다. 그러나 판 사이를 장부축이나 볼트로 결합하여 미끄러짐이 발생하지 않도록 하면 3개의 판이 하나의 부재처럼 일체로 거동하게 된다. 이 경우에는 단면의 춤이 3배로 증가하여 전체 휨강성은 개별판 휨강성의 27배가 된다. 결국, 3개의 판이 독립적으로 거동하는 경우보다 27/3=9배의 휨강성 증대효과가 발생하게 된다.

따라서, 겹침부재를 사용할 경우 여러 개의 판을 독립적으로 거동하도록 설치하는 것보다 일체화하여 사용하는 것이 구조성능에 더 유리함을 알 수 있다.



[그림 4-10] 겹침부재의 일체화 여부에 따른 구조성능 비교

② 서까래의 단면형태 검토

□ 각형서까래와 원형서까래의 구조성능 비교

한옥은 전통적으로 원형서까래를 사용하여 왔으나 경우에 따라 각형서까래를 사용한 경우도 있다. 서까래는 중소구경 원목을 형태 그대로 이용한 것으로 껍질을 벗기고 소매걸이 등 약간 다듬어 사용하여 왔다. 이는 자연에서 채취한 원목을 최대한 활용한 경우라 할 수 있다. 근래에는 목재 치목에 프리컷 기법이 도입되어, 회전하는 기계로 서까래를 가공하여 대량생산하고 있다.

원형서까래는 중소구경 원목을 최대한 활용할 수 있다는 것과 한옥의 처마에서 둥근 형태로 인해 부드럽고 또한 우리에게 익숙한 모습을 연출한다는 장점이 있다. 그러나 원형서까래는 그 둥근형태로 인해 당골막이 시공 하자의 가장 큰 원인을 제공하기도 한다. 각형 서까래는 중소구경 원목을 잘라서 사용할 수도 있지만 대구경 원목을 잘라서 사용할 수도 있다. 이러한 각형서까래는 시공의 편의성이 상당히 높아 한옥을 현대화하는데 고려해야 할 요소 중의 하나이다.

아래에서는 각형서까래와 원형서까래의 구조성능을 비교분석하였다. 원형서까래를 기준으로 하여 이와 동일한 단면적의 정방형 각형서까래의 처짐에 대한 저항성능(사용성 개념)과 파괴에 대한 저항성능(안전성 개념)을 비교분석하였다. 물론 둥근 원목으로 정방형 각형서까래를 제재하는 경우에는 둥근 테두리 부위를 버려야하기 때문에 원형서까래보다 구조성능이 떨어질 수밖에 없다. 여기서는 대구경 원목을 가로 세로로 여러 번 잘라서 다수의 각형서까래를 한꺼번에 제재하는 경우를 대상으로 하였다.

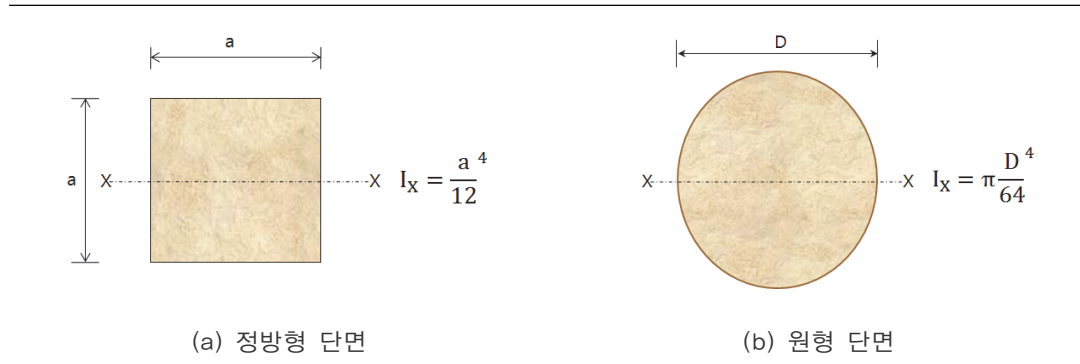
• 서까래의 처짐저항성(사용성)

수평부재의 처짐저항성은 단면2차모멘트와 탄성계수의 곱인 휨강성으로 표현된다. 동일한 재질의 목재를 사용하는 경우에는 탄성계수가 동일하므로 처짐저항성은 결국 단면 2차모멘트와 관계가 있다.⁶¹⁾

61) 원형단면과 정방형 단면의 중립축에 대한 단면2차모멘트 및 단면적은 다음과 같음

- 원형 단면의 단면2차모멘트 $I_x = \frac{\pi D^4}{64}$ (D 는 직경)
- 정방형 단면의 단면2차모멘트 $I_x = \frac{a^4}{12}$ (a 는 한변의 길이)
- 원형 단면의 단면적 $A_R = \frac{\pi D^2}{4}$

서까래의 면적이 동일한 경우, 정방형 단면이 원형단면에 비해 처짐저항성은 1.047 배 더 높다. 즉, 4.7% 더 효율이 높다. 하지만 그 높은 수치가 5% 이하로 크기 않기 때문에 각형 서까래가 원형서까래에 비해 구조성능이 그리 뛰어나다고 보기는 어렵다.



[그림 4-11] 단면 형상에 따른 중립축에 대한 단면2차모멘트

- 서까래의 파괴저항성(안전성)

수평부재의 파괴저항성은 부재의 휨강도로 나타나며 이는 단면계수와 관계가 있다. 수평부재가 휨모멘트를 받으면 부재 내부에는 휨응력이 발생한다. 이 때 발생하는 휨응력은 부재 단면의 중립축에서 0이 되고 부재 끝단으로 갈수록 커지게 된다. 따라서 부재 단면이 받는 최대의 휨응력은 부재 상단과 하단에서 발생한다.⁶²⁾

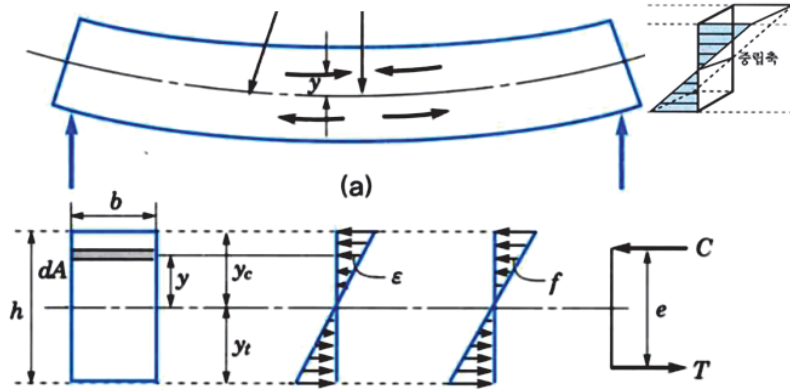
단면계수와 휨응력은 반비례 관계가 성립하므로 단면계수가 클수록 휨응력은 작아지며 따라서 해당 부재의 파괴에 대한 저항성은 더 커진다. 원형 단면에 대한 정방형 단면

-
- 정방형 단면의 단면적 $A_s = a^2$
 - 원형 단면의 단면적과 정방형 단면의 단면적이 같다는 조건으로부터 다음 식이 성립됨. $\frac{\pi D^2}{4} = a^2$
 - 원형 단면에 대한 정방형 단면의 단면2차모멘트 비를 구하면 다음과 같음 $\frac{\frac{a^4}{12}}{\frac{\pi D^4}{64}} = \frac{\frac{1}{12} \times \frac{\pi^2 D^4}{16}}{\frac{\pi D^4}{64}} = \frac{\pi}{3} = 1.047$

62) 휨응력값은 다음 식과 같음

- 부재 단면의 최대 휨응력 $f = \frac{M}{Z}$ (M : 작용하는 모멘트, Z : 단면계수)
- 원형 단면의 단면계수 $Z_x = \frac{\pi D^3}{32}$ (D 는 직경)
- 정방형 단면의 단면계수 $Z_x = \frac{a^3}{6}$ (a 는 한변의 길이)

의 단면계수 비⁶³⁾를 고려했을 때 서까래는 면적이 동일한 경우, 정방형 단면이 원형단면에 비해 파괴저항성은 1.181배 더 높다. 즉, 18.1% 더 효율이 높다고 볼 수 있다.

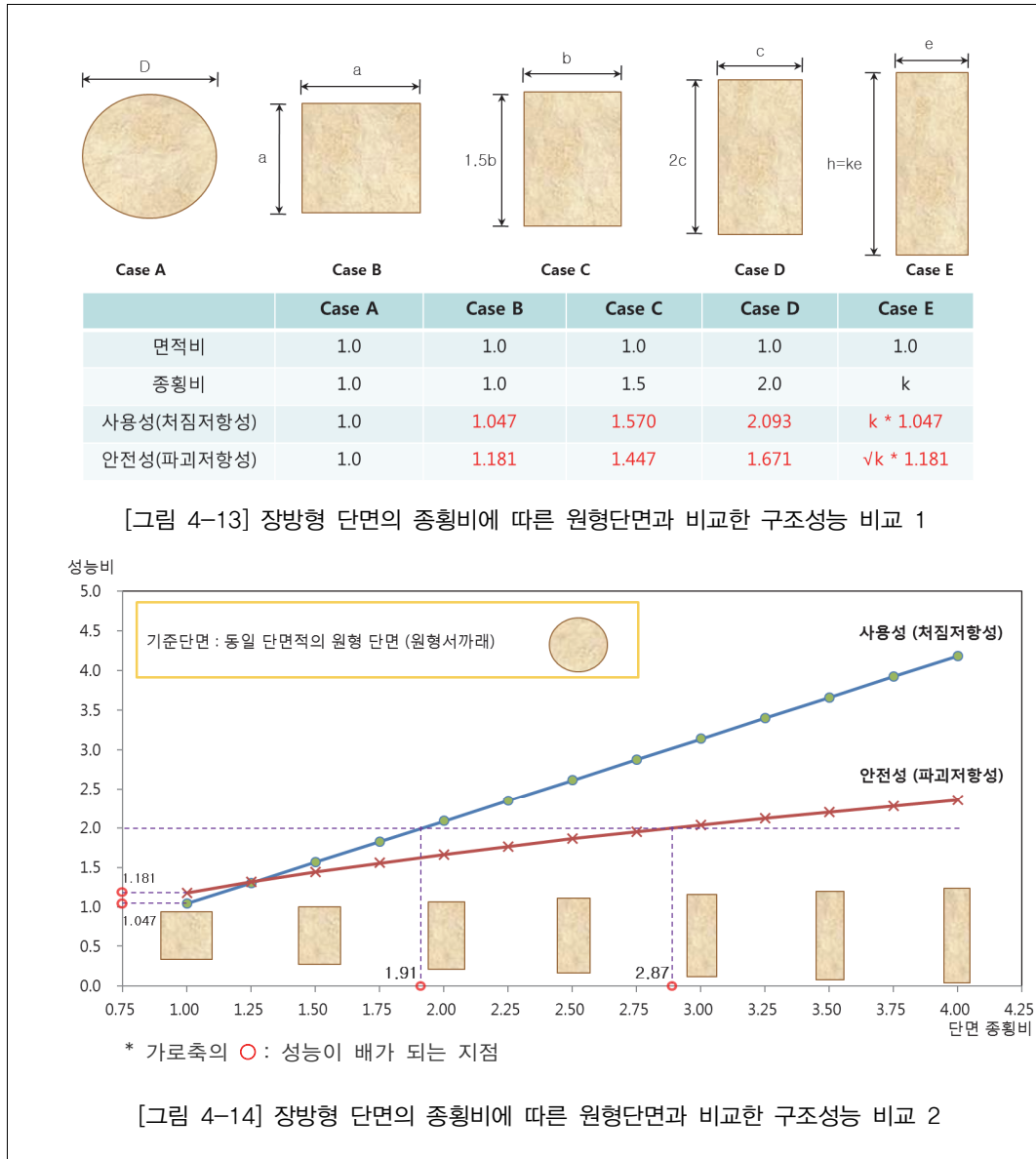


[그림 4-12] 부재의 처짐과 휨응력
(출처: 이승한(2009), 「구조역학이야기」, 성안당, p.178.)

상기 사항을 일반화시켜 이번에는 원형서까래에 비해 장방형 서까래의 처짐저항성과 파괴저항성을 비교하면 다음과 같다. 아래 그림은 직경이 D인 원형서까래와 동일한 면적이 되도록 정방형 서까래부터 장방형 서까래까지 단면을 구성하였다. 장방형 서까래는 종횡비로 구분하였다. 원형서까래와 비교한 장방형서까래의 처짐저항성과 파괴저항성은 다음 그림과 같다. 단면적이 일정할 경우 처짐저항성은 장방형서까래의 폭과 춤의 비율(종횡비)에 선형으로 비례하는 관계가 있지만 파괴저항성은 제곱근에 비례하는 관계가 있다. 따라서 장방형서까래에서 종횡비가 증가할수록 파괴저항성보다 처짐저항성의 증가율이 더 크게 나타난다. 정방형서까래에서는 원형서까래에 비해 파괴저항성이 처짐저항성보다 더 크게 나오지만, 장방형서까래에서는 종횡비가 대략 1.25를 넘어서면서 처짐저항성이 파괴저항성보다 더 크게 나타난다.

63) 원형 단면에 대한 정방형 단면의 단면계수 비를 구하면 다음과 같음

$$-\frac{\frac{a^3}{6}}{\frac{\pi D^3}{32}} = \frac{\frac{1}{6} \times \frac{\pi \sqrt{\pi} D^3}{8}}{\frac{\pi D^3}{32}} = \frac{2\sqrt{\pi}}{3} = 1.181$$



[표 4-2] 원형서까래와 비교한 장방형서까래의 종횡비에 따른 구조성능 비교

종횡비	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00
처짐저항성	1.047	1.309	1.571	1.832	2.094	2.356	2.618	2.879	3.141	3.403	3.665	3.926	4.188
파괴저항성	1.181	1.320	1.446	1.562	1.670	1.772	1.867	1.958	2.046	2.129	2.209	2.287	2.362

□ 단연 서까래의 장방형 단면 적용 가능성

한옥은 지붕구조 형식에 따라 3량가, 5량가, 7량가, 9량가 등으로 구분된다. 이는 내부 공간을 더 크게 확보하기 위하여 지붕이 커져야 하는데 이에 반해 목재의 크기는 한계가 있으므로, 적절한 단면크기의 목재로 큰 지붕을 받치기 위하여 하중을 분산하여 전달하기 위한 방편으로 발전되어 온 것이다. 서까래는 도리 위에 건너지르는 부재로 지붕 하중을 일차적으로 받는다. 지붕의 가구형식 중 3량가인 경우에 서까래는 종도리부터 주심도리를 거쳐 처마끝까지 걸쳐지는 장연 한 종류만 사용된다. 반면, 5량가인 경우에는 종도리부터 중도리까지 걸쳐지는 단연과, 중도리부터 주심도리를 거쳐 처마끝까지 걸쳐지는 장연이 사용된다.

일반적으로 장연이 단연보다 두 배 이상 길고 이에 따라 작용하는 부재력도 훨씬 크므로 장연은 단연보다 더 큰 부재를 사용하는 것, 다시 말해 단연은 장연보다 더 작은 부재를 사용하는 것이 구조적인 면에서 합리적이다. 단연은 장연에 비해 부재 길이가 1/2 정도 밖에 되지 않고, 또한 내민보 형태인 장연과 달리 단순보 형태로 지지되므로 최대휨모멘트가 훨씬 적게 나타난다. 단위면적당 지붕하중은 동일하고 단연의 부재길이가 장연의 부재길이의 1/2 이라고 가정할 경우 단연에 작용하는 최대휨모멘트는 장연의 1/4 밖에 되지 않는다. 이런 경우 원형서까래를 사용한다면 단연의 직경은 장연 직경의 63%만 되어도 된다. 다시 말해 장연의 직경이 200mm 가 되어야 하는 경우, 단연의 직경은 $200 \times 0.63 = 126\text{mm}$ 만 되어도 된다. 이는 물량(체적)측면에서 본다면 200mm 직경의 장연에 비해 단연이 39.7%만 소요되어 반 이상의 물량저감 효과를 볼 수 있다.



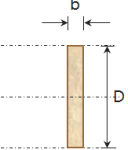
하지만 한옥의 지붕골조 공사에서 개판 등의 부재를 설치하기 위해서는 장연과 단연의 춤이 비슷할 필요가 있다. 이를 위해서는 단연을 원형이 아닌 장방형 단면의 각재를 사용하는 방안을 고려할 수 있다. 상기와 같은 조건에서 각재의 춤을 단연과 동일하게 200mm로 한다면 이때 요구되는 각재의 폭은 약 30mm이다. 이는 200mm 원형 서까래에 비해 물량(체적) 측면에서 $3/16=0.1875$ 즉, 18.75%만 소요되는 효과를 볼 수 있다.

단연과 장연 모두 동일 치수의 원형서까래를 사용하였을 경우에는 단연의 처짐이 장연보다 $5/96=0.0521=5.21\%$ 정도로 매우 작게 나와서 단연이 하중에 비해서 과도하게 큰 부재를 사용하여 재료를 효율적으로 사용하고 있지 않음을 알 수 있다. 그러나 단연을 장연과 응력상태가 동일하도록 소구경 원형서까래로 변경하였을 때는 장연 처짐의 약

33.07%로, 그리고, 각형서까래로 변경하였을 때는 약 20.83%로 나타나 부재를 효율적으로 사용하고 있는 것을 알 수 있다.

한편, 동일한 응력상태에서는 원형서까래 단면보다 각형서까래 단면의 처짐이 $0.2803/0.3307=63.0\%$ 정도로 더 적게 나와서 각형서까래가 더 효율적임을 알 수 있다. 상기에서 설명한 사항은 다음 표와 같다.

[표 4-3] 5량가의 장연과 단연의 동일 구조성능 발휘를 위한 단면 비교

서까래	장연 원형서까래	단연 원형서까래	단연 각형서까래
단면 형상			
부재길이	L	$\frac{L}{2}$	$\frac{L}{2}$
구조형식	내민보 (내민길이 L/2, 지지길이 L/2)	단순보	단순보
단면치수	직경 D	직경 d	폭 b, 춤 D
단면적	$\frac{\pi D^2}{4}$	$\frac{\pi d^2}{4}$	$b \times D$
최대모멘트	$-\frac{WL^2}{8}$	$\frac{WL^2}{32}$	$\frac{WL^2}{32}$
동일응력기준 소요 치수	직경 : D	직경 : $d = \frac{1}{\sqrt[3]{4}}D$ $= 0.630D$	폭 : $b = \frac{3\pi}{64}D = 0.147D$ 춤 : D
치수비	1.0	직경 0.630	폭 0.147 춤 1.000
단면적	$\frac{\pi D^2}{4}$	$\frac{1}{\sqrt[3]{16}} \times \frac{\pi D^2}{4}$ $= 0.397 \times \frac{\pi D^2}{4}$	$\frac{3}{16} \times \frac{\pi D^2}{4}$ $= 0.1875 \times \frac{\pi D^2}{4}$
면적비 (체적비)	1.0	0.3970	0.1875
단면2차 모멘트	$I_1 = \frac{\pi D^4}{64}$	$I_2 = \frac{\pi d^4}{64}$	$I_3 = \frac{bD^3}{12}$
최대처짐	$\frac{WL^4}{64EI_1}$	$\frac{5WL^4}{6144EI_2}$	$\frac{5WL^4}{6144EI_3}$
최대처짐	$\frac{WL^4}{\pi ED^4}$	$\left(\frac{5}{96} \times 4^{\frac{4}{3}}\right) \times \frac{WL^4}{\pi ED^4}$ $= 0.3307 \times \frac{WL^4}{\pi ED^4}$	$\left(\frac{5}{96} \times 4\right) \times \frac{WL^4}{\pi ED^4}$ $= 0.2083 \times \frac{WL^4}{\pi ED^4}$
최대처짐비	1.0	0.3307	0.2083

앞서 언급한 바와 같은 이유로 한옥의 전통적인 멋을 유지하면서 소요되는 목재 물량을 줄여 건축비를 절감하기 위해서는 방과 같이 내부 천정마감으로 가려져 천정이 직접 보이지 않는 위치에 있는 단연은 장방형 각재를 사용하는 등 구성을 달리할 필요가 있다. 다음 그림은 경기도 양주에 있는 '11년도에 준공된 5량가 형식의 신한옥으로서 여기서는 비노출부 단연은 각형서까래를 사용하였다. 이 때 각형서까래의 굵은 장연의 원형서까래의 직경과 동일하도록 하였다.

■ 원형서까래, 각형서까래 혼합 사용 사례

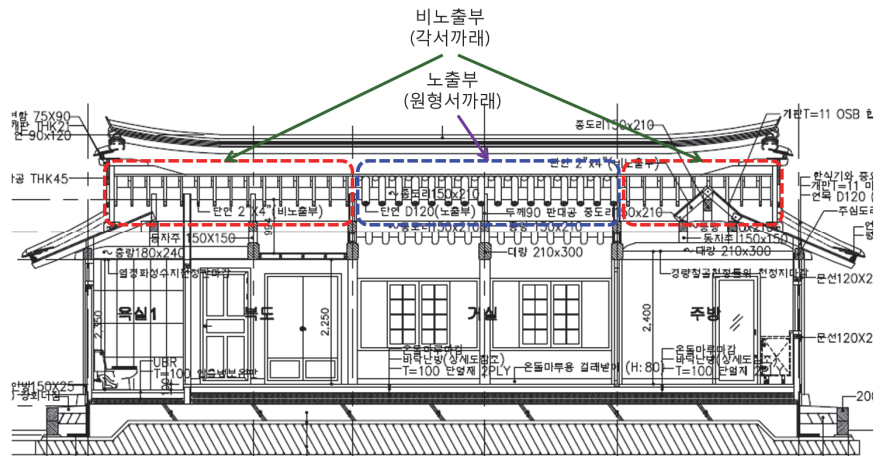


(a) 단연은 각형 서까래, 장연은 원형서까래



(b) 각형서까래를 이용한 단연의 시공모습

[그림 4-15] 단연에서의 각 서까래 적용
(출처:@김영민(2011))



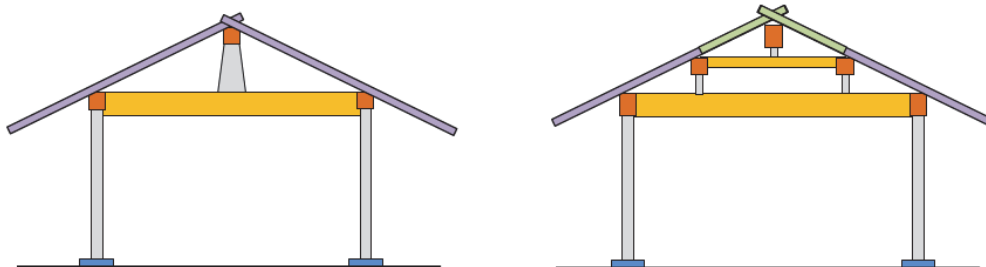
[그림 4-16] 비노출 부위 서까래의 각재 사용 예
(출처:금성건축(2011), 『양주한옥도면집』, p.11)

③ 내진성능 향상 기술 검토

□ 트러스 구조의 적용 가능성 검토

전통한옥의 지붕구조는 무거운 지붕하중을 받치는 용도로는 전혀 무리가 없으나 바람이나 지진 등의 횡력에 대해서는 취약한 구조이다. 전통한옥의 지붕구조는 외형적으로 보았을 때 삼각형의 형태를 보여 트러스 구조와 마찬가지로 형태가 견고하다고 볼 수 있다. 그러나 구조적인 관점에서 보았을 때 횡력에 대해 형태를 유지하기 어려운 내적불안정 구조라고 볼 수 있다. 이러한 이유는 서까래가 도리와 접합되는 방식에 기인한다.

서까래는 종도리, 중도리, 주심도리에 연정을 박아 고정하는 형태를 취하며, 고정하는 연정의 개수는 대체로 한 군데의 이음 위치에서 하나를 사용한다. 연정에 의한 이음은 서까래가 옆으로 굴러가지 않을 정도의 외력은 견딜 수 있지만 횡력에 대하여 지붕구조의 형태를 유지하기에는 상당히 부족하다고 볼 수 있다. 엄밀한 의미의 구조적인 관점에서는 이러한 이음에 의한 지지점은 한지점이라기 보다는 이동지점에 가깝다고 볼 수 있다. 이와 같은 이유로 전통한옥의 지붕구조는 횡력에 대하여 불안정한 구조라고 볼 수 있다. 다만, 보토와 적심, 기와 등의 지붕하중이 크기 때문에 연정과 함께 서까래와 도리간에 마찰력이 작용하여 적절한 수준의 횡력에는 그 형태를 잘 유지할 수 있다. 그러나, 횡력이 어느 한도를 넘는 순간 지붕구조는 그 형태를 유지하지 못하고 찌그러지면서 붕괴할 가능성이 커지게 된다. 즉, 전통한옥의 지붕구조는 서까래와 도리가 일체화되어 접합되어 있지 않고 지지점이 이동지점에 가까우므로 안정된 트러스 구조라고 보기 어렵다.



(a) 3량가 지붕구조

(b) 5량가 지붕구조

[그림 4-17] 전통한옥의 지붕구조

아래 그림은 한옥 초가집의 지진파에 대한 진동실험을 보여준다. 사진에서 볼 수 있는 바와 같이 지붕구조가 일정 이상의 지진력을 받았을 때는 형태를 유지하지 못하고 찌그러지는 것을 알 수 있다. 따라서, 한옥이 내진성능을 갖추기 위해서는 지붕구조를 횡력에 대하여 안정성을 갖춘 형태로 구성할 필요가 있다.



(a) 진동실험 진행과정 1



(b) 진동실험 진행과정 2

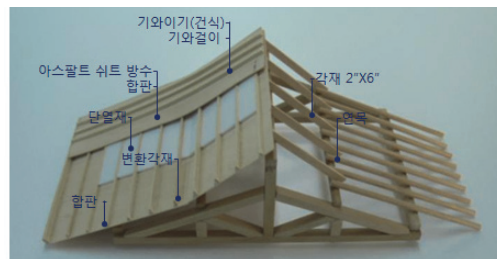
[그림 4-18] 한옥의 진동실험

(출처:EBS 원더풀 사이언스-지진 흔들리는 한반도", 「EBS 홈페이지」, <http://www.ebs.co.kr>)

이는 서까래와 도리간의 접합을 확실한 힌지이음이 되도록 구성하는 방법이 있을 수 있고, 더 나아가 지붕구조 자체를 트러스 형식으로 구성할 수도 있다. 다만, 한옥의 주요한 특징인 서까래와 대량, 종보가 보이는 지붕구조를 노출하지 않기는 어려우므로, 트러스 형식의 지붕구조는 눈으로 직접 보이지 않는 곳에 보강하는 의미로 적용하는 방안을 강구할 수 있다. 한옥기술개발 1단계 연구(R&D)에서는 한옥의 지붕구조를 트러스 형식으로 적용하는 방안을 연구하였다. 이러한 연구는 전통한옥의 미적 특성을 유지하면서 시공성과 구조적 안전성을 확보하는 방안으로 지속적으로 추진할 필요가 있다.



(a) 신한옥 트러스 지붕골조 모형



(b) 신한옥 트러스 지붕골조 모형

[그림 4-19] 신한옥 지붕골조의 트러스 적용 계획

(출처 : 명지대학교 산학협력단(2011), 「한옥기술개발 연구보고서 2차년도 중간보고서」, p.96.)

□ 접합부의 철물 적용 가능성 검토

전통한옥은 지붕하중이 소규모 한옥인 경우 대체로 $3\sim5\text{kN/m}^2$ 정도이고 승례문이나 근정전 등 대규모 한옥인 경우 $8\sim10\text{kN/m}^2$ 에 이르는 등 상당히 무거운 편이다. 지붕하중은 개판, 적십, 보토, 기와 등에 의하며, 지붕경사각에 따라 이들 마감재의 깊이는 1m에 이르는 곳도 있다. 이러한 무거운 지붕하중은 부재간의 결구부위를 강하게 눌러주어 접합부의 회전강성이 확보되어 바람이나 지진 등의 수평력에 견딜 수 있게 한다. 무거운 지붕하중은 접합부의 강성을 확보하는데 유용하지만 반면 지진하중에 대해서는 관성력으로 작용하여 불리하게 작용하기도 한다.

최근에 짓는 신한옥은 전통한옥과는 달리 지붕마감 구성이 경량화 되는 경향을 보이고 있다. 신한옥은 전통한옥의 습식공법과는 달리 건식공법을 채용하여 지붕하중이 $1\sim3\text{kN/m}^2$ 정도 밖에 되지 않는 경우도 상당하다. 이러한 경량지붕구조에서는 부재간의 전통적인 접합부가 문제를 야기할 수 있다. 지붕하중이 가벼워 나무만의 맞춤과 이음에 의한 결구부위를 강하게 눌러주기 어렵기 때문에 접합부가 회전강성을 확보하지 못하여 횡력에 취약할 수 있다. 또한 강풍이 불어올 때 지붕의 들림을 저항할 수 없어 지붕이 날아가는 문제가 발생할 수 있다. 이러한 이유로 경량화된 지붕구조를 적용하는 신한옥에서는 접합부를 철물로 강하게 결속시킬 필요가 있으며, 이는 수평력에 대한 횡강성의 확보는 물론 바람에 의한 들림을 막기 위해서도 필요하다.

[표 4-4] 전통한옥과 신한옥의 지붕구조 특성

	전통한옥	신한옥
지붕하중	<ul style="list-style-type: none"> - 무거운 지붕하중을 갖음 - 소규모 한옥의 경우 $3\sim5\text{kN/m}^2$ - 대규모 한옥의 경우 $8\sim10\text{kN/m}^2$ 	<ul style="list-style-type: none"> - 경량화된 지붕하중을 갖음 - $1\sim3\text{kN/m}^2$인 경우도 다수
특성	<ul style="list-style-type: none"> - 무거운 지붕하중이 부재간의 결구부위를 강하게 눌러주어 바람이나 지진 등의 수평력에 일정부분 유리하게 작용함 	<ul style="list-style-type: none"> - 지붕하중이 가벼워 접합부를 철물로 결속하는 등의 대안이 필요(ex. 강접합, 힌지접합)

하지만 접합부 가공을 위한 숙달된 시공인력의 부족과 습식공법에 의한 시공기간의 증가로 인한 시공비용의 상승이 한옥의 대중적인 보급에 애로 사항으로 작용하고 있다. 이러한 이유로 비숙련 인력도 한옥을 쉽게 시공할 수 있도록 접합부위를 간단히 구성할

필요가 있으며, 이러한 필요에 의해서 현대적인 기법을 활용하여 접합부를 철물로 구성하기도 한다.

구조적인 측면과 시공적인 측면에서의 요구로 인해 향후에는 한옥의 접합부를 철물로 구성하는 사례가 늘어날 것이라고 판단된다. 다만, 전통 한옥에서 접합부의 수명은 반영구적인데 반하여 철물을 이용한 접합부는 이질재료간의 접합문제로 그 수명에 대한 보증이 어렵다는 문제가 있으므로, 현재 철물 접합부로 지어진 한옥에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다고 사료된다.

■ 현대 한옥의 철물 접합 사례

- 신한옥으로 지어진 명지 실험한옥 시공 및 성능테스트동과 은평 시범한옥에서는 아래 그림에서와 같이 철물에 의하여 부재 간을 결속시키는 구법을 적용하였다.



(a) 기둥과 초석의 철물접합부



(b) 기둥과 도리의 접합철물



(c) 기둥과 도리의 접합철물



(d) 기둥과 도리 및 대량의 철물접합부

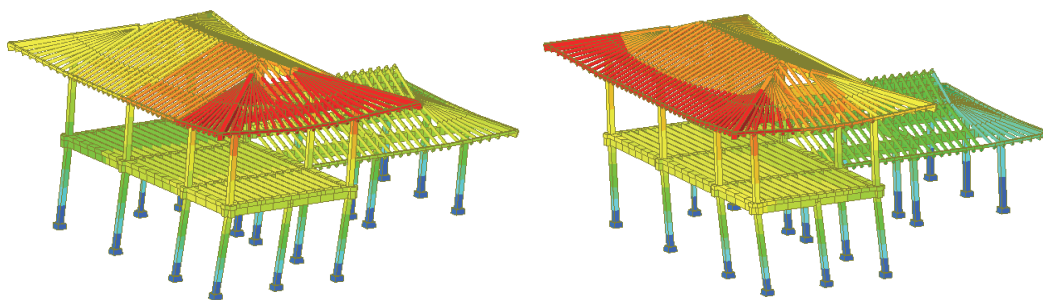
[그림 4-20] 현대 한옥의 철물 접합 사례
(출처: @김영민(2012))

□ 제진 및 면진 장치 적용 가능성 검토

일반적으로 건물이 지진에 견디도록 설계하는 기술은 크게 내진, 제진, 면진의 3가지로 구분할 수 있다. 건물을 지진력에 저항할 수 있도록 튼튼하게 설계하는 것을 일반적인 내진설계라고 한다면, 제진은 별도의 장치를 이용하여 지진력을 효율적으로 소산함으로써 건물의 피해를 최소화하는 방법이다. 면진은 건물을 지반에서 분리시켜 지반진동으로 인한 지진력이 직접 구조물로 전달되는 양을 감소시키는 기술이다.

제진설계는 구조물에 인위적으로 손상을 집중시키는 부재(제진댐퍼)를 건물전체에 분포시켜, 지진발생으로 유입되는 에너지를 주구조체가 비선형 거동으로 소모하기 이전에 제진댐퍼가 집중적으로 지진에너지를 흡수하여 비선형거동을 통하여 에너지를 방출시켜 구조물에 안전성을 부여하는 개념이다. 즉, 건물에 추가적으로 감쇠를 부가하여 이에 의하여 건물에 유입되는 에너지를 저감시키는 것을 의미한다.

면진설계는 건물과 기초 또는 중간층 사이에 특별한 장치를 삽입하여 건물의 진동주기를 장주기화 함으로서 건물의 지진저항능력을 크게 개선할 수 있는 효과적인 기술이다. 면진 구조물은 지반과 구조물이 분리되어 있으므로, 면진장치의 상부 구조물에 전달되는 지진하중이 큰 폭으로 줄어들어 건물의 전체적인 안전성이 향상된다. 면진장치를 적용한 건물은 지진 후에도 그 기능을 유지할 수 있어 대체적으로 주요 문화재에 적용되고 있다.



(a) x방향 지진하중에 의한 변형

(b) y방향 지진하중에 의한 변형

■ : 변형이 상대적으로 많이 일어나는 부분

[그림 4-21] 지진하중에 의한 변형

2) 한옥 구조기술의 대안 시뮬레이션

① 시뮬레이션 개요

앞서 살펴본 한옥 부분골조 구조성능 특성을 기반으로 한옥의 구조성능을 개선할 수 있는 구조기술 대안을 샘플링하고, 한옥기술개발 연구단의 명지대 김영민 교수팀에서 개발한 신한옥 구조검토 자동화 소프트웨어와 상용 소프트웨어인 건축구조물 전용 구조검토 소프트웨어(midas Gen)를 활용하여 한옥 전체골조의 구조성능 시뮬레이션을 실시하였다. 3량가 및 5량가 한옥을 대상으로 수평부재(대량, 주심도리⁶⁴⁾, 서까래)의 구조성능을 시뮬레이션하고 2층 한옥을 대상으로 지붕하중, 평면 및 입면구성, 벽체 유무, 접합부 회전강성, 제진 및 면진장치 적용에 따른 한옥의 내진성능 시뮬레이션을 실시하였다.

3량가 한옥 전체골조 시뮬레이션은 명지대 무루정을 대상으로 하였고, 5량가 전체골조의 구조성능 시뮬레이션은 신한옥으로 지어진 양주한옥을 대상으로 하였다. 2층 한옥 전체골조의 구조성능 시뮬레이션은 신한옥으로 지어진 명지대 내 실험한옥인 시공 및 성능테스트동을 대상으로 하였다.

해석모델링에서 지점조건과 부재의 맞춤 및 이음조건은 대상한옥의 실제 가구구성 과정을 면밀히 분석하여 구조적 특징을 최대한 반영하였다. 보 부재 단부의 모멘트 해제를 적용하였고, 서까래가 도리 위에 얹혀지는 경우에는 압축전단 탄성연결요소를 적용하였다. 작용하중은 수직하중과 수평하중을 고려하였는데 수직하중으로는 구조부재 자중과 지붕하중(3kN/m^2)을 적용하였고, 수평하중은 등가정적지진하중을 적용하였다. 2층 한옥 구조성능 시뮬레이션에서는 적설하중(1kN/m^2), 활하중(2kN/m^2), 바닥하중(1kN/m^2)을 추가로 적용하였다. 이러한 구조성능 시뮬레이션을 통해 전체 구조물의 구조안전성⁶⁵⁾과 사용성⁶⁶⁾을 검토하고 주요 구조부재의 단면크기의 적정성, 수직하중에 의한 변형과 진동특성을 분석하였다

64) 5량가 한옥의 경우 도리는 종도리, 중도리, 주심도리로 구성된다. 이 중 주심도리가 일반적으로 가장 큰 하중을 받으므로 본 연구에서는 주심도리를 대표로 구조성능을 검토하였다. (하중은 주심도리>종도리>중도리 순으로 많이 받는다.)

65) 안전성 검토는 강도 검토를 의미한다. 현재 우리나라의 목구조설계는 허용응력설계법이 적용되고 있다. 따라서 부재력으로부터 부재에 작용하는 응력을 구하고 이것이 재료의 설계허용응력 이내에 드는 경우 안전하다고 판단한다.

66) 대한건축학회에서 발간한 「목조건축 구조설계 매뉴얼(2008, 기문당)에 따라 사용성을 검토하였다.

□ 3량가 한옥 전체골조 구조성능 시뮬레이션

3량가 한옥 전체골조의 구조성능 시뮬레이션은 명지대 무루정을 대상으로 하였다. 명지대 무루정의 공사 중 및 완공된 모습과 개요는 다음 그림 및 표와 같다.

[표 4-5] 명지대 무루정 개요

항목	설명
위치	경기도 용인시 명지대학교 내
구조형식	3량가 맞배지붕의 민도리집 형식
건립년도	2009.01
입면구성	정면 3칸, 측면 1칸
평면구성	마루 2칸, 온돌 1칸
기본척	정면과 측면 모두 8자 모듈
특징	전체적으로 전통구법과 양식을 사용하면서도 표준화 및 현대화를 시도



(a) 공사 중 모습



(b) 완공된 모습

[그림 4-22] 명지대 무루정의 공사 중 및 완공된 모습
(출처: @김영민(2011))

□ 5량가 한옥 전체골조 구조성능 시뮬레이션

5량가 한옥 전체골조의 구조성능 시뮬레이션은 신한옥인 양주한옥을 대상으로 하였다. 양주한옥의 공사 중 모습과 개요는 다음 그림 및 표와 같다.

[표 4-6] 양주한옥 개요

항목	설명
위치	경기도 양주시 율정동
구조형식	팔작지붕 5량가 민도리집 형식
건립년도	2011.12
건축면적	85m ²
평면구성	H 형
특징	현대화된 건축기법 적용



(a) 공사 중 모습



(b) 준공직전 모습

[그림 4-23] 양주한옥의 공사 중 및 준공직전 모습
(출처: @김영민(2011))

□ 2층 한옥 전체골조 내진성능 시뮬레이션

2층 한옥 전체골조의 구조성능 시뮬레이션은 신한옥으로 지어진 명지대 실험한옥 시공 및 성능테스트동을 대상으로 하였다. 명지대 실험한옥 시공 및 성능테스트동의 공사 중 및 완공된 모습과 개요는 다음 그림 및 표와 같다.

[표 4-7] 실험한옥 시공 및 성능테스트동 개요

항목	설명
위치	경기도 용인시 명지대학교 내
구조형식	3량가 및 5량가 2층 한옥
건립년도	2012.05
평면구성	L 형
특징	현대화된 건축기법 적용



(a) 공사 중 모습



(b) 완공된 모습

[그림 4-24] 실험한옥 시공 및 성능테스트동의 공사 중 및 완공된 모습
(출처: @김영민(2012))

② 수평부재(대량, 도리, 서까래) 구조성능 시뮬레이션

□ 대량의 구조 성능 시뮬레이션

3량가 대량은 대공으로부터 전달되는 지붕하중을 부재 중앙경간에 집중하중으로 받는다. 이에 따라 부재 중앙에 최대휨모멘트가 발생하고 처짐도 중앙에서 가장 크게 발생한다. 전단력은 전 구간에서 일정하게 작용한다.

5량가 대량은 2개의 동자기둥으로부터 전달되는 지붕하중을 3분변작인 경우 부재 경간의 1/3 지점에, 4분변작인 경우 부재 경간의 1/4 지점에 집중하중으로 받는다. 이에 따라 부재의 중앙 경간에 최대휨모멘트가 발생하고 처짐은 중앙에서 가장 크게 발생한다. 전단력은 좌, 우측 구간에서 가장 큰 값이 일정하게 발생하고 중앙 경간에서는 발생하지 않는다.

대량의 구조 성능 분석 결과, 기둥간격이 넓어질수록 대량의 하중분담면적이 증가하므로 대량에 작용하는 하중은 기둥간격에 선형으로 비례하는 것으로 나타났다. 대량의 길이가 일정한 경우, 대량 단면의 춤이 커질수록 응력비와 처짐비가 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 이로부터 대량의 구조성능은 대량 단면의 춤에 비례함을 확인할 수 있다. 또한 대량의 길이가 일정할 경우 기둥간격이 커질수록 응력비와 처짐비가 점진적으로 커지고 있으며, 이로부터 대량의 구조성능은 기둥간격에 반비례함을 확인할 수 있다.

상기의 분석을 좀 더 체계적으로 분석하여, 3량가 및 5량가 대량에서 대량길이, 기둥간격, 단면폭, 단면춤과 최대휨응력, 최대전단응력, 최대처짐의 관계를 분석하면 다음 표와 같다.

[표 4-8] 3량가 및 5량가 대량의 구성 요소에 따른 응력 및 처짐의 관계

항목	최대휨응력	최대전단응력	최대처짐
대량 길이	선형으로 비례	선형으로 비례	세제곱에 비례
기둥 간격	선형으로 비례	선형으로 비례	선형으로 비례
단면 폭	선형으로 반비례	선형으로 반비례	선형으로 반비례
단면 춤	제곱에 반비례	선형으로 반비례	세제곱에 반비례

3량가 및 5량가 대량에서 대량길이, 기둥간격, 단면폭, 단면춤에 따른 대량의 구조 성능을 분석하면 다음 표와 같다.

