교량 면진받침 성능 향상 방안

제공처 : 한국도로공사 설계처

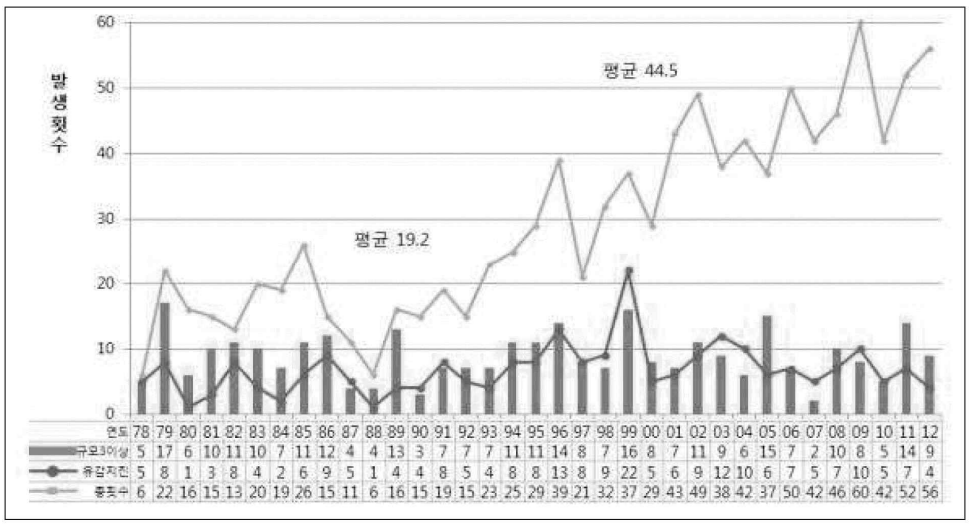
출처 : 2013년도 고속도로 설계 실무자료집(2014, 한국도로공사)

1. 일반현황

(1) 면진받침은 상시 및 지진시 교량의 안전성 확보와 단면 최적화 설계에 지대한 영향을 미치고 있는 주요 부재로서, 1995년부터 고속도로 교량 설계에 적용하고 있음.

(2) 최근 지진발생 횟수 증가, 신형식거더 개발, 장대교량 증가 및 비대칭(본선+램프 일체식) 교량 설계 등 설계여건 변화에 맞는 면진받침 적용방안을 검토하여 교량 내구성 향상 및 경제적인 설계를 도모하고자 함.

<국내 지진발생 현황(기상청 지진센터)>



(2.1) '78년 기상청에서 지진관측 시작 이후 ' 12년 말까지 총 1,030건 관측

(2.1.1) 지진의 발생 총 횟수가 증가하는 추세('78년 대비 9배 증가)

(2.2) 리히터 규모 5.0이상 5회 관측 및 3.0이상 지진은 연간 10회 발생

2. 현황 및 문제점

2.1 면진받침 설계기준

2.1.1 주요 경위

(1) 1992. 12 내진설계기준 수록(도로교표준시방서)

(2) 1995. 6 고속도로 교량 내진설계 개념 도입

(3) 2000. 7 교량의 내진성능목표 개념 도입(도로교설계기준)

(4) 2005. 2 지진격리교량 설계법 시행(도로교설계기준)

(5) 2010. 9 연성도 내진설계법 시행(도로교설계기준)

(6) 2011. 12 한계상태설계법 제정(도로교설계기준)

2.1.2 설계 및 품질기준

(1) 설계 기준(도로교설계기준, 2012년)

(1.1) 고속도로 교량은 내진1등급교 설계(1,000년, 0.154g)

(1.2) 받침은 상부구조 하중을 확실히 하부구조에 전달하고, 상·하부 구조에 유해한 구속력이 발생되지 않아야 함

(1.3) 면진받침과 재료는 화학적, 물리적, 기계적 성질이 안정적이어야 함

(2) 품질 기준(고속도로 건설공사 현장 품질시험기준, 2012년)

