

문화재 지진재해 기초평가 연구용역

(중간 보고서)

2013. 08



한국지진공학회

제 출 문

문화재청 귀하

이 보고서를 문화재청에서 발주한 ‘문화재 지진재해 기초평가 연구용역’ 과제의 중간보고서로 제출합니다.

- 주관연구기관명: 한국지진공학회
- 책임연구원: 홍성걸, 서울대학교
- 참여연구원: 김호수, 청주대학교
황종국, 한국전통문화대학교
장헌덕, 한국전통문화대학교
(사) 호연건축문화유산연구원

2013. 08

한국지진공학회 회장 김재관

목 차

제1장 서론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.1.1 연구 배경	1
1.1.2 연구 목적	2
1.2 연구 범위	2
1.2.1 연구 범위	2
1.2.2 조사 대상 문화재	3
제2장 일본 문화재 지진 사례 및 예방대책	16
2.1 일본 문화재 피해상황	16
2.1.1 지진 발생 현황	16
2.1.2 지진 피해 현황	17
2.1.3 주요 문화재 피해 사례	19
2.2 일본 문화재 내진 진단 프로세스	20
2.2.1 내진 예비 진단	20
2.2.2 전문적 내진 진단	20
2.3 내진 보강 방법	21
2.3.1 기본적인 원칙	21
2.3.2 보강 방법	21
2.4 일본 건조물 내진 보강 사례	23
2.4.1 浄興寺本堂 (조코지 본당)	23
2.4.2 山形県旧県会議事堂 (야마가타현 구현회의사당)	24
제3장 목·석조 문화재 현장 조사	25
3.1 조사표 체계	25
3.1.1 현장조사 범위	25
3.1.2 현장조사 인원	25
3.2 조사 매뉴얼 작성	27
3.2.1 일반현황	27
3.2.2 세부사항-석탑	27
3.2.3 세부사항-전탑	28
3.2.4 석교 세부항목	28
3.2.5 목조 세부항목	29
3.3 현장 조사 분석	29

3.3.1 석탑	29
3.3.2 전탑	33
3.3.3 석교	34
3.3.4 목조	35
3.4 조사 보완 사항	37
3.4.1 자료확보	37
3.4.2 조사기준의 불명확함	37
제4장 목조 문화재 내진 진단 매뉴얼 의사결정 방법	38
4.1 내진 평가 문항의 타당성 검토	39
4.1.1 평가 문항 타당성 검토 과정	39
4.1.2 상관계수 분석	39
4.1.3 각 항별 상관계수 분석	41
4.1.4 상관관계 검토 후 변화 문항 창출	45
4.1.5 소결	47
제5장 석조 문화재 내진 진단 매뉴얼 의사결정 방법	48
5.1 내진 평가 문항의 타당성 검토	48
5.1.1 평가 문항 타당성 검토 과정	48
5.1.2 상관계수 분석	49
5.1.3 각 항별 상관계수 분석	50
5.1.4 결과분석	55
5.1.5 매뉴얼 기초점검 항목의 분석 및 대안	56
참고문헌	58
부록	59
A. 문화재 현장 조사 내용(목조)	60
A. 문화재 현장 조사 내용(석조)	74
B. 중요문화재 (건조물) 내진예비진단실시요강(일본)	97
C. 내진 예비 진단서(일본)	107

제1장 서론

1.1 연구 배경 및 목적

1.1.1 연구 배경

○ 이 연구과제는 한반도의 지진활동의 증가와 기후변화에 대하여 우리 문화유산의 항구적인 보존을 위한 일환으로 건조물문화재를 중심으로 마련한 내진성능평가와 그에 대한 기초평가매뉴얼의 현장 적용성의 검토와 이에 따른 개선안을 도출하고자 한다. 표본조사를 위하여 선정된 목조 문화재와 석조문화재에 초점을 맞추어 현행 건축설계기준의 지진하중 산정 절차에 충실하게 맞추고 문화재 특성을 고려한 구조거동을 평가하는 방법을 제시하였으나 실무자의 전문성을 요구하므로 육안평가와 주변 정보를 통해 신속하고 용이하게 내진성능평가가 가능한 개선된 지침절차가 필요하다.

○ 평가결과에 따라 적절한 추가 정밀평가 및 보강이 필요하므로 기초 내진점검은 중요한 단계이다. 이번 연구과제는 초보적인 지진재해대책을 제시하고 단계적으로 종합적인 평가방법으로 발전하는 토대를 마련하고자 한다.

1.1.2 연구 목적

○ 자연 재해 중 지진은 예측하기 어려운 특성으로 문화재를 비롯한 중요 구조물은 가능한 예방차원에서 점검을 통해 안전도를 확보하여야 한다. 제안 과제는 문화재의 상시 점검의 일환으로 기초내진성능평가를 위한 제시된 매뉴얼의 현장 적용성과 평가결과의 신뢰성을 높이기 위하여 점검결과와 대표적인 문화재의 정밀평가와 비교하여 적용성의 확대 및 평가결과의 신뢰도를 향상을 주요 연구목표로 한다.

○ 매뉴얼 사용의 장점은 비전문가까지 사용의 간편함이 높아야 하나 반면 결과의 신뢰성은 전문가의 초기 판단 결과에 비하여 높은 신뢰성을 유지하여야 한다. 결과적으로 현장조사의 생생한 데이터를 정확하게 평가할 수 있는 지침과 절차에 대한 폭넓은 검토가 필요하다. 이를 통해 현장에서 적용 가능한 개선된 기초점검매뉴얼의 제안이 필요하다. 또한 기초 점검결과 내진성능이 취약한 문화재에 대한 긴급대처 방법을 제안하여

적절한 내진보강의 후속절차에 대한 예비조치를 마련한다.

1.2 연구 범위 및 연구 방법

1.2.1 연구 범위

(1) 공간적 범위

- 경상도, 전라도, 충청도에 분포하는 국보·보물 건조물 문화재 203개소

(2) 내용적 범위

- 문화재명, 일반현황, 주변현황, 조사항목 등 매뉴얼에 따른 체크 시트 작성
- 주변 및 문화재 현황 사진 기록
- 지진 및 보수 이력 검토
- 목조건조물, 석탑, 전탑, 석교 등 유형에 따른 매뉴얼 적용

1.2.2 조사 대상 문화재

- 경상도, 전라도, 충청도에 분포 ⇒ 전체 69개 시·군 203개소의 문화재
- 지역별 분포 수량에 따라 경상권(100), 전라·충청권(103) 2개의 권역으로 설정
- 조사팀은 2개 팀으로 구성

표 1.1 조사 대상 문화재

조사팀	소재지		목조	석조	합계	비고
1팀	경상도	경상남도	3	28	31	
		경상북도	5	64	69	
	소 계		8	92	100	
2팀	전라도	전라남도	5	47	52	
		전라북도	2	14	16	
	소 계		7	61	68	
	충청도	충청남도	1	16	17	
		충청북도	1	17	18	
	소 계		2	33	35	
합 계			17	186	203	

1.2.2 연구 방법

(1) 문화재 현장기초점검

· 기초자료 조사 및 점검은 매뉴얼에 제시된 항목을 바탕으로 목조 및 석조문화재의 내진성능을 검토하는 방법이다. 기초점검은 육안 관찰과 기록의 내용을 검토함으로 수행한다. 기초점검은 간단한 표를 이용하여 작성하므로 간단한 대신에 사전에 필요한 정보 및 준비 작업이 중요하다.

가. 기초점검을 위한 사전작업으로 조사대상물에 대한 자료 확보 및 조사가 선행되어야 한다. 비록 간단한 방법이지만 평가결과의 객관성과 신뢰성의 확보를 위하여 자료를 충분히 확보하고 그에 대한 가능한 자료 분석절차 및 평가 예시를 제시한다.

나. 기초점검평가의 결과표는 기본적인 조사과정에서 수행할 수 있는 방법이다. 이러한 기초점검 결과는 문화재가 가지고 있는 내진성능 수준과 지진위험 요소를 총체적으로 살펴볼 수 있는 기초자료로 사용된다. 항목선정의 합당성 그리고 상호 영향도를 평가하여 결과표의 개선을 제시할 수 있는 기초자료로 이용한다. 이 과제는 지진재해에 대한 기존의 연구결과를 토대로 효과적인 성능수준과 평가방법을 제시하고 그에 대한 지진피해를 최소화 할 수 있는 보호 방안을 제시한다.

다. 지반 및 목조 또는 석조 결과물에 대한 종합결과표 작성한다.

라. 평가표 점수 및 등급 결정을 위한 2인 이상의 상호 검토를 통해 객관성을 향상시킨다.

마. 보고서 작성 방법을 통해 많은 자료의 일관성을 유지하도록 한다.

바. 평가결과에 사후 조치로 상부보고 및 임시 및 긴급조치 방법을 권장한다.

(2) 현장조사

· 경상도, 전라도, 충청도 지역 국보 목조문화재 17건 및 국보·보물 석조문화재(석탑, 전탑, 석교) 186건에 대한 현장점검을 내진점검 및 진단 매뉴얼을 이용하여 실시하여 평가항목의 선정 및 개선에 대한 기초자료를 제공한다. 합리적인 현장조사를 사전 문헌조사 후 현장조사를 수행한다. 수행한 평가결과는 수차례를 전문가 자문을 통해 객관적인 평가등급

을 도출하도록 한다.

(2) 현장조사방법의 신뢰성

- 예상하는 현장조사에 따른 점검항목 분석 내용은 다음과 같다.

◆ 목조

1) 지진 및 지반상태

- 지반상태에서는 대상 지역에서 지진발생 기록, 지반상태, 기단부상태 등을 관찰자가 정성적으로 평가하는 항목이다. 지진발생이력은 인근에 존재하는 기상대 기록을 통해 지진발생 기록이 있는 경우 지진발생 가능성이 있는 것으로 볼 수 있다. 지반상태는 산지와 평지를 구분하여 적용하는 정도의 의미로서 산지의 경우 수위의 영향이 없어서 토사 지반이 단단한 것으로 판단할 수 있다. 기단부 훼손에 관한 사항은 매우 양호한지의 여부를 묻는 것으로 일부 훼손이 있을 경우 기단부 상태는 양호하지 않은 것으로 판단할 수 있다.

2) 수리기록 및 현재 상태

- 수리상황에서는 기둥/창방 접합부 수리상황과 기둥 수리기록 및 상태에 관점을 두고 점검한다. 최근 5년 내에 기둥 창방 접합부가 수리된 경우 접합부 상태가 온전한 상태를 유지하는 것으로 볼 수 있으며, 이 사항은 부분과 전면 수리 모두를 포함한다. 기둥 동바리 이음의 경우 이음이 존재하는 경우 지진에는 불리하다는 관점을 적용한 것으로 1개 까지는 문제가 없지만 2개 이상의 경우 지진 대응력이 약화될 수 있는 것으로 판단할 수 있다.

3) 구조형식

- 구조형식에서는 층수, 다포집 여부, 활주의 유무, 단변부 세장비, 반자의 유무, 지붕형태, 층수는 단층의 경우 유리한 것으로 판단한다. 다층인 경우에는 전문평가를 수행할 권장한다.
- 다포집 여부에서는 다포집의 경우 기둥 창방 프레임이 거의 사각평면 형태를 유지하면서 움직일 수 있도록 구속할 수 있다는 점을 장점으로 판단할 수 있다. 활주가 존재하는 경우 지붕 구조 보강의 의미도 있지만, 기본적으로는 지붕가구에 불안정성을 내제하고 있고 이 점은 지진에 약한 면을 갖는다는 점을 고려하여야 한다.

단변부 세장비의 경우 세장비가 클수록 불리한 상황이 발생하기 때문에 세장비가 작은 것을 유리한 것으로 판단하여야 한다. 실제 치수를 측정해서 적용하기 보다는 일정 거리에서 목측에 의한 비례값을 적용한다는 의미를 갖는다. 반자의 경우 반자를 설치하기 위한 장선에 의해 지붕가구의 견고성이 높아질 수 있다는 점을 장점으로 고려할 수 있다. 지붕형태의 경우 팔작지붕의 경우 일반적으로 기둥/창방 프레임을 사각평면 형태로 좀 더 견고하게 눌러줄 수 있다는 점을 고려할 수 있다. 누수흔적의 경우 누수흔적이 존재하는 경우 지붕가구 접합부에 누수에 의한 부식이 존재할 가능성을 고려할 수 있다.

4) 구조부재상태

- 구조부재 상태에서는 누수흔적의 여부, 수평부재 처짐 여부, 결구부위 훼손 여부, 벽체 틈 여부, 구조부재 충해 여부, 지점부위 부식 여부의 사항에 대해 점검한다.

- 수평부재 처짐의 경우, 정밀한 실측 값을 요구하는 것이 아니고 점검자가 판단하기에 불안을 느낄 정도로 수평부재에 처짐이 발생되었는지의 여부를 묻는 사항이다. 결구 부위 훼손의 경우는 점검자의 판단으로 결구 부위가 너무 벌어진 부분이 있는지를 묻는 사항이며, 벽체 틈새 여부 역시 점검자의 주관적 판단에 의해 결정할 항목이다. 구조보재 충해의 경우 주로 기둥에 개미 등에 의한 충해가 발생되었는지를 묻는 항목이다. 지점 부위 부식의 경우 초석과 기둥의 접촉면에 습기에 의한 부식이 있는지를 묻는 항목이다.

5) 지붕면 상태

- 지붕면 상태에서는 지붕면 상태, 기와 탈락의 여부를 주요 점검 항목으로 하고 있다. 지붕면 상태에서는 지붕면에 배부름 등의 굴곡이 존재하는지를 확인하는 것인데 만약 배부름 현상이 존재하는 경우, 서까래를 포함한 지붕 가구에 힘의 불균형 또는 지붕 가구의 불안정성이 함유되어 있다는 점을 고려한 것이다. 기와 탈락의 경우, 지붕면의 경사 변화를 주요 관점으로 하는 것이지만, 기와 자체의 훼손까지도 포함하는 것으로 볼 수 있다.

6) 주변환경

- 주변환경에서는 건물 내부에 문화재 존재 유무, 배수로 정비 유무, 주

변 위험 요소의 존재 유무를 주요 점검 항목으로 하고 있다. 건물 내부에 국보/보물 문화재 존재 유무는 구조체 자체와는 관련이 없는 사항이지만 건물의 중요도를 고려할 수 있도록 하기 위하여 고려한 부분이며, 배수로 정비의 경우, 강우에 의해 기단이 약화될 가능성과 이러한 요소에 의해서 2차적으로 지반침하 현상 등이 발생할 수 있는 가능성을 고려하여야 한다. 건물 주변에 존재하는 축대/담장 등의 위험요소의 경우 2차 피해의 가능성을 고려하여야 한다.

◆ 석조

기초점검 세부항목별 현장조사내용을 바탕으로 내진성능현황을 분석한다. 분석 내용을 바탕으로 크게 주변 지반의 유실과 침하 상태 파악, 문화재의 보수와 보강 이력 및 기능 유지 검토, 현상태 구조물의 외형적 형태와 손상을 검토하여 내진성능을 평가한다.

- 현장조사에 따른 기초점검 세부항목별 주요 분석내용을 바탕으로 내진성능 평가방안을 마련한다.
- 합리적인 평가를 위해 정량화 및 점수화를 통해한 여러 단계의 등급으로 분류하고 등급별 조치사항을 강구한다. 이에 따른 결과로 내진성능이 있음, 내진성능의 적절함, 구조물의 변형 우려는 없으나 주의단계, 내진성능 취약, 내진성능취약에 따른 조속한 조치필요 등으로 구분한다.
- 내진성능 평가 결과에 따른 석조문화재의 조치방안으로 상태양호, 지속적인 관찰, 문화재위원과의 협의필요, 전문평가 필요, 전문평가 후 보강조치 등으로 구분하고, 이에 따른 신속한 대책이 강구된다.
- 기초점검 세부항목에 따른 석조문화재의 분석 및 평가결과를 통해 점검항목에 미흡한 부분이 존재할 경우 이에 대한 항목 변경, 보완 및 개선방안의 방향을 제시한다.

(3) 단계별 조사방법

1) 사전 준비

① 자료수집 및 분석 (문헌조사)

- 본 과업에서 가장 우선적인 것은 보다 실증적인 자료를 수집, 작성, 제공하는 것이다. 문화재명, 소재지, 구조·양식, 소유자, 관리자 등 현황을 파악할 수 있는 기본 자료를 수집, 분석한다.

· 기초자료조사를 위하여서는 학술자료, 각종 수리·실측보고서, 향토자료 등이 참고가 될 것이다.

· 이를 근거로 하여 조사자와 조사일정, 조사방법 등에 관한 계획을 수립하고 수행한다.

② 사전교육 실시

· 조사자 사전교육 실시 : 조사자 전원을 대상으로 조사방법에 대한 사전교육 실시한다.

· 기초점검의 목적 : 지진에 취약한 목조 및 석조문화재에 대하여 기초점검은 신뢰할 수 있는 분석 및 평가를 얻기보다는 석조문화재의 내진성능에 대한 정보를 알기 위한 것이 주요 목적이다.

· 기초점검은 점검항목 중에서 잘 모르겠음 항목이 많을 경우 신뢰성이 저하되기 때문에 구조성능 및 점검항목에 따라 조사대상문화재를 보다 정확히 진단할 수 있도록 전문교육이 필요함.

· 기초점검은 내진성능평가뿐만 아니라 구조적 안정성 평가에 필요하므로 기 작성된 매뉴얼 및 작성지침을 토대로 조사항목을 지속적으로 보완하여 기초 자료를 구축한다.

표 1.2 조사의 분류

비 고	구 분	내 용
조사 방법에 따른 종류	표면조사	육안관찰, 만저 붐, 손망치 두들김 등
	변형조사	변형 정도를 측정
	육안 관찰	눈으로 관찰
	만저 붐	표면을 손으로 만져보는 방법
	두르려 붐	조그만 손망치로 두들겨 울리는 소리와 압축 정도 등을 점검
	기구 사용	추, 자 등을 이용
점검 대상 에 따른 종류	주변현황	하부 기초 및 주변 지반의 종류, 지반침하 여부 파악, 토양유실 가능성 평가 등
	재료별	목재, 석재, 흙, 철물, 기와, 전돌, 벽돌, 도료, 종이 등
	부재별	지정, 주초, 인방, 창방, 평방, 도리, 보, 대공, 연목 등
	부위별	기초, 기단, 구들, 바닥, 뼈대, 벽체, 창호, 지붕틀, 천장, 지붕 등

2) 현장 조사

① 지반 및 환경 진단 매뉴얼

- 기초점검은 문화재가 위치한 하부 기초지반과 주변환경으로 나누어 점검할 수 있다. 표 2.1과 같이 기초자료 점검항목을 설정한다.
- 기초자 진단 결과는 문화재가 위치한 지반과 주변에 대한 지진위험요소를 총체적으로 살펴볼 수 있는 기초자료로 사용된다.

표 1.3 지반 및 주변환경에 대한 기초자료 점검항목

항목	세부 항목	점검내용
기초 지반	기존 지반조사 자료 유무	문화재가 위치한 지반 또는 주변지반에 대한 기존지반조사 자료 존재 여부
	기존 지반응답해석 자료 유무	지반조사 자료를 바탕으로 한 지반응답해석 수행 자료 존재 여부
	기초지반의 종류	지표면의 지반조건 파악 (토사/자갈/암반/기타)
	지반침하 가능성	하부지반 침하 여부 하부지반의 부등침하 가능성 토사 유실 가능성
주변 환경	주변 지반구조물	옹벽, 축대 등에 의한 수평토압 작용 가능성과 문화재 하부지반의 부등침하 가능성의 여부를 육안으로 판단한다.
	인접지형의 경사도 (사면안정)	인접 산지의 경사도가 30도 이상인 경우 산사태 또는 토석류 가능성
	진동유발요소	인접지역을 지나는 도로, 철도, 지하철 진동을 유발하는 공사현장, 발파현장
	기타	활성단층 인접지역 여부 화재위험 요인 화재발생시 진압을 위한 시설

② 문화재 내진진단 매뉴얼

· 목조문화재

- 목조문화재 기초평가는 평가자가 정성적으로 평가하는 것으로서 지진 및 지반상태, 수리상황, 구조형식, 구조부재상태, 지붕면상태, 주변환경에 관한 사항을 평가하는 것으로 분류한다.

표 1.4 국내 목조문화재의 기초점검 매뉴얼

■ 조사번호		■ 조사자	
■ 조사일시		■ 문화재명	

1) 일반사항

■ 소재지			
■ 지정번호		■ 소재지 지진횟수	
■ 최근 지진이력		■ 최근 수리시기	

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		
• 문화재의 지반은 단단한가?		
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?		
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?		

3) 주변 및 문화재 현황사진

4) 조사자 의견

표 1.4 국내 목조문화재의 기초점검 매뉴얼 (계속)

1) 문화재명 :		
2) 조사항목		
■ 기초상태 • 기단부의 탈락 또는 멸실 등의 훼손은 없는가?	그렇다	그렇지 않다
■ 구조형식 • 우주초석의 침하는 없는가? • 최근 5년 간 기둥/창방 결구부위를 수리한 적이 있는가? • 기둥의 동바리 이음이 2개 미만인가? • 단층인가? • 다포집인가? • 겹집이면서 내진주가 있는가? • 활주가 없는가? • 중앙부 종도리 높이 나누기 단변폭이 1.0 이하인가? • 목재로 구성된 반자(우물천장/고미반자)가 있는가? • 지붕이 팔작형태인가?	그렇다	그렇지 않다
■ 구조부 상태 • 기둥이 직립상태를 유지하고 있는가? • 창방/평방/보/도리/추녀 등 수평부재의 파손이 있는 부재가 없는가? • 주요 결구부위에 벌어짐/깨짐 등의 훼손이 없는가? • 벽체/인방 등에 기둥과 손가락이 들어갈 정도의 틈이 없는가? • 중요 구조부재에 충해는 없는가? • 지점부위(초석과 기둥의 접촉면 등)에 부식은 없는가? • 누수의 흔적은 없는가?	그렇다	그렇지 않다
■ 지붕면 상태 • 지붕면이 고른 상태를 유지하고 있는가? • 기와의 탈락은 없는가?	그렇다	그렇지 않다
■ 내부 상황 • 건물 내부에 국보/보물 등의 문화재가 없는가?	그렇다	그렇지 않다

※ 점검시 항목별 유의사항

- 인근 기상대 기록을 통한 지진발생 기록으로 판단
- 산지의 경우 수위가 높지 않음
- 기단의 훼손정도(일부 훼손의 경우 불량으로 판정)
- 접합부 상태의 온전함 판단(부분 및 전면 수리 포함)
- 이음이 존재할 경우 지진에 불리(2개 이상일 경우 대응력 약화)
- 단층일 경우 유리한 것으로 판단
- 다포의 경우 기둥 창방 프레임의 구속력 강화를 장점으로 반영
- 활주가 있을 경우 지붕가구 불안정성이 있는 것으로 간주함
- 세장비가 클수록 지진에 대한 대응 불리로 판단. 목측에 의한 측정 가능
- 반자설치를 설치하기 위한 장선에 의해 지붕가구구조의 보완 가능성 반영
- 팔작지붕의 경우 기둥/창방 프레임을 견고하게 눌러주는 장점 반영
- 점검자 판단에 의한 수평부재 처짐 반영
- 점검자 판단에 의한 결구부위 벌어짐/깨짐 요소 반영
- 점검자 판단에 의한 벽체/인방의 틈새 크기 반영
- 기둥에 개미 등에 의한 충해 발생여부 반영
- 초석과 기둥의 접촉면 습기에 의한 부식여부 반영
- 누수에 의한 지붕가구 접합부 부식 가능성 고려
- 지붕면의 굴곡 판단(배부름 등이 있을 경우 지붕 가구의 불안정성 함유)
- 지붕면의 경사 변화 판단(기와 자체의 훼손여부 포함)
- 건물의 중요도를 고려한 요소
- 강우에 의한 기단 약화 가능성 (2차적으로 지반침하 현상 발생 가능)

성 고려)

- 축대/담장 등에 의한 건축물 2차 피해 가능성 고려

③ 석조 문화재 내진진단 매뉴얼

자료조사 및 기초점검은 매뉴얼 상에 제시되어 있는 항목을 바탕으로 석조문화재의 내진성능을 검토하는 방법이다. 이는 비교적 간단한 방법이지만 석조문화재의 동적 거동 특성을 반영한 항목들로 이루어져 있기 때문에 일상적인 점검과 기본적인 조사과정에서 수행할 수 있는 방법이다. 이러한 기초 점검결과는 석조문화재가 가지고 있는 내진성능 수준과 지진 위험요소를 총체적으로 살펴볼 수 있는 기초자료로 사용된다.