[표 4-9] 3량가 및 5량가 대량의 구성 요소에 따른 구조성능 분석

항목	안전성능		사용성능
	휨응력성능	전단응력성능	처짐성능
대량 길이	선형으로 반비례	선형으로 반비례	세제곱에 반비례
기둥 간격	선형으로 반비례	선형으로 반비례	선형으로 반비례
단면 폭	선형으로 비례	선형으로 비례	선형으로 비례
단면 춤	제곱에 비례	선형으로 비례	세제곱에 비례

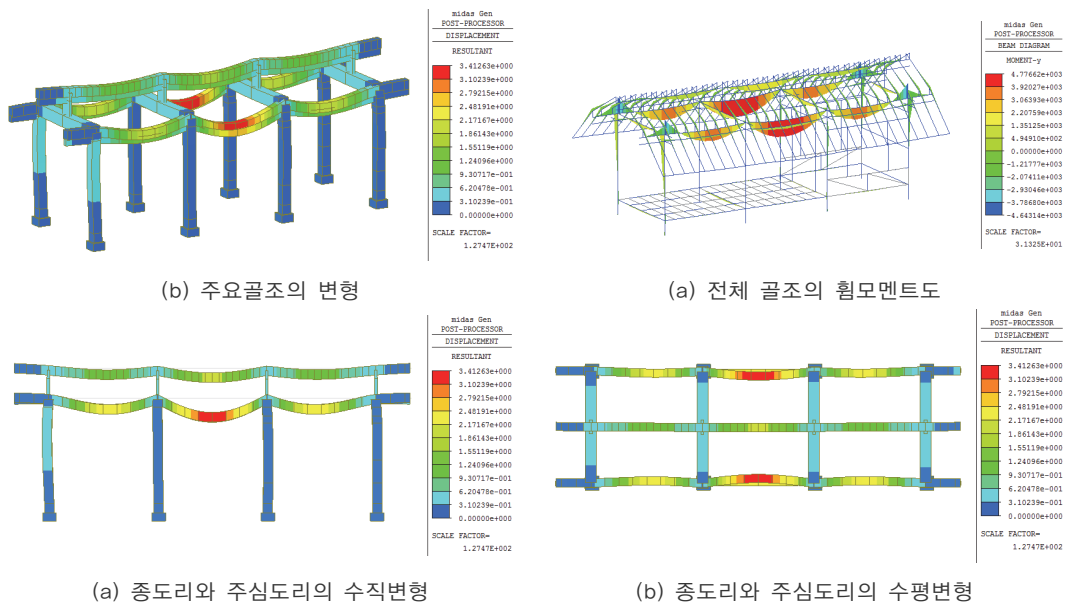
대량은 실제로 전달되는 하중의 값을 고려할 때 수직하중의 분담비율이 크지 않다. 지붕하중은 일차적으로 서까래가 받고 도리를 통해 대량 또는 기둥으로 전달된다. 대량은 전면과 후면의 골조를 이어주는 역할을 하여 주로 수평력에 대하여 저항하는 요소로 작용한다.

□ 도리의 구조 성능 시뮬레이션

도리는 서까래를 통해 지붕하중을 분포하중으로 받는다. 3량가인 경우 종도리와 주심도리가 있으며, 5량가인 경우 종도리, 중도리, 주심도리가 있다. 이 중 주심도리가 일반적으로 가장 큰 하중을 받으므로, 본 연구에서는 주심도리를 대상으로 구조성능 시뮬레이

선을 수행하였다.

도리는 단일부재 또는 하부에 장혀를 덧대어 겹침부재로 사용된다. 도리와 장혀가 함께 사용되는 경우에는 각각의 휨강성에 따라 하중을 분담한다. 도리는 분포하중을 받으므로 부재 중앙에 최대휨모멘트가 발생하고 처짐도 중앙에서 가장 크게 발생한다. 전단력은 양단에서 가장 크게 발생하고 중앙부에서는 작용하지 않는다.



* 중앙의 처마도리가 구조상으로 가장 취약한 것으로 나타남

[그림 4-25] 명지대 무루정의 수직하중에 의한 변형

도리의 구조성능 분석 결과, 도리의 길이가 커질수록, 그리고 대량의 길이가 커질수록 도리의 하중분담면적이 증가하는 것으로 나타났다. 도리의 길이가 증가할수록 응력비와 처짐비는 급격히 증가하고 있다. 이로부터 도리의 구조성능은 도리의 길이에 반비례함을 확인할 수 있다. 한편, 도리 단면의 춤이 커질수록 응력비와 처짐비가 급격히 감소하고 있다. 이로부터 도리의 구조성능은 도리 단면의 춤에 비례함을 확인할 수 있다. 도리의 길이가 일정할 경우 대량의 길이가 길어질수록 응력비와 처짐비가 미소하게 점진적으로 커지고 있다. 이로부터 도리의 구조성능은 대량의 길이에 미소하게 반비례함을 확인할 수 있다.

상기의 분석을 좀 더 체계적으로 수행하여, 도리에서 도리길이, 대량길이, 단면폭, 단면춤과 최대휨응력, 최대전단응력, 최대처짐의 관계를 분석하면 다음 표와 같다.

[표 4-10] 도리의 구성 요소에 따른 응력 및 처짐의 관계

항목	최대휨응력	최대전단응력	최대처짐
도리 길이	제곱에 비례	선형으로 비례	네제곱에 비례
대량 길이	선형으로 비례	선형으로 비례	선형으로 비례
단면 폭	선형으로 반비례	선형으로 반비례	선형으로 반비례
단면 춤	제곱에 반비례	선형으로 반비례	세제곱에 반비례

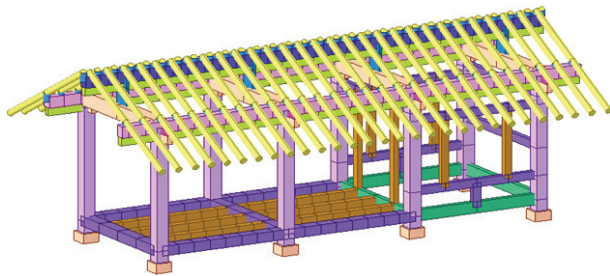
도리에서 도리길이, 대량길이, 단면폭, 단면춤에 따른 도리의 구조성능을 분석하면 다음 표와 같다.

[표 4-11] 도리의 구성 요소에 따른 구조성능 분석

항목	안전성능		사용성능
	휨응력성능	전단응력성능	처짐성능
도리 길이	제곱에 반비례	선형으로 반비례	네제곱에 반비례
대량 길이	선형으로 반비례	선형으로 반비례	선형으로 반비례
단면 폭	선형으로 비례	선형으로 비례	선형으로 비례
단면 춤	제곱에 비례	선형으로 비례	세제곱에 비례

3량가 한옥에서 주심도리는 중도리에 비해 수직하중에 의한 구조변형이 3배 이상 나타났다. 3량가 한옥에서는 지붕하중의 대부분을 주심도리가 부담하기 때문이다. 도리는 단일부재 또는 하부에 장혀를 덧대어 겹침부재로 사용되며, 도리와 장혀가 함께 사용되는 경우에는 각각의 휨강성에 따라 하중을 분담한다. 겹침부재를 사용할 경우 일체화하여 사용하는 것이 여러 개의 판을 독립적으로 거동하도록 하는 것보다 구조성능에 더 유리하므로, 구조성능 향상을 위해서는 주심도리 부재를 키우거나 또는 일체화시키는 방안을 고려하는 것이 필요하다.

5량가에서는 주심도리, 중도리, 중도리의 변형이 비슷하게 나타났다. 이는 5량가에서는 각 도리가 하중을 대체적으로 균등히 분담하고 있다는 것을 보여준다.



(a) 정면투상도



(b) 측면투상도

[그림 4-26] 명지대 무루정의 다리 형태

□ 서까래의 구조성능 시뮬레이션

서까래는 다리 위에 건너지르는 부재로 지붕하중을 일차적으로 받는다. 서까래의 처마 내민길이인 주심도리부터 처마 끝까지의 거리는 지지길이인 중도리부터 주심도리까지의 길이보다 짧아야 안정적이 된다. 서까래는 지붕하중을 분포하중으로 받는다. 단연 서까래는 부재 중앙에 최대휨모멘트가 발생하고 처짐도 중앙에서 가장 크게 발생한다. 전단력은 양단에서 가장 크게 발생하고 중앙부에서는 작용하지 않는다.

서까래의 구조성능 분석 결과, 서까래의 길이가 커질수록 하중분담면적이 증가한다. 단연서까래에서는 서까래의 길이가 일정한 경우 서까래 직경이 커질수록 응력비와 처짐비가 급격히 감소하고 있다. 이로부터 단연서까래의 구조성능은 서까래의 직경에 비례함을 확인할 수 있다. 단연서까래에서는 서까래의 직경이 동일할 경우 서까래 길이가 증가할수록 응력비와 처짐비가 급격히 커지고 있다. 이로부터 단연서까래의 구조성능은 서까래의 길이에 반비례함을 확인할 수 있다.

장연서까래에서는 내민길이가 동일한 경우 응력비와 처짐비는 지지길이와 거의 관계 없이 일정한 값을 보이고 있다. 이로부터 장연서까래의 구조성능은 서까래의 지지길이와 거의 관계가 없음을 확인할 수 있다. 장연서까래에서는 내민길이가 증가할수록 응력비와 처짐비가 급격히 커지고 있다. 이로부터 장연서까래의 구조성능은 내민길이에 반비례함을 확인할 수 있다.

상기의 분석을 좀 더 체계적으로 수행하여, 서까래에서 장연서까래의 내민길이, 장

연서까래의 지지길이, 단연서까래의 길이, 서까래 직경과 최대휨응력, 최대전단응력, 최대 처짐의 관계를 분석하면 다음 표와 같다.

[표 4-12] 서까래의 구성 요소에 따른 응력 및 처짐의 관계

항목	최대휨응력	최대전단응력	최대처짐1)
장연서까래 내민길이	제곱에 비례	선형으로 비례	네제곱에 비례
장연서까래 지지길이	관계없음2)	관계없음3)	세제곱에 반비례
단연서까래 길이	제곱에 비례	선형으로 비례	네제곱에 비례
서까래 직경	세제곱에 반비례	제곱에 반비례	네제곱에 반비례

1) 장연서까래의 일반적인 내민길이와 지지길이에서는 내민끝단에서 최대처짐이 발생
2,3) 장연서까래의 일반적인 내민길이와 지지길이 상황에서 성립하는 현상임

서까래에서 장연서까래의 내민길이, 장연서까래의 지지길이, 단연서까래의 길이, 서까래 직경에 따른 서까래의 구조성능을 분석하면 다음 표와 같다.

[표 4-13] 서까래의 구성 요소에 따른 구조성능 분석

항목	안전성능		사용성능
	휨응력성능	전단응력성능	처짐성능1)
장연서까래 내민길이	선형으로 반비례	선형으로 반비례	네제곱에 반비례
장연서까래 지지길이	관계없음2)	관계없음3)	세제곱에 비례
단연서까래 길이	제곱에 반비례	선형으로 반비례	네제곱에 반비례
서까래 직경	세제곱에 비례	제곱에 비례	네제곱에 비례

1) 장연서까래의 일반적인 내민길이와 지지길이에서는 내민끝단에서 최대처짐이 발생
2,3) 장연서까래의 일반적인 내민길이와 지지길이 상황에서 성립하는 현상임

3량가 구조에서 서까래는 전 구간에 걸쳐 부모멘트가 작용한다. 이는 서까래의 내민 부분에 작용하는 하중으로 인해 전체 서까래가 위로 볼록하게 변형되기 때문이며, 이로 인해 서까래의 최대휨모멘트 및 최대전단력은 주심도리 위치에서 발생한다. 5량가 구조에서도 장연서까래의 최대휨모멘트 및 최대전단력은 주심도리 위치에서 발생하며, 가장 취약한 부위가 주심도리 위치이다. 따라서 서까래의 가장 취약한 부위가 주심도리 위치이므로 당골막이 시공 등으로 인해 서까래의 단면결손이 생기지 않도록 주의할 필요가 있다.

5량가 구조에서 단연서까래의 최대 휨모멘트는 서까래 중앙에서 발생하고, 최대전단

력은 양 지점부에서 발생한다. 그러나 실제로 도달하는 하중의 값을 고려할 때 단연서까래는 단면을 줄일 수 있는 여유가 충분하다.

③ 한옥 구조의 내진성능 분석

본 항에서는 전통한옥을 대상으로 지붕하중에 따른 내진성능 시뮬레이션, 평면 및 입면 구성에 따른 내진성능, 벽체의 역할에 따른 내진성능 시뮬레이션 및 제진장치, 면진장치 적용 시 내진성능에 대하여 경계비선형 해석을 수행하여 비교하였다. 해석은 midas Gen(Ver. 835)으로 수행하였다.

[표 4-14] 내진성능 분석 대상 한옥의 기본 사항

한옥 위치	경기도 용인시
건물 높이	3.5m
지반조건	Sc
중요도계수	1.0
반응수정계수	4.0

해석에 사용된 지진파는 비교적 안정된 지반에서 관측된 기록파 El-Centro (1940), Taft (1952), Hschinohe (1968)를 선정하였으며, ‘KBC2009 [0306.7.4.1 설계지진파의 선정]’에 따라 대상 건축물의 지반조건인 Sc지반의 설계 스펙트럼에 적합하게 크기를 조정하여 해석에 반영하였다.

□ 지붕하중에 따른 내진성능 시뮬레이션

기본 전통한옥을 대상으로 지붕하중 변화에 따른 내진성능을 파악해 보고자 경계비선형 해석을 수행하여 비교하였다. 지붕하중에 따른 대상 한옥의 기본적인 동적특성은 다음 표와 같다.

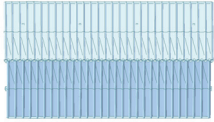
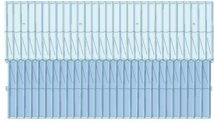
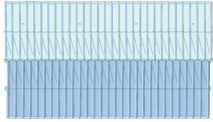
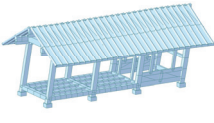
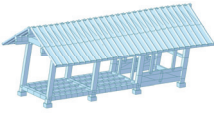
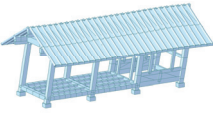




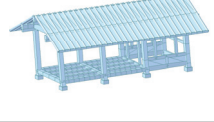

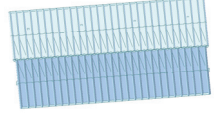
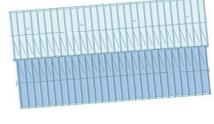
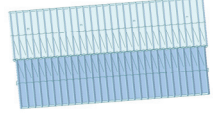
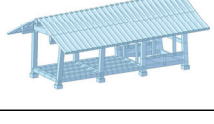
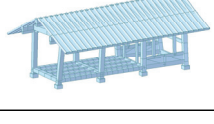
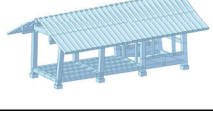
지붕하중 변화에 따른 지진파별 최대응답변위 변화를 분석한 결과, 지붕하중 2배를 적용한 경우 각 지진파별로 최대응답변위는 감소하였으나, 지붕하중을 5배 적용한 결과 El-centro 지진파의 경우 약 150% 증가되었고, Taft 지진파와 Hachinohe 지진파의 경우에는 약 165% 및 235%로 증가하는 것으로 나타났다.

지붕하중이 증가할수록 최상층응답가속도는 감소하는 결과를 나타내었다. El-centro 지진파의 경우 지붕하중을 2배, 5배를 적용한 경우 약 60% 및 70% 감소되었고, Hachinohe 지진파의 경우에도 비슷한 결과를 나타내었다. 지붕하중 증가에 따른 층

전단력 결과는 최대응답변위 결과와 유사하게 지붕하중 2배시에는 감소하였으나, 지붕하중 5배 적용 시에는 증가하는 결과를 나타내었다.

지붕하중이 무거울수록 주기는 커지나 속도변화는 크지 않은 것으로 나타났다. 즉, 지붕하중이 무거울수록 변위는 커지고 가속도는 작아진다.

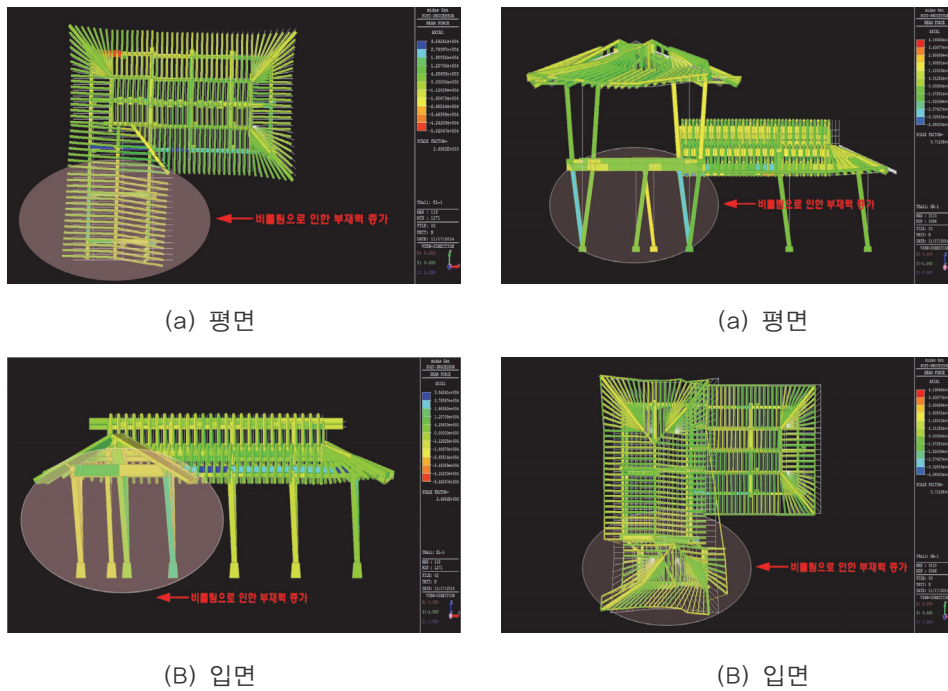
[표 4-15] Mode Shape

Mode		지붕하중 1배	지붕하중 2배	지붕하중 5배
1차 모드	평면			
	입면			
	주기	0.96sec	1.32sec	2.04sec
2차 모드	평면			
	입면			
	주기	0.65sec	0.90sec	1.39sec
3차 모드	평면			
	입면			
	주기	0.58sec	0.89sec	1.23sec

□ 평면 및 입면구성에 따른 내진 성능 시뮬레이션

기본 전통한옥을 대상으로 평면 및 입면 변화에 따른 내진성능을 파악해 보고자 대칭형, 평면비정형, 입면비정형 모델을 대상으로 경계비선형 해석을 수행하였다.

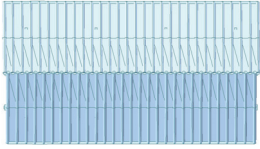
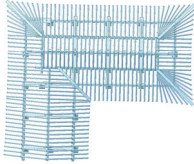
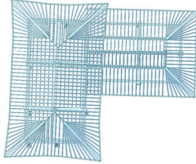
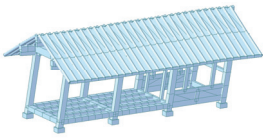
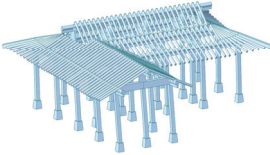

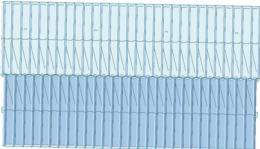
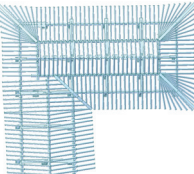
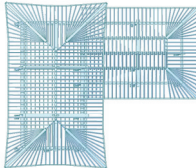
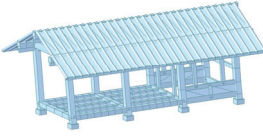
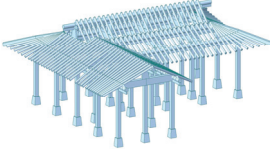
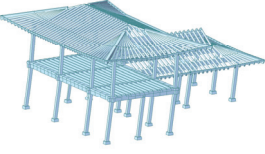
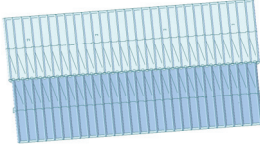
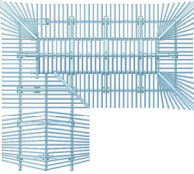
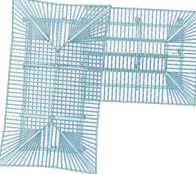
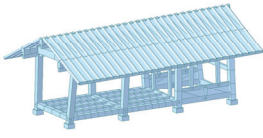
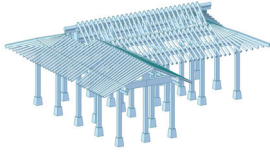
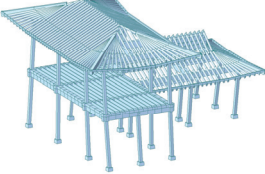
다음 그림은 평면변화 및 입면변화 모델의 El-centro 지진파 시 부재력을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 평면과 입면의 변화로 인해 모델의 아래 부분이 비틀림으로 인해 부재력이 증가하고 있다.



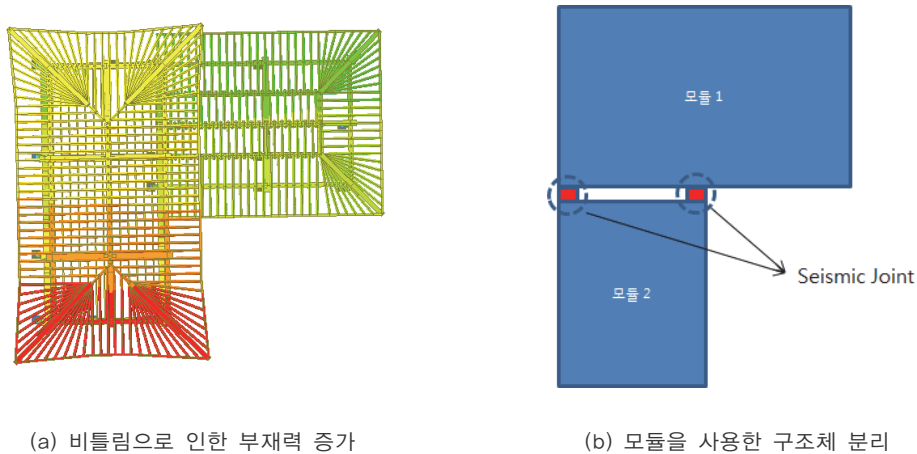
[그림 4-27] 평면 및 입면 변화 모델의 부재력 평가

지진 시 거동특성을 파악할 수 있는 고유치해석 결과, 1차 모드는 Y방향 이동 및 비틀림 변형이 발생하였고, 2차 모드는 X방향 변형, 3차 모드는 비틀림 변형이 발생하는 것으로 확인되었다. 평면 및 입면비정형 형태를 가지는 2층 이상의 한옥은 X, Y 방향의 지진하중에 의해 병진운동과 더불어 회전운동이 발생한다. 이로부터 평면 및 입면비정형 건물은 지진 및 바람에 의한 수평하중에는 거동특성이 좋지 않다는 것을 확인할 수 있으며 이를 극복하기 위한 방안이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

[표 4-16] 평면 및 입면구성에 따른 진동모드 형상

Mode		기본모델 (대칭형)	평면 변화 모델 (평면비정형)	입면 변화 모델 (입면비정형)
1차 모드	평면			
	입면			
	주기	0.96sec	1.21sec	1.77sec
2차 모드	평면			
	입면			
	주기	0.65sec	1.12sec	1.63sec
3차 모드	평면			
	입면			
	주기	0.58sec	0.94sec	1.45sec

2층 한옥으로 설계 시 내진성능을 향상시키기 위해서는 1층과 2층의 평면을 대칭으로 설계하는 것이 구조적으로 유리하다. 비정형 평면으로 설계 시, 정방형의 매스와 매스 사이에 복도와 같은 서비스 공간을 마련하는 등 진동특성이 서로 다른 부분을 분리하는 설계접근이 필요하다. 각각의 형태는 최대한 사각형에 가까운 모듈형태로 계획하고 모듈을 결합하되 내진 조인트를 설치하여 구조적으로는 분리된 디테일을 가질 수 있도록 개발하는 것이 요구된다.



[그림 4-28] 비틀림 방지를 위한 한옥 모듈화를 통한 구조체 분리 방법

□ 접합부 회전강성에 따른 한옥의 내진성능 시뮬레이션

한옥의 접합부 회전강성에 따른 내진성능을 파악해보기 위해 상대회전강성 0%, 상대회전강성 10% 및 상대회전강성 20% 적용 시의 대상 한옥의 기본적인 동적특성을 시뮬레이션 하였다.

최대응답변위는 회전강성이 증가할수록 지진파별로 차이는 있으나 대체로 감소하는 것으로 나타났다. 각 지진파별로 살펴보면 EL-centro 지진파의 경우 상대회전강성이 10%인 경우 약 20% 감소하였고, 상대회전강성이 20%인 경우 약 35% 감소효과를 나타내었다. Taft 지진파의 경우 상대회전강성이 10%인 경우 다소 증가하는 양상을 나타내었으나, 상대회전강성이 20%인 경우 약 10% 감소하였다. Hachinohe 지진파의 경우 상대회전강성이 10%인 경우 약 20%, 상대회전강성이 20%인 경우 약 30% 감소되는 것으로 나타났다.

접합부 회전강성에 따른 지진파별 최대응답가속도 분석 결과, 회전강성이 증가할수록 지진파별로 차이는 있으나 최대응답가속도가 증가하는 것으로 나타났으며, 상대회전강성이 20%일 때 보다 상대회전강성이 10%일 때 더 증가하는 것으로 나타났다.

[표 4-17] 최대응답변위 비교

(단위 : mm)

Story	회전강성 0			회전강성 10			회전강성 20		
	El-centro	Taft	Hachinohe	El-centro	Taft	Hachinohe	El-centro	Taft	Hachinohe
4	89.1	71.2	110.6	69.8	73.1	89.8	58.6	65.2	76.6
3	80.7	69.2	107.3	67.1	70.2	86.5	58.3	62.5	73.6
2	7.8	6.7	10.4	7.2	7.5	9.3	6.2	6.9	8.1
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

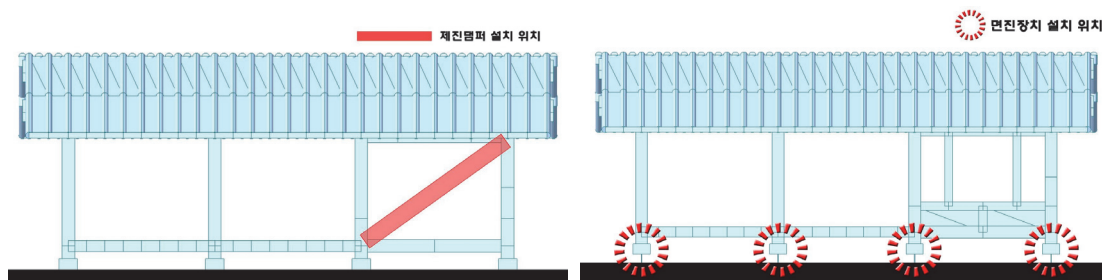
[표 4-18] 최대응답가속도 비교

(단위 : mm/sec²)

Story	회전강성 0			회전강성 10			회전강성 20		
	El-centro	Taft	Hachinohe	El-centro	Taft	Hachinohe	El-centro	Taft	Hachinohe
4	2855.9	2428.5	3792.5	3998.5	4261.1	5110.7	3742.8	4254.7	4864.0
3	2718.7	2323.8	3599.1	3850.9	4038.9	4968.0	3615.3	4026.5	4729.9
2	2021.3	1775.2	2553.9	2054.0	1816.3	2851.5	2069.3	1809.9	2888.9
1	2323.6	2078.8	2800.7	2323.6	2078.8	2800.7	2323.6	2078.8	2800.7

□ 제진 및 면진장치 적용에 따른 내진성능 시뮬레이션

한옥에서 제진장치 및 면진장치 적용 시 내진성능을 파악해보고자 경계비선형 해석을 수행하여 비교하였다. 다음 그림은 한옥의 제진장치 및 면진장치 설치 위치를 나타낸 것이다. 적용한 제진장치는 강재형 이력댐퍼이며 X방향으로 두 개를 설치하였다. 면진장치는 초석 아래에 장치를 하나씩 설치하는 것으로 하여 해석을 수행하였다. 면진장치의 주기는 기본모델 주기의 약 6배 정도로 산정하여 장치를 배치하였다.



[그림 4-29] 제진장치(지진댐퍼) 설치위치

[그림 4-30] 면진장치 설치 위치

최대응답변위는 제진장치를 적용한 경우 El-centro 지진파의 경우 약 45% 감소되었고, Taft 지진파와 Hachinohe 지진파의 경우 약 50% 및 30% 감소되는 것으로 나타났다. 면진장치를 적용한 경우 면진층에서만 큰 변위가 발생하고 있을 뿐 상부 구조물은 강체거동과 유사하게 층간변위가 거의 없는 것으로 나타났다.

각 타입별 최대응답가속도 분석 결과, 제진장치를 적용한 경우 El-centro 지진파의 경우 약 30% 감소되었고, Taft 지진파와 Hachinohe 지진파의 경우에는 약 40% 및 20% 감소되는 것으로 나타났다. 면진장치를 적용한 경우 최대응답가속도 역시 최대응답변위의 결과와 유사하게 각 층의 응답가속도 분포가 강체거동에 가깝게 일정한 분포를 갖는 형태로 변화하고 있는 것을 알 수 있다. 또한, 모든 지진파에 대하여 최대응답가속도가 기본모델 보다 현저하게 감소하는 경향을 보이고 있는데, 약 1/10~1/12로 감소하고 있다.

각 타입별 층전단력은 제진장치를 적용한 경우 각지진파별로 다소 차이는 있으나 약 20~30% 정도 감소효과를 나타내었다. 또한, 면진장치를 적용한 경우 각 지진파별로 층전단력이 기본모델에 비해 약 5% 정도로 감소하는 결과를 나타내었다.

[표 4-19] 최대응답변위 비교

(단위 : mm)

Story	Normal			Damper			Isolation		
	El-centro	Taft	Hachinohe	El-centro	Taft	Hachinohe	El-centro	Taft	Hachinohe
4	82.9	62.7	106.0	46.1	32.5	76.4	172.3	119.2	253.9
3	79.5	60.1	101.8	44.2	31.2	73.4	176.2	119.1	260.2
2	8.2	6.2	10.5	4.5	3.2	7.5	176.4	115.9	260.4
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[표 4-20] 최대응답가속도 비교

(단위 : mm/sec²)

Story	Normal			Damper			Isolation		
	El-centro	Taft	Hachinohe	El-centro	Taft	Hachinohe	El-centro	Taft	Hachinohe
4	3584.2	2753.9	4571.8	2416.8	1830.3	3761.1	193.6	138.9	285.5
3	3403.5	2560.3	4353.5	2308.9	1706.3	3614.9	181.1	133.8	269.7
2	2036.5	1846.9	2637.7	2094.1	1889.3	2698.7	447.4	356.6	225.1
1	2323.6	2078.8	2800.7	2323.6	2078.8	2800.7	2323.6	2078.8	2800.7

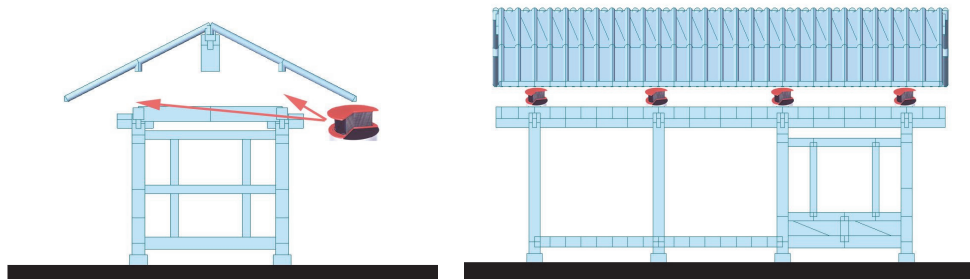
[표 4-21] 층전단력 비교

(단위 : N)

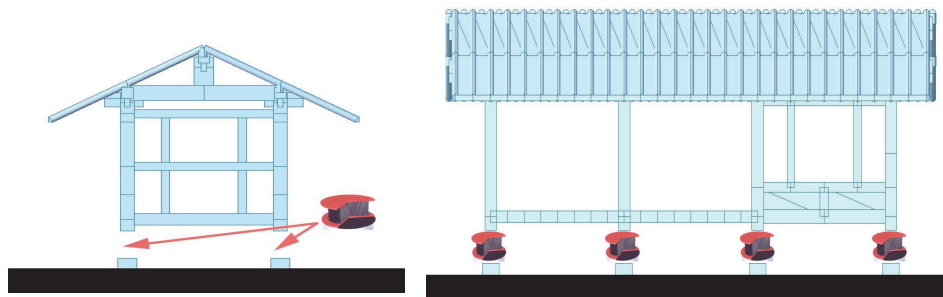
Story	Normal			Damper			Isolation		
	El-centro	Taft	Hachinohe	El-centro	Taft	Hachinohe	El-centro	Taft	Hachinohe
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	44,290	33,585	56,684	25,656	17,984	42,519	2,274	1,668	3,339
2	47,450	35,973	60,726	27,482	19,263	45,559	2,450	1,789	3,600
1	61,960	46,831	79,259	44,006	33,345	67,710	3,224	2,355	4,754

각 타입별 층간변형각은, 설계지진레벨 시 기본모델의 경우 층간변형각 1.0%를 초과하는 것으로 나타났으며, 제진장치를 적용한 경우 지진파별로 층간변형각 1.0%를 초과하는 것으로 나타났다. 면진장치를 적용한 경우에는 면진장치가 설치된 층을 제외하고는 층간변형각 1.0%를 초과하지 않는 것으로 나타났다.

한옥은 형태에 대한 가치와 고유성이 크므로 내진 및 제진기법을 적용함에 있어 기존 형태를 가급적 유지하는 것이 필요하다. 한옥에 면진장치를 설치하는 방안은 한옥 지붕 바로 아래에 면진장치를 설치하는 안과 초석과 기둥사이에 설치하는 안을 고려해볼 수 있다. 하지만 한옥에 면진장치를 적용하기 위해서는 기술적으로 해결해야 할 문제가 다수 있어 추후 상세 디테일에 관한 연구가 필요하다.



(a) 지붕 밑 면진장치 설치방안



(b) 초석 위 면진장치 설치방안

[그림 4-31] 한옥의 면진장치 설치방안

3. 한옥 구조기술 대안 검토

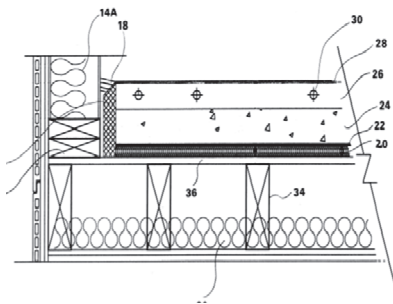
1) 2층 한옥 및 다층 한옥

□ 2층 한옥 및 다층 한옥 관련 기술

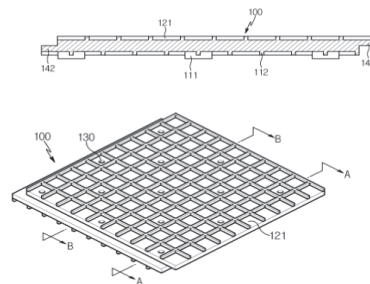
우리 전통주거인 한옥은 근래에 많은 관심을 받으면서 새롭게 조명 받고 있다. 완벽한 전통한옥의 재현이 아닌 현대인의 생활에 맞춘 신한옥이 서서히 탄생하고 있다. 최근 들어 혁신적인 기술과 공법을 사용하고 환경 친화적인 재료를 사용해 웰빙, 건강한 주거에 맞는 한옥의 새로운 개발이 이루어져 왔다. 그 중 가장 쉽게 생각할 수 있는 것이 2층 한옥 및 다층 한옥이다.

한옥이 단층이 아닌 복층으로 지어진다면 도심지의 비싼 대지비용을 효율적으로 극복할 수 있을 것으로 보인다. 다층 한옥을 구현하기 위한 기술은 꾸준히 개발되고 있다. 다층 한옥에서 고려해야 할 층간 소음방지 관련 특허기술 2가지를 소개하면 다음과 같다.

‘층간 소음방지를 위한 뜬바닥 구조’는 일반적으로 콘크리트 구조물의 층간 소음방지를 위한 방법으로 소개되어 있지만 또 다른 목적으로 목조주택이나 경량철골구조에서도 충분히 적용이 가능할 것으로 보인다. ‘소음 및 충격음 저감용 완충재’ 기술은 층간소음 및 충격음을 흡수 완충 시키며, 특히 온돌구조에 적합하게 설계된 제품으로 한옥에 적용 가능하다. 이 외에도 소음방지를 위한 바닥구조나 완충재는 꼭 한옥에 관련된 것뿐만 아니라 다른 곳에서도 적용 가능하기 때문에 여러 방향으로 기술이 개발되고 있다.



(a) 층간 소음방지를 위한 뜬바닥 구조 (2006년)
(출처:이상욱(2006), p.7.)

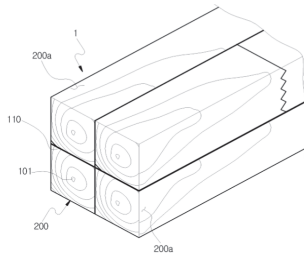


(b) 소음 및 충격음 저감용 완충재 (2008년)
(출처:서기빈 외(2008), p.11.)

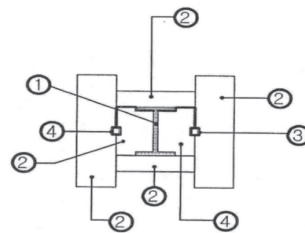
[그림 4-32] 바닥구조 및 완충재 관련 특허기술

(출처:관련 특허명세서, 「특허정보넷 키프리스」, <http://www.kipris.or.kr>.)

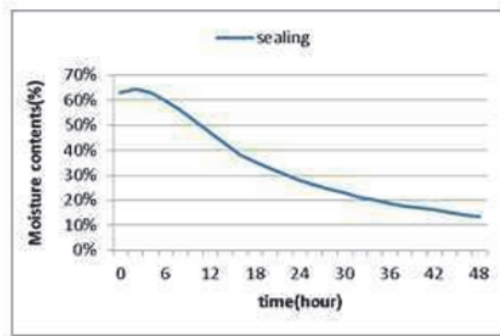
전통한옥의 경우 기둥, 보, 도리, 서까래 등 주요구조부에 원목을 치목하여 사용하는 경우가 많은데 대구경 원목은 대부분 수입하여 사용하고 있고, 단면이 큰 경우 수축변형으로 인한 할렬이 큰 문제가 되고 있다. 원목의 한계를 극복하고자 공학목재가 개발되기 시작했다. 최근인 '10년에는 '다중접착집성재의 제조방법'이 개발되었다. 이를 통해 변형이 적고 강도성능이 우수한 집성재를 큰 하중을 받는 대단면 구조재로 사용할 수 있다. 이미 집성재로서 강도성능은 높였지만 '11년에 '건축용 내화목재 공학부재 제작방법'의 특허기술로 고강도 소재를 이용한 건축용 목재공학부재의 개발이 이루어져 대형건물에서의 사용이 가능해졌고 자유자재의 형태제작이 가능해졌다. '14년에는 이러한 대단면 목재의 건조에 있어서 할렬 등의 건조결함을 최소화 시키고 건조시간을 단축시킬 수 있는 기술이 개발되었다.



(a) 다중접착집성재의 제조방법(2010년)
(출처:이한욱(2010), p.10.)



(b) 건축용 내화목재 공학부재 제작방법(2011년)
(출처:여경해 외(2011), p.1.)



(c) 중공목재 건조방법 (2014년)
(출처:여환명 외(2014), p.1.)

[그림 4-33] 공학목재 및 집성재 관련 특허기술
(출처:관련 특허명세서, 「특허정보넷 키프리스」, <http://www.kipris.or.kr>.)

□ 2층 한옥 및 다층 한옥의 실 적용사례

미국과 캐나다는 목구조의 공동주택을 6층까지 설계 및 시공할 수 있도록 건축법규가 마련되어 있다. 일본은 현재 3층까지 허용하고 있다. 우리나라도 현행 법규상으로는 5층까지는 건축할 수 있다. “건축물의 구조기준 등에 관한 규칙”에 따르면 목조 건축물은 높이 18m, 처마 높이 15m, 바닥면적 6,000㎡⁶⁷⁾ 이내에서는 가능하다. 이에 따라 단독주택뿐만 아니라 공동주택, 공공건축물에서도 목조주택의 가능성이 열려 있다. 한옥도 목조주택에 속하므로 상기와 같은 법규 이내에서는 가능하고 이론적으로는 대략 4~5층 까지 가능하므로 다층 한옥에 대한 연구 및 적용이 필요한 시점이다.

국내에서 2층 한옥의 경우는 이미 많이 실용화 되어있는 상태이다. 한옥기술개발사업기간에 구축된 ‘명지대 실험한옥 시공 및 성능테스트동’은 2층 한옥으로 지어졌고, ‘은평 시범한옥’도 2층 한옥으로 시공되었다. 또한 서울 인사동 골목에는 ‘관혼재’라는 2층 한옥이 지어져 카페로 사용되고 있다. 이외에도 서울시 구로구에는 ‘글마루 어린이 도서관’이 공공시설로서 2층 한옥으로 지어졌다. ‘07년 경주에 지어진 ‘한옥호텔 라궁’은 최초의 한옥호텔로서 2층의 관리동과 16개의 숙박 유닛을 갖춘 대규모 집합한옥이다. 라궁은 개인주거 공간으로서의 단층한옥의 인식의 틀을 깨고 전통한옥으로 숙박시설을 설계하였다는 점에서 의의가 있다. 이처럼 2층 한옥의 경우는 벌써 여러 사례가 있을 만큼 대중화되었다. 이러한 2층 한옥은 앞으로도 계속해서 구축될 것으로 보인다. 황두진 건축가가 설계한 ‘휘닉스스프링스 C.C’ 역시 2층 한옥의 공공시설로 설계된 예이다. 최대 200명 이상을 수용할 수 있을 정도의 대규모 공간으로 계획되었으며 지하 1층 및 지상 2층으로 구성되어 있다. 중정을 둘러싼 세 건물의 창과 문을 개방하면 내외부가 연계된 대형행사를 치를 수 있도록 하였으며, 특히 대문과 행랑채에는 지붕을 유리로 사용하여 한옥의 틀을 벗고 현대화에 맞추어진 실험적 한옥이며, 한옥의 새로운 가능성을 제시하였다고 볼 수 있다.

현재 한옥은 원목의 사용에서 점점 소경재를 이용한 집성재 제작 등 단면이 구조적 관점에서 최적화·최소화 되고 있는 실정이다. 버몬트 주의 첼시에 있는 ‘나이트 패스처 팜’은 중목구조로 설계된 목조주택으로 넓은 공간활용과 내력벽 없이 부재와 부재사이의 결구방식으로 2층 형태의 모습을 구현하였다. 나이트 패스처 팜은 팀버프레임 구조로 만

67) 다만, 모든 층에 스프링클러를 설치하는 조건이 전제됨

들어진 주택이다. 팀버프레임이란 중목구조로 이루어진 목조주택을 말하는데 특징은 대단면의 큰 부재를 사용하기 때문에 대형건축물에 적용이 가능하다. 특히 구조형식은 한옥처럼 결구방식으로 이루어져 있어 한옥의 양식과 다소 비슷하다 볼 수 있다. 해외 사례처럼 대단면 부재를 사용하는 중목구조를 접목시킨다면 2층 규모가 아닌 다층규모의 한옥도 개발 가능할 것으로 보인다.



[그림 4-34] 나이트 패스처 팜

(출처: "Portfolio selected projects", 「Bonin Architects & Associates PLLC」, <http://www.boninarchitects.com>)



[그림 4-35] X-Project : 가벼운 한옥

(출처: "Projects", 「황두진 건축사사무소」, <http://www.djharch.com>)

목재량을 최대한으로 줄여 가벼워진 구조로 새롭게 가능성을 제시한 한옥도 등장하였다. 황두진 건축가가 개념을 제시한 ‘가벼운 한옥’은 병렬로 나열되어 있던 기존의 한옥을 고밀도 도시환경에 대응할 수 있도록 공간을 수직적으로 팽창시켰다. 이를 위해서 필요 없는 요소는 모두 제거하고 목재량을 최소화 하였다. 목재량을 최소화 하기 위해 지붕, 기초 및 결구법 등을 새롭게 접근하였고, 이를 통해 일반 한옥에 비해 목재량을 반 이상 줄이는데 성공하였다. ‘가벼운 한옥’은 전통적 한옥의 제조방법은 따르지 않았으나 큰 의미에서 여전히 한옥으로 볼 수 있다.

