

(옆면)

(앞면)

19SFTC-C1
51176-01

중소기업
대형실험센터
기술시험비용
공동활용
지원
최종보고서
2020
국토교통과학기술진흥원

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호()

국토교통연구성과활용지원사업 최종보고서

R&D / 19SFTC-C151176-01

중소기업 기술시험비용 및 대형실험센터 공동활용 지원

최종보고서

(별권 2 시험컨설팅 지원 회의록)

2020

2020.06.26.

주관연구기관 / 국토교통연구인프라운영원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

중소기업 지원과제 시험컨설팅 지원 회의록 목차

1. 부착식 조인트 용접이음부 휨강도 및 전단강도 시험	1
2. 엔진용샤프트 피로시험	5
3. 개인하수처리시설보호벽 압축강도	11
4. 플랜지 극한조건 탈부착 시험	15
5. 파일선단 보강재의 압축시험	20
6. 700MPa급 고강도 철근을 사용한 휨 및 압축부재의 성능시험	24
7. 면진장치 진동대 실험	29
8. PHC피복 원형충전강관 합성말뚝 및 복합말뚝 내력시험	34
9. 조적벽체 균열보수 보수보강재의 성능평가	38
10. 벨로우즈형 신축이음관 내진성능시험	42
11. TT 핸들바 공기력 측정 실험	47
12. 옥외용 쉼터 내풍안정성 시험	52
13. 부품 피로시험	59
14. SACP-JOINT 실물시험	65
15. 태양광구조물의 내구성시험	70
16. 프리캐스트 세그먼트 기둥 연결부 실험	77
17. H pile 및 Hat sheet pile 휨 강도시험	84
18. 합성구조벽체 휨 및 전단연결재 구조성능시험	88
19. 프리캐스트 패널 전단연결재 정적시험	93
20. 케이블 트레이 내풍안정성 평가	98
21. JS 앵커 보강공법을 이용한 조적벽체의 내진성능평가	106
22. 부벽식 옹벽 안정성 수리모형실험	111
23. PHC 파일 연결구 시험	115
24. C/GFRP 강화복합소재를 이용한 개선형 교통신호등주	120
25. 실대형 실험을 통한 900축 IEB의 구조성능 평가	127
26. 공사장 방음시설 내풍안정성 실험	133

국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험컨설팅

I. 시험컨설팅 개요

- 목 적 : 실험센터 시설·장비전문가와 함께 산학연 분야전문가로 구성된 시험컨설팅 전문가 풀을 구축하고 필요시 우선 섭외 하고, 중소기업의 요청 및 실험시설·장비 담당자의 판단을 통해 전문가를 구성해 컨설팅회의 개최를 추진하여 기술 개발 검증 및 기술사업화 등에 대한 다양한 기술지원
- 내 용 : 해당 과제 기간내('19.03.08.~'20.05.29.) 총 26회의 시험컨설팅 회의 추진

No.	의뢰기관	실험명	컨설팅 일자	자문위원(명)		
				내부	외부	계
1	아이비씨개발	부착식 조인트 용접이음부 휨강도 및 전단강도 시험	'19.06.28.	2	1	3
2	엔케이테스트	엔진용사프트 피로시험	'19.07.01.	2	1	3
3	천하기업 주식회사	개인하수처리시설보호벽 압축강도	'19.08.10.	2	1	3
4	(주)에너베스트	플랜지 극한조건 탈부착 시험	'19.08.12.	2	1	3
5	서린디앤씨	파일선단 보강재의 압축시험	'19.08.30.	2	1	3
6	엔케이테스트	700MPa급 고강도 철근을 사용한 휨 및 압축부재의 성능시험	'19.09.06.	2	1	3
7	씨에스이엔지	면진장치 진동대 실험	'19.09.26.	2	1	3
8	(주)스마트엔지니어링	PHC피복 원형충전강관 합성말뚝 및 복합말뚝 내력시험	'19.10.14.	2	1	3
9	(주)이현	조적벽체 균열보수 보수보강재의 성능평가	'19.10.21.	2	1	3
10	태성후렉시블	벨로우즈형 신축이음관 내진성능시험	'19.10.28.	3	1	4
11	WIAWIS	TT 핸들바 공기력 측정 실험	'19.11.07.	2	1	3
12	(주)경구	옥외용 쉼터 내풍안정성 시험	'19.12.05.	2	1	3
13	제이제이콥	부품 피로시험	'19.12.09.	2	1	3
14	(주)성심씨엔엠	SACP-JOINT 실물시험	'19.12.09.	2	1	3
15	(주)한국이엔씨	태양광구조물의 내구성시험	'19.12.10.	2	1	3
16	(주)한필이엔지	프리캐스트 세그먼트 기둥 연결부 실험	'19.12.16.	2	1	3
17	(주)한성기술	H pile 및 Hat sheet pile 휨 강도시험	'19.12.16.	2	1	3
18	(주)태극기초	합성구조벽체 휨 및 전단연결재 구조성능시험	'19.12.23.	2	1	3
19	컨텍이엔씨 주식회사	프리캐스트 패널 전단연결재 정적시험	'20.01.10.	2	1	3
20	(주)동성진흥	케이블 트레이 내풍안정성 평가	'20.02.21.	2	1	3
21	주식회사 시우건설	JS 앵커 보강공법을 이용한 조적벽체의 내진성능평가	'20.03.02.	2	1	3
22	(주)카이센테크	부벽식 옹벽 안정성 수리모형실험	'20.03.04.	2	1	3
23	도원산업(주)	PHC 파일 연결구 시험	'20.03.06.	2	1	3
24	(주)유니온씨티	C/GFRP 강화복합소재를 이용한 개선형 교통신호등주	'20.03.30.	2	1	3
25	주식회사 이베스중공업	실대형 실험을 통한 900축 IEB의 구조성능 평가	'20.04.16.	2	1	3
26	(주)대우경금속	공사장 방음시설 내풍안정성 실험	'20.04.16.	2	1	3

