

2025년 추계학술발표대회 : 일반부문

한중 고건축 목구조 부재 수리 기법 비교 연구 - 대목 부재의 수리를 중심으로 -

Comparative Study on Repair Techniques for Wooden Structural Components in Traditional Chinese and Korean Architecture

- In Case of Subtitle the repair of timber framing member -

○란 성 야* 류 성 룡**
Lan, Xing-Ye Ryoo, Seong-Lyong

Abstract

Traditional architecture in China and Korea primarily consists of timber structures, which often face issues such as cracking, corrosion, and damage. To date, heritage conservation experts in both countries have conducted extensive research on the repair techniques for wooden components. However, comparative studies on the repair and reinforcement technologies between the two nations remain limited. This research compares and analyzes the restoration methods for wooden members in Chinese and Korean ancient architecture, identifying their distinct characteristics to facilitate technical exchange and mutual learning in heritage conservation.

키워드 : 한중 목조 고건축, 목부재, 보수 기법, 보강 기술

Keywords : Chinese and Korean ancient timber structures, wooden components, repair techniques, reinforcement technology

1. 서론

1.1 연구의 목적

본 연구는 2000년 이후의 한·중 고건축 보수 사례를 분석하고, 기둥·보 등 목구조 부재의 보수·보강 기술을 비교 분석함으로써 양국 목부재 보수 기법의 고유한 특징을 규명하고, 이를 바탕으로 양국 간 보수·보호 기술에 관한 기술 교류를 위한 기초 자료 확보에 목적이 있다.

1.2 연구의 방법

본 연구는 중국과 한국의 중요한 목부재 수리 기술을 비교 분석하기 위해 균열, 부후과 기타 훼손유형, 주요 손상 유형을 부재별(기둥, 보, 다른 부재)로 분류하여 연구하였다. 중국의 사례를 분석하기 위해 《고건축 목구조 유지 및 보강 기술 표준》과 《문화재 보수 공학 전문 인력 학습 자료- 고대 건축》를 이용하였고 한국의 사례를 분석하기 위해 《전통건축 수리기술 사례집01 목부재재사용을 위한 보수·보강사례》와 《목부재 재사용을 위한 보수·보강 안내서》를 이용하였다.

*고려대 건축학과 석사과정

**고려대 건축학과 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architecture , Korea University, ryooosl@korea.ac.kr)

2. 균열 부후에 대한 수리 기법 비교

2.1 기둥 수리 기법

기둥 균열에 대한 중국 수리 방법은 다음과 같다. 균열 깊이가 기둥 직경 또는 해당 단면 크기의 1/3을 넘지 않는 경우 “嵌补法(끼워맞춤 수리법)”을 적용한다. 균열의 폭이 3~30mm인 경우에는 목편을 삽입하고 개질 구조용 접착제를 써서 고정한다. 한국에서는 수지 처리 및 목편 삽입을 이용하는 것은 같지만, “나비장”을 대형 목부재에 적용하는 것이 특징이다.²⁾

기둥 부후에 대한 중국의 수리 방법은 嵌补(끼워맞춤 수리법), 包镶(포장수리법), 墩接(이음법) 등을 사용하고, 한국에서는 기둥 하단이 전체적으로 부후된 경우 “기둥이음법”을 적용하고, 부분적 부후에는 수지 처리로 보강한다.

한국의 수리 특징은 주로 기둥을 이음하는 것으로, 이음 기법의 종류가 매우 다양하며, 기둥 외부에 철물, 나무 판 등의 부재를 사용하여 보강하는 경우가 적다. 또한, 한국은 중국에서 사용하는 포장 기법을 거의 사용하지 않으며, 중국의 이음과 비교했을 때 철물 사용의 경우가 적다는 점이 특징이다.

²⁾ 중국은 일반적으로 소형 목부재에만 “나비장”을 사용한다.