2) 철근콘크리트 구조를 활용한 한옥

다음 사례는 창익건축의 ‘철근콘크리트 한옥’으로, 내부 칸막이벽 없는 넓은 홀(Hall) 형태의 건물로서 한옥의 외형을 따르면서 구조적인 문제를 해결하기 위해 철근콘크리트로 구축하였다. 한옥의 전체 구조를 철근콘크리트로 구축하면 대규모 공간계획이 가능하고 중층이상의 건물을 계획할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 전통기법 보다는 모

방형태의 부재 결구와 기존 전통한옥의 멋을 그대로 드러낼 수 없다는 문제가 있어, 새로운 시도는 참신했지만 결과적으로는 대중들에게 이질감과 거부감을 주면서 한 시기의 유행으로 그치게 되었다는 평가를 받기도 하였다.



[그림 4-36] 철근콘크리트 한옥 전경
(출처: “보유기술”, 「창의건축연구소」, <http://www.창의건축연구소.com>)

‘관훈재’⁶⁸⁾는 서울 인사동 골목에 지어진 2층 한옥으로, 지상층은 일반적인 한식 목구조 형태로 되어 있고 지하층은 철근콘크리트 구조로 되어있다. 관훈재는 철근콘크리트 구조를 한옥에 직접 접목시키지 않고 독립적으로 적용하였다. 그 덕분에 외관은 전통한옥의 수려한 모습을 그대로 보여주면서 도심지에서 지하공간을 활용할 수 있는 방안을 제시하였다. 관훈재는 주거 한옥이 아닌 상업시설로서 대중들에게 다가간 한옥으로 의미가 깊다. 이처럼 한옥은 주거시설 뿐 아니라 상업시설의 대안이 될 수 있다.

‘가회동 엘 주택’⁶⁹⁾은 서울 종로구 가회동에 지어진 주택으로, 지상 1층은 한식목구조이고 지하 1층은 철근콘크리트 구조로 되어 있다. 가회동 엘 주택은 협소한 대지 위에 지어진 한옥으로 내부중정을 통하여 거실에서 바라볼 수 있는 전용 마당을 만들어 냈다. 또한 대지의 한계를 극복하기 위해 지하공간을 활용하고 다양한 단면을 구성하였다는 특징이 있다.

68) ‘11년 대한민국 한옥공모전 준공부문 대상을 받은 작품

69) ‘11년 한옥공모전 준공부문 대상을 받은 작품



(a) 관훈재 전경



(b) 관훈재 내부

[그림 4-37] 관훈재 전경 및 내부
(출처: @김영민(2012))



(b) 가회동 주택 내부



(d) 가회동 주택 전경

[그림 4-38] 가회동 엘(L) 주택 사진
(출처: "Projects", 「황두진 건축사사무소」, <http://www.djharch.com>)

3) 철골조를 활용한 한옥

□ 철골조 한옥 관련 기술

최근 한옥에 대한 높은 관심으로 설계 측면에서 많은 발전을 이루었지만, 여전히 전통한옥을 현대사회에서 적용하기에는 해결해야 할 문제가 남아 있다.

시공적인 측면에서의 문제는 전통한옥 시공 시 과도한 목재의 사용과 사용가능한 목재 수급이 어렵다는 것과, 1층에 한정되어 있는 주택규모에 비해서 공사기간이 오래 걸린

다는 점, 그리고 수준 있는 목수 기술자가 많지 않다는 점이 있다.

거주성능적인 측면에서의 문제는 현대생활에 불편한 협소한 공간, 다층 한옥에 대한 시공의 어려움으로 평면 및 구조계획에의 한계 및 이와 관련된 발전이 아직 미흡하다는 점, 그리고 실생활에 필요한 설비시설인 주방과 욕실의 처리에 대한 어려움 등이 있다.

환경성능적인 측면에서의 문제는 목재의 건조에 따른 수축변형으로 목재와 목재사이의 틈새가 발생하여 단열성능이 저하되고 에너지 효율이 떨어진다는 점, 창호와 벽체의 기밀성 저하로 인한 단열성의 문제 등 거주성 관련 유지관리가 힘들다는 것이 있다.

상기와 같은 문제들에 대한 해결방안의 하나로 강구조를 접목한 한옥이 개발되었고 철골을 이용한 한옥의 구축 관련 기술도 다수 개발되었다. '09년에 특허등록된 '철골구조가 적용된 한식건축물과 그 건축방법' 기술은 기둥, 보, 도리 등의 부분에 철골을 이용하여 시공하는 방법으로 경제성과 시공성을 높이고, 철골 각각의 둘레를 나무 몰당재를 이용하여 외관을 한옥처럼 보이게 하는 효과를 주었다. 또한 지붕을 형성하는 방법은 기존의 전통한옥의 시공방법을 그대로 따르고 있고, 주요 골조 부분을 규격화된 부재를 이용함으로써 공기단축과 경제적인 한식 건축물을 그대로 표현할 수 있는 특징이 있다. '12년에 특허등록된 '분할골조 방식의 건축구조 및 이를 적용한 한식건축물' 기술은 분할골조를 이용하여 소규모 자재를 사용할 수 있으며 분할구조 틈 사이에 단열재를 연속설치 할 수 있어 단열성능의 연속성을 높이는 특징을 가지고 있다.

전통한옥은 기둥과 보 및 도리의 맞춤과 이음에 의한 결구방법을 이용하여 시공이 된다. 하지만 이러한 결구 방법은 목재에 홈이나 구멍을 이용하여 짜맞추는 형태로 결합이 되지만 단면손실 및 부재의 변형으로 지붕하중을 받을 때 적절한 응력을 발휘하지 못하는 경우가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 '13년에 특허등록된 '결구식 철골조립구조 및 이에 의한 한식건축물' 기술은 결구식 철골조립구조를 이용하여 접합부를 형성함으로써 기존의 함수율 하강에 의한 부재의 뒤틀림 변형을 보완할 수 있다는 장점을 가지며 시공 이후에 목재마감재를 설치하는 방식으로 전통건축의 외관을 확보할 수 있다는 특징이 있다.

철골을 이용한 한옥의 구축 관련 기술로서 목재 건축용 연결철물에 관한 기술이 개발되었다. 사각형태의 각관이나 H형상의 빔을 이용하여 한옥 기둥 및 보를 형성하는 기술은 각 부재의 분리를 방지함으로써 구조성능을 향상시키고 있다. 상기와 같은 기술개발은



(a) 계자난간



(b) 내부전경

[그림 4-40] 가평주택 전경

(출처: “보유기술”, 「창의건축연구소」, <http://www.창의건축연구소.com>)

서울시 성북구 돈암동의 ‘성북구립 어린이집’은 서울에서 최초로 지어진 2층 한옥 어린이집으로서, 철골조의 특징을 최대한 활용하여 규모가 큰 장스팬 한옥 건축을 구현한 사례이다.



[그림 4-41] 성북구립 어린이집 전경

(출처: “보유기술”, 「창의건축연구소」, <http://www.창의건축연구소.com>)

통인시장 아트게이트는 전통적인 한옥의 형식을 차용하면서 이를 현대적인 감각으로 구현한 구조물이다. 통인시장 아트게이트는 서울시 「문화와 예술이 함께하는 전통시장 조성사업」으로 시장의 동, 서측 주출입구 2개소 및 부출입구 5개소의 시각 환경을 개선한

프로젝트이다. 그 중 동측 주출입구를 한옥의 구조를 응용하여 구축하였다. 곡선으로 휘어진 도리와 서까래들은 곡선에 대응하면서 부채꼴 모양으로 놓여 마치 배의 형상을 띄고 있다.

이러한 한옥구조물은 목구조 형식을 취하고 있지만 철골부재에 목재피복을 씌운 형태로 설계되었다. 철골구조를 이용하여 목재만으로는 불가능한 형태를 가능하게 만들었다는 실험적인 작품이다. 통인시장 아트게이트는 한옥이 주거공간과 공공시설뿐만 아니라 공공영역에서 디자인으로 구축될 수 있는 새로운 가능성을 제시하였다고 평가받고 있다.



(a) 아트게이트 정면



(b) 아트게이트 내부

[그림 4-42] 통인시장 아트게이트

(출처: "Projects", 「황두진 건축사사무소」, <http://www.djharch.com>)

4) 공업화 건축을 활용한 한옥

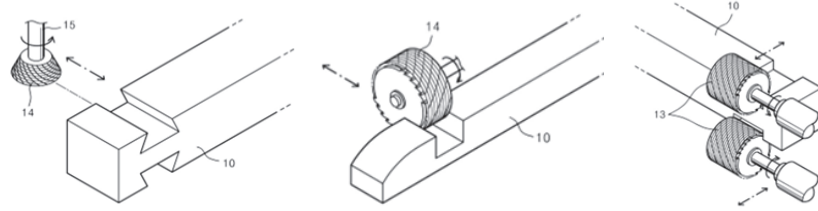
□ 모듈화 한옥 관련 기술

근대화 과정을 겪으면서 한국의 전통 주거문화인 한옥은 맥이 거의 단절된 상태였다. 하지만 친환경 주거, 웰빙 등 생활의 질이 높아짐에 따라 자연스럽게 한옥이 다시 관심을 받기 시작하고 있다. 전통한옥을 현대인의 생활 및 각종 기준에 부합하도록 맞추기에는 구조성능 및 에너지 성능면에서 해결해야 할 과제가 상당하다. 특히 한옥의 경우에는 목수에 의한 수작업 공정과 습식공정을 거치므로 현대주택에 비해 고비용과 공사기간 증대라는 문제를 안고 있다. 전통한옥의 경우 공사비는 현대목조주택에 비해 대략 3~4배 정도 소요되고, 공사기간도 3배 정도 길게 소요되고 있다. 전통적인 구법의 한옥은 공사기간이 오래 걸린다는 점과 고비용의 문제로 중상층조차도 쉽게 접근하지 못하여 대중적

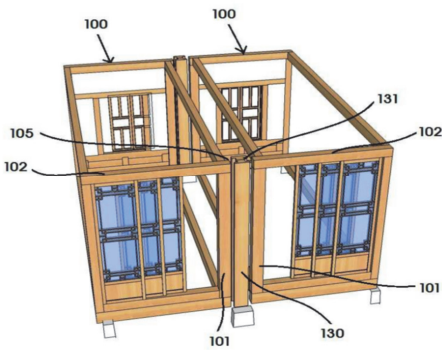
인 보급에 있어서 어려움을 겪고 있다. 또한 전통한옥의 경우 대규모 공간계획의 어려움과 중층 이상의 구조계획의 어려움 등 현대 사회에서 요구하는 주거형태를 구현하기에는 다소 쉽지 않은 것이 현실이다. 상기와 같은 문제를 극복하고자 정부주도의 한옥기술개발 연구프로젝트가 '09년 시작되었으며, 이의 성과물로 명지대 내에 실험한옥이 건축되었다. 이 실험한옥을 발판으로 한옥건축기술의 객관화와 대량생산의 기반인 표준분류체계와 신한옥 보급에 적합한 표준품셈 구조 및 항목 개발이 이루어졌다. 즉, 대량생산이 가능한 모듈화 한옥의 첫걸음이 시작되었다고 볼 수 있다.

한옥기술개발 연구프로젝트에 앞서 공업화 건축을 활용한 한옥의 대중적인 보급을 위한 노력이 있었다. '06년에는 부재의 흠을 다양한 형태로 가공할 수 있도록 다양한 톱날을 이용하여 가공하는 기술이 개발되었다. 이러한 건축부재 모듈화는 기능별, 가공부위별로 규격화함으로써 공장에서의 대량생산이 가능하도록 하는 토대를 마련하였다. 그러나, 이 기술은 한옥 구조부재의 대량생산 가능성을 열었지만, 사용자의 다양한 요구사항을 반영하기 어렵고, 각 부재의 양식이나 치수가 통일화 되어 다양한 한옥의 설계가 불가능하다는 단점을 가지고 있었다. '11년에 개발된 '알고리즘을 이용한 한옥의 축부재/지붕부재 결정방법'은 각 부재마다 규모와 용도에 따라 크기를 다르게 하는 데이터베이스를 구축하여 사용자의 요구에 따라 쉽게 부재의 치수를 결정할 수 있도록 개발된 기술이다.

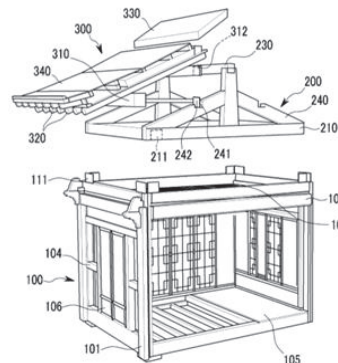
이후 조립식 한옥에 대한 특허기술이 개발되었다. 조립식 한옥이란 한옥을 구성하는 단위유닛을 제작하고 그 단위유닛 모듈을 서로 조합하여 한옥을 제작하는 방법으로 한옥의 대량생산 가능성을 열었다. 모듈화된 조립식 한옥은 저렴한 건축비에도 불구하고 공장 제품이라는 인식이 강하여 아직까지는 일반인들의 호응을 쉽게 얻지 못하고 있다. '14년에는 '조립식 한옥골조 및 이의 시공방법'에 관한 기술이 개발되어 모듈화된 조립식 한옥을 시공하는데 있어서 전문가의 도움 없이 한옥을 쉽게 건축할 수 있도록 연결철물 및 철골을 이용하는 방법이 제시되었다. '14년의 "한옥 건축부재의 가공방법"에 관한 기술은 한옥의 구조부재를 대량생산하여 공급할 때 원산지, 모듈번호, 가공상태 등 다양한 정보관리를 가능하게 하였고, 한옥 건축이 완료된 후 이력관리를 통해 구조재들의 사후관리가 이루어 질 수 있도록 하였다.



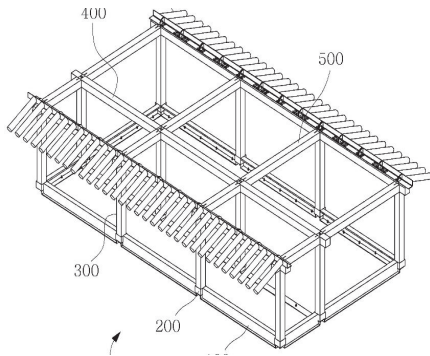
(a) 한옥 건축부재의 모듈화 방법 (2006년)
(출처:김인수(2006), p.7.)



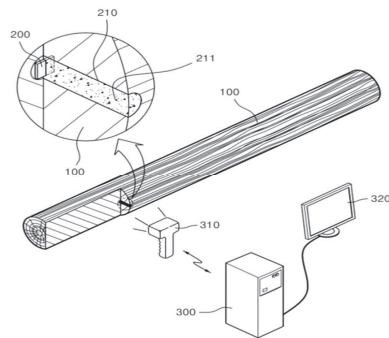
(c) 조립식 한옥 (2012년)
(출처:임석호 외(2012), p.11)



(d) 조립식 한옥 및 조립식 한옥의 제조방법 (2013년)
(출처:임석호 외(2013), p.9.)



(e) 조립식 한옥골조 및 이의 시공방법(2014년)
(출처:김왕직 외(2014), p.1.)



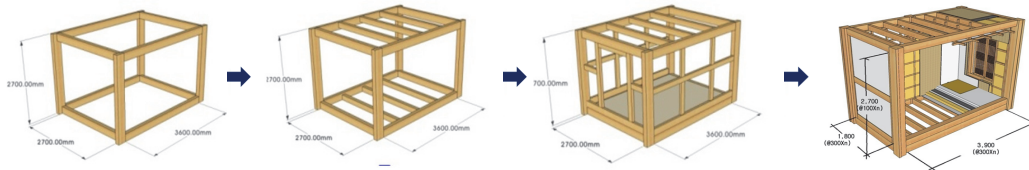
(f) 한옥 건축부재의 가공방법 (2014년)
(출처:이항미 외(2014), p.7.)

[그림 4-43] 모듈화 한옥 관련 특허기술

(출처: “특허·실용신안”, 「특허정보넷 키프리스」, <http://www.kipris.or.kr>.)

□ 모듈화 한옥의 실 적용사례

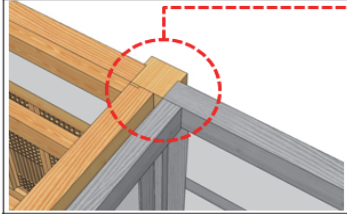
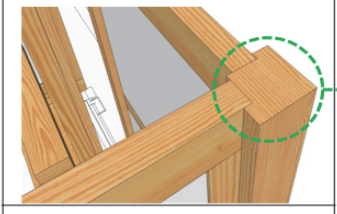
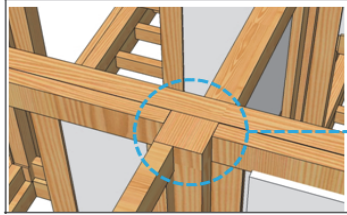
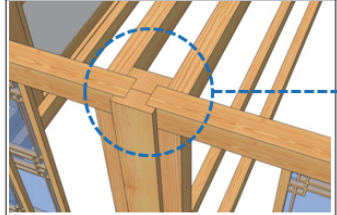
명지대 실험한옥 중 유닛모델 테스트동은 모듈화 한옥의 첫 번째 실험적 한옥이라고 볼 수 있다. 실험한옥 유닛모델 테스트동은 한옥을 유닛모듈화 하여 공장에서 대부분의 공정을 수행하여 한옥을 박스 유닛 형태로 만들고 이를 현장으로 운반하여 현장에서는 박스유닛을 조립하여 구축되었다.



[그림 4-44] 신한옥 단위유닛의 제작과정

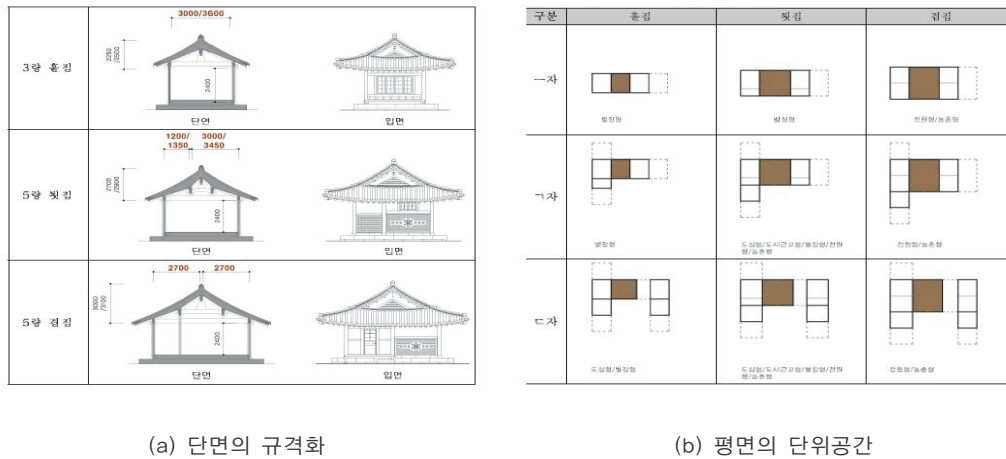
(출처:명지대학교 산학협력단(2011), 「한옥기술개발 연구보고서 2차년도 중간보고서」, p.132.)

[표 4-22] 주요 접합부

구분	형태 및 내용	구분	형태 및 내용
T형	 <p>서브유닛과 메인유닛이 "T"자 형태로 만나는 접합</p>	모서리형	 <p>전체 평면의 모서리 부분에 위치한 기둥의 접합</p>
서브형	 <p>서브유닛과 서브유닛이 만나는 접합</p>	대청T형	 <p>대청유닛과 대청유닛이 만나는 접합</p>

(출처 : 명지대학교 산학협력단(2011), 「한옥기술개발 연구보고서 2차년도 중간보고서」, p.143.)

은평 시범한옥은 한옥기술개발 연구의 최종 성과물로서 한옥의 표준화, 현대화와 경제성에 관련된 기술의 개발로 계획된 보급형 한옥의 예시라고 볼 수 있다. 은평 시범한옥의 특징으로는 프리패브 및 건식공법으로 각 부재를 공장에서 대량생산하여 기존의 전통 한옥에 비해 공기를 30% 이상 단축하였고 이를 통해 인건비 및 시공비의 절감도 도모하였다. 또한, 공장에서 제작된 대단면 집성재를 이용하여 접합부의 변형 및 성능 저하를 극복하였고, 단열 및 기밀성능도 향상시켰다. 한옥기술개발 연구에서는 사용자의 설계요구에 따라 다양하게 한옥을 구성할 수 있는 “한옥의 유형별 모델 설계 지침서”를 개발하여 보급하였다. 즉, 사용자의 생활권역에 따라 한옥의 전체 규모를 설정하고 현재 일반적으로 상용화된 공간의 치수를 산정하여 한옥에 적용 가능한 적정범위를 설정하고 규모 및 형태의 변화에 따라 적절하게 대응할 수 있도록 하였다. 이렇게 규격화된 단위공간을 기본으로 하여 다양하게 배치 및 조합할 수 있도록 하였다. 은평 시범한옥의 경우 시공법, 단가를 고려한 보급형 신한옥 계획의 도시적 주거유형으로 전시, 체험시설, 한식전수, 예절교육 공간으로의 활용성을 고려하여 공간을 계획하였다. 이는 한옥설계 지침에 따르면 도시근교형 타입의 한옥으로 분류할 수 있다.



[그림 4-45] 한옥 유형별 모델 설계 지침서
(출처:명지대학교 산학협력단(2011), 「한옥기술개발 연구보고서 1차년도 중간보고서」, p.100.)

4. 소결

4장에서는 한옥 기술 적용에 따른 구조성능을 진단하고 한옥의 구조에 대한 새로운 접근과 구조성능을 향상시킬 수 있는 계획적·기술적 대안을 제안하였다. 국내외 목조주택과 한옥의 구조기술 현황 및 성능 파악을 위해 목조주택과 한옥의 구조형식, 구조재료, 결구방식, 지붕구조 성능을 비교·분석하였다. 이러한 구조성능 특성을 기반으로 수평부재·서까래의 단면형태, 내진성능 향상 기술 등 한옥에 적용 가능한 현대 목조주택 구조기술 대안을 추출하고 단위 구조부재 및 전체골조에 대한 구조성능 시뮬레이션을 수행하였다.

한옥의 구조성능 시뮬레이션 결과, 한옥의 구조는 최적화 여지가 상당히 있는 것으로 사료된다. 부재 단면의 크기에서부터 부재가 놓이는 위치에 따른 구조성능의 차이가 상당하며 이를 최적화한다면 소요 목재물량을 줄여 건축비를 절감할 수 있을 것으로 기대된다. 한옥의 수평부재는 2개 부재를 겹쳐서 사용하는 것보다 하나의 큰 부재를 사용하는 것이 구조성능 측면에서 합리적이며 시공이 간편하다. 겹침부재를 사용할 경우, 일체화하여 사용하는 것이 여러 개의 판을 독립적으로 거동하도록 설치하는 것보다 구조성능에 더 유리하다. 3량가 한옥의 주심도리는 2개의 겹침부재로 구성되는 수평부재로, 지붕하중의 대부분을 부담한다. 향후 한옥 설계 시 주심도리의 부재를 키우거나 또는 일체화시키면 구조성능이 향상될 것으로 보인다. 대량은 실제로 전달되는 하중의 값을 고려할 때 수직 하중 분담률이 매우 적다고 볼 수 있다. 대량의 단면 증대는 구조성능 개선에 미치는 영향이 미미하므로 굳이 큰 부재를 사용할 필요는 없다고 사료된다. 서까래 중 방과 같이 내부 천정마감으로 가려져 구조가 직접 노출되지 않는 위치에 있는 단연은 장방형 각재를 사용하는 것이 비용 및 구조성능 측면에서 효율적이다. 단, 한옥의 지붕골조 공사에서 개 판 등의 부재를 설치하기 위해서는 장연과 단연의 춤이 비슷해야 하므로 각형서까래의 춤은 장연의 원형서까래의 직경과 동일하도록 설계할 필요가 있다.

현대한옥에서는 지붕이 경량화 되므로 구조성능을 유지하기 위해서는 강한 접합구조가 필요하다. 이러한 구조적인 측면과 시공적인 측면에서의 요구로 인해 향후에는 철물접합 적용 사례가 늘어날 것으로 보인다. 다만, 철물을 이용한 접합부는 이질재료간의 접합 문제로 수명에 대한 보증이 어렵다는 문제가 있으므로 지속적인 모니터링이 필수적이다.

한옥은 형태에 대한 가치와 고유성이 크므로 내진 및 제진기법을 적용함에 있어 전

통적인 입면형상을 가급적 유지하는 것이 필요하다. 따라서 한옥의 내진성능 향상을 위해서는 면진 및 제진장치 등을 우선 고려하는 것보다 입면 및 평면 형태를 진동에 유리하도록 계획하는 것이 선행되어야 한다. 현재 계획되고 있는 2층 이상의 한옥은 평면비정형이나 입면비정형이 많은데, 이로 인해 비틀림 변형이 크게 나타나 지진 및 바람에 의한 수평하중에는 거동특성이 좋지 않다. 한옥의 전통적인 멋을 살리면서도 지진 거동 시 문제가 발생하지 않도록 하기 위해서는 진동특성이 서로 다른 부분을 분리하는 디테일 설계 등 건축적인 관점에서의 접근이 필요하다.

한옥의 대중적인 보급을 위해서는 공급단가를 낮추어야하고, 이를 위해서는 건축비의 상당부분을 차지하는 가공 및 시공비용을 줄여야 한다. 한옥의 비용을 낮추기 위해서는 비숙련 인력도 시공이 용이한 접합부 개발이 필요하다. 접합부는 보다 단순화되어야 하며 요구되는 구조성능이 확보되어야한다. 이에 따라 근래에는 시공성이 향상된 철물접합부가 개발되어 적용되고 있다.

상기와 같은 한옥의 구조성능 진단을 기반으로 2층 한옥 및 다층 한옥, 철근콘크리트 구조를 활용한 한옥, 철골조를 활용한 한옥, 그리고 공업화 건축을 활용한 한옥으로 나누어 각 기술의 현황과 발전가능성을 살펴보고 한옥의 구조분야 미래를 예측하였다. 구조기술 대안으로는 공학용 목재를 이용한 한옥부재 및 적절한 부재 치수 개발, 한옥의 내진성능 향상을 위한 평면 및 입면의 개발, 한옥의 꺾이는 부위의 구조체 분리 디테일 개발, 한옥의 내진성능 향상을 위한 내진 및 제진기법 개발, 한옥의 시공성 및 구조성능이 향상된 접합 디테일 개발 등이 있다. 상기의 항목 중 현재 실무에 적용되고 있는 것도 있고 조만간 관련 연구가 조속히 수행될 필요가 있는 항목도 있으며, 향후 한옥의 대중화 및 성공적인 정착을 위해서는 한옥의 구조기술 개발에 대한 지속적인 투자가 필요하다.

앞서 살펴본 바와 같이 한옥의 구조분야 발전가능성의 여지는 상당히 크다. 다만 이러한 발전을 위해서는 기술을 맹목적으로 따르는 것을 경계해야 하며, 한편으로는 기존에 익숙한 것과 결별할 수 있는 용기도 필요하다.

제5장 한옥 기술의 환경성능 분석 및 개발 방향

1. 한옥의 환경성능 영향 체계
2. 신한옥의 환경성능 시뮬레이션 프로세스
3. 친환경주택으로서 한옥의 환경 성능 결과분석
4. 소결

1. 한옥의 환경성능 영향 체계

1) 한옥 환경성능 영향 체계

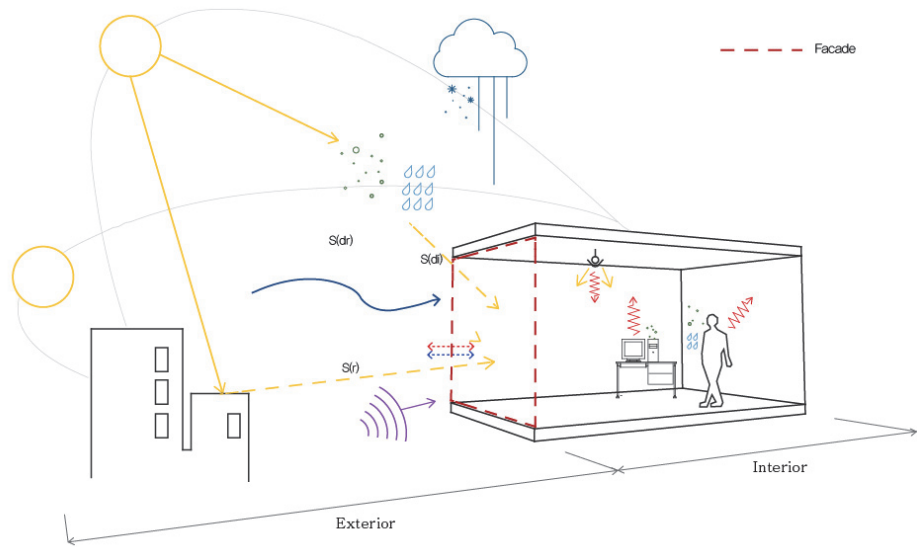
최근 국가적으로 이산화탄소 배출량 절감을 위한 거시적인 정책들이 구축되면서 건물 에너지 소비량에 대한 관심이 증대하고 있다. 건축물 에너지 소비량의 계산은 실제 건축물의 쾌적조건과 밀접하게 영향을 갖고 있다. 따라서 실내외 환경의 상호작용과 실내 쾌적 기준에 의해서 에너지 소비량이 결정되는 메커니즘을 원칙적으로 다시 이해할 필요가 있으며, 이를 정리하면 아래[그림 5-1]와 같다.

[표 5-1] 실내외 환경요소

외부환경요소			내부환경요소		
태양	직달일사 Direct Sunlight		발열원	열발산 Thermal Gain	
	산란광 Diffused Sunlight		습원	습기발산 Humidity Gain	
	반사광 Reflected Sunlight		날숨	날숨 Exhaled (CO2) Air	

[표 5-1] 실내외 환경요소(계속)

외부환경요소			내부환경요소		
공기	신선외기 Fresh Air(O2)		인공 광원	인공조명 Artificial Light	
	열전달 Thermal Transfer				
	습기 moist		소리	소음원 Noise	
	기류 wind		자재방 출물질	자재 방출 물질 Material Emission	-
	소음 Noise		-	-	-
물	우수 Water		-	-	-



[그림 5-1] 실내외 환경의 상호작용 메커니즘

① 외부환경요소

외부환경요소에는 태양, 공기, 물이 있으며, 구체적으로 살펴보면 아래와 같다.

□ 태양

- 직달일사 (direct sunlight) : 태양에서 나오는 복사에너지 중 파사드에 직접 도달하는 태양에너지를 의미함. 여기에서 태양에너지는 열적 효과와 가시적(빛) 효과를 모두를 의미

함. Direct Sunlight은 파사드에 도달하는 태양에너지 중 가장 많은 열과 빛을 말함.

- 산란광(diffused sunlight) : 태양에서 나오는 복사에너지 중 대기 중의 산소, 탄산가스, 수증기 등에 의해 흡수되거나 공기입자나 먼지에 의해 산란되어 파사드에 도달하는 태양에너지를 의미함.
- 반사광(reflected sun) : 태양에서 나오는 복사에너지 중 지면이나 건물 등에 반사되어 파사드로 도달하는 태양에너지를 의미함.

□ 공기

- 신선외기(fresh air) : 대기 중의 산소, 이산화탄소, 먼지 등을 의미함. Air는 파사드에 도달하는 태양에너지의 양에 영향을 끼치고 실내공기질에 영향을 주며, 유지보수와 관련이 있음.
- 열전달(temperature) : 실외 대기와 실내의 온도차에 의해 파사드를 거쳐 열 교환이 이루어짐.
- 습기(moist) : 대기 중 포함된 습도를 의미함.
- 기류(wind) : 바람을 의미하며, 풍속과 풍향에 따른 값을 가짐.
- 소음 : 파사드에 도달하는 외부에서 발생하는 소음을 의미함.

□ 물

- 우수 : 눈, 비, 우박 등을 의미하며, 차양장치가 외부에 설치될 경우 눈, 비, 우박 등에 대해 고려되어야 함.

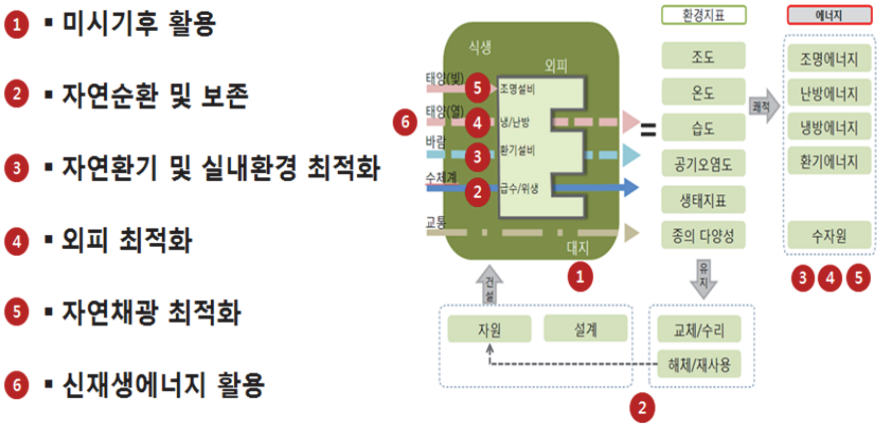
② 내부환경요소

내부환경요소에는 발열원, 습원, 날숨, 인공광원, 소리, 자재방출물질이 있으며, 자세한 내용은 아래와 같다.

- 발열원(thermal gain) : 실내에서 발생하는 열원으로 인체, 기기, 조명 등의 발열량에 의해 발생함.
- 습원(humidity gain) : 실내에서 발생하는 습원으로 인체, 빨래건조, 조리 등의 활동에 의해서 발생함
- 날숨(exhaled air) : 신체에서 호흡후 발생하는 이산화탄소 함유량이 높은 공기
- 자재방출물질 : 실내 자재에서 실내로 방출되는 물질
- 인공조명(artificail lighting) : 실내 인공조명
- 실내 소음원(artificial lighting) : 실내 소음원으로 사람, 악기, AV기기 등에서 발생함

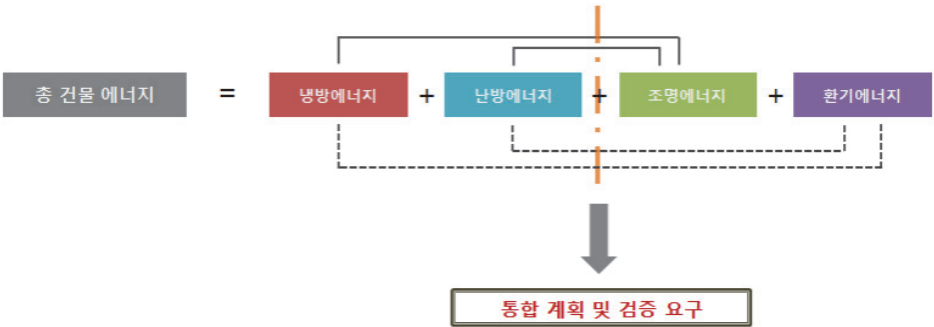
2) 건축물 에너지 소비량과 실내 쾌적성의 상관관계

건축물 에너지 소비는 반드시 쾌적조건과 연계해서 생각하여야 하는데, [그림 5-2]와 같이 건물에서 사용되는 에너지 소비의 메커니즘을 보면 이해가 쉽다. 설비장치가 없는 건축물의 경우 외부 기후와의 관계에서 얻는 실내환경으로는 건물에서 생활하기에 적절하지 않으므로, 즉 쾌적하지 않으므로 이를 쾌적한 상황까지 만들어주기 위해서 에너지가 투입되어야 한다.



[그림 5-2] 에너지 소비 메커니즘

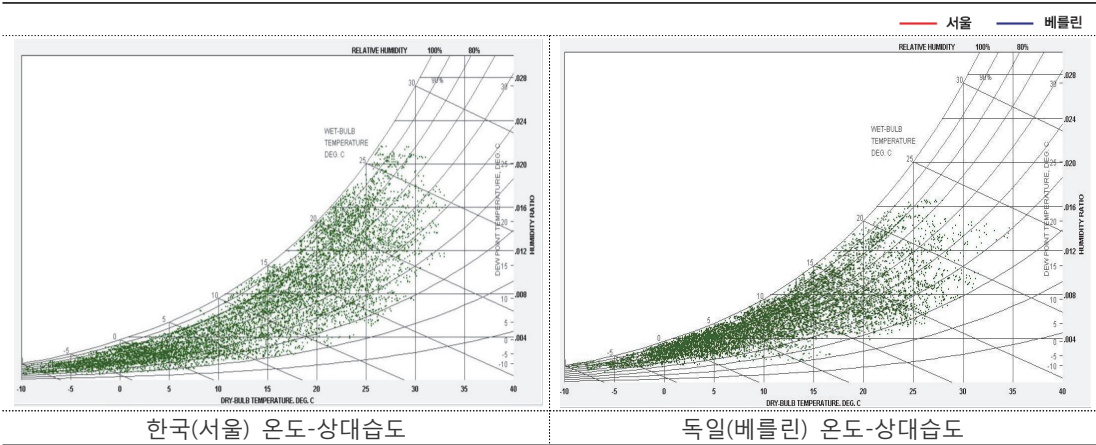
또한 총 건축물 에너지 소비는 단순한 냉난방 에너지로 이해되는 것이 아니라 실내를 쾌적하게 유지하기 위한 기준인 온열, 공기의 질, 조도 등의 지표와 통합적으로 이해하여야 한다. 왜냐하면 이들은 서로 독립적인 것이 아니라 상호 작용을 하기 때문이다. 예를 들어 환기가 많이 필요한 경우 다시 냉난방에너지에 직접적으로 영향을 줄 수 있다.



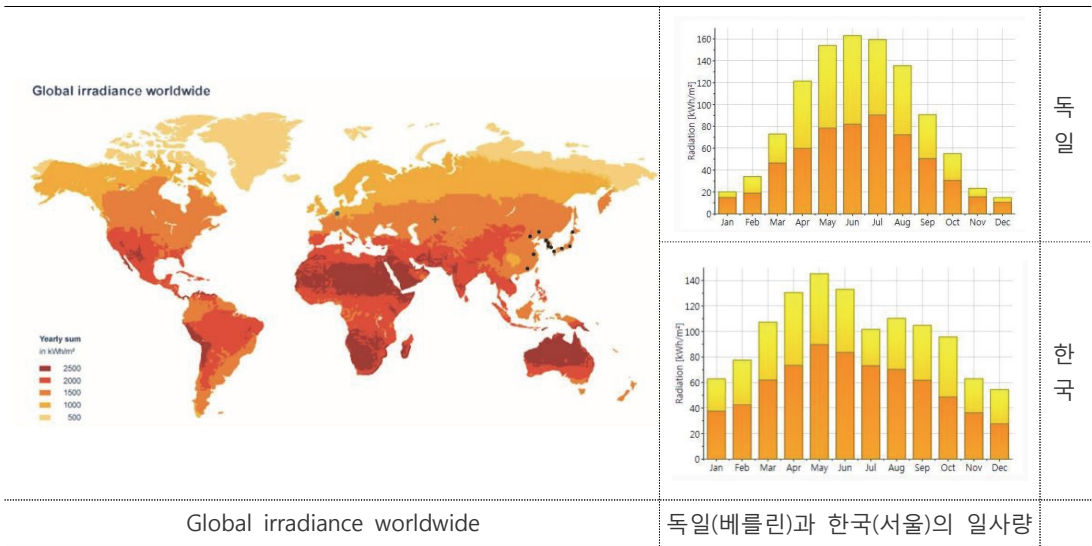
[그림 5-3] 총 건축물 에너지 소비 다이어그램

3) 한국의 미시기후 특성을 고려한 실내환경 분석

최근에 패시브 하우스로 대표되는 중부유럽 기후에 적합한 에너지 절감 전략이 한국에 직접적으로 소개되고 있다. 그런데 한국의 경우 상대적으로 냉방이 필요한 시기가 많으며, 겨울철 태양일사량의 경우 독일의 약 3배에 이를 정도로 많은 일사량을 보이고 있어서 태양에너지 유입을 극대화하기 위한 전략이 필요하다.



[그림 5-4] 한국과 독일의 기후조건 비교



[그림 5-5] 독일과 동아시아의 일사량

2. 신한옥의 환경성능 시뮬레이션 프로세스

1) 신한옥 공간·구조 분석

① 신한옥의 평면적 특징

신한옥의 평면적 특징을 살펴보기 위해 서울시 소재 한옥⁷⁰⁾과 전남지방 한옥⁷¹⁾을 중심으로 전체면적규모 및 평면유형에 나타난 특징을 파악하였다. 조사대상을 가로축 규모별(10m²간격), 세로축 유형별(-자, ㄱ자, ㄷ자, ㄹ자, 기타)로 정리하여 살펴보았다. 규모로 살펴보면 80m²~100m²에 해당하는 한옥의 비율이 높음을 알 수 있으며, 서울형 한옥은 전남지방 한옥에 비해 좁은 면적을 보인다. 좁은 면적일수록 ㄷ자, ㄹ자의 평면 유형과 홑집의 형태를 보이며, 면적이 넓어질수록 -자, ㄱ자 평면 유형으로 겹집의 형태가 많다.

전통한옥과 비교하여 신한옥은 실 구성 및 동선의 변화를 볼 수 있다. 현관과 화장실이 실내화 되었으며, 부엌과 안방의 연결고리가 점점 약화되고 있다. 또한 뒷마루에 발코니가 결합된 형태, 누마루와 안방의 연계, 취미실·서재와 같은 알파룸이 생겨나는 변화⁷²⁾를 보인다. 마루-온돌-부엌의 전통한옥의 공간 구성은 LDK 현대식 공간 구성으로 변화한다.

구조적으로는 실면적과 주칸 거리가 변화하였다. 생활양식이 좌식에서 입식으로 변하며, 현대생활에 필요한 실내가구가 많아지고 평균 신장이 커짐에 따라 전통한옥의 공간 구조는 현대의 생활 요구와 기능을 수용하기에 어려움이 있다. 따라서 신한옥에서는 주칸 거리가 8자~10자로 증가하였으며 이에 실면적도 늘어났다.

② 신한옥의 입면적 특징

최근 신축된 신한옥 사례들의 입면을 살펴보면 향과 실에 따른 창호의 배치와 크기가 변화함을 알 수 있다. 전통한옥에서는 마당으로 열리는 공간특성을 들어 열개창으로

70) 정준수, 양승정, 김수암(2013), 서울시 신축한옥의 면적별 평면구성에 따른 공간적 특징에 관한 연구, 한국주거학회논문집 24(6) pp.61-68

71) 박진아, 김수암(2012), 신한옥의 평면구성에 따른 공간활용상태에 관한 연구 - 전라남도 신한옥을 중심으로 -, 한국주거학회논문집 23(4) pp.59-67

72) 정준수, 김수암, 신성은, 김새로미(2011) 신축 한옥평면의 계획경향, 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집 계획계 제31권 제1호(통권제55집) (2011.4.30.) pp.37~38

구현하였는데 이를 한옥에서는 폴딩창호로 이어가고 있다. 또한 현관과 화장실이 내부화 되면서 현관문은 전면에 계획되고 화장실에 고창이 배치되는 특징을 볼 수 있다. 방의 창은 좌식생활에 맞춘 높이로 계획되었던 전통 한옥과는 달리 입식생활에 맞게 높이가 변화하였다.

③ 신한옥의 지붕 특징 및 구성원리

한옥의 지붕구조는 주칸거리와 양통⁷³⁾길이와의 비례에 의해서 그 구조와 치수가 결정되며, 지붕의 형태는 지붕구조와 미적인 요소에 의해 결정된다. 신한옥의 경우라도 지붕 형성의 원리는 같으며 주칸거리 변화에 의한 치수변화의 차이만을 보인다. 전통한옥에 비해 신한옥의 양통길이가 길어져 지붕의 높이가 더 높아지는 경향을 보인다.

