제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 "구조성능평가 실험 프로세스 표준화"과제의 최종보고서로 제출합니다.

2014. 10.

주관연구기관 : 건설연구인프라운영원
공동연구기관 : 한국건설기술연구원
㈜대우건설

주관연구기관명 : 건설연구인프라운영원
주관연구책임자 : 정 대 성
연 구 원 : 안 광 기
〃 : 박 영 석
〃 : 김 철 영
〃 : 한 종 욱
〃 : 최 선 아
〃 : 김 성 덕
〃 : 서 보 영
〃 : 장 종 민
〃 : 정 태 형
공동연구기관명 : 한국건설기술연구원
공동연구책임자 : 곽 종 원
연 구 원 : 이 정 우
〃 : 고 상 규
〃 : 곽 임 종
〃 : 이 영 호
〃 : 김 용 희
공동연구기관명 : ㈜대우건설
공동연구책임자 : 김 대 영
연 구 원 : 오 태 수
〃 : 은 희 곤
〃 : 정 대 기
〃 : 김 도 현
〃 : 김 선 웅
〃 : 정 진 욱

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>11기술
표준화12-01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td colspan="2">2년 10개월</td><td>단 계 구 분</td><td>3/3</td></tr>
<tr><td>연 구 사 업 명</td><td colspan="6">국토교통기술촉진연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="4">연 구 과 제 명</td><td>최 상 위
과 제 명</td><td colspan="5">구조성능평가 실험 프로세스 표준화</td></tr>
<tr><td rowspan="3">단위과제명</td><td>주관</td><td colspan="4">교량 상부구조 부재의 성능평가실험 프로세스 표준화</td></tr>
<tr><td>공동</td><td colspan="4">교량 하부구조물 및 장치의 성능평가실험 프로세스 표준화</td></tr>
<tr><td>공동</td><td colspan="4">건축구조 부재의 성능 평가실험 프로세스 표준화</td></tr>
<tr><td>연 구 책 임 자</td><td>정대성</td><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 23명
내부 : 10명
외부 : 13명</td><td>총
연구비</td><td colspan="2">정부 : 800,000천원
기업 : 133,620천원
계 : 933,620천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="3">(주관) 건설연구인프라운영원
(공동) 한국건설기술연구원
(공동) (주)대우건설</td><td>참여
기업명</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명 : -</td><td colspan="3">상대국연구기관명 : -</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td colspan="2">보고서면수</td><td>275</td></tr>
<tr><td colspan="7">• 구조분야 연구개발 결과와 건설신기술·신공법에 대한 체계적인 성능검증 및 평가를 위해 우선적으로 활용도가 높은 교량 및 건축물의 부재별 표준화된 실험절차서와 예제매뉴얼을 개발함
• 본 연구는 총 3년에 걸쳐 수행되었으며, 1,2차년도에는 각각 3개, 3차년도에는 실험 Data model을 포함하여 5개를 제시하여 총 연구기간동안 11개의 실험절차서와 예제매뉴얼을 제시하였음
- 보/거더 휨실험 절차서 및 예제매뉴얼
- 교각 준정적 실험 절차서 및 예제매뉴얼
- 건축 1방향 슬래브 휨실험 절차서 및 예제매뉴얼
- 교량 강합성 바닥판 전단실험 절차서 및 예제매뉴얼
- 교량 신축이음 작동 성능평가실험 절차서 및 예제매뉴얼
- 건축 T형 보-기둥 접합부실험 절차서 및 예제매뉴얼
- 교량구조물 동특성평가 실험 절차서 및 예제매뉴얼
- 강교량 피로실험 절차서 및 예제매뉴얼
- 교량 받침 성능평가 실험 절차서 및 예제매뉴얼
- 건축기둥 압축 성능평가 실험 절차서 및 예제매뉴얼
- 구조실험 데이터모델
• 상기 결과는 건설 분야 R&D 결과 및 제품 등에 대한 검증실험에 폭넓게 활용될 수 있도록 관련 연구기관, 대학 및 기업체 등에 배포함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="5">표준화, 구조성능시험, 실험절차, 실험매뉴얼, 데이터모델</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="5">Standardization, Structural Performance Test, Testing Process, Testing Manual, Data Model</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

구조성능평가 실험 프로세스 표준화

Ⅱ. 연구개발과제 개요

□ 연구개발 목적

- 본 연구의 목적은 구조분야 중 교량 상하부 부재 및 장치와 건축 구조부재에 대한 성능평가 실험시 일관성 있는 실험결과 제공을 위한 표준화된 실험절차서의 가이드라인과 매뉴얼을 작성하는 것임
  - 구조성능평가 실험 프로세스 가이드라인 제시
  - 각 실험절차에 대한 예제 매뉴얼 작성
  - 구조성능평가 실험 Data Model 표준(안) 제시

□ 연구개발 필요성

- 구조분야 연구개발 결과 및 건설신기술·신공법에 대한 체계적인 성능검증과 인증을 위해서는 활용도가 높은 교량 및 건축물의 부재별 성능검증실험을 위한 표준화된 실험절차서 필요
- 또한, 엔지니어링 분야 설계기준 표준화의 기초 실험검증 자료 제공을 위해서는 객관적인 실험검증 절차의 표준화 필요
- 미국, EU, 일본 등 선진국은 연구개발 단계부터 세계표준제정과 병행하여 시장선점 및 국제표준화 기구 지배력 강화를 위해 노력중
- 우리나라 역시, 기술 표준의 중요성을 인식하여 다양한 산업분야에 대한 정부 및 민간 차원의 표준화 활동이 활발
- 반면에 건설분야는 공공성이 강하여 민간차원의 표준화 노력은 전무하기 때문에 정부 주도의 표준화 노력이 절실
- 세계무역기구(WTO)의 무역상기술장벽(TBT)에 따라 표준이 국가 경쟁력 강화의 핵심요체로 등장하면서 국제표준(ISO, IEC, ITU) 및 단체표준(ASTM) 등에 대한 중요성이 크게 부각됨
- 한-EU, 한-미 FTA 체결로 건설시장 개방에 따른 Global 경쟁시대 돌입 및 건설 환경의 다변화 필요
- 실험 프로세스 표준화를 통한 국내 중소기업 등의 기술력을 강화하여 건설산업을 보고하고 건설분야의 국제 경쟁력 확보 절실

□ 연구개발 내용 및 범위

- 교량 상부구조의 구조성능평가 실험 가이드라인 제시

- 보/거더 부재의 휨성능 실험프로세스 가이드라인 작성
- 보/거더 부재의 동적성능 실험프로세스 가이드라인 작성
- 보/거더 부재의 피로성능 실험프로세스 가이드라인 작성
- 합성부재 전단연결성능 실험프로세스 가이드라인 작성
- 각 부재별 예제 매뉴얼 작성

• 교량 하부구조 및 부속장치의 구조성능평가 실험 가이드라인 제시
- 교각의 구조성능평가 실험프로세스 가이드라인 작성
- 교량 부속장치의 성능 실험프로세스 가이드라인 작성
- 각 부재/장치별 예제 매뉴얼 작성

• 건축 구조부재의 구조성능평가 실험 가이드라인 제시
- 보 부재의 구조성능 실험프로세스 가이드라인 작성
- 슬래브 부재의 구조성능 실험프로세스 가이드라인 작성
- 기둥 부재의 구조성능 실험프로세스 가이드라인 작성
- 보-기둥 연결부의 구조성능 실험프로세스 가이드라인 작성
- 각 부재별 예제 매뉴얼 작성

• 구조성능평가 실험 Data Model 표준(안) 제시
- 구조성능평가 실험 Data Model 표준(안) 작성
- Data Model 예제 매뉴얼 작성

Ⅲ. 연구개발 수행내용 및 결과

구분	연구개발목표	연구개발내용 및 결과
1차년도	교량 상부구조의 휨성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토 ▪ 실험체 범위 및 종류 등 조사 및 정립 ▪ 실험장비 및 재하절차 등 조사 및 정립 ▪ 계측장비, 센서 및 데이터 모델링 등 조사 및 정립 ▪ 검증용 실험체 제작 및 실험 ▪ 실험 데이터 분석 ▪ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가 ▪ 전문가 검토 및 자문 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
	교량 교각의 구조성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토 ▪ 교각 실험사례 조사 및 분석 ▪ 검증용 실험체 제작 및 실험 ▪ 실험 데이터 분석 ▪ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
	건축 슬래브의 휨성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 기준 및 규준 조사 ▪ 국내외 유사 실험현황 조사 ▪ 공인시험 운영지침 조사 ▪ 검증용 실험체 제작 ▪ Case별 실험 수행 ▪ 실험결과 분석 ▪ 최적 실험 Case 도출 ▪ 검증용 실험결과와 유사 실험사례 비교 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성

2차년도	교량 거더-바닥판 합성성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토 ▪ 실험체 범위 및 종류 등 조사 및 정립 ▪ 실험장비 및 재하절차 등 조사 및 정립 ▪ 계측장비, 센서 및 데이터 모델링 등 조사 및 정립 ▪ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가 ▪ 전문가 검토 및 자문 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
	신축이음의 구조성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토 ▪ 국내외 신축이음 현황 조사 및 분석 ▪ 신축이음 실험사례 조사 및 분석 ▪ 실험 수행 및 데이터 분석 ▪ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
	건축 보-기둥 연결부재의 구조성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 기준 및 규준 조사 ▪ 국내외 유사 실험현황 조사 ▪ 공인시험 운영지침 조사 ▪ 유사 실험사례 비교 ▪ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
3차년도	교량 상부구조의 피로/진동성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토 ▪ 실험체 범위 및 종류 등 조사 및 정립 ▪ 실험장비 및 재하절차 등 조사 및 정립 ▪ 계측장비, 센서 및 데이터 모델링 등 조사 및 정립 ▪ 검증용 실험체 제작 및 실험 ▪ 실험 데이터 분석 ▪ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가 ▪ 전문가 검토 및 자문 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
	교좌장치의 구조성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토 ▪ 국내외 교좌장치 현황 조사 및 분석 ▪ 교좌장치 실험사례 조사 및 분석 ▪ 실험 수행 및 데이터 분석 ▪ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
	건축 기둥의 압축성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 기준 및 규준 조사 ▪ 국내외 유사 실험현황 조사 ▪ 공인시험 운영지침 조사 ▪ 검증용 실험체 제작 ▪ Case별 실험 수행 ▪ 실험결과 분석 ▪ 최적 실험 Case 도출 ▪ 검증용 실험결과와 유사 실험사례 비교 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
	구조성능평가 실험 Data Model 표준(안) 제시	▪ 국내외 관련 기술자료 조사 및 검토 ▪ 구조성능평가 실험 사례조사 및 정보 분석 ▪ 구조성능평가 실험 Data Model 표준(안) 작성 ▪ Data Model 예제 매뉴얼 작성

Ⅳ. 최종 연구성과 및 적용실적

□ 최종 연구성과

연번	구분	핵심성과	최종 성과유형	핵심성과 달성을 위한 전체기간 중 주요실적
1	주관 (건설연 구인프라 운영원)	[1-가] 보/거더 휨실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
2		[1-가] 보/거더 휨실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
3		[1-나] 교량 강합성 바닥판 전단실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석
4		[1-나] 교량 강합성 바닥판 전단실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
5		[1-다] 교량구조물 동특성평가 실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
6		[1-다] 교량구조물 동특성평가 실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
7		[1-라] 강교량 피로실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
8		[1-라] 강교량 피로실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
9		[1-마] 구조실험 데이터모델	절차서	· 전문가 자문 · 관련 사례 조사 및 분석
10		[1-마] 구조실험 데이터모델 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
11	공동 (한국건설 기술연구 원)	[2-가] 교각 준정적 실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
12		[2-가] 교각 준정적 실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
13		[2-나] 교량 신축이음 작동 성능평가 실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
14		[2-나] 교량 신축이음 작동 성능평가 실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
15		[2-다] 교량 받침 성능평가 실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
16		[2-다] 교량 받침 성능평가 실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
17	공동 ((주)대우 건설)	[3-가] 건축 1방향 슬래브 휨실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
18		[3-가] 건축 1방향 슬래브 휨실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
19		[3-나] 건축 T형 보-기둥 접합부 실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
20		[3-나] 건축 T형 보-기둥 접합부 실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
21		[3-다] 건축기둥 압축 성능평가 실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
22		[3-다] 건축기둥 압축 성능평가 실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	

□ 연구성과 적용실적

- 본 연구과제의 연구성과로 도출된 '구조성능평가 실험절차서(안)'은 연구과제에 참여한 참여연구기관 내부적으로 관련 실험 수행시 활용하도록 도모하고 있으며, 향후 지속적인 추가 보완 및 수정을 통해 타기관(각종 기업체 연구소, 교육기관, 공공기관의 연구소 등)에 홍보 및 배포 예정 임

<참여연구기관 활용 실적>

▪ 건설연구인프라운영원 : 하이브리드구조실험센터의 실험용역에 활용

-생태교 맞춤형 PSC 교량의 구조성능 검증 실험(보/거더 휨실험 절차서 참고) / 2013.06

-50m SB합성거더 정·동적 구조성능 실험(보/거더 휨실험 절차서 참고) / 2013.08

-프리캐스트 교각 업그레이드 연구 실험(교각 준정적 실험 절차서 참고) / 2013.11

-T형보(6m) 재하실험(보/거더 휨실험 절차서 참고) / 2013.09

-곡선 PSC R-Girder 성능 실험(보/거더 휨실험 절차서 참고) / 2014.05

▪ 한국건설기술연구원 : 내부 실험에 활용

-대형 레일형 신축이음장치의 성능평가(신축이음성능 실험 절차서 참고) / 2013.09

▪ 대우건설 : 내부 실험에 활용

-뉴하프덱 구조성능검증 실험(1방향 슬래브 휨 성능실험 절차서 참고) / 2013.11

-보강골조 내진성능실험(보-기둥 접합부 성능실험 절차서 참고) / 2013.12

-데크 플레이트 휨 성능시험(1방향 슬래브 휨 성능실험 절차서 참고) / 2014.08

- 타기관 배포 실적(총 8개 기관)

구분	순번	기관명	분야	비고
교육기관	1	하이브리드구조실험센터(명지대학교)	구조·재료	활용 요청
	2	첨단건설재료실험센터(계명대학교)	구조·재료	활용 요청
	3	지진방재연구센터(부산대학교)	구조·지진	활용 요청
	4	지오센트리퓨지실험센터(KAIST)	지반	실험절차 관련 참조
	5	해안항만실험센터(전남대학교)	해안·항만	실험절차 관련 참조
	6	대형풍동실험센터(전북대학교)	수리	실험절차 관련 참조
	7	명지대학교	구조·재료	토목환경공학과
	8	서울대학교	구조·재료	건설환경공학과
연구소	1	㈜대우건설기술연구원	구조·재료	자체활용
	2	한국건설기술연구원	구조·재료	자체활용

V. 연구목표 달성 및 기대효과

□ 최종목표 달성도

	구분 (과제명)		성과목표		성과지표		성과검증 기준			가중치 (%)
							목표치	달성치	검증방법	
질적 지표 점검	1	교량 상부구조 부재의 성능평가 실험 프로세스 표준화	1-1	교량 상부 구조의 휨성능 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	100%	보고서	3
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	3
			1-2	교량 상부 구조의 휨성능 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	3
					②	연구시설/장비 활용 실적	1건	100%	보고서	2
			1-3	교량 거더-바닥판 합성성능실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	100%	보고서	3
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	2
			1-4	교량 거더-바닥판 합성 성능 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	3
			1-5	교량 상부구조의 피로/진동성능 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	100%	보고서	3
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	2
			1-6	교량 상부구조의 피로/진동성능 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	3
					②	연구시설/장비 활용실적	1건	100%	보고서	2
	2	교량 하부구조 및 장치의 성능평가 실험 프로세스 표준화	2-1	교량 교각의 구조성능실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	100%	보고서	3
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	3
			2-2	교량 교각의 구조성능실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	3
					②	연구시설/장비 활용 실적	1건	100%	보고서	2
			2-3	신축이음의 구조성능평가 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	100%	보고서	3
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	2
			2-4	신축이음의 구조성능평가 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	3
					②	연구시설/장비 활용실적	-	100%	보고서	-
			2-5	교좌장치의 구조성능평가 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	100%	보고서	3
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	2
			2-6	교좌장치의 구조성능평가 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	3
					②	연구시설/장비 활용 실적	1건	100%	보고서	2
	3	건축구조 부재의 성능평가 실험 프로세스 표준화	3-1	건축 슬래브의 휨성능 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	100%	보고서	3
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	3
			3-2	건축 슬래브의 휨성능 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	3
					②	연구시설/장비 활용 실적	1건	100%	보고서	2
			3-3	건축 보-기둥 연결부재의 구조성능실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	100%	보고서	3
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	2
			3-4	건축 보-기둥 연결부재의 구조성능실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	3
					②	연구시설/장비 활용실적	-	100%	보고서	-
			3-5	건축 기둥의 압축성능 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	100%	보고서	3
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	2
			3-6	건축 기둥의 압축성능 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	100%	보고서	3
					②	연구시설/장비 활용 실적	1건	100%	보고서	2
	4	Data Model(안)	4-1	지침/매뉴얼의 개발 건수	①	전문가의 자문 실적	1건	100%	보고서	5
	5	홍보 및 보급	5-1	홍보 및 보급 건수	①	지침/매뉴얼의 개발 및 보급	3건	100%	보고서	2
						지침/매뉴얼의 현장활용도	3건	100%	보고서	2
						연구개발 관련 홍보	3건	100%	보고서	2
						기술확산을 위한 상호교류 정도	3건	100%	보고서	2
	계									100

		목표	목표건수	달성건수	증빙	인정 건수	달성율	가중치 (%)
양적 지표 점검	사업연계지표	지침/매뉴얼의 개발 및 보급	19건	22건	(붙임 4) 별권		115	70
		학술회의 발표 논문 건수	8건	14건	(붙임 3-5)		175	10
		학술지 게재 논문 건수	4건	2건	(붙임 3-5)		50	20
	계							108

□ 기대효과

- 기술적 기대성과
  - 표준화된 검증실험을 통한 건설교통 R&D 기술의 신뢰성 제고
  - 국가 및 민간 R&D을 통한 실험 및 개발 제품의 성능향상과 신뢰성 제고
  - 구조실험을 수행하려는 국내 연구기관 및 학계의 기술적 판단 능력을 향상
  - 표준화된 실험 프로세스에 따른 성능검증을 바탕으로 국내 건설기술의 국제 경쟁력 제고
  - 구조분야 실험기술에 대한 국제적 표준 선도 가능
  - 구조물에 대한 안전성 확보로 SOC 시설물에 대한 대국민 신뢰성 제고
  - 국가 R&D 실험 DATA의 체계적인 관리와 연구성과의 신뢰성 확보
  - 건설기술의 연구개발 속도 증진 및 연구의 질적 향상 도모

- 사회・경제적 파급효과
  - 교량, 건축물의 구조성능평가 실험에 대한 시험방법, 절차, 용어 등에 대한 이중규격 사용에 따른 혼란을 방지하고 단일 실험프로세스 정립 등으로 비용절감 효과 기대
  - 구조성능평가 시험 프로세스 표준화를 통해 국제협정 준수와 무역상기술장벽의 능동적 대응 가능(WTO/TBT 협정에서 회원국의 표준이나 기술기준 제·개정시 국제표준(ISO/IEC)화 권고)
  - 해외 건설 수주를 위한 건설기술의 성능검증 실험을 국내에서 수행함으로써 외화유출 방지 및 해외 기술검증 실험수요의 국내 흡수 가능
  - 연구 성과의 산업화와 실용화 기간 단축
  - 실험데이터의 축적과 공유를 통하여 중복된 실험연구 방지

Ⅵ. 연구성과 활용계획

- 구조분야 건설신기술·신공법의 성능검증실험에 활용
  - 신기술·신공법 개발시 성능검증 및 인증을 위한 표준 실험 지침으로 활용
  - 대상기술의 건설현장 적용시 제출되는 공식 자료로 본 실험절차에 의한 시험성적서 제출
- 건설교통 R&D, 제품 및 기술 개발시 검증실험을 위한 표준 지침으로 활용
  - 국토해양부 산하기관, 연구기관, 대학 및 기업체 등에 배포
  - 구조물의 성능평가를 위한 객관적 검증 지침으로 활용
  - 각종 구조물 성능향상을 위한 연구개발 및 실험 연구에 활용
- DATA MODEL 표준(안)을 활용한 체계적인 실험자료 DB 구축에 활용
  - 국토해양부 산하기관, 연구기관, 대학 및 기업체 등에 배포, 활용
  - 설계기준 제・개정시 기초 자료로 활용

SUMMARY

- As the result of R&D in the field of structure and for the systematic verification and evaluation of new construction technology and new technique, the standardized test procedure and the example manual are developed for the members of bridges and buildings which are widely used.

- This project was carried out for a total of three years. During the entire project period, a total of 11 test procedures and example manuals were proposed with 3 in each of 1st and 2nd year and 5 including data model in third year.

- Test procedure and example manual for the bending test of beam or girder
- Test procedure and example manual for the quasi-static test of piers
- Test procedure and example manual for the one-way slab bending test
- Test procedure and example manual for the push-out test on composite concrete deck
- Test procedure and example manual for the work-performance test on expansion joint of bridge
- Test procedure and example manual for the test on T-type cooper joints of building structure
- Test procedure and example manual for the fatigue performance test on steel structure
- Test procedure and example manual for the dynamic characteristic evaluation on bridges
- Test procedure and example manual for the performance test on the shoe of bridges
- Test procedure and example manual for the compression performance test of the building columns
- Data model for structural test

- The results above have been distributed to related research center, colleges and companies so that they can be widely used in R&D in the architecture and for the verification test of products.

CONTENTS

Submit letter I
Summary of Report II
Summary(Korean) III
Summary(English) IX
Table of Content(English) X
Table of Content(Korean) XI

Chap. 1. Introduction 1

Sec. 1. The Purpose and the Need for R&D 1
1. Outline 1
2. Purpose of R&D 9
3. Scope of R&D 13
4. Need for R&D 24

Sec. 2. Analysis of the technological development in Korea and abroad on standardization 27
1. Korea and Overseas Trend of Policy about Standardization 27
2. Korea and Overseas technology trend 34

Sec. 3. Objective and Contents of R&D 64
1. Final Goal of R&D 64
2. Annual Objective and Contents of R&D 68

Sec. 4. Position of R&D in the related field 71
1. Redundancy in the R&D tasks and target technology 71
2. Possible cooperation with other industry and other countries 71

Chap. 2. R&D Contents and Results ····· **72**

Sec. 1. Strategy and Methodology for R&D ····· 72

1. Strategies and Propulsion System of Research ····· 72
2. Methodologies of Research ····· 79

Sec. 2. Results and Contents of R&D ····· 81

1. (1st year) Main Research Contents ····· 81
2. (2nd year) Main Research Contents ····· 112
3. (3rd year) Main Research Contents ····· 162

Chap. 3. Final Outcomes and Application ····· 232

Sec. 1. Final Outcomes and Contests ····· 232

1. Main Outcomes ····· 232

Sec. 2. Research Specific Details ····· 233

1. [1-A] Test Procedure and Example Manual for the Bending Test of Beam or Girder ····· 233
2. [1-B] Test Procedure and Example Manual for the Push-out Test on Composite Concrete Deck ····· 234
3. [1-C] Test Procedure and Example Manual for the dynamic Characteristic evaluation on Bridges ····· 235
4. [1-D] Test Procedure and Example Manual for the Fatigue Performance Test on Steel Structure ····· 236
5. [1-E] Data Model for Structural Test ····· 237
6. [2-F] Test Procedure and Example Manual for the Quasi-Static Test of Piers ····· 238
7. [2-G] Test Procedure and Example Manual for the Work-Performance Test on Expansion Joint of Bridge ····· 239
8. [2-H] Test procedure and example manual for the performance test on the shoe of bridges ····· 240
9. [3-I] Test Procedure and Example Manual for the one-way Slab Bending Test ····· 241
10. [3-J] Test Procedure and Example Manual for the Test on T-Type Cooper

Joints of Building Structure ····· 242
11. [3-K] Test procedure and example manual for the compression performance test of the building columns ····· 243

Sec. 3. Application Actual Results of Research Results ····· 244
1. Application Example and Activity Details ····· 247

Chap. 4. Achievements of research target and expected benefits · 256
Sec. 1. Achievements of Research Target ····· 256
1. Achievement of Final Goal (Performance Tables) ····· 256
2. Achievement of Performance Goal by year ····· 259

Sec. 2. Expected benefits of Research Results ····· 262
1. Technological Benefits and Impact ····· 262
2. Economical Benefits and Impact ····· 262
3. Policy Benefits and Impact ····· 263

Chap. 5. Future use of Research Results and Additional Research Necessity ····· 265
Sec. 1. Future Use of Results ····· 265

Sec. 2. Additional Research Necessity ····· 265

[Reference] ····· 268

목 차

제 출 문 ····· Ⅰ
보 고 서 요 약 서 ····· Ⅱ
요 약 문 ····· Ⅲ
영 문 요 약 서 ····· Ⅹ
영 문 목 차 ····· ⅩⅠ
목 차 ····· ⅩⅣ

제1장 연구개발과제 개요 ····· 1

1절. 연구개발의 목적 및 필요성 ····· 1
1. 연구개발 개요 ····· 1
2. 연구개발 목적 ····· 9
3. 연구개발 범위 ····· 13
4. 연구개발의 필요성 ····· 24

2절. 표준화 관련 국내외 기술개발 현황 분석 ····· 27
1. 국내외 표준화 관련 정책 동향 ····· 27
2. 국내외 표준화 관련 기술 및 산업 동향 ····· 34

3절. 연구개발 목표 및 내용 ····· 64
1. 연구개발 최종목표 ····· 64
2. 연차별 연구목표 및 내용 ····· 68

4절. 연구개발결과가 관련분야에서 차지하는 위치 ····· 71
1. 연구개발과제 및 대상기술의 중복성 ····· 71
2. 타 산업 및 국내외 연계·협력 가능성 ····· 71

제2장 연구개발 수행내용 및 결과 ····· 72

1절. 연구수행 추진전략 및 수행방법 ····· 72

1. 연구개발 추진전략 및 체계 ····· 72
2. 연구수행 방법 ····· 79

2절. 연구개발 결과 및 주요내용 ····· 81

1. (1차년도) 주요 연구수행 내용 ····· 81
2. (2차년도) 주요 연구수행 내용 ····· 112
3. (3차년도) 주요 연구수행 내용 ····· 162

제3장 최종 연구성과 및 적용실적 ····· 232

1절. 최종 연구개발 성과 및 내용 ····· 232

1. 핵심성과 ····· 232

2절. 연구 성과별 세부 내용 ····· 233

1. [1-가] 보/거더 휨실험 절차서/예제매뉴얼 ····· 233
2. [1-나] 교량 강합성 바닥판 전단실험 절차서/예제매뉴얼 ····· 234
3. [1-다] 교량구조물 동특성평가 실험 절차서/예제매뉴얼 ····· 235
4. [1-라] 강교량 피로실험 절차서/예제매뉴얼 ····· 236
5. [1-마] 구조실험 데이터모델/예제매뉴얼 ····· 237
6. [2-가] 교각 준정적실험 절차서/예제매뉴얼 ····· 238
7. [2-나] 교량 신축이음 작동 성능평가실험 절차서/예제매뉴얼 ····· 239
8. [2-다] 교량받침 성능평가실험 절차서/예제매뉴얼 ····· 240
9. [3-가] 건축 1방향 슬래브 휨실험 절차서/예제매뉴얼 ····· 241
10. [3-나] 건축 T형 보기둥 접합부 실험 절차서/예제매뉴얼 ····· 242
11. [3-다] 건축기둥 압축 성능평가실험 절차서/예제매뉴얼 ····· 243

3절. 연구성과 적용실적 ····· 244

1. 적용 사례 및 활용 내용 ····· 247

제4장 연구목표 달성 및 기대효과 256

1절. 연구개발 최종목표 달성도 256

1. 최종목표 달성도(성과점검기준표) 256
2. 연차별 목표성과 달성도 259

2절. 연구개발 성과의 기대효과 262

1. 기술적 기대효과 및 파급효과 262
2. 경제적 기대효과 및 파급효과 262
3. 정책적 기대효과 및 파급효과 263

제5장 연구성과의 향후 활용방안 및 추가연구 필요성 264

1절. 연구성과 향후 활용방안 264

2절. 추가연구 필요성 등 265

[참고문헌] 268

제1장 연구개발과제 개요

1절. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발 개요

가. 표준화 현황

○ 최근 들어 국내 대형 건설사들의 해외 시장 지출과 대형 건설 프로젝트 수주가 증가하고 있으나 대부분 플랜트 위주의 사업으로 교량, 건축 등에서는 원천기술 부족으로 인한 국제 경쟁력이 위축되고 있음

○ 세계무역기구(WTO)의 무역상기술장벽(TBT)협정에 따라 글러벌 무역거래에 있어 표준이 국가경쟁력 강화의 핵심요체로 등장함과 동시에 국제표준(ISO, IEC, ITU)의 중요성이 크게 부각되고, 이에 따라 1990년대 후반부터 기술정책에서의 표준화의 역할이나 표준화를 지원하는 연구개발의 의의가 더욱 중요해지고 있음

- 유럽연합(EU)은 연구개발 프로젝트와 연계한 표준화전략을 추진하여 연구개발 단계부터 세계표준제정과 병행함으로써 시장선점을 추진하고 국제표준화기구의 지배력을 강화하고 있음
- 미국은 R&D 동향, 기술과 표준정책 이슈를 전략계획과 경제적 관점을 병행하여 운영하고 표준개발기관(SDO) 인정을 통한 표준의 연구개발을 실시하고 있으며, 국가기술이전 및 진흥법제정('96)으로 국제표준화 활동을 강화하고 국립기술표준원(NIST)의 총괄조정을 통한 국가표준제도 정비를 추진하고 있음
- 일본은 세계표준이 일본 산업에 미친 손실을 인지하여 국가표준제도 재정비 방안, 공업표준화 장기계획 및 21C 기술인프라구축을 위한 표준 종합계획 등을 수립

○ 한-EU, 한-미 FTA 체결로 국내 건설시장 개방에 따른 Global 경쟁시대 돌입과 국내외 건설 환경의 급변화가 예상되며, 건설기술의 국제 경쟁력 확보를 위해서는 국내 건설기술의 국제 표준화가 절실

- 건설정보 표준화, 건설기계 장비 및 부품의 표준화, 건설공사 표준화 기술, 건축물 표준화 기술, 시험기준 표준화 등
- 국내 건설기술의 국제 표준화를 통한 해외시장 진출 다변화와 경쟁력 제고
- 외국 기술이 국내로 도입되어 국내 특허, 신기술 등을 신청할 경우 이들 기술에 대한 성능검증 절차 부재
- 한-미 FTA의 경우 중소기업에 대한 자국의 보호정책을 상호 인정하고는 있으나, 국내 중소기업의 기술력과 경쟁력 강화를 위해서는 표준화된 성능검증 실험절차를 마련하여 체계적인 국내 인증 시스템을 구축하여야 함

☞ 한-미 FTA 전망 요약[1)]

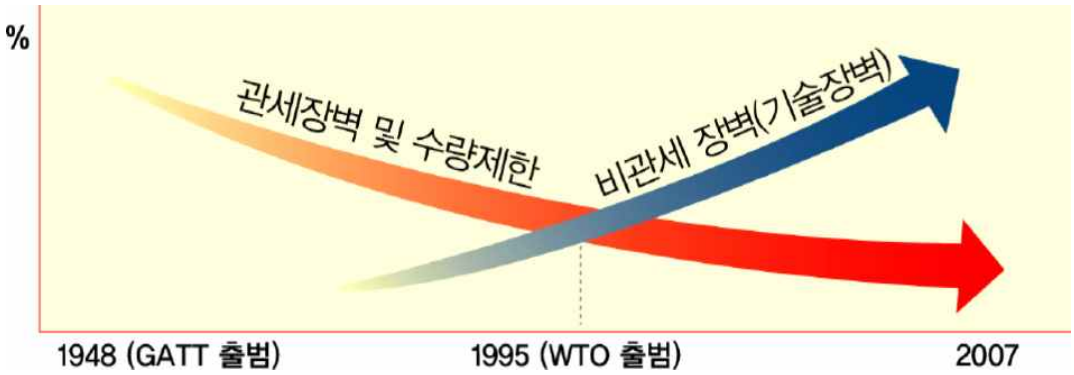
- 우리나라 건설시장은 우루과이라운드 서비스 협상을 통해 개방된 지 10년이 넘었음.
- 국내 등록 요건만 갖춘다면 어떤 외국기업도 민간이나 공공시장 구분 없이 자유로운 영업활동 보장
- 한-미국간은 오래전부터 건설시장을 실질적으로 개방하고 있음
- 한·미 양자협정 협상을 통해 정부조달 부문에서 상대국 조달시장 입찰시 자국 실적만 인정 금지, 중소기업 보호정책 예외 인정, 민자사업(BOT) 등 민간투자사업 개방, 정부조달 작업반 설치 등을 타결
- FTA에 민자사업을 정부조달에 포함
- 현재 상호 건설시장 진출의 핵심 장벽은 한국의 경우 등록의 형태로 상업적 주재를 요구하는 것이고 미국은 보증회사의 까다로운 보증요건
- 이러한 협의는 지금 당장은 시장의 큰 변화가 없겠지만, 장기적으로는 한국 건설산업의 기술 경쟁력 제고와 건설제도 및 관행의 선진화 계기를 제공할 것으로 예상됨
- 또한, 현재의 상업적 주재와 보증회사의 보증요건과 같은 양국가간 핵심 장벽이 완화된다면 양국 건설시장에는 큰 변화가 일어날 것임. 즉, 엔지니어링 부분에서 우리가 계속 요구하고 있는 상업적 주재가 완화된다면 용역서비스 시장이 크게 잠식될 수 있다는 의미임.
- 과거 미국의 몇몇 건설업체들이 한국에 진출한 사례가 있으나 등록업체의 유지 비용이 크고 건설시장의 관행상 수주가 어려워 대부분 철수했다. 한국의 건설업체가 미국에서 수주한 실적도 손에 꼽는데 그 가장 큰 이유는 미국의 보증회사에서 이행보증 발급을 꺼렸기 때문이다.
- 단, 양국모두 중소기업 보호는 예외로 인정할 수밖에 없어 현재까지는 대형 공사를 대상으로 개방될 것으로 예상됨
- 조달정책의 한 축을 이루는 목표이므로 양국 모두 예외를 인정할 수밖에 없고 국경을 넘는 비용이 큰 건설산업의 특성상 작은 공사는 어차피 관심 대상이 아닐 것임
- 기술사와 건축사의 자격의 상호 인정은 서비스의 국경간 거래를 활성화할 것이므로 이 분야의 경쟁력 제고에 크게 기여할 것으로 보임
- 단기적으로는 우리의 대미 시장 진출이나 미국의 국내시장 잠식은 크지 않을 것이나, 장기적으로는 제도와 관행의 국제 표준화, 엔지니어링 기술 경쟁력 강화 등이 필요할 것이며 보임

○ FTA에 의한 시공사의 정부조달시장 등은 단기적으로는 큰 변화가 없을 것으로 기대되나 엔지니어링 설계 및 기술 분야는 영향을 받을 것으로 예상됨

1) 출처: 건설과 표준I, II (naver 블로그 자료, 이하 그림 및 자료)

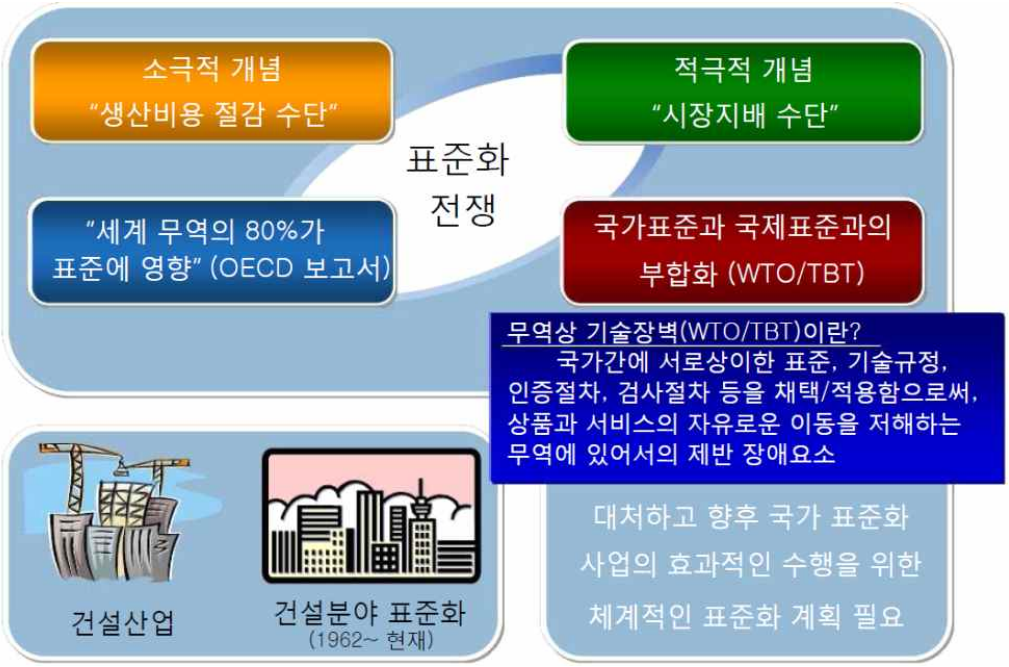
○ 전 세계적으로 관세장벽을 낮추는 대신에 무역기술장벽(TBT, Technical Barriers to Trade)을 높이는 방향으로 변화

- 수입품에 대하여 차별적인 표준, 기술규정, 적합성평가절차 등을 적용하여 국가간 교역에 장애요인으로 작용



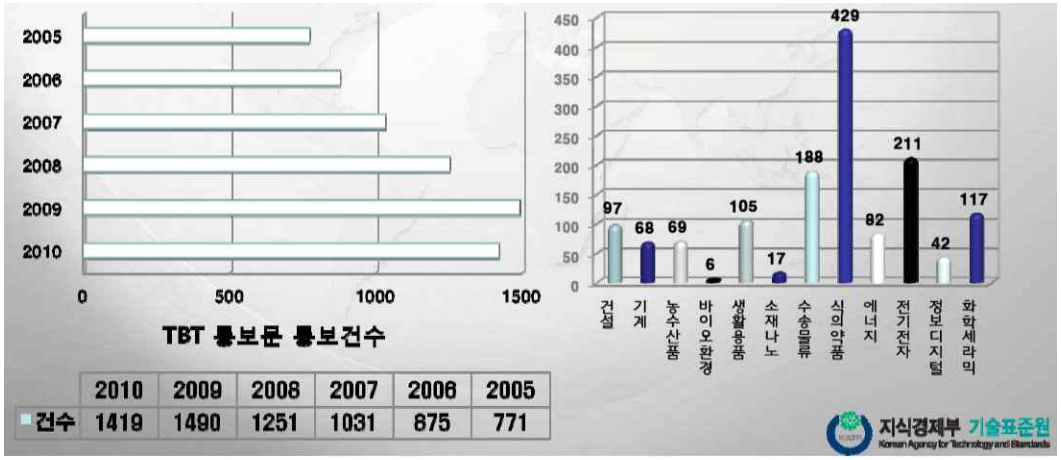
[그림 1-1] 무역장벽의 변화

- 국가간에 서로 상이한 표준, 기술규정, 인증절차, 검사절차 등을 채택/적용함으로써, 상품과 서비스의 자유로운 이동을 저해하는 무역에 있어서의 제반 장애요소



[그림 1-2] 표준화 필요성

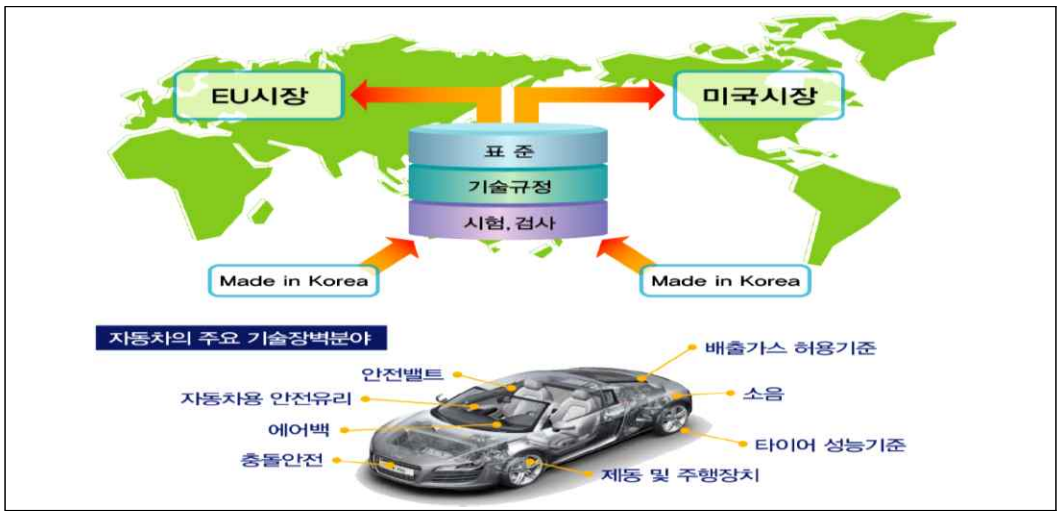
- 무역기술장벽은 2005년 이후 약 2배 가까이 증가하는 추이를 보임



[그림 1-3] 무역기술장벽 현황 분석 - 연도별 / 분야별

☞ 무역기술장벽의 유형

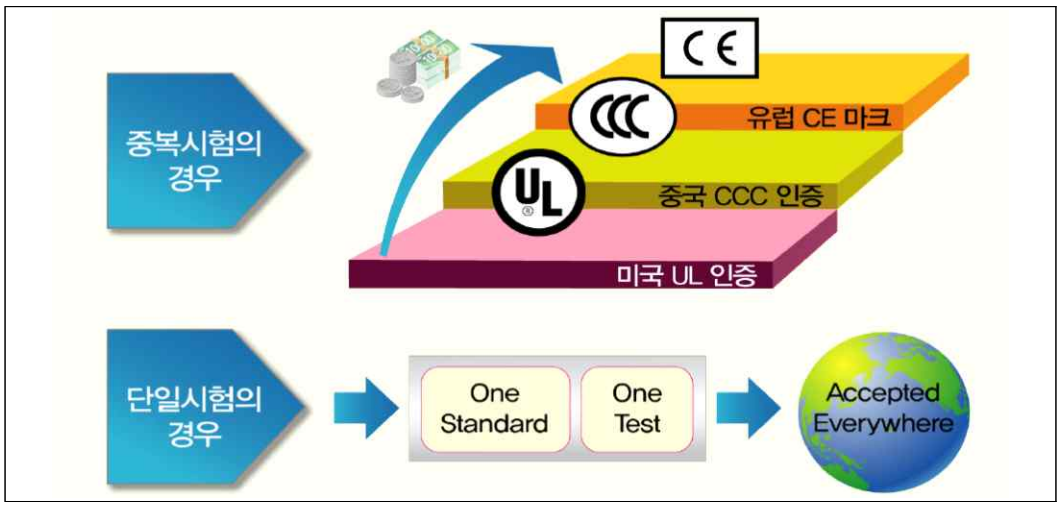
- 일치화 되지 않은 표준
  - 제품기준, 인증절차가 국제표준과 불일치
- 자국제품과 수입제품의 차별대우
  - 국내외 업체 또는 제품간 차별 적용
- 적합성 평가 절차의 중복
  - 국제인증 획득에도 불구하고 중복검사 요구
- 적용하는 기술규정의 투명성 부재
  - 빈번한 개정, 비공개적인 절차, 불충분한 의견제시 기간
- 관료주의적 절차
  - 인증획득에 과다 시간·비용 소요, 검사지연, 판정의 일관성 결여 등



[그림 1-4] 무역기술장벽 사례(자동차 분야)

[그림 1-5] 무역기술장벽 사례(자동차 분야)

[그림 1-6] 국가별 상이한 기술규제(환경규제)



[그림 1-7] 중복시험・인증에 따른 비용증가 및 시장출시 지연

○ 전 세계적으로 자국의 기술표준을 국제표준화 함으로써 표준화 시장의 우위를 점하기 위한 노력이 활발

- 우리나라도 국가표준제도 확립을 위한 “국가표준기본법” 정비와 “제3차 국가표준기본계획(2011년~2015년)”을 확정하여 2015년까지 세계 7위권의 표준강국 실현을 목표로 ‘상장동력산업의 원천표준개발, 기업을 위한 표준기반 정비 및 국민생활편의 향상’을 위한 표준화를 적극 추진
- 또한, 2012년 국제표준화기구(ISO) 전략계획을 협의하는 ISO 전략상임위원회에 참여하고 국가 역량 강화를 위해 ISO핵심조직의 이사국이 되기 위해 노력하고 있어 ISO 프로세스 개선, 기술규제, 인증제도 등에서 우리나라의 입지를 강화할 수 있을 것으로 기대

○ 반면에 건설분야에 대한 표준화는 건설전문가 주도가 아닌 타 분야 전문가의 주도로 반영되고 있다는 지적이 많음. 따라서 건설분야 전문가의 적극적 참여와 관심으로 건설분야 기술의 정확한 표준화 반영을 위한 국제기준 및 표준화에 대한 노력이 절실

- 국내에서 ISO의 건설분야 기술위원회에 한국측 의장, 간사, 컨비너로 활동하는 전문가는 극히 소수이며, 이 중에서도 대부분은 건설분야에 실질적으로 종사하는 전문가가 아닌 기계분야의 전문가들임
- ISO TC71에서 2010년 9월에 우리나라의 콘크리트구조설계기준이 심의를 거쳐 세계에서 9번째로 ISO인증(ISO 19338)을 획득[2)]
- 그 외에도 우리나라의 기술을 기반으로 균열에 의한 누수를 보수하는 국제지침이 승인됨[2)]
- 표준에 대한 개념은 ‘생산비용 절감의 수단’이라는 소극적인 개념에서 ‘시장지배 수단’이라는 적극적인 개념으로 변모[3)]하고 있어 국내 건설업체의 해외 건설시장 진출의 다변화와 역량 강화를 위해 건설기술의 표준화가 절실

○ ISO 기준은 국제통상, 해외시장 경쟁력 확보 차원에서 진행되고 있으며, 최근 유럽에서는 Vienna Accord를 만들어 유로기준을 ISO기준이 되도록 협약을 체결

○ 그러나 미국에서는 ISO보다는 ASTM을 우선 고려하고 있으며, 오히려 실험에 관해서는 ASTM을 국제표준처럼 인식하고 있는 실정으로 국제공인시험기관(KOLAS) 인정 항목으로도 고려되고 있음

2) 신수봉 (2010), “건설분야 관련 ISO 활동”
3) 채성태 (2010), “건설 분야에서의 표준의 역할 및 방향”

나. 구조성능 실험절차 표준화의 필요성

○ 교량, 건축물 등 구조분야 부재에 대한 성능검증실험의 경우, 표준화된 실험절차에 대한 규정이 마련되어 있지 않아서 동일한 부재에 대해서도 누가, 어떤 장비를 사용해서, 어떠한 방법으로 실험했는가에 따라 그 결과에 큰 차이가 발생함 ➡ 성능검증실험 결과에 대한 신뢰성 부족(숙련도, 균질성 등)

[그림 1-8] 실험 프로세스 표준으로 신뢰성/균질성 확보

- 현재 KS 및 ISO 등의 실험기준은 대부분 재료수준의 시험에만 국한되어 있음
- 부재 및 구조물 단위의 성능검증 실험에 대한 표준화된 기준이 미흡하며, 구조분야뿐만 아니라, 내진, 내풍 및 수리모형실험 등에 대한 기준이 전무 (예: 신형식 PSC 빔의 성능검증 실험)
- 건설기술에 대한 객관적이고 정량적인 성능검증 및 인증을 위해서는 표준화된 실험 프로세스 개발이 필요

○ 국토교통부에서는 건설신기술인증제도를 도입하여 신기술을 정책적으로 지원함으로써 기업의 기술 개발 의욕을 고취하고 있으나, 신기술과 관련된 장비, 공법 등의 성능시험 및 시공방법 등에 대한 체계적인 성능 검인증은 미흡한 실정임
- 신기술 개발을 위해서는 실험검증, 현장적용 등 막대한 비용이 소요되어 신기술 개발 활동이 저하됨
- 신기술 신청시 KOLAS 인정 기관과 같이 공식적인 인증기관의 시험성적서를 첨부하여 신청하도록 하고 있으나, 대부분 신기술은 표준화되어 있는 제품이 아니기 때문에 KS 규격 등 시험기준에 따른 성적서 발행이 불가능함
- 신기술 신청에 필요한 시험사항, 시험수행기관, 소요경비 및 기간 등에 대한 애로사항이 계속적으로 발생하고 있어, 이를 해결하고 기업의 신기술 개발 및 활용 촉진을 위해서는 정부 지원의 시험 및 인증에 대한 표준 프로세스가 필요함

○ 건설시장 개방에 따른 국내 건설기술의 경쟁력 확보와 해외 건설시장 진출 다변화를 위해 국제 표준에 부합하는 국내 건설기술의 표준화 필요

- 무역기술장벽으로 인해 국내기업의 해외시장 진출시 관련 기술규정의 특정 수준에 미달하거나 그 절차와 요건을 충족시키지 못하는 경우 시장 진입이 어려움
- 선진국의 경우 자국의 기술적 우위성을 이용하여 제품 자체뿐만 아니라 공정이나 생산방법, 검증절차 등에 대해서도 자국산업을 보호하기 위해 배타적 수단으로 기술장벽 도입
- 개도국의 경우 국제표준과 불일치, 불투명한 인증절차, 검사의 지연 등으로 인한 과도한 시간 소요 및 비용 등의 문제 발생

○ 엔지니어링 분야 설계기준 표준화와 원천기술 확보를 위한 건설기술의 성능검증 및 인증 필요

- 국내 시설물에 대한 설계기준이 성능중심의 설계로 변화하고 있어 성능검증 및 인증에 대한 체계적인 기준마련이 요구됨
- 국내 성능검증 시험방법 및 절차에 대한 기준 마련 필요(국내 기준의 국제 표준화 또는 기존 국제 표준과의 통일성 확보)
- 국내 한국산업표준(KS)과 국외 표준(ISO)과의 불일치
- 건설분야 구조성능시험의 경우, KS 기준에 재료 단위의 시험기준은 있으나 구조부재에 대한 시험기준은 없음
- 국외의 경우, 일부 구조부재에 대해 표준시험방법(standard method)를 제시하고 있으며 표준시험방법이 없는 경우 standard test 또는 standard guide 등을 제시하여 이를 준용하고 있음(Eurocode-4. Annex B Standard tests, ASTM E529-04(R.2011)등)

○ 구조분야 성능검증실험 프로세스 표준 정립을 통해 관련 제품 또는 기술에 대한 정량적이고 객관적인 성능 정보 제공

- 또한 새로운 자재, 기술, 공법 및 형식의 적용을 위한 성능검증실험 표준화가 필수적임
- 성능검증 분야에 대한 실험 프로세스의 표준화를 통해 건설기술의 체계적인 검증 시스템을 정립함으로써 기술 수준 향상 및 기술 상용화 증대 가능
- 세계시장에서 경쟁하는 국내 건설기술에 대한 검증실험의 신뢰성과 국제 경쟁력을 확보하기 위해서는 관련 검증실험들이 국제적으로 통용되는 표준화된 프로세스에 의해 수행되어야 함
- 최근 건설기술의 트렌드인 융합기술 및 제품에 대한 성능검증 인증을 위한 실험기술 및 프로세스 표준화를 통한 국제적 기술 선도 필요
- 현장 적용시마다 시험검증을 요구하는 불필요한 절차 간소화(실험기준에 따른 공인성적서로 대체)
- 신기술 개발에 대한 체계적인 검증과 인증 체계 확립 필요

다. 실험 DATA 모델 표준화의 필요성

○ 국가의 건설분야 R&D 투자의 확대로 기술개발에 대한 투자와 함께 이에 대한 검증 실험이 활발히 이루어지고 있으나, 국가 R&D 예산지원으로 생성된 실험자료가 해당 과제의 종료로 사장되고 있어 이를 타 연구자들이 재활용할 수 있는 방안 마련이 절실히 요구됨

○ 특히, 비슷한 제품을 개선한 특허나 신기술 등 기술개발에 있어서 기존의 제품들에 대한 비교 실험을 항상 수행하는 등 중복 실험에 대한 투자가 빈번히 발생하고 있어 국가 R&D 예산의 낭비가 발생할 수 있음

○ 따라서 국가 R&D 예산으로 추진된 건설분야 연구과제에서 생산된 실험자료에 대한 DATA 모델을 표준화하고 이를 체계적으로 수집하여 DB화하여 향후 필요시 이를 열람, 활용할 수 있어야 함
- 건설분야 연구성과 활용을 극대화하고 중복실험 등으로 인한 국가 예산낭비를 방지

○ 이를 위해서는 건설분야의 R&D 과제로부터 생산되는 실험자료에 대한 표준화된 DATA MODEL의 개발이 필요하며 제도적 적용 방안 마련이 요구됨

○ 표준화된 DATA MODEL로 저장된 실험DB는 향후 해당 기술에 대한 객관적인 검증이나 인증이 필요한 경우, 추가적인 실험을 수행하지 않고서도 기존에 저장된 정보만으로도 충분히 분석이 가능하기 때문에 관련 기술에 대한 객관적이며 신뢰성 있는 평가 결과를 제공할 수 있음

2. 연구개발 목적

가. 실험 프로세스 표준화의 목적

○ 구조분야 건설신기술·신공법에 대한 체계적인 성능검증 및 인증
- 건설신기술 신청시 KOLAS 인정기관 또는 품질검사전문기관의 시험성적서 첨부 의무화
- 재료시험 수준의 현행 KS 기준만으로는 구조물의 종합적인 성능평가가 어려움
- 신공법의 현장 적용시 매번 시험검증을 요구하는 불필요한 절차 간소화(표준절차에 따른 공인시험성적서 발행)
- 실험 프로세스 표준화를 통해 제품, 기술, 공법 등에 대한 공인된 객관적인 성능정보 제공

○ 공학 분야 설계기준 표준화의 기초자료 제공을 위한 객관적인 실험검증 절차 제공

- 성능중심의 설계기준 변화로 설계기준의 표준화 필요
- 성능검증 관련 국내 시험방법 및 절차에 대한 기준 마련 검증된 실험자료는 설계기준 제·개정시 기초자료로 활용
- 국내 기준의 국제 표준과의 통일성 확보(KS기준과 ISO와의 불일치 등 해소)

나. 구조성능평가 실험 프로세스 표준화 목표 및 목표수준

○ 표준화 목표 : 국토교통 단체표준(안)

- 대상 구조부재에 대한 실험 프로세스 표준화를 위한 가이드(안) 제시

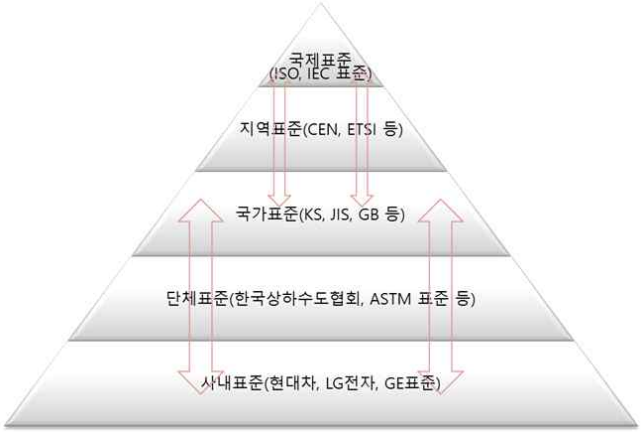
  ※ 한국표준협회에서 담당하는 단체표준 제정(등록)은 포함하지 않음 (건설분야의 특성상 표준화된 제품을 다루지 않기 때문에 제안된 표준 실험절차에 대해서는 일정기간 동안 배포, 활용을 통해 통일성과 단순화 작업이 필요함)

☞ 표준화 목표 설정 근거

• 표준 구분

• 표준화 목표 및 범위 설정 근거

- 단기간 수행되는 연구과제에서 국가표준까지 인증받기는 현실적으로 어려움 (인증절차 필요)
- 국토부 또는 전문기관 차원의 실험표준절차(안) 제시 - “Standard guide 수준”
  - ➡ 설계기준과 같은 별도의 후속 기준화 작업 필요
  - ➡ 또한 국가표준(KS) 및 국제표준(ISO)에 대해서도 별도의 후속작업 필요

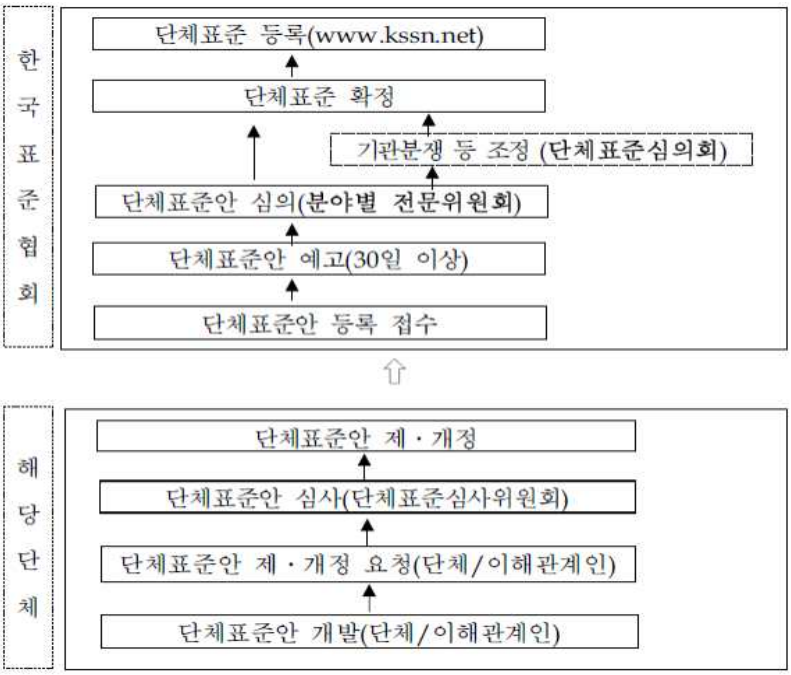


[그림 1-9] 계층적 관점에서 본 단체표준의 개념>

- 국제표준 : ISO, IEC, ITU 등의 국제표준기구가 제정하는 표준
- 국가표준 : 한국의 KS, 일본의 JIS 등 국가표준화 기관이 제정하는 표준
- 단체표준 : 한국상하수도협회, 미국 ASTM 등의 전문단체에서 제정하는 표준
- 사내표준 : 사내에서 전사, 공장, 부서별로 재료·부품·검사 등 업무에 적용하는 기준

☞ 단체표준의 정의

• 단체표준화의 정의 – 단체표준화란 이해를 같이하는 사람이나 회사가 단체를 구성하고 관계되는 사람들의 이익 또는 편의가 공정히 얻어지도록 물체, 성능, 구조, 절차, 방법 등에 관하여 통일화 되고 단순화된 기준을 설정하여 단체구성원이 공통적으로 이를 준수하는 것을 말함.



[그림 1-10] 단체표준 등록제도 절차

○ 실험프로세스 표준화의 목표 수준

- ASTM E529-04(R.2011) 수준의 국내 Standard Guide
- CEN의 Eurocode4. Annex B(Standard tests) 수준의 testing process

Designation: E529 – 04 (Reapproved 2011)

Standard Guide for Conducting Flexural Tests on Beams and Girders for Building Construction[1]

This standard is issued under the fixed designation E529; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This guide covers the flexural testing of beams and girders under simulated service conditions to determine their structural performance characteristics. Methods following this guide are intended primarily for constructions that may not conform with the relatively simple assumptions upon which well-known flexural theories are based. In some cases, they are also suitable for determining the structural adequacy of the design, materials, connections, and fabrication techniques. The methods are not intended for use in routine quality control tests.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* For specific precautionary statement, see 7.1.

2. Referenced Document

2.1 *ASTM Standards:*[2]

E575 Practice for Reporting Data from Structural Tests of Building Constructions, Elements, Connections, and Assemblies

E631 Terminology of Building Constructions

3. Terminology

3.1 For definitions of terms used in this standard, refer to Terminology E631.

4. Significance

4.1 This guide provides a general procedure for conducting flexural load tests on beams and girders of all types. Strength, stiffness, creep, or other useful properties may be obtained. When round-robin tests are to be conducted, a standardized set of procedures conforming to this guide should be agreed upon by the participants prior to testing to ensure a uniform basis for comparison.

5. Types of Tests

5.1 The flexural test is categorized as either a proof test or an ultimate load test. A proof test is intended to give assurance that the member will support a certain minimum short-term load, or to determine the deflection and recovery resulting from the application and removal of such a load. In carrying on a test to failure (ultimate load), more detailed information can be obtained, such as the proportional limit, yield point, ultimate capacity, mode of failure, load-deflection characteristics, and the adequacy of connectors and connections.

5.2 Both laboratory and field tests are acceptable.

5.3 The types of tests described above apply to beams subjected to short-term static loads. If cyclic, dynamic, or long-term sustained load tests are undertaken, care should be taken to ensure that procedures are consistent, that the test setup is reliable, and that load points cannot shift between cycles or impacts.

6. Apparatus

6.1 Loading method, type of test equipment, type of instrumentation, and so forth, are not specified, but are discussed in general terms, with the final choices being left to the discretion of the testing agency or controlling regulatory body.

7. Safety Precautions

7.1 Tests of this type can be dangerous. Equipment and facilities must be designed with ample safety factors to assure that it is the specimen that fails and not the test apparatus or facilities. Observers and sensitive instrumentation must be kept away from beams when loading to failure or in a range where performance is unknown. Gravity loading with concrete blocks, metal bars, sand, or similar materials can be very hazardous at failure as collapse may be sudden and complete.

[1] This guide is under the jurisdiction of ASTM Committee E06 on Performance of Buildings and is the direct responsibility of Subcommittee E06.11 on Horizontal and Vertical Structures/Structural Performance of Completed Structures.

Current edition approved April 1, 2011. Published May 2011. Originally approved in 1975. Last previous edition approved in 2004 as E529 – 04. DOI: 10.1520/E0529-04R11.

[2] For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

[그림 1-11] 예: ASTM E529-04(R.2011)

3. 연구개발 범위

○ 구조성능평가를 위한 실험 프로세스 표준화 범위 설정시 고려 사항
- 강구조설계기준, 콘크리트구조설계기준, 도로교설계기준 등 시방기준 분석
- 기술개발 및 구조물별 성능검증 실험의 표준화 수요

○ 구조성능평가 실험 프로세스 표준화 대상
- 교량구조물의 상, 하부구조의 주요 구조부재 및 장치

< 교량 구조물 >

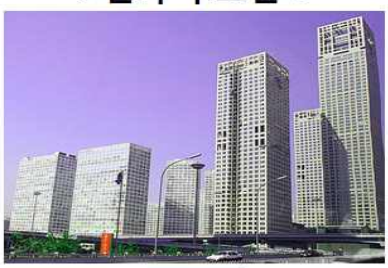
상부구조(거더)

하부구조(교각)

부속장치

- 건축구조물의 주요 구조부재

< 건축 구조물 >



기둥

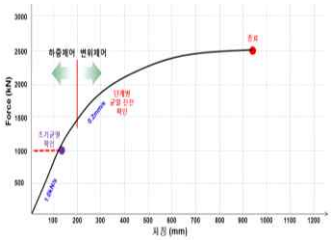
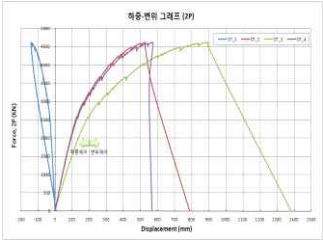
슬래브

보

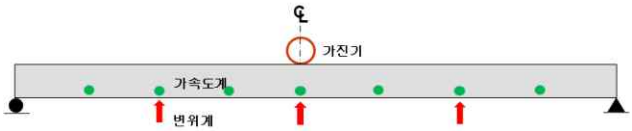
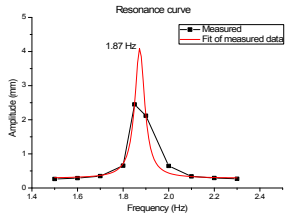
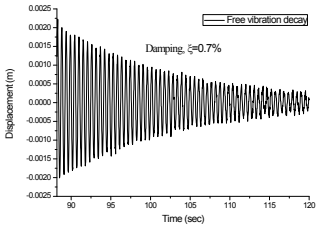
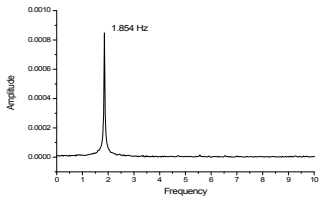
보-기둥 연결부

○ 교량 상부구조물의 성능평가 실험

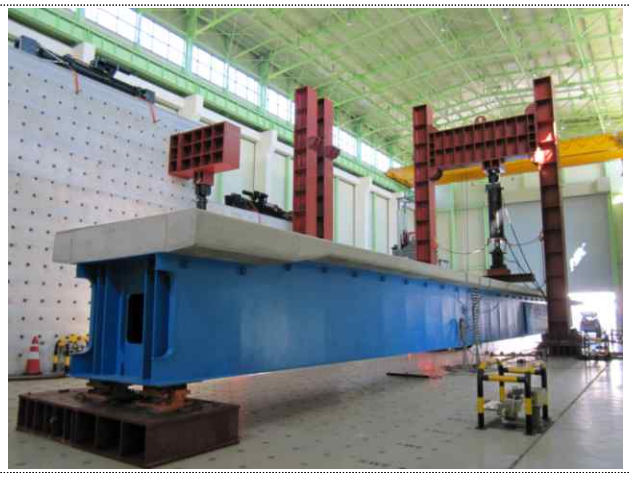
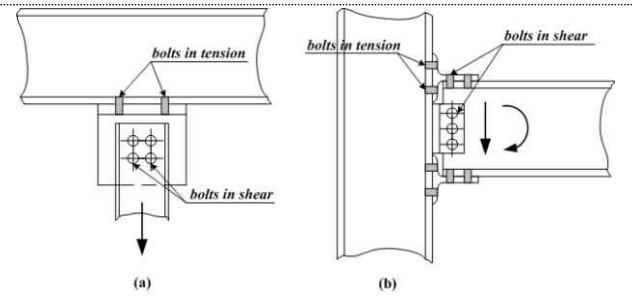
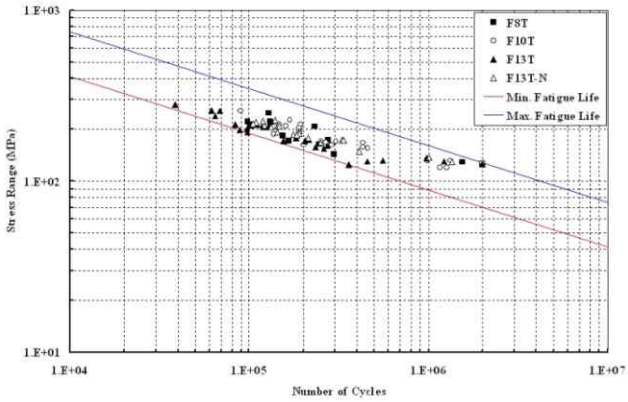
- 거더(보)의 휨 실험

대상 부재 (구조물)	실험프로세스 표준화 대상 및 내용	비고
교량 상부구조	▸ 콘크리트 거더에 대한 휨실험(예)   (하중재하 방식) (하중-변위 그래프) - 실험체 제작 조건 - 실험 set-up (지점조건, 지압면적 등) - 센서 설치 위치, 종류, 성능 등 - 실험장비 교정 - 실험방법 (하중 재하위치, 방법-3점,4점, 크기, 반복 횟수 등) - 계측방법 - 휨성능 평가 방법	

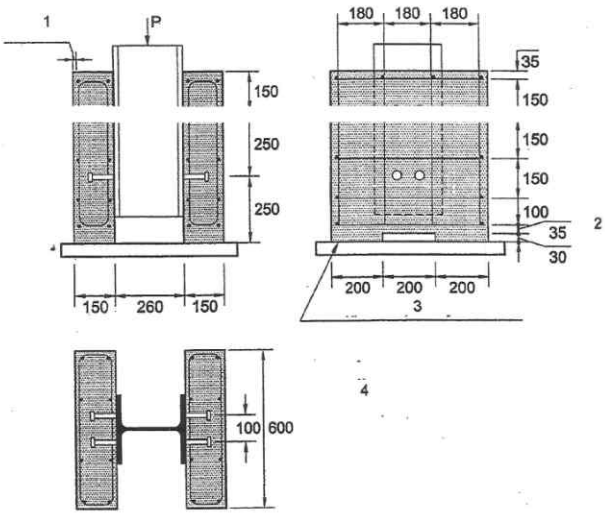
- 교량/거더의 진동 실험

대상 부재 (구조물)	실험프로세스 표준화 대상 및 내용	비고
교량 상부구조	▸ 교량/거더에 대한 동적성능실험 (가진기 설치)  (가진기 및 센서 설치위치)  (공진곡선)  (자유진동 신호)  (주파수분석) (모드형상) - 실험체 제작 조건 - 실험 set-up (지점조건, 가진기 설치 등) - 센서 설치 위치, 종류, 성능 등 - 실험장비 교정 - 실험방법 (가진방법: 가진기, Impact hammer 등) - 계측방법 - 동적성능 평가 방법	

- 강교량 거더(보)의 피로 실험

대상 부재 (구조물)	실험프로세스 표준화 대상 및 내용	비고
교량 상부구조	▸ 강 거더에 대한 피로성능실험    - 실험체 제작 조건 - 실험 set-up (지점조건, 지압면적 등) - 센서 설치 위치, 종류, 성능 등 - 실험장비 교정 - 실험방법 (하중 재하위치, 속도, 크기 등) - 피로성능 평가 방법	

- 거더-바닥판 전단합성 실험

대상 부재 (구조물)	실험프로세스 표준화 대상 및 내용	비고
교량 상부구조	▸ 전단연결 성능실험  - 실험체 제작 조건 - 실험 set-up (지점조건, 지압면적 등) - 센서 설치 위치, 종류, 성능 등 - 실험장비 교정 - 실험방법 (하중 재하위치, 크기) - 연결성능 평가 방법	

○ 교량 하부구조물 및 장치의 성능평가 실험

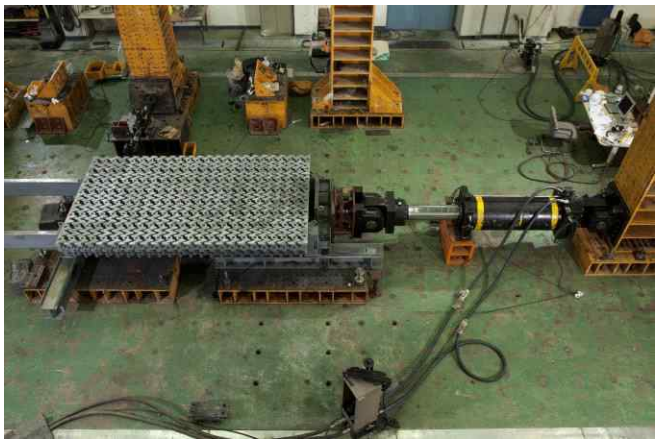
- 콘크리트 교각 준정적 실험

대상 부재 (구조물)	실험프로세스 표준화 대상 및 내용	비고
교량 하부구조	▸ 콘크리트 교각에 대한 휨/압축 성능실험 - 실험체 제작 조건 - 실험 set-up (지점조건, 지압면적 등) - 센서 설치 위치, 종류, 성능 등 - 실험장비 교정 - 실험방법 (하중 재하위치, 크기) - 준정적실험 성능 평가 ※ 철근 콘크리트 기둥의 성능시험: 실험체의 구조강성에 따라 내진성능이 다를 수 있지만 실험체를 설치하는 위치와 방법에 따라서도 압축내력이 크게 달라질 수 있음	

- 교좌장치 실험 프로세스 표준화

대상 부재 (구조물)	실험프로세스 표준화 대상 및 내용	비고
교량 장치	▸ 교좌장치에 대한 성능실험 - 실험체 제작 조건 - 실험 set-up - 센서 설치 위치, 종류, 성능 등 - 실험장비 교정 - 실험방법 - 교좌장치 성능시험	

- 신축이음 실험 프로세스 표준화

대상 부재 (구조물)	실험프로세스 표준화 대상 및 내용	비고
교량 장치	▸ 신축이음에 대한 성능실험  - 실험체 제작 조건 - 실험 set-up - 센서 설치 위치, 종류, 성능 등 - 실험장비 교정 - 실험방법 (하중 재하위치, 크기) - 신축이음 성능 시험 ※ 교량 부속장치의 성능시험은 실험체의 종류, 실험조건 및 방법에 따라 달라질 수 있음	

○ 건축구조물의 성능평가 실험

- 기둥 및 슬래브 실험

대상 부재 (구조물)	실험프로세스 표준화 대상 및 내용	비고
건축물 (기둥)	▸ 기둥 압축실험 	
건축물 (슬래브)	▸ 슬래브 실험 - 실험체 제작 조건 - 실험 set-up - 센서 설치 위치, 종류, 성능 등 - 실험장비 교정 - 실험방법 (하중 재하위치, 크기) - 기둥 압축실험 & 건축 슬래브 휨실험(3점, 4점)	

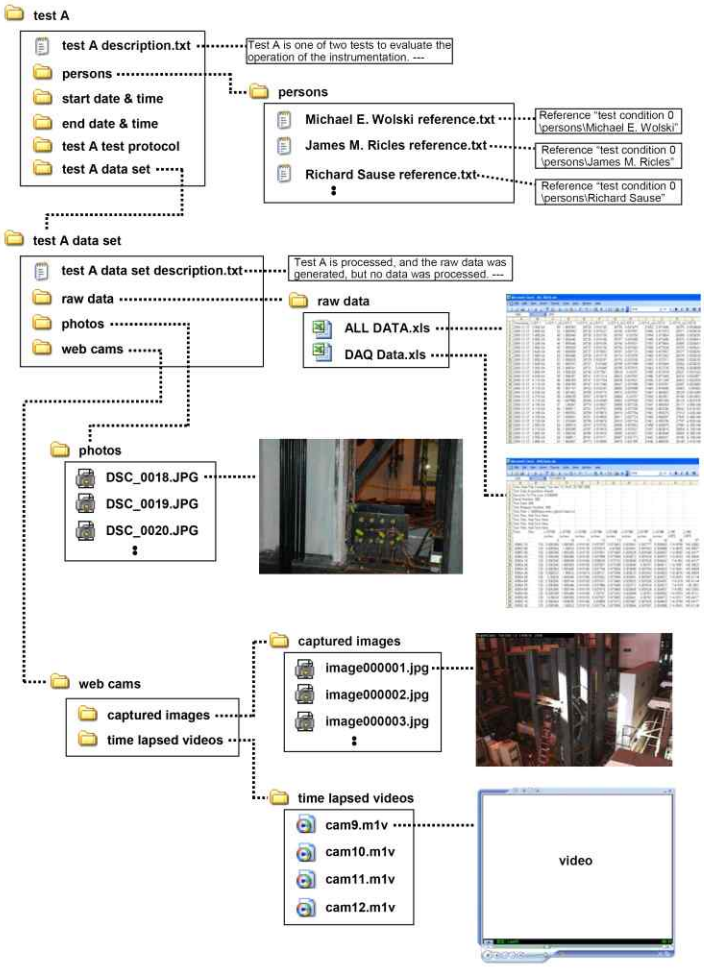
- 보-기둥 연결부 실험

대상 부재 (구조물)	실험프로세스 표준화 대상 및 내용	비고
건축물 (보-기둥)	▸ 보-기둥 연결부 실험 - 실험체 제작 조건 - 실험 set-up - 센서 설치 위치, 종류, 성능 등 - 실험장비 교정 - 실험방법 (하중 재하위치, 크기) - 보-기둥 연결부 실험	

※ 건축의 보 부재는 교량의 거더/보 휨 실험에 반영

○ 구조실험 관련 실험 Data Model 작성

- 구조분야 성능평가실험에 대한 Data Model 표준화

대상	DATA 모델 표준화 항목(안)	비고
구조분야 성능평가 실험	▸ 구조부재 성능평가실험  [예: Lehigh Univ. 모델] - 설계도면 - 실험체 set-up - 시험장비, 센서, 하중재하 등 정보 - 사진 및 동영상 자료 - 계측 원본 데이터 포맷 및 가공 데이터 - 폴더 체계 등	다양한 실험분야 및 항목을 고려할 수 있는 공통의 표준(안) 작성

4. 연구개발의 필요성

가. 기술적 측면

○ 건설현장에 적용되어 지고 있는 구조물, 개발기술 및 제품 등에 대한 성능검증 실험을 수행함에 있어 신뢰성 있는 결과를 제공

○ 신기술·신공법 개발에 의한 성능검증 실험시 공인기관으로서의 운영지침과 실험 프로세스 표준에 따라 실험을 수행함으로써 개발기술의 대외 신뢰성 및 질적 향상을 높일 수 있음

○ 구조실험에 대한 절차 매뉴얼은 국제적으로도 체계화된 것이 드물어 국내외적으로 선도적 역할을 할 수 있어 기술의 위상이 높아 질 것으로 예상됨

○ 국가 R&D 실험 DATA의 체계적인 관리와 실험데이터의 신뢰성 확보를 통해 연구개발 속도 가속화 및 연구의 질적 향상 도모

○ 실험프로세스 표준화 및 실험에서 생성되는 데이터 모델의 표준화는 연구자들의 실험데이터, 정보, 지식을 체계적으로 보존하고 공유함으로써 다양한 기존 자료의 검색을 통해 필요 없는 노력의 중복을 피하고 협업 연구 환경을 조성하여 건설 분야의 이론 및 실험적 연구, 교육 등의 개발 및 발전이 가능하며 이를 통해 장기적으로 국가 경쟁력을 증진

○ 구조성능실험을 수행함에 있어 관련 연구의 결과는 향후 국내 설계기준의 기초자료로 활용됨으로써 국내 설계기준 및 시방서 등의 질적 향상과 국제적 기술을 확보

○ 건설기술에 대한 실험 DATA 모델 표준을 통해 연구 발전 속도를 극대화하고 국내 건설기술의 선진화를 통한 국제적 기준체제하에서의 기술우위 확보

나. 경제·산업적 측면

○ 건설시장 개방에 따른 국내 건설기술의 경쟁력 확보와 해외 건설시장 진출 다변화를 위해 국제 표준에 부합하는 국내 건설기술의 표준화가 매우 중요함
- 무역기술장벽으로 인해 국내기업의 해외시장 진출시 관련 기술규정의 특정 수준에 미달하거나 그 절차와 요건을 충족시키지 못하는 경우 시장 진입이 어려움
- 선진국의 경우 자국의 기술적 우위성을 이용하여 제품 자체뿐만 아니라 공정이나 생산방법, 검증절차 등에 대해서도 자국산업을 보호하기 위해 배타적 수단으로 기술장벽 도입

- 개도국의 경우 국제표준과 불일치, 불투명한 인증절차, 검사의 지연 등으로 인한 과도한 시간 소요 및 비용 등의 문제 발생

○ 엔지니어링 분야 설계기준 표준화와 원천기술 확보를 위한 건설기술의 성능검증 및 인증 시스템 구축이 매우 중요함
- 국내 시설물에 대한 설계기준이 성능중심의 설계로 변화하고 있어 성능검증 및 인증에 대한 체계적인 기준마련이 요구됨
- 국내 성능검증 시험방법 및 절차에 대한 기준 마련 필요(국내 기준의 국제 표준화 또는 기존 국제 표준과의 통일성 확보)
- 국내 한국산업표준(KS)과 국외 표준(ISO)과의 불일치 해소

○ 건설분야에 대한 국내 실험기준을 표준화함으로써 FTA 등 국내 건설시장 개방시 기술경쟁력을 제고함과 동시에 외국 기술의 국내 유입시 국내표준을 적용하도록 하여 국내 산업을 보호할 수 있음

○ 구조분야 성능검증실험 프로세스 표준 정립을 통해 관련 제품 또는 기술에 대한 정량적이고 객관적인 성능 정보 제공이 가능하고 건설기술의 체계적인 검증시스템을 정립함으로써 기술 수준 향상 및 기술 상용화 증대 가능
- 세계시장에서 경쟁하는 국내 건설기술에 대한 검증실험의 신뢰성과 국제 경쟁력을 확보하기 위해서는 관련 검증실험들이 국제적으로 통용되는 표준화된 프로세스에 의해 수행되어야 함
- 최근 건설기술의 트렌드인 융합기술 및 제품에 대한 성능검증 인증을 위한 실험기술 및 프로세스 표준화를 통한 국제적 기술 선도
- 현장 적용시마다 시험검증을 요구하는 불필요한 절차 간소화(실험기준에 따른 공인성적서로 대체)
- 신기술 개발에 대한 체계적인 검증과 인증 체계 확립 가능

○ 구조실험의 프로세스 표준화 연구는 체계적으로 정립하여 활용한다면 기술경쟁력 확보뿐만 아니라 해외에 진출하는 건설업체들의 국제적 위상 향상에도 효과가 있을 것으로 판단됨

○ 교량, 건축물 등 관련분야 신기술 또는 제품 등에 대해 발주처에서 매번 성능검증실험을 수행할 것을 요구하여 불필요한 비용이 소모되는데, 표준화된 실험절차에 의해 제품의 균질성을 담보할 수 있는 성능검증실험을 수행하게 되면 공인성적서의 제출만으로 제품의 성능을 인증 받을 수 있어 기업의 기술개발 노력에 드는 시간과 개발비용 등을 줄일 수 있음

○ 국가의 건설분야 R&D 투자의 확대로 기술개발에 대한 투자와 함께 이에 대한 검증

실험이 활발히 이루어지고 있으나, 국가 R&D 예산지원으로 생성된 실험자료가 해당 과제의 종료로 사장되고 있어 실험 Data Model에 따라 자료들을 관리한다면 비슷한 제품을 개선한 특허나 신기술 등 기술개발에 있어서 기존의 제품들에 대한 비교 실험을 매번 수행하는 등 중복 실험에 대한 예산 투자를 방지할 수 있음

○ 표준화된 Data Model로 저장된 실험DB는 향후 해당 기술에 대한 객관적인 검증이나 인증이 필요한 경우, 추가적인 실험을 수행하지 않고서도 기존에 저장된 정보만으로도 충분히 분석이 가능하기 때문에 관련 기술에 대한 객관적이며 신뢰성 있는 평가 결과를 제공할 수 있음

○ 실험기술 및 실험 정보의 체계적인 관리를 통해 연구 결과의 산업화 및 상용화 속도를 증진시킬 수 있음

2절. 표준화 관련 국내외 기술개발 현황 분석

1. 국내외 표준화 관련 정책 동향

가. 주요 국가별 표준 활용 근거법령[4)]

(1) 미국

○ 국가기술이전진흥법

- 국가기술이전진흥법(NTTAA)은 연방기관들이 정책과 조달목적을 위해 별도로 규정하지 않는 한 민간표준단체 표준을 활용하도록 규정
- ‘연방 예산관리실 회람문서’ 내에 연방 정부기관들이 기술 기준 제개정시 임의표준을 활용하는 가이드라인 제시

○ 무역협적법

- 연방정부기관이 표준관련조치 활동에 참여하여 불필요한 무역장벽을 초래하는 것을 금지. 연방정부기관은 국제표준을 고려하도록 규정

(2) 유럽

○ 합의 표준(harmonized EN)

- ‘99년 시행된 새로운 접근법의 적용을 받는 제품 지침들에서 유럽집행위원회의 위임을 받아 유럽표준화기구들이 제정한 합의표준이 지침 준순의 필수 요건을 만족하는 것으로 규정함
- 새로운 접근법 적용 제품 이외의 경우, 개별 기술기준별로 외국의 단체표준 적용

(3) 한국

○ 국가표준기본법

- 국가표준기본법 제20조 등에서 정부는 기술 수준이나 국가 표준을 제정할 때 국제표준에 근거하도록 규정

○ 산업표준화법

- 산업표준화법 제19조에서는 국제표준의 적용 확대를 목적으로 국제 및 해외 표준화 단체와의 협력을 촉진을 독려

나. 우리나라의 표준관련 동향 및 지원 현황

(1) 2012년 국제표준화기구(ISO) 전략계획 협의(‘11. 스위스 제네바)

○ 지식경제부 기술표준원 원장은 ISO 전략상임위원회에 참가해, 영국・중국・독일・프

4) 출처: KSA 한국표준협회(기술기준에서 국제표준의 활용, 2013.09)

랑스 등 주요국 표준화기구 대표들과 ISO 표준정책을 논의

☞ ISO 전략상임위원회(CSC STRAT: Council Standing Committee Strategy)

ISO의 주요정책 및 전략 기획·자문기능을 하는 위원회로 영·중·독·프 등 11개국 대표와 ISO사무총장 및 3개 정책위 임원이 참석하는 ISO의 핵심조직

○ ISO의 5개년 정책인 '2011-2015 ISO 전략계획'에서 중점분야인 수자원 관리, 지속가능성장, 바이오테크놀로지 등의 표준화전략이 집중 논의 됨

○ 고객의 요구에 부합하는 국제표준, 개도국의 참여와 역량 강화, ISO 프로세스 개선 등 7가지 비전을 제시하고 정기적으로 이행계획을 수립·점검키로 함

○ 지속발전분야의 표준정책을 ISO의 신규정책으로 추진하는 전략에 대한 검토와 함께 지속발전분야 중 세계 성장을 견인하는 신산업 분야의 국제표준화활동에 대해 중국, 독일 등 주요국의 협력을 이끌어 내는데 주력

○ ISO 전략위원회에 회원국의 최고위 표준정책 대표자가 참여하는 점을 감안, 우리나라가 역점 추진하는 신기술산업을 지원하기 위한 기회의 장으로 삼기 위해 중국과는 전기차의 표준 및 인증시스템에 대한 협력을 제안한

○ 러시아·중국·사우디와 각 국에서 새롭게 도입되는 기술규제와 인증제도에 대해 협의 및 신재생에너지, 스마트가전 등 주요 이슈분야에 대한 협력 방안 논의

(2) 국가표준기본법(2011. 4. 28 일부개정)

○ 국가표준제도의 확립을 위한 기본적인 사항을 정한 법률

국가표준제도의 확립을 위한 기본적인 사항을 규정함으로써 과학기술의 혁신과 산업구조 고도화 및 정보화 사회의 촉진을 도모하여 국가 경쟁력 강화 및 국민 복지 향상에 이바지함을 목적으로 하는 법률이다(일부개정 2009.4.1 법률 제9590호). 국가표준제도의 확립을 위하여 정부는 제반시책을 수립하고 이에 따른 법제상, 재정상, 기타 필요한 행정상의 조치를 강구한다. 그리고 정부는 국가표준 기본계획 및 중요사항을 심의하기 위하여 지식경제부장관 소속하에 국가표준 심의회를 둔다. 정부는 국가표준 기본계획을 5년 단위로 수립하며, 관련 중앙 행정기관의 장은 국가표준 기본계획에 따라 매년 국가표준 시행계획을 수립·시행한다. 정부는 국가표준 제도의 선진화를 위하여 측정 단위의 구분, 한국 표준 과학 연구원의 설치, 국가 교정제도의 확립, 표준 물질의 인증 및 보급, 참조 표준의 제정 및 보급, 법정계량, 산업표준의 제정 및 보급, 국가 측정 표준 확립 등을 추진한다. 그리고 국가표준 체계의 운영 및 관리를 위하여 국가표준 체계의 총괄 관리, 적합성 평가체제의 구축, 제품 인증, 표준인증심사제의 도입, 국가통합인증마크의 도입, 시험·검사기관 인정, 품질 경영 관리 및 환경 경영 관리 시스템 인증, 적합성 평가에 대한 상호 인정, 국제 표준의 협력 증진, 출연금의 지원, 산업구조 고도화의 기반 확립, 표준 기술 전문인력의 양성 등을 강구한다. 5장 31조와 부칙으로 되어 있다. [출처] 국가표준기본법 [國家標準基本法] | 네이버 백과사전

(3) “제3차 국가표준기본계획(2011년~2015년)” 확정[5)]

○ 정부는 국가표준심의회(의장 최경환 지식경제부장관)를 개최해 앞으로 5년 동안 국가표준정책의 큰 틀을 담은 ‘제3차 국가표준기본계획(2011년~2015년)’을 확정하고, 2015년 세계 7위권의 표준강국 실현을 목표로 해 ‘상장동력산업의 원천표준 개발, 기업을 위한 표준기반 정비 및 국민생활편의 향상’을 위한 표준화를 적극 추진하기로 함

○ 제3차 기본계획은 입안단계부터 50여명의 민간표준 전문가가 참여해 분야별로 추진과제를 발굴하고 관계부처의 협의를 거쳐, ▷미래 성장동력을 지원하는 표준개발 ▷기업하기 좋은 표준기반 구축 ▷편리하고 안전한 사회를 위한 표준화 ▷민간-정부가 함께하는 표준행정 등 4대 분야 151개 시행과제를 확보

○ 제3차 기본계획의 큰 특징은 기존의 표준이 제품의 호환성 확보나 생산성 극대화 등 산업발전에 초점이 맞춰왔다면 앞으로는 표준의 영역을 생활공감서비스, 사회안전, 공공행정 분야 등으로 확대시켜 국민 편의를 돕는 데도 표준을 적극 활용하기로 함

○ 또 표준개발의 경우 녹색성장, 신성장동력, 고부가서비스 등 미래 성장동력산업의 원천표준 개발을 확대하고, 이를 국제표준으로 제안해 우리기술의 국제경쟁력을 높여 나가기로 했음

○ 기업을 위한 표준기반 정비 방안으로 기존에 기업에게 부담이 됐던 각종 인증제도의 중복을 해소하고, 제품설계 단계에서부터 표준정보를 효율적으로 활용할 수 있도록 표준부합화 시스템 등이 도입

○ 국가표준 체계도 그동안의 정부주도에서 앞으로는 민간 표준개발협력기관 지정을 확대해 정부와 민간이 함께하는 수평적 네트워크를 구축해 나간다는 방침

○ 한편, 심의회에서는 안전인증 등 법정의무인증(KC인증)과 KS인증간의 중복시험을 해소하기 위해 내년부터 지경부가 우선 추진하고, 점차 타 부처의 인증제도까지 확대한다는 인증제도 개선방안과, 의료기관의 의료서비스 수준 평가를 통해 의료의 질 향상을 도모하고 환자의 안전 수준을 제고토록 하는 의료기관 평가 제도를 내년 1월부터 도입・실시한다고 보고

○ 정부는 “우리나라의 글로벌 경쟁력 확보와 국경향상을 위해 표준이 적극적인 지원군 역할을 맡게 될 것”이라며 각 부처 간 협력 강화하고 민간과의 유기적 네트워크 구축을 통해 더 큰 대한민국을 건설하는 데 표준의 역할을 다해 나갈 방침

5) 출처: 환경일보(2010. 11. 29)

(4) 지식경제부의 표준화 사업

(가) 표준화 연구개발

○ 표준화연구개발 분야

- IT, NT, BT 등 산업체에서 새로이 개발되는 신기술로 시급히 국가표준 및 국제표준 선점을 위한 분야
- 국제표준과의 부합화, 새로운 국제표준의 도입이 필요한 분야
- 기반산업기술 및 안전, 서비스, 환경, 고령자, 장애자 등 공공 및 복지 분야
- 세계 일류 표준화 연구기관과 핵심 첨단산업 분야의 공동 협력이 필요한 분야

○ 표준화연구개발의 종류

- 경상연구 : 시험 · 분석방법의 제 · 개정 또는 산업의 초정밀 측정기술 및 국제규격과의 부합화를 위해 1년 미만의 단기 연구개발이 필요하며, 자체예산으로 수행하는 과제 임. 2008년도에는 12개 과제를 완료하였고, 2009년도에는 10개 과제가 진행 중
- 표준화기술개발과제 : 선진화된 국가표준체계 확립과 독자적 표준화역량의 확보를 목적으로 초정밀 측정기술, 시험평가 및 표준물질개발 등 표준화가 확립되지 않은 과제로서 2000년부터 산업기반기술개발사업의 일환으로 1년 이상의 장기 연구개발이 필요한 기술개발을 수행
- 산업기술기반조성사업(표준화) : 산업기술기반조성사업의 일환으로 추진하고 있는 표준화기반구축사업의 규모가 확대되고 세분화 · 전문화됨에 따라 각 사업을 내실있게 관리하기 위하여, 민간부문의 표준화 활동을 기술표준원의 산업표준화(KS) 활동 등 사업관련 담당과의 업무와 유기적으로 연계하여 사업의 시너지 효과를 극대화하기 위하여 기술표준원 사업담당과에서 개별사업을 검토(협약)하고, 사업의 추진사항을 관리

(나) 표준화 수요조사

○ 개요

- 표준을 실질적으로 사용하는 기업이 어떠한 표준을 필요로 하고 있는 지에 대한 자료조사
- KS규격에 대한 제정, 개정, 폐지에 대한 수요파악과 함께 KS규격의 활용도 파악

○ 조사 및 배경

- WTO체제의 정착과 함께 국제적으로는 산업표준의 세계적 통일및 시험인증결과의 전 세계적인 활용을 위한 여러협약 및 조치가 취해지고 있고, 국내적으로는 IMF 경제지원의 충격과 함께 대두된 글로벌스탠다드의 중요성이 국가 각부분에 전파되면서 산업표준의 세계수준화가 자연스러운 산업계의 요구사항으로 부각
- 한편, ISO 9000, ISO14000으로 대표되는 새로운 인증제도가 다양하게 출현하여 기업간의 거래,소비자의 구매판단에 활용되고 있어 KS표시인증이 갖고있는 역할이

상대적으로 약화되고 있음

- 이와 더불어 신기술의 급격한 발전에 따라 선진기업이 국제표준을 원천기술로 독점. 확산시키려는 수단으로 이용되었으며 국제표준에 자사기술 즉, 특허를 최대한 반영하려는 시장전략을 유지하고 있어 이에 대한 국가차원의 체계적인 대처가 시급히 요구되고 있음. 이에 따라 기술표준원은 KS규격 제 · 개정 ISO/IEC국제표준화 대처, KS규격 국제부합화등의 업무를 일괄성있게 추진하기 위하여 업무절차를 개선하고 KS세계수준화 작업을 추진하게 됨

(다) 정부규격글로벌스탠다드화

○ 개요

- 정부규격은 법적 근거에 의해 행정기관에서 제정한 기술문서로서 강제기준이거나, 정부 기관에 의해 승인된 임의기준으로, 제품 · 공정관리 · 생산방법 · 시공방법 · 검사방법 등이 규정된 기준, 규격, 지침, 기술규정 등을 말함
- 정부규격의 글로벌스탠더드화는 정부규격간의 용어, 단위, 종류, 등급, 품질, 성능, 시험방법,표시 사항 등의 일치와 부처간에 중복되는 규격 등을 국가표준의 근간인 한국산업표준(KS)이나 국제표준화기구의 표준과의 부합화를 말함

○ 글로벌스탠더드화 대상

- 정부 각 부처에서 운영중인 19,000여종의 정부규격중 2,800여종이 대상규격임(정부규격 예시)
- 환경부 : 대기오염 공정시험 방법, 수질오염 공정시험방법, 토양오염 공정시험방법 등
- 노동부 : 위험기계·기구 방호장치 기준, 성능검정 규정 등
- 조달청 : 강제이동식 서랍, 학생용 책상 및 걸상 등 조달규격
- 방위사업청 : 기계요소, 원자재, 수공구, 항공 · 조선 부품 등 국방규격
- 소방방재청 : 가스누설경보기, 소화기, 소방펌프, 방열복 등 소방관련 기술기준
- 식 약 청 : 기구 및 용기, 포장의 기준 규격, 식품 일반 시험법, 첨가물 기준, 의료기기