표 1.5 국내 석조문화재의 기초점검 매뉴얼

■ 조사번호		■ 조사자	
■ 조사일시		■ 문화재명	
1) 일반사항			
■ 소재지			
■ 지정번호		■ 소재지 지진횟수	
■ 최근 지진이력		■ 최근 수리시기	
2) 주변지형			
■ 조사항목		그렇다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?			
• 문화재의 지반은 단단한가?			
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?			
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?			
3) 주변 및 문화재 현황사진			
4) 조사자 의견			

표 1.5 국내 석조문화재의 기초점검 매뉴얼 (계속)

1) 문화재명 :		
2) 조사항목		
■ 전답 상태	그렇다	그렇지 않다
• 인접 지반에 유실이 발생하지 않았는가?		
• 인접 지역에 하천이 없는가?		
• 전돌의 접합에 있어 모르타르를 사용하였는가?		
• 구조적으로 보수 및 보강 이력이 있는가?		
• 전답문화재가 기능을 유지하고 있는가?		
• 전답에 부분침하가 발생하지 않았는가?		
• 구성부재가 파손되지 않았는가?		
• 구성부재가 이탈되지 않았는가?		
• 전답이 기울어지지 않았는가?		
• 블록의 열극현상이 발생하지 않았는가?		
• 개구부가 없는가?		

※ 석조 문화재 점검시 유의 사항

- 인접 지반의 현황에 따라 석탑문화재에 작용하는 지진의 지반 가속도 값이 변화하기 때문에 이에 대한 검토는 매우 중요하다.
- 석탑문화재의 보수보강 사례는 석탑문화재가 외력에 대한 저항성능을 나타내는 지표로서 보수보강 사례가 있는 경우 외력에 대하여 더 좋은 저항성능을 갖는 것을 알 수 있다.
- 석탑문화재의 기능유지 현황은 석탑문화재가 갖는 내구성과 밀접한 관련이 있으며 파손 및 변형에 의해 기능을 유지하지 못하는 경우 하중전달이 원활이 이루어지지 못하고 응력이 어느 한부재에 집중이 될수 있기 때문에 지진하중에 대한 위험성이 증가된다.
- 적심은 전체석탑구조의 기초 역할을 하면서 지반과의 상호작용을 연계

해주는 매우 중요한 요소이다. 만일 적심이 유실되었을 경우 석탑문화재의 하중전달이 원활하지 않을 수 있기 때문에 외력에 대한 저항성능이 저감된다.

- 부재 훼손은 위치나 크기에 따라서 내진성능에 서로 다른 영향을 미치게 된다. 이 평가에서는 석탑 전반적인 측면에서 부재의 강도 저하 측면을 고려해서 평가한다.

- 전체 석탑의 형상에 대해서 기울어짐이 발생한 상태에서 지진이 발생하는 경우에는 조그마한 크기의 지진이 발생해도 전체 석탑구조의 안정성에 문제가 발생할 수 있다.

- 지대석은 전체석탑구조의 기초 역할을 하면서 지반과의 상호작용을 연계해주는 매우 중요한 요소이다. 만일, 지반에 잘 묻혀있지 않고 노출이 심한 상태에서 훼손된 부분이 많은 경우에는 상부구조에 대해서 부등변형 발생가능성과 또한 지진하중 전달을 원활하게 하지 못할 수 있다.

- 석탑구조물의 거칠기 상태에 따라 석탑구조물이 갖는 내진성능이 달라지기 때문에 석재의 마감 거칠기에 대한 평가가 이루어 져야 한다.

- 기단의 세장비가 0.5이상으로 크고, 상부 탑신 구조의 세장비 또한 크게 되면 상부구조의 전도가능성이 더욱 높아진다.

- 지진하중에 대한 동적해석 결과를 토대로 기단부의 부재구성이 다중 부재인 경우가 단일 부재에 비해서 불리하다. 이는 조그마한 부재가 큰 부재에 비해서 변형이 쉽게 일어나기 때문이다.

- 다중 부재의 경우에는 단일 부재에 비해서 부재간의 움직임이 많다.

- 다중 부재의 경우에는 단일 부재에 비해서 부재간의 움직임이 많아서 내진성능을 저하시키게 된다. 부재 개수가 증가할수록 내진성능이 더욱 크게 감소한다.

- 옥개석은 하중전달 기능을 수행하게 되는데, 다중 부재의 경우에는 단일 부재에 비해서 부재간의 움직임이 많아서 옥개석의 변형과 더불어서 하중전달이 불균형적으로 발생할 수 있다.

- 석탑문화재는 개구부의 유무에 따라 하중의 흐름 및 전달과정의 차이가 발생한다. 개구부가 있는 경우 하중의 전달이 기둥 또는 면석에 집중될 우려가 있으며 불균형적인 거동특성이 발생할 수 있다.

- 강체의 회전거동은 초기 변형에 대해서 매우 민감하게 반응한다. 기단 부위에 놓인 탑신부는 기단부의 변형에 커다란 영향을 받게 된다. 이 경우 기단부의 세장비가 0.5이상이면 기단부에서는 상부 구조에 영향을 미칠 정도의 비교적 큰 변형을 나타낸다.
- 탑신부의 높이가 차지하는 비율에 따라 석탑문화재의 내진성능이 달라진다. 따라서 석탑문화재의 전체 높이 가운데 탑신부가 차지하는 비율에 대한 검토가 필요하다.
- 세장비가 클수록 지진하중에 대한 전도가능성이 매우 높아진다. 강체 거동에 근거해서 회전가능성에 대한 회전 임계각을 고려해서 세장비의 한계를 정의하였다. 석탑의 전체 높이는 기단부에서 탑신 맨 상층까지의 높이이며, 폭은 1층 탑신부의 폭과 맨 위 상부 폭의 평균값을 이용한다.
- 전체형상의 세장비를 근거로 전도가능성에 대한 평가한 결과에 대해서 보다 현실적인 상황을 반영하고자 함이다. 체감이 안정적으로 발생한 경우에는 지진하중에 전도가능성을 줄여준다.
- 기단부와 탑신부 사이에 기하학적 체감이 뚜렷한 경우에는 기단부 구조와 탑신부 구조가 수직적으로 공존한다고 가정할 수 있다. 이때, 탑신부의 하중이 기단부의 하중에 비해서 상대적으로 큰 경우에는 기단부의 폭이 좁고 또한, 기단부 세장비가 크게 되면 위험성은 크게 가중될 수 있다.
- 옥개석과 탑신을 고려해서 체감이 안정적으로 발생한 경우에는 석탑의 높이 방향으로 분포하는 전체 지진하중이 체감이 없는 경우에 비해서 보다 안정적인 효과를 가져다 줄 수 있다.

제2장 일본 문화재 지진사례 및 예방 대책

2.1 일본 문화재 피해 현황

과거 5년 이내에 일본에서 발생한 지진 중 다수의 문화재에 피해를 입힌 지진으로 이와테·미야기 내륙지진(2008.6.14.)과 2011년 일본 동북부 대지진(2011.3.11.)을 꼽을 수 있다. 이와테·미야기 내륙지진은 이와테현 내륙 남부지방에서 발생한 규모 7.2의 대지진으로, 근접도시에서 최대진도 6강이 관측되었다. 일본 동북부 대지진은 일본의 산리쿠 지방 앞바다를 진원으로 발생한 규모 9.0, 최대진도 7의 대지진으로, 일본 동북부지방에서부터 관동지방에 걸쳐 막대한 피해를 입혔다.

그림 2.1 지진 진원 위치



2.1.1 지진 발생 현황

위에서 설명한 두 지진으로 인해 일본 중요문화재, 사적 등 수많은 문화재가 피해를 입었다. 특히, 지진 관측 사상 최대규모 9.0을 기록한 일본 동북부 대지진의 경우, 그 피해의 규모가 다른 지진의 경우를 압도한다. 이하 표2.1에 두 지진으로 인한 문화재피해 현황을 나타낸다.

표 2.1 지진피해 현황

	국보	중요문화재	특별사적	사적	특별명승	명승	그외
일본 동북부 대지진	5	160	6	90	5	17	471
이와테 내륙지진		4		10		2	24

2.1.3 주요 문화재 피해사례

(1) 이와테현 내륙지진 피해사례 (2008)

내륙에서 일어난 지진이므로 지진동에 의한 피해가 대부분을 차지했다. 주요 피해상황으로 건물 벽의 균열 및 파손, 주춧돌 위의 기둥이탈, 그리고 건물전체의 기울림 등이 있다. 표2.2 및 그림2.2~2.4에 대표적인 피해사례와 당시의 상황을 나타낸다.

표 2.2 주요 문화재 피해사례

소재지	건물명	피해상황
아오모리현	신라 신사	건물의 기울림, 석상 파괴
	난슈지	벽의 파손
	혼쥬시	벽의 균열, 박리
	코조카쿠	벽의 균열, 박리, 천장 등의 낙하
	신무쓰 료칸	벽의 균열, 박리, 건물의 기울림
이와테현	코토히라 신사	건물의 기울림, 석상 파괴
	나루이카즈치 신사	건물의 기울림, 석상 기초석 파괴
	혼나미 신사	건물의 기울림
	손사하치만 궁(宮)	건물의 기울림

그림 2.2 주춧돌 위의 기둥 이탈

그림 2.3 건물의 기울림



그림 2.4 벽의 파손

(2) 일본 동북부 대지진

바다에서 일어난 대규모 지진이므로 지진동으로 인한 피해와 쓰나미로 인한 피해가 상당수를 차지했다. 주요 피해 상황으로는 벽의 파손 및 균열, 주춧돌 위의 기둥 이탈 그리고 쓰나미로 인한 피해 등이 있다. 표2.3 및 그림 2.5~2.7에 피해사례와 당시의 상황을 나타낸다.

표 2.3 주요 문화재 피해사례

소재지	건물명	피해상황
미야기현	즈이가 사(寺) 복도	회반죽 벽의 일부 붕괴/균열
	즈이가 사(寺) 본당	조각의 경미한 파손, 주춧돌 위의 기둥이탈
	오오사키하치만 궁(宮)	회반죽 벽/조각의 파손
후쿠시마현	아미다 당(堂)	문주변의 경미한 파손
야마나시현	세이하쿠사(寺) 불당	교창의 파손
도쿄	리쿠기 정원	주춧돌 위의 기둥 이탈
	구하마리큐 정원	지붕의 요면(가라앉음), 급수관 파열
	코이시카와 정원	정원 내의 계단 파손
이바라키현	구궁도관	종(鐘)의 완전붕괴, 회반죽 벽의 일부 붕괴

그림 2.5 쓰나미로 인한 피해

그림 2.6 주춧돌 위의 기둥이탈

그림 2.7 벽의 파손

2.2 일본 문화재 내진 진단 프로세스

일본의 문화재 건조물 내진진단에는 예비내진진단과 전문 내진진단이 있다. 먼저, 기초정보를 얻기 위해 예비적인 내진진단(내진 예비 진단)을 하여 그 결과를 토대로 전문적인 내진진단(전문내진진단)을 진행하여 보다 상세한 내진성능을 파악한다. 내진 예비 진단은 목조 만을 대상으로 하고 그 외의 조적조 혹은 철근콘크리트조 등의 경우에는 전문내진진단부터 진행한다. 그림 2.8에 일본 문화재 내진진단 프로세스를 나타낸다.



그림 2.8 일본 문화재 내진진단 프로세스

2.2.1 내진 예비 진단

예비적 내진진단인 내진 예비 진단이란, 지진에 대해 어떠한 문제가 건물에 있는지 확인하는 건물의 건강검진과 같은 것이다.

내진 예비 진단은 소유주가 스스로 진행할 수 있으나, 전문인에게 진단을 받는 것이 보다 정확한 내진결과를 얻을 수 있다.

[입지조건], [모양/형상], [축부구조], [지붕구조], [보존상황] 5가지의 항목에 대해 점수를 매겨 각 항목의 총점이 100점 만점 중 몇점 인지를 구한다. 합격점의 기준은 60점으로 한다. 각 항목의 점수를 보고 어느 부분이 지진에 취약한지 확인하는 것이 가능하다.

또한, 각 항목의 점수를 토대로 A, B, C 3단계의 종합적인 판정을 내린다. 판정결과에 따라 건물의 내진성 개선방향을 결정한다.

그림 2.9에 3단계 종합판정의 예를 나타낸다.

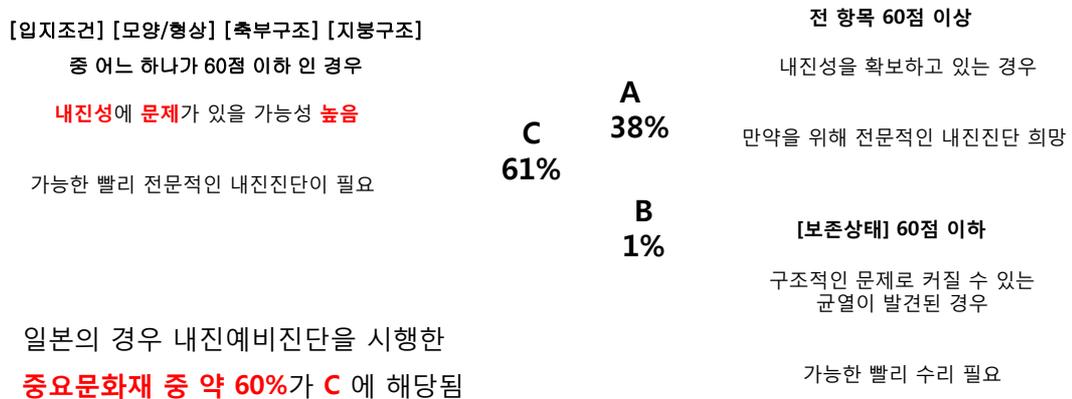


그림 2.9 종합 판정의 예

2.2.2 전문적 내진 진단

전문내진진단이란, 구조조사와 구조해석을 실시하여 건물의 내진성능을 수치적으로 평가하는 진단이며, 내진기초진단과 내진전문진단으로 나누어진다. 필요한 내진성능에 대해서 현재의 내진성능이 어느 정도인가 진단하고, 부족한 경우에는 내진보강을 검토한다.

전문 내진진단 중 기초진단은, 해당 건조물 문화재의 보유내진성능이 필요내진성능을 만족하고 있는가에 의해 판정된다. 진단순서로는 보유내진성능을 확인하고 필요내진성능을 설정한 뒤 개선방법을 검토한다.

보유내진성능에서 확인하는 항목은 대지진시 건물의 상태를 파악하는 [적용범위], 일본의 건축 기준법 시행령 등에 준하는 [입력지진동], 각 적용범위에 해당 하는 [변형한계](그림 2.10), 최대응답변위 예측치를 산출하는 [응답예측], 각 부분의 질량을 산출하는 [건물 각 부분의 질량], 건축법 시행령을 참고하여 계산하는 [적재하중 및 적설하중], 기둥, 보, 벽 등의 [내진요소], 이상 7가지를 총해 보유내진성능을 확인한다.

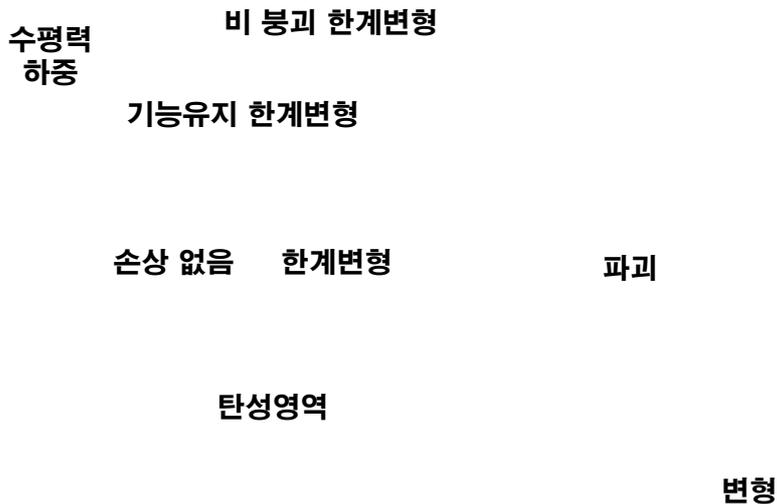


그림 2.10 수평력 하중에 따른 변형한계

2.3 내진 보강 방법

2.3.1 기본적인 원칙

일본 내진보강의 기본적인 원칙을 이하에 나타낸다.

- 지진 시 문화재 건조물 등의 안정성 확보는, 강한 지진에도 인명에 중대한 영향을 끼치지 않는 것을 목표로 한다.
- 문화재 건조물 등의 가치를 손상시키지 않는 범위에서, 필요한 보강이 가능한 경우에는 보강공사를 실시한다.
- 보강을 실시하는 것으로 인해 문화재의 가치가 손상되는 등의 어쩔 수 없는 경우는 사람의 출입을 금지하는 등의 조치를 취한다.

2.3.2 보강 방법

문화재 건조물에 내진보강공사를 실시하는 경우에는, 내진성능의 향상만이 아닌 보강에 의해 문화재로서의 가치를 손상시키지 않도록 고려하는

것도 중요하다.

예를 들어, 보강의 양이 과잉되지 않도록 할 뿐만 아니라 예부터 남아있는 건물의 부재를 손상시키지 않도록 보강부재의 접합방법을 개발한다. 또는, 보강 부재를 안 보이는 장소에 설치하거나, 보강 부재가 보이는 경우에는 눈에 띄지 않는 색으로 디자인하는 방법도 필요하다. 또한, 미래에 현재보다 나은 보강 방법이 나올 경우를 대비하여 쉽게 해체할 수 있는 보강방법을 사용하는 것도 중요하다. 마지막으로 보는 사람으로 하여금 원래의 건물 부재와 보강 부재를 판별할 수 있도록 하는 것도 검토하여야 한다.



그림 2.11 격자 보강한 벽면

그림 2.12에 건물 각 부분의 내진 보강 방법의 예를 나타낸다. 지진력에 대해 저항하는 축부와 벽면을 내진요소라 부르나 내진요소가 부족하면 지진 시 건물이 크게 변형하고 경우에 따라서 붕괴한다. 내진요소가 충분히 있어도 그 배치에 쓸림이 있다면 건물에 비틀림과 국소적인 변형이 일어난다. 지진에 저항하기 위해서는 충분한 내진요소와 균형 잡힌 배치가 중요하다. 내진요소가 부족한 경우에는, 내진요소를 추가할 필요성이 있다. 예를 들어, 내진벽의 설치, 철골기둥의 설치 등을 고려할 수 있다. 내진요소 배치에 쓸림이 있는 경우에는, 내진요소에 지진력이 잘 전달되도록 수평면을 보강해야한다. 예를 들어, 천장을 구조용 합판 혹은 철골 브레스로 보강한다.

부재의 접합부분이 있으면 다른 부분에 비해 강도가 떨어지기 때문에 지진 시 접합부분이 파손될 가능성이 높다. 때문에 기둥이나 보의 접합부분이 구조적인 약점이 되는 경우에는 그 부분을 보강할 필요가 있다.

기초는 건물에 전달되는 힘을 지반으로 흘려보내는 중요한 부재이다. 오래된 건물 중에는 무근콘크리트, 조적조, 등의 취약한 기초로 되어있는 경우가 많다. 이러한 기초는 지진력이 전달되면 쉽게 파괴되어 건물의 변형을 초래할 가능성이 높다. 때문에, 기초는 철근콘크리트 혹은 철판 등으로 보강할 필요가 있다.

건물이 문제없이 잘 서있어도 지반이 지진피해를 입으면 건물도 그 피해를 입는다. 지반의 내진성을 확실히 확인하여 지반개량들의 대책을 세울 필요가 있다.

지진력은 건물이 무거울수록 커진다. 기와의 흙을 줄이는 등 지붕의 무게를 감소시키거나 불필요한 부분을 제거함으로써 지진력을 감소시킬 수 있다.

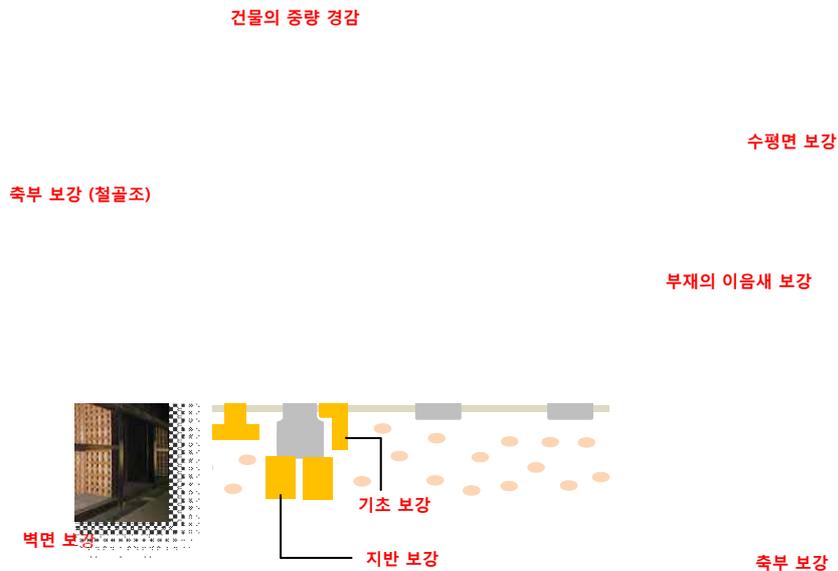


그림 2.12 각 부분의 내진보강

2.4 건조물 내진 보강 사례

2.4.1 淨興寺本堂(조코지 본당, 일본 니이가타현 죠에츠시, 목조, 17세기 후반 건설)

일본 니이가타현 죠에츠시에 있는 조코지 본당의 경우, 내진 진단결과, 진도5의 지진이 일어나면 건물 전체가 수평방향으로 약 70cm 기울어 질 수 있다고 판단되었다. 진단 결과를 토대로 건물에 철골 프레임을 설치하

여 문화재의 변형을 억제시켰다.