(2.1) 시험빈도 : 교량받침 종류별, 규격별 각 1회 시행

(2.2) 시험항목 : 압축특성시험, 전단특성시험

<table>
<tr><th>구분</th><th>압축특성시험</th><th>전단특성시험</th></tr>
<tr><td>요구성능</td><td>- 상부하중 지지 및 회전 거동 흡수</td><td>- 전단강성은 진동주기 결정
- 감쇠성능은 지진에너지 소산</td></tr>
<tr><td>품질기준</td><td>- 손상이 없어야 함</td><td><table><tr><th></th><th>유효강성</th><th>EDC</th></tr><tr><td>개체차</td><td>±20%이내</td><td>-25%이상</td></tr><tr><td>평균값</td><td>±10%이내</td><td>-15%이상</td></tr></table></td></tr>
</table>

2.2 받침별 구조해석 적용현황

2.2.1 상부형식별 현황

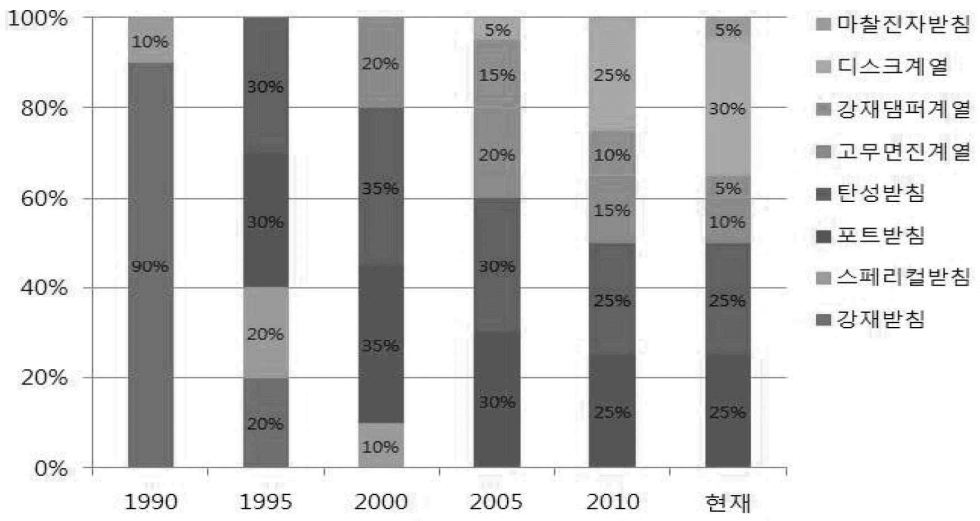
(1) 4개 노선(냉정~부산, 울산~포항, 함양~성산, 상주~영덕) 적용 현황

[단위 : 백분율]

구 분	디스크	납면진	강재댐퍼	고감쇠	마찰진자
PSC 거더교	38	36	14	9	3
PSC 박스교	28	37	22	-	13
강 거더교	-	90	-	-	10
강 박스교	47	7	8	29	9