○ 조사 및 배경

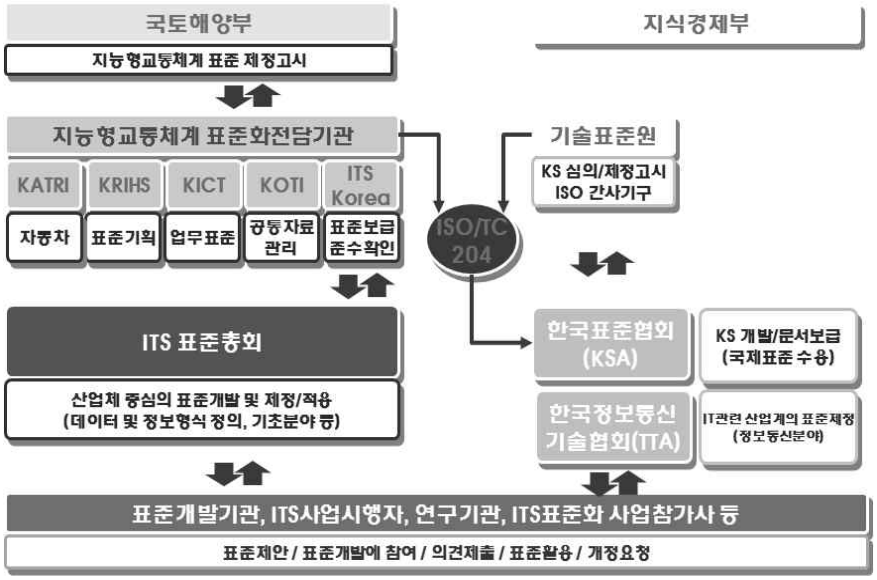
- 제품, 시험방법, 용어 등에 대한 이중규격 사용에 따른 혼란을 방지하고 단일 시험설비 활용 등으로 비용절감 효과 기대
- WTO/TBT 협정에서 회원국의 표준이나 기술기준 제·개정시 국제표준(ISO/IEC)을 따르도록 권고하고 있어 정부규격의 글로벌스탠더드화는 국제협정을 준수하고 무역상 기술장벽에 능동적으로 대응 가능

(5) 국토교통부 표준화 사업

(가) 제3차 국가표준기본계획 ‘국토교통부 2011년도 시행계획’

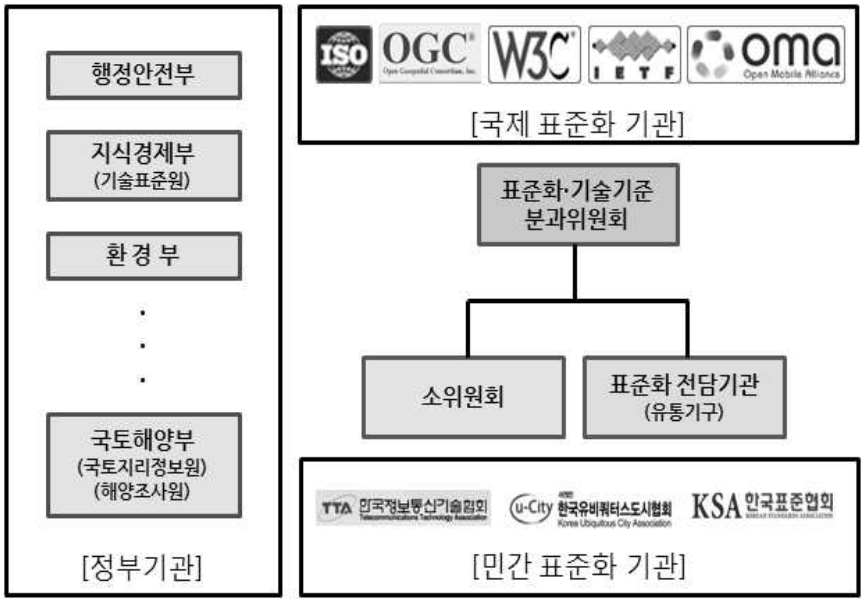
○ 지능형교통체계(ITS) 표준화 사업

- 국가간 연계·협업을 위한 주요 시설 및 교통시스템 등의 글로벌 표준화 추진



○ R&D-표준화 연계 활성화 사업

○ 공공·행정 표준화 사업



○ R&D 설계기준 표준화 과제
- 고성능강재의 건설구조 적용을 위한 휨재 및 압축재의 LRFD 설계기준 표준화
- 성능평가 기능을 갖춘 건축설비(기계 · 전기)설계기준 개발
- 표준화를 위한 구조물기초 설계기준의 정비 연구
- 도로교 형식별 한계상태설계법 적용을 위한 기술개발
- 고성능 재료기술을 반영한 프리캐스트 및 프리스트레스트 콘크리트의 성능향상기술 개발 및 표준화
- 성능기반 강-콘크리트 합성구조 설계기준 개발
- 터널 건설기술 선진화를 위한 설계 및 시방 기준 분석 연구
- 글로벌 녹색 건축표준 설계기준 및 시방서 개발 연구

○ R&D 일반분야 표준화 과제
- 건설분야 국제표준활동 활성화를 위한 지원 및 정책방향 연구
- 건설R&D 기술 표준화 절차 수립 및 효과분석 연구

○ 2014년 국토교통 R&D 중장기 전략
- 설계엔지니어링 및 글로벌 표준화 기술
- 주택인프라 기반구축 : 주택의 균등한 품질관리를 위한 주택표준화 연구
- 고효율 에너지 빌딩 기술 : 설계엔지니어링 및 글로벌 표준화 기술 연구
- 최첨단 인프라 구조물 건설 기술 : 설계엔지니어링 및 글로벌 표준화 기술 연구

※ 기술경쟁력 강화를 위한 실험표준 연구를 통해 연구와 실증을 위한 기초·원천 및 핵심기술 개발을 강화하고자 함

2. 국내외 표준화 관련 기술 및 산업 동향

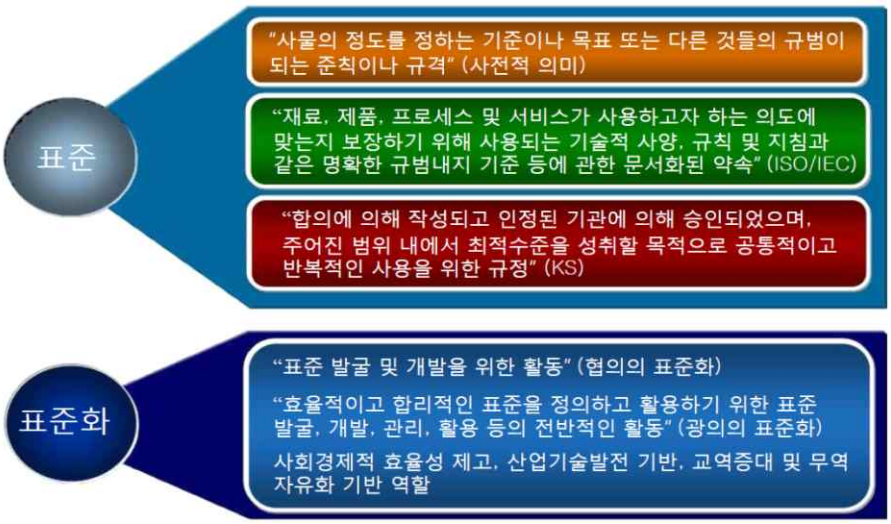
가. 표준의 정의 및 구분

(1) 표준화 및 표준의 정의

○ 표준화(Standardization)란 일상적이고 반복적으로 일어나거나 일어날 수 있는 문제를 주어진 여건하에서 최선의 상태로 해결하기 위한 일련의 활동으로 정의(ISO/IEC 가이드 2)

○ 표준(Standards)이란 이러한 표준화 활동에 필요한 합리적 기준을 말하며, 합의에 의해 작성되고 인정된 기관에 의해 승인되며, 공통적이고 반복적인 사용을 위해 제공되는 규칙, 가이드 또는 특성을 제공하는 문서로 정의

○ 표준은 과학·기술 및 경험에 대한 총괄적인 발견 사항들에 근거하여야 하며, 공동체 이익의 최적화 촉진을 목적으로 하는 것을 원칙으로 함



(2) 표준의 구분

구 분	표준명(제정기관)
국제표준	ISO(국제표준화기구), IEC(국제전기기술위원회)
지역표준	CEN(유럽표IS)(준화기구), CENELEC(유럽전기기술표준화위원회)
국가표준	KS(한국 KATS), ANSI(미국 ANSI), BS(영국 BSI), DIN(독일 DIN), CAN(캐나다 SCC), GOST(러시아 GOST-R), NF(프랑스 AFNOR), GB(중국 AQSIQ), JIS(일본 JISC), AS(호주 SAI), KPS(북한 CSK)
단체표준	ASTM(미국재료시험학회), ACI(미국콘크리트학회), API(미국석유학회), UL(미국보험업자시험소), JPI(일본석유학회), JSTM(일본건재시험센터), VDE(독일전기기술자협회)
사내표준	OO회사 표준(OO회사)

(3) 표준의 발전 형태

○ 선진국에서는 “사내표준 → 단체표준 → 국가표준”의 단계로 발전되어 왔음

국가	국가표준화 제도의 발전 형태	비고
대한민국	· 사내 및 단체표준보다 정부중심의 국가표준이 우선 발전	일본,중국,싱가포르,대만 등 아시아국가
미국	· 자율표준화 단체(SDO)가 중심이 되어 국가 수준의 표준화 활동을 주도 · ANSI는 정부산하기관이 아니라 비영리 민간 법인으로, 자율 표준화 단체간의 조정역할을 담당하는 민간차원의 기구	-
유럽	· 민간 중심으로 집중되어 발전 · DIN, BS 등을 중심으로 하는 민간단체 집중형	-

○ 대한민국의 표준화는 ‘60년대 경제개발계획에 따라 정부의 산업화 정책의 맥락하에 추진되어, 정부 주도로 성공적으로 이루어짐

- 한국경제의 산업화가 안정화되고 경제개발도 저성장 기조로 변화되면서 정부주도형 표준체계의 변화를 모색
- 최근, 정부주도형 표준체계의 한계점을 극복하기 위해 일본, 중국, 미국, 독일 등의 주요 선진국 표준체계를 벤치마킹하여 보완하려는 노력을 지속적으로 하고 있음

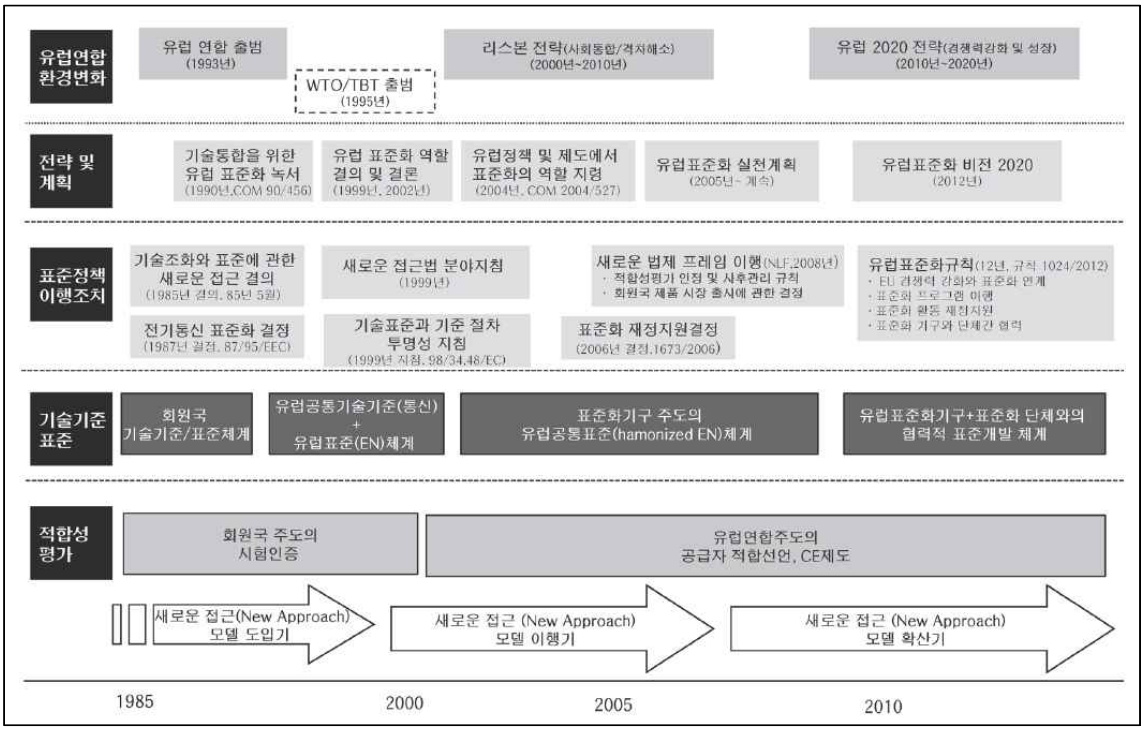
○ ‘시장주도형’ 표준화 체계의 대표인 미국은 한국 표준체계 개편에서 COSD 도입 등에 활용되었음[6)]

- 미국의 표준체계는 미국의 산업화와 함께 형성된 표준체계로 많은 문제점을 내포하고 있다는 균형적 인식은 매우 부족
- ‘시장주도형’의 의미와 ‘분산형’ 표준체계라는 특징을 가지고 있는 미국은 표준개발기관간의 상호 중복, 이해관계 상충, 연계성 부족 등의 구조적인 문제를 해결하기 위하여 스마트그리드 등의 국가인프라분야의 표준화에 정부의 역할을 강화하고자 보조책을 점진적으로 도입하고 있음
- 미국 등은 국제표준에 비해 신속한 제·개정이 가능한 단체표준(ASTM, ASME, IEEE)을 보다 강화하고 있으며, IEEE는 미국 표준협회(ANSI)로부터 국가표준을 개발하도록 위임받은 표준개발기구로 발전함
- 미국의 표준협회(ANSI)는 민간기구로서 단체 중심의 자율표준화를 추구하고 있음

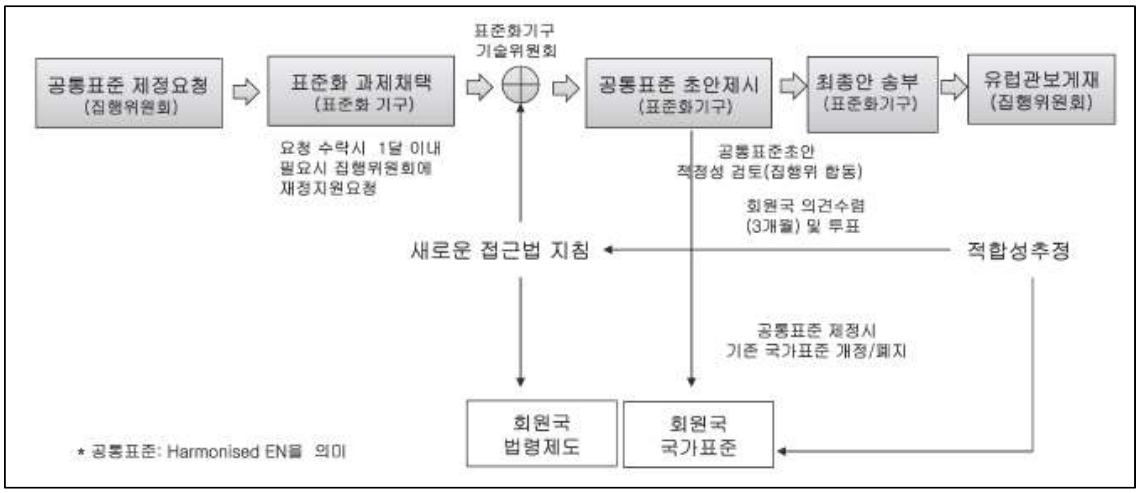
○ 영국, 독일 등은 ‘민간중심-중앙집중형’인 표준체계를 가지고 있음

- 유럽의 표준 집행위원회는 유럽 표준화 관련 법규들을 통합 정비하고 유럽표준화기구와 국제표준화기구와의 협업, 중소기업 등 이해 관계자의 활동 참여를 독려

6) KSA 한국표준협회(Global 동향분석, 2013.09)



[그림 1-12] 유럽연합 표준화 전략 및 이행과정



[그림 1-13] 유럽연합 공통표준 제정 절차

나. 국내외 표준화 동향

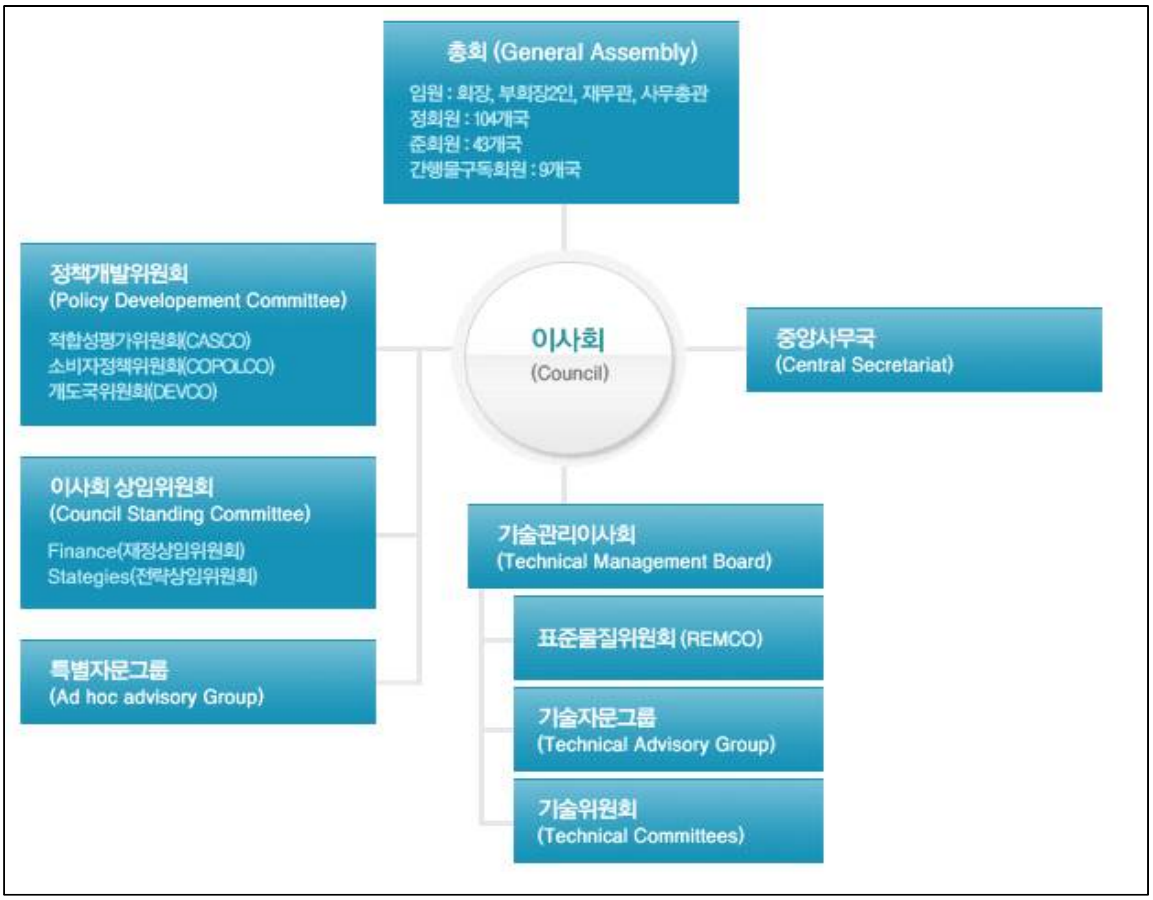
(1) 국제표준 현황

○ 건설산업은 ISO가 주로 관련되며, 부분적으로 IEC에 관련됨.

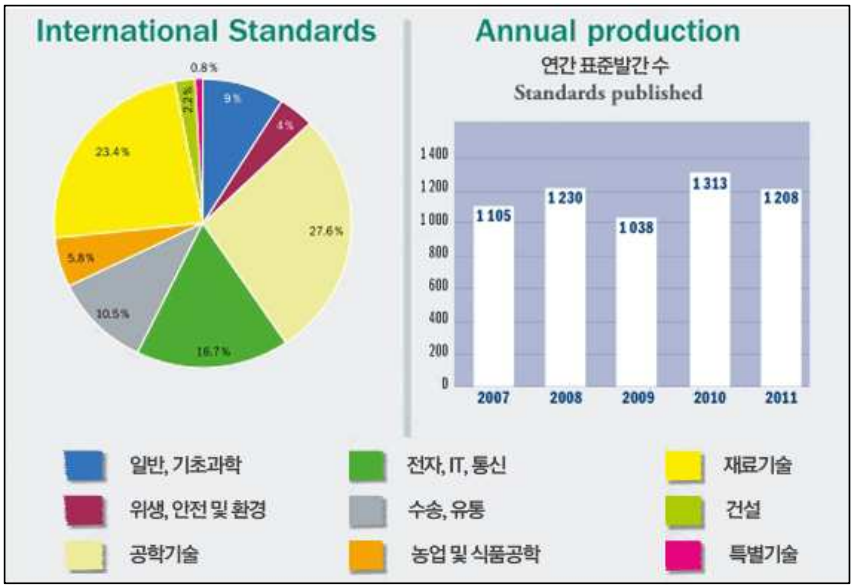
기구명	국제기구의 성격	표준화 분야
ISO	·국제표준화기구 ·국제무역의 원활화, 촉진을 위한 국제규격의 제정 ·각국의 대표적 표준화 기관으로 이뤄진 비정부간 기구	전기 및 전자공학기술 이외의 산업분야(광공업, 건설업, 의료업 등)
IEC	·국제전기표준회의	전기 및 전자공학 기술 분야
ITU	·국제통신연합 ·국제적 전기통신망, 서비스의 확립 및 그 운영의 조정	전기통신 및 무선통신 분야

(2) 국제표준화기구(ISO)의 조직 및 현황

○ 주요조직

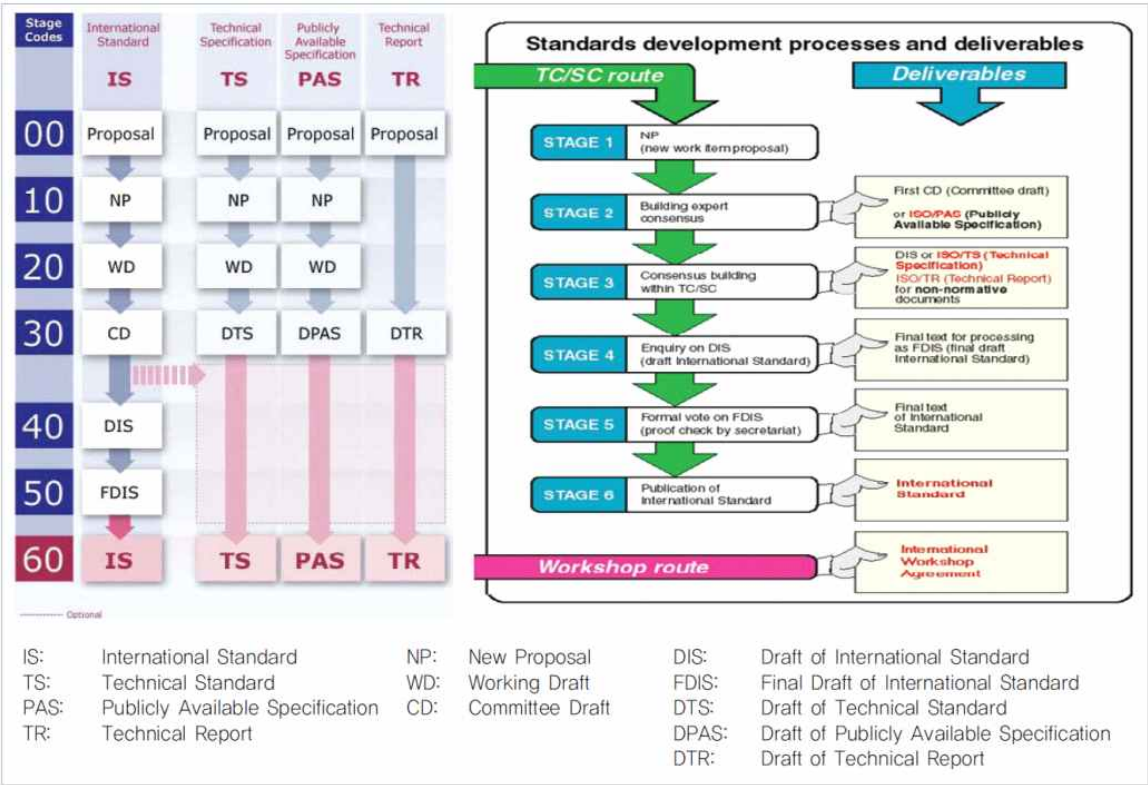


[그림 1-14] ISO 위원회 조직 구성도



[그림 1-15] 분야별 국제표준 발간 비율, 2011년 기준(국가기술표준원)

○ ISO 기준 개발 절차



[그림 1-16] ISO 기준 개발 절차

○ 국제표준(ISO)의 일반현황

- 기술, 상품 및 용역 관련 분야의 국제적으로 통용되는 표준 및 적합도 평가 기준을 작성하고 학문적, 기술적, 경제적 분야에서 협력 증진을 통하여 세계표준화 및 관련 활동의 발전을 촉진시키기 위하여 1947년 설립된 국제기구
- 회원국 161개국, 201개의 TC(기술위원회), 542개의 SC(분과위원회)
- 공업규격 조정, 통일, 물자 및 서비스의 국제적 교류를 원활하게 하는 활동을 수행

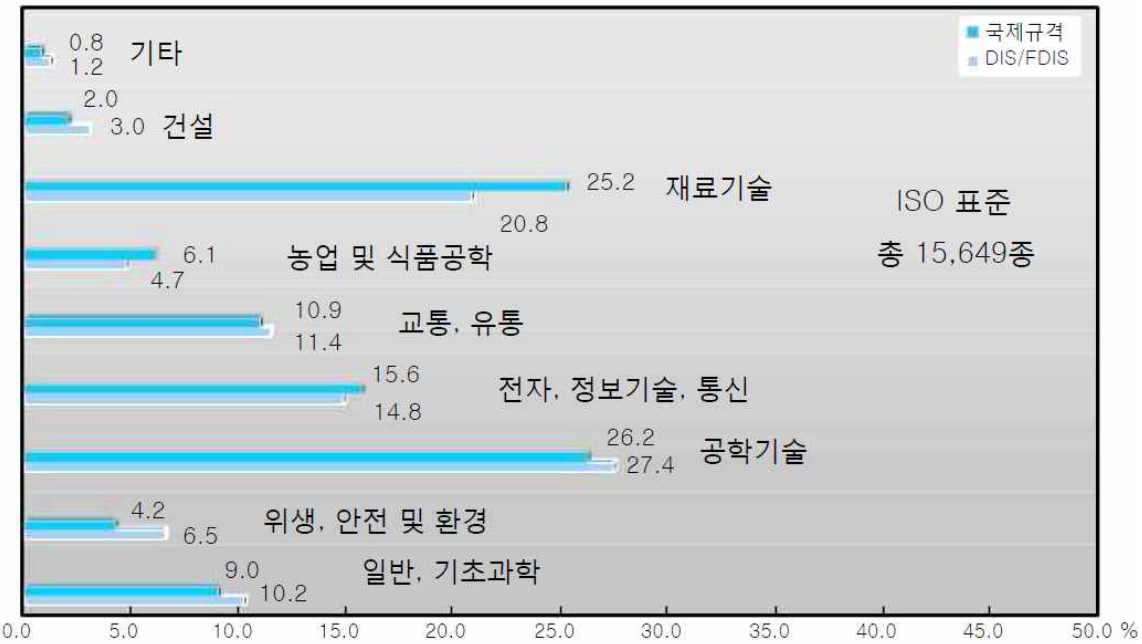
[그림 1-17] 국내외 주요 표준(기관) 현황

(3) 건설분야 표준화 현황

○ ISO 분야

- ISO TC10/SC8 등 12개 TC, 30여개 SC를 중심으로 표준화 활동
- ISO 건설분야 관련 표준: 약 370여종
- TC 59 건축, TC 92 화재안전, TC43/SC2 음향, TC 218 목재분야에서 많은 표준을 보임
- 현재 건설관련 TC/SC에서는 244개의 새로운 표준안이 표준화 작업 진행 중
- 화재안전, 지반공학, 건축재료 분야에서 활발한 표준화 작업이 진행 중

○ 국제표준분류체계(ICS; International Classification for Standardization)에 따른 건설분야의 표준 수



[그림 1-18] 국제표준분류체계에 따른 건설분야 표준 수

구분	ICS NO.	제목	표준별 종수				
			ISO	IEC	BS	DIN	KS
건축 및 건설자재	91.010	•건설 (Construction industry)	-	-	17	163	-
	020	•물적계획, 도시계획 (Physical planning, Town planning)	-	-	3	7	-
	040	•건축 (Building)	12	-	54	39	10
	060	•건축요소 (Elements of Building)	47	1	158	266	89
	080	•건축구조 (Structures of Building)	51	-	93	184	13
	090	•외부구조 (External Structures)	1	1	5	8	2
	100	•건설자재 (Construction materials)	116	-	249	697	266
	120	•건물 및 건물내의 보호 (Protection of and in building)	46	12	56	177	26
	140	•건축설비 (Installation in building)	84	112	326	511	72
	160	•조명 (Lighting)	1	2	19	53	14
	180	•내장 (Interior finishing)	-	-	15	12	2
	190	•건축부속물 (Building accessories)	-	-	15	60	-
	200	•건설기술 (Construction technology)	26	-	30	10	2
	220	•건설장비 (Construction equipment)	3	-	24	68	8
	14 분야		387	128	1,064	2,255	504
토목	93.010	• 토목일반 (Civil engineering in general)	1	-	6	-	-
	020	• 토공, 굴착 (Earthworks, Excavations)	-	1	15	94	24
	030	• 외부 하수시스템 (External sewage, system)	6	-	22	54	-
	040	• 교량공사 (Bridge construction)	1	-	4	16	2
	060	• 터널공사 (Tunnel construction)	1	-	4	5	-
	080	• 도로공학 (Road engineering)	3	5	64	274	18
	100	• 철도건설 (Construction of railways)	-	-	3	23	2
	110	• 삭도건설 (Construction of ropeway)	-	-	1	1	-
	120	• 공항건설 (Construction of airports)	-	-	1	14	-
	140	• 수로 및 항만건설 (Construction of waterways&ports)	-	-	6	13	-
	160	• 유압 구조물 (Hydraulic construction)	-	-	2	17	-
	11 분야		12	6	128	511	46
건축 및 건설자재, 토목분야 = 25분야			399	134	1,192	2,766	550

[그림 1-19] 건축 및 건설자재 분야의 표준

(4) 우리나라의 국제표준화기구(ISO) 활동 현황

○ 총 200여개의 ISO 기술위원회 중에서 건선분야 기술위원회

- 구조설계의 기본이 되는 사항들을 정의하고 기준으로 개발하는 구조분야는 TC 98
- 최근 관심을 모으고 있는 BIM(Building Information Model)에 대한 기술위원회는 TC 59
- 지능형 교통체계 분야(ITS)와 관련된 분야는 TC 204

분 야	기술위원회(TC)	명 칭	한국측 의장, 간사, 컨비너
구조	TC 71	Concrete, reinforced concrete and pre-stressed concrete	신수봉(인하대) SC7 간사 오상근(서울과기대) SC7 WG3 컨비너
	TC 98	Bases for design of structures	
	TC 108	Mechanical vibration, shock and condition monitoring	이상국(전력연구원) SC5 WG16 컨비너 김광준(KAIST) WG29 컨비너
	TC 135	Non-destructive testing	이승석(표준과학연구원) SC8 의장 최만용(표준과학연구원) SC8 간사 김원태(공주대) SC8 WG1 컨비너
	TC 138	Plastics pipes, fittings and valves for the transport of fluids	최선웅(한남대) SC5 WG17 컨비너
	TC 165	Timber structures	
	TC 167	Steel and aluminium structures - STANDBY	

분야	기술위원회(TC)	명 칭	한국측 의장, 간사, 컨비너
건설 재료	TC 17	Steel	
	TC 74	Cement and lime	
	TC 77	Products in fibre reinforced cement	
	TC 156	Corrosion of metals and alloys	김종집(표준과학연구원) WG14 컨비너
	TC 164	Mechanical testing of metals	허용학(표준과학연구원) SC5 WG13 컨비너
환경 수자원	TC 146	Air quality	
	TC 147	Water quality	
	TC 190	Soil quality	이군택(서울대) SC3 WG11 컨비너 김계훈(서울시립대) SC7 WG9 컨비너
	TC 207	Environmental management	오대균(에너지관리공단) SC7 WG2 컨비너
	TC 224	Service activities relating to drinking water supply systems and wastewater systems - Quality criteria of the service and performance indicators	
	TC 253	Project committee: Treated wastewater re-use for irrigation	
지반	TC 182	Geotechnics	
시공 관리	TC 59	Buildings and civil engineering works	
	TC 176	Quality management and quality assurance	
	TC 251	Project committee: Asset management	

[그림 1-20] 분야별 기술위원회 분류

기술위원회(TC)	분과위원회(SC)	활동그룹(WG)
TC 59 Buildings and civil engineering works	2 Terminology and harmonization of languages	
	3 Functional/user requirements and performance in building construction	8 Permanent railing systems and rails for building
		14 General principles
		15 Definition and calculation of area and space indicators
		16 Levels of requirements and serviceability
	8 Sealants	6, 10, 12, 13, 14, 16, 17(생략)
	13 Organization of information about construction works	2 Classification of the information on the construction industry
		6 Framework for object-oriented information exchange
		7 Process management
		8 Building information models - information delivery manual
		9 BIM guidance
		10 Object libraries
	14 Design life	1 Service life prediction procedures
		2 Performance audits and reviews
		3 Data requirements
		4 Maintenance and life cycle costing
		5 Terminology
		6 Life cycle assessment
		7 Condition assessment and feed-back of relevant durability data from constructed assets
		8 General principles
		9 Inclusion of requirements of service life assessment and service life declaration in product standards
		10 Functionality requirements/ serviceability
	15 Performance criteria for single family attached and detached dwellings	4, 5(생략)
	16 Accessibility in building construction	1, 2, 3(생략)
	17 Sustainability in building construction	1 General principles and terminology
		2 Sustainability indicators
		3 Environmental declaration of products
		4 Environmental performance of buildings
		5 Civil engineering works

[그림 1-21] 기술위원회 TC59의 분과위원회 및 활동 그룹 구성 내용

기술위원회(TC)	분과위원회(SC)	활동그룹(WG)
TC 98 Bases for design of structures	1 Terminology and symbols	1 Terminology and symbols
	2 Reliability of structures	1 Geeneral principles (Revision of ISO 2394)
		3 Statistical methods for quality control of building materials and components
		6 Assessment of existing structures
		8 Geeneral framework for structural design
		9 Serviceability of buildings against vibrations
		10 Geeneral principles on the design of structures for durability
		11 Geeneral principles on risk management for structures
	3 Loads, forces and other actions	1 Snow loads
		2 Wind actions on structures
		4 Accidental actions
		6 Atmospheric icing of structures
		8 Actions from waves and currents
		10 Seismic actions on geotechnical works
		11 Nonstructural components for building applications

[그림 1-22] 기술위원회 TC98의 분과위원회 활동 그룹 구성 내용

기술위원회(TC)	분과위원회(SC)	활동그룹(WG)
TC 204 Intelligent transportation systems		1 Architecture
		3 TICS database technology
		4 Automatic vehicle and equipment identification
		5 Fee and toll collection
		7 General fleet management and commercial/freight
		8 Public transport/emergency
		9 integrated transport information, management and control
		10 Traveller information systems
		11 Route quidance and navigation systems
		14 Vehicle/roadway warning and control system
		15 Dedicated short range communications for TICS applications
		16 Wide area communications/protocols and interfaces
		17 Nomadic Devices in ITS Systems
		18 Cooperative systems

[그림 1-23] 기술위원회 TC204의 분과위원회 활동 그룹 구성 내용

(5) 각국의 표준화 활동 현황

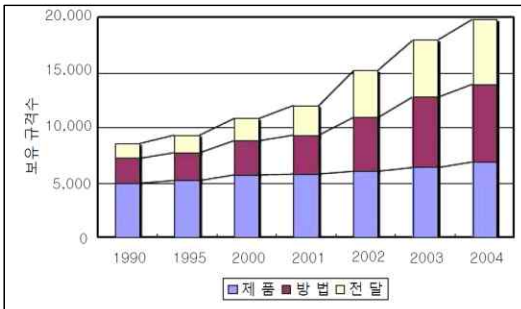
○ 지역별 표준 주도국인 독일, 미국, 일본 국가표준과 단체표준 체계 비교

[표 1-1] 국가별 국가표준, 단체표준 체계

구분		독일	미국	일본	한국
ISO국제표준 경쟁력		1위	2위	3위	9위
국가표준 (A)	표준명 (기관)	DIN(독일표준협회:민간기관)	ANS(미국표준협회:민간기관)	JIS(일본공업표준조사회:정부심의회)	KS(국가기술표준원:정부기관)
	종수 (시점)	33,149종 (2012.12)	10,144종 (2012.05)	10,399종 (2013.03)	24,584종 (KS:24,065/ KCS:519종)
단체표준 (B)	제정 기관	20여개	700여개	200여개	100여개
	종수	5천여종	10만여종	5천여종	1만 3천여종
A+B	보유 종수	3만 8천여종	10만여종	1만 5천여종	3만 7천여종
비율 (B/A)	비율(%)	15%	100%	50%	52%
연계유형		**집중형**	**분산형**	**(변형)집중형**	**(변형)집중형**
국가표준 직접개발		위원회 개발	ANIS는 ANS를 개발하지 않음	위원회 개발	위원회 개발
국가표준 원안개발위임 및 단체표준채택		- 제도의 유무 및 시행여부는 불명확	- ANSI는 단체·국제 표준을 채택	- 지정단체 또는 이해관계자가 제안하는 체계	- 지정단체 또는 이해관계자가 제안하는 체계
		- 이해관계자는 DIN의 71개 위원회를 통해 개발(제안) 가능	- ANSI에 인정받은 기관(226개단체) - ISO등 국제표준 - 이해관계자는 단체표준기관을 통해서 제안 가능	- JISC에 인정받은 특정표준화기관(3개 단체) - 분야별 JIS 원안 작성 단체(132개 단체) - 이해관계자	- KATS에 지정받은 분야별 표준개발협력기관(64개 단체) - 이해관계자
단체표준의 국가표준 채택 제도화		불명확	채택	채택	가능
		N/A	- 국가표준으로 채택시 단체표준은 유지	- 국가표준 채택시 단체표준 폐지	- 단체표준에서 국가표준 채택사례는 극소수, 채택된 경우 단체표준의 폐지여부는 불명확함

○ 국가별 표준화 현황

구분	표준화 현황
한국	○한국산업표준(KS) ‣ 산업표준화법에 의거 산업표준심의회의 심의를 거쳐 지식경제부 기술표준원장이 고시함으로써 확정되는 국가표준 ‣ A(기본부문) ~ X(정보산업부문)까지 18개 부문으로 구분 ‣ 토건부문은 F ‣ 제품표준, 방법표준, 전달표준: 19,865종(2004년 기준)



표준의 형태별 분류

- 제품표준 : 제품의 치수, 품질, 안정성 등을 만족하기 위한 요구사항을 규정
- 방법표준 : 시험, 분석, 검사 및 측정방법 등을 규정
- 전달표준 : 용어, 기호, 단위 및 수열 등 개념을 정의

KS F 토건분야: 전체 KS 3.9% (774종/19,865종)

1995년: 596종, 2004년: 774종

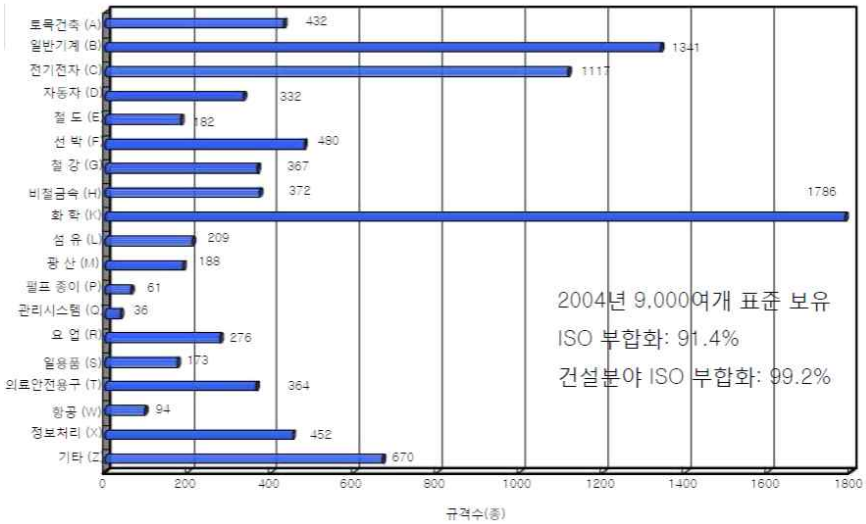
제품표준: 279종, 방법표준: 371종, 전달표준: 124종

○KS의 부합화 및 국제표준화 활동

구 분	대상표준수	국제표준 부합화				
		일치(IDT)	수정(MOD)	일치하지않음 (NEQ)	부합화대상	부합화율(%)
기본(A)	982	315	52	27	394	93.15%
기계(B)	3,774	1,175	309	161	1,645	90.21%
전기(C)	3076	1,487	289	82	1,858	95.59%
금속(D)	1,579	525	179	58	762	92.39%
광산(E)	431	140	31	21	192	89.06%
토건(F)	802	81	80	2	163	98.77%
일용품(G)	376	42	7	7	56	87.5%
식료품(H)	436	208	1	2	211	99.05%
섬유(K)	793	201	105	33	339	90.27%
요업(L)	435	50	70	10	130	92.31%
화학(M)	3,918	1,471	168	102	1,741	94.14%
의료(P)	679	232	26	15	273	94.51%
수송기계(R)	1,032	238	33	33	304	89.14%
서비스(S)						
물류(H)						
조선(V)	784	108	12	2	122	98.36%
항공(W)	471	155	11	8	174	95.4%
정보산업(X)	1,770	945	230	2	1,177	99.83%
합계	21,338	7,373	1,603	565	9,541	94.08%

- 건설관련 ISO TC/SC 45개 중 정회원 36개, 준회원 9개 가입
- ISO TC71/SC7 Maintenance and repair of concrete structures: 간사국 수임 중

구분	표준화 현황
일본	○일본공업규격(JIS) ‣일본공업규격(JIS; Japanese Industrial Standard)은 공업표준화법에 따라 일본공업표준조사회(JISC)의 심의를 거쳐 제정되는 국가표준



○토목기술분야

TC	SC 명칭	활동 목표
TC 71 콘크리트, 철근 콘크리트, PS 콘크리트	SC1.콘크리트 시험 방법	SC 1에서는 순환형 사회의 구축에 이바지하는 환경 기술 중 일본 기술이 발달되어 있는 슬래그 골재, 재생 골재 등 환경 대응을 주로 한 제안을 검토.
	SC3. 콘크리트 제조 및 관리	SC 3에서는 국제 공헌의 측면에서 WG1 Convener를 유지함과 동시에 콘크리트의 품질 확보상 중대한 영향을 미치는 규격 기준의 국제 부합화 측면에서 콘크리트의 제조/시공에 관한 제언을 검토.
	SC4. 구조물의 성능 기준	SC 4에서는 국제표준 ISO 19338에 대한 성능 조사형의 내용을 강화한 개정 제안과 아시아 지역의 의견을 반영한 아시아 콘크리트 모델 코드의 제안을 검토.
	SC6. 신보강재료	SC6에서는 일본 주도의 입장을 유지하는 면에서 의장. 간사국 업무의 자격을 유지함과 동시에 콘크리트 구조물의 신 보강재료인 FRP 등의 섬유보강재료 각종 시험 방법과 품질표준을 제안
	SC7. 유지 보수	SC7에서는 한일 협력하에 의장/간사국 업무의 신규 획들을 목표로 한 체제를 구축함과 동시에 콘크리트 구조물의 유지 관리와 보수 보강에 관한 국제규격 체계를 Umbrella 규격으로 하고 아시아 각국과의 국제 공동 제안으로서 아시아 콘크리트 모델 코드를 기초로 검토.

TC	명칭	향후 활동 목표
TC 74	시멘트 및 석회	ISO/TC74에서는, 유럽 주도로 진행되고 있는 CEN의 활동에 적극적으로 관여하는 것이 중요하고, 일본 제안의 형광 X선 분석방법의 국제규격화를 진행하기 위해, CEN/TC51에의 옵저버 참가 등록을 실현한다. 또 EN197-1을 기본으로 한 시멘트 제품규격에 대항하기 위하여 시멘트 제품 규격의 정비를 검토.
TC 98	구조물 설계 기준	ISO/TC98/SC3/WG10에서 작업중인 ISO/CD23469「지반기초 구조물의 지진 작용」의 DIS, FDIS에의 활동을 유지.
TC 113	유량 측정	ISO/TC113/SC2에서는, ISO1438-1(박판)에 일본 기술을 반영한 수정제안에 집중하고, SC5에서는 일본,중국이 제안한 관측 모델 전송 시스템의 일·중 공동제안을 작성
TC 182	지반공학	ISO/TC182에서는, 유로 코드 7(지반·기초설계)의 책정 현황을 주시하고, (사)지반공학회의 지반코드 21을 기초로 하여 제안한다. 또, 일본의 뛰어난 지반개량기술에 관한 제안 및 휴면중의 SC3를 활성화시키기 위하여 미국, 캐나다와의 정보교환을 행한다. 또, ISO 규격개정 시에 「흙의 판별과 분류(제1부) : 판별과 기재」의 일본 기준이 포함되도록 활동.
TC 190	지반환경	ISO/TC190에서는, 토양오염대책 등의 국내법규, 기준과의 밀정한 관련이 있기 때문에 관련 관세청과의 연대를 취하고 환경안전성에 관하여 용출량 시험, 함유량 시험 등에 대한 일본의 의견 반영에 노력
TC 221	토목 합성재료	ISO/TC221에서는, 일본제안의 "인터록킹 블록 포장용 섬유재 평가시험방법"의 요구활동과 함께, 투수/수밀성 시험분야의 ASTM/ISO간의 MOU를 포함한 일본,미국의 관여 방법을 검토

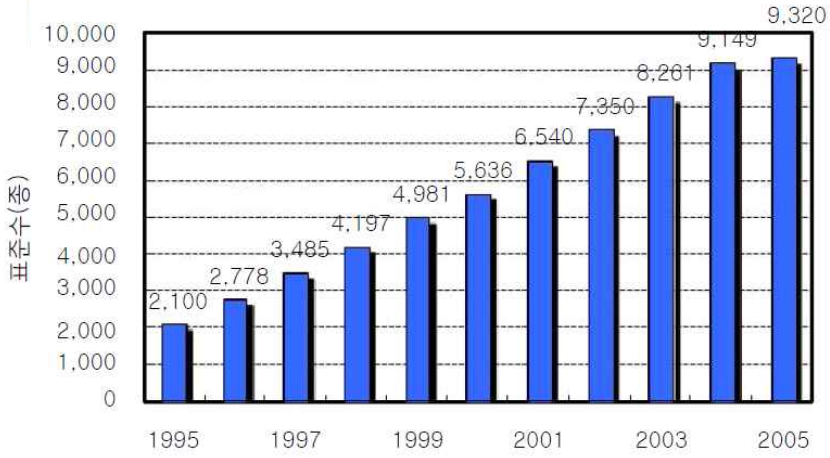
구분	표준화 현황
일본	○건축기술분야

TC	SC 명칭	활동 목표
TC 10 건축제도	SC8. 제도, 제품의 확정방법, 관련문서/건축제도	일본의 관행이나 CAD기술 등이 국제규격에 반영되도록, 해당 SC에 관한 정보제공에 노력
TC 21 소방기기	SC 11. 소방기구/배연설비	건축기준법이나 소방법과 관계가 깊으며, 자국 산업에 불이익이 생기지 않도록 관련산업에 지속적으로 정보를 제공하며, 드래프트가 도착하는 대로 시급히 검토 예정
TC 59 건축 일반	SC 3. 기능,사용자요구 및 건물의 성능	현재 심의중인 드래프트는 없으나, 각국의 법제도가 성능지향형으로 되고 있기때문에, 각국의 정보수집에 노력하며, CIB멤버와의 제휴강화.
	SC 6. 내장 부문	지속적으로 간사국 업무를 추진함과 동시에 작업중인 안건에 대해서 CEN과의 협력을 통해 신속한 규격화를 진행.
	SC 8. 결합 용품	심의 대상의 표준 안에 대해서, 일본의 의견이 반영되도록 노력하며, 내구성 시험방법에 대하여 동향을 주시하여 대응책 마련.
	SC 13. 건축생산에 있어서의 정보의 통합화	국제회의의 참석을 통한 정보수집에 노력하고, TC10/SC8와의 제휴를 강화
	SC 14. 설계 수명	일본의 주장을 관철시킴과 동시에, CIB멤버와의 정보교환, 제휴를 강화, 표준 내용 중 ISO14000시리즈나 SC 17와의 중복을 조정.

TC	SC 명칭	활동 목표
TC 59 건축 일반	SC 15. 주택의 성능평가	각국의 주택에 대한 안전의 생각이나 생활의 문화가 다른 가운데, 다양한 성능항목의 검토가 올라올 것으로 예상되므로, 일본이 주장해야 할 기본적인 생각에 근거하여 대응.(국토교통성과의 제휴)
	SC 16. 건물과 관련설비 의 접근성과 사용성	체격이나 일상생활문화의 차이로부터 각국의 기대가 부딪치는 경우가 있어서 기존법등과의 관계를 바탕으로 국토교통성과의 제휴.
	SC 17. 건축물 시공에 있어서의 지속가능성	북미나 유럽에서는 이미 툴을 가지고 운용단계에 들어가 있는 나라들도 있기 때문에, 각국의 기대와의 충돌을 피하기 위해, ISO와 각국 운용과의 구분을 실시하는 것을 검토.
TC 89 목재판		포름알데히드의 측정방법의 규격 안에 일본의 의견을 반영하도록 계속 노력하고, 소형 챔버법의 시험조건등에 관한 제안을 강력히 진행. JANS의 ISO화에 대해서도 강력히 추진.
TC 92 화재 안전	SC1, SC2, SC 3	지속적으로 적극 관여 노력 필요
	SC 4(화재 안전공학)	연구단계에서 표준화까지 시간을 필요로 하는 것도 많지만, 동향을 주시하면서, CIB와의 협력을 강화
TC 98 건축구조 설계기준		SC2(구조물의 신뢰성), SC3(하중.외력과 그 작용)에 관해서, CEN의 유로코드의 ISO화에 대해 동향을 주시하며, 심의단계에서 의견반영

TC	명칭	활동 목표
TC 162	창과 문	일본에서 제안한 CD2건, NW1건에 대하여 표준화 작업을 시급히 추진 신규제안항목에 대해서는 기초실험을 완료하여, 재등록.
TC 165	목구조	집성재의 접착성능시험에 대한 제안을 검토, 벽의 전단시험에 대한 신규작업항목에 대해서는 일본의 시험,평가방법을 적극적으로 제안. 제재, 집성재, LVL등의 시험방법이 통일될 수 있도록 검토하며, 기준강도의 결정방법에 적극적으로 관여해야 함.
TC 205	건물환경설계	WG3(빌딩제어시스템 설계)에서 7개의 규격을 작성하고 있어, CEN과 미국이 주도하고 있으므로, 일본의 빌딩관리시스템 구축관계자에게 정보를 제공하여, 구미문화에만 치우치지 않도록 노력.

구분	표준화 현황
유럽	○유럽표준화기구(CEN) ‣ 유럽지역의 무역촉진을 목표로 유럽표준의 이행을 촉진한고자 1961년 설립 ‣ EN 표준현황



○건설분야 CEN 현황

‣ CEN TC 33등 50개 TC를 중심으로 표준화 활동

‣ CEN 건설분야 관련 표준: 약 1,470여종

‣ TC 33(창호, 셔터, 건축용 철물 및 커튼월), TC 104(콘크리트 관련 제품) 분야에서 많은 표준을 보유함

CEN TC	명칭	보유 표준
CEN/TC 33	Doors, windows, shutters, building hardware and curtain walling	107종
CEN/TC 38	Durability of wood and derived materials	48종
CEN/TC 50	Lighting columns and spigots	9종
CEN/TC 51	Cement and building limes	21종
CEN/TC 53	Temporary works equipment	16종
CEN/TC 67	Ceramic tiles	48종
CEN/TC 88	Thermal insulating materials and products	53종
CEN/TC 89	Thermal performance of buildings and building components	51종
CEN/TC 99	Wallcoverings	10종
CEN/TC 104	Concrete and related products	105종
CEN/TC 112	Wood-based panels	56종
CEN/TC 124	Timber structures	41종
CEN/TC 125	Masonry	58종
CEN/TC 126	Acoustic properties of building products and of buildings	31종
CEN/TC 127	Fire safety in buildings	34종
CEN/TC 128	Roof covering products for discontinuous laying and products for wall cladding	34종
CEN/TC 129	Glass in building	47종

구분	표준화 현황
유럽	

CEN TC	명칭	보유 규격
CEN/TC 134	Resilient, textile and laminate floor coverings	76종
CEN/TC 135	Execution of steel structures and aluminium structures	6종
CEN/TC 154	Aggregates	43종
CEN/TC 163	Sanitary appliances	19종
CEN/TC 166	Chimneys	15종
CEN/TC 167	Structural bearings	9종
CEN/TC 175	Round and sawn timber	55종
CEN/TC 177	Prefabricated reinforced components of autoclaved aerated concrete or light-weight aggregate concrete with open structure	23종
CEN/TC 178	Paving units and kerbs	7종
CEN/TC 187	Refractory products and materials	42종
CEN/TC 189	Geosynthetics	47종
CEN/TC 217	Surfaces for sports areas	18종
CEN/TC 226	Road equipment	34종
CEN/TC 227	Road materials	99종
CEN/TC 229	Precast concrete products	20종

CEN TC	명칭	보유규격
CEN/TC 241	Gypsum and gypsum based products	4종
CEN/TC 246	Natural stones	23종
CEN/TC 247	Building automation, controls and building management	9종
CEN/TC 250	Structural Euro codes	67종
CEN/TC 254	Flexible sheets for waterproofing	-
CEN/TC 277	Suspended ceilings	1종
CEN/TC 284	Greenhouses	1종
CEN/TC 288	Execution of special geotechnical works	7종
CEN/TC 297	Free-standing industrial chimneys	3종
CEN/TC 303	Floor screeds and in-situ floorings in buildings	12종
CEN/TC 315	Spectator facilities	1종
CEN/TC 323	Raised access floors	2종
CEN/TC 325	Prevention of crime by urban planning and building design	1종
CEN/TC 336	Bituminous binders	45종
CEN/TC 339	Slip resistance of pedestrian surfaces - Methods of evaluation	-
CEN/TC 340	Anti-seismic devices	-
CEN/TC 341	Geotechnical investigation and testing	3종
CEN/TC 349	Sealants for joints in building construction	-
합계		1,471종

구분	표준화 현황
미국	○미국재료시험학회(ASTM) 현황 ‣ 미국재료시험학회(ASTM)은 대표적인 단체표준으로 미국뿐만 아니라 전세계적으로 널리 이용되고 있음. 134 TC, 2,200개 SC 및 1,000여개 Task Force Team을 운영 중. ‣ 철강제품, 비철금속제품, 플라스틱 고무등 15개 Section으로 구성됨. ‣ 건설관련 Section: 시멘트, 콘크리트, 목재 등 13개로 세분화

Vol. No	내용	보유표준
04.01	Cement; Lime; Gypsum	137종
04.02	Concrete and Aggregates	160종
04.03	Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems	258종
04.04	Roofing and Waterproofing	152종
04.05	Chemical-Resistant Nonmetallic Materials; Vitrified Clay Pipe; Concrete Pipe; Fiber-Reinforced Cement Products; Mortars and Grouts; Masonry	261종
04.06	Thermal Insulation; Environmental Acoustics	199종
04.07	Building Seals and Sealants; Fire Standards; Dimension Stone	172종
04.08	Soil and Rock (I): D 420 - D 5611	207종
04.09	Soil and Rock (II): D 5714 - latest	166종
04.10	Wood	112종
04.11	Building Constructions (I): E 72 - E 1670	103종
04.12	Building Constructions (II): E 1671 - latest; Property Management Systems; Technology and Underground Utilities	133종
04.13	Geosynthetics	100종
계		2,160종

다. 우리나라의 표준 관련 기관 현황

(1) 지식경제부 기술표준원 (www.kats.go.kr)

○ 한국인정기구(KOLAS)와 한국제품인정제도(KAS)를 운영

○ KOLAS에서는 시험기관, 교정기관, 검사기관 및 표준물질생산기관의 업무인정을 수행

○ KAS에서는 제품인증기관 및 요원인증기관의 인정업무 수행

설립목적 :	국가표준제도의 확립 및 이와 관련된 연구·개발을 수행하고 그 성과를 보급함으로써 국가 경제발전과 과학기술 발전 및 국민의 삶의 질 향상에 기여
주요업무 :	길이·시간·질량 등 국가측정표준 확립 및 유지 및 향상, 새로운 측정과학기술 및 평가 기술 개발, 산업체 측정기기에 대한 교정·시험 및 국가표준 보급 서비스

○ ISO에서 우리나라를 대표하는 국가기관은 산업통상자원부 기술표준원(KATS: Korean Agency for Technology and Standards)이며, 현재 주력산업표준과에서 건설분야 업무를 관장하고 있음

- 기술표준정책국을 포함하여 총 4개 국과 총 19개 과로 구성됨

- 국가표준, 국제표준협력활동, 기술규제대응, 제품안전, 인정기구, 평가 및 인증, 법정계량 등의 역할를 수행(한국표준화법)

> •KS표시인증 관련 법규
> 제1조(목적) 이 법은 적정하고 합리적인 산업표준을 제정·보급하여 광공업품 및 산업활동 관련 서비스의 품질·생산효율·생산기술을 향상시키고 거래를 단순화·공정화(公正化)하며 소비를 합리화함으로써 산업경쟁력을 향상시키고 국가경제를 발전시키는 것을 목적으로 한다.

(2) 한국표준협회 (www.ksa.or.kr)

○ 표준 관련 교육, KS인증, 국제인증 등 종합인증서비스 제공

(3) 한국표준정보망(Korean Standards Service Network, www.kssn.net)

○ 한국산업표준, 해외표준 및 도서 등 표준관련 정보검색

(4) 국가표준인증종합정보센터(www.standard.go.kr)

○ 표준정보 포털 서비스로 국가표준에 관한 모든 정보의 수집·가공·제공 및 연계가 종합적으로 이루어지는 Cyber상의 국가표준정보망

○ 성문표준, 측정표준, 참조표준 뿐만 아니라 적합성평가 및 표준화동향 정보, 국제표준화활동 등 표준전반에 걸친 방대한 표준정보를 DB화하여 산업기술과의 연계수단을 확보

(5) 한국표준과학연구원 (www.kriss.re.kr)

○ 국가 측정표준 확립, 측정 과학기술 연구개발, 측정표준 보급을 수행하는 정부출연 연구기관

설립목적 :	국가표준제도의 확립 및 이와 관련된 연구·개발을 수행하고 그 성과를 보급함으로써 국가 경제발전과 과학기술 발전 및 국민의 삶의 질 향상에 기여
주요업무 :	길이·시간·질량 등 국가측정표준 확립 및 유지 및 향상, 새로운 측정과학기술 및 평가 기술 개발, 산업체 측정기기에 대한 교정·시험 및 국가표준 보급 서비스

라. 구조성능평가 관련 국내외 주요 표준 현황

(1) ASTM(미국시험재료협회) 현황

○ Testing for Strength

Designation	Title
C31 / C31M - 10	Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
C39 / C39M - 10	Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
C42 / C42M - 10a	Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete
C78 / C78M - 10	Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)
C192 / C192M - 07	Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
C293 / C293M - 10	Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading)
C469 / C469M - 10	Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression
C470 / C470M - 09	Standard Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically
C496 / C496M - 11	Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
C512 / C512M - 10	Standard Test Method for Creep of Concrete in Compression
C617 - 10	Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
C684 - 99(2003)	Standard Test Method for Making, Accelerated Curing, and Testing Concrete Compression Test Specimens
C873 / C873M-10a	Standard Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds
C918 / C918M - 07	Standard Test Method for Measuring Early-Age Compressive Strength and Projecting Later-Age Strength
C1231 / C1231M-10a	Standard Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders

○ Agencies Performing Construction Inspection, Testing and Special Inspection

Designation	Title
E329 - 11a	Standard Specification for Agencies Engaged in Construction Inspection, Testing, or Special Inspection
E541 - 10	Standard Specification for Agencies Engaged in System Analysis and Compliance Assurance for Manufactured Building
E651 / E651M - 01(2008)	Standard Practice for Evaluating Capabilities of Agencies Involved in System Analysis and Compliance Assurance for Manufactured Building
E699 - 09	Standard Practice for Evaluation of Agencies Involved in Testing, Quality Assurance, and Evaluating of Building Components
E2159 - 01(2008)	Standard Guide for Selection, Assignment, and Monitoring of Persons To Be Utilized as Assessors/Auditors or Technical Experts

○ Fiber-Reinforced Concrete

Designation	Title
C1116 / C1116M-10a	Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete
C1399 / C1399M-10	Standard Test Method for Obtaining Average Residual-Strength of Fiber-Reinforced Concrete
C1550-10a	Standard Test Method for Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete (Using Centrally Loaded Round Panel)
C1579 - 06	Standard Test Method for Evaluating Plastic Shrinkage Cracking of Restrained Fiber Reinforced Concrete (Using a Steel Form Insert)
C1609 / C1609M-10	**Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading)**

○ 기타

Designation	Title
ASTM A1061/A1061M:09	Standard Test Methods for Testing Multi-Wire Steel Strand
ASTM A931:08	Standard Test Method for Tension Testing of Wire Ropes and Strand
ASTM A944:10	Standard Test Method for Comparing Bond Strength of Steel Reinforcing Bars to Concrete Using Beam-End Specimens
ASTM A981:97(2007)	Standard Test Method for Evaluating Bond Strength for 15.2 mm (0.6 in.) Diameter Prestressing Steel Strand, Grade 270, Uncoated, Used in Prestressed Ground Anchors
ASTM A709/A709M:11	Standard Specification for Structural Steel for Bridges
ASTM D5265:09	Standard Test Method for Bridge Impact Testing
ASTM E2103:06	Standard Classification for Bridge Elements and Related Approach Work

○ Guide "E529-04(2011) Standard Guide for Conducting Flexural Tests on Beams and Girders for Building Construction"

Designation: E529 – 04 (Reapproved 2011)

Standard Guide for Conducting Flexural Tests on Beams and Girders for Building Construction[1]

This standard is issued under the fixed designation E529; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This guide covers the flexural testing of beams and girders under simulated service conditions to determine their structural performance characteristics. Methods following this guide are intended primarily for constructions that may not conform with the relatively simple assumptions upon which well-known flexural theories are based. In some cases, they are also suitable for determining the structural adequacy of the design, materials, connections, and fabrication techniques. The methods are not intended for use in routine quality control tests.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* For specific precautionary statement, see 7.1.

2. Referenced Document

2.1 *ASTM Standards:*[2]

E575 Practice for Reporting Data from Structural Tests of Building Constructions, Elements, Connections, and Assemblies

E631 Terminology of Building Constructions

3. Terminology

3.1 For definitions of terms used in this standard, refer to Terminology E631.

4. Significance

4.1 This guide provides a general procedure for conducting flexural load tests on beams and girders of all types. Strength, stiffness, creep, or other useful properties may be obtained. When round-robin tests are to be conducted, a standardized set of procedures conforming to this guide should be agreed upon by the participants prior to testing to ensure a uniform basis for comparison.

5. Types of Tests

5.1 The flexural test is categorized as either a proof test or an ultimate load test. A proof test is intended to give assurance that the member will support a certain minimum short-term load, or to determine the deflection and recovery resulting from the application and removal of such a load. In carrying on a test to failure (ultimate load), more detailed information can be obtained, such as the proportional limit, yield point, ultimate capacity, mode of failure, load-deflection characteristics, and the adequacy of connectors and connections.

5.2 Both laboratory and field tests are acceptable.

5.3 The types of tests described above apply to beams subjected to short-term static loads. If cyclic, dynamic, or long-term sustained load tests are undertaken, care should be taken to ensure that procedures are consistent, that the test setup is reliable, and that load points cannot shift between cycles or impacts.

6. Apparatus

6.1 Loading method, type of test equipment, type of instrumentation, and so forth, are not specified, but are discussed in general terms, with the final choices being left to the discretion of the testing agency or controlling regulatory body.

7. Safety Precautions

7.1 Tests of this type can be dangerous. Equipment and facilities must be designed with ample safety factors to assure that it is the specimen that fails and not the test apparatus or facilities. Observers and sensitive instrumentation must be kept away from beams when loading to failure or in a range where performance is unknown. Gravity loading with concrete blocks, metal bars, sand, or similar materials can be very hazardous at failure as collapse may be sudden and complete.

[1] This guide is under the jurisdiction of ASTM Committee E06 on Performance of Buildings and is the direct responsibility of Subcommittee E06.11 on Horizontal and Vertical Structures/Structural Performance of Completed Structures.

Current edition approved April 1, 2011. Published May 2011. Originally approved in 1975. Last previous edition approved in 2004 as E529 – 04. DOI: 10.1520/E0529-04R11.

[2] For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

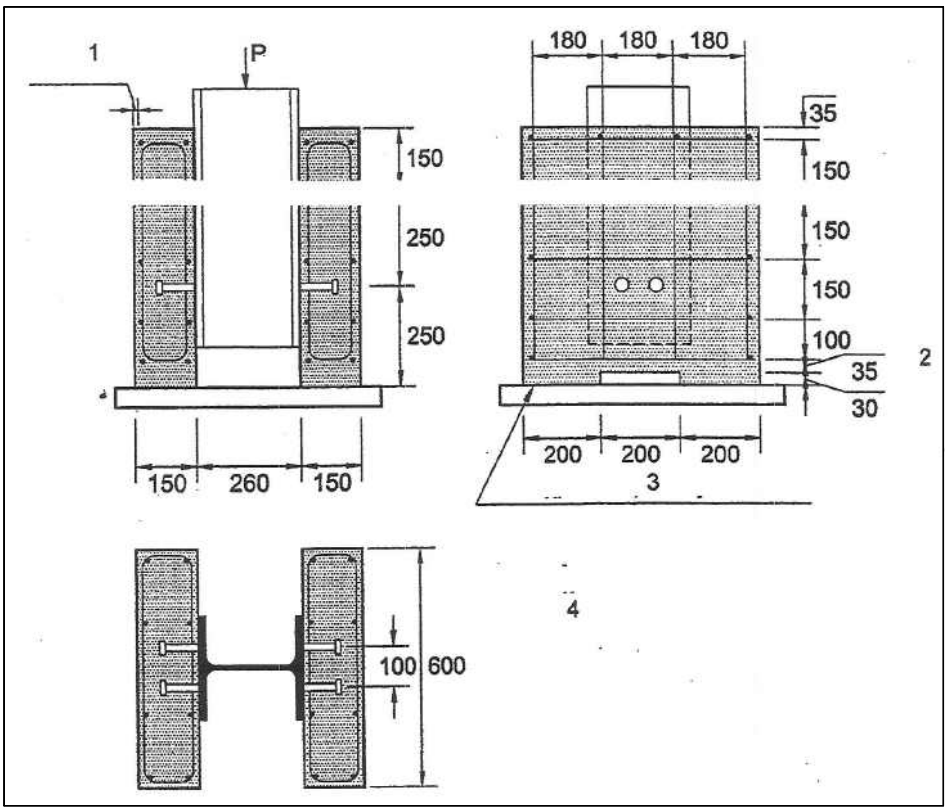
Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

(2) CEN(유럽표준화위원회, European Committee for Standardization)

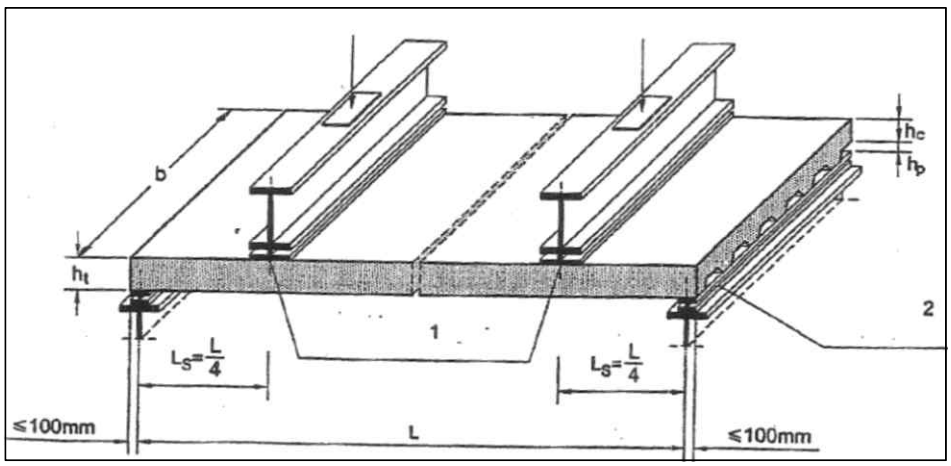
○ 유럽 18개국의 표준화 기구가 참가하여 1961년에 창설. 이제까지 약 400건의 유럽규격(EN)을 제정. 1982년부터는 CEN/CENELEC의 공동 체제

○ Eurocode-4. Design of composite steel and concrete structures (CEN)

- Annex B (informative) Standard tests



[그림 1-24] B.2 Tests on shear connectors



[그림 1-25] B.3 Testing of composite floor slabs

(3) JIS(일본공업규격, Japanese Industrial Standards)

Designation	Title
JIS A 1106:2006	Method of test for flexural strength of concrete
JIS A 1108:2006	Method of test for compressive strength of concrete
JIS A 1107:2002	Method of sampling and testing for compressive strength of drilled cores of concrete
JIS A 1101:2005	Method of test for slump of concrete
JIS A 1129-1:201	Methods of measurement for length change of mortar and concrete -- Part 1: Method with comparator
JIS A 1129-2:2010	Methods of measurement for length change of mortar and concrete -- Part 2: Method with contact-type strain gauge
JIS A 1129-3:2010	Methods of measurement for length change of mortar and concrete -- Part 3: Method with dial gauge
JIS A 1132:2006	Method of making and curing concrete specimens
JIS A 1138:2005	Method of making test sample of concrete in laboratory
JIS A 1149:2010	Method of test for static modulus of elasticity of concrete
JIS A 1150:2007	Method of test for slump flow of concrete
JIS A 1151:2002	Method of test for drying shrinkage cracking of restricted concrete
JIS A 1157:2010	Method of test for compressive creep of concrete
JIS A 1161:1994	Testing methods for bulk specific gravity, water content, absorption and compressive strength of cellular concrete
JIS A 1191:2004	Test method for tensile properties of fiber reinforced polymer (FRP) sheets for reinforcement of concrete
JIS A 1192:2005	Test method for tensile properties of fiber reinforced polymer (FRP) bars and grids for reinforcement of concrete
JIS A 1301:1994/AMENDMENT 1:2011	Method of fire test for wooden structural parts of buildings (Amendment 1)
JIS A 1302:1994	Method of fire test for noncombustible structural parts of buildings
JIS A 1304:1994	Method of fire resistance test for structural parts of buildings
JIS A 1414-1:2010	Performance test methods of panel components for building construction -- Part 1: General rules
JIS A 1414-2:2010	Performance test methods of panel components for building construction -- Part 2: Tests for mechanical properties
JIS A 1414-3:2010	Performance test methods of panel components for building construction -- Part 3: Tests for temperature, humidity and water-proof
JIS A 1414-4:2010	Performance test methods of panel components for building construction -- Part 4: Tests for long-term properties
JIS A 5362:2010	Precast concrete products -- Required performance and methods of verification
JIS A 5363:2010	Precast concrete products -- General rules for methods of performance test
JIS A 5364:2010	Precast concrete products -- General rules of materials and product methods
JIS A 5365:2010	Precast concrete products -- General rules for method of inspection
JIS K 7391:2008	Test methods for vibration-damping property in damped composite beam of unconstrained type

(4) KS 현황

○ 재료 및 건설자재(제품)에 대한 시험기준(강 및 콘크리트 재료, 도료, 강관말뚝, H형강 말뚝, 콘크리트 패널 등)이 대부분이며, 구조성능 실험에 대한 guide 전무

☞ KS 검색 결과

•[KS D 3868] 교량구조용 압연강재
•[KS D 4118] 도로 교량용 주강품
•[KS F 1611-3] 건축구조부재의 내화성능 표준 - 제3부 : 구조용 집성재 보 및 기둥
•[KS F 2257-6] 건축구조부재의 내화시험방법-보의 성능조건
•[KS F 2257-5] 건축부재의 내화시험방법-수평내력 구획부재의 성능조건
•[KS F 2257-7] 건축구조부재의 내화시험방법-기둥의 성능조건
•[KS F 2408] 콘크리트의 휨 강도 시험 방법
•[KS F 2413] 휨 강도 시험한 공시체로 콘크리트의 압축 강도를 시험하는 방법
•[KS F 2422] 콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험 방법
•[KS F 2483] 보의 절편에 의한 폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축 강도 시험방법
•[KS F 2566] 강섬유 보강 콘크리트의 휨인성 시험 방법
•[KS F 4420] 교량 지지용 탄성 받침
•[KS F 4424] 교량 지지용 포트 받침
•[KS F 4425] 교량 신축 이음 장치 시험 방법
•[KS A ISO 6258] 원자력발전소-내진설계
•[KS B ISO 14963] 기계진동 및 충격－교량 및 고가교의 동적 시험 및 조사에 대한 지침
•[KS F ISO 3010] 구조설계기본 - 구조물의 지진작용
•[KS M ISO 6446] 고무 제품－교량 받침－고무 재료 요구 사항

○ 구조성능평가(물리적시험)분야 국제공인시험기관인증(KOLAS) 현황

•한국인정기구(Korea Laboratory Accreditation Scheme)
- 국가 표준제도의 확립등을 위해 설립된 정부기구로, 산업통상자원부 기술표준원 적합성 정책과가 운영함
- 목적 : 국가표준제도의 확립 및 산업표준화제도 운영, 공산품의 안전·품질 및 계량·측정에 관한 사항, 산업기반 기술 및 공업기술의 조사·연구 개발 및 지원 등
- 주요업무 : 국내외 각종 시험기관의 자격 인증

- 국제 기준(ISO) 및 타 국가 기준(ASTM)등 시험항목에 대한 기관인증
- 구조실험분야 ASTM E-529.R2011 등 (미국, 캐나다 인증)
- 국내 대우연구소 인증: 물리적시험
- 건설연구인프라 3개 실험센터(하이브리드구조실험센터, 첨단건설재료실험센터, 지진방재연구센터)

[표 1-2] 건설연구인프라 실험시설의 KOLAS 인정 분야

기관명	분야	규격번호	규격명
하이브리드 구조실험 센터 (명지대)	1.001 금속 및 관련제품	KS B 0802:2003	금속 재료 인장 시험방법
	1.003 시멘트 및 관련제품	KS F 2405:2010	콘크리트 압축강도 시험방법
첨단건설 재료 실험센터 (계명대)	1.0101 금속 및 관련제품	KS B 0802:2003	금속 재료 인장 시험방법
		KS B ISO 1099:2002	금속 재료-축 하중 피로시험
		KS D 3504:2011	철근 콘크리트용 봉강
	1.0103 시멘트 및 관련제품	KS F 2405:2010	콘크리트의 압축강도 시험방법
		KS F 2408:2000	콘크리트의 휨강도 시험방법
		KS F 4020:2006	철근콘크리트 조립식 암거블록
		KS F 4403:2004	원심력 철근 콘크리트관
	1.0104 골재 및 관련제품	KS E 3033:2001	암석의 압축강도 시험방법
	1.0116 건설 및 건자재	KS F 2367:2006	다져진 아스팔트 포장용 혼합물 시료의 두께 측정방법
지진방재 연구센터 (부산대)	6.002 진동특성	MIL-STD-167-1A:2005	Department of Defense test method standard, mechanical vibrations of shipboard equipment (Type I-environmental and Type II-internally excited)
		KS R 9144:1992	철도 차량 부품의 진동시험방법
		전파연구소 공고 제2009-3호	전기통신설비의 내진시험방법

(5) 국토교통과학기술진흥원 신기술인증센터 (www.kictep.re.kr)

○ 건설신기술지정제도를 도입하여 정책적으로 지원함으로써 민간업체(개인포함)의 개발의욕을 고취시켜 국내 건설기술의 발전 및 국가경쟁력을 제고하기 위함

○ 국토교통과학기술진흥원에서 건설신기술인증제도를 도입하여 정책적으로 지원함으로써 민간업체(개인포함)의 개발의욕을 고취시켜 국내 건설기술의 발전 및 국가 경쟁력을 제고

○ KOLAS 또는 품질검사전문기간의 시험성적서를 첨부하도록 의무화하고 있음

○ 품질검사는 기술개발자와 이해관계가 없는 KOLAS 인증기관 또는 품질검사전문기관의 시험성적서를 첨부하도록 규정

☞ KS, ASTM 등 KOLAS에서 인정하는 시험항목의 기준에는 구조부재에 대한 성능검증실험에 대한 기준은 없는 실정

구 분	건설신기술	교통신기술	녹색인증
근거	.건설기술관리법 제18조	.국가통합교통체계효율화법 제102조	.저탄소녹색성장기본법 제32조
신청대상	.건설기술	.교통기술	.녹색기술, 녹색사업, 녹색전문기업확인
신청자격	.기술개발자	.기술개발자와 그 승계인	.소유권 및 실시권(사업권) 보유자
보호기간	.지정 : 3년/연장 : 3년 ~ 7년	.지정 : 3년 or 5년/연장 : 1년 ~ 7년	.지정 : 2년/연장 : 2년
지정절차	.3단계 심사 (1차심사→현장실사→2차심사)	.2단계 심사 (현장심사→기술심사)	.2단계 심사 (현장평가→서류평가)
심사기준	.1차심사 : 신규성, 진보성, 시장성 .2차심사 : 현장적용성, 구조 안전성, 보급성, 경제성 .연장심사 : 품질검증, 활용실적 등	.현장심사 : 신규성, 진보성, 안전성, 보급.활용성 .기술심사 : 신규성, 진보성, 안전성, 보급.활용성 .연장심사 : 품질검증, 활용실적 등	.현장평가 : 신청기술 또는 사업의 실체 등을 확인.조사 .서류평가 : 기술성, 시장성, 녹색성
인센티브	.기술사용료 청구.자금지원 .수의계약, 지명경쟁, 제한경쟁 .설계반영 의무 .PQ 점수 부여 .조달우수제품 선정 시 우대	.기술사용료 청구 .시험시공, 우선 적용 및 구매 권고 .시범사업 우선 적용 .자금지원 .예산절감 시 장려금 지급 .우수 교통신기술 선정 및 포상	.녹색금융상품 세제지원 - 녹색펀드, 녹색예금, 녹색채권 .녹색기업에 대한 R&D 등 지원 .조달청"우수조달물품 지정관리 규정"에 반영('10.12)-1차 심사 면제(제8조의3)

[그림 1-26] 건설신기술/교통신기술/녹색인증 비교

- 2013년 12월 기준으로 총 1,551건이 신청되어 692건이 지정됨
- 연간 신청건수는 매년 50~60여건으로 일정
- 연간 지정건수는 2012년도 기준 38건으로 매년 감소 추세
- 중소기업의 비중이 전체 지정기술의 60% 이상 차지
- 2012년 신기술 활용실적은 2010년도 대비 적용 건수 17.35%, 공사비 15.23% 감소
- 연간 3,300개 현장에 4,500억원 수준으로 매년 증가 추세
- 총 건설공사비 120조원 대비 신기술공사가 차지하는 비중은 약 0.4% 수준
- 기존 기술 대비 공기단축, 시공성 등의 측면에서 약 10% 이상 우수

[그림 1-27] 건설신기술 현황

마. 타 산업분야에 대한 국내 표준화 현황

○ 건설기계분야 국제(ISO) 표준화 사업

☞ 한국건설기계산업협회 자료

•사내규격의 개발을 통한 단체규격으로의 전환 · 부품별/소재별 및 장비별로 분류사업 · 단체표준분과위원회 구성 : 2006년 80개의 단체표준규격 제정 •단체표준분과위 운영사업 · 분과위구성인원: 굴삭기 등 전문가 10여명으로 구성 · 자료구축: EU 및 국내외 기술기준자료 등 해외규격 현황조사사업 •한국산업규격(KS)의 제·개정 지원사업 · ISO규격의 KS규격의 일치화 : ISO 규격 등 국외규격자료 조사사업 · 건설기계 표준개발위원회 운영 : 구조, 용어, 수리조정, 시험방법 등에 대한 연구·분석을 통한 한국산업규격(KS)의 운영·관리에 관한 산학연 통합위원회 구성 •건설기계 국제표준 활성화 · ISO전문위원회 활동의 활성화 지원 - ISO의 자문위원 국제표준 활동(TC 110, 127, 195) 지원시스템 구축 - 산·학·연 전문가의 국제문서 등의 검토체계 확대사업 - 전문위원 사업별 운영지원

바. 국내외 실험 Data model의 표준화 현황

○ 국내의 경우, 정부는 과학기술기본계획을 수립하여 과학기술하부구조 분야에 대한 국가 경쟁력 강화를 위해 지식재산의 창출, 활용, 보호 강화 및 표준개발을 지원하고 있음

○ 또한 국가차원에서 공동연구시설 및 장비의 확충 및 활용을 전략적으로 추진하고 있는 바, 관련 시설과 장비를 통해 얻어지는 DATA에 대한 표준을 마련하여 체계적으로 저장, 관리할 필요가 있음

○ 교육과학기술부의 경우, 기초연구 실험데이터 글로벌 허브구축 사업을 수행하고 있음

- 선진국의 첨단 연구장비, 거대 관측장비 및 모의실험에서 발생하는 대용량 실험데이터를 확보·공유함으로써 국내연구자의 데이터집약형 기초과학연구에 이용할 수 있도록 지원
- 연구장비 구축 등에 많은 예산이 소요되고 물리적으로 접근이 어려운 선진국의 첨단연구시설의 대용량 실험데이터를 공동 활용할 수 있는 허브를 구축함으로써 기초과학분야의 글로벌 경쟁력 확보
- 해외 실험데이터 센터간 그리드 연동을 통한 Tier1급 글로벌 실험데이터 공유·분석 글로벌 허브를 구축
  - ▪ 미국 Fermilab, 일본 KEK 및 스위스 CERN 등의 대용량 실험데이터 중심
  - ▪ 국내외 사용자의 24시간 실시간 원격 데이터 공유·분석 환경 지원
- 글로벌 데이터 분석을 위한 그리드 기반 기술 개발
  - ▪ 글로벌 대용량 실험데이터 색인 및 그리드 액세스 기술 개발

■ 기초연구 실험데이터 글로벌 허브 모니터링 기술 개발

- 글로벌 실험데이터 센터와의 실험데이터 공유 등 국제협력을 통한 글로벌 허브 구축 기술 확보 및 서비스

○ 네트워크 기반 통합 생물정보학 시스템 구축

- Genomic 그리드에서 특정 종의 전체 염기서열 정보를 확인하고 대량으로 가공 처리하기 위한 공동연구 및 산출 데이터의 통합관리 DB구축
- 네트워크를 이용한 유전자, 단백질 데이터베이스 통합 검색시스템 개발

○ 미국의 Data model 표준화 현황

- 미국의 NSF(National Science Foundation)에서 주관하는 국가적 지진공학관련 실험장비 연계망인 NEES 프로그램에서는 공동실험, 의사소통, 교육 ,연구를 위한 서비스를 제공하기 위해 디지털 데이터 보관소를 운영하며 정보 보급 프로그램을 통해서 지식 확산을 증진시키고 있음

○ 유럽의 Data model 표준화 현황

- EU FP7(Seventh Framework Programme for Research and Technological Development)은 협력, 창의, 인력, 역량, 유럽원자력 공동체를 통해서 연구와 기술의 진보를 이룩하려는 EU의 장기 연구계획으로 연구역량 강화 및 잠재력 향상을 위한 e-infra 구축

○ 미국, 유럽, 일본 등의 기술 선진국은 건설기술 시장의 선점을 위해 지속적인 연구투자와 함께 대형 시설들의 네트워킹을 통한 사이버인프라를 구축하고 있으며, 고부가가치 건설기술의 표준화와 세계화를 추진하고 있음

3절. 연구개발 목표 및 내용

1. 연구개발 최종목표

가. 연구개발 최종목표

구조성능평가를 위한 실험 프로세스 표준화
◆ 구조성능평가 실험 프로세스 가이드라인 제시(표준안) ◆ 각 실험절차에 대한 예제 매뉴얼 작성 ◆ 구조성능평가 실험 Data Model 표준(안) 제시

○ 본 과제의 최종목표 달성을 위해 ①교량 상부구조, ②교량 하부구조 및 장치, ③건축구조 부재에 대한 실험 표준화를 위한 가이드라인을 제시하고, 실험 자료의 체계적인 관리를 위한 ④구조성능평가 실험 Data Model 표준(안)을 제시하는 것으로 세부목표 설정

[그림 1-28] 최종 연구목표 및 세부목표

[구조성능평가 실험 프로세스 표준화를 위한 연구목표 및 세부내용]

목표구분	최종목표	세부내용
기술개발	교량 상부구조의 구조성능평가 실험 가이드라인 제시	■ 보/거더 부재의 휨성능 실험프로세스 가이드라인 작성 ■ 보/거더 부재의 동적성능 실험프로세스 가이드라인 작성 ■ 보/거더 부재의 피로성능 실험프로세스 가이드라인 작성 ■ 합성부재 전단연결성능 실험프로세스 가이드라인 작성 ■ 각 부재별 예제 매뉴얼 작성
	교량 하부구조 및 부속장치의 구조성능평가 실험 가이드라인 제시	■ 교각의 구조성능 실험프로세스 가이드라인 작성 ■ 교량 부속장치의 성능 실험프로세스 가이드라인 작성 ■ 각 부재/장치별 예제 매뉴얼 작성
	건축 구조부재의 구조성능평가 실험 가이드라인 제시	■ 슬래브 부재의 휨성능 실험프로세스 가이드라인 작성 ■ 기둥 부재의 압축성능 실험프로세스 가이드라인 작성 ■ 보-기둥 연결부의 구조성능 실험프로세스 가이드라인 작성 ■ 각 부재별 예제 매뉴얼 작성
	구조성능평가 실험 Data Model 표준(안) 제시	■ 구조성능평가 실험 Data Model 표준(안) 작성 ■ Data Model 예제 매뉴얼 작성
연계활동	연구성과 홍보	■ 학회 논문 게제 / 학술대회 발표 ■ 학회지 기술기사
인력양성	실험프로세스 운영 전문인력 양성	■ 실험 전문인력 양성 ■ 실험프로세스 표준의 유관기관 전파 ■ 관련 실험기관에 기술이전

나. 최종목표의 성격 및 설정근거

연구목표	○ 최종목표 - 구조성능평가를 위한 실험 프로세스 표준화
	○ 세부목표 - 교량 상부구조의 구조성능평가 실험 가이드라인 제시 - 교량 하부구조 및 부속장치의 구조성능평가 실험 가이드라인 제시 - 건축 구조부재의 구조성능평가 실험 가이드라인 제시 - 구조성능평가 실험 Data Model 표준(안) 제시
목표성능 수준	○ 국토교통부의 구조성능평가 실험프로세스에 대한 단체표준(안)
설정근거	○ 교량, 건축구조물의 구조부재들은 설계기준 및 시방서 등에서 엄격하게 관리. 또한, 콘크리트 및 강에 대한 기계적 특성은 국내에서는 KS규격으로 표준화되어 있으며 국외의 경우에는 ASTM(미국), SCC(케나다) 등의 단체 또는 국가별 표준과 ISO의 국제표준에 기준 및 가이드화 되어 있음 ○ 그러나 구조부재 단위로는 성능검증을 위한 실험 절차가 기준화 되어 있지 못하며, ASTM과 같은 단체표준에 일부 특정 부재에만 Guide로 제시되어 있음 ○ 따라서, 구조분야 성능검증실험에 대한 국내 표준화 연구가 필요함 ○ 본 연구의 최종 성과물의 목표수준은 구조분야 성능검증실험 프로세스 표준화(국토부 단체표준)를 위한 가이드라인 제시임 ○ 본 과제에서 도출되는 결과물이 건설기술 R&D에 폭넓게 활용되기 위해서는 국토부에서 기준화 등의 추가 진행이 요구됨 - 국내표준(KS) 또는 국제표준(ISO)로의 인증 절차 등 ※ *KS인증은 지식경제부 기술표준원의 KS인증 절차에 따라 진행되어야하기 때문에 본 연구과제의 과업 범위를 벗어남* ※ *또한, 축소모형에 대한 사항은 본 연구의 범위에서 벗어남*

다. 정량적 성과목표

연차	연차별 성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치
1차년도	교량 상부구조의 휨성능 실험 가이드라인 작성	지침/매뉴얼의 개발 건수	실험프로세스 가이드라인 작성 건수 예제 매뉴얼 작성 건수	2건	35%
		학술회의 발표 논문 건수	국내 학술회의 참가 발표논문 건수	1건	5%
	교량 교각의 구조성능 실험 가이드라인 작성	지침/매뉴얼의 개발 건수	실험프로세스 가이드라인 작성 건수 예제 매뉴얼 작성 건수	2건	25%
		학술회의 발표 논문 건수	국내 학술회의 참가 발표논문 건수	1건	5%
	건축 슬래브의 휨성능 실험 가이드라인 작성	지침/매뉴얼의 개발 건수	실험프로세스 가이드라인 작성 건수 예제 매뉴얼 작성 건수	2건	25%
		학술회의 발표 논문 건수	국내 학술회의 참가 발표논문 건수	1건	5%
	소 계				100%
2차년도	교량 거더-바닥판 합성성능 실험 가이드라인 작성	지침/매뉴얼의 개발 건수	실험프로세스 가이드라인 작성 건수 예제 매뉴얼 작성 건수	2건	25%
		학술회의 발표 논문 건수	국내 학술회의 참가 발표논문 건수	1건	5%
		학술지 게재 논문건수	국내 학술지 게재 발표논문 건수	1건	5%
	신축이음의 구조성능 실험 가이드라인 작성	지침/매뉴얼의 개발 건수	실험프로세스 가이드라인 작성 건수 예제 매뉴얼 작성 건수	2건	25%
		학술지 게재 논문건수	국내 학술지 게재 발표논문 건수	1건	10%
	건축 보-기둥 연결부재의 구조성능 실험 가이드라인 작성	지침/매뉴얼의 개발 건수	실험프로세스 가이드라인 작성 건수 예제 매뉴얼 작성 건수	2건	25%
		학술회의 발표 논문 건수	국내 학술회의 참가 발표논문 건수	1건	5%
	소 계				100%
3차년도	교량 거더-바닥판 합성성능 실험 가이드라인 작성	지침/매뉴얼의 개발 건수	실험프로세스 가이드라인 작성 건수 예제 매뉴얼 작성 건수	2건	20%
		학술회의 발표 논문 건수	국내 학술회의 참가 발표논문 건수	1건	5%
		학술지 게재 논문건수	국내 학술지 게재 발표논문 건수	1건	5%
	신축이음의 구조성능 실험 가이드라인 작성	지침/매뉴얼의 개발 건수	실험프로세스 가이드라인 작성 건수 예제 매뉴얼 작성 건수	2건	20%
		학술회의 발표 논문 건수	국내 학술회의 참가 발표논문 건수	2건	5%
	건축 보-기둥 연결부재의 구조성능 실험 가이드라인 작성	지침/매뉴얼의 개발 건수	실험프로세스 가이드라인 작성 건수 예제 매뉴얼 작성 건수	2건	20%
		학술회의 발표 논문 건수	국내 학술회의 참가 발표논문 건수	1건	5%
		학술지 게재 논문건수	국내 학술지 게재 발표논문 건수	1건	5%
	구조성능평가 실험 Data Model 표준(안) 작성	지침/매뉴얼의 개발 건수	Data Model 표준(안) 작성 건수 Data Model 예제 매뉴얼 작성 건수	2건	15%
	소 계				100%

2. 연차별 연구목표 및 내용

가. 1차년도 연구목표 및 내용

수행기관	연구목표	주요 연구내용
주관 (건설연구인프라운영원)	교량 상부구조의 휨성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토 ▪ 실험체 범위 및 종류 등 조사 및 정립 ▪ 실험장비 및 재하절차 등 조사 및 정립 ▪ 계측장비, 센서 및 데이터 모델링 등 조사 및 정립 ▪ 검증용 실험체 제작 및 실험 ▪ 실험 데이터 분석 ▪ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가 ▪ 전문가 검토 및 자문 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
공동 (한국건설기술연구원)	교량 교각의 구조성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토 ▪ 교각 실험사례 조사 및 분석 ▪ 검증용 실험체 제작 및 실험 ▪ 실험 데이터 분석 ▪ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
공동 (대우건설)	건축 슬래브의 휨성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 기준 및 규준 조사 ▪ 국내외 유사 실험현황 조사 ▪ 공인시험 운영지침 조사 ▪ 검증용 실험체 제작 ▪ Case별 실험 수행 ▪ 실험결과 분석 ▪ 최적 실험 Case 도출 ▪ 검증용 실험결과와 유사 실험사례 비교 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성

나. 2차년도 연구목표 및 내용

수행기관	연구목표	주요 연구내용
주관 (건설연구인프라운영원)	교량 거더-바닥판 합성성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토 ▪ 실험체 범위 및 종류 등 조사 및 정립 ▪ 실험장비 및 재하절차 등 조사 및 정립 ▪ 계측장비, 센서 및 데이터 모델링 등 조사 및 정립 ▪ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가 ▪ 전문가 검토 및 자문 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
공동 (한국건설기술연구원)	신축이음의 구조성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토 ▪ 국내외 신축이음 현황 조사 및 분석 ▪ 신축이음 실험사례 조사 및 분석 ▪ 실험 수행 및 데이터 분석 ▪ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
공동 (대우건설)	건축 보-기둥 연결부재의 구조성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 기준 및 규준 조사 ▪ 국내외 유사 실험현황 조사 ▪ 공인시험 운영지침 조사 ▪ 유사 실험사례 비교 ▪ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성

다. 3차년도 연구목표 및 내용

수행기관	연구목표	주요 연구내용
주관 (건설연구인프라운영원)	교량 상부구조의 피로/진동성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토 ▪ 실험체 범위 및 종류 등 조사 및 정립 ▪ 실험장비 및 재하절차 등 조사 및 정립 ▪ 계측장비, 센서 및 데이터 모델링 등 조사 및 정립 ▪ 검증용 실험체 제작 및 실험 ▪ 실험 데이터 분석 ▪ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가 ▪ 전문가 검토 및 자문 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
공동 (한국건설기술연구원)	교좌장치의 구조성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토 ▪ 국내외 교좌장치 현황 조사 및 분석 ▪ 교좌장치 실험사례 조사 및 분석 ▪ 실험 수행 및 데이터 분석 ▪ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
공동 (대우건설)	건축 기둥의 압축성능 실험 가이드라인 작성	▪ 국내외 관련 기준 및 규준 조사 ▪ 국내외 유사 실험현황 조사 ▪ 공인시험 운영지침 조사 ▪ 검증용 실험체 제작 ▪ Case별 실험 수행 ▪ 실험결과 분석 ▪ 최적 실험 Case 도출 ▪ 검증용 실험결과와 유사 실험사례 비교 ▪ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
주관 (건설연구인프라운영원)	구조성능평가 실험 Data Model 표준(안) 제시	▪ 국내외 관련 기술자료 조사 및 검토 ▪ 구조성능평가 실험 사례조사 및 정보 분석 ▪ 구조성능평가 실험 Data Model 표준(안) 작성 ▪ Data Model 예제 매뉴얼 작성

4절. 연구개발결과가 관련분야에서 차지하는 위치

1. 연구개발과제 및 대상기술의 중복성

○ 연구개발과제의 중복방지를 위한 조사 및 검토결과

(단위 : 억원)

부처명	사업명	과제명	예산	비 고
국토해양부	건설교통R&D정책인프라사업	건설기술 표준화를 위한 중장기 발전전략 수립 연구	1.5	
국토해양부	건설교통R&D정책인프라사업	성능중심의 건설기준 표준화	92.5	

- “건설기술 표준화를 위한 중장기 발전전략 수립 연구”과제는 ‘10. 12 ~ ’11. 09까지 수행되는 과제로서, 건설기술 표준화를 위한 중장기 추진전략을 수립하고 기술로드맵 및 건설기술 표준화 우선추진 과제를 도출하는 것으로 실험기술 표준화와는 중복성이 없음