국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	주식회사 아이비씨개발
시험명	(PJT No.) 19-CT-PJ-0033 부착식 조인트 용접이음부 휨강도 및 전단강도 시험
실험센터	첨단건설재료실험센터

2019. 06.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : 주식회사 아이비씨개발
- 시험명 : (19-CT-PJ-0033) 부착식 조인트 용접이음부 휨강도 및 전단강도 시험
- 컨설팅기간 : 2019년 6월 24일 ~ 6월 28일
- 장소 : 첨단건설재료실험센터 101호
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 김일웅 / 대표 / 아이비씨개발
 - (자문위원) 장석수 / 책임연구원 / 첨단건설재료실험센터
박찬동 / 연구원 / 첨단건설재료실험센터
박종운 / 교수 / 대구공업대학교 토목조경과

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	▶ 전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	▶ 내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2019. 06. 26.)	(2019. 06. 27.)	(2019. 06. 28.)

□ 자문 요청사항

- PHC말뚝 시험체에 대한 용접에 대한 휨 및 전단강도 검증 방안
- 용접 이음 PHC말뚝 시험체의 휨 및 전단강도 시험방법 제안

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

용접이음 PHC말뚝의 성능 평가

- (시험 내용)

용접이음 성능 평가를 위한 휨 및 전단강도 시험

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2019. 6. 27. ~ 2019. 6. 28.

○ 시험 방법 및 분석

- 용접 이음 연결한 PHC파일의 휨 및 전단강도 시험방법(KS F 4306)

- 용접 이음 연결한 PHC파일의 휨 및 전단시험 허용강도 검증

○ 실험 실패 예방을 위한 시험 및 시제품 제작시 유의사항

- PHC말뚝 시험체에 대한 용접에 대한 검증

- 강재 연결 블럭과 용접한 부분에 대한 압축 및 전단 시험 전·후의 건전성 검토

○ 유사 시험에 대한 결과 및 시험 결과 활용 방안

- 기존 용접이음 PHC말뚝 시험결과와 비교 검토

- 기존 볼트이음 PHC말뚝 시험결과와 비교 검토

○ 자문 위원 의견(A)

- PHC파일의이음부의 휨강도 : 용접 이음부의 휨강도는 규정된 몸체의 휨강도 중 파괴휨강도와 같거나 그 이상 이어야 함

- PHC파일(원형충전강관 합성말뚝)의 휨 및 전단시험, 압축 및 인장시험의 시험방법과 기준강도 검토

- PHC파일의 휨강도 시험

- 하중재하 시 실험 수행자는 성공적인 실험수행과 돌발 상황에 대한 즉각적인 대응을 위해 하중 재하단계별 거동 형태를 미리 예측하고 실험을 수행

○ 자문 위원 의견(B)

- 강재 연결 블럭들을 용접 이음하여 연결한 PHC파일의 압축 및 인장시험, 휨 및 전단시험의 시험방법과 기준강도 검토
- PHC파일 용접이음 연결부의 용접에 대한 정규화 검토
- 실험 또 시험시공 후 PHC파일 용접부에 대한 검토

○ 자문 위원 의견(C)

- PHC말뚝 시험체에 대한 용접에 대한 검증
- PHC말뚝의 휨강도 시험
- 휨강도시험(Bending Test)을 통해 실측 값을 측정해보고 타 연구자들의 수치와 비교·검토 과정을 통해 PHC말뚝의 용접이음부 검증과 재료 한계 값을 확인
- 실험체가 항복하게 되면 급작스런 취성과파괴가 발생할 수 있으므로 안전을 위해 예상 항복 하중의 약 70%까지는 하중으로 제어하고 그 이후에는 변위제어 검토

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
장석수	책임연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박찬동	연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박종운	교수	대구공업대학교 토목조경과	지반공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

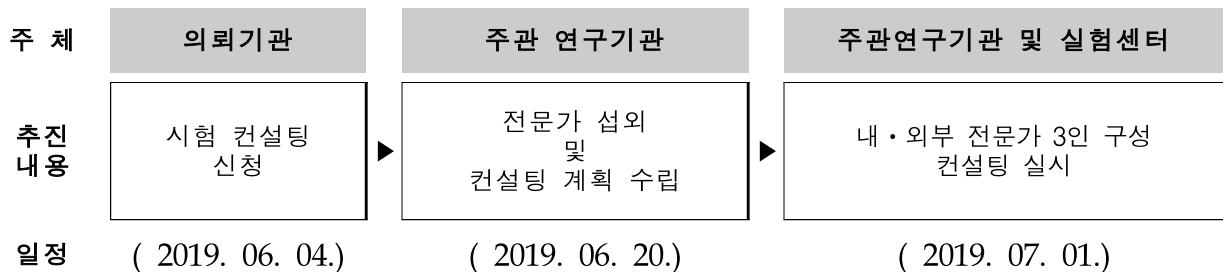
의뢰기관	엔케이테스트
시험명	(PJT No.) 19-CT-PJ-0029 엔진용샤프트 피로시험
실험센터	첨단건설재료실험센터