그림 2.13 보강 전/후 의 모습

그림 2.14 보강후의 조코지 본당 외부 및 내부 모습

2.4.2 山形県旧県会議事堂 (야마가타현 구현회의사당, 벽돌조, 건축면적 866.4㎡ 1916년 건설)

일본 야마가타현 야마가타시에 위치하는 야마가타현 구현회의사당의 경우, 조적조 특유의 내진취약점으로 인해, 내진보강이 필요했다. 그 결과 중앙홀 내부의 디자인을 유지하기 위하여 중앙홀 외벽에 철골지지대를 설치하는 내진보강을 실시하여 안정성을 확보하였다.

그림 2.14 외벽에 설치한 철골지지대의 모습과 중앙홀 내부의 모습

제3장 석·목조 문화재 현장 조사

3.1 조사 체계

3.1.1 현장조사 범위

- 문화재 일반현황 : 문화재명, 지정번호, 최근 수리시기
- 지진조사 : 최근 지진 횟수, 최근 지진 이력
- 주변현황 : 지반 안정 상태, 배수로 정비 상태, 축대 담장 등의 위험요소
- 문화재 조사 : 목조, 석탑, 전탑, 석교 문화재 지진재해 안정성 검사

3.1.2 현장조사 인원

- 현장조사는 경상권역과 전라 충청권역의 2개 팀으로 구성
- 조사 1팀 - 경상도 조사
 - 1조 : 도진영, 하상균
 - 2조 : 이주형, 김인숙, 강도규
- 조사 2팀 - 전라남도, 전라북도, 충청남도, 충청북도 조사
 - 1조 : 장헌덕, 전영준, 전해진
 - 2조 : 정해두, 장경원, 권기환

그림 표 3.1 조사팀 구성

조사팀	소재지		목조	석조	합 계	비 고
1팀	경상도	경상남도	3	28	31	
		경상북도	5	64	69	
	소 계		8	92	100	
2팀	전라도	전라남도	5	47	52	
		전라북도	2	14	16	
	소 계		7	61	68	
	충청도	충청남도	1	16	17	
		충청북도	1	17	18	
	소 계		2	33	35	
합 계		30	306	203		

그림 표 3.2 조사 대상 문화재

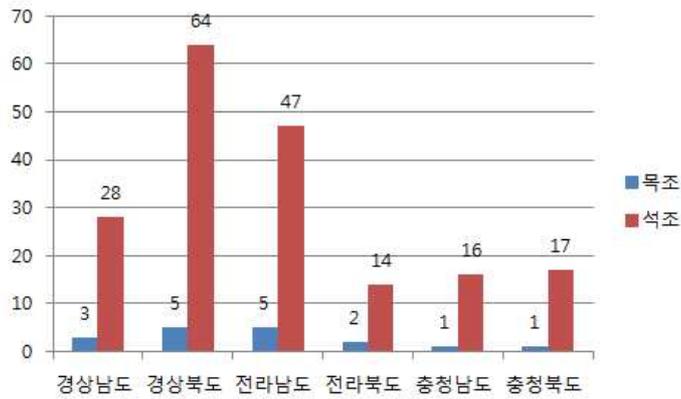


그림 3.1 조사 대상 현황 현황

3.2 조사 매뉴얼 작성

3.2.1 일반현황

· 작성 순서는 일반현황을 공통으로 기술하되 문화재의 분류에 따른 세부매뉴얼을 적용한다.

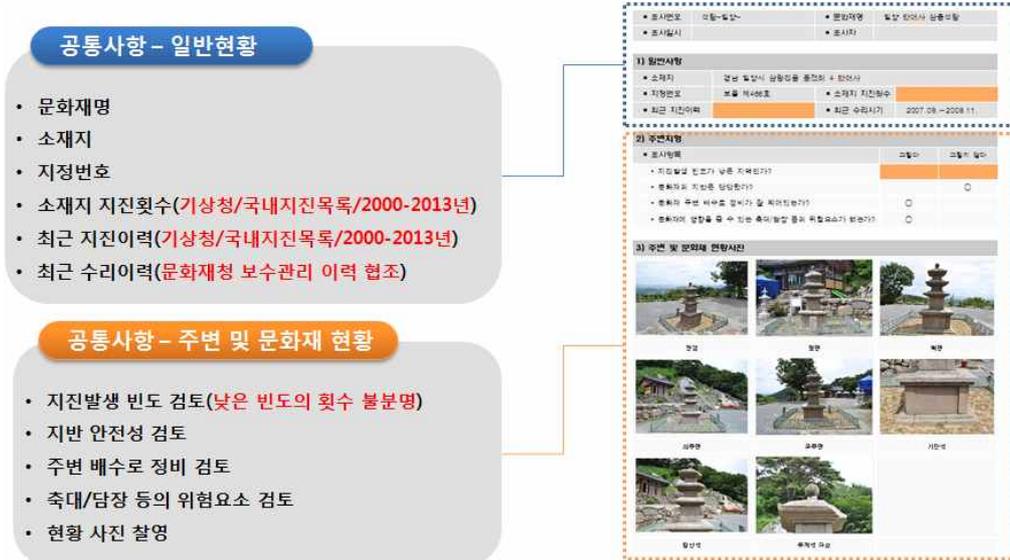


그림 3.2 조사 매뉴얼 세부항목-공통사항

3.2.2 세부항목 - 석탑

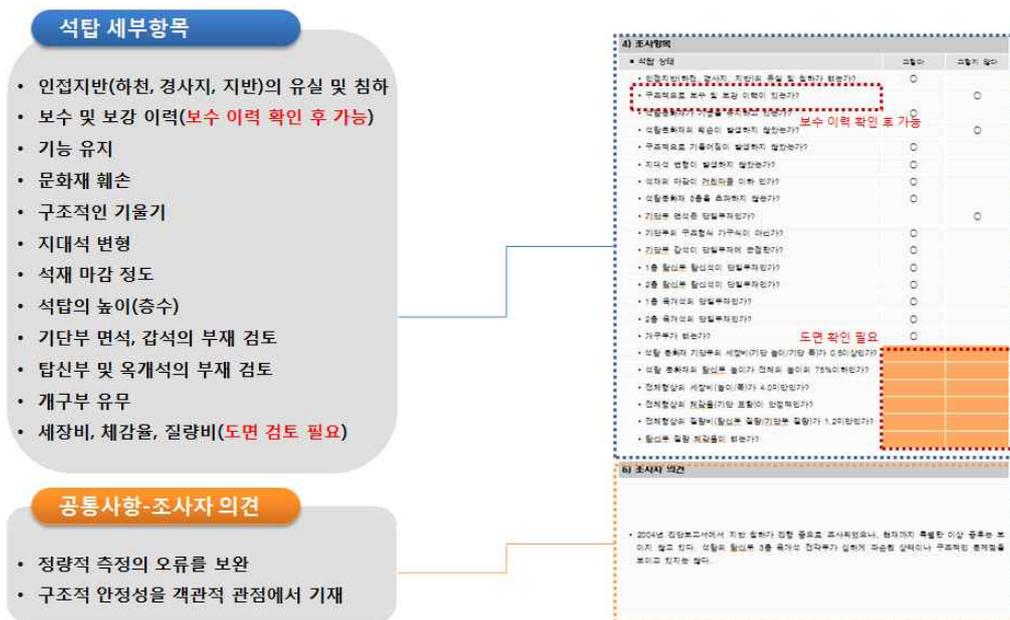


그림 3.3 조사 매뉴얼 세부항목-석탑

3.2.3 세부항목 - 전탑

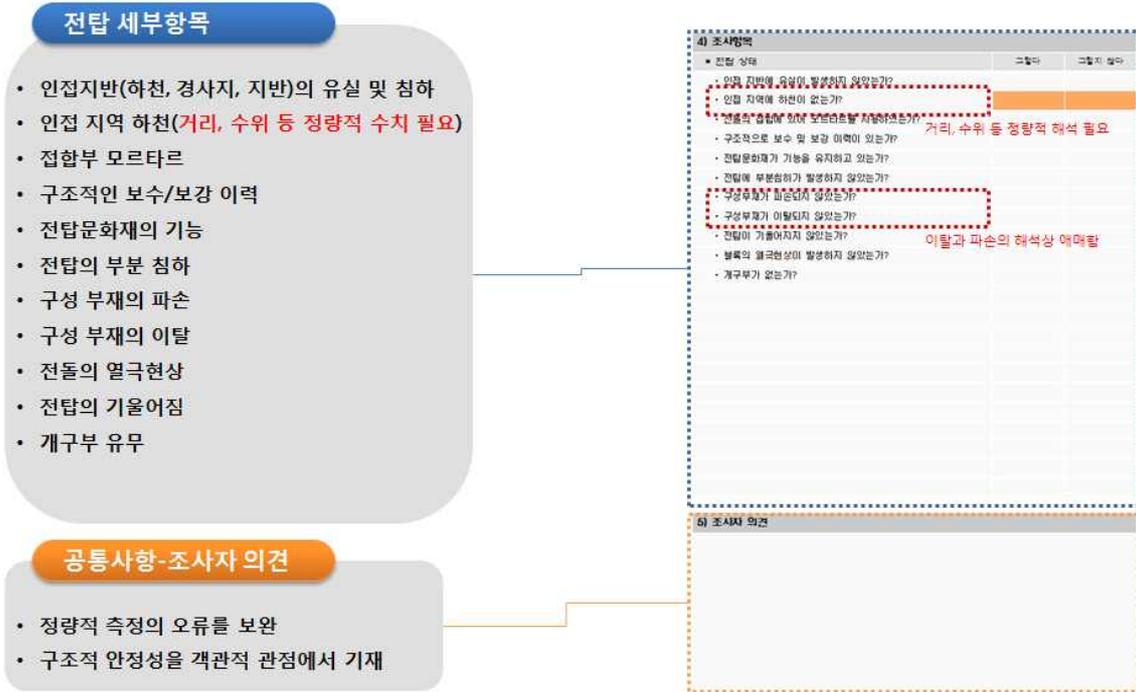


그림 3.4 조사 매뉴얼 세부항목-전탑

3.2.4 석교 세부항목

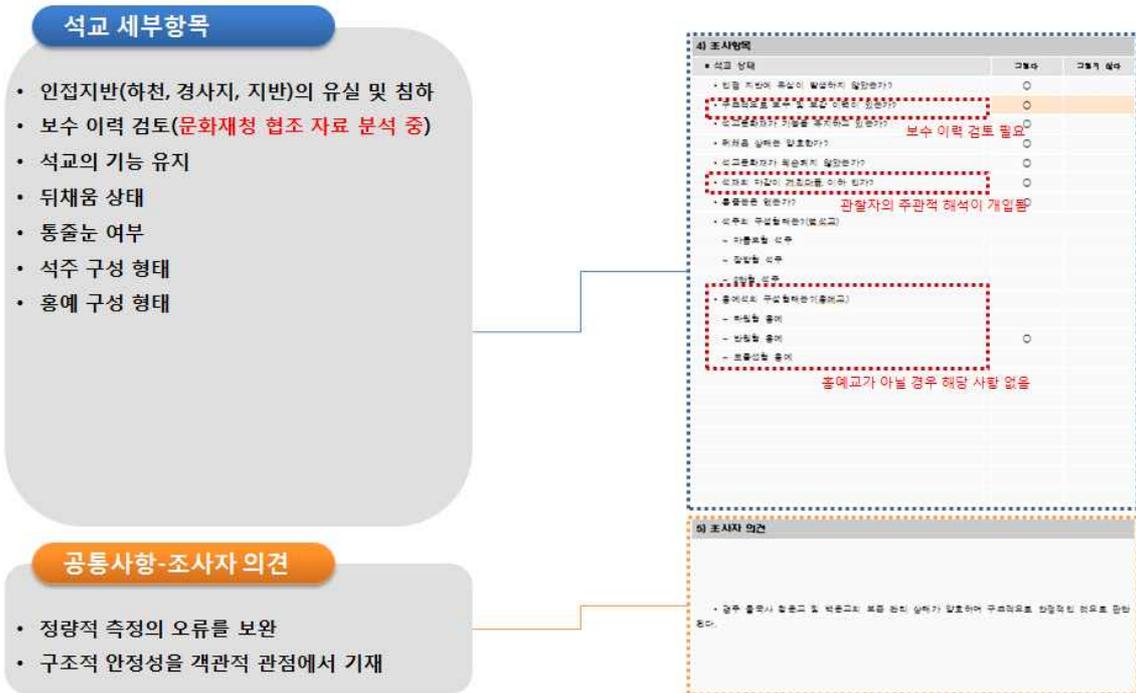


그림 3.5 조사 매뉴얼 세부항목-석교

3.2.5 목조 세부항목

목조 세부항목

- 기단부 상태(탈락, 멸실, 훼손 등)
- 우주 초석의 침하
- **최근 5년간(기준 불명확) 기동/창방 수리 유무**
- 동바리 이음 2개소 미만
- 단층/다포/활주/반자/팔작/
- 겹집이며 내진주(홀집의 경우 해당사항 없음)
- 종도리 높이/단변폭 비(도면 검토 필요)
- 기동 직립/수평 부재/결구부/벽체/인방 상태
- 충해/부식/누수
- 지붕면 상태
- 기와 상태
- 건물 내부의 문화재 유무

공통사항-조사자 의견

- 정량적 측정의 오류를 보완
- 구조적 안정성을 객관적 관점에서 기재

4) 조사항목		그림과	그림과 같지
* 기동상태			
• 기단부의 탈락 또는 멸실 등의 훼손은 없는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
* 구조형식			
• 최근 5년 전 기동/창방 결구부재를 수리한 적이 있는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 기동/창방의 수리/수리유무는 어떻게 되었는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 단층인가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 다포인가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 겹집이면서 내진주가 있는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 홀집인가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 종도리 높이의 차이(단변폭이 1.0 이하인가?)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 지붕이 일치하는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
* 구조부 상태			
• 기동이 직립상태를 유지하고 있는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 단층/다포/활주/반자/팔작/결구부의 수리가 있는지 확인하는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 구조 결구부재에 탈락/훼손 등의 훼손이 있는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 벽체/인방 등에 기동과 수기력이 불어날 정도의 힘이 있는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 종도리 결구부재에 충해는 있는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 직립부재(초석)의 기동과 접촉면 등에 부식은 있는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 누수의 흔적은 있는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
* 지붕면 상태			
• 지붕면이 고른 상태를 유지하고 있는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 기와의 탈락은 있는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
* 내부 상황			
• 건물 내부에 목조/조물 등의 문화재가 있는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6) 조사자 의견			
• 이종전 내부에 목조 제45호로 지정된 살구 부속사 소묘여좌후상이 위치하고 있으며, 일부 기둥 하부에 부속사 상판으로 보강되어 있어 구조적인 충격에 대한 것으로 보인다.			

그림 3.6 조사 매뉴얼 세부항목-목조

3.3 현장 조사 분석

3.3.1 석탑

(1) 지반

지반 조사의 목적은 지반의 침하 및 유실로 인한 문화재의 안정성을 점검하기 위한 것이다. 따라서 문화재 주변의 지반 경도, 배수 정비, 초목 식재, 침하 및 유실, 기울어짐 등을 중점적으로 조사하는 것을 목표로 했다.

- 연약지반 : 지반의 경도가 연약하여 침하 또는 유실이 우려되는 경우에 문제가 있는 것으로 판단

- 배수불량 : 문화재 주변 배수 불량은 배수로의 정비 상태와 함께 주변 초목이 문화재에 침투하는 경우에도 배수 불량에 경우 문제가 있는 것으로 판단



그림 3.7 밀양 만어사 삼층석탑
(지반 연약)



그림 3.8 하동 쌍계사 승탑
(지반 연약-나무 뿌리 돌출)



그림 3.9 밀양 송진리 삼층석탑
(잔디 식재로 인한 배수 저감)

(2) 지대석

지대석은 석탑 문화재의 하중을 지면으로 전달하는 구조체로서 지대석에 문제가 있다는 것은 구조적으로 큰 문제가 있는 것으로 판단할 근거가 된다. 따라서 지대석의 균열, 침하, 적심의 노출 등을 중점적으로 조사했다.

- 기단석 이완 : 기단 갑석, 면석 등이 이완되는 현상은 지반과 지대석의 마찰력이 저하되거나 자중에 의해 처짐 등이 발생해 벌어지는 것이 원인이 될 수 있으므로 문제가 있는 것으로 판단

- 기단석 처짐 : 기단 갑석은 하중을 직접적으로 받아주는 부재로 처짐이 발생한다는 것은 하중의 분포가 불균형하거나 부재가 하중을 부담하는 능력이 부족한 것이 원인이 될 수 있으므로 문제가 있는 것으로 판단

- 기단석 균열 : 기단석의 균열은 하중에 의한 파괴가 진행되고 있다

는 것이며, 이는 하중의 과다로 인해 구조적인 문제점이 진행 중일 수 있으므로 문제가 있는 것으로 판단

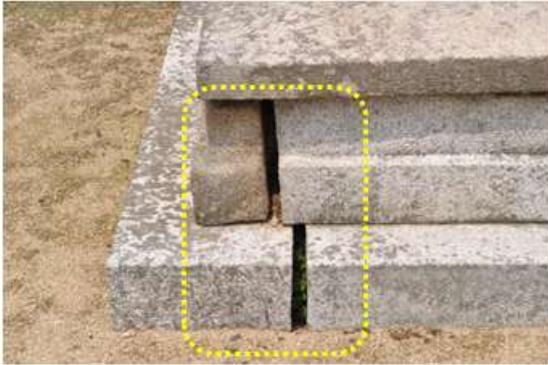


그림 3.10 영천 화남리 삼층석탑
(기단석 이완)



그림 3.11 문경 내화리 삼층석탑
(기단갑석 처짐)



그림 3.12 군위 지보사 삼층석탑
(지대석 면석 균열)

(3) 탑신석

탑신석은 석탑 문화재에서 가장 많은 질량을 차지하는 부분으로 체감울에 따른 하중 부담이나 구조적 해석이 달라질 수 있는 부분으로 구조, 파괴 양상 등에 대해 중점적으로 조사했다.

- 부재의 형태 : 석탑 문화재의 탑신은 부재를 가구식으로 짜 맞춘 것과 하나의 부재를 통돌로 사용하는 경우가 있으며 이에 따른 구조적 차이를 조사

- 부재의 파괴 : 하중 부담에 따른 균열 양상을 파악하여 구조적인 문제점을 판단

- 개구부 유무 : 개구부의 유무에 따른 중심 코어의 하중 부담율이 차이가 나는 것으로 판단



그림 3.13 경주 고선사지
삼층석탑
(옥개석 균열)



그림 3.14 경주 정혜사지
심삼층석탑
(부재 형태-개구부 및 가구식 면석)



그림 3.15 경주 불국사 다보탑
(부재 형태-가구식 복합부재)

3.3.2 전탑

· 전탑의 경우 대상 문화재의 수량이 적기 때문에 구조적 문제 양상이 다양하게 나타나지는 않는다. 다만 전돌의 특성상 균열이 줄눈을 따라서 크게 확산되는 경향이 보이므로 전탑 조사 시에는 균열의 양상에 따른 구조적 문제점을 판단하려고 했다.



그림 3.16 안동 운흥동 오층전탑
(전돌 파손)



그림 3.17 안동 운흥동 오층전탑
(수직 균열)



그림 3.18 안동 운흥동 오층전탑
(개구부)



그림 3.19 안동 조탑리 오층전탑
(면석 침하)

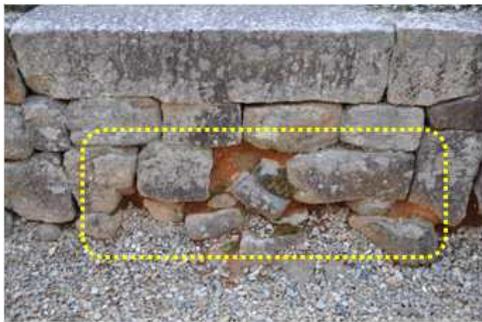


그림 3.20 경주 분향사 모전석탑
(기단석 탈락)



그림 3.21 경주 분향사 모전석탑
(전돌 균열 및 이격)

3.3.3 석교

석교의 경우 대상 문화재가 소량이기 때문에 구조 안전상의 문제점을 유형화하기는 어려우나, 대부분 큰 부재를 사용하고 있어 각각의 부재가 하중 부담이 크기 때문에 석교의 특성상 부재의 균열 발생이 문제를 야기할 수 있다고 보고, 균열과 침하에 대한 조사를 중점적으로 했다.

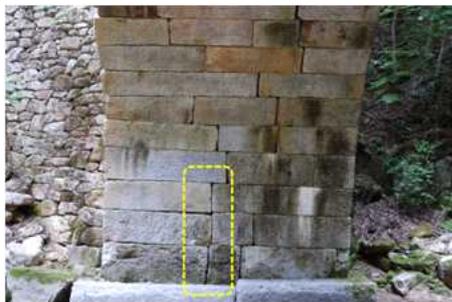


그림 3.22 순천 선암사 승선교
(통줄눈)

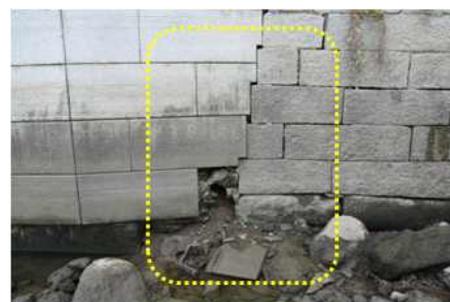


그림 3.23 보성 벌교 홍교
(석재간 이완 및 침하)

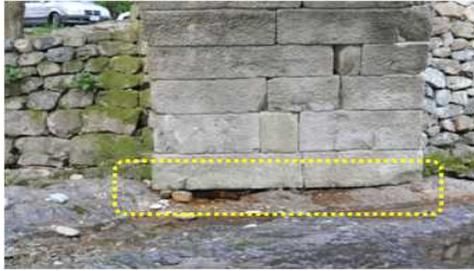


그림 3.24 여수 흥국사 홍교
(지반 유실)

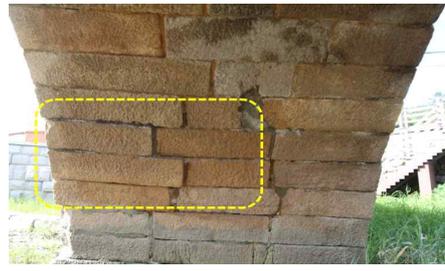


그림 3.25 보성 벌교 홍교
(홍예 이완)

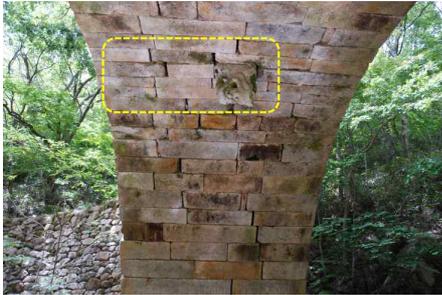


그림 3.26 순천 선암사 승선교
(홍예 이완)

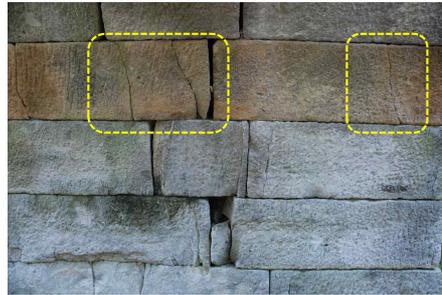


그림 3.27 여수 흥국사 홍교
(홍예석 수직 균열)

3.3.4 목조

(1) 기둥

목조 문화재의 수직하중은 기둥이 대부분 부담하고 있으므로 기둥에 문제가 생길 경우 안전상의 문제로 진행되므로 균열, 보수 방법, 부식 등에 다양한 관점에서 문제점에 접근했다.