- “성능중심의 건설기술 표준화”과제는 ‘06. 9. ~ ’11. 5.까지 수행된 과제로서, 도로포장, 궁구조물, 건축물, 기초, 부대시설, 터널, 조경, 건축기계/전기 설비 등에 대한 성능 및 표준화 설계 시공 지침(안)과 일부 설계기준 개정(안) 개발이 주 내용으로 본 실험기술 프로세스 표준화와는 중복성이 없음

2. 타 산업 및 국내외 연계·협력 가능성

<해당사항 없음>

제2장 연구개발 수행내용 및 결과

1절. 연구수행 추진전략 및 수행방법

1. 연구개발 추진전략 및 체계

가. 연구개발 추진전략

○ 산학연 컨소시엄 구성 : 건설연구인프라운영원, 건설기술연구원, 대우건설
○ 국내 최고수준의 구조분야 실험시설 보유 기관 및 관련분야 전문가 참여
○ 3개 기관이 각각 전문성이 높은 구조분야(부재)에 대한 표준화 작업을 책임지고 수행
○ 주관기관에서는 상호 공통의 표준(안) 도출을 위한 협의와 조정 역할 병행
○ 실험자료 Data Model 표준(안) 도출은 주관기관에서 전담하되 공동연구기관에서 지원
○ 국내 구조분야 실험/연구개발 전문가로 전문가 그룹 구성하여 연구진에서 작성한 절차서 초안 등 검토
○ 실험 프로세스 가이드라인(안)에 대한 전문가 자문을 통해 최종(안) 도출
○ 전문가 그룹은 대형 실험시설을 보유, 운영하고 있거나 관련분야 연구 및 실험 노하우 등이 풍부한 연구자로 구성하여 운영
○ 실험절차서와 예제매뉴얼이 작성되면, 관련기관에 제공하여 활용하고 보완 사항을 피드백 받아 보완할 수 있는 환류체계를 갖춤

나. 추진체계 및 연구역량

(1) 추진체계

○ 산학연 컨소시엄을 구성하여 상호간의 원활한 의사소통 및 긴밀한 협조에 의해 연구업무 수행

[그림 2-1] 연구과제 수행 체계 조직도

[그림 2-2] 연구과제 수행 체계 및 범위

구 분	주관연구기관 (건설연구인프라운영원)	공동연구기관 (한국건설기술연구원)	공동연구기관 ((주)대우건설)
1차년도 (`11~`12)	▪ 교량 상부구조의 휨성능 실험 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성	▪ 교량 교각의 구조성능 실험 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성	▪ 건축 슬래브의 휨성능 실험 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
2차년도 (`12~`13)	▪ 교량 거더-바닥판 합성성능 실험 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성	▪ 신축이음의 구조성능 실험 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성	▪ 건축 보-기둥 연결부재의 구조성능 실험 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
3차년도 (`13~`14)	▪ 교량 상부구조의 피로/진동성능 실험 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성 ▪ 구조성능평가 실험 Data Model 표준(안) 작성 및 예제 매뉴얼 작성	▪ 교좌장치의 구조성능 실험 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성	▪ 건축 기둥의 압축성능 실험 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성

(2) 참여 연구기관 및 연구진의 역량

○ 본 과제의 수행기관들은 구조분야에 있어 국내 최고 수준의 실험시설/장비를 보유하고 있으며, 연구진 또한 해당 분야에 대한 수많은 실험 경험과 노하우를 갖고 있는 최고의 전문가로 구성함. 연구조직은 건설연구인프라운영원(하이브리드구조실험센터), 한국건설기술연구원 및 대우건설 기술연구원으로 구성

○ 참여기관은 국내에서 토목, 건축분야 성능검증실험 연구를 수행하기에 가장 적합한 최적의 전문기관으로, 국내 또는 국제 표준 시험기준에 따라 실험을 수행할 수 있는 국제공인시험인증기관(KOLAS)으로 인증을 받고 있음

○ 공동연구기관으로 참여하는 한국건설기술연구원은 KOLAS와 별도로 건설관련분야 ISO를 획득하고 있으며, (주)대우건설은 건설관련분야에 대한 품질검사가 가능한 품질검사전문기관의 자격을 갖추고 있음

○ 특히, 참여기관 모두는 다양한 구조성능검증을 수행할 수 있는 자체 실험시설과 장비를 갖추고 있어 본 표준화 과제 진행 중 적합도, 숙련도 및 비교시험 등을 효과적으로 수행할 수 있음

○ 참여기관들은 국내 KS규격, 국제 ISO, ASTM 등 국제기준에 따른 실험을 직접 수행하고 있기 때문에 본 연구에서 목표하고 있는 구조성능시험에 대한 기준 마련에 최적임

○ 특히, 대우건설 기술연구원은 구조성능분야 물리적시험에 대한 KOLAS 인증을 획득하고 있음

○ 따라서 건설분야 구조성능평가를 위한 교량과 건축물의 구조부재에 대한 실험프로세스 표준화와 이를 반영한 비교 실험을 수행할 수 있어 연구효율성, 전문성 및 비용적 측면에서 최상의 연구수행 결과를 도출

○ 3개 참여기관이 각각 개별 구조분야에 대한 표준화 작업을 책임지고 수행
- 실험가이드라인 및 구조성능평가 실험 관련 Data Model 제안을 위해 본 과제에 참여하는 3개 기관의 실험현황 뿐만 아니라 다양한 국내외 실험 사례조사 및 현황 분석을 수행

[그림 2-3] 참여기관의 연구역량 비교

○ 주관기관에서는 상호 공통의 표준(안) 도출을 위한 협의와 조정 역할
- 연구수행의 전 과정에 있어 주관기관을 중심으로 최종 목표성과 달성을 위해 유기적인 협력체계를 갖춰 진행

○ 실험자료의 Data Model 표준(안) 도출은 주관기관에서 전담하되 공동연구기관에서 지원
- 정형화가 필요한 실험모델에 대해서는 다양한 실험 현황 분석을 통해 표준이 될 수 있는 실험모델을 제시

○ 구조분야(교량, 건축) 구조성능실험의 표준화 도출을 위해 산학연 전문가로 연구진을 구성하였으며 연구기관을 컨소시엄으로 구성하고 관련분야 전문가 총 16명 참여(박사: 7명, 석사: 5명, 학사: 2명)

○ 구조분야에서 10년 이상 연구개발 및 실험 경험을 갖고 있는 전문가가 10명 이상임

○ 관련분야 공동의 표준(안)을 도출하기 위해 다양한 분야의 실험 전문가들을 전문가활용으로 참여시킴
- 국내 구조분야 실험/연구개발 전문가로 전문가 그룹을 구성(표준화 범위, 국내외 표준화 현황 자료조사)
- 실험 프로세스 가이드라인(안)에 대한 전문가 자문을 통해 검토와 조정을 거쳐 최종(안) 도출
- 전문가 그룹에 대형 실험시설을 보유, 운영하고 있으며 실험 경험과 노하우를 갖고 있는 연구자, 교수 등으로 구성
- 실험절차서 검토는 교육활용분야 등 연구분야에 사용하기 위해 관련 구조분야의 산학연 전문가를 구성하여 활용함
- 학계분야에 전문가를 다수 투입하여 실제 학생들의 교육 및 강좌에 활용

[표 2-1] 전문가 활용 및 내용

순번	성명	소속	직급	활용 내용
1	신수봉	인하대학교	교수	· 실험절차서 총론 검토 · 휨실험, 슬래브 휨실험, 교각실험, 피로실험, 진동실험, 신축이음, 기둥압축 실험절차서 검토 및 자문
2	이재훈	영남대학교	교수	· 실험절차서 총론 검토 · 휨실험, 슬래브 휨실험, 교각실험, 피로실험절차서 검토 및 자문
3	김호경	서울대학교	교수	· 실험절차서 총론 검토 · 휨실험, 슬래브 휨실험, 교각실험, 피로실험절차서 검토 및 자문
4	정철헌	단국대학교	교수	· 교량 거더-바닥판 합성성능 실험
5	조재열	서울대학교	교수	· 실험절차서 총론 검토 · 휨실험, 슬래브 휨실험, 교각실험, Data model, 동적 실험절차서 검토 및 자문
6	심창수	중앙대학교	교수	· 실험절차서 총괄 검토 · 교량 거더-바닥판 합성성능 실험
7	천성철	목포대학교	교수	· 실험절차서 총론 검토 · 휨실험, 슬래브 휨실험, 교각실험, 보-기둥 접합부, 건축 기둥 압축 실험절차서 검토 및 자문
8	김길희	공주대학교	교수	· 보-기둥 접합부 실험절차서 검토 및 자문
9	김남식	부산대학교	교수	· Data model, 동적 실험절차서 검토 및 자문
10	김도현	경기과학기술대	교수	· 건축 기둥 압축 실험절차서 검토 및 자문
11	신동구	명지대학교	교수	· 피로실험 절차서 검토 및 자문
12	권승희	명지대학교	교수	· 교량 거더-바닥판 합성성능 실험
13	김병일	명지대학교	교수	· 연구성과물 홍보 및 배포 방안 등 제시
14	박종섭	한국건설기술연구원	연구위원	· 피로 실험 수행 관련 자문
15	정우태	한국건설기술연구원	수석 연구원	· 피로 실험 수행 및 계측 관련 자문
16	이규완	카이센	이사	· Data model 표준 관련 자문

(3) 연구기관의 실험시설·장비 확보 현황

○ 연구기기・장비・시설 보유 현황
- 세계적 수준의 실험시설 및 장비를 보유, 활용하고 있음

[표 2-2] 참여연구기관의 연구시설・장비 보유 현황

연구기관	연구기자재 및 연구시설명	규 격	수량	활용용도	보유기관	확보방안	비 고
주관-건설연구인프라운영원	Actuator(Dynamic)	250kN	2	구조실험	건설연구인프라운영원	보유	
	Actuator(Dynamic)	500kN	2	구조실험	건설연구인프라운영원	보유	
	Actuator(Dynamic)	1,000kN	2	구조실험	건설연구인프라운영원	보유	
	Actuator(Dynamic)	2,000kN	2	구조실험	건설연구인프라운영원	보유	
	유압가력기 컨트롤러	2ch	1	구조실험	건설연구인프라운영원	보유	
	유압가력기 컨트롤러	4ch	2	구조실험	건설연구인프라운영원	보유	
	유압가력기 컨트롤러	1ch	1	구조실험	건설연구인프라운영원	보유	
	유압펌프	180gpm	4	구조실험	건설연구인프라운영원	보유	
	Actuator(Static)	5,000kN	2	구조실험	건설연구인프라운영원	보유	
	UTM(Dynamic)	5,000kN	1	구조실험	건설연구인프라운영원	보유	
	UTM(Static)	5,000kN	1	구조실험	건설연구인프라운영원	보유	
	동적계측장비	64ch	5	변위,가속도,변형률	건설연구인프라운영원	보유	
	하이브리드계측장비	40ch	1	변위,가속도,변형률	건설연구인프라운영원	보유	
	정적계측장비	30ch	2	변위,변형률,온도	건설연구인프라운영원	보유	
	로딩프레임	10,000kN(6x7x12.5m)	1	구조실험	건설연구인프라운영원	보유	
	반력시스템(반력바닥	50x13m	1	구조실험	건설연구인프라운영원	보유	
	반력시스템(반력벽)	8x(12+9+6)m	1	구조실험	건설연구인프라운영원	보유	
	외부실험패드	6x6m@3EA	1	구조실험	건설연구인프라운영원	보유	
공동-한국건설기술연구원	Actuator(Static)	400 t	1	구조실험	한국건설기술연구원	보유	
	Actuator(Static)	350 t	3	구조실험	한국건설기술연구원	보유	
	Actuator(Dynamic)	100 t	2	구조실험	한국건설기술연구원	보유	
	Actuator(Dynamic)	50 t	2	구조실험	한국건설기술연구원	보유	
	Actuator(Dynamic)	25 t	4	구조실험	한국건설기술연구원	보유	
	UTM(Dynamic)	200 t	1	구조실험	한국건설기술연구원	보유	
	UTM(Dynamic)	100 t	1	구조실험	한국건설기술연구원	보유	
	DATA LOGGER	50Ch/1Sec	5	DATA 계측	한국건설기술연구원	보유	
	DATA LOGGER	10Ch/2.5KHz	1	DATA 계측	한국건설기술연구원	보유	
	SWITCHING BOX(고속)	50 Ch	4	DATA 계측	한국건설기술연구원	보유	
	변위계	2,000 mm	2	변위계측	한국건설기술연구원	보유	
	변위계	1,000 mm	5	변위계측	한국건설기술연구원	보유	
	변위계	300 mm	2	변위계측	한국건설기술연구원	보유	
	변위계	200 mm	10	변위계측	한국건설기술연구원	보유	
	변위계	100 mm	10	변위계측	한국건설기술연구원	보유	
	변위계	50 mm	10	변위계측	한국건설기술연구원	보유	
	100 TON 유압잭(압축)		2	구조실험	한국건설기술연구원	보유	
	반력프레임 1	500 t	2식	구조실험	한국건설기술연구원	보유	
	반려프레임 2	300 t	2식	구조실험	한국건설기술연구원	보유	

연구수행 기관	연구기자재 및 연구시설명	규 격	수량	활용용도	보유기관	확보방안	비 고
공동-(주) 대우건설	Actuator(Static)	260 t	1	구조실험	대우건설	보유	
	Actuator(Static)	200 t	2	구조실험	대우건설	보유	
	Actuator(Static)	100 t	6	구조실험	대우건설	보유	
	Actuator(Static)	50 t	2	구조실험	대우건설	보유	
	Actuator(Dynamic)	50 t	2	구조실험	대우건설	보유	
	Actuator(Dynamic)	10 t	1	구조실험	대우건설	보유	
	DATA LOGGER	1000Ch/1Sec	2	DATA 계측	대우건설	보유	
	DATA LOGGER	1000Ch/20Sec	1	DATA 계측	대우건설	보유	
	DATA LOGGER	10Ch/2.5KHz	1	DATA 계측	대우건설	보유	
	SWITCHING BOX(고속)	50 Ch	6	DATA 계측	대우건설	보유	
	200mm 변위계	200 mm	2	변위계측	대우건설	보유	
	100mm 변위계	100 mm	10	변위계측	대우건설	보유	
	50mm 변위계	50 mm	12	변위계측	대우건설	보유	
	25mm 변위계	25 mm	12	변위계측	대우건설	보유	
	1mm 변위계	10 mm	4	변위계측	대우건설	보유	
	1,000 TON유압잭(압축)	1,000 TON	1	구조실험	대우건설	보유	
	500 TON 유압잭(압축)	500 TON	1	구조실험	대우건설	보유	
	100 TON 유압잭(압축)	100 TON	2	구조실험	대우건설	보유	
	300 TON 유압잭(인장)	300ton	2	구조실험	대우건설	보유	
	120 TON 유압잭(인장)	120 TON	2	구조실험	대우건설	보유	
	50 TON 유압잭(인장)	50 TON	2	구조실험	대우건설	보유	
	일정하중 유지장치	-	2	구조실험	대우건설	보유	
	반력프레임 1	500 TON	1식	구조실험	대우건설	보유	
	반려프레임 2	200 TON	1식	구조실험	대우건설	보유	
	다목적프레임	다양	-	구조실험	대우건설	보유	

2. 연구수행 방법

○ 실험절차 가이드라인 및 구조성능평가 실험 관련 Data Model 표준(안) 제안을 위해 본 과제에 참여하는 3개 기관의 실험사례 뿐만 아니라 다양한 국내외 시험기준, 실험 사례조사 및 현황 분석을 수행

- 실험절차서 작성에 있어 관련 실험분야에 대한 국내외 실험사례, 시험 표준 조사 및 분석을 보다 폭넓게 진행하여 반영
- 각종 관련 기준(KS, ISO, ASTM 등)을 조사 및 분석하고 이를 통해 관련 기술의 표준화 현황, 표준 사례, 적용 사례 등을 검토
- 국내외에서 수행되는 대상 부재에 대한 실험사례를 조사하고 관련 논문을 분석하여 실험에 요구되는 가이드라인을 제시함

○ 한정된 연구비 예산을 고려하여 비교(검증)실험을 통해 제시되는 가이드라인과 기존 자료 조사·수집 및 분석을 통해 제시되는 가이드라인으로 나누어 진행

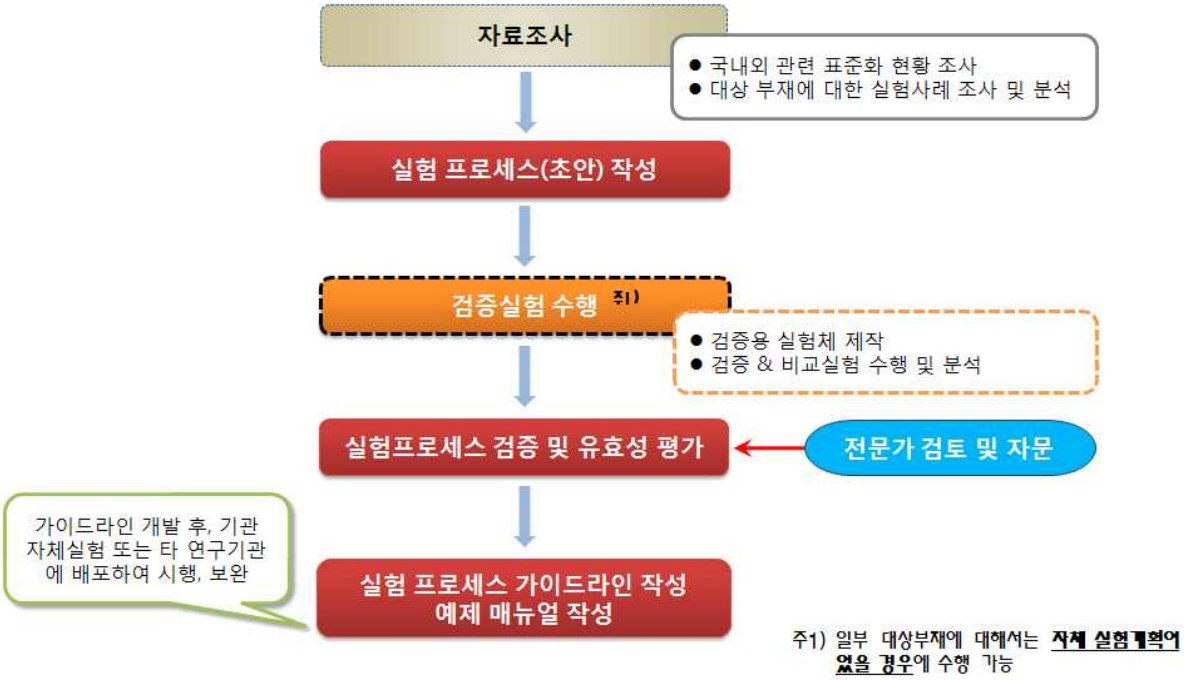
- 검증실험 수행 대상 실험
  - ·콘크리트 보(거더)의 휨 실험 (건설연구인프라운영원)
  - ·강 거더의 피로 실험 (건설연구인프라운영원)
  - ·교각의 준정적 실험 (한국건설기술연구원)
  - ·교좌장치 및 신축이음 성능 실험 (한국건설기술연구원)
  - ·건축부재 슬래브 휨성능 실험 ((주)대우건설)
  - ·기둥 압축성능 실험 ((주)대우건설)
  - ·건축 보-기둥 연결부재 구조성능 실험 ((주)대우건설)
- 기존 실험사례 조사 및 분석 활용 대상 실험
  - ·강 거더의 진동 실험 (건설연구인프라운영원)
  - ·교량 거더-바닥판 합성성능 실험 (건설연구인프라운영원)

※ 기존 실험사례 조사 및 분석 활용 대상 실험은 기관에서 기수행한 실험사례를 활용하여 실험절차서 검증과 예제매뉴얼 작성

○ 가이드라인 제시 대상은 구조성능실험 빈도가 많아 표준 실험절차가 우선적으로 요구되는 부재 및 장치를 대상으로 하였으며, 한정된 연구비와 연구기간내에 가능한 많은 부분을 포함하기 위해 일부 대상에 대해서는 과거에 여러 연구기관에서 수행된 실험 보고서 등의 자료를 수집, 분석하여 사례분석을 통한 가이드라인을 제시함

○ 본 과업에서 제시되는 모든 가이드라인은 비교실험 여부와 관계없이 모든 실험 연구자들이 충분히 활용할 수 있을 정도의 결과물이 되도록 작성, 제시됨

○ 특히, 제시된 가이드들은 국제표준에 부합될 수 있는 내용으로 작성됨



[그림 2-4] 실험 프로세스 가이드라인 작성 절차도

[표 2-3] 연구수행 단계별 접근방법

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근 방법)
국내외 관련 기술 자료의 조사 및 검토	- 국내외 실험 표준 조사, 분석 - 관련분야별 실험사례(보고서, 논문 등) 조사, 분석 - 자료 분석을 통해 실험가이드라인 초안 작성
검증용 실험체 제작, 실험 및 데이터 분석	- 실험 검토를 위해 기관에서 수행한 외부 용역자료를 활용 - 검증실험을 위한 실험체 제작 및 실험 수행 수행 - 각각 실험별 주요 영향인자 분석과 case별 실험 수행
전문가 검토 및 자문	- 각 대상 부재별 실험 가이드라인 자문(실험 프로세스 검토) - 관련분야 실험 전문가 참여 및 검증
실험프로세스 가이드라인 및 예제 지침서 작성	- 각 대상 부재별 가이드라인 및 예제매뉴얼 작성

○ 국내 구조분야 실험/연구개발 전문가로 전문가 그룹을 구성하여, 구조성능분야 실험프로세스 표준화를 위한 범위, 국내외 표준화 현황 및 관련 자료조사를 수행함

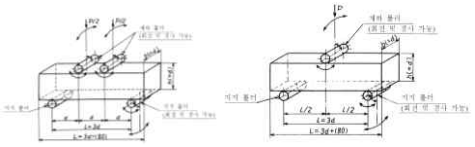
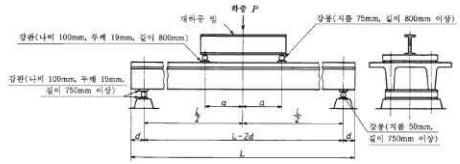
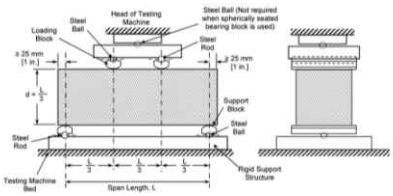
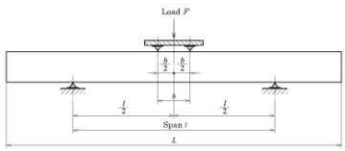
○ 국내외 관련 실험사례, 관련 시험 표준 조사 및 분석에 중점을 두어 실험절차서 작성

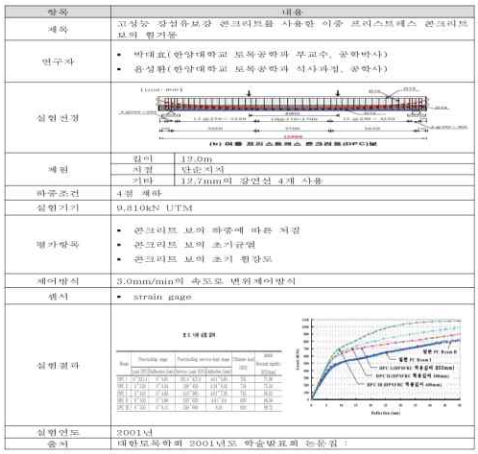
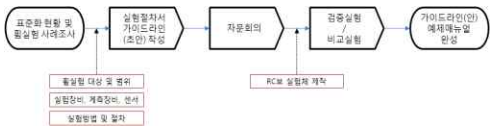
○ 또한, 각 기관별로 제시한 실험 프로세스 가이드라인(안)은 전체 총괄 또는 개별 실험 분야별로 전문가 자문을 통해 검토와 조정을 거쳐 분야별 최종 가이드라인을 도출함

2절. 연구개발 결과 및 주요내용

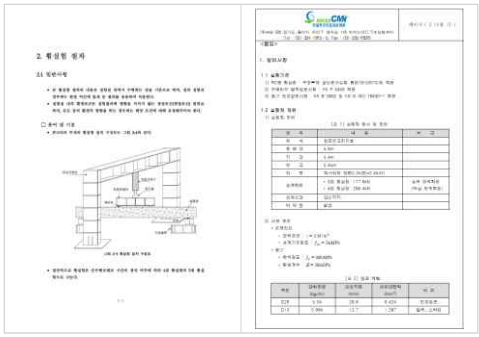
1. (1차년도) 주요 연구수행 내용

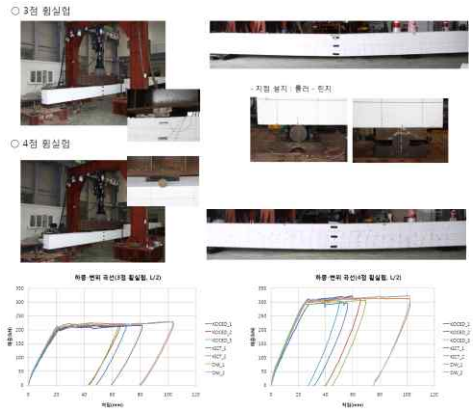
가. 보/거더 휨실험 절차서 작성

연 차	연구 내용	연구 결과
1차년도	○ 국내외 관련 표준화 현황 조사 ① KS 표준(휨부재 실험) • 재료시험 표준(휨 강도) - KS F 2408 콘크리트의 휨 강도 시험 방법 • 프리캐스트 제품에 대한 표준 - KS F 4202 프리스트레스트 콘크리트 슬래브(더블 T형) - KS F 2257-6 건축 부재의 내화 시험 방법 - 보의 성능 조건 - KS F 2257-7 건축 부재의 내화 시험 방법 - 기둥의 성능 조건 - KS F 1611-3 건축 구조 부재의 내화 성능 표준 - 제3부: 구조용 집성재 보 및 기둥 - KS F 4406 프리스트레스트 콘크리트 실린더관 - KS F 2150 목구조용 실대재의 휨시험방법 - KS F 4034 속빈 프리스트레스트 콘크리트 패널 - KS F 2273 조립용 판의 성능 시험방법 - KS F 4207 프리스트레스트 콘크리트 침목 - KS F 4405 코어식 프리스트레스트 콘크리트 관 (JIS A 5363 참조) ② 미국(ASTM) • 보/거더 부재의 휨실험 가이드라인 제시(포괄적 일반사항 기술) - ASTM E529-04 Standard Guide for Conducting Flexural Tests on Beams and Girders for Building Construction • 재료시험 기준 - ASTM C78/C78M-10 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading) - ASTM C293/C293M-10 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Center-Point Loading) ③ 일본(JIS) • 특정 제품화된 부재들에 대해 공통의 시험기준 제시 • 시험기준에 포함될 수 있는 프리캐스트 제품군을 별도로 규정 - JIS A 5371 Precast unreinforced concrete products - JIS A 5372 Precast reinforced concrete products - JIS A 5373 Prestressed concrete products • 프리캐스트 콘크리트 제품에 대한 성능평가방법에 대한 일반규정 - JIS A 5363 Precast concrete products -General rules for methods of performance test	○ 국내외 관련 표준화 현황 분석 결과 ① KS 표준(휨부재 실험) • KS F 2408 콘크리트의 휨 강도 시험 방법 - 공시체, 시험기, 시험방법, 평가방법 제시 - ISO 4013 부합  <3등분점 재하> <중앙점 재하> • KS F 4202 프리스트레스트 콘크리트 슬래브(더블 T형) - 재료 및 제작 방법 / 시험방법L 휨 측정, 굽힘강도 시험  ② 미국(ASTM) • ASTM E529-04 - 적용 범위, 참조 표준(ASTM standards) - 실험 분류 및 항목 Proof test & Ultimate load test proportional limit, yield point, ultimate capacity, mode of failure, load-deflection characteristics, adequacy of connectors and connections - 실험 개수, 재료 및 실험체, 제작오차, 안전 등 - 실험 준비 사항 - 실험체 설치, 지점, 하중, 계측기기, 센서 등 - 하중 재하 절차 - 결과 보고 • ASTM C78/C78M, ASTM C293/C293M 분석 - 'KS F 2408 콘크리트의 휨 강도 시험 방법'과 동일 - Flexural strength of Concrete specimen: simple beam  ③ 일본(JIS) • JIS A 5363 분석 - 실험체 설치절차, 하중 가력 속도, 평가 항목 등에 대한 상세 절차 미흡. 다양한 프리캐스트 제품에 대한 실험방법 제시 - components : beam, plate, box 암거, L-옹벽, 관거 등 - Tests : bending, shear, compression, internal pressure test 등  <Beam component: bending test>

<table>
<tr><th>연 차</th><th>연구 내용</th><th>연구 결과</th></tr>
<tr>
<td rowspan="2">1차년도</td>
<td>○ 국내외 관련 실험 현황, 기술자료 조사
- 관련 보고서, 학회 논문 등 조사
- 휨실험의 적용범위, 대상 실험체, 실험장비, 센서, 하중재하 방법, 가력석도, 계측 및 분석 자료, 결과 보고서 수록 항목 등 조사
- 실험절차서 및 예제매뉴얼 작성시 분석결과 반영</td>
<td>○ 국내외 관련 실험 현황, 기술자료 분석
 
<table>
<tr><th>항목</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>제목</td><td>고성능 장섬유보강 콘크리트를 사용한 이중 프리스트레스 콘크리트 보의 휨거동</td></tr>
<tr><td>연구자</td><td>▪ 박대효(한양대학교 토목공학과 부교수, 공학박사)
▪ 윤성환(한양대학교 토목공학과 석사과정, 공학석사)</td></tr>
<tr><td>실험전경</td><td>(1000~800)
(b) 이중 프리스트레스 콘크리트(DPC)보</td></tr>
<tr><td>제원</td><td>길이 12.0m
지점 단순지지
기타 12.7mm의 강연선 4개 사용</td></tr>
<tr><td>하중조건</td><td>4점 재하</td></tr>
<tr><td>실험기기</td><td>9,810kN UTM</td></tr>
<tr><td>평가항목</td><td>▪ 콘크리트 보의 파괴에 따른 처짐
▪ 콘크리트 보의 초기균열
▪ 콘크리트 보의 초기 휨강도</td></tr>
<tr><td>제어방식</td><td>3.0mm/min의 속도로 변위제어방식</td></tr>
<tr><td>센서</td><td>▪ strain gage</td></tr>
<tr><td>실험결과</td><td>표 1. 시험결과
Load (kN)
Deflection (mm)</td></tr>
<tr><td>실험연도</td><td>2001년</td></tr>
<tr><td>출처</td><td>대한토목학회 2001년도 학술발표회 논문집 :</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr>
<td>○ 실험 가이드라인(실험절차서) 및 예제 매뉴얼 작성
- 실험절차서 작성 방법
 

- 실험절차서 가이드라인 초안 작성
- 전문가 검토 및 자문 수행
- 절차에서 따른 검증용 실험체 제작 및 실험 수행
- 비교실험을 통한 실험프로세스 검증 및 유효성 평가
- 예제매뉴얼 작성 및 가이드라인 완성

○ 실험 가이드라인(실험절차서) 검증실험
- 지간 5.8m RC보(단면: 0.35x0.45m) 총 25개 제작
- 하중속도, 하중간격(4점 휨실험)에 따른 비교
- 기관별 비교실험 수행: 유효성 평가, 균질도 확인 (건설연구인프라운영원, 건기연, 대우건설)</td>
<td>○ 실험 가이드라인(실험절차서) 및 예제 매뉴얼 작성
 
- 실험절차서 가이드라인 완성
- 실험예제매뉴얼 완성 (실험결과서 양식 포함)

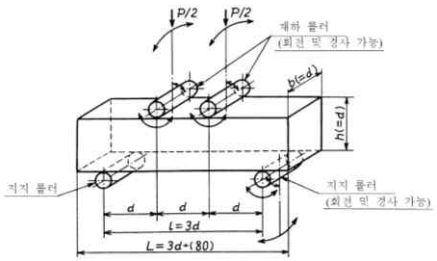
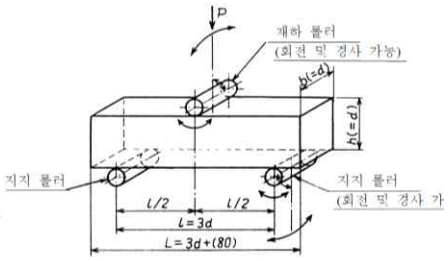
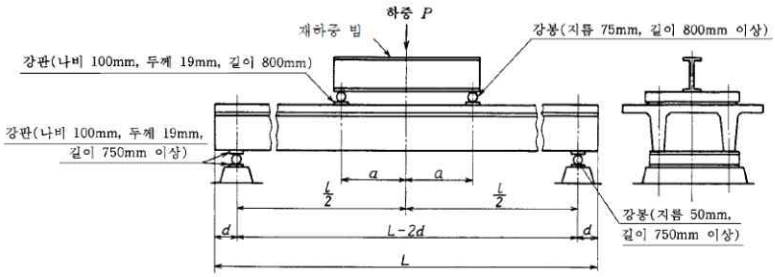
○ 실험 가이드라인(실험절차서) 검증실험
- 비교실험 수행(3개 기관)
- 동일 절차에 따라 실험 수행
- 최대오차 5% 이내로 실험결과의 균질성 확보 가능
 

<3점 휨실험> <4점 휨실험></td>
</tr>
</table>

■ 국내외 관련 표준화 현황 조사 및 분석

① 우리나라 표준(KS)

- 재료시험 또는 규격화된 콘크리트 제품에 대한 KS 표준은 있으나 구조부재 수준의 시험기준은 전무함
- 재료시험 표준(휨 강도)
  - KS F 2408 콘크리트의 휨 강도 시험 방법
- 프리케스트 제품에 대한 표준
  - KS F 4202 프리스트레스트 콘크리트 슬래브(더블 T형)
  - KS F 2257-6 건축 부재의 내화 시험 방법 - 보의 성능 조건
  - KS F 2257-7 건축 부재의 내화 시험 방법 - 기둥의 성능 조건
  - KS F 1611-3 건축 구조 부재의 내화 성능 표준 - 제3부: 구조용 집성재 보 및 기둥
  - KS F 4406 프리스트레스트 콘크리트 실린더관
  - KS F 2150 목구조용 실대재의 휨시험방법
  - KS F 4034 속빈 프리스트레스트 콘크리트 패널
  - KS F 2273 조립용 판의 성능 시험방법
  - KS F 4207 프리스트레스트 콘크리트 침목
  - KS F 4405 코어식 프리스트레스트 콘크리트 관 (JIS A 5363 참조)

구분	내용
콘크리트 휨강도 시험	• *KS F 2408 콘크리트의 휨 강도 시험 방법* - 공시체, 시험기, 시험방법, 평가방법 제시 - ISO 4013 부합   <3등분점 재하> <중앙점 재하>
프리캐스트 제품	• *KS F 4202 프리스트레스트 콘크리트 슬래브(더블 T형)* - 재료 및 제작 방법 / 시험방법L 휨 측정, 굽힘강도 시험 

② 미국(ASTM)

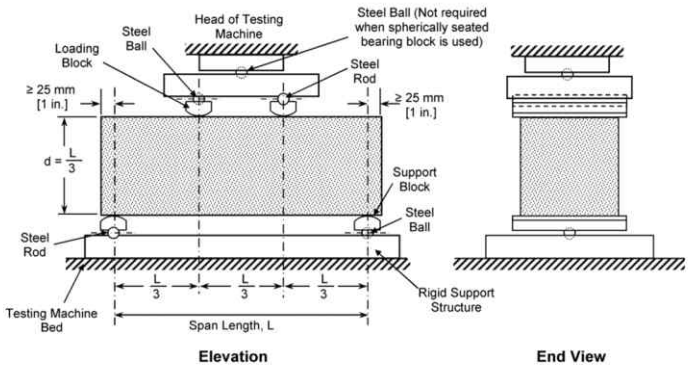
- 보/거더 부재의 휨실험 가이드라인 제시(포괄적 일반사항 기술)
  - ASTM E529-04 Standard Guide for Conducting Flexural Tests on Beams and Girders for Building Construction
- 재료 수준의 시험기준
  - ASTM C78/C78M-10 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)
  - ASTM C293/C293M-10 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Center-Point Loading)

□ ASTM E529-04 분석

시험항목	내용
Flexural test	◦ 적용 범위 ◦ 참조 표준(ASTM standards) ◦ 실험 분류 및 항목 - Proof test & Ultimate load test - proportional limit, yield point, ultimate capacity, mode of failure, load-deflection characteristics, adequacy of connectors and connections ◦ 실험 개수, 재료 및 실험체, 제작오차, 안전 등 ◦ 실험 준비 사항 - 실험체 설치, 지점, 하중, 계측기기, 센서 등 ◦ 하중 재하 절차 ◦ 결과 보고

□ ASTM C78/C78M, ASTM C293/C293M 분석

- ‘KS F 2408 콘크리트의 휨 강도 시험 방법’과 동일

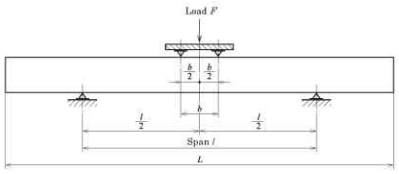
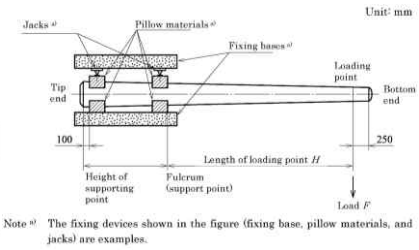
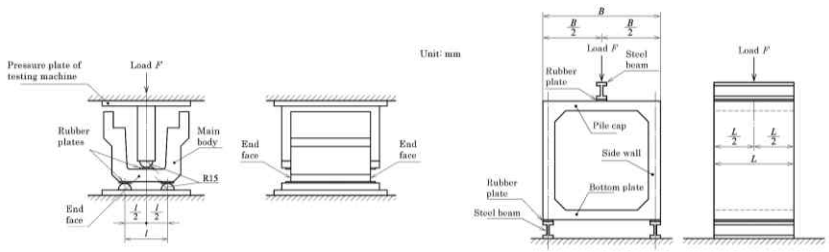
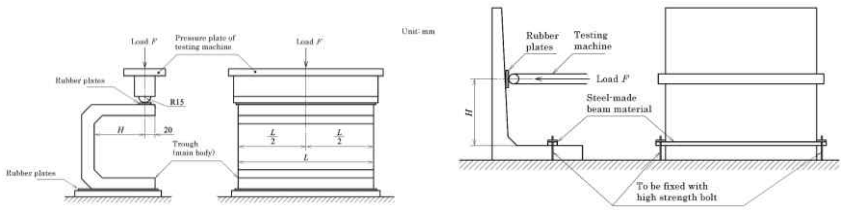
시험항목	내용
Bending test	• *Flexural strength of Concrete specimen: simple beam*  NOTE 1—This apparatus may be used inverted. If the testing machine applies force through a spherically seated head, the center pivot may be omitted, provided one load-applying block pivots on a rod and the other on a ball. <Schematic of a Suitable Apparatus for Flexure Test of Concrete by Third-Point Loading Method>

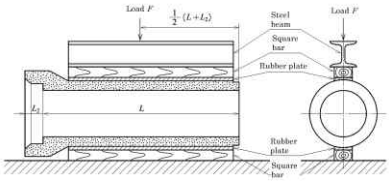
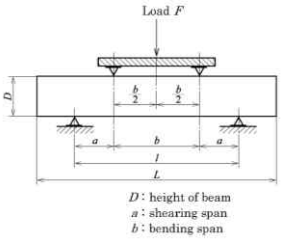
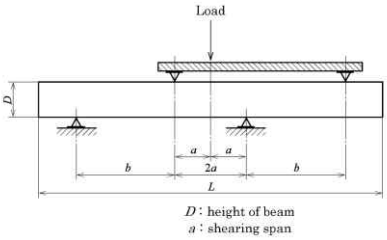
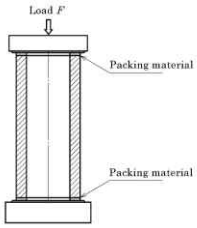
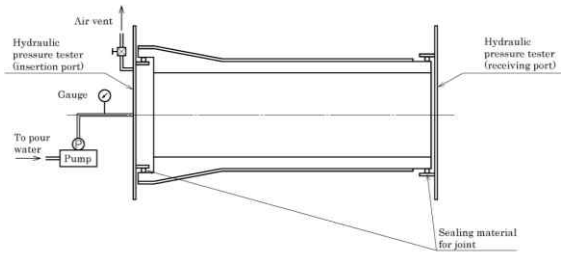
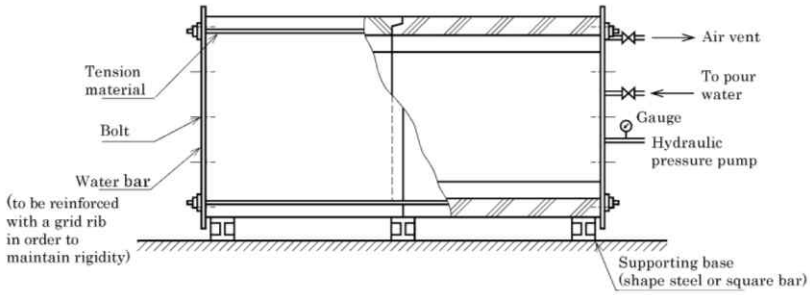
③ 일본(JIS)

- 특정 제품화된 부재들에 대해 공통의 시험기준 제시
- 시험기준에 포함될 수 있는 프리캐스트 제품군을 별도로 규정
  - JIS A 5371 Precast unreinforced concrete products
  - JIS A 5372 Precast reinforced concrete products
  - JIS A 5373 Prestressed concrete products
- 프리캐스트 콘크리트 제품에 대한 성능평가방법에 대한 일반규정
  - JIS A 5363 Precast concrete products -General rules for methods of performance test

□ JIS A 5363 분석

- 실험체 설치절차, 하중 가력 속도, 평가 항목 등에 대한 사항 미흡. 단 다양한 프리캐스트 제품에 대한 실험방법 제시

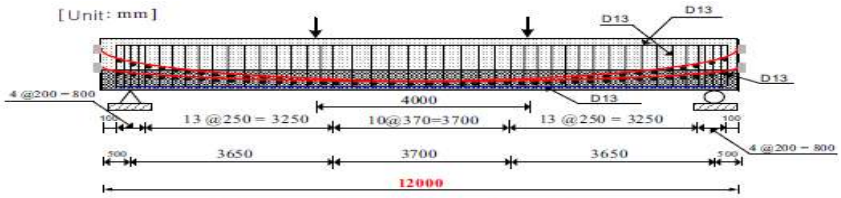
시험항목	내용
Bending test	• *Beam component: simple beam*   <Simple beam form loading> <Cantilever beam form loading>
Bending test	• *Plate component: simple beam*  <Simple beam form loading> <Linear load of a cube-type rigid frame> • *Plate component: cantilever beam*  <Cantilever beam form loading>

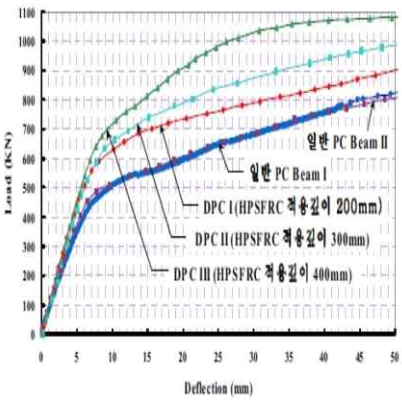
시험항목	내용
Bending test	• *Cylindrical component: one-support one-point loading*  <Uniform loading>
Shear test	• *Beam component: simple beam & cantilever beam*   <Simple beam form loading> <Overhanging beam form loading>
Compression test	• *Axial component*  <Compression test>
Internal pressure test	• *Cylindrical component or a cube-type rigid frame*  <Hollow cross section>
	• *Water-tightness including a joint part*  <Including a joint>

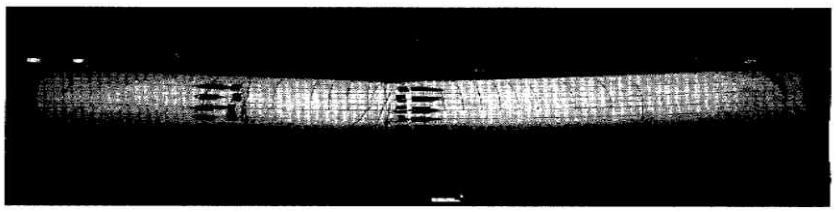
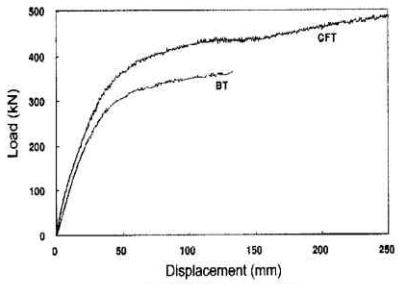
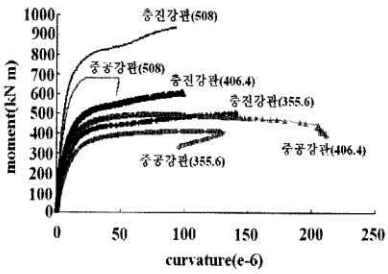
■ 휨 실험 사례 조사 및 분석

- 실험프로세스 가이드라인 작성을 위해 논문, 보고서 등 실험사례 분석 수행
- 실험체 종류, 지간, 지점조건, 하중조건, 시험기 용량 및 종류, 하중재하조건, 평가항목 및 분석 내용 등을 종합적으로 분석
- 분석 결과를 실험절차서 작성에 반영함

□ 사례조사 예

<table>
<tr><th>항목</th><th colspan="2">내용</th></tr>
<tr><td>제목</td><td colspan="2">고성능 강섬유보강 콘크리트를 사용한 이중 프리스트레스 콘크리트 보의 휨거동</td></tr>
<tr><td>연구자</td><td colspan="2">▪ 박대효(한양대학교 토목공학과 부교수, 공학박사)
▪ 윤성환(한양대학교 토목공학과 석사과정, 공학사)</td></tr>
<tr><td>실험전경</td><td colspan="2"> 

(b) 이중 프리스트레스 콘크리트(DPC)보</td></tr>
<tr><td rowspan="3">제원</td><td>길이</td><td>12.0m</td></tr>
<tr><td>지점</td><td>단순지지</td></tr>
<tr><td>기타</td><td>12.7mm의 강연선 4개 사용</td></tr>
<tr><td>하중조건</td><td colspan="2">4점 재하</td></tr>
<tr><td>실험기기</td><td colspan="2">9,810kN UTM</td></tr>
<tr><td>평가항목</td><td colspan="2">▪ 콘크리트 보의 하중에 따른 처짐
▪ 콘크리트 보의 초기균열
▪ 콘크리트 보의 초기 휨강도</td></tr>
<tr><td>제어방식</td><td colspan="2">3.0mm/min의 속도로 변위제어방식</td></tr>
<tr><td>센서</td><td colspan="2">▪ strain gage</td></tr>
<tr><td>실험결과</td><td colspan="2">표 3. 시편 실험 결과
<table>
<tr><th rowspan="2">Beam</th><th colspan="2">Precracking stage</th><th colspan="2">Postcracking service-load stage</th><th rowspan="2">Ultimate load [KN]</th><th rowspan="2">Initial flexural rigidity [KN/mm]</th></tr>
<tr><th>Load [KN]</th><th>Deflection [mm]</th><th>Service Load [KN]</th><th>Deflection [mm]</th></tr>
<tr><td>NPC I</td><td>0~331.4</td><td>0~4.61</td><td>331.4~437.9</td><td>4.61~6.85</td><td>705</td><td>71.89</td></tr>
<tr><td>NPC II</td><td>0~328</td><td>0~4.34</td><td>328~450</td><td>4.34~6.42</td><td>734</td><td>75.58</td></tr>
<tr><td>DPC I</td><td>0~410</td><td>0~4.63</td><td>410~580</td><td>4.61~7.05</td><td>745</td><td>88.55</td></tr>
<tr><td>DPC II</td><td>0~503</td><td>0~5.68</td><td>503~620</td><td>4.61~8.8</td><td>830</td><td>88.56</td></tr>
<tr><td>DPC III</td><td>0~550</td><td>0~6.13</td><td>550~660</td><td>8.34</td><td>950</td><td>89.72</td></tr>
</table>

</td></tr>
<tr><td>실험연도</td><td colspan="2">2001년</td></tr>
<tr><td>출처</td><td colspan="2">대한토목학회 2001년도 학술발표회 논문집</td></tr>
</table>

항목	내용	
제목	중공강관 및 콘크리트 충전강관 휨 실험	
연구자	▪ 정철헌(단국대학교 토목환경공학과 교수) ▪ 진병무(대우건설기술연구소 토목연구팀 선임연구원) ▪ 김인규(대우건설기술연구소 토목연구팀 선임연구원) ▪ 김성운(대우건설기술연구소 연구위원)	
실험전경		
제원	길이	6m
	지점	단순지지
	기타	변수연구 종류별 1개씩 실험
하중조건	4점재하(하중 간격2m)	
실험기기	980kN 가력기 2대(UTM)	
평가항목	▪ 하중-변형선도 단면내 변형률 분포 휨거동 분석 ▪ 극한 휨강도 분석 ▪ 파괴모드 분석 ▪ 모멘트-곡률 분석	
설치 특이사항	비틀림 방지를 위해 하중 재하점 부근에 격벽 설치	
제어방식	탄성한계까지 하중제어, 그 이후는 변위제어	
센서	▪ 강재용 탄성게이지(연신율 측정) ▪ 중앙부 수직변위 LVDT/단부 변위	
실험결과	휨실험 시 전단력에 의한 국부좌굴을 방지하고 순수 휨 구간 내에서의 파괴를 유도  (e) D=508.0mm, t=9.0mm 그림 12. 중공강관과 충전강관의 하중-처짐곡선 비교  (b) D=355.6mm 일때 두께증가에 따른 영향 그림 14. 중공강관 및 충전강관의 모멘트-곡률 관계	
실험연도	2004년	
출처	대한토목학회 논문집 : Vol.24 No.4A	

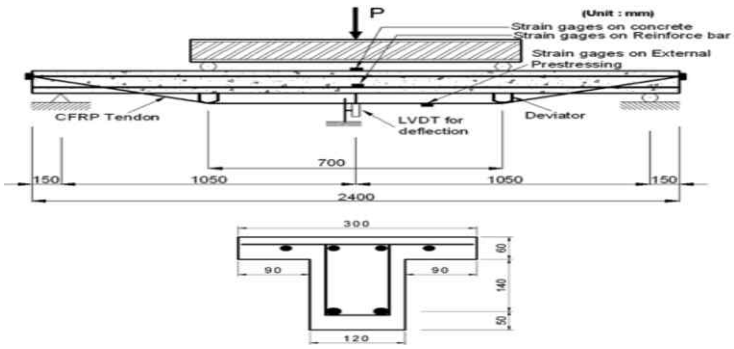
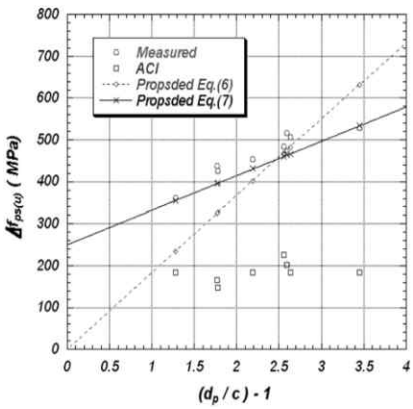
<table>
<tr><th>항목</th><th colspan="2">내용</th></tr>
<tr><td>제목</td><td colspan="2">CFRP 긴장재를 이용한 외부 보강 철근콘크리트 보의 극한 휨강도</td></tr>
<tr><td>연구자</td><td colspan="2">▪ 박상렬(제주대학교 토목환경공학과 부교수)
▪ 양철영(제주대학교 토목해양공학과 석사)
▪ 김창훈(제주대학교 토목해양공학과 박사과정)</td></tr>
<tr><td>실험전경</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">실험체 제원</td><td>길이</td><td>2.4m</td></tr>
<tr><td>지점</td><td>단순지지</td></tr>
<tr><td>기타</td><td>단면형상이 T형</td></tr>
<tr><td>하중조건</td><td colspan="2">4점 재하</td></tr>
<tr><td>실험기기</td><td colspan="2">UTM</td></tr>
<tr><td>평가항목</td><td colspan="2">▪ 하중-처짐
▪ 철근과 CFRP의 변형률
▪ 콘크리트의 변형률</td></tr>
<tr><td>제어방식</td><td colspan="2">변위제어법(약20kN 하중 재하 시마다 균열을 표시)</td></tr>
<tr><td>센서</td><td colspan="2">▪ strain gage</td></tr>
<tr><td>실험결과</td><td colspan="2"> 

Table 6. Summary of test results
<table>
<tr><th>Beam I.D</th><th>Ultimate load (kN)</th><th>Ultimate deflection (mm)*</th><th>Ultimate strain of external CFRP (*10⁻³)**</th><th>Ultimate stress of external CFRP (MPa)**</th></tr>
<tr><td>ET1</td><td>192.0</td><td>41.64</td><td>3.85</td><td>527.5</td></tr>
<tr><td>ET2</td><td>234.6</td><td>37.28</td><td>3.69</td><td>505.5</td></tr>
<tr><td>ET3</td><td>305.7</td><td>39.15</td><td>3.31</td><td>453.5</td></tr>
<tr><td>ET4</td><td>299.5</td><td>37.21</td><td>2.64</td><td>361.7</td></tr>
<tr><td>ET5</td><td>257.8</td><td>37.28</td><td>3.53</td><td>483.6</td></tr>
<tr><td>ET6</td><td>326.7</td><td>31.98</td><td>3.11</td><td>426.1</td></tr>
<tr><td>ET7</td><td>275.3</td><td>33.68</td><td>3.19</td><td>437.0</td></tr>
<tr><td>ET8</td><td>324.1</td><td>33.94</td><td>3.77</td><td>516.5</td></tr>
</table>
*최대 극한하중시의 처짐
**유효변형률로부터 증가된 변형률과 유효응력으로부터 증가된 응력</td></tr>
<tr><td>실험연도</td><td colspan="2">2007년</td></tr>
<tr><td>출처</td><td colspan="2">대한토목학회 논문집 : Vol.27 No.5A</td></tr>
</table>

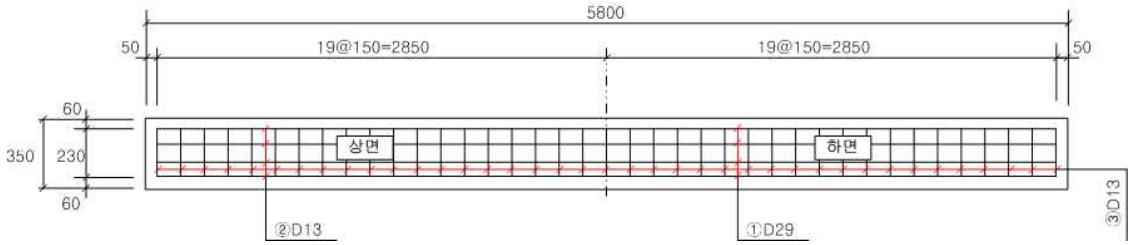
■ 검증용 실험체 제작/ 실험/ 결과분석

- 본 과업을 통해 작성된 실험절차서의 비교 검증을 위해 다음과 같이 RC보를 제작하여 실험을 수행함

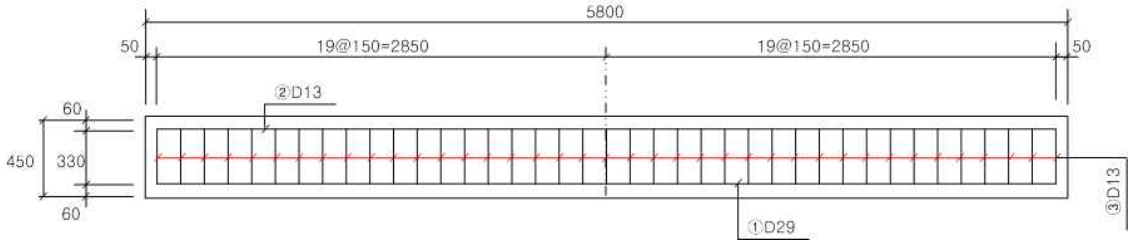
① 실험체 제원 및 제작 도면

<실험체 형식 및 제원>

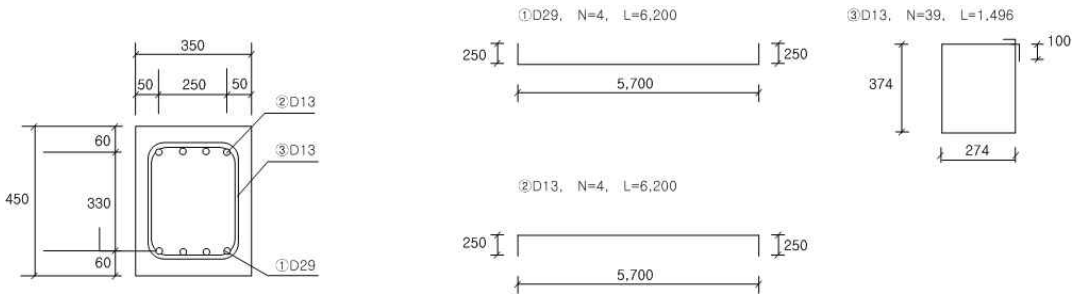
항 목	내 용	비 고
형 식	철근콘크리트보	
총 연 장	5.8m	
지 간	5.4m	
형 고	0.45m	
단 면	직사각형 단면0.35(B)x0.45(H)	
설계하중	• 3점 휨실험: 177.6kN • 4점 휨실험: 266.4kN	설계 항복하중 (예상 항복하중)
경계조건	단순지지	
바 닥 판	없음	



(a) 평면도



(b) 정면도



(c) 단면도 및 철근상세

<실험체 설계도면>

② 실험변수 및 실험조건

- 하중간격 : 3점 휨 실험, 4점 휨 실험(하중간격 변화 고려)
- 하중 재하속도 : 0.1kN/s ~ 0.5kN/s

<실험변수>

구 분		Load Cases(하중간격)				
		LC1 (l=0.0m)	*LC2 (l=0.45m)*	*LC3 (l=0.90m)*	*LC4 (l=1.35m)*	*LC5 (l=1.80m*)*
재하 속도	V1=0.1kN/s (0.025mm/s)	3PV1	-	-	-	4P4HV1
	V2=0.2kN/s (0.05mm/s)	3PV2	4P1HV2	4P2HV2	4P3HV2	4P4HV2
	V3=0.5kN/s (0.1mm/s)	3PV3	-	-	-	4P4HV3

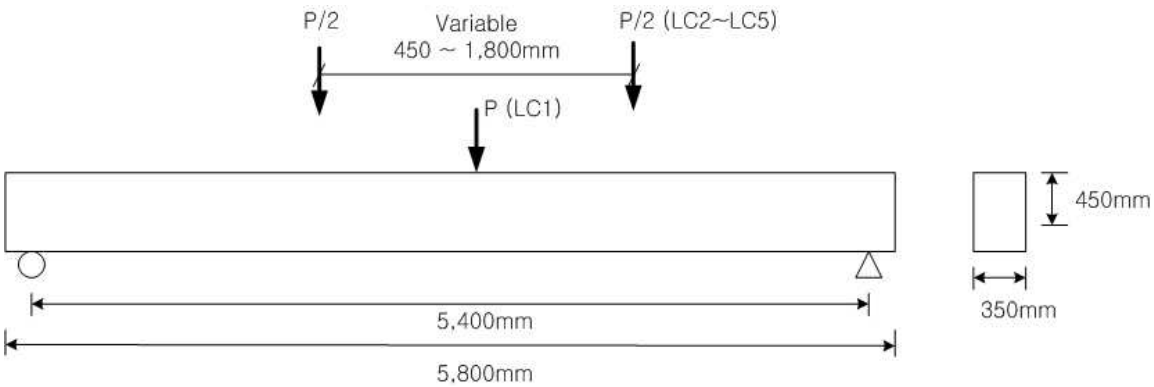
* 하중간격 $l = L/3$인 경우, ( )는 변위제어시 가력속도

<실험체 개수>

구 분		Load Cases(하중간격)				
		LC1 (l=0.0m)	*LC2 (l=0.45m)*	*LC3 (l=0.90m)*	*LC4 (l=1.35m)*	*LC5 (l=1.80m*)*
재하 속도	V1=0.1kN/s (0.025mm/s)	1	-	-	-	1
	V2=0.2kN/s (0.05mm/s)	3	1	1	1	3
	V3=0.5kN/s (0.1mm/s)	1	-	-	-	1

③ 하중조건

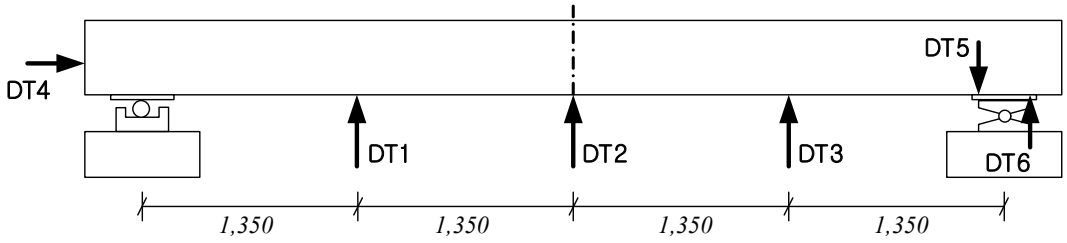
- 지점조건 : 환봉형 힌지-롤더로 구성(단순지지 조건)
- 재 하 판 : 환봉형 힌지(4점 휨실험), 판형(3점 휨실험)
- 재하간격 : 3점 휨실험(L/2), 4점 휨실험(0.45m ~ 1.8m 변동)
- 재하속도 : 하중제어(0.1kN/s~0.5kN/s) → 변위제어(0.025mm/sec~0.1mm/s)



<하중조건>

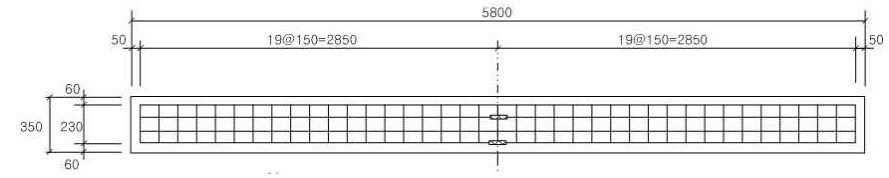
④ 센서 측정위치

- 처짐 측정 : 수직처짐(L/4, L/2, 3L/4), 축방향 이동량(이동단), 회전각(힌지단)

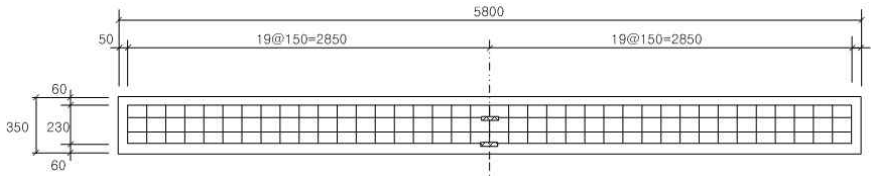


<변위계 설치 위치>

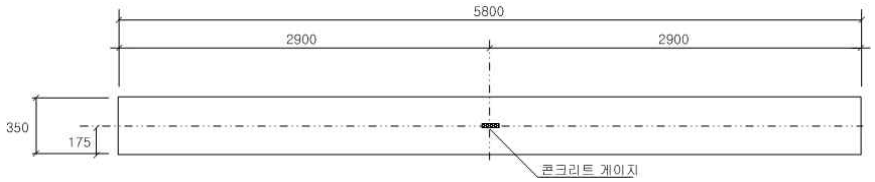
- 변형률 측정



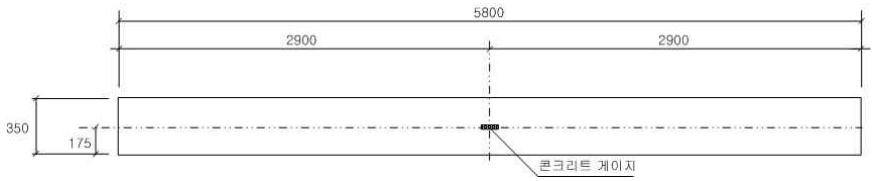
(a) 하부철근



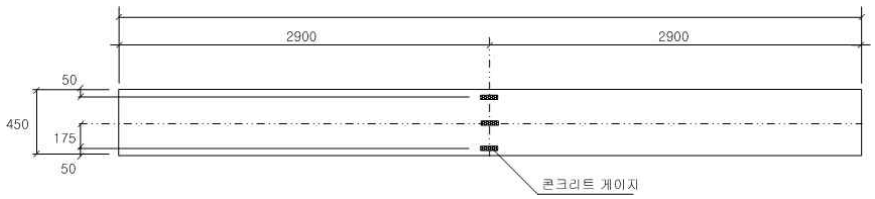
(b) 상부철근



(c) 콘크리트 하면



(d) 콘크리트 상면



(e) 콘크리트 정면

<변형률계 부착 위치>

⑤ 결과 분석

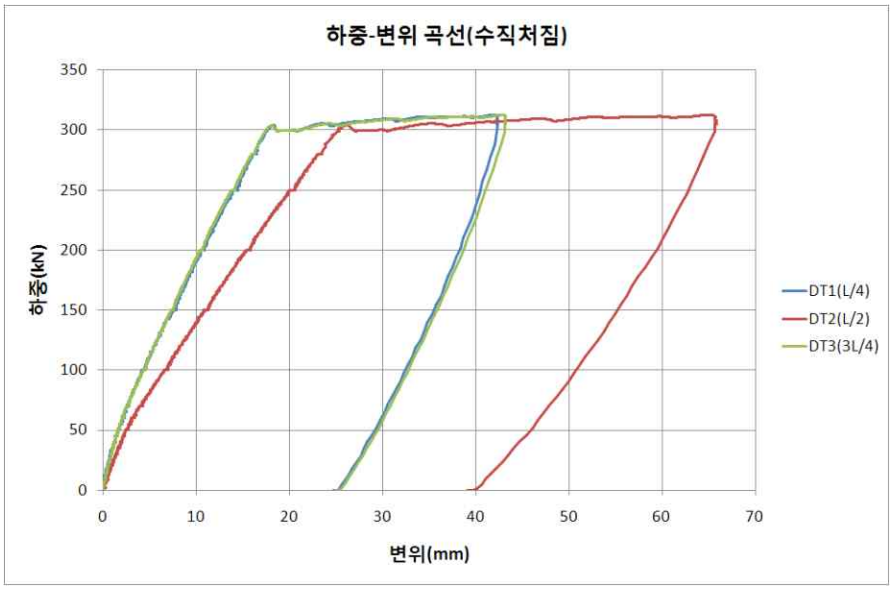
- 하중재하 조건별로 3개씩의 실험체에 대한 휨 실험 결과, 항복하중과 최대하중은 평균 2.5% 이내의 미소한 차이를 보였다. 하중재하 조건을 달리한 3점 휨 실험과 4점 휨 실험의 경우에는 4점 휨 실험 결과를 기준으로, 3점 휨 실험에 의한 실험체의 항복하중이 상대적으로 68.5% 만큼 작은 것으로 나타났다. 그러나 이는 설계 항복하중의 66.7%와 비슷한 결과로 동일한 경향을 보였다. 전반적으로 실험에 의한 항복하중이 설계항복하중보다 10.8%(3점 휨 실험)에서 14.0%(4점 휨 실험)까지 큰 결과를 보였다. 결론적으로 본 실험체는 설계 휨성능을 만족한다.

<실험 결과>

실험체 명	공칭 설계 항복하중 (kN)	실험 결과				
		균열하중 (kN)	항복		최대	
			하중 (kN)	중앙부 처짐 (mm)	하중 (kN)	중앙부 처짐 (mm)
4p4hv2-1	266.4	60	289.6	27.4	296.3	55.9
4p4hv2-2	266.4	50	302.6	25.7	312.3	65.3
4p4hv2-3	266.4	55	293.2	23.7	306.2	69.7
3pv2-1	177.6	25	200.0	20.6	217.6	69.9
3pv2-2	177.6	30	202.7	22.1	212.2	65.4
3pv2-3	177.6	25	204.1	20.2	219.5	64.1

주) 4점 및 3점 휨 실험에 대해 하중 재하속도 V2의 경우의 결과만 기술함.
항복하중 산정은 RC보의 하부 주철근 변형률로 0.2% offset법을 사용하여 산정

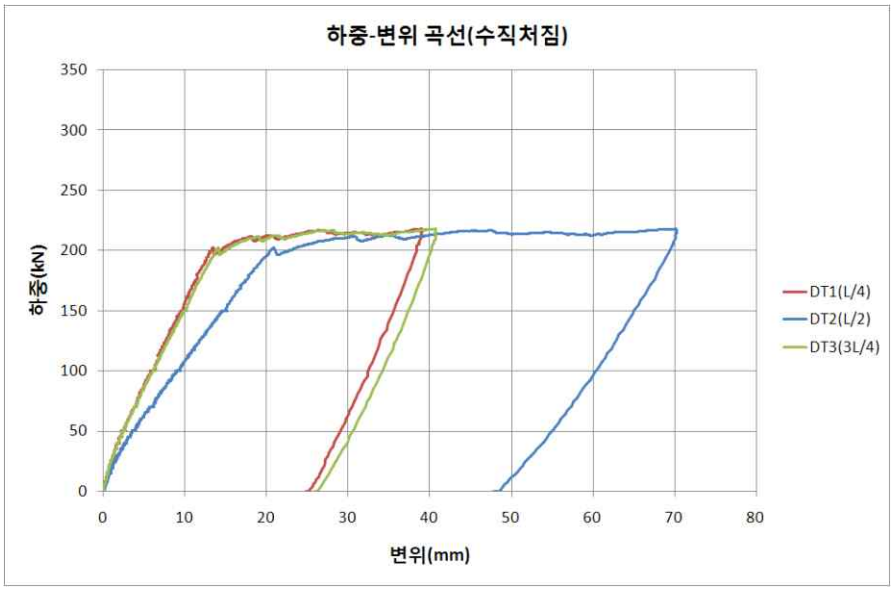
- 4점 휨 실험 결과



<하중-변위 곡선(수직처짐, 4점 휨 실험)>

<균열양상(4점 휨 실험)>

• 3점 휨실험 결과



<하중-변위 곡선(수직처짐, 3점 휨 실험)>

<균열양상 (3점 휨 실험)>

■ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가

- 3개 기관에서 동일한 실험체에 대해서 동일한 실험절차(지점조건, 재하속도 등)에 따라 수행
- 항복하중과 그 때의 지간 중앙부 처짐을 기준으로 비교하면, 최대 5% 이내로 매우 균질도 높은 결과를 보임
- 본 과업의 실험 프로세스 기준에 따라 수행할 경우, 사용장비가 다르더라도 1곳에서 실험하는 오차수준(약 5%) 이내를 보임

● 건설연구인프라운영원

○ 3점 휨실험

- 지점 설치 : 롤러 - 힌지

○ 4점 휨실험

<비교실험 (건설연구인프라운영원)>

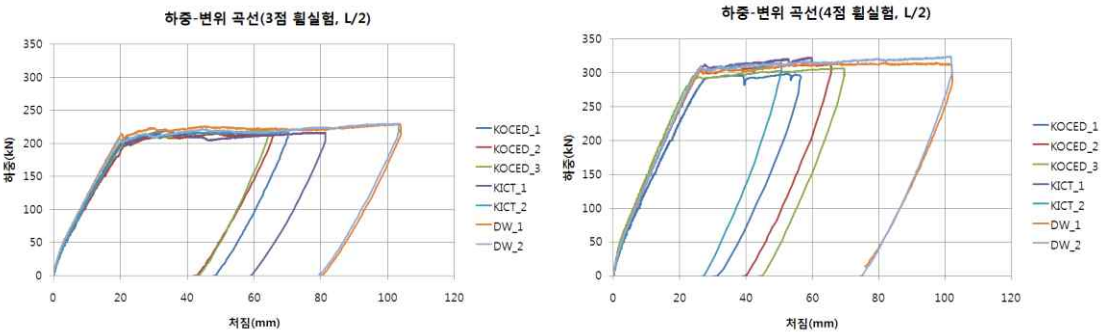
● 한국건설기술연구원

<비교실험 (한국건설기술연구원)>

• 대우건설

<비교실험 (대우건설)>

• 실험 결과비교



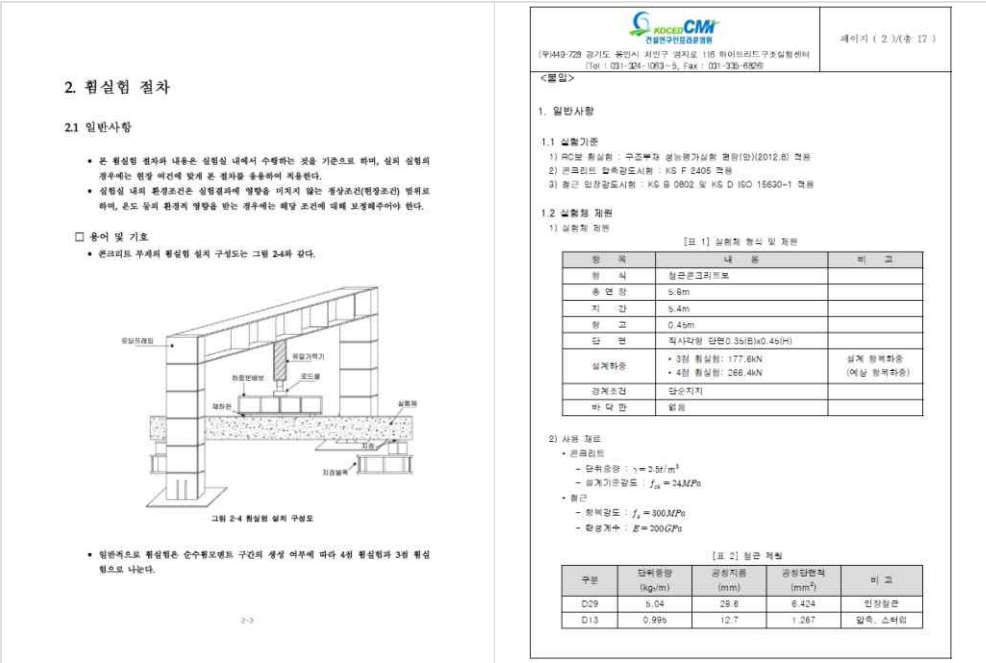
<하중-변위 곡선(좌: 3점 휨 실험, 우: 4점 휨 실험)>

<비교실험 결과>

구분	실험체 명	공칭 설계 항복하중 (kN)	실험 결과				
			균열하중 (kN)	항복		최대	
				하중 (kN)	중앙처짐 (mm)	하중 (kN)	중앙처짐 (mm)
4점 휨실험	운영원1	266.4	60	291.2	27.7	297.1	55.1
	운영원2	266.4	50	303.9	26.0	312.3	65.3
	운영원3	266.4	55	294.9	24.4	306.2	69.7
	건기연1	266.4	-	310.8	27.4	321.8	59.4
	건기연2	266.4	-	306.6	26.0	313.5	50.25
	대우 1	266.4	-	304.7	26.4	312.4	101.3
	대우 2	266.4	-	309.6	21.3	323.7	75.9
3점 휨실험	운영원1	177.6	25	202.3	20.9	217.7	70.0
	운영원2	177.6	30	204.1	22.3	212.2	65.4
	운영원3	177.6	25	205.1	20.5	219.5	64.1
	건기연1	177.6	-	204.2	21.0	215.3	80.6
	건기연2	177.6	-	208.9	21.9	217.9	69.7
	대우 1	177.6	-	212.9	20.2	228.9	103.3
	대우 2	177.6	-	205.8	19.6	229.1	102.3

■ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성

- 콘크리트 구조부재 중에서 보(거더) 부재에 대한 실험 프로세스 가이드라인으로서, 실험절차서와 예제집을 작성하여 실무 연구자 및 대학의 교수, 학생 등이 휨 실험을 수행함에 있어 유용하게 활용할 수 있도록 내용을 구성하였음
- 비교실험을 통해 균질성을 확인한 것과 같이 실험절차서와 예제매뉴얼을 따라 실험을 수행할 경우, 대상 부재의 휨성능 평가 결과에 대한 신뢰성을 확보할 수 있음



2. 휨실험 절차

2.1 일반사항

- 본 휨실험 절차서 내용은 실험실 내에서 수행하는 것을 기준으로 하며, 실외 실험의 경우에는 현장 여건에 맞게 본 절차를 응용하여 적용한다.
- 실험실 내의 환경조건은 실험결과에 영향을 미치지 않는 정상조건(현장조건) 범위로 하며, 온도 등의 환경적 영향을 받는 경우에는 해당 조건에 대해 보정해주어야 한다.

□ 용어 및 기호

- 콘크리트 부재의 휨실험 설치 구성도는 그림 2-4와 같다.

그림 2-4 휨실험 설치 구성도

- 일반적으로 휨실험은 순수휨모멘트 구간의 생성 여부에 따라 4점 휨실험과 3점 휨실험으로 나눈다.

2-3

KOCED CM 건설연구인증센터

(우449-728 경기도 용인시 처인구 명지로 116 하이브리드구조실험센터 (Tel : 031-324-1093~5, Fax : 031-335-6826)

페이지 (2)/(총 17)

<붙임>

1. 일반사항

1.1 실험기준

1) RC보 휨실험 : 구조부재 성능평가실험 편람(안)(2012.8) 적용
2) 콘크리트 압축강도시험 : KS F 2405 적용
3) 철근 인장강도시험 : KS B 0802 및 KS D ISO 15630-1 적용

1.2 실험체 제원

1) 실험체 제원

[표 1] 실험체 형식 및 제원

항 목	내 용	비 고
형 식	철근콘크리트보	
총 연 장	5.8m	
지 간	5.4m	
형 고	0.45m	
단 면	직사각형 단면0.35(B)x0.45(H)	
설계하중	• 3점 휨실험: 177.6kN • 4점 휨실험: 266.4kN	설계 정적하중 (여상 정적하중)
경계조건	단순지지	
바 닥 판	없음	

2) 사용 재료

• 콘크리트
- 단위중량 : $\gamma = 2.5t/m^3$
- 설계기준강도 : $f_{ck} = 24MPa$

• 철근
- 항복강도 : $f_y = 300MPa$
- 탄성계수 : $E = 200GPa$

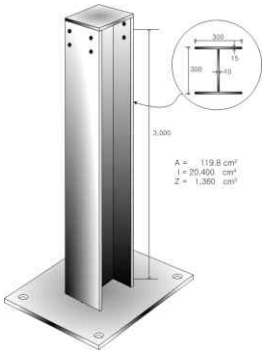
[표 2] 철근 제원

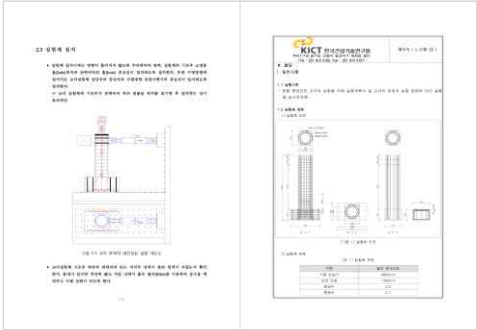
구분	단위중량 (kg/m)	공칭지름 (mm)	공칭단면적 (mm²)	비 고
D29	5.04	28.6	6.424	인장철근
D13	0.995	12.7	1.267	압축, 스터럽

<실험절차서 / 예제매뉴얼>

※ 실험절차서 및 예제매뉴얼은 별권 참조

나. 교각 준정적 실험 절차서 작성

연 차	연구 내용	연구 결과
1차년도	○국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토 - 국내의 KS규격과 국외의 ISO, JIS, ASTM, BS 등의 표준을 조사 - 교각 내진성능 평가실험과의 관련성을 분석함	▪ 교량 하부 구조물의 내진성능을 평가하는 방법을 직접 규정한 기준은 없음 ▪ 교량 내진성능에 영향을 미치는 구조적 장치와 주재료에 대한 재료시험 기준만 존재함
	○교각 실험사례 조사 및 분석 - 기존의 교각 실험 사례를 조사하여 실험의 목적, 실험 방법, 실험 규모, 실험 기관 등을 분석함	▪ 대부분의 경우 준정적 실험 방법을 이용하여 내진성능을 평가하였음 ▪ 조사된 실험사례에 사용된 준정적 실험방법 간에 조금씩 차이가 있음 ▪ 교각의 내진성능 평가 방법으로서 준정적실험이 일반적으로 많이 사용되고 있으므로 표준적인 실험프로세스의 도입이 필요함
	○검증용 실험체 제작 및 실험 ▪ 검증용 실험체로 교각 실험 환경을 모사할 수 있는 철강재로 실험체를 제작함 ▪ 제안된 교각실험 가이드에 따라 실험 진행함 ▪ 교각의 성능평가를 위한 준정적실험에서 발생할 수 있는 오차발생의 원인을 규명하고 정도파악을 위한 실험적 연구 수행	▪ 교각의 준정적실험에서 하중가력과 실험체의 설치에 의해서 발생할 수 있는 오차의 원인은 다음과 같음 - 축방향 하중의 유무와 크기 - 교각의 회전변형에 따른 수평하중 성분의 축방향하중으로의 기여분 - 가력기 고정용 볼트의 변형 - 교각의 소성힌지의 회전반경과 가력기의 회전반경의 불일치 - 실험체의 들림과 밀림 ▪ 가력기 고정용 볼트의 변형과 축방향 하중의 영향을 살펴보기 위한 실험적 연구를 수행  축방향 가력을 위해서 유압의 제어가 불가능할 경우에 수평가력 하중의 10%이상의 축력오차가 발생함
	○실험 데이터 분석	▪ 교각의 축방향력과 횡방향력에 영향을 미치는 주요 인자를 분석하였음 ▪ 교각 실험의 표준적 프로세스에서 주안점을 두어야 할 사항으로는 ①축하중의 크기, ②교각의 변형회전에 의한 기하학적 힘의 방향, ③고정용 볼트의 변형, ④교각의 소성힌지와 가력기의 회전기구점의 불일치, ⑤실험체의 들림과 밀림 등으로 분석되었음
	○실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가	▪ 실험용 교각을 통해서 주요 인자에 대한 검증을 수행하였음 ▪ 기존의 대형 교각실험에 대해서 제시된 실험 프로세스의 유효성을 평가하였음

연 차	연구 내용	연구 결과
1차년도	○실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성 - 실험절차서 가이드라인 초안 작성 - 전문가 검토 및 자문 수행 - 절차에서 따른 검증용 실험체 제작 및 실험 수행 - 검증실험을 통한 실험프로세스 검증 및 유효성 평가 - 예제매뉴얼 작성 및 가이드라인 완성	○ 실험 가이드라인(실험절차서) 및 예제 매뉴얼 작성  - 실험절차서 가이드라인 완성 - 실험예제매뉴얼 완성 (실험결과서 양식 포함)

■ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토

- 국내의 관련 KS 규격을 조사한 결과, 교량 하부 구조물의 내진성능을 평가하는 방법을 직접 규정한 기준은 없음
- 교량 내진성능에 영향을 미치는 구조적 장치와 주재료에 대한 재료시험 기준만 존재
- 국외에도 교량 하부 구조물의 내진성능을 평가하는 실험방법을 규정한 사례는 없고 지진격리 받침 등 구조적 장치의 성능평가를 위한 실험 표준은 존재함

<교량의 내진성능 관련된 국내 KS규격>

규격	내용	제/개정 년도
KS F 4420	교량지지용 탄성받침	2003
KS A IS06258	원자력발전소-내진설계	2006
KS B 6283	액체저장탱크의 내풍압 및 내진에 대한 설계요건	2006
KS F ISO 3010	구조설계 기본 - 구조물의 지진작용	2002
KS M ISO 6446	고무제품-교량받침-고무재료 요구사항	2004
KS B ISO 18437	기계진동 및 충격-점탄성 재료의 동적 기계적 특성	2007
KS M 6518	가황 고무 물리 시험 방법	2006
KS M 6783	가황 고무의 인열 시험 방법	2004
KS D 3501	열간 압연 연강판 및 강재	2004
KS D 3503	일반 구조용 압연 강재	2007
KS M 3523	폴리테트라플루오로에틸렌 판	2002

<교량의 내진성능 관련 국제규격 및 기준>

규격	내용	제/개정 년도
ISO 3010	Basis for design of structures - seismic actions on structures	2001
ISO 6258	Nuclear power plants - design against seismic hazards	1985
ISO 6446	Rubber products - bridge bearings	1994
JIS C 0055	Environmental testing - Part 3: guidance seismic test method for equipments	2000
JIS C 60068-3-3	Environmental testing - Part 3: guidance seismic test method for equipments	2000
ASTM E2026	Standard guide for seismic risk assessment of buildings	2007
ASTM E2026	Standard guide for estimation of building damageability in earthquake	1999
ASTM D4014	Standard specification for plain and steel-laminated elastomeric bearings for bridges	2007
ASTM D5212	Standard specification for high load rotational confined elastomeric bearings for bridges and structures	1997
ASTM D5977	Standard specfication for high load rotational spherical bearings for bridges and structures	2007
BS ISO 22762	Elastomeric seismic - protection isolators (Part 1: test methods, Part 2:applications for bridges, Part3:applications for buildings)	2005

■ 교각 실험사례 조사 및 분석

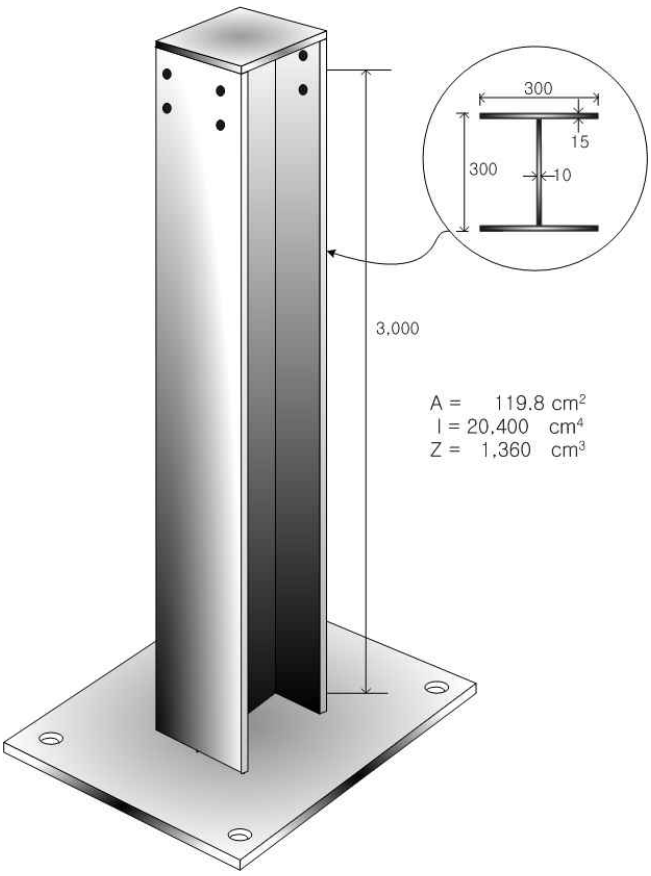
- 국내에서 교각의 내진성능을 평가하기 위한 실험이 최근까지도 상당수 진행된 것으로 파악되었으며 향후에도 실험수요가 계속 이어질 것으로 예상됨(표 참조)
- 유사동적 실험이나 진동대 실험보다는 대부분의 경우 준정적 실험 방법을 이용하여 내진성능을 평가하였음
- 조사된 실험사례에 사용된 준정적 실험방법 간에 조금씩 차이가 있음
- 준정적 실험이 일반적으로 많이 사용되고 있으므로 교각의 내진성능 평가 방법으로서 준정적 실험에 대한 표준적인 실험프로세스를 마련하는 것이 타당하다고 판단됨

<국내의 주요 교각실험 사례>

1. “사회기반시설물의 내진성능 향상기술 개발”, 한국건설기술연구원, 2000년 1월 ~ 2000년 12월. (원형기둥 4개, 형상비가 낮은 휨-전단 거동 교각, 축방향 철근상세)
2. “교각 내진성능 평가 및 교량 비선형 내진해석 프로그램 개발”, 한국건설기술연구원, 2001년 1월 ~ 2001년 12월. (원형기둥 13개, 형상비가 낮은 전단 및 휨-전단 거동 교각, 축방향 철근 이음상세)
3. “고강도콘크리트를 이용한 철근콘크리트기둥과 합성기둥의 설계, 해석프로그램 개발 및 모형실험“, 한국도로공사, 1998년 2월 ~ 1999년 12월, 456 p. (원형 기둥 35개, 사각형 기둥 22개, 변수-콘크리트 강도, 횡방향 철근비, 횡방향철근 연결상세, 축방향 철근비, 축력비)
4. “서해대교 PSM교 내진설계를 위한 교각 축소모형실험”, 한국지진공학회, 1999년 4월 ~ 8월, 104 p. (중공 육각형 기둥 6개, 변수-횡방향 철근비, 축방향철근 연결상세)
5. “Reinforcement Details and Design Strength of Bridge Columns in Moderate Seismicity Region”, 지진공학연구센터, 2000년 3월 ~ 2001년 1월. (원형 기둥 18개, 변수-횡방향 철근비, 축방향철근 연결상세, 축력비)
6. “철근콘크리트 구조물에서 고강도콘크리트를 사용하는데 따른 구조적 역효과와 그 대책에 관한 연구”, 한국과학재단, 목적기초연구, 1999년 9월 10일 ~ 2002년 8월 31일. (고강도콘크리트 원형 기둥 18개, 변수-콘크리트 강도, 횡방향 철근비, 축방향철근 연결상세, 축력비)
7. “고속도로 기존교량의 유형별 내진성능 평가를 위한 실험적 연구”, 한국도로공사, 중앙대, 2000년 9월 ~ 2001년 12월, 397 p. (원형 기둥 26개, 원형 파이형 교각 5개, 변수-횡방향 철근비, 횡방향철근 상세, 축방향철근 연결상세)
8. “Flexure-Shear Performance of Circular RC Bridge Columns under Cyclic Loading”, 지진공학연구센터, 2001년 3월 ~ 2002년 1월. (원형 기둥 10개, 변수-횡방향 철근비, 축력비, 휨-전단거동)
9. “교각의 심부구속방법에 관한 실험 연구“, 한국도로공사, 2001년 8월 ~ 2002년 12월, 345 p. (사각형 및 원장방형 기둥 16개, 변수-단면 형상, 횡방향 철근 종류, 띠철근 및 결합 나선철근, 횡방향 철근비, 횡방향철근 연결상세)
10. “비내진 교량의 노후 교좌장치 교체시 지진격리장치를 이용한 내진성능 향상기술 개발”, 건설교통부, 2001년 8월 ~ 2004년 4월.(원형 기둥 3개, 변수 - 내진설계 여부, 내진장치 유무, 유사동적실험)
11. “고성능 콘크리트 고교각의 개발 및 실용화 기술 개발“, 한국콘크리트학회, 2002년 12월 ~ 2005년 12월. (사각형 기둥 6개, 중공 사각형 기둥 11개, 변수-재료강도, 횡방향 철근비, 축방향철근 연결상세)
12. “프리캐스트 시스템을 이용한 교량하부구조 급속시공”, 삼성물산 건설부문, 2007년 4월 ~ 2009년 4월. (프리캐스트 세그멘탈 사각형 중공 교각 12개, 변수-횡방향 철근비, 축방향철근비, 축방향 철근 및 강봉, 세그멘트 접합 방법, 휨 거동, 휨-전단거동)
13. “사각 프리스트레스트 말뚝을 이용한 말뚝-기둥 일체형 교각 구조실험”, 한국도로공사, 2007. 5 ~ 2008. 11. (프리스트레스트 말뚝, 변수-횡방향 철근비)
14. "기존교량의 내진성능평가 및 향상 요령 개정", 한국시설안전공단, 2008. 6 ~ 2010. 5. (벽식 교각 8개, 변수-횡방향 철근비, 축방향철근 연결상세, 보강방법)
15. "콘크리트 구조물에 대한 고장력 철근의 적용성 연구", 한국콘크리트학회, 지식경제부, 한국산업기술평가원, 2007. 9 ~ 2010. 2. (원형 기둥 6개, 사각형 기둥 14개, 변수-철근 항복강도, 횡방향 철근비, 축방향 철근비, 휨 거동, 휨-전단거동)
16. "중공원형 콘크리트 교각 연성도와 설계변수 상관관계 검증실험 연구", 한국도로공사, 2009. 5 ~ 2010. 6. (중공 원형 기둥 8개, 변수-중공비, 횡방향 철근 배치 형상, 횡방향 철근비)

■ 검증용 실험체 제작 및 실험

- 성능실험을 통한 교각의 내진성능평가 방법은 준정적실험법이 가장 널리 적용되고 있음
- 교각의 준정적실험은 크게 실험체설치, 하중가력, 응답측정 및 분석의 3단계로 구분됨
- 신뢰성과 일관성이 확보될 수 있는 실험을 위해서 주요 3단계에서 고려되어야 하는 요소들을 가이드라인에 제시함
- 교각의 성능평가를 위한 준정적실험에서 발생할 수 있는 오차발생의 원인을 규명하고 정도파악을 위한 실험적 연구 수행
- 교각의 준정적실험에서 하중가력과 실험체의 설치에 의해서 발생할 수 있는 오차의 원인은 다음과 같음
  ① 축방향 하중의 유무와 크기
  ② 교각의 회전변형에 따른 수평하중 성분의 축방향하중으로의 기여분
  ③ 가력기 고정용 볼트의 변형
  ④ 교각의 소성힌지의 회전반경과 가력기의 회전반경의 불일치
  ⑤ 실험체의 들림과 밀림
- 가력기 고정용 볼트의 변형과 축방향 하중의 영향을 살펴보기 위한 실험적 연구를 수행

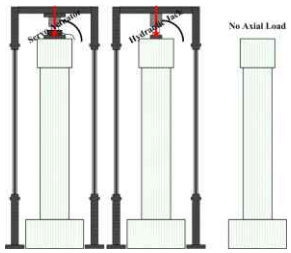
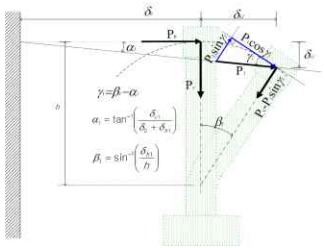
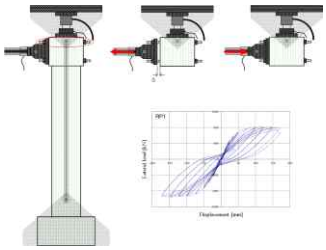


<교각 실험의 영향인자 검토를 위한 교각실험 모형>

■ 실험 데이터 분석

- 실험용 교각을 대상으로 준정적 성능실험을 수행하여 축방향하중의 영향과 가력기 고정용 볼트의 변형에 의한 영향을 조사
- 고정용 볼트의 변형에 의한 영향을 조사하기 위해서 엑츄에이터 고정용 볼트에 전기저항식 게이지를 원주방향으로 4지점씩 설치하여 변형도를 측정함
- 교각의 회전변형에 의한 축방향 하중의 변화, 소성힌지와 회전힌지의 불일치에 의한 영향은 기하학적으로 검토가 가능함
- 축방향 가력을 위해서 유압의 제어가 불가능할 경우에 수평가력 하중의 10%이상의 축력오차가 발생함
- 실험체의 설치 시 들림과 밀림 현상이 발생하지 않도록 충분한 주의를 기울여야 함

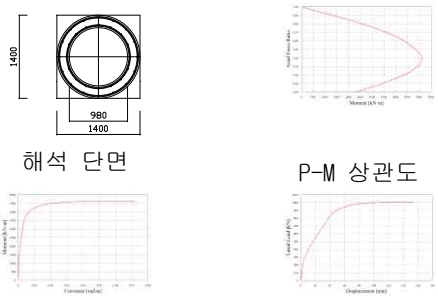
<교각 준정적 실험시 오차 발생의 중요 영향인자>

▪ 축방향 하중의 유무와 크기	
▪ 교각의 회전변형에 따른 수평하중 성분의 축방향하중으로의 기여분	
▪ 가력기 고정용 볼트의 변형	
▪ 교각의 소성힌지의 회전반경과 가력기의 회전반경의 불일치	
▪ 실험체의 들림과 밀림	

■ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가

- 원형 중공단면 교각의 준정적 실험을 대상으로 실험 프로세스 가이드라인의 적용성을 검증하였고 기술적 완성도와 유효성을 평가하였음
- 평가를 실시한 결과, 제안한 가이드라인이 실제 준정적실험 진행 과정상의 주요 내용을 잘 반영하고 있고 사용자 편의성도 확보한 것으로 판단됨

<교각 준정적 실험 절차>



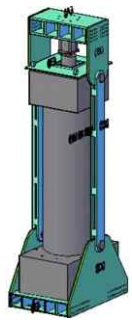
해석 단면

P-M 상관도

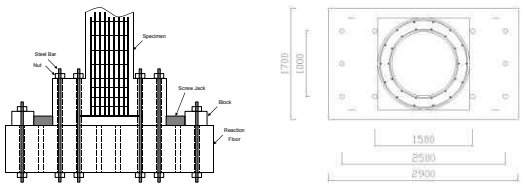
모멘트-곡률 해석

Push-over 해석

1) 구조 검토



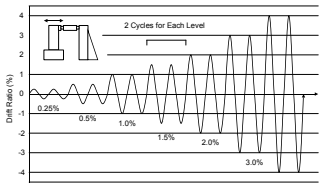
2) 로딩프레임 및 지그 선정



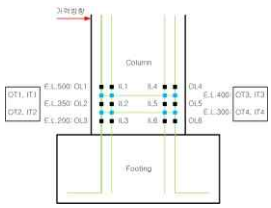
(a) 정면 (b) 측면 (c) 고정 블록

기초부 고정 모습

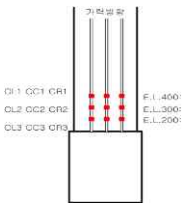
3) 경계조건 검토



수평가력 계획



주철근 변형률계



보강띠철근 변형률계

4) 가력 및 계측 계획

① 수평 유압기 설치 ② 기초부/실험체 거치

③ 축력 재하판 및 상부 축력재하 프레임 결합

④ 수평 유압기와 실험체 결합

5) 가력장치/프레임/실험체 설치

① dirft level 0.5% ② dirft level 1.5%

③ dirft level 2.0% ④ dirft level 2.5%

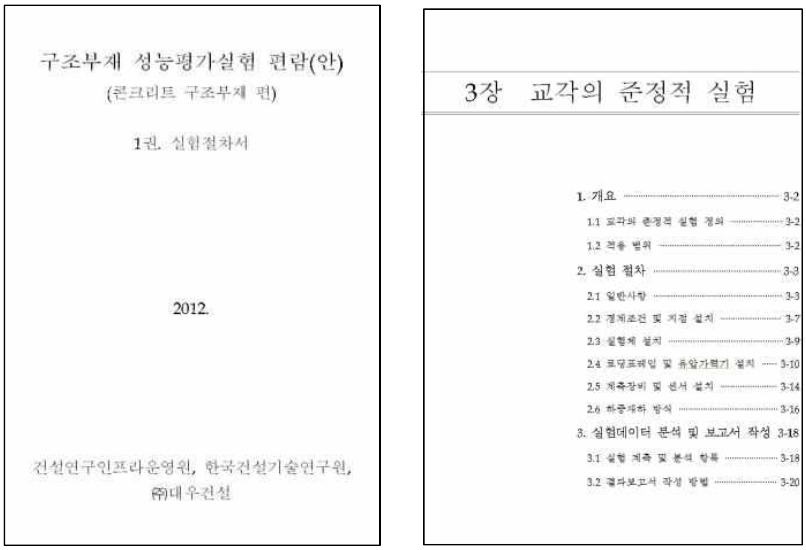
⑤ dirft level 3.0% ⑥ dirft level 3.5%

<균열 점검(각 drift level별로 실시)>

6) 실험수행

■ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성

- 실험 프로세스 가이드라인으로서 실험절차서를 작성하였고 실무 연구자가 교각 실험을 처음으로 수행하는 경우에도 유용하게 활용할 수 있도록 내용을 구성하였음
- 가이드라인에는 1절에서 교각 준정적실험의 정의와 적용 범위를 기술하였고, 2절에는 구체적인 실험절차로서 구조적 검토사항, 경계조건 및 지점 설치, 실험체 설치, 로딩 프레임 및 유압가력기 설치, 계측장비 및 센서 설치, 하중재하 방식 등에 대해 자세히 기술하였으며, 3절에서는 계측된 실험데이터 분석과 실험 결과보고서 작성 방법에 대해 기술하였음
- 예제 매뉴얼에는 실무자가 실험절차서에 근거하여 실험체의 설계 및 제작, 실험수행, 결과보고서 작성 등의 과정에 고려해야 할 사항들을 실제 사례를 바탕으로 서술하였음


구조부재 성능평가실험 편람(안)
(콘크리트 구조부재 편)

1권. 실험절차서

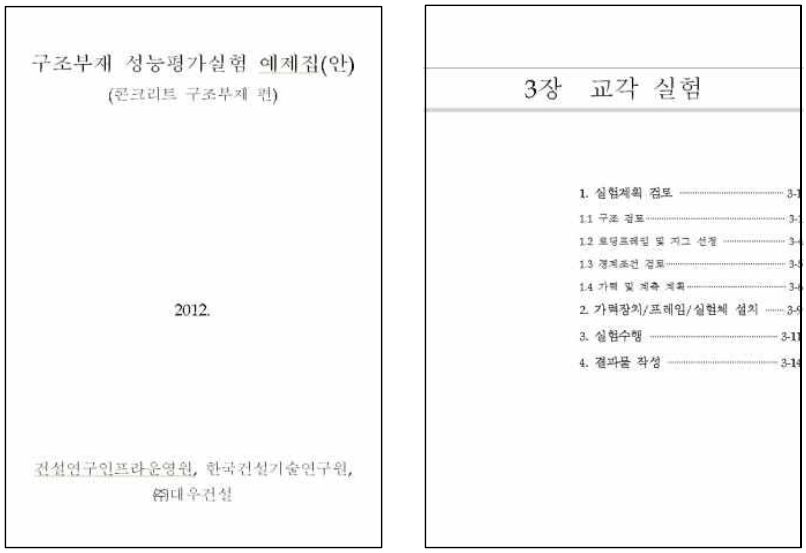
2012.