2019. 07.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : 엔케이테스트
- 시험명 : (19-CT-PJ-0029) 엔진용샤프트 피로시험
- 컨설팅기간 : 2019년 07월 01일 ~ 07월 10일
- 장소 : 첨단건설재료시험센터 101호
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 김태훈 / 대표
 - (자문위원) 장석수 / 책임연구원 / 첨단건설재료시험센터
박찬동 / 연구원 / 첨단건설재료시험센터
박종운 / 교수 / 대구공업대학교 토목조경과

□ 추진 절차



□ 자문 요청사항

- 피로시험 조건 및 시험방법
- 하중조건 및 시험체 세팅

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

- * 공해 저감용 신규 개발 엔진용 샤프트 부품의 피로내구력을 확인하기 위함.
- * 시험 방법을 확립하기 위한 응력 계측 및 실제 시험하중 검증하기 위함

- (시험 내용)

- * 샤프트에 작용하는 굽힘 응력을 모사하여 피로시험을 실시함.
- * 굽힘하중을 모사하기 위한 지그 설계 후 시험기에서 하중을 인가하여 허용 응력까지의 시험하중을 검토함.
- * 수직 하중만을 인가하여 샤프트에 굽힘 응력을 적용 피로시험을 실시함.
- * 목표 수명: 200만회

□ 주요 컨설팅 내용

○ 피로 조건

- 샤프트 피로 파손을 발생시키는 최대 응력 발생위치가 아래 사진과 같이 엔진 동작중 발생하는 굽힘응력에 의해 곡면 가공부위에 발생함.
이 굽힘응력으로 인하여 아래 사진과 같이 크랙이 발생함



[크랙 발생 위치(형광색부위)]

- 굽힘하중이 인가되도록 시험을 설계가 필요함.

○ 시험방법

- 최대 응력을 발생시키는 굽힘 응력을 인가하기 위해 카운터웨이트 위치에 축방향으로 수직하중을 인가하여 곡면 가공부위에 굽힘하중을 인가함.
- 좌우 한쌍의 카운터웨이트를 남기고 편경에 지그를 고정할 수 있으므로 이 부분을 이용하여 1축 수직 하중을 시험품에 굽힘하중으로 인가함.

○ 시험하중

- 시험품에 Strain gage를 설치하여 수직하중 대 응력을 측정, 비교하여 시험하중 선정함.
- 목표 수명 200만회에 준하는 한계수명 예측을 위해 단계별로 시험하중을 조정하여 시험을 실시함.

○ 자문 위원 의견(A)

- 시험하중 선정을 위해 취약부 위치에 Strain gage를 직접 설치함.
- 곡률 크기를 고려하여 길이 3mm의 Strain gage를 사용하여 직접 응력 측정함.

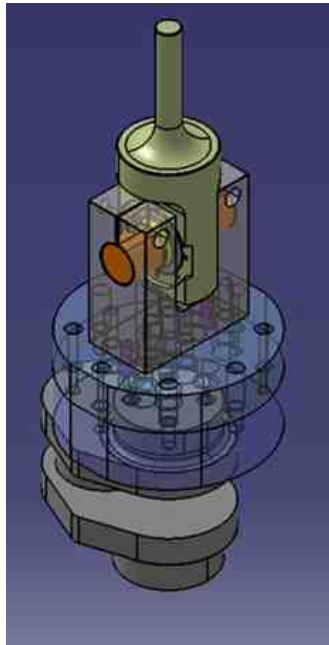


[Strain gage 설치 사진]

- 대칭을 확인하기 위해 좌우 곡면 가공부위에 2개소와 직선구간도 설치하여 총 3개 설치함.

○ 자문 위원 의견(B)

- 편경에 삽입하여 볼트 고정할 수 있는 지그를 제작한 후 수직하중 인가로 발생하는 지그와 시험품 간의 모멘트 변형을 보상하기 위해 베어링을 적용하여 시험기와 지그에서 발생하는 모멘트 변형을 완충함.
- 시험품에 직접적인 힘을 인가하기 위해 아래 그림과 같이 지그를 제작 적용함.



[지그 형상]

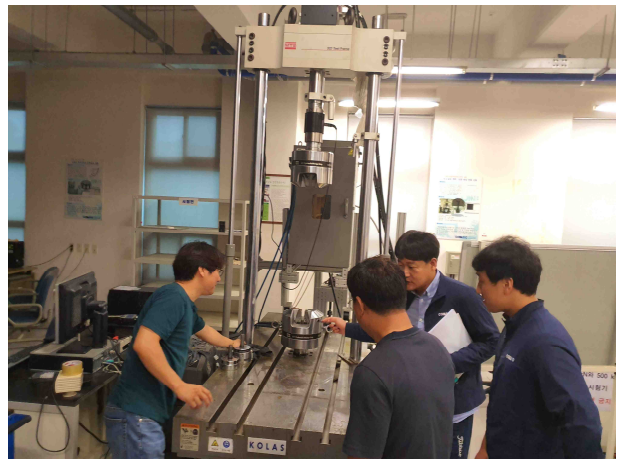
○ 자문 위원 의견(C)

- 시험품 재질이 SCM440으로, 해당 재질 피로한도가 830MPa에 상당하여 초기 시험하중은 피로한도 응력보다 약 20% 정도 높게 설정하여 최초 시험품에서 피로 파손이 발생하도록 시험을 시작함.
- 최초 시험품에서 피로 파손이 발생하지 않으면, 다음 시험편을 초기 시험하중에 10% 높여 시험을 진행함.
- 이와 같은 방법으로 시험을 진행하며, 피로파손이 발생하면, 다음 시험 하중을 5% 감소하여 실시함.