한옥의 지붕가구는 도리의 수(보통 3량 또는 5량 등)를 가지고 구분 한다. 기둥의 수, 도리에 따라 지붕가구를 부르는 명칭이 달라진다. 전통한옥은 기둥의 위치가 결정되는 동시에 지붕의 가구도 함께 결정된다고 할 수 있다. 즉 한옥에서 지붕과 평면은 서로 분리될 수 없는 관계이다.⁷⁴⁾

전통한옥의 지붕은 다분변작법⁷⁵⁾에 의해 결구되어 지붕의 형태 및 물매가 평면의 기둥사이 너비와 밀접한 관련을 가지고 결정된다.⁷⁶⁾ 따라서 지붕 도리의 위치, 지붕 물매 그리고 용마루의 높이에 따라 지붕의 구조가 결정된다.

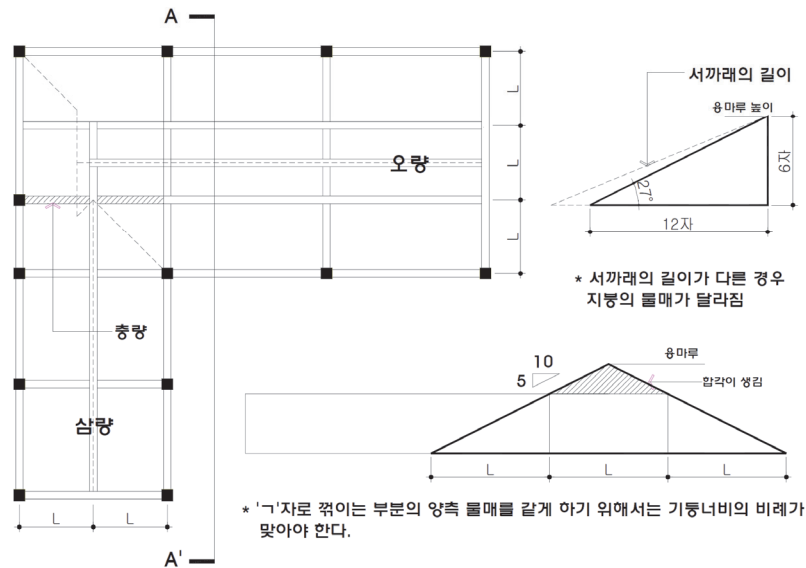
한옥의 평면유형이 ‘ㄱ’자나 ‘ㄷ’자의 경우 양측의 양통길이가 다르기 때문에 기둥너비의 비례가 맞지 않을 경우 지붕의 물매가 달라져 지붕형성에 어려움이 따르므로 기둥너비의 비례가 맞아야 한다.

73) 한국건축은 지붕면을 정면으로 하는 것이 일반적이다. 이때 구조적으로 중요한 보는 주로 건물의 앞뒤 방향으로 놓인다. 조선시대에는 이러한 구조특성을 반영하여 앞뒤 방향의 길이, 즉 측면길이를 ‘양통’ 또는 ‘보간’이라 불렀다. 김동욱, 전거서, p15

74) 송인호, 김영수(2005), 북촌도시한옥의 지붕가구 특징에 관한 연구, 건축역사연구(한국건축역사학회지), 14(4), p88

75) “장통보에 동자주가 보의 간사이를 삼등분(三等分)하는 점에 세워 꾸미는 지붕가구를 삼분변작법이라하고, 사등분(四等分)점에 세워 만든 지붕가구를 사분변작법이라한다.” 장기인, 목조 「한국건축 대계Ⅴ」 p73 인용

76) 송인호, 김영수(2005), 북촌도시한옥의 지붕가구 특징에 관한 연구, 건축역사연구(한국건축역사학회지), 14(4), p88



[그림 5-6] 지붕평면도 및 단면(삼량과 오량이 만나는 부분의 가구도)
 (출처 : 송인호, 김영수(2005), 북촌도시한옥의 지붕가구 특징에 관한연구,
 한국건설기술연구원(2000), 「건축도시·환경 공공사업 정책실태조사 연구」, p22.)

④ 구조적 특징

신한옥의 경우라도 전통한옥의 가구식 구조를 사용하므로 큰 구조적 차이는 보이지 않으나, 공간이 입식화 되면서 생겨난 공간들로 인해 미미한 차이를 보인다. 현관으로 진 입함으로써 전통건축에 비해 바닥에서 방까지의 높이가 낮아진 경향이 있다.

2) 환경성능 3D 및 주요 변수


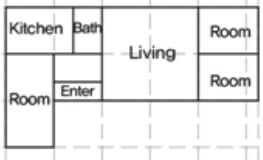




① 유형별 3D모델 제작

□ 평면 유형화

평면 유형에 따른 환경성능을 비교하기 위해 건축면적의 범위, 난방공간의 면적, 주 칸거리, 실구성 및 개수를 규정하였다. 4인 가족의 주거공간으로 건축 면적은 90~100m²의 범위로 하였으며, 평면유형에 따른 에너지사용량 비교를 위해 난방공간을 94.5m²로 동일하게 하였다. 기본 모듈은 10자(3m)이며, 필요에 따라 8~10자 사이로 계획하였으며, 퇴칸은 900mm로 산정하여 발코니로써의 사용가능성을 고려하였다. 실구성은 거실, 부엌, 방 3개, 화장실 1개, 현관이며, 화장실과 현관은 비 난방공간으로 분류하였다.

평면 유형은 신한옥의 평면적 특징 연구 내용을 바탕으로 총 7개의 유형으로 계획하였다. -자형, ㄱ자형, ㄷ자형, ㅁ자형으로 분류한 후 실배치를 하였으며, ㅁ자형의 경우는 마당의 크기를 고려하여 튼ㅁ자형으로 계획하였다.


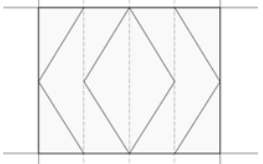
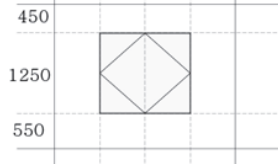
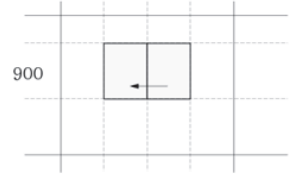
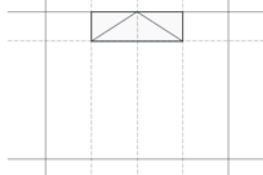
[표 5-2] 평면 유형화

유형	Type1. -자형	Type2. ㄱ자형	Type3. ㄷ자형
평면도			
유형	Type4. ㅁ자형	Type5. 튼ㅁ자형	Type6. 튼ㅁ자형
평면도			

□ 입면 유형화

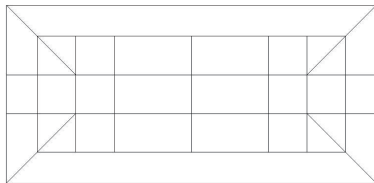
환경적으로 창호의 크기와 배치, 개구방법에 따라 열손실·열획득, 환기와 관련이 있기에 이를 고려하여 현관문, 거실 남측창, 방·거실 북측창, 부엌창, 화장실창으로 분류하였다. 실의 크기가 1칸 이하일 때는 창 1개를 배치하고, 1칸을 초과할 때는 2개를 배치하였으며 부엌과 화장실에는 창을 1개씩 계획하였다. 이때 화장실, 부엌창과 같은 배기창이 신선한 공기를 유입하는 급기창과 가까이 있지 않도록 계획하였다.

[표 5-3] 입면 유형화

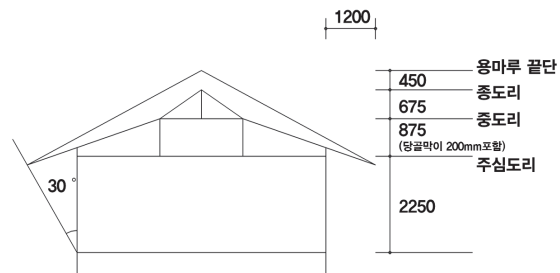
유형	현관문	창1_거실남측	창2_거실북측, 방
입면도			
유형	부엌	화장실	
입면도			

□ 지붕 및 구조 유형화

유형화된 평면에 삼분변작된 5량구조와 미적인 선호도를 고려하여 팔작지붕으로 규정한 후, 지붕구조 평면도를 설정하였다.

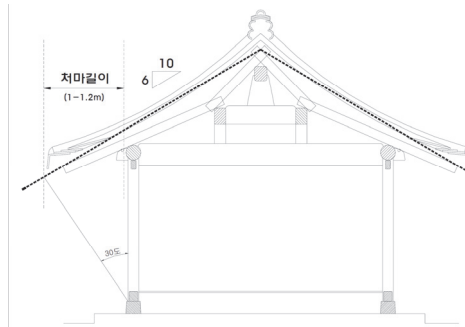


[그림 5-7] Type1 지붕구조 평면도

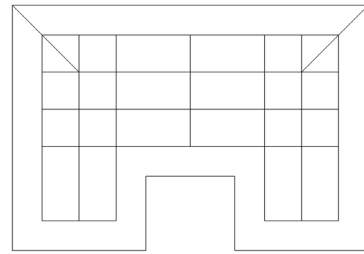


[그림 5-8] Type1 구조 측면도

실제 지어진 2011년 경기도 양주한옥 사례를 참고하여 지붕의 물매에 따른 지붕 구조의 치수를 산정하였으며, 처마의 길이는 전통건축에서의 처마 내밀기 기준인 처마각 30°, 처마길이 1,000-1,200mm정도로 설정하였다.



[그림 5-9] 전통건축에서의 처마 내밀기 기준



[그림 5-10] Type6 본체 지붕구조 평면도

※ 출처 : 송인호, 김영수(2005), 「북촌도시한옥의 지붕가구 특징에 관한연구」, p94.

평면유형이 꺾임 구조가 되면 지붕구조가 달라지는데, 이에 따라 본체는 5량의 구조의 팔작지붕, 날개부분은 3량의 구조의 맞배지붕을 갖게 된다. 3량 구조의 종도리가 5량 구조의 종도리와 만나게 설정하였으며, 그에 따라 본체보다 날개부분의 지붕높이가 낮게 형성된다.

□ 유형별 환경성능 3D 형상

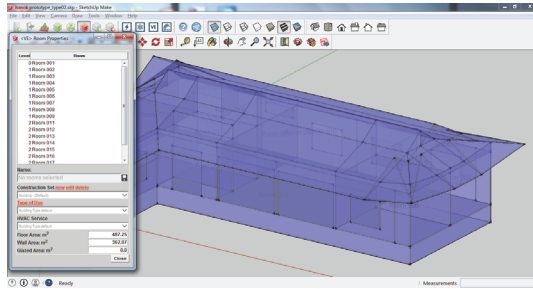
유형별 평면에 따라 지붕 형상을 설정하였으며, 향별 외피면적과 창호면적을 구하여 같은 면적일 때 형태에 따른 외피면적의 차이를 살펴보고 열획득·손실에 대한 연관성을 살펴보았다.

[표 5-4] 향에 따른 유형별 외피, 창호면적과 면적비율

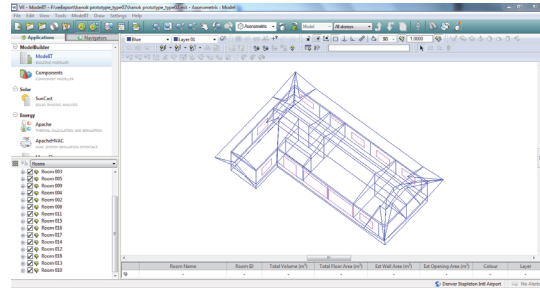
유형		Type 1	Type 2	Type 3
유형이미지				
동	외피면적	13.5m ²	22.5m ²	36.9m ²
	창호면적	0m ²	1.875m ²	1.875m ²
	WWR	0%	7.94%	4.94%
서	외피면적	13.5m ²	22.5m ²	36.9m ²
	창호면적	0m ²	1.875m ²	2.50m ²
	WWR	0%	8.3%	0.07%
남	외피면적	38.47m ²	35.44m ²	30.37m ²
	창호면적	16.83m ²	13.08m ²	13.08m ²
	WWR	43.75%	36.9%	43.08%
북	외피면적	38.47m ²	35.43m ²	30.37m ²
	창호면적	8.13m ²	8.13m ²	5.62m ²
	WWR	21.13%	22.9%	18.52%
총	외피면적	103.95m ²	111.37m ²	134.6m ²
	창호면적	24.9m ²	24.9m ²	36.2m ²
	WWR	24%	22.4%	26.8%
유형		Type 4	Type 5	Type 6
유형이미지				
동	외피면적	37.97m ²	33.75m ²	43.42m ²
	창호면적	0m ²	0m ²	0m ²
	WWR	0%	0%	0%
서	외피면적	37.96m ²	33.75m ²	43.42m ²
	창호면적	1.875m ²	0m ²	1.35m ²
	WWR	4.94%	0%	3.1%
남	외피면적	33.75m ²	47.25m ²	47.25m ²
	창호면적	11.84m ²	18.09m ²	13.085m ²
	WWR	35.08%	38.3%	27.7%
북	외피면적	33.75m ²	47.25m ²	47.25m ²
	창호면적	8.85m ²	7.5m ²	10m ²
	WWR	26.2%	15.87%	21.1%
총	외피면적	143.4m ²	162m ²	181.4m ²
	창호면적	22.56m ²	25.6m ²	24.43m ²
	WWR	15.73%	15.8%	13.47%

② 환경성능 3D 시뮬레이션 프로그램 연동

유형별로 Sketch Up에서 모델링한 3D모델은 Sketch Up IES VE Plug-in을 통하여 각 사면이 벽으로 둘러싸인 zone으로 인식되어 설정된다. 추후 각 zone마다의 시뮬레이션 전제조건을 달리 설정할 수 있게 되며, 이에 따라 시뮬레이션이 진행된다. zone설정 후 IES VE 연동 버튼을 눌러 시뮬레이션 프로그램으로 3D모델의 연동이 가능하다.



[그림 5-11] IES VE Plug-in 사용한 Sketch Up 모델 Zone 설정



[그림 5-12] Sketch Up 모델 IES VE 연동

③ 시뮬레이션 변수

□ 외피

외피조건은 한옥외피의 환경성능과 가장 밀접한 주요 구조부인 외벽, 지붕, 바닥, 창호를 변수로 하여 전통한옥, 건축법규 수준⁷⁷⁾(중부지방 기준), 패시브하우스 수준의 세 단계로 나누어 한옥이 패시브하우스 수준의 환경성능을 갖기 위한 구조, 두께, 단열재 등을 예측 및 비교해볼 수 있도록 설정하였다. 각 요소별 재료들의 열전도율, 밀도, 투습저항계수, 열용량 값은 국내의 건축물의 에너지절약 설계기준과 독일의 DIN 기준에 제시되어 있는 값을 적용하였고, 실내·외 열전도저항 값은 건축물의 에너지절약설계기준 값을 적용하였다.

한옥 벽체의 두께는 보통 장여폭을 기준으로 정해지는데 일반적으로 75~90mm가 대부분이다. 하지만 현재 건축법규 수준(중부지방)에서도 비교적 고성능의 단열재인 글래스울을 사용해도 외벽의 총 두께는 175mm를 넘어버린다. 따라서 벽 두께가 기둥, 보와 같은 구조체가 두꺼워지므로 일반적으로 구조체가 노출되는 한옥의 느낌을 연출할 수 없

77) 국토교통부 고시 제 2014-520호 별첨1, 별첨4

[표 5-5] 수준별 요소별 구성 및 물성치

요소 \ 수준		전통한옥				건축법규 수준(중부지방 기준)				패시브하우스 수준			
		재료명	d	λ	K	재료명	d	λ	K	재료명	d	λ	K
벽체	内	회반죽	5	0.87	3.77	방화석고보드	9.5	0.18	0.24	방화석고보드	9.5	0.18	0.14
		흙벽	80	0.8		GW	140	0.037		셀룰로오스	280	0.040	
						OSB	11	0.13		OSB	11	0.13	
	外	회반죽	5	0.87		방수석고보드	9.5	0.18		방수석고보드	9.5	0.18	
		총 두께	90			회반죽	5	0.87		회반죽	5	0.87	
						총 두께	175			총 두께	315		
지붕	内	개판	30	0.13	1.26	개판	24	0.13	0.16	개판	24	0.13	0.14
		적심	300	0.8		GW	220	0.037		셀룰로오스	260	0.040	
		강희다짐	30	0.87		OSB	11	0.13		OSB	11	0.13	
바닥	内	황토미장	50	0.8	2.47	시멘트몰탈	50	1.4	0.22	시멘트몰탈	50	1.4	0.14
						무근콘크리트	100	1.6		무근콘크리트	100	1.6	
		구들장	50	0.47		XPS	100	0.028		XPS	190	0.028	
	매트콘크리트					300	1.6	매트콘크리트		300	1.6		
	버림콘크리트					60	1.6	버림콘크리트		60	1.6		
창호	外	창호지	0.87	SC 0.67 투과율 0.5	8.16	이건창호 한옥형이중창 (목재프레임)	22		2.05	레하우 GENEO PHZ 삼중창 (PVC)	86		0.77

※ 전통한옥 벽체 : 조전환, 2012, ESSAY 한옥 에너지 설계-그린홈과 전통한옥, 도서출판 에이엔씨, p.156

※ 전통한옥 지붕 : 국토교통부, 2014, 한옥 설계의 원리와 실무, pp348~349, 경기도 양주한옥 도면 참조, 금성건축사사무소

※ 전통한옥 바닥 : 국토교통부, 2014, 류명성 구들연구소 홈페이지 및 동영상자료 참조, 한옥 설계의 원리와 실무 P337~338

※ 전통한옥 창호 : 이재욱 외 1명, 2011년, 신한옥 부재요소 성능지표 설정을 통한 난방 에너지 평가, 한국건축친환경설비학회논문집 5권 2호

※ 건축법규 수준 벽체 : 국토교통부, 2014, 한옥 설계의 원리와 실무 pp342~343, 경기도 양주한옥 도면 참조, 금성건축사사무소

※ 건축법규 수준 지붕 : 국토교통부, 2014, 한옥 설계의 원리와 실무 pp348~349, 경기도 양주한옥 도면 참조, 금성건축사사무소

※ 건축법규 수준 바닥 : 국토교통부, 2014, 한옥 설계의 원리와 실무 pp331~337, 경기도 양주한옥 도면 참조, 금성건축사사무소

※ 법규수준 창호 : 이건창호 KSS 130 LS 한옥이중창

※ 패시브하우스 벽체, 지붕, 바닥 : 건축법규 수준과 동일한 구성에 패시브하우스 열관류율 수준으로 단열재 두께 조정 및 셀룰로오스 단열재 적용

※ 패시브하우스 창호 : 레하우 GENEO PHZ 패시브하우스용 창호

고, 실제 구조체 역할을 하얏는 부재를 덧대어 한옥의 느낌을 연출하기도 한다.

한옥의 외벽이 패시브하우스 수준이 되기 위해서는 현재 건축법규 수준의 두배의 단열재 두께가 필요하다. 현재 목구조에서 단열재는 일반적으로 글래스울이 많이 쓰이고 있는데, 시공 상 목구조에서 글래스울이 기밀하게 설치되기가 어렵고 단열재 설치작업 시 불편함이 있기 때문에 비슷한 수준의 친환경 단열재로 셀룰로오스를 사용을 제안할 수 있다. 셀룰로오스 단열재는 글래스울과 비교해봤을 때 두께 면에서 큰 차이가 없을뿐더러 천연 목질 섬유 단열재로 기밀시공이 가능하고 난연성이 있어 패시브하우스 수준에서는 셀룰로오스 단열재 적용이 가능하다.

지붕은 전통한옥의 지붕보다는 건축법규 수준과 패시브하우스 수준의 지붕의 총 두께가 더 얇다. 전통한옥은 습식공법으로 개관위에 적심을 두고 보토로 곡을 형성하도록 채워 기와를 얹는 방법을 사용하여 무게가 상당히 무거웠다. 하지만 한옥지붕에 경량의 목구조 지붕기술이 도입되고 무거운 적심대신 가벼운 글래스울이 사용되면서 단열효과와 경량효과를 동시에 가져왔으며 지붕에서도 외벽과 같이 글래스울 단열재 대신 셀룰로오스 단열재의 적용이 가능하다. 건축법규 수준과 패시브하우스 수준은 서로 열관류율의 차이가 크지 않아 단열재 두께 차이로 인한 지붕의 총 두께도 크게 다르지 않다.

바닥은 벽체와 지붕에 비해 두께나 무게에 큰 제한이 없어 열관류율 측면에서 건축법규 수준 또는 패시브하우스 수준의 바닥을 구성하는데 비교적 문제가 없다. 구들을 공기로 데워 난방을 하던 전통한옥의 열해석은 실질적으로 공기층을 제외한 구들에서부터 하기 때문에 전기 또는 온수 난방의 형태로 바뀐 현대의 바닥구조보다 상대적으로 열관류율 측면에서 취약하다고 볼 수 있다.

창호는 전통한옥의 한지에서 건축법규 수준과 패시브하우스 수준의 유리로 변화하여 가시부분 재료가 차이가 있고 창틀시스템이 변화하면서 가장 많이 개선되어야 할 요소이다. 실질적으로 국내 기술력으로 제작되는 패시브하우스 창호는 아직 없으며, 현재 건축법규 수준을 맞출 수 있는 창호 중에도 한옥형 창호는 찾아보기 힘들다. 따라서 전통한옥 특유의 분위기를 연출하면서도 열관류율, 기밀성능을 갖추는 창호의 개발이 필요한 것으로 판단된다.

□ 침기

침기는 전통수준의 한옥에서는 충분한 기밀이 이루어져 있지 않아 낮은 수준의 값을 적용하였다. 건축법규수준은 신한옥의 침실의 기밀성능을 실측⁷⁸⁾한 데이터의 평균값을 적용하였다. 패시브수준은 4인가족의 필요환기량 계산을 통해 구하였다. 침기 실측 시 실내 외 압력차를 가하여 창틈, 문틈, 벽체등을 통한 환기량을 측정하는데, 이는 자연상태(압력을 가하지 않았을 때)일 때와 차이를 갖는다. 따라서 대기압 상태의 침기량으로 변환하기 위해 보정계수를 계산해야 한다.

[표 5-6] 외피 기준에 따른 침기량

	ACH50	ACHNatural
전통한옥	92.5	5
건축법규 수준 (중부지방 기준)	37.43	2.02
패시브하우스 수준	11	0.6*

※ 이주엽 외(2013) 신한옥 침실 공간의 기밀성능 평가연구, 한국생태환경건축학회논문집, “침실공간의 ACH50의 실측 평균값”

* 필요환기량 계산 - $(10\text{L/s} \cdot \text{Person} \cdot 4\text{인}) / \text{체적} = 144\text{m}^3 / 228\text{m}^3 = 0.63$

□ 내부발열

내부발열은 인체, 조명, 조리, 기기발열로 분류하고, 거주자의 생활패턴에 따라 차이를 갖기에 내부발열량 기준⁷⁹⁾을 참고하여 다음과 같이 내부발열량을 설정하였다. 4인 기준으로 2인은 일과시간(9시~18시)에 외출하고 2인은 거주하고 있는 조건을 설정하였으며, 조명은 오전 7시~8시, 18시~23(취침)시까지 작동하는 스케줄을 입력하였다. 부엌은 다른 실과 비교하였을 때 조리시 발생하는 발열량과 기기값이 내부발열에 영향을 끼치기 때문에 이를 더해주어 주거 생활에 최대한 부합하게 설정하였다.

78) 이주엽 외(2013) 신한옥 침실 공간의 기밀성능 평가연구, 한국생태환경건축학회논문집, pp.81~87

79) The Government's standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings, 2009 edition, SAP, pp.79~81

[표 5-7] 요소에 따른 내부발열량


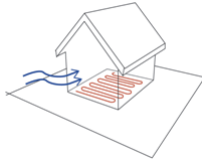
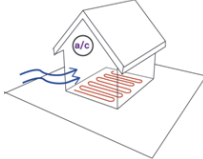

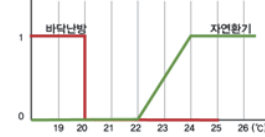
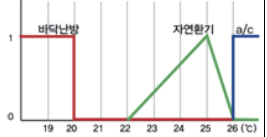
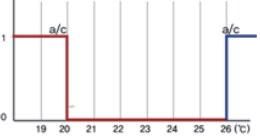
발열요소	사람	조명	요리	냉장고
위치 공간	거실, 방3, 복도, 부엌	거실, 방3, 복도, 부엌	부엌	부엌
내부 발열량	- 4인 - 23.53m ² /person	- Fluorescent Lighting : 12W/m ²	- Maximum Power Consumption: 780Watts - Sensible gain : 440Watts - Latent gain : 330Watts	- 45Watts

※ The Government's standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings, 2009 edition, SAP, pp.79~81

□ 냉난방시스템

냉난방시스템은 냉난방시스템이 설치되지 않은 조건을 기준으로 세 가지 방법을 비교 값으로 설정하였다. 냉난방시스템은 우리나라에서 적용되고 있는 바닥 난방 시스템과 공기조화방식으로 분류하고, 자연환기, 자연환기와 공기조화, 공기조화방식을 통한 냉방 시스템을 조합한 조건으로 설정하였다. 자연환기와의 비교를 위해 공기냉방시스템 선정 시 제습이 되지 않는 시스템을 적용하였다. 난방시스템의 경우 실내온도가 20℃이하인 경우 작동하게 되며, 자연환기만으로 냉방을 할 경우 22℃를 넘으면 조금씩 창을 열기 시작하여 24℃이상이면 100%창을 열어 자연환기가 일어나게 하였다. 공기조화방식과 자연환기를 함께 하는 경우에는 22℃에서 26℃까지는 자연환기를 통해 냉방을 하고 26℃이상은 창을 모두 닫고 공기조화방식을 이용해 냉방을 하도록 설정하였다.

[표 5-8] 냉난방시스템

구분	냉난방시스템 없음	바닥난방+자연환기	바닥난방+자연환기 + ac	ac(에어콘 풀로 가동)
다이어그램				
스케줄				
비고		난방 : Dry resultant temperature 20℃ 이하 운행	난방 : Dry resultant temperature 20℃ 이하 운행	

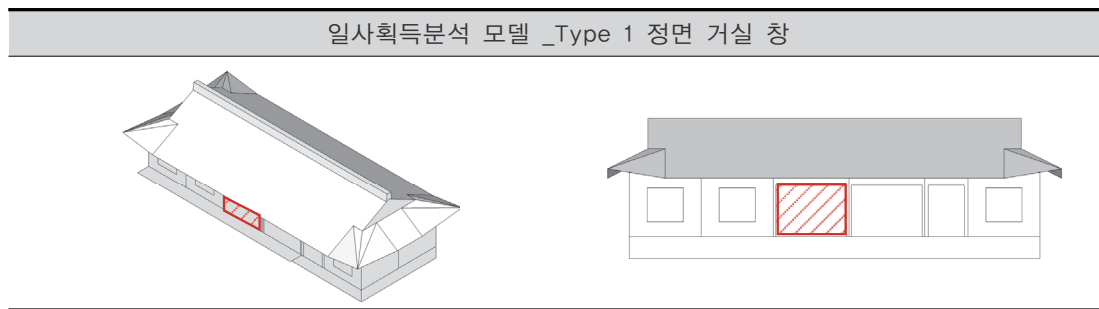
3. 친환경주택으로서 한옥의 환경 성능 결과 분석

1) 외피수준과 향 배치에 따른 차양효과 분석

① 차양 길이 및 향 배치에 따른 일사획득

차양 길이 및 향 배치에 따른 일사획득을 알아보기 위해 Type1의 왼쪽 전면 거실창을 기준모델로 설정하였다. 0부터 1,600mm까지 200mm간격의 차양길이, 정남향·남서30°·남동30°의 향배치 변화에 따라 기준 창 의 Sun Path Diagram과 시간·계절에 따른 일사 획득량을 분석하였다.

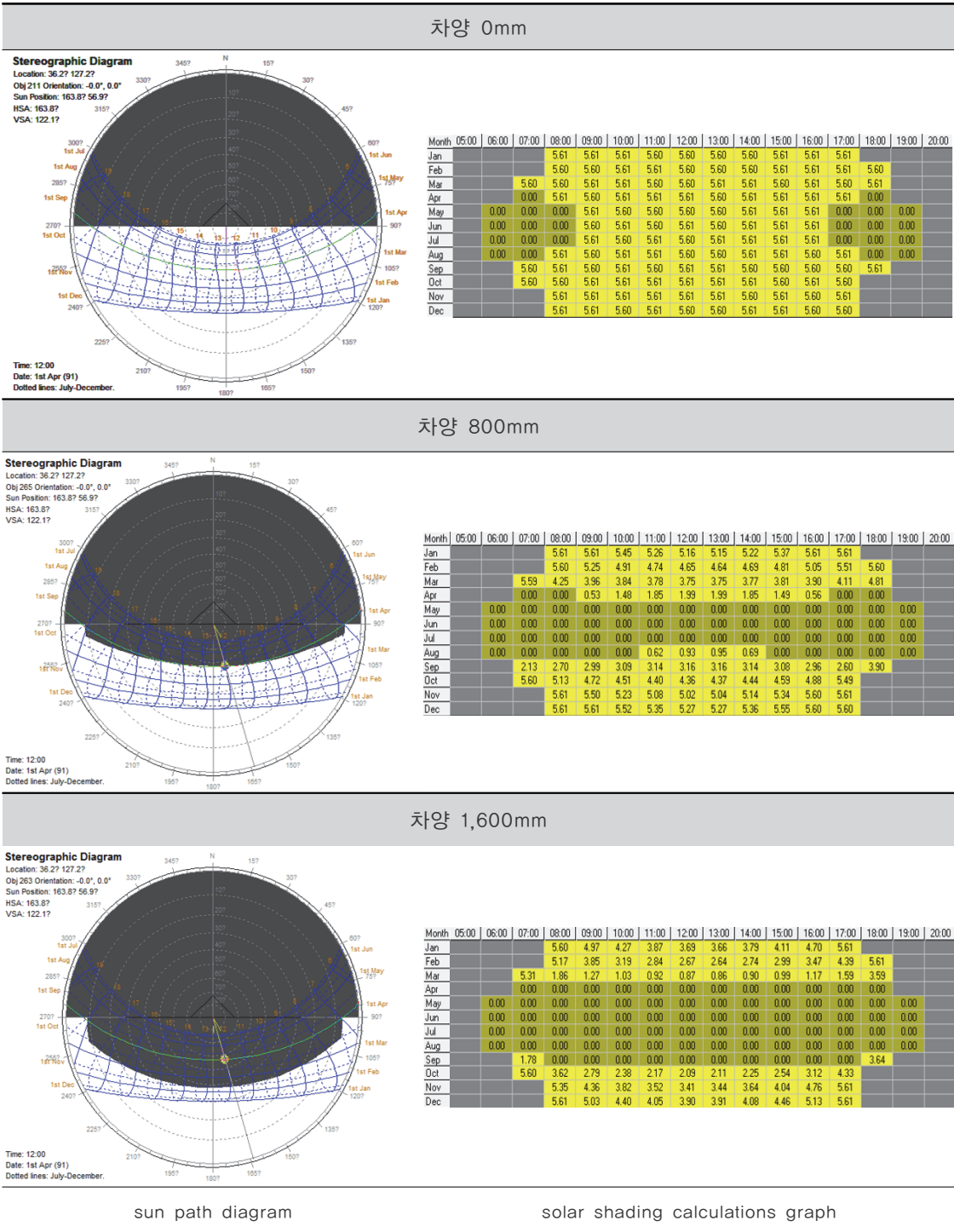
[표 5-9] 일사획득분석 모델(일자형)



[표 5-10]와 같이 정남향의 0mm의 차양을 기준으로 비교해보면, 차양의 길이가 길어짐에 따라 일사량이 적어진다. 태양고도가 낮은 겨울보다 태양고도가 높은 여름에 차양의 일사차단 변화가 더 큰 차이를 보인다. 즉, 차양설치에 따라 더 큰 일사 영향을 받는 계절은 여름이다. 정남향인 경우 전창일 때 차양이 해를 가리지 않기 위해서는 9~3월 까지는 일사량이 많은 것이 좋고, 4~8월까지의 일사량이 적은 것이 좋다. 결과를 볼 때 적합한 차양길이는 800mm이다.

정남향을 기준으로 향에 따른 일사를 비교해보면, 향 배치에 따라 편중된 향의 일사를 받게 된다. 남서30°의 경우 오후 시간대의 남서향, 남동30°의 경우 오전 시간대의 남동향에 더 영향을 받게 된다. 향 배치가 달라질 경우 고도가 높은 남향에 비해 고도가 낮은 동서향을 받기 때문에 수평차양으로는 여름철 모든 일사를 차단하기는 어렵다. 따라서 정남향이 아닌 향배치가 달라질 경우 수평차양의 적절한 길이를 판단하고 그 외의 다른 차양 효과를 고려할 필요가 있다.

[표 5-10] Sun Path Diagram & 획득 태양 에너지_정남향



② 향 배치 및 차양길이에 따른 일사량 차이

창호에 도달하는 단위면적당 총일사에너지유입량(external surface incident solar flux)은 직사광, 산란광, 반사광을 포함한 값으로, 창에 도달하는 일사량은 일차적으로 지붕 처마에 의한 일사량의 저감효과를 확인하기에 가장 적합한 분석법이다. 창에 도달하는 일사량은 건축물의 열 획득 요소가 되어 실내에 열적 영향을 준다.

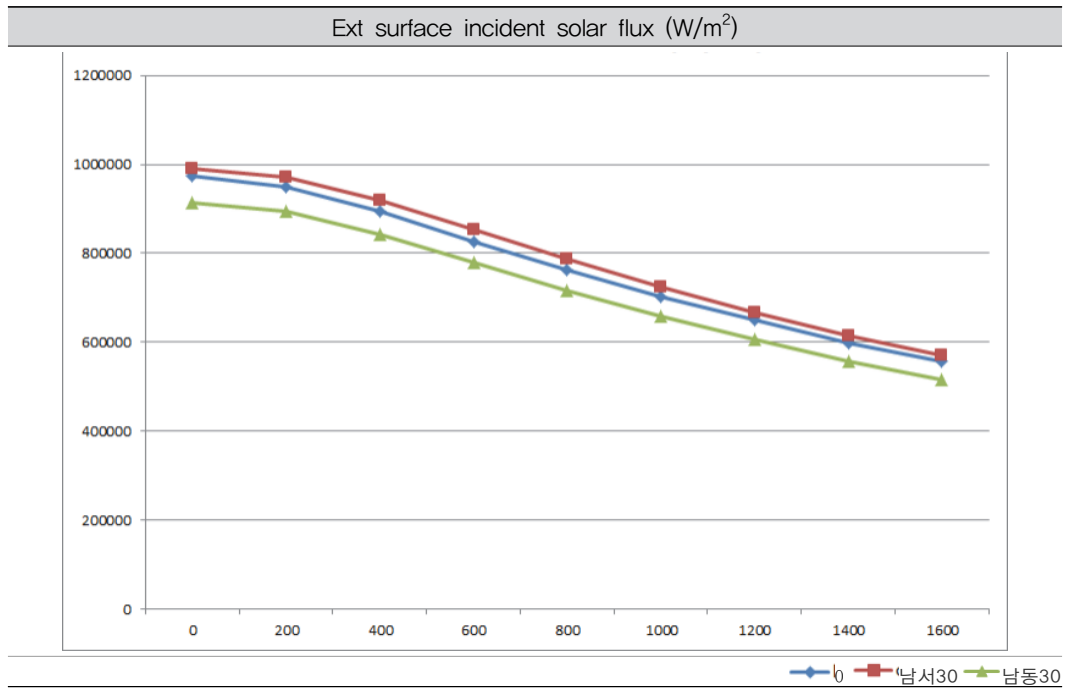
[표 5-11]의 경우 주향의 변화에 따른 처마에 의한 일사량 변화를 비교한 것으로 정남향으로 기준으로 남동 30도, 남서 30도 각도의 경우를 비교하였다. 남서향의 배치를 가질 때 가장 많은 일사량이 도달하지만 정남향인 경우와는 큰 차이를 보이지 않는다, 정동향의 경우 정남향에 비해 전체적으로 10% 정도의 차이를 보이고 있다. 세 방위에서 지붕 처마 길이의 증가에 따른 총일사에너지유입량은 거의 동일한 기울기를 보여주고 있으며, 이는 지붕처마의 영향이 특정 향에 치우치지 않고 거의 유사한 일사유입차단 효과를 갖게 됨을 의미한다.

각 향별 차양의 역할을 면밀하게 분석하기 위해서 일자형 평면의 거실 창을 대상으로 월별 일사량의 변화를 분석하였다.

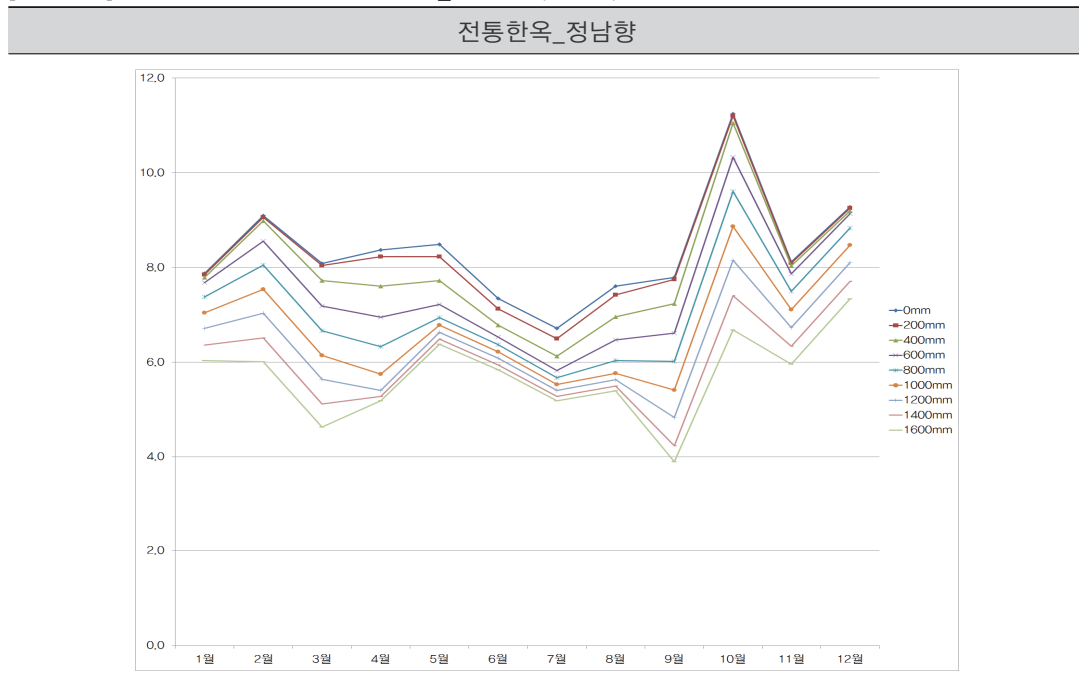
분석결과 정남향에 비해서 남서 30도, 남동 30도의 경우에 4,5월의 일사유입량이 상대적으로 높음을 알 수 있다. 또한 정남향의 경우 차양의 길이에 따른 여름철 일사감소량에 비해 겨울철 감소량의 폭이 뚜렷하게 커짐을 알 수 있다.

처마가 없을 시 실내 도달 일사량을 기준으로 처마의 길이를 200mm씩 증가시킬 때마다 감소되는 일사량을 검토하여 처마의 적정길이를 도출하였다. 처마 길이가 400mm만 일 때는 창을 통한 실내 유입 일사량에 영향을 주지 않으므로 차양 효과를 위한 최소 처마길이는 400mm이다. 겨울철 처마길이 증가에 따라 일사량은 정비례에 가까운 값으로 감소하고, 여름철에는 처마길이 800mm이상에서는 일사량이 감소하는 폭이 미비함을 알 수 있다. 이는 여름철 냉방에너지 절감을 위한 처마의 차양효과는 적정길이 800mm 이상에서는 그 차이가 크지 않음을 알 수 있다. 겨울철의 경우 낮은 태양 고도로 인하여 실내 유입 일사량은 처마길이 증가에 따라 동일 비율로 감소하였다. 여름철의 경우 높은 태양 고도로 인하여 처마길이 400~800mm에서는 실내 유입 일사량이 동일 비율로 감소하였으나 800mm 이상에서는 감소폭이 현저하게 줄어들었다.

[표 5-11] 총 일사량 획득 그래프

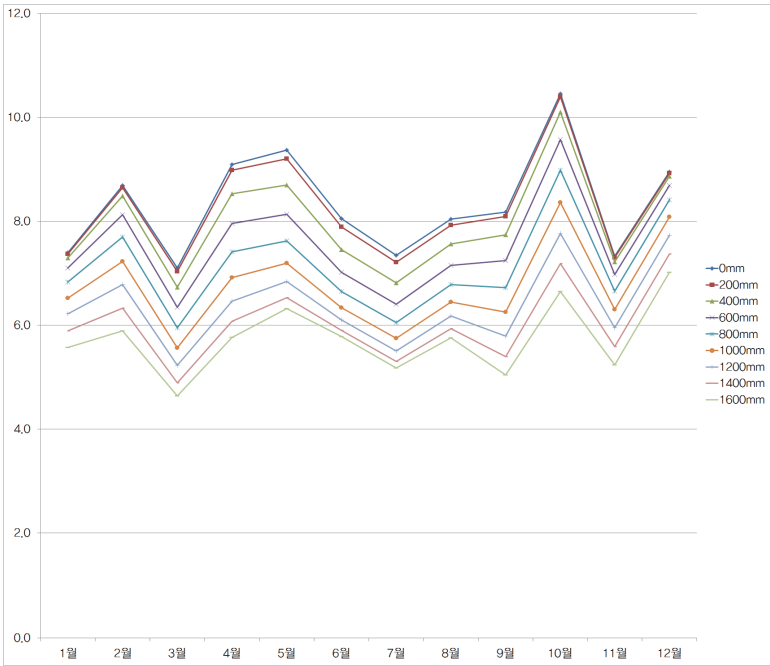


[표 5-12] 날짜별 일사획득 그래프 및 표_전통한옥(정남향)



[표 5-13] 날짜별 일사획득 그래프 및 표_전통한옥

전통한옥_남서30°



전통한옥_남동30°



③ 수준별 차양길이에 따른 냉·난방 에너지

다음으로 향별 적정 처마길이를 도출하기 위해서 각 차양의 일사차단효과를 반영한 최종 냉·난방에너지를 분석하였다.