(2) PSC 거더교 및 강박스교는 디스크형식, 강거교 및 PSC 박스교는 납면진형식 위주로 구조해석

2.2.2 년도별 현황



(1) 면진받침은 2000년 고무면진계열 적용 후 현재 50% 적용

(2) 최근에는 강재댐퍼, 디스크 및 마찰진자형 받침 사용 증가

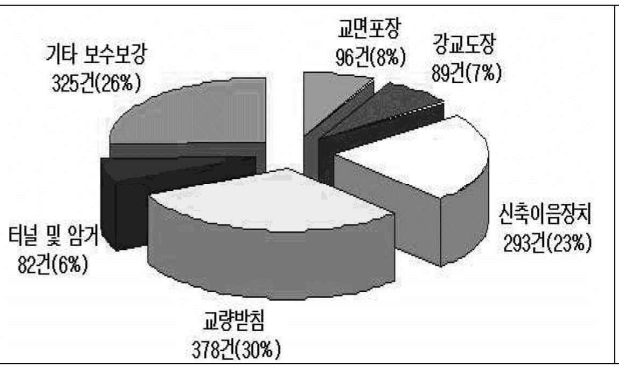
(3) 교량 상부형식의 특성보다 개발되는 받침 위주의 적용

2.3 현 실태 및 문제점

2.3.1 교량 주요 구조부재로서의 중요도 인식 부재

(1) 받침 설계·시공불량으로 교량의 중대 결함 유발

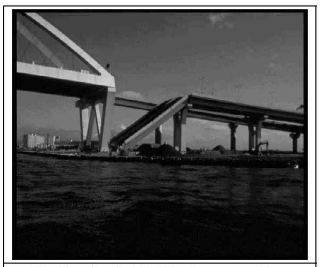
(1.1) 받침에서 교량 결함 30% 발생('08~' 09년 정밀점검 결과)



[받침 결함 유형]

- 형식선정 부적정
- 배치 부적정
- 도장 녹발생
- 유간산정 부적정
- 교대변위로 받침 손상
- 편기 설치 등

(1.2) 설계·시공 부실시 낙교 등 중대 결함 유발



연단거리부족으로 낙교
Nishnomiya Bridge(일본)



내진받침 본체 파손
Nishnomiya Bridge(일본)



부반력 미고려로 낙교
신동IC RAMP교(국내)

(2) 부속자재로 분류하여 짧은 하자담보책임기간 설정 등 주요 구조부재로서의 중요성을 낮게 인식

(2.1) 받침은 부속자재가 아닌 주요자재로의 인식 전환 필요

(2.2) 하자담보책임기간 : 철근콘크리트·철골 : 7~10년 / 받침 : 2년

→ 하자담보책임기간 연장 필요

2.3.2 면진받침 설계기술 수준 향상 노력 미흡

(1) 교량 형식, 구조형태에 적합한 면진받침 검토 미흡

(1.1) 받침종류, 교량 상부형식·형태(비대칭 등)가 미고려된 설계

(1.1.1) 1개 받침 종류만 검토하여 설계 → 교량 거동특성 반영 미흡

(1.1.2) 제품별 고유물성치로 인한 해석곤란으로 구조해석을 받침업체에 위탁하는 경향

(1.2) 하부구조 단면 및 규격 최적화 검토 미흡

(1.2.1) 상・하부구조 단면 결정 후 구조해석에 따른 교량받침 적용

(1.2.2) 피드백 미시행에 따른 받침, 하부구조의 과다 설계 발생여지 내포

(2) 적정 용량받침 미적용으로 비경제적 설계 시행

(2.1) 적정규격 미검토로 건설중 받침용량 재검토 시행

(2.1.1) 울산~포항선 교량(시공중 27개 교량)중 30%가 받침용량 변경

(2.1.2) 최대 25%이상 과규격(2,000kN→2,500kN) 설계 사례 발생

(2.2) 면진받침은 규격에 따른 가격 변동폭이 커 최적설계 유도 필요

(2.2.1) 내진받침 1.6배(탄성방침 1,750kN → 3,500kN)

(2.2.2) 면진받침 2.0배(면진디스크 2,500kN → 5,000kN)

2.3.3 면진받침 설계의 표준화・체계화 미흡

(1) 안전성 확보를 위한 내실있는 구조계산 시행 필요

(1.1) 구조계산서에 지진 해석 조건 및 결과 일부 미수록 사례 발생 다수

(1.1.1) 교량받침 물성치(유효강성, 감쇠비 등)

(1.1.2) 지진시 수평력, 수평변위 및 연단거리 검토 등

(1.2) 교량받침 Check List가 상부공내에 포함되어 상세검토 미흡

(1.3) 교량받침 면진받침 설계여부 등 포괄적인 내용의 4개 항목

(1.3.1) 교좌장치 계획시 면진받침과 탄성받침을 비교 검토하여 선정하였는가

(1.3.2) 교좌장치 및 신축이음장치는 계산값과 비교하여 적절한가

(1.3.3) 받침부 보강철근은 콘크리트의 강도를 고려하였는가

(1.3.4) 고정단의 위치 설정은 적절한가

(2) 구조계산서 미비에 따른 건설 및 유지관리시 교량받침 구조 해석을 별도 재시행하는 실정

(2.1) 설계시 교량받침 구조해석 자료 관련부서로 전달 미흡

(2.1.1) 건설 : 상부구조 변경, 하부구조 위치 변경 등

(2.1.2) 유지관리 : 상부구조 보강, 교량받침 교체 등

3. 개선내용

3.1 성능 향상 방안

(1) 추진 목표

(1.1) 안전성, 경제성 확보를 위한 설계 관리 강화(2013년)