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
장석수	책임연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박찬동	연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박종운	교수	대구공업대학교 토목조경과	지반공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

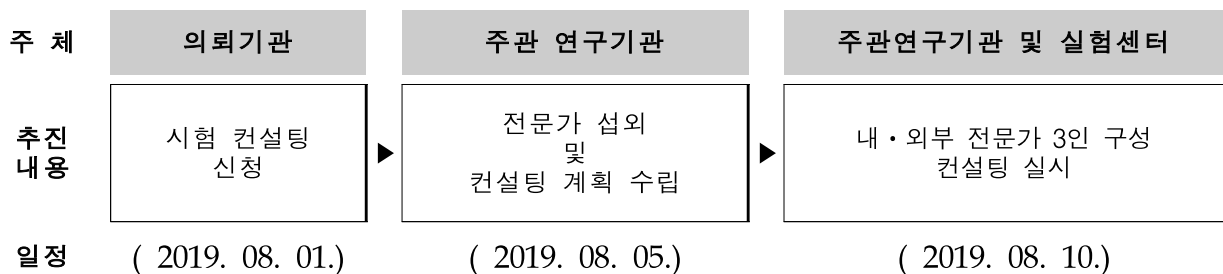
의뢰기관	천하기업 주식회사
시험명	(PJT No.) 19-CT-PJ-0046 개인하수처리시설보호벽 압축강도
실험센터	첨단건설재료실험센터

2019. 08.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : 천하기업 주식회사
- 시험명 : (19-CT-PJ-00046) 개인하수처리시설보호벽 압축강도
- 컨설팅기간 : 2019년 8월 10일 ~ 8월 12일
- 장소 : 첨단건설재료실험센터 101호
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 김용탁 / 차장 / 천하기업(주)
 - (자문위원) 장석수 / 책임연구원 / 첨단건설재료실험센터
박찬동 / 연구원 / 첨단건설재료실험센터
박종운 / 교수 / 대구공업대학교 토목조경과

□ 추진 절차



□ 자문 요청사항

- 개인하수처리시설의 성능 및 재질검사 기준(하수도법 제52조 제4항의 규정)
- 개인하수처리시설 보호벽에 대한 안정성 평가 방법(안)

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

개인하수처리시설 보호벽에 대한 안정성 평가

- (시험 내용)

개인하수처리시설 보호벽에 대한 압축강도 시험

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2019. 8. 12. ~ 2019. 8. 13.

○ 시험 방법 및 분석

- 개인하수처리시설 보호벽에 대한 압축강도 및 변형 분석

○ 실험 실패 예방을 위한 시험 및 시제품 제작 시 유의사항

- 개인하수처리시설 보호벽의 접합부의 보강

○ 유사 시험에 대한 결과 및 시험 결과 활용 방안

- 개인하수처리시설의 구조해석 사례와 비교 검토

○ 자문 위원 의견(A)

- 개인하수처리시설의 재질검사는 하수도법 제52조 제4항의 규정에 의한 성능 및 재질검사 기준에 준하여 실시
- 지하매설로 인한 FRP개인하수처리시설 구조물에서 발생하는 응력을 분석하여 하수도법에 제시된 FRP구조물의 응력을 분석하여 시험하중 단계를 설정
- 개인하수처리시설 보호벽에 대한 안정성 평가는 압축시험 결과와 상재 활하중 DB-24(축하중 9.6 ton, 총하중 43.2 ton)를 적용하여 검토

○ 자문 위원 의견(B)

- 도로교설계기준 DB-24 하중을 상재 활하중으로 적용하여 구조물의 안정성을 평가
- 실험에서 산정된 최대 압축력을 시험체 면적으로 나누어 등분포하중으로 변환하여 DB-24 등분포하중 기준값으로의 평가

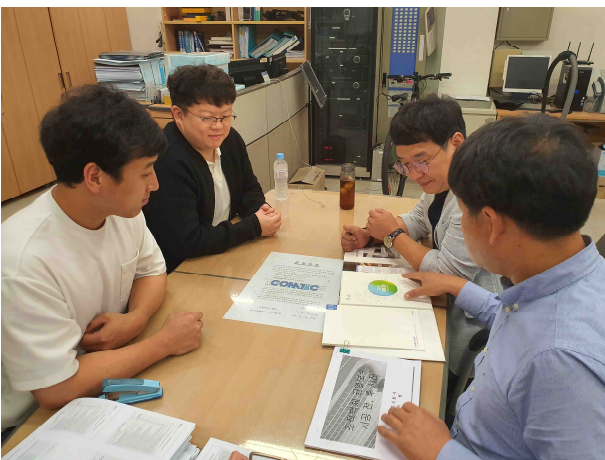
○ 자문 위원 의견(C)

- 실험체 바닥 부분을 단단한 콘크리트 등에 놓은 상태에서 수평을 정확히 조정하여 압축하중을 재하 하여 실제 현장조건을 재현
- 상부 토체의 자중에 해당하는 연직토압과 더불어 슬래브의 자중이 추가 되고 측면에서는 정지 토압에 해당되는 수평토압이 작용하게 되므로 구조해석 및 실험조건 설정에서 이를 고려
- 개인하수처리시설의 구조해석 사례를 보면 좌우측 경판과 몸체 하단부 접합부 부분에서 최대 응력이 발생하는 것으로 나타나므로 본 실험에서 구조해석 결과를 참조하여 실험을 실시

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
장석수	책임연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박찬동	연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박종운	교수	대구공업대학교 토목조경과	지반공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