- 이음 : 구조적 파괴의 양상은 대체적으로 취약부를 중심으로 진행되므로 하나의 건물에 2개소 이상의 이음이 발견될 경우, 그 이음부에서 동시 파괴가 진행될 가능성이 있으므로 구조적 안정성이 취약한 것으로 판단

- 부식 : 목부재의 특성상 습기에 의한 부식에 취약하며, 이는 배수 또는 누수에 의한 원인일 가능성이 크므로 이에 대한 조사를 실시

- 활주 : 활주는 구조적인 지지 역할은 거의 하지 않으나, 활주를 가진다는 건 처마를 길게 빼고 지붕의 체감이 높다는 것을 의미하므로 지붕의 하중 부담이 큰 것으로 판단하여 조사

- 기울어짐 : 기둥은 수직 하중을 부담하는 부재이나 기울어진다는 것

은 수평 하중을 부담하고 있다는 것으로 구조적으로 반드시 보완되어야 하는 사항으로 조사



그림 3.28 영천 은해서 거조암 영산전
(기둥 하부 부식)

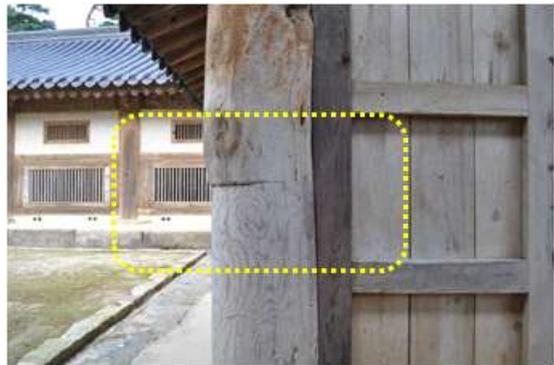


그림 3.29 합천 해인사 장경판전
(동서간고 동바리 이음)



그림 3.30 안동 봉정사 대웅전
(기둥 하부 동바리 이음)



그림 3.31 합천 해인사 장경판전-법보전
(기둥 하부 나비장)



그림 3.32 양산 통도사 대웅전 및
금강계단 (활주)



그림 3.33 여수 진남관
(기둥 기울어짐)

(2) 결구부

목조 문화재는 가구식 구조로 부재간의 연결부를 짜맞추어 일체화하고 있다. 따라서 결구부에 발생하는 문제는 건물 전체에 영향을 받기 때문에

결구부의 뒤틀림, 균열, 처짐 등을 중점적으로 조사하였다.



그림 3.34 여수 진남관
(공포 뒤틀림)

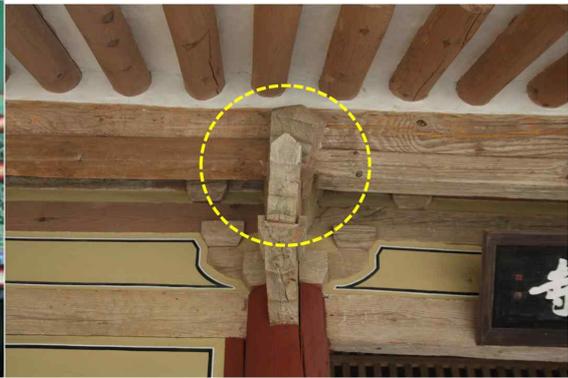


그림 3.35 영암 도갑사 해탈문
(기둥 보머리 뒤틀림)



그림 3.36 영천 은해서 거조암 영산전
(기둥 상부 및 주두 균열)

(3) 기타

기와 탈락, 홀집 또는 겹집에 따른 내진주 유무 등 육안으로 판단 가능한 문제점을 조사

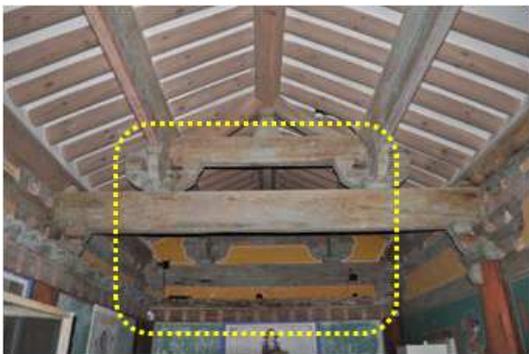


그림 3.37 영주 부석사 조사당
(홀집에 내진주 없음)



그림 3.38 영천 은해서 거조암 영산전
(기와 탈락)

3.4 조사 보완 사항

3.4.1 자료 확보

(1) 석탑 / 목조 문화재에 대한 도면 필요

- 도면의 부재로 인한 수치적 정확성 미확보로 정량적 기준이 없기 때문에 주관적 판단 기준이 반영되어 조사자에 따라 조사 결과에 차이가 나타날 수 있음.

3.4.2 조사 기준의 불명확함

1) 조사 기준의 애매함으로 조사자에 따른 주관적 해석이 가능

2) 주관적 해석이 가능한 항목 예시

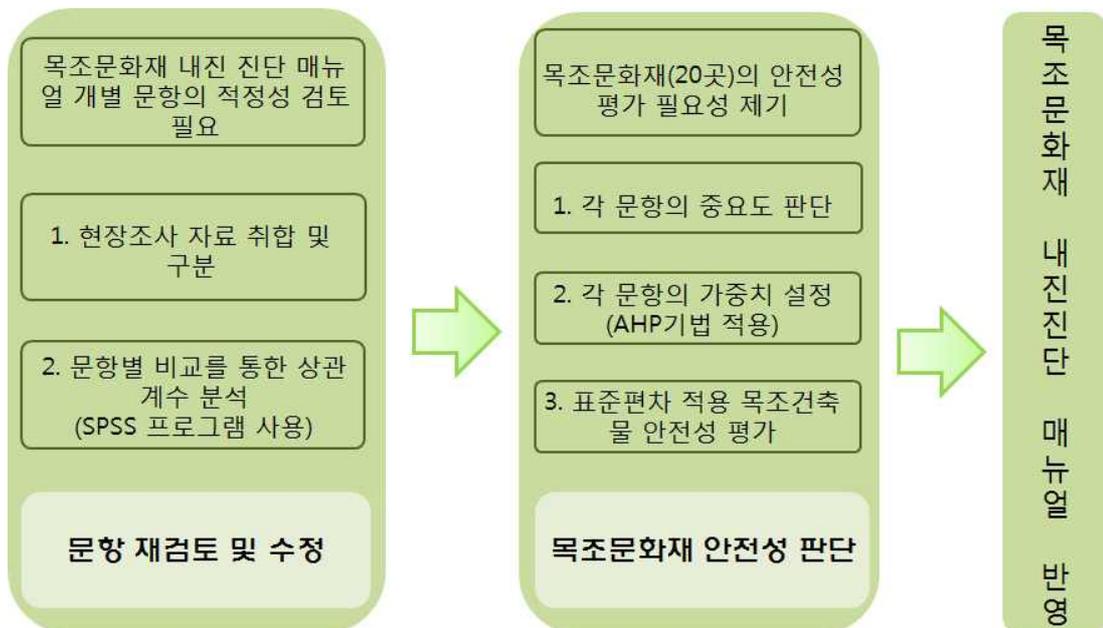
- (공통)지진 발생 빈도가 낮은 지역 : 몇 회의 지진을 기준으로 할 것인지.
- (공통)문화재의 지반 경도 : 단단함의 기준을 무엇으로 할 것인지.
- (전탑)인접 지역에 하천 유무 : 거리/수위/위치 등 무엇을 기준으로 할 것인지.
- (목조)최근 5년간 수리 유무 : 최근 5년이란 시간적 제한이 두는 의미가 무엇인지.
- (목조)겹집이면서 내진주 유무 : 홑집의 경우에 구조적으로 안정성이 저하되는지.
- (석교)평석교/홍예교의 구성 형태 : 평석교/홍예교로 한정된 조사.
- (석교)석재의 마감이 거친다듬 이하인가 : 석재의 다듬 정도를 판단하는 것은 조사자의 주관적 해석에 따라 달라짐.
- (석탑)단일부재에 근접한가 : 단일부재와 복합부재의 기준이 조사자에 따라 차이가 발생함.
- (석탑)체감율, 세장비 등은 도면이 없을 경우 수치화된 값을 구할 수 없음.

제4장 목조 문화재 내진 진단 매뉴얼 의사결정 방법

목조문화재에 영향을 미치는 지진 재해 요소들을 정리하여 목조문화재 내진 진단 매뉴얼을 1차적으로 정리하였다. 그러나 지진 재해에 직접적으로 영향을 미치는 요소를 정량적으로 판단할 수 있는 근거가 국내·외에 마련되어 있지 않기에 1차 적으로 정리한 매뉴얼의 문항에 대한 타당성 검토 및 현장 조사를 통하여 정리된 결과 값들을 연계하여 정성적으로 고민해야 할 필요성이 제기되었다.

이러한 현실적인 한계를 극복하고 새로운 판단근거 마련을 위하여 목조문화재 내진 진단 매뉴얼 문항 타당성 검토 및 목조문화재 안전성 평가를 진행하였다. 목조문화재 내진 진단 매뉴얼 문항 타당성 검토 부분에서는 통계학에서 주로 사용되는 SPSS 프로그램을 사용하여 각 문항별 상관관계 분석을 진행하였으며, 이를 토대로 문항의 재검토 및 수정 작업을 진행하였다. 목조문화재 안전성 평가 부분에서는 의사결정 분야에서 주로 사용되는 AHP 기법을 적용하여 각 문항의 중요도 판단 및 가중치 설정을 진행하였다. 일련의 과정을 통하여 나온 결과 값들을 토대로 목조문화재의 안전성 판단 작업을 진행하였다.

그림 4.1 목조 매뉴얼 의사결정 프로세스



4.1 내진 평가 문항의 타당성 검토

2012년 ‘문화재 지진 재해 저감을 위한 안정성 평가기준 마련 연구용역’을 통하여 내진진단 매뉴얼 문항을 선정하였다. 해당 문항이 목조문화재의 내진 성능 판단에 적합한 문항인지를 검토하고 발전시키기 위하여 내진진단 매뉴얼 문항의 타당성 검토를 진행하였다.

4.1.1 평가 문항 타당성 검토 과정

내진진단 매뉴얼 문항의 타당성 검토를 위하여 다음과 같은 절차로 진행하였다.

- ① 전수조사 자료를 취합하였다.
- ② ‘그렇다’와 ‘그렇지 않다’를 각각 1과0으로 구분하여 엑셀시트를 작성하였다.
- ③ 엑셀시트의 수치를 통계학에서 사용되는 SPSS(Statistical Package for the Social Science) 프로그램에 기입하여 각 문항별 상관관계 분석을 시행하였다.

4.1.2 상관계수 분석

SPSS는 PC를 이용하여 복잡한 자료를 편리하고 쉽게 처리 분석할 수 있도록 만들어진 통계분석 전용 소프트웨어이다. 이러한 소프트웨어를 사용하여 합리적인 분석을 위하여 분석 절차 마련을 시행하였다. 목조문화재 내진 진단 매뉴얼의 25문항을 각각의 성격에 맞도록 다음과 같이 문항을 분류하였다.

표 4.1 문항의 분류

II (항)	1. 지진 및 지반 상태	2. 구조 형식	3. 구조부재 상태	4. 지붕면 상태	5. 내부 상황
III (문항)	a. 지진 발생 빈도	d. 우주초석 침하	n. 기둥 직립상태	u. 지붕면의 고른 상태	w. 내부 국보 및 보물 문화재 보유 여부
		e. 수리 흔적	o. 수평부재 파손 여부		
		f. 동바리 이음 상태	p. 결구부위 훼손		
	b. 지반 강도	g. 단층 여부	q. 구조부재 충해		x. 배수로 정비
		h. 다포집 여부	r. 지점부위 부식		
		i. 겹집 및 내진주 여부	s. 누수 흔적		
	c. 기단부 탈락 또는 멸실	j. 활주	t. 벽체/인방 틈	v. 기와의 탈락 여부	y. 축대/담장 등의 위험요소
		k. 단변폭			
		l. 반자 상태			
		m. 지붕 형태			

지진 및 지반상태, 구조 형식, 구조부재 상태, 지붕면 상태 및 내부 상황 등 5가지 항으로 구분하여 항을 기준으로 상관관계 분석을 진행하였다.

진행과정 중 각 문항의 데이터가 동일하게 형성되는 부분 즉, 모두 ‘그렇다’와 ‘그렇지 않다’로 구분되는 문항의 경우 1차적으로 문항에 문제가 있다고 판단하였기에 해당 문항들의 경우 SPSS분석을 진행하지 않았으며, 세부적인 SPSS 분석 방법은 다음과 같다.

SPSS 분석을 진행할 경우 Pearson, Kendall 및 Spearman 상관관계 분석이 시행된다. 본 연구의 경우 해당 문항의 결과 값들이 정규분포 사이에서 형성된다는 보장이 없기에 분포의 형태에 의존하지 않는 상관관계 분석에 해당하는 Kendall 상관관계 분석을 시행하였다.

상관관계 분석을 시행하면 다음과 같은 결과 값이 형성된다.

표 4.2 상관관계 분석 예시

		f. 이음상태	g. 단층여부	h. 다포집여부	i. 겹집및내진주여부	j. 활주여부	l. 반자상태	m. 지붕형태	
Kendal l의 tau_b	f.동바 리이음 상태	상관계수 유의확률(양측) N	1.000 . . 16	.022 .933 16	-.035 .893 16	.127 .622 16	-.164 .526 16	.135 .602 16	.323 .211 16
	g. 단층 여부	상관계수 유의확률(양측) N	.022 .933 16	1.000 . . 16	-.620 .016 16	-.324 .210 16	.367 .155 16	-.480 .063 16	-.545 .035 16
	h. 다포 집여부	상관계수 유의확률(양측) N	-.035 .893 16	-.620 .016 16	1.000 . . 16	.244 .345 16	-.592 .022 16	.775 .003 16	.618 .017 16
	i. 겹집 및내진 주여부	상관계수 유의확률(양측) N	.127 .622 16	-.324 .210 16	.244 .345 16	1.000 . . 16	-.455 .078 16	.135 .602 16	.595 .021 16
	j. 활주 여부	상관계수 유의확률(양측) N	-.164 .526 16	.367 .155 16	-.592 .022 16	-.455 .078 16	1.000 . . 16	-.405 .117 16	-.764 .003 16
	l. 반자 상태	상관계수 유의확률(양측) N	.135 .602 16	-.480 .063 16	.775 .003 16	.135 .602 16	-.405 .117 16	1.000 . . 16	.630 .015 16
	m. 지붕 형태	상관계수 유의확률(양측) N	.323 .211 16	-.545 .035 16	.618 .017 16	.595 .021 16	-.764 .003 16	.630 .015 16	1.000 . . 16

해당 분석 표에서 상관계수는 두 문항의 상관도를 수치로 표현한 것이며, 두 변수간 상관계수 값의 범위는 -1부터 +1까지이다. 계수의 부호는 관계의 방향을 가리키는 것이며 절대값은 강도를 나타내는데 절대값이 클수록 강한 관계가 있음을 나타내는 것이다.

유의확률의 경우 가설검증에서 가설이 실제로 참일 때 가설에 대한 판단의 오류수준을 말하는 것이며, 오류수준이 낮을수록 문항 간의 연계성이 높은 것으로 판단 가능하다.

4.1.3 각 항별 상관계수 분석

각 항별 SPSS 분석을 위하여 위에서도 언급하였듯이 전수조사 자료를 엑셀 및 SPSS에 기입하였으며, 현재까지 조사된 6개의 목조건축물을 기준의 결과 값은 다음과 같다.

표 5.3 전수조사 분석 자료

	및 지반상태			구조형식										구조부재 상태						지붕면 상태		내부 상황			
	지진 발생 빈도	지반 강도	기단 부 탈락 또는 멸실	우주 초석 침하	수리 흔적	동바 리 이음 상태	단층 여부	다포 집 여부	겹집 및 내진 주 여부	활주 여부	단변 폭	반자 상태	지붕 형태	기동 직립 상태	수평 부재 파손 여부	결구 부위 훼손	벽체 /인 방 틈	구조 부재 총해	지점 부위 부식	누수 흔적	지붕 면의 고른 상태	기와의 탈락 여부	국보 및 보물 보유 여부	배수로 정비	축대 /담 장 등의 위험 요소
구례 화암사 각황전	-	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
김제 금산사 미륵전	-	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
보은 범주사 팔상전	-	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
순천 송광사 국사전	-	1.00	1.00	1.00	-	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00
안동 봉정사 극락전	-	1.00	1.00	1.00	-	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
안동 봉정사 대웅전	-	1.00	1.00	1.00	-	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
양산 통도사 대웅전	-	1.00	1.00	1.00	-	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
여수 진남관	-	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
영천 은혜사 거조암 영산전	-	1.00	1.00	1.00	-	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
예산 수덕사 대웅전	-	1.00	1.00	1.00	-	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
완주 화암사 극락전	-	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
통영 세병관	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
합천 해인사 장경판전-동사간고	-	1.00	1.00	1.00	-	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
합천 해인사 장경판전-범보전	-	1.00	1.00	1.00	-	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	-	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
합천 해인사 장경판전-서사간고	-	1.00	1.00	1.00	-	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
합천 해인사 장경판전-수다라전	-	1.00	1.00	1.00	-	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	-	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00

(1) 지진 및 지반상태

지진 및 지반상태 항의 문항 중 b.지반강도의 데이터를 살펴보면, 모든 목조건축물에서 지반강도가 단단한 것으로 나왔기에 문항의 적합성이 떨어진다고 파악하였으며, 해당 항의 경우 3개의 문항 중 a·b 2개의 결과 값이 합리적이지 않기에 상관관계 분석이 불가능하였다.

(2) 구조형식

구조형식 항을 살펴보면, ‘d.우주초석 침하는 없는가?’문항의 경우 모두 ‘그렇다’라는 응답이 나왔기에 문항의 재검토가 필요할 것으로 판단되며, ‘e. 최근 5년 간 기둥/창방 결구부위를 수리한 적이 있는가?’ 및 ‘k. 중앙부 종도리 높이 나누기 단변폭이 1.0이하인가?’ 라는 문항들의 경우 조사 결과 값이 없기에 세 문항을 제외한 후 상관관계 분석을 진행하였다.

표 4.4 구조형식 상관관계 분석

		f. 이음상태	g. 단층여부	h. 다포집여부	i. 겹집 및 내진주여부	j. 활주여부	l. 반자상태	m. 지붕형태	
Kendal 의 tau_b	f. 동바 리이음 상태	상관계수	1.000	.022	-.035	.127	-.164	.135	.323
		유의확률(양측)	.	.933	.893	.622	.526	.602	.211
		N	16	16	16	16	16	16	16
	g. 단층 여부	상관계수	.022	1.000	-.620	-.324	.367	-.480	-.545
		유의확률(양측)	.933	.	.016	.210	.155	.063	.035
		N	16	16	16	16	16	16	16
	h. 다포 집여부	상관계수	-.035	-.620	1.000	.244	-.592	.775	.618
		유의확률(양측)	.893	.016	.	.345	.022	.003	.017
		N	16	16	16	16	16	16	16
	i. 겹집 및 내진 주여부	상관계수	.127	-.324	.244	1.000	-.455	.135	.595
		유의확률(양측)	.622	.210	.345	.	.078	.602	.021
		N	16	16	16	16	16	16	16
	j. 활주 여부	상관계수	-.164	.367	-.592	-.455	1.000	-.405	-.764
		유의확률(양측)	.526	.155	.022	.078	.	.117	.003
		N	16	16	16	16	16	16	16
	l. 반자 상태	상관계수	.135	-.480	.775	.135	-.405	1.000	.630
		유의확률(양측)	.602	.063	.003	.602	.117	.	.015
		N	16	16	16	16	16	16	16
	m. 지붕 형태	상관계수	.323	-.545	.618	.595	-.764	.630	1.000
		유의확률(양측)	.211	.035	.017	.021	.003	.015	.
		N	16	16	16	16	16	16	16

해당 문항들의 특이성을 분석한 결과 ‘g. 다포집인가?’ 및 ‘m. 지붕이 팔작형태인가?’ 질문의 경우 여타 문항들과 상관관계가 높은 것으로 판단되

었다. 지진 재해의 영향이 미쳤을 경우 다포이면서 팔작지붕일 경우 전체적으로 여타 구조형식들에 비하여 하중을 효율적으로 전달하는 효과가 있기에 여타 전체적인 문항들이 다포집이면서 팔작지붕일 경우에 해당하는 요소일 가능성이 높기에 해당 결과값이 도출된 것으로 사료된다.

(3) 구조부재 상태

구조부재 상태의 경우 ‘s. 누수의 흔적은 없는가?’에 대한 질문이 모두 ‘그렇다’라고 나왔기에 문항의 적절성 판단이 1차적으로 필요할 것으로 판단되며, 해당 문항을 제외한 후 SPSS 상관관계 분석을 진행하였다.

구조부재 상태 문항의 상관관계를 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

표 4.5 구조부재 상태 상관관계 분석

			n.립상태	o.수평부재파손여부	p.결구부위훼손	t.벽체인방틈	q.구조부재충해	r.지점부위부식
Kendall 의 tau_b	n.기둥직립상태	상관계수	1.000	.537	.333	-.124	.447	.383
		유의확률(양측)	.	.037	.197	.631	.083	.138
		N	16	16	16	16	16	16
	o.수평부재파손여부	상관계수	.537	1.000	.289	.590	.092	.367
		유의확률(양측)	.037	.	.262	.022	.720	.155
		N	16	16	16	16	16	16
	p.결구부위훼손	상관계수	.333	.289	1.000	.289	.745	.592
		유의확률(양측)	.197	.262	.	.262	.004	.022
		N	16	16	16	16	16	16
	t.벽체인방틈	상관계수	-.124	.590	.289	1.000	.092	.367
		유의확률(양측)	.631	.022	.262	.	.720	.155
		N	16	16	16	16	16	16
q.구조부재충해	상관계수	.447	.092	.745	.092	1.000	.856	
	유의확률(양측)	.083	.720	.004	.720	.	.001	
	N	16	16	16	16	16	16	
r.지점부위부식	상관계수	.383	.367	.592	.367	.856	1.000	
	유의확률(양측)	.138	.155	.022	.155	.001	.	
	N	16	16	16	16	16	16	

① ‘수평부재의 파손이 있는 부재가 없는가?’와 ‘기둥이 직립상태를 유지하는가?’ 문항의 경우 각 문항 사이에 연관성이 높게 나타나는 것으로 판단되었다.