(1.2) 면진받침 설계・시공자료 관리 체계화(2014년)

(1.3) 성능중심 면진받침 설계시스템 구축(2015년)

3.1.1 안전성, 경제성 확보를 위한 설계 관리 강화

(1) 예비설계를 통한 비교해석으로 최적 면진받침 설계 도모

(1.1) 다수의 면진받침 비교해석을 통하여 교량 특성에 맞는 안전하고 경제적인 받침을 선정하여 설계 반영

(1.2) 일반보고서 “교량별 세부설계”에 받침 비교해석 결과 수록

(1.3) 설계도면, 구조계산서에 선정받침 자료를 수록하고 “Note” 표기

(1.3.1) 본 도면에 표기된 공법(제품)은 공사비 기초금액 산출을 위해 제시된 것으로 시공전 감독원과 협의 후 재질, 규격, 성능 등이 동등이상인 공법(제품)으로 변경 적용할 수 있음

(1.3.2) 신기술・신공법 등 특정공법 설계적용 관련 설계도서 작성 및 적용절차 준수(설계처-1731, 2010.04.09)

(2) 면진받침 설계시 설계사의 책임 설계 환경 조성

(2.1) 현행 받침제작사 위주의 구조해석을 설계사에서 직접 시행하도록 유도

(2.1.1) 받침별 물성치, 거동특성 등 구조해석에 필요한 기초자료를 제시하도록 받침제작사에 협조 의뢰

(2.1.2) 기초자료 미제시 제품에 대하여는 구조해석에서 배제

(3) 하부구조와 연계된 피드백 설계 강화

(3.1) 하부구조, 받침의 피드백 설계 강화로 경제적 설계 유도 : 5.1절 참조

(3.1.1) 하부구조 규격, 철근량 최소화

(3.1.2) 면진받침 용량 최적화

3.1.2 면진받침 설계·시공자료 관리 체계화

(1) 구조해석 절차 및 서식의 표준화 시행

(1.1) 면진받침 설계 절차 정립

(1.2) 구조해석 계산서 서식 표준화 : 5.2절 참조

(2) 교량받침 설계 Check List 신설

(2.1) (현행) 교량상부공에 부분 포함 → (개선) 교량받침편 신설

(2.2) 상시 및 내진해석 결과 적정성 등 20건 수록

(2.2.1) 교량받침 설계 Check List : 5.3절 참조

(3) 설계·시공 자료 관리 강화

(3.1) 설계시 면진받침의 자료 DB 구축

(3.1.1) 받침별 구조계산서

(3.1.2) 받침별 물성치 및 구조해석 입력데이터(파일)