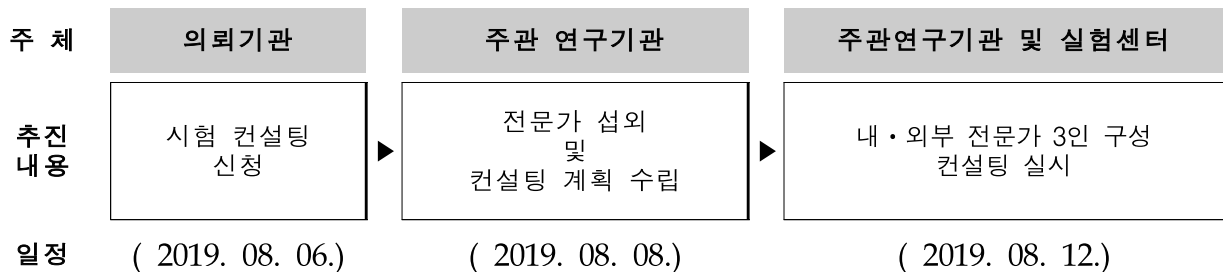
의뢰기관	(주)에너베스트
시험명	(PJT No.) 19-CT-PJ-0043 플랜지 극한조건 탈부착 시험
실험센터	첨단건설재료실험센터

2019. 08.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : (주)에너베스트
- 시험명 : (19-CT-PJ-0043) 플랜지 극한조건 탈부착 시험
- 컨설팅기간 : 2019년 08월 06일 ~ 08월 12일
- 장소 : 첨단건설재료시험센터 101호
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 장한 / 대리
 - (자문위원) 장석수 / 책임연구원 / 첨단건설재료시험센터
박찬동 / 연구원 / 첨단건설재료시험센터
김태훈 / 대표 / 엔케이테스트

□ 추진 절차



□ 자문 요청사항

- 한국형 발사체의 플랜지의 실제 환경에서의 탈부착 용이성을 점검을 위한 시험 조건 및 방법
- 극한조건에서의 탈부착 용이성 점검 시험 방법

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

1. 한국형 발사체의 플랜지가 실제 환경에서의 탈부착 용이성을 점검하기 위한 시험
2. 플랜지를 조립 후 실제 온도에서 2일~3일 동안 노출한 뒤 플랜지를 분리를 함

- (시험 내용)

1. 장기거동 실험 중 가변형 항온항습실 사용
2. 2일/2일/3일 총 3회 (실제 5일 사용, 월~금)
3. -5도~40도 사이의 사이클 적용
4. 시편크기 1mX1mX1m 이내
5. 시편무게 30kg 이하

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2019. 08. 06 ~ 08. 31

○ 시험 방법 및 분석

- 가변형 항온항습실 사용
- 2일/2일/3일 총 3회 (실제 5일 사용, 월~금)
- -5도~40도 사이의 온도조건 및 사이클 적용

○ 실험 실패 예방을 위한 시험 및 시제품 제작시 유의사항

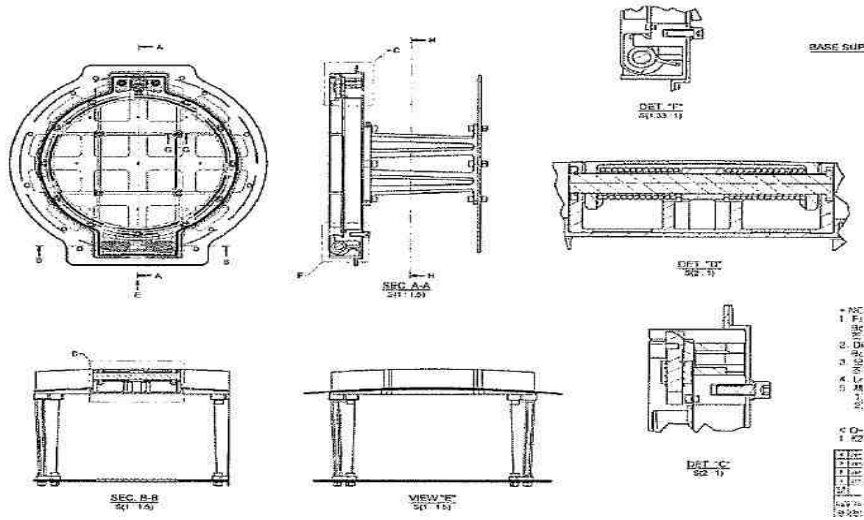
- 실험 중 온도조건 및 실제 온도 확인

○ 유사 시험에 대한 결과 및 시험 결과 활용 방안

- 없음

○ 자문 위원 의견(A)

- 페어링 MTU 커넥터 탑재용 고정용 지그/치공구 제작



[페어링 MTU 커넥터 탑재용 도면]

- 커넥터 분리를 위한 외력은 1500N으로 최소 1500N 이상의 힘을 제공할 수 있도록 준비

○ 자문 위원 의견(B)

- 페어링 MTU 커넥터 운용 및 환경시험 조건(고온)
- 페어링 MTU 커넥터 운용 및 환경시험 조건(저온)
- 페어링 MTU 커넥터 운용 및 환경시험 온도프로파일
- 한반도 고온 및 저온 발생 빈도값