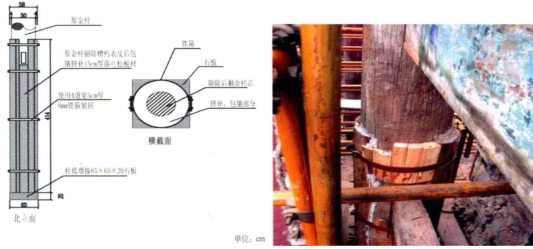


그림 1. 중국 안묘 수리공사 포장수리법

(출처 : 곡부시 문물관광국, 곡부시 문물관리위원회, 산둥건축 대학 공저, 『곡부 안묘 복성전 대수리 실록』, 2011, p.67)

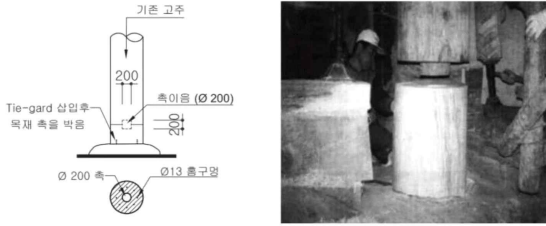


그림 2. 한국 김제 금산사 미륵전 기둥 신재 보강

(출처 : 전통건축수리기술진흥재단, 『전통건축 수리기술 사례집 01 목부재재사용을 위한 보수·보강사례』, 2021, p.37)

2.2 보 수리 기법

보 균열을 수리하는 중국의 방법은 다음과 같다. 嵌补法(끼워맞춤수리법), 支顶法(지지 보강법), 机械补强法(기계적 보강법) 등을 이용한다. 한국도 유사하게 철판이나 철제 스트립을 사용하여 보강하는 방법을 많이 이용한다.

보 부후를 수리하는 중국의 방법은 다음과 같다. 嵌补(끼워맞춤수리법), 补强(보강), 墩接(이음법) 등의 방법을 사용한다. 이와 비교하면 한국에서는 특이한 사례로서 부후된 보를 수리할 때 “내장형 스테인리스강 봉”을 사용하는 방법이 이용되는 점이다.

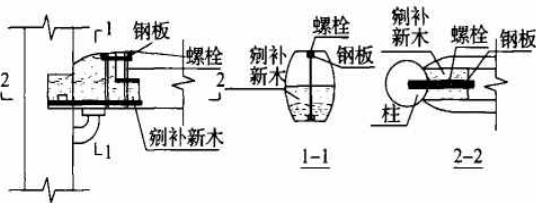


그림 3. 중국 보(부식된 보머리 교체) 이음법 설명도

(출처 : Li Aiqun, Zhou Kunpeng, Wang Chongchen, et al. Analysis and prospects of restoration and reinforcement technologies for ancient Chinese timber - framed buildings[J], 2019, p.3)

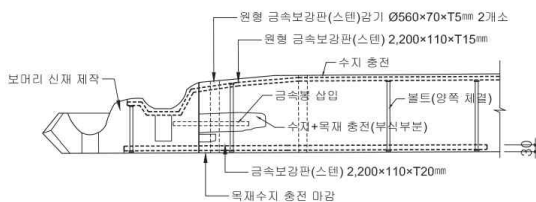


그림 4. 한국 전주 풍패지관 대들보 신재, 철물, 수지 보강 계획도

(출처 : 전통건축수리기술진흥재단, 『전통건축 수리기술 사례집01 목 부재재사용을 위한 보수·보강사례』, 2021, p.97)

표1. 한국과 중국의 부재별 주요한 수리 기법 비교

부재	훼손유형	중국방법	한국방법
기둥	균열 갈래	끼워맞춤수리법 (嵌补法)	(췁기 목재편 메움목 나비장 보강목...등) 설치
	부후 부식	끼워맞춤수리법 (嵌补法) 포장수리법 (包镶法) 기둥이음법 (墩接法)	수지 충전 보강목 설치 동바리이음
보	균열 갈래	끼워맞춤수리법 (嵌补法) 지지보강법 (支顶法) 기계적보강법 (机械补强法)	수지충전 (피쇠, 철판, 목 재편...등) 설치
	부후 부식	끼워맞춤수리법 (嵌补法) 보강법 (补强法) 이음법 (墩接法)	수지 충전 부재이음 (스테인리스 강봉, 목재편, 덧댐목, 나비장 강판...등) 설치
도리	균열	현상태 유지, 충전 처리, 강판으로 보강 등	목재편 설치, 췁기 설치, 나비장 설치 등방법
	부후	파내고 보충(剔补), 도리이음(拼接), 부도리추가 (增加附標), 꽃아보충(栽补) 등	메움목 설치, 수지 충전, 수지 마감, 신재이음, 볼트 설치 등방법
방	균열부후	보의 수리 기법과 유사함	보의 수리 기법과 유사함
서까래	균열부후	직접 교체, 부침법(附榫法), 보충(镶补), 개조 등	교체, 수지 충전, 보강목 설치, 개조 등 방법
추녀	균열	접착제를 사용, 철띠와 볼트로 고정	철판 설치(볼트 조임), 피쇠 설치, 수지 충전
	부후	접보법	보강목 설치, 수지 충전, 강판 설치, 나비장 설치
포	균열부후	볼트로 보강, 틈을 주입하여 접착; 부식 인 부분제거, 신목재 를 보충 등방법	덧댐목 설치, 피쇠 설치, 수지 접합, 볼트 설치, 금속봉 삽입