(3.2) 시공시 면진받침 품질시험 데이터 관리 철저

(3.2.1) 품질시험기준에 따른 압축시험, 전단시험 시행 및 확인

→ 맞춤형 면진받침 설계가이드라인 작성시 활용

3.1.3 성능중심 맞춤형 면진받침 설계시스템 구축

(1) 교량형식별, 받침종류별 경제성, 안전성 등 통계 분석

(2) 교량별 맞춤형 면진받침 설계가이드라인 작성

(3) 성능 보장기간이 연장되도록 제도 개선 검토

(3.1) 하자담보책임기간 연장

(3.2) 완성품 성능시험

4. 결론

(1) 적용 방안

(1.1) 설계중인 노선 : 본 방침 적용

(2) 향후 계획

(2.1) 면진받침 설계 및 시공자료 축척 및 분석 : 2014년

(2.2) 성능중심 맞춤형 면진받침 설계시스템 구축 : 2015년

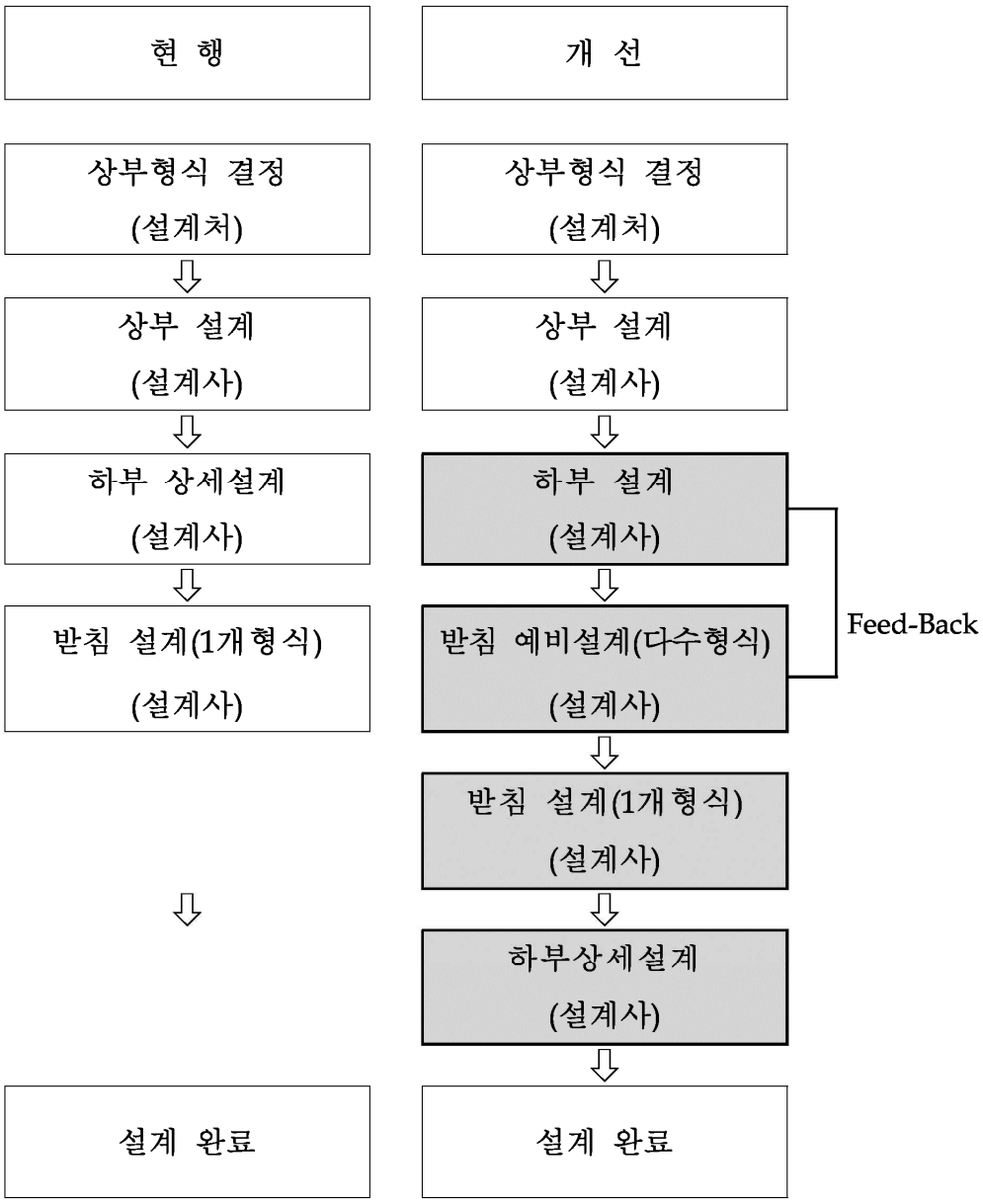
(2.2.1) 면진받침 설계가이드라인 작성

(2.2.2) 하자만료기간 연장 방안 마련

(2.2.3) 완성품 성능시험 방안 마련

5. 기타

5.1 면진받침 설계 절차



5.2 구조해석 계산서 작성 서식

1. 내진해석 일반
 1.1 목적
 1.2 내진해석 방법(추가)
 1.3 내진등급과지반가속도계수(추가)
  ○ 지진구역 구분
  ○ 지진구역 계수
  ○ 위험도계수
  ○ 내진등급
  ○ 지반계수
  ○ 지반분류
  ○ 응답수정계수