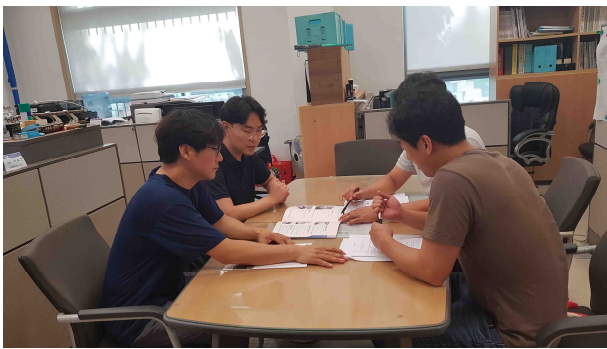
○ 자문 위원 의견(C)

- 페어링 MTU 커넥터 운용 및 환경시험 챔버
- 페어링 MTU 커넥터는 탑재용과 지상용이 결합된 상태에서 환경에 따른 분리시험을 수행
- 페어링 MTU 커넥터 조립체 분리시험은 여름조건의 하루 동안 노출시켜 실시

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
장석수	책임연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박찬동	연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
김태훈	대표	엔케이테스트	금속공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	주식회사 서린디앤씨
시험명	(PJT No.) 19-CT-PJ-0048 파일 선단 보강재의 압축시험
실험센터	첨단건설재료실험센터

2019. 08.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : 주식회사 서린디앤씨
- 시험명 : (19-CT-PJ-0048) 파일 선단 보강재의 압축시험
- 컨설팅기간 : 2019년 08월 27일 ~ 08월 30일
- 장소 : 첨단건설재료실험센터 101호
- 참석자 : 총 5 명(의뢰기관 2명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 이석용 / 부사장 / 주식회사 서린디앤씨
정상훈 / 부장 / 주식회사 서린디앤씨
 - (자문위원) 장석수 / 책임연구원 / 첨단건설재료실험센터
박찬동 / 연구원 / 첨단건설재료실험센터
박종운 / 교수 / 대구공업대학교 토목조경과

□ 자문 요청사항

- 파일 선단 보강재의 성능평가 시험방법 제안
- 파일 선단 보강재의 현장적용성 제안

□ 의뢰 기술 개요

- 시험내용 및 계획
- (시험 목적)

매립형 말뚝의 선단지지 보강재의 개발에 따른 성능평가를 통하여 특허 및 건설신기술 개발과 기존 시공의 개선으로 경제적이고 건전한 시공이 가능한 공법 개발

- (시험 내용)

기존 매립형말뚝의 선단에 교란되지 않은 지지층까지 관입이 가능한 보강철물을 설치하여 말뚝의 내력과 동일한 정도의 지지력을 가지게 하여 경제적이고 공기단축가능한 매립말뚝 공법을 개발하기 위함이고 선단의 지지철물의 내력을 시험하기 위하여 여러가지 방법으로 압축시험을 실시

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2019. 8. 20. ~ 2019. 12. 31.

○ 시험 방법 및 분석

- 파일 선단보강재의 압축강도 측정 방법
- 개발된 선단보강재의 압축력 검토
- PHC파일과 선단보강재의 결합후의 압축력 검토

○ 실험 실패 예방을 위한 시험 및 시제품 제작시 유의사항

- 선단보강재와 PHC말뚝 시험체 접합부에 대한 확인
- 압축 시험 전·후의 건전성 검토

○ 유사 시험에 대한 결과 및 시험 결과 활용 방안

- 기존 선단보강재 시험결과와 비교 검토(파일웍스, 시지엔지니어링 등)

○ 자문 위원 의견(A)

- 개발된 선단보강재 부분의 압축강도 특성을 파악
- 하중재하시 발생하는 선단보강재와 연결되는 PHC 파일의 결합부의 강도 특성
- 개발된 강재 연결 블럭과 이를 이용하여 연결한 PHC말뚝의 역학적 특성 검토 필요
- 하중 재하단계별 거동 형태를 미리 예측하고 실험을 수행

○ 자문 위원 의견(B)

- 힘체 형상 및 길이 변화에 따른 압축강도를 파악하여 최적의 형상으로 최적하여 효율성을 증대

- 이음부에 대한 구조적 거동을 파악하기 위하여 인장, 휨, 전단에 대한 검토도 추가적으로 수행 필요
- 강재 연결 블럭의 압축 시험시 별도의 지그를 제작하여 편심하중의 작용에 대한 추가적인 검토 필요

○ 자문 위원 의견(C)

- 하중재하시에 실체가 항복하게 되면 급작스런 취성과괴가 발생할 수 있으므로 안전을 위해 예상 항복하중의 약 70%까지는 하중으로 제어하고 그 이후에는 변위로 제어
- PHC말뚝의 거동 특성과 연직지지력 산정방법에 대한 국내·외 설계기준을 참고하여 최적의 시험체 형상을 구현
- 휨과 축압의 조합을 곡선으로 표시한 상관곡선으로 말뚝의 역학적 내력을 평가하는 것이 필요함

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
장석수	책임연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박찬동	연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박종운	교수	대구공업대학교 토목조경과	지반공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	엔케이테스트
시험명	(PJT No.) 19-CT-PJ-0044 700MPa급 고강도 철근을 사용한 휨 및 압축부재의 성능시험
실험센터	첨단건설재료실험센터

2019. 09.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : 엔케이테스트
- 시험명 : (19-CT-PJ-0044) 700MPa급 고강도 철근을 사용한 휨 및 압축부재의 성능시험
- 컨설팅기간 : 2019년 08월 27일 ~ 09월 06일
- 장소 : 첨단건설재료실험센터 101호
- 참석자 : 총 5 명(의뢰기관 2명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 김태훈 / 사장
 - (자문위원) 장석수 / 책임연구원 / 첨단건설재료실험센터
박찬동 / 연구원 / 첨단건설재료실험센터
박종운 / 교수 / 대구공업대학교 토목조경과

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	▶ 전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	▶ 내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2019. 08. 27.)	(2019. 09. 02.)	(2019. 09. 06.)