2.3 기타 목부재 수리 기법

중국과 한국은 도리, 인방의 균열과 부후에 대한 수리 방법이 보의 수리 방법과 매우 유사하다. 특히 중국은 도리의 방법에 있는 부도리 추가(增加附標), 꽃아 보충(栽补)

법을 사용하여 “최소개입”의 수리 방향을 잘 준수하며 손상된 부재를 잘 보존할 수 있다.

균열, 부후인 서까래의 수리 기법은 대부분 직접 교체한다. 또한 손상되어 복구할 수 없는 서까래를 개조하여 사용하는 방법은 권장할 만한 방법으로, 한국과 중국 모두 이용한다. 예를 들어, 처마서까래를 뇌서까래(腦椽)로 개조하는 등, “원재료(原材料)” 수리방향을 잘 준수하고 있다.

중국과 한국은 균열과 부후인 추녀(角梁)와 공포(斗拱)의 수리 방법도 매우 유사하다. 예를 들어 압력으로 인해 높이가 부족한 포의 경우 중 덧댐목을 설치하여 높이를 조정한다. 특히, 한국은 공포 수리 방법에서 금속봉을 삽입하는 방법을 사용하여 공포의 강도를 높이고 외관에 대한 영향이 적다.

3. 기타 훼손유형에 대한 수리 기법 비교

3.1 처짐에 대한 수리 기법

보, 방, 도리 등 부재의 처짐은 흔히 발생하는 현상이다. 중국에서는 처짐이 비교적 경미하고 부재의 지지 능력에 영향을 미치지 않는 경우, 휘어진 부재를 180도 뒤집어 계속 사용할 수 있다. 처짐이 크고 처짐량이 규정 한계를 초과하는 경우, 일반적으로 부재 아래에 기둥을 세워 지지하거나, 보와 방 안에 탄소섬유판(碳纤维板), 형강(型钢)을 매설하며, 부재를 교체하는 등의 방법으로 처리한다.

한국에서는 처짐에 대한 수리는 부재 내부에 스테인리스 강봉(不锈钢棒)을 매설하는 방식을 사용한다. 이 방법은 부재 외관에 미치는 영향이 최소화되는 동시에 부재의 휨 저항 성능을 증강시키는 효과가 좋은 기법이다.

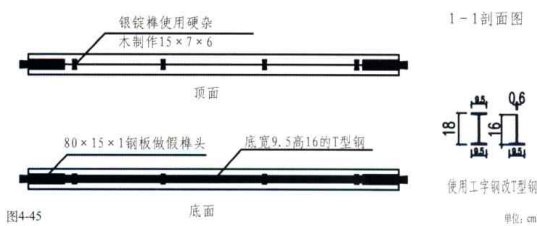


그림 5. 처짐인 액방에 대한 “T”형 강철 보강법

(출처 : 곡부시 문물관광국, 곡부시 문물관리위원회, 산동건축대학 공저, 『곡부 안료 복성전 대수리 실록』, 2011, p.76)

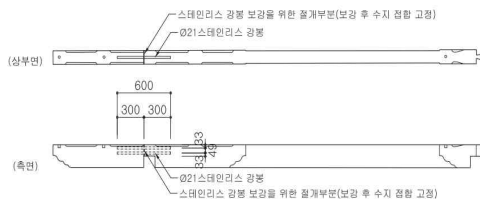


그림 6. 한국 안동 봉정사 극락전 처짐인 뜯장여에 대한 금속봉 삽입

(출처 : 전통건축수리기술진흥재단, 『전통건축 수리기술 사례집01 목부재재사용을 위한 보수·보강사례』, 2021, p.129)

3.2 결구부 파손·이완에 대한 수리 기법

중국에서는 장부(樑頭)가 완전한 경우, 목조 가구를 바로잡은 후 철물로 연결하고 보강 부재를 추가한다. 보와 방은 장부가 부패하거나 부러져 이탈되었을 경우, 손상된 부분을 제거하고 신재 장부를 원래 부재에 접착제로 단단히 붙이고 철제 부재로 고정된 후 이음한다.