건설연구인프라운영원, 한국건설기술연구원,
㈜대우건설

3장 교각의 준정적 실험

1. 개요 ····· 3-2
1.1 교각의 준정적 실험 정의 ····· 3-2
1.2 적용 범위 ····· 3-2
2. 실험 절차 ····· 3-3
2.1 일반사항 ····· 3-3
2.2 경계조건 및 지점 설치 ····· 3-7
2.3 실험체 설치 ····· 3-9
2.4 로딩프레임 및 유압가력기 설치 ····· 3-10
2.5 계측장비 및 센서 설치 ····· 3-14
2.6 하중재하 방식 ····· 3-16
3. 실험데이터 분석 및 보고서 작성 3-18
3.1 실험 계측 및 분석 항목 ····· 3-18
3.2 결과보고서 작성 방법 ····· 3-20

<실험 프로세스 가이드라인>


구조부재 성능평가실험 예제집(안)
(콘크리트 구조부재 편)

2012.

건설연구인프라운영원, 한국건설기술연구원,
㈜대우건설

3장 교각 실험

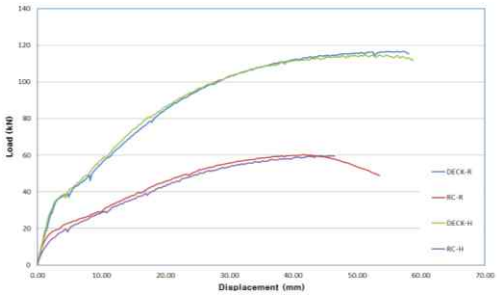
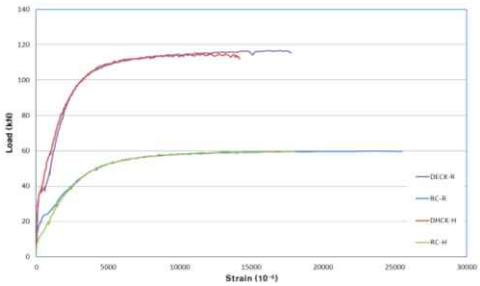
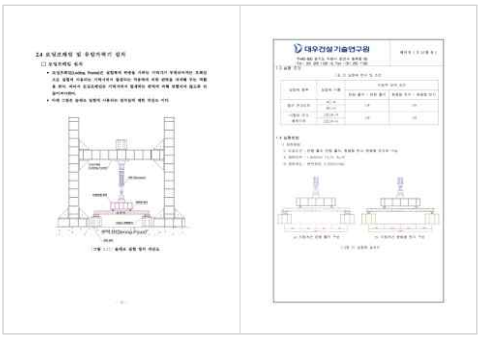
1. 실험계획 검토 ····· 3-1
1.1 구조 검토 ····· 3-1
1.2 로딩프레임 및 지그 선정 ····· 3-4
1.3 경계조건 검토 ····· 3-5
1.4 가력 및 계측 계획 ····· 3-6
2. 가력장치/프레임/실험체 설치 ····· 3-9
3. 실험수행 ····· 3-11
4. 결과물 작성 ····· 3-14

<예제 매뉴얼>

※ 실험절차서 및 예제매뉴얼은 별권 참조

다. 건축 1방향 슬래브 휨실험 절차서 작성

연 차	연구 내용	연구 결과
1차년도	○ 국내외 관련 기준 및 규준 조사 KS F 1004 콘크리트 용어 KS F 2403 콘크리트의 강도 시험용 공시 체 제작 방법 KS F 2405 콘크리트 압축 강도 시험 방법 KS F 2408 콘크리트의 휨강도 시험방법 KS F 4726 조립식 콘크리트 바닥판 KS F 1514 건축용 내력 바닥판의 표준 모듈 호칭 치수 KS F 1505 건축 구성재의 기본 공차 및 치수 정하기 KS F 4202 프리스트레스트 콘크리트 슬래브(더블 T형) KS F 2263 건축용 보드류의 휨 시험 방법 KS F ISO 9883 건축물의 성능표준 - 프리캐스트 콘크리트 바닥판에 대한 성능시험 -집중 하중에서의 거동 ○ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사 - 보-슬래브 시스템 구조성능에 관한 실험적 연구(한국강구조학회논문집 2004) - 1방향 중공관 데크슬래브의 휨 성능에 관한 실험적 연구(대한건축학회논문집, 2011) - 중공형 단면을 갖는 슬래브의 휨거동에 관한 실험연구(대한건축학회 학술발표대회논문집, 2010) - 경량패널에 탄소섬유쉬트가 접착된 복합패널로 보강한 RC슬래브의 휨거동에 관한 실험적 연구(대한건축학회논문집, 2002) - 후크 보강 하프슬래브에 관한 실험적 연구(II)(대한건축학회논문집, 1993) - 구조용 용접철망을 사용한 일방향 슬래브의 휨 거동에 관한 실험적 연구(대한건축학회논문집, 1993)	○ 국내외 관련 기준 및 규준 조사 •슬래브 실험체의 규격 및 치수가 정해지지않은 실험체는 KS기준에 따르고 구조용 또는 상용화 제품의 슬래브는 실험목적에 부합하도록 규격을 결정할 수 있도록 할 수 있으며 슬래브의 휨 실험을 위한 경계조건의 구현은 당 연구과제인 실험 절차서를 참고하여 실험을 수행할 수 있도록 명시하였음. - 건축구조용 1방향 슬래브에 대한 실험 기준(안)을 작성하였음. - 구조용 슬래브의 실험절차서 및 예제매뉴얼 작성에 관련사항 반영 ○ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사 건축구조용 1방향 슬래브에 대한 철근 콘크리트 슬래브와 트러스 데크 플레이트 슬래브에 의 거동 특성을 비교하고자 기존의 관련 논문을 수집하여 참고하였으며 데크 플레이트의 거푸집 대용의 하부강판과 시공중 하중을 견딜 수 있도록 설치한 트러스근이 데크 슬래브의 내력에 기여하는 정도를 실험을 통해 알 수 있었음.

연 차	연구 내용	연구 결과
1차년도	○ 실험 가이드라인(실험절차서) 검증실험 1) 철근콘크리트 슬래브와 트러스 데크플레이트 슬래브에 대한 4점 휨 실험 2) 지점부에 대한 경계조건을 판형롤러-판형롤러, 환봉형 힌지-환봉형 힌지 조건 비교 3) 비합성용 트러스 데크 플레이트의 하부강판은 내력 계산시 반영하지 않으므로 강판이 슬래브 내력에 기여하는 정도를 철근 콘크리트 슬래브와 비교	○ 실험 가이드라인(실험절차서) 검증실험 결과 분석 철근 콘크리트와 데크 플레이트의 휨 실험에 대한 내력비교는 확연하게 트러스 데크 플레이트 슬래브의 내력이 우수한 것으로 나타났다. 슬래브의 내력계산 시 관여하지 않는 아연도 강판과 트러스근이 데크 플레이트 슬래브의 내력에 2배 가까이 기여하는 것으로 나타났다. 하지만 하부 강판의 용도가 거푸집을 대용하는 것으로 사용되고 트러스 철선은 시공 중 사용하중에 견딜 수 있도록 설계되어 졌기 때문에 이번 비교 실험결과를 데크플레이트의 내력설계에 반영하기에는 다소 면밀한 검토가 필요한 것으로 판단된 하중-변위 결과 그래프(중앙부 처짐)  하중-변형률 결과 그래프(중앙부 하부 철근) 
	○실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성 - 실험절차서 가이드라인 초안 작성 - 전문가 검토 및 자문 수행 - 절차에서 따른 검증용 실험체 제작 및 실험 수행 - 검증실험을 통한 실험프로세스 검증 및 유효성 평가 - 예제매뉴얼 작성 및 가이드라인 완성	○ 실험 가이드라인(실험절차서) 및 예제 매뉴얼 작성  - 실험절차서 가이드라인 완성 - 실험예제매뉴얼 완성 (실험결과서 양식 포함)

■ 국내외 관련 기준 및 규준 조사

- 구조용 슬래브에 대한 국내외 관련 기준을 조사하여 절차서 및 실험 예제 매뉴얼 작성에 참고하고자 해당 기준을 조사함
  - KS F 1004 콘크리트 용어
  - KS F 2403 콘크리트의 강도 시험용 공시 체 제작 방법
  - KS F 2405 콘크리트 압축 강도 시험 방법
  - KS F 2408 콘크리트의 휨강도 시험방법
  - KS F 4726 조립식 콘크리트 바닥판
  - KS F 1514 건축용 내력 바닥판의 표준 모듈 호칭 치수
  - KS F 1505 건축 구성재의 기본 공차 및 치수 정하기
  - KS F 4202 프리스트레스트 콘크리트 슬래브(더블 T형)
  - KS F 2263 건축용 보드류의 휨 시험 방법
  - KS F ISO 9883 건축물의 성능표준 - 프리캐스트 콘크리트 바닥판에 대한 성능시험 - 집중 하중에서의 거동

- 슬래브 실험체의 규격 및 치수가 정해지지 않은 실험체는 KS기준에 따르고 구조용 또는 상용화 제품의 슬래브는 실험목적에 부합하도록 규격을 결정할 수 있도록 할 수 있으며 슬래브의 휨 실험을 위한 경계조건의 구현은 당 연구과제인 실험 절차서를 참고하여 실험을 수행할 수 있도록 명시
- 건축구조용 1방향 슬래브에 대한 실험 기준(안)을 작성

■ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사

- 과제수행을 위한 비교실험을 수행하고자 구조용 슬래브에 대한 실험과 그에 대한 논문을 조사하여 슬래브 형식에 따른 구조적 특성과 실험방법 등을 참고
  - 보-슬래브 시스템 구조성능에 관한 실험적 연구(한국강구조학회논문집 2004)
  - 1방향 중공관 데크슬래브의 휨 성능에 관한 실험적 연구(대한건축학회논문집, 2011)
  - 중공형 단면을 갖는 슬래브의 휨거동에 관한 실험연구(대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2010)
  - 경량패널에 탄소섬유쉬트가 접착된 복합패널로 보강한 RC슬래브의 휨거동에 관한 실험적 연구(대한건축학회논문집, 2002)
  - 후크 보강 하프슬래브에 관한 실험적 연구(II)(대한건축학회논문집, 1993)
  - 구조용 용접철망을 사용한 일방향 슬래브의 휨 거동에 관한 실험적 연구(대한건축학회논문집, 1993)

- 건축구조용 1방향 슬래브에 대한 철근 콘크리트 슬래브와 트러스 데크 플레이트 슬래브에 의 거동 특성을 비교하고자 기존의 관련 논문을 수집하여 참고하였으며 데크 플레이트의 거푸집 대용의 하부강판과 시공중 하중을 견딜 수 있도록 설치한 트러스 근이 데크 슬래브의 내력에 기여하는 정도를 실험을 통해 알 수 있음

■ 비교실험 수행 및 결과 분석

- 철근 콘크리트 슬래브와 사용화 제품인 비합성용 데크 플레이트 슬래브의 거동특성을 확인하고 슬래브 설계내력을 동일한게 적용하여 두 슬래브의 내력차이를 확인하고자 비교실험을 수행

- 실험 목적
  - 철근콘크리트 슬래브와 트러스 데크 플레이트 슬래브에 대한 4점 휨 실험을 비교하고자 지점부에 대한 경계조건을 판형롤러-판형롤러, 환봉형 힌지-환봉형 힌지 조건일 때 슬래브의 강성과 내력의 차이를 비교함
  - 현재 시중에서 사용되고 있는 상용화된 비합성용 트러스 데크 플레이트의 하부강판은 내력 계산시 반영하지 않으므로 강판이 슬래브 내력에 기여하는 정도를 철근 콘크리트 슬래브와 비교함

- 실험 조건
  - 철근 콘크리트 슬래브 2개 / 데크 플레이트 슬래브 2개
  - 지점조건 : 롤러-롤러, 힌지-힌지 / 지점간격 : 3,200mm

- 실험체 제원
  - 콘크리트 강도 : 24MPa
  - 하부 주철근 : 500MPa

- 측정범위
  - 하중-중앙부 처짐 변위, 하중-중앙부 하부 철근 변형률

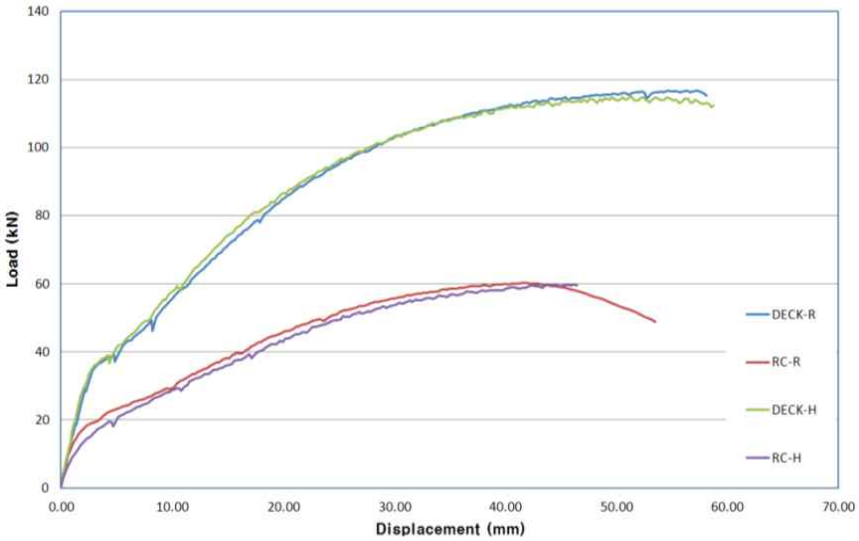
- 실험방법
  - 과제수행중 작성한 슬래브 휨실험 절차서에 의해 실험 실시
  - 4점 휨실험(1L/4, 3L/4)

- 실험결과

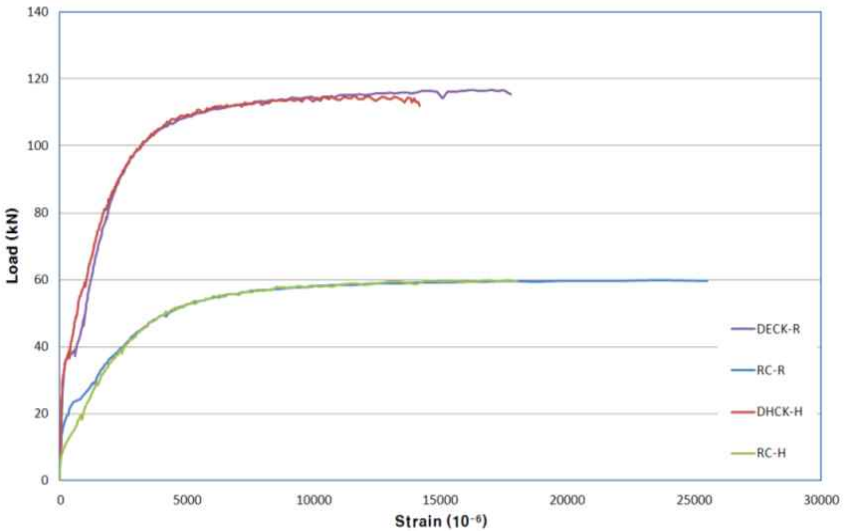
<슬래브 실험체 설치 전경>

<교각 준정적 실험 절차>

실험체명	공칭 설계 항복하중 (kN)	재료시험 반영 설계 항복하중 (kN)	실험 결과				
			균열하중 (kN)	항복		최대	
				하중 (kN)	중앙부 처짐 (mm)	하중 (kN)	중앙부 처짐 (mm)
RC-R	56.53	56.66	22.45	56.86	31.79	60.19	41.93
RC-H	56.53	56.66	10.32	55.08	32.16	59.83	46.25
DECK-R	56.53	56.66	36.80	109.80	36.83	116.73	56.43
DECK-H	56.53	56.66	34.92	109.73	37.84	115.28	51.33



<하중-변위 결과 그래프 (중앙부 처짐)>



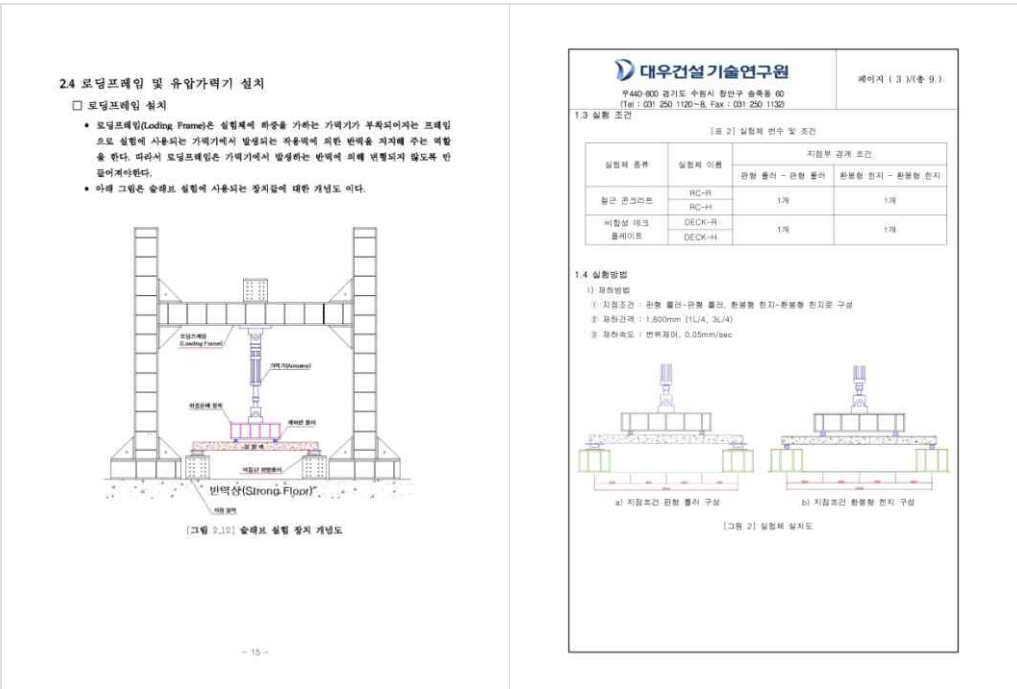
<하중-변형률 결과 그래프 (중앙부 하부 철근)>

■ 결과 분석

- 철근 콘크리트와 데크 플레이트의 휨 실험에 대한 내력비교는 확연하게 트러스 데크 플레이트 슬래브의 내력이 우수한 것으로 나타났다. 슬래브의 내력계산 시 관여하지 않는 아연도 강판과 트러스근이 데크 플레이트 슬래브의 내력에 2배 가까이 기여하는 것으로 나타났다. 하지만 하부 강판의 용도가 거푸집을 대용하는 것으로 사용되고 트러스 철선은 시공 중 사용하중에 견딜 수 있도록 설계되어 졌기 때문에 이번 비교 실험결과를 데크플레이트의 내력설계에 반영하기에는 다소 면밀한 검토가 필요한 것으로 판단된다.

■ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성

- 기준 실험사례 분석, KS 표준 분석, 비교실험 결과 등을 반영하여 건축 슬래브(1방향 슬래브)에 대한 실험절차서(가이드라인) 및 예제매뉴얼을 작성함



2.4 로딩프레임 및 유압가력기 설치

□ 로딩프레임 설치

- 로딩프레임(Loding Frame)은 실험체에 하중을 가하는 가력기가 부착되어지는 프레임으로 실험에 사용되는 가력기에서 발생되는 작용력에 의한 반력을 지지해 주는 역할을 한다. 따라서 로딩프레임은 가력기에서 발생하는 반력에 의해 변형되지 않도록 만들어져야한다.
- 아래 그림은 슬래브 실험에 사용되는 장치들에 대한 개념도 이다.

[그림 2.12] 슬래브 실험 장치 개념도

- 15 -

대우건설기술연구원

우440-800 경기도 수원시 장안구 송죽동 60
(Tel : 031 250 1120~8, Fax : 031 250 1130)

페이지 (3)/(총 9)

1.3 실험 조건

[표 2] 실험체 변수 및 조건

실험체 종류	실험체 이름	지점부 경계 조건	
		관형 롤러 - 관형 롤러	환봉형 힌지 - 환봉형 힌지
철근 콘크리트	RC-R	1개	1개
	RC-H		
비합성 데크 플레이트	DECK-R	1개	1개
	DECK-H		

1.4 실험방법

1) 재하방법

① 지점조건 : 관형 롤러-관형 롤러, 환봉형 힌지-환봉형 힌지로 구성

② 재하간격 : 1,600mm (1L/4, 3L/4)

③ 재하속도 : 변위제어, 0.05mm/sec

a) 지점조건 관형 롤러 구성

b) 지점조건 환봉형 힌지 구성

[그림 2] 실험체 설치도

※ 실험절차서 및 예제매뉴얼은 별권 참조

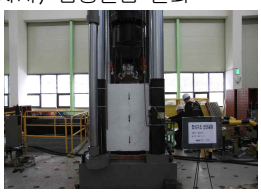
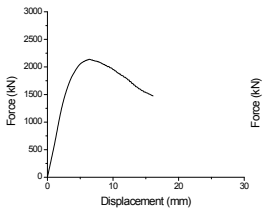
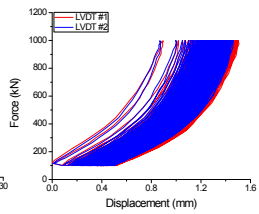
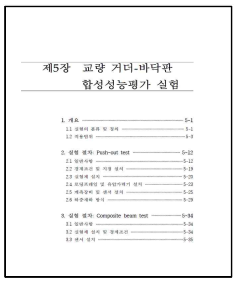
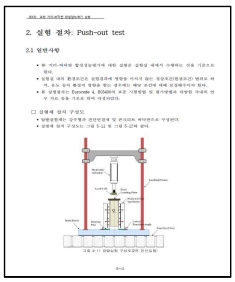
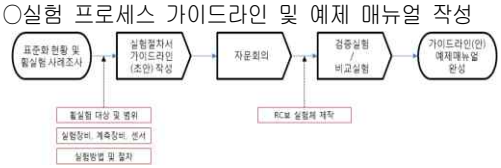
2. (2차년도) 주요 연구수행 내용

가. 교량 강합성 바닥판 전단실험 절차서 작성

<table>
<tr><th>연 차</th><th>연구 내용</th><th>연구 결과</th></tr>
<tr>
<td rowspan="2">2차년도</td>
<td>○ 국내외 유사실험 사례 및 논문 조사(총 11건)
- 관련 보고서, 학회 논문 등 조사
· FRP-콘크리트 합성을 위한 퍼포본드 전단 연결재의 성능 평가(2006, 한국콘크리트학회)
· 초고성능 콘크리트 바닥판 교량의 전단연결부에 대한 실험적 연구(2011, 한국복합재료학회지)
· 프리캐스트 바닥판 합성형 교량에서의 볼트접합 전단 연결재의 강도(2005, 대한토목학회논문집)
· Experimental Study on Stud Shear Connectors with Large Diameter and High Strength(2005, ICETCE)
· 피로하중을 받는 합성보의 휨강성 감소에 관한 실험적연구(1996, 대한토목학회논문집)
- 교량 거더-바닥판 합성성능 실험의 적용범위, 대상 실험체, 실험장비, 센서, 하중재하 방법, 계측 및 분석 자료, 결과보고서 수록 항목 등 조사
- 실험절차서 및 예제매뉴얼 작성시 분석결과 반영
※ [국내외 유사실험 사례 및 논문] 상세 분석 참조

○ 실험 가이드라인(실험절차서) 검증실험
- 스터드 : 직경 25mm, 높이 150mm, 인장강도 410MPa
- 피로하중 반복횟수 : 2,000,000회(DB24)
500,000회(DL24)
- 하중조건 : 정적강도실험(변위제어 0.005mm/s)

※ 기관에서 수행한 외부 실험용역 자료 활용</td>
<td>○ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사 결과

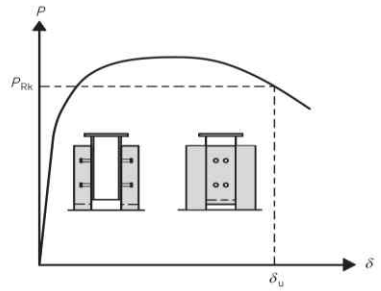
○ 실험 가이드라인(실험절차서) 검증실험 결과
 
 
 
 
  </td>
</tr>
<tr>
<td>○실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성
 
- 실험절차서 가이드라인 초안 작성
- 전문가 검토 및 자문 수행
- 절차에서 따른 검증용 실험체 제작 및 실험 수행
- 실험프로세스 검증 및 유효성 평가
- 예제매뉴얼 작성 및 가이드라인 완성</td>
<td>○실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 결과

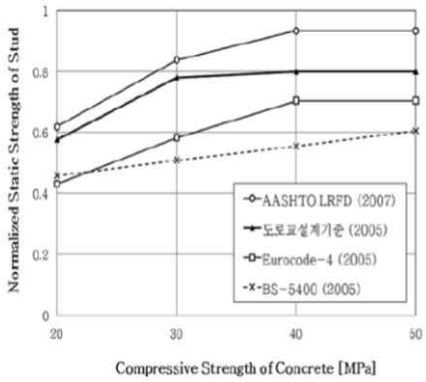
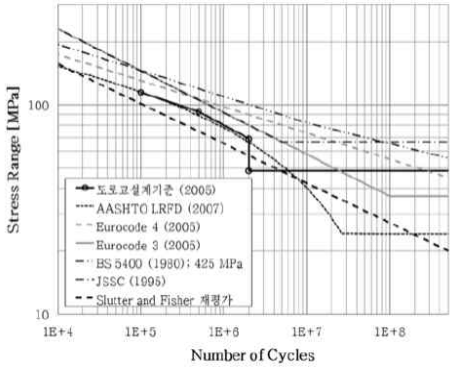
<예제매뉴얼>

<실험결과서></td>
</tr>
</table>

■ 국내외 관련 표준화 현황 조사 및 분석

설계기준	내용	
도로교설계기준 (2010년)	• 도로교설계기준 3.9.5에서 피로설계시 적용할 스터드 전단연결재의 높이/지름비, 최대간격 등을 규정하고 있음 • 스터드의 사용만을 기준으로 제시. 스터드 이외의 다른 전단연결재를 사용할 경우 합리적인 방법의 실험 검증을 거쳐 • 전단연결재의 사용기준, 수평전단력의 범위, 전단연결재 간격, 전단연결재 개수, 전단연결재 극한강도에 대한 설계식을 제시 • 전단연결재의 강도감소계수는 전단과 비틀림에 대하여 0.8 사용	- 높이/지름(L/d)비 ≥ 4 - 최대간격 = 콘크리트 두께의 3배 < 600㎜ $d_0 = \frac{\sum Z_r}{S_r}$ - 교축방향의 최소중심간격 = 5d 또는 100㎜ - 교축 직각방향의 최소중심간격 = d+30㎜ - 스터드 줄기 지름 = 19, 22, 25㎜ $d_0 = \frac{\sum Z_r}{S_r}$ - 수평전단력 $S_r = \frac{V_r Q}{I}$ - 전단연결재 인장강도 $V_u = 0.4\ d^2 \sqrt{f_{ck} E_c} \le A_{sc} f_u$
도로교설계기준 (한계상태설계법, 2012년)	• 도로교설계기준 6.10.7.4(1)에 의해 합성단면에서의 전단연결재 설계기준으로 적용 - 스터드와 ㄷ형강의 전단연결재에 대한 피치, 횡방향 간격, 덮개와 관입에 대한 기준을 제시 - 합성단면 전단연결재의 피로저항, 연결재의 개수(영구하중에 의한 역방향 휨 발생부위에 대한 특별 요구사항으로 추가적인 전단연결재의 설치가 필요한 경우), 극한한계상태의 설계강도, 공칭수평전단력, 공칭전단강도에 대한 설계식 제시 • 도로교설계기준 6.6.1.2에 의해 합성단면에서 전단연결재의 피로성능기준의 설계기준으로 적용 - 하중유발 피로 적용범위를 제시하여 하중유발 피로 설계기준에 대한 전단연결재의 피로 상세범주, 하중유발 피로강도, 합성단면 전단연결재의 피로저항에 대한 설계식 제시	- 전단연결재 피치 p $p = \frac{n Z_r I}{V_{st} Q}$ - 공칭전단강도 $Q_n = 0.5 A_{sc} \sqrt{f_{ck} E_c} \le A_{sc} F_u$ - 공칭전단강도(ㄷ형강) $Q_n = 0.3(t_t + 0.5 t_w) L_c \sqrt{f_{ck} E_c}$ - 공칭수평전단력 $V_h = 0.85 f_{ck} b t_s$ $V_h = F_{yw} D t_w + F_{yt} b_t t_t + F_{yc} b_f t_f$ - 공칭피로강도 $(\Delta F)_n = \left(\frac{A}{N}\right)^{\frac{1}{3}} \ge \frac{1}{2}(\Delta F)_{TH}$ - 피로강도 $Z_r = \alpha d^2 \ge \frac{38 d^2}{2}$
미국(AIS)	• stud 전단연결재의 저항을 계산하기 위한 설계식을 제공 • stud 스터드 개수로 나눈 파괴하중으로 전단연결재 능력을 계산 할 수 있는 설계식 제시 - AISC(2005a) ANSI/AISC 360-05 Specification for structural steel buildings - AISC(2005b) ANSI/AISC 360-05 Specification for structural steel buildings	- 공칭강도 $Q_n = 0.5 A_{sc} \sqrt{f'_c E_c} \le A_{sc} F_u$ - stud reduction factor $SRF = \frac{0.85}{\sqrt{N_r}} \left(\frac{w_r}{h_r}\right)\left(\frac{H_s}{h_r} - 1.0\right) \le 1.0$

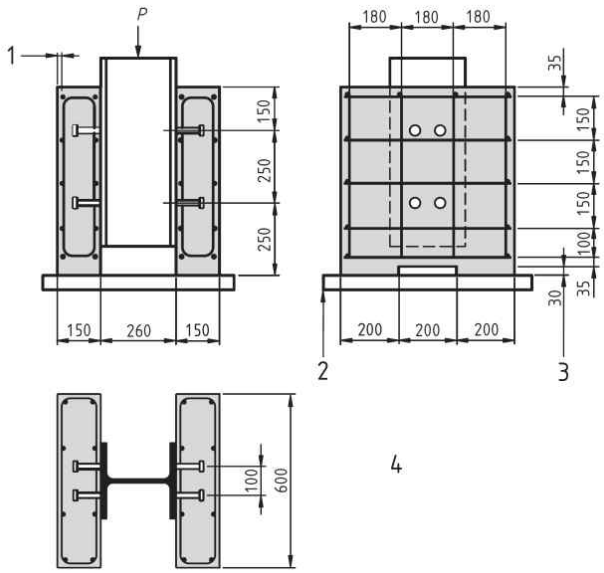
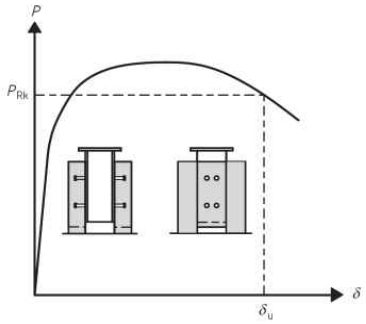
설계기준	내용	
미국(AASHTO LRFD)(2007)	• 교량의 전단연결재 설계는 주로 강도보다는 피로에 의해 지배 • 1966년 Slutter Fisher의 연구에 근거하여 피로설계 제시 • 전단연결재의 강도감소계수는 전단과 비틀림에 대하여 0.85 사용 - AASHTO LRFD Bridge Design Specifications(2007)	- 공칭강도 $Q_r = 0.5A_s\sqrt{E_c f_c'} \le A_s f_u$ - 인장강도 $V_{tu} = 0.5A_{sh}\sqrt{f_{ck}E_c} \le A_{sh}f_u$ - 피로강도 $Z_r = (238 - 29.5\log N)d^2 \ge \frac{38.2}{2}d^2$ - stud reduction factor $SRF = \frac{0.85}{\sqrt{N_r}}\left(\frac{w_r}{h_r}\right)\left(\frac{H_s}{h_r} - 1.0\right) \le 1.0$
캐나다(CSA)	• stud 전단연결재의 저항을 계산하기 위한 설계식을 제공 - CSA(2001) Can/csa-s 16-01 limit state design of steel structures	- 저항 $Q_d = 0.5A_s\sqrt{E_c f_c'} \le 448A_s$
유럽 (Eurocode 4: EN 1994-1-1 (2004.12))	• stud 전단연결재의 저항을 계산하기 위한 설계식을 제공 • 전단연결재에 대한 시험, 합성 바닥 슬래브의 시험에 대한 내용을 제공 - Eurocode(2004) CEN4 Design of composite steel and concrete structures - Eurocode(2004) EN 1994-1-1 Design of composite structures of steel and concrete • 전단연결재에 대한 실험을 시험편의 준비, 시험절차, 시험 평가에 대한 가이드를 제공 함 • 미국, 국내의 설계기준과 다르게 부분계수를 도입하여 정적 극한강도를 현저히 적게 평가 • 스터드높이/직경의 비율을 국내와 미국은 4.0 이상으로 규정하고 있으나 유로코드의 경우 이 비율이 3과 4에 속하는 경우를 허용하는 대신 그 강도를 감소시킴	- 시험편의 슬립능력(δ_u)은 아래 그림과 같이 characteristic 하중 수준에서 측정된 최대 슬립으로써 주어져야 함. characteristic 슬립 능력(δ_{uk})는 10% 감소 또는 모든 시험결과들로부터 통계적 평가에 의해 결정된 δ_u의 최소시험값으로 주어져야 함  $P_{Rd} = \frac{f_u}{f_{ut}}\frac{P_{Rk}}{\gamma_V} \le \frac{P_{Rk}}{\gamma_V}$ - 인장강도 $V_{tu} = 0.29d^2\sqrt{f_{ck}E_c} \le 0.8f_u(\frac{\pi d^2}{4})$ - 피로강도 $\log N = 21.935 - 8\log S$
영국 (British Standards Institution)	• BS 5400 : Part 5 - Steel, concrete and composite bridges. Code of practice for design of composite bridges, BS 5400-9.1. • BS 5950 : Part 3 - Section 3.1 - Structural use of steelwork in building. Code of practice for design of simple and continuous composite beams, BS 5950-3.1.	- 전단연결재의 최소인장강도를 495MPa로 제한 - 피로강도(Part 10) $\log N = 22.318 - m\log S_{BS}$
중국 (Chinese Design Code for Steel Structures)	• Ministry of Construction of China : GB50017-2003 Code for design of steel structures	- 극한전단저항 $N_v^c = 0.43A_s\sqrt{E_c f_c} \leqq 0.7A_s\gamma f$ $P_{Rd} = 0.8f_u(\pi d^2/4)\gamma_v$ $P_{Rd} = 0.29\alpha d^2\sqrt{(f_{ck}E_{cm})}/\gamma_v$

설계기준	내용
비교	• 콘크리트 강도에 따른 전단연결재의 극한 강도 비교 - 전단연결재의 인장강도가 495MPa인 경우(직경 25mm, 높이 100mm 이상) • 전단연결재의 피로 S-N곡선 비교 - AASHTO LRFD(2007)에서 제시한 피로 설계식이 다른 설계식들보다 낮은 응력변동폭을 제시  <전단연결재의 극한 강도 비교>  <전단연결재의 피로 S-N곡선>

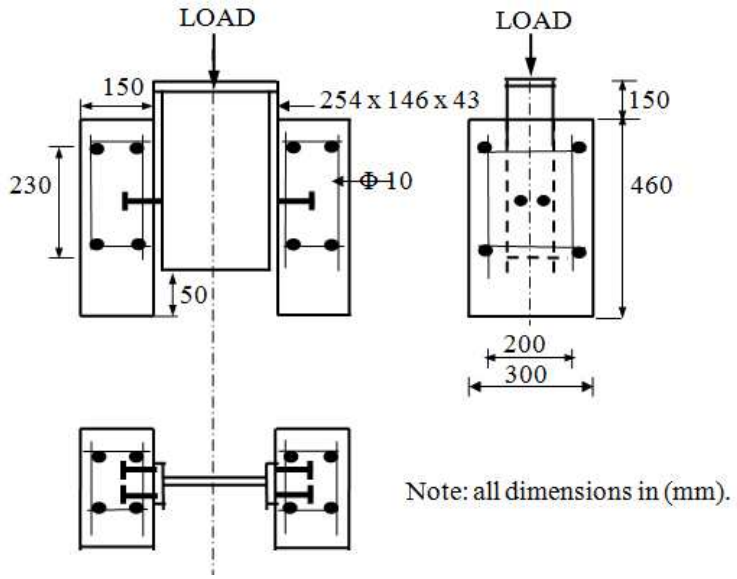
■ 국내외 관련 표준화 현황 조사 및 분석

□ Eurocode 4: EN 1994-1-1(2004.12) 분석

- 전단연결재에 대한 시험 및 평가 제시

구분	내용
시편 준비	• 전단연결재의 피로시험을 위한 시편 제작  <Test specimen for standard push test>
시험 절차	• 하중 : 예상 파괴하중의 40%까지 증가, 예상 파괴하중의 5%~40%에서 25번 반복 재하 • 후속 하중 증가는 파괴가 15분 이내에 발새하지 않도록 도입 • 각 콘크리트 슬래브와 강 단면 사이의 종방향 슬랩은 하중재하 동안 또는 매 하중 증가마다 연속적으로 계측 • 슬립은 최소한 하중이 최대하중의 20% 이하로 내려갈 때까지 측정
시험 평가	• *설계저항 제안식* $$P_{Rd} = \frac{f_u}{f_{ut}} \frac{P_{Rk}}{\gamma_V} \leq \frac{P_{Rk}}{\gamma_V}$$ 여기서: f_u : 연결재 재료의 최소 규정 극한강도 f_{ut} : 시험편에서의 연결재 재료의 실제 극한강도 γ_V : 전단연결재에 대한 부분안전계수 • 평균과의 편차가 10% 초과할 경우 같은 종류의 시험이 최소 3회 수행되어야 함  <Determination of slip capacity>

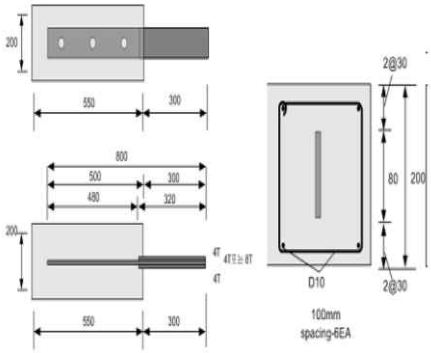
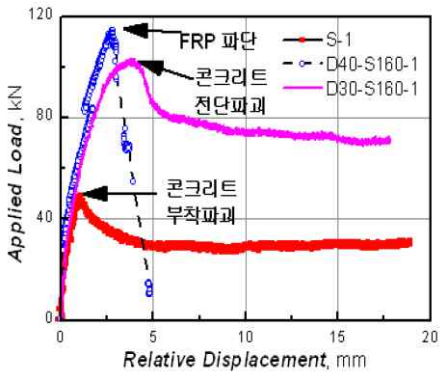
□ British Standard 분석

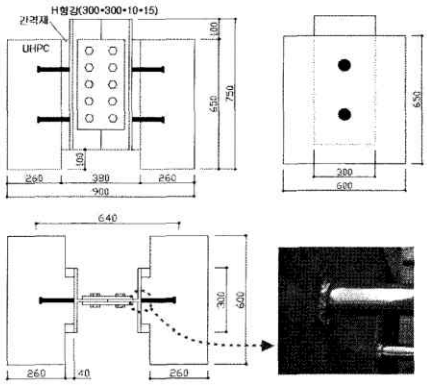
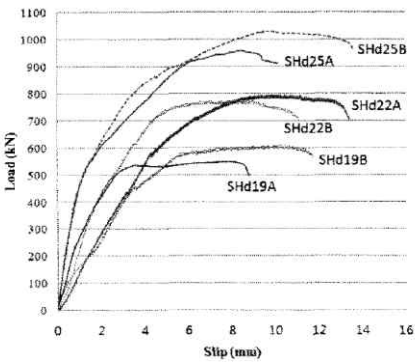
구분	내용
시편 준비	• 전단연결재의 피로시험을 위한 시편 제작 
시험 절차	• 베어링 응력 집중을 제거하기 위해 프레임과 콘크리트 블록의 베이스 사이에 부드러운 나무나 고무 보드를 설치하도록 함 • 하중 : 하중제어로 매 하중 증가마다 하중 크기와 상대슬립 측정 • 하중은 슬래브의 균열이 발생하거나 연결재의 파괴가 발생할 때까지 수행 • 슬래브와 steel beam의 수직 슬립을 최소 0.01mm로 측정할 수 있는 dial-gage를 평균해서 연결재 위치에서 측정 • 연결재당 평균하중의 최대 크기와 파괴모드를 표기
시험 평가 (주요 인자)	• 연결재의 하중-슬립 특성과 극한전단능력을 비교 • 하중-슬립 관계에 영향을 주는 인자들 - Number of connectors in the test specimen - Mean longitudinal stress in the concrete slab surrounding the connectors - Size, arrangement, and strength of slab reinforcement around of the connectors - Thickness of concrete surrounding the connectors - Freedom of the base of each slab to move latterly, and so impose uplift forces on the connectors - Bond at the steel - concrete interface - Strength of the concrete slab - Degree of concrete compaction surrounding the base of each connector

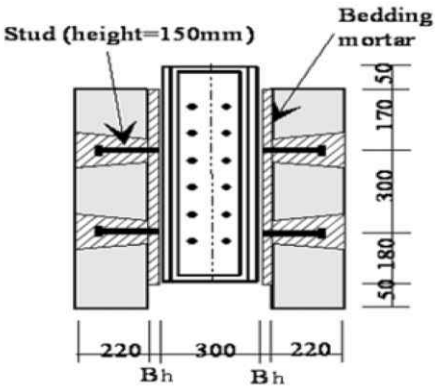
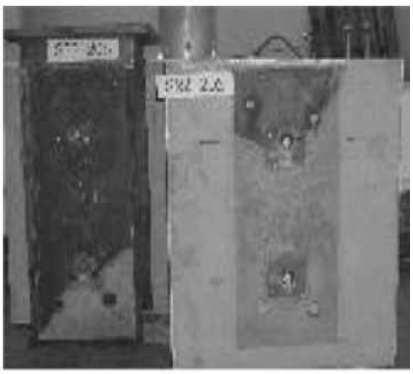
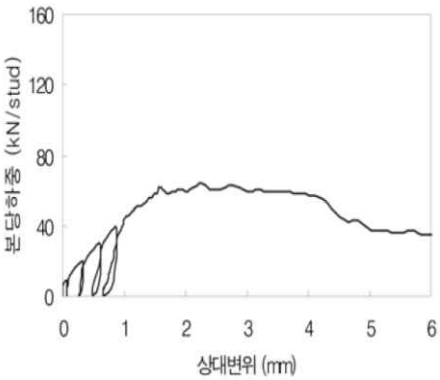
■ 강거더-콘크리트 바닥판 합성성능 실험 사례 조사 및 분석

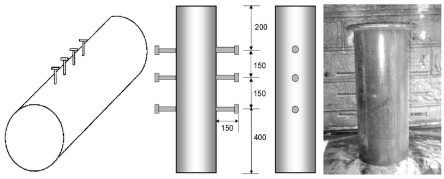
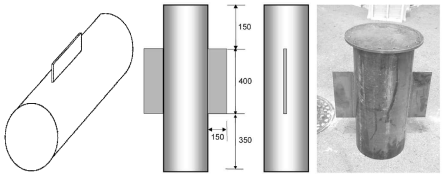
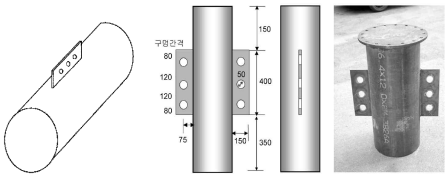
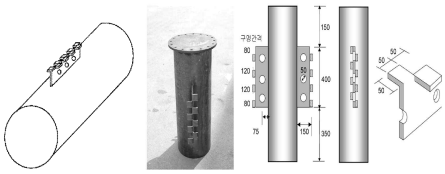
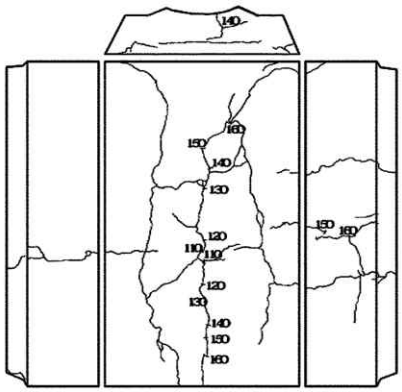
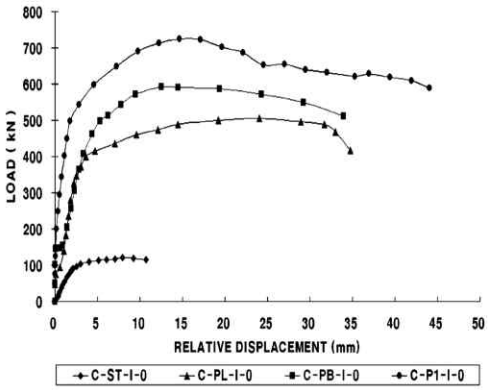
- 실험프로세스 가이드라인 작성을 위해 논문, 보고서 등 실험사례 분석 수행
- 실험체 종류, 실험방법, 평가항목 등을 종합적으로 분석하여 실험절차서 작성에 반영함

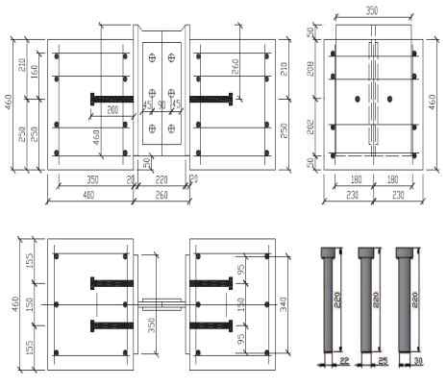
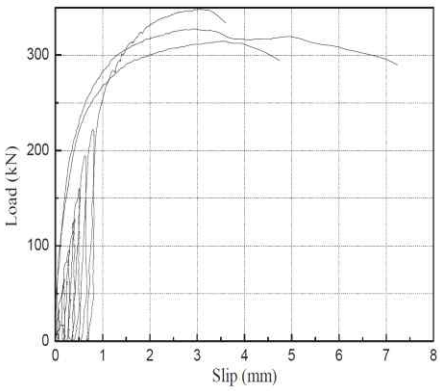
○ 압발실험

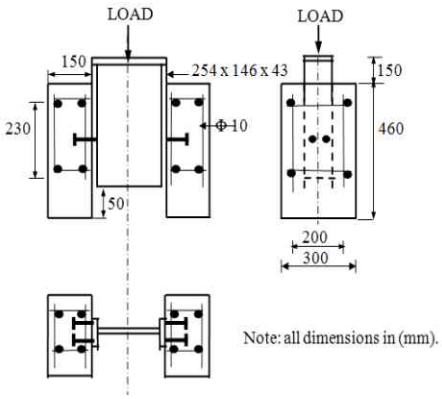
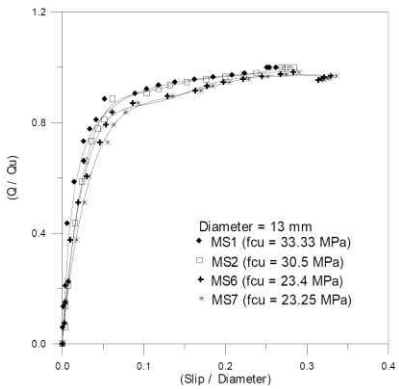
항목	내용	
제목	FRP-콘크리트 합성을 위한 퍼포본드 전단 연결재의 성능 평가	
연구자	박성용, 조정래, 황훈희, 조근희, 백동열, 김성태	
실험전경 및 실험체	 <실험 전경> <실험체의 형상 및 제원>	
제원	직경	30, 40mm
	플레이트판 두께	4, 8mm
	인장 강도	345,478MPa
실험체 형태	headed shear stud	
실험방법	Push-out test	
평가항목	▪ 각 하중 스텝에서 하중, 변위 ▪ 각 하중 스텝에서 상대슬립 ▪ 각 하중 스텝에서 스터드의 변형률	
제어방식	하중제어	
센서	▪ straingage	
실험결과	※ 직접 인발실험을 통해서 FRP 전단연결재의 부착성능 평가  <파괴모드별 하중-상대변위 곡선>	
실험연도	2006년	
출처	한국콘크리트학회 학술발표대회	

항목	내용	
제목	초고성능 콘크리트 바닥판 교량의 전단연결부에 대한 실험적 연구	
연구자	유동민, 황훈희, 김성태, 박성용	
실험전경 및 실험체	 <실험 전경> <실험체 제원>	
제원	직경	19, 22, 25mm (높이 150mm)
	설계기준압축강도	180MPa
	강재	H300×300×10×15
실험체 형태	headed stud,	
실험방법	• Push-out test	
평가항목	▪ 각 하중 스텝에서 하중의 크기 ▪ 각 하중 스텝에서 상대슬립 ▪ 각 하중 스텝에서 스터드의 변형률	
제어방식	하중제어(150kN까지 2kN/sec의 속도로 하중제어), 변위제어(0.01mm/sec)	
센서	▪ straingage	
실험결과	Table 2 Test results Specimens / Ulimate Load (kN/Stud) / Slip (mm) / Failure Mode SHd19 A: 137.23, 7.91, Stud Failure SHd19 B: 152.15, 10.24 SHd22 A: 198.10, 9.73, Stud Failure SHd22 B: 193.63, 7.07 SHd25 A: 239.47, 8.48, Stud Failure SHd25 B: 257.63, 9.64 <실험 결과>  <하중-슬립량 곡선>	
실험연도	2011년	
출처	한국복합재료학회지	

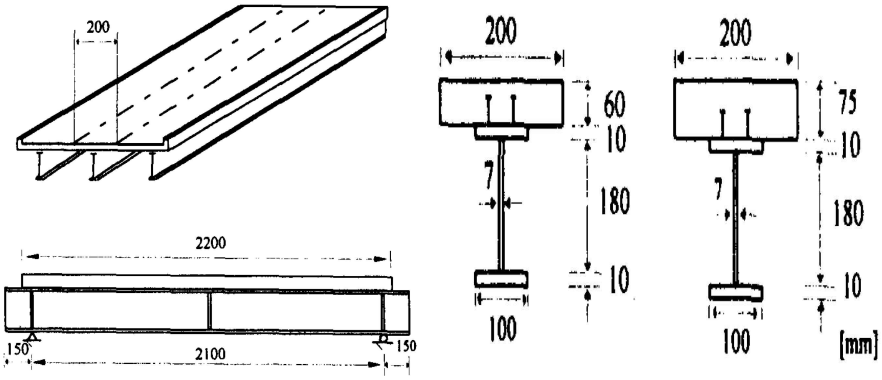
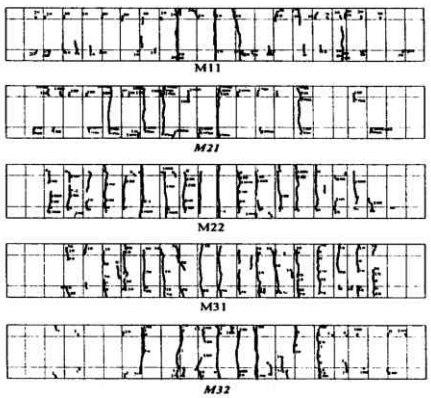
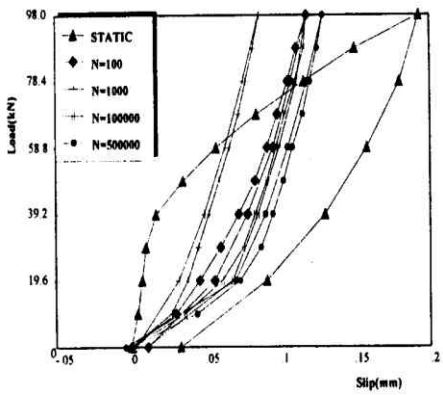
항목	내용	
제목	프리캐스트 바닥판 합성형 교량에서의 볼트접합 전단연결재의 강도	
연구자	정철헌, 김종석, 박흥석, 주봉철	
실험전경 및 실험체	 <실험 전경> <실험체 제원>	
제원	직경	13, 16, 19, 22, 30mm
	나사 높이	15, 20, 25mm
	베딩층 두께	20mm
실험체 형태	welded stud	
실험방법	• Push-out test	
평가항목	▪ 수직처짐 ▪ 강형과 콘크리트 슬래브 상하부 및 철근의 변형률 ▪ 강형과 콘크리트 슬래브 상대변위(슬립량)	
제어방식	하중제어(200kN까지 2kN/sec의 속도로 하중제어), 변위제어(0.01mm/sec)	
센서	▪ straingage	
실험결과	  <실험체 파괴단면 형상> <하중-변위 곡선(D13)>	
실험연도	2005년	
출처	대한토목학회논문집	

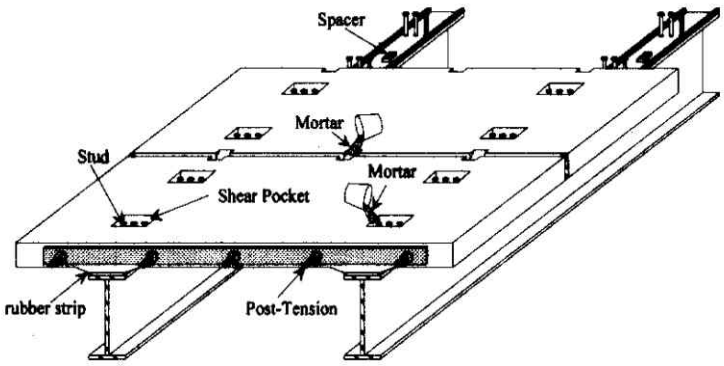
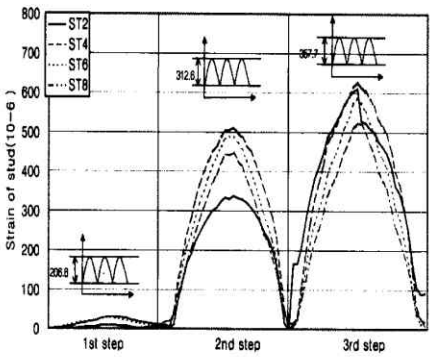
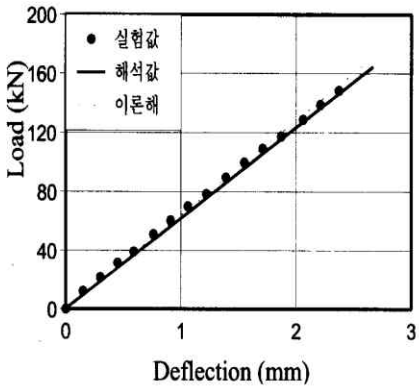
항목	내용	
제목	원형강관 거더와 콘크리트 바닥판 사이 ㄱ형 perfobond 리브 전단연결재의 시험적 연구	
연구자	정철헌, 이흥수, 유성근, 최외호	
실험전경 및 실험체	  <스터드 전단연결재> <Plate 리브 전단연결재>   <Perfobond 리브 전단연결재> <ㄱ형 Perfobond 리브 전단연결재>	
제원	홀 지름	40, 50, 60mm
	연결재 높이	130, 150, 170mm
	콘크리트 강도	270, 350, 400MPa
실험체 형태	스터드, Plate 리브, Perfobond 리브, ㄱ형 perfobond 리브	
실험방법	• Push-out test	
평가항목	▪ 작용하중과 상대변위(슬립량)	
제어방식	하중제어	
센서	▪ straingage	
실험결과	  <파괴 양상> <전단연결재 형태에 따른 하중-슬립 곡선>	
실험연도	2005년	
출처	대한토목학회논문집	

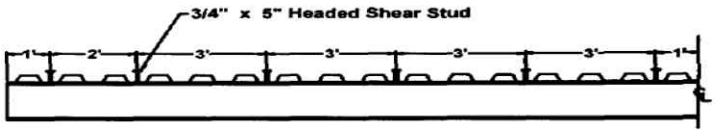
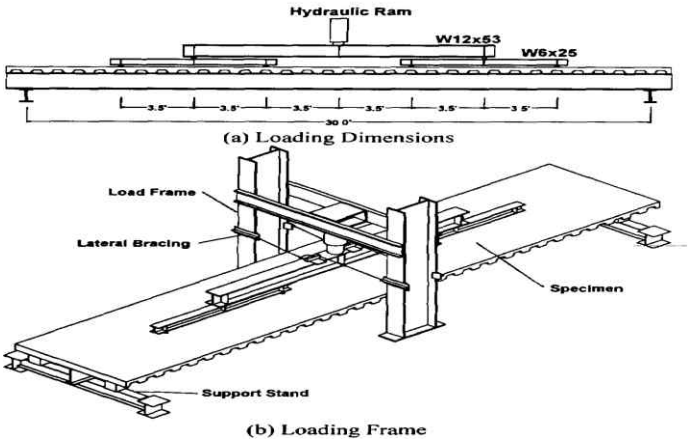
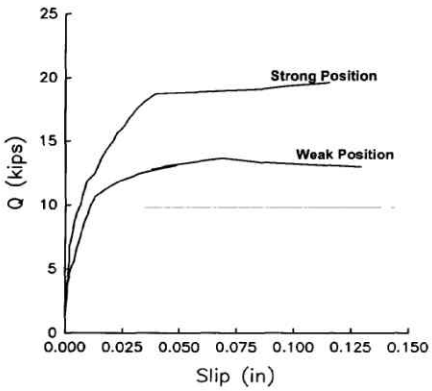
항목	내용	
제목	Experimental Study on Stud Shear Connectors with Large Diameter and High Strength	
연구자	Qian WANG	
실험전경 및 실험체	• 실험체 설계 : Eurocode 4  <Measurement System> <Details of the specimens>	
제원	Shank Diameter	22, 25, 30mm
	Length	200mm
	Tensile Strength	465, 675, 485, 430MPa
실험체 형태	welded head stud	
실험방법	Push-out test	
평가항목	▪ 각 하중 스텝에서 하중의 크기 ▪ 각 하중 스텝에서 상대슬립 ▪ 각 하중 스텝에서 스터드의 변형률	
제어방식	하중제어	
센서	▪ straingage	
실험결과	  <Details of the Concrete Surface> <Load-Slip Curve>	
실험연도	2011년	
출처	Electric Technology and Civil Engineering (ICETCE), 2011 International Conference on / 2011 Apr , / 2011 , pp.340-343	

항목	내용	
제목	Performance Evaluation of Shear Stud Connectors in Composite Beams with Steel Plate and RCC slab	
연구자	Mohammad Makki Abbass	
실험전경 및 실험체	 <Prepared of the specimen> <Details of the specimens>	
제원	Shank Diameter	13,19mm
	Length	230mm
	Tensile Strength	275,290MPa
실험체 형태	welded head stud	
실험방법	Push-out test(500kN hydraulic jack 사용)	
평가항목	▪ 각 하중 스텝에서 하중의 크기 ▪ 각 하중 스텝에서 상대슬립 ▪ 각 하중 스텝에서 스터드의 변형률	
제어방식	하중제어	
센서	▪ straingage	
실험결과	 <Details of the Concrete slab> <Load-Slip Curve>	
실험연도	2011년	
출처	International Journal of Earth Sciences and Engineering, Vol.(4), No.(6), pp. 586-591.	

○ 합성보실험

항목	내용	
제목	피로하중을 받는 합성보의 휨강성 감소에 관한 실험적 연구	
연구자	장승필, 심창수, 윤석구	
실험전경 및 실험체	 <실험체 제원>	
제원	직경	8mm (간격 60mm)
	콘크리트 슬래브 두께	60mm
	강재	H200×100×7×10(SS410)
실험체 형태	headed stud,	
실험방법	• 3점 재하 시험	
평가항목	▪ 수직처짐 ▪ 강형과 콘크리트 슬래브 상하부 및 철근의 변형률 ▪ 강형과 콘크리트 슬래브 상대변위(슬립량)	
제어방식	하중제어	
센서	▪ straingage	
실험결과	 <실험체별 균열 양상>  <하중-슬립량 곡선>	
실험연도	1996년	
출처	대한토목학회논문집	

항목	내용	
제목	프리캐스트 콘크리트 바닥판을 갖는 강-콘크리트 합성보의 정적 및 피로 거동	
연구자	심창수, 이필구, 장성욱, 장승필	
실험전경 및 실험체	 <실험체 형상>	
제원	직경	19mm (높이 150mm)
	콘크리트 슬래브 두께	200mm
	길이	8400mm 단순지지(지간 8000mm)
실험체 형태	headed stud,	
실험방법	• 3점 재하시험	
평가항목	▪ 수직처짐 ▪ 강형과 콘크리트 슬래브 상하부 및 철근의 변형률 ▪ 강형과 콘크리트 슬래브 상대변위(슬립량)	
제어방식	하중제어	
센서	▪ straingage	
실험결과	 <실험 단계별 전단연결재의 변형률>  <정적하중에 의한 하중-처짐 관계>	
실험연도	1999년	
출처	대한토목학회논문집	

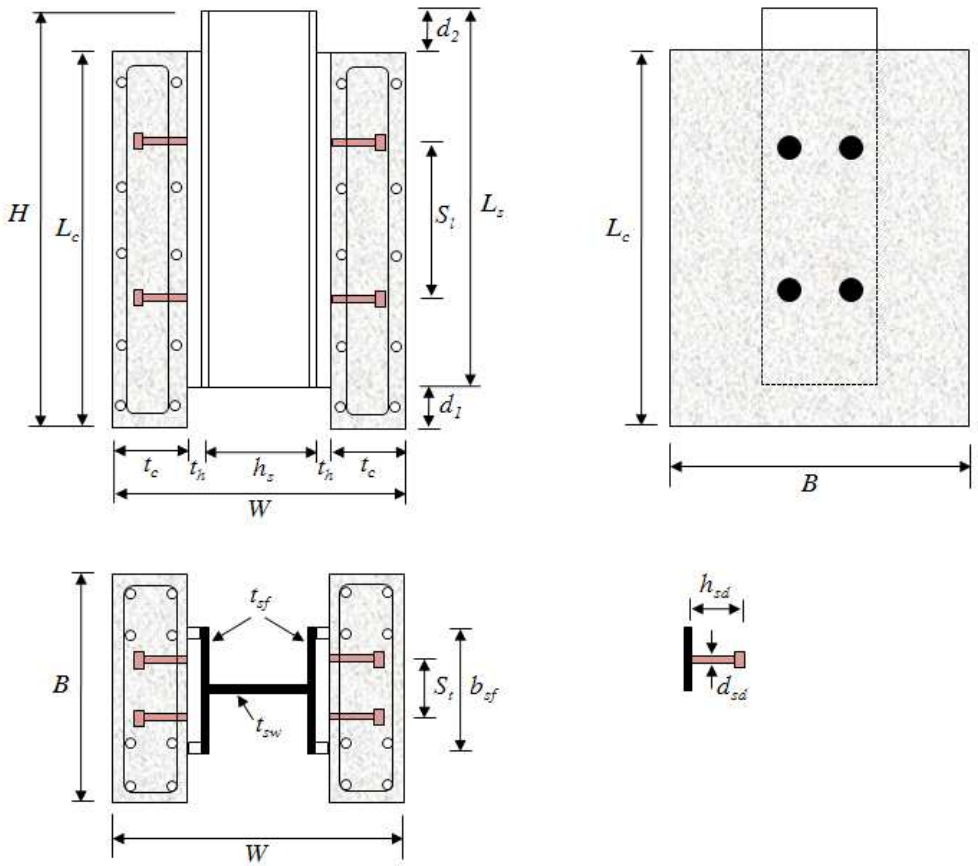
항목	내용
제목	Strength of Shear Studs in Steel Deck on Composite Beams and Joints
연구자	W. Samuel Easterling
실험전경 및 실험체	 <Shear stud locations for composite beam specimens>  <Loading frame for composite beam specimens>
제원	Shank Diameter: 13,19mm Length: 32ft(지간 30ft) Tensile Strength: 275,290MPa
실험체 형태	headed shear stud
실험방법	Push-out test(4점 휨 재하)
평가항목	▪ 스터드 변형률, 변위 ▪ 끝단의 회전각 ▪ 상대슬립(슬립량)
제어방식	하중제어
센서	▪ straingage
실험결과	Table 1. Material Properties for Composite Beam Specimens Test / Flange F_{yf} (ksi) / Flange F_{uf} (ksi) / Web F_{yw} (ksi) / Web F_{uw} (ksi) / Slab f_c' (ksi) 1: 42.0, 68.8, 47.0, 71.9, 4.81 2: 41.9, 70.4, 45.4, 73.8, 3.20 3: 42.5, 70.1, 47.0, 75.7, 2.28 4: 43.6, 63.4, 49.1, 62.9, 4.99 Shear Studs: F_u = 64.8 ksi Steel Deck: F_y = 40.3 ksi F_u = 53.6 ksi <Push-out test Results>  <Load-Slip Curve>
실험연도	2003년
출처	Engineering Journal/ American Institute of Steel Construction, pp. 44-55.

■ 검증용 실험체 제작/ 실험/ 결과분석

○ 압발실험

- 거더-바닥판의 접합면에 전단력을 직접 가하여 전단연결재의 성능을 평가하는 방법으로 합성보실험에 비해 상대적으로 실험조건이 간편하며 실험제 제작이 쉽고 실험비용이 저렴하여 실험이 필요한 변수연구 등에 가장 일반적으로 사용되는 방법임
- 합성보실험에서 전단연결재의 거동특성을 파악하여 성능평가를 하기 어려운 단점을 보완하기 위해 고안된 것으로 압발실험 결과가 합성보실험 결과보다 안전 측의 결과를 보이는 것으로 알려짐(Slutter, 1965)

① 실험체

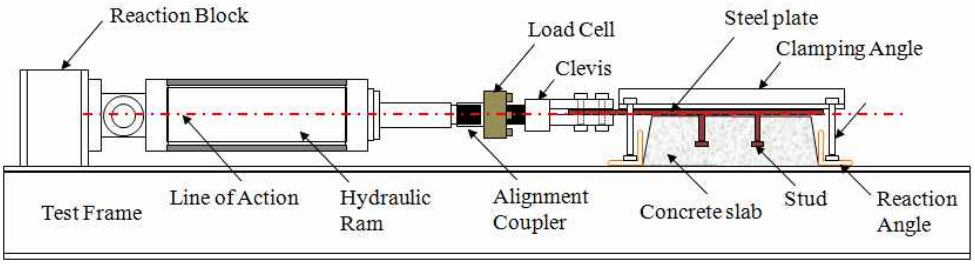


H : 실험체의 총 길이($H=L_c+d_2$ or $H=L_s+d_1$)
L_c : 철근콘크리트 바닥판의 길이
L_s : 강거더의 길이
d_1 : 강거더 하면과 철근콘크리트 하면의 간격
d_2 : 강거더 상면과 철근콘크리트 상면의 간격
W : 실험체의 총 너비($h_s+2t_c+2t_h$
t_c : 철근콘크리트 바닥판의 두께
t_h : 헌치 두께 또는 프리캐스트 바닥판의 베딩층 두께
h_s : 강거더의 높이
t_{sf} : 강거더의 플렌지 두께
t_{sw} : 강거더의 복부 두께
B : 실험체 또는 철근콘크리트 바닥판의 폭
b_{sf} : 강거더의 플랜지 폭
h_{sd} : 스터드의 길이
d_{sd} : 스터드의 두께
S_l : 축방향 스터드간 간격
S_t : 횡방향 스터드간 간격

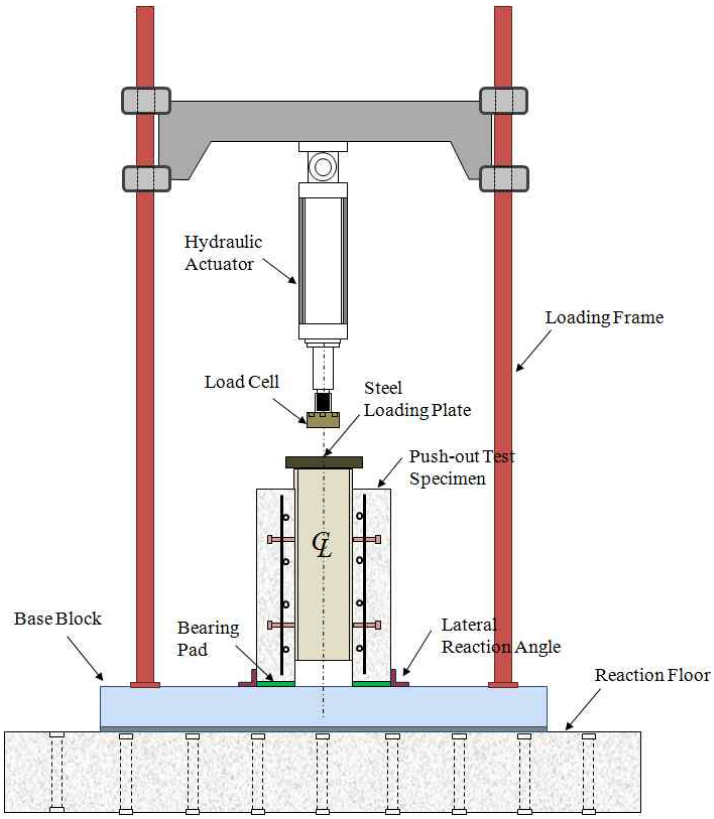
<표준 압발실험체의 치수(스터드 사용시)>

② 실험체 설치

- 1면 전단실험의 경우, 실험체 설치 시 유압가력기의 하중 축을 실험체 강거더와 콘크리트 바닥판의 계면에 일치시켜야 함. 또한 하중 가력시 실험체가 들뜨지 않도록 L형 앵글을 사용하여 콘크리트 바닥판과 반력바닥에 지지된 test frame의 베이스블록과 지지시켜주며 마찰에 의한 영향을 최소화 시켜야 함
- 2면 전단실험의 경우, 수직하중(전단하중)이 양쪽 콘크리트 바닥판의 전단연결재에 균등하게 전달되기 위해서 유압가력기와 강거더의 중심축이 정확히 일치되도록 설치



<압발실험 구성도(1면 전단실험)>



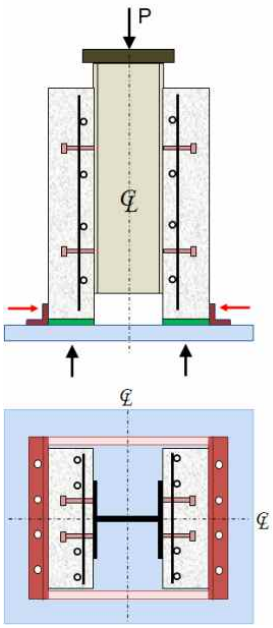
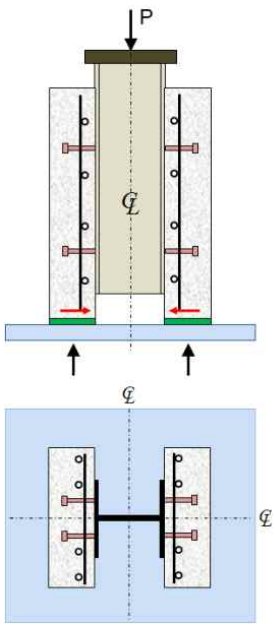
<압발실험 구성도(2면 전단실험)>

③ 경계조건 및 지점 설치

- 실험체의 구속조건은 실험 결과에 큰 영향을 주므로 실험대상 부재가 실제로 설치되는 조건을 고려하여 결정. 즉, 실제 구조물의 거동을 평가하기에 적절한 조건을 갖추도록 함
- 일반적인 2면 전단실험체인 경우 축하중에 대한 면지지 조건으로 설치

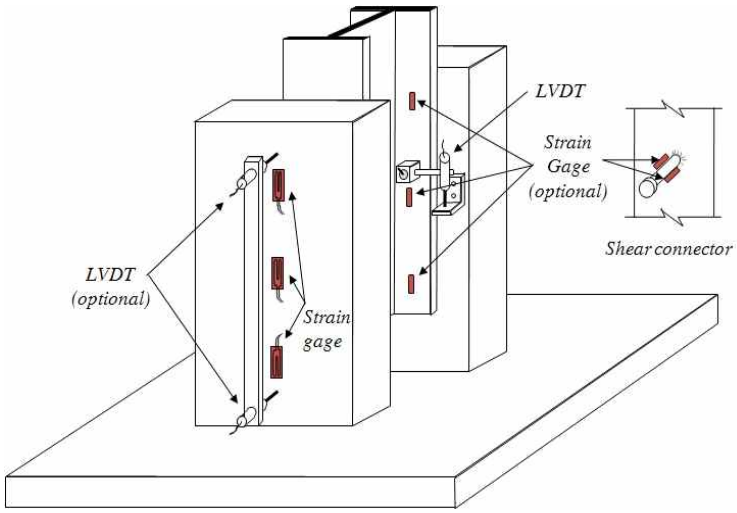
• UTM과 같이 로딩프레임이 일체형의 자기평형 시스템으로 구성된 경우에는 로딩프레임을 반력바닥에 고정시키고 로딩프레임의 하부 평평한 실험체 지지면 위에 실험체를 얹어 놓고, 하중 재하시 콘크리트 바닥판과 강거더의 플랜지 사이가 벌어지지 않도록 횡방향으로 구속

<실험체 구성 및 설치 방법>

구성 \ 지지조건	1축 압축 & 횡방향 지지	1축 압축 & 횡방향 비지지
구성 및 설치 방법		
	● 지지면에 앵글로 볼트 연결 또는 폐합형 지지프레임을 설치	● 별도의 횡방향지지 없음

④ 계측장비 및 센서 설치

• 센서 배치는 강거더와 콘크리트 바닥판의 상대슬립 측정을 위한 변위계 2개(양쪽 대칭)와 콘크리트 바닥판 표면에 부착하는 변형률계는 필수로 설치하되, 필요시 추가할 수 있음

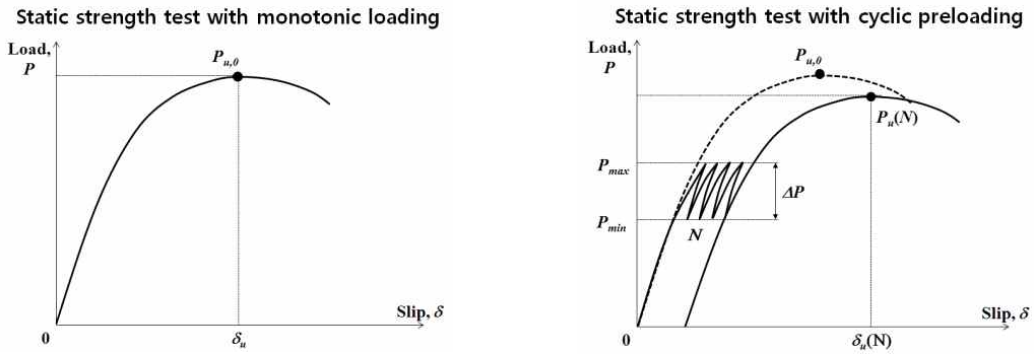


<센서 배치도>

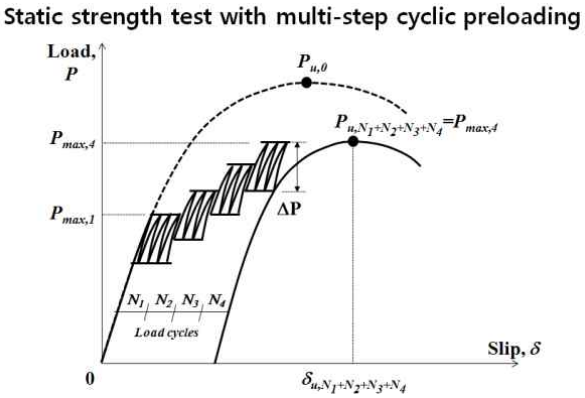
- 로드셀은 설치 시 UTM 또는 엑츄에이터에 장착된 하중계를 사용할 경우에 컨트롤러에서 하중을 외부로 분기시켜 계측시스템에서 다른 센서들과 동시에 측정되도록 하며 충분한 용량을 갖고 정밀도가 높은 것을 사용함
- 변위계는 최대 예상변위까지 측정 가능하며, 미소한 상대슬립을 고려하여 최소 0.01mm의 정밀도를 갖는 것을 사용 함. 변위계는 각 전단연결재 위치에 설치하여 강거더의 상부플랜지와 콘크리트 바닥판 사이의 상대변위(상대슬립)를 측정
- 변형률계는 전단연결재에 직접 부착하는 강재용 변형률계(5mm 내외의 게이지 길이)와 콘크리트 바닥판, 표면에 부착하는 콘크리트용 변형률계(60mm 내외의 게이지 길이)로 구분하여 부착

⑤ 하중조건

- 정적성능실험은 목표 실험하중(또는 설계하중) 내에서 전단연결재의 구조적 합성성능을 확인하기 위한 실험으로 실험 목적에 따라 단조증가하중 또는 반복하중의 점진적 증가 방식을 적용할 수 있음



(a) 단조증가하중 (b) 일정구간 반복하중



(c) 연속증가 반복하중

<정적성능평가 실험을 위한 하중재하 곡선>

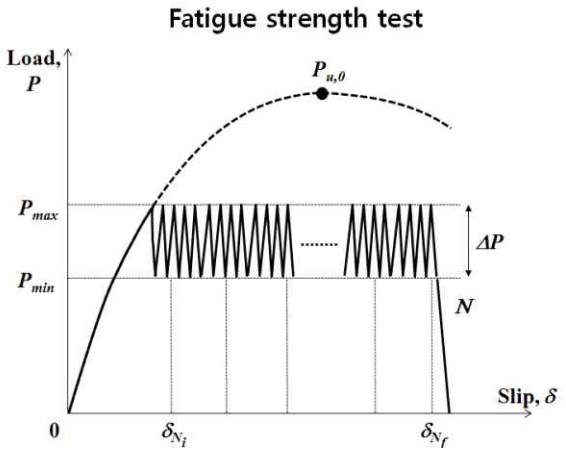
여기서, P : 재하하중(전단하중)

P_u : 극한하중

$P_{\max}$, $P_{\min}$: 반복하중 재하시 최대, 최소하중

δ_u : 극한하중시 상대슬립

• 피로성능실험은 전단연결재에 대한 반복 피로하중에 따른 합성성능을 평가하기 위함



<전단연결재 피로성능실험을 위한 하중재하 곡선>

여기서, P : 재하하중(전단하중)

$P_{u,0}$: 반복하중이 없는 정적성능실험시 극한하중

$P_{\max}$, $P_{\min}$: 피로하중 재하시 최대 및 최소하중

δ_{N_i} : N번째 피로하중 재하시 상대슬립($N_i = 1{,}000 \sim 5{,}000$ cycles 간격)

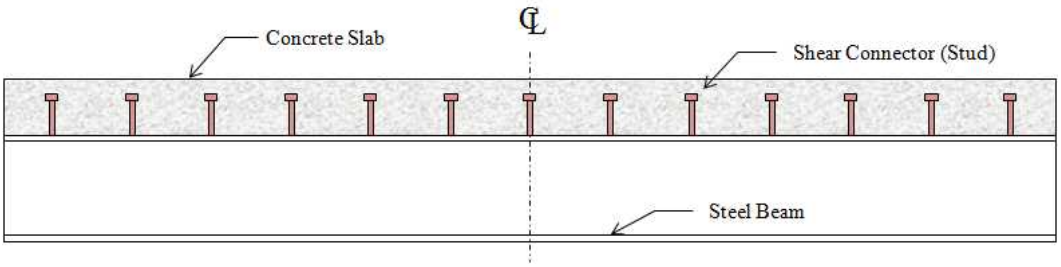
δ_{N_f} : 파괴시 상대슬립

※ 실제 계측은 N_i에 대해서 $P_{\min}$에서 $P_{\max}$의 반복하중에 대한 상대슬립을 10초 이상 연속 측정한다.