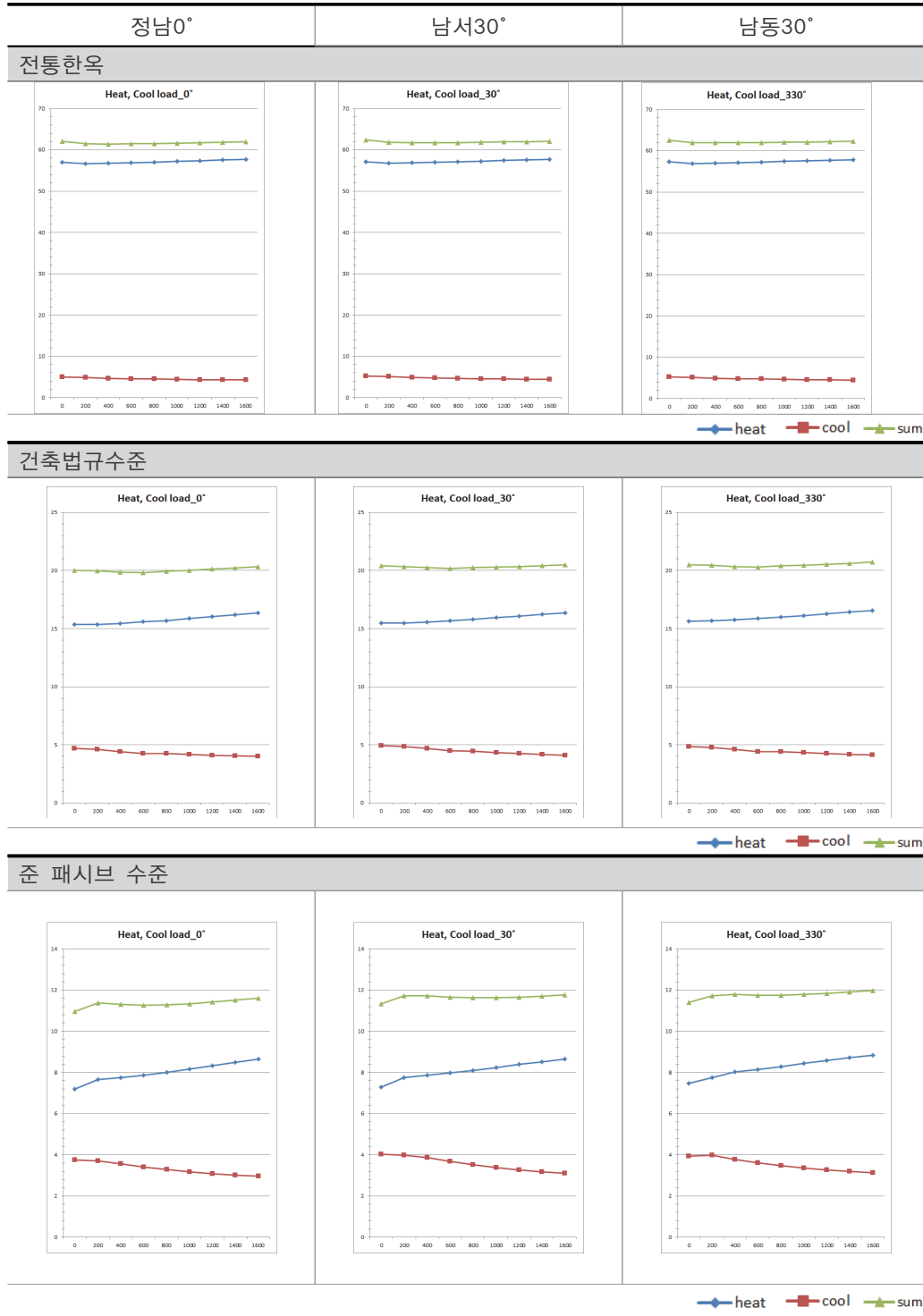
우선 한옥 처마에 통상적으로 기대하고 있는 겨울철 일사 유입과 여름철 일사 차단이라는 전제는 겨울철의 경우에도 차양의 길이가 증가하면서 일사차단이 이루어지게 되므로 차양자체가 일사를 유입시킨다는 생각은 바람직하지 않다. 처마를 설치함으로써 일사량은 현격하게 감소하게 된다. 특히 정남향에서 이러한 경향은 더욱 크게 나타나고 있으므로, 처마의 환경조절능력은 여름철 일사 유입을 감소시키는 차양의 역할과 비를 피하고 자연환기를 할 수 있도록 하는 자연환기의 가능성, 우기 시 옥외 공간의 활용가능성 등의 측면에서 이해하는 것이 바람직 할 것이다.

더욱이 전통한옥 수준의 경우 처마에 의한 일사감소량이 전체 에너지 사용량에 끼치는 영향이 미미하여 적정 처마길이를 도출하는 것은 무의미하며, 법규수준 및 준패시브하우스 수준으로 증가할 경우 처마 길이가 증가함에 따라 발생하는 난방에너지 증가량과 냉방에너지 감소량의 격차가 길이별로 크지 않아서 에너지 사용량만을 통해서 적정 처마의 길이는 도출하는 것은 불가능하다.

다만, 그럼에도 불구하고 차양길이에 따른 냉·난방 에너지 그래프를 살펴보면 전통한옥에서는 차양길이에 따른 냉·난방 에너지가 큰 차이가 없다. 단열과 기밀성 수준을 갖춘 건물을 보면 약간의 움직임은 보이며, 패시브 수준에서는 차양이 영향을 미치기 시작한다.

처마길이에 따라 냉·난방에너지 값을 살펴보면 600~800mm의 처마길이 일 때, 에너지소비량은 가장 낮은 것을 알 수 있다, 그러나 처마길이가 길어질수록 여름철 냉방에너지는 감소하지만, 겨울철 난방에너지는 증가하여 총 냉·난방에너지의 차이는 크지 않다. 또한 성능수준이 패시브 수준의 단열과 기밀이 보장되었을 때, 처마길이에 따른 에너지 소비의 효과가 두드러지게 나타난다.

[표 5-14] 차양길이에 따른 냉·난방 에너지 그래프



2) 냉·난방시스템 에너지사용량 및 실내 환경 쾌적도 비교

① 수준별 냉·난방시스템 에너지사용량 및 실내 환경 쾌적도 비교

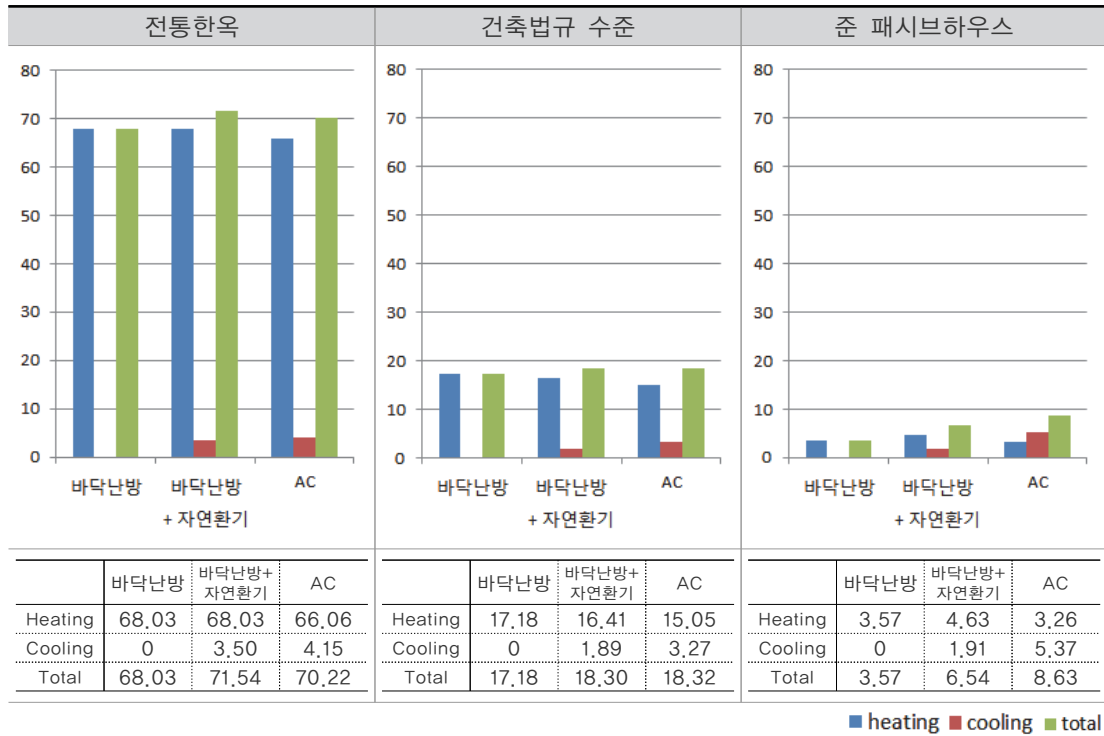
건축유형(일자형, ㄱ자형, ㄷ자형, ㄹ자형, 튼ㄹ자형1, 튼ㄹ자형2), 외피의 성능 수준(전통한옥수준, 법규수준, 준패시브하우스 수준), 환경조절 시스템의 변화(설비 시스템 없음, 바닥난방+자연환기, 바닥난방+자연환기+AC, AC) 조건에 대한 복합 케이스 총 72개의 에너지 사용량 및 실내환경 분석이 이루어졌다.

각 유형별 분석을 통해서 전체 에너지 사용량에 큰 영향을 끼치는 변수들을 파악하였고, 이러한 분석을 통해서 전통건축 및 신한옥에서의 에너지사용량 절감 및 실내 쾌적성 확보를 위하여 다음과 같은 전략적 접근을 도출하게 되었다.

일차적으로는 외피 성능 수준, 즉 열관류율과 침기량의 차이에 의해서 단위면적당 에너지 사용량 차이는 매우 극명하고, 특히 겨울철 난방에너지 사용량에 큰 영향을 미치게 된다. 그러므로 우선적으로 단열성능과 기밀성능, 그 중에서도 특히 기밀성능을 일차적으로 확보하는 전략이 우선적으로 채택되어야 할 것으로 사료된다.

특히 주목하여야 할 점은 한옥 에너지 성능을 향상에 따른 냉방에너지 비중의 증대와 자연환기의 가능성이다. 전통한옥에서 에너지 저감을 위해 최우선 전략인 단열 및 기밀성능을 중심으로 외피 성능을 향상하게 되면 부하비율이 큰 난방에너지 절감을 통해서 전체 에너지 사용량을 급격하게 줄어들게 된다. 외피성능 향상을 통해서 전체 에너지 사용량이 줄어들게 되면, 전체 냉난방에너지 사용량 중 냉방에너지의 비율은 상대적으로 증가하게 된다. 예를 들어, 유형 1(AC)에서 전통한옥 수준에서의 냉방에너지는 4.15MWh로 전체 냉난방에너지 70.22MWh의 6%, 건축법규 수준에서의 냉방에너지는 3.27MWh로 전체 냉난방에너지 18.32MWh의 17.8%, 준 패시브하우스 수준에서의 냉방에너지는 5.37MWh로 전체 냉난방에너지 8.63MWh의 62.24%로 그 구성비가 변화함을 알 수 있다.

[표 5-15] 한옥 에너지성능별 냉난방부하량 비교 (Type 1)



이러한 조건아래 각 수준별로 자연환기를 도입하게 되면 각 수준별 냉방에너지는 3.5MWh, 1.89MWh, 1.90MWh로 A/C방식에 비하여 0.65MWh, 1.38MWh, 3.47MWh이 절감되어 기존 냉방에너지 대비 각 각 15.7%, 42.1%, 64.5%의 절감율을 보이게 된다. 이는 표에서도 확인할 수 있듯이 외피성능이 향상된 모델일수록 자연환기를 통한 냉방에너지 절감 전략이 전체 에너지 절감 전략에서 큰 의미를 갖게 됨을 잘 보여준다. 즉, 전통 건축의 특성으로 강조되는 계절별 적극적인 환경조절 기능, 특히 자연환기를 포함한 여름철 조절 방식은 우선적으로 단열성능 및 기밀성능을 확보하여 냉난방에너지 소비 총량을 절감한 이후에 적용하게 되면 그 효과를 극대화할 수 있음을 알 수 있다.

또한 에너지 사용량과 함께 이루어진 실내 환경 분석은 습공기선도표⁸⁰⁾에 시뮬레이션에서 얻은 유형별 합성건구온도, 상대습도, 이슬점온도를 변수로 하여 실내의 전체적인

80) 습공기는 건공기(순수한 공기)와 수증기의 혼합체를 의미하는 것으로 습공기선도표는 이 혼합체의 물리적 열역학적 상태를 파악하기 위하여 고안된 표이다. 습공기선도표는 대기압하의 건구 온도, 습구 온도, 엔탈피, 절대 습도, 상대 습도, 노점 온도를 나타내며, 실내쾌적조건을 판별하고 쾌적조건에 도달하기 위한 전략수립에 사용된다.

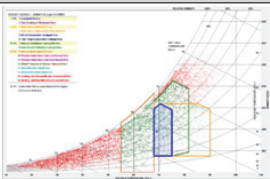
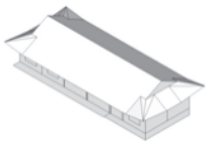
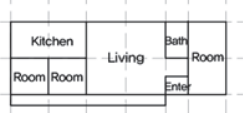
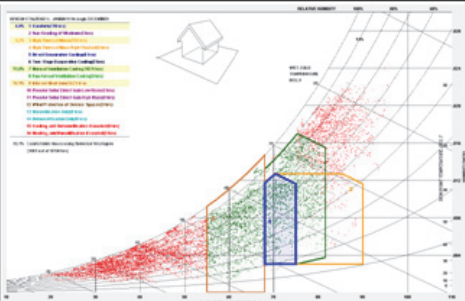
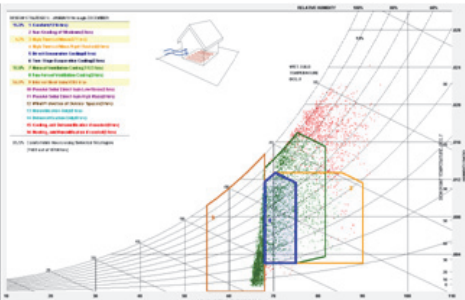
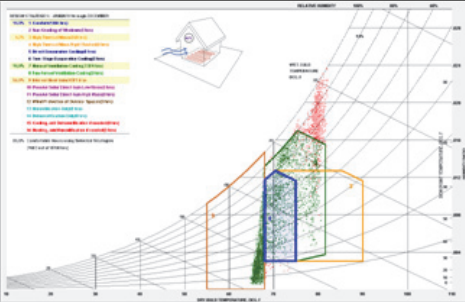
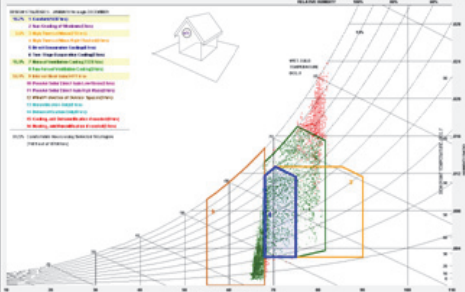
온·습도 분포 및 쾌적범위 분포비율을 도출하여 냉·난방시스템에 따른 실내 환경의 변화를 비교하고 냉·난방에너지 사용량과 함께 분석하는 방식으로 진행되었다.

바닥난방+자연환기, 바닥난방+자연환기+AC의 경우를 자연상태와 비교해보면, 냉난방 온도의 경우 쾌적 영역 범위에서 관리가 되고 있지만, 겨울철의 경우 실내 습도 조절을 하지 않는 바닥난방의 특성상 실내 습도를 높이는 대책과 팬코일유닛과 같은 전공조방식이 아닌 냉방시설의 경우 제습이 필요하므로 현재 온도중심의 실내 쾌적조전을 습도까지 포함하는 전략적 접근이 더욱 요구됨을 알 수 있다.

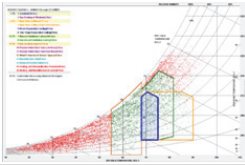
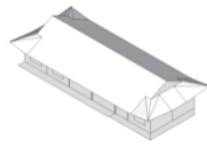

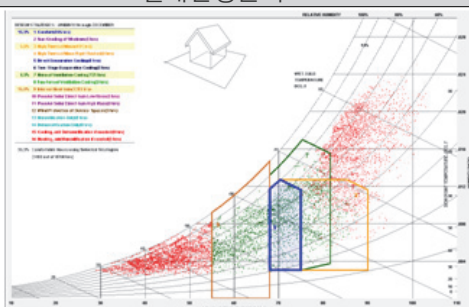
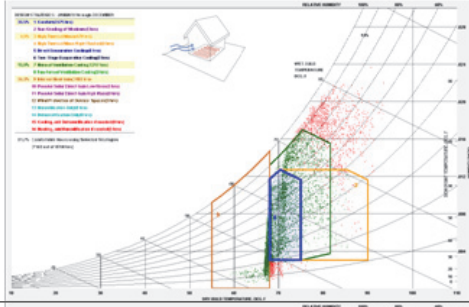
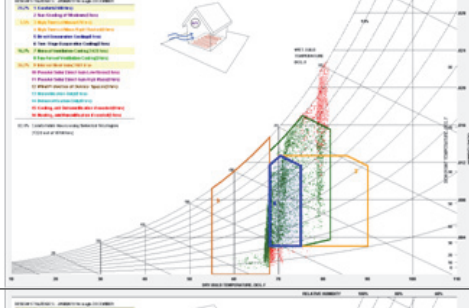
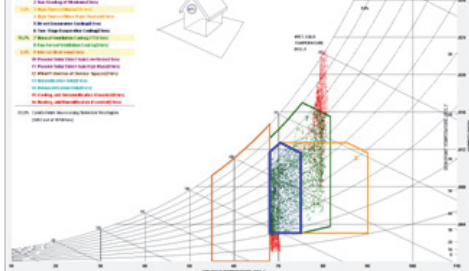
유형별로 근소한 차이는 있으나 대체적으로 자연환기만으로 냉방을 했을 경우 쾌적 범위에 포함되지 않는 온습도분포가 나타나는 것으로 보아 여름철 제습에 대한 해결방안이 필요함을 알 수 있다.

패시브하우스 수준의 경우에는 겨울철 난방에너지보다 여름철 냉방에너지 사용량이 많은데 이는 건물의 단열 및 기밀 수준이 높아질수록 자연환기의 필요성이 커짐을 의미하며 자연환기를 도입한 기계냉방 전략이 필요함을 시사한다.

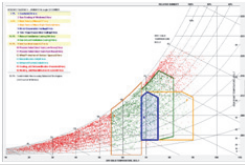
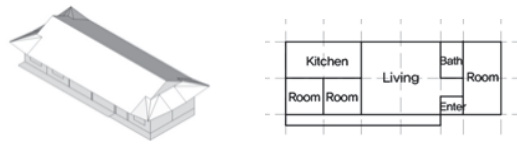
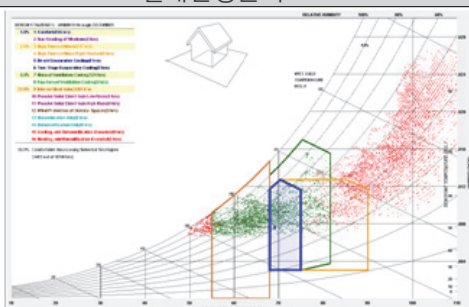
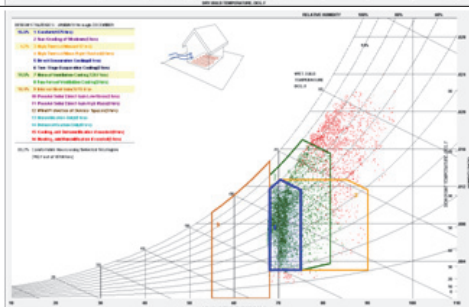
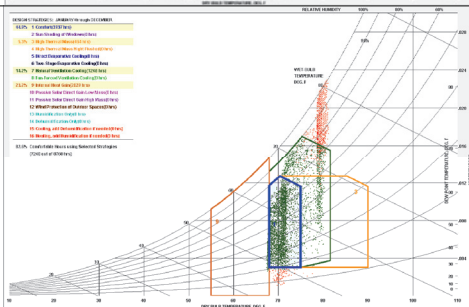
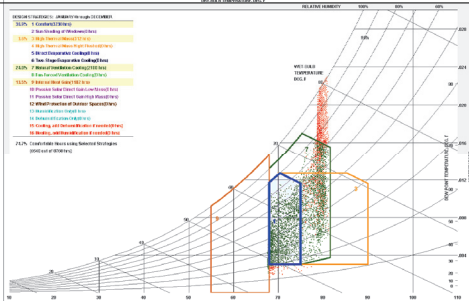
[표 5-16] Type1_전통한옥의 실내환경분석 및 냉·난방에너지 사용량

기후데이터 대전		Type1. 一자형																																											
																																													
실내환경분석		에너지사용량 (MWh)																																											
시스템 X		<table><tr><th>Date</th><th>heating Load</th><th>cooling Load</th></tr><tr><td>Jan 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Feb 01-28</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Mar 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Apr 01-30</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>May 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Jun 01-30</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Jul 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Aug 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Sep 01-30</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Oct 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Nov 01-30</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Dec 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>total</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>		Date	heating Load	cooling Load	Jan 01-31	0	0	Feb 01-28	0	0	Mar 01-31	0	0	Apr 01-30	0	0	May 01-31	0	0	Jun 01-30	0	0	Jul 01-31	0	0	Aug 01-31	0	0	Sep 01-30	0	0	Oct 01-31	0	0	Nov 01-30	0	0	Dec 01-31	0	0	total	0	0
	Date	heating Load	cooling Load																																										
Jan 01-31	0	0																																											
Feb 01-28	0	0																																											
Mar 01-31	0	0																																											
Apr 01-30	0	0																																											
May 01-31	0	0																																											
Jun 01-30	0	0																																											
Jul 01-31	0	0																																											
Aug 01-31	0	0																																											
Sep 01-30	0	0																																											
Oct 01-31	0	0																																											
Nov 01-30	0	0																																											
Dec 01-31	0	0																																											
total	0	0																																											
바닥 난방 + 자연 환기		<table><tr><th>Date</th><th>heating Load</th><th>cooling Load</th></tr><tr><td>Jan 01-31</td><td>15,3048</td><td>0</td></tr><tr><td>Feb 01-28</td><td>11,7815</td><td>0</td></tr><tr><td>Mar 01-31</td><td>11,061</td><td>0</td></tr><tr><td>Apr 01-30</td><td>4,0063</td><td>0</td></tr><tr><td>May 01-31</td><td>1,2972</td><td>0</td></tr><tr><td>Jun 01-30</td><td>0,039</td><td>0</td></tr><tr><td>Jul 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Aug 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Sep 01-30</td><td>0,4664</td><td>0</td></tr><tr><td>Oct 01-31</td><td>2,9941</td><td>0</td></tr><tr><td>Nov 01-30</td><td>8,2204</td><td>0</td></tr><tr><td>Dec 01-31</td><td>12,8628</td><td>0</td></tr><tr><td>total</td><td>68,0335</td><td>0</td></tr></table>		Date	heating Load	cooling Load	Jan 01-31	15,3048	0	Feb 01-28	11,7815	0	Mar 01-31	11,061	0	Apr 01-30	4,0063	0	May 01-31	1,2972	0	Jun 01-30	0,039	0	Jul 01-31	0	0	Aug 01-31	0	0	Sep 01-30	0,4664	0	Oct 01-31	2,9941	0	Nov 01-30	8,2204	0	Dec 01-31	12,8628	0	total	68,0335	0
	Date	heating Load	cooling Load																																										
Jan 01-31	15,3048	0																																											
Feb 01-28	11,7815	0																																											
Mar 01-31	11,061	0																																											
Apr 01-30	4,0063	0																																											
May 01-31	1,2972	0																																											
Jun 01-30	0,039	0																																											
Jul 01-31	0	0																																											
Aug 01-31	0	0																																											
Sep 01-30	0,4664	0																																											
Oct 01-31	2,9941	0																																											
Nov 01-30	8,2204	0																																											
Dec 01-31	12,8628	0																																											
total	68,0335	0																																											
바닥 난방 + 자연 환기 + ac		<table><tr><th>Date</th><th>heating Load</th><th>cooling Load</th></tr><tr><td>Jan 01-31</td><td>15,3048</td><td>0</td></tr><tr><td>Feb 01-28</td><td>11,7815</td><td>0</td></tr><tr><td>Mar 01-31</td><td>11,061</td><td>0</td></tr><tr><td>Apr 01-30</td><td>4,0067</td><td>0,0194</td></tr><tr><td>May 01-31</td><td>1,2997</td><td>0,0808</td></tr><tr><td>Jun 01-30</td><td>0,0382</td><td>0,4396</td></tr><tr><td>Jul 01-31</td><td>0</td><td>1,2826</td></tr><tr><td>Aug 01-31</td><td>0</td><td>1,4302</td></tr><tr><td>Sep 01-30</td><td>0,464</td><td>0,2517</td></tr><tr><td>Oct 01-31</td><td>2,9922</td><td>0</td></tr><tr><td>Nov 01-30</td><td>8,2204</td><td>0</td></tr><tr><td>Dec 01-31</td><td>12,8628</td><td>0</td></tr><tr><td>total</td><td>68,0312</td><td>3,5043</td></tr></table>		Date	heating Load	cooling Load	Jan 01-31	15,3048	0	Feb 01-28	11,7815	0	Mar 01-31	11,061	0	Apr 01-30	4,0067	0,0194	May 01-31	1,2997	0,0808	Jun 01-30	0,0382	0,4396	Jul 01-31	0	1,2826	Aug 01-31	0	1,4302	Sep 01-30	0,464	0,2517	Oct 01-31	2,9922	0	Nov 01-30	8,2204	0	Dec 01-31	12,8628	0	total	68,0312	3,5043
	Date	heating Load	cooling Load																																										
Jan 01-31	15,3048	0																																											
Feb 01-28	11,7815	0																																											
Mar 01-31	11,061	0																																											
Apr 01-30	4,0067	0,0194																																											
May 01-31	1,2997	0,0808																																											
Jun 01-30	0,0382	0,4396																																											
Jul 01-31	0	1,2826																																											
Aug 01-31	0	1,4302																																											
Sep 01-30	0,464	0,2517																																											
Oct 01-31	2,9922	0																																											
Nov 01-30	8,2204	0																																											
Dec 01-31	12,8628	0																																											
total	68,0312	3,5043																																											
ac		<table><tr><th>Date</th><th>heating Load</th><th>cooling Load</th></tr><tr><td>Jan 01-31</td><td>15,0212</td><td>0</td></tr><tr><td>Feb 01-28</td><td>11,5266</td><td>0</td></tr><tr><td>Mar 01-31</td><td>10,7753</td><td>0</td></tr><tr><td>Apr 01-30</td><td>3,7947</td><td>0,0262</td></tr><tr><td>May 01-31</td><td>1,1955</td><td>0,1157</td></tr><tr><td>Jun 01-30</td><td>0,0237</td><td>0,5527</td></tr><tr><td>Jul 01-31</td><td>0</td><td>1,4948</td></tr><tr><td>Aug 01-31</td><td>0</td><td>1,6393</td></tr><tr><td>Sep 01-30</td><td>0,3964</td><td>0,3272</td></tr><tr><td>Oct 01-31</td><td>2,8028</td><td>0</td></tr><tr><td>Nov 01-30</td><td>7,9501</td><td>0</td></tr><tr><td>Dec 01-31</td><td>12,5782</td><td>0</td></tr><tr><td>total</td><td>66,0644</td><td>4,156</td></tr></table>		Date	heating Load	cooling Load	Jan 01-31	15,0212	0	Feb 01-28	11,5266	0	Mar 01-31	10,7753	0	Apr 01-30	3,7947	0,0262	May 01-31	1,1955	0,1157	Jun 01-30	0,0237	0,5527	Jul 01-31	0	1,4948	Aug 01-31	0	1,6393	Sep 01-30	0,3964	0,3272	Oct 01-31	2,8028	0	Nov 01-30	7,9501	0	Dec 01-31	12,5782	0	total	66,0644	4,156
	Date	heating Load	cooling Load																																										
Jan 01-31	15,0212	0																																											
Feb 01-28	11,5266	0																																											
Mar 01-31	10,7753	0																																											
Apr 01-30	3,7947	0,0262																																											
May 01-31	1,1955	0,1157																																											
Jun 01-30	0,0237	0,5527																																											
Jul 01-31	0	1,4948																																											
Aug 01-31	0	1,6393																																											
Sep 01-30	0,3964	0,3272																																											
Oct 01-31	2,8028	0																																											
Nov 01-30	7,9501	0																																											
Dec 01-31	12,5782	0																																											
total	66,0644	4,156																																											

[표 5-17] Type1_건축법규수준 한옥의 실내환경분석 및 냉·난방에너지 사용량

기후데이터_대전		Type1_ 一자형																																											
																																													
실내환경분석		에너지사용량 (MWh)																																											
시스템 X		<table><tr><th>Date</th><th>heating Load</th><th>cooling Load</th></tr><tr><td>Jan 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Feb 01-28</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Mar 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Apr 01-30</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>May 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Jun 01-30</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Jul 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Aug 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Sep 01-30</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Oct 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Nov 01-30</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Dec 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>total</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>		Date	heating Load	cooling Load	Jan 01-31	0	0	Feb 01-28	0	0	Mar 01-31	0	0	Apr 01-30	0	0	May 01-31	0	0	Jun 01-30	0	0	Jul 01-31	0	0	Aug 01-31	0	0	Sep 01-30	0	0	Oct 01-31	0	0	Nov 01-30	0	0	Dec 01-31	0	0	total	0	0
	Date	heating Load	cooling Load																																										
Jan 01-31	0	0																																											
Feb 01-28	0	0																																											
Mar 01-31	0	0																																											
Apr 01-30	0	0																																											
May 01-31	0	0																																											
Jun 01-30	0	0																																											
Jul 01-31	0	0																																											
Aug 01-31	0	0																																											
Sep 01-30	0	0																																											
Oct 01-31	0	0																																											
Nov 01-30	0	0																																											
Dec 01-31	0	0																																											
total	0	0																																											
바닥 난방 + 자연 환기		<table><tr><th>Date</th><th>heating Load</th><th>cooling Load</th></tr><tr><td>Jan 01-31</td><td>4,3927</td><td>0</td></tr><tr><td>Feb 01-28</td><td>3,2708</td><td>0</td></tr><tr><td>Mar 01-31</td><td>2,6939</td><td>0</td></tr><tr><td>Apr 01-30</td><td>0,8162</td><td>0</td></tr><tr><td>May 01-31</td><td>0,1814</td><td>0</td></tr><tr><td>Jun 01-30</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Jul 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Aug 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Sep 01-30</td><td>0,0351</td><td>0</td></tr><tr><td>Oct 01-31</td><td>0,5268</td><td>0</td></tr><tr><td>Nov 01-30</td><td>1,9</td><td>0</td></tr><tr><td>Dec 01-31</td><td>3,3647</td><td>0</td></tr><tr><td>total</td><td>17,1816</td><td>0</td></tr></table>		Date	heating Load	cooling Load	Jan 01-31	4,3927	0	Feb 01-28	3,2708	0	Mar 01-31	2,6939	0	Apr 01-30	0,8162	0	May 01-31	0,1814	0	Jun 01-30	0	0	Jul 01-31	0	0	Aug 01-31	0	0	Sep 01-30	0,0351	0	Oct 01-31	0,5268	0	Nov 01-30	1,9	0	Dec 01-31	3,3647	0	total	17,1816	0
	Date	heating Load	cooling Load																																										
Jan 01-31	4,3927	0																																											
Feb 01-28	3,2708	0																																											
Mar 01-31	2,6939	0																																											
Apr 01-30	0,8162	0																																											
May 01-31	0,1814	0																																											
Jun 01-30	0	0																																											
Jul 01-31	0	0																																											
Aug 01-31	0	0																																											
Sep 01-30	0,0351	0																																											
Oct 01-31	0,5268	0																																											
Nov 01-30	1,9	0																																											
Dec 01-31	3,3647	0																																											
total	17,1816	0																																											
바닥 난방 + 자연 환기 + ac		<table><tr><th>Date</th><th>heating Load</th><th>cooling Load</th></tr><tr><td>Jan 01-31</td><td>4,0041</td><td>0</td></tr><tr><td>Feb 01-28</td><td>2,9704</td><td>0</td></tr><tr><td>Mar 01-31</td><td>2,6826</td><td>0</td></tr><tr><td>Apr 01-30</td><td>0,8087</td><td>0,0114</td></tr><tr><td>May 01-31</td><td>0,1795</td><td>0,0512</td></tr><tr><td>Jun 01-30</td><td>0</td><td>0,2291</td></tr><tr><td>Jul 01-31</td><td>0</td><td>0,6529</td></tr><tr><td>Aug 01-31</td><td>0</td><td>0,7679</td></tr><tr><td>Sep 01-30</td><td>0,0327</td><td>0,1767</td></tr><tr><td>Oct 01-31</td><td>0,5151</td><td>0</td></tr><tr><td>Nov 01-30</td><td>1,8886</td><td>0</td></tr><tr><td>Dec 01-31</td><td>3,3307</td><td>0</td></tr><tr><td>total</td><td>16,4125</td><td>1,8892</td></tr></table>		Date	heating Load	cooling Load	Jan 01-31	4,0041	0	Feb 01-28	2,9704	0	Mar 01-31	2,6826	0	Apr 01-30	0,8087	0,0114	May 01-31	0,1795	0,0512	Jun 01-30	0	0,2291	Jul 01-31	0	0,6529	Aug 01-31	0	0,7679	Sep 01-30	0,0327	0,1767	Oct 01-31	0,5151	0	Nov 01-30	1,8886	0	Dec 01-31	3,3307	0	total	16,4125	1,8892
	Date	heating Load	cooling Load																																										
Jan 01-31	4,0041	0																																											
Feb 01-28	2,9704	0																																											
Mar 01-31	2,6826	0																																											
Apr 01-30	0,8087	0,0114																																											
May 01-31	0,1795	0,0512																																											
Jun 01-30	0	0,2291																																											
Jul 01-31	0	0,6529																																											
Aug 01-31	0	0,7679																																											
Sep 01-30	0,0327	0,1767																																											
Oct 01-31	0,5151	0																																											
Nov 01-30	1,8886	0																																											
Dec 01-31	3,3307	0																																											
total	16,4125	1,8892																																											
ac		<table><tr><th>Date</th><th>heating Load</th><th>cooling Load</th></tr><tr><td>Jan 01-31</td><td>3,9335</td><td>0</td></tr><tr><td>Feb 01-28</td><td>2,8361</td><td>0</td></tr><tr><td>Mar 01-31</td><td>2,598</td><td>0</td></tr><tr><td>Apr 01-30</td><td>0,6292</td><td>0,0118</td></tr><tr><td>May 01-31</td><td>0,0581</td><td>0,1047</td></tr><tr><td>Jun 01-30</td><td>0</td><td>0,5228</td></tr><tr><td>Jul 01-31</td><td>0</td><td>1,0347</td></tr><tr><td>Aug 01-31</td><td>0</td><td>1,1595</td></tr><tr><td>Sep 01-30</td><td>0,0041</td><td>0,4274</td></tr><tr><td>Oct 01-31</td><td>0,2377</td><td>0,0047</td></tr><tr><td>Nov 01-30</td><td>1,6891</td><td>0</td></tr><tr><td>Dec 01-31</td><td>3,0681</td><td>0</td></tr><tr><td>total</td><td>15,054</td><td>3,2656</td></tr></table>		Date	heating Load	cooling Load	Jan 01-31	3,9335	0	Feb 01-28	2,8361	0	Mar 01-31	2,598	0	Apr 01-30	0,6292	0,0118	May 01-31	0,0581	0,1047	Jun 01-30	0	0,5228	Jul 01-31	0	1,0347	Aug 01-31	0	1,1595	Sep 01-30	0,0041	0,4274	Oct 01-31	0,2377	0,0047	Nov 01-30	1,6891	0	Dec 01-31	3,0681	0	total	15,054	3,2656
	Date	heating Load	cooling Load																																										
Jan 01-31	3,9335	0																																											
Feb 01-28	2,8361	0																																											
Mar 01-31	2,598	0																																											
Apr 01-30	0,6292	0,0118																																											
May 01-31	0,0581	0,1047																																											
Jun 01-30	0	0,5228																																											
Jul 01-31	0	1,0347																																											
Aug 01-31	0	1,1595																																											
Sep 01-30	0,0041	0,4274																																											
Oct 01-31	0,2377	0,0047																																											
Nov 01-30	1,6891	0																																											
Dec 01-31	3,0681	0																																											
total	15,054	3,2656																																											

[표 5-18] Type1_패시브수준 한옥의 실내환경분석 및 냉·난방에너지 사용량

기후데이터_대전		Type1_ 一자형																																											
																																													
실내환경분석		에너지사용량 (MWh)																																											
시스템 X		<table><tr><th>Date</th><th>heating Load</th><th>cooling Load</th></tr><tr><td>Jan 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Feb 01-28</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Mar 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Apr 01-30</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>May 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Jun 01-30</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Jul 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Aug 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Sep 01-30</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Oct 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Nov 01-30</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Dec 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>total</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>		Date	heating Load	cooling Load	Jan 01-31	0	0	Feb 01-28	0	0	Mar 01-31	0	0	Apr 01-30	0	0	May 01-31	0	0	Jun 01-30	0	0	Jul 01-31	0	0	Aug 01-31	0	0	Sep 01-30	0	0	Oct 01-31	0	0	Nov 01-30	0	0	Dec 01-31	0	0	total	0	0
	Date	heating Load	cooling Load																																										
Jan 01-31	0	0																																											
Feb 01-28	0	0																																											
Mar 01-31	0	0																																											
Apr 01-30	0	0																																											
May 01-31	0	0																																											
Jun 01-30	0	0																																											
Jul 01-31	0	0																																											
Aug 01-31	0	0																																											
Sep 01-30	0	0																																											
Oct 01-31	0	0																																											
Nov 01-30	0	0																																											
Dec 01-31	0	0																																											
total	0	0																																											
바닥 난방 + 자연 환기		<table><tr><th>Date</th><th>heating Load</th><th>cooling Load</th></tr><tr><td>Jan 01-31</td><td>1,1167</td><td>0</td></tr><tr><td>Feb 01-28</td><td>0,692</td><td>0</td></tr><tr><td>Mar 01-31</td><td>0,6052</td><td>0</td></tr><tr><td>Apr 01-30</td><td>0,0624</td><td>0</td></tr><tr><td>May 01-31</td><td>0,0006</td><td>0</td></tr><tr><td>Jun 01-30</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Jul 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Aug 01-31</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Sep 01-30</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Oct 01-31</td><td>0,0098</td><td>0</td></tr><tr><td>Nov 01-30</td><td>0,319</td><td>0</td></tr><tr><td>Dec 01-31</td><td>0,7677</td><td>0</td></tr><tr><td>total</td><td>3,5734</td><td>0</td></tr></table>		Date	heating Load	cooling Load	Jan 01-31	1,1167	0	Feb 01-28	0,692	0	Mar 01-31	0,6052	0	Apr 01-30	0,0624	0	May 01-31	0,0006	0	Jun 01-30	0	0	Jul 01-31	0	0	Aug 01-31	0	0	Sep 01-30	0	0	Oct 01-31	0,0098	0	Nov 01-30	0,319	0	Dec 01-31	0,7677	0	total	3,5734	0
	Date	heating Load	cooling Load																																										
Jan 01-31	1,1167	0																																											
Feb 01-28	0,692	0																																											
Mar 01-31	0,6052	0																																											
Apr 01-30	0,0624	0																																											
May 01-31	0,0006	0																																											
Jun 01-30	0	0																																											
Jul 01-31	0	0																																											
Aug 01-31	0	0																																											
Sep 01-30	0	0																																											
Oct 01-31	0,0098	0																																											
Nov 01-30	0,319	0																																											
Dec 01-31	0,7677	0																																											
total	3,5734	0																																											
바닥 난방 + 자연 환기 + ac		<table><tr><th>Date</th><th>heating Load</th><th>cooling Load</th></tr><tr><td>Jan 01-31</td><td>1,3151</td><td>0</td></tr><tr><td>Feb 01-28</td><td>0,8824</td><td>0</td></tr><tr><td>Mar 01-31</td><td>0,79</td><td>0</td></tr><tr><td>Apr 01-30</td><td>0,1222</td><td>0,012</td></tr><tr><td>May 01-31</td><td>0,002</td><td>0,0599</td></tr><tr><td>Jun 01-30</td><td>0</td><td>0,2056</td></tr><tr><td>Jul 01-31</td><td>0</td><td>0,6354</td></tr><tr><td>Aug 01-31</td><td>0</td><td>0,7943</td></tr><tr><td>Sep 01-30</td><td>0</td><td>0,197</td></tr><tr><td>Oct 01-31</td><td>0,0336</td><td>0,0036</td></tr><tr><td>Nov 01-30</td><td>0,4956</td><td>0</td></tr><tr><td>Dec 01-31</td><td>0,9887</td><td>0</td></tr><tr><td>total</td><td>4,6298</td><td>1,9079</td></tr></table>		Date	heating Load	cooling Load	Jan 01-31	1,3151	0	Feb 01-28	0,8824	0	Mar 01-31	0,79	0	Apr 01-30	0,1222	0,012	May 01-31	0,002	0,0599	Jun 01-30	0	0,2056	Jul 01-31	0	0,6354	Aug 01-31	0	0,7943	Sep 01-30	0	0,197	Oct 01-31	0,0336	0,0036	Nov 01-30	0,4956	0	Dec 01-31	0,9887	0	total	4,6298	1,9079
	Date	heating Load	cooling Load																																										
Jan 01-31	1,3151	0																																											
Feb 01-28	0,8824	0																																											
Mar 01-31	0,79	0																																											
Apr 01-30	0,1222	0,012																																											
May 01-31	0,002	0,0599																																											
Jun 01-30	0	0,2056																																											
Jul 01-31	0	0,6354																																											
Aug 01-31	0	0,7943																																											
Sep 01-30	0	0,197																																											
Oct 01-31	0,0336	0,0036																																											
Nov 01-30	0,4956	0																																											
Dec 01-31	0,9887	0																																											
total	4,6298	1,9079																																											
ac		<table><tr><th>Date</th><th>heating Load</th><th>cooling Load</th></tr><tr><td>Jan 01-31</td><td>1,0876</td><td>0,0093</td></tr><tr><td>Feb 01-28</td><td>0,6147</td><td>0,0459</td></tr><tr><td>Mar 01-31</td><td>0,5103</td><td>0,0307</td></tr><tr><td>Apr 01-30</td><td>0,0282</td><td>0,2468</td></tr><tr><td>May 01-31</td><td>0</td><td>0,5965</td></tr><tr><td>Jun 01-30</td><td>0</td><td>0,8689</td></tr><tr><td>Jul 01-31</td><td>0</td><td>1,0534</td></tr><tr><td>Aug 01-31</td><td>0</td><td>1,199</td></tr><tr><td>Sep 01-30</td><td>0</td><td>0,7127</td></tr><tr><td>Oct 01-31</td><td>0,0024</td><td>0,4682</td></tr><tr><td>Nov 01-30</td><td>0,2914</td><td>0,0924</td></tr><tr><td>Dec 01-31</td><td>0,723</td><td>0,0453</td></tr><tr><td>total</td><td>3,2576</td><td>5,3689</td></tr></table>		Date	heating Load	cooling Load	Jan 01-31	1,0876	0,0093	Feb 01-28	0,6147	0,0459	Mar 01-31	0,5103	0,0307	Apr 01-30	0,0282	0,2468	May 01-31	0	0,5965	Jun 01-30	0	0,8689	Jul 01-31	0	1,0534	Aug 01-31	0	1,199	Sep 01-30	0	0,7127	Oct 01-31	0,0024	0,4682	Nov 01-30	0,2914	0,0924	Dec 01-31	0,723	0,0453	total	3,2576	5,3689
	Date	heating Load	cooling Load																																										
Jan 01-31	1,0876	0,0093																																											
Feb 01-28	0,6147	0,0459																																											
Mar 01-31	0,5103	0,0307																																											
Apr 01-30	0,0282	0,2468																																											
May 01-31	0	0,5965																																											
Jun 01-30	0	0,8689																																											
Jul 01-31	0	1,0534																																											
Aug 01-31	0	1,199																																											
Sep 01-30	0	0,7127																																											
Oct 01-31	0,0024	0,4682																																											
Nov 01-30	0,2914	0,0924																																											
Dec 01-31	0,723	0,0453																																											
total	3,2576	5,3689																																											

② 유형별 냉·난방시스템 에너지사용량 비교

한옥 형태 유형이 건축물 에너지 사용량에 끼치는 영향관계를 보다 상세하게 분석하기 위해서 일자형, ㄱ자형, ㄷ자형, ㄱ자형, ㄱ자형, ㄱ자형1, ㄱ자형2 유형에 대해 건물의 피외, 침기량, 자연환기량의 변화에 따른 열획득 및 열손실과 이와 같은 패시브 방식에 의한 실내 환경을 쾌적한 상황으로 만들어주기 위한 냉·난방에너지소비량을 함께 분석하였다. 조금 더 구체적으로 살펴보면 열획득의 경우에는 내부발열과 창을 통한 일사획득을 통해 열을 획득하게 되며, 열손실은 외벽 및 난방 공간으로 손실되는 열과 침기를 통해 일어난다. 또한 자연환기로 인해서 냉방에너지량을 감소시킬 수 있다.