2. 설계대상 교량
 2.1 설계조건(추가)
  ○ 교량 제원
 2.2 참고문헌

3. 해석모델
 3.1 모델링(추가)
 3.2 단면특성(추가)
 3.3 작용하중
 3.4 입력지진파(추가)

4. 받침특성치 검토
 4.1 받침배치도(추가)
 4.2 면진장치의 특성(추가)
 4.3 복원력 검토(추가)

5. 고유치 해석결과
 5.1 Mode Shape(추가)
 5.2 주기 및 진동수(추가)
 5.3 질량참여율(추가)

6. 내진해석 결과
 6.1 받침 부재력 해석결과
 6.2 받침 부재력 하중조합
 6.3 받침변위(추가)

7. 하부구조 내진해석 결과
 7.1 교각 하단 부재력
 7.2 교각 하단 부재력 하중조합
 7.3 교각 상단 부재력
 7.4 교각 상단 부재력 하중조합
 7.5 코핑 상단 변위
 7.6 말뚝 상단 탄성지지력
 7.7 말뚝 하단 탄성지지력
 7.8 말뚝 상단 지진 변위
 7.9 말뚝 하단 부재력
 7.10 말뚝 하단 부재력 하중조합
 7.11 교량 여유간격(추가)

8. 전산입력 DATA(추가)

※ 해당 없는 항목 제외 가능

5.3 Check List

5.3.1 교량공

구 분	Check List	확 인			비고
		설계사		감독원	
		실무자	책임자		
사. 교량받침	① 교량받침의 상시 및 내진해석은 적정하게 수행하였는가				
	② 교량받침 계획시 내진받침과 지진격리받침을 비교 검토하여 선정하였는가, 지진격리받침 설계시에는 3가지 이상의 받침에 대하여 비교, 검토하였는가				
	③ 교량받침 배치는 교량의 선형을 고려하여 선정하였는가				
	④ 교량받침 고정단과 가동단의 위치 설정은 적절한가				
	⑤ 상시 및 지진시 이동량 계산은 적합한가				
	⑥ 상시 및 지진시 허용수평력과 허용변위가 명시되어 있는가				
	⑦ 연단거리 및 최소받침지지길이 계산은 적합한가				
	⑧ 교량받침 특성치는 명확하게 기입되어 있는가				
	⑨ 응답스펙트럼은 교량에 적합한 데이터가 적용되었는가				
	⑩ 설계지진파는 교량에 적합한 데이터가 적용되었는가				
	⑪ 교축 및 교축직각방향 지진력 조합은 적합한가				
	⑫ 지진격리받침을 적합하게 혼합배치하여 경제성을 확보하였는가				
	⑬ 지진격리받침 종류별 추가검토사항에 대해 안정성을 확보하였는가 (감쇠비, 마찰계수, 곡률 등)				

구 분	Check List	확 인			비고
		설계사		감독원	
		실무자	책임자		
사. 교량받침	⑭ 교량받침 혼용배치시 동일 계열의 받침으로 적용하였는가				
	⑮ 프리셋팅이 가능한 제품이 적용되었는가				
	⑯ 받침부 보강철근은 콘크리트의 강도를 고려하였는가				
	⑰ 교량받침 상판크기와 솔플레이트의 크기는 적합한가				
	⑱ 강교의 경우, 교량받침의 유효지압면적을 고려하여 지점부 국부좌굴에 대해 검토되었는가				
	⑲ 형하공간은 교량받침이 충분히 설치될 수 있도록 확보되었는가				
	⑳ 교량받침 구조해석 데이터는 빠짐없이 수록하였는가				