② ‘수평부재의 파손이 있는 부재가 없는가?’와 ‘벽체/인방 등에 손가락이 들어갈 정도의 틈이 있는가?’ 문항의 경우 각 문항 사이에 연관성이 높게 나타나는 것으로 판단되었다.

③ ‘주요 결구부위에 벌어짐/깨짐 등의 훼손이 없는가?’와 ‘중요 구조부재에 충해는 없는가?’ 문항의 경우 각 문항 사이에 연관성이 높게 나타나는

것으로 판단되었다.

④ ‘지점부위에 부식(부후)는 없는가?’와 ‘주요 결구부위에 벌어짐/깨짐 등의 훼손이 없는가?’ 문항 사이에 연관성이 높게 나타나는 것으로 판단되었다.

⑤ ‘지점부위에 부식(부후)는 없는가?’와 ‘중요 구조부재에 충해는 없는가?’ 문항 사이에 연관성이 높게 나타나는 것으로 판단되었다.

(4) 지붕면 상태

지붕면 상태에 해당하는 2개의 문항 중 ‘지붕면이 고른 상태를 유지하고 있는가?’ 문항의 경우 모든 대상지에서 ‘그렇다’라고 판단되었기에 문항의 재검토가 필요할 것으로 판단되며, 2개의 문항 중 1개의 문항이 유효하지 않기에 상관관계 분석이 불가능하였다.

(5) 내부 상황

내부 상황의 경우 ‘문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?’ 문항의 모든 결과값이 ‘그렇다’라고 판단되었기에 문항의 재검토가 필요할 것으로 판단되며, 여타 2개 문항의 상관관계 분석을 진행한 결과 각 문항 사이에 상관관계가 0.5이하로 판단되었다.

표 4.6 내부상황 상관관계 분석

			w.	y.위험요소
Kendall의 tau_b	w.국보보물보유여부	상관계수	1.000	-.389
		유의확률(양측)	.	.132
		N	16	16
	y.위험요소	상관계수	-.389	1.000
		유의확률(양측)	.132	.
		N	16	16

4.1.4 상관관계 검토 후 변화 문항 창출

상관관계 분석을 진행한 후 모두 ‘그렇다’로 판단되었으나, 문항의 지속성이 필요한 문항과 상관관계가 높다고 판단되어 문항을 수정할 필요성이 제기되는 부분을 분석하여 최종 보완 문항이 나오기 전 단계의 문항 수정 작업을 진행하였으며, 이러한 1차 필터링 과정을 통하여 생산된 매뉴얼 문항은 다음과 같다.

표 4.7 상관관계 검토 후 변화 문항

① 및 지반상태	그렇다	그렇지 않다
건축구조설계 기준 지진 구역에 따라 지진 발생 빈도 구분 방법은?		
· 기단부의 탈락 또는 멸실 등의 훼손은 없는가?		
② 구조 형식	그렇다	그렇지 않다
· 우주초석의 주변에 특이한 사항(기울어짐/갈라짐/꺼짐 등)은 없는가?		
· 기둥의 동바리 이음(초석과 창방/보 중간)이 2개 미만인가?		
· 단층인가?		
· 겹집이면서 내진주가 있는가?		
· 활주가 없는가?		
· 중앙부 종도리 높이 나누기 단변폭이 1.0 이하인가?		
· 목재로 구성된 반자(우물천장/고미반자)가 있는가?		
③ 구조부재 상태	그렇다	그렇지 않다
· 기둥이 직립상태를 유지하고 있는가?		
· 창방/평방/보/도리/추녀 등 수평부재의 파손이 있는 부재가 없는가?		
· 지점 이외 주요 결구부위에 벌어짐/꺼짐 등의 훼손이 없는가?		
· 중요 구조부재의 중간에(결구부위 제외) 총해는 없는가?		
· 지점부위(초석과 기둥의 접촉면 등)에 부식(부후)는 없는가?		
· 누수의 흔적은 없는가?		
④ 지붕면 상태	그렇다	그렇지 않다
· 지붕면이 고른 상태를 유지하고 있는가?		
⑤ 내부 상황	그렇다	그렇지 않다
· 건물 내부에 국보/보물 등의 문화재가 없는가?		
· 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?		
· 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장/수목 등의 위험요소가 없는가?		

4.1.5 소결

통계학에서 사용되는 SPSS 프로그램을 토대로 문항별 상관관계 분석을 진행하였다. 상관관계 분석을 통하여 중복문항을 최소화 하며, 목조문화재 내진 성능 판단에 필요한 문항의 재개발이 이루어질 것으로 판단된다. 그러나 해당 상관관계 계수가 높게 나타났다고 하여 해당 문항간의 긴밀도가 반드시 높다고 판단하는 것은 또 다른 오류를 범하는 행위로 판단되어지며, 이러한 오류를 최소화하기 위하여 보다 치밀한 브레인스토밍

제5장 석조 문화재 내진 진단 매뉴얼 의사결정 방법

석조문화재에 영향을 미치는 지진 재해 요소들을 정리하여 석조문화재 내진 진단 매뉴얼을 1차적으로 정리하였다. 그러나 지진 재해에 직접적으로 영향을 미치는 요소를 정량적으로 판단할 수 있는 근거가 국내·외에 마련되어 있지 않기에 1차적으로 정리한 매뉴얼의 문항에 대한 타당성 검토 및 현장 조사를 통하여 정리된 결과 값들을 연계하여 정성적으로 고민해야 할 필요성이 제기되었다.

이러한 현실적인 한계를 극복하고 새로운 판단근거 마련을 위하여 석조문화재 내진 진단 매뉴얼 문항 타당성 검토 및 석조문화재 안전성 평가를 진행하였다. 석조문화재 내진 진단 매뉴얼 문항 타당성 검토 부분에서는 통계학에서 주로 사용되는 SPSS 프로그램을 사용하여 각 문항별 상관관계 분석을 진행하였으며, 이를 토대로 문항의 재검토 및 수정 작업을 진행하였다.

5.1 내진 평가 문항의 타당성 검토

2012년 ‘문화재 지진 재해 저감을 위한 안정성 평가기준 마련 연구용역’을 통하여 내진진단 매뉴얼 문항을 선정하였다. 해당 문항이 석조문화재의 내진 성능 판단에 적합한 문항인지를 검토하고 발전시키기 위하여 내진진단 매뉴얼 문항의 타당성 검토를 진행하였다.

5.1.1 평가 문항 타당성 검토 과정

내진진단 매뉴얼 문항의 타당성 검토를 위하여 다음과 같은 절차로 진행하였다.

- ① 전수조사 자료를 취합하였다.
- ② ‘그렇다’와 ‘그렇지 않다’를 각각 1과 0으로 구분하여 엑셀시트를 작성하였다.
- ③ 엑셀시트의 수치를 통계학에서 사용되는 SPSS(Statistical Package for the Social Science) 프로그램에 기입하여 각 문항별 상관관계 분석을 시행하였다.

5.1.2 상관계수 분석

SPSS는 PC를 이용하여 복잡한 자료를 편리하고 쉽게 처리 분석할 수 있도록 만들어진 통계분석 전용 소프트웨어이다. 이러한 소프트웨어를 사용하여 합리적인 분석을 위하여 분석 절차 마련을 시행하였다. 석조문화재 내진 진단 매뉴얼을 기준으로 1. 주변지반 및 지형, 2. 전체시스템 형태 및 구성, 3. 부재 현황, 4. 보존 상황으로 분류하였다.

표 5.1 각 문항별 계층화 과정

I	1. 매뉴얼 기초점검 항목의 타당성 검토			
II ()	1. 주변지반 및 지형	2. 전체시스템 형태 및 구성	3. 부재 현황	4. 보존 상황
III (문항)	a. 지진발생 빈도	f. 개구부 여부	n. 석재의 마감형태	t. 보수 및 보강 이력
		g. 3층의 초과 여부	o. 기단부 면석 부재형식	
	b. 지반 강도	h. 기단부의 세장비	p. 기단부의 구조형식	u. 석조문화재의 기능 유지
		i. 탑신부 높이		
	c. 주변 배수 정비	j. 전체형상의 세장비	q. 기단부 갑석의 부재형식	v. 기울어짐 발생
		k. 전체형상의 체감율 상태		
	d. 영향을 줄 수 있는 위험요소 (축대, 담장 등)	l. 전체형상의 질량비	r. 탑신부 탑신석의 부재형식	w. 부재 변형 발생
e. 인접지반의 유실 및 침하	s. 옥개석 부재형식			

주변지반 및 지형, 전체시스템 형태 및 구성, 부재 현황, 보존 상황 등 4가지 항목으로 구분하여 그에 따른 기준으로 상관관계 분석을 진행하였다. 세부적인 분석 방법은 다음과 같다.

SPSS 분석을 진행할 경우 Pearson, Kendall 및 Spearman 상관관계 분석이 시행된다. 본 연구의 경우 해당 문항의 결과 값들이 정규분포 사이에서 형성된다는 보장이 없기에 분포의 형태에 의존하지 않는 상관관계 분석에 해당하는 Kendall 상관관계 분석을 시행하였다.

상관관계 분석을 시행하면 다음과 같은 결과 값이 형성된다.

			삼출초과여부	개구부여부	기단부의세장비 가0.5이상	탑신부가전체 높이의0.75이 하	전체의세장비 가4.0미만	체감풍의안정 적	질량비가1.2미만	탑신부의질량 체감률여부
Kendall의 tau_b	삼출초과여부	상관계수	1.000	.081	.341*	.390*		.392**	.413**	.262
		유의확률(양측)		.455	.029	.012		.002	.009	.165
		N	86	86	42		42	64	41	29
	개구부여부	상관계수	.081	1.000	.165	.148		.359**	.405**	.139
		유의확률(양측)	.455		.262	.316		.003	.007	.426
		N	86	91	47	47	47	69	46	34
	기단부의세장비가0.5이상	상관계수	.341*	.165	1.000	.540**		.183	.537**	.333
		유의확률(양측)	.029	.262		.000		.216	.000	.056
		N	42	47	47	47	47	47	46	34
	탑신부가전체높이의0.75이하	상관계수	.390*	.148	.540**	1.000		.260	.670**	.333
		유의확률(양측)	.012	.316	.000			.078	.000	.056
		N	42	47	47	47	47	47	46	34
	전체의세장비가4.0미만	상관계수								
		유의확률(양측)								
		N	42	47	47	47	47	47	46	34
	체감풍의안정적	상관계수	.392**	.359**	.183	.260		1.000	.606**	.119
		유의확률(양측)	.002	.003	.216	.078			.000	.492
		N	64	69	47	47	47	69	46	34
	질량비가1.2미만	상관계수	.413**	.405**	.537**	.670**		.606**	1.000	.358*
		유의확률(양측)	.009	.007	.000	.000		.000		.040
		N	41	46	46	46	46	46	46	34
	탑신부의질량체감률여부	상관계수	.262	.139	.333	.333		.119	.358*	1.000
		유의확률(양측)	.165	.426	.056	.056		.492	.040	
		N	29	34	34	34	34	34	34	34

그림 5.1 Kendall 상관관계 분석 표

해당 분석 표에서 상관계수는 두 문항의 상관도를 수치로 표현한 것이며, 두 변수간 상관계수 값의 범위는 -1부터 +1까지이다. 계수의 부호는 관계의 방향을 가리키는 것이며 절대값은 강도를 나타내는데 절대값이 클수록 강한 관계가 있음을 나타내는 것이다.

유의확률의 경우 가설검증에서 가설이 실제로 참일 때 가설에 대한 판단의 오류수준을 말하는 것이며, 오류수준이 낮을수록 문항 간의 연계성이 높은 것으로 판단 가능하다.

5.1.3 각 항별 상관계수 분석

각 항별 SPSS 분석을 위하여 현장조사 자료를 엑셀 및 SPSS에 기입하였으며, 현재까지 조사된 대상의 석조문화재를 기준에 적용한 결과 값은 다음과 같다.

표 5.2 현장조사 결과

	주변지반 및 지형					전체시스템 형태 및 구성									부재 현황						보존 상황					
	a. 발생 빈도	b. 지반 강도	c. 주변 배수 정비	d. 주변의 위험 요소	e. 인접 지반의 유실 및 침하	f. 개구부 여부	g. 3층의 초과 여부	h. 기단부 세장비	i. 탑신부 높이	j. 전체 형상의 세장비	k. 전체 형상의 체감을 상태	l. 전체 형상의 질량비	m. 탑신부 질량 체감을	n. 석재의 마감 형태	o. 기단부 면석 부재 형식	p. 기단부 구조 형식	q. 기단부 감석의 부재 형식	r. 탑신부 탑신석 부재 형식	s. 옥개석 부재 형식	t. 보수 및 보강 이력	u. 기능 유지	v. 기울 어짐 발생	w. 부재 변형 발생			
만어사 삼층석탑	-	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	1.0	
밀양 소테리 오층석탑	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	-	-	-	-	-	-	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	1.0
밀양 승진리 삼층석탑	-	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	0.0
밀양 표충사 삼층석탑	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	1.0
산청 내원사 삼층석탑	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	1.0	-	-	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	1.0
산청 단속사지 동 삼층석탑	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	1.0	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	1.0
산청 단속사지 서 삼층석탑	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	1.0	-	-	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	1.0
산청 대원사 다층석탑	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	1.0	-	-	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	1.0

표 5.2 계속

법계사 삼층석탑	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	1.0	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
양산 통도사 봉발탑	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	0.0
양산 통도사 삼층석탑	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	1.0
진주 묘엄사지 삼층석탑	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	1.0
진주 용암사지 승탑	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
창녕 솔정리 동 삼층석탑	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	1.0
하동 쌍계사 승탑	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	1.0
함양 벽송사 삼층석탑	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	1.0
함양 승안사지 삼층석탑	-	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	1.0
합천 월광사지 동서 삼층석탑	-	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1.0	1.0
현재까지 조사된 석조문화재 (총 91건)	같은 방법을 통해 현재까지 조사된 석조문화재의 결과 값을 적용함.																									

(2) 전체시스템의 형태 및 구성

형태 및 구성의 향을 살펴보면, h~m에 대한 질문의 조사결과 값이 없는 부분이 많아 이에 대한 문항을 제외한 후 상관관계를 분석하였다.

		상승초과여부	계구부여부	기단부의세장비가0.5이상	탑신부가전체높이의0.75이하	전체의세장비가4.0미만	체감풍의안정적	열량비가1.2미만	탑신부의열량체감률여부
Kendall의 tau_b	상승초과여부	상관계수	1.000	.081	.341*	.390	.392**	.413**	.262
		유의확률(양측)		.455	.029	.012	.002	.009	.165
		N	86	86	42	42	64	41	29
	계구부여부	상관계수	.081	1.000	.165	.148	.359**	.405**	.139
		유의확률(양측)	.455		.262	.316	.003	.007	.426
		N	86	91	47	47	69	46	34
	기단부의세장비가0.5이상	상관계수	.341*	.165	1.000	.540**	.183	.537**	.333
		유의확률(양측)	.029	.262		.000	.216	.000	.056
		N	42	47	47	47	47	46	34
	탑신부가전체높이의0.75이하	상관계수	.390*	.148	.540**	1.000	.260	.670**	.333
		유의확률(양측)	.012	.316	.000		.078	.000	.056
		N	42	47	47	47	47	46	34
	전체의세장비가4.0미만	상관계수							
		유의확률(양측)							
		N	42	47	47	47	47	46	34
	체감풍의안정적	상관계수	.392**	.359**	.183	.260	1.000	.606**	.119
		유의확률(양측)	.002	.003	.216	.078		.000	.492
		N	64	69	47	47	47	69	34
	열량비가1.2미만	상관계수	.413**	.405**	.537**	.670**	.606**	1.000	.358*
		유의확률(양측)	.009	.007	.000	.000	.000		.040
		N	41	46	46	46	46	46	34
	탑신부의열량체감률여부	상관계수	.262	.139	.333	.333	.119	.358*	1.000
		유의확률(양측)	.165	.426	.056	.056	.492	.040	
		N	29	34	34	34	34	34	34

그림 5.4 전체시스템의 형태 및 구성에 대한 상관관계 분석

해당 항의 상관관계 분석을 진행한 결과 특별히 문항별 연계성이 높게 나타나는 부분은 없었으나 ‘기단부의 세장비가 0.5인가?’ 라는 질문이 여타 문항들과 상관관계가 있는 것으로 나타났지만, 현재 조사된 결과 값이 미흡하므로 추가적인 조사가 이루어진 후 그에 대한 문항의 재검토가 필요하다고 판단된다.

(3) 부재 현황

부재 현황의 경우 현장조사의 결과 값을 바탕으로 SPSS 상관관계 분석을 진행하였다.

		석재마감의정도	기단부의석의단일부재	기단부의가구식형식	기단부감석의단일부재	일층탑신석의단일부재	이층탑신석의단일부재	일층옥계석의단일부재	이층옥계석의단일부재
Kendall의 tau_b	석재마감의정도	상관계수	1.000	.013	-.068	-.074	-.063	-.075	-.075
		유의확률(양측)		.906	.508	.528	.496	.593	.486
		N	90	85	88	86	73	88	75
	기단부면석의단일부재	상관계수	.013	1.000	.208	.174	.012	.000	.019
		유의확률(양측)	.906		.057	.113	.914	1.000	.859
		N	85	86	85	84	82	72	74
	기단부의가구식형식	상관계수	-.071	.208	1.000	.406**	.621**	.423**	.426**
		유의확률(양측)	.508	.057		.000	.000	.000	.000
		N	88	85	89	88	85	72	74
	기단부감석의단일부재	상관계수	-.068	.174	.406**	1.000	.478**	.455**	.587**
		유의확률(양측)	.528	.113	.000		.000	.000	.000
		N	87	84	88	88	85	72	88
	일층탑신석의단일부재	상관계수	-.074	.012	.621**	.478**	1.000	.608**	.708**
		유의확률(양측)	.496	.914	.000	.000		.000	.000
		N	86	82	85	85	87	74	74
	이층탑신석의단일부재	상관계수	-.063	.000	.423**	.455**	.608**	1.000	.734**
		유의확률(양측)	.593	1.000	.000	.000		.000	.000
		N	73	72	72	72	74	74	74
	일층옥계석의단일부재	상관계수	-.075	.019	.550**	.587**	.434**	.734**	1.000
		유의확률(양측)	.486	.859	.000	.000	.000		.000
		N	88	84	87	86	87	74	89
	이층옥계석의단일부재	상관계수	-.075	.011	.426**	.576**	.708**	.621**	.846**
		유의확률(양측)	.517	.924	.000	.000	.000	.000	.000
		N	75	74	74	73	74	74	76

그림 5.5 부재 현황에 대한 상관관계 분석

부재 현황의 항에 대한 상관관계를 분석하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

- ① ‘기단부의 구조형식이 가구형식인가?’ 란 문항과 탐신석 및 옥개석의 부재형태 문항들과의 연관성이 높게 나타나는 것으로 판단된다.
- ② ‘기단부 갑석이 단일부재에 근접한가?’ 란 문항과 옥개석의 부재형태 문항들과의 연관성이 높게 나타나는 것으로 판단된다.
- ③ ‘1층 탐신부 탐신석이 단일부재인가?’ 란 문항과 2층 탐신석과 1층 및 2층 옥개석의 부재형태 문항과의 연관성이 높게 나타나는 것으로 판단된다.
- ④ ‘2층 탐신부 탐신석이 단일부재인가?’ 란 문항과 1층 및 2층 옥개석의 부재형태 문항과의 연관성이 높게 나타나는 것으로 판단된다.
- ⑤ ‘1층 옥개석이 단일부재인가?’ 란 문항과 2층 옥개석의 부재형태 문항과의 연관성이 높게 나타나는 것으로 판단된다.

(4) 보존 상황

보존 상황에 해당하는 ‘보수 및 보강 이력이 있는가?’ 란 문항의 경우 결과 값이 유효하지 않아 이를 제외하여 상관관계를 분석하였지만, 전체적으로 상관관계의 결과 값이 대부분 0.5이하로 나타나 결과 값에 대한 판단이 불가능하였다.

			보수및보강이력	기능유지	기름머짐발생여부	지대석의변형
Kendall의 tau_b	보수및보강이력	상관계수				
		유의확률(양측)				
		N	49	49	47	49
기능유지	기능유지	상관계수		1.000	-.044	.153
		유의확률(양측)			.679	.147
		N	49	91	89	91
기름머짐발생여부	기름머짐발생여부	상관계수		-.044	1.000	.396**
		유의확률(양측)		.679		.000
		N	47	89	89	89
지대석의변형	지대석의변형	상관계수		.153	.396**	1.000
		유의확률(양측)		.147	.000	
		N	49	91	89	91

그림 5.6 보존 상황에 대한 상관관계 분석

5.1.4 결과분석

통계학에서 사용되는 SPSS 프로그램을 토대로 문항별 상관관계 분석을

진행하였다. 상관관계 분석을 통하여 각 항목의 연관성을 확인하여 중복 성향을 최소화함으로써, 석조문화재 내진 성능 판단에 필요한 문항의 재검토가 필요할 것으로 판단된다. 그러나 해당 상관관계 계수가 높게 나타났다고 하여 해당 문항간의 긴밀도가 반드시 높다고 판단하는 것은 또 다른 오류를 범할 수 있으므로, 이러한 오류를 최소화하기 위하여 보다 치밀한 브레인스토밍 과정이 필요할 것으로 판단된다.

5.1.5 매뉴얼 기초점검 항목의 분석 및 대안

문항별 상관관계 분석을 통해 기초점검 항목의 분석 및 재검토 방안을 표 1.3과 같이 정리하였다.