한국의 방법 중 방의 머리-몸체 접합면에 금속봉을 삽입하는 기법이 있다. 이 방법은 동시에 부재의 강도를 크게 증강시키고, 결구부와 목가구의 안정성을 강화하며, 부재 외관에 미치는 영향도 비교적 적다. 결구부에서 나비장을 사용하는 것도 한국 특색의 보강 기법이다.



그림 7. 한국 운현궁 아재당 결구부 창방 훼손부 금속봉 삽입 (출처 : 전통건축수리기술진흥재단, 『목부재 재사용을 위한 보수·보강 안내서』, 2024, p.172)



그림 8. 한국 여수 진남관 결구부 나비장과 띠철 보강 (출처 : 전통건축수리기술진흥재단, 『목부재 재사용을 위한 보수·보강 안내서』, 2024, p.210)

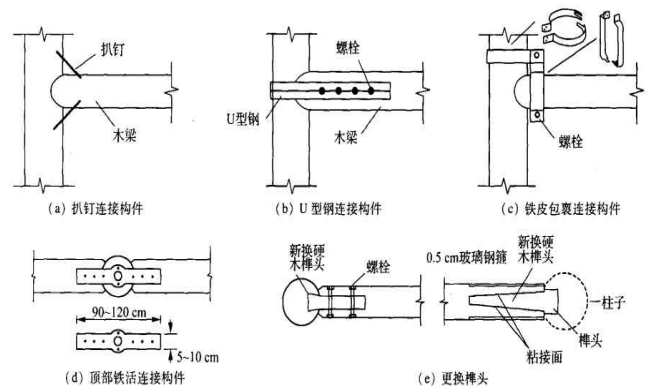


그림 9. 중국 결구부 보강법 설명도

(출처 : Li Aiqun, Zhou Kunpeng, Wang Chongchen, et al. Analysis and prospects of restoration and reinforcement technologies for ancient Chinese timber - framed buildings[J], 2019, p.5)

4. 결론

중국 고건축 목부재 수리 방법의 특징은 기둥의 균열 처리에서 확이할 수 있다. 균열 폭이 3mm 미만일 때는 기둥의 유식 또는 단백 과정에서 퍼티로 채워 단단히 마감할 수 있다. 균열 폭이 3mm-30mm일 때는 나무 조각으로 채우고 개질 구조용 접착제로 고정한다. 균열 폭이 30mm를 초과할 때는 나무 조각으로 개질 구조용 접착제로 채워 단단히 붙인 후 기둥의 균열 부분에 철 밴드 또는 섬유 복합 소재 밴드 (2 또는 3개)를 추가해야 한다. 기둥의 균열 부분이 길 때는 밴드의 수를 적절히 늘리는 것이 좋다.

한국 고건축의 목부재 수리 방법의 특징은 고건축 수리에서 “최소 개입” 원칙을 지켜 고건축의 외관에 미치는 영향을 최소화하는 데 있다. 금속재 연결 기술을 이용해 부식된 기둥을 교체 후 접합하며, 철 밴드와 큰 나무판을 적게 사용함으로써 외관에 대한 영향을 최소화한다. 대들보가 부후하여 구조 문제가 발생할 경우, 내장형 스테인리스강 봉을 사용하여 접합 시 불필요한 제거 범위를 줄이는 한편으로 동시에 철제 물건이 쉽게 녹스는 문제를 해결한다.