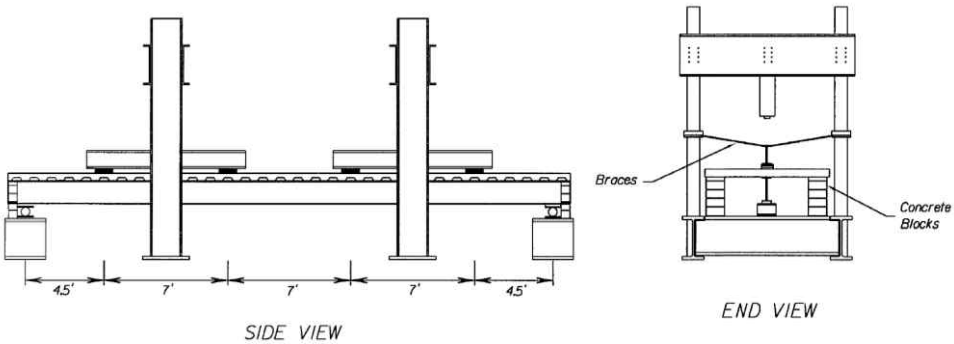
○ 합성보실험

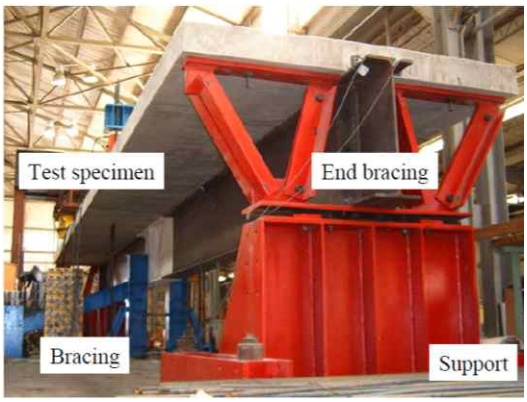
- 실제 교량의 합성상태 거동을 평가하기 위해 전 지간에 걸쳐 제작된 실제 크기의 부재를 이용하여 전단연결재의 강도, 피로성능 등을 평가하는 것을 목적으로 함. 실제 거동을 보다 정확히 모사하는 장점이 있지만 실험제 제작 등 실험비용이 고가이며 합성보실험만으로는 전단연결재의 강도를 직접적으로 평가하기 어렵기 때문에 주로 압발실험 후 실제 크기의 실험체에 대한 합성성능을 평가하는 차원에서 수행됨
- 실규모 합성보실험을 위해서 실험체 설치, 경계조건, 지점설치, 장비 및 센서 설치, 실험절차 등 필요 사항은 “제2장 보/거더 부재의 휨성능실험”을 참고

① 실험체



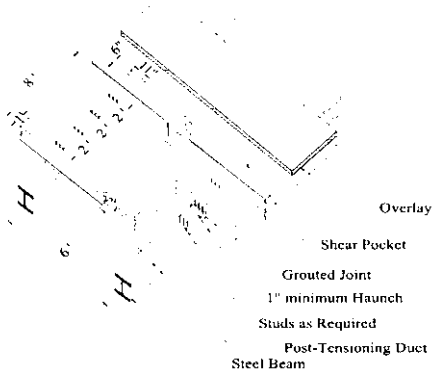
<합성보실험체>





<Full-scale beam test 실험체 설치 예>

(a) 단일거더 합성보



(2) 다중거더 합성보

<Full-scale 합성보의 구속조건(전도방지)>

- 실험체 설치 및 하중 재하 방법은 “제2장 보/거더 부재의 휨성능실험”과 같이 3점 또는 4점 휨실험으로 수행
- 하중계, 변위계, 변형률계 등 일반적인 센서설치 위치 및 개수는 보/거더의 휨성능 실험과 동일
- 하중에 따른 거더와 콘크리트 바닥판간 상대슬립과 전단연결재의 변형률을 측정해야 한다. 측정 위치는 0, L/4, L/3, 3L/4, L 이며, 이 위치에서 강거더이 상부와 콘크리트 바닥판간 계면의 상대변위와 전단연결재의 변형률을 측정

<단부에서의 상대슬립 측정>

○ 실험결과 분석

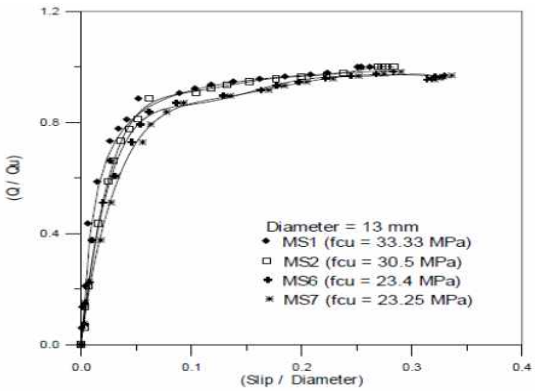
① 실험 계측 및 분석 항목

<측정 항목 및 내용>

구 분	측정 항목 및 내용		비고
필수항목	하중	- 재하하중(전단하중) ·유압가력기의 feedback force ·유압잭 사용시 로드셀 하중 ·하중-상대변위 곡선에서의 최대하중	전단항복, 극한/파괴하중
	변위	- 상대슬립(변위): 최소 2곳 이상 평균	하중-상대변위
선택항목	하중	- 횡하중(Normal load)	
	변형률	- 전단연결재 변형률	전단연결재의 항복하중 및 파단하중
		- 콘크리트 표면 변형률	
		- 횡방향 철근 변형률	철근의 항복하중
선택항목 (기타)	파괴 양상	- 전단연결재 파괴모드 - 콘크리트 바닥판 파괴모드	사진 등
	균열	- 콘크리트 표면 전단균열	균열폭, 균열하중
		- 균열 진전 작성(필요시, 하중 단계별)	균열도

② 그래프 작성 및 분석

- 하중-상대슬립 : 필요에 따라 단조증가하중 또는 임의 횟수에 대한 반복하중을 재하하여 전단연결재 1개당 평균 하중-상대슬립 곡선을 그리고 곡선으로부터 각 실험체에 대한 극한하중, 초기 균열 하중 등을 정규화 하여 나타냄



<하중-상대슬립 곡선>

<하중-상대슬립 결과 작성 예>

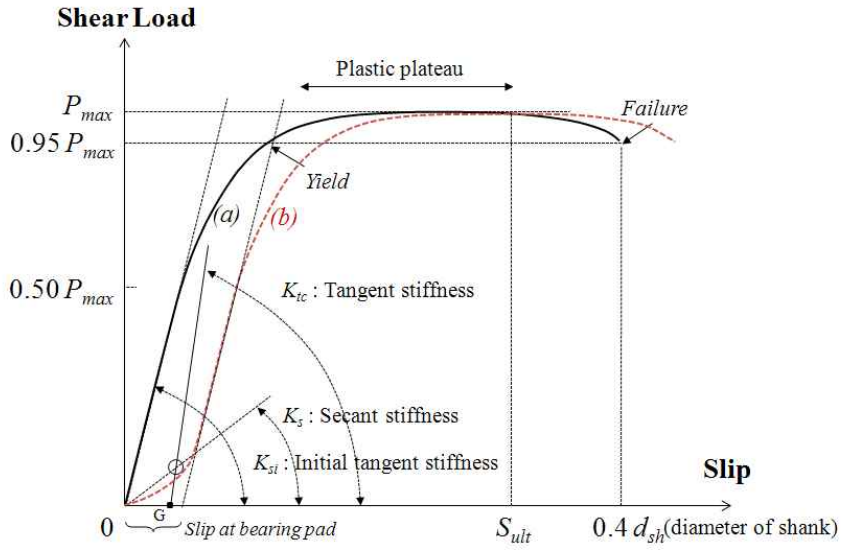
Spec. No	Ultimate Slip, du (mm)			Ultimate load, Qu (kN)	Load for first crack, Qc (kN)	Qc/Qu
	Slip1	Slip2	Average			
MS1	3.38	3.42	3.40	48.8	40	0.82
MS2	3.67	3.73	3.70	45.8	33	0.72
MS3	4.42	4.40	4.41	102.4	87	0.85
MS4	4.71	4.73	4.72	80.9	55	0.68
MS5	4.54	4.70	4.62	86.7	65	0.75
MS6	4.19	4.37	4.28	40.0	28	0.70
MS7	4.41	4/33	4.37	40.0	32	0.80

- 전단성능 및 파괴모드 : 실험 결과로부터 전단연결재 1개당 극한하중, 평균 상대슬립, 전단강성, 파괴모드 등을 평가함. 전단강성은 offset method를 적용하여 하중-상대슬림 곡선에서 전체 상대슬립의 2%를 적용한 secant slop을 사용하여 계산

<전단성능 및 파괴모드 결과 작성 예>

Spec. ID	Dia. of stud (mm)	Concrete strength (MPa)		Total failure load, Vu (kN)	Ultimate load per connector, Qu (kN)	Shear stiffness, Ks (kN/mm)	Mode of failure
		Comp. fcu	Split tensile, fct				
MS1	13	33.33	3.33	194	48.50	112.0	Welding
MS2	13	30.50	3.15	185	46.25	106.3	Con. crushed
MS3	19	32.60	3.04	408	102.00	237.0	Con. crushed
MS4	19	21.50	2.18	322	80.50	186.8	Con. crushed
MS5	19	24.70	1.69	348	87.00	202.5	Con. crushed
MS6	13	23.40	2.04	160	40.00	132.8	Con. crushed
MS7	13	23.25	1.89	159	39.80	132.5	Con. crushed

Failure mode 1: Shank shear failure of studs
2: Concrete splitting and crushing failure
3: Combined concrete crushing and stud shear failure
4: Longitudinal splitting of concrete slabs
5: Concrete shear plan failure

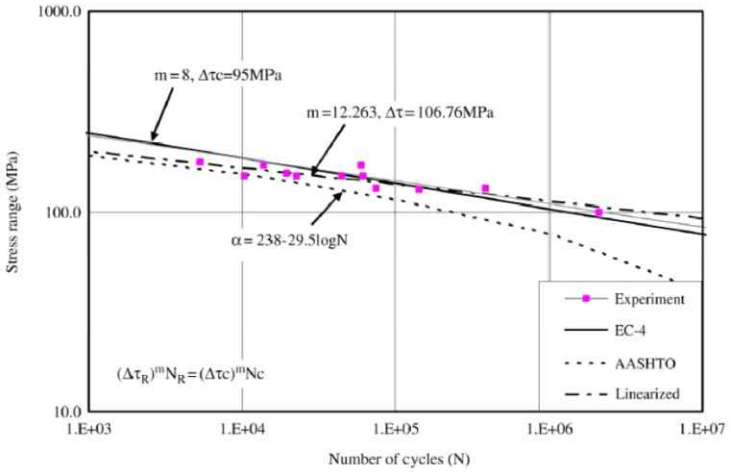


<스터드의 전형적인 하중-상대슬립 특성>

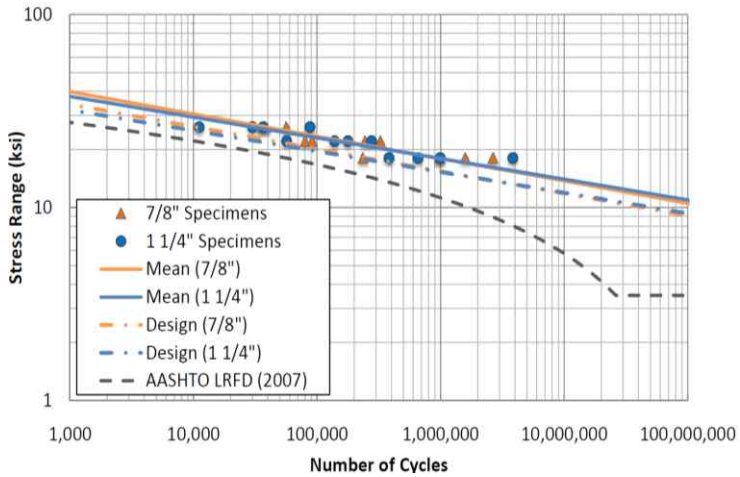
- S-N선도 : 피로성능 분석을 위한 가장 일반적인 평가방법으로 S는 응력범위로 y축에, N은 반복하중 횟수로서 x축에 표현. 응력범위와 피로하중 횟수 관계를 LOG-LOG 선도에 그려 비교 분석 함

<피로실험 결과 작성 예>

Spec. ID	Freq. (Hz)	Min. stress (ksi)	Max. stress (ksi)	Stress range, Sr (ksi)	No. of cycles at failure, N	Failure mode
ST-F-A1	2	5	19.5	14.5	2,120,000	Shank failure
ST-F-A2					2,535,000	Shank failure
ST-F-A3					2,830,000	Shank failure
ST-F-B1	2	5	23.3	18.3	655,000	Shank failure
ST-F-B2					735,000	Shank failure
ST-F-B3					1,300,000	Shank failure
ST-F-C1	2	5	26.8	21.8	230,000	Shank failure
ST-F-C2					274,000	Shank failure
ST-F-C3					161,000	Shank failure



<Comparison of test data and design codes>



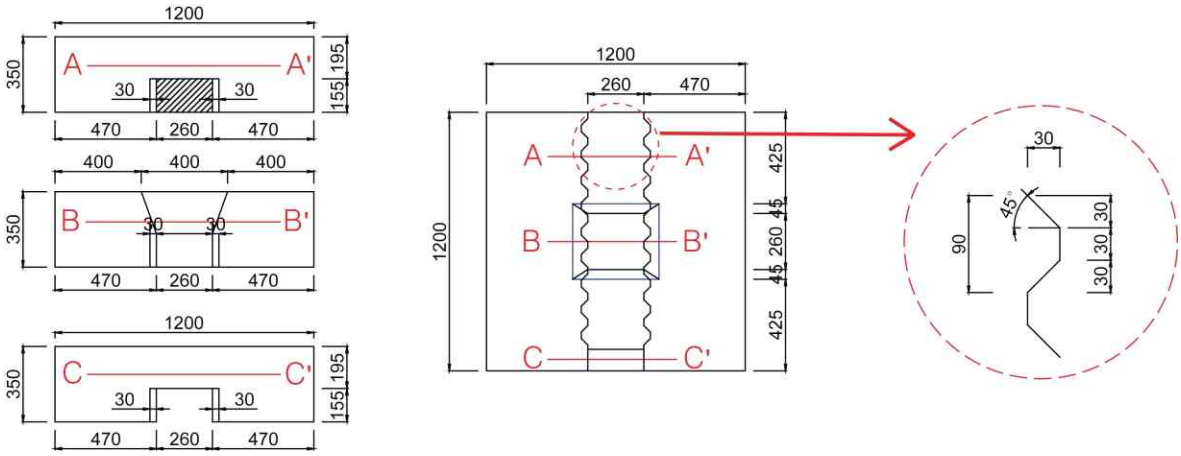
<S-N curve for comparison of stud diameters>

○ 전단연결재 실험 예

① 실험체

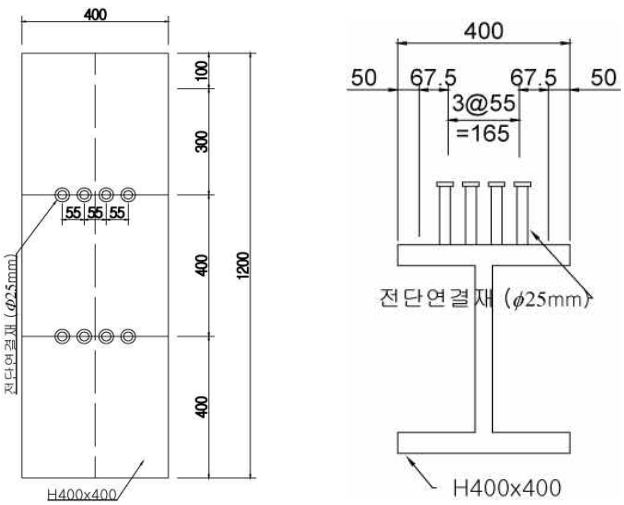
• 전단연결재 설계에 적용된 기본 설계조건

스터드	직경 25mm, 높이 150mm, 인장강도 410MPa
철근	항복강도 400MPa
콘크리트 바닥판	두께 240mm, 28일 압축강도 27MPa
강거더	항복강도 310MPa
피로하중 반복회수	2,000,000회(DB24), 500,000회(DL24)



<프리캐스트 바닥판 실험체 종류 및 제원(단위: mm)>

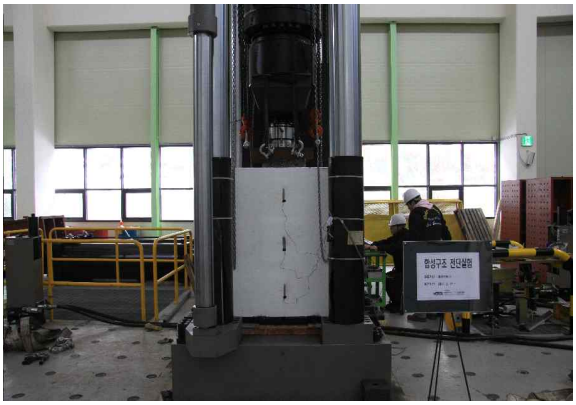
• 강주형에 전단연결재 설치



<전단연결재 설치 위치 및 상세>

② 실험체 설치

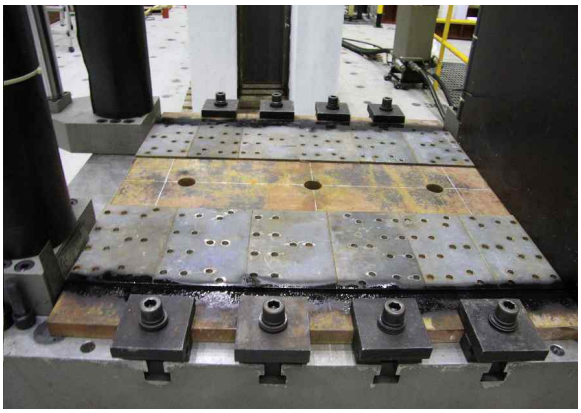
- 구조용 만능시험기 및 실험체 설치(5,000kN 용량의 Dynamic UTM 사용)



<로딩프레임 및 실험체 설치 전경>

③ 경계조건 및 지점 설치

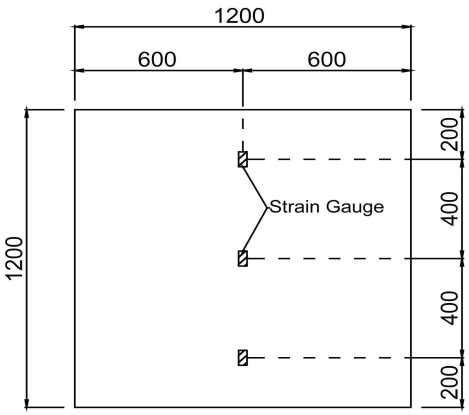
- UTM의 베이스블록 위에 실험체의 콘크리트 바닥판이 놓이는 위치에 동일한 높이의 지압판(강판)을 설치
- 실험체 설치 후, 하중을 재하판으로 두께 10mm 강판을 UTM의 로드셀과 실험체 강주형 상부 단면 사이에 설치

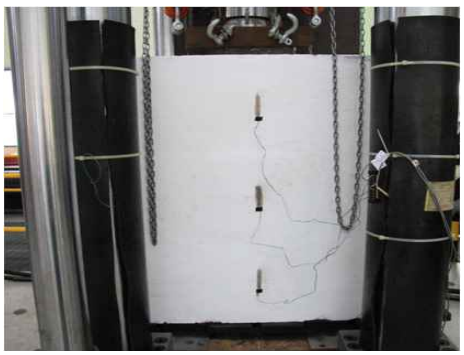


<지압판 및 하중 재하판 설치>

④ 계측장비 및 센서 설치

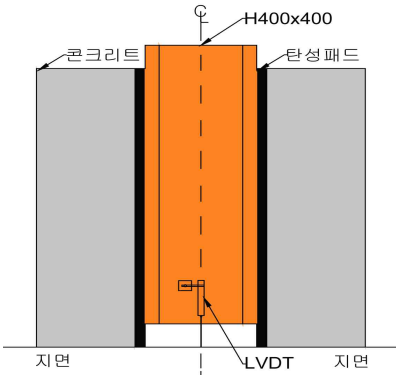
- 변위계와 변형률계를 양쪽 콘크리트 면에 부착





<콘크리트 변형률 게이지 설치>

• 변위계 설치

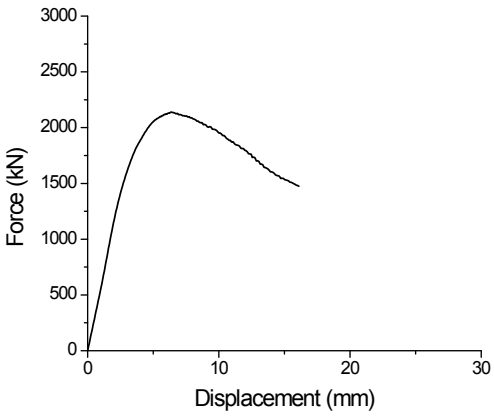


<변위계 설치>

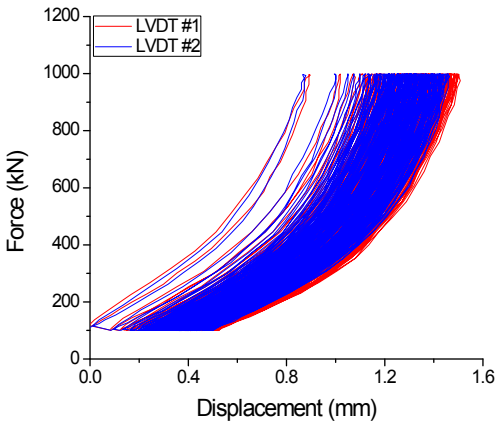
⑤ 하중조건

• 정적강도실험은 변위제어(0.05mm/s)로 실험을 수행
• 반복하중실험의 경우에는 최소하중 100kN를 기준으로 하고, 각 실험체별 정적재하실험에서 측정된 최대하중의 평균값의 50%를 최대하중으로 하중범위를 설정.반복하중은 sin파 하중으로 2초 간격으로 10,000회까지 반복하여 가력한 후에, 정적재하실험과 동일한 방법으로 정적강도실험을 수행하여 잔존강도를 측정
• 평가항목 : 항복하중(항복강도 및 극한강도), 하중-상대슬립 곡선, 하중-변형률 곡선, 파괴양상 등

⑥ 실험결과 분석



<하중-상대슬립 곡선>



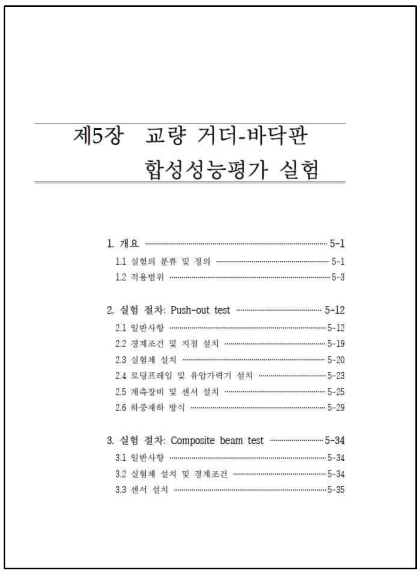
<하중-상대슬립 이력곡선(반복하중실험)>

■ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가

• 교량 강거더-콘크리트 바닥판 합성성능평가 실험을 대상으로 실험 프로세스 가이드라인의 적용성을 검증하였고, 기술적 완성도와 유효성을 평가하였음
• 평가 및 자문을 실시한 결과, 제안한 가이드라인이 실제 교량 거더-바닥판 합성성능 실험 진행 과정상의 내용을 잘 반영하였고, 실험의 적합성도 확보한 것으로 판단 됨

■ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성

- 교량의 강거더와 콘크리트 바닥판의 합성성능에 대한 실험 프로세스 가이드라인으로서, 전단연결재의 합성성능을 평가하기 위해 실험체의 형태에 따라 합성보실험(Full-scale Composite Beam Test)과 압발실험(Push-out Test)으로 분류하여 실험절차서와 실험예제매뉴얼을 작성하였음
- 교량의 거더-바닥판 합성성능을 평가하기 위해 수행하는 구조실험에 대한 일반적인 실험절차를 제공하여 실험시설/장비, 실험자와 상관없이 실험절차서와 예제매뉴얼을 따라 실험을 수행할 경우, 합성성능 평가 결과에 대한 신뢰성을 확보할 수 있는 실험절차를 마련

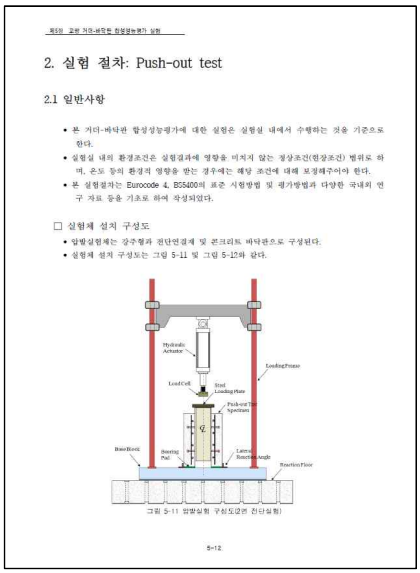


제5장 교량 거더-바닥판 합성성능평가 실험

1. 개요 ····· 5-1
1.1 실험의 분류 및 정의 ····· 5-1
1.2 적용범위 ····· 5-3

2. 실험 절차: Push-out test ····· 5-12
2.1 일반사항 ····· 5-12
2.2 경계조건 및 지점 설치 ····· 5-19
2.3 실험체 설치 ····· 5-20
2.4 로딩프레임 및 유압가력기 설치 ····· 5-23
2.5 계측장비 및 센서 설치 ····· 5-25
2.6 하중재하 방식 ····· 5-29

3. 실험 절차: Composite beam test ····· 5-34
3.1 일반사항 ····· 5-34
3.2 실험체 설치 및 경계조건 ····· 5-34
3.3 센서 설치 ····· 5-35



2. 실험 절차: Push-out test

2.1 일반사항

- 본 거더-바닥판 합성성능평가에 대한 실험은 실험실 내에서 수행하는 것을 기준으로 한다.
- 실험실 내의 환경조건은 실험결과에 영향을 미치지 않는 정상조건(현장조건) 범위로 하며, 온도 등의 환경적 영향을 받는 경우에는 해당 조건에 대해 보정해주어야 한다.
- 본 실험절차는 Eurocode 4, BS5400의 표준 시험방법 및 평가방법과 다양한 국내의 연구 자료 등을 기초로 하여 작성되었다.

□ 실험체 설치 구성도

- 압발실험체는 강주형과 전단연결재 및 콘크리트 바닥판으로 구성된다.
- 실험체 설치 구성도는 그림 5-11 및 그림 5-12와 같다.

그림 5-11 압발실험 구성도(2면 전단실험)

5-12

<실험절차서>

4. 거더-바닥판 합성성능평가 실험

4.1 실험체 설치

(1) 구조용 만능시험기 및 실험체 설치

- 경계강도실험과 반복하중실험 후 잔존강도 확인을 위해 5,000kN 용량의 만능시험기(Dynamic UTM)을 사용하였다.

주) ※ 본 실험에는 5,000kN 용량의 Dynamic UTM을 사용
※ 필요시, 별도의 로딩프레임과 유압가력기를 사용한 실험장치를 구성하여 실험 수행 가능

표 4-9 Dynamic UTM 제원

구 분		내 용	비 고
제조사		MTS사	
용량	Force(kN)	±5,000	
	Stroke(mm)	250	
속도		250mm/s	
servo-valve		80gpm	

(2) 지점장치, 실험체 및 지점 설치

- 그림 4-30 (a)와 같이 UTM의 베어스플록 위에 실험체의 콘크리트 바닥판이 놓이는 위치에 동일한 높이의 지압판(강판)을 설치하였다.
- 또한, 그림 4-30 (b)와 같이 실험체 설치 후, 하중을 재하판으로 두께 10mm강판을 UTM의 로드셀과 실험체의 강주형 상부 단면 사이에 설치하였다.

4-16

<예제매뉴얼>

KOCEE CMI 건설연구원 부설기술원
(우)449-728 경기도 용인시 처인구 양지면 양지리 산 68번지 KOCEE CMI 콘크리트구조실험센터
Tel : (031)-324-1000(대표), Fax : (031)-335-0607

<별첨>

1. 일반사항

1.1 실험기준

1) 전단연결재 합성 성능은 : 구조부재 성능평가실험 편람(한국표준협회) 적용
2) 콘크리트 압축강도시험 : KS F 2405 적용

1.2 실험체 제원

1) 실험체 제원

[표 1] 실험체 형식 및 제원

항 목	내 용	비 고
형 식	전단연결재 합성 바닥판	Push-out 실험체
길 이	1.0m(강주형)	
폭	1.0m	
두 께	바닥판 합성 바닥판(강판 전장)	
설계하중	1,200kN	설계 전단하중
경계조건	1축 압축	
바 닥 판	프리캐스트 바닥판 합성	2200(L)×200(W)×hmm

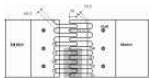
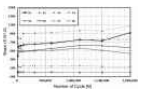
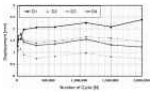
2) 사용 재료

- 콘크리트
  - 압축응력 : = 3.6N/m
  - 설계기준강도 : f_{ck} = 27 Pa (프리캐스트 바닥판 및 내부 현장 콘크리트 동일)
- 스터드 : φ19mm, H = 150mm
  - 항복강도 : f_y = 235MPa
  - 인장강도 : f_u = 400MPa
- 강주형 : H 400 × 400
  - 항복강도 : f_y = 310MPa
  - 탄성계수 : E = 200GPa
- 철근 : D16, D25
  - 항복강도 : f_y = 400MPa
  - 탄성계수 : E = 200GPa

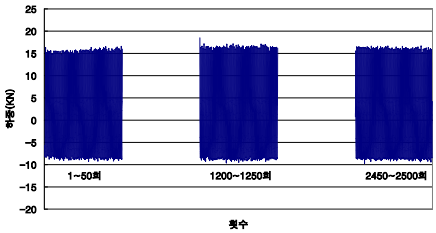
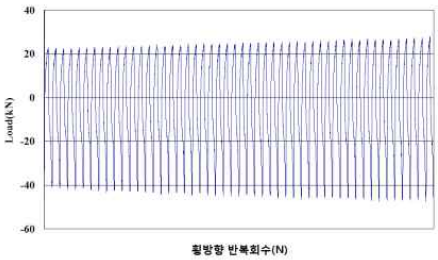
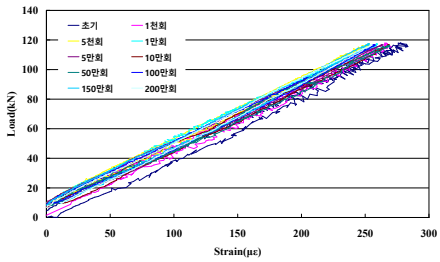
<실험결과서>

※ 실험절차서 및 예제매뉴얼은 별권 참조

나. 교량 신축이음 작동 성능평가 실험절차서 작성

<table>
<tr><th>연 차</th><th>연구 내용</th><th>연구 결과</th></tr>
<tr>
<td rowspan="3">2차년도</td>
<td>○ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토
- 국내의 KS규격 및 시방서와 국외의 AASHTO 등의 관련 기준 조사
- 신축이음성능 평가실험과의 관련성을 분석함</td>
<td>○ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 결과
▪ 신축이음의 횡방향 작동성능을 평가하는 방법을 직접 규정한 기준은 없음
▪ 신축이음의 종방향, 피로성능 및 각 구조부재의 재료 시험 기준만 존재함
▪ AASHTO LRFD OMV(opening movement & vibration)
- 시험체 설치시 1:10경사, 가진기 사용하여 차량하중을 모사하고 최소 22kN의 하중진폭을 가져야 함</td>
</tr>
<tr>
<td>○ 신축이음 실험 사례 조사 및 분석
- 기존의 신축이음 실험 사례를 조사하여 실험 방법, 실험 규모, 실험 기관 등을 분석함</td>
<td>○ 신축이음 실험 사례 조사 및 분석 결과
▪ 대부분의 경우 KS F 4425 규정에 따른 작동성능을 평가하였음
▪ 신축이음의 성능평가는 KS F 4425 규정에 따라 수행되고 있지만 표준적인 실험방법이 명기되어 있지 않으므로, 표준적인 실험프로세스의 도입이 필요함
<table>
<tr><th>항목</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>제목</td><td>Fe-Mn 제진 금속을 적용한 신축이음장치의 피로내구성 평가</td></tr>
<tr><td>연구자</td><td>김기억, 김영진, 안동근, 김철환</td></tr>
<tr><td>실험전경 및 실험체</td><td> 
<실험전경> <실험체제원></td></tr>
<tr><td>실험방법</td><td>• 수직하중 피로실험</td></tr>
<tr><td>평가항목</td><td>▪ 반복회수에 따른 변형률
▪ 반복회수에 따른 변위</td></tr>
<tr><td>제어방식</td><td>하중제어(하중진폭 12.7kN~114.7kN)</td></tr>
<tr><td>센서</td><td>▪ straingage</td></tr>
<tr><td>실험결과</td><td>  
<반복회수에 따른 변형률이력> <반복회수에 따른 변위이력></td></tr>
<tr><td>실험연도</td><td>2009년</td></tr>
<tr><td>출처</td><td>대한토목학회논문집</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr>
<td>○ 검증용 실험체 제작 및 실험
▪ 검증용 실험체로 교량 신축이음 환경을 모사할 수 있는 실험체를 제작함
▪ 제안된 신축이음 성능평가 가이드에 따라 실험 진행함
▪ 신축이음의 성능평가를 위한 표준적인 실험방법을 제시하고 검증하기 위한 실험적 연구 수행</td>
<td>○ 검증용 실험체 제작 및 실험 결과
▪ 신축이음이 교량구조물로서 거동을 평가하기 위한 실험을 수행
▪ 교량 구조물로서 신축이음의 종방향 및 횡방향 작동성능을 평가하기 위한 실험적 연구 수행

 </td>
</tr>
</table>

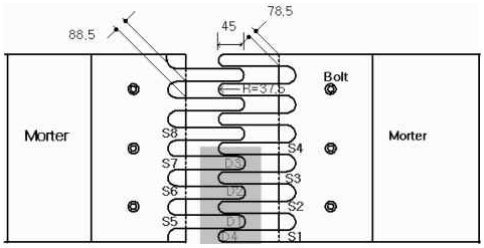
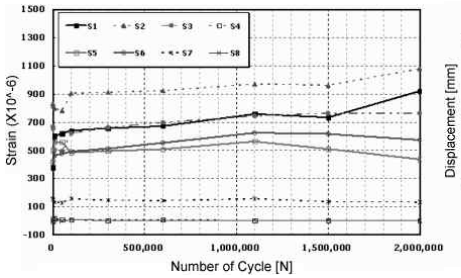
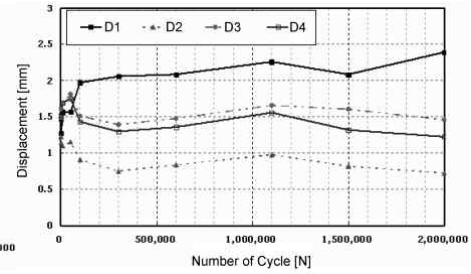
연 차	연구 내용	연구 결과
2차년도		▪ 신축이음의 강도성능평가를 위한 수직피로실험을 수행 결과
	○실험 가이드라인 검증실험 1) 신축이음 교축방향(종방향) 작동성능실험 2) 신축이음 교축직각방향(횡방향) 작동성능실험 3) 신축이음 수직피로실험	○실험 가이드라인 검증실험 ▪ 신축이음이 작동하는 주요 거동 인자를 분석하여 교축방향 및 교축직각(횡)방향에 대한 실험을 수행하여 데이터를 분석하였음 ▪ 신축이음의 작동성능을 평가하기 위해서는 교축, 교축직각방향 및 수직피로에 대한 성능을 평가함   
	○실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성 1) 실험절차서 가이드라인 작성 2) 절차에 따른 검증용 실험체 제작 및 실험 수행 3) 예제매뉴얼 작성	○실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 결과

■ 국내외 관련 기준 및 규준 조사

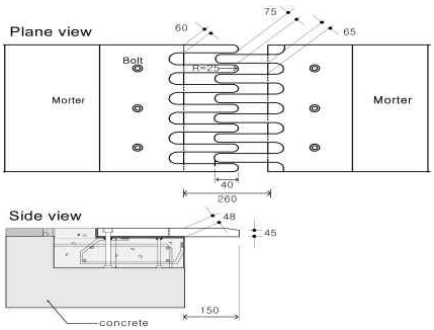
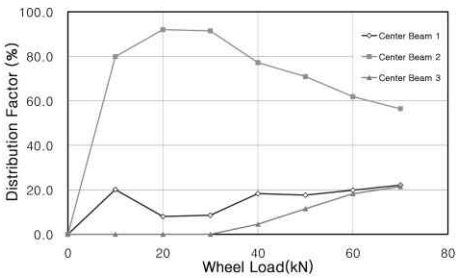
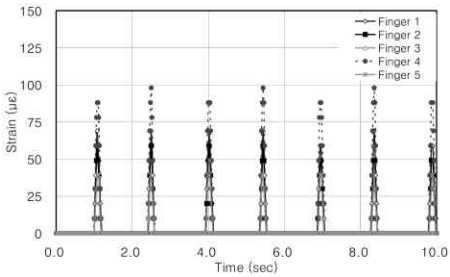
- 신축이음의 국내외 관련 기준을 조사하여 절차서 및 실험 예제 매뉴얼 작성에 참고하고자 해당 기준을 조사하였음.
  - KS F 4425 교량 신축이음 장치 시험방법
  - KS F 2538 콘크리트 포장 및 구조용 신축이음 채움재
  - KS F 2471 콘크리트의 신축이음에 쓰이는 미리 성형된 채움재의 시험방법(돌출없이 탄력 있는 형식)
  - KS D 3503 일반 구조용 압연강재
  - KS D 3515 용접 구조용 압연강재
  - KS M 6518 가황고무의 물리시험방법
  - KS M 3523 폴리테트라플루오로에틸렌 판

■ 신축이음 실험사례 조사 및 분석

- 국내에서 신축이음의 성능을 평가하기 위한 실험은 진행된 사례가 거의 없고, 신축이음 설계에 대한 연구가 다수 진행되어왔다.
- 신축이음 성능평가는 대부분 KS F 4425규정에 근거한 방법을 이용하여 작동성능을 평가하였음
  - Fe-Mn 제진 금속을 적용한 신축이음장치의 피로내구성 평가(대한토목학회논문집, 2009)
  - 윤하중 재하에 의한 교량신축이음의 정적거동(대한토목학회논문집. 2008)
  - 도로봉함제를 이용한 무조인트형 신축이음장치의 거동특성연구(대한토목학회, 2001)
  - 교량 신축이음부에서 충돌에 따른 설계변위의 비교 및 평가(대한토목학회, 2000)
  - 단면내 온도경사를 고려한 콘크리트 교량의 신축이음부 설계에 관한 연구(대한토목학회, 1997)
  - 장대사장교의 온도에 따른 신축이음부 거동 연구(한국콘크리트학회, 2012)
  - 교량의 신축이음장치 구속과 온도에 따른 거동 해석(한국콘크리트학회, 2007)
  - 고속철도 교량 신축이음장치의 내구성 실험(한국콘크리트학회, 1998)
  - 방진합금을 사용한 핑거 신축이음의 피로성능평가(대한토목학회 학술발표회논문집, 2007)
  - 핑거 신축이음의 설계 모멘트(대한토목학회 학술발표회논문집, 2006)
  - 교량 신축이음장치의 진동/소음 실험(대한토목학회 학술발표회논문집, 2004)
  - 레일형 신축이음장치의 피로설계 방법에 관한 연구(대한토목학회 학술발표회논문집, 2001)

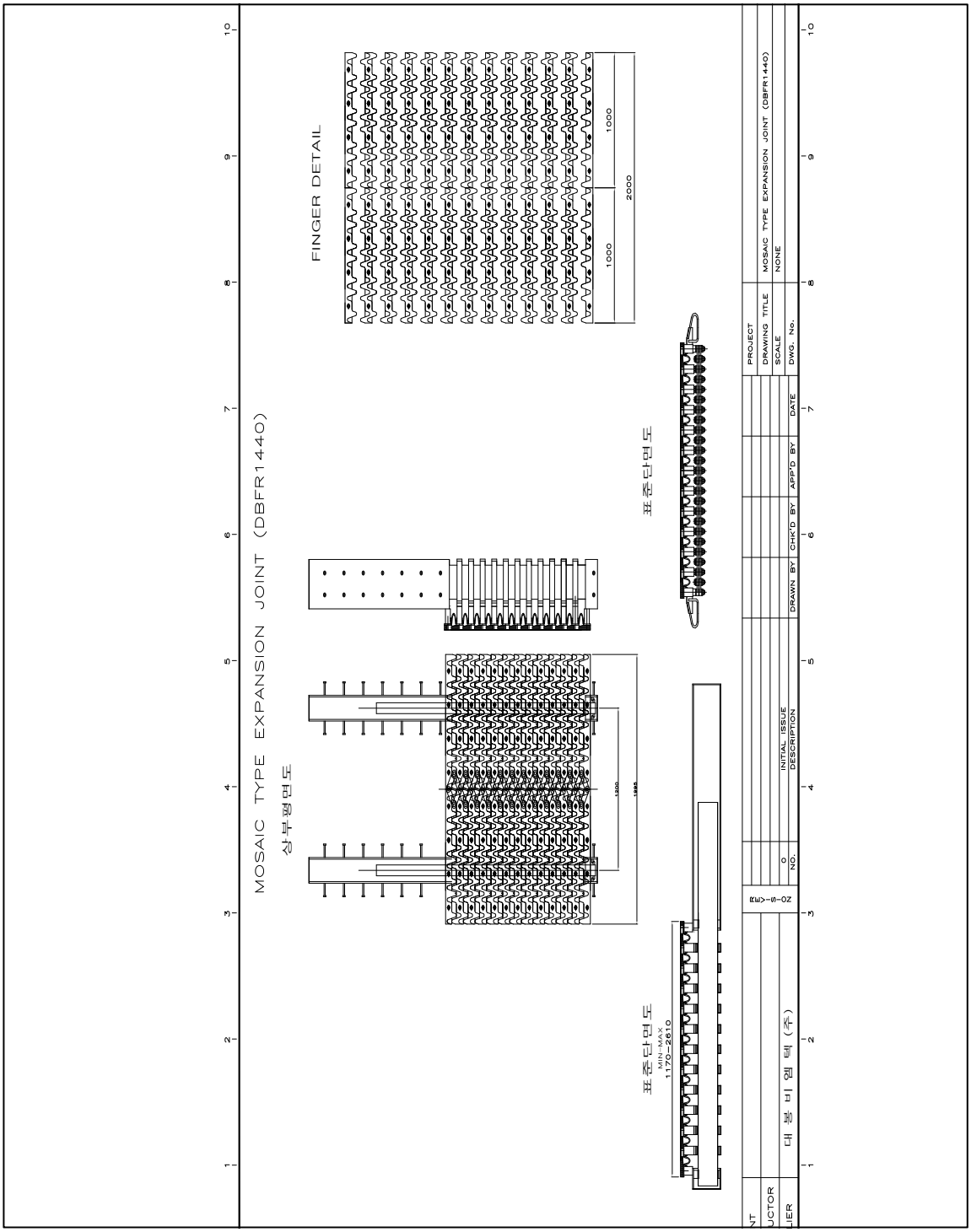
항목	내용
제목	Fe-Mn 제진 금속을 적용한 신축이음장치의 피로내구성 평가
연구자	김기익, 김영진, 안동근, 김철환
실험전경 및 실험체	 <실험전경>  <실험체 제원>
실험방법	• 수직하중 피로실험
평가항목	▪ 반복회수에 따른 변형률 ▪ 반복회수에 따른 변위
제어방식	하중제어(하중진폭 12.7kN~114.7kN)
센서	▪ straingage
실험결과	 <반복회수에 따른 변형률이력>  <반복회수에 따른 변위이력>
실험연도	2009년
출처	대한토목학회논문집

항목	내용
제목	신축이음장치에서 나사 풀림을 방지하기 위한 앵커시스템
연구자	하상수, 최동욱, 이진용
실험전경	 <실험전경> <앵커형상>
실험방법	• 수직하중 피로실험 • 앵커 인발실험
평가항목	▪ 피로실험후 신축이음의 손상여부 확인 ▪ 앵커의 묻힘깊이, 지름 및 후타재에 대한 항복강도 및
제어방식	▪ 실험체 파괴시까지 하중제어 ▪ 수직하중 피로실험 하중제어(KS F 4425, 하중진폭 22.54kN~116.6kN)
센서	▪ strain gage ▪ 변위계
실험결과	 <피로실험 완료 후 실험체 및 앵커분리 확인>
실험연도	2008년
출처	한국콘크리트학회 학술대회논문집

항목	내용
제목	윤하중 재하에 의한 교량 신축이음의 정적거동
연구자	김영진, 곽임종, 조창백, 윤혜진
실험전경 및 실험체	 <실험전경> <실험체 제원>
실험방법	• 윤하중 피로실험 • 정적실험
평가항목	▪ 윤하중 분담비율
제어방식	하중제어(정적 70kN, 윤하중 10kN~70kN))
센서	▪ strain gage, 변위계
실험결과	  <윤하중 분담비율> <윤하중 변형률 시간이력>
실험연도	2007년
출처	대한토목학회논문집

■ 검증용 실험체 제작 및 실험

- 신축이음의 작동성능을 확인하고 제안한 신축이음 실험 프로세스 가이드라인의 검증을 위해 실험을 수행하였음
- 신축이음의 성능평가실험은 신축이음 작동성능에 대한 종방향 및 횡방향 성능시험, 강도성능을 위한 수직피로실험으로 구분됨
- 신축이음의 성능평가를 위해 제시된 실험방법의 적합성을 규명하기 위한 실험적 연구 수행



<신축이음의 실험방법 적합성 규명을 위한 실험체 도면>

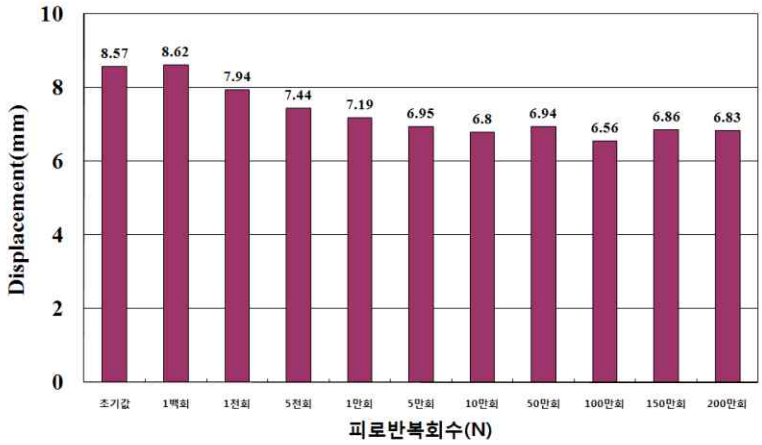
■ 실험데이터 분석

- 검증 실험용 신축이음을 대상으로 작동성능실험을 수행하여 신축이음의 종방향, 횡방향, 수직하중에 대한 피로실험 수행
- 신축이음의 작동성능에 의해 신축이음에 작용하는 하중의 영향을 조사하기 위해 유압가력기와 반복회수에 대한 하중변화를 측정

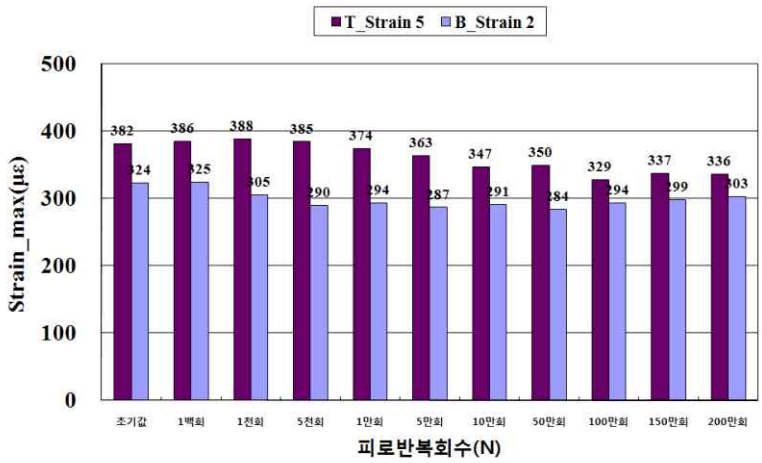
<신축이음 성능평가를 위한 실험체 설치 전경>

<신축이음 피로반복 회수에 대한 결과>

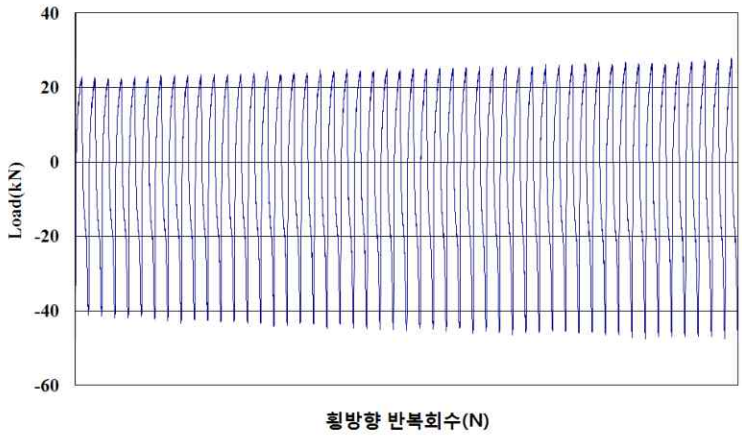
반복 회수	레일 변위 (㎜)	레일 상부 변형율(με)	레일 하부 변형율(με)
초기값	8.57	382	324
1백회	8.62	386	325
1천회	7.94	388	305
5천회	7.44	385	290
1만회	7.19	374	294
5만회	6.95	363	287
10만회	6.80	347	291
50만회	6.94	350	284
100만회	6.56	329	294
150만회	6.86	337	299
200만회	6.83	336	303



<피로반복회수에 대한 최대하중에서의 변위>



<피로반복회수에 대한 레일 상하부 최대변형률>



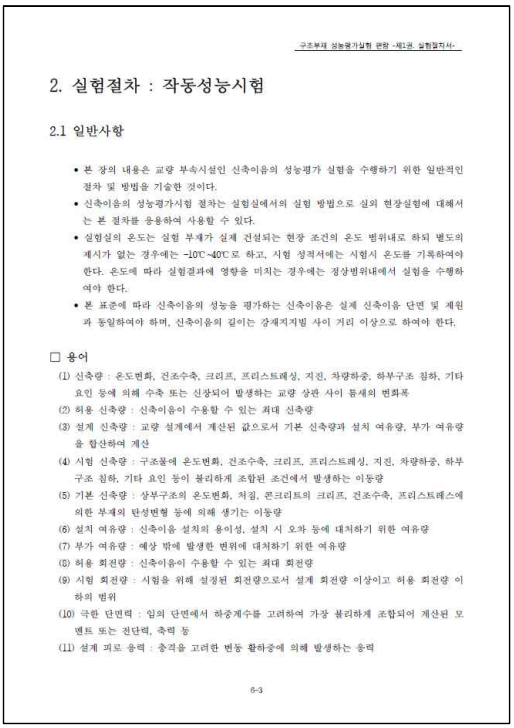
<시간에 따른 횡방향 반복회수에 대한 작용하중>

■ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가

- 신축이음의 작동성능 실험을 대상으로 실험 프로세스 가이드라인의 적용성을 검증하였고 기술적 완성도와 유효성을 평가하였음
- 평가를 실시한 결과, 제안한 가이드라인이 실제 신축이음의 작동성능실험 진행 과정상의 내용을 잘 반영하고 실험의 적합성도 확보한 것으로 판단됨.

■ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성

- 실험 프로세스 가이드라인으로서 실험절차서를 작성하였고 실무 연구자가 신축이음 작동성능 실험을 처음으로 수행하는 경우에도 유용하게 활용할 수 있도록 내용을 구성하였음
- 가이드라인에는 1절에서 신축이음 작동성능실험의 정의와 적용 범위를 기술하였고, 2절에는 구체적인 실험절차로서 검토사항, 경계조건 및 지점 설치, 실험체 설치, 로딩 프레임 및 유압가력기 설치, 계측장비 및 센서 설치, 하중재하 방식 등에 대해 자세히 기술하였으며, 3절에서는 계측된 실험데이터 분석과 실험 결과보고서 작성 방법에 대해 기술하였음
- 예제 매뉴얼에는 실무자가 실험절차서에 근거하여 실험체의 설계 및 제작, 실험수행, 결과보고서 작성 등의 과정에 고려해야 할 사항들을 실제 사례를 바탕으로 서술하였음



구조부재 성능평가실험 편람 -제1권. 실험절차서-

2. 실험절차 : 작동성능시험

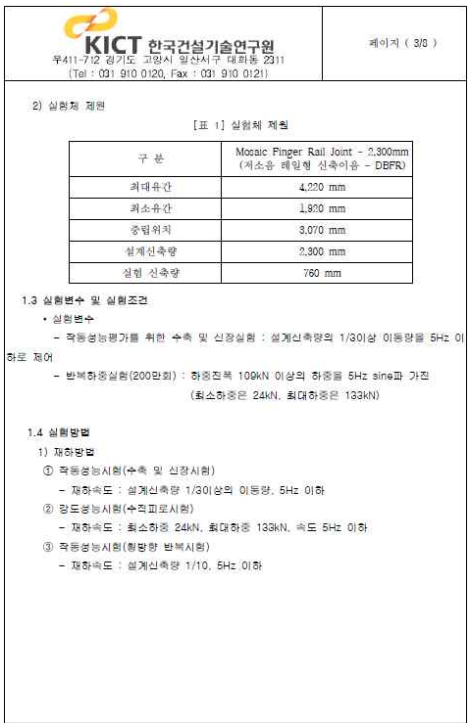
2.1 일반사항

- 본 장의 내용은 교량 부속시설인 신축이음의 성능평가 실험을 수행하기 위한 일반적인 절차 및 방법을 기술한 것이다.
- 신축이음의 성능평가시험 절차는 실험실에서의 실험 방법으로 실의 현장실험에 대해서는 본 절차를 응용하여 사용할 수 있다.
- 실험실의 온도는 실험 부재가 설계 건설되는 현장 조건의 온도 범위내로 하되 별도의 제시가 없는 경우에는 -10℃~40℃로 하고, 시험 성적서에는 시험시 온도를 기록하여야 한다. 온도에 따라 실험결과에 영향을 미치는 경우에는 정상범위내에서 실험을 수행하여야 한다.
- 본 표준에 따라 신축이음의 성능을 평가하는 신축이음은 실제 신축이음 단면 및 제원과 동일하여야 하며, 신축이음의 길이는 강재지지빔 사이 거리 이상으로 하여야 한다.

□ 용어

(1) 신축량 : 온도변화, 건조수축, 크리프, 프리스트레싱, 지진, 차량하중, 하부구조 침하, 기타 요인 등에 의해 수축 또는 신장되어 발생하는 교량 상판 사이 틈새의 변화폭
(2) 허용 신축량 : 신축이음이 수용할 수 있는 최대 신축량
(3) 설계 신축량 : 교량 설계에서 계산된 값으로서 기본 신축량과 설치 여유량, 부가 여유량을 합산하여 계산
(4) 시험 신축량 : 구조물에 온도변화, 건조수축, 크리프, 프리스트레싱, 지진, 차량하중, 하부구조 침하, 기타 요인 등이 불리하게 조합된 조건에서 발생하는 이동량
(5) 기본 신축량 : 상부구조의 온도변화, 처짐, 콘크리트의 크리프, 건조수축, 프리스트레스에 의한 부재의 탄성변형 등에 의해 생기는 이동량
(6) 설치 여유량 : 신축이음 설치의 용이성, 설치 시 오차 등에 대처하기 위한 여유량
(7) 부가 여유량 : 예상 밖에 발생한 변위에 대처하기 위한 여유량
(8) 허용 회전량 : 신축이음이 수용할 수 있는 최대 회전량
(9) 시험 회전량 : 시험을 위해 설정된 회전량으로서 설계 회전량 이상이고 허용 회전량 이하의 범위
(10) 극한 단면력 : 임의 단면에서 하중계수를 고려하여 가장 불리하게 조합되어 계산된 모멘트 또는 전단력, 축력 등
(11) 설계 피로 응력 : 충격을 고려한 변동 활하중에 의해 발생하는 응력

6-3



KICT 한국건설기술연구원
우411-712 경기도 고양시 일산서구 대화동 2311
(Tel : 031 910 0120, Fax : 031 910 0121)

페이지 (3/8)

2) 실험체 제원

[표 1] 실험체 제원

구 분	Mosaic Finger Rail Joint - 2,300mm (저소음 레일형 신축이음 - DBFR)
최대유간	4,220 mm
최소유간	1,920 mm
중립위치	3,070 mm
설계신축량	2,300 mm
실험 신축량	760 mm

1.3 실험변수 및 실험조건

- 실험변수
  - 작동성능평가를 위한 수축 및 신장실험 : 설계신축량의 1/30이상 이동량을 5Hz 이하로 제어
  - 반복하중실험(200만회) : 하중진폭 109kN 이상의 하중을 5Hz sine파 가진 (최소하중은 24kN, 최대하중은 133kN)

1.4 실험방법

1) 재하방법

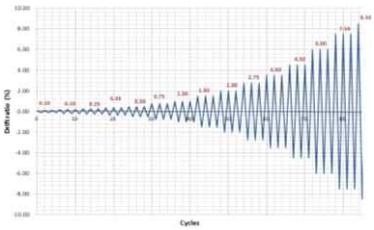
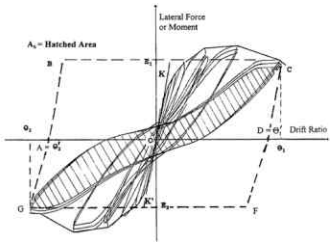
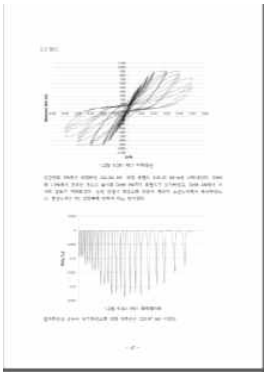
① 작동성능시험(수축 및 신장시험)
- 재하속도 : 설계신축량 1/30이상의 이동량, 5Hz 이하

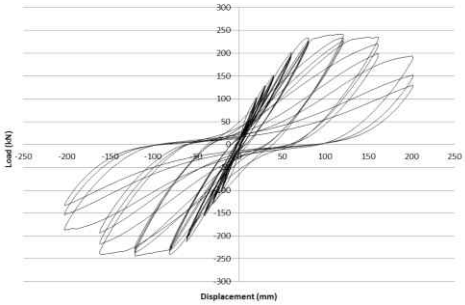
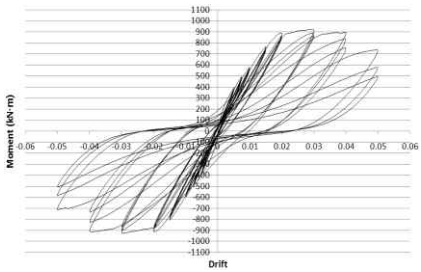
② 강도성능시험(수직피로시험)
- 재하속도 : 최소하중 24kN, 최대하중 133kN, 속도 5Hz 이하

③ 작동성능시험(횡방향 반복시험)
- 재하속도 : 설계신축량 1/10, 5Hz 이하

<실험절차서 / 실험예제 매뉴얼>

다. 건축 T형 보-기둥 접합부 실험절차서 작성

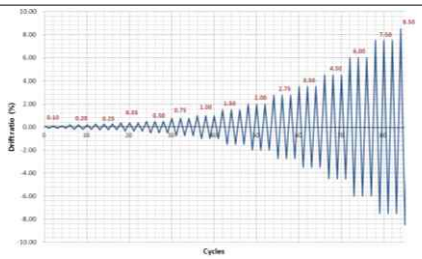
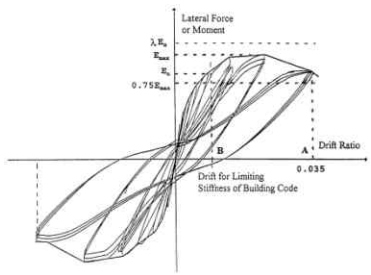
연 차	연구 내용	연구 결과
2차년도	○ 국내외 관련 기준 및 규준 조사 (총 3건) 콘크리트 구조설계기준집 건추구조물 설계예제집(2008) 건축학회-21장 내진설계 ACI 374.1-05 Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing PEER Report. 2000 Performance-Based Evaluation of Exterior Reinforced Concrete Building Joints For Seismic Excitation PEER Report. 2001 Experimental and Computational Evaluation of Reinforced Concrete Bridge Beam-Column Connection for Seismic Performance	○ 국내외 관련 기준 및 규준 조사 결과 - 건축 보-기둥 접합부에 대한 관련 기준은 주로 접합부의 내진설계와 다양한 성능평가 방법이 있음 현재 보-기둥 접합부는 다양한 공법과 시공방법등으로 이에 대한 정형화된 성능평가 방법이 없으며 또한 다양한 형태의 실험체 형상으로 인해 실험체의 경계조건 구현이나 지점조건 의 형태 또한 일관적이지 않음. 따라서 시공방법이 다르고 구조부재의 형상이 다르더라도 일관적인 실험체 설치가 필요하기에 이에 대한 경계조건 및 지점조건과 설치방법을 표준화된 절차를 작성하여 일관된 성능평가가 이루어지도록 명시 - 기존의 보-기둥 접합부의 내진성능평가를 위한 하중재하 방법이 일관되게 이루어지지 않고 여러 관련 기준과 논문을 참고하여 실험을 수행하였으나 이번 절차서와 매뉴얼을 통해 표준화된 실험방법을 절차화 함
	○ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사 (총 7건) - PRC 보-기둥 접합부의 내진성능(대한건축학회 논문집 2011) - 반복 횡하중을 받는 외부 철골 보-기둥 접합부에서의 축력의 영향에 대한 연구(대한건축학회 학술발표 2006) - 복합십자형으로 보강한 콘크리트충전 각형기둥-보 접합부의 내진성능에 관한 실험적 연구(대한건축학회 2004) - 비부착 철근을 갖는 철근 콘크리트 보-기둥 접합부의 성능평가(한국콘크리트학회 2009) - 전단접합 및 리브 플레이트로 보강한 H형 보-기둥접합부의 내진성능에 관한 실험적 연구(한국강구조학회 논문집 2005) - 시스템 기둥-보 접합부의 내진성능 평가에 관한 연구(대한건축학회 2007) - 선조립 철근 상세를 갖는 보-기둥 접합부의 내진성능(한국콘크리트학회 2011)	○ ACT 374.-01  층간변위 비(Drift ratio)  $\beta = A_h / (E_1 + E_2)(\Theta_1' + \Theta_2')$ 에너지 소산(Energy dissipation) ○ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사 결과 건축용 철근콘크리트 보-기둥 접합부의 내진성능실험을 수행하기 위해 기존의 논문을 수집하여 실험체 설치방법 및 하중재하 방법에 대한 다양한 기법등을 참고하여 가장 이상적이고 통상적으로 많이 적용한는 실험방법을 선택하여 접합부의 내진성능 평가를 수행함 

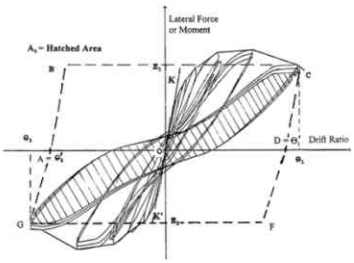
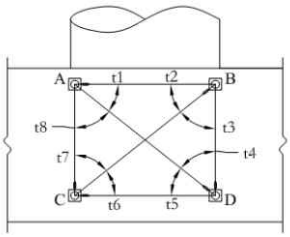
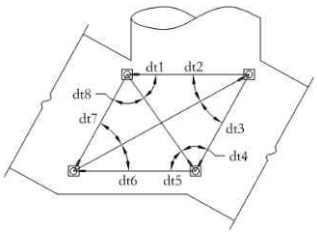
연 차	연구 내용	연구 결과
2차년도	○ 실험 가이드라인(실험절차서) 검증실험 1) 건축용 철근 콘크리트 구조 보-기둥 접합부의 내진성능 실험 수행 2) 접합부의 재료에 따라 일관되지 않은 경계조건 및 지점조건 변화에도 실험결과에 영향이 없는 없는 설치조건을 제시하여 실험수행 3) 부재에 따라 설치조건에 다양한 변화에도 내진성능평가에 영향을 주지 않음을 실험을 통해 검증	○ 실험 가이드라인(실험절차서) 검증실험 분석 결과 철근 콘크리트 보-기둥 접합부의 내진성능평가를 위해 실험 절차서에 의해 실험을 실험을 실시하였다. 실험부재의 내진 성능은 층간변위 3%에서 최대하중 241.64 kN, 최대 모멘트 918.23 kN·m를 나타내었다. Drift 약 1.5%이후에서 항복이 시작된 것으로 보이며 Drift 3%까지 모멘트가 증가하였고, Drift 4%에서 서서히 강도가 저하되었다. 슬립 발생이 적었으며 더불어 에너지 소산능력이 우수한 것으로 나타났음. Load - Displacement  Moment - Drift 
	○실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성 - 실험절차서 가이드라인 초안 작성 - 전문가 검토 및 자문 수행 - 절차에서 따른 검증용 실험체 제작 및 실험 수행 - 검증실험을 통한 실험프로세스 검증 및 유효성 평가 - 예제매뉴얼 작성 및 가이드라인 완성	○ 실험 가이드라인(실험절차서) 및 예제 매뉴얼 결과 - 실험절차서 가이드라인 완성 - 실험예제매뉴얼 완성 (실험결과서 양식 포함)

■ 국내외 관련 기준 및 규준 조사

- 건축 보-기둥 접합부의 내진 설계 및 성능평가 실험에 대한 국내외 관련 기준을 조사하여 절차서 및 실험 예제 매뉴얼 작성에 참고하고자 해당 기준을 조사하였음.
  - 콘크리트 구조설계기준집 건추구조물 설계예제집(2008)건축학회-21장 내진설계
  - ACI T1.1-01 Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing
  - PEER Report. 2000 Performance-Based Evaluation of Exterior Reinforced Concrete Building Joints For Seismic Excitation
  - PEER Report. 2001 Experimental and Computational Evaluation of Reinforced Concrete Bridge Beam-Column Connection for Seismic Performance

- 실험체의 재료특성과 시공방법, 설치조건의 다양화에도 부재의 일관성 있는 내진성능평가 실험을 위해 가이드라인을 제시함
- 건축 철근 콘크리트 구조의 보-기둥 접합부에 대한 실험 기준(안)을 작성 함

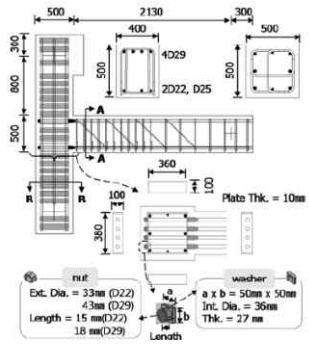
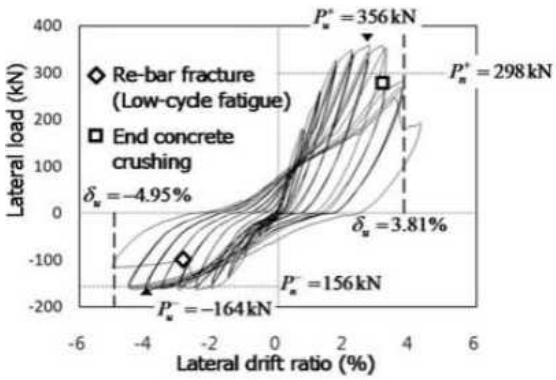
설계기준	내용	
콘크리트 구조설계기준 (2012년)	• 접합면에서 보이 종방향 철근의 작용력의 구조제한 • 전단강도의 구조제한 -접합부의 공칭전단강도는 보통골재를 사용한 콘크리트의 경우 다음을 초과할 수 없음	- 휨인장철근의 응력을 $1.25f_y$ 로 가정 ① 4면이 구속된 접합부 $1.7\sqrt{f'_{ck}}A_j$ ② 3면 또는 서로 반대방향의 2면이 구속된 접합부 $1.25\sqrt{f'_{ck}}A_j$ ② 기타 $1.0\sqrt{f'_{ck}}A_j$ 각 접합면의 3/4이 인입되는 부재와 접합되어 있으면 그 면은 구속되어 있다고 봄.
ACI 374.1-05 (2005년)	• ACI 374.1-05에서 보-기둥 접합부의 내진성능 실험을 위한 변위제어에 의한 하중이력방식을 규정함 • 보-기둥 접합부의 내진성능실험에서는 접합부의 강성평가를 규정함. - 강성평가 규정은 층간변위비 3.5%에서 강도저하가 최대하중의 25%에서 초기 강성기울기와 이때의 기울기를 확인하고 할성강성(Secant stiffiness)이 초기강서의 0.05배 이하가 되지 않도록 규정함.	 

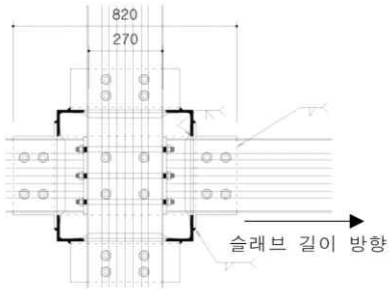
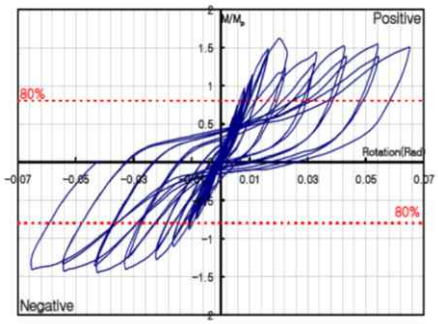
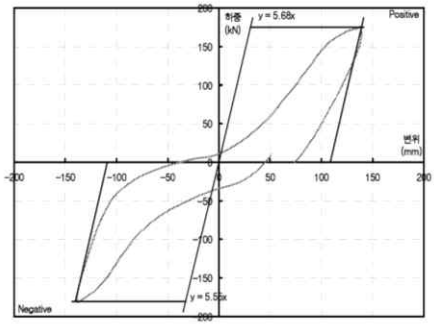
설계기준	내용	
	• 내진성능실험을 통해 그려진 그래프의 형상을 통해 에너지 소산비를 정함. - 에너지 소산율 기준은 1/8 = 0.125 이상이어야 함. - ACI 374.1-05에서 규정한 에너지 소산율은 참고사항일 뿐 구조부재에 따라 다르게 적용되어야 함.	drift ratio ±3.5%에서 할선강성 ≥ K0.05  $\beta = A_h / (E_1 + E_2)(\Theta_1' + \Theta_2')$
미국(PEER Report) (2001)	• 조인트 구간 전단 변형률 계측 - 조인트 외측면에서 계측된 변위값을 이용하여 구함 - 계측기 설치형상은 4개의 삼각형으로 분리됨 : ABD, BDC, DCA, 그리고 CAB. 코사인 법칙과 각 삼각형 변의 길이 변화를 이용하여, 각 코너에서의 각도의 변화 $dt_i - t_i$를 매 단계마다 계산함. 계산된 각 코너에서의 각도의 변화값에 대한 평균이 조인트 구간 전단변형률을 나타냄	 <변형전>  <변형후> $\gamma = \frac{1}{4}[((dt_1 - t_1) + (dt_8 - t_8)) - ((dt_2 - t_2) + (dt_3 - t_3)) + ((dt_4 - t_4) + (dt_5 - t_5)) - ((dt_6 - t_6) + (dt_7 - t_7))]$

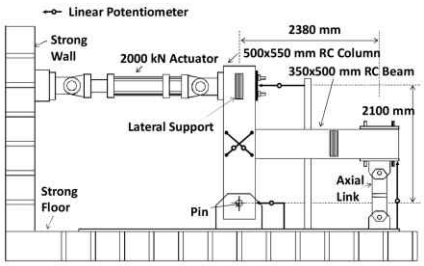
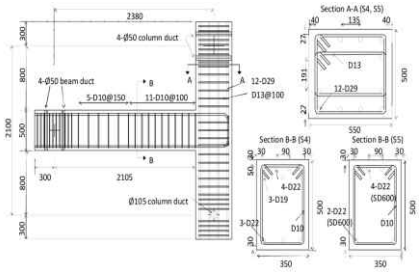
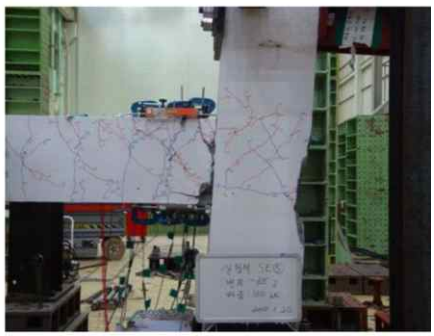
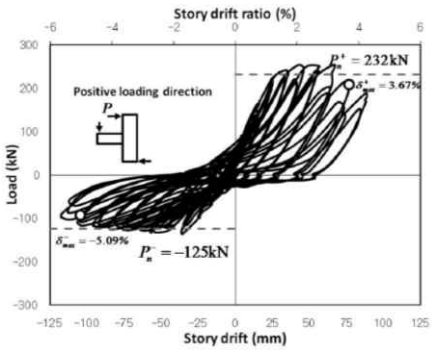
■ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사

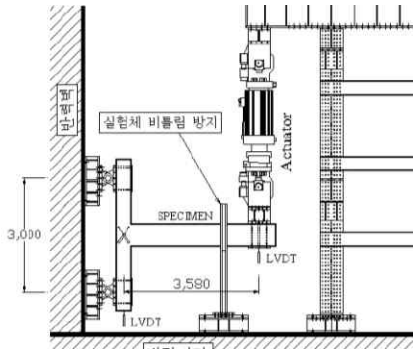
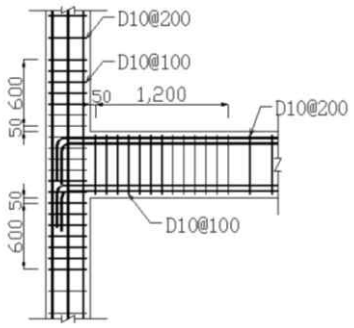
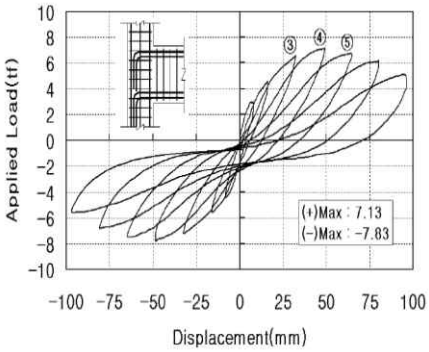
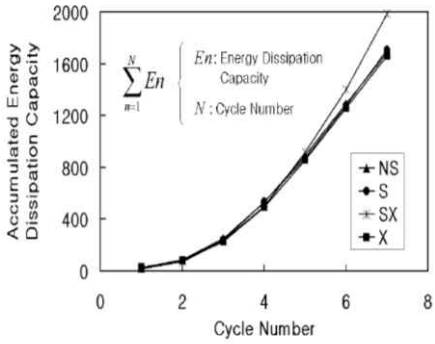
- 과제수행을 위한 철근 콘크리트 보-기두 접합부의 내진성능 평가를 위한 실험을 수행하고자 보-기둥 접합부 대한 실험과 그에 대한 논문을 조사하여 부재의 형식에 따른 구조적 특성과 실험방법 등을 참고하였음.
  - PRC 보-기둥 접합부의 내진성능(대한건축학회 논문집 2011)
  - 반복 횡하중을 받는 외부 철골 보-기둥 접합부에서의 축력의 영향에 대한 연구(대한건축학회학술발표 2006)
  - 복합십자형으로 보강한 콘크리트충전 각형기둥-보 접합부의 내진성능에 관한 실험적 연구(대한건축학회 2004)
  - 비부착 철근을 갖는 철근 콘크리트 보-기둥 접합부의 성능평가(한국콘크리트학회 2009)
  - 전단접합 및 리브 플레이트로 보강한 H형 보-기둥접합부의 내진성능에 관한 실험적 연구(한국강구조학회 논문집 2005)
  - 시스템 기둥-보 접합부의 내진성능 평가에 관한 연구(대한건축학회 2007)
  - 선조립 철근 상세를 갖는 보-기둥 접합부의 내진성능(한국콘크리트학회 2011)

□ 사례조사 예

항목	내용	
제목	PRC 보-기둥 접합부의 내진성능	
연구자	송진아, 박홍근 이창남, 엄태성	
실험전경 및 실험체	<실험 전경>  <실험체 형상 및 제원>	
제원	길이	기둥: 2,000mm, 보: 4,760mm
	단면	기둥: 600mm X 700 mm, 보: 400mm X 500mm
	재료 강도	콘크리트압축: 47~61MPa, 철근인장: 594~684MPa
실험체 형태	T형	
실험방법	정 · 부 반복가력	
평가항목	▪ 하중재하 능력 ▪ 변형능력 ▪ 이음부 전단강도	
제어방식	변위제어	
센서	▪ 변위계, 변형률계	
실험결과	 <하중-변위비>	
실험연도	2011년	
출처	대한건축학회 논문집	

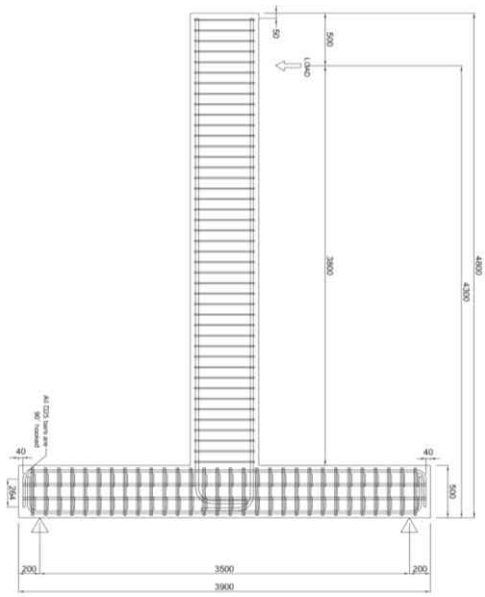
항목	내용	
제목	시스템 기둥-보 접합부의 내진성능 평가에 관한 연구	
연구자	김성진, 김성배, 감상법	
실험전경 및 실험체	 <실험 설치도> <실험체 형상 및 제원>	
제원	기둥	500 X 500 X 1,500㎜
	보	270(B) X 300(H) X 4.5(t)
	강도	보배근: SD400, 기둥 ㄱ형강: SS400, 콘크리트 강도: 28MPa
실험체 형태	합성구조 + 형	
실험방법	정 · 부 반복가력	
평가항목	▪ 하중재하 능력 ▪ 모멘트-회전각 관계 ▪ 에너지 소산 능력	
제어방식	변위제어	
센서	▪ 변위계, 변형률계	
실험결과	  <모멘트-회전각 관계> <에너지 소산능력>	
실험연도	2007년	
출처	대한건축학회 논문집	

항목	내용	
제목	600MPa 휨 철근을 사용한 특수 모멘트 골조의 보-기둥 접합부의 내진성능	
연구자	황현종, 박홍근, 최원석, 정란, 김진근	
실험전경 및 실험체	  <실험 설치도> <실험체 형상 및 제원>	
제원	길이	기둥: 2,100mm, 보: 2,380mm
	단면	기둥: 550mm X 500mm, 보: 350mm X 500mm
	강도	콘크리트압축: 22MPa, 철근인장강도: 6000MPa
실험체 형태	철근 콘크리트 T형	
실험방법	정 · 부 반복가력	
평가항목	▪ 하중재하 능력 ▪ 접합부 휨철근 변형률 ▪ 에너지 소산 능력	
제어방식	변위제어	
센서	▪ 변위계, 변형률계	
실험결과	  <하중-변위비> <하중-변위비>	
실험연도	2011년	
출처	한국콘크리트학회 논문집	

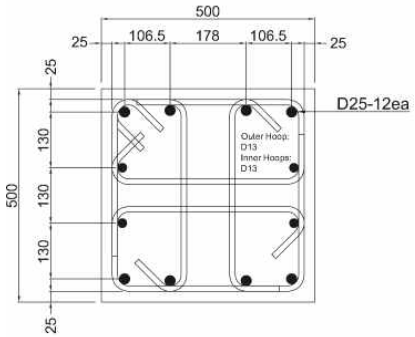
항목	내용	
제목	철근 콘크리트 외부 보-기둥 접합부 실물크기실험체의 이력거동에 관한 실험적 연구	
연구자	권기혁, 박상현, 최완철, 오상훈, 윤명호, 문태섭	
실험전경 및 실험체	 <실험 설치도>  <실험체 형상 및 제원>	
제원	길이	기둥: 4,000mm, 보: 3,800mm
	단면	기둥: 400mm X 400mm, 보: 600mm X 400mm
	강도	콘크리트압축: 22MPa, 철근인장강도: 6000MPa
실험체 형태	T형	
실험방법	정 · 부 반복가력	
평가항목	▪ 하중재하 능력 ▪ 강도 및 강성 저하 ▪ 누적 에너지 소산 능력	
제어방식	변위제어	
센서	▪ 변위계, 변형률계	
실험결과	 <하중-변위비>  누적 에너지 소산 능력	
실험연도	2003년	
출처	대한건축학회 논문집	

■ 실험 수행 및 결과 분석

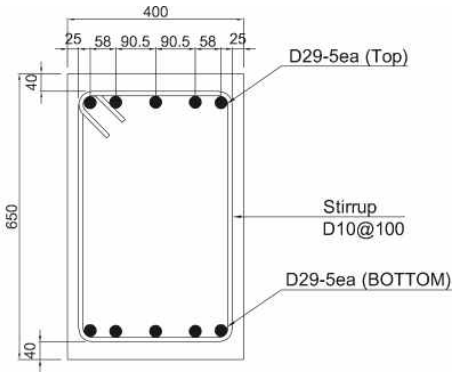
- 철근 콘크리트 보-기둥 접합부의 내진성능평가를 위해 실험 절차서에 의해 실험을 실험을 실시하였다. 실험부재의 내진 성능은 층간변위 3%에서 최대하중 241.64 kN, 최대 모멘트 918.23 kN·m를 나타내었다. Drift 약 1.5%이후에서 항복이 시작된 것으로 보이며 Drift 3%까지 모멘트가 증가하였고, Drift 4%에서 서서히 강도가 저하되었다. 슬립 발생이 적었으며 더불어 에너지 소산능력이 우수한 것으로 나타났음.
- 실험 목적
  - 건축용 철근콘크리트 보-기둥 접합부의 내진성능을 평가함에 있어 경계조건과 지점조건의 구현에 대한 표준화를 정립하고 실제 절차서에서 제시시한 실험조건으로 실험체를 설치하여 이에 대한 실험결과를 구조계산시 확인된 실험체의 내진성능을 실험을 통해 비교하고자 실험을 수행하였다.
- 실험체 설계도 및 제원



<정면도>



<기둥 단면도>



<보 단면도>

<실험체 제원>

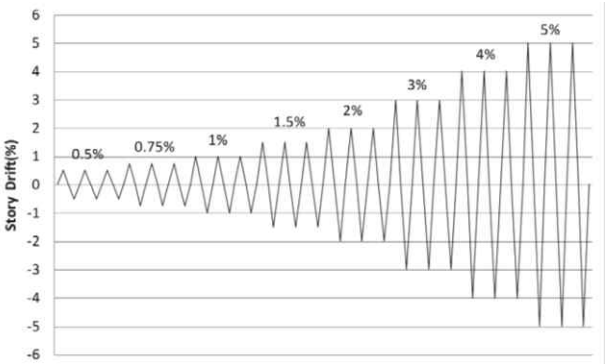
구분	기둥	보
길이 (mm)	3,900	4300
폭 (mm)	500	400
높이 (mm)	500	650
지간거리 (mm)	3,500	
접합부에서 가력점 거리 (mm)		3,800
콘크리트 강도	35 MPa	35 MPa
철근 강도	400 MPa	400 MPa

• 측정 및 가력

① 보의 변위 측정은 가력부에 1,000 변위계와 보의 중앙부에 200mm 변위계를 설치하여 보의 변위를 측정하였으며 변형률의 측정은 보와 기두의 접합부내에 보 주철근과 기둥 띠철근에 변형률 계이지를 설치하여 측정하였음.

② 재하방법은 ACI T1.1-01의 층간변위비에 따른 변위제어에 의해 가력을 수행하였으며 가력속도는 Story Draft 변위에 따라 0.3 ~ 1.5mm/sce의 속도로 가력

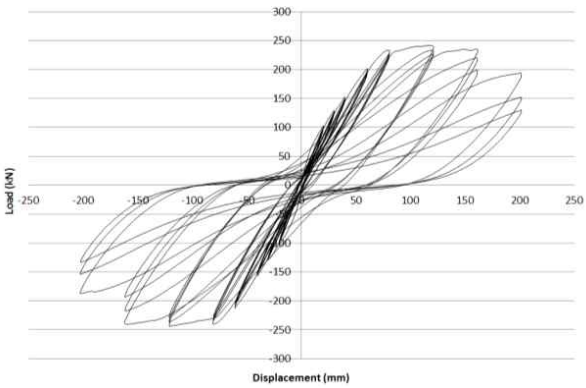
③ 실험의 종료는 실험체의 최대내력대비 15~30%가 저하되는 시점에 안전사고를 고려하여 이후 가력을 중단하고 하중을 제거



<층간변위비에 따른 변위제어(Story Drift)>

● 실험결과

<실험 전경>



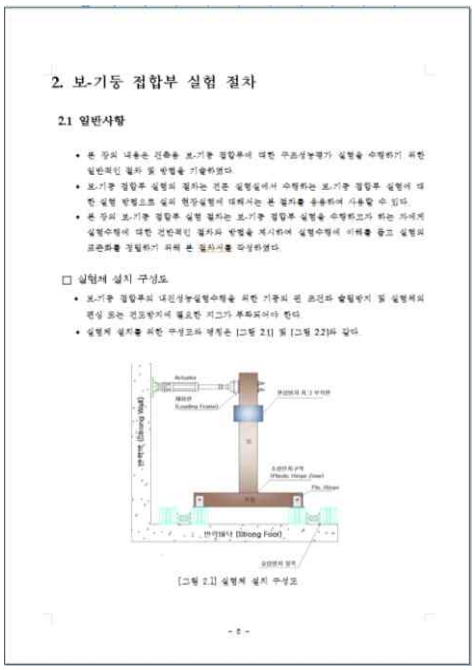
<Load - Displacement>

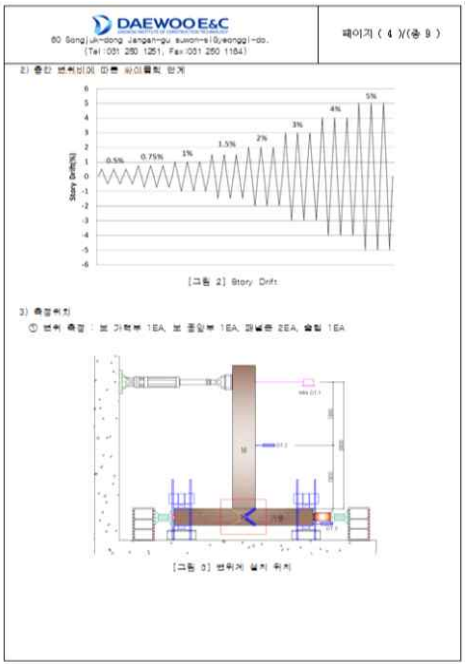
■ 결과 분석

- 층간변위 3%에서 최대하중 241.64 kN, 최대 모멘트 918.23 kN·m를 나타내었다. Drift 약 1.5%이후에서 항복이 시작된 것으로 보이며 Drift 3%까지 모멘트가 증가하였고, Drift 4%에서 서서히 강도가 저하되었다. 슬립 발생이 적었으며 더불어 에너지 소산능력이 우수한 것으로 나타났음.

■ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성

- 기준 실험사례 분석, KS 표준 분석, 비교실험 결과 등을 반영하여 건축 슬래브(1방향 슬래브)에 대한 실험절차서(가이드라인) 및 예제매뉴얼을 작성함



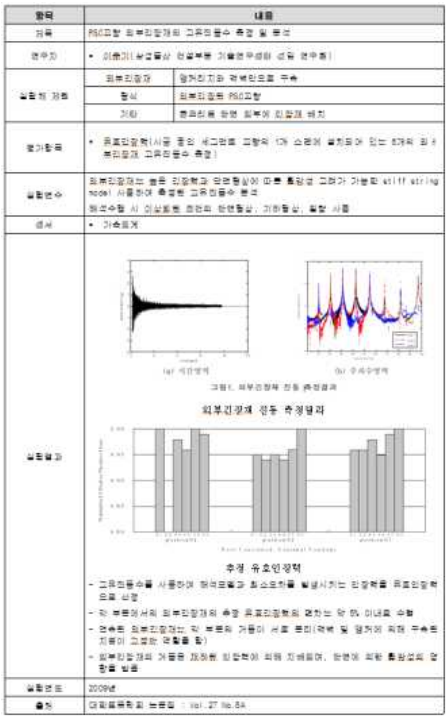
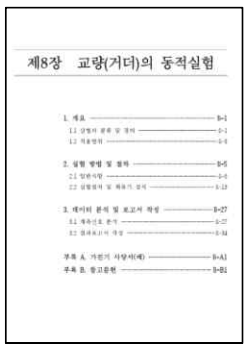


<실험절차서 / 실험예제 매뉴얼>

※ 실험절차서 및 예제매뉴얼은 별권 참조

3. (3차년도) 주요 연구수행 내용

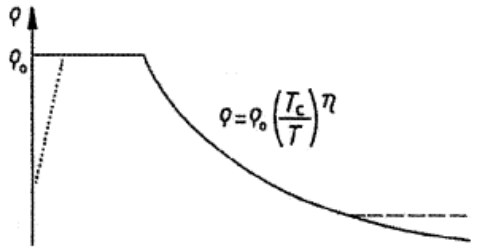
가. 교량구조물 동특성평가 실험 절차서 작성

연 차	연구 내용	연구 결과
3차년도	○ 국내외 관련 기준 및 규준 조사 - (KS F ISO 3010:2002) 구조 설계 기본-구조물의 지진 작용 - (KS F ISO 2394) 구조물의 신뢰도에 관한 일반 원리 - (ISO 14963) Mechnical vibration and shock-Guidelines for dynamic tests and investigations on bridges and viaducts - (ISO 18649) Mechanical vibration - Evaluation of measurement results from dynamic tests and investigations on bridges	○ 국내외 관련 기준 및 규준 조사 결과 - 국내외 관련 기준 및 규준은 교량에 대한 동적실험 및 조사 방법 기준과 같은 큰 맥락에 대해서만 언급되어 있고, 실제 실험 방법에 대해서는 미비함 - 등가 동적 해석에서 지진 작용의 평가에서 극한 상태일때의 지진하중 계산 - 구조 특성에 대한 매개변수를 제시하여 각 변수들의 범위를 나타냄
	○ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사 - PSC교량 외부긴장재의 고유진동수 측정 및 분석(대한토목학회 논문집, 2009년) - 동특성 분석을 위한 합성단면을 갖는 교량구조물의 FE 모델링 기법(한국구조물진단학회, 2004) - 정적 및 동적 응답을 이용한 교량의 손상도 추정 기법(한국안전학회지, 2005) - 축소 철도 모형을 이용한 교량의 진동특성 실험에 관한 연구(대한토목학회, 2007) - 동일한 지간을 가진 교량형식별 진동사용성의 해석적 평가 및 비교(구조물진단학회, 2011) - 비부착식 진동측정방법에 의한 공용중 교량의 진동사용성에 대한 실험적 평가(구조물진단학회, 2010) - 축소 철도 모형을 이용한 교량의 진동특성 실험에 관한 연구(한국소음진동공학회, 2010)	○ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사 - 각종 기술자료 및 사례 조사를 분석하여 실험 동향, 실험 방법 등에 대해 정리  외부긴장재 진동 측정결과 추정 유효인장력
	○ 실험 가이드라인(실험절차서) 및 예제 매뉴얼 작성 - 실험절차서 가이드라인 초안 작성 - 전문가 검토 및 자문 수행 - 예제매뉴얼 작성 및 가이드라인 완성	○ 실험 가이드라인(실험절차서) 및 예제 매뉴얼 작성  제8장 교량(거더)의 동적실험 6. 가진기를 이용한 실교량의 동특성평가

■ 국내외 관련 기준 및 규준 조사

① 우리나라 표준(KS)

- 국내에서는 동적실험에 대한 실험 방법, 실험장비의 특징 등에 대해 규격이 있을 뿐, 실험 방법 등에 대해서는 상세한 규준이 마련되어 있지 않음
- 동적 실험 관련 표준
  - (KS F ISO 3010:2002) 구조 설계 기본-구조물의 지진 작용
  - (KS F ISO 2394) 구조물의 신뢰도에 관한 일반 원리
  - (KS B ISO 14963:2007) 기계진동 및 충격-교량 및 고가교의 동적 시험 및 조사에 대한 지침

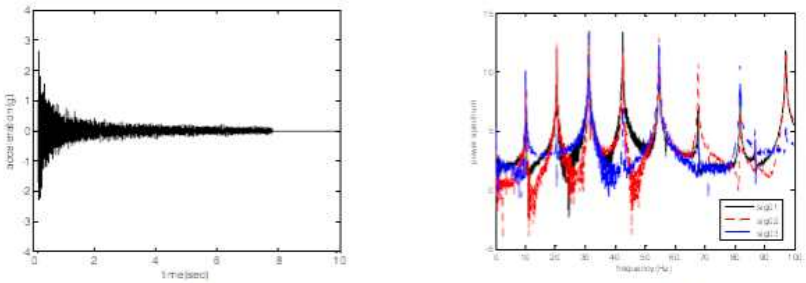
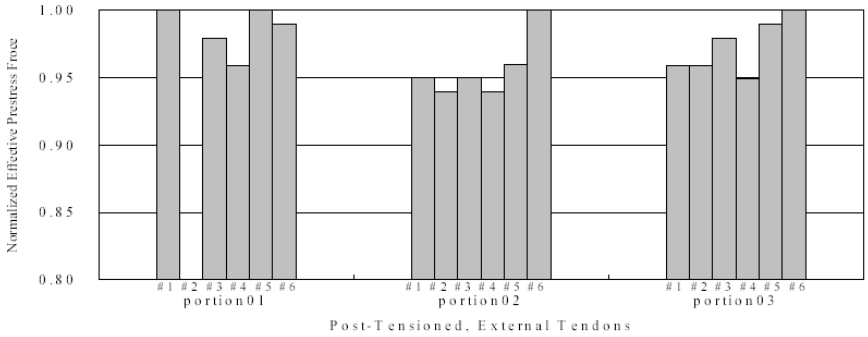
구분	내용
구조물의 중요도 계수 제시	• 구조물의 중요도 계수 α －매우 중요한 구조물에 대해서 1.2~2 －중간 정도로 중요한 구조물에 대해서 1 －중요도가 떨어지는 구조물에 대해서 0.4~0.8 • 연성에 대한 매개 변수 구조 시스템의 연성과 관련된 매개 변수 δ －연성이 우수한 시스템에 대해 1/5~1/3 －중간 정도의 연성을 갖는 시스템에 대해 1/3~1/2 －연성이 부족한 시스템에 대해 1/2~1 • 동적계수  - T ≤ Tc일 때, ρ = ρ 0 - T > Tc일 때, ρ = ρ 0 - 여기에서, ρ 0 : 지반의 진폭과 구조물의 감쇠에 관계되는 계수 - 평균의 물성을 가지는 지반 위에 놓여 있는 0.05의 감쇠비를 가지는 구조에 대하여 ρ 0는 1을 사용 - T : 구조물의 기본적인 고유 주기 - Tc : 그림에서 나타낸 것처럼 지반 조건에 관계되는 임계 주기
장비 및 시스템 제시	• 가진과 측정을 위해 요구되는 장비를 목록화함 • 신호처리 등 적합한 방법에 대한 조사 기술 분류 - 가진 시스템과 시스템 시방서 - 가진장비: 진동 발생기, 충격 장치 - 측정 장비 및 장비별 특성 제시

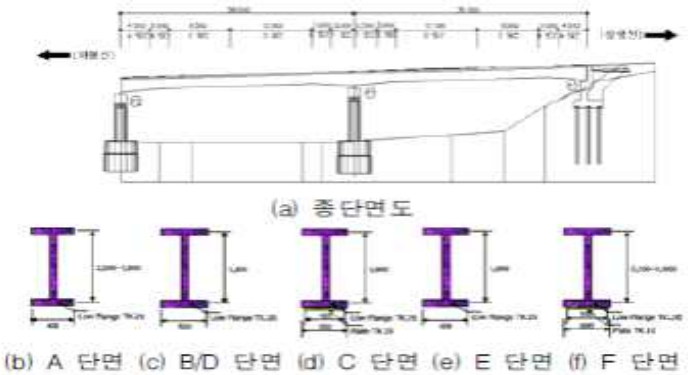
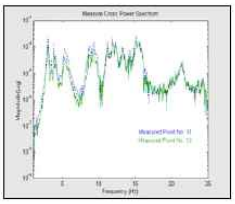
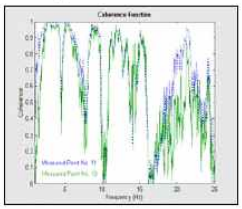
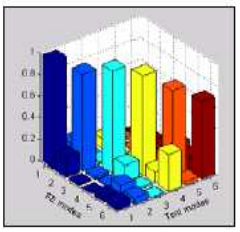
② 국제표준(ISO)

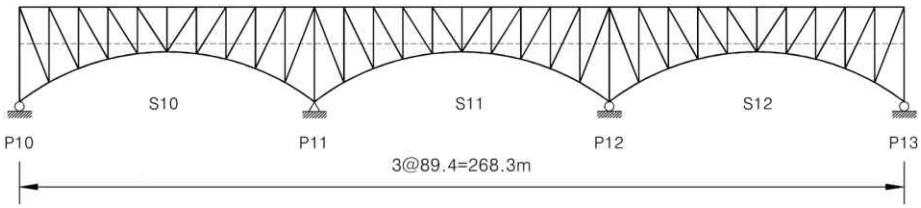
- 보/거더 부재의 휨실험 가이드라인 제시(포괄적 일반사항 기술)
  - (ISO 14963) Mechnical vibration and shock-Guidelines for dynamic tests and investigations on bridges and viaducts

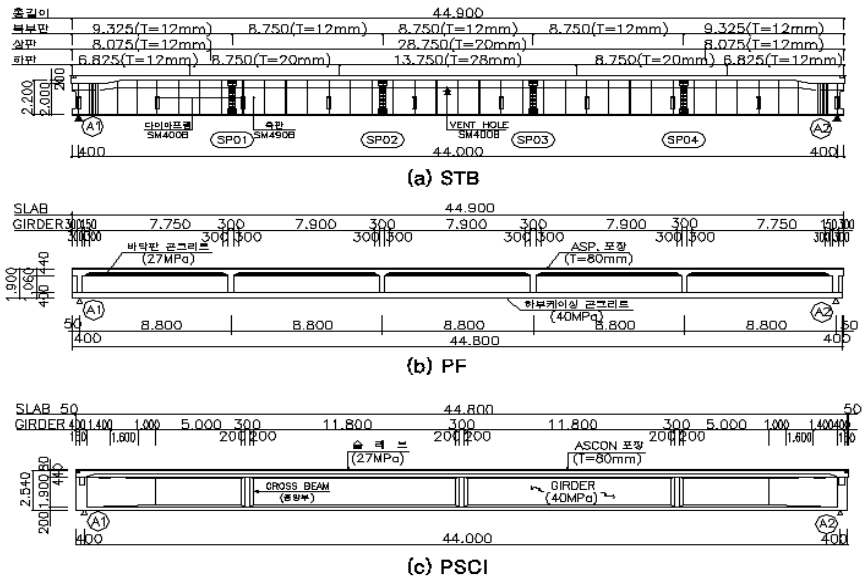
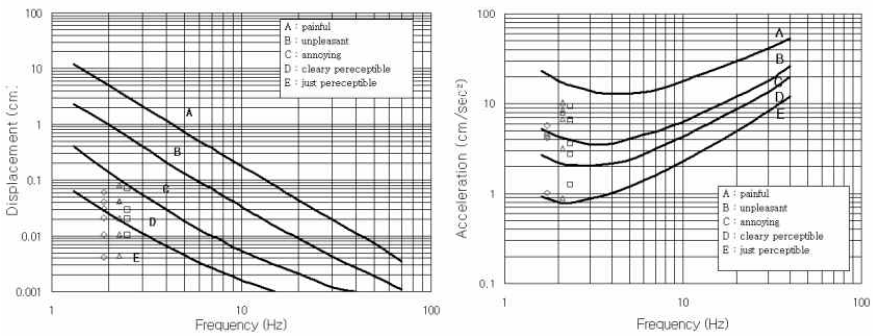
구분	내용
측정 장비 세부 사항 제시	• 구조물의 동특성평가를 위한 테스트 장비의 규격 및 세부 사항에 대한 제시 -Vibration generators -Mechanical : 주파수 범위는 0.5~100Hz(500kN) -Electrodynamic : 5~1,000Hz(50kN) -Hydraulic : 0~1,000kN, 진폭 200kN • 구조물의 동특성평가를 위한 측정 장비의 규격 및 세부 사항에 대한 제시 a) 장비의 종류(가속도계, 지진계, 속도 측정기, 경사계) b) 물리량(가속, 속도, 변위, 기울기 등) c) 작동 원리(압전식, 피에조 저항식, 유도식, 광학, 서보 변환기 등) d) 변환기 - 제조자 - 형태 e) 기계적 치수 f) 질량 g) 변환기의 민감도 - S=a/b(전기적 출력 단위 / 기계적 입력 단위) <소음 매개 변수에 대한> - 가로방향 - 온도 - 바람 - 그 외 h) 증폭기 - 제조자 - 형태 i) 설치 형태(마그네틱베이스, 아교, 나사, 플러그 등) j) 케이블 형태(케이블과 연결기의 종류, 특징, 길이, 접지 등) k) 측정 연쇄의 정확도 - 최소 - 최고 l) 변환기의 주파수 응답의 특징 - 주파수 범위(변환기가 평편한 반응을 보여주는 범위) · 진폭 · 위상(가능한 경우) - 측정 연쇄의 주파수 응답은 처리에서 고려된다(적절한 경우 삭제) · 예, 모드 · 아니오 m) 허용되는 환경 범위 - 온도 - 습기 - 자장 n) 현장에서의 보정 및 통제 o) 외부 권위자에 의해 수행된 보정과 통제의 종류 p) 기타 정보

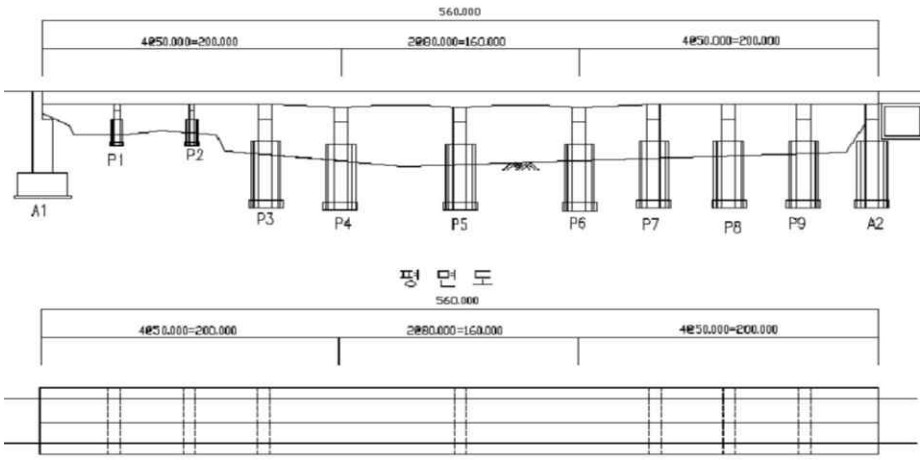
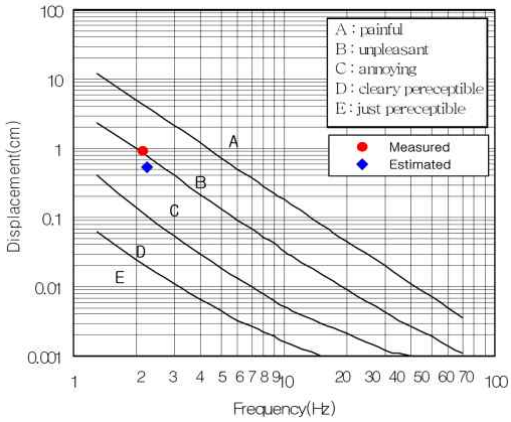
■ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사

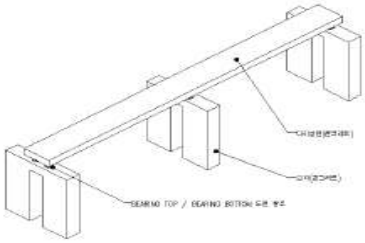
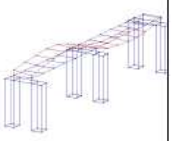
항목	내용	
제목	PSC교량 외부긴장재의 고유진동수 측정 및 분석	
연구자	▪ 이준기(삼성물산 건설부분 기술연구센터 선임 연구원)	
실험체 제원	외부긴장재	앵커리지와 격벽만으로 구속
	형식	외부긴장된 PSC교량
	기타	콘크리트 단면 외부에 긴장재 배치
평가항목	▪ 유효긴장력(시공 중인 세그먼트 교량의 1개 스팬에 설치되어 있는 6개의 외부긴장재 고유진동수 측정)	
실험변수	외부긴장재는 높은 긴장력과 단면형상에 따른 휨강성 고려가 가능한 stiff string model 사용하여 측정된 고유진동수 분석 해석수행 시 이상회된 조건의 단면형상, 기하형상, 질량 사용	
센서	▪ 가속도계	
실험결과	 (a) 시간영역 (b) 주파수영역 <외부긴장재 진동 측정결과>  <추정 유효인장력> - 고유진동수를 사용하여 해석모델과 최소오차를 발생시키는 인장력을 유효인장력으로 산정 - 각 부분에서의 외부긴장재의 추정 유효긴장력의 편차는 약 5% 이내로 수렴 - 연속된 외부긴장재는 각 부분의 거동이 서로 분리(격벽 및 앵커에 의해 구속된 지점이 고정단 역할을 함) - 외부긴장재의 거동은 재하된 인장력에 의해 지배되며, 단면에 의한 휨강성의 영향을 받음	
실험연도	2009년	
출처	대한토목학회 논문집 : Vol.27 No.5A	