표 1.3 기초점검 항목의 분석 및 대안

석조문화재 매뉴얼의 기초점검 항목	분석 및 대안
- 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?	- 건축구조설계 기준 지진구역 구분 및 지역계수에 따라 구분하는 방법
- 문화재의 지반은 단단한가?	- 건축구조설계 기준 지진구역 구분 및 지역계수에 따라 구분하는 방법
- 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?	- 대부분 그렇다라고 판단되었으나 현 문항을 유지하는 것이 좋을것으로 판단
- 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	- 대부분 그렇다라고 판단되었으나 현 문항을 유지하는 것이 좋을것으로 판단
- 인접지반(하천, 경사지, 지반)의 유실 및 침하가 없는가?	- 대부분 그렇다라고 판단되었으나 현 문항을 유지하는 것이 좋을것으로 판단
- 구조적으로 보수 및 보강 이력이 있는가?	- 보수 및 보강에 대한 기초자료가 충분히 주어져야 할 것으로 판단
- 석탑문화재가 기능을 유지하고 있는가?	- 대부분 그렇다라고 판단되었으나 현 문항을 유지하는 것이 좋을것으로 판단
- 석탑문화재의 훼손이 발생하지 않았는가?	- 훼손이 발생하지 않았는가란 문항에 위치에 따른 기단 부1점 탑신부0.5점으로 세분화 방법
- 구조적으로 기울어짐이 발생하지 않았는가?	- 대부분 그렇다라고 판단되었으나 현 문항을 유지하는 것이 좋을것으로 판단
- 지대석 변형이 발생하지 않았는가?	- 대부분 그렇다라고 판단되었으나 현 문항을 유지하는 것이 좋을것으로 판단
- 석재의 마감이 거친다듬 이하인가?	- 대부분 그렇다라고 판단되었지만 육안으로 석재의 마감 정도를 구별하기 애매하다고 판단
- 석탑문화재 3층을 초과하지 않는가?	- 석탑문화재의 경우 층수가 다양하게 나누어져 있으므로 층수에 대한 세분화가 필요하다고 판단
- 기단부의 구조형식 가구식이 아닌가?	- 대부분 그렇다라고 판단되었지만 가구식이라는 표현이 애매하여 이에 대한 수정이 필요하다고 판단
- 기단부 감석이 단일부재에 근접한가?	- 대부분 그렇다라고 판단되었지만 탑신석과 옥개석에 대한 연관성이 있어 삭제의 검토 필요
- 1층 탑신부 탑신석이 단일부재인가?	- 1층과 2층 탑신부의 탑신석이 단일부재란 문항은 두 상관관계의 연관성이 높으므로 하나의 문항으로 조절하는 것이 좋을것으로 판단 (탑신부 탑신석이 단일부재인가?)
- 2층 탑신부 탑신석이 단일부재인가?	
- 1층 옥개석이 단일부재인가?	
- 2층 옥개석이 단일부재인가?	
- 개구부가 없는가?	- 대부분 그렇다라고 판단되었으나 현 문항을 유지하는 것이 좋을것으로 판단
- 석탑문화재 기단부의 세장비(기단 높이/기단 폭)가 0.5이상인가?	- 현장조사의 진행이 조금 더 이루어진 후 토의하는 것이 좋을것으로 판단
- 석탑문화재의 탑신부 높이가 전체 높이의 75%이하인가?	- 현장조사의 진행이 조금 더 이루어진 후 토의하는 것이 좋을것으로 판단
- 전체형상의 세장비(높이/폭)가 4.0미만인가?	- 현장조사의 진행이 조금 더 이루어진 후 토의하는 것이 좋을것으로 판단
- 전체형상의 채감율(기단 포함)이 안정적인가?	- 현장조사의 진행이 조금 더 이루어진 후 토의하는 것이 좋을것으로 판단
- 전체형상의 질량비(탑신부 질량/기단부 질량)가 1.2미만인가?	- 현장조사의 진행이 조금 더 이루어진 후 토의하는 것이 좋을것으로 판단
- 탑신부 질량채감율이 없는가?	- 현장조사의 진행이 조금 더 이루어진 후 토의하는 것이 좋을것으로 판단

참고문헌

1. 문화재청, 문화재 지진재해 저감을 위한 안정성 평가기준 연구, 2012
2. 일본 문부과학성, 동일본대지진에 의한 피해정보에 대해, 2012.09.14.
3. 일본 문화청, 중요문화재(건조물) 기초내진진단실시요항, 2001.04.10.
4. 일본 문화청, 중요문화재(건조물) 내진예비진단실시요항, 2012.6.12. 개정
5. 일본 문화청, 지진으로부터 문화재 건조물을 지키자,
6. 쓰키다테 토시이에(하치노헤공업대학 건축공학화 교수), 문화재 및 역사적 건조물의 피해
7. 중요문화재건조물의 종합방재대책검토회, 중요문화재건조물의 내진대책에 대해, 2008
8. 문화재청, 경상북도의 석탑 1,2,3,4,5,6
9. 문화재청. 전라남도의 석탑 1,2,3
10. spss 20.0 매뉴얼, 이학식,임지훈, 2013

부 록

- A. 문화재 현장 조사 내용(목조)
- B. 문화재 현장 조사 내용(석조)
- C. 중요문화재 (건조물) 내진예비진단실시요강(일본)
- D. 내진 예비 진단서(일본)

A. 문화재 현장 조사 내용(목조)

1. 안동 봉정사 극락전

■ 조사번호	목조-안동-01	■ 문화재명	안동 봉정사 극락전
■ 조사일시	2013.05.27	■ 조사자	

1) 일반사항

■ 소재지	경북 안동시 서후면 태장리 901 봉정사		
■ 지정번호	국보 제15호	■ 소재지 지진횟수	7회
■ 최근 지진이력	2013.02.04. 5:39	■ 최근 수리시기	2011.01.20

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		○
• 문화재의 지반은 단단한가?	○	
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?	○	
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	○	

3) 주변 및 문화재 현황사진

		
주변 배수로	정면	우측면
		
가구부	공포 상세	

2. 은해사 거조암 영산전

■ 조사번호	목조-영천-01	■ 문화재명	은해사 거조암 영산전
■ 조사일시	2013.05.27	■ 조사자	

1) 일반사항

■ 소재지	경남 합천군 가야면 황산리 973		
■ 지정번호	국보 제14호	■ 소재지 지진횟수	
■ 최근 지진이력		■ 최근 수리시기	

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		
• 문화재의 지반은 단단한가?	○	
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?	○	
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	○	

3) 주변 및 문화재 현황사진

		
전경	우측면	배밧 및 배수로
		
기와 탈락	기둥 하부 손상	기둥 상부 및 주두 균열

4) 조사항목		
■ 기초상태 • 기단부의 탈락 또는 멸실 등의 훼손은 없는가?	그렇다 ○	그렇지 않다
■ 구조형식 • 우주초석의 침하는 없는가? • 최근 5년 간 기둥/창방 결구부위를 수리한 적이 있는가? • 기둥의 동바리 이음이 2개 미만인가? • 단층인가? • 다포집인가? • 겹집이면서 내진주가 있는가? • 활주가 없는가? • 중앙부 종도리 높이 나누기 단변폭이 1.0 이하인가? • 목재로 구성된 반자(우물천장/고미반자)가 있는가? • 지붕이 팔작형태인가?	그렇다 ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	그렇지 않다 ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
■ 구조부 상태 • 기둥이 직립상태를 유지하고 있는가? • 창방/평방/보/도리/추녀 등 수평부재의 파손이 있는 부재가 없는가? • 주요 결구부위에 벌어짐/깨짐 등의 훼손이 없는가? • 벽체/인방 등에 기둥과 손가락이 들어갈 정도의 틈이 없는가? • 중요 구조부재에 충해는 없는가? • 지점부위(초석과 기둥의 접촉면 등)에 부식은 없는가? • 누수의 흔적은 없는가?	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
■ 지붕면 상태 • 지붕면이 고른 상태를 유지하고 있는가? • 기와의 탈락은 없는가?	○ ○	○ ○
■ 내부 상황 • 건물 내부에 국보/보물 등의 문화재가 없는가?	○	○

5) 조사자 의견

• 좌측면 내림마루의 기와가 탈락되어 있고 기둥 하부에 충해와 부식이 있어 보수되었고, 배면 기둥 상부 주두에서 작은 균열이 관찰되고 있지만 구조적인 문제는 없을 것으로 판단된다. 기와가 탈락해 있어서 보수가 필요할 것으로 보인다.

3. 여수 진남관

■ 조사번호		■ 조사자	윤범진, 주용준, 홍은기
■ 조사일시	2013. 07. 18	■ 문화재명	여수 진남관

1) 일반사항

■ 소재지	전라남도 여수시 동문로 11(군자동)		
■ 지정번호	국보 제304호	■ 소재지 지진횟수	
■ 최근 지진이력		■ 최근 수리시기	

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		
• 문화재의 지반은 단단한가?	<input type="radio"/>	
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?	<input type="radio"/>	
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	<input type="radio"/>	

3) 주변 및 문화재 현황사진



여수 진남관 전경



여수 진남관 정면



여수 진남관 좌측면



여수 진남관 우측면



여수 진남관 내부구조



여수 진남관 포상세

4) 조사항목		
■ 기초상태 • 기단부의 탈락 또는 멸실 등의 훼손은 없는가?	그렇다 ○	그렇지 않다
■ 구조형식 • 우주초석의 침하는 없는가? • 최근 5년 간 기둥/창방 결구부위를 수리한 적이 있는가? • 기둥의 동바리 이음이 2개 미만인가? • 단층인가? • 다포집인가? • 겹집이면서 내진주가 있는가? • 활주가 없는가? • 중앙부 종도리 높이 나누기 단변폭이 1.0 이하인가? • 목재로 구성된 반자(우물천장/고미반자)가 있는가? • 지붕이 팔작형태인가?	그렇다 ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	그렇지 않다 ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○(연등)
■ 구조부 상태 • 기둥이 직립상태를 유지하고 있는가? • 창방/평방/보/도리/추녀 등 수평부재의 파손이 있는 부재가 없는가? • 주요 결구부위에 벌어짐/깨짐 등의 훼손이 없는가? • 벽체/인방 등에 기둥과 손가락이 들어갈 정도의 틈이 없는가? • 중요 구조부재에 총해는 없는가? • 지점부위(초석과 기둥의 접촉면 등)에 부식은 없는가? • 누수의 흔적은 없는가?	그렇다 ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	그렇지 않다 ○ ○ ○ ○ ○ ○
■ 지붕면 상태 • 지붕면이 고른 상태를 유지하고 있는가? • 기와의 탈락은 없는가?	그렇다 ○ ○	그렇지 않다
■ 내부 상황 • 건물 내부에 국보/보물 등의 문화재가 없는가?	그렇다 ○	그렇지 않다

조사자 의견

- 종합의견

진남관은 정면 15칸, 측면 5칸의 대규모 목조건물로 2고주 7량 형식의 가구구조를 보이고 있다. 공포구조는 외부로 2출목을 뺀어나간 다포형식의 구조를 보이고 있으나, 주간포는 설치되지 않았고 대신 화반이 사용되었다.

진남관의 전체적인 구조상태는 안전하지 못한 것으로 판단된다. 주요 기둥에는 할렬 현상이 심하게 나타나며, 기둥하부에는 충해피해가 상당부분 확인된다. 기둥상부의 공포는 기존형태에서 일부 돌아가 있는 상태가 확인된다. 우측면 기둥은 정면방향으로 기울어진 모습이 육안으로도 확인된다. 좌측 팔작지붕 처마부가 전체적으로 이완되어 연목을 지붕선이 고르지 못하다. 하지만 창방, 도리와 같은 수평부재는 비교적 보존상태가 양호한 것으로 확인되었으며, 주요 결구상태도 비교적 양호한 것으로 확인되었다.

- 주요 문제점



기둥 할렬현상

주요기둥 (특히 외주) 에 할렬현상이 심하게 나타나고 있다.



공포부 이완

일부 공포가 기존형태에서 뒤틀려 있다.



공포부 이완

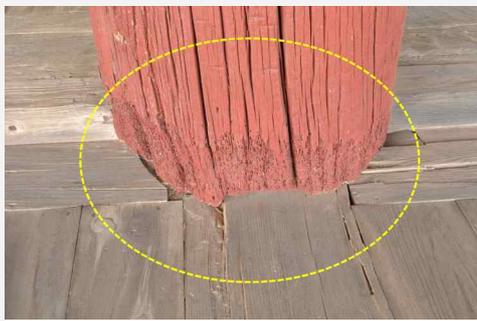
우측면 기둥이 정면방향으로 상당히 기울어져 있다

- 주요 문제점



초석

일부 초석은 상면이 협소하여 기둥을 완벽하게 받혀주지 못하고 있다.



충해

기둥 하부 충해



팔작지붕 처마부

연목을 포함한 처마선이 이완되어 균일하지 못하다.

[기동훼손부위] - 정면 좌측기동부터 0~15번 / 측면 좌측기동부터 ①~⑤번.

(정면)

- 15번 기동-우측으로 기움(갈래 보수흔적 있음)
- 13번 기동-갈래 보수흔적 있음.
- 10번 기동-기동 끝과 초석이 잘 맞닿지 않은 듯함.
갈래 폭 큼(손가락 들어감).
- 9번 기동-기동 갈래(위부분).
- 8번 기동-기동 갈래(아래부분).
- 7번 기동-공포 틀어짐.
- 4~6번 기동-갈래 메움 흔적 있음.
- 2~3번 기동-외부반자 탈락됨.
- 1~2번 기동-왼쪽으로 기움.
- 0번 기동-메움 흔적.

(우측면)

- ⑤번 기동 : 안쪽으로 기움.
- ③번 기동 : 좌측으로 기움.
- ②번 기동 : 좌측으로 기움, 기동하부 부심됨.
- ①번 기동 : 좌측으로 기움.
- ①번 기동 : 총해 흔적(구멍).

(좌측면) : 전반적으로 서까래 울렁거림.

- ①번 기동-평고대 파손 / 초석과 기동 접합부 부실
- ②번 기동-갈래.
- ③번 기동-갈래.
- ④~⑤번 기동-외부반자 틀어짐.

(후면)

- 1번 기동 : 갈래, 창방 깨짐.
- 2번 기동 : 갈래, 창방 깨짐.
- 4번 기동 : 공포 빼돌어짐.
- 6번 기동 : 도리(외목) 외부로 조금 튀어나옴.
- 8번 기동 : 공포 빼돌어짐.
- 9번 기동 : 공포 빼돌어짐.
- 13번 기동 : 창방 터짐.
- 14번 기동 : 공포 틀어짐.
- 15번 기동 : 소로 탈락 가능성 있음.

4. 영암 도갑사 해탈문

■ 조사번호		■ 조사자	윤범진, 홍은기
■ 조사일시	2013. 08. 07	■ 문화재명	영암 도갑사 해탈문

1) 일반사항

■ 소재지	전라남도 영암군 군서면 도갑사로 306, 도갑사(도갑리)		
■ 지정번호	국보 제50호	■ 소재지 지진횟수	
■ 최근 지진이력		■ 최근 수리시기	

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		
• 문화재의 지반은 단단한가?	○	
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?	○	
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	○	

3) 주변 및 문화재 현황사진



도갑사 해탈문 전경



도갑사 해탈문 정면



도갑사 해탈문 배면



도갑사 해탈문 포 입면



도갑사 해탈문 포 측면



도갑사 해탈문 내부구조

조사자 의견

- 종합의견

도갑사 해탈문은 평면 3칸, 측면 2칸의 주심포 건물로, 맞배지붕 형태로 구성되어 있다.

근래에 해체수리가 이루어졌고, 상당부분의 부재가 신재로 교체되어 현재 구조적으로는 문제되는 위는 없는 것으로 판단된다. 후면 기둥상부 보머리가 살짝 뒤틀려져 있으나, 그 정도가 미약하여 구조에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 보인다. 나머지 주요결구부위에서는 훼손이 나타나지 않는다.

- 주요 문제점

	<p>보머리 결구부</p> <p>후면 기둥상부 보머리가 살짝 뒤틀려져 있으나, 그 정도가 미약하여 구조에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 보인다.</p>
--	---

5. 영주 부석사 조사당

■ 조사번호	목조-영주-	■ 문화재명	영주 부석사 조사당
■ 조사일시		■ 조사자	

1) 일반사항

■ 소재지	경북 영주시 부석면 북지리 151		
■ 지정번호	국보 제19호	■ 소재지 지진횟수	
■ 최근 지진이력		■ 최근 수리시기	

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		
• 문화재의 지반은 단단한가?	○	
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?	○	
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	○	

3) 주변 및 문화재 현황사진



좌측 정면



좌측면



가구부



중해

4) 조사항목		
■ 기초상태 • 기단부의 탈락 또는 멸실 등의 훼손은 없는가?	그렇다 ○	그렇지 않다
■ 구조형식 • 우주초석의 침하는 없는가? • 최근 5년 간 기둥/창방 결구부위를 수리한 적이 있는가? • 기둥의 동바리 이음이 2개 미만인가? • 단층인가? • 다포집인가? • 겹집이면서 내진주가 있는가? • 활주가 없는가? • 중앙부 종도리 높이 나누기 단변폭이 1.0 이하인가? • 목재로 구성된 반자(우물천장/고미반자)가 있는가? • 지붕이 팔작형태인가?	그렇다 ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	그렇지 않다 ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
■ 구조부 상태 • 기둥이 직립상태를 유지하고 있는가? • 창방/평방/보/도리/추녀 등 수평부재의 파손이 있는 부재가 없는가? • 주요 결구부위에 벌어짐/깨짐 등의 훼손이 없는가? • 벽체/인방 등에 기둥과 손가락이 들어갈 정도의 틈이 없는가? • 중요 구조부재에 충해는 없는가? • 지점부위(초석과 기둥의 접촉면 등)에 부식은 없는가? • 누수의 흔적은 없는가?	그렇다 ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	그렇지 않다 ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
■ 지붕면 상태 • 지붕면이 고른 상태를 유지하고 있는가? • 기와의 탈락은 없는가?	그렇다 ○ ○	그렇지 않다 ○ ○
■ 내부 상황 • 건물 내부에 국보/보물 등의 문화재가 없는가?	그렇다 ○	그렇지 않다 ○
5) 조사자 의견 • 영주 부석사 조사당 동측 상부 가구에 충해가 관찰되고 있어 단면적 손실로 인한 구조적 내력 약화가 우려되므로 충해 방지가 필요할 것으로 필요하지만, 그 외 구조적 문제점은 발견되지 않는다.		

B. 문화재 현장 조사 내용(석조)

1. 보성 별교 홍교

■ 조사번호		■ 조사자	윤범진, 주용준, 홍은기
■ 조사일시	2013. 07. 19	■ 문화재명	보성 별교 홍교

1) 일반사항

■ 소재지	전라남도 보성군 별교읍 별교리 154-1		
■ 지정번호	보물 제 304호	■ 소재지 지진횟수	
■ 최근 지진이력		■ 최근 수리시기	1981~1984년

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		
• 문화재의 지반은 단단한가?		○ (우측)
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?	○	
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	○	

3) 주변 및 문화재 현황사진



별교 홍교 전경



별교 홍교 정면



별교 홍교 상세1



별교 홍교 뒷채움석



별교 홍교 상세2



별교 홍교 용두석

1) 문화재명 : 보성 별교 홍교

2) 조사항목

■ 석교 상태	그렇다	그렇지 않다
• 인접 지반에 유실이 발생하지 않았는가?		○
• 구조적으로 보수 및 보강 이력이 있는가?	○	
• 석교문화재가 기능을 유지하고 있는가?	○	
• 뒤택움 상태는 양호한가	○	
• 석교문화재가 훼손되지 않았는가?		○
• 석재의 마감이 거친다듬 이하 인가?	○	
• 통줄눈은 없는가?	○	
• 석주의 구성형태는?(평석교)		
- 마름모형 석주		
- 장방형 석주		
- 2단형 석주		
• 홍예석의 구성형태는?(홍예교)		
- 타원형 홍예		
- 반원형 홍예	○(3개)	
- 포물선형 홍예		

조사자 의견

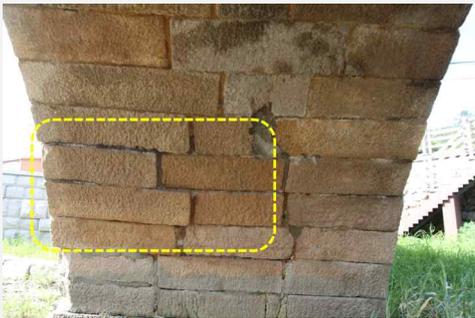
- 종합의견

벌교 홍교는 3개의 홍예틀로 구성된 홍교다. 현재 하천의 폭이 넓어지면서 북측방향으로 다리가 확장되었으며, 확장된 다리는 근래에 시공된 것이다. 외부에 보이는 호교의 석재는 모두 다듬은 돌로 구성되었다. 대부분의 채움석재는 신재로 교체된 상태이며, 홍예를 구성하는 석재만이 기존의 석재인 것으로 보인다.

벌교 홍교에서는 홍교의 가장 핵심적인 구조인 홍예구조에서 일부석재가 이완되는 현상이 발생하고 있어 구조안전상 문제가 있다고 판단된다. 홍예구조의 남쪽 하대석 부위가 살짝 이완된 점이 확인되는데, 이와 같은 현상은 3개의 홍예구조에서 같은 위치에 공통적으로 나타나고 있다. 이는 근래 북측으로 확장된 다리와의 연결상태가 불안정하여 발생하는 것으로 추측된다. 현재 확장된 다리의 연결부위에서도 석재간 이완현상이 확인되고 있으며 지반일부가 침하된 것으로 보인다.

채움석과 상판구조은 양호한 상태이다.

- 주요 문제점

	<p>홍예구조 석재 이완</p> <p>홍예구조의 남쪽 하대석 부위가 살짝 이완된 점이 확인되는데, 이와 같은 현상은 3개의 홍예구조에서 같은 위치에 공통적으로 나타나고 있다.</p>
	<p>다리연결부 이완 및 침하</p> <p>확장된 다리의 연결부위에서 석재간 이완 현상이 확인되고 있으며 지반일부가 침하된 것으로 보인다.</p>

2. 순천 선암사 승선교

■ 조사번호		■ 조사자	주용준
■ 조사일시	2013. 07. 19	■ 문화재명	순천 선암사 승선교

1) 일반사항

■ 소재지	전라남도 순천시 승주읍 죽학리 48-1 선암사		
■ 지정번호	보물 제400호	■ 소재지 지진횟수	
■ 최근 지진이력		■ 최근 수리시기	2004년

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		
• 문화재의 지반은 단단한가?	○	
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?	○	
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	○	

3) 주변 및 문화재 현황사진



선암사 승선교 전경



선암사 승선교 정면



선암사 승선교 상부



선암사 승선교 뒷채움석



선암사 승선교 홍예석 내부



선암사 승선교 용두석

1) 문화재명 : 순천 선암사 승선교

2) 조사항목

■ 석교 상태	그렇다	그렇지 않다
• 인접 지반에 유실이 발생하지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 구조적으로 보수 및 보강 이력이 있는가?	<input type="radio"/>	
• 석교문화재가 기능을 유지하고 있는가?	<input type="radio"/>	
• 뒤택움 상태는 양호한가	<input type="radio"/>	
• 석교문화재가 훼손되지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 석재의 마감이 거친다듬 이하 인가?	<input type="radio"/>	
• 통줄눈은 없는가?		<input type="radio"/>
• 석주의 구성형태는?(평석교)		
- 마름모형 석주		
- 장방형 석주		
- 2단형 석주		
• 홍예석의 구성형태는?(홍예교)		
- 타원형 홍예		
- 반원형 홍예	<input type="radio"/>	
- 포물선형 홍예		

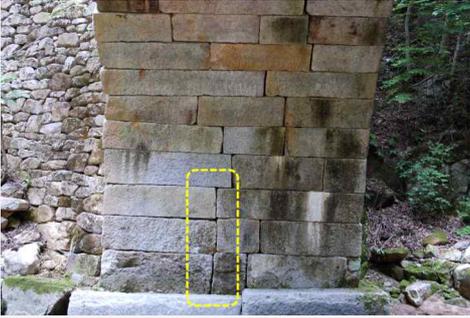
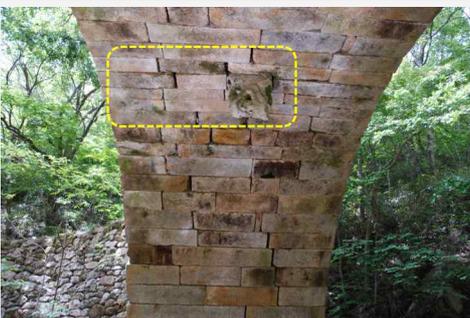
조사자 의견

- 종합의견

선암사 승선교는 반원형태의 커다란 홍예구조로 조성된 우리나라의 대표적인 홍교이다. 홍예구조는 다듬은 돌로 구성되어 있으며 나머지 채움석은 주변 자연석(산돌)이 사용되었다. 홍교 상면은 따로 멩에석이나 상판을 구성하지 않은 채 흙으로 다짐하여 마무리되었다.