현대에 들어서며 다양한 현대적 보강 기술이 등장했지만, 이러한 기술들의 실용성은 아직 실험을 통해 검증되어야 할 부분이 많다. 중한 두 나라 역시 이와 관련된 다양한 실험을 진행해 왔다. 예를 들어 부재의 휨 문제에 대해 주조양(朱兆阳) 등은 휨 하중 실험을 통해 FRP판을 은폐식으로 보강한 목보(木梁)의 휨 성능을 연구했다. 한국에서도 추녀(角梁) 내부에 티타늄 봉을 삽입하여 휨 저항 실험을 진행한 바 있으며, 부패 부분을 제거하고 추가 목재를 끼워 넣은 후 티타늄 봉으로 보강함으로써 초기 휨 강성을 향상시켰다. 전통적인 수리 보강 기술과 현대적 보강 기술은 각각의 특징과 장단점을 가지고 있으며, 앞으로도 중한 두 나라의 수리 기술에 대한 관심과 연구를 지속해 더욱 과학적이고 완벽한 고건축 수리 기법을 찾아나갈 것이다.

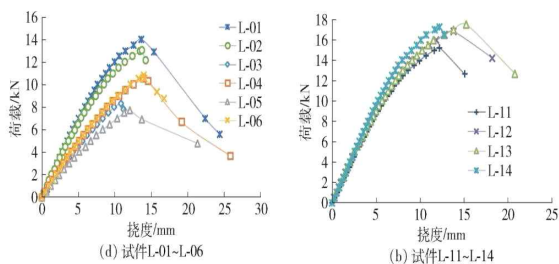


그림 10. 중국 정상보 (a)와 FRP판으로 보강한 보 (b) 하중-변위 곡선도

(출처 : Zhu Zhaoyang, Qian Wei, Cheng Liting, et al. 「Flexural Performance of Ancient Building Wooden Beams Strengthened with Hidden FRP Plates[J]」. Journal of Beijing University of Technology, 2019, p.5)

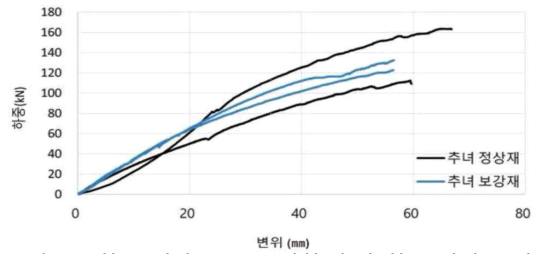


그림 11. 한국 티타늄 봉 보강한 추녀 하중-변위 곡선도
 (출처 : 전통건축수리기술진흥재단, 『목부재 재사용을 위한 보수·보강 안내서』, 2024, p.102)

참고문헌

1. 국가유산청, 『문화재 수리 표준 시행서』, 2024
2. 곡부시 문물관광국, 곡부시 문물관리위원회, 산동건축대학 공저, 『곡부 안료 복성전 대수리 실록』, 2011
3. 란성야, 류성룡, 『남선사 대전 수리 공사의 의미』, 한국건축역사학회, 2025
4. 문화재 보수 공학 전문 인력 학습 자료 편찬 위원회, 『문화재 보수 공학 전문 인력 학습 자료- 고대 건축』, 2020. <http://www.icomoschina.org.cn/>. 2025년09월14일
5. 전통건축수리기술진흥재단, 『목부재 재사용을 위한 보수·보강 안내서』, 2024
6. 전통건축수리기술진흥재단, 『전통건축 수리기술 사례집01 목부재재사용을 위한 보수·보강사례』, 2021
7. 중국 주택 및 도시·농촌 건설부, 『고건축 목구조 유지 및 보강 기술 표준』, 2020
8. Li Shuangquan. (2025). 「Comparative Study on Modern Reinforcement Techniques for Mortise-Tenon Joints in Traditional Timber Structures[C]」. Proceedings of the 2025 Conference on Engineering Technology Application and Management.
9. Li Aiqun, Zhou Kunpeng, Wang Chongchen, et al. (2019). 「Analysis and prospects of restoration and reinforcement technologies for ancient Chinese timber - framed buildings[J]」. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 49(1).
10. Cui Hang, Shi Bixin, Chu Yunpeng, et al.(2022). 「Research on Restoration and Reinforcement Techniques for Timber Structures of Ancient Architecture[J]」. Shanxi Architecture, 48(6).
11. Zhu Zhaoyang, Qian Wei, Cheng Liting, et al. (2019). 「Flexural Performance of Ancient Building Wooden Beams Strengthened with Hidden FRP Plates[J]」. Journal of Beijing University of Technology, 45(2)