<table>
<tr><th>항목</th><th colspan="2">내용</th></tr>
<tr><td>제목</td><td colspan="2">동특성 분석을 위한 합성단면을 갖는 교량구조물의 FE 모델링 기법</td></tr>
<tr><td>연구자</td><td colspan="2">▪ 허광희(건양대학교 교수)
▪ 이 규(충남대학교 박사과정)
▪ 전준룡(충남대학교 석사)</td></tr>
<tr><td>실험전경</td><td colspan="2"> 
(a) 종단면도
(b) A 단면 (c) B/D 단면 (d) C 단면 (e) E 단면 (f) F 단면
<강판형 거더교량의 상세도></td></tr>
<tr><td rowspan="3">실험체 제원</td><td>길이</td><td>72m</td></tr>
<tr><td>지점</td><td>단순지지</td></tr>
<tr><td>기타</td><td>I형 단면</td></tr>
<tr><td>하중조건</td><td colspan="2">내용 없음</td></tr>
<tr><td>실험기기</td><td colspan="2">내용 없음</td></tr>
<tr><td>평가항목</td><td colspan="2">▪ 고유진동수
▪ 모드 형상
▪ 감쇠계수</td></tr>
<tr><td>분석방식</td><td colspan="2">동적 계측</td></tr>
<tr><td>센서</td><td colspan="2">내용 없음</td></tr>
<tr><td>실험결과</td><td colspan="2"> 
(a) 교차파워스펙트럼
 
(b) 기여도 함수
 
Fig. 9. MAC
Table 9. MAC 값
<table>
<tr><th rowspan="2">모드</th><th colspan="6">FE 해석 모드</th></tr>
<tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th></tr>
<tr><td rowspan="6">실험모드</td><td>1</td><td>0.985</td><td>0.173</td><td>0.002</td><td>0.090</td><td>0.027</td><td>0.016</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0.172</td><td>0.883</td><td>0.011</td><td>0.001</td><td>0.003</td><td>0.034</td></tr>
<tr><td>3</td><td>0.012</td><td>0.023</td><td>0.930</td><td>0.027</td><td>0.025</td><td>0.057</td></tr>
<tr><td>4</td><td>0.000</td><td>0.018</td><td>0.137</td><td>0.906</td><td>0.014</td><td>0.157</td></tr>
<tr><td>5</td><td>0.052</td><td>0.098</td><td>0.016</td><td>0.103</td><td>0.783</td><td>0.112</td></tr>
<tr><td>6</td><td>0.068</td><td>0.059</td><td>0.003</td><td>0.328</td><td>0.036</td><td>0.698</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>실험연도</td><td colspan="2">2004년</td></tr>
<tr><td>출처</td><td colspan="2">한국구조물진단학회</td></tr>
</table>

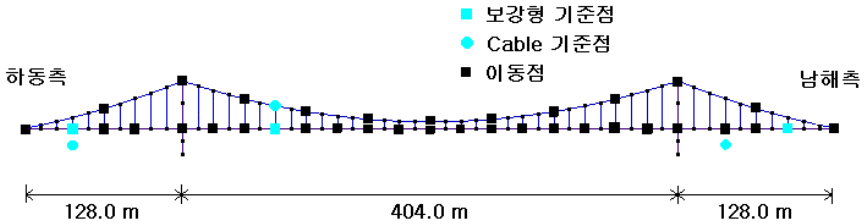
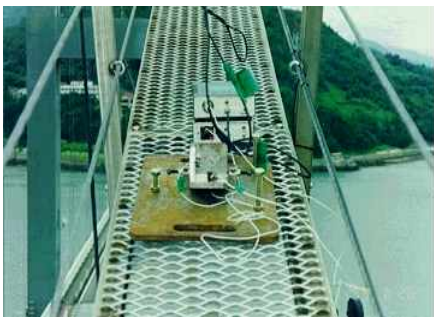
항목	내용	
제목	정적 및 동적 응답을 이용한 교량의 손상도 추정 기법	
연구자	▪ 박우진(서일대학교 토목공학과)	
실험전경		
실험체 제원	길이	1480m
	지점	단순지지
	기타	연속보형 트러스
하중조건	2점 재하	
실험기기	UTM	
평가항목	▪ 매개변수의 평균오차와 표준편차 ▪ 매개변수의 민감도	
제어방식		
센서	▪ strain gage	
실험결과	• 구조물의 정적자료와 동적자료를 가지고 SI기법에 기초한 오차함수를 이용하여 연속보 형식의 트러스 교량에 대하여 손상을 예측 • 실제 구조물의 거동을 판단하고 구조물의 실제 손상 여부를 판단하기 위한 기준을 제시하기 위하여 몬테카를로 시뮬레이션과 측정치 perturbation을 수행하였고, 제안된 방법을 정적 자료와 동적 자료를 이용한 경우에 대하여 각각 비교, 검토하여 각 자료의 사용성과 효율성을 검증 • 연구 결과 트러스 구조물의 손상 추정에서 정, 동적 자료를 사용한 경우 모두 손상된 부재를 쉽게 찾아낼 수 있었고, 측정 오차가 손상의 결과를 좌우하는 것으로 판명되었으며, 이 같은 사실로부터 손상 부재가 많고, 측정치에 오차가 포함되어 있을 경우에는 손상의 정보를 포함하고 있는 정보의 신뢰성은 동적 자료보다 정적 자료가 합리적이고 효과적으로 적용 될 수 있음을 확인	
실험연도	2005년	
출처	한국안전학회지 : Vol.2 No.2	

항목	내용	
제목	동일한 지간을 가진 교량형식별 진동사용성의 해석적 평가 및 비교	
연구자	▪ 박성규(대구대학교 토목공학과 겸임교수)	
실험전경		
실험체 제원	길이	1.25m
	지점	단순지지(탄성받침)
	기타	거더 : 프레임요소 슬레스 : 판요소
하중조건	차량 하중	
실험기기	UTM	
평가항목	▪ 시간이력 ▪ 주요모드와 고유진동수 ▪ 평균진폭	
제어방식		
센서	▪ strain gage	
실험결과		
실험연도	2011년	
출처	구조물진단학회지 : Vol.15 No.1	

항목	내용	
제목	비부착식 진동측정방법에 의한 공용중 교량의 진동사용성에 대한 실험적 평가	
연구자	▪ 신현섭(한국건설기술연구원 구조교량연구실 수석연구원) ▪ 박기태(한국건설기술연구원 연구전략실 연구위원) ▪ 이규완((주)카이센 연구소장) ▪ 전진택((주)포스코건설 R&D센터 기술연구소 과장)	
실험전경		
실험체 제원	길이	560m
	폭	20.1m
	측정위치	길이 50m의 좌측경간(A1-P1) 중앙부의 강박스 하면
하중조건	차량 하중	
측정시간	20분	
평가항목	▪ 가속도계에 의한 측정 및 진동사용성 평가 ▪ 주요모드와 고유진동수 ▪ 시간영역	
제어방식		
센서	▪ 레이저 도플러 진동측정장치(LDV)	
실험결과		
실험연도	2010년	
출처	구조물진단학회지 : Vol.14 No.6	

<table>
<tr><th>항목</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>제목</td><td>축소 철도 모형을 이용한 교량의 진동특성 실험에 관한 연구</td></tr>
<tr><td>연구자</td><td>▪ 이완하(유니슨이앤씨(주) 기술연구소)
▪ 박진영(유니슨이앤씨(주) 기술연구소)
▪ 김기만(유니슨이앤씨(주) 기술연구소)
▪ 박해동((주)브이원)
▪ 박건록(유니슨이앤씨(주) 기술연구소)</td></tr>
<tr><td>실험전경</td><td> 
<축소 모형></td></tr>
<tr><td>실험체 제원</td><td>축소(1/50)에 따른 상사비율
<table><tr><th>Scaling factor</th><th>Unit</th><th>Jaschinski</th><th>Full scale</th></tr><tr><td>Velocity</td><td>km/hr</td><td>2749.9</td><td>70</td></tr><tr><td>Inertia</td><td>m^4</td><td>37014.4</td><td>11.567</td></tr><tr><td>Weight</td><td>tonf</td><td>1.056</td><td>132</td></tr><tr><td>Damping</td><td>%</td><td>0.000283</td><td>5</td></tr><tr><td>Frequency</td><td>Hz</td><td>47.38</td><td>6.7</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>하중조건</td><td>차축소철도모형</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>평가항목</td><td>▪ 고유진동수 및 감쇠비
▪ 진동 가속도</td></tr>
<tr><td>제어방식</td><td>속도제어법(열차 운행 속도에 따라 발생하는 진동, 소음 그리고 축소교량 구조물의 변위 측정)</td></tr>
<tr><td>센서</td><td>▪ strein gage</td></tr>
<tr><td>실험결과</td><td><table><tr><th></th><th>1st mode</th><th>2nd mode</th><th>3rd mode</th></tr><tr><td>Mode Shape</td><td>  </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td>NR</td><td>32.95 Hz
[9.48%]</td><td>35.94 Hz
[4.24%]</td><td>132.24 Hz
[1.07%]</td></tr><tr><td>HDR-1</td><td>46.95 Hz
[18.5%]</td><td>69.4 Hz
[6.87%]</td><td>134.61 Hz
[2.47%]</td></tr><tr><td>HDR-2</td><td>48.98 Hz
19.48%]</td><td>72.44 Hz
[5%]</td><td>135.04 Hz
[2.4%]</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>실험연도</td><td>2010년</td></tr>
<tr><td>출처</td><td>한국소음진동공학회 추계학술대회논문집 : pp.214~215</td></tr>
</table>

■ 국내 주요 실험사례 분석

항목	내용
실험연구	남해대교의 동특성 평가 및 분석(AVT: Ambient Vibration Test) - 상시진동실험, 유한요소해석, 차량 단자를 이용한 강제자유진동실험에 의한 고유진동수를 비교 검토 함 - 통행중인 차량질량의 크기 및 온도 변화에 따른 상시진동실험시 고유진동수 계측치의 영향인자에 대한 분석 수행
연구자	▪ 정대성(명지대학교) ▪ 김철영(명지대학교) ▪ 김남식(현대건설 기술연구소) ▪ 윤자걸(대림산업(주) 기술연구소)
대상 교량	▪ 남해대교(경상남도 하동 ~ 남해도) - 총경간 660m(중앙경간 404m, 측경간 128m), 교폭 9.6m - 3경간 2힌지 타정식 현수교(1973년 5월 완공, 국내 최초의 현수교) <남해대교>
실험현황	▪ 보강형과 주케이블을 40개 단면(80개 측정점)으로 나누어 각 측정점에 대하여 수직, 수평의 2개 자유도에 대하여 응답 가속도 측정 ▪ 계측기와 센서간 거리가 길어짐에 따른 노이즈 발생을 감소시키고 케이블 작업을 용이하게 하기 위해 두 개의 다중 기준점을 사용함  <가속도 측정점>
센서설치	▪ 보강형과 주케이블에는 가속도 센서킷을 설치 ▪ 측정센서 : 0~10Hz (K-BEAM 타입), 1Volts/g, Full Scale=2g(저주파 가속도계) <보강형에 배치된 센서킷>  <행어밴드에 설치된 센서킷>

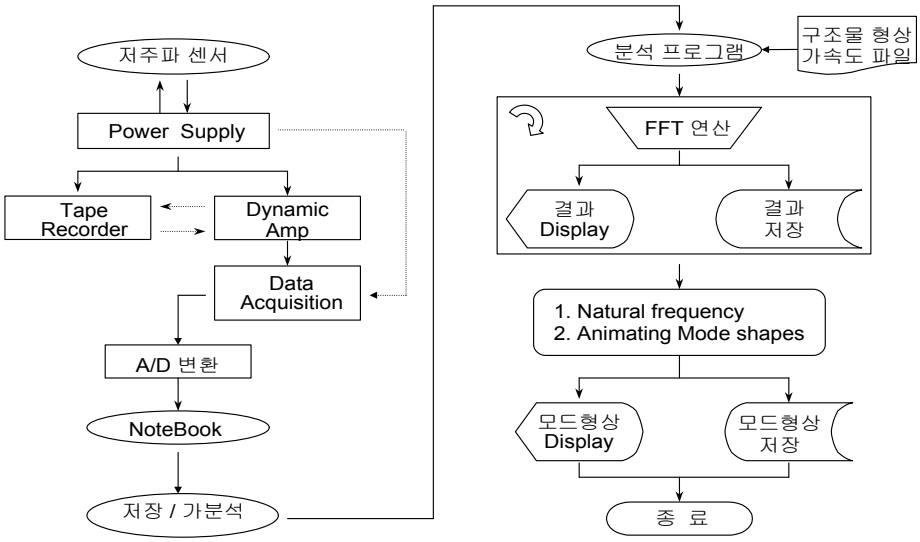
분석조건

- 상시진동실험시 데이터 획득 및 분석에 대한 변수들로서 일반적인 교량 구조물이 저차의 진동모드를 갖기 때문에 관심 주파수는 10Hz 미만을 대상으로 함
- 계측시 시그널 레벨이 떨어질 수 있기 때문에 0.01Hz의 highpass filter을 사용하여 센서의 low frequency noise를 제거 함

<데이터 수집 및 분석 조건>

단일 시간이력 획득/분석		앙상블 시간이력 획득/분석	
샘플링 주파수	: 32Hz		
필터링 대역	: 0-10Hz	산술평균 개수	: 14EA
시간이력 측점수	: 4096pt.	창함수	: Hanning
샘플링 주기	: 0.03125sec	시간이력 측정시간	: 30min
주파수 분해능	: 0.0078125Hz		

수행 흐름도



<데이터 수집 및 분석 흐름도>

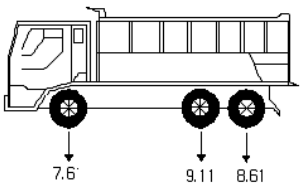
데이터 분석 변수

- 단일시간이력 획득
  - 관심 주파수: 10Hz 미만
  - 샘플링 주파수: 32Hz
  - 주파수 대역: 0-16Hz
  - 샘플링 주기: 0.03125sec
  - 저역통과필터 통과주파수 대역: 0-10Hz
  - 주파수 분해능: 0.0078125Hz
  - 단일시간이력 측점수: 4096pt
  - 시간이력 측정시간: 128sec
- 앙상블 시간이력 획득
  - 조합된 단일 시간이력 수: 14ea
  - 조합방법: 산술평균
  - 창함수: Hanning
  - 앙상블 시간이력 측정시간: 30min
- 취사선택 가능한 앙상블 시간이력 획득
  - 선택확률: 70%(no averaging)
  - 선택 단일시간이력 수: 10ea
  - 선택시간이력 측점수: 40960pt

<table>
<tr>
<td>상시진동실험
측정 방법</td>
<td>

- 덤프트럭을 이용하여 중앙경간의 1/2지점 충격 가진
- 강제진동에 의해 발생하는 자유진동성분 분석, 고유진동수 및 감쇠 평가

<Impact Test(중앙경간 1/2지점)>

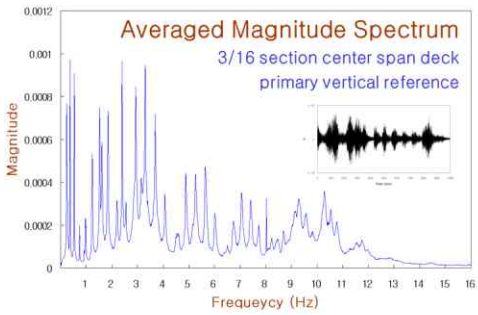


<자유진동실험차량>

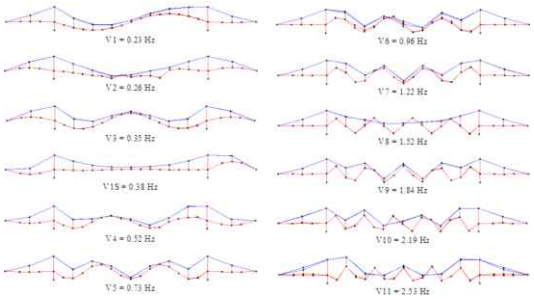
<만차시 차량 축장량 및 제원>

총중량 (ton)	축중량(ton)			축간격(m)	
25.33	1축	2축	3축	전륜	후륜
	7.61	9.11	8.61	3.56	1.28

</td>
</tr>
<tr>
<td>동특성평가
실험결과</td>
<td>

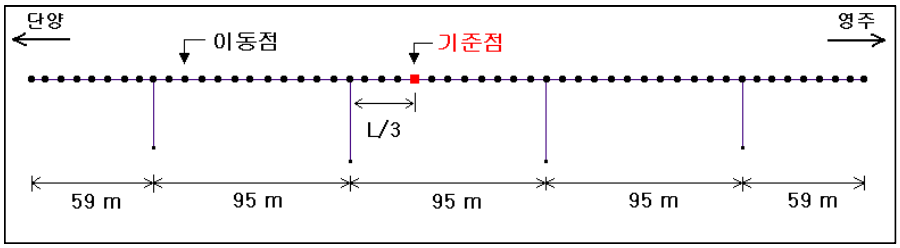


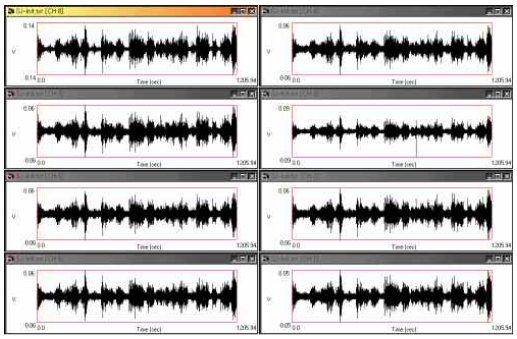
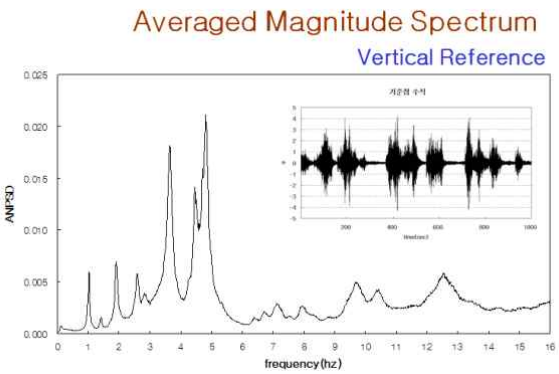
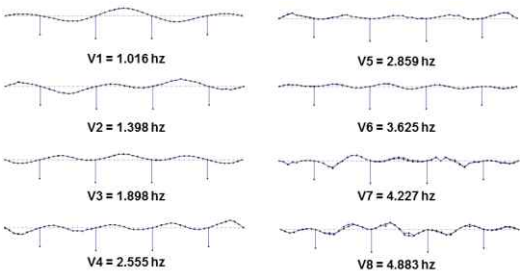
<Averaged magnitude Spectrum>



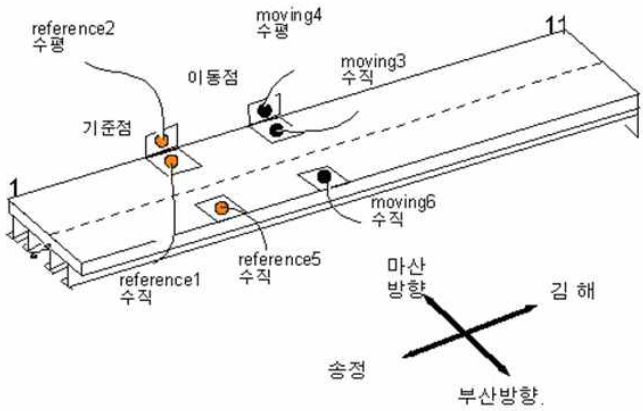
<Measured Vertical Mode Shapes>

</td>
</tr>
<tr>
<td>실험연도</td>
<td>2000년</td>
</tr>
<tr>
<td>출처</td>
<td>대한토목학회논문집 : Vol.22 No.6</td>
</tr>
</table>

항목	내용
실험연구	상진대교의 동특성 평가 및 분석(AVT: Ambient Vibration Test) - 상시진동실험, 유한요소해석, 차량 단자를 이용한 강제자유진동실험에 의한 고유진동수를 비교 검토 함 - 통행중인 차량질량의 크기 및 온도 변화에 따른 상시진동실험시 고유진동수 계측치의 영향인자에 대한 분석 수행
연구자	▪ 정대성(명지대학교) ▪ 김철영(명지대학교)
대상 교량	▪ 상진대교(경상북도 영주 ~ 충북 단양) - 총경간 403m, 교폭 12.5m - 5경간 연속교, 강상판 박스의 상부구조 - 경간 중앙 힌지 연결부의 일부 처짐 및 균열발생 → 내하력 감소 <상진대교 전경(上>) <상진대교 전경(下>)
실험현황	 <상진대교 측정점> <상진대교 측정점> <채널별 센서 배치> 채널: 기준점 1 R1 구교측 수직; 2 R2 구교측 수평; 3 R3 시내측 수직; 4 R4 시내측 수평 채널: 이동점 5 A1 구교측 수직; 6 A2 구교측 수평; 7 A3 시내측 수직; 8 A4 시내측 수평 <측정점 배치> 기준점 배치: 기준점 배치: 중앙경간 3/10 지점(구교측) 기준점 측정자유도: 2dof (수직, 수평) 기준점 측점수: 2ea (1단면 양방향) 이동점 배치: 분할방법: 7.5m, 또는 8m (10차모드 판독 가능) 중앙경간 측정단면: (11sec.×3span = 33sec.) 측경간 측정단면: (7sec.×2span = 14sec.) 지점 측정단면: 6sec. (교대지점 포함) 측정단면 전체: 53sec. 이동점 전체 측점수: 53sec., 106pt 이동점 측정자유도: 2dof (수직, 수평)

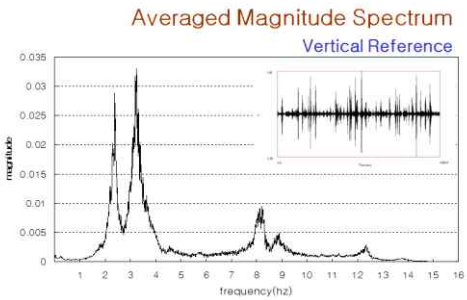
센서설치	▪ 센서는 보도부에 설치하였으면 반대편에도 동일지점에 대칭으로 설치 ▪ 센서는 Base Plate에 설치하였으며 Base Plate는 수직, 수평에 대한 level을 조절 할 수 있도록 함 - 교량의 각 방향 응답가속도는 Base plate에 설치된 센서로부터 power supply를 거쳐 lowpass filtering된 시그널은 BNC cable로 계측기기까지 이동하게 됨 <센서배치(!)) <센서배치(2))
실험결과	 <가속도 시그널(감도측정)>  <Averaged magnitude Spectrum>  <Measured Vertical Mode Shapes>
실험연도	2010년
출처	대한토목학회논문집 : Vol.22 No.6

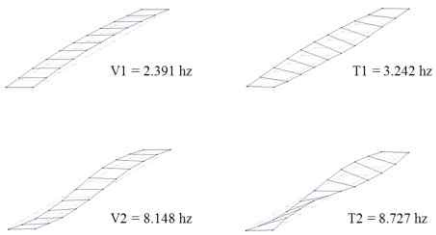
<table>
<tr><th>항목</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>실험연구</td><td>농로5육교의 동특성 평가 및 분석(AVT: Ambient Vibration Test)
- 상시진동실험, 유한요소해석, 차량 단자를 이용한 강제자유진동실험에 의한 고유진동수를 비교 검토 함
- 통행중인 차량질량의 크기 및 온도 변화에 따른 상시진동실험시 고유진동수 계측치의 영향인자에 대한 분석 수행</td></tr>
<tr><td>연구자</td><td>▪ 정대성(명지대학교)
▪ 김철영(명지대학교)</td></tr>
<tr><td>실험전경</td><td>▪ 농로5육교(경상남도 김해)
- 중앙경간 46m, 교폭 8.5/10m
- 3경간 단순교, Palate Girder의 상부구조
- 경간 중앙 힌지 연결부의 일부 처짐 및 균열발생 → 내하력 감소

<농로5육교 전경></td></tr>
<tr><td>실험현황</td><td>▪ 기준점 센서는 교량 3/10지점
▪ 수직센서는 양측 차선에 2개
▪ 수평센서는 한쪽 차선에 대하여 1개를 고정 배치
▪ 이동점 센서 : 전체 교량을 4.6m 간격으로 10등분하여 수직 2개 채널, 수평 1개 채널을 사용하여 계측
 

<측정점 배치>
<측정점 배치>
<table><tr><td>기준점 배치</td><td>기준점 배치: 중앙경간 3/10 지점
기준점 측정자유도: 2dof (수직, 수평)
기준점 측점수: 2ea (1단면 양방향)</td></tr><tr><td>이동점 배치</td><td>분할방법: 4.6m 균일 (수직, 비틂 각 2차모드 판별가능)
측정단면: 11sec. (지점 2sec. 포함)
이동점 전체 측점수: 11sec., 22pt
이동점 측정자유도: 2dof (수직, 수평)</td></tr></table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>분석조건</td><td>
<데이터 수집 및 분석변수>
<table>
<tr><th>단 계</th><th>데이터 수집 및 저장</th></tr>
<tr><td>(1)단일시간이력 획득</td><td>관심 주파수: 16Hz 미만
샘플링 주파수: 32Hz
주파수대역: 0-16Hz
샘플링 주기: 0.03125 sec
저역통과필터 통과주파수 대역: 10Hz
주파수 분해능: 0.0078125Hz
단일시간이력 측점수: 4096pt
단일시간이력 측정시간: 128sec</td></tr>
<tr><td>(2)앙상블 시간이력 획득</td><td>조합된 단일 시간이력 수: 14ea
조합방법: 산술평균
창함수: Hanning
앙상블 시간이력 측정시간: 30min</td></tr>
<tr><td>(3) 취사선택이 가능한 앙상블 시간이력 획득</td><td>선택확률: 70% (no averaging)
선택 단일시간이력 수: 10ea
선택시간이력 측점수: 40960pt</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>센서설치</td><td>

<센서배치> <상시진동 측정장비>
</td></tr>
<tr><td>실험결과</td><td>


<Averaged magnitude Spectrum>


<Measured Vertical Mode Shapes>
</td></tr>
<tr><td>실험연도</td><td>2010년</td></tr>
<tr><td>출처</td><td>대한토목학회논문집 : Vol.22 No.6</td></tr>
</table>

■ 사례분석을 통한 교량의 동특성평가 실험 절차

○ 진동실험

- 강제진동실험(Forced Vibration Test) : 강제진동은 인공적 가진력을 이용하여 구조물을 가진시킨 후 그 영향으로 발생하는 구조물의 응답을 측정하는 실험. 일반적으로 주파수 조절이 가능한 가진기(Exciter)를 이용하여 구조물의 공진주파수를 직접적으로 찾는 공진시험(Resonance Test), 구조물에 기지의 충격력을 가하여 구조물의 진동을 일으키고 이 때 발생되는 지유진동 신호를 측정하여 구조물의 동적특성을 평가하는 모달시험(Modal Test) 등이 있음
- 자유진동실험(Free Vibration Test) : 자유진동은 진동을 발생시키는 원인에 의해 진동이 시작하고 진동원이 사라진 이후에는 감쇠에 의해 진폭이 서서히 줄어들면서 일정시간 후에 정지하게 됨. 이는 감쇠를 갖는 조화함수의 조합 형태로 나타나며, 지속시간은 감쇠정도에 따라 달라지므로 가진력이 사라진 이후의 자유진동신호를 측정하여 이를 분석함으로써 대상 구조물의 동특성을 산정할 수 있음
- 상시진동실험(Ambient Vibration Test) : 상시진동실험은 랜덤방식에 따라 여러 주파수와 가진력이 섞여있는 진동원(인공잡음, 바람, 지진, 차량주행 등)에 의한 랜덤가진의 응답을 측정하여 이를 분석함으로써 동특성을 평가하는 방법

○ 환경 진동

- 바람, 지진, 교통 유발 진동, 기계진동 또는 미진동

① 실험체

본 실험절차서는 교량구조물 전반에 활용할 수 있다. 다만, 사장교 또는 현수교 등에 대한 실험은 특수한 조건을 고려한 실험준비가 필요하고, 가진기의 경우 장경간을 전체적으로 가진하기가 어렵기 때문에 차량이나 바람 등에 의한 진동을 활용한 상시진동실험을 적용하는 것이 좋다.

- 시공중 교량 구조물의 동적 안전성 평가
- 설계시 사용된 값들의 시공후 확인
- 바람, 지진, 활하중 등에 대한 해석결과를 검증하기 위한 동특성의 평가
- 공용중 실교량의 모니터링과 손상탐지
- 교량에 대한 보강 후, 그 효과의 확인
- 교량의 안전진단 평가(충격계수)
- 교량의 상태 모니터링 및 시스템규명(SI)을 위한 기초자료 등

② 실험방법 및 평가기법 선택

- 실험방법은 대상 구조물에서 얻고자 하는 동적특성의 종류, 사용 가능한 진동원의 종류 및 외부 환경소음의 정도 등 다양한 요인을 검토하여 신중하게 결정해야 함
- 실험방법을 결정할 때에는 구조물의 물리적 응답신호에 대한 평가방법을 고려하여

가장 적합한 응답(변위, 가속도, 변형률 등)을 선택하여 측정

- 일반적으로 실험실 수준 동적실험은 가진망치(impact hammer)를 이용한 모달테스트(modal test), 소형 가진기 활용
- 실교량의 경우, 실제 교량을 충분히 가진 가능한 용량의 가진기 시스템 활용

③ 가진 방법 및 가진기 선택

- 가진방법을 선택할 때에는 실험시 구조물의 안전을 충분히 확보하고, 가진을 통해 원하는 측정신호를 충분한 수준으로 확보할 수 있어야 한다.

<가진방법 비교>

가진방법	방 법	장 점	단 점
가진기법	- 편심질량을 회전시켜 임의진동수로 정현파 외력을 가하고 진동수를 줄이면서 공진곡선을 구함 - 공진주파수로 가진하여 급정지시켜 감쇠자유진동을 구함	- 비교적 정확한 정현파 가진 가능 - 모드 특성 계산이 용이 - 대용량의 가진기 필요	- 공용중 교량 실험시 차량 통제 - 저차 또는 고차 진동수에 대한 충분한 가진이 어려움
기진기법	- 크레인의 중추를 상하로 운동시켜 정현파에 근접한 외력을 가하여 공진곡선을 구함 - 공진상태에서 정지시켜 감쇠자유진동을 구함	- 비교적 간편하게 정현파 가진 가능 - 저차 진동수 가진 가능	- 공용중 교량의 적용이 곤란 - 정도가 높은 일정한 가진이 어려움 - 고차 진동수의 가진이 어려움
상시진동법	- 차량주행, 인력가진, 지진 및 강풍, 상시미진동 등에 의한 random 가진	- 공용중 교량 적용 가능 - 가진 수단이 불필요	- 노이즈 영향 주의 - 세밀한 가진이 어렵고 결과 데이터 처리에 주의 필요 - 가진원에 의한 특정 주파수대역의 교란 주의
기타 방법	- 로프인장법/ 로켓분사법/ Jacky 강제 변위법/ 충격가진기법/ 차량 급정지.발진법 등		

④ 계측장비 및 측정센서 설치

- 교량의 동적실험에 있어 인공적인 수단으로 가진기를 사용하는 경우에는 전체 교량에 대해 충분한 가진력을 도입할 수 있는 곳에 설치해야 함. 휨 모드 및 비틀림 모드에 따라 설치위치를 횡단면내에서 중앙 또는 한쪽 측면에 설치 필요

(a)실내 가진기 설치

(b)실내 가진실험 전경

(c)실교량 가진기 설치

(d)실교량 가진실험 전경

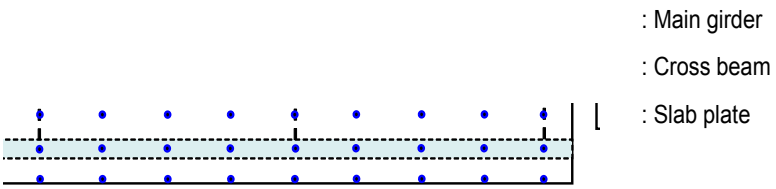
<가진기 설치 및 가진실험(예)>

- 교량모형에 대한 실내실험으로 impact hammer를 사용하여 모달테스트를 수행한 사례로서, 가속도계 센서는 기준점 센서를 고정 설치하고 각 단면별 가속도계를 이동시켜가며 측정
- 센서는 중요한 범위의 휨 및 비틀림 모드를 확인하고 교량의 모드형상을 평가, 설명할 수 있을 정도로 충분히 설치해야 하며 보통은 격자 형태로 설치. 휨 및 비틀림 모드 모두를 식별하기 위해서는 적어도 횡단면에 2개 이상의 센서를 단면 중앙을 기준으로 좌우로 대칭되는 위치에 설치해야 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있음

<실내실험 사례>

<가진위치, 센서 설치위치 및 수량>

구 분	설치위치	수량	비고
가진	Random 위치	-	Impact hammer 사용
변위계	L/4, 2L/4, 3L/4	9	거더 하부에 설치
가속도계	등간격으로 배치(13개 단면)	91	바닥판에 설치

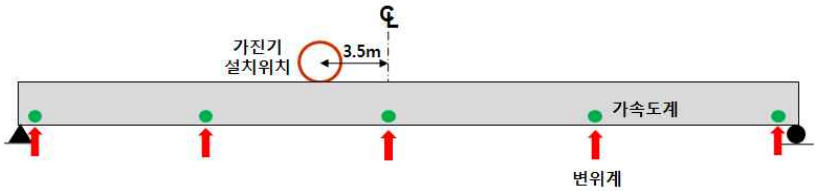


<센서 설치위치>

- 초당 데이터 샘플링은 512Hz으로 하고, 150Hz 이내만을 대상으로 Low-pass filter를 사용하여 측정하였다. 단일 시간이력(1회 주파수분석시 필요한 데이터) 기준으로 32초씩 측정하였고 노이즈 영향을 최소화하기 위해 한 지점 가진에 대해 약 15회씩 실험을 수행하여 산술평균을 통해 분석하였다.

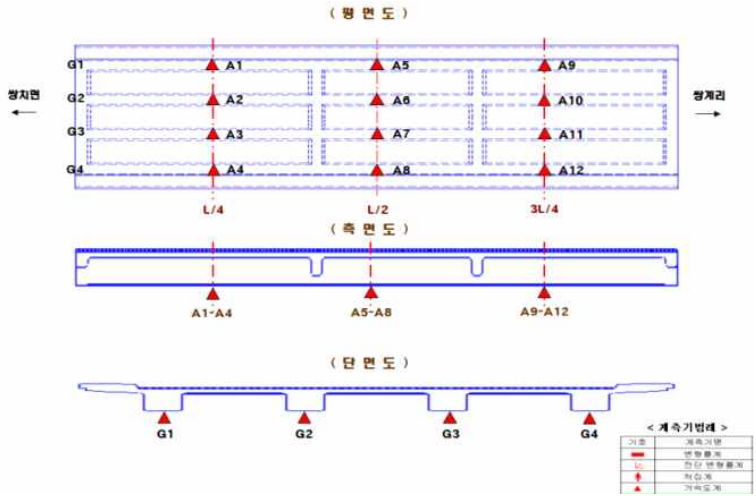
<가진기 및 센서설치 위치>

구 분	설치위치	수량	비고
가진기	경간중앙(L/2에서 3.5m 떨어진 곳)	1	바닥판에 설치
변위계	L/4, 2L/4, 3L/4	3	거더 하부에 설치
가속도계	등간격으로 배치	5	거더 하부에 설치



<가진기 및 센서 설치위치(보 실험)>

- 실교량의 경우, 고유진동수나 감쇠만을 평가하고자 한다면 응답이 큰 경간 중앙부에서의 처짐이나 가속도를 계측하나 모드형상을 분석하고자 한다면 그림과 같이 대칭성을 갖도록 센서를 설치할 필요가 있음



<실교량 센서배치 (예: RC-T형 거더교, 단순지지)>

<가진기 및 센서 설치위치 및 수량(예: 실교량 실험)>

구 분	설치위치	수량	비고
가진기	경간중앙(G2)	1	바닥판에 설치
변위계	L/2	4	거더 하부에 설치
가속도계	등간격으로 배치	12	거더 하부에 설치

<가속도계 설치 (예: 교량의 바닥판 상부에 설치)>

⑤ 측정

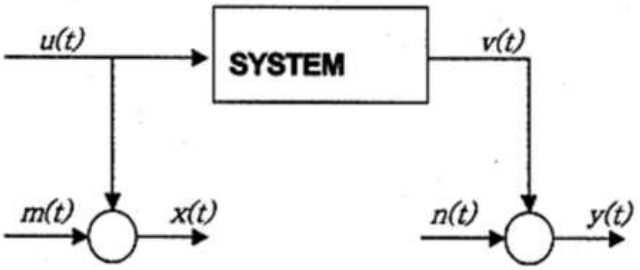
- 실내실험 및 현장실험에 따라 실험절차 및 방법이 달라지며, 사용할 수 있는 가진 방법도 달리 선택되어야 함. 특히, 신호대 노이즈의 비가 많이 다르기 때문에 특성에 맞는 가진방법과 분석방법 선택
- 실내 모형실험의 경우에는 주로 소형인 경우 가징망치(Impact Hammer)를 사용한 모달 테스트를 사용하고, 대형 구조물 실험일 경우에는 충분한 가진력을 줄 수 있는 가진기를 사용한 실험(sine sweep test, resonance test, free vibration test 등) 사용

■ 결과 분석

○ 공유진동수

① 주파수응답함수(FRF)에 의한 방법

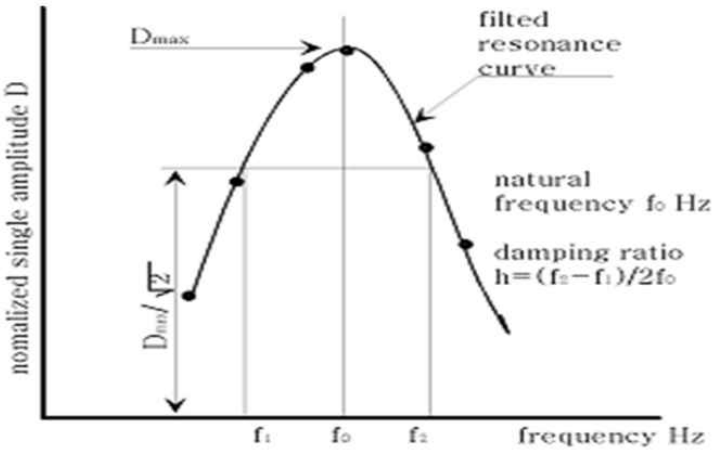
- 가속도응답 시간이력에 대한 주파수분석(FFT; fast fourier transform)을 통해 주파수응답함수(FRF; frequency response function)을 구하고, FRF의 첨두점(peak)에 해당하는 진동수로부터 고유진동수를 산정



<구조 시스템>

② 공진곡선을 이용한 방법

- Sine sweep test로부터 공진주파수를 근사적으로 평가한 후, 공진진동수 부근에서 가진주파수를 조금씩 변화시켜가면서 정상상태의 변위진폭(또는 응답가속도)를 측정한다. 가진주파수와 그에 따른 정상상태 진폭의 크기를 도시화하여 공진곡선(resonance curve)을 작성한다. 이 때, 각 가진주파수 사이의 값은 curve fitting을 통해 구한다.

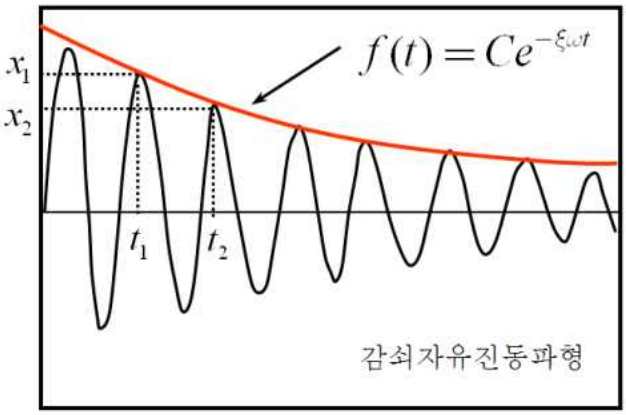


<공진곡선을 이용한 고유진동수 및 감쇠평가>

○ 감쇠비

① 대수감소법(Logarithmic decrement method)

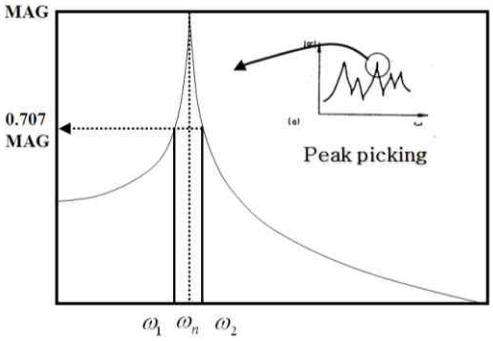
- 그림과 같이 변위 또는 가속도응답 시간이력의 감쇠자유진동신호는 대수감소함수 $f(t)$와 주기함수의 곱으로 표현



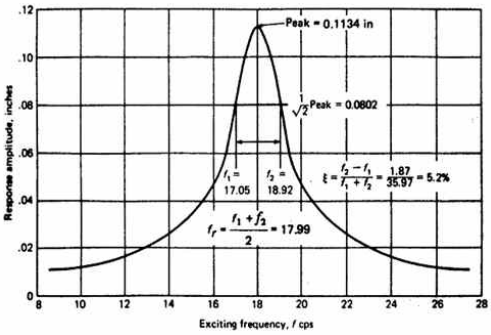
<감쇠자유진동신호>

② 반력법(Half-power bandwidth method)

- 변위 또는 가속도응답의 주파수영역에서의 에너지밀도함수(power spectral density function)로부터 고유진동수에 해당하는 첨두값의 $1/\sqrt{2}$에 해당하는 두 개의 주파수를 이용해서 감쇠비를 산정



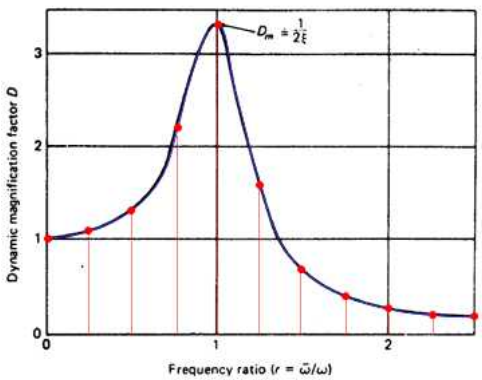
<반력법>



<반력법에 의한 감쇠비계산>

③ 공진곡선을 이용한 방법

- 그림과 같이 조화가진하중($F_0 \sin(\overline{\omega} t)$)의 가진주파수 $\overline{\omega}$를 미세하게 조정하여 주파수비 $r(=\overline{\omega}/\omega)$에 따른 동적증폭계수 즉, 공진곡선을 구한다.



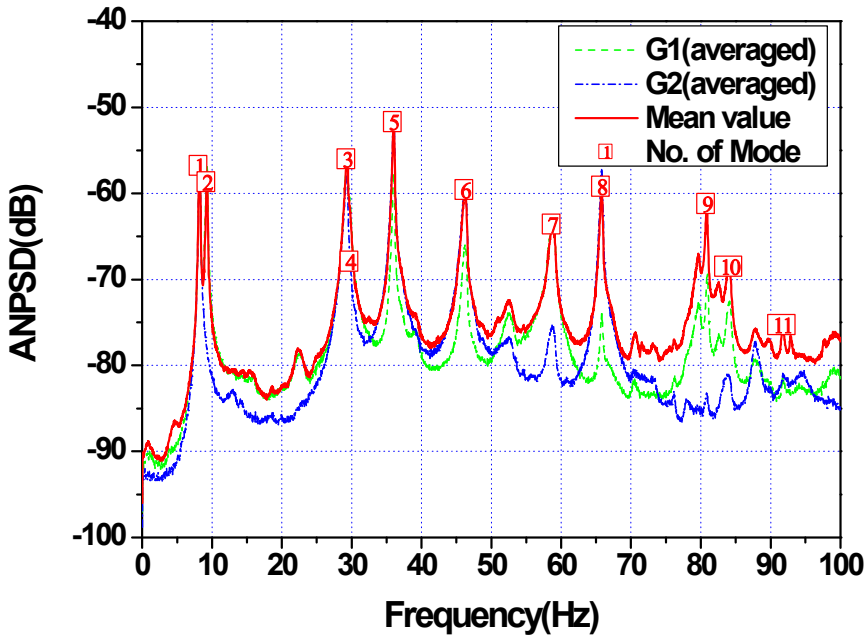
<공진곡선과 감쇠율>

④ 결과 분석

• 결과보고서에는 포함될 사항
- 실험체의 설계도면, 실험체 제작 사진대지 및 실험체 사진
- 실험체 설치, 계측센서 설치, 장비 설치 등(사용 센서, 지점조건, 장비 사양 등)
- 계측 항목 및 센서 수량, 센서 배치도
- 계측데이터의 정보에 대한 설명(그래프 포함: 가속도 및 변위)
- 계측데이터의 분석 결과(고유진동수, 감쇠, 모드형상)
- 필요시 이론적 검토 결과, 구조해석 결과와의 비교
- 계측데이터 원본 파일은 별도 컴퓨터 파일로 제공(채널 정보 등 포함)
- 기타 필요한 사항

• 계측에 사용된 장비 및 센서에 대한 설명과 측정 범위 포함
- 가진기의 사양
- 계측장비의 사양 및 측정 범위
- 센서(가속도계, 변위)의 종류, 사양 및 측정범위와 교정 여부 등
- 측정 위치 등을 포함한 도면, 케이블 설치 길이, 실험 셋팅에 관한 정보
- 현장실험시 실험중 조건 (시험환경 : 온도, 습도, 차량통행 등)

• 계측데이터의 분석 및 평가
- 측정시 데이터의 품질과 처리에 대한 설명(계측 일지)
- 분석 방법 및 절차(신호대 잡음비, 데이터 처리 알고리즘 및 방법에 관한 설명)
- 참조, 인용 등 설명
- 주요 결과는 적절한 그래프, 표 등을 활용하여 설명
- 동특성 평가(고유진동수, 동적모드 및 감쇠비)
- 결과보고서는 사용된 절차와 특정 상황을 모두 포함, 설명



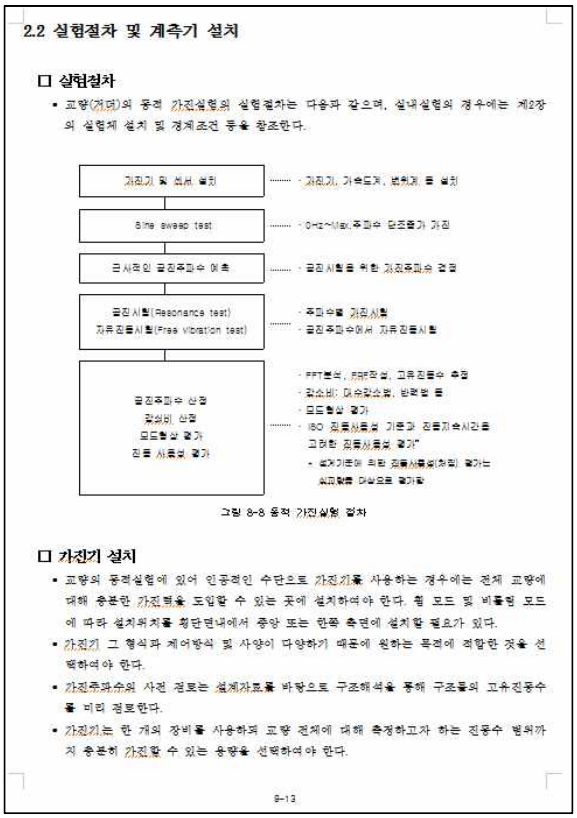
<주파수분석 결과>

1st mode = 8.188hz 2nd mode = 9.219hz 3rd mode = 29.313hz 4th mode = 30.219hz

5th mode = 36.031hz 6th mode = 45.156hz 7th mode = 58.688hz 8th mode = 65.656hz

<모드별 고유진동수 및 모드형상>

■ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성



2.2 실험절차 및 계측기 설치

□ 실험절차

- 교량(거더)의 동적 가진실험의 실험절차는 다음과 같으며, 실내실험의 경우에는 제2장의 실험체 설치 및 경계조건 등을 참조한다.

가진기 및 센서 설치 ····· · 가진기, 가속도계, 변위계 등 설치

Sine sweep test ····· · 0~fz~fMax 주파수 단조증가 가진

근사적인 공진주파수 예측 ····· · 공진 시험을 위한 가진주파수 결정

공진시험(Resonance test)
자유진동시험(Free vibration test) ····· · 주파수별 가진시험
· 공진주파수에서 자유진동시험

공진주파수 산정
감쇠비 산정
모드형상 평가
진동 사용성 평가

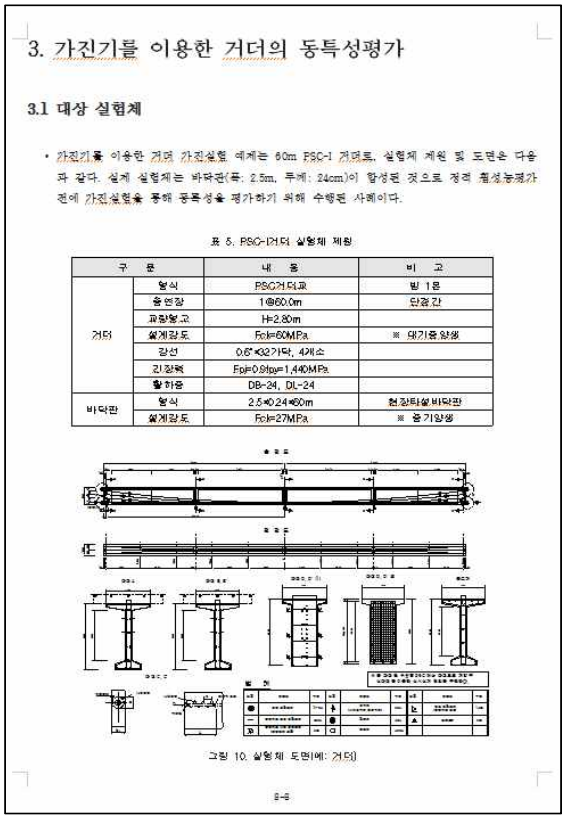
· FFT분석, PSD분석, 고유진동수 추정
· 감쇠비: 대수감쇠법, 반력법 등
· 모드형상 평가
· ISO 진동사용성 기준과 진동가속시간을 고려한 진동사용성 평가*
  * 설계기준에 의한 진동사용성(처짐) 평가는 보고회를 대상으로 평가함

그림 8-8 동적 가진실험 절차

□ 가진기 설치

- 교량의 동적실험에 있어 인공적인 수단으로 가진기를 사용하는 경우에는 전체 교량에 대해 충분한 가진력을 도입할 수 있는 곳에 설치하여야 한다. 휨 모드 및 비틀림 모드에 따라 설치위치를 횡단면내에서 중앙 또는 한쪽 측면에 설치할 필요가 있다.
- 가진기 그 형식과 제어방식 및 사양이 다양하기 때문에 원하는 목적에 적합한 것을 선택하여야 한다.
- 가진주파수의 사전 정보는 설계자료를 바탕으로 구조해석을 통해 구조물의 고유진동수를 미리 정보한다.
- 가진기는 한 개의 장비를 사용하여 교량 전체에 대해 측정하고자 하는 진동수 범위까지 충분히 가진할 수 있는 용량을 선택하여야 한다.

8-13



3. 가진기를 이용한 거더의 동특성평가

3.1 대상 실험체

- 가진기를 이용한 거더 가진실험 예제는 60m PSC-I 거더로, 실험체 제원 및 도면은 다음과 같다. 설계 실험체는 바닥판(폭: 2.5m, 두께: 24cm)이 합성된 것으로 정적 휨성능평가 전에 가진실험을 통해 동특성을 평가하기 위해 수행된 사례이다.

표 5. PSC-I거더 실험체 제원

구 분		내 용	비 고
거더	형식	PSC거더교	빔 1본
	유효장	1@60.0m	단경간
	교량형고	H=2.80m	
	설계강도	Fck=60MPa	※ 대기중양생
	강선	0.6"×32가닥, 4개소	
	긴장력	Fpj=0.9fpy=1,440MPa	
	활하중	DB-24, DL-24	
바닥판	형식	2.5×0.24×60m	현장타설바닥판
	설계강도	Fck=27MPa	※ 습기양생

그림 10. 실험체 도면예: 거더

8-6

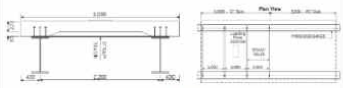
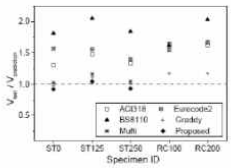
<실험절차서 / 예제매뉴얼>

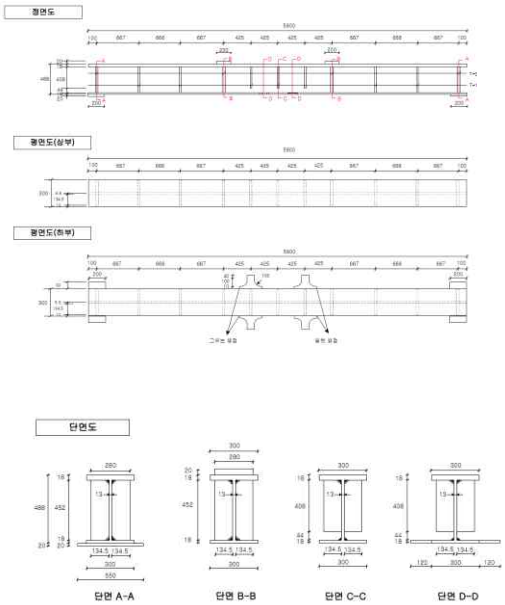
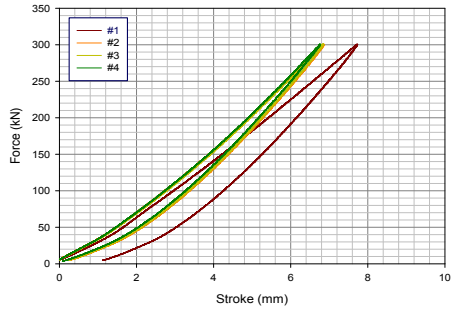
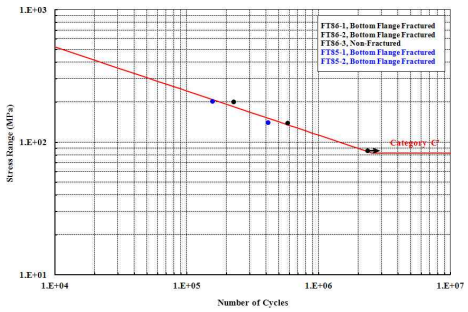
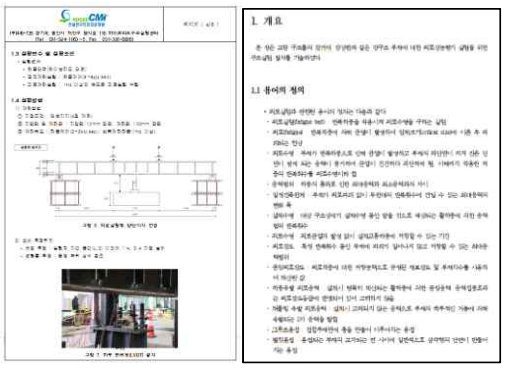
※ 실험절차서 및 예제매뉴얼은 별권 참조

나. 강교량 피로실험 절차서 작성

<table>
<tr><th>연 차</th><th>연구 내용</th><th>연구 결과</th></tr>
<tr>
<td>3차년도</td>
<td>○ 국내외 관련 기준 및 규준 조사
- 강구조설계기준(2011)
- 도로교설계기준(2012)
- 강도로교상세부설계지침(2006)
- AASHTO LRFD(2012)
- Eurocode 3(2007)

○ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사
- Steel Strap으로 횡구속된 무철근 바닥판의 정적 및 피로거동 특성 연구(한국구조물진단유지관리공학회 2012)
- 강구조물 용접연결부의 피로, 파괴, 균열성장에 관한 연구(김종민 1999)
- 강바닥판 기존상세 · 보강상세의 정적 및 피로거동의 해석적 연구(한영동 2009)
- 고강도강의 피로 실험을 통한 사용성 평가(성대경, 2009)
- 중공단면 복합소재 교량 바닥판의 실험적 피로특성 분석(한국전산구조공학회 2006)
- 플레이트거더 용접구조상세의 피로균열발생 및 성장 특성(대한토목학회 2004)
- 플레이트거더의 용접구조세목에서 피로균열의 성장수명(대한토목학회 2002)</td>
<td>○ 국내외 관련 기준 및 규준 조사
- 강구조설계기준(2011)의 하중유발 피로 설계기준을 통해 상세범주의 조건 분석 후 실험체 제작 및 피로 실험 시 피로균열의 상세범주에 따라 하중범위 산정
- 강구조설계기준의 하중 유발 피로강도
$$(\triangle F)_n = \left(\frac{N_{TH}}{N}\right)^{\frac{1}{3}} \geq \frac{1}{2}(\triangle F)_{TH}$$
- 도로교설계기준, 강도로교상세부설계지침, AASHTO LRFD를 통해 트럭 통과당 반복횟수를 비교하고, 폐단면 형태의 가로보 치수 규정

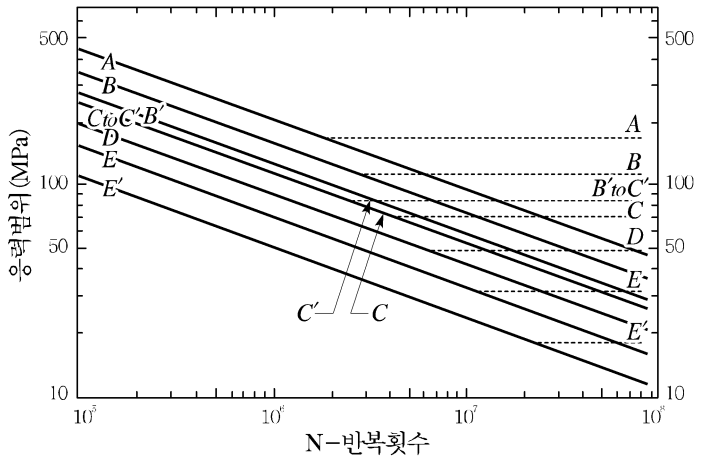
○ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사
- 각종 기술자료 및 사례 조사를 분석하여 실험 동향, 실험 방법 등에 대해 정리
■ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사
<table>
<tr><th>항목</th><th colspan="2">내용</th></tr>
<tr><td>제목</td><td colspan="2">Steel Strap으로 횡구속된 무철근 바닥판의 정적 및 피로거동 특성 연구</td></tr>
<tr><td>연구자</td><td colspan="2">• 조병완(한양대학교 건설환경공학과 교수)
• 임동희(포스코건설 Director, 한양대학교 건설환경공학과 박사과정)</td></tr>
<tr><td>실험전경</td><td colspan="2"> 
실험체 제원</td></tr>
<tr><td rowspan="3">실험체 제원</td><td>길이</td><td>2.2m</td></tr>
<tr><td>지점</td><td>단순지지</td></tr>
<tr><td>기타</td><td>철근콘크리트 바닥판</td></tr>
<tr><td>하중조건</td><td colspan="2">1점 재하</td></tr>
<tr><td>실험기기</td><td colspan="2">UTM</td></tr>
<tr><td>평가항목</td><td colspan="2">• FRP bar와 Steel strap의 변형률
• 콘크리트의 균열폭</td></tr>
<tr><td>제어방식</td><td colspan="2">1점 변위제어, 반복실험(250kN의 하중크기로 200만회 반복실험)</td></tr>
<tr><td>센서</td><td colspan="2">• strain gage</td></tr>
<tr><td>실험결과</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>실험연도</td><td colspan="2">2012년</td></tr>
<tr><td>출처</td><td colspan="2">한국구조물진단유지관리공학회 논문집 : Vol.16 No.5A</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

연 차	연구 내용	연구 결과
3차년도	○ 실험 가이드라인(실험절차서) 검증실험 - 실험체 제작(용접 방법에 따라 2종 실험체 제작 및 가공)  - 실험체 특성에 따른 정적재하실험 및 피로실험 수행 ○ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성 - 실험절차서 가이드라인 초안 작성 - 전문가 검토 및 자문 수행 - 절차에서 따른 검증용 실험체 제작 및 실험 수행 - 검증실험을 통한 실험프로세스 검증 및 유효성 평가 - 예제매뉴얼 작성 및 가이드라인 완성	○ 실험 가이드라인 작성을 위한 검증실험 수행 - 면내거셋 및 맞대기용접을 갖는 실험체 제작 및 정적재하실험, 피로실험 수행 - 1차 실험 후, 2차 보완 실험을 통해 피로실험 검증 및 가이드라인(안) 작성   ○ 실험 가이드라인(실험절차서) 및 예제 매뉴얼 작성 완료 

■ 국내외 관련 기준 및 규준 조사

① 우리나라 관련 기준

- 국내 표준(KS) 규격에는 부재 단위의 피로실험에 대한 규정이 별도로 없으며, 인장 피로 실험과 같은 인장 시편의 규격 및 실험 내용에 한정되어 있음
- 강교량 피로 성능 평가 관련 기준
  - (강구조설계기준(2011)) 하중유발 피로 설계기준, 하중유발 피로강도, 수직연결판, 강바닥판 등에 대한 규정 제시
  - (도로교설계기준(2012)) 경간 길이에 따른 설계응력 반복횟수(트럭 통과당 반복횟수 제시) 등
  - (강도로교상세부설계지침(2006)) 스캘럽 및 슬롯의 형상의 표준으로 제시

구분	내용
허용응력범위 및 반복횟수 (피로강도 설계식)	• 하중유발 피로 설계기준 제시 - 하중에 의한 피로균열이 생길 수 있는 부재와 이음부들을 피로강도에 따라 상세범주로 분류하며 이에 대한 상세 내용을 제시 함 - 하중으로 인하여 강바닥판에 발생하는 피로균열의 상세범주를 제시하고 이에 따른 하중의 허용응력범위를 예측할 수 있음 - 일반적인 공칭피로강도 $$(\triangle F)_n = \left(\frac{N_{TH}}{N}\right)^{\frac{1}{3}} \geq \frac{1}{2}(\triangle F)_{TH}$$ 여기서, N : $(365)(100)n(ADTT)_{SL}$ (10.1.2.5-2) A : 표 10.1.2.5-1에서 선택한 상수(MPa^3) n : 표 10.1.2.5-2에서 선택한 트럭 한 대 통과시 발생하는 응력범위의 반복회수 $(ADTT)_{SL}$: 한 차선 당 ADTT(일평균 트럭교통량) $(\triangle F)_{TH}$: 표 10.1.2.5-3에 주어진 일정진폭 피로한계값(MPa) • 설계응력 반복횟수 및 가로보(폐단면)의 표준 제시 - 허용설계응력설계법  - 설계응력 반복회수 n을 제시하여 경간 길이에 따른 반복횟수 기준화 (참고문헌 참고)

② 국제기준

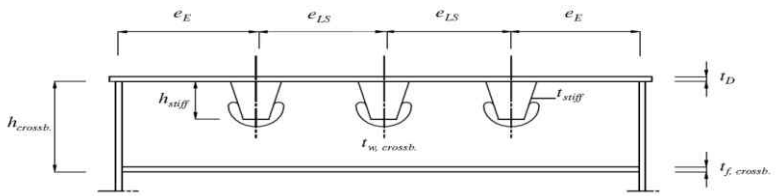
- 국외의 표준 역시 국내와 마찬가지로 부재 단위의 피로실험에 대한 규정이 별도로 없으며, 인장 피로 실험과 같은 인장 시편의 규격 및 실험 내용에 한정되어 있음
- 강교량 피로 성능 평가 관련 기준
  - (AASHTO LRFD)
  - (Eurodode 3(2007))

<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>강바닥판의 두께 규정 및 치수 제시</td><td>

• 피로 관련 구조물의 두께 기준
- 압연형강, 강바닥판의 리브, 충전제와 철책등의 웨브를 제외한 모든 거세트판과 횡방향 프레임, 보강재, 구조용 강재는 0.3215 in이상
- 강바닥판의 경우 리브와 채널 또는 압연 빔의 웨브 두께는 0.25in 이상
- 두께는 0.625in보 이상, 리브 최대간격의 4%
- 캔틸레버 거더의 경우, 큰 진동에 민감하기 때문에 트럭 통과당 반복회수 n은 5.0으로 규정
※ 국내 도로교설계기준(2012)과 달리 강바닥판에 대해서도 기준을 세분화하여 명시
- AASHTO LRFD에서 제시하는 트럭통과당 반복횟수

<table>
<tr><th rowspan="2">Longitudinal Members</th><th colspan="2">Span Length</th></tr>
<tr><th>>40.0 ft</th><th>≤40.0 ft</th></tr>
<tr><td>Simple Span Girders</td><td>1.0</td><td>2.0</td></tr>
<tr><td>Continuous Girders</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>1) near interior support</td><td>1.5</td><td>2.0</td></tr>
<tr><td>2) elsewhere</td><td>1.0</td><td>2.0</td></tr>
<tr><td>Cantilever Girders</td><td colspan="2">5.0</td></tr>
<tr><td>Orthotropic Deck Plate Connections Subjected to Wheel Load Cycling</td><td colspan="2">5.0</td></tr>
<tr><td>Trusses</td><td colspan="2">1.0</td></tr>
<tr><th rowspan="3">Transverse Members</th><th colspan="2">Spacing</th></tr>
<tr><th>>20.0 ft</th><th>≤20.0 ft</th></tr>
<tr><td>1.0</td><td>2.0</td></tr>
</table>

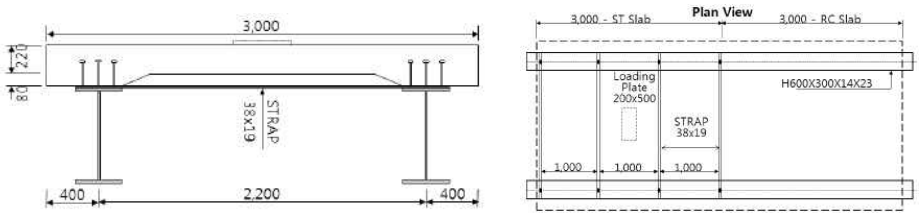
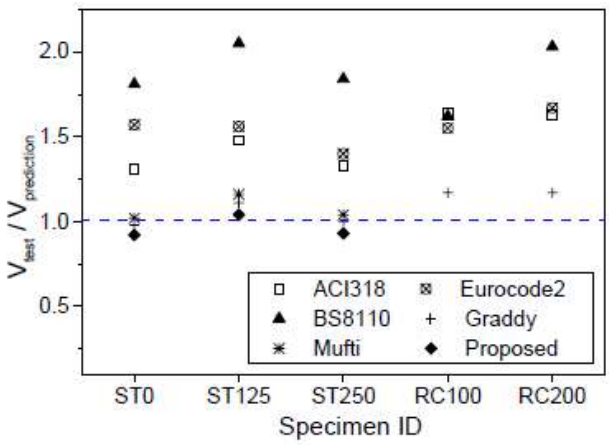
• 강바닥판의 바닥두께 규정
- 강바닥판 및 스캘럽의 형상, 강재 두께 및 치수 기준화

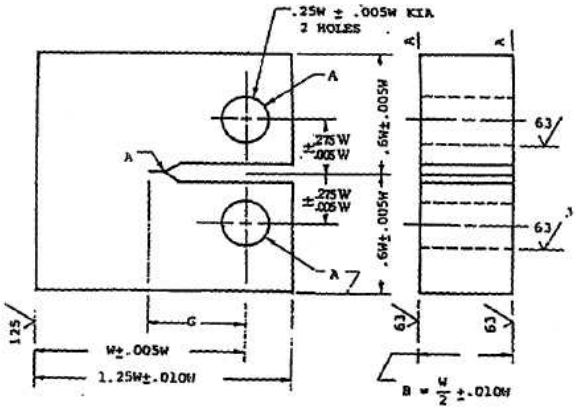


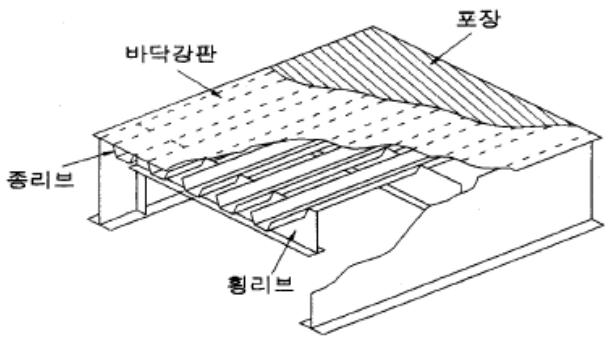
<table>
<tr><th></th><th>open section stiffeners</th><th>hollow section stiffeners</th></tr>
<tr><td>thickness of deck plate t_D</td><td>$t_D \geq 14mm$</td><td>$t_D \geq 14mm$</td></tr>
<tr><td>spacing e_{LS} between stiffeners</td><td>e_{LS} ~ 400mm</td><td>$600mm \leq e_{LS} \leq 900mm$</td></tr>
<tr><td>edge distance e_E of first stiffener</td><td>$e_E \geq e_{LS}$</td><td>$e_E \geq e_{LS}$</td></tr>
<tr><td>spacing of cross beam e_{crossb}</td><td>$e_{crossb} \leq 2700mm$</td><td>$2500mm \leq e_{crossb} \leq 3500mm$</td></tr>
<tr><td>ratio of depth of stiffener to depth of crossbeam h_{stiff}/h_{crossb}</td><td>$h_{stiff}/h_{crossb} \leq 0,5$</td><td>$h_{stiff}/h_{crossb} \leq 0,4$</td></tr>
<tr><td>plate thickness t_{stiff}</td><td>$t_{stiff} \geq 10mm$</td><td>$6mm \leq t_{stiff} \leq 10mm$</td></tr>
<tr><td>plate thickness of web of cross beam $t_{w,crossb}$</td><td>$t_{w,crossb} \geq 10mm$</td><td>$10mm \leq t_{w,crossb} \leq 20mm$</td></tr>
<tr><td>plate thickness of flange of cross beam $t_{f,crossb}$</td><td>$t_{f,crossb} \geq 10mm$</td><td>$t_{f,crossb} \geq 10mm$</td></tr>
</table>

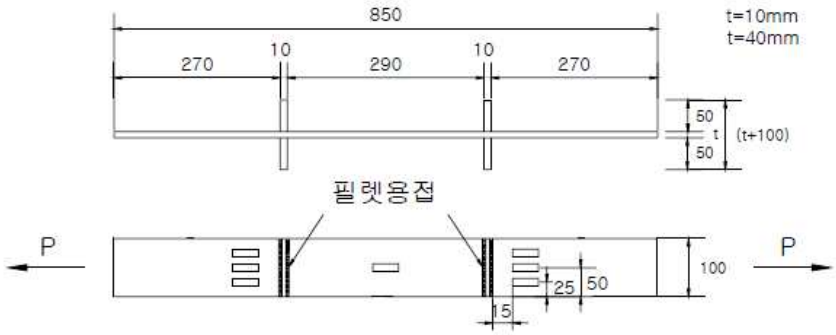
</td></tr>
</table>

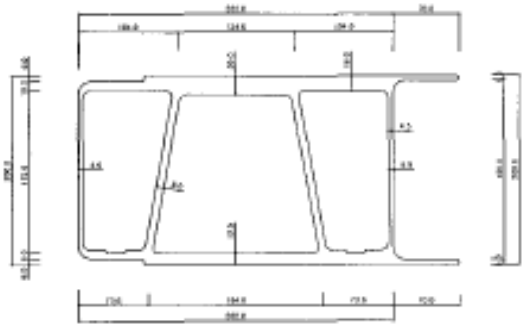
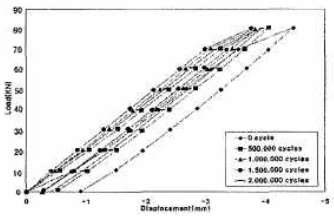
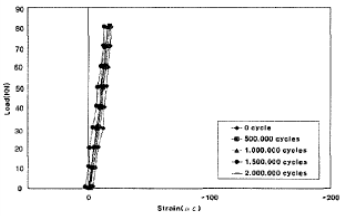
■ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사

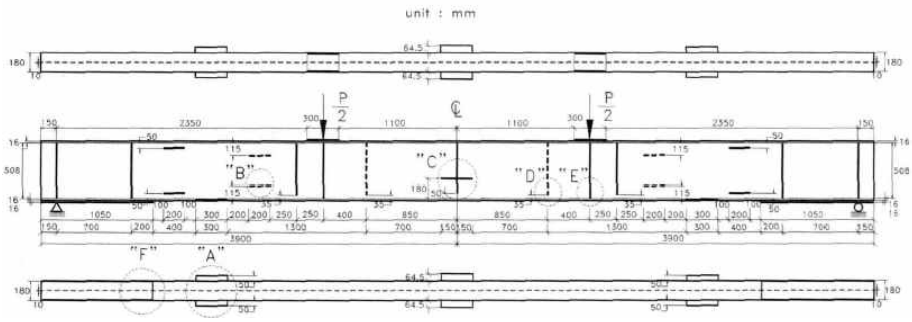
항목	내용	
제목	Steel Strap으로 횡구속된 무철근 바닥판의 정적 및 피로거동 특성 연구	
연구자	▪ 조병완(한양대학교 건설환경공학과 교수) ▪ 김철환(포스코건설 Director, 한양대학교 건설환경공학과 박사과정)	
실험전경	 <실험체 제원>	
실험체 제원	길이	2.2m
	지점	단순지지
	기타	철근콘크리트 바닥판
하중조건	1점 재하	
실험기기	UTM	
평가항목	▪ FRP bar와 Steel strap의 변형률 ▪ 콘크리트의 균열폭	
제어방식	1점 변위제어, 반복실험(250kN의 하중크기로 200만회 반복실험)	
센서	▪ strain gage	
실험결과		
실험연도	2012년	
출처	한국구조물진단유지관리공학회 논문집 : Vol.16 No.5A	

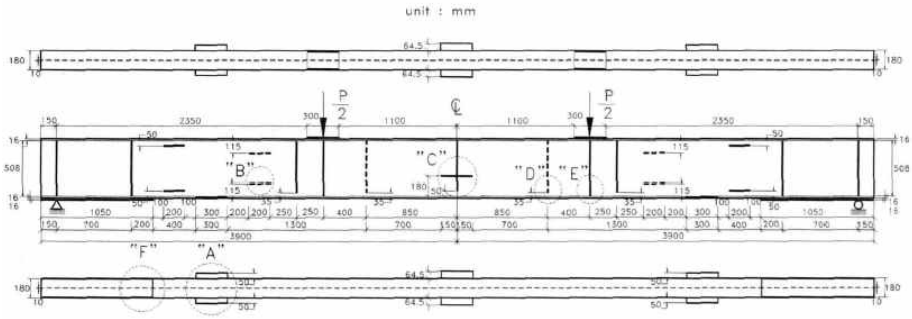
항목	내용	
제목	강구조물 용접연결부의 피로, 파괴, 균열성장에 관한 연구	
연구자	▪ 김종민(수원대학교 기계공학과)	
실험전경	 <소형인장 시편의 제원>	
실험체 제원	두께	50mm
	기타	SWS490 강재
하중조건	내용없음	
실험기기	내용없음	
평가항목	▪ 응력집중계수 ▪ 피로균열 성장률 ▪ 결정계수 ▪ S-N 선도	
제어방식	하중제어법 (반복횟수별)	
센서	▪ strain gage	
실험결과	• SWS490 강재의 용접부의 피로균열 성장거동은 모재의 피로균열 성장거동과 유사하여 열영향부의 연화현상은 전체적인 용접부의 균열성장률에 거의 영향을 주지 않음 • SWS490 강재의 용접부의 피로균열 성장지수 m값과 피로균열 성장 계수 C값은 일반구조용강 용접부 즉 S-N선도에 주로 시험 사용된 강재의 m값과 C값과 거의 유사한 값을 나타내고 있어 SWS490 강재의 용접부의 연화현상은 거의 위험한 상태가 아니므로 유의하지 않아도 됨 • 용접부의 피로균열 성장은 Paris-Erdogan이 제안한 실험식에 m값과 C값을 적용한 것이 거의 유사하게 맞아 들어가며 그 값들의 데이터는 S-N 선도와 유사함 • 피로균열이 모재부에서 시작하여 열영향부를 직교하여 용착 금속부까지 성장하는 경우, 열영향부와 모재 및 용착금속부의 계면에서 약간 지연현상이 있으나, 거시적인 면에서 열영향부의 연화성은 모재 및 용착 금속부의 균열 성장률에 영향을 주지 않음	
실험연도	1999년	
출처	석사학위 논문	

항목	내용	
제목	강바닥판 기존상세 · 보강상세의 정적 및 피로거동의 해석적 연구	
연구자	▪ 한영동(동서대학교 토목공학과 석사)	
실험전경	 <강바닥판 구조상세>	
실험체 제원	바닥판 지지간격	30~40cm
	횡리브 간격	1~4m
	기타	강바닥판 교량
하중조건	내용없음	
실험기기	내용없음	
평가항목	▪ 횡리브의 면내거동 ▪ 횡리브의 면외거동 ▪ 종리브 모재균열 ▪ 횡리브 슬릿부 균열	
제어방식	내용없음	
센서	내용없음	
실험결과	◆ 논문에서 제안한 상세의 실험 및 FEM해석값의 비교, 분석을 통하여 미세하지만 피로성능의 향상이 입증됨 ◆ 강바닥판의 데크 플레이트 두께를 기존 14mm에서 16mm으로 증가시키는 방향을 제안 및 2mm의 데크 플레이트 두께 증가는 공사비의 증가에 미약한 것으로 나타남 ◆ 35R의 슬릿트 곡률을 추천하나 향후 35R에서 40R까지 변화해 가며 최적 곡률을 찾아야 할 것	
실험연도	2009년	
출처	공학석사학위논문	

항목	내용	
제목	고강도강의 피로 실험을 통한 사용성 평가	
연구자	▪ 성대경(국민대학교 건설시스템공학부 대학원)	
실험전경	 <+자 용접연결 게이지 위치>	
실험체 제원	두께	50㎜
	길이	850㎜
	기타	용접연결부로부터 20㎜떨어진 위치에 게이지 설치
하중조건	1점 재하	
실험기기	UTM	
평가항목	▪ 피로강도 ▪ 곡률, 부착길이, 부대의 두께등의 변수	
제어방식	하중제어법 (반복횟수별)	
센서	▪ strain gage	
실험결과	• 전박적으로 고강도강의 용접부 피로강도는 일반강재의 피로강도와 큰 차이가 없는 것으로 나타나 고강도강을 사용 할 경우 응력집중을 완화시킬 수 있는 기하학적 형상을 잘 고려하고, 용접의 질을 높여 결함을 최소화 하여 사용해야 할 것으로 판단됨 • 맞대기 용접연결 시험편에서 3개의 시험편에 대한 피로강도가 다소 낮게 나타났으며, 이는 용접지단부의 표면결함에 따른 시험편 제작상의 문제인 것으로보임 • 고강도강 사용시 허용응력이 높아질 것을 감안하여 용접연결부의 형상을 개선함으로써 낮은 등급의 상세를 상위의 등급으로 상향 조정하여 사용해야 할 것으로 판단 • 높은 응력범위에서는 낮은 피로강도를, 상대적으로 낮은 응력범위에서는 높은 피로강도를 갖는 것으로 나타남 • 사용강재의 특성을 고려한 본 연구에서의 FEM 해석결과는 실험결과와 잘 일치함	
실험연도	2009년	
출처	석사학위 논문	

<table>
<tr><th>항목</th><th colspan="2">내용</th></tr>
<tr><td>제목</td><td colspan="2">중공단면 복합소재 교량 바닥판의 실험적 피로특성 분석</td></tr>
<tr><td>연구자</td><td colspan="2">▪ 이성우(국민대학교 건설시스템공학부 교수)
▪ 홍기증(국민대학교 건설시스템공학부 교수)</td></tr>
<tr><td>실험전경</td><td colspan="2"> 
<복합소재 교량 바닥판 튜브 단면></td></tr>
<tr><td rowspan="3">실험체 제원</td><td>길이</td><td>3.32m</td></tr>
<tr><td>지점</td><td>단순지지</td></tr>
<tr><td>기타</td><td>변형률 게이지 설치</td></tr>
<tr><td>하중조건</td><td colspan="2">1점 재하</td></tr>
<tr><td>실험기기</td><td colspan="2">MTS</td></tr>
<tr><td>평가항목</td><td colspan="2">▪ 피로특성 분석
▪ 하중 - 변형률</td></tr>
<tr><td>제어방식</td><td colspan="2">하중제어법 (반복횟수별)</td></tr>
<tr><td>센서</td><td colspan="2">▪ strain gage</td></tr>
<tr><td>실험결과</td><td colspan="2">
<table>
<tr><th rowspan="2">하중반복횟수
(만회)</th><th colspan="3">변위(mm)</th></tr>
<tr><th>DT-1(중앙)</th><th>DT-2(좌측)</th><th>DT-3(우측)</th></tr>
<tr><td>0</td><td>-4.48</td><td>-2.45</td><td>-2.12</td></tr>
<tr><td>50</td><td>-4.07</td><td>-1.95</td><td>-1.55</td></tr>
<tr><td>100</td><td>-3.84</td><td>-1.72</td><td>-1.40</td></tr>
<tr><td>150</td><td>-3.77</td><td>-1.66</td><td>-1.34</td></tr>
<tr><td>200</td><td>-3.94</td><td>-1.85</td><td>-1.48</td></tr>
</table>


</td></tr>
<tr><td>실험연도</td><td colspan="2">2006년</td></tr>
<tr><td>출처</td><td colspan="2">한국전산구조공학회 논문집 : Vol.19 No.4</td></tr>
</table>

항목	내용	
제목	플레이트거더 용접구조상세의 피로균열발생 및 성장 특성	
연구자	▪ 이명구(서울보건대학 안전시스템과 조교수) ▪ 경갑수(한국해양대학교 토목환경시스템공학부 조교수) ▪ 이승용(충주대학교 토목공학과 전임강사)	
실험전경	 <시험체 형상>	
실험체 제원	용접치수	10mm
	기타	SM490B 강재
하중조건	4점 재하	
실험기기		
평가항목	▪ 피로균열 ▪ 응력 - 변형률	
제어방식	하중제어법 (반복횟수별)	
센서	▪ strain gage	
실험결과	• 피로균열은 부착물의 길이방향 끝단의 응력집중부인 용접비드와 모재의 경계면에서 발생하여 일차적으로 이들 경계면을 따라 성장하다가 용접지단부 모재의 주응력 직각방향으로 성장함 • 이러한 특성은 용접지단부에서 실측된 주응력방향과 휨피로시험중 관찰된 피로균열의 발생 및 성장방향으로 확인되었다. 또한 높은 용접잔류응력이 존재하는 개소에서는 이곳이 압축부일지라도 피로균열이 발생하여 성장하는 것을 확인	
실험연도	2004년	
출처	대한토목학회 논문집 : Vol.24 No.1	

항목	내용
제목	플레이트거더의 용접구조세목에서 피로균열의 성장수명
연구자	▪ 이명구(서울보건대학 안전시스템과 조교수) ▪ 노민래(충주대학교 토목공학과 전임강사) ▪ 이승용(충주대학교 토목공학과 전임강사)
실험전경	 <시험체 형상>
실험체 제원	용접치수: 10mm 기타: SM490B 강재
하중조건	4점 재하
실험기기	
평가항목	▪ 피로균열 성장수명 ▪ 응력 - 변형률
제어방식	하중제어법 (반복횟수별)
센서	▪ strain gage
실험결과	<피로수명 예측을 위한 제안식의 검증>

시험체	위치	균열크기(mm)		하중반복횟수			평균피로 설계곡선		안전피로 설계곡선[1]	
		균열 발견시	최종	균열 발견시	최종	측정피로 수명(A)	피로수명 (B)	(A)/(B)	피로수명 (C)	(A)/(C)
SP1	FG-T21	5.275	30.000	92,300	152,000	59,700	41,093	1.45	22,603	2.64
	FG-T23	2.250	31.500	92,300	152,000	59,700	53,932	1.11	29,665	2.01
SP2	FG-T22	1.125	30.000	135,926	217,338	81,412	108,957	0.75	59,931	1.36
	FG-T11	1.500	28.750	135,926	533,902	397,976	209,945	1.90	116,386	3.42
SP3	FG-T22	0.950	31.000	195,378	365,423	170,045	149,944	1.13	82,475	2.06
	FG-T23	2.050	30.000	205,166	370,227	165,061	131,542	1.25	72,353	2.28

[주] 1) 2배의 표준편차를 이용하여 평행이동한 안전피로설계곡선

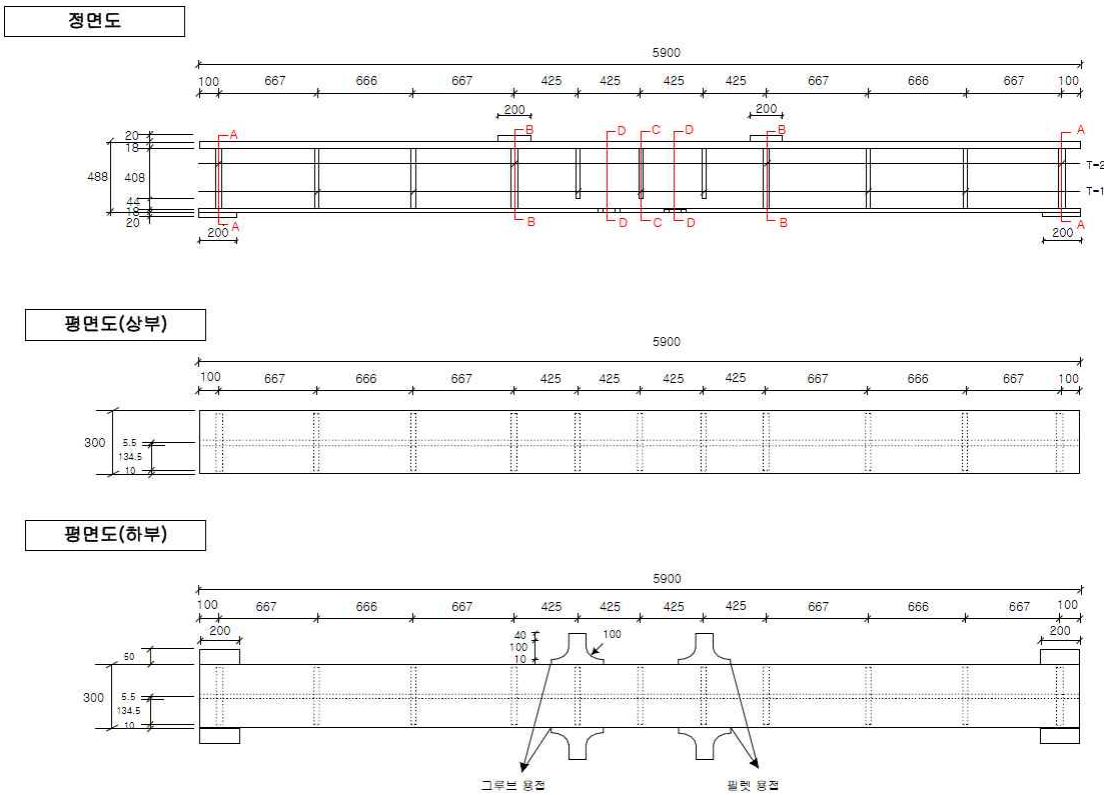
실험연도	2002년
출처	대한토목학회 논문집 : Vol.22 No.6-A

■ 검증실험 실험체 제작 및 실험 수행

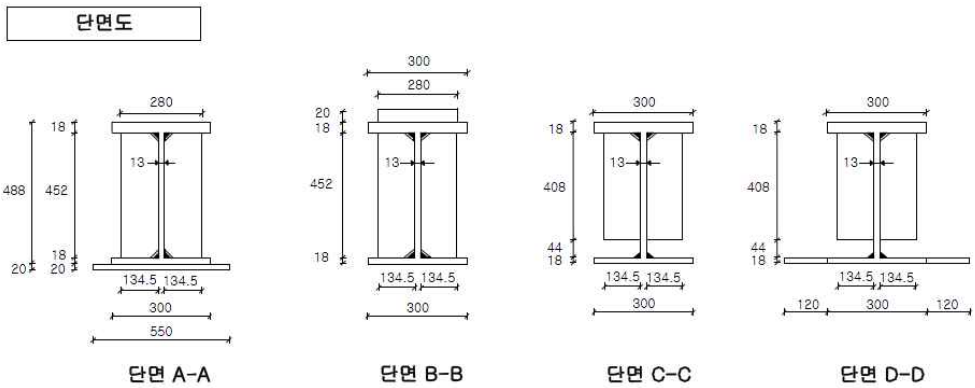
① 실험체 제작 및 설치

<실험체 제원>

항 목	내 용	비 고
형 식	플레이트 거더	수직보강재, 면내거셋
총 연 장	5.9m	
지 간	5.7m	
형 고	0.488m	
단 면	H-단면(300X488X13X18)	
설계하중	예상항복하중 - 4점 휨실험: 266.4kN	
지지조건	단순지지	



<면내거셋 실험체의 정면도, 평면도>



<면내거셋 실험체의 단면도>

• 정적강도실험과 반복하중실험 후 잔존강도 확인을 위해 5,000kN 용량의 만능시험기 (Dynamic UTM)를 사용

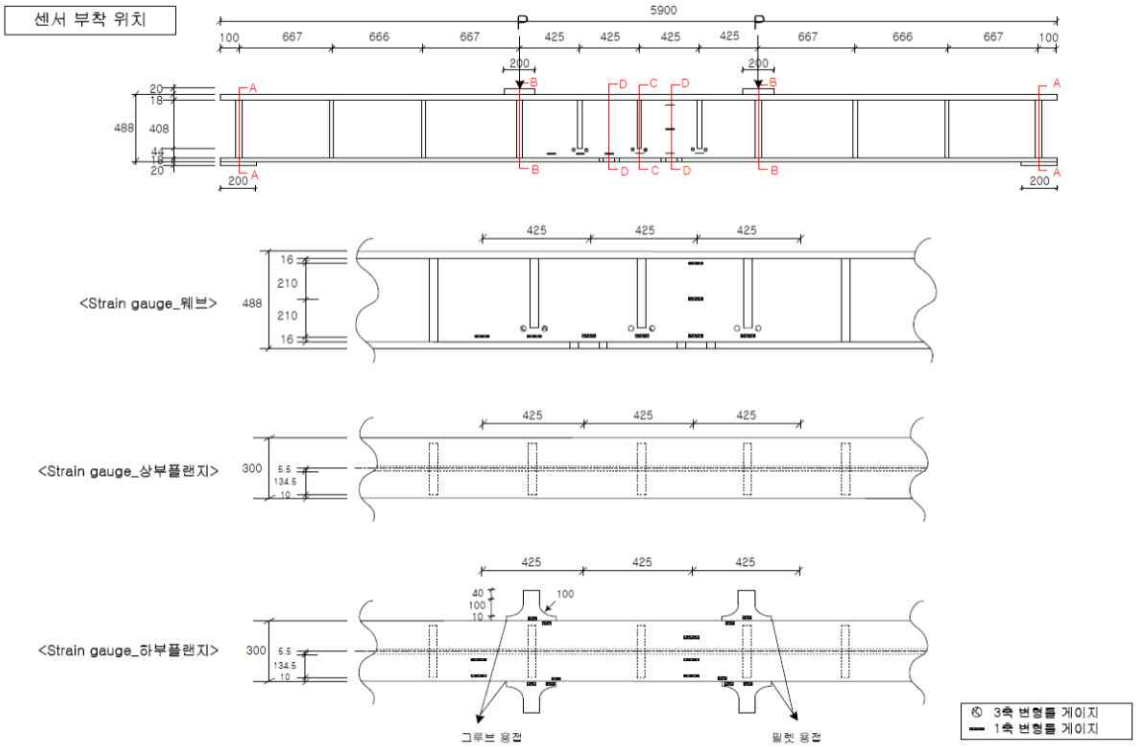
<UTM, 재하용 가력보 및 지점 설치>

② 지점블록, 실험체 및 지점 설치

• 그림과 같이 롤러 재하점이 가력시 이동하지 않도록 이탈방지 롤러를 설치하여 고정
• 실험체는 4점 휨-피로실험을 위해 하중이 L/2 위치에 중심점이 오도록 단순지지 형태로 설치

<롤러지점 설치>

<힌지지점 설치>



<변형률계 부착 위치도(면내거셋)>

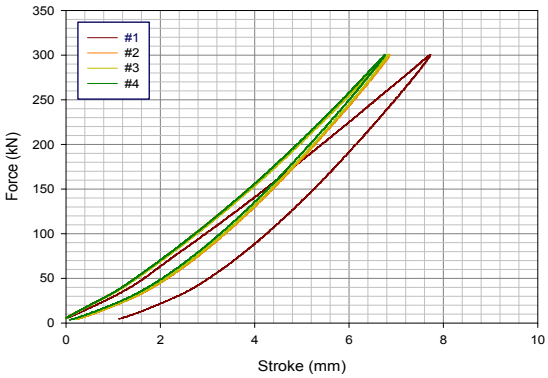
<실험변수 및 실험체 개수>

실험체명	실험체 개수		비고
	정적실험	피로실험	
실험체 1	1		면내 거셋 용접(2회 수행)
실험체 2	1		맞대기 용접(2회 수행)

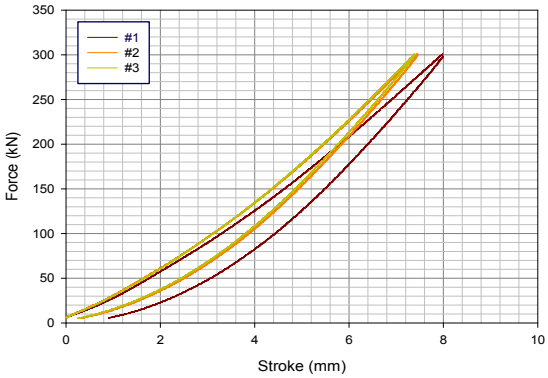
- 피로성능 검증 실험을 위해 설계기준 허용피로 응력범위 반복가력(각 실험 케이스별) 100회, 1,000회, 10,000회, 50,000회, 100,000회, 200,000회) 및 균열 발생 확인
- 정적실험은 변위제어(1.0mm/min)로 실험을 수행
- 피로실험의 경우에는 최소하중 20kN, 최대하중 200kN을 기준으로 하고, 각 실험체의 피로성능평가 대상 상세에 따라 그루브, 필렛용접부, 맞대기용접부에 대하여 실시(강구조설계기준에 준함).