□ 자문 요청사항

- 부착강도 실험 및 방법에 대한 검토, 고강도 철근을 사용한 겹침이음 현행 기준 적용성 검토 및 실험방법

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

700MPa급 고강도철근이 겹침이음된 휨 부재의 부착강도 성능 평가

700MPa급 고강도철근이 배치된 휨 압축 부재의 강도 성능 평가

- (시험 내용)

부착강도 성능평가를 위한 보 실험 수행 및 분석

철근이 겹침이음된 구간에서 부착 파괴가 발생할 때까지 단조증가 하중 가력

복부 단면에서 파괴가 발생할 때까지 단조증가 하중 가력

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2019. 09. 16. ~ 2019. 09. 20.

○ 시험 방법 및 분석

- 5MN 대형부재 시험기를 사용하였으며, 4점 재하를 실시하였음.

- 가력방법은 변위제어로 실시 하였으며, 분당 2mm의 속도로 가력 하였음.

- 부착성능 평가 실험방법의 종류 및 방법

- 겹침 이음의 실험방법 및 고강도 철근의 현행 기준 적용

- 겹침 이음의 종류 및 분석 선정

○ 자문 위원 의견(A)

• 부착성능 평가 실험방법

- 인발 실험 : 일반적인 인발 실험은 콘크리트 표면에 압축력을 가하여 그 반력으로 철근에 인장력을 가하는 방법으로 수행되어짐

- 보 단부 모사실험 : 철근과 콘크리트에 각각 인위적으로 인장력과 압축력을 작용시켜 보 단부의 응력상태를 모사하는 실험이며, 원뿔 모양 인발파괴를 방지하기 위해 배치된 철근의 일부는 비부착으로 제작

- 보 정착 실험 : 보 정착 실험은 실제 크기의 보 부재를 제작하여 철근에서 발현되는 부착강도를 직접 계측하는 실험임.
- 실제 구조물과 동일한 응력 상태에서 성능 평가할수 있음.
- 계측된 부착응력은 균열의 위치에 따라서 달라질수 있음.
- 균열의 위치에 따라 다르게 계측되는 부착응력의 영향을 배제시키기 위해, 노치를 만들어 균열위치를 인위적으로 조절하기도 함.

○ 자문 위원 의견(B)

- 보 겹침이음 실험
 - 보 겹침이음 실험은 일반적으로 4점 가력실험을 통해 등모멘트가 작용하는 중앙부에서 겹침이음된 철근의 부착성을 평가하는 실험방법임.
- 고강도 철근의 보 겹침이음 현행 기준 적용
 - 기존의 보통 강도 철근에 대한 설계기준의 적용성 평가에서는 ACI Committee 408의 방대한 실험 자료를 통계적으로 분석하는 방법을 사용하고 있음.
 - 겹침 이음 철근의 설계기준 항복 강도와 관계없이 모든 실험 자료의 발현 응력 대 예측 응력 비($f_{s,test}/f_{s,cal} = U_{s,test}/U_{s,cal}$)의 분포를 분석하고 적절한 수준의 강도 감소 계수 ϕ 를 결정 하여야함.

○ 자문 위원 의견(C)

- 고강도 철근의 보 겹침이음 실험 계획
 - 겹침 이음 실험을 B급 이음으로 분석하도록 하며, 현행 설계기준에서 A급 이음은 $1.0l_d$ (l_d = 기본량 설계), B급 이음은 $1.3l_d$ 를 적용하도록 규정하고 있음.
 - ACI Committee 408에 보고된 기존 실험들은 모든 주철근을 같은 위치에서 이음하고, 겹침 이음 구간의 파괴가 발생할 때 까지 휨 모멘트를 작용시키기 때문에 B급 이음에 해당되며, 현행 설계기준의 적용성을 평가 하기 위해 B급 이음을 실시 하여 실험하여야 할것으로 판단됨.
 - 현행 설계기준을 만족하는 실제 겹침 이음 길이 사용
 - ACI408R-03에 따르면 현행 설계기준은 이음 길이가 길어지고 철근의 발현 응력이 커질수록 안전율이 낮아지는 경향이 있음.

- 고강도 철근에 대한 정확한 적용성 평가를 위하여 현행설계기준의 B급 이음 길이 1.3ld를 만족하는 실제 크기의 실험체를 계획하여야 할 것으로 판단됨.

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
장석수	책임연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박찬동	연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박종운	교수	대구공업대학교 토목조경과	지반공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	씨에스이엔지
시험명	(PJT No.) 19-ST-PJ-0126 면진장치 진동대 실험
실험센터	지진방재연구센터

2019. 09.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : 씨에스이엔지
- 시험명 : (19-ST-PJ-0126) 면진장치 진동대 실험
- 컨설팅기간 : 2019년 9월 26일
- 장소 : 부산대학교 지진방재연구센터 회의실
- 참석자 : 총 5명 (의뢰기관 2명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 권순진 / 대표이사 / 씨에스이엔지
배정명 / 주임 / 에스코알티에스
 - (자문위원) 김민욱 / 주임연구원 / 지진방재연구센터
이영록 / 주임연구원 / 지진방재연구센터
박해용 / 연구교수 / 부산대학교

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	▶ 전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	▶ 내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2019.09.16.)	(2019.09.17.)	(2019.09.26.)