그러므로 각 건축유형에 따른 에너지 사용량의 변화는 1) 평면 유형에 따른 일사량의 변화 2) 외피면적 및 벽창호비율의 변화에 따른 전도열량 변화 3) 자연환기량의 변화를 종합적으로 판단한 후에 최종적으로 4) 에너지 사용량의 변화를 파악할 수 있으며, 이 네 가지 변화를 월별 사용량을 기준으로 분석하여 외부 기후와의 관계를 통해서 분석하였다.

건축유형 수준	type	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Summe total
Internal gain (W/m²)	1	0.3044	0.2791	0.3008	0.2918	0.3044	0.2918	0.3008	0.2918	0.3044	0.2918	0.3008	0.2918	3.5588
	2	0.3045	0.2791	0.3009	0.2917	0.3045	0.2917	0.3007	0.2917	0.3045	0.2917	0.3009	0.2917	3.5591
	3	0.3045	0.2791	0.3009	0.2917	0.3045	0.2917	0.3007	0.2917	0.3045	0.2917	0.3009	0.2917	3.5591
	4	0.3045	0.2791	0.3009	0.2917	0.3045	0.2917	0.3007	0.2917	0.3045	0.2917	0.3009	0.2917	3.5591
	5	0.3045	0.2791	0.3009	0.2917	0.3045	0.2917	0.3007	0.2917	0.3045	0.2917	0.3009	0.2917	3.5591
	6	0.3045	0.2791	0.3009	0.2917	0.3045	0.2917	0.3007	0.2917	0.3045	0.2917	0.3009	0.2917	3.5591
Solar gain (W/m²)	1	0.9336	0.9301	0.936	0.9301	0.9336	0.9301	0.9336	0.9301	0.9336	0.9301	0.9336	0.9301	11.1605
	2	0.9457	0.937	0.943	0.937	0.9457	0.937	0.943	0.937	0.9457	0.937	0.943	0.937	11.2055
	3	0.936	0.914	0.937	0.927	0.946	0.928	0.937	0.927	0.946	0.928	0.937	0.927	11.1605
	4	0.936	0.914	0.936	0.927	0.946	0.928	0.937	0.927	0.946	0.928	0.937	0.927	11.1605
	5	0.936	0.914	0.936	0.927	0.946	0.928	0.937	0.927	0.946	0.928	0.937	0.927	11.1605
	6	0.936	0.914	0.936	0.927	0.946	0.928	0.937	0.927	0.946	0.928	0.937	0.927	11.1605
External conduction gain (W/m²)	1	-1.058	-0.835	-0.778	-0.330	-0.178	-0.039	0.004	0.000	-0.097	-0.303	-0.813	-0.908	-4.0801
	2	-1.046	-0.823	-0.767	-0.324	-0.171	-0.039	0.028	0.022	-0.094	-0.294	-0.804	-0.897	-3.9081
	3	-1.140	-0.866	-0.838	-0.347	-0.178	-0.032	0.038	0.032	-0.097	-0.314	-0.854	-0.914	-4.3883
	4	-1.146	-0.900	-0.836	-0.338	-0.168	-0.033	0.042	0.040	-0.086	-0.302	-0.863	-0.9788	-4.3818
	5	-1.189	-0.935	-0.869	-0.368	-0.178	-0.032	0.038	0.036	-0.096	-0.324	-0.898	-0.9182	-4.8192
	6	-1.128	-0.884	-0.823	-0.337	-0.168	-0.034	0.039	0.038	-0.087	-0.298	-0.842	-0.9016	-4.2978
Internal conduction gain (W/m²)	1	-1.027	-0.810	-0.767	-0.332	-0.180	-0.042	0.023	0.087	0.018	-0.236	-0.852	-0.8778	-4.7728
	2	-1.043	-0.822	-0.771	-0.348	-0.183	-0.041	0.022	0.087	0.014	-0.277	-0.866	-0.8887	-4.8335
	3	-0.977	-0.734	-0.678	-0.338	-0.148	-0.030	0.024	0.084	0.028	-0.233	-0.491	-0.777	-4.1896
	4	-0.970	-0.788	-0.724	-0.387	-0.161	-0.038	0.022	0.084	0.028	-0.241	-0.518	-0.8122	-4.4436
	5	-1.103	-0.873	-0.819	-0.368	-0.178	-0.041	0.026	0.132	0.022	-0.277	-0.898	-0.9274	-5.0915
	6	-1.221	-0.983	-0.909	-0.410	-0.198	-0.029	0.047	0.138	0.030	-0.282	-0.918	-1.0273	-6.4884
Infiltration gain (W/m²)	1	-2.389	-1.878	-1.783	-0.784	-0.428	-0.113	0.038	0.022	-0.219	-0.871	-1.348	-2.0241	-11.4892
	2	-2.377	-1.879	-1.782	-0.783	-0.428	-0.119	0.037	0.022	-0.218	-0.883	-1.347	-2.0253	-11.4896
	3	-2.376	-1.877	-1.78	-0.782	-0.428	-0.112	0.037	0.024	-0.218	-0.882	-1.343	-2.0228	-11.4778
	4	-2.382	-1.889	-1.784	-0.784	-0.413	-0.113	0.037	0.028	-0.218	-0.881	-1.346	-2.0268	-11.4898
	5	-2.378	-1.880	-1.781	-0.783	-0.420	-0.118	0.034	0.022	-0.219	-0.881	-1.347	-2.0269	-11.4891
	6	-2.384	-1.891	-1.787	-0.790	-0.427	-0.121	0.036	0.028	-0.219	-0.881	-1.347	-2.0269	-11.4891
Macroflo ext vent gain (W/m²)	1	0	0	0	-0.0203	-0.1601	-0.2843	-0.1908	-0.1989	-0.1896	-0.1896	-0.1896	-0.1896	-1.3889
	2	0	0	0	-0.0202	-0.161	-0.2839	-0.191	-0.1981	-0.1926	-0.1926	-0.1926	-0.1926	-1.3848
	3	0	0	0	-0.0202	-0.161	-0.2839	-0.191	-0.1981	-0.1926	-0.1926	-0.1926	-0.1926	-1.3848
	4	0	0	0	-0.0202	-0.161	-0.2839	-0.191	-0.1981	-0.1926	-0.1926	-0.1926	-0.1926	-1.3848
	5	0	0	0	-0.0202	-0.161	-0.2839	-0.191	-0.1981	-0.1926	-0.1926	-0.1926	-0.1926	-1.3848
	6	0	0	0	-0.0202	-0.161	-0.2839	-0.191	-0.1981	-0.1926	-0.1926	-0.1926	-0.1926	-1.3848
Macroflo int vent gain (W/m²)	1	-0.4307	-0.3193	-0.3114	-0.1884	-0.0387	-0.0097	0.003	0.0078	-0.0182	-0.0708	-0.2133	-0.3388	-1.8481
	2	-0.481	-0.3382	-0.3241	-0.143	-0.244	-0.019	0.0013	0.0068	-0.0287	-0.0708	-0.2286	-0.3888	-1.9187
	3	-0.4188	-0.3117	-0.2904	-0.1022	-0.0384	-0.0109	0.0122	0.0188	-0.0149	-0.0777	-0.2131	-0.3401	-1.7821
	4	-0.4215	-0.3157	-0.2895	-0.1013	-0.0385	-0.0093	0.0033	0.0082	-0.0187	-0.0751	-0.2188	-0.3502	-1.8274
	5	-0.4032	-0.3016	-0.2885	-0.0978	-0.032	0.0033	0.0176	0.0188	-0.011	-0.0738	-0.2081	-0.3274	-1.6984
	6	-0.384	-0.2897	-0.2885	-0.088	-0.028	-0.013	0.0176	0.0188	-0.011	-0.0738	-0.2081	-0.3274	-1.6984
Heating plant sensible load (MW)	1	3.9235	2.9718	2.8861	0.8383	0.954	0	0	0.0374	0.1185	1.3791	3.1074	16.4236	
	2	4.1083	3.145	2.8861	0.879	0.953	0	0	0.0372	0.1185	1.3836	3.26	16.9712	
	3	4.1888	3.222	2.8795	0.878	0.943	0	0	0.0393	0.1183	1.3832	3.3822	17.2904	
	4	4.3868	3.163	2.8795	0.878	0.943	0	0	0.0429	0.1185	1.3832	3.6347	18.4719	
	5	4.398	3.239	3.089	0.978	0.98	0	0	0.0446	0.1185	1.3832	3.9751	19.4466	
	6	4.5221	3.4584	3.1295	0.9004	0.2455	0	0	0.0522	0.1185	1.3832	3.7905	19.2315	
Cooling plant sensible load (MW)	1	0	0	0	0.0088	0.009	0.1903	0.8108	0.8883	0.1014	0	0	0	1.6268
	2	0	0	0	0.0089	0.009	0.2017	0.8108	0.8887	0.1095	0.0001	0	0	1.8734
	3	0	0	0	0.0081	0.004	0.1949	0.8108	0.8792	0.1043	0	0	0	1.8185
	4	0	0	0	0.0037	0.004	0.1878	0.8108	0.8792	0.1043	0	0	0	1.4235
	5	0	0	0	0.0062	0.006	0.1881	0.8108	0.8792	0.1081	0.0022	0	0	1.6885
	6	0	0	0	0.0064	0.006	0.1777	0.8108	0.8792	0.1081	0	0	0	1.446
load (MW)	1	3.983	2.972	2.886	0.878	0.957	-0.190	-0.611	-0.638	-0.084	0.818	1.879	3.1074	17.9705
	2	4.108	3.078	2.886	0.873	0.943	-0.202	-0.623	-0.637	-0.073	0.844	1.884	3.26	18.4548
	3	4.189	3.122	2.876	0.871	0.943	-0.197	-0.598	-0.618	-0.068	0.853	2.047	3.3822	18.9833
	4	4.396	3.16	3.001	0.935	0.943	-0.188	-0.542	-0.619	-0.039	0.862	2.216	3.6347	19.7091
	5	4.398	3.239	3.089	0.978	0.98	-0.188	-0.580	-0.647	-0.064	0.848	2.777	3.9751	19.8308
	6	4.522	3.486	3.126	0.994	0.210	-0.172	-0.641	-0.637	-0.032	0.747	2.322	3.7905	20.4484

[그림 5-13] 평면유형별 내부발열, 일사유입, 외기전도, 내부전도, 침기, 외부환기, 내부환기, 난방, 냉방, 전체부하량 분석 중 주요 분석 구간

(A: 겨울철 일사 유입량, B: 여름철 일사 유입량, C: 난방에너지 D: 자연환기 부하감소량 E: 냉방에너지량)

우선 침기에 따른 열손실을 볼 때 법규수준 및 준패시브하우스 수준의 경우 침기 및 외피를 통한 열손실이 전통건축수준에 비해서 크게 개선됨을 앞에서 설명하였다. 그럼에도 불구하고 법규수준과 준패시브하우스 수준에서 각각 침기에 의한 에너지 손실량은 태양일사량 유입으로 인한 에너지 유입량의 3.5배, 1배에 해당할 정도로 큰 값이다. 즉, 법규수준에서도 여전히 기밀성능의 많은 향상이 필요하다는 의미이며, 이를 개선하는 것이 전체적인 에너지 소비량을 줄이는 가장 시급한 전략임을 다시 한 번 확인할 수 있다.

건축물은 외피를 통해 열획득과 열손실이 일어나며, 이때 실내 적정 온도조건을 유지하기 위해 냉·난방시스템을 작동하게 된다. 따라서 냉·난방에너지소비량과 열획득 및 열손실의 양을 함께 분석하여 에너지 소비를 살펴보았다. 열획득의 경우 창을 통한 일사 획득과 내부발열을 통해 열을 획득하게 되며, 외벽 및 비난방 공간으로 손실되는 열과 침기 및 환기를 통해 열 손실이 일어난다. 평면 6개 유형은 난방시스템이 가동되는 바닥 면적은 동일하며, 형태에 따라 외피면적이 증감한다. 전통한옥, 건축법규수준의 한옥, 준패시브수준 한옥의 외피성능별로 각 유형의 냉·난방에너지소비량 및 열 획득·손실량을 분석해보았다.

평면 유형에 따라 가장 큰 특징을 보인 것을 일사획득량의 차이이다. -자에 비해 양쪽에 날개가 늘어나는 형태일수록 본체에 의한 일사 방해로 일사 획득 값이 낮아짐을 알 수 있다. 평면 유형에 따른 일사획득량의 경우 -자형이 ㄱ자형에 비해서 두 배 이상의 태양에너지 유입을 받고 있는 것으로 분석되었다. 특히 이러한 차이는 태양고도가 낮은 겨울철에 특히 큰 영향을 미치고 있다. 일자형에 비해서 ㄱ자형의 경우 일사획득량이 30% 이하로 떨어지게 되고, 이는 직접적으로 난방에너지 증가로 연결되고 있다.

유형 4, 5, 6의 경우 같은 ㄱ자의 형태 안에서도 마당의 크기와 채의 배치에 따라 일사획득 값이 연간 10%정도 차이를 보인다. 이는 도시형 한옥에서 좁은 면적의 마당은 처마길이와 처마 간 간섭에 따라 일사획득의 영향을 받기 어려움이 있음을 알 수 있으며, 충분한 일사획득을 위해서는 마당면적 확보가 중요하다는 것을 알려준다.

다음으로 외피면적에 따른 열손실을 살펴보면, 외피 면적이 가장 작은 type1 유형에 비해 유형별로 외피면적이 증가할수록 외피를 통한 열손실 값이 증가한다. 따라서 바닥면적 대비 외피면적 값이 작은 형태일수록 에너지 소비량에 유리하며, 이를 고려한 계획이 필요하다. 그러나 이 비율은 법규수준과 패시브수준에 도달하면서 이로 인한 연간 냉난방

에너지량은 큰 차이를 보이지 않고 있다. 또한 본 시뮬레이션에서는 각 평면 유형에서 발생할 수 있는 선형열교의 가능성을 포함하지 않았으므로 이에 대한 추가적인 분석이 필요할 것으로 판단된다.

냉방의 경우 평면유형에 따라 태양일사유입량의 변화와 자연환기량의 변화를 동시에 고려해서 냉방에너지량이 결정되게 되는데, 앞에서 확인한 바와 같이 -자형에서 □자형으로 전환되어 갈수록 일사에너지유입량은 감소하고, 외부기후에 적게 노출되면서 자연환기량이 감소하는 것을 알 수 있다. 분석 결과를 보면 태양일사유입량의 변화가 자연환기량 변화에 따른 자연냉방에너지량 변화보다 커서 -자형보다 □자형건물에서 냉방에너지 수요가 적음을 알 수 있다. 본 분석에서의 자연환기는 수평창만을 사용한 것으로 보다 면밀한 자연환기의 가능성은 추후 추가적인 분석이 필요하다.

마지막으로 비난방 공간을 통한 에너지 이동으로, 시뮬레이션 결과는 실내의 비난방 영역에 대한 열손실을 보완하기 위해 모든 유형에서 냉·난방에너지 소비가 높은 것을 알 수 있다. 난방공간의 열이 화장실이나 현관과 같은 비난방 공간 쪽으로 많은 열이 손실되고 있으며, 이러한 결과는 그동안 외피 성능을 통한 열손실에만 집중했던 면에서 나아가 이를 해결하기 위한 다른 대책이 필요함을 알 수 있다.

[표 5-19] 유형별 건축물 에너지 사용량(바닥난방+자연환기+AC)_건축법규수준

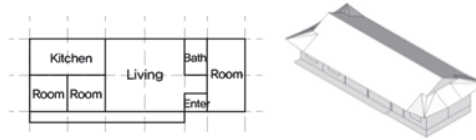
건축법규 수준	type	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Summed total
Internal gain (MWh)	1	0.3044	0.2731	0.3009	0.2915	0.3044	0.2915	0.3026	0.3026	0.2915	0.3044	0.2915	0.3009	3,5605
	2	0.3045	0.2731	0.3009	0.2917	0.3045	0.2917	0.3027	0.3027	0.2917	0.3045	0.2917	0.3009	3,5605
	3	0.3044	0.273	0.3007	0.2917	0.3044	0.2917	0.3027	0.3027	0.2917	0.3044	0.2917	0.3007	3,5598
	4	0.3045	0.2731	0.3008	0.2917	0.3045	0.2917	0.3026	0.3026	0.2917	0.3045	0.2917	0.3008	3,5597
	5	0.3045	0.2733	0.3008	0.2917	0.3045	0.2917	0.3027	0.3027	0.2917	0.3045	0.2917	0.3008	3,5606
	6	0.3043	0.2731	0.3007	0.2917	0.3043	0.2917	0.3025	0.3025	0.2917	0.3043	0.2917	0.3007	3,5591
Solar gain (MWh)	1	0.5936	0.5931	0.4286	0.4235	0.5052	0.4638	0.4137	0.4374	0.3568	0.6692	0.5843	0.7405	6,2098
	2	0.492	0.507	0.422	0.439	0.527	0.473	0.419	0.439	0.369	0.587	0.486	0.6039	5,7644
	3	0.366	0.411	0.374	0.397	0.470	0.426	0.376	0.413	0.330	0.493	0.372	0.4273	4,8534
	4	0.214	0.275	0.298	0.327	0.388	0.353	0.311	0.343	0.267	0.340	0.224	0.2299	3,5704
	5	0.368	0.419	0.338	0.355	0.429	0.386	0.339	0.352	0.312	0.496	0.378	0.4226	4,594
	6	0.163	0.199	0.236	0.309	0.364	0.334	0.295	0.309	0.233	0.240	0.164	0.172	3,019
External conduction gain (MWh)	1	-1,058	-0,835	-0,778	-0,330	-0,175	-0,039	0,024	0,020	-0,097	-0,303	-0,613	-0,9093	-5,0921
	2	-1,046	-0,823	-0,767	-0,324	-0,171	-0,037	0,025	0,022	-0,094	-0,294	-0,604	-0,8971	-5,0083
	3	-1,140	-0,896	-0,835	-0,347	-0,178	-0,032	0,035	0,032	-0,097	-0,314	-0,654	-0,974	-5,3983
	4	-1,148	-0,900	-0,836	-0,338	-0,166	-0,023	0,042	0,040	-0,088	-0,302	-0,653	-0,9788	-5,3518
	5	-1,189	-0,935	-0,869	-0,358	-0,178	-0,032	0,038	0,036	-0,098	-0,324	-0,685	-1,0182	-5,612
	6	-1,126	-0,884	-0,823	-0,337	-0,161	-0,024	0,039	0,035	-0,087	-0,295	-0,642	-0,9616	-5,2678
Internal conduction gain (MWh)	1	-1,027	-0,810	-0,757	-0,382	-0,180	-0,040	0,023	0,027	0,016	-0,285	-0,552	-0,8776	-4,7739
	2	-1,043	-0,822	-0,771	-0,386	-0,183	-0,041	0,022	0,097	0,014	-0,277	-0,559	-0,8857	-4,8335
	3	-0,917	-0,724	-0,678	-0,335	-0,148	-0,030	0,024	0,094	0,028	-0,233	-0,491	-0,777	-4,1876
	4	-0,970	-0,768	-0,724	-0,357	-0,161	-0,035	0,022	0,094	0,026	-0,241	-0,518	-0,8122	-4,4436
	5	-1,103	-0,873	-0,819	-0,398	-0,178	-0,041	0,026	0,102	0,022	-0,277	-0,586	-0,9274	-5,0515
	6	-1,221	-0,963	-0,909	-0,420	-0,166	-0,025	0,047	0,125	0,030	-0,282	-0,651	-1,0223	-5,4564
Infiltration gain (MWh)	1	-2,369	-1,878	-1,753	-0,754	-0,425	-0,113	0,036	0,022	-0,219	-0,671	-1,348	-2,0241	-11,4952
	2	-2,3717	-1,8792	-1,7512	-0,7538	-0,4252	-0,1159	0,0347	0,022	-0,2198	-0,663	-1,3473	-2,0253	-11,4956
	3	-2,3716	-1,877	-1,75	-0,752	-0,4239	-0,1172	0,0371	0,0244	-0,2196	-0,6622	-1,3431	-2,0225	-11,4778
	4	-2,3826	-1,8856	-1,7544	-0,7464	-0,4131	-0,1123	0,0377	0,0258	-0,2128	-0,6501	-1,3449	-2,0305	-11,4695
	5	-2,3715	-1,8801	-1,7521	-0,7463	-0,4093	-0,1196	0,0344	0,0222	-0,2191	-0,6541	-1,3477	-2,0259	-11,4691
	6	-2,3946	-1,8971	-1,7673	-0,7503	-0,397	-0,1061	0,0405	0,0286	-0,2058	-0,645	-1,3537	-2,0421	-11,4896
MacroFlo ext vent gain (MWh)	1	0	0	0	-0,0203	-0,1507	-0,3643	-0,1909	-0,1989	-0,2669	-0,1596	-0,0319	-0,0025	-1,3859
	2	0	0	0	-0,0262	-0,157	-0,3507	-0,1821	-0,1931	-0,2626	-0,1333	-0,0273	-0,0024	-1,3348
	3	0	0	0	-0,0256	-0,1487	-0,3296	-0,1892	-0,2052	-0,2539	-0,0932	-0,0114	-0,0001	-1,2571
	4	0	0	0	-0,0127	-0,1084	-0,3065	-0,1769	-0,1948	-0,2274	-0,0354	-0,0006	0	-1,0627
	5	0	0	-0,0008	-0,025	-0,1238	-0,2991	-0,1777	-0,1874	-0,234	-0,1193	-0,0227	-0,0018	-1,1918
	6	0	0	0	-0,0295	-0,1289	-0,2846	-0,172	-0,1844	-0,2131	-0,0189	0	0	-1,0318
MacroFlo int vent gain (MWh)	1	-0,4307	-0,3193	-0,3114	-0,1084	-0,0361	-0,0091	0,003	0,0078	-0,0192	-0,0706	-0,2133	-0,3386	-1,8461
	2	-0,451	-0,3382	-0,3241	-0,1143	-0,044	-0,019	0,0013	0,0066	-0,0267	-0,0796	-0,2268	-0,3588	-1,9747
	3	-0,4138	-0,3117	-0,2904	-0,1022	-0,0354	-0,0109	0,0122	0,0158	-0,0149	-0,0777	-0,2131	-0,3401	-1,7821
	4	-0,4215	-0,3157	-0,2895	-0,1013	-0,0365	-0,0093	0,0033	0,0082	-0,0187	-0,0781	-0,2185	-0,3502	-1,8274
	5	-0,4032	-0,3016	-0,2865	-0,0975	-0,032	0,0023	0,0179	0,0198	-0,011	-0,0738	-0,2052	-0,3274	-1,6984
	6	-0,254	-0,1897	-0,1683	-0,0598	-0,0261	-0,0143	-0,0109	-0,0087	-0,019	-0,0514	-0,1343	-0,2129	-1,1494
Heating plant sensible load (MWh)	1	3,9825	2,9718	2,8661	0,8838	0,1864	0	0	0	0,0374	0,5155	1,8791	3,1074	16,4295
	2	4,1083	3,078	2,8856	0,879	0,1853	0	0	0	0,0372	0,5541	1,9838	3,26	16,9712
	3	4,1688	3,1222	2,8755	0,878	0,1943	0	0	0	0,0393	0,5833	2,0468	3,3822	17,2904
	4	4,3958	3,163	3,0013	0,9391	0,2113	0	0	0	0,0429	0,6616	2,2146	3,6347	18,4179
	5	4,395	3,2987	3,0893	0,984	0,2245	0	0	0	0,0446	0,6499	2,1765	3,5781	18,4406
	6	4,5221	3,4564	3,1259	1,0004	0,2456	0	0	0	0,0522	0,7466	2,3215	3,7605	19,2315
Cooling plant sensible load (MWh)	1	0	0	0	0,0055	0,0296	0,1903	0,6105	0,6883	0,1014	0	0	0	1,6258
	2	0	0	0	0,0059	0,0369	0,2017	0,6226	0,6967	0,1095	0,0001	0	0	1,6734
	3	0	0	0	0,0061	0,0343	0,1969	0,5985	0,6762	0,1043	0	0	0	1,6165
	4	0	0	0	0,0037	0,0194	0,1576	0,5415	0,619	0,0824	0	0	0	1,4235
	5	0	0	0	0,0062	0,0364	0,1881	0,5803	0,6472	0,1081	0,0022	0	0	1,5685
	6	0	0	0	0,0064	0,0357	0,1717	0,5408	0,6073	0,0838	0	0	0	1,446
load (MWh)	1	3,983	2,972	2,866	0,878	0,157	-0,190	-0,611	-0,688	-0,064	0,516	1,879	3,1074	17,9105
	2	4,108	3,078	2,886	0,873	0,148	-0,202	-0,623	-0,697	-0,073	0,554	1,984	3,26	18,4848
	3	4,169	3,122	2,876	0,872	0,160	-0,197	-0,599	-0,676	-0,065	0,583	2,047	3,3822	18,6823
	4	4,396	3,316	3,001	0,935	0,192	-0,158	-0,542	-0,619	-0,039	0,662	2,215	3,6347	19,7091
	5	4,395	3,299	3,089	0,978	0,188	-0,188	-0,580	-0,647	-0,064	0,648	2,177	3,5781	19,8305
	6	4,522	3,456	3,126	0,994	0,210	-0,172	-0,541	-0,607	-0,032	0,747	2,322	3,7605	20,4884

[표 5-20] 유형별 건축물 에너지 사용량(바닥난방+자연환기+AC)_준 패시브 수준

건축법규 수준	type	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Summed total
Internal gain (MWh)	1	0,304	0,273	0,301	0,292	0,304	0,292	0,303	0,303	0,292	0,304	0,292	0,3009	3,5605
	2	0,305	0,273	0,301	0,292	0,305	0,292	0,303	0,303	0,292	0,305	0,292	0,3009	3,5605
	3	0,304	0,273	0,301	0,292	0,304	0,292	0,303	0,303	0,292	0,304	0,292	0,3007	3,5598
	4	0,3045	0,2731	0,3008	0,2917	0,3045	0,2917	0,3026	0,3026	0,2917	0,3045	0,2917	0,3008	3,5597
	5	0,3045	0,2733	0,3008	0,2917	0,3045	0,2917	0,3027	0,3027	0,2917	0,3045	0,2917	0,3008	3,5606
	6	0,3043	0,2731	0,3007	0,2917	0,3043	0,2917	0,3025	0,3025	0,2917	0,3043	0,2917	0,3007	3,5591
Solar gain (MWh)	1	0,533	0,531	0,384	0,380	0,455	0,417	0,371	0,393	0,320	0,599	0,524	0,6646	5,5711
	2	0,440	0,453	0,376	0,391	0,470	0,422	0,374	0,392	0,328	0,524	0,435	0,5401	5,1441
	3	0,3261	0,3666	0,3332	0,3539	0,4192	0,3792	0,3355	0,3678	0,2938	0,4387	0,3317	0,3816	4,3269
	4	0,192	0,246	0,266	0,292	0,347	0,315	0,278	0,306	0,239	0,304	0,201	0,2054	3,1891
	5	0,330	0,376	0,303	0,318	0,384	0,345	0,303	0,315	0,278	0,444	0,339	0,3797	4,1158
	6	0,314	0,357	0,272	0,289	0,345	0,313	0,277	0,293	0,240	0,410	0,326	0,3529	3,7883
External conduction gain (MWh)	1	-0,448	-0,356	-0,330	-0,149	-0,081	-0,014	0,009	0,006	-0,047	-0,142	-0,267	-0,3909	-2,2094
	2	-0,445	-0,352	-0,328	-0,148	-0,080	-0,013	0,010	0,008	-0,045	-0,138	-0,263	-0,3862	-2,1801
	3	-0,489	-0,385	-0,360	-0,157	-0,083	-0,011	0,015	0,013	-0,046	-0,146	-0,284	-0,4196	-2,3517
	4	-0,492	-0,385	-0,361	-0,155	-0,078	-0,007	0,020	0,018	-0,042	-0,140	-0,282	-0,4199	-2,3242
	5	-0,514	-0,407	-0,377	-0,163	-0,086	-0,012	0,016	0,014	-0,050	-0,152	-0,301	-0,4433	-2,4755
	6	-0,481	-0,378	-0,353	-0,152	-0,078	-0,009	0,016	0,014	-0,044	-0,144	-0,280	-0,4133	-2,3028
Internal conduction gain (MWh)	1	-0,602	-0,4657	-0,4353	-0,2338	-0,0849	0,0064	0,034	0,0999	0,0495	-0,1483	-0,3112	-0,5158	-2,6072
	2	-0,5844	-0,4526	-0,4269	-0,2306	-0,0881	0,0012	0,0289	0,0954	0,0446	-0,1412	-0,3001	-0,4965	-2,5505
	3	-0,704	-0,554	-0,526	-0,276	-0,117	-0,014	0,017	0,088	0,026	-0,175	-0,364	-0,5898	-3,1864
	4	-0,671	-0,525	-0,497	-0,250	-0,094	0,007	0,037	0,108	0,041	-0,153	-0,349	-0,5617	-2,9075
	5	-0,651	-0,512	-0,480	-0,248	-0,099	0,002	0,034	0,107	0,051	-0,141	-0,325	-0,5405	-2,8024
	6	-0,698	-0,548	-0,516	-0,259	-0,104	-0,004	0,033	0,108	0,041	-0,164	-0,353	-0,5813	-3,0445
Infiltration gain (MWh)	1	-0,723	-0,578	-0,535	-0,246	-0,150	-0,037	0,001	-0,008	-0,081	-0,231	-0,425	-0,6273	-3,6398
	2	-0,720	-0,575	-0,534	-0,246	-0,151	-0,038	0,001	-0,007	-0,081	-0,229	-0,420	-0,6224	-3,6218
	3	-0,719	-0,572	-0,534	-0,241	-0,149	-0,038	0,002	-0,005	-0,079	-0,223	-0,414	-0,616	-3,586
	4	-0,7158	-0,5679	-0,531	-0,2392	-0,1455	-0,0368	0,0047	-0,0023	-0,0766	-0,2176	-0,4094	-0,611	-3,5487
	5	-0,7194	-0,574	-0,5332	-0,2387	-0,1488	-0,0409	0,0024	-0,0057	-0,0825	-0,2239	-0,4166	-0,6173	-3,5988
	6	-0,7168	-0,5699	-0,5317	-0,2367	-0,1443	-0,0378	0,0033	-0,0033	-0,0786	-0,2228	-0,4134	-0,6137	-3,5656
MacroFlo ext vent gain (MWh)	1	0	0	-0,0061	-0,0992	-0,3822	-0,496	-0,1493	-0,111	-0,4081	-0,3642	-0,071	-0,0058	-2,0926
	2	0	0	-0,0056	-0,1016	-0,3731	-0,479	-0,1447	-0,1157	-0,4078	-0,297	-0,0542	-0,0047	-1,9837
	3	0	0	-0,0021	-0,0714	-0,3289	-0,4615	-0,1522	-0,1387	-0,3994	-0,2082	-0,0266	-0,0014	-1,7902
	4	0	0	-0,0016	-0,0587	-0,2923	-0,4381	-0,1654	-0,1481	-0,37	-0,1295	-0,0071	0	-1,6111
	5	0	0	-0,0055	-0,0774	-0,3042	-0,4438	-0,1585	-0,1245	-0,3809	-0,2345	-0,0352	-0,0034	-1,768
	6	0	0	-0,0015	-0,0568	-0,2793	-0,4377	-0,1611	-0,1432	-0,3736	-0,1852	-0,0216	-0,0006	-1,6607
MacroFlo int vent gain (MWh)	1	-0,1311	-0,0905	-0,0927	-0,0358	-0,0276	-0,0203	-0,0087	-0,0076	-0,0209	-0,0299	-0,0626	-0,0969	-0,6246
	2	-0,1862	-0,1348	-0,1309	-0,0507	-0,0415	-0,0257	0,0013	0,0054	-0,0272	-0,0416	-0,0914	-0,144	-0,8674
	3	-0,174	-0,1271	-0,1185	-0,0402	-0,0187	-0,0135	0,0093	0,0117	-0,0081	-0,0316	-0,0852	-0,1396	-0,7355
	4	-0,1847	-0,1327	-0,1216	-0,044	-0,0223	-0,0104	0,0014	0,007	-0,0143	-0,0329	-0,0916	-0,1517	-0,7981
	5	-0,1725	-0,1255	-0,1191	-0,0419	-0,0137	0,0054	0,0129	0,0143	-0,002	-0,0323	-0,0858	-0,1376	-0,6977
	6	-0,281	-0,2091	-0,1953	-0,0676	-0,0259	-0,0049	0,0172	0,0267	-0,011	-0,0452	-0,1361	-0,228	-1,1603
Heating plant sensible load (MWh)	1	1,0637	0,6837	0,7119	0,0945	0,0003	0	0	0	0	0,0121	0,3203	0,6703	3,5569
	2	1,1885	0,7862	0,7469	0,0971	0,0001	0	0	0	0	0,0182	0,4011	0,8113	4,0496
	3	1,4552	0,9963	0,9052	0,1429	0,001	0	0	0	0	0,0382	0,5501	1,0832	5,1721
	4	1,5665	1,0904	0,9438	0,1653	0,0026	0	0	0	0,0001	0,063	0,6455	1,2369	5,7139
	5	1,4219	0,9699	0,9115	0,1634	0,0022	0	0	0	0	0,0414	0,5366	1,0685	5,1152
	6	1,5565	1,0735	1,0235	0,1938	0,004	0	0	0	0	0,0455	0,5851	1,1818	5,6638
Cooling plant sensible load (MWh)	1	0	0	0	0,0038	0,0337	0,1476	0,5607	0,6747	0,1045	0,0012	0	0,0009	1,527
	2	0	0	0	0,004	0,0408	0,1581	0,5733	0,6802	0,1046	0,0012	0	0,0004	1,5625
	3	0	0	0	0,0025	0,0289	0,1328	0,5291	0,6403	0,0802	0,0001	0	0	1,4137
	4	0	0	0	0,0019	0,0217	0,1208	0,4773	0,5901	0,0685	0	0	0	1,2804
	5	0,0001	0,0021	0	0,0047	0,0389	0,147	0,5128	0,6223	0,106	0,0067	0,0054	0,0077	1,4538
	6	0	0	0	0,0025	0,022	0,1115	0,4875	0,5974	0,0657	0	0	0	1,2866
load (MWh)	1	1,064	0,684	0,712	0,091	-0,033	-0,148	-0,561	-0,675	-0,105	0,011	0,320	0,6693	5,0715
	2	1,189	0,786	0,747	0,093	-0,041	-0,158	-0,573	-0,680	-0,105	0,017	0,401	0,811	5,6005
	3	1,4552	0,9963	0,9052	0,1405	0,0278	0,1328	0,5291	0,6403	0,0802	0,0381	0,5501	1,0832	6,5788
	4	1,567	1,090	0,944	0,163	-0,019	-0,121	-0,477	-0,590	-0,068	0,063	0,646	1,2369	6,9849
	5	1,422	0,968	0,912	0,159	-0,037	-0,147	-0,513	-0,622	-0,106	0,035	0,531	1,0608	6,5111
	6	1,557	1,074	1,024	0,191	-0,018	-0,112	-0,488	-0,597	-0,066	0,046	0,585	1,1818	6,9373

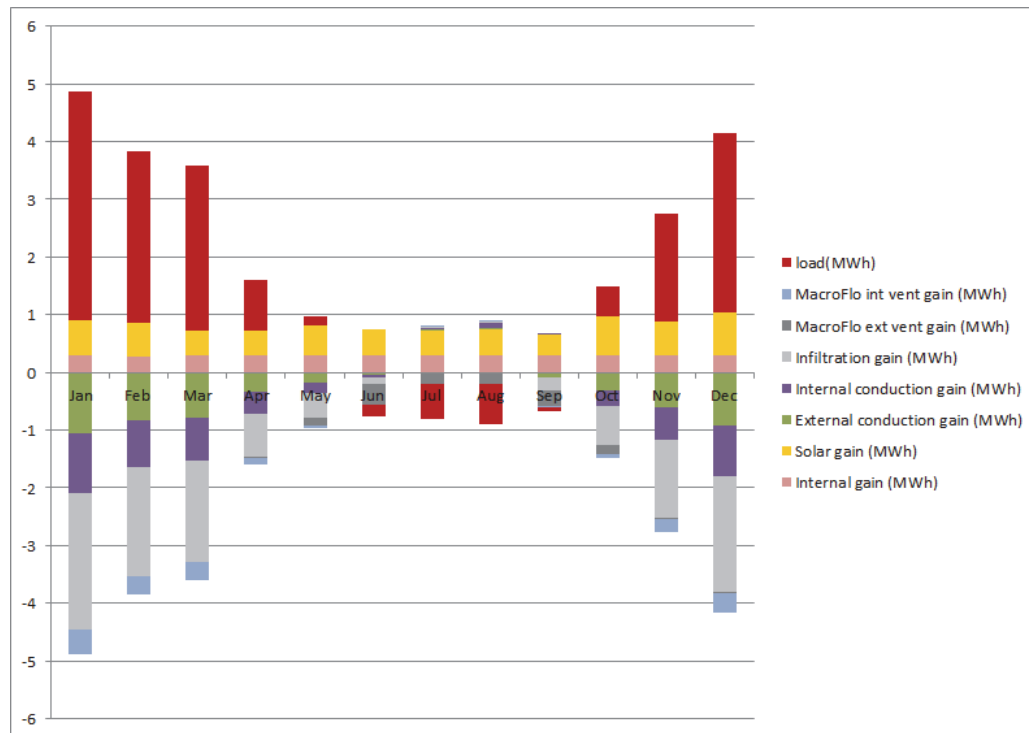
[표 5-21] 건축물 열손실 · 열획득 에너지량_건축법규수준 Type 1

Type1, 一자형



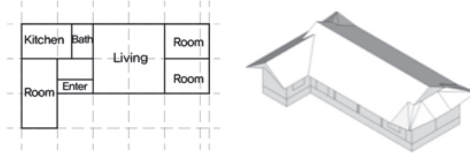
에너지사용량 (MWh)

	Internal gain (MWh)	Solar gain (MWh)	External conduction gain (MWh)	Internal conduction gain (MWh)	Infiltration gain (MWh)	MacroFlo ext vent gain (MWh)	MacroFlo int vent gain (MWh)	load (MWh)
Jan	0.3044	0.594	-1.058	-1.027	-2.369	0	-0.4307	3.983
Feb	0.2731	0.593	-0.835	-0.810	-1.878	0	-0.3193	2.972
Mar	0.3009	0.429	-0.778	-0.757	-1.753	0	-0.3114	2.866
Apr	0.2915	0.424	-0.330	-0.382	-0.754	-0.0203	-0.1084	0.878
May	0.3044	0.505	-0.175	-0.180	-0.425	-0.1507	-0.0361	0.157
Jun	0.2915	0.464	-0.039	-0.040	-0.113	-0.3643	-0.0091	-0.190
Jul	0.3026	0.414	0.024	0.023	0.036	-0.1909	0.003	-0.611
Aug	0.3026	0.437	0.020	0.097	0.022	-0.1989	0.0078	-0.688
Sep	0.2915	0.357	-0.097	0.016	-0.219	-0.2669	-0.0192	-0.064
Oct	0.3044	0.669	-0.303	-0.285	-0.671	-0.1596	-0.0706	0.516
Nov	0.2915	0.584	-0.613	-0.552	-1.348	-0.0319	-0.2133	1.879
Dec	0.3009	0.7405	-0.9093	-0.8776	-2.0241	-0.0025	-0.3386	3.1074
total	3.5605	6.2098	-5.0921	-4.7739	-11.4952	-1.3859	-1.8461	14.8037



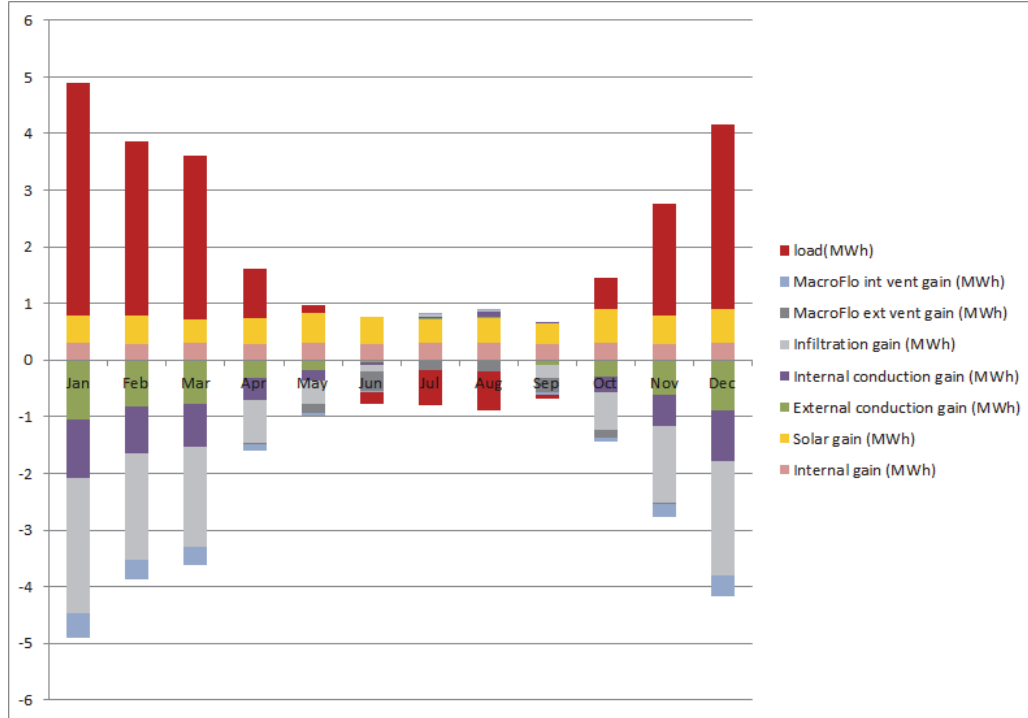
[표 5-22] 건축물 열손실 · 열획득 에너지량_건축법규수준 Type 2

Type2. ㄱ자형



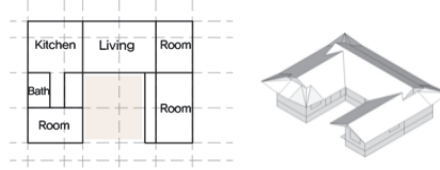
에너지사용량 (MWh)

	Internal gain (MWh)	Solar gain (MWh)	External conduction gain (MWh)	Internal conduction gain (MWh)	Infiltration gain (MWh)	MacroFlo ext vent gain (MWh)	MacroFlo int vent gain (MWh)	load (MWh)
Jan	0.3045	0.492	-1.046	-1.043	-2.3717	0	-0.451	4.108
Feb	0.2731	0.507	-0.823	-0.822	-1.8792	0	-0.3382	3.078
Mar	0.3009	0.422	-0.767	-0.771	-1.7512	0	-0.3241	2.886
Apr	0.2917	0.439	-0.324	-0.386	-0.7538	-0.0262	-0.1143	0.873
May	0.3045	0.527	-0.171	-0.183	-0.4252	-0.157	-0.044	0.148
Jun	0.2917	0.473	-0.037	-0.041	-0.1159	-0.3507	-0.019	-0.202
Jul	0.3027	0.419	0.025	0.022	0.0347	-0.1821	0.0013	-0.623
Aug	0.3027	0.439	0.022	0.097	0.022	-0.1931	0.0066	-0.697
Sep	0.2917	0.369	-0.094	0.014	-0.2198	-0.2626	-0.0267	-0.073
Oct	0.3045	0.587	-0.294	-0.277	-0.663	-0.1333	-0.0796	0.554
Nov	0.2917	0.486	-0.604	-0.559	-1.3473	-0.0273	-0.2268	1.984
Dec	0.3009	0.6039	-0.8971	-0.8857	-2.0253	-0.0024	-0.3588	3.26
total	3.5605	5.7644	-5.0083	-4.8335	-11.4956	-1.3348	-1.9747	15.2976