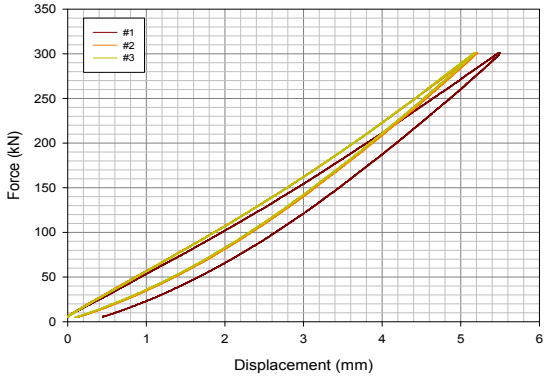
■ 결과 분석

- 항복하중(항복강도 및 극한강도)
- 하중-변형률 곡선(하중-변위)
- 파괴양상(균열) 등



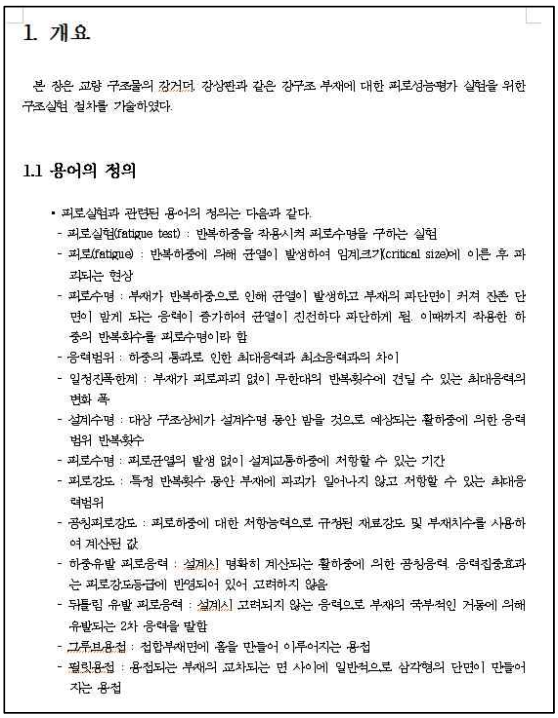
<1차 정적 실험 후 하중-변위 그래프((좌)유압가력기, (우)LVDT)>





<2차 정적 실험 후 하중-변위 그래프((좌)유압가력기, (우)LVDT)>

■ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성

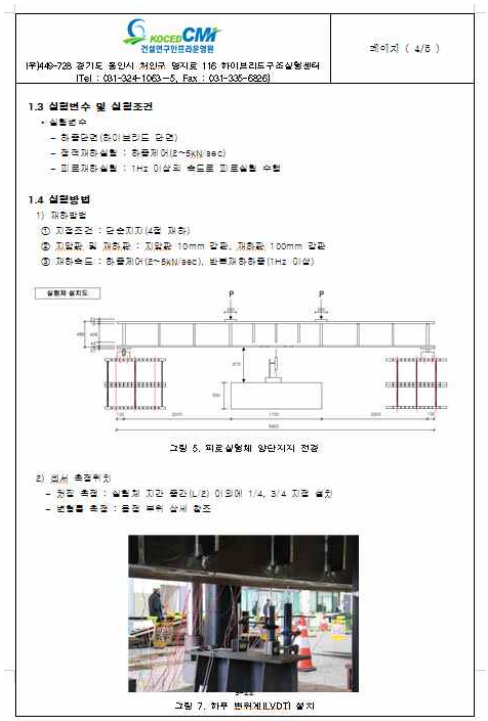


1. 개요

본 장은 교량 구조물의 장거더, 강상판과 같은 강구조 부재에 대한 피로성능평가 실험을 위한 구조실험 절차를 기술하였다.

1.1 용어의 정의

- 피로실험과 관련된 용어의 정의는 다음과 같다.
  - 피로실험(fatigue test) : 반복하중을 작용시켜 피로수명을 구하는 실험
  - 피로(fatigue) : 반복하중에 의해 균열이 발생하여 임계크기(critical size)에 이른 후 파괴되는 현상
  - 피로수명 : 부재가 반복하중으로 인해 균열이 발생하고 부재의 파단면이 커져 잔존 단면이 받게 되는 응력이 증가하여 균열이 진전하다 파단하게 됨. 이때까지 작용한 하중의 반복회수를 피로수명이라 함
  - 응력범위 : 하중의 통과로 인한 최대응력과 최소응력과의 차이
  - 일정진폭한계 : 부재가 피로파괴 없이 무한대의 반복횟수에 견딜 수 있는 최대응력의 변화 폭
  - 설계수명 : 대상 구조상세가 설계수명 동안 받을 것으로 예상되는 활하중에 의한 응력범위 반복횟수
  - 피로수명 : 피로균열의 발생 없이 설계교통하중에 저항할 수 있는 기간
  - 피로강도 : 특정 반복횟수 동안 부재에 파괴가 일어나지 않고 저항할 수 있는 최대응력범위
  - 공칭피로강도 : 피로하중에 대한 저항능력으로 규정된 재료강도 및 부재치수를 사용하여 계산된 값
  - 하중유발 피로응력 : 설계시 명확히 계산되는 활하중에 의한 공칭응력, 응력집중효과는 피로강도등급에 반영되어 있어 고려하지 않음
  - 뒤틀림 유발 피로응력 : 설계시 고려되지 않는 응력으로 부재의 국부적인 거동에 의해 유발되는 2차 응력을 말함
  - 그루브용접 : 접합부재면에 홈을 만들어 이루어지는 용접
  - 필릿용접 : 용접되는 부재의 교차되는 면 사이에 일반적으로 삼각형의 단면이 만들어지는 용접



KOCED CMI 건설연구인프라운영원
(우)449-728 경기도 용인시 처인구 양지로 116 하이브리드구조실험센터
(Tel : 031-324-1063~5, Fax : 031-336-6826)
페이지 (4/8)

1.3 실험변수 및 실험조건
- 실험변수
  - 하중단계(하이브리드 단계)
  - 정적재하실험 : 하중제어(2~5kN/sec)
  - 피로재하실험 : 1Hz 이상의 속도로 피로실험 수행

1.4 실험방법
1) 재하방법
① 지점조건 : 단순지지(4점 재하)
② 지점부, 힘 재하부 : 지점부 10mm 감폭, 재하부 100mm 감폭
③ 재하속도 : 하중제어(2~5kN/sec), 반복재하하중(1Hz 이상)

실험체 설치도

그림 5. 피로실험체 양단지지 전경

2) 변위 측정위치
- 처짐 측정 : 실험체 지간 중간(L/2) 이외에 1/4, 3/4 지점 설치
- 변형률 측정 : 중점 부위 상세 참조

그림 7. 하부 변위계(LVDT) 설치

<실험절차서 / 예제매뉴얼>

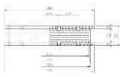
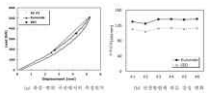
※ 실험절차서 및 예제매뉴얼은 별권 참조

다. 교량 받침 성능평가 실험 절차서 작성

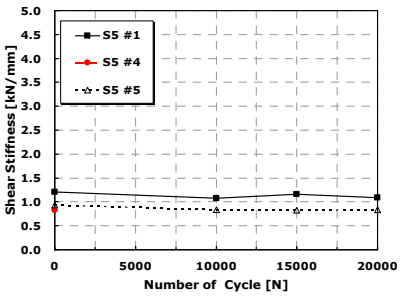
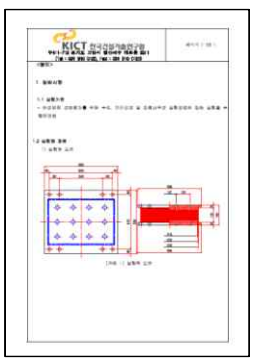
<table>
<tr><th>연 차</th><th>연구 내용</th><th>연구 결과</th></tr>
<tr>
<td rowspan="2">3차년도</td>
<td>○ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 및 검토
▪ 국내의 KS규격 및 시방서와 국외의 Eurocode, AASHTO 등의 관련 기준 조사
▪ 교량받침 평가실험과의 관련성을 분석함

○ 교량 받침 실험 사례 조사 및 분석
▪ 기존의 받침 실험 사례를 조사하여 실험 방법, 실험 규모, 실험 기관 등을 분석함</td>
<td>○ 국내외 관련 표준화 현황, 기술자료 조사 결과
▪ 교량 받침의 성능평가 실험은 국내외 기준 모두 내진 및 지진격리받침으로 분류되어 평가
▪ 탄성받침의 경우 국내의 KS 기준은 별도로 존재

○ 교량 받침 실험 사례 조사 및 분석 결과
▪ 탄성받침의 경우 KS F 4420 규정에 따른 성능을 평가하였음
▪ 탄성받침의 성능평가는 각 규정에 따라 수행되고 있지만 압축탄성계수는 KS, Eurocode, 일본 도로교지승편람에서도 명확하게 정의되어 있지 않고, 이론식과 경험식을 사용

<table>
<tr><th>항목</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>제목</td><td>탄성받침 강성특성에 대한 실험연구</td></tr>
<tr><td>연구자</td><td>윤혜진, 조창백, 김영진, 곽임종</td></tr>
<tr><td>실험전경 및 실험체</td><td> 
<실험전경> <실험체 제원></td></tr>
<tr><td>실험방법</td><td>• 탄성받침의 수직강성</td></tr>
<tr><td>평가항목</td><td>▪ 수직강성
▪ 전단강성</td></tr>
<tr><td>제어방식</td><td>하중제어</td></tr>
<tr><td>센서</td><td>▪ strain gauge, LVDT</td></tr>
<tr><td>실험결과</td><td>  </td></tr>
<tr><td>실험연도</td><td>2008년</td></tr>
<tr><td>출처</td><td>대한토목학회논문집</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr>
<td>○ 검증용 실험체 제작 및 실험
▪ 검증용 실험체로 교량 받침 환경을 모사할 수 있는 실험체를 제작함
▪ 제안된 교량받침 성능평가 가이드에 따라 실험 진행함
▪ 교량받침의 성능평가를 위한 표준적인 실험방법을 제시하고 검증하기 위한 실험적 연구 수행</td>
<td>○ 검증용 실험체 제작 및 실험 결과
▪ 교량받침이 교량구조물로서 거동을 평가하기 위한 실험을 수행
▪ 교량 구조물로서 받침의 압축강성, 전단, 피로내구성을 평가하기 위한 실험적 연구수행

 </td>
</tr>
</table>

연 차	연구 내용	연구 결과
3차년도		▪ 탄성받침의 강도성능평가를 위한 피로내구성실험을 수행
	○실험 가이드라인 검증실험 ▪ 탄성받침의 압축강성실험 ▪ 탄성받침의 피로내구성 실험	○실험 가이드라인 검증실험 ▪ 탄성받침의 다양한 형상 및 전단탄성계수를 갖는 받침의 수직강성 실험을 수행하여 데이터를 분석하였음 ▪ 탄성받침의 설계치와 실험치를 비교하여 분석하고, 전단극한성능을 파악하기 위해 전단피로시험을 수행함 
	○ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성 1) 실험절차서 가이드라인 작성 2) 절차에 따른 검증용 실험체 제작 및 실험 수행 3) 예제매뉴얼 작성	○ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 결과 

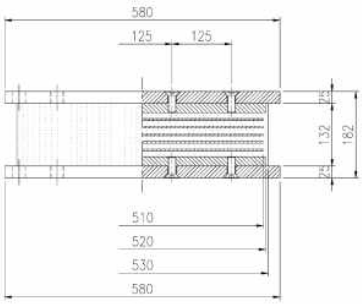
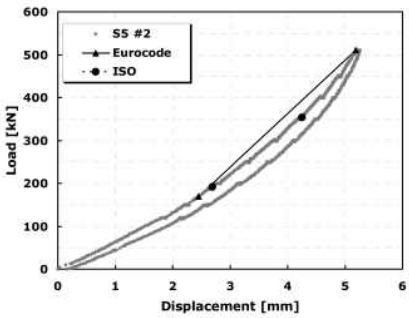
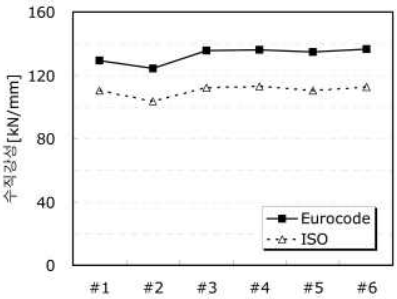
■ 국내외 관련 기준 및 규준 조사

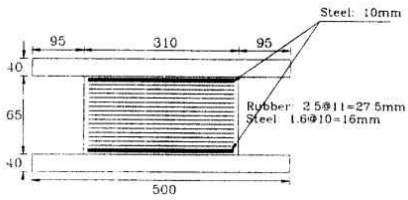
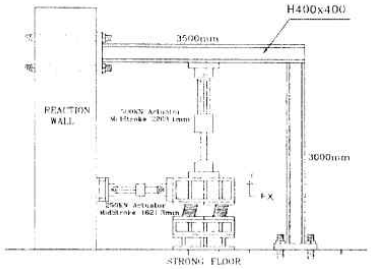
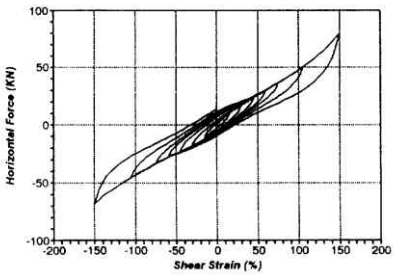
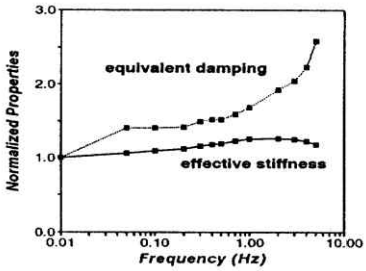
- 교량 받침의 국내외관련 기준을 조사하여 절차서 및 실험 예제 매뉴얼 작성에 참고하고자 해당 기준을 조사함
  - KS F 4420 교량 지지용 탄성 받침
  - KS F 4424 교량 지지용 포트 받침
  - KS D 3501 열간 압연 연강판 및 강대
  - KS D 3503 일반 구조용 압연강재
  - KS M 3523 폴리테트라플루오로에틸렌 판
  - KS M 6518 가황 고무 물리 시험 방법
  - KS M 6783 가황 고무의 인열 시험 방법

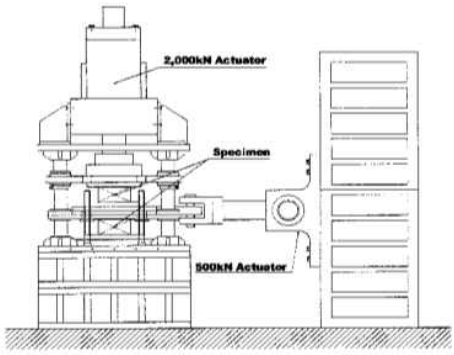
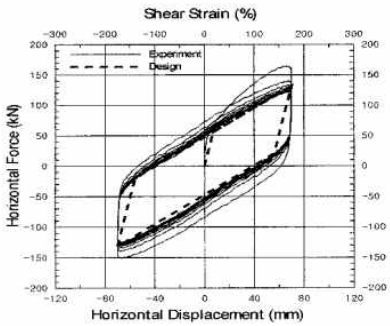
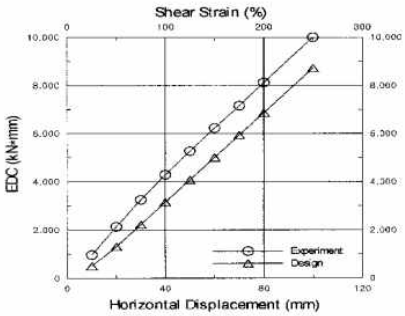
■ 교량받침 실험사례 조사 및 분석

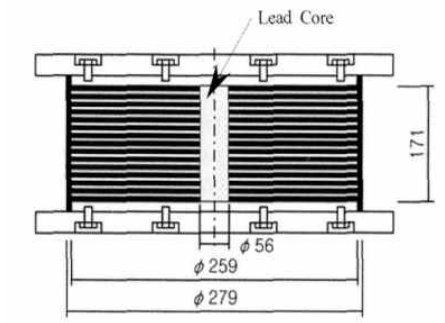
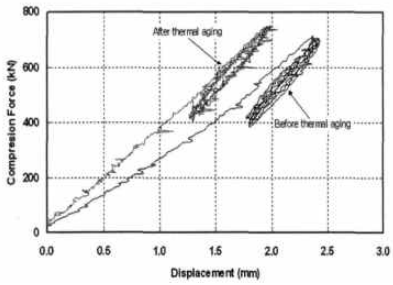
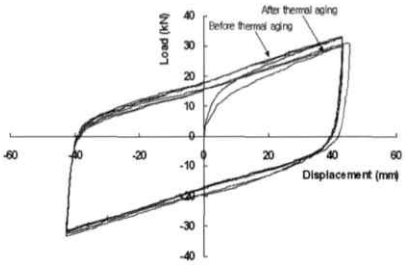
- 국내에서 교량받침의 성능을 평가하기 위한 실험은 진행된 사례가 거의 없고, 교량받침 설계 및 해석에 대한 연구가 다수 진행 됨
- 교량받침의 성능평가는 대부분 KS F 4420, 4424 규정에 근거한 방법을 이용하여 작동성능을 평가하였음
  - 탄성받침의 강성특성에 대한 실험연구(대한토목학회논문집, 2008)
  - 납고무받침의 노화가 교량의 내진성능에 미치는 영향(대한도목학회논문집, 2012)
  - 적층고무받침으로 내진보강된 교량의 유사동적실험(한국지진공학회논문집, 2005)
  - 고감쇠 고무받침의 장기 크리프 특성에 대한 실험적 연구(한국지진공학회논문집, 2009)
  - 지진격리받침의 전단특성 및 온도의존성에 대한 실험적 연구(한국지진공학회논문집, 2008)
  - 적층고무받침의 극한인장파괴 특성에 관한 실험적 연구(대한토목학회논문집, 2011)
  - 교량받침의 거동특성을 고려한 내하력 평가(한국구조물진단유지관리공학회논문집, 2003)
  - 철도차량하중에 의한 디스크받침의 정,동적 거동특성(한국강구조학회논문집, 2006)
  - 진동대 실험을 통한 적층고무받침의 내진성능 평가(한국철도학회논문집, 2010)
  - 저경도 고감쇠 고무받침의 동특성에 미치는 영향인자 평가(한국지진공학회, 2008)

■ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사

항목	내용
제목	탄성받침 강성특성에 대한 실험연구
연구자	윤혜진, 조창백, 김영진, 곽임종
실험전경 및 실험체	 <실험전경> <실험체 제원>
실험방법	• 탄성받침의 수직강성
평가항목	▪ 수직강성 ▪ 전단강성
제어방식	하중제어
센서	▪ strain gauge, LVDT
실험결과	  <하중-변위 곡선에서의 측정위치> <산정방법에 따른 강성 변화>
실험연도	2008년
출처	대한토목학회논문집

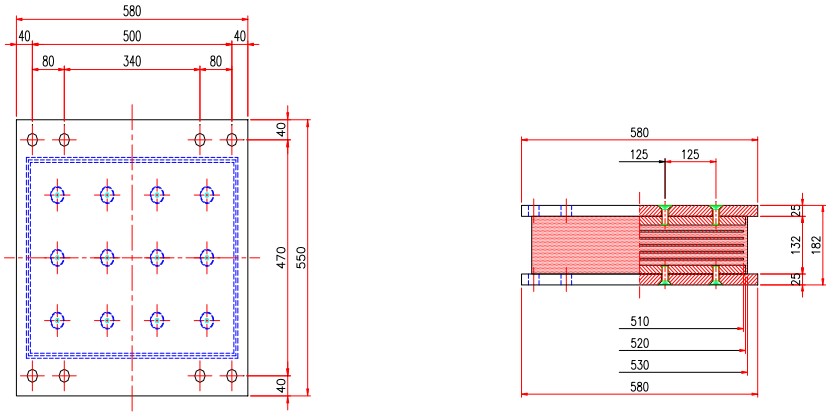
항목	내용
제목	적층고무받침의 정적 및 동적 특성실험
연구자	김남식, 이동근
실험전경 및 실험체	 <적층고무받침>  <실험장치>
실험방법	• 장변방향에 대한 일방향 실험
평가항목	▪ 수직강성 ▪ 수평강성
제어방식	하중제어
센서	▪ strain gauge, LVDT
실험결과	 <수평방향의 힘변위곡선>  <전단변형에 따른 수평방향의 전단응력 및 전단탄성계수>
실험연도	1993년
출처	대한토목학회논문집

항목	내용
제목	저경도 납면진받침의 특성에 관한 실험적 연구
연구자	정길영, 하동호, 박건록, 김두훈
실험전경 및 실험체	 <시험기 구성도>
실험방법	• 변위의존성, 반복재하특성, 극한전단특성
평가항목	▪ 수평변위
제어방식	하중제어
센서	▪ strain gauge, LVDT
실험결과	 <납면진받침의 림변위 이력곡선>  변위에 따른 EDC 비교
실험연도	2001년
출처	대한토목학회논문집

항목	내용
제목	납고무받침의 노화가 교량의 내진성능에 미치는 영향
연구자	박성규, 오 주
실험전경 및 실험체	 <실험체의 단면현상 및 제원> <시험체의 극한전단파단 현상>
실험방법	• 전단특성, 반복재하특성, 극한전단특성
평가항목	▪ 압축 및 전단특성
제어방식	하중제어
센서	▪ strain gauge, LVDT
실험결과	 <압축특성실험 결과>  <압축-전단특성실험 결과>
실험연도	2011년
출처	대한토목학회논문집

■ 검증용 실험체 제작 및 실험

- 탄성받침의 작동성능을 확인하고 제안한 교량받침 실험 프로세스 가이드라인의 검증을 위해 실험을 수행하였음
- 탄성받침의 성능평가실험은 받침 작동성능에 대한 압축강성, 전단, 피로내구성실험으로 구분됨
- 탄성받침의 성능평가를 위해 제시된 실험방법의 적합성을 규명하기 위한 실험적 연구수행



<탄성받침의 실험방법 적합성 규명을 위한 실험체 도면>

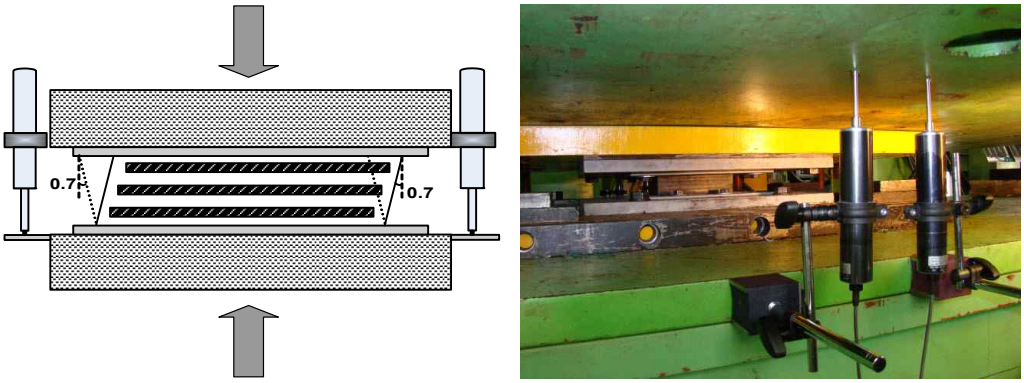
■ 실험데이터 분석

- 검증 실험용 탄성받침을 대상으로 작동성능실험을 수행하여 받침의 전단강성의 설계치와 실험치를 비교 분석
- 탄성받침의 강성특성 파악을 위해 수직강성 및 전단강성의 결과값을 회귀분석을 통해 비교

(a) 받침 하중 재하장치

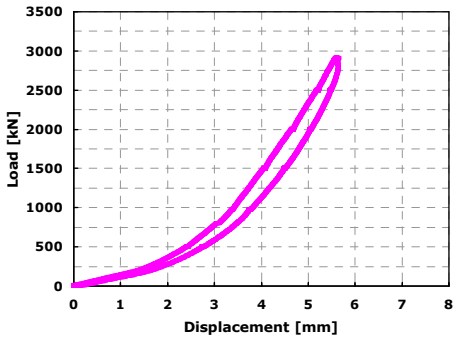
(b) 수직강성시험

(c) 전단강성시험

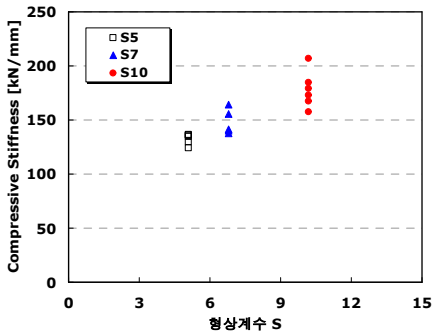


(d) 전단피로시험

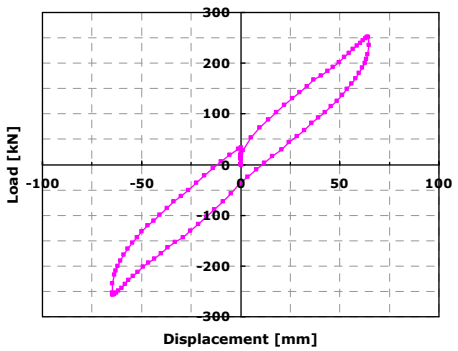
<탄성받침의 수직, 전단강성 및 피로내구성 실험전경>



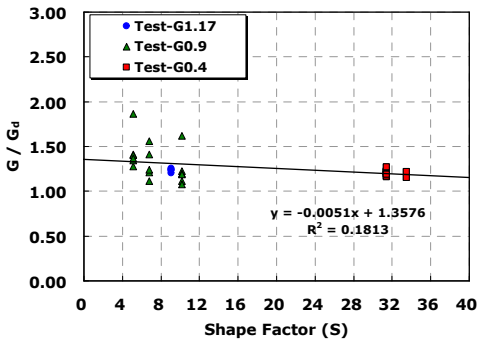
(a) 수직하중-변위 곡선



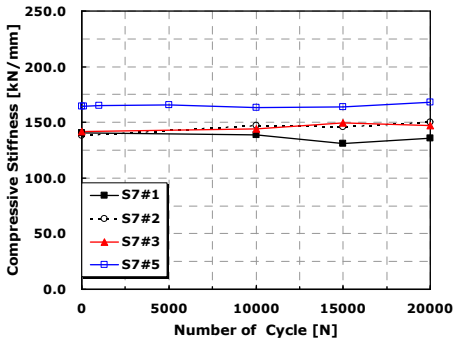
(b) 형상계수에 따른 수직강성결과



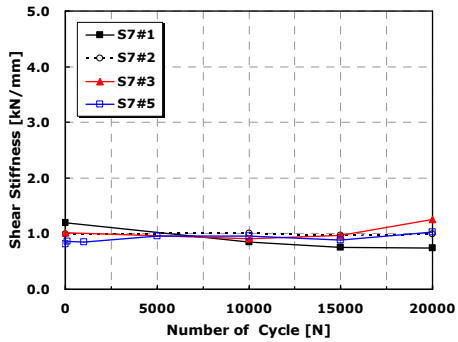
(c) 전단하중-변위 곡선



(d) 전단탄성계수 비교(최대전단변형률)



(e) 반복회수에 따른 수직강성 변화



(f) 반복회수에 따른 전단강성 변화

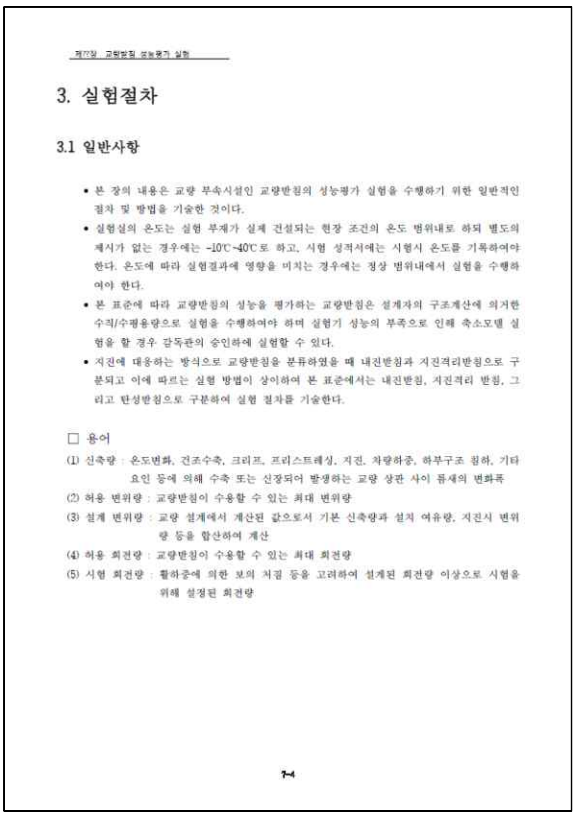
<실험계측 결과>

■ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가

- 탄성받침의 작동성능 실험을 대상으로 실험 프로세스 가이드라인의 적용성을 검증하였고 기술적 완성도와 유효성을 평가하였음
- 평가를 실시한 결과, 제안한 가이드라인이 실제 탄성받침의 성능실험 진행 과정상의 내용을 잘 반영하고 실험의 적합성도 확보한 것으로 판단됨.

■ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성

- 실험 프로세스 가이드라인으로서 실험절차서를 작성하였고 실무 연구자가 교량받침 성능 실험을 처음으로 수행하는 경우에도 유용하게 활용할 수 있도록 내용을 구성하였음
- 가이드라인에는 1절에서 교량받침 성능실험의 정의와 적용 범위를 기술하였고, 2절에는 구체적인 실험절차로서 검토사항, 경계조건 및 지점 설치, 실험체 설치, 로딩프레임 및 유압가력기 설치, 계측장비 및 센서 설치, 하중재하 방식 등에 대해 자세히 기술하였으며, 3절에서는 계측된 실험데이터 분석과 실험 결과보고서 작성 방법에 대해 기술하였음
- 예제 매뉴얼에는 실무자가 실험절차서에 근거하여 실험체의 설계 및 제작, 실험수행, 결과보고서 작성 등의 과정에 고려해야 할 사항들을 실제 사례를 바탕으로 서술하였음



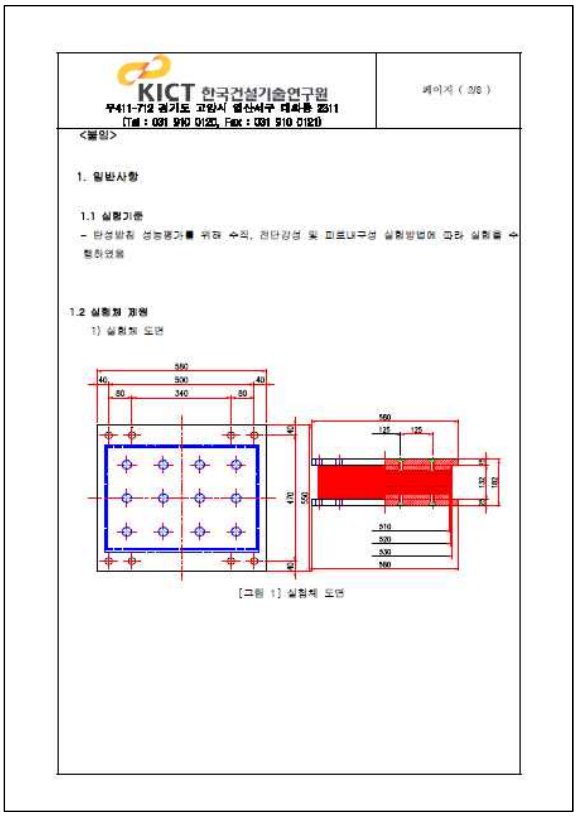
3. 실험절차

3.1 일반사항

- 본 장의 내용은 교량 부속시설인 교량받침의 성능평가 실험을 수행하기 위한 일반적인 절차 및 방법을 기술한 것이다.
- 실험실의 온도는 실험 부재가 실제 건설되는 현장 조건의 온도 범위내로 하되 별도의 제시가 없는 경우에는 -10℃~40℃로 하고, 시험 성적서에는 시험시 온도를 기록하여야 한다. 온도에 따라 실험결과에 영향을 미치는 경우에는 정상 범위내에서 실험을 수행하여야 한다.
- 본 표준에 따라 교량받침의 성능을 평가하는 교량받침은 설계자의 구조계산에 의거한 수직/수평용량으로 실험을 수행하여야 하며 실험기 성능의 부족으로 인해 축소모델 실험을 할 경우 감독관의 승인하에 실험할 수 있다.
- 지진에 대응하는 방식으로 교량받침을 분류하였을 때 내진받침과 지진격리받침으로 구분되고 이에 따르는 실험 방법이 상이하여 본 표준에서는 내진받침, 지진격리 받침, 그리고 탄성받침으로 구분하여 실험 절차를 기술한다.

□ 용어

(1) 신축량 : 온도변화, 건조수축, 크리프, 프리스트레싱, 지진, 차량하중, 하부구조 침하, 기타 요인 등에 의해 수축 또는 신장되어 발생하는 교량 상판 사이 틈새의 변화폭
(2) 허용 변위량 : 교량받침이 수용할 수 있는 최대 변위량
(3) 설계 변위량 : 교량 설계에서 계산된 값으로서 기본 신축량과 설치 여유량, 지진시 변위량 등을 합산하여 계산
(4) 허용 회전량 : 교량받침이 수용할 수 있는 최대 회전량
(5) 시험 회전량 : 활하중에 의한 보의 처짐 등을 고려하여 설계된 회전량 이상으로 시험을 위해 설정된 회전량



KICT 한국건설기술연구원
페이지 (3/6)

<붙임>

1. 일반사항

1.1 실험기준

1.2 실험체 개요

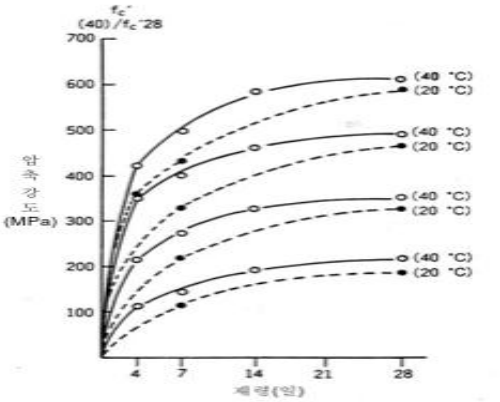
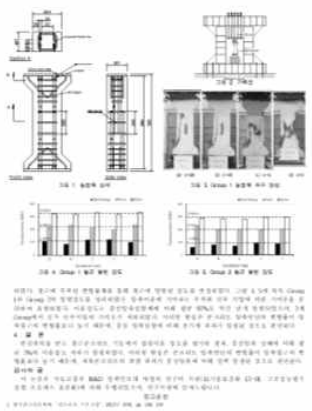
1) 실험체 도면

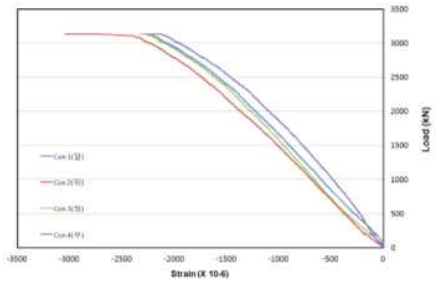
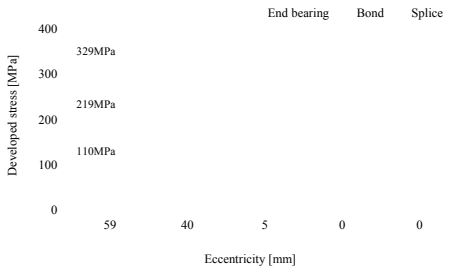
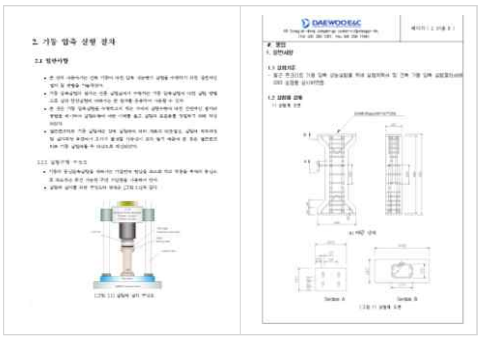
[그림 1] 실험체 도면

<실험절차서 / 예제매뉴얼>

※ 실험절차서 및 예제매뉴얼은 별권 참조

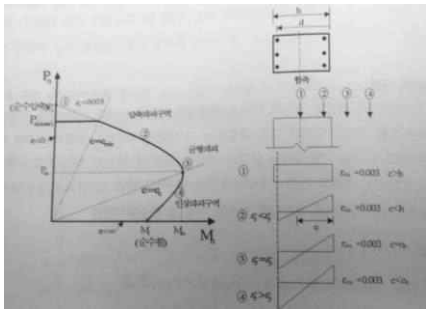
라. 건축기둥 압축성능평가 실험 절차서 작성

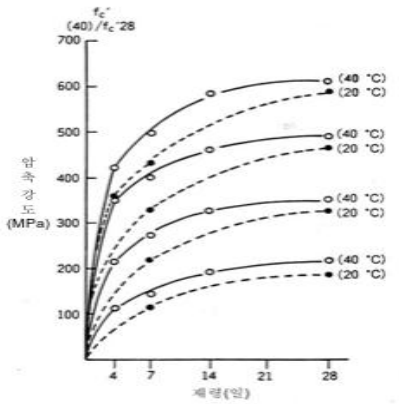
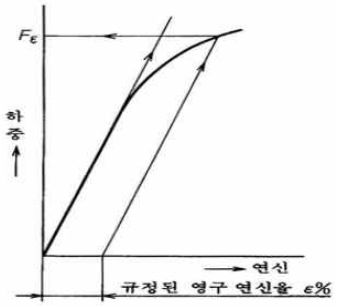
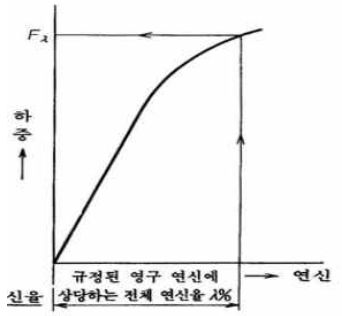
연 차	연구 내용	연구 결과
3차년도	○ 국내 관련 기준 및 규준 조사 (총 4건) ▪ KS F 2454-2011: 원심력으로 다져진 콘크리트의 압축 강도 시험방법 ▪ KS F 2405-2010: 콘크리트 압축 강도 시험방법 ▪ KS F 2827-2011: 콘크리트 생산 공정 관리용 시험방법-콘크리트 압축강도의 조기 판정 시험방법 ▪ KS B 0802-2003: 금속 재료 인장 시험방법 ○ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사(총 12건) ▪ 횡방향철근 구속효과를 고려한 철근콘크리트 기둥의 축력-모멘트 상관도(한국지진공학회 학술대회 2005) ▪ 고강도 원형 CFT 중심 축압축 실험(한국콘크리트학회 논문집 2012) ▪ 중공 PC기둥의 압축거동성능 평가(대한건축학회 논문집 2010) ▪ 탄소섬유쉬트로 구속된 콘크리트 충전 원형강관기둥의 단조압축실험(한국지진공학회 논문집 2009) ▪ 중심축력을 받는 순환 굵은 골재 콘크리트 기둥의 압축거동 특성(대한건축학회 논문집 2008) ▪ 콘크리트 충전 원형 및 각형 합성 강관 기둥의 압축거동에 관한 실험적 연구(공간구조학회 논문집 2006) ▪ 콘크리트피복충적 강관기둥의 편심압축실험(한국콘크리트학회 학술대회 2013) ▪ 800MPa 강재 및 100MPa 콘크리트를 적용한 L형강 매입형 합성기둥의 편심압축실험(한국콘크리트학회 학술대회 2012) ▪ 고강도 하이브리드 CFT 합성기둥의 편심압축 실험(한국콘크리트학회 학술대회 2012) ▪ 고강도강재를 적용한 합성기둥의 편심압축실험(한국콘크리트학회 학술대회 2011) ▪ 편심압축을 받는 고강도 CFT기둥의 구조성능 실험(대한건축학회 학술발표대회 2010) ▪ Experimental Study on Axial Compression Behavior ofRC Columns Under Rapid Loadings (15th WCEE, 2012, X.Zeng and B.Xu)	○ 국내외 관련 기준 및 규준 조사 결과 ▪ 기둥에 대한 시험기준은 기둥의 중심축에 작용하는 압축성능만을 평가하게 되는데 최근에는 기둥이 편심으로 축압을 받을 때 의 축강성과 모멘트를 동시에 평가하는 실험이 증가하고 있음 ▪ 본 절차서와 매뉴얼은 기둥의 중심압축 성능평가 뿐만아니라 편심압축성능을 평가할 수 있는 실험 절차서를 작성함 ▪ 기존의 구조적 기둥 압축성능 평가를 위한 실험체의 제작 및 설치, 하중재하 방법이 기준화되어 있지 않고 관련 실험사례를 참고하여 실시 ○ KS F 2827:2011 콘크리트 압축가동의 조기 판정 시험방법  콘크리트 재령과 강도의 관계 ○ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사 결과 ▪ 건축용 철근콘크리트 기둥 압축성능실험을 수행하기 위해 기존의 논문을 수집하여 실험체 제작,설치방법 및 하중재하 방법에 대한 다양한 기법등을 참고하여 가장 이상적이고 통상적으로 많이 적용하는 실험방법등을 정리 

연 차	연구 내용	연구 결과
3차년도	○ 실험 가이드라인(실험절차서) 검증실험 ▪ 건축용 철근 콘크리트 기둥의 중심압축 및 편심압축 실험 수행 ▪ 실험체의 위치 변화에 따른 압축력의 차이와 내부 철근 이음의 부착형태에 따른 거동특성 검증 ▪ 실험에의 위치조건에 따라 최대 압축력의 변화가 있음을 실험을 통해 검증	○ 실험 가이드라인(실험절차서) 검증실험 분석 결과 ▪ 철근 콘크리트의 기둥 압축성능평가를 위해 실험절차서에 의해 실험을 실시 ▪ 실험체의 중심위치에서 5mm, 40mm, 59mm의 위치변화를 주어 가력하였을 때 최대편차가 중심압축실험체에 비해 약 50%정도의 하중이 낮게 나오는 것을 알 수 있었으며 편심축력을 받는 철근콘크리트 기둥에서 겹침이음 강도를 평가한 결과, 중심압축 상태에 비해 평균 3%의 이음강도 저하가 발생함 ▪ 이러한 현상은 콘크리트 압축연단의 변형률이 압축철근의 변형률보다 높기 때문에, 피복콘크리트의 쪼갬 파괴가 중심압축에 비해 일찍 발생된 것으로 판단됨  Load - Displacement  철근 겹침 이음 강도 평가
	○ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성 ▪ 실험절차서 가이드라인 초안 작성 ▪ 전문가 검토 및 자문 수행 ▪ 절차에서 따른 검증용 실험체 제작 및 실험 수행 ▪ 검증실험을 통한 실험프로세스 검증 및 유효성 평가 ▪ 예제매뉴얼 작성 및 가이드라인 완성	○ 실험 가이드라인(실험절차서) 및 예제 매뉴얼 결과  - 실험절차서 가이드라인 완성 - 실험예제매뉴얼 완성 (실험결과서 양식 포함)

■ 국내외 관련 기준 및 규준 조사

- 건축 철근 콘크리트 기둥의 압축 성능평가 실험에 대한 국내외 관련 기준을 조사하여 절차서 및 실험 예제 매뉴얼 작성에 참고하고자 해당 기준을 조사하였음.
  - 콘크리트 구조설계기준집 건축구조물 설계예제집(2011)건축학회-6장 휨 및 압축
  - KS F 2454-2011: 원심력으로 다져진 콘크리트의 압축 강도 시험방법
  - KS F 2405-2010: 콘크리트 압축 강도 시험방법
  - KS F 2827-2011: 콘크리트 생산 공정 관리용 시험방법-콘크리트 압축강도의 조기 판정 시험방법
  - KS B 0802-2003: 금속 재료 인장 시험방법
- 기둥압축 실험체의 제작과정 및 실험체의 설치, 실험방법등을 정립하여 압축성능평가 실험을 위한 가이드라인을 제시하였음.
- 건축 철근 콘크리트 기둥 압축 실험에 대한 실험 기준(안)을 작성하였음.

설계 및 기준	내용	
콘크리트 구조설계기준 (2012년)	○ 편심이 전혀 없는 순수축력을 받는 압축부재의 최대 축강도 ○ 압축부재의 설계축강도 ΦPn 은 압축부재에 존재할 수 있는 예측치 못한 편심에 대비하여 순수압축부재에서 단면의 축력 설계강도를 최대 공칭축강도 ΦPo 의 80% 내지 85%로 저감하여 제한하고 있다. 이러한 저감비율은 나선철근 보강 압축부재와 띠철근 보강 압축부재에 관한 규정에서 e/h 의 비가 각각 0.05와 0.1에 해당하는 축강도에 가깝다. ○ P-M 상관도 ▪ 순수 압축파괴와 균형파괴점과 순수 휨파괴의 세 점을 구하여 직선으로 연결하면 근사적인 하중-모멘트 상관도를 구축할 수 있다.	① 철근 콘크리트 기둥 강도설계 P0 = 0.85fck (Ag - Ast) + FyAst ② 띠 기둥 ∅Pn(max) = 0.8Φ[0.85fck (Ag - Ast) + FyAst] ③ 나선기둥 기둥 ∅Pn(max) = 0.85Φ[0.85fck (Ag - Ast) + FyAst] 
KS F 2405-2010	○ 콘크리트 압축 강도 시험 방법 ▪ 상하 가압판의 크기는 공시체 지음이상일 것 ▪ 가압판의 회전각을 3° 이상 얻을 수 있는 것을 사용한다. ▪ 공시체 지름의 1% 이내의 오차에서 그 중심축이 가압판의 중심과 일치하도록 한다. ▪ 하중을 가하는 속도는 압축 응력도의 증가율이 매초 (0.6±0.4)MPa이 되도록 한다.	① 공시체의 지름 d = (d1 + d2) / 2 ② 압축강도 fc = P / 3.14(d/2)2

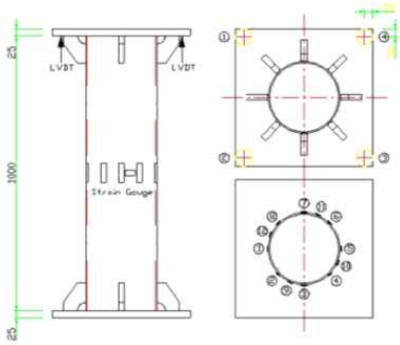
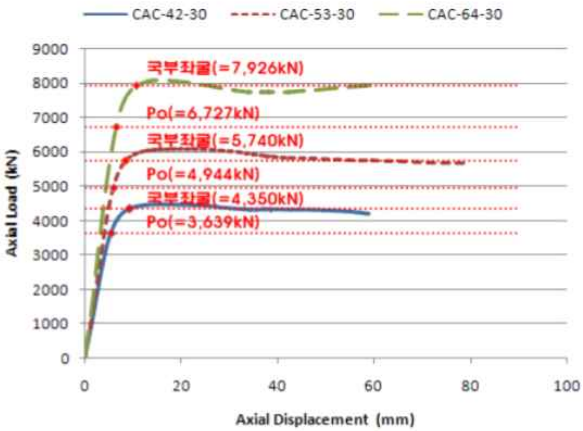
KS F 2827-2011	○ 콘크리트 생산 공정 관리용 시험방법-콘크리트 압축강도의 조기 판정 시험방법 ▪ 콘크리트 양생에서 표준법에 비해 온수 양생법 쪽이 각 강도와 함께 강도 발현율이 높다.	① 재령과 강도의 관계 
KS B 0802-2003	○ 금속재료 인장시험 ▪ 상항복점, 하항복점 또는 내력을 측정하는 경우에는 규정값에 대응하는 하중의 50%하중까지는 적절한 속도로 하중을 가하고 50% 하중을 넘은 후에는 평행부의 변형 증가율은 강에서는 20~80%/min 되는 속도로 인장시킨다.	① 오프셋법 $\sigma_\varepsilon = \frac{F_\varepsilon}{A_\varepsilon}$  ② 전체 연신율법 $\sigma_\varepsilon(\lambda) = \frac{F_\lambda}{A_0}$ 

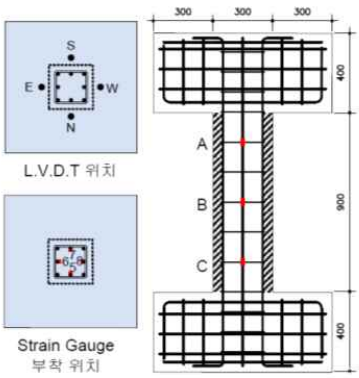
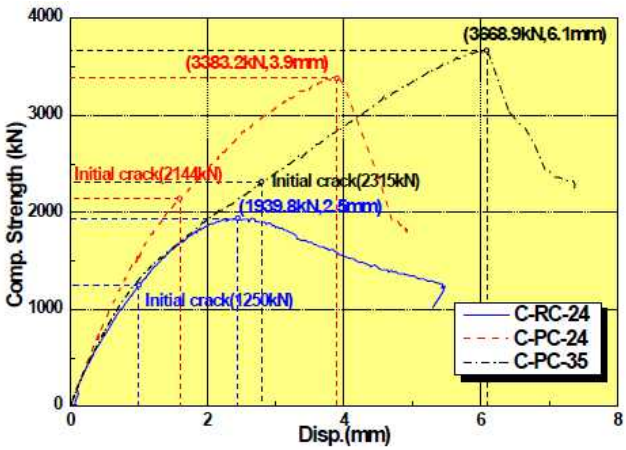
■ 건축 기둥 압축 실험사례 조사 및 분석

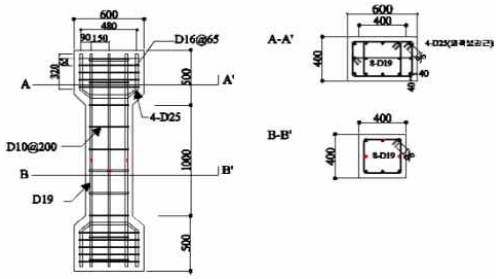
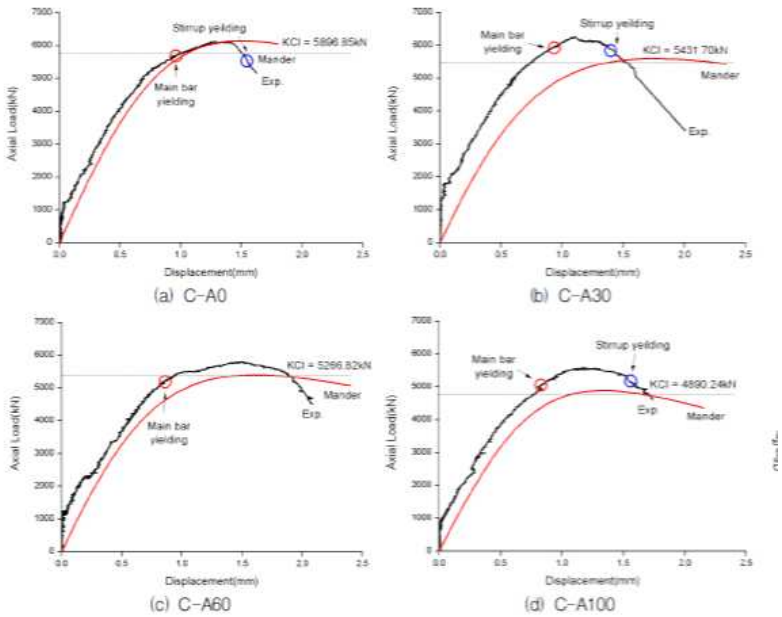
- 과제수행을 위한 철근 콘크리트 기둥 압축 성능 평가를 위한 실험을 수행하고자 기둥 압축실험과 그에 대한 논문을 조사하여 부재의 형식에 따른 구조적 특성과 실험 방법 등을 참고함

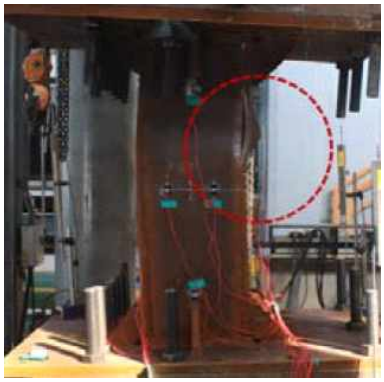
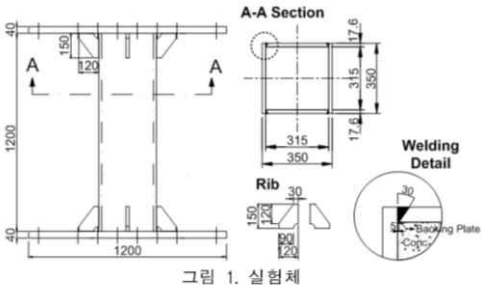
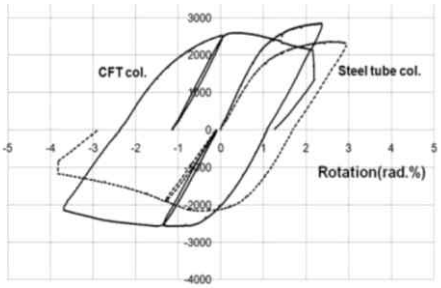
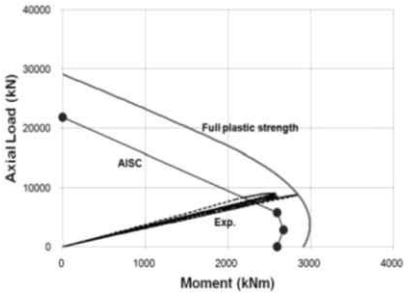
  - 횡방향철근 구속효과를 고려한 철근콘크리트 기둥의 축력-모멘트 상관도(한국지진공학회 학술대회 2005)
  - 고강도 원형 CFT 중심 축압축 실험(한국콘크리트학회 논문집 2012)
  - 중공 PC기둥의 압축거동성능 평가(대한건축학회 논문집 2010)
  - 탄소섬유쉬트로 구속된 콘크리트 충전 원형강관기둥의 단조압축실험(한국지진공학회 논문집 2009)
  - 중심축력을 받는 순환 굵은 골재 콘크리트 기둥의 압축거동 특성(대한건축학회 논문집 2008)
  - 큰코릭트 충전 원형 및 각형 합성 강관 기둥의 압축거동에 관한 실험적 연구(공간구조학회 논문집 2006)
  - 콘크리트피복충적 강관기둥의 편심압축실험(한국콘크리트학회 학술대회 2013)
  - 800MPa 강재 및 100MPa 콘크리트를 적용한 L형강 매입형 합성기둥의 편심압축실험(한국콘크리트학회 학술대회 2012)
  - 고강도 하이브리드 CFT 합성기둥의 편심압축 실험(한국콘크리트학회 학술대회 2012)
  - 고강도강재를 적용한 합성기둥의 편심압축실험(한국콘크리트학회 학술대회 2011)
  - 편심압축을 받는 고강도 CFT기둥의 구조성능 실험(대한건축학회 학술발표대회 2010)
  - Experimental Study on Axial Compression Behavior of RC Columns Under Rapid Loadings (15th WCEE, 2012, X.Zeng and B.Xu)

■ 국내 유사실험 사례 및 논문 조사

항목	내용	
제목	고강도 원형 CFT 중심 축압축 실험	
연구자	홍건호, 김원기, 최인락	
실험전경 및 실험체	<실험 전경>  <실험체 형상 및 제원>	
제원	높이	1000 mm
	강재 재료	판폭두께비 53
	재료 강도	콘크리트: 30MPa,
실험체 형태	CFT 원형 강관	
실험방법	중심압축 실험	
평가항목	▪ 중심 축하중 ▪ 좌굴형태	
제어방식	변위제어	
센서	▪ 변위계, 변형률계, 하중계	
실험결과	 <하중- 축변위>	
실험연도	2012년	
출처	한국콘크리트 학회 2012 학술대회 논문집	

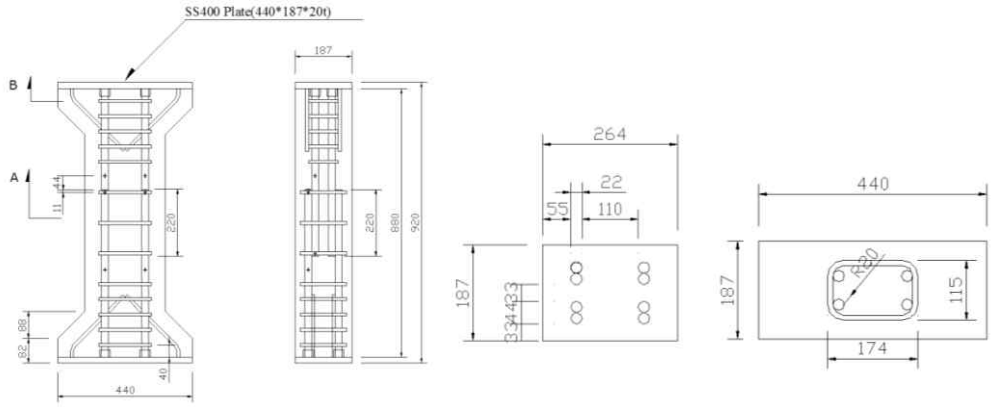
항목	내용	
제목	중공 PC기둥의 압축거동 성능평가	
연구자	박진영, 양원직, 이원호	
실험전경 및 실험체	<실험 전경>  <실험체 형상 및 제원>	
제원	높이	전체: 1,500 mm, 기둥부 900 mm
	기둥 단면	300 * 300 mm
	재료 강도	콘크리트: 24MPa, 35MPa
실험체 형태	중공 PC 기둥	
실험방법	중심압축 실험	
평가항목	▪ 중심 축하중 ▪ 좌굴형태	
제어방식	변위제어	
센서	▪ 변위계, 변형률계, 하중계	
실험결과	 <하중- 축변위>	
실험연도	2010년	
출처	대한 건축학회	

항목	내용	
제목	중심축력을 받는 순환 굵은 골재 철근콘크리트 기둥의 압축거동 특성	
연구자	김윤수, 윤현도, 변장배, 최기선, 유영찬, 김긍환	
실험전경 및 실험체	<실험 전경>  <실험체 형상 및 제원>	
제원	높이	전체: 2,000 mm, 기둥부 1,000 mm
	기둥 단면	600 * 400 mm
	재료 강도	콘크리트: 27 MPa
실험체 형태	철근 콘크리트 사각 기둥	
실험방법	중심압축 실험	
평가항목	▪ 중심 축하중 ▪ 콘크리트 강도 특성, KCI 기준식 비교	
제어방식	변위제어	
센서	▪ 변위계, 변형률계, 하중계	
실험결과	 <하중-축변위 그래프>	
실험연도	2008년	
출처	대한 건축학회 논문집	

항목	내용	
제목	편심압축을 받는 고강도 CFT기둥의 구조성능 실험	
연구자	정경수, 이세정, 최인락, 정미영, 김진호	
실험전경 및 실험체	  <실험 전경> <실험체 형상 및 제원>	
제원	높이	1,200 mm
	기둥 단면	350 * 350 mm
	재료 강도	강재: 항복강도 913 MPa, 인장강도 990 MPa, 콘크리트: 91.3 MPa
실험체 형태	고강도 콘크리트 충전 사각 강관	
실험방법	편심압축 실험	
평가항목	▪ 모멘트 회전각 ▪ P-M 상관 관계	
제어방식	변위제어	
센서	▪ 변위계, 변형률계, 하중계	
실험결과	  <모멘트-회전각 관계> <P-M 상관관계>	
실험연도	2010년	
출처	대한 건축학회 학술발표 논문집	

■ 검증용 실험체 제작 및 실험

① 실험체 제원



<배근상세>

② 실험체 설치

- 중심 압축실험: 실험체가 바닥면 중심에 놓여지고 재하부에는 편심방지를 위해 구면 가압판을 설치하였다.
- 편심 압축실험: 실험체와 선접지가 되도록 바닥면에 힌지를 실험체 중심부에서 59mm 떨어지도록 편심위치에 설치하였다. 이때 실험체가 기우는 것을 방지하기 위해 편심 반대쪽에는 간이 유압잭을 설치하여 실험체기 기울지 않고 수직이 되도록 함

<중심 압축 실험체 설치>

<편심압축 실험체 설치>

③ 실험방법

- 중심압축 실험 : 기둥 바닥면 평면지압, 재하부 구면 가압판 설치
- 편심압축 실험 : 기둥 바닥면 힌지와 재하부 구면 가압판의 중심에서 5mm, 40mm,59mm 편심 위치에 설치
- 재하속도 : 고강도 철근 콘크리트 부재의 경우 최대하중이후 연성거동 없이 급격한 파괴가 발생할 수 있으므로 초기부터 하중제어로 실시 하였으며 실험체 예상 압축력의 약 50~70%정도 이후부터 속도를 감소하여 총 실험시간을 20~30분 정도로 수행
- 실험체 예상압축력의 50~70%까지: 약 100kN/min
- 실험체 예상압축력의 50~70%이후: 약 60kN/min

④ 측정 및 가력

- 콘크리트의 압축 변형률과 철근 이음부의 변형률 측정
- 재하방법은 KS F 2405:2010 콘크리트 압축강도 시험방법의 최저 재하속도보다 약 1/3 수준인 20~30분 정도 소요되도록 하여 실험체 예상 압축력의 50~70%까지는 분당 100kN로, 실험체 예상 압축력의 50~70% 이후부터는 분당 50~70kN정도의 속도로 가력을 실시함
- 실험의 종료는 실험체가 최대하중이후 급격한 파괴가 일어나므로 파괴시점에 도달할 시점에는 속도를 늦추고 실험체가 파괴될 때까지 재하함

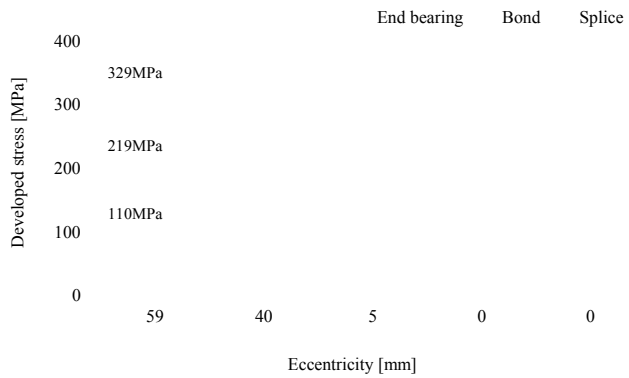
■ 실험데이터 분석

① 중심압축 실험 및 편심압축 실험

구 분	중심	편심 5mm	편심 40mm	편심 59mm
최대하중(kN)	3,136.4	1714.7	1593.9	1560.5

- 기둥 압축성능평가 실험의 위해 실험 절차서에 의한 실험을 실시함
- 중심 압축시험과 편심거리에 의한 압축력의 차이르 비교하기 위해 실험을 실시하였으며 실험결과 중심압축실험체에 비해 편심거리 멀수록 하중이 적게 나타났으나 편심 40mm와 편심 59mm의 하중차이는 비교적 크지 않음
- 콘크리트의 압축 변형률도 편심 바깥쪽 변형률(Con4(우))값이 초기에는 압축변형값이 적거나 인장측으로 진행하다가 파괴시험에 압축변형으로 선회하는 것을 보면 편심 실험체가 편심측은 압축변형을 편심 바깥쪽은 인장변형을 보이면서 약간의 휨모멘트 작용이 발생하였음

② 편심 압축실험체의 철근 겹침이음 강도 평가

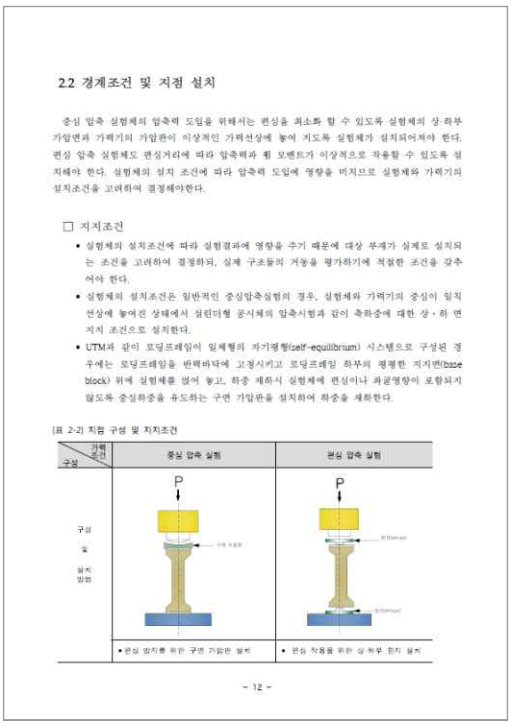


- 편심축력을 받는 철근콘크리트 기둥에서 겹침이음 강도를 평가한 결과, 중심압축 상태에 비해 평균 3%의 이음강도 저하가 발생함. 이러한 현상은 콘크리트 압축연단의 변형률이 압축철근의 변형률보다 높기 때문에, 피복콘크리트의 쪼갬 파괴가 중심압축에 비해 일찍 발생된 것으로 판단 됨

■ 실험 프로세스의 검증 및 유효성 평가

- 철근 콘크리트 기둥의 중심 압축성능 및 편심 압축성능 실험을 대상으로 실험 프로세스 가이드라인의 적용성을 검증하였고 실험체 설치와 실험방법에 기술적 완성도와 유효성을 평가

■ 실험 프로세스 가이드라인 및 예제 매뉴얼 작성



2.2 경계조건 및 지점 설치

중심 압축 실험체의 압축력 도입을 위해서는 편심을 최소화 할 수 있도록 실험체의 상·하부 가압면과 가력기의 가압판이 이상적인 가력선상에 놓여 지도록 실험체가 설치되어져야 한다. 편심 압축 실험체도 편심거리에 따라 압축력과 휨 모멘트가 이상적으로 작용할 수 있도록 설치해야 한다. 실험체의 설치 조건에 따라 압축력 도입에 영향을 미치므로 실험체와 가력기의 설치조건을 고려하여 결정해야한다.

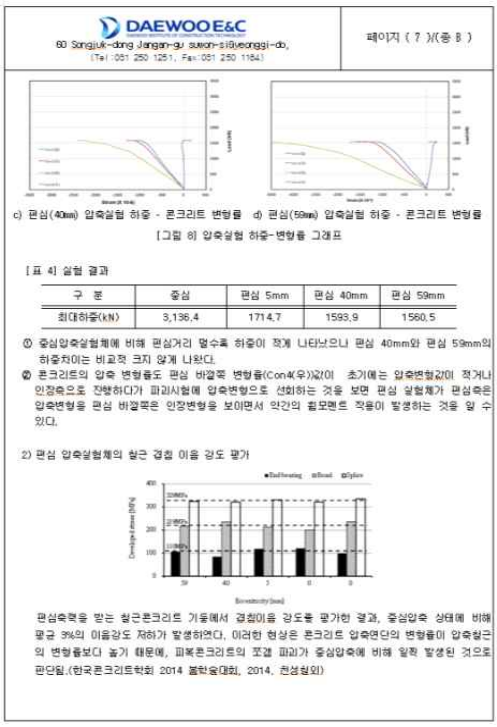
□ 지지조건

- 실험체의 설치조건에 따라 실험결과에 영향을 주기 때문에 대상 부재가 실제로 설치되는 조건을 고려하여 결정하되, 실제 구조물의 거동을 평가하기에 적절한 조건을 갖추어야 한다.
- 실험체의 설치조건은 일반적인 중심압축실험의 경우, 실험체와 가력기의 중심이 일직선상에 놓여진 상태에서 실린더형 공시체의 압축시험과 같이 축하중에 대한 상·하 면 지지 조건으로 설치한다.
- UTM과 같이 로딩프레임이 일체형의 자기평형(self-equilibrium) 시스템으로 구성된 경우에는 로딩프레임을 반력바닥에 고정시키고 로딩프레임 하부의 평평한 지지면(base block) 위에 실험체를 얹어 놓고, 하중 재하시 실험체에 편심이나 좌굴형상이 포함되지 않도록 중심하중을 유도하는 구면 가압판을 설치하여 하중을 재하한다.

[표 2-2] 지점 구성 및 지지조건

구성 \ 가력조건	중심 압축 실험	편심 압축 실험
구성 및 설치 방법	P	P
	• 편심 압지를 위한 구면 가압판 설치	• 편심 작용을 위한 상·하부 힌지 설치

- 12 -



DAEWOO E&C
60 Songjuk-dong Jangan-gu suwon-si@yeongsi-do,
(Tel : 051 250 1251, Fax : 051 250 1184)

페이지 (7)/(총 8)

c) 편심(40mm) 압축실험 하중 - 콘크리트 변형률 d) 편심(59mm) 압축실험 하중 - 콘크리트 변형률

[그림 8] 압축실험 하중-변형률 그래프

[표 4] 실험 결과

구 분	중심	편심 5mm	편심 40mm	편심 59mm
최대하중(kN)	3,136.4	1714.7	1593.9	1560.5

① 중심압축실험체에 비해 편심거리 증수록 하중이 적게 나타났으나 편심 40mm와 편심 59mm의 하중차이는 비교적 크지 않게 나왔다.
② 콘크리트의 압축 변형률도 편심 바깥쪽 변형률(Con4(우))값이 초기에는 압축변형값이 적거나 인장측으로 진행하다가 파괴시점에 압축변형으로 선회하는 것을 보면 편심 실험체가 편심측은 압축변형을 편심 바깥쪽은 인장변형을 보이면서 약간의 휨모멘트 작용이 발생하는 것을 알 수 있다.

2) 편심 압축실험체의 철근 결합 이음 강도 평가

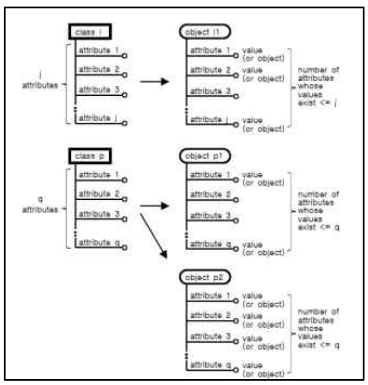
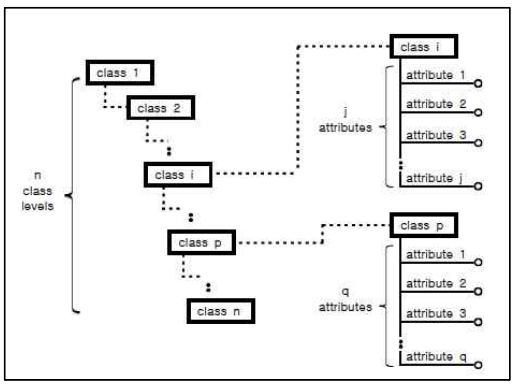
편심축력을 받는 철근콘크리트 기둥에서 결합이음 강도를 평가한 결과, 중심압축 상태에 비해 평균 3%의 이음강도 저하가 발생하였다. 이러한 현상은 콘크리트 압축연단의 변형률이 압축철근의 변형률보다 높기 때문에, 피복콘크리트의 조결 파괴가 중심압축에 비해 일찍 발생된 것으로 판단됨.(한국콘크리트학회 2014 봄학술대회, 2014, 천성철외)

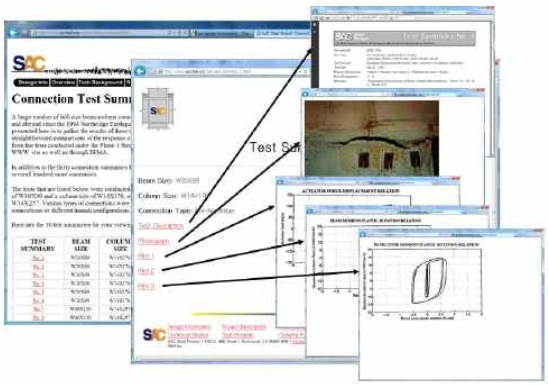
<실험절차서 / 실험예제 매뉴얼>

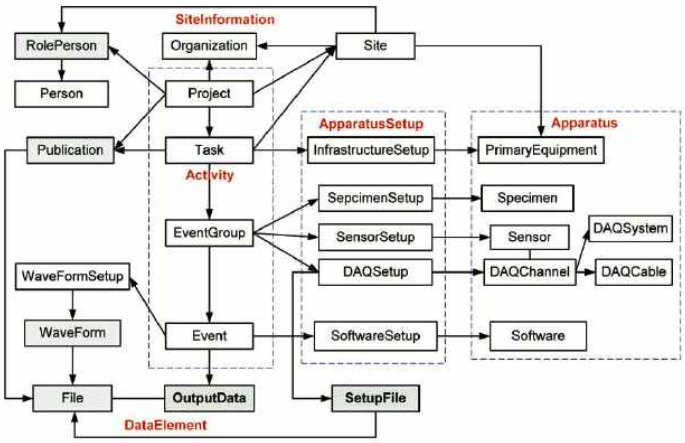
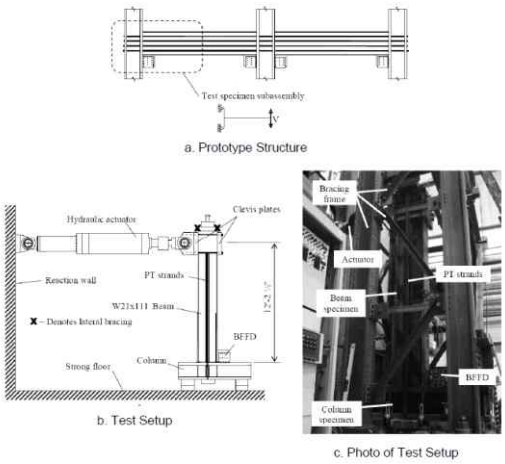
※ 실험절차서 및 예제매뉴얼은 별권 참조

마. 구조실험 데이터 모델

■ 구조실험 데이터모델 관련 연구 사례 조사

항목	내용
제목	구조실험정보를 위한 데이터 모델의 특성평가 요소
연구자	이창호
연구개요	1. 연구배경 - 데이터 모델에 대한 기존의 평가는 서술적이였음 - 구조실험 등을 목적으로 개발된 각각의 데이터 모델은 개발 과정 중에 또는 개발이 완료된 이후에 데이터 모델이 본래의 목적에 부합되어 개발되었는지에 대한 평가가 필요함 2. 연구목적 - 데이터 모델의 특성을 평가하는데 이용할 수 있는 수치적인 형태의 평가 요소를 제안함 - 데이터 모델의 특성을 이해하고 다른 데이터 모델과 비교하는데 한계가 있기 때문에 데이터 모델을 개발하는데 효율적인 방법을 제시하고자 함 3. 연구내용 - 데이터 모델의 특성평가요소를 데이터 모델 자체에 대한 평가(클래스 특성평가)와 데이터 모델의 활용도에 대한 평가(객체 특성평가_로 나누어 평가요소 구분
연구내용	- 데이터 모델 자체 평가 : 총 클래스수, 클래스내 속성수, 클래스내 평균속성수 등 요소를 통하여 데이터 모델의 규모와 상세화 정도를 파악 가능하게 함 - 데이터 모델의 활용도 평가 : 속상사용비율을 측정하고 요소들이 구조실험정보를 얼마나 적절하게 이용되는가를 파악할 수 있도록 함 - 리하이 모델과 NEES 데이터 모델에 적용하여 서로 다른 데이터 모델의 비교를 통하여 차별화된 방법을 제시함 - 데이터 모델의 클래스 특성평가와 데이터 모델의 객체 특성평가 필요성 제시 - 데이터 모델의 클래스 특성평가 요소, 객체 특성평가 요소를 구분하여 분석
관련 사진	  <값이 있는 속성의 수> <클래스의 계층수와 속성수>
실험연도	2010년
출처	대한 건축학회 논문집

항목	내용
제목	구조실험정보를 위한 데이터 저장소의 구성특성 평가요소
연구자	이창호
연구개요	- 구조실험정보를 위한 데이터 저장소의 레벨과 클래스의 구성특징 평가요소 · 데이터 저장소의 클래스 기본 특성 표현 · 데이터 저장소의 클래스 레벨 기본 특성 · 데이터 저장소의 클래스 레벨별 특성
연구내용	- 구조실험정보를 위한 데이터 저장소를 개발하고 효율적으로 평가하기 위해 데이터 저장소내의 레벨과 클래그 구성에 대한 평가요소 제시 - 이를 실제 데이터 저장소에 적용하여 특징 비교 분석 - 속성 구분의 기준과 상세화 범위에 따라서 레벨과 구성이 달라질 수 있기 때문에 구성특징을 정량적으로 수치화한 평가요소 개발 필요 - 데이터 저장소의 각 레벨의 클래스수, 속성수, 평균속성수의 특성요소 비교를 통해 각 분야별 속성의 분포 흐름을 파악할 수 있음 - 관련 데이터 저장소에 대한 비교 분석 수행 · SAC Design Information · PEER Structural Performance Database · NEEShub Project Warehouse
관련 사진	 <SAC Design Information 데이터 검색과정> 데이터 저장소 / 특성 SAC Design Information PEER Structural Performance Database NEEShub Project Warehouse 총 클래스수: 1 / 2 / 19 클래스내 속성수: 6 / 4, 2 / 17, 13, --- 총 속성수: 6 / 6 / 93 클래스내 평균속성수: 6 / 6/2 = 3 / 93/19 = 4.89 클래스내 최대속성수: 6 / 4 / 17 클래스내 최소속성수: 6 / 2 / 2 <데이터 저장소의 클래스 기본특성>
연도	2013년 7월
출처	대한건축학회논문집

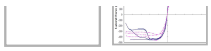
항목	내용
제목	DEVELOPMENT OF DATA MODEL FOR LARGE-SCALE STRUCTURAL EXPERIMENTS
연구자	Chang-Ho Lee, Chung H.Chin, Thomas Marullo, Peter Bryan, Richard Sause, James M.Ricles
연구개요	- 대규모 구조 실험 및 평가를 수행한 후 부재 특성, 연결프레임, 연계가능 실험, 실험시설 및 장비에 관해서는 다양하고 복잡한 형태로 저장이 되고 있음 - 대규모 데이터 모델을 저장하기 위해 Real-Time Multi-Directional(RTMD) 실험시설에서는 클래스 프로젝트로 구성된 계측구조, 실험, 시험 조건 및 클래스 구성, 구조 실험에 대한 정보를 도식화하여 Data Model을 수립함
연구내용	- 모델의 기본특성에 대한 요약 - 각 클래스에서의 속성 및 정보의 범주, 구조 실험 관련 데이터 및 이러한 구성요소 사이의 관계에 대한 내용을 표현 - 대규모 실험모델을 적용하여 모델 설명
관련 사진	 <NEES Grid Model>  <Test of PT Connection with BFFD>
연도	2006년 12월
출처	ATLSS Report No. 06-16

■ 실험데이터 정의

- 실험모델 : 실험을 수행하기 위한 계획단계의 자료들로서 실험체 도면, 재료 속성 및 실험계획 등으로 구분할 수 있음
- 실험셋업 : 실험셋업은 실제 실험시 실험체 설치, 계측센서 및 장비 설치, 실제 하중 재하 등에 대한 정보를 말하며, 센서 종류 및 위치, DAQ 채널설정, 카메라 셋업, 실험장비 셋업(장비 종류 및 입력값) 등으로 구분
- 실험결과 : 실험셋업은 설치된 센서와 하중 재하장치로부터 측정되는 Raw 데이터, 환산 데이터, 가공 데이터, 사진, 동영상 및 결과 보고서 등으로 구분

■ 계층적 실험데이터 관리

- 프로젝트는 최상위 단위이며, 태스크는 주로 평가하고자 하는 실험 항목, 모델은 동일한 실험체 단위로 구분
- 실험 셋업(DAQ, 카메라, 실험장비 및 센서 설치 등) 정보는 실험의 최소 하위단위인 트라이얼 단위로 관리

프로젝트	개요	• 프로젝트명/목적/내용/기간 등
	실험장비	• 실험시설/장비/센서 등
	참여자	• 실험책임자, 실험 담당자 등
	결과	• 결과 보고서
태스크	개요	• 태스크명/내용(시나리오) 등
	결과	• Curated 데이터
		• 사진/동영상
모델	개요	• 모델명/유형/속성
	재료	• 재료명/유형/속성
	도면	• 모델 도면
트라이얼	개요	• 트라이얼명/내용(시나리오) 등
	DAQ 셋업	• 센서 위치, DAQ 채널 셋업
	카메라 셋업	• 카메라 위치
	실험장비 셋업	• 실험장비 입력값(Input motion)
	결과	• Raw/Reduced/Curated 데이터
		• 사진/동영상 

<계층적 실험데이터 관리>

■ 실험 진행단계별 데이터 생성 및 활용

- 실험절차에 따른 실험데이터 체계
  - 실험절차를 실험계획, 실험준비, 실험수행 및 실험종료 단계로 구분하고, 각 단계별 실험데이터를 체계화하여 작성

■ 실험단계별 실험데이터 작성 방법

① 실험계획 단계
- 실험 계획 단계는 예비계획 및 수행계획으로 구분하고, 예비계획은 계략적인 실험목적과 내용 및 기간 정도로 간단히 작성하되, 실제 실험수행을 위한 자세한 계획들은 수행계획에 포함

② 실험준비 단계
- 실험준비 단계는 실험 모델 제작/반입, 실험 모델 설치 단계로 구분되며, 실험실 내에서 실험체를 제작, 설치할지 또는 외부에서 제작하여 반입, 설치할지 등을 검토. 이때 기본적인 하중재하 계획을 토대로 계측장치 설치를 제외한 하중 재하장치는 미리 설치하도록 함

③ 실험수행 단계
- 실험수행 단계는 실험 셋업(DAQ/카메라/실험장비 및 센서 설치), 실험(사전/예비/본실험) 단계로 구분. 필요에 따라 센서 설치는 사전에 실험체 제작 또는 설치 단계에서 부착할 수 있음

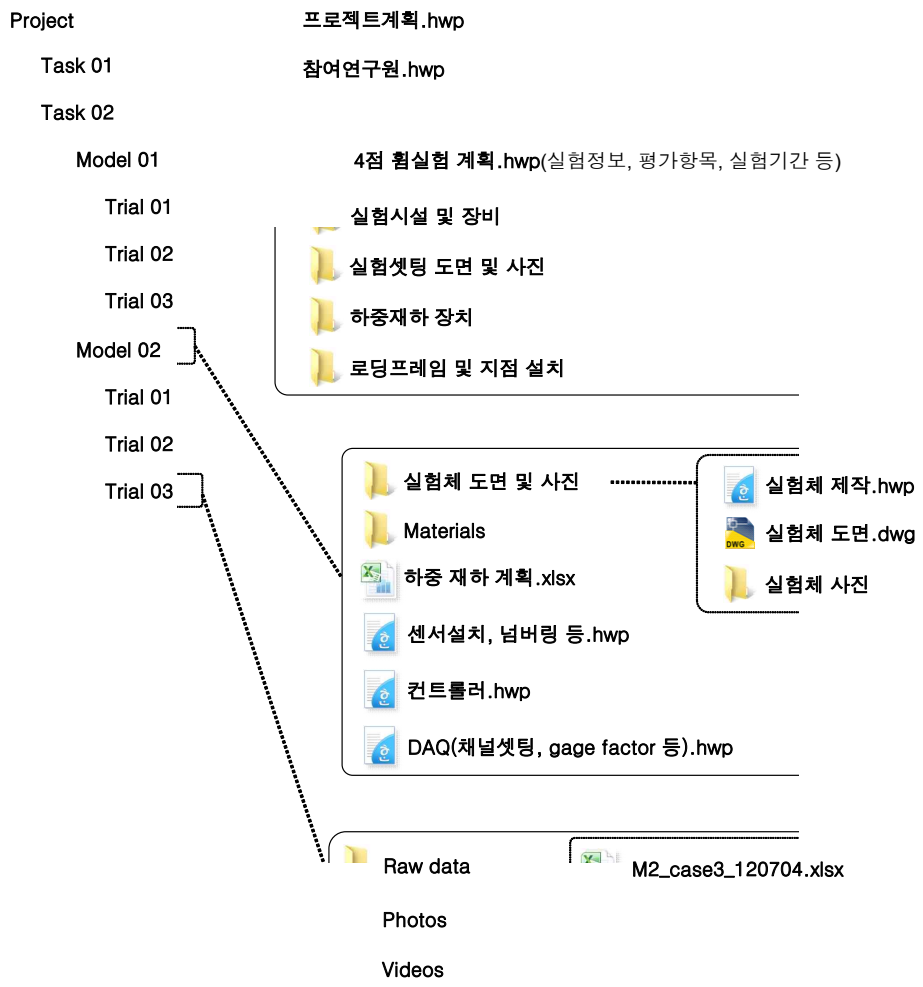
④ 실험종료 단계
- 실험종료 단계는 측정데이터의 수집, 데이터 분석, 결과보고서 작성 및 성적서 발행 등의 단계로 구분하고, 최종 완료 후에는 기존 실험데이터모델의 정보를 수정/보완하여 별도의 저장소에 저장하여 체계적으로 관리

■ 폴더 관리 체계

- 폴더는 다음 그림을 참조하여 트리구조로 관리하되, 연구자 개인 또는 소속기관의 표준화된 절차가 있는 경우에는 Project-Task-Model-Trial을 수정하여 사용
  - 실험데이터는 연구자 개인 또는 소속기관별 통일성 있는 데이터모델 체계를 갖춰 작성, 관리하도록 함
  - 실험을 진행하는 테크니션은 실험형태별로 재료 속성, 하중 재하순서, 실험장비 셋업 및 DAQ 셋업, 센서 정보 등을 포함한 템플릿을 미리 정의하여 실험시 활용함으로서 일관성을 확보할 수 있음
  - 저장된 데이터는 필요시 데이터의 검색, 복사 등의 다양한 기능을 편리하고 효율적으로 사용할 수 있도록 관리되며, 보완이 필요한 경우는 이에 대한 대책이 필요함
  - 실험데이터는 연구자 개인적으로는 프로젝트 단위로 폴더관리를 체계화하여 저장, 관

리하며, 연구기관 또는 실험기관에서는 실험수행 프로젝트별 이력조회가 가능하도록 종합관리가 필요

- 실험데이터는 향후 검색 또는 재활용이 가능하도록 별도의 데이터저장소에 보관하되 백업체계를 갖춰 보관함



<실험데이터 모델 폴더 체계>

제3장 최종 연구성과 및 적용실적

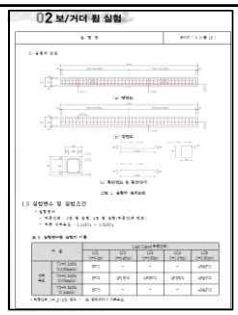
1절. 최종 연구개발 성과 및 내용

1. 핵심성과

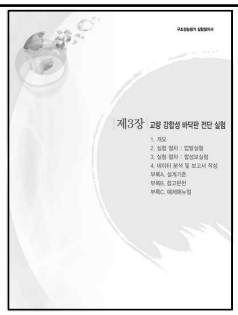
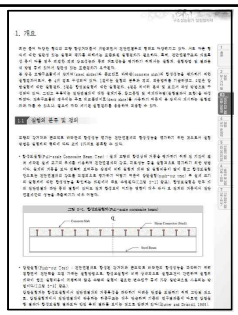
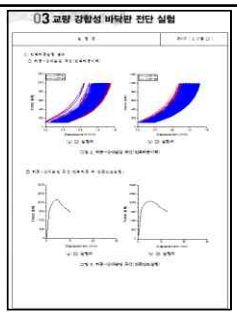
연번	구분	핵심성과	최종 성과유형	핵심성과 달성을 위한 전체기간 중 주요실적
1	주관 (건설연구인프라운영원)	[1-가] 보/거더 휨실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
2		[1-가] 보/거더 휨실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
3		[1-나] 교량 강합성 바닥판 전단실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석
4		[1-나] 교량 강합성 바닥판 전단실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
5		[1-다] 교량구조물 동특성평가 실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
6		[1-다] 교량구조물 동특성평가 실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
7		[1-라] 강교량 피로실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
8		[1-라] 강교량 피로실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
9		[1-마] 구조실험 데이터모델	절차서	· 전문가 자문 · 관련 사례 조사 및 분석
10		[1-마] 구조실험 데이터모델 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
11	공동 (한국건설기술연구원)	[2-가] 교각 준정적 실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
12		[2-가] 교각 준정적 실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
13		[2-나] 교량 신축이음 작동 성능평가 실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
14		[2-나] 교량 신축이음 작동 성능평가 실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
15		[2-다] 교량 받침 성능평가 실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
16		[2-다] 교량 받침 성능평가 실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
17	공동 ((주)대우건설)	[3-가] 건축 1방향 슬래브 휨실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
18		[3-가] 건축 1방향 슬래브 휨실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
19		[3-나] 건축 T형 보-기둥 접합부 실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
20		[3-나] 건축 T형 보-기둥 접합부 실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	
21		[3-다] 건축기둥 압축 성능평가 실험 절차서	절차서	· 전문가 자문 · 실험표준 규격 조사 및 분석 · 관련 실험사례 조사 및 분석 · 연구시설/장비 활용
22		[3-다] 건축기둥 압축 성능평가 실험 예제매뉴얼	예제매뉴얼	

2절. 연구 성과별 세부 내용

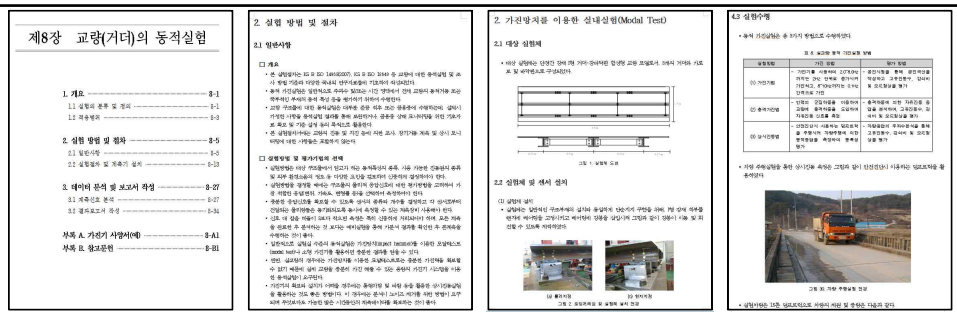
1. [1-가] 보/거더 휨실험 절차서 / 예제매뉴얼

<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="6">

실험절차서 실험절차서 예제매뉴얼 실험결과서</td></tr>
<tr><td colspan="2">정의</td><td colspan="6">· 실험절차서 : 건축구조물의 보, 교량구조물의 거더 및 콘크리트 2차 제품(말뚝 및 암거) 등에 대한 휨 성능평가 실험 구조실험 절차 기술서
· 예제매뉴얼 : 구조부재에 대한 휨 성능평가를 위한 실험 사례 예제매뉴얼</td></tr>
<tr><td colspan="2">목적</td><td colspan="6">· 학생 및 연구자를 위한 교육용 실험절차와 관련 제품·기술에 대한 객관적이고 정량적인 성능검증을 위한 표준화된 실험 프로세스 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="6">· 기존기술 수준 : 관련 기준 및 규격은 재료수준의 시험에만 국한되어 있을 뿐 부재에 대한 성능검증 실험의 표준화된 절차는 제시되어 있지 않음
· 개발기술 수준 : 검증실험과 사례 분석을 통한 표준화된 실험절차 및 예제매뉴얼 제시</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">· 정대성(건설연구인프라운영원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">· ’11.11.08 ～’12.09.07(10개월, 1년차)</td></tr>
<tr><td rowspan="12">핵심성과</td><td rowspan="3">달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="5">[별권] “제2장. 보/거더 휨실험 절차서” 참조</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">해당 없음</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">해당 없음</td></tr>
<tr><td rowspan="6">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>3(학술대회)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">질적성과</td><td>1차년도</td><td colspan="5">· 전문가 자문 실적 : 6건
· 실험표준 규격 조사 및 분석 실적 : 11건
· 관련 실험사례 조사 및 분석 실적 : 3건
· 연구시설/장비 활용 실적 : 1건</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">해당 없음</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">해당 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과 활용계획</td><td colspan="6">· 최종수요처 : 구조실험시설을 보유한 대학, 공공기관 및 산업체의 연구소
· 활용시기 및 방식 : 연구과제 최종 평가 후 책자/전자파일 배포 및 게재
· 활용 계획
-대학, 대학원 및 전문고등학교를 통해 강좌 및 교육과정에 활용
-기준화를 위해서는 추가적인 절차가 필요하나, 관련 기관들이 (표준)실험절차서에 따라 실험을 수행하고 성적서 발행이 가능할 것으로 예상. 이는 건설신기술, 신공법에 대한 공인성적서는 물론 현장 시공시 발주기관의 요청에 의해 제시되는 공식 시험성적서로 활용 가능
· 성과활용사례 : 생태거더 재하실험(‘13.06), 50m SB합성거더 휨실험(‘13.08) 등</td></tr>
</table>

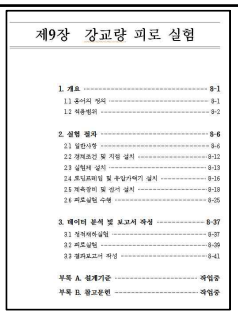
2. [1-나] 교량 강합성 바닥판 전단실험 절차서 / 예제매뉴얼

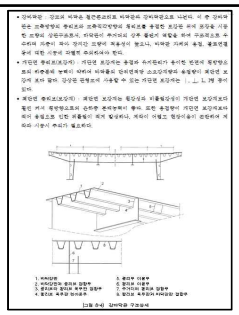
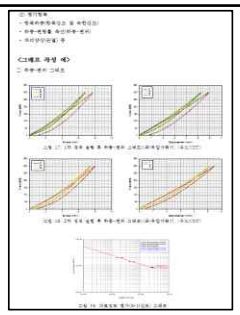
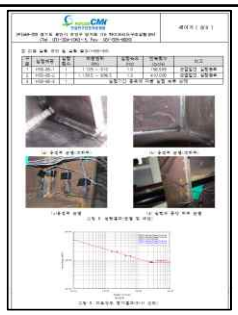
관련 그림 / 사진		   실험절차서 예제매뉴얼 실험결과서						
정의		· 실험절차서 : 교량구조물의 강거더와 콘크리트 바닥판의 합성성능을 평가하기 위한 실험 절차 기술서 · 예제매뉴얼 : 전단연결구조에 대한 전단연결부 성능실험 예제매뉴얼						
목적		· 학생 및 연구자를 위한 교육용 실험절차와 관련 제품·기술에 대한 객관적이고 정량적인 성능검증을 위한 표준화된 실험 프로세스 개발						
성능목표		· 기존기술 수준 : 전단연결재에 대한 설계기준은 있으나 시험기준은 없음. 유럽의 경우 Eurocode 4:EN 1994-1-1에는 부록에 표준 시험기준이 존재 · 개발기술 수준 : 검증실험과 사례 분석을 통한 표준화된 실험절차 및 예제매뉴얼 제시						
성과달성 책임자 (소속기관)		· 정대성(건설연구인프라운영원)						
소요기간		· '12.09.08 ~'13.09.07(1년, 2년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	해당 없음					
		2차년도	[별권] "제3장. 교량 강합성 바닥판 전단실험 절차서" 참조					
		3차년도	해당 없음					
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	-
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	-
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	**1(학술대회)**
	질적성과	1차년도	해당 없음					
		2차년도	· 전문가 자문 실적 : 3건 · 실험표준 규격 조사 및 분석 실적 : 11건 · 관련 실험사례 조사 및 분석 실적 : 9건					
		3차년도	해당 없음					
성과 활용계획		· 최종수요처 : 구조실험시설을 보유한 대학, 공공기관 및 산업체의 연구소 · 활용시기 및 방식 : 연구과제 최종 평가 후 책자/전자파일 배포 및 게재 · 활용 계획 -대학, 대학원 및 전문고등학교를 통해 강좌 및 교육과정에 활용 -기준화를 위해서는 추가적인 절차가 필요하나, 관련 기관들이 (표준)실험절차서에 따라 실험을 수행하고 성적서 발행이 가능할 것으로 예상. 이는 건설신기술, 신공법에 대한 공인성적서는 물론 현장 시공시 발주기관의 요청에 의해 제시되는 공식 시험성적서로 활용 가능 · 성과활용사례 : (관련기관 배포 후) 활용 예정						