최근에 수리가 이루어져서 구조적으로 큰 문제는 없어 보이나, 홍예구조 중간에 일부 통줄눈이 확인되며, 용두정이 꽃혀있는 홍예중앙 부분 석재들이 미약하기는 하나 서로 벌어져 있는 모습을 보이고 있다.

- 주요 문제점

	<p>홍예구조 통줄눈 1</p> <p>홍예구조 중간에 일부 통줄눈이 확인된다.</p>
	<p>홍예구조 통줄눈 2</p> <p>홍예구조 중간에 일부 통줄눈이 확인된다.</p>
	<p>석재간 벌어짐</p> <p>용두정이 꽃혀있는 홍예중앙 부분 석재들이 미약하기는 하나 서로 벌어져 있는 모습을 보이고 있다.</p>

3. 여수 흥국사 홍교

■ 조사번호		■ 조사자	윤범진, 주용준, 홍은기
■ 조사일시	2013. 07. 18	■ 문화재명	여수 흥국사 홍교

1) 일반사항

■ 소재지	전라남도 여수시 흥국사길 134-11(중흥동)		
■ 지정번호	보물 제563호	■ 소재지 지진횟수	
■ 최근 지진이력		■ 최근 수리시기	1981.11.01. - 1982.02.19.

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		
• 문화재의 지반은 단단한가?	○	
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?	○	
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	○	

3) 주변 및 문화재 현황사진



흥국사 홍교 전경



흥국사 홍교 전경



흥국사 홍교 심석 및 귀틀석



흥국사 홍교 홍예석



흥국사 홍교 뒷채움석



흥국사 홍교 용두석

1) 문화재명 : 여수 흥국사 흥교

2) 조사항목

■ 석교 상태	그렇다	그렇지 않다
• 인접 지반에 유실이 발생하지 않았는가?		○
• 구조적으로 보수 및 보강 이력이 있는가?	○	
• 석교문화재가 기능을 유지하고 있는가?	○	
• 뒤편 상태는 양호한가?	○	
• 석교문화재가 훼손되지 않았는가?	○	
• 석재의 마감이 거친다듬 이하 인가?		○
• 통줄눈은 없는가?	○	
• 석주의 구성형태는?(평석교)		
- 마름모형 석주		
- 장방형 석주		
- 2단형 석주		
• 홍예석의 구성형태는?(홍예교)		
- 타원형 홍예		
- 반원형 홍예		○
- 포물선형 홍예		

조사자 의견

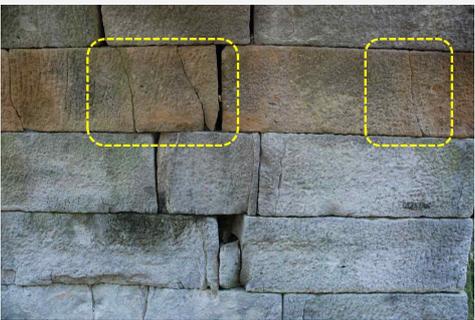
- 종합의견

흥국사 홍교는 흥국사 진입부 계곡에 위치한 우리나라의 대표적인 홍교이다. 흥국사 홍교의 주요 구조부인 홍예와 멩예석은 다듬어진 석재가 사용되었고, 내부 채움석은 자연석이 사용되었다.

석교의 보존상태는 대체로 양호하며 구조적으로도 안정적인 상태로 판단된다. 다만 일부 홍예석에 수직균열이 확인되고 있다.

- 홍예석 1,2,3단 수직 균열 있음(좌측, 계곡하부 기준).
- 홍예석 1,3,4,7,9단 수직 균열 있음(우측, 계곡하부 기준).

- 주요 문제점

	<p>옥개석의 불균형</p> <p>일부 홍예석에 수직균열이 확인되고 있다.</p>
--	--

4. 군위 지보사 삼층석탑

■ 조사번호	석탑-군위-	■ 문화재명	군위 지보사 삼층석탑
■ 조사일시		■ 조사자	

1) 일반사항

■ 소재지	경북 군위군 군위읍 상곡리 280		
■ 지정번호	보물 제682호	■ 소재지 지진횟수	
■ 최근 지진이력		■ 최근 수리시기	

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		
• 문화재의 지반은 단단한가?	○	
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?	○	
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	○	

3) 주변 및 문화재 현황사진

		
전경	정면	배면
		
좌측면	우측면	기단부
		
탑신부	기단면석 이완 및 파손	기단갑석 균열

4) 조사항목

■ 석탑 상태	그렇다	그렇지 않다
• 인접지반(하천, 경사지, 지반)의 유실 및 침하가 없는가?	<input type="radio"/>	
• 구조적으로 보수 및 보강 이력이 있는가?		
• 석탑문화재가 기능을 유지하고 있는가?	<input type="radio"/>	
• 석탑문화재의 훼손이 발생하지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 구조적으로 기울어짐이 발생하지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 지대석 변형이 발생하지 않았는가?		<input type="radio"/>
• 석재의 마감이 거친다듬 이하 인가?	<input type="radio"/>	
• 석탑문화재 3층을 초과하지 않는가?	<input type="radio"/>	
• 기단부 면석은 단일부재인가?		<input type="radio"/>
• 기단부의 구조형식 가구식이 아닌가?	<input type="radio"/>	
• 기단부 갑석이 단일부재에 근접한가?	<input type="radio"/>	
• 1층 탑신부 탑신석이 단일부재인가?	<input type="radio"/>	
• 2층 탑신부 탑신석이 단일부재인가?	<input type="radio"/>	
• 1층 옥개석의 단일부재인가?	<input type="radio"/>	
• 2층 옥개석의 단일부재인가?	<input type="radio"/>	
• 개구부가 없는가?	<input type="radio"/>	
• 석탑 문화재 기단부의 세장비(기단 높이/기단 폭)가 0.5이상인가?		
• 석탑 문화재의 탑신부 높이가 전체의 높이의 75%이하인가?		
• 전체형상의 세장비(높이/폭)가 4.0미만인가?		
• 전체형상의 체감율(기단 포함)이 안정적인가?		
• 전체형상의 질량비(탑신부 질량/기단부 질량)가 1.2미만인가?		
• 탑신부 질량 체감율이 없는가?		

5) 조사자 의견

- 기단 면석과 갑석에 이완과 균열이 나타나고 있지만, 구조적인 문제로 진행되지는 않았다. 그러나 우수침투에 의한 적심유실 등이 우려되므로 보수와 보강이 필요할 것으로 판단된다.

5. 문경 내화리 삼층석탑

■ 조사번호	석탑-문경-	■ 문화재명	문경 내화리 삼층석탑
■ 조사일시		■ 조사자	

1) 일반사항

■ 소재지	경북 문경시 산북면 내화리 47-1		
■ 지정번호	보물 제51호	■ 소재지 지진횟수	
■ 최근 지진이력		■ 최근 수리시기	

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		
• 문화재의 지반은 단단한가?	○	
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?		○
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	○	

3) 주변 및 문화재 현황사진

		
정면	배면	좌측면
		
우측면	기단부	탑신부
		
상륜부	기단 처짐	

4) 조사항목

■ 석탑 상태	그렇다	그렇지 않다
• 인접지반(하천, 경사지, 지반)의 유실 및 침하가 없는가?		○
• 구조적으로 보수 및 보강 이력이 있는가?		
• 석탑문화재가 기능을 유지하고 있는가?	○	
• 석탑문화재의 훼손이 발생하지 않았는가?	○	
• 구조적으로 기울어짐이 발생하지 않았는가?		○
• 지대석 변형이 발생하지 않았는가?	○	
• 석재의 마감이 거친다듬 이하 인가?	○	
• 석탑문화재 3층을 초과하지 않는가?	○	
• 기단부 면석은 단일부재인가?		○
• 기단부의 구조형식 가구식이 아닌가?	○	
• 기단부 갑석이 단일부재에 근접한가?	○	
• 1층 탑신부 탑신석이 단일부재인가?	○	
• 2층 탑신부 탑신석이 단일부재인가?	○	
• 1층 옥개석의 단일부재인가?	○	
• 2층 옥개석의 단일부재인가?	○	
• 개구부가 없는가?	○	
• 석탑 문화재 기단부의 세장비(기단 높이/기단 폭)가 0.5이상인가?		
• 석탑 문화재의 탑신부 높이가 전체의 높이의 75%이하인가?		
• 전체형상의 세장비(4.26/1.89)가 4.0미만인가?	○	
• 전체형상의 체감율(기단 포함)이 안정적인가?		
• 전체형상의 질량비(탑신부 질량/기단부 질량)가 1.2미만인가?		
• 탑신부 질량 체감율이 없는가?		

5) 조사자 의견

- 문경 내화리 삼층석탑은 기단이 서측으로 처짐이 관찰되고 있다. 이는 인근 지역이 농경지로 이용되면서 배수 불량으로 인한 지반침하 문제가 생긴 것으로 판단된다. 추후 변위를 지켜보며 지반 개량 및 보수 정비가 필요하다.

6. 밀양 만어사 삼층석탑

■ 조사번호	석탑-밀양-	■ 문화재명	밀양 만어사 삼층석탑
■ 조사일시		■ 조사자	

1) 일반사항

■ 소재지	경남 밀양시 삼랑진읍 용전리 4 만어사		
■ 지정번호	보물 제466호	■ 소재지 지진횟수	
■ 최근 지진이력		■ 최근 수 리시기	2007.09.~2008.11.

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		
• 문화재의 지반은 단단한가?		○
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?	○	
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	○	

3) 주변 및 문화재 현황사진

		
전경	정면	배면
		
좌측면	우측면	기단석
		
탑신석	옥개석 파손	

4) 조사항목

■ 석탑 상태	그렇다	그렇지 않다
• 인접지반(하천, 경사지, 지반)의 유실 및 침하가 없는가?	<input type="radio"/>	
• 구조적으로 보수 및 보강 이력이 있는가?		<input type="radio"/>
• 석탑문화재가 기능을 유지하고 있는가?	<input type="radio"/>	
• 석탑문화재의 훼손이 발생하지 않았는가?		<input type="radio"/>
• 구조적으로 기울어짐이 발생하지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 지대석 변형이 발생하지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 석재의 마감이 거친다듬 이하 인가?	<input type="radio"/>	
• 석탑문화재 3층을 초과하지 않는가?	<input type="radio"/>	
• 기단부 면석은 단일부재인가?		<input type="radio"/>
• 기단부의 구조형식 가구식이 아닌가?	<input type="radio"/>	
• 기단부 갑석이 단일부재에 근접한가?	<input type="radio"/>	
• 1층 탑신부 탑신석이 단일부재인가?	<input type="radio"/>	
• 2층 탑신부 탑신석이 단일부재인가?	<input type="radio"/>	
• 1층 옥개석의 단일부재인가?	<input type="radio"/>	
• 2층 옥개석의 단일부재인가?	<input type="radio"/>	
• 개구부가 없는가?	<input type="radio"/>	
• 석탑 문화재 기단부의 세장비(기단 높이/기단 폭)가 0.5이상인가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 석탑 문화재의 탑신부 높이가 전체의 높이의 75%이하인가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 전체형상의 세장비(높이/폭)가 4.0미만인가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 전체형상의 체감율(기단 포함)이 안정적인가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 전체형상의 질량비(탑신부 질량/기단부 질량)가 1.2미만인가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• 탑신부 질량 체감율이 없는가?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5) 조사자 의견

- 2004년 진단보고서에서 지반 침하가 진행 중으로 조사되었으나, 현재까지 특별한 이상 증후는 보이지 않고 있다. 석탑의 탑신부 3층 옥개석 전각부가 심하게 파손된 상태이나 구조적인 문제점을 보이지는 않는다.

7. 영천 화남리 삼층석탑

■ 조사번호	석탑-영천-	■ 문화재명	영천 화남리 삼층석탑
■ 조사일시		■ 조사자	

1) 일반사항

■ 소재지	경북 영천시 신녕면 화남리 498		
■ 지정번호	보물 제675호	■ 소재지 지진횟수	
■ 최근 지진이력		■ 최근 수리시기	

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇 다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		
• 문화재의 지반은 단단한가?	○	
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?	○	
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	○	

3) 주변 및 문화재 현황사진

		
전경	정면	배면
		
좌측면	우측면	기단부
		
탑신부	기단석 이완	

4) 조사항목

■ 석탑 상태	그렇다	그렇지 않다
• 인접지반(하천, 경사지, 지반)의 유실 및 침하가 없는가?	○	
• 구조적으로 보수 및 보강 이력이 있는가?		
• 석탑문화재가 기능을 유지하고 있는가?	○	
• 석탑문화재의 훼손이 발생하지 않았는가?	○	
• 구조적으로 기울어짐이 발생하지 않았는가?	○	
• 지대석 변형이 발생하지 않았는가?		○
• 석재의 마감이 거친다듬 이하 인가?	○	
• 석탑문화재 3층을 초과하지 않는가?	○	
• 기단부 면석은 단일부재인가?		○
• 기단부의 구조형식 가구식이 아닌가?	○	
• 기단부 갑석이 단일부재에 근접한가?	○	
• 1층 탑신부 탑신석이 단일부재인가?	○	
• 2층 탑신부 탑신석이 단일부재인가?	○	
• 1층 옥개석의 단일부재인가?	○	
• 2층 옥개석의 단일부재인가?	○	
• 개구부가 없는가?	○	
• 석탑 문화재 기단부의 세장비(기단 높이/기단 폭)가 0.5이상인가?		
• 석탑 문화재의 탑신부 높이가 전체의 높이의 75%이하인가?		
• 전체형상의 세장비(높이/폭)가 4.0미만인가?		
• 전체형상의 체감율(기단 포함)이 안정적인가?		
• 전체형상의 질량비(탑신부 질량/기단부 질량)가 1.2미만인가?		
• 탑신부 질량 체감율이 없는가?		

5) 조사자 의견

- 영천 화남지 삼층석탑은 하층기단 면석에서 30mm 정도의 이완이 관찰되지만, 구조적인 영향력을 미치지 않는 것으로 판단된다.

8. 하동 쌍계사 승탑

■ 조사번호	석탑-하동-	■ 문화재명	하동 쌍계사 승탑
■ 조사일시		■ 조사자	

1) 일반사항

■ 소재지	경남 하동군 화계면 운수리 산47-1		
■ 지정번호	보물 제380호	■ 소재지 지진횟수	
■ 최근 지진이력		■ 최근 수리시기	

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		
• 문화재의 지반은 단단한가?	○	
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?	○	
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	○	

3) 주변 및 문화재 현황사진

		
전경	정면	배면
		
좌측면	우측면	기단부
		
탑신부	상륜부	옥개석 파손

4) 조사항목

■ 석탑 상태	그렇다	그렇지 않다
• 인접지반(하천, 경사지, 지반)의 유실 및 침하가 없는가?	○	
• 구조적으로 보수 및 보강 이력이 있는가?		
• 석탑문화재가 기능을 유지하고 있는가?	○	
• 석탑문화재의 훼손이 발생하지 않았는가?	○	
• 구조적으로 기울어짐이 발생하지 않았는가?	○	
• 지대석 변형이 발생하지 않았는가?	○	
• 석재의 마감이 거친다듬 이하 인가?	○	
• 석탑문화재 3층을 초과하지 않는가?	○	
• 기단부 면석은 단일부재인가?	○	
• 기단부의 구조형식 가구식이 아닌가?	○	
• 기단부 갑석이 단일부재에 근접한가?	○	
• 1층 탑신부 탑신석이 단일부재인가?	○	
• 2층 탑신부 탑신석이 단일부재인가?	○	
• 1층 옥개석의 단일부재인가?	○	
• 2층 옥개석의 단일부재인가?	○	
• 개구부가 없는가?	○	
• 석탑 문화재 기단부의 세장비(기단 높이/기단 폭)가 0.5이상인가?		
• 석탑 문화재의 탑신부 높이가 전체의 높이의 75%이하인가?		
• 전체형상의 세장비(높이/폭)가 4.0미만인가?		
• 전체형상의 체감율(기단 포함)이 안정적인가?		
• 전체형상의 질량비(탑신부 질량/기단부 질량)가 1.2미만인가?		
• 탑신부 질량 체감율이 없는가?		

5) 조사자 의견

- 문화재 배면에 높이가 낮은 석축이 있으나 이격거리가 있어 위험 요소로 작용하기 어렵고, 경사지에 위치해 자연 배수가 용이하다.
- 문화재 배면의 하륜과 옥개전각의 일부가 파손되어 있지만, 구조적인 영향을 없을 것으로 판단된다.

9. 경주 분황사 모전석탑

■ 조사번호	전탑-경주-	■ 문화재명	경주 분황사 모전석탑
■ 조사일시		■ 조사자	

1) 일반사항

■ 소재지	경북 경주시 구황동 312		
■ 지정번호	국보 제30호	■ 소재지 지진횟수	10회
■ 최근 지진이력	2013.02.07.22:07	■ 최근 수리시기	1998.07.10

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇 다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		○
• 문화재의 지반은 단단한가?	○	
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?	○	
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	○	

3) 주변 및 문화재 현황사진



전경



정면



배면



좌측면



우측면



개구부



전돌 균열



전돌 균열 및 이격



기단석 탈락

4) 조사항목

■ 전탑 상태	그렇다	그렇지 않다
• 인접 지반에 유실이 발생하지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 인접 지역에 하천이 없는가?	<input type="radio"/>	
• 전돌의 접합에 있어 모르타르를 사용하였는가?	<input type="radio"/>	
• 구조적으로 보수 및 보강 이력이 있는가?	<input type="radio"/>	
• 전탑문화재가 기능을 유지하고 있는가?	<input type="radio"/>	
• 전탑에 부분침하가 발생하지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 구성부재가 파손되지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 구성부재가 이탈되지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 전탑이 기울어지지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 블록의 열극현상이 발생하지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 개구부가 없는가?		<input type="radio"/>

5) 조사자 의견

• 전돌 일부에 균열이 있고 좌측면 기단부에서 자연석 면석 일부가 탈락되었지만, 균열 및 탈락 부재가 작고 뒤채움 밀실하여 구조적인 영향은 크지 않을 것으로 판단된다.

10. 안동 운흥동 오층전탑

■ 조사번호	전탑-안동	■ 문화재명	안동 운흥동 오층전탑
■ 조사일시		■ 조사자	

1) 일반사항

■ 소재지	경북 안동시 운흥동 231		
■ 지정번호	보물 제56호	■ 소재지 지진횟수	7회
■ 최근 지진이력	2013.02.04.5:39	■ 최근 수리시기	2013.04 ~ 2014.12(예정)

2) 주변지형

■ 조사항목	그렇다	그렇지 않다
• 지진발생 빈도가 낮은 지역인가?		○
• 문화재의 지반은 단단한가?	○	
• 문화재 주변 배수로 정비가 잘 되어있는가?	○	
• 문화재에 영향을 줄 수 있는 축대/담장 등의 위험요소가 없는가?	○	

3) 주변 및 문화재 현황사진



4) 조사항목

■ 전탑 상태	그렇다	그렇지 않다
• 인접 지반에 유실이 발생하지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 인접 지역에 하천이 없는가?	<input type="radio"/>	
• 전돌의 접합에 있어 모르타르를 사용하였는가?	<input type="radio"/>	
• 구조적으로 보수 및 보강 이력이 있는가?	<input type="radio"/>	
• 전탑문화재가 기능을 유지하고 있는가?	<input type="radio"/>	
• 전탑에 부분침하가 발생하지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 구성부재가 파손되지 않았는가?		<input type="radio"/>
• 구성부재가 이탈되지 않았는가?		<input type="radio"/>
• 전탑이 기울어지지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 블록의 열극현상이 발생하지 않았는가?	<input type="radio"/>	
• 개구부가 없는가?		<input type="radio"/>

5) 조사자 의견

• 안동 운흥동 오층전탑은 석재형 보호책이 개방되어 있어 외부인에 의한 표면 파손이 관찰되고, 안동역 인근에 위치하고 있어 철도에 의한 진동에 의한 피해가 우려된다. 현재까지는 표면 파손이 주를 이루고 있어 구조적인 문제는 관찰되지 않지만 당해 문화재의 인위적 훼손이 보여지고 있어 향후 보존 관리 상 문제가 될 것으로 판단된다.

C. 중요문화재 (건조물) 내진예비진단실시요강(일본)

중요문화재 (건조물) 내진예비진단실시요강

(1999년 4월 8일 문화재 보호부 건조물과장 재정)

(2012년 6월 12일 개정)

본 요강은 [중요문화재(건조물)내진진단지침](1999년.4월)에 준하여 내진예비진단을 실시할 때의 구체적인 방법을 작성한 것이다. (단, 계산식/수치 등은 현시점의 연구성과를 반영한 것이므로, 이후의 연구성과에 따라 개정 될 가능성이 있다)

제1장 총칙

(1) 적용범위

내진예비진단은, 중요문화재(건조물)의 입지환경, 구조특성, 보존상황에 대해 소유자·관리책임자·관리단체(이하, '소유자 등'이라 한다)가 스스로 내진상의 문제를 파악하는 것을 목적으로 하며, 원칙으로 소유자 등이 스스로 실시한다.

실시에 있어서는 필요에 의해 해당 구역의 교육위원회의 협력을 얻는 것으로 한다. 또한, 진단내용은 일부 전문적인 내용을 포함하고 있기 때문에 적절한 문화재 건조물 수리기술자, 건축사 등 그 밖의 전문가의 협력을 얻는 것이 바람직하다.

내진예비진단의 대상은 목조건축물로 한다. 대상건축물 중 본 실시요강의 적용이 곤란한 경우라도 적용 가능한 평가사항·항목에 대해서는 내진예비진단을 실시하는 것이 바람직하다.

(2) 진단

진단은 입지환경, 구조특성, 보존상황에 관한 사항에 대해 간단한 방법으로 점수를 매겨, 해당 건축물의 내진상의 문제점을 파악한다.

단, 채점의 선택지에 해당하지 않는 특수한 경우에는, 진단항목의 취지를 고려하여 진단자의 판단으로 평가를 조정한다.

(3) 판정

진단에 근거, 이하의 표준구분을 참고하여 판정하고, 내진예비진단을 확정한다.

가. 중요문화재(건조물)이 내진적으로 대략 안전하다고 판단된다.

나. 중요문화재(건조물) 본래의 구조적인 안전성을 회복하기 위한 장치(간단한 응급적 보강을 포함), 또는 관리·활용방법의 개선을 실시할 필요가 있다.

다. 중요문화재(건조물)의 근본적인 수리(보강을 포함), 또는 활용방법의 재검토를 실시할 가능성이 높고 빠른 시일 내에 내진기초진단을 실시할 필요가 있다.