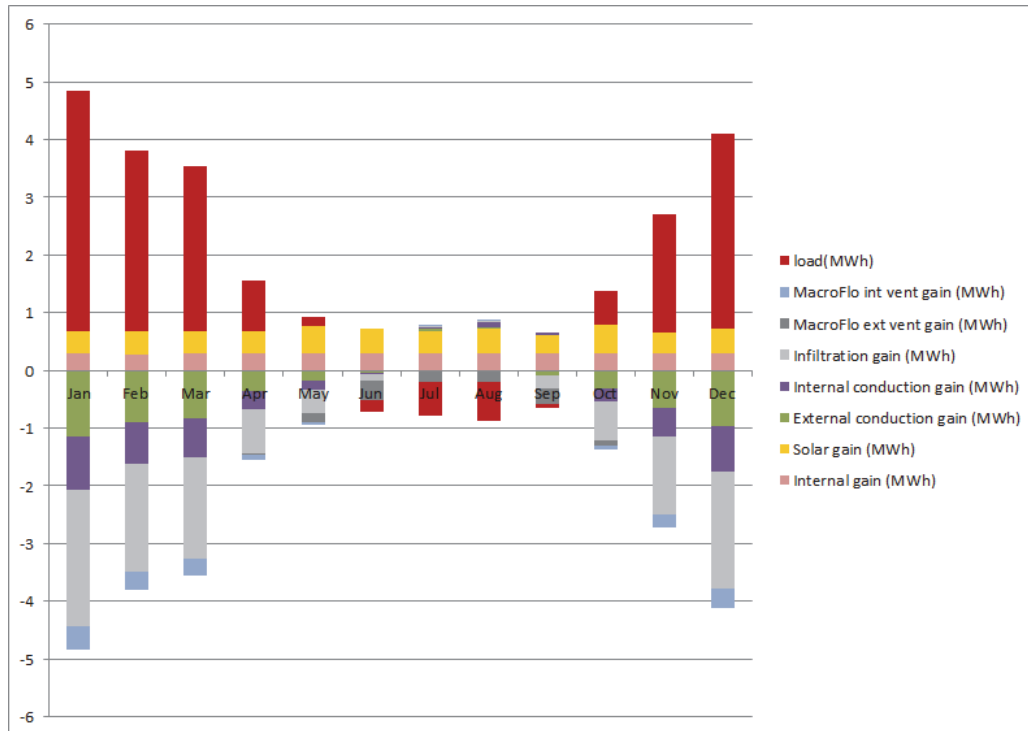
[표 5-23] 건축물 열손실 · 열획득 에너지량_건축법규수준 Type 3

Type3. ㄷ자형



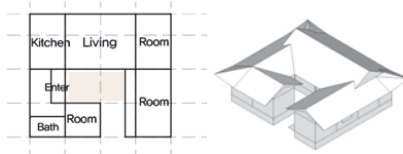
에너지사용량 (MWh)

	Internal gain (MWh)	Solar gain (MWh)	External conduction gain (MWh)	Internal conduction gain (MWh)	Infiltration gain (MWh)	MacroFlo ext vent gain (MWh)	MacroFlo int vent gain (MWh)	load (MWh)
Jan	0,3044	0,366	-1,140	-0,917	-2,3716	0	-0,4138	4,169
Feb	0,273	0,411	-0,896	-0,724	-1,877	0	-0,3117	3,122
Mar	0,3007	0,374	-0,835	-0,678	-1,75	0	-0,2904	2,876
Apr	0,2917	0,397	-0,347	-0,335	-0,752	-0,0256	-0,1022	0,872
May	0,3044	0,470	-0,178	-0,148	-0,4239	-0,1487	-0,0354	0,160
Jun	0,2917	0,426	-0,032	-0,030	-0,1172	-0,3296	-0,0109	-0,197
Jul	0,3027	0,376	0,035	0,024	0,0371	-0,1892	0,0122	-0,599
Aug	0,3027	0,413	0,032	0,094	0,0244	-0,2052	0,0158	-0,676
Sep	0,2917	0,330	-0,097	0,028	-0,2196	-0,2539	-0,0149	-0,065
Oct	0,3044	0,493	-0,314	-0,233	-0,6622	-0,0932	-0,0777	0,583
Nov	0,2917	0,372	-0,654	-0,491	-1,3431	-0,0114	-0,2131	2,047
Dec	0,3007	0,4273	-0,974	-0,777	-2,0225	-0,0001	-0,3401	3,3822
total	3,5598	4,8534	-5,3983	-4,1876	-11,4778	-1,2571	-1,7821	15,674



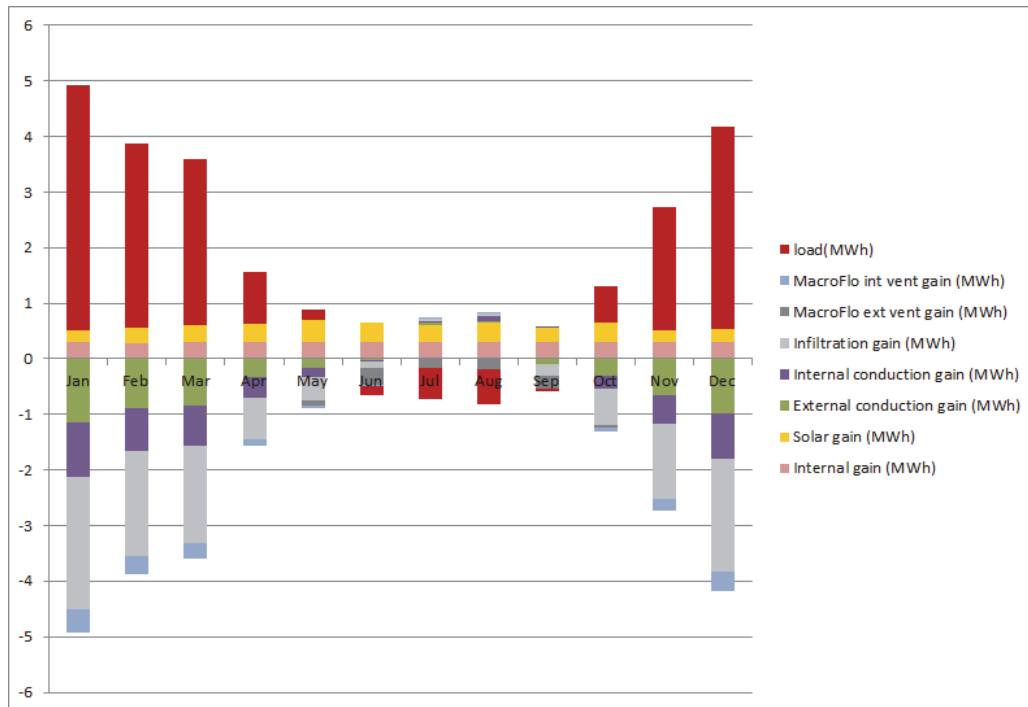
[표 5-24] 건축물 열손실 · 열획득 에너지량_건축법규수준 Type 4

Type4. □자형



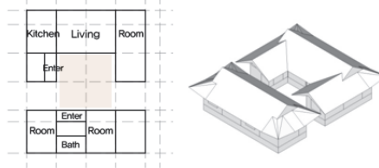
에너지사용량 (MWh)

	Internal gain (MWh)	Solar gain (MWh)	External conduction gain (MWh)	Internal conduction gain (MWh)	Infiltration gain (MWh)	MacroFlo ext vent gain (MWh)	MacroFlo int vent gain (MWh)	load (MWh)
Jan	0.3045	0.214	-1.148	-0.970	-2.3826	0	-0.4215	4.396
Feb	0.2731	0.275	-0.900	-0.768	-1.8856	0	-3.16E-01	3.316
Mar	0.3008	0.298	-0.836	-0.724	-1.7544	0	-0.2895	3.001
Apr	0.2917	0.327	-0.338	-0.357	-0.7464	-0.0127	-0.1013	0.935
May	0.3045	0.388	-0.166	-0.161	-0.4131	-0.1084	-0.0365	0.192
Jun	0.2917	0.353	-0.023	-0.035	-0.1123	-0.3065	-0.0093	-0.158
Jul	0.3026	0.311	0.042	0.022	0.0377	-0.1769	0.0033	-0.542
Aug	0.3026	0.343	0.040	0.094	0.0258	-0.1948	0.0082	-0.619
Sep	0.2917	0.267	-0.088	0.026	-0.2128	-0.2274	-0.0187	-0.039
Oct	0.3045	0.340	-0.302	-0.241	-0.6501	-0.0354	-0.0781	0.662
Nov	0.2917	0.224	-0.653	-0.518	-1.3449	-0.0006	-0.2185	2.215
Dec	0.3008	0.2299	-0.9788	-0.8122	-2.0305	0	-0.3502	3.6347
total	3.5597	3.5704	-5.3518	-4.4436	-11.4695	-1.0627	-1.8274	16.9944



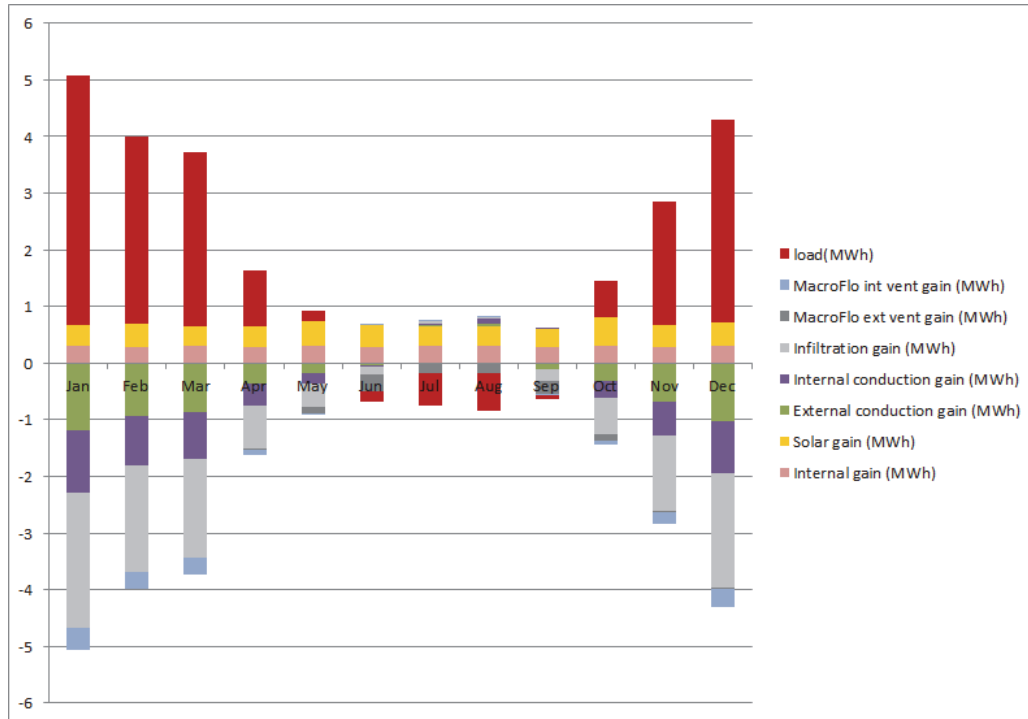
[표 5-25] 건축물 열손실 · 열획득 에너지량_건축법규수준 Type 5

Type5. 트로자형



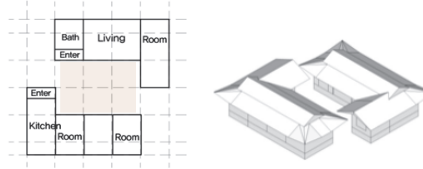
에너지사용량 (MWh)

	Internal gain (MWh)	Solar gain (MWh)	External conduction gain (MWh)	Internal conduction gain (MWh)	Infiltration gain (MWh)	MacroFlo ext vent gain (MWh)	MacroFlo int vent gain (MWh)	load (MWh)
Jan	0.3045	0.368	-1.189	-1.103	-2.3715	0	-0.4032	4.395
Feb	0.2733	0.419	-0.935	-0.873	-1.8801	0	-0.3016	3,299
Mar	0.3008	0.338	-0.869	-0.819	-1.7521	-0.0008	-0.2865	3,089
Apr	0.2917	0.355	-0.358	-0.398	-0.7463	-0.025	-0.0975	0.978
May	0.3045	0.429	-0.178	-0.178	-0.4093	-0.1238	-0.032	0.188
Jun	0.2917	0.386	-0.032	-0.041	-0.1196	-0.2991	0.0023	-0.188
Jul	0.3027	0.339	0.038	0.026	0.0344	-0.1777	0.0179	-0.580
Aug	0.3027	0.352	0.036	0.102	0.0222	-0.1874	0.0198	-0.647
Sep	0.2917	0.312	-0.098	0.022	-0.2191	-0.234	-0.011	-0.064
Oct	0.3045	0.496	-0.324	-0.277	-0.6541	-0.1193	-0.0738	0.648
Nov	0.2917	0.378	-0.685	-0.586	-1.3477	-0.0227	-0.2052	2.177
Dec	0.3008	0.4226	-1.0182	-0.9274	-2.0259	-0.0018	-0.3274	3.5781
total	3.5606	4.594	-5.612	-5.0515	-11.4691	-1.1918	-1.6984	16.872



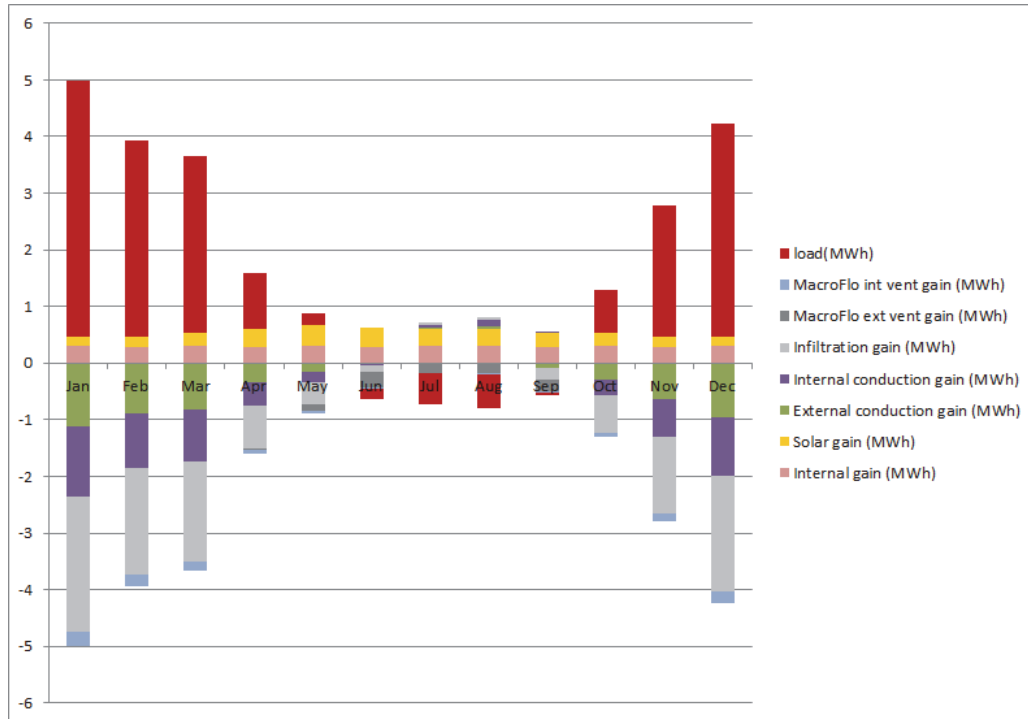
[표 5-26] 건축물 열손실 · 열획득 에너지량_건축법규수준 Type 6

Type6. 트로자형



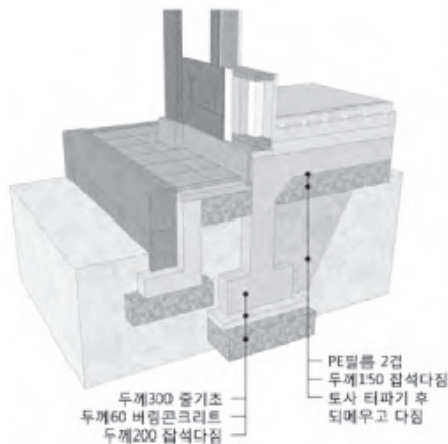
에너지사용량 (MWh)

	Internal gain (MWh)	Solar gain (MWh)	External conduction gain (MWh)	Internal conduction gain (MWh)	Infiltration gain (MWh)	MacroFlo ext vent gain (MWh)	MacroFlo int vent gain (MWh)	load (MWh)
Jan	0.3043	0.163	-1.126	-1.221	-2.3946	0	-0.254	4.522
Feb	0.2731	0.199	-0.884	-0.963	-1.8971	0	-0.1897	3.456
Mar	0.3007	0.236	-0.823	-0.909	-1.7673	0	-0.1683	3.126
Apr	0.2917	0.309	-0.337	-0.420	-0.7503	-0.0295	-0.0598	0.994
May	0.3043	0.364	-0.161	-0.166	-0.397	-0.1289	-0.0261	0.210
Jun	0.2917	0.334	-0.024	-0.025	-0.1061	-0.2846	-0.0143	-0.172
Jul	0.3025	0.295	0.039	0.047	0.0405	-0.172	-0.0109	-0.541
Aug	0.3025	0.309	0.035	0.125	0.0286	-0.1844	-0.0087	-0.607
Sep	0.2917	0.233	-0.087	0.030	-0.2058	-0.2131	-0.019	-0.032
Oct	0.3043	0.240	-0.295	-0.282	-0.645	-0.0189	-0.0514	0.747
Nov	0.2917	0.164	-0.642	-0.651	-1.3537	0	-0.1343	2.322
Dec	0.3007	0.172	-0.9616	-1.0223	-2.0421	0	-0.2129	3.7605
total	3.5591	3.019	-5.2678	-5.4564	-11.4896	-1.0318	-1.1494	17.7856

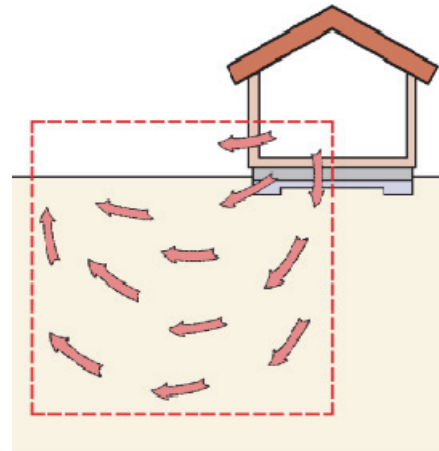


3) 벽-기단-바닥 구조부 열교 검토

한옥은 주요 구조재와 벽체, 바닥, 지붕 등 각각의 재료가 다르기 때문에 서로 다른 부위가 만나는 접합지점에서 단열처리가 이루어지지 않아 열교가 발생하고 실내의 따뜻한 열이 단열재가 끊어진 부분을 통하여 밖으로 새어나가고 있을 가능성이 매우 크다. 특히 벽-기단-바닥의 세 부위가 만나는 지점은 외기의 실내, 땅의 온·습도가 서로 다른 상태의 세 조건이 만나는 부분으로 정밀한 열교검토가 필요하다.

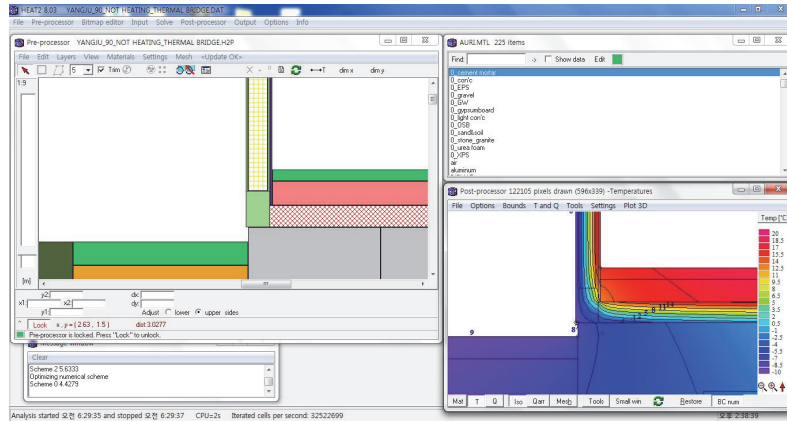


[그림 5-14] 한옥의 벽-기단-바닥 구조부 예시
(출처: 한국건축역사학회 집필진(2014), 「한옥 설계의 원리와 실무」, p.333, 국토교통부)



[그림 5-15] ground thermal bridge
(출처: Hannes Nyberg (2011), "Thermal bridges at foundations - Evaluation of heat calculation methods", Master's Thesis, p.15.)

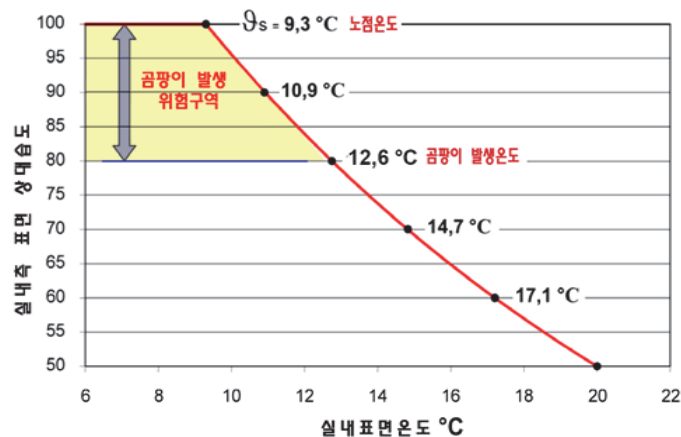
본 연구에서는 열교를 검토할 수 있는 시뮬레이션인 HEAT2를 이용하여 벽-기단-바닥의 접합부를 전통구들을 그대로 사용하고 있는 전통한옥, 전통구들이 있으나 전통구들을 사용하지 않고 전통구들 위에 온돌을 설치하여 사용하고 있는 전통한옥, 접합부에서 단열처리가 끊어진 상태의 신한옥, 단열처리가 끊어진 부분이 없는 상태의 신한옥으로 나누어 난방을 가동하였을 때와 가동하지 않았을 때의 열적 상태와 열이동의 흐름을 파악하고 곰팡이 및 결로 발생여부를 검토하였다.



[그림 5-16] HEAT2 시뮬레이션

선형열교값(Psi)은 선형으로 형성되는 접합부분에서 관류하는 열류의 양으로 패시브 하우스 기준에서 제시하고 있는 Psi 0.01 W/mk 이하의 기준과 비교하여 선형열교값의 추세를 알아보았다.

곰팡이 및 결로 발생여부는 ISO 10211기준을 참고하여 난방을 하였을 때는 온도 20℃ 상대습도 50% 기준 곰팡이 발생온도는 상대습도가 80%되는 지점인 12.6℃, 노점온도는 9.3℃이고 난방을 하지 않았을 때는 온도 5℃ 상대습도 50% 기준 곰팡이 발생온도 1℃, 노점온도 -4℃ 이용하여 시뮬레이션에서 계산되는 벽체의 온도구배 그래프에 노점온도와 곰팡이 발생온도를 표시하여 이 밑으로 표면온도가 떨어지는 지점이 있는지를 확인하여 곰팡이 및 결로의 발생여부를 판단하였다.



[그림 5-17] 곰팡이 및 결로발생 온도 그래프

[표 5-27] 시뮬레이션 개요

시뮬레이션 개요								
분류		열적상태	설정온도		표면열전달저항		물성치(at 20℃)	
			실내	실외	실내	실외		
1	전통구들의 전통한옥	비난방	5℃	-15℃	0.25 ㎡K/ W	0.04 ㎡K/W	벽	회반죽 : 1.4W/mk 흙벽 : 0.8W/mk 구조목재 : 0.13W/mk
							바닥	부토자갈층 : 2.0W/mk 구들장 : 0.9W/mk 고래목 : 0.8W/mk
							기단	경계석 : 3.3W/mk 강회다짐 : 1.4W/mk
							땅	2.0W/mk
2	전통구들+온돌 전통한옥	난방	20℃				벽	회반죽 : 1.4W/mk 흙벽 : 0.8W/mk 구조목재 : 0.13W/mk
		비난방	5℃				바닥	부토자갈층 : 2.0W/mk 구들장 : 0.9W/mk 고래목 : 0.8W/mk 경량콘크리트 : 1.3W/mk 단열재 : 0.029W/mk
							기단	경계석 : 3.3W/mk 강회다짐 : 1.4W/mk
							땅	2.0W/mk
3	단열처리가 끊어진 신한옥	난방	20℃				벽	단열재 : 0.037W/mk OSB 합판 : 0.13W/mk
		비난방	5℃				바닥	몰탈 : 1.4W/mk 경량콘크리트 : 1.3W/mk 단열재 : 0.029W/mk 매트콘크리트 : 2.3W/mk
							기단	경계석 : 3.3W/mk 강회다짐 : 1.4W/mk
							땅	2.0W/mk
4	단열처리가 연결된 신한옥	난방	20℃				벽	단열재 : 0.037W/mk OSB 합판 : 0.13W/mk
		비난방	5℃				바닥	몰탈 : 1.4W/mk 경량콘크리트 : 1.3W/mk 단열재 : 0.029W/mk 매트콘크리트 : 2.3W/mk
							기단	경계석 : 3.3W/mk 강회다짐 : 1.4W/mk
							땅	2.0W/mk

※ 실외온도 : 공동주택 결로 방지를 위한 설계기준 서울지역 기준

※ 실내표면열전달저항 : DIN4108-2, ISO 10211, ISO 13788 기준

※ 재료 물성치 : KS, DIN 기준

① 전통구들의 전통한옥

□ 모델링 조건

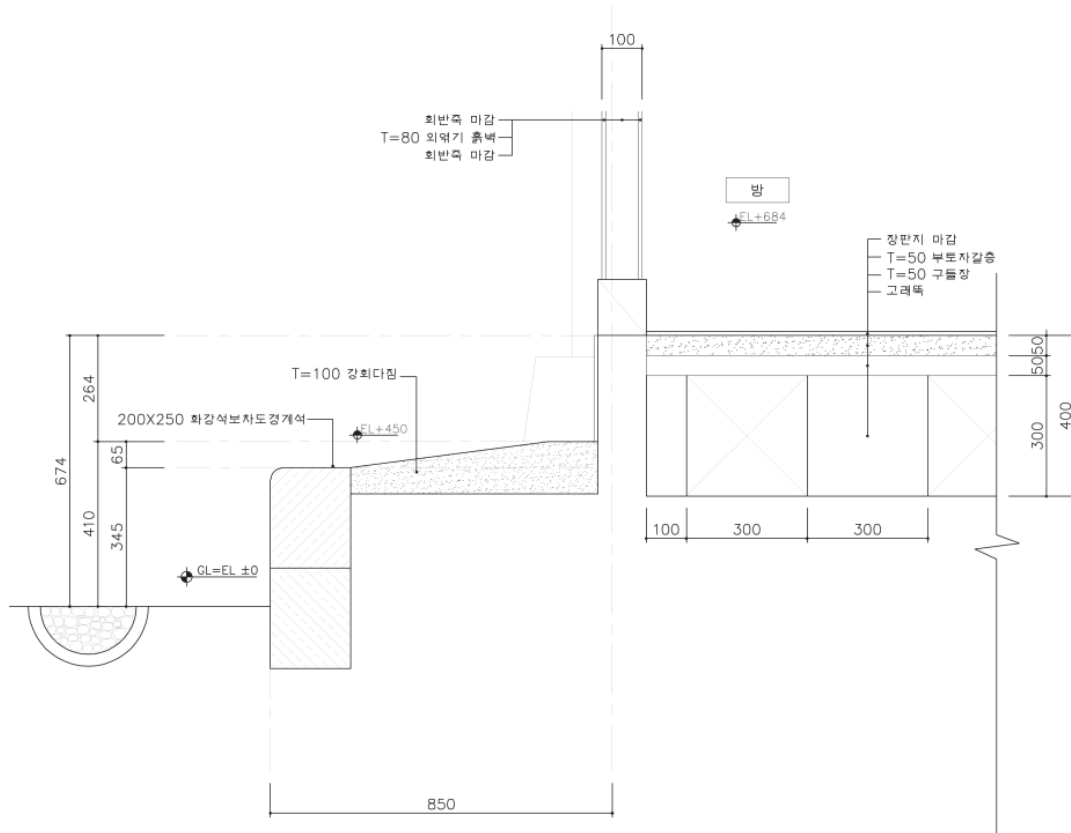
전통구들의 전통한옥 시뮬레이션 모델링은 문화재급의 전통한옥의 경우처럼 사람이 살지 않는 전통한옥의 상태를 살펴보기 위하여 외벽기 흠벽에 회반죽마감의 벽체와 전통구들이 있는 바닥부분과 기단으로 구성하여 모델링하였다.

□ 시뮬레이션 결과

실내표면에서 곰팡이 발생 온도 및 결로 발생 온도밑으로 떨어지는 지점이 나타나는 것으로 보아 겨울철 난방을 하지 않는 전통구들이 있는 전통한옥은 곰팡이 및 결로가 발생하고 있는 상태로 판단된다. 겨울에 발생한 결로는 얼었다 녹았다를 반복하며 목재를 상하게 한다. 난방을 하지 않는 전통구들이 있는 전통한옥의 대표적인 예로 사람이 살지 않는 문화재급의 전통가옥이 있다. 이 전통가옥들의 유지관리를 위해서는 단열을 보강하여 표면온도를 곰팡이 발생 온도보다 높게 만들어 주는 것이 필요한데, 문화재 등의 경우에 외벽을 교체하는 것이 가능하지 않다면 형상을 유지하기 위하여 최소한 에너지 손실을 감수하고라도 겨울철 난방을 하여 결로 발생을 막고 형상을 유지할 수 있도록 하는 대책이 요구된다. 한옥의 구들은 단열처리를 하지 않고 구들의 축열성능을 이용하여 겨울철 복사난방 및 여름철 복사냉방 역할을 하게 된다. 따라서 실외온도가 실내온도보다 낮을 경우 난방을 하지 않는 시간동안에는 바닥을 통하여 열이 새어나가고 있는 것이다. 더욱이 구들은 지면과 닿지 않는 뜬바닥 구조이기 때문에 땅을 통해 일어나는 열손실보다 훨씬 크다. 그러므로 벽-기단-구들 접합부에서 열교시뮬레이션은 무의미하며 벽-기단-구들 접합부와 구들 자체에서의 단열처리가 된 구들시스템의 연구 및 개발을 통해 구들의 축열성능을 이용하면서도 단열성능을 갖추는 것이 필요하다.

[표 5-28] 시뮬레이션 모델 및 조건_전통구들의 전통한옥

시뮬레이션 모델



비난방 상태의 전통구들이 있는 전통한옥

※ 출처 : 국토교통부, 2014, '한옥 설계의 원리와 실무'를 참고하여 재작성, pp337~338.

시뮬레이션 조건

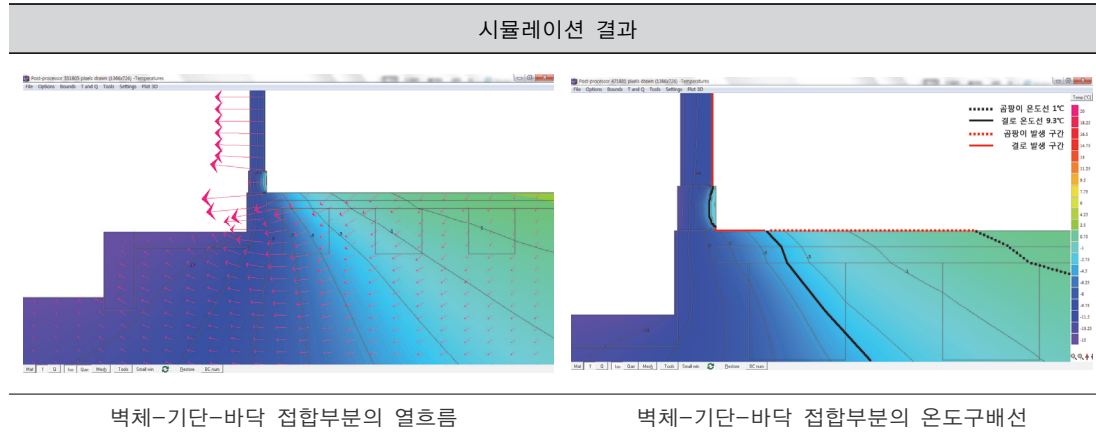
온도조건

실내온도	5℃	실외온도	-15℃
실내표면열전달저항	0.25	실외표면열전달저항	0.04

※ 실내표면열전달저항 : DIN4108-2, ISO 10211, ISO 13788 기준

※ 재료 물성치 : KS, DIN 기준

[표 5-29] 시뮬레이션 결과_전통구들의 전통한옥



② 전통구들+온돌 전통한옥

□ 모델링 조건

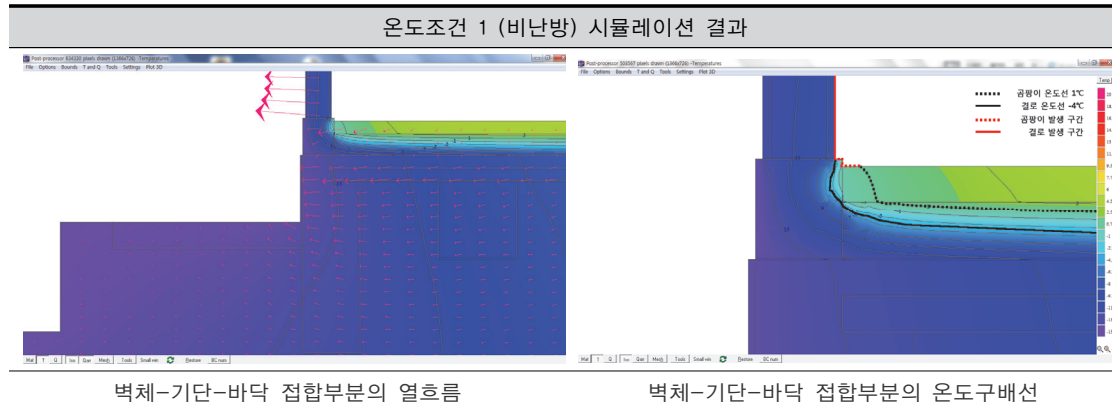
전통구들이 있으나 전통구들을 사용하지 않고 전통구들 위에 온돌을 설치하여 사용하고 있는 전통한옥의 시뮬레이션 모델링은 앞에서 살펴본 전통구들이 있는 전통한옥에서 90mm XPS단열재와 50mm 기포콘크리트에 55℃의 배관재를 200mm간격으로 설치한 바닥을 추가 구성하여 모델링하였다.

□ 시뮬레이션 결과

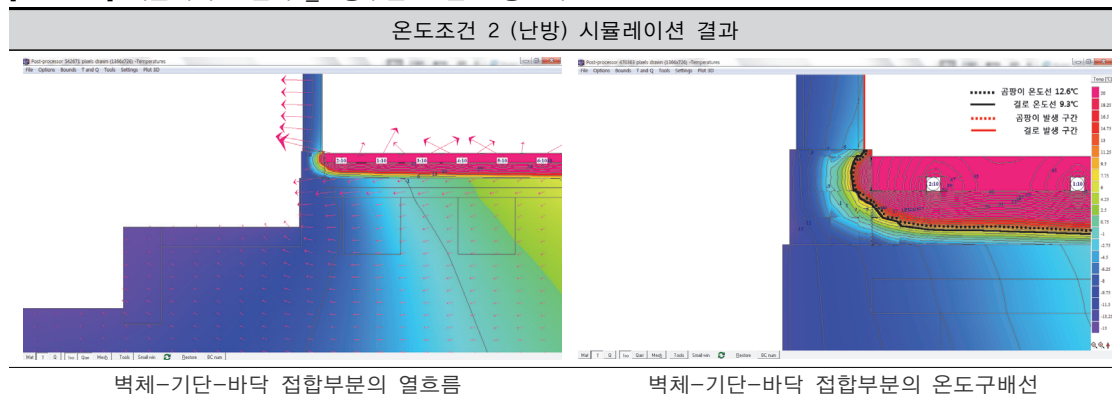
난방, 비난방 모두 실내벽체표면에서 결로 발생 온도밀도로 떨어지는 지점이 나타나는 것으로 보아 난방, 비난방과 상관없이 외벽기 흠벽에서는 겨울철 결로가 발생하고 있는 구조체라고 볼 수 있다.

비난방의 경우 벽체에서 전도되어 들어오는 냉기 때문에 바닥에서 곰팡이 발생온도 밀도로 떨어지는 지점이 발생하는 것으로 보아 바닥에 단열재를 설치하더라도 외벽기 흠벽 때문에 발생하는 곰팡이 및 결로 발생을 막을 수 없는 것으로 판단된다. 따라서 바닥과 벽체가 동시에 단열 보강이 되어야 한다.

[표 5-31] 시뮬레이션 결과1_전통구들+온돌 전통한옥



[표 5-32] 시뮬레이션 결과2_전통구들+온돌 전통한옥



③ 단열처리가 끊어진 상태의 신한옥

□ 모델링 조건

한옥은 기본적으로 중목구조로 이루어져 있어 구조재가 있는 부분에서 단열처리가 쉽지 않다. 벽-바닥-기단접합부에서 단열처리가 끊어진 상태의 신한옥의 시뮬레이션 모델링은 매트기초 위에 90mm XPS단열재와 벽체에 89mm 글래스울이 구조재에 의하여 서로 끊어진 모습으로 모델링하였다.

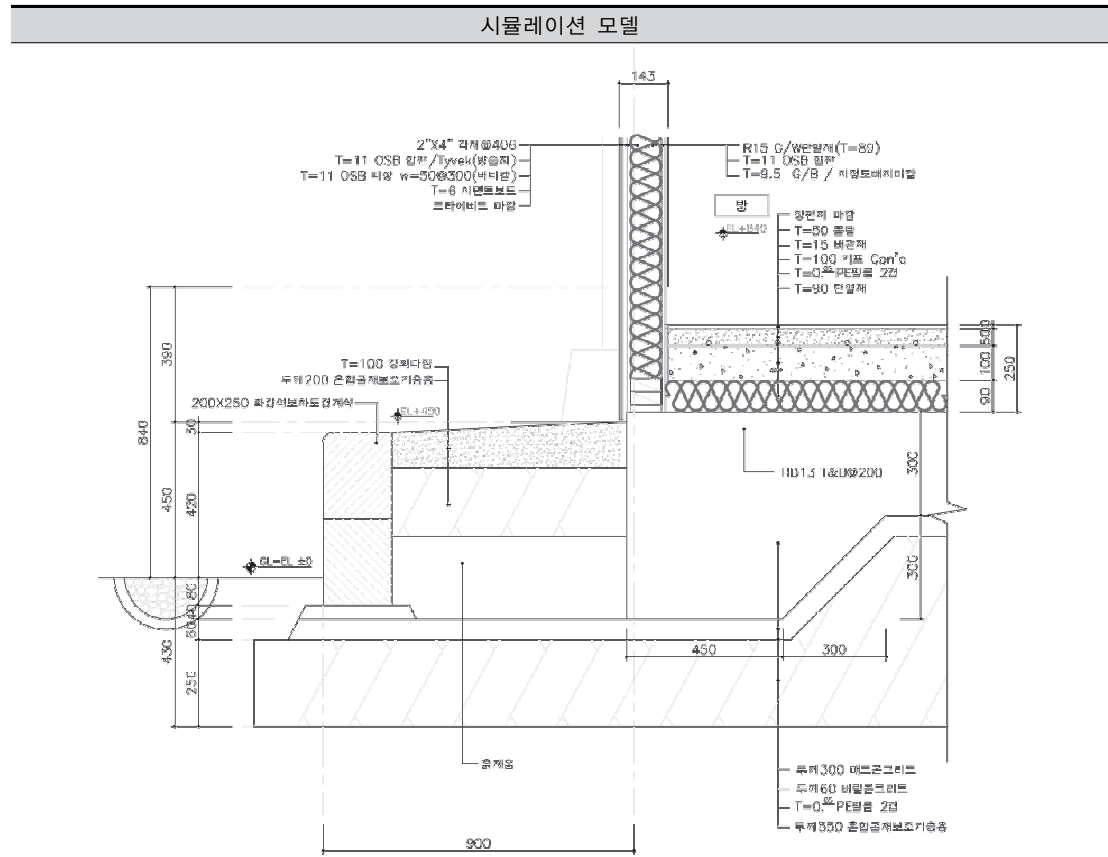
□ 시뮬레이션 결과

난방, 비난방 모두 실내 벽체표면에서 곰팡이 및 결로 발생 온도 밑으로 떨어지는 지점이 없는 것으로 보아 실내 표면에서는 곰팡이 및 결로의 발생 위험은 적다.

비난방의 경우 구조체 내부인 벽체 단열재, 내부마감재 사이와 바닥 내부의 단열재

와 기포콘크리트 사이에서 곰팡이 발생 온도 밑으로 떨어지는 지점이 나타난다. 구조체 내부에서 나타나는 곰팡이는 내부에 습도가 높아질 경우 결로가 쉽게 발생하며 재료 간 탈착, 재료 수명 저하, 비위생적, 인체에 유해한 영향을 끼치는 등의 문제가 발생한다. 따라서 단열처리가 끊어지지 않도록 단열선을 이어주는 것이 가장 중요하며 최소 방습층을 두어 내부에서 발생하는 습도에 대비할 수 있어야 한다.