3. [1-다] 교량구조물 동특성평가 실험 절차서 / 예제매뉴얼

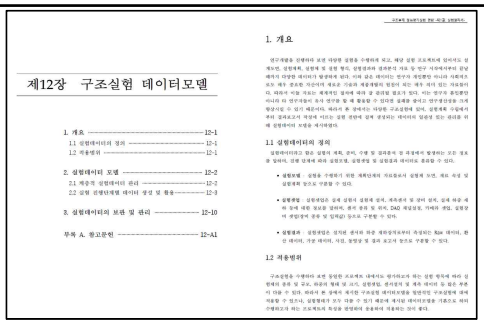
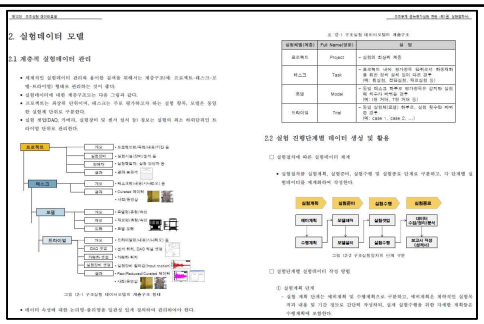
관련 그림 / 사진	 실험절차서 예제매뉴얼						
정의	· 실험절차서 : 교량의 동특성(고유진동수, 모드형상, 감쇠 등)을 분석하기 위한 동적실험 절차 기술서 · 예제매뉴얼 : 국부적 부재, 전체 교량의 동특성평가 실험 절차 및 방법에 대한 예제매뉴얼						
목적	· 학생 및 연구자를 위한 교육용 실험절차와 관련 제품·기술에 대한 객관적이고 정량적인 성능검증을 위한 표준화된 실험 프로세스 개발						
성능목표	· 기존기술 수준 : 국내 규격 KS B ISO 14963(기계진동 및 충격-교량 및 고가교의 동적시험 및 조사에 대한 지침)에는 동특성 관련 시험절차 보다는 조사에 관한 지침 위주의 표준이 존재하나 교량 동특성평가를 위한 실험절차는 매우 미흡한 수준임 · 개발기술 수준 : 검증실험과 사례 분석을 통한 표준화된 실험절차 및 예제매뉴얼 제시						
성과달성 책임자 (소속기관)	· 정대성(건설연구인프라운영원)						
소요기간	· '13.09.08 ~'14.09.07(1년, 3년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	해당 없음				
		2차년도	해당 없음				
		3차년도	[별권] "제8장. 교량구조물 동특성평가 실험 절차서" 참조				
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	-
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	-
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	-
	질적성과	1차년도	해당 없음					
		2차년도	해당 없음					
		3차년도	· 전문가 자문 실적 : 4건 · 실험표준 규격 조사 및 분석 실적 : 4건 · 관련 실험사례 조사 및 분석 실적 : 9건					
성과 활용계획	· 최종수요처 : 구조실험시설을 보유한 대학, 공공기관 및 산업체의 연구소 · 활용시기 및 방식 : 연구과제 최종 평가 후 책자/전자파일 배포 및 게재 · 활용 계획 -대학, 대학원 및 전문고등학교를 통해 강좌 및 교육과정에 활용 -기준화를 위해서는 추가적인 절차가 필요하나, 관련 기관들이 (표준)실험절차서에 따라 실험을 수행하고 성적서 발행이 가능할 것으로 예상. 이는 건설신기술, 신공법에 대한 공인성적서는 물론 현장 시공시 발주기관의 요청에 의해 제시되는 공식 시험성적서로 활용 가능 · 성과활용사례 : (관련기관 배포 후) 활용 예정						

4. [1-라] 강교량 피로실험 절차서 / 예제매뉴얼

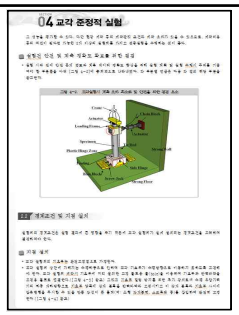
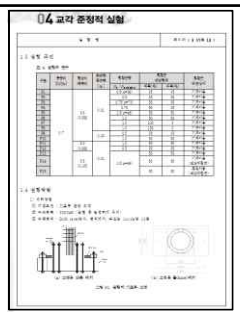
<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="7"> 




실험절차서 예제매뉴얼 실험결과서</td></tr>
<tr><td colspan="2">정의</td><td colspan="7">· 실험절차서 : 강거더, 강상판과 같은 강구조 부재에 대한 피로성능을 평가하기 위한 실험 절차 기술서
· 예제매뉴얼 : 강재의 피로성능평가를 위한 정적재하, 동적재하 실험 예제매뉴얼</td></tr>
<tr><td colspan="2">목적</td><td colspan="7">· 학생 및 연구자를 위한 교육용 실험절차와 관련 제품·기술에 대한 객관적이고 정량적인 성능검증을 위한 표준화된 실험 프로세스 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="7">· 기존기술 수준 : 도로교설계기준, 강구조설계기준 등에 용접부에 관련된 설계 기준 및 피로 성능평가 등급 등은 기술되어 있으나 이를 검증하기 위한 상세 실험 절차에 대한 내용은 미비함
· 개발기술 수준 : 검증실험과 사례 분석을 통한 표준화된 실험절차 및 예제매뉴얼 제시</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="7">· 정대성(건설연구인프라운영원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="7">· ’13.09.08 ～’14.09.07(1년, 3년차)</td></tr>
<tr><td rowspan="12">핵심성과</td><td rowspan="3">달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="6">해당 없음</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="6">해당 없음</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="6">[별권] “제9장. 강교량 피로 실험 절차서“ 참조</td></tr>
<tr><td rowspan="6">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td rowspan="3">질적성과</td><td>1차년도</td><td colspan="6">해당 없음</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="6">해당 없음</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="6">· 전문가 자문 실적 : 7건
· 실험표준 규격 조사 및 분석 실적 : 5건
· 관련 실험사례 조사 및 분석 실적 : 7건
· 연구시설/장비 활용 실적 : 2건</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과 활용계획</td><td colspan="7">· 최종수요처 : 구조실험시설을 보유한 대학, 공공기관 및 산업체의 연구소
· 활용시기 및 방식 : 연구과제 최종 평가 후 책자/전자파일 배포 및 게재
· 활용 계획
-대학, 대학원 및 전문고등학교를 통해 강좌 및 교육과정에 활용
-기준화를 위해서는 추가적인 절차가 필요하나, 관련 기관들이 (표준)실험절차서에 따라 실험을 수행하고 성적서 발행이 가능할 것으로 예상. 이는 건설신기술, 신공법에 대한 공인성적서는 물론 현장 시공시 발주기관의 요청에 의해 제시되는 공식 시험성적서로 활용 가능
· 성과활용사례 : (관련기관 배포 후) 활용 예정</td></tr>
</table>

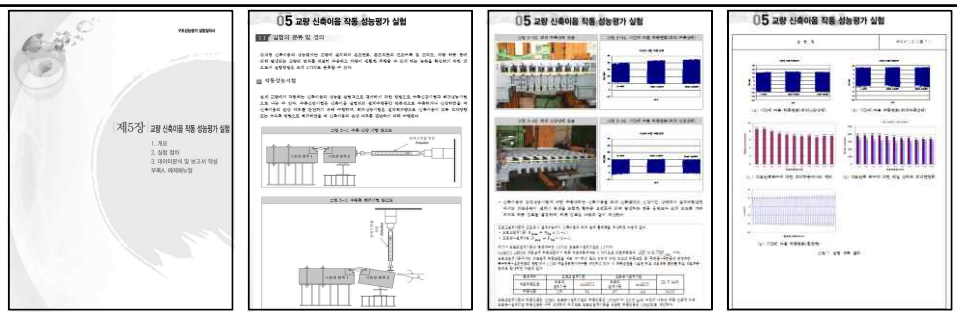
5. [1-마] 구조실험 데이터모델 / 예제매뉴얼

관련 그림 / 사진	 제12장 구조실험 데이터모델  구조실험데이터모델 절차서							
정의	· 실험절차서 : 구조실험 수행시 발생하는 데이터에 대한 체계적인 관리 체계							
목적	· 구조실험에 있어, 실험계획 수립에서부터 결과보고서 작성에 이르는 실험 전반에 걸쳐 생성되는 대용량 데이터의 일관성 있는 관리를 위해 실험데이터 모델 제시							
성능목표	· 기존기술 수준 : 실험시 발생하는 광범위하고 대용량의 실험데이터를 체계적으로 관리하고자 하나, 일관성 있는 방안이 제시되어 있지 않음 · 개발기술 수준 : 실험절차에 따른 실험데이터 체계, 작성 방법 등을 제시하고 일반 실험 데이터를 관리하는 방안에 대한 절차 개발							
성과달성 책임자 (소속기관)	· 정대성(건설연구인프라운영원)							
소요기간	· '13.09.08 ~'14.09.07(1년, 3년차)							
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	해당 없음					
		2차년도	해당 없음					
		3차년도	[별권] "제12장. 구조실험 데이터모델" 참조					
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	-
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	-
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	-
	질적성과	1차년도	해당 없음					
		2차년도	해당 없음					
		3차년도	· 전문가 자문 실적 : 4건 · 실험데이터 규격 조사 및 분석 실적 : 3건					
성과 활용계획	· 최종수요처 : 구조실험시설을 보유한 대학, 공공기관 및 산업체의 연구소 · 활용시기 및 방식 : 연구과제 최종 평가 후 책자/전자파일 배포 및 게재 · 활용 계획 -대학, 대학원 및 전문고등학교를 통해 강좌 및 교육과정에 활용 -기준화를 위해서는 추가적인 절차가 필요하나, 관련 기관들이 (표준)실험절차서에 따라 실험을 수행하고 성적서 발행이 가능할 것으로 예상. 이는 건설신기술, 신공법에 대한 공인성적서는 물론 현장 시공시 발주기관의 요청에 의해 제시되는 공식 시험성적서로 활용 가능 · 성과활용사례 : (관련기관 배포 후) 활용 예정							

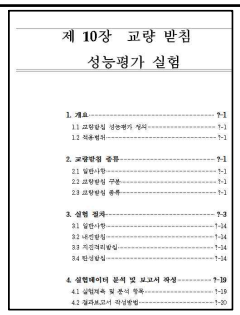
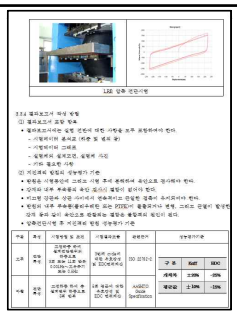
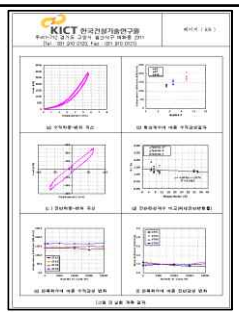
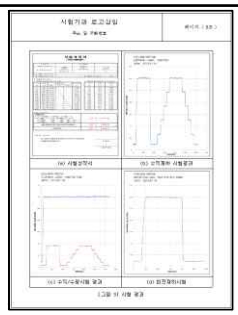
6. [2-가] 교각 준정적실험 절차서 / 예제매뉴얼

관련 그림 / 사진	실험절차서  예제매뉴얼  실험결과서						
정의	· 실험절차서 : 콘크리트 교각의 내진성능을 평가하기 위한 실험 절차 기술서 · 예제매뉴얼 : 교각의 내진성능평가 실험 예제매뉴얼(준정적실험)						
목적	· 학생 및 연구자를 위한 교육용 실험절차와 관련 제품·기술에 대한 객관적이고 정량적인 성능검증을 위한 표준화된 실험 프로세스 개발						
성능목표	· 기존기술 수준 : 관련 기준 및 규격은 재료수준의 시험에만 국한되어 있을 뿐 부재에 대한 성능검증 실험의 표준화된 절차는 제시되어 있지 않음 · 개발기술 수준 : 검증실험과 사례 분석을 통한 표준화된 실험절차 및 예제매뉴얼 제시						
성과달성 책임자 (소속기관)	· 곽종원(한국건설기술연구원)						
소요기간	· '11.11.08 ~'12.09.07(10개월, 1년차)						
핵심성과 / 달성 확인방법	1차년도	[별권] "제4장. 교각 준정적 실험 절차서" 참조					
	2차년도	해당 없음					
	3차년도	해당 없음					
핵심성과 / 양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
		-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	-
	2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
		-	-	국내 0, 국외 0	**국내 1**, 국외 0	-	**1(학술대회)**
	3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
		-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	-
핵심성과 / 질적성과	1차년도	· 전문가 자문 실적 : 6건 · 실험표준 규격 조사 및 분석 실적 : 4건 · 관련 실험사례 조사 및 분석 실적 : 3건 · 연구시설/장비 활용 실적 : 1건					
	2차년도	해당 없음					
	3차년도	해당 없음					
성과 활용계획	· 최종수요처 : 구조실험시설을 보유한 대학, 공공기관 및 산업체의 연구소 · 활용시기 및 방식 : 연구과제 최종 평가 후 책자/전자파일 배포 및 게재 · 활용 계획 -대학, 대학원 및 전문고등학교를 통해 강좌 및 교육과정에 활용 -기준화를 위해서는 추가적인 절차가 필요하나, 관련 기관들이 (표준)실험절차서에 따라 실험을 수행하고 성적서 발행이 가능할 것으로 예상. 이는 건설신기술, 신공법에 대한 공인성적서는 물론 현장 시공시 발주기관의 요청에 의해 제시되는 공식 시험성적서로 활용 가능 · 성과활용사례 : 프리캐스트 교각('13.11), (관련기관 배포 후) 활용 예정						

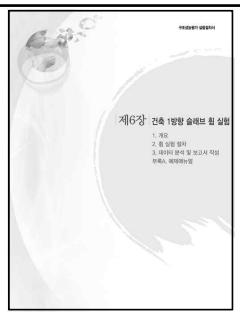
7. [2-나] 교량 신축이음 작동 성능평가실험 절차서 / 예제매뉴얼

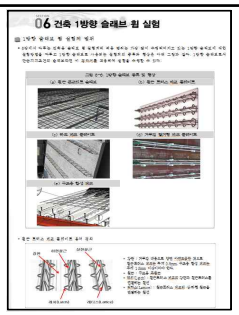
<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="7"> 
실험절차서 예제매뉴얼 실험결과서</td></tr>
<tr><td colspan="2">정의</td><td colspan="7">· 실험절차서 : 형식이 다른 신축이음의 작동성능을 평가하기 위한 일관성 있는 실험절차서 제시
· 예제매뉴얼 : 레일형과 핑거형 신축이음장치의 작동성능, 강도성능실험 예제매뉴얼</td></tr>
<tr><td colspan="2">목적</td><td colspan="7">· 학생 및 연구자를 위한 교육용 실험절차와 관련 제품·기술에 대한 객관적이고 정량적인 성능검증을 위한 표준화된 실험 프로세스 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="7">· 기존기술 수준 : 현재, 규격 및 기준은 신축이음의 종방향, 피로성능 및 각 구조부재의 재료시험 기준(AASHTO LRFD OMV, KS F4425 등)만 존재하며, 신축이음의 횡방향에 대한 성능평가 기준은 없음
· 개발기술 수준 : 검증실험과 사례 분석을 통한 표준화된 실험절차 및 예제매뉴얼 제시</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="7">· 곽종원(한국건설기술연구원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="7">· ’12.09.08 ~’13.09.07(1년, 2년차)</td></tr>
<tr><td rowspan="15">핵심성과</td><td rowspan="3">달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="6">해당 없음</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="6">[별권] “제5장. 교량 신축이음 작동 성능평가 실험 절차서“ 참조</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="6">해당 없음</td></tr>
<tr><td rowspan="6">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>-</td><td>5(학술대회)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">질적성과</td><td>1차년도</td><td colspan="6">해당 없음</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="6">· 전문가 자문 실적 : 1건
· 실험표준 규격 조사 및 분석 실적 : 7건
· 관련 실험사례 조사 및 분석 실적 : 12건
· 연구시설/장비 활용 실적 : 1건</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="6">해당 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과 활용계획</td><td colspan="7">· 최종수요처 : 구조실험시설을 보유한 대학, 공공기관 및 산업체의 연구소
· 활용시기 및 방식 : 연구과제 최종 평가 후 책자/전자파일 배포 및 게재
· 활용 계획
-대학, 대학원 및 전문고등학교를 통해 강좌 및 교육과정에 활용
-기준화를 위해서는 추가적인 절차가 필요하나, 관련 기관들이 (표준)실험절차서에 따라 실험을 수행하고 성적서 발행이 가능할 것으로 예상. 이는 건설신기술, 신공법에 대한 공인성적서는 물론 현장 시공시 발주기관의 요청에 의해 제시되는 공식 시험성적서로 활용 가능
· 성과활용사례 : 대형레일형 신축이음장치 실험(‘13.09), (관련기관 배포 후) 활용 예정</td></tr>
</table>

8. [2-다] 교량 받침 성능평가실험 절차서 / 예제매뉴얼

관련 그림 / 사진	 실험절차서   실험결과서  실험결과서						
정의	· 실험절차서 : 교량받침 종류(내진받침, 지진격리 받침, 탄성받침)의 정의 도출 및 실험절차 제시 · 예제매뉴얼 : 교량받침, 내진받침포트에 대한 실험 예제매뉴얼						
목적	· 학생 및 연구자를 위한 교육용 실험절차와 관련 제품·기술에 대한 객관적이고 정량적인 성능검증을 위한 표준화된 실험 프로세스 개발						
성능목표	· 기존기술 수준 : 국내외 모두 내진 및 지진격리받침으로 분류되어 평가되고 있음. 탄성받침의 경우 KS F4420기준이 별도로 존재하나 범용적인 실험절차서는 미흡 함 · 개발기술 수준 : 검증실험과 사례 분석을 통한 표준화된 실험절차 및 예제매뉴얼 제시						
성과달성 책임자 (소속기관)	· 곽종원(한국건설기술연구원)						
소요기간	· '13.09.08 ~'14.09.07(1년, 3년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	해당 없음				
		2차년도	해당 없음				
		3차년도	[별권] "제10장. 건축 1방향 슬래브 휨 실험 절차서" 참조				
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	-
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	-
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	**1(학술대회)**
	질적성과	1차년도	해당 없음					
		2차년도	해당 없음					
		3차년도	· 전문가 자문 실적 : 1건 · 실험표준 규격 조사 및 분석 실적 : 7건 · 관련 실험사례 조사 및 분석 실적 : 10건 · 연구시설/장비 활용 실적 : 1건					
성과 활용계획	· 최종수요처 : 구조실험시설을 보유한 대학, 공공기관 및 산업체의 연구소 · 활용시기 및 방식 : 연구과제 최종 평가 후 책자/전자파일 배포 및 게재 · 활용 계획 -대학, 대학원 및 전문고등학교를 통해 강좌 및 교육과정에 활용 -기준화를 위해서는 추가적인 절차가 필요하나, 관련 기관들이 (표준)실험절차서에 따라 실험을 수행하고 성적서 발행이 가능할 것으로 예상. 이는 건설신기술, 신공법에 대한 공인성적서는 물론 현장 시공시 발주기관의 요청에 의해 제시되는 공식 시험성적서로 활용 가능 · 성과활용사례 : (관련기관 배포 후) 활용 예정						

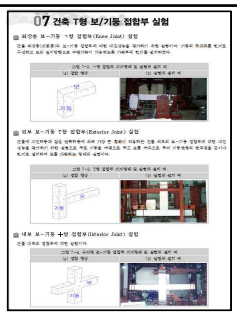
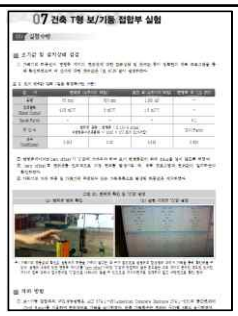
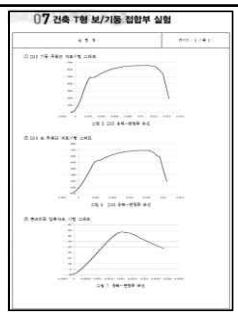
9. [3-가] 건축 1방향 슬래브 휨실험 절차서 / 예제매뉴얼

<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 

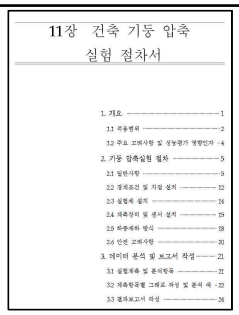
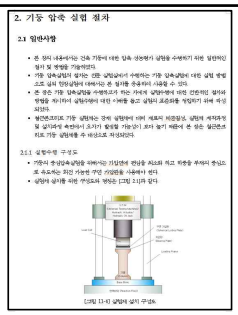
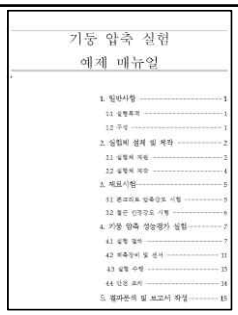


실험절차서 예제매뉴얼 실험결과서</td></tr>
<tr><td colspan="2">정의</td><td colspan="6">· 실험절차서 : 하중방향, 지지조건에 따라 다양한 슬래브의 종류 중 가장 일반적인 실험이 많이 이루어지는 1방향 슬래브의 구조성능평가 휨실험 절차서
· 예제매뉴얼 : 건축분야에서 활용되는 1방향 슬래브의 휨실험 예제매뉴얼</td></tr>
<tr><td colspan="2">목적</td><td colspan="6">· 학생 및 연구자를 위한 교육용 실험절차와 관련 제품·기술에 대한 객관적이고 정량적인 성능검증을 위한 표준화된 실험 프로세스 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="6">· 기존기술 수준 : 국내외 실험규격 및 기준에는 재료수준의 휨실험 위주로 정립되어 있으며 KS 기준에는 프리캐스트 콘크리트 슬래브 일부 제품에 대해서만 기준이 존재. 1방향 건축 슬래브에 대한 별도 시험기준 없음
· 개발기술 수준 : 검증실험과 사례 분석을 통한 표준화된 실험절차 및 예제매뉴얼 제시</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">· 김대영((주)대우건설)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">· ’11.11.08 ~’12.09.07(10개월, 1년차)</td></tr>
<tr><td rowspan="12">핵심성과</td><td rowspan="3">달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="5">[별권] “제6장. 건축 1방향 슬래브 휨 실험 절차서“ 참조</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">해당 없음</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">해당 없음</td></tr>
<tr><td rowspan="6">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>–</td><td>1(학술대회)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td rowspan="3">질적성과</td><td>1차년도</td><td colspan="5">· 전문가 자문 실적 : 6건
· 실험표준 규격 조사 및 분석 실적 : 10건
· 관련 실험사례 조사 및 분석 실적 : 6건
· 연구시설/장비 활용 실적 : 1건</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="5">해당 없음</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="5">해당 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과 활용계획</td><td colspan="6">· 최종수요처 : 구조실험시설을 보유한 대학, 공공기관 및 산업체의 연구소
· 활용시기 및 방식 : 연구과제 최종 평가 후 책자/전자파일 배포 및 게재
· 활용 계획
-대학, 대학원 및 전문고등학교를 통해 강좌 및 교육과정에 활용
-기준화를 위해서는 추가적인 절차가 필요하나, 관련 기관들이 (표준)실험절차서에 따라 실험을 수행하고 성적서 발행이 가능할 것으로 예상. 이는 건설신기술, 신공법에 대한 공인성적서는 물론 현장 시공시 발주기관의 요청에 의해 제시되는 공식 시험성적서로 활용 가능
· 성과활용사례 : 뉴하프덱 구조성능실험(‘13.11), 데크 플레이트 실험(‘14.08)</td></tr>
</table>

10. [3-나] 건축 T형 보-기둥 접합부 실험 절차서 / 예제매뉴얼

<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="7">
실험절차서
 
 
예제매뉴얼
 
실험결과서</td></tr>
<tr><td colspan="2">정의</td><td colspan="7">· 실험절차서 : 새로운 구조재료 개발 및 고강도화로 접합 방식이 다양해짐에 따라 서로 다른형식의 접합부에 대한 성능평가 실험 절차서를 제시
· 예제매뉴얼 : 철근콘크리트구조 건물의 보-기둥 접합부의 내진성능실험 예제매뉴얼</td></tr>
<tr><td colspan="2">목적</td><td colspan="7">· 학생 및 연구자를 위한 교육용 실험절차와 관련 제품·기술에 대한 객관적이고 정량적인 성능검증을 위한 표준화된 실험 프로세스 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="7">· 기존기술 수준 : 국내외 대부분의 규격 및 설계기준(콘크리트구조설계기준, ACI 374.1-05 등)에는 내진설계 관련 항목이 있으나 이를 검증하기 위한 실험절차에 관한 내용은 없음
· 개발기술 수준 : 검증실험과 사례 분석을 통한 표준화된 실험절차 및 예제매뉴얼 제시</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="7">· 김대영((주)대우건설)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="7">· ’12.09.08 ～’13.09.07(1년, 2년차)</td></tr>
<tr><td rowspan="12">핵심성과</td><td rowspan="3">달성 확인방법</td><td>1차년도</td><td colspan="6">해당 없음</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="6">[별권] “제7장. 건축 T형 보기둥 접합부 실험 절차서“ 참조</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="6">해당 없음</td></tr>
<tr><td rowspan="6">양적성과</td><td rowspan="2">1차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>–</td><td>1(학술대회)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3차년도</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td><td>국내 0, 국외 0</td><td>국내 1, 국외 0</td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td rowspan="3">질적성과</td><td>1차년도</td><td colspan="6">해당 없음</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td colspan="6">· 전문가 자문 실적 : 2건
· 실험표준 규격 조사 및 분석 실적 : 4건
· 관련 실험사례 조사 및 분석 실적 : 7건
· 연구시설/장비 활용 실적 : 1건</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td colspan="6">해당 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과 활용계획</td><td colspan="7">· 최종수요처 : 구조실험시설을 보유한 대학, 공공기관 및 산업체의 연구소
· 활용시기 및 방식 : 연구과제 최종 평가 후 책자/전자파일 배포 및 게재
· 활용 계획
-대학, 대학원 및 전문고등학교를 통해 강좌 및 교육과정에 활용
-기준화를 위해서는 추가적인 절차가 필요하나, 관련 기관들이 (표준)실험절차서에 따라 실험을 수행하고 성적서 발행이 가능할 것으로 예상. 이는 건설신기술, 신공법에 대한 공인성적서는 물론 현장 시공시 발주기관의 요청에 의해 제시되는 공식 시험성적서로 활용 가능
· 성과활용사례 : (관련기관 배포 후) 활용 예정</td></tr>
</table>

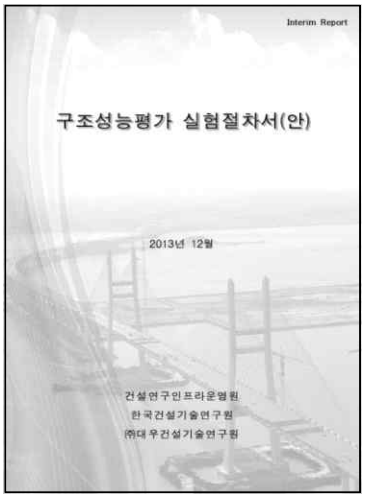
11. [3-다] 건축기둥 압축 성능평가실험 절차서 / 예제매뉴얼

관련 그림 / 사진	 실험절차서   예제매뉴얼 실험결과서						
정의	· 실험절차서 : 다양한 잴의 합성과 고강도 기둥의 실험적 평가를 위해 건축 구조부재 중 기둥의 압축성능에 관한 표준화된 실험절차서 제시 · 예제매뉴얼 : 철근 콘크리트 구조 건물 기둥의 압축강도 평가 실험 예제매뉴얼						
목적	· 학생 및 연구자를 위한 교육용 실험절차와 관련 제품·기술에 대한 객관적이고 정량적인 성능검증을 위한 표준화된 실험 프로세스 개발						
성능목표	· 기존기술 수준 : KS F 2405, 2454 등 재료 수준의 압축강도 시험기준만 존재하며 부재 단위의 기둥 압축성능 평가에 관한 시험절차는 없음 · 개발기술 수준 : 검증실험과 사례 분석을 통한 표준화된 실험절차 및 예제매뉴얼 제시						
성과달성 책임자 (소속기관)	· 김대영((주)대우건설)						
소요기간	· '13.09.08 ~'14.09.07(1년, 3년차)						
핵심성과	달성 확인방법	1차년도	해당 없음				
		2차년도	해당 없음				
		3차년도	[별권] "제11장. 건축기둥 압축 성능평가 실험 절차서" 참조				
	양적성과	1차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	-
		2차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	-
		3차년도	특허 출원	특허 등록	SCI 논문	비SCI논문	S/W	기타
			-	-	국내 0, 국외 0	국내 0, 국외 0	-	**1(학술대회)**
	질적성과	1차년도	해당 없음					
		2차년도	해당 없음					
		3차년도	· 전문가 자문 실적 : 2건 · 실험표준 규격 조사 및 분석 실적 : 4건 · 관련 실험사례 조사 및 분석 실적 : 4건 · 연구시설/장비 활용 실적 : 1건					
성과 활용계획	· 최종수요처 : 구조실험시설을 보유한 대학, 공공기관 및 산업체의 연구소 · 활용시기 및 방식 : 연구과제 최종 평가 후 책자/전자파일 배포 및 게재 · 활용 계획 -대학, 대학원 및 전문고등학교를 통해 강좌 및 교육과정에 활용 -기준화를 위해서는 추가적인 절차가 필요하나, 관련 기관들이 (표준)실험절차서에 따라 실험을 수행하고 성적서 발행이 가능할 것으로 예상. 이는 건설신기술, 신공법에 대한 공인성적서는 물론 현장 시공시 발주기관의 요청에 의해 제시되는 공식 시험성적서로 활용 가능 · 성과활용사례 : (관련기관 배포 후) 활용 예정						

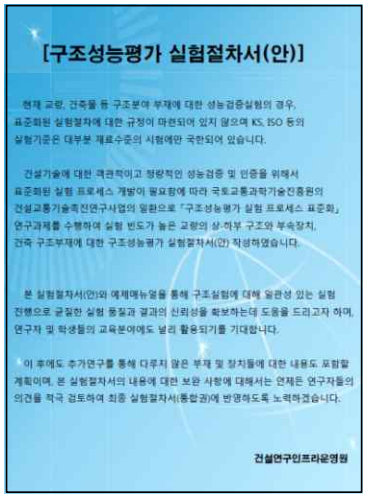
3절. 연구성과 적용실적

○ 교량, 건축 구조물 중 일부 항목에 대한 성능검증 실험시 통일된 실험절차에 따라 수행하도록 실험프로세스 표준(안)을 제시하고, 최종 성과물을 관련 교육/연구 기관에 홍보·배포하여 폭넓게 활용함으로써 해당분야의 실험에 대해서 표준 절차를 제공하고자 함

○ (2013년 12월) 1,2차년도 연구 수행을 통해 성과로 제시된 총 6개 분야의 구조성능평가 실험절차서(안)을 보완/수정을 거쳐 각 연구기관별로 관련 실험시 활용될 수 있도록 배포 하였으며, 자문/전문가 활용 대상자에게도 배포하여 활용할 수 있도록 독려함



<구조성능평가 실험절차서(안)>



<실험절차서 요약문>

<실험절차서 총론 예시>

[그림 3-1] 구조성능평가 실험절차서(안) 홍보 및 배포

○ 주관기관인 건설연구인프라운영원에서는 실험절차서(안)을 1단계 실험센터 6종(하이브리드구조실험센터, 첨단건설재료실험센터, 지진방재연구센터, 지오센트리퓨지실험센터, 해안항만실험센터, 대형풍동실험센터)에 배포하여 활용을 도모하고 있으며, 각 실험센터에서 수행되는 실험에 대해 구조분야에 대해 지속적인 수정·보완을 통해 활용도를 제고할 수 있도록 운영하고 있음

- 실험센터 중 하이브리드구조실험센터에서는 5건의 실험시 "구조성능평가 실험절차서(안)" 을 활용하여 실험체 셋팅, 지지조건, 하중 조건 등 실험 관련한 사항을 참고하였으며 관련 연구자 및 실험자의 의견을 수렴함

○ 국토교통기술 분야의 각종 학회 및 실험시설 보유 대학에 배포하여 활용할 계획임 (3차년도 완료 후 실험절차서 배포 예정)

- 각 대학에서는 관련 강좌 및 수업에 활용

- 각종 학회의 회원 DATA를 활용하여 많은 활용이 될 수 있도록 E-mailing, 홈페이지 게재 등 요청 계획
- 한국콘크리트학회에서는 자료실에 “구조성능평가 실험절차서 안내”로 관심있는 회원들의 자료 참조를 독려하였음(‘14.06.02 게재 완료)
- 이외에 타 학회의 홍보/배포에 관해 3차년도 최종 보고가 완료된 실험절차서의 게재에 대해 향후 재협의를 수행하고자 함

[그림 3-2] 한국콘크리트학회 실험절차서 게재

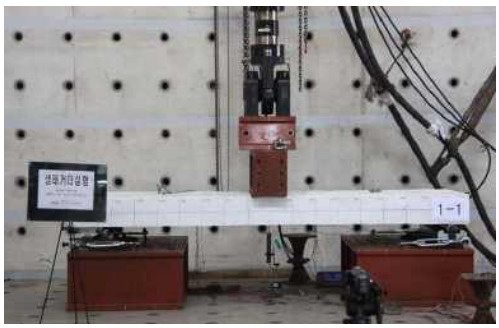
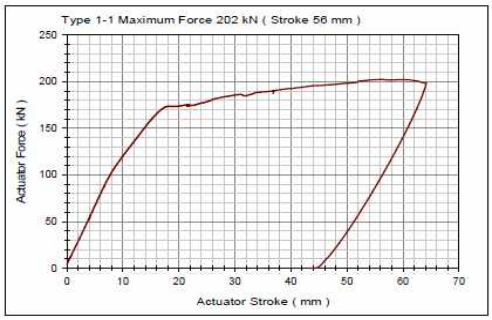
○ 토목연구정보센터(CERIC)와 같은 토목 관련전문학회 논문집, 학술발표회 논문집, 학회지와 기업체 및 연구소의 연구보고서, 연구논문 및 기술기사 등 국토교통 분야의 광범위한 DB를 구축하고 있는 전문연구정보센터를 활용하여 게재하고 토목연구정보센터가 보유하고 있는 회원 POOL을 통해 홍보·배포하고자 함

[표 3-1] 관련 교육/연구/학회 기관 LIST UP

구분		학과/분야	실험시설 및 장비 보유
교육 기관	서울대	건설환경공학부	- 건설환경종합연구소의 대형실험시설
	충남대	토목공학과	- 구조실험동 및 실험장비
	계명대	토목공학과	- 첨단건설실험센터 및 실험장비
	명지대	토목환경공학과	- 구조실험동, 하이브리드구조실험센터
	한양대	건설환경공학과	- 구조공학 및 재료 실험실
	단국대	토목환경공학과/건축공학과	- 대형구조실험동 및 건축실험동
	경희대	건축공학과	- 구조실험동 및 실험장비
	서울시립대	토목공학과	- 건축구조 실험동 및 실험실
	중앙대학교	사회기반시스템공학부	- 구조/콘크리트 재료 실험실
	부산대학교	토목공학과	- 구조실험동 및 지진방재연구센터
연구 기관	현대건설 기술연구소	-	- 대형구조실험동
	RIST 강구조연구소	-	- 대형구조물 시험 시설
	한국기계연구원	-	- 구조물 피로파괴 대형연구실
학회	대한토목학회	토목	-
	건축학회	건축	-
	강구조학회	토목	-
	콘크리트학회	토목	-
	한국지진공학회	토목/건축	-
	한국유지관리공학회	토목/건축	-
기타	토목연구정보센터	-	-
	국토교통지식정보센터	-	-
	국토교통전자정보관	-	-

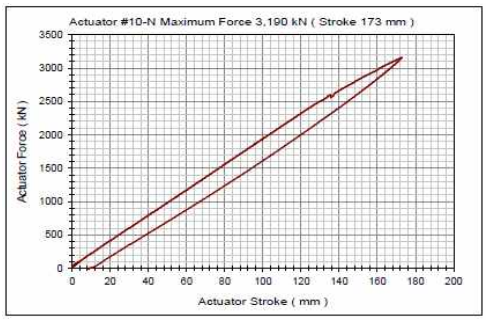
※ 폭넓게 활용될 수 있도록 추가로 구조실험시설·장비를 보유하고 있는 기관 조사를 통해 배포 예정

1. 적용 사례 및 활용 내용

<table>
<tr><th colspan="5">보/거더 휨실험 절차서</th></tr>
<tr><td colspan="2">실험명</td><td colspan="3">생태교 맞춤형 PSC 교량의 구조성능 검증 실험</td></tr>
<tr><td rowspan="2">실험
개요</td><td rowspan="2">유형</td><td rowspan="2">▣ 국책과제(국토부 R&D과제)
□ 기업체 수탁/용역
□ 기타</td><td>의뢰기관명</td><td>㈜삼현피에프,
건설연구인프라운영원</td></tr>
<tr><td>의뢰자</td><td>한종욱</td></tr>
<tr><td colspan="2">실험 수행 기관</td><td colspan="3">▣ 건설연구인프라운영원 □ 한국건설기술연구원 □ 대우건설 기술연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용 기간</td><td colspan="3">‘13. 06. 03. ~ ’13. 07. 02.</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용 내용</td><td colspan="3">○ 실험 개요
- 개요 : 생태거더 실험체를 대상으로 정적재하실험을 수행
- 실험체 : (Type-1) 프리캐스트 반단면 패널
(Type-2) 횡방향 이음부
(Type-3) 종방향 이음부
○ 활용 내용
- 실험체 설치
· 지지조건 : 힌지와 롤러 지점 설치
· 로딩프레임과 유압가력기 설치 : 3점 재하
※ 실험체 크기 및 특성을 고려하여 유압가력기의 스위블헤드 하부에 가력빔을 설치함
- 실험 수행
· 실험 방법 : 항복 이후 특정 변위까지는 0.5mm/min 변위제어 휨실험 수행, (Type-3)의 경우에는 600kN까지는 0.5kN/sec 하중제어로, 그 이후에는 1mm/min의 변위제어로 수행</td></tr>
<tr><td colspan="2">관련 사진</td><td colspan="3">○ 실험 수행
 
실험체 설치 전경
 

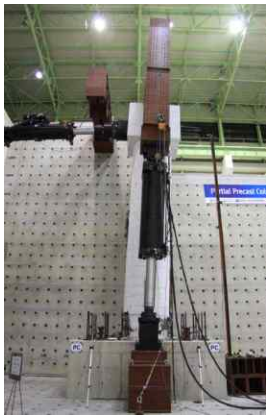
실험결과(하중-변위 그래프)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타 의견</td><td colspan="3">○ 실험절차서 관련 건의 사항(보완 사항)
- 대학교 관련 학과의 실험실습에 적용하여 교육용으로 활용할 수 있도록 실험 절차서를 각 대학에 배포하여 활성화시켜야 함
○ 향후 지속 활용 여부
- 지속적인 활용이 가능할 것으로 보임</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="6">보/거더 휨실험 절차서</th></tr>
<tr><td colspan="2">실험명</td><td colspan="4">50m SB합성거더 정·동적 구조성능 실험</td></tr>
<tr><td rowspan="2">실험
개요</td><td rowspan="2">유형</td><td rowspan="2">▣ 국책과제(국토부 R&D과제)
□ 기업체 수탁/용역
□ 기타</td><td>의뢰기관명</td><td colspan="2">삼표건설(주)</td></tr>
<tr><td>의뢰자</td><td colspan="2">박재홍</td></tr>
<tr><td colspan="2">실험 수행 기관</td><td colspan="4">▣ 건설연구인프라운영원 □ 한국건설기술연구원 □ 대우건설 기술연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용 기간</td><td colspan="4">‘13. 08. 12. ~ ’13. 08. 30.</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용 내용</td><td colspan="4">○ 실험 개요
- 개요 : 50m SB합성거더의 정적 및 동적 휨 성능을 파악하고자 함
- 실험체 : 50m SB합성 거더(철도교량용, 2m×3.5m×50m)
○ 활용 내용
- 실험체 설치
· 지지조건 : 힌지와 롤러 지점 설치
· 로딩프레임과 유압가력기 설치 : 4점 재하
- 실험 수행
· 실험 방법 : 항복 이후 특정 변위까지 0.015mm/sec 속도로 변위제어 휨실험 수행</td></tr>
<tr><td colspan="2">관련 사진</td><td colspan="4">○ 실험 수행

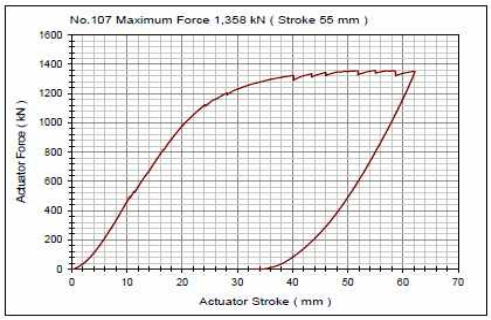
실험체 설치 전경
 

실험결과(하중-변위 그래프)</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타 의견</td><td colspan="4">○ 실험절차서 관련 건의 사항(보완 사항)
- 내용 없음
○ 향후 지속 활용 여부
- 지속적인 활용이 가능할 것으로 보임</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="6">교각 준정적 실험절차서 작성</th></tr>
<tr><td colspan="2">실험명</td><td colspan="4">프리캐스트 교각 업그레이드 연구 실험</td></tr>
<tr><td rowspan="2">실험
개요</td><td rowspan="2">유형</td><td rowspan="2">▣ 국책과제(국토부 R&D과제)
□ 기업체 수탁/용역
□ 기타</td><td>의뢰기관명</td><td colspan="2">GS건설</td></tr>
<tr><td>의뢰자</td><td colspan="2">김도학</td></tr>
<tr><td colspan="2">실험 수행 기관</td><td colspan="4">▣ 건설연구인프라운영원 □ 한국건설기술연구원 □ 대우건설 기술연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용 기간</td><td colspan="4">‘13. 11. 11. ~ ’13. 11. 29.</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용 내용</td><td colspan="4">○ 실험 개요
- 개요 : RC, PC 교각의 구조성능평가 실험 수행
- 실험체 : RC, PC 교각(높이 9.75m, 외경 1.5m)
○ 활용 내용
- 실험체 설치
· 실험조건 : 교각 준정적 실험
· 로딩프레임과 유압가력기 설치 : 교각과 나란하게 5,000kN 용량의 정적 유압가력기를 실험동의 반력바닥에 설치하여 축력을 도입하였으며, 실험체에 수평력을 재하하기 위해 반력벽에 동적 유압가력기를 설치하여 실험체 교각 상부 연결
- 실험 수행
· 실험 방법 : 실험체에 압축력 4,120kN을 유지하였으며 압축력이 도입된 상태에서 수평방향의 2,000kN 동적 유압가력기를 변위제어 방식으로 0.3mm/sec 수평 반복실험을 수행함</td></tr>
<tr><td colspan="2">관련 사진</td><td colspan="4">○ 실험 수행

실험체 설치 전경
 
실험 수행 전경</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타 의견</td><td colspan="4">○ 실험절차서 관련 건의 사항(보완 사항)
- 실험에 영향을 미치는 요인으로 편심에 대한 내용이 좀 더 보강되어서 실험체 설치 및 실험시 주의 사항에 대한 추가 정리가 필요함

○ 향후 지속 활용 여부
- 지속적인 활용이 가능할 것으로 보임</td></tr>
</table>

보/거더 휨실험 절차서				
실험명		T형보(6m) 재하실험		
실험 개요	유형	▣ 국책과제(국토부 R&D과제) □ 기업체 수탁/용역 □ 기타	의뢰기관명	경기대학교 산합협력단
			의뢰자	최병정
실험 수행 기관		▣ 건설연구인프라운영원 □ 한국건설기술연구원 □ 대우건설 기술연구원		
활용 기간		'13. 09. 09. ~ '13. 09. 29.		
활용 내용		○ 실험 개요 - 개요 : T형보(길이 6m, 높이 0.68m, 0.71m) - 실험체 : RC, PC 교각(높이 9.75m, 외경 1.5m) ○ 활용 내용 - 실험체 설치 · 지지조건 : 단순보의 경계조건(4점 재하) - 실험 수행 · 실험 방법 : 0.02mm/sec의 변위제어로 실험 수행, 실험체의 항복 이후에도 일정변위까지 실험 수행		
관련 사진		○ 실험 수행 실험체 설치 전경 실험체 하부 변위계 설치 실험 종료 후 균열 발생 양상  실험결과(하중-변위 그래프)		
기타 의견		○ 실험절차서 관련 건의 사항(보완 사항) - 없음 ○ 향후 지속 활용 여부 - 지속적인 활용이 가능할 것으로 보임		

<table>
<tr><th colspan="6">보/거더 휨실험 절차서</th></tr>
<tr><td colspan="2">실험명</td><td colspan="4">곡선 PSC R-Girder 성능 실험</td></tr>
<tr><td rowspan="2">실험
개요</td><td rowspan="2">유형</td><td rowspan="2">▣ 국책과제(국토부 R&D과제)
□ 기업체 수탁/용역
□ 기타</td><td>의뢰기관명</td><td colspan="2">㈜홍지</td></tr>
<tr><td>의뢰자</td><td colspan="2">이두성</td></tr>
<tr><td colspan="2">실험 수행 기관</td><td colspan="4">▣ 건설연구인프라운영원 □ 한국건설기술연구원 □ 대우건설 기술연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용 기간</td><td colspan="4">‘14. 05. 19. ~ ’14. 05. 25.</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용 내용</td><td colspan="4">○ 실험 개요
- 개요 : 곡선 형태의 PSC 거더 구조성능 평가 실험 수행
- 실험체 : 30m 길이의 곡선형 PSC 거더
○ 활용 내용
- 실험체 설치
· 지지조건 : 단순보의 경계조건(3점 재하)
· 로딩프레임과 유압가력기 설치 : 문형 로딩프레임 설치하고, 유압가력기에 재하빔을 설치하여 하중 재하
- 실험 수행
· 실험 방법 : 0.25kN/sec의 속도로 하중재하로 휨실험 수행하였으며 하중이 1,200kN에 도달한 후에 1mm/min의 속도의 변위제어로 변경하여 실험 수행</td></tr>
<tr><td colspan="2">관련 사진</td><td colspan="4">○ 실험 수행
- 내용 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타 의견</td><td colspan="4">○ 실험절차서 관련 건의 사항(보완 사항)
- 없음

○ 향후 지속 활용 여부
- 지속적인 활용이 가능할 것으로 보임</td></tr>
</table>

신축이음성능 실험절차서				
실험명		대형 레일형 신축이음장치의 성능평가		
실험 개요	유형	□ 국책과제(국토부 R&D과제) ■ 기업체 수탁/용역 □ 기타	의뢰기관명	대봉비엠텍(주)
			의뢰자	박대원
실험 수행 기관		□ 건설연구인프라운영원 ■ 한국건설기술연구원 □ 대우건설 기술연구원		
활용 기간		'13. 09. ~ '14. 01.		
활용 내용		○ 활용 내용 - 교량 신축이음장치 성능평가 실험 절차서 - 작동성능 시험방법(수축신장, 수평축 회전) - 피로내구성 시험방법 - 횡방향 반복성능 평가		
관련 사진		○ 실험 수행 수축신장 시험 횡방향 반복성능시험 피로반복시험 수평축 회전시험		
기타 의견		○ 실험절차서 관련 건의 사항(보완 사항) - 없음 ○ 향후 지속 활용 여부 - 향후 지속적 활용 예정		

<table>
<tr><th colspan="6">1방향 슬래브 휨 성능실험 절차서</th></tr>
<tr><td colspan="2">실험명</td><td colspan="4">뉴하프덱 구조성능검증 실험</td></tr>
<tr><td rowspan="2">실험
개요</td><td rowspan="2">유형</td><td rowspan="2">☐ 국책과제(국토부 R&D과제)
▣ 기업체 수탁/용역
☐ 기타</td><td>의뢰기관명</td><td colspan="2">중앙대학교산학협력단</td></tr>
<tr><td>의뢰자</td><td colspan="2">교수 심창수</td></tr>
<tr><td colspan="2">실험 수행 기관</td><td colspan="4">☐ 건설연구인프라운영원 ☐ 한국건설기술연구원 ▣ 대우건설 기술연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용 기간</td><td colspan="4">‘13. 11. ~ ’14. 02.</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용 내용</td><td colspan="4">○ 활용 내용
• 실험절차서 참고 항목 및 내용
- 실험체 제작 및 설치
- 경계조건 설정
- 가력 및 계측방법
- 하중 재하 조건</td></tr>
<tr><td colspan="2">관련 사진</td><td colspan="4">○ 실험 수행

실험체 설치</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타 의견</td><td colspan="4">○ 실험절차서 관련 건의 사항(보완 사항)
- 없음

○ 향후 지속 활용 여부
- 지속 활용</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="6">보-기둥 접합부 성능실험 절차서</th></tr>
<tr><td colspan="2">실험명</td><td colspan="4">보강골조 내진성능실험</td></tr>
<tr><td rowspan="2">실험
개요</td><td rowspan="2">유형</td><td rowspan="2">☐ 국책과제(국토부 R&D과제)
▣ 기업체 수탁/용역
☐ 기타</td><td>의뢰기관명</td><td colspan="2">한국지진공학회</td></tr>
<tr><td>의뢰자</td><td colspan="2">한양대 건축교수 유은종</td></tr>
<tr><td colspan="2">실험 수행 기관</td><td colspan="4">☐ 건설연구인프라운영원 ☐ 한국건설기술연구원 ▣ 대우건설 기술연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용 기간</td><td colspan="4">‘13. 12. ~ ’14. 03.</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용 내용</td><td colspan="4">○ 활용 내용
• 실험절차서 참고 항목 및 내용
- 실험체 제작 및 설치
- 경계조건 설정
- 가력 및 계측방법
- 내진성능실험을 위한 정·부 반복가력 방법</td></tr>
<tr><td colspan="2">관련 사진</td><td colspan="4">○ 실험 수행

실험체 설치 및 실험 전경</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타 의견</td><td colspan="4">○ 실험절차서 관련 건의 사항(보완 사항)
- 없음

○ 향후 지속 활용 여부
- 지속 활용</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="6">1방향 슬래브 휨 성능실험 절차서</th></tr>
<tr><td colspan="2">실험명</td><td colspan="4">데크 플레이트 휨 성능시험</td></tr>
<tr><td rowspan="2">실험
개요</td><td rowspan="2">유형</td><td rowspan="2">☐ 국책과제(국토부 R&D과제)
▣ 기업체 수탁/용역
☐ 기타</td><td>의뢰기관명</td><td colspan="2">한구조엔지니어링</td></tr>
<tr><td>의뢰자</td><td colspan="2">(대표)박준범, 김지상</td></tr>
<tr><td colspan="2">실험 수행 기관</td><td colspan="4">☐ 건설연구인프라운영원 ☐ 한국건설기술연구원 ▣ 대우건설 기술연구원</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용 기간</td><td colspan="4">‘14. 08.</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용 내용</td><td colspan="4">○ 활용 내용
• 실험절차서 참고 항목 및 내용
- 시험체 설치 및 경계조건 설정
- 가력 및 계측방법</td></tr>
<tr><td colspan="2">관련 사진</td><td colspan="4">○ 실험 수행

실험 전경</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타 의견</td><td colspan="4">○ 실험절차서 관련 건의 사항(보완 사항)
- 없음

○ 향후 지속 활용 여부
- 지속 활용</td></tr>
</table>

제4장 연구목표 달성 및 기대효과

1절. 연구개발 최종목표 달성도

1. 최종목표 달성도(성과점검기준표)

○ 목표 대비 100%이상 성과 달성
○ 교량 상부구조 부재(피로/진동성능 실험)는 피로성능평가 실험, 동특성평가 실험 두 가지로 구분하여 실험절차서 및 예제매뉴얼 작성
○ 과제의 특성상 논문 게재보다는 학술대회 발표를 통한 연구 성과 홍보에 많은 중점을 두어 양적 성과 도출
- 지침/매뉴얼 : 22건 (목표건수:19건) / 학술회의 발표 : 14건 (목표건수:8건) / 학술지 게재 : 2건 (목표건수:4건)

	과제명		성과목표		성과지표		성과검증 기준				가중치 (%)	달성평점 (평점 1~5)
							목표수준		측정방법	검증 방법		
							목표치	달성치				
질적 지표 점검	1	교량 상부구조 부재의 성능평가실험 프로세스 표준화	1-1	교량 상부 구조의 휨성능 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	6건	전문가 자문 실적 건수	보고서	3	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	11건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	3	
			1-2	교량 상부 구조의 휨성능 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	3건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	3	
					②	연구시설/장비 활용 실적	1건	1건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	2	
			1-3	교량 거더-바닥판 합성성능실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	3건	전문가 자문 실적 건수	보고서	3	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	11건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	2	
			1-4	교량 거더-바닥판 합성 성능 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	9건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	3	
			1-5	교량 상부구조의 피로/진동성능 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	9건	전문가 자문 실적 건수	보고서	3	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	9건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	2	
			1-6	교량 상부구조의 피로/진동성능 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	16건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	3	
					②	연구시설/장비 활용실적	1건	2건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	2	

	2	교량 하부구조 및 장치의 성능평가실험 프로세스 표준화	2-1	교량 교각의 구조성능실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	6건	전문가 자문 실적 건수	보고서	3	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	4건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	3	
			2-2	교량 교각의 구조성능실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	3건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	3	
					②	연구시설/장비 활용 실적	1건	1건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	2	
			2-3	신축이음의 구조성능평가 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	1건	전문가 자문 실적 건수	보고서	3	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	7건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	2	
			2-4	신축이음의 구조성능평가 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	12건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	3	
					②	연구시설/장비 활용 실적*	-	1건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	-	
			2-5	교좌장치의 구조성능평가 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	1건	전문가 자문 실적 건수	보고서	3	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	7건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	2	
			2-6	교좌장치의 구조성능평가 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	10건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	3	
					②	연구시설/장비 활용 실적	1건	1건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	2	
	3	건축구조 부재의 성능평가 실험 프로세스 표준화	3-1	건축 슬래브의 휨성능 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	6건	전문가 자문 실적 건수	보고서	3	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	10건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	3	
			3-2	건축 슬래브의 휨성능 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	6건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	3	
					②	연구시설/장비 활용 실적	1건	1건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	2	
			3-3	건축 보-기둥 연결부재의 구조성능실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	2건	전문가 자문 실적 건수	보고서	3	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	4건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	2	
			3-4	건축 보-기둥 연결부재의 구조성능실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	7건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	3	
					②	연구시설/장비 활용 실적*	-	1건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	-	
			3-5	건축 기둥의 압축성능 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	2건	전문가 자문 실적 건수	보고서	3	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	4건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	2	
			3-6	건축 기둥의 압축성능 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	4건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	3	
					②	연구시설/장비 활용 실적	1건	1건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	2	
	4	Data Model 표준(안)	4-1	지침/매뉴얼의 개발 건수	①	전문가의 자문 실적	1건	4건	전문가 자문 실적 건수	보고서	5	

	5	가이드라인/ 예제매뉴얼 홍보 및 보급	5-1	홍보 및 보급 건수	①	지침/매뉴얼의 개발 및 보급	3건	3건	관련기관 배포 활용실적/ 보완 건수	보고서 활용사례	2	
						지침/매뉴얼의 현장활용도	3건	3건	관련 실험 현장활용도 건수	보고서 활용사례	2	
						연구개발 관련 홍보	3건	3건	연구 성과물 홍보 건수	보고서 홍보사례	2	
						기술확산을 위한 상호교류 정도	3건	3건	연구 성과물 기술확산을 위한 상호교류 건수	보고서 교류사례	2	
	계										100	

양적 지표 점검	사업연계지표	목표1	목표 건수	달성 건수	증빙	인정 건수	달성율 (%)	가중치 (%)	달성평점 (평점 1~5)
		지침/매뉴얼의 개발 및 보급	19건	22건	[붙임4] (별권)구조성능 평가 실험절차서		100	70	
		학술회의 발표논문 건수	8건	14건	[붙임3] (3-5) 성과점검기준표		100	10	
		학술지 게재 논문 건수	4건	2건	[붙임3] (3-5) 성과점검기준표		50	20	
	계							100	

*) 2차년도에는 당시 예산 사정상 검증 실험을 계획하지 못했으나, 공동기관(한국건설기술연구원, ㈜대우건설)에서는 연구기관 자체 실험으로 대체하여 실험절차서 검증 실험을 추가로 수행함

2. 연차별 목표성과 달성도

가. 1차년도

	과제명		성과목표		성과지표		성과검증 기준				가중치 (%)	달성평점 (평점 1~5)
							목표수준		측정방법	검증 방법		
							목표치	달성치				
성과 질적 목표 점검	1	교량 상부구조 부재의 성능평가실험 프로세스 표준화	1-1	교량 상부 구조의 휨성능 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	6건	전문가 자문 실적 건수	보고서	15	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	11건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	5	
			1-2	교량 상부 구조의 휨성능 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	3건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	5	
					②	연구시설/장비 활용 실적	1건	1건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	10	
	2	교량 하부구조 및 장치의 성능평가실험 프로세스 표준화	2-1	교량 교각의 구조성능실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	6건	전문가 자문 실적 건수	보고서	15	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	4건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	5	
			2-2	교량 교각의 구조성능실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	3건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	5	
					②	연구시설/장비 활용 실적	1건	1건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	10	
	3	건축구조 부재의 성능평가 실험 프로세스 표준화	3-1	건축 슬래브의 휨성능 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	6건	전문가 자문 실적 건수	보고서	10	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	10건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	5	
			3-2	건축 슬래브의 휨성능 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	6건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	10	
					②	연구시설/장비 활용 실적	1건	1건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	5	
	계										100	

		목표	목표 건수	달성 건수	증빙	인정 건수	달성율 (%)	가중치 (%)	달성평점 (평점 1~5)
양적 지표 점검	사업연계지표	지침/매뉴얼의 개발 및 보급	6건	6건	[붙임4] (별권)구조성능 평가 실험절차서		100	70	
		학술회의 발표 논문 건수	3건	-	-		-	30	
	계							70	

※ 1차년도의 양적성과는 학술대회 일정에 따라 2차년도에 제출(학술회의 발표 논문)

나. 2차년도

	과제명		성과목표		성과지표		성과검증 기준				가중치 (%)	달성평점 (평점1~5)
							목표수준		측정방법	검증 방법		
							목표치	달성치				
성과 질적 목표 점검	1	교량 상부구조 부재의 성능평가실험 프로세스 표준화	1-1	교량 거더-바닥판 합성성능실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	3건	전문가 자문 실적 건수	보고서	15	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	11건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	10	
			1-2	교량 거더-바닥판 합성성능 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	9건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	10	
		교량 하부구조 및 장치의 성능평가실험 프로세스 표준화	1-1	신축이음의 구조성능평가 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	1건	전문가 자문 실적 건수	보고서	15	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	7건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	10	
			1-2	신축이음의 구조성능평가 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	12건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	10	
					②	연구시설/장비 활용실적	-	1건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	-	
		건축구조 부재의 성능평가 실험 프로세스 표준화	1-1	건축 보-기둥 연결부재의 구조성능실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	2건	전문가 자문 실적 건수	보고서	10	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	4건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	10	
			1-2	건축 보-기둥 연결부재의 구조성능실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	7건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	10	
					②	연구시설/장비 활용실적	-	1건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	-	
	종합점수 = ∑ (성과목표별 달성평점 ×가중치)										100%	

	사업연계지표	목표	목표 건수	달성 건수	증빙	인정 건수	달성율 (%)	가중치 (%)	달성 평점
양적 지표 점검		지침/매뉴얼의 개발 및 보급	6건	6건	[붙임4] (별권)구조성능평가 실험절차서		100	70	
		학술회의 발표 논문 건수	2건	7건	[붙임3-5] 성과점검기준표 증빙		350	10	
		학술지 게재 논문 건수	2건	1건	[붙임3-5] 성과점검기준표 증빙		50	20	
	종합점수 = ∑ (성과별달성율×가중치)							115	

다. 3차년도

	과제명		성과목표		성과지표		성과검증 기준				가중치 (%)	달성평점 (평점 1~5)
							목표수준		측정방법	검증방법		
							목표치	달성치				
성과 질적 목표 점검	1	교량 상부구조 부재의 성능평가실험 프로세스 표준화	1-1	교량 상부구조의 피로/진동성능 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	9건	전문가 자문 실적 건수	보고서	10	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	9건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	5	
			1-2	교량 상부구조의 피로/진동성능 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	16건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	5	
					②	연구시설/장비 활용실적	1건	2건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	5	
	2	교량 하부구조 및 장치의 성능평가실험 프로세스 표준화	2-1	교좌장치의 구조성능평가 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	1건	전문가 자문 실적 건수	보고서	10	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	7건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	5	
			2-2	교좌장치의 구조성능평가 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	10건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	5	
					②	연구시설/장비 활용실적	1건	1건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	5	
	3	건축구조 부재의 성능평가 실험 프로세스 표준화	3-1	건축 기둥의 압축성능 실험 가이드(안)라인 작성	①	전문가 자문 실적	1건	2건	전문가 자문 실적 건수	보고서	10	
					②	실험표준 규격 조사 및 분석 실적	3건	4건	실험표준 규격 조사 및 분석 실적 건수	보고서	5	
			3-2	건축 기둥의 압축성능 실험 예제 매뉴얼 작성	①	관련 실험사례 조사 및 분석 실적	3건	4건	관련 실험사례 조사 및 분석 실적 건수	보고서	5	
					②	연구시설/장비 활용실적	1건	1건	연구시설/장비 활용 실적 건수	보고서	5	
	4	Data Model 표준(안) 작성	4-1	지침/매뉴얼의 개발	①	전문가의 자문 실적	1건	4건	전문가 자문 실적 건수	보고서	10	
	5	홍보 및 보급		가이드라인/예제매뉴얼 홍보 및 보급	①	지침/매뉴얼의 개발 및 보급	3건	3건	관련기관 배포 활용실적/ 보완 건수	보고서 활용사례	4	
						지침/매뉴얼의 현장활용도	3건	3건	관련 실험 현장활용도 건수	보고서 활용사례	4	
						연구개발 관련 홍보	3건	3건	연구 성과물 홍보 건수	보고서 홍보사례	4	
						기술확산을 위한 상호교류 정도	3건	3건	연구 성과물 기술확산을 위한 상호교류 건수	보고서 교류사례	3	
	계										100	

		목표	목표 건수	달성 건수	증빙	인정 건수	달성율 (%)	가중치 (%)	달성평점 (평점 1~5)
양적 지표 점검	사업연계지표	지침/매뉴얼의 개발 및 보급	7건	10건	[붙임4] (별권)구조성능평가 실험절차서		142	70	
		학술회의 발표 논문 건수	3건	7건	[붙임3-5] 성과점검기준표 증빙		233	10	
		학술지 게재 논문 건수	2건	1건	[붙임3-5] 성과점검기준표 증빙		50	20	
	계							130	

2절. 연구개발 성과의 기대효과

1. 기술적 기대효과 및 파급효과

◦ 건설기술 실험분야에 대한 국제적 표준 선도 가능
◦ 국가 및 민간 R&D를 통한 실험 및 개발 제품의 신뢰성 제고
◦ 국가 SOC구조물의 안전성 확보를 위한 검증 실험의 신뢰성 향상을 통해서 보다 나은 국민의 삶의 질 확보
◦ 국가 R&D 실험 DATA의 체계적인 관리와 실험데이터의 신뢰성 확보를 통해 연구개발 속도 가속화 및 연구의 질적 향상 기대
◦ 실험데이터의 축적과 공유를 통하여 중복 실험 방지
◦ 연구개발 제품의 성능향상 및 신뢰성 확보
- 현재, 신기술 신청을 위해서는 신기술 개발자가 직접 신청 기술에 대한 적정 성능시험을 수행할 품질검사기관을 선정하여 성능시험을 수행하고 그 결과를 제출하도록 되어 있으나, 시험사항/시험수행기관/시험경비/소요기관 등에 관한 애로사항이 많고 표준화된 실험 절차가 없어 신기술 개발에 애로사항이 있음
- 건설신기술·신공법 기술이 적용된 제품의 성능을 검증하기 위한 실험을 수행하는데 있어, 기관별/실험자별/활용 실험시설 및 장비 별로 발생하는 오차를 최소화하여 질적인 기술개발을 도모할 수 있음
- 민간 표준개발 역량을 확충함으로써 대기업·중소기업 등 민간기업의 연구개발 활성화를 독려하여 민간 기업의 기술개발 촉진
◦ 연구 성과의 산업화와 실용화 기간 단축

2. 경제적 기대효과 및 파급효과(시장창출, 고용창출 등)

◦ 건설분야 구조물의 구조성능검증 실험에 대한 시험방법, 절차, 용어 등에 대한 이중 규격 사용에 따른 혼란을 방지하고 단일 실험프로세스 정립 등으로 비용절감 효과 기대
◦ 표준화된 프로세스에 따른 성능검증을 바탕으로, 국내 건설기술의 국제 경쟁력 제고
- [건설관리기술법 제 18조, 제 4항, 제43조 / 건설기술관리법 시행령 제 43조] 에 의거하여 건설공사에 신기술을 우선 적용하여 국내의 건설기술력 향상에 이바지
◦ 해외 건설 수주를 위한 건설기술의 성능검증 실험을 국내에서 수행함으로써 외화 유출 방지 및 해외 기술검증 실험수요의 국내 흡수 가능
◦ 연구성과의 산업화와 실용화 기간 단축

3. 정책적 기대효과 및 파급효과

◦ WTO/TBT 협정에서 회원국의 표준이나 기술기준 제·개정시 국제표준 (ISO/IEC)을 따르도록 권고하고 있어, 건설기술분야 정부규격의 글로벌스탠더드화는 국제협정을 준수하고 무역상 기술장벽에 능동적으로 대응 가능

◦ 신성장 산업기술 개발 및 국제표준 선점 등 국제 표준화 활동 강화

◦ 유럽 선진국 수준의 국가표준 확보 및 국제 표준 제안 가능

◦ 표준화된 성능검증 실험 절차를 통해 정부차원의 체계적인 검인증 시스템 마련이 가능하여, 국가 기반시설물의 중요 요소인 국토교통분야 기술·제품의 체계적인 성능 검증과 인증이 가능

- 현재 국가시험기준 및 규격은 대부분 특정한 산업제품으로 한정적이며, 점점 시스템화 되고 있는 건설기술·공법·제품들에 대한 성능평가에는 적용하기가 어려움

◦ 정부 자체적으로 대형 실험을 요구하는 SOC분야의 안전성 확보와 신기술 개발 촉진 등을 위해 국토교통 분야 성능평가 및 시험인증을 위한 표준 시험기준 개발과 인증 체계 개선에 큰 역할을 할 수 있음

◦ 기술/시험표준에 대한 인증제도 개발과 지속적인 교육 및 보급을 통해 관련 분야의 실질적인 교육 및 전문 인력 양성이 기여

제5장 연구성과의 향후 활용방안 및 추가연구 필요성

1절. 연구성과 향후 활용방안

○ 구조실험 프로세스 표준화 연구는 구조실험을 수행함에 있어 원천적인 연구로서, 본 연구성과의 활용을 통해 구조실험을 수행하려는 국내 기관 및 학계에 기술적 판단 능력을 향상시킬 수 있음

○ 구조물의 성능검증을 위한 실증적 실험 지침으로 활용
- 각종 구조물 성능향상을 위한 연구개발에 있어서 신뢰성 높은 실증적 연구가 진행될 수 있도록 실험적 연구에 활용
- 국가 및 민간 R&D을 통한 실험 및 개발 제품의 신뢰성 제고
- 관련분야 건설신기술의 성능검증실험에 활용
- 국가 SOC구조물의 안전성 확보를 위한 검증 실험의 신뢰성 향상을 통해서 보다 나은 국민의 삶의 질 확보

○ 본 과제의 최종 성과물인 실험절차서(안)가 건설기술 R&D 실험검증에 폭넓게 활용되기 위해서는 국토교통부에서 관련 분야에 대한 '성능검증실험기준'을 제정하고 국토교통 R&D과제 또는 건설신기술 등에 있어서 해당분야의 실험에 대해서는 표준화된 절차를 따라 수행하고 표준절차에 따른 실험결과를 공인성적서로 인증하는 등 관련 규정 제정을 위한 추가 후속연구 필요

○ 실험 프로세스 가이드라인의 최종 수요자 및 활용 계획
- 최종 성과물 수요기관은 주로 구조실험시설을 보유한 대학(교육용), 공공기관 및 산업체의 연구소(연구용)로 예상
- 외부에서 실험 의뢰자는 대상 구조부재 또는 부속장치에 대한 실험과 실험성적서를 요청하고, 관련기관에서는 본 과제에서 제시한 표준 실험 절차에 따라 실험을 수행한 후 성적서를 발행하여 검・인증 기관에 제출 가능하도록 추진
- 본 과업에서 제시한 실험절차서(안)를 국토교통부에서 최종 승인할 경우, 해당 실험절차에 의해 수행된 실험성적서는 건설신기술, 신공법에 대한 공인성적서는 물론 현장 시공시 발주기관의 요청에 의해 제시되는 공식 성적서로 활용 가능
- 본 과업을 통해 제시되는 실험 프로세스 가이드 및 예제 매뉴얼은 향후 대학, 연구소 및 연구기관, 기업체 등에서 제품개발 및 기술 개발시 검증실험을 위한 표준 절차로 활용될 수 있을 것으로 예상됨
- 주관, 공동연구기관 등 참여기관에서는 '구조성능평가 실험절차서'의 활용도를 제고하기 위해 Data Model에 관한 실험 Data를 지속적으로 수집

2절. 추가연구 필요성 등

○ 본 연구에서는 예산 및 연구기간의 한계로, 일부 구조부재(총 11개 부재 또는 장치)에 대한 실험절차(프로세스)에 대한 표준 가이드라인(안)과 예제 매뉴얼을 작성

○ 본 연구결과는 실제 실험을 진행함에 있어 실험기관, 실험자, 실험장비 등에 상관없이 실험결과의 균질성을 확보하는데 충분한 실험 과정에 대한 절차서를 제공하고 있으나, 연구과제 결과로서의 표준화된 가이드라인을 제안한 것이므로 범용적으로 적용하기 위해서는 추가적인 보완 및 후속 연구를 통해 실제 표준 시험기준으로 발전시킬 필요가 있음

○ SOC구조물과 같은 대형 구조물의 특성상 국가표준에 해당하는 KS 표준으로 확장하여 제정하기에는 무리가 있음. 따라서 그 보다는 한 단계 낮지만 제·개정이 용이하고 사용하는 단체의 충분한 의견 반영이 쉬운 단체표준으로 제정하여 활성화하여 활용하도록 해야 함

- 건설교통 분야 R&D 기술·제품의 품질 및 성능평가 시험기준을 국토해양부 단체표준* 으로 개발하여 중소기업의 신기술 지정률을 제고하고 개발기술의 사업화 촉진을 통해 고용창출 등 정부 창조경제 정책에 일조

○ 따라서, 구조성능평가 실험절차서의 단체표준화를 위해서는 제도화 및 실질적 운영관리 측면에서 국토교통부에서 별도 연구개발로서 단체표준을 추진하고 한국표준협회와 협력하여 건설교통 분야에 대한 표준개발협력기관(COSD)을 선정하여 위탁관리 및 보급하여 활용도를 제고해야 함

○ 특히, 추가 연구에 있어서는 본 과제에서 수행한 일부 구조부재에 대한 내용은 곧바로 표준으로 제정하여 시행하고, 타 건설 분야 및 교통 분야까지 확대하여 표준화된 실험절차서와 매뉴얼을 추가 작성하고 이를 표준화해야 함

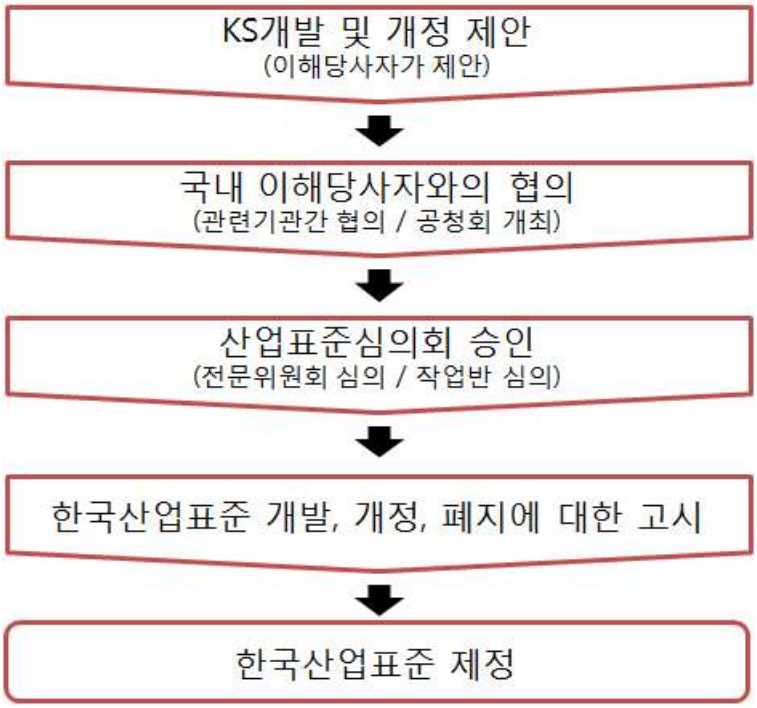
- 본 과제는 건설분야 시험표준 필요성 및 실효성 검토를 위해 선행 된과제이며, 예상되는 전체 실험절차 항목들 중 극히 일부에 해당됨
- 본 과제를 통해 관련 분야의 전문가들 및 교육자들의 관심을 고취하고, 표준화된 실험절차에 대한 필요성을 인식시킴. 즉, 추가적인 연구 및 후속 과제를 통해 국토교통기술 전반적인 분야에 대한 시험기준을 개발할 필요가 있으며, 이를 국토교통 단체표준 제정 및 제도화를 위한 중장기 로드맵을 마련해야 함

※ 후속 연구 "건설교통 기술·제품의 성능평가 검인증을 위한 실험절차 표준화 기획" 연구과제를 협약('14.12.23) 하였으며, 후속 연구를 통해 보다 완성도 있는 표준 마련 기획을 계획하였음

<국가표준 및 국제표준화를 위한 중장기 추진계획>

○ 본 과업 종료 이후에 국제표준화를 위한 중장기 추진계획/절차 제시

- 향후 본 과제의 최종 성과물이 국토해양부의 '단체표준'이 되고, 더 나아가 '국내표준(KS)' 및 '국제표준(ISO)'로 확대되기 위해서는 추가적인 후속 연구가 진행되어야 함
- 국내표준(KS)화 절차는 다음 그림과 같으며, 이해 관계자들의 협의과정 및 공청회 등의 절차를 거쳐야 함(국토해양부에서 공청회 등을 통해서 최종 기준으로 제정하고, 지식경제부 기술표준원의 KS인증 절차에 따른 진행되어야 하는 등 기술적, 행정적 절차가 수반됨)



- 국제표준은 국내의 단체표준 또는 국가표준화 이후에도 오랜 기간에 걸쳐 사용함으로써 보편화 과정을 거친 이후에 진행되어야 함.
- 국내표준 및 단체표준을 국제표준화하기 위해서는 평균 3-4년간의 시간이 소요됨(예: 콘크리트설계기준을 국제표준으로 인증 받는데 3년 소요, 2008년 신청이후 2011년 최종 승인)

○ 국제표준화 목표 및 이를 위한 장기적인 추진계획은 다음과 같음.

① 2년 절차도 (속성, Accelerated)

- WD 없음 : ASTM과 같은 기준을 ISO화하는 특수한 경우

개월수	1~6	7	8~12	13~18	19~21	22~23	24
단계	CD		DIS	코멘트 정리		FDIS	

② 3년 절차도 (기본, Default)

- 실제 국가간 Working Group을 구성하여 WD를 작성하는데 상당한 기간이 소요됨

개월수	1~12	13~18	19	20~24	25~30	31~33	34~35	36
단계	WD	CD		DIS	코멘트 정리		FDIS	

③ 4년 절차도 (연장, Extended)

- 특별한 이슈가 있을 경우 4년으로 연장 (4년 이내에 승인되지 않을 경우에는 폐기된 후 다시 처음부터 진행)

개월수	1~12	13~24	25	26~30	31~42	43~45	46~47	48
단계	WD	CD		DIS	코멘트 정리		FDIS	

※ 주해

ISO TC	해당 위원회에서 개발해야할 문서	ISO 중앙 사무국	가공해야할 문서 (편집, 감수)	ISO 회원국	DIS, FDIS 투표를 위해 ISO 회원국에 회람될 문서

[참고문헌]

1. 채성태 (2010), “건설분야에서의 표준의 역할 및 방향”, 콘크리트학회지, 제22회 5권, pp. 20~26, 2010. 9.
2. 신수봉 (2010), “건설분야 관련 ISO 활동”, 대한토목학회지, p.91~97, 2010. 12.
3. Society for Experimental Mechanics “Handbook on Structural Testing 1993”
4. 일본토목학회 “구조실험지도서 2000”
5. KSA 한국표준협회 “규제 혁신 도구로서의 표준활용(미국 정부의 추진사례 및 시사점)”, KSA Policy Study 007, 2014. 03(2014-1호)
6. KSA 한국표준협회 “기술기준에서 국제표준의 활용(OECD 5개국 주요 산업별 국제표준 활용사례 비교 분석)”, KSA Policy Study 005, 2013. 09(2013-5호)
7. KSA 한국표준협회 “한국 FTA TBT 분야 이행 10년의 평가와 과제”, KSA Policy Study 008, 2014. 05(2014-2호)
8. KSA 한국표준협회 “한국형 단체표준의 현황과 과제(제도변화 및 제정추이를 중심으로)”, KSA Policy Study 006, 2013. 12(2013-6호)
9. KSA 한국표준협회 “단체표준총람”, 2010
10. 이수연 등, “철근 콘크리트 골조 구조의 구조 실험에 관한 기준”, 콘크리트학회지, 2001. 1. pp. 42~47
11. 정철헌 등, “중공강관 및 콘크리트 충전강관 휨 실험”, 대한토목학회 논문집, Vol. 24, No. 4A, 2004.
12. 황윤희 등, “GFRP bar 보강내염성 콘크리트보의 휨 성능”, 대한토목학회 정기학술대회 논문집, 2007.
13. 정철헌 등, “콘크리트 충전 원형 강관의 휨거동”, 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집, 2007.
14. 김성환 등, “라텍스개질콘크리트로 보수, 보강된 RC보의 휨 거동에 관한 실험적 연구”, 대한토목학회논문집, Vol. 29, No. 5A, 2009.
15. 손영현, “고강도 영역 콘크리트의 파괴역학적 휨 파괴특성”, 대한토목학회 논문집, Vol. 22, No. 4A, 2002.
16. 배주성 외, “장·단 강섬유를 혼입한 고강도콘크리트의 휨파괴특성”, 대한토목학회 논문집, Vol. 22, No. 3A, 2002.
17. 전찬기, “강섬유의 형태에 따른 SFRC보의 휨거동에 관한 연구”, 대한토목학회 논문집, Vol. 12, No. 4, 1992.
18. 김남욱 등, “하이브리드 강섬유보강 콘크리트의 휨파괴인성 특성”, 대한토목학회 논문집, Vol. 23, No. 4A, 2003.
19. 박상렬 등, “CFRP 긴장재를 이용한 외부 보강 철근콘크리트 보의 극한 휨강도”, 대한토목학회 논문집, Vol. 27, No. 5A, 2007.
20. 박대효 등, “고강도 강섬유보강 콘크리트를 사용한 이중 프리스트레스 콘크리트보의 휨

거동”, 대한토목학회 학술발표회 논문집, 2001.
21. 김기웅 등, “1방향 중공관 데크슬래브의 휨 성능에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회논문집 제27권, 2011.
22. 하봉규 등, “중공형 단면을 갖는 슬래브의 휨거동에 관한 실험연구”, 대한건축학회 학술대회논문집 제30권, 2010.
23. 김순철 등, “데크플레이트용 와이어메쉬를 사용한 콘크리트슬래브의 휨 거동”, 대한건축학회논문집 제11권, 2009.
24. 이성호 등, “길이방향으로 연속된 래티스를 가지는 철선 트러스데크의 구조 거동”, 한국강구조학회 논문집 제21권, 2009.
25. 김명모 등 “신형 데크플레이트와 철판망을 적용한 합성슬래브의 휨 거동”, 한국강구조학회 논문집 제15권, 2003.
26. 안상호, “경량패널에 탄소섬유쉬트가 접착된 복합패널로 보강한 RC슬래브의 휨거동에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회논문집 제18권, 2002.
27. 국토해양부, 도로교설계기준, 한국도로교통협회, 2010
28. 국토해양부, 도로교설계기준(한계상태설계법), 한국도로교통협회, 2012
29. 대우건설, 프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판의 개발 및 실용화, 건설교통부, 2002.
30. 박성용, 조정래, 황훈희, 조근희, 백동열, 김성태, “FRP-콘크리트 합성을 위한 퍼포본드 전단 연결재의 성능 평가”, 한국콘크리트학회 학술발표대회, 2006. 11., pp. 297-300.
31. 심창수, 이필구, 장성욱, 장승필, “프리캐스트 콘크리트 바닥판을 갖는 강-콘크리트 합성보의 정적 및 피로 거동”, 대한토목학회 논문집, 제19권, 제I-3호, pp. 417-425, 1995.
32. 유동민, 황훈희, 김성태, 박성용, “초고성능 콘크리트 바닥판 교량의 전단연결부에 대한 실험적 연구”, 한국복합재료학회지, 제24권, 제5호, 2011. 10., pp. 29-33
33. 이필구, 심창수, 윤태양, “대직경 스터드 전단연결재의 정적거동”, 한국강구조학회 논문집, 제15권 6호, pp. 611-620, 2003.
34. 장승필, 심창수, 윤석구, “피로하중을 받는 합성보의 휨강성 감소에 관한 실험적 연구”, 대한토목학회논문집, 제16권, 제I4호, 1996. 7., pp. 445-454.
35. 장승필, 심창수, 윤석구, “강합성교량 스터드 전단연결부의 극한한계상태”, 대한토목학회 논문집, 제19권, 제I-4호, pp. 613-621, 1999.
36. 정철헌, 심창수, 김영진, 장성욱, “프리캐스트 콘크리트 바닥판을 이용한 합성형교량의 정적 및 피로실험”, 대한토목학회 논문집, 제19권, 제I-5호, pp. 791-800, 1999.
37. 정철헌, 이홍수, 박종면, 김영호, “합성작용을 위한 새로운 Perfobond 전단연결재”, 대한토목학회 논문집, 제24권, 제3A호, pp. 525-532, 2004.
38. 정철헌, 이홍수, 유성근, 최외호, “원형강관 거더와 콘크리트 바닥판 사이 ㄱ형 perfobond 리브 전단연결재의 실험적 연구”, 대한토목학회 논문집, 제25권, 제1A호, pp. 1-12, 2005.
39. KS B ISO 18649, “기계적 진동 - 다리의 동적시험 및 조사 측정결과의 평가”, 산업자원부 기술표준원, 2005.
40. KS B ISO 14963, “기계 진동과 충격 - 교량 및 고가교의 동적 시험 및 조사에 대한 지

침”, 산업자원부 기술표준원, 2007.
41. 윤정방, 이종원, 박동욱, 김재동, “교량하중에 의한 상시미진동을 이용한 교량 모드특성 추정기법”, 대한토목학회 논문집, 제20권 제4-A호, 2000, pp. 597-605.
42. 정대성, 김철영, 김남식, 윤자걸, “상시진동실험을 이용한 남해대교의 동특성 평가”, 대한토목학회논문집, 제22권 제6-A호, 2002. pp. 1501-1514.
43. 정대성, 김철영, “유한요소모델개선을 위한 하이브리드 최적화기법의 수치해석 검증”, 한국지진공학회 논문집, 제10권 제6호, 2006, pp. 19-18.
44. 국토해양부, 도로교설계기준, 한국도로교통협회, 2010
45. 국토해양부, 도로교설계기준(한계상태설계법), 한국도로교통협회, 2012
46. 전대형, 피로균열이 발생한 H-Beam 부재의 거동에 대한 시험, 2005, 중부대학교 석사학위논문
47. 이명구, 이승용, 노민래, 플레이트거더의 용접구조세목에서 피로균열의 성장수명, 대한토목학회논문집, 제 22권 제 6-A호, pp.1285~1294, 2011.11
48. 이명구, 경갑수, 이승용, 플레이트거더 용접구조상세의 피로균열발생 및 성장 특성, 대한토목학회논문집, 제 24권 제 1A호, pp.151~157, 2004.1
49. 김지상, 오병환, 프리스트레스트 콘크리트 합성거더 교량의 피로해석, 한국콘크리트학회, 제 5권 4호, pp. 135~144, 1993.12
50. 김종민, 강구조 용접연결부의 피로, 파괴, 균열성장에 관한 연구, 1999, 수원대학교, 석사학위논문
51. 한영동, 강바닥판 기존상세・보강상세의 정적 및 피로거동의 해석적 연구, 2009, 동서대학교, 석사학위논문
52. 신재철, 강바닥판 피로위험 상세구조의 성능개선을 위한 연구, 2009, 경희대학교, 석사학위논문
53. 임철순, 고성능 강재를 활용한 직교이방성 강바닥판 최적상세의 피로실험 및 면외거동에 관한 연구, 2011, 국민대학교, 석사학위논문
54. 조용우, 강바닥판교의 최적 시스템을 위한 해석적 연구, 2003, 국민대학교, 석사학위 논문
55. 전상호, 실물 모형 강상판 접합부상세의 피로강도에 관한 실험적 연구, 2000, 명지대학교, 석사학위논문
56. 공병승, 배두병, 강바닥판교의 종리브-횡리브 교차연결 상세변화에 따른 최적설계방안의 수치해석 연구
57. 경갑수, 신동호, 김교훈, 박경진, 강바닥판 교량의 보강상세에 관한 해석적 연구, 2007
58. 도로/철도 병용교 연결부 피로설계 연구/건설교통부, 1997
59. 서울대학교, “분산공유형 건설연구인프라 구축 추진연구단 최종보고서”, 2009.
60. 한국건설기술연구원 “사회기반시설물의 내진성능 향상기술 개발”,2000.
61. 한국건설기술연구원 “교각 내진성능 평가 및 교량 비선형 내진해석 프로그램 개발”, 2001.
62. 한국도로공사 “고강도콘크리트를 이용한 철근콘크리트기둥과 합성기둥의 설계, 해석프로.그램 개발 및 모형실험 “, 1998.

63. 한국지진공학회 “서해대교 PSM교 내진설계를 위한 교각 축소모형실험” , 1999.
64. 지진공학연구센터 “Reinforcement Details and Design Strength of Bridge Columns in Moderate Seismicity Region” , 2000.
65. 한국과학재단 “철근콘크리트 구조물에서 고강도콘크리트를 사용하는데 따른 구조적 역효과와 그 대책에 관한 연구” , 목적기초연구, 2002.
66. 한국도로공사,중앙대학교 “고속도로 기존교량의 유형별 내진성능 평가를 위한 실험적 연구” , 2001.
67. 지진공학연구센터 “Flexure-Shear Performance of Circular RC Bridge Columns under Cyclic Loading” , 2002.
68. 한국도로공사 “교각의 심부구속방법에 관한 실험 연구 “, 2002.
69. 국토교통부 “비내진 교량의 노후 교좌장치 교체시 지진격리장치를 이용한 내진성능 향상 기술 개발” , 2004.
70. 한국콘크리트학회 “고성능 콘크리트 고교각의 개발 및 실용화 기술 개발 “, 2005.
71. 한국도로공사 “사각 프리스트레스트 말뚝을 이용한 말뚝-기둥 일체형 교각 구조실험” , 2008.
72. 한국시설안전공단 “기존교량의 내진성능평가 및 향상 요령 개정“, 2010.
73. 한국콘크리트학회, 지식경제부, 한국산업기술평가원 “콘크리트 구조물에 대한 고장력 철근의 적용성 연구“, 2007. 9 ~ 2010.
74. 한국도로공사 “중공원형 콘크리트 교각 연성도와 설계변수 상관관계 검증실험 연구“, 2010.
75. American Society for Testing and Materials, “Standard Test Method for Tension Testing of Wir Ropes and Strand (A 931-96),” ASTM 1996
76. American Society for Testing and Materials, “Standard Test Method for Comparing Bond Strength of Steel Reinforcing Bars to Concrete Using Beam-End Specimens (A 944-99),” ASTM 1999
77. American Society for Testing and Materials, “Standard Specification for High Load Rotational Confined Elastomeric Bearings for Bridges and Structures (D 5212-03),” ASTM 2003
78. American Society for Testing and Materials, “Standard Test Methods of Compression Testing of Metallic Materials at Room Temperature (E 9-89a),” ASTM Reapproved 2000
79. American Society for Testing and Materials, “Standard Guide for Conducting Flexural Tests on Beams and Girder for Building Construction (E 529-04),” ASTM 2004
80. American Society for Testing and Materials, “Standard Practice for Static Load Test for Shear Resistance of Framed Walls for Buildings (E 564-00) ASTM 2000
81. American Society for Testing and Materials, “Standard Test Methods for Cyclic (Reversed) Load Test for Shear Resistance of Walls for Buildings (E 2126-02a),” ASTM 2002
82. ACI 374.1-05 Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing and

Commentary, ACI, 2005. 9 pp.
83. ACI 355.4-11, Qualification of Post-Installed Adhesive Anchors in Concrete, ACI, 201, 55 pp.
84. ACI 355.2-07, Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete and Commentary
85. AASHTO, AASHTO LRFD Bridge Design Specification, 4th edition. Washington, D.C., 2007.
86. Abbass, M.M., Adi, A.S. and Karkare, B.S., "Performance Evaluation of Shear Stud Connectors in Composite Beams with Steel Plate and RCC slab" , International Journal of Earth Sciences and Engineerings, Vol. 4(6), pp 586-591, October 2011.
87. Ahn, J.H., Kim, S.H. and Jeong, Y.J., "Fatigue Experiment of Stud Welded on Steel Plate for a New Bridge Deck System", Steel and Composite Structures, 7(5), pp. 391-404, 2007.
88. BSI, BS5400 steel, concrete and composite bridge. Part 5: Code of practice for design of composite bridges. London, England, 2005.
89. CEN, 1994-2 Eurocode 4. Design of Composite Steel and Concrete Structures., General rules and rules for bridges. 2005.
90. Easterling, W.S., Gibbings, D.R. and Murray, T.M. "Strength of Shear Studs in Steel Deck on Composite Beams and Joints", Engineering Journal / American Institute of Steel Construction, Second Quarter, pp. 44-55 , 1993.
91. FHWA/TX-07/0-4124-1, Strengthening Existing Non-Composite Steel Bridge Girders Using Post-Installed Shear Connectors, Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin, 2007.
92. Gnanasambandam, C., Headed Stud Shear Connectors in Solid Slabs and in Slabs with Wide Ribbed Metal Deck, Thesis of Degree of Master, University of Saskatchewan, 1995.
93. Hansell, W.C, Galambos, T.V., Raindra, M.K. and Viest, I.M., "Composite Beam Criteria in LRFD", Journal of Structural Division, Vol. 104, No. ST9, Sept., pp. 1409-1426, 1978.
94. Hanswille, G., Porsch, M. and Ustundag, C., "Resistance of headed studs subjected to fatigue loading Part 1: experimental study", Journal of Constructional Steel Research, 63 pp. 101-116, 2007.
95. Hanswille, G., Porsch, M. and Ustundag, C., "Resistance of headed studs subjected to fatigue loading Part 2: experimental study", Journal of Constructional Steel Research, 63 pp. 485-493, 2007.
96. Issa, M.A., Patton, T.A., Abdalla, H.A., Yousif, A.A. and Issa,, M.A., "Composite Behavior of Shear Connections in Full-Depth Precast Concrete Bridge Deck Pannels on Steel Stringers", PCI Journal, September-October, pp. 2-15 , 2003.
97. Johnson, R.P., Limit States of Composite Bridges, IABSE PERIODICA 1/1987, 1987.
98. Lee, P.G., Shim, C.S. and Chang, S.P., "Static and Fatigue Behavior of Large Stud Shear

Connectors for Steel-Concrete Composite Bridge“, Journal of Constructional Steel Research, 61, pp. 1270-1285, 2005.
99. JSCE Committee on Hybrid Structures (Subcommittee on Standard Specifications), Standard Specifications for Hybrid Structures, JSCE, 2009 (in Japanese).
100. Mundie, D.L., Fatigue Testing and Design of Large Diameter Shear Studs Used in Highway Bridges, Thesis of Degree of Master, Auburn University, 2011.
101. Pashan, A., Behaviour of Channel Shear Connectors: Push-out Tests, Thesis of Degree of Master, University of Saskatchewan, Canada, 2006.
102. Prakash, A., Anandavalli, N., Madheswaran, C.K. and Lakshmanan, N., “Modified Push-out Tests for Determining Shear Strength and Stiffness of HSS Stud Connector-Experimental Study“, International Journal of Composite Materials, 2(3), pp.22-31, 2012.
103. Shariati, A., Ramlisulong, N.H., Suhatril, M. and Shariati, M., “Various types of shear connectors in composite structures: A review”, International Journal of Physical Sciences, Vol. 7(22), pp 2876-2890, 9 June, 2012.
104. Slutter, R.G. and Driscoll, G.C., “Flexural Strength of Steel Concrete Composite Beams“, Journal of Structural Div. Proc. of the ASCE, Vol. 91, No. ST2, 1965.
105. Stark, J.W.B., General Methods of Design of Composite Construction, IABSE Reports, Vol. 61, pp. 7-38, 1990.
106. Wang, Q., Liu, Y., Luo, J. and Lebet, J-P., “Experimental Study on Study Connectors with Large Diameter and High Strength”, IEEE, pp 340-343, 2011.
107. Xie, E. and Valente, M.I.B., Fatigue strength of shear connectors, Research Report, University of Minho, Portugal, 2011.
108. Zeitoun, L., Development of the Resistance Factors for Stud Shear Connectors, M.S. Thesis, The University of Arizona, 1984.
109. ISO 14963, “Mechanical vibration and shock - Guidelines for dynamic tests and investigations on bridges and viaducts”, First edition, 2003.
110. ISO 18649, “Mechanical vibration - Evaluation of measurement results from dynamic tests and investigations on bridges”, First edition, 2004.
111. Maia, N.M.M. and Silva, J.M.M., Theoretical and Experimental Modal Analysis, Research Studies Press, Baldock, UK, 1997.
112. Chul-Young Kim, Dae-Sung Jung, Nam-Sik Kim, Soon-Duck Kwon and Maria Q. Feng, “Effect of Vehicle Weight on Natural Frequencies of Bridges Measured from Traffic-Induced Vibration”, Journal of Earthquake Engineering and Engineering Vibration, Vol.2, No.1, 2003, pp.109-115.
113. Dae-Sung Jung and Chul-Young Kim, “Finite Element Model Updating of a Simply Supported Skewed PSC I-girder Bridge using Hybrid Genetic Algorithm”, KSCE Journal of Civil Engineering, Vol.17, No.3, 2013, pp.518-529.

114. Anil K. Chopra, “Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering”, Second Edition, Prentice Hall,
115. Ward Heylen, Stefan Lammens and Paul Sas, “Modal Analysis Theory and Testing”, KU Leuven.
116. Brüel & Kjær, “Frequency analysis”.
117. Julius S. Bendat and Allan G. Piersol, “Random Data: Analysis and Measurement Procedures”, 2nd Edition, John Wiley & Sons.
118. D. J. Ewins, “Modal Testing: Theory and Practice”, Brüel & Kjær.
119. D. E. Newland, “Random Vibrations, Spectral & Wavelet Analysis”, Third Edition, Longman Scientific & Technical.
120. Nuno M. M. Maia and Hulio M. M. Silvia, “Theoretical and Experimental Modal Analysis”, Research Studies Press Ltd.
121. Kenneth G. McConnell, “Vibration Testing: Theory and Practice”, John Wiley & Sons.
122. LEHIGH university, “Development of data model for large-scale structural experiments”, ATLSS Report No. 06-16, 2006.
123. Demitzakis, S. N. and Mahin, S. A. (1985). “Development of Substructuring Techniques for On-Line Computer Controlled Seismic Performance Testing,” Report UBC/EERC-85/04, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley CA.
124. FEMA (1996). “Connection Test Summaries,” Report No. FEMA 289, Federal Emergency Management Agency (FEMA), Washington D.C.
125. Hong, N. K. and Sause, R. (1994). “Concepts and Notation for Integrated Structural Design: Product and Process Models,” ATLSS Report No. 94-13, Advanced Technology for Large Structural Systems (ATLSS) Center, Lehigh University, Bethlehem PA.
126. http://nisee.berkeley.edu/spd/ (2006). Web site for PEER Structural Performance Database, Pacific Earthquake Engineering Research Center, Berkeley, CA.
127. http://www.sacsteel.org/ (2006). SAC Steel Project web site, SAC Steel Project, Richmond CA.
128. NEESit (2006). “NEEScentral 1.5 User’s Guide,” George E. Brown, Jr. Network for Earthquake Engineering Simulation (NEES), NEES Cyberinfrastructure Center (NEESit), University of California, San Diego, La Jolla CA (available at http://it.nees.org/).
129. Oregon State University (2003). “NEES Database and Metadata Structure, Version 1.3,” white paper, by Oregon State University and Network Alliance for Computational Science and Engineering, Network for Earthquake Engineering Simulation, (available at http://nees.orst.edu/IT/data.model/docs/v1.3a.july16.pdf).
130. Peng, J., and Law, K. (2004). “Reference NEESgrid Data Model,” Technical Report NEESgrid-2004-40, Network for Earthquake Engineering Simulation, (available at http://it.nees.org/documentation/pdf/TR-2004-40.pdf).

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.