단, 내진예비진단은 어디까지나 간이예비진단이기 때문에 가. 또는 나. 로 판정된 건조물에 대해서도 만약의 사태를 우려하여 내진기초진단 등을 실시하는 것이 바람직하다.

판정방법에 대해서는 [제2장 진단순서]의 [3판정]에 서술한다.

(4) 관리·활용방법의 파악

중요문화재(건조물)의 현 상황에서의 관리체제, 활용방법 등에서 내진대책 상 특별히 기술해야 할 사항에 대해 서술한다. 기술방법에 대해서는 [제3장 관리·활용방법의 파악순서]에 서술한다.

(5) 내진예비진단서

상기의 내용을 정리한 내진예비진단서를 작성한다. 진단서는 (서식)에 따라서 작성하고, 이하의 자료를 첨부한다.

- 가. 소재지를 기입한 주변의 지질도
- 나. 벽 및 기둥의 배치를 기입한 평면도
- 다. 주요구조재의 노후·충해 및 변형상태를 보여주는 사진

제2장 진단순서

1 건축물의 명칭 등

(1) 명칭

- 가. 국가지정의 중요문화재(건조물) 명칭
- 나. 활용에 따른 시설명칭 등이 있는 경우는 괄호 안에 기입한다.

(2) 소재지

(3) 소유자 등 이름

- 가. 지방공공단체 및 법인의 경우에는, 진단담당자의 직명 및 이름을 괄호 안에 기입한다.
- 나. 소유자 등 이외의 사람이 진단을 대행했을 경우는, 소속 및 이름을 괄호 안에 기입한다.

(4) 소유자 등 주소

2 항목별 평가

이하에 서술하는 각 항목에 대해 조사하여 해당 구역을 구분하고 조사에서 얻은 평점, 특기사항을 기입하고 필요한 약도의 작성 및 사진을 기록한다.

(1) 입지환경에 관한 사항

가. 지역구분

입지 지역의 과거 지진기록에 근거한 지진피해의 정도 및 지진활동의 상황, 그 밖의 지진의 성질에 의해 예상되는 지진피해의 크기에 근거하여 구분한다.

- ① I 에 해당하는 지역 (15)
- ② II 에 해당하는 지역 (10)
- ③ III 에 해당하는 지역 (5)
- ④ IV 에 해당하는 지역 (0)

표1 지역구분

구분	지역
I	
II	
III	
IV	

나. 재해력

과거 100년 이내의 지진·홍수·토사유출 등, 재해에 의한 피해를 입은 경우, 그 재해의 유무에 근거하여, 이하 ①② 로 구분하고 피해상황을 기입한다.

- ① 없음 (15)
- ② 있음 (5)

다. 활단층

반경 5km이내의 활단층의 유무에 대해, 해당 지역을 관리하는 토목사무소, 지질관련의 웹 페이지 등의 지질도를 사용하여 확인하고, 이하 ①② 로 구분한다.

- ① 없음 (15)
- ② 있음/미상 (5)

라. 지반

지반의 강약에 의해 예상되는 지진피해의 크기에 근거하여 구분하고, 지질도에 의하여, 홍적세(빙하시대)이전의 지반에 의해 구성된 지반을 ①, 부식토·이토 등의 연약한 토질의 충적층에 의해 구성된 지반을 ③, 그 외를 ② 라 한다.

- ① 양호 (20)
- ② 나쁨 (10)
- ③ 매우 나쁨 (0)

마. 조성상황

땅의 조성상황에 의해 예상되는 지진피해의 크기에 근거하여 이하로 구분한다.

- ① 절토지 · 미 조성지 (20)
- ② 성토지 · 미상 (10)
- ③ 매립지 (하천·늪·호수) (0)

바. 주변지형

해당 건축물에 근접하는 지역의 지형에 의해 예상되는 지진피해의 크기에 근거하여 이하로 구분한다.

- ① 대략 평지 (15)
- ② 호수와 늪에 근접 (10)
- ③ 근경사지에 근접 (5)

(2) 구조특성에 관한 사항

A 규모·형상에 관한 사항

가. 연면적

해당 건축물이 지진피해를 입은 경우에는, 건축물의 모양에 따라 피해가 커지는 것이 예상되므로, 모양을 가리키는 지표로 연면적을 사용해 구분한다. 각층의 바닥면적의 합계를 계산하여, 이하 ①~④로 구분한다.

- ① 100㎡ 미만 (25)
- ② 100㎡ 이상 250㎡ 미만 (20)
- ③ 250㎡ 이상 500㎡ 미만 (10)
- ④ 500㎡ 이상 (5)

나. 건물높이

해당 건축물이 피해를 입은 경우에는, 건축물의 높이에 따라 피해가 커지는 것이 예상되므로, 건물의 높이로 구분한다. 탐옥을 제외한 최상층의 높이([높이]는 1층의 기둥 밑부터 서까래까지의 높이라 한다)로 부터 이하 ①~④로 구분하고 층수/탐옥의 유무도 기입한다.

- ① 3m 미만 (25)
- ② 3m 이상, 6m 미만 (20)
- ③ 6m 이상, 9m 미만 (10)
- ④ 9m 이상 (5)

다. 높이/단변 길이

건축물의 안정성을 나타내는 지표의 하나로서 나. 에서 구한 높이에 1층 단변 (정면의 폭 또는 측면의 폭 중 짧은 것)의 길이에 대한 비를 구하여, 이하 ①~④로 구분한다.

- ① 0.5 미만 (25)
- ② 0.5 이상, 1 미만 (20)
- ③ 1 이상, 2 미만 (10)
- ④ 2 이상 (5)

라. 형상

건축물의 안정성을 나타내는 지표의 하나로서 건축물의 평면 및 입면의 형상에 대해, 그림1에 준하여 정형 또는 부정형으로 판단하여, 이하 ①~③으로 구분한다.

- ① 평면·입면 둘 다 정형 (25)
- ② 평면이 부정형 (15)
- ③ 입면이 부정형 (5)

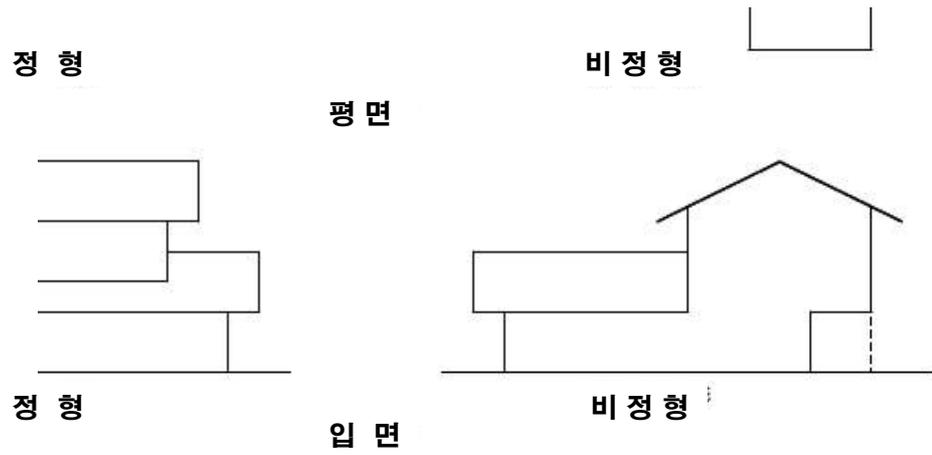


그림1 건조물의 형상

B 축부구조에 관한 사항

가. 토벽의 배치

- 1) 건축물의 내진요소로서 중요한 토벽의 배치를, 1층의 평면도에 나타낸다 (그림2 참조).

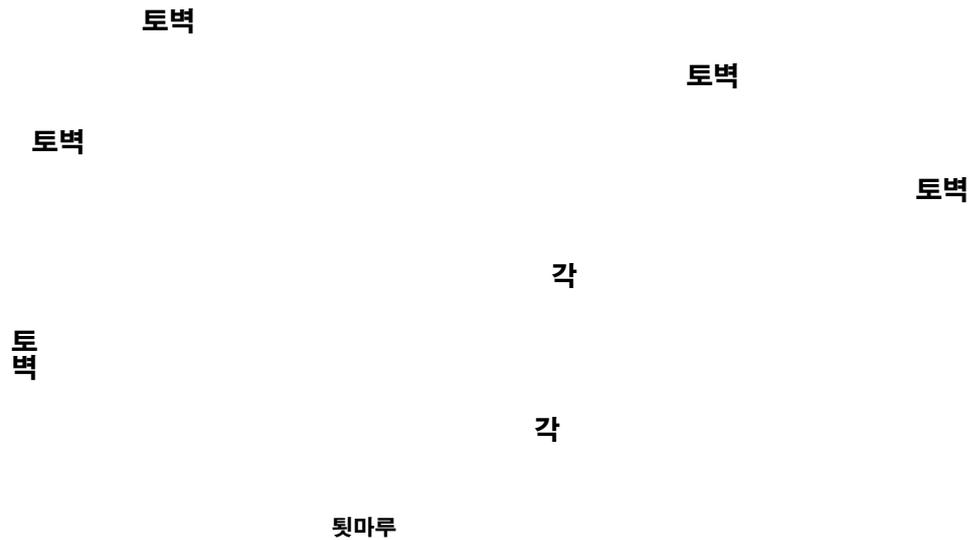


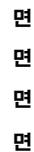
그림2 벽 및 기둥의 간략 배치도 (t:벽 두께)

2) 1층의 외벽이 관해 각 면의 외벽 길이에 대해 내부전면을 토벽으로 하는 벽의 길이의 비를 구해 (그림3 참조), 이하 ①~④로 구분한다.

- ① 4면 모두 토벽길이가 1/5 이상 (20)
- ② 토벽길이가 1/5 미만인 면이 있다 (10)
- ③ 외벽에 토벽이 없는 면이 있다 (5)
- ④ 외벽에 토벽이 없다 (0)



왼쪽 그림과 같은 경우에는,



C면이 0이 되기 때문에 “③외벽에 토벽이 없는 면이 있다” 에 해당한다.

그림3 외벽 길이에 대한 토벽 길이의 비

나. 기둥의 배치

- 1) 1층의 기둥의 배치를 그림2 간략 배치도에 나타낸다.
- 2) 내외의 기둥이 균형 좋게(규칙적이게) 배치되어 있는지, 이하 ①②로 구분한다.
 - ① 내외 모두 규칙적이다 (15)
(예 : 내외의 기둥 모두 형행·양행의 주근이 갖추어 져 있는 경우)
 - ② 외부 또는 내부가 불규칙 (10)

다. 기둥단면적 합계/ 바닥면적 (기둥 단면적 합계의 바닥면적에 대한 비)

- 1) 1층의 본기둥 및 샛기둥을 평면도로 나타내고, 주요한 단면치수를 기입한다.
(그림2 참조)
- 2) 바닥면적에 대한 기둥의 개수와 두께가 내진적으로 적절한 지는 1)의 조사결과에 근거하여 1층의 바닥면적에 대한 기둥단면적의 합계의 비를 구해, 이하 ①~③으로 구분한다.
 - ① 0.01 이상 (15)
 - ② 0.01 미만, 0.005 이상 (10)
 - ③ 0.005 미만, 미상 (5)

라. 기둥 밑면의 일체성

건물 주체부의 측주(side post)가 기둥 밑면에서 서로 일체화되어 있는지, 구조형식에 의해 이하 ①~③으로 구분한다. 혼합의 경우는 그 취지를 기입하고, 점수를 조정한다.

- ① 초석(주춧돌)없음 (15)
- ② 초석(주춧돌)을 놓고 중인방 등으로 기둥을 연결 (10)
- ③ 초석(주춧돌)을 놓고 각 기둥이 독립 (5)

마. 기둥 각주의 일체성

건물 주체부의 측주(side post)가 바닥위치(바닥이 없는 경우 이에 해당하는 위치)에서 서로 일체화 되어 있는지, 구조형식에 의해 이하 ①~③으로 구분한다. 혼합의 경우는 그 취지를 기입하고 점수를 조정한다.

- ① 貫 (누끼) 및 인방을 사용 (10)
- ② 貫 (누끼) 및 인방 중 하나를 사용 (5)
- ③ 貫 (누끼) 및 인방을 사용안함 (0)

바. 천장

수평방향의 변형이 일어나기 쉬운지, 1층의 주요천정의 형식에 의해 ①~③으로 구분한다. 혼합의 경우는 그 취지를 기입하고 점수를 조정한다.

- ① 멩에·장선·격자천장 (15)
- ② 사오부치(일본고유형식)·거울천장(일본고유형식) (10)
- ③ 타케코마이·시쿠이 (5)

사. 초석의 크기

건축물이 이동했을 때 기둥이 초석에서 탈락할 위험은 없는지, 주요한 기둥의 초석의 크기에 의해 이하 ①~③으로 구분한다.

- ① 기둥 주변에 기둥지름의 1/2이상의 여유가 있다. (10)
- ② 기둥 주변에 기둥지름의 1/3이상의 여유가 있다. (5)
- ③ 기둥 주변에 거의 여유가 없다 (0)

C 지붕구조의 관한 사항

가. 지붕 틀

수평방향의 변형이 생기는지, 주요부분의 지붕 틀의 형식에 의해 이하 ①~③으로 구분한다. 홍량·차수구조는 ①에 구분한다. 단, 조적조의 굴뚝이 있는 경우는 그 취지를 기입한다.

- ① 양식덧지붕 (25)
- ② 일식덧지붕 (20)
- ③ 차수구조·서까래 (10)

나. 지붕 바탕

수평방향의 변형이 생기기 어려운지, 바탕의 형식에 의해 이하 ①~③으로 구분한다.

- ① 나무판 (25)
- ② 판목·미상 (10)
- ③ 대나무 판목 (0)

다. 지붕 재료

지붕 무게의 관점으로부터, 주요부분의 지붕 재료에 의해 이하 ①~④로 구분한다.

- ① 금속판 (25)
- ② 편백나무 껍질, 얇은 나무판, 기와(홍두깨 흙 없음) (20)
- ③ 기와(홍두깨 흙 있음) (15)
- ④ 나무기와 (5)

라. 건물면적/바닥면적 (건물면적의 바닥면적에 대한 비)

축부에 대한 지붕의 하중과 균형을 나타내는 지표로서 최상층에 관해 바닥면적에 대한 건물면적의 비를 구해 이하 ①~③으로 구분한다. 건물의 범위는 처마 등을 제외한 주 구조부분을 대상으로 한다.

- ① 1.2 미만 (25)
- ② 1.2 이상, 1.4 미만 (15)
- ③ 1.4 이상 (5)

(3) 보존상태에 관한 사항

가. 부동침하

부동침하의 상황에 대해, 육안 등으로 이하 ①~③으로 구분하고, 침하의 상태에 대해 기입한다.

- ① 없음 (25)
- ② 있음 (15)
- ③ 확실하다 (5)

나. 주요구조부재의 노후·충해

기둥, 보, 도리 등의 주요구조부재의 노후 및 충해의 상황을 조사하여, 이하 ①~③으로 구분한다.

단, ②또는③의 경우는 노후 및 충해부분을 기입하고 피해상황을 나타내는 사진을 첨부한다.

- ① 건전 (25)
- ② 일부피해 (15)
- ③ 과반피해 (0)

다. 주요구조부재의 변형

기둥, 보, 도리 등의 주요구조부재의 변형에 대해 육안 등으로 조사를 하여 이하 ①~③으로 구분한다. 기둥 길이에 대한 기둥 머리의 수평변위의 크기가 대략 1/60 이상인 것, 기둥 보 등의 저하가 명백한 것, 주요구조부재가 파손된 것은 ③이라 한다. 단, ②또는③의 경우는 변형부분을 기입하고 변형상황을 나타내는 사진을 첨부한다. 또한, 목조 구조체의 내부에 벽돌 골뚝이 포함되어 있는 경우와 주요구조부재의 연결부분에 결함이 보이는 경우, 그 외의 부분적인 구조결함이 있는 경우는 그 이유를 기입한다.

- ① 건전 (25)
- ② 변형이 있다 (15)
- ③ 변형이 명백히 있다 (5)

라. 근본수리이력

건축물의 건전성을 나타내는 지표로서 근본수리시공 후의 경과 햇수에 의해 ①~③으로 구분한다. 단, 근본수리란 주요한 부재의 해체 또는 반 해체수리 등을 지칭하고, 지붕 재료의 교환 등의 부분적인 수리는 포함하지 않는다. 또, 현재 수리가 필요한지의 여부는 포함하지 않는다. 근본수리가 실시되어지지 않은 경우는 건축 후 햇수를 근본수리 후 햇수로 바꿔 읽는다. 수리했을 때에 내진보강을 실시했을 경우는 그 내용을 기입한다.

- ① 근본수리 후 100년 미만 (25)
- ② 근본수리 후 100년 이상, 200년 미만 (15)
- ③ 근본수리 후 200년 이상 (5)

제3장 관리·활용방법의 파악순서

중요문화재(건조물)의 현 상황에서의 관리체제와 활용 방법 등에서 내진대책상 기입 해야 할 사항에 대해 서술한다.

내진대책에 관련한 사항으로써 이하의 사항이 있으므로 내진대책의 검토에 필요하다 생각되는 사항에 대해 서술한다.

· 관리체제

관리자의 상주의 유무, 정기적 순찰의 유무, 연락체제의 정비의 유무 등

· 활용방법

용도 (거주, 수납, 업무용, 공개, 공공시설, 그 외)

내부출입상황 (상시, 비 상시, 없음)

사용방법 (체류형, 통과형)

옥외피난 (용이, 곤란)

입장제한 (전면, 일부, 없음)

위험성명시의 유무 (있음, 없음)

D. 내진 예비 진단서(일본)

내진예비진단서

년 월 일

1 건조물의 명칭 등

명칭	소재지
소유자등이름	소유자 등 주소

2 항목별평가 (해당하는 부분에 O표시를 하고 사항별 평점의 합계를 구한다)

진단항목	평점	특기사항
(1)입지환경에관한사항		
가 지역구분		
① IV에 해당하는 지역	15	
② Ⅲ에 해당하는 지역	10	
③ Ⅱ에 해당하는 지역	5	
④ I에 해당하는 지역	0	
나 피해이력		피해상황을 기입
① 없음	15	
② 있음	5	
다 활단층		
① 없음	15	
② 있음	5	
라 지반		
① 양호	15	
② 나쁨	10	
③ 매우 나쁨	5	
마 조성상황		
① 절토지·미 조성지	20	
② 성토지·미상	10	
③ 매립지 (하천,늪,호수)	5	
바 주변지형		
① 대략 평지	15	
② 호수와 늪에 근접	10	
③ 급경사지에 근접	5	
합 계		

(2) 구조 특성에 관한 사항			
A 모양·형상에 관한 사항			
가	연면적 [m ²]		
①	100m ² 미만	25	
②	100m ² 이상 250m ² 미만	20	
③	250m ² 이상 500m ² 미만	10	
④	500m ² 이상	5	
나	건물높이 [m]		
①	3m 미만	25	
②	3m 이상, 6m 미만	20	
③	6m 이상, 9m 미만	10	
④	9m 이상	5	
다	건물높이/단변 길이 [m/ m]		
①	0.5 미만	25	
②	0.5 이상, 1 미만	20	
③	1 이상 2미만	10	
④	2 이상	5	
라	형상		
①	평면·입면 모두 정형	25	
②	평면부정형	20	
③	입면부정형	5	
합 계			
B 축부구조에 관한 사항			
가	토벽의 배치		평면도에 벽 배치 기입
①	4면 모두 토벽길이가 1/5 이상	20	
②	토벽길이가 1/5 미만인 면이 있다	10	
③	외벽에 토벽이 없는 면이 있다	5	
④	외벽에 토벽이 없다	0	
나	기둥의 배치		평면도에 기둥 배치 기입
①	내외 모두 규칙적이다	15	
②	외부 또는 내부가 불규칙	10	
다	기둥단면적 합계/바닥면적 [m ² / m ²]		
①	0.01 이상	15	
②	0.01 미만, 0.005 이상	10	
③	0.005 미만, 미상	5	
라	기둥 밑면의 일체성		
①	초석(주춧돌) 없음	15	
②	초석(주춧돌)을 놓고 중인방 등으로 기둥을 연결	10	
③	초석(주춧돌)을 놓고 각 기둥이 독립	5	

마 기둥 각주의 일체성 ① 貫(누끼) 및 인방을 사용 ② 貫(누끼) 및 인방 중 하나를 사용 ③ 貫(누끼) 및 인방을 사용안함	10 5 0	
바 천장 ① 멩에·장선·격자천장 ② 사오부치(일본고유)·거울천장(일본고유) ③ 타케코마이·시쿠이	15 10 5	
사 기초의 크기 ① 기둥 주변에 기둥지름의 1/2이상 여유가 있다 ② 기둥 주변에 기둥지름의 1/3이상 여유가 있다 ③ 기둥 주변에 거의 여유가 없다	10 5 0	
합 계		
C 지붕구조에 관한 사항		
가 지붕 틀 ① 양식덧지붕 ② 일식덧지붕 ③ 차수구조·서까래	20 10	
나 지붕 바탕 ① 나무판 ② 판목·미상 ③ 대나무 판목	25 10 0	
다 지붕 재료 ① 금속판 ② 편백나무 껍질, 얇은 나무판, 기와 (홍두깨 흙 없음) ③ 기와 (홍두깨 흙 있음) ④ 나무기와	25 20 15 5	
라 건물면적 / 바닥면적 [m ² / m ²] ① 1.2 미만 ② 1.2 이상, 1.4 미만 ③ 1.4 이상	25 15 5	
합 계		

(3) 보존상황에 관한 사항 가 부동산침하 ① 없음 ② 있음 ③ 확실하다	25 15 5	
나 주요구조재의 노후·충해 ① 건전 ② 일부피해 ③ 과반피해	25 15 5	
다 주요구조재의 변형 ① 건전 ② 변형이 있다 ③ 변형이 명백히 있다	25 15 5	
라 근본수리이력 ① 근본수리 후 100년 미만 ② 근본수리 후 200년 미만 ③ 근본수리 후 200년 이상	25 15 5	

3 판정

판정란에는 판정결과 외, 진단자의 소견도 기술한다.

--

※ 판정결과가 가 ~ 다 의 어느하나인 경우도, 필요한 개선사항에 대해 지역교육위원회 지도조언을 듣는것이 가능하다.

4 관리·활용방법의 파악

관리·활용의 현상황에서 ()에 해당하는 것을 O으로 표시한다. 그 밖에 기입해야할 점에 대해 말미의 공간에 기입한다.

A 관리체제	
가 상주 관리자	(있음, 없음)
나 정기적 순찰	(있음, 없음)
다 연락체제의 정비	(있음, 없음)
B 활용상황	
가 용도	(거주, 납, 업무용, 공개, 공공시설, 그 외 ())
나 내부출입상황	(상시, 비 상시, 없음)
다 출입인원수의 상황	(불특정, 관계자만) (다수, 소수)
라 사용방법	(체류형, 통과형)
마 옥외피난	(용이, 곤란)
바 입장제한	(전면, 일부, 없음)
사 위험성표시의 유무	(있음, 없음)