[표 5-33] 시뮬레이션 모델 및 조건_단열처리가 끊어진 상태의 신한옥

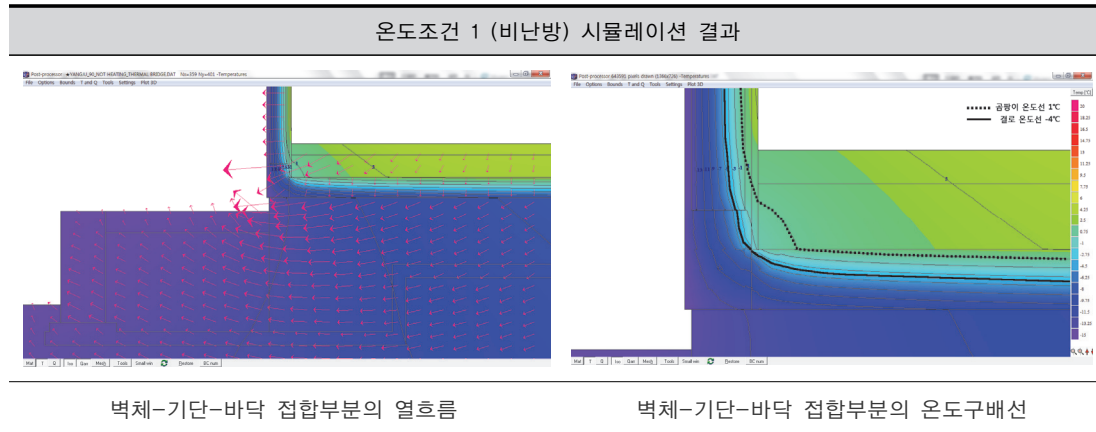


벽체 단열재와 바닥 단열재가 끊긴 디테일의 신한옥
※ 출처 : 양주 한옥 도면을 참고하여 재작성, 금성건축사사무소

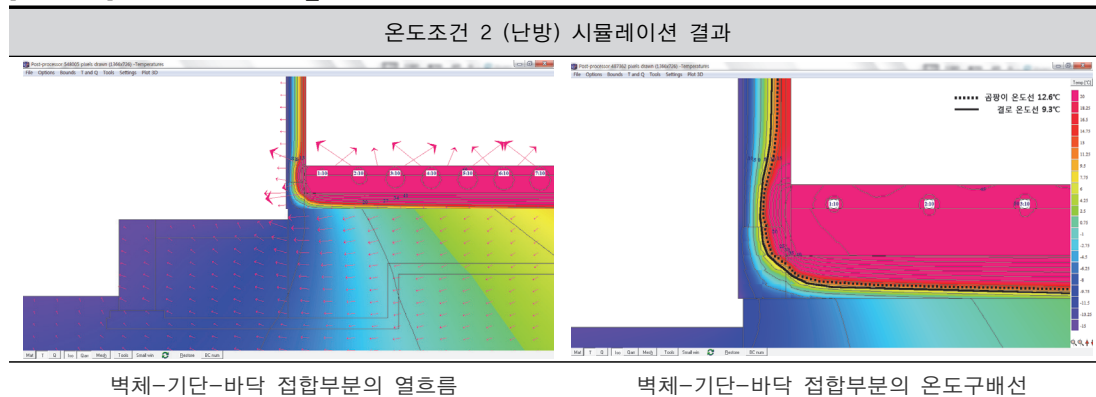
시뮬레이션 조건			
온도조건 1 (비난방)			
실내온도	5℃	실외온도	-15℃
실내표면저항	0.25	실외표면저항	0.04
온도조건 2 (난방)			
실내온도	20℃	실외온도	-15℃
실내표면저항	0.25	실외표면저항	0.04

※ 실내표면열전달저항 : DIN4108-2, ISO 10211, ISO 13788 기준
※ 재료 물성치 : KS, DIN 기준

[표 5-34] 시뮬레이션 결과1_단열처리가 끊어진 상태의 신한옥



[표 5-35] 시뮬레이션 결과2_단열처리가 끊어진 상태의 신한옥



④ 단열처리가 연결된 상태의 신한옥

□ 모델링 조건

벽-바닥-기단접합부에서 단열처리가 연결된 상태의 신한옥의 시뮬레이션 모델링은 앞에서 ③의 단열처리가 끊어진 신한옥 모델링 바닥의 90mm XPS단열재 위에 90mm XPS를 더 설치하여 벽체의 89mm 글래스울과 단열선이 이어지도록 모델링하였다.

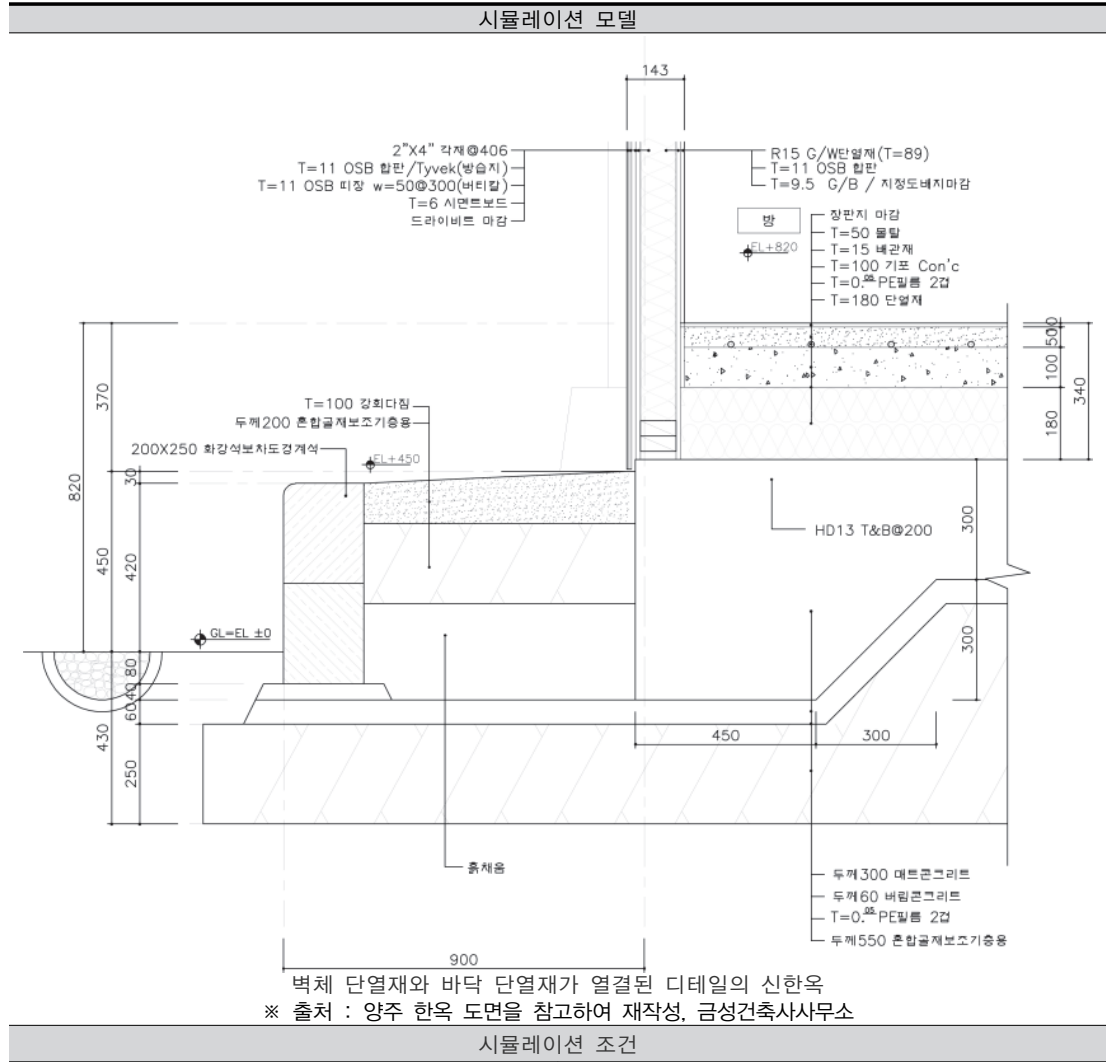
□ 시뮬레이션 결과

난방, 비난방 모두 실내 벽체표면에서 곰팡이 및 결로 발생 온도 밑으로 떨어지는 지점이 없는 것으로 보아 실내 표면에서는 곰팡이 및 결로의 발생 위험은 적다.

구조체 내부에서도 곰팡이 및 결로 발생 온도 밑으로 떨어지는 지점이 재료 내부에 형성되는 것으로 보아 구조체 내부의 곰팡이 및 결로의 발생 위험은 적다. 따라서 열교처

리를 위하여 단열선을 이어주면 표면온도가 떨어지는 것을 방지하여 결로 및 곰팡이 발생으로 인한 문제들로부터 안전할 수 있다.

[표 5-36] 시뮬레이션 모델 및 조건_단열처리가 연결된 상태의 신한옥

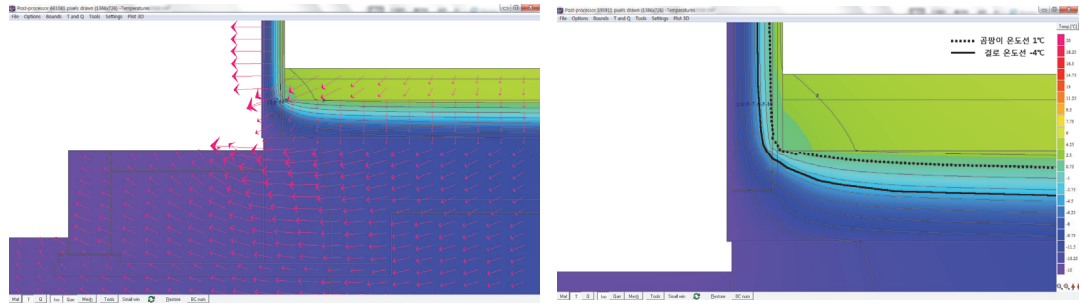


시뮬레이션 조건			
온도조건 1 (비난방)		온도조건 2 (난방)	
실내온도	5℃	실외온도	-15℃
실내표면저항	0.25	실외표면저항	0.04

※ 실내표면열전달저항 : DIN4108-2, ISO 10211, ISO 13788 기준
※ 재료 물성치 : KS, DIN 기준

[표 5-37] 시뮬레이션 결과1_단열처리가 연결된 상태의 신한옥

온도조건 1 (비난방) 시뮬레이션 결과

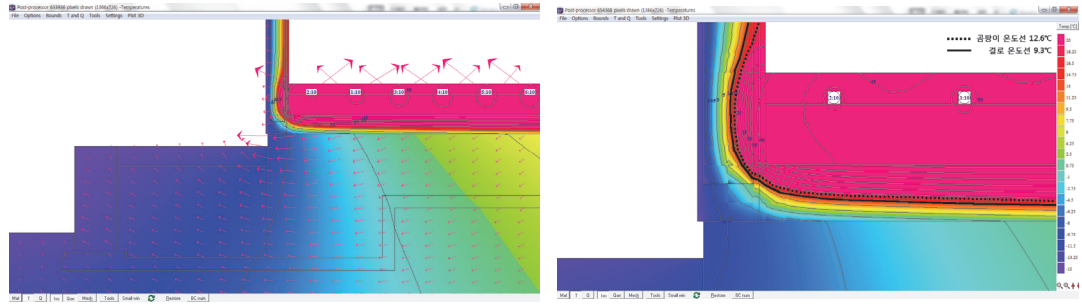


벽체-기단-바닥 접합부분의 열흐름

벽체-기단-바닥 접합부분의 온도구배선

[표 5-38] 시뮬레이션 결과2_단열처리가 연결된 상태의 신한옥

온도조건 1 (비난방) 시뮬레이션 결과



벽체-기단-바닥 접합부분의 열흐름

벽체-기단-바닥 접합부분의 온도구배선

4. 소결

이 장에서는 한옥의 신기술 적용에 따른 에너지소비량 및 실내 쾌적성의 환경 성능을 분석하였다.

건축물의 에너지소비량은 쾌적조건과 연계하여 고려되어야 하기에, 한옥의 쾌적조건과 밀접하게 영향을 가지는 실내외 환경 상호작용 매커니즘을 정리하였다. 외부환경요소는 태양, 공기, 물로 분류하였으며, 내부환경요소는 발열원, 습원, 날숨, 자재방출물질, 인공조명, 소음원등으로 분류하였다.

그리고 한국 기후를 적용한 환경성능 분석을 위해 유럽 패시브하우스로 대표되는 독일 기후에 비교하여 미시기후 특성을 분석하였다. 우리나라는 여름철 냉방이 필요한 시기가 많으며, 겨울철 태양일사량은 독일 대비 약 3배에 이르고 있어 태양에너지 유입을 극대화하기 전략이 필요함을 알 수 있다.

신한옥의 평면적 특징을 살펴보기 위해 서울시 소재 한옥과 전남지방 한옥을 중심으로 전체면적규모 및 평면유형에 나타난 특징을 파악하였다. 규모는 $80\text{m}^2 \sim 100\text{m}^2$ 의 비율이 높고, 좁은 면적일수록 ㄷ자, ㄱ자의 평면 유형의 홑집이었으며, 넓은 면적일수록 一자, ㄱ자 평면 유형의 겹집 형태가 많았다. 또한 입식으로의 생활양식 변화에 따라 주간 거리(8-10자)와 개구부의 높이가 변화하였다.

신한옥의 특징과 한옥의 구성 원리를 고려하여 4인 가족의 난방공간(화장실, 현관 제외)이 94.5m^2 , 기본모듈은 10자 내외인 총 6개의 평면유형을 개발하여 환경성능 시뮬레이션 3D모델을 제작하였다. 시뮬레이션을 통한 비교를 위해 전통한옥, 건축법규 수준, 패시브하우스 수준으로 구분하고 세 가지 외피조건, 각 외피수준의 침기량, 4인 가족의 내부발열량 그리고 냉난방시스템 없음/바닥난방+자연환기/바닥난방+자연환기+ac/ac의 4개의 냉난방시스템 조건의 시뮬레이션 변수를 설정하였다.

위에서 제시된 세 가지 외피수준과 정남, 남동30도, 남서30도의 향 배치에 따른 처마의 차양효과 분석을 통하여 얻은 결과는 다음과 같다. 처마 길이에 따른 일사 영향을 받는 계절은 여름철이며, 향의 배치가 달라짐에 따라 동·서의 낮은 고도를 가지는 일사의 영향을 차단하기에는 처마가 한계를 가지는 것을 알 수 있다. 따라서 차양외의 다른 일사 차단장치를 사용해야 한다. 남서향의 배치를 가질 때, 정남향에 비해 전체적으로 더 많은

일사를 받으며, 이에 반해 남동향의 배치는 정남향에 비해 낮은 일사량이 도달하는 것을 활용한 일사 계획이 필요하다. 처마의 길이는 400mm미만일 때는 창에 영향을 주지 않으며, 800mm 이상의 길이는 처마 길이의 증가에 따른 일사량 감소폭이 작아지는 결과를 도출할 수 있다. 처마길이에 따른 냉·난방에너지 값을 살펴보면 600~800mm 일 때 냉·난방에너지 소비량이 가장 낮다. 그러나 차양의 길이가 길어질수록 여름철 냉방에너지는 감소하지만, 겨울철 난방에너지는 증가하기에 총 냉·난방에너지의 차이는 크지 않다.

다음으로 냉·난방에너지 사용량 및 실내환경 쾌적도를 살펴보면 여름철 제습에 대한 해결이 필요함을 알 수 있다. 준 패시브수준이 될수록 난방 에너지보다 냉방에너지 사용량이 많아지는데 이는 자연환기의 필요성이 커짐을 의미한다.

유형에 따른 에너지사용량을 비교해보면, -자형에 비해 양쪽에 날개가 늘어날수록 처마의 간섭이 일어나고, 마당의 크기에 따라 일사획득량이 줄어드는 것을 알 수 있다. 즉, 충분한 일사획득을 위해서는 마당면적 확보가 중요함을 알 수 있다. 또한 바닥면적 대비 외피면적 값이 작을수록 에너지 손실량에 유리하며, 이를 고려한 계획이 필요하다.

수준별 성능을 통해 침기와 비난방 공간으로 빠져나가는 열손실 값이 높은 것은 그동안 외피를 통한 열손실에만 집중했던 면에서 나아가 이를 해결하기 위한 대책이 필요함을 알 수 있다. 한옥의 기밀층을 확보하는 것은 에너지 저감에 더 밀접하고 직접적인 연관이 있음을 알 수 있다.

벽-기단-바닥 구조부를 전통구들의 전통한옥, 전통구들에 온돌을 추가설치한 한옥, 단열처리가 끊어진 신한옥, 단열처리가 연결된 신한옥으로 나누어 HEAT2 시뮬레이션으로 검토한 결과 다음과 같은 결론이 나타났다.

전통구들의 전통한옥은 대표적으로 겨울철 사람이 살지 않는 비난방의 문화재급 전통가옥이 해당되며 실내온도 5℃ 상대습도 50%의 조건에서 실내표면에서 곰팡이 및 결로가 발생하고 있는 것으로 나타났다. 겨울에 발생한 결로는 얼었다 녹았다를 반복하며 목재를 상하게 하기 때문에 단열재를 보강하여 실내표면온도를 높여주는 것이 필요하며 간헐적으로 난방을 하여 습도를 낮추고 표면온도를 높여주는 것을 권장한다.

전통구들이 있으나 전통구들을 사용하지 않고 필요에 의하여 전통구들 위에 온돌을 설치하여 사용하고 있는 전통한옥의 경우, 난방, 비난방 모두 실내벽체표면에서 결로가

발생하고 있는 것으로 나타났다. 난방, 비난방과 상관없이 전통한옥의 외벽기 흠벽에서는 결로가 발생하는 구조체라고 볼 수 있다. 흠벽은 조습능력이 있고 곰팡이 발생의 PH조건과 맞지 않아 조금 덜 할 수 있을 것으로 보이나 결로 및 곰팡이의 발생에서 안전하다고 볼 수 없으며 이는 정밀한 검증을 통해 결과가 분석되어야 것이다. 비난방의 경우, 벽체와 가까운 바닥면에서 곰팡이가 발생하고 있는 것으로 나타났다. 이는 벽체를 통해 전도되어 오는 냉기 때문에 표면온도가 떨어지기 때문으로 보이며 따라서 바닥과 벽체가 동시에 단열 보강이 되어야 한다.

단열처리가 끊어진 신한옥의 벽-기단-바닥 접합부의 경우, 난방, 비난방 모두 실내 벽체표면에서는 곰팡이 및 결로의 발생 위험은 적다. 하지만 바닥난방의 따뜻한 열에너지가 단열처리가 끊어진 부분으로 새어나가 난방효율이 떨어진다. 비난방의 경우 구조체 내부에서 곰팡이가 발생할 위험이 있으며, 습도가 높아지면 결로가 더욱 쉽게 발생하게 되고, 재료간 탈착, 재료수명 저하, 비위생적 환경, 인체에 유해한 영향을 끼치는 등의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 단열처리가 끊어지지 않도록 단열선을 이어주는 것이 가장 중요하며 최소한 방습층을 두어 내부에서 발생하는 습도에 대비할 수 있어야 한다.

단열처리가 열결된 신한옥의 벽-기단-바닥 접합부의 경우, 시뮬레이션 결과 선형열교값은 -0.282W/mK 가 나왔으며 이는 패시브하우스 기준에서 제시하는 최소 선형열교값 0.01W/mK 보다 높은 것으로 보아 열교가 발생하는 않는 상태로 볼 수 있다. 또한 실내표면온도와 구조체 내부 모두 곰팡이 및 결로 발생 온도 아래로 떨어지는 지점이 없어 단열재 라인이 끊기지 않은 벽-기단-바닥 접합부는 열교로 인한 곰팡이 및 결로 문제가 발생할 가능성이 매우 적다.

이러한 시뮬레이션 결과로 보았을 때, 벽-기단-바닥 접합부에서 벽체와 바닥의 단열재 라인이 끊기지 않도록 설계를 하는 것을 권장하며, HEAT2에서는 습도 및 습기이동에 대해서는 시뮬레이션하지 않았으므로 차후 연구에서는 더욱 정밀한 검증을 위하여 실제 기상데이터를 이용한 동적 열에너지 및 습기 이동 시뮬레이션 분석이 필요할 것으로 판단된다.

제6장 결론

1. 한옥기술의 발전 전망
2. 한옥기술개발과 정책 대응

1. 한옥기술의 발전전망

앞 장에서 논의된 내용을 살펴보면, 정부주도 한옥기술개발 프로젝트를 중심으로 한옥기술의 많은 발전이 이루어져 왔고 앞으로도 여러 주체들에 의한 한옥기술개발이 활발하게 이루어 질 것으로 보인다.

한옥에 대한 관심이 꾸준히 증가하는 추세에 따라 디자인에 관련된 특허와 같이 기존에 특허기술이 출원되지 않았던 분야에서도 많은 발전이 있을 것으로 전망된다. 본 연구에서는 한옥기술 개발 현황 및 동향을 파악하고 한옥에 적용 가능한 기술 대안을 모색하여 각각의 기술 변화에 따라 변모되는 한옥과 모습을 살펴보았다. 이를 통해 향후 한옥기술의 발전방향을 예측하고자 하였다.

한옥의 디자인과 관련된 기술이나 제품 개발은 현재 부족한 실정이다. 디자인 기술은 미적인 기준과 선호에 관련한 문제로 우선적으로 새로운 형태의 한옥에 대한 논의와 미래상에 대한 다양한 고찰이 선행되어야 하며, 재료 및 환경기술과 구조 및 시공기술이 통합적으로 고려되어야하기 때문에 가장 뒤늦게 개발되는 특징이 있다. 그러나 재료 및 환경기술, 구조 및 시공기술의 변화는 필연적으로 디자인의 변화를 수반하며, 이에 대한 다양한 실험과 제안에 대한 용인과 장려 정책이 필요하다.

주요구조부 기술은 대부분 경제성과 성능 향상을 목적으로 기술개발이 이루어지고

있으며 정부주도 R&D 사업의 영향으로 많은 발전을 이룬 것으로 보인다. 한옥의 수요 증가에 따른 공급을 원활하게 수행하기 위해 구조부 공업화, 부재의 규격화 관련 기술개발이 이루어졌으며 이를 통해 한옥의 공기를 단축시키고 인건비를 절감할 수 있는 토대를 마련하였다. 그러나 새로 개발된 구조 및 시공기술은 아직까지 제품 양산이 미미하고 시장에서 활성화되지 못하고 있으며, 특히 한옥 구조의 진정성 문제와 관련하여 사회적 논쟁을 야기하고 있다.

한옥에 적용 가능한 현대 목조주택 구조기술로는 공학목재의 사용, 철물 접합부의 적용, 지붕트러스 골조, 목재 장선 바닥판 또는 ALC 패널 바닥판, 철근콘크리트 하부구조, 제진장치 및 면진구조의 적용 등이 있다. 이 외에도 한옥에 적용 가능한 다양한 기술들이 존재한다. 한옥의 현대화 및 대중적인 보급을 위해서는 현대 목조주택 뿐만 아니라 철근콘크리트구조 및 강구조 등 다양한 구조시스템에 적용되는 기술들을 접목하고 이를 한옥의 특성에 맞추어 적용하는 것이 필요하다

신한옥에서 접합부의 구성은, 상부구조를 정착시키기 위한 새로운 기술을 개발할 필요가 있다. 이를 위해 현대 목구조 기법을 활용하여 철물을 이용하여 결속시키는 장치를 한옥에 맞도록 개발하여 적용할 수도 있다. 최근 들어서는 일본과 중국에서 지진이 빈발하여 지진의 안전지대라 여겨지는 우리나라에서도 건축물의 내진성능에 대한 인식이 높아지고 있다. 따라서 한옥에서도 내진에 대한 고려가 필요하다. 한옥의 전통적인 멋을 유지하면서도 변화되는 한옥의 시공 특성을 반영하고 구조적으로는 내진성능이 향상된 한옥을 개발하여 보급함으로써, 안전하고 튼튼한 한옥이 저항감 없이 확산될 수 있도록 하여야 할 것이다.

또한 구조적 측면에서 한옥은 부재 단면의 크기에서부터 부재가 놓이는 위치에 따른 구조성능의 차이가 상당하며 이를 최적화한다면 소요 목재물량을 줄여 건축비를 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

현재 한옥기술개발의 대부분은 재료와 부재의 대안 기술이다. 초기에는 내수성 및 내구성 향상, 낙하방지 등 재료성능 개선을 위한 부분적 개발이 주를 이루었다. 이후 한옥이 거주 대상의 개념이 변모하면서 고단열, 고기밀, 경량화, 친환경성 및 생산성 향상 등 현대인의 거주 환경에 부합하고 시공성을 향상시킬 수 있는 요소기술의 개발이 활발해 진행되었다. 한옥의 재료 및 환경기술은 현대 건축이 추구하는 친환경 기술과 맥을

함께하며 큰 장애 없이 발전할 것으로 예상된다.

한옥의 에너지소비량 및 실내 쾌적성의 환경 성능을 살펴보았을 때, 한옥 처마의 길이는 400mm미만일 때는 창에 영향을 주지 않으며, 800mm 이상의 길이는 처마 길이의 증가에 따른 일사량 감소폭이 작아지는 결과를 도출할 수 있다. 처마길이에 따른 냉·난방에너지 값을 살펴보면 600~800mm 일 때 냉·난방에너지 소비량이 가장 낮다. 그러나 차양의 길이가 길어질수록 여름철 냉방에너지는 감소하지만, 겨울철 난방에너지는 증가하기에 총 냉·난방에너지의 차이는 크게 나타나지 않는다.

냉·난방에너지 사용량 및 실내환경 쾌적도를 살펴보면 여름철 제습을 위한 해결책이 필요하며, 준 패시브수준이 될수록 난방 에너지보다 냉방에너지 사용량이 많아지므로 자연환기의 중요성이 커진다.

여름철에는 냉방이 필요한 시기가 많으며, 우리나라 겨울철 태양일사량은 독일 대비 약 3배에 이르므로 태양에너지 유입을 극대화하기 전략을 세우는 것이 유리하다. 또한 충분한 일사획득을 위해서는 마당면적 확보가 중요하다.

한옥이 침기와 비난방 공간으로 빠져나가는 열손실 값이 높다는 것은 한옥전체에 기밀층을 확보하는 것이 에너지 저감에 더 밀접하고 직접적인 연관이 있다는 것을 의미한다. 한옥에서 난방을 하지 않는 동안에는 바닥을 통하여 열이 계속 새어나가고 있는 상태이다. 따라서 단열처리가 된 구들시스템의 연구 및 개발을 통하여 구들의 축열 성능을 이용하면서도 단열성능을 갖추는 것이 필요하다. 향후 더욱 정밀한 검증을 위해서는 기상데이터를 이용한 동적 열에너지 이동 시뮬레이션과 바닥난방 조건이 포함된 시뮬레이션 결과를 도출할 필요가 있다.

2. 한옥기술개발과 정책 대응

□ 한옥기술의 균형적 발전 도모

현재 한옥의 재료 및 환경 기술은 상당한 수준으로 시장에서 통용되고 있고, 구조 및 환경 기술은 특허 등 아이디어가 제시되고 있으며, 디자인 기술은 논의가 활발하지 못한 상황이다. 따라서 한옥기술의 발전을 위한 국가정책은 획일적인 육성정책이 아니라 기술의 특성을 고려하고 발전 속도에 맞춘 개별적인 지원 정책으로 개발될 필요가 있다.

또한 한옥 시장이 아직 활성화되어 있지 않고 규모도 작기 때문에 민간이 주도적으로 진행하기에는 어려움이 있다. 따라서, 정부에서는 한옥의 보급을 위해 해결해야 할 분야를 특정하고 해당 분야에서 필요한 연구를 구체적으로 적시하여 수행하는 연구가 필요하다.

한옥의 산업정책에 대한 연구, 한옥의 재료인증에 관한 연구, 한옥의 환경인증에 관한 연구, 한옥의 구조인증에 관한 연구 등 시의성을 고려하여 지속적으로 연구를 진행할 필요가 있다.

□ 한옥 재료 및 환경성능 인증시스템 구축

한옥은 현대 주택에서 요구되는 일반적인 환경성능(단열과 방수, 환기 등)을 맞추기는 현실적으로 쉽지 않다. 현대 주택의 환경기준은 한옥의 보급을 어렵게 하는 요인이 되고 있다. 그러므로 한옥의 대중적인 보급을 위해서는 환경성능을 향상시킨 신기술의 개발뿐만 아니라 한옥의 특수성을 고려한 환경성능 인증시스템을 구축하는 것이 필요하다.

최근 들어서는 이웃 나라인 일본과 중국에서 지진이 빈발하여 지진의 안전지대라 여겨지는 우리나라 국민들 사이에서도 건축물의 내진성능에 대한 인식이 높아지고 있다. 이를 반영하여 한옥의 하중저항 구조시스템은 내진에 대한 고려도 필요하다. 한옥의 전통적인 멋을 유지하면서도 변화되는 한옥의 시공 특성을 반영하고 구조적으로는 내진성능이 향상된 한옥을 개발하여 보급함으로써, 새로운 신기술을 적용한 한옥이 저항감 없이 확산될 수 있도록 하여야 할 것이다.

□ 한옥 신기술의 보급

정부에서 발주한 한옥기술개발 연구를 통하여 특허와 논문 등으로 많은 새로운 기술들이 개발되고 발표되었다. 이러한 신기술들은 현재 한옥기술개발 R&D 홈페이지를 통해 일반에 공개 및 보급되고 있다.

한옥기술의 보급 및 확산을 위해 각 지자체의 한옥 관련 지원 사업, 한옥 공공건축물 건축에 한옥관련 신기술을 시범 적용하는 등 공공의 노력이 우선시된다. 또한 한옥기술이 광범위한 현대건축물에 활용될 수 있도록 한국적 스타일에 대한 수요를 견인하고 장려하는 건축 및 디자인 정책이 병행될 필요가 있다.

이와 더불어 개발된 기술들을 체계적으로 정리하고 홍보하여 한옥에 관심 있는 수요

자들이 현장에서 쉽게 참조할 수 있도록 할 필요가 있다. 한옥 수요자들이 개발된 신기술을 바탕으로 안전성이 확보된, 경제성 있는 한옥을 짓게 됨으로써 한옥의 대중적인 보급에 한발 더 다가갈 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 단행본 및 보고서

- 국토교통과학기술진흥원(2012), 「한옥기술개발 1단계 2차년도 중간보고서」, 국토교통부
- 국토교통과학기술진흥원(2013), 「한옥기술개발 1단계 3차년도 중간보고서」, 국토교통부
- 국토교통과학기술진흥원(2013), 「한옥 기술개발 연구보고서」, 국토교통부
- 국토교통부(2014), 「한옥 설계의 원리와 실무」, 금성건축사사무소
- 금성건축(2011), 「양주한옥도면집」
- 김동욱(2005), 「한국건축의 역사」, 기문당
- 김왕직 외(2009), 「한국건축 기술기준 등 연구」, 국토해양부
- 대한건축학회(2008), 「목조건축구조설계매뉴얼」, 기문당
- 명지대학교 산학협력단(2013), 「한국 기술개발 연구보고서」, 국토교통부
- 명지대학교 산학협력단(2013), 「은평시범한옥 건축도면집」, 명지대학교 산학협력단
- 명지대학교 산학협력단(2012), 「2012 한옥기술개발」, 국토해양부
- 명지대학교 산학협력단(2011), 「한옥기술개발 연구보고서 1차년도 중간보고서」
- 명지대학교 산학협력단(2011), 「한옥기술개발 연구보고서 2차년도 중간보고서」
- 송만영(2011), 「팀버프레임 건축 입문」, 책만드는 토우
- 이승한(2009), 「구조역학이야기」, 성안당
- 장기인(1995), 「한국건축 대계 V-목조」, 보성각
- 정영수 외(2013), 「정보분류체계로 본 신한옥」, 화신문화
- 정영수 외(2013), 「신한옥 건설관리를 위한 지능형 BIM 응용」, 화신문화
- 조전환(2012), 「ESSAY 한옥 에너지 설계-그린홈과 전통한옥」, 도서출판 에이엔씨
- 한국건축역사학회 집필진(2014), 「한옥 설계의 원리와 실무」, 국토교통부
- 한국조고층도시건축학회(2010), 「건축내진설계」, 대가

2. 학술지 및 전문지

- 김광철(2000), 가구 및 중목구조용 실대재 스킨팀버의 압축 성능에 관한 연구, 한국가구조학회지, 제 21권 4호

- 김영민(2014), 한옥의 구조검토에 관한 고찰, 대한건축학회 추계학술발표대회논문집, 34(2), 2014
- 김영민, 김장희(2011), 전통 목구조에 대한 구조분야 연구동향 분석 및 향후 연구방향 제안, 대한건축학회 추계학술발표대회논문집, 31(2)
- 김영민 외(2011), 서까래의 풍화손상에 따른 잔존성능 평가, 대한건축학회논문집 구조계, 27(9)
- 김영민 외(2011), 전통목구조 무루정의 해석모델링 및 안전도 검토, 대한건축학회 추계학술발표대회논문집, 31(2)
- 김영민 외(2012), 한옥의 구조해석 및 안전성 검토, 한국CAD/CAM학회 학술발표회논문집
- 김영민 외(2012), 신한옥의 구조안전성 검토 및 적정 단면 제안, 대한건축학회논문집 구조계, 28(5)
- 김영민, 이슬기(2013), 실험한옥 복층부 1/4 축소시험체를 이용한 접합부 강성평가, 대한건축학회논문집 구조계, 29(12)
- 김영민, 이슬기(2013), 신한옥 도리부재의 단순화된 구조검토 프로세스, 한국구조물진단유지관리공학회 학술발표논문집, 17(1)
- 김영민, 김장희(2014), 한옥의 수평부재 단면조건표 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계, 30(2)
- 박진아, 김수압(2012), 신한옥의 평면구성에 따른 공간활용상태에 관한 연구 : 전라남도 신한옥을 중심으로, 한국주거학회논문집 23(4)
- 손승광, 김미선(2012), 20세기 초 전통한옥의 개량과 지속가능성 연구, 한국주거학회 춘계학술발표대회논문집, 제24권 제1호
- 송인호 외 1명(2005), 「북촌도시한옥의 지붕가구 특징에 관한 연구」, 건축역사학회논문집 제14권 제4호 통권44호
- 송은경, 김철규(2012), 한옥의 열환경 조절특성을 통한 외벽 열성능 개선 방향 관한 연구, 대한건축학회지회연합회 학술발표대회논문집, 제8권 1호
- 이슬기 외(2013), 전통한옥과 신한옥의 가진 크기에 따른 동적응답특성 평가, 대한건축학회논문집 구조계, 29(1)
- 이재욱 외 1명(2011), “신한옥 부재요소 성능지표 설정을 통한 난방 에너지 평가”, 한국건축친환경설비학회논문집, 5권 2호
- 이주엽 외 4명(2013), “신한옥 침실 공간의 기밀성능 평가연구”, 한국생태환경건축학회논문집, v13, n.3(통권 61호)
- 정준수 외 2명(2013), “서울시 신축한옥의 면적별 평면구성에 따른 공간적 특징에 관한 연구”, 「한국주거학회논문집」, 24(6)
- 정준수 외 3명(2011), “신축 한옥평면의 계획경향”, 「대한건축학회 추계학술발표대회논문집 계획계」, 제31권 제1호(통권제55집)
- 한삼화(2012), 「다양한 색상의 황토벽돌 제조를 위한 표면 성형 방법 및 그 장치 및 그 제품」, ㈜삼화씨원
- Y.M. Kim(2014), Dynamic Experiments on a 1-4 Scale New-styled Korean Traditional Wooden House, Applied Mechanics and Materials, Vol. 598
- Y.M. Kim(2014), Monitoring of Moisture Contents in Korean Traditional Wooden Houses, In Proceedings of the World Congress on Engineering 2014, London, England, June 2-4
- International Building Series No.9, Canada wood
- BRE(2010). The Government's standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings, BRE.
- Hannes Nyberg (2011), “Thermal bridges at foundations - Evaluation of heat calculation methods”, Master's Thesis

3. 웹페이지

- 「갈렘스톤」, <http://www.calestone.co.kr>
- 「고령기와」, <http://www.rooftile.co.kr>
- 「금화하이텍」, <http://e-gudle.com>

「네이버 기사」, <http://www.naver.com>
「대한한옥개발」, <http://daehan21.kr>
「쥘터나인칼라」, <http://theninecolor.com>
「동양우드」, <http://www.dyd.co.kr>
「(주)대청기와건설」, http://www.dcgiwa.co.kr/pro_01.html
「따파시 온돌」, <http://www.ondol.co/>
「메까코리아」, <http://megakor1.cafe24.com>
「모아켄」, <http://www.moachem.com>
「미래에너지」, <http://www.난방나라.kr>
「미주요업」, <http://mijuceramic.koreasme.com/>
「(주)삼정씨엔아이」, <http://www.층간소음방지.kr>
「신진기와」, <http://www.igiwa.com/>
「온돌닥터」, <http://www.ondoldoctor.com>
「우딘」, http://www.iwoodin.co.kr/product/door_list.php?sch_cate=0104
「(주)유니포스」, <http://www.posro.co.kr/>
「이화요업주식회사」, <http://www.ewhaceramic.co.kr>
「이노탑」, <http://www.inotop.co.kr/>
「EBS 홈페이지」, EBS 원터플 사이언스-지진 흔들리는 한반도, <http://www.ebs.co.kr>
「일레븐도어」, <http://www.elevendoor.kr>
「전국한지사업협동조합」, <http://onhanji.kr/>
「정암」, <http://www.koreaflex.co.kr>
「창의건축연구소」, <http://www.창의건축연구소.com>
「채세움」, <http://www.izo.kr/default>
「태원목재」, <http://www.wood.co.kr>
「토탈생활서비스 핸디페이」, blog.naver.com/empty1400
「특허정보넷 키프리스」, <http://www.kipris.or.kr>
「펙트론」, <http://www.fectron.co.kr>
「한새테크」, <http://www.hansaetec.com>
「한옥기술개발 R&D 홈페이지」, <http://hanokkorea.hanokdb.kr/main/rnd/main/main.do>
「화중tech」, <http://www.hztech.co.kr>
「황두진 건축사사무소」, <http://www.djharch.com>
「DYRUP」, <http://www.biopaints.co.kr>
「Bonin Architects & Associates Pllc」 "Portfolio selected projects", <http://www.boninarchitects.com>
「WOODPLUS」, <http://www.iwoodplus.com>

4. 특허

강재식 외(2013), 한옥 및 한옥의 제조방법, 한국건설기술연구원

강재식 외(2013) 목조주택 기둥의 단열구조 및 목조주택 기둥의 단열방법, 한국건설기술연구원·유한회사 에스와이

강재식 외(2013), 단열재 및 환기시스템을 구비하는 목조주택, 한국건설기술연구원·유한회사에스와이

김기현 외(2013), 「한옥 및 한옥의 제조방법」, 유한회사에스와이·한국건설기술연구원

김재현(2005), 「조립식 한옥기와지붕판」, 대한한옥개발 주

김진식(2012), 당골막이, 주식회사 양백

김인수(2011), 「한옥용 벽체」, 김인수

김승호(2014), 한옥의 기둥구조, ㈜조인하우징

김수인 외(2013), 「해조류를 이용한 건축용 회반죽 조성물 및 이의 제조방법」, 조선대학교산학협력단·(주)광아

김왕직 외(2014), 「영창 교체식 한옥 시스템 창호와 이의 제조 및 시공방법」, 명지대학교산학협력단·(주)티엔디

김왕직 외(2014), 덧서까래형 한옥지붕 및 그 제작방법, 명지대학교산학협력단

김홍식(2013), 한옥의 개량형 당골막이, 명지대학교산학협력단

남봉우(2012), 조립식 목조 주택용 나무 블록, 남봉우

민병섭(2010), 2중바닥구조의 한옥지붕 결구방법, 민병섭

서기빈 외(2008), 소음 및 충격을 저감용 완충재, 한국석유공업주식회사·서울시립대산학협력단·SH공사

서우원(2011), 한옥 및 목조주택의 지붕구조, 서우원

송민정 외(2013), 「복합 여단이 창호」, 전남대학교산학협력단

안치용(2011), 「입체문양 창호 한지 및 그 제조방법」, 안치용

어경해 외(2011), 건축용 내화목재 공학부재 제작방법, 어경해·어경삼·어경일

여환명 외(2014), 중공목재 건조방법, 서울대산학협력단

이우재(2012), 「다중문살 창호」, 이우재

이원재(2011), 목재기둥 기초구조 및 그 시공방법, 주식회사 쉐린지코리아

이상욱(2006), 중간 소음방지를 위한 뜬바닥 구조, 고려신소재산업 주식회사

이종신 외(2014), 「환개미 방재 유화성 목재 유지관리용 보존제」, 충남대학교산학협력단·(주)한캠조현진 외(2006), 「표면마
감재용 한지 및 이의 제조방법」, 대한민국(산림청 국립산림과학원장

이한옥(2010), 다중접착집성재의 제조방법, 경민산업주식회사

박수구 외(2012), 「친환경 한옥형 지붕마루」, 박수구,

박영배 외(2012), 「한지와 목재 창살을 이용한 이중 창호시스템 및 그 시공방법」, 미광창호주식회사

박차훈(2012), 태양전지모듈이 부착된 전통한옥기와, 박차훈·(주)누벨

정공선(2012), 「한옥 벽체 구조물」, 정공선

정공선(2012), 한옥 창호시스템, 정공선

정인철 외(2013), 태양열 집열 기와 지붕구조, ㈜디앤에스건설정인철

전중석(2010), 안솔림 기둥배치 방식으로 이루어진 복층 목조 건축물 구조, 무안군

조영희(2014), 목재기둥용 기초콘크리트, 주식회사 천지콘텍·조영휘

조희범(2010), 건축용 기능성 복합패널, 조희범

한진(2012), 한옥용 당골막이 착고를 이용한 시공방법, 화천군 한진

한삼화(2012), 「다양한 색상의 황토벽돌 제조를 위한 표면 성형 방법 및 그 장치 및 그 제품」, ㈜삼화씨원

황두진(2010), 「한옥 시스템 창호」, ㈜황두진건축사사무소

황종국 외(2013), 목조건축의 판형 기둥 연결 장치, 한국전통문화대학교산학협력단

한진수(2011), 통나무 목재블록 및 이를 이용한 벽체구조, ㈜토방하우징

Recent Changes and Prospects of Hanok Building Technology

Lee, Kang Min
Oh, Sung Hoon
Ku, Bon Hyun
Kim, Kot Song I

Chapter 1. Introduction

This study proposed a direction of developing technologies involved in Hanok(Korean Traditional Style House) construction and a policy for popularizing the technology. This study examined the modern Hanok technology which had been developed to increase performance and economic efficiency of Hanok. This study also simulated structural performance and environmental efficiency of Hanok by applying the modern Hanok technology.

Chapter 2. Social Recognition on Hanok Technology

As understanding social recognition on the Hanok technology and construction cost, we examined major issues, sudden pop or drop words, and chronological changes that were all related to ‘Hanok technology’ by exploring web-pages, blogs, and so on.

The result showed that insulation performance, energy related technology and standardization, and cost were popular issues in today, compared with past issues which were about structure and feature of Hanok, material, and traditional skills. As popularizing Hanok village tour programs and experiences, social recognition on

Hanok is shifting from a traditional Korean house(i.e., Hanok) to a contemporary living place where can be built by yourself.

Chapter 3. Development of the Hanok Technology and Product

In this chapter, this study prepared a list of Hanok technology and product and analyzed 179 patents of Hanok technology and 112 products related.

The analysis result showed the patents involved in Hanok construction had been increasing and the patents were focused on major structural parts of Hanok. This study also found that producing the Hanok roof tile, window, and fence was highly limited to few manufacturers.

The Hanok technology that had been developed through a government-led R&D project was mostly focused on new methods to construct Hanok; however, those patents were not likely to be commercialized.

Technologies related to environmental performance were developing to increase construction feasibility which could be matched to modern life style; however, development of the technical design and product were not active so that it was necessary for a policy to promote various experiments and suggestions on the technical design and products.

Chapter 4. Performance Analysis of Structural Technology for Hanok

By analyzing the structural performance, in this chapter, this study proposed planning and technical alternatives for increasing structural performance. The structural performance was analyzed by comparing performances of structure, material, frame, roof of wooden houses with those of Hanok. This analysis also enabled this study to provide alternatives that the structural technology of wooden houses could be applied to Hanok.

The analysis result showed that the necessary input quantity and traditional locating position of materials could be optimized so that construction costs could be decreased. This study also found that material's horizontal positioning would perform

more efficiently and reasonably with a single big material positioning than using double layered materials.

The alternatives on structural technology this study proposed were developing proper measurement systems, earthquake-proof ground plan and elevation, design details on structurally separating parts, and so on.

Chapter 5. Performance Analysis of Environmental Technology for Hanok

In this chapter, we examined the indoor comfortability and energy consumption applying environmental technology to Hanok.

The result showed, as the length of an awning goes longer, that the energy consumption for air conditioning in summer season decreased, but the energy consumption for heating in winter season increased. The dehydration in summer season was found to play an important role for the indoor comfortability. The air tightness of Hanok was another finding in increasing energy efficiency of Hanok.

Chapter 6. Conclusion

As a conclusion this study proposed the development prospect of Hanok technology with political agenda for the technical development. An independent supporting policy which considers the feature of technology and pace of development is necessary for the development of Hanok technology. A system which certifies Hanok material and environmental performance is also needed. A promoting policy which can encourage various modern construction industry so to increase the demand for Korean style is also proposed.

Keywords : Hanok Technology, Social Recognition of Hanok, Hanok Product, Structural Technology for Hanok, Environmental Technology for Hanok