□ 자문 요청사항

- 면진장치 진동대 실험시 유의사항 및 기타 준비사항

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

의뢰자가 개발한 면진장치(곡률반경에 따라 총 3종)에 ZPA기준 설계수준의 가속도시간이력 지진파를 인가하였을 때, 면진장치의 거동을 확인하기 위함.

- (시험 내용)

의뢰자가 제공한 계측지진의 가속도시간이력을 순차적으로 인가하여 거동 확인.

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 절차

- 곡률반경에 따라 의뢰자가 제공한 가속도시간이력 지진파를 부여하고, 각 지진파의 영향을 확인하기 위해 실험 전,후로 공진주파수 검색시험을 실시함.

○ 시험 방법 및 분석

- 의뢰자가 제공한 가속도시간이력 지진파 사용.
- 정현파 소인시험방법에 따라 공진주파수 검색시험 실시.

○ 계측 계획

- 공진주파수 변화를 확인하기 위해 진동대 상단, 면진장치 상단에 각각 1개소의 가속도계 설치.
- 잔류변형 확인을 위해 각 방향별 줄변위계 설치.

○ 유사 시험에 대한 결과 및 시험 결과 활용 방안

- 시험대상품은 현재 개발품으로 타 시험 결과와 직접적인 비교는 어려우나 다른 면진장치 시스템과의 성능 비교는 가능함.
- 교량의 효과적인 면진 시스템의 개발에 기여할 것으로 사료됨.

○ 자문 위원 의견(A)

- 의뢰자 제공 지진파의 re-sampling 필요.
- 공진주파수 검색시험은 정현파 소인시험방법을 추천.
- 잔류 변형량 측정을 위하여 상부 줄변위계 설치 요망.

○ 자문 위원 의견(B)

- 면진장치의 정확한 성능확인을 위해 isolator 상/하판 설치 시 동일한 볼트 Torque 적용 필요함.
- X, Y 방향에 따른 isolator 위치이동이력을 확인하기 위해 방향 별 변위계측기 설치를 추천.
- 상부 매스에 따른 isolator의 구조적 건전성 확인을 위해, 시험 전/후 isolator 고유진동수 변화를 확인 필요.

○ 자문 위원 의견(C)

- isolator의 성능은 적재 중량에 따라 성능이 달라지므로 실제 적용시 시험결과에 따른 가속도 전달 성능을 고려하여 isolator의 적정 사이즈에 대한 추가적 분석 필요.
- 향후 isolator의 진동전달억제 능력 이외에 한계변위 확인 및 내구성 검토를 위한 추가적인 유사정적시험 혹은 동적시험을 통해 보다 높은 품질의 성능보증을 확보할 수 있게 해줄 것으로 사료됨.

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
김민욱	주임연구원	지진방재연구센터	토목공학
이영록	주임연구원	지진방재연구센터	원자력공학
박해용	연구교수	부산대학교	건축구조공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	(주) 스마텍엔지니어링
시험명	(PJT No.) 19-CT-PJ-0049 PHC피복 원형충전강관 합성말뚝 및 복합말뚝 내력시험
실험센터	첨단건설재료실험센터

2019. 10.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : (주) 스마텍엔지니어링
- 시험명 : (19-CT-PJ-0049) PHC피복 원형충전강관 합성말뚝 및 복합말뚝 내
력시험
- 컨설팅기간 : 2019년 10월 14일 ~ 10월 15일
- 장소 : 첨단건설재료실험센터 101호
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 김용식 / 차장
 - (자문위원) 장석수 / 책임연구원 / 첨단건설재료실험센터
박찬동 / 연구원 / 첨단건설재료실험센터
박종운 / 교수 / 대구공업대학교 토목조경과

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	▶ 전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	▶ 내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2019. 08. 14.)	(2019. 08. 20.)	(2019. 10. 14.)

□ 자문 요청사항

- PHC피복 원형충전강관 합성말뚝 및 복합말뚝의 내력시험 및 성능평가 방법

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

PHC피복 원형충전강관 합성말뚝 및 복합말뚝 내력시험

- (시험 내용)

PHC피복 원형충전강관 합성말뚝 및 복합말뚝의 휨강도 시험

PHC피복 원형충전강관 합성말뚝 및 복합말뚝의 전단강도 시험

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2019년 10월 14일 ~ 16일

○ 시험 방법 및 분석

- PHC피복 원형충전강관의 휨 및 전단강도 시험(KS F 4306)

○ 자문 위원 의견(A)

- 기존 PHC말뚝과 성능비교를 위한 PHC말뚝 휨시험과 전단시험으로 구성하여 시험결과를 비교·검토가 필요

- 제품의 성능평가 후에 현장시험(말뚝재하시험(ASTM D 4945))을 통하여 우수성과 활용 방안을 제시

- PHC파일(원형충전강관 합성말뚝)의 압축 및 인장시험, 휨 및 전단시험의 시험방법과 기준 강도 검토

- 인장 시험의 경우 별도의 지그를 제작이 요구되어 인장시험을 위한 추가적인 검토

○ 자문 위원 의견(B)

- 보강구간 단면에 대해 합성 PHC말뚝 설계법에 의한 해석결과와 시험결과를 비교 검토하여 그 정확성 및 안전성 검증이 필요

- PHC파일의 강도 시험 방법 및 결과 검토 사항

- SC 복합 PHC파일은 합성효과로 휨강성 및 전단강성 커서 내력이 높게 평가 될 것으로 예상되므로 시험체의 특성을 고려한 하중재하 단계에 대한 검토가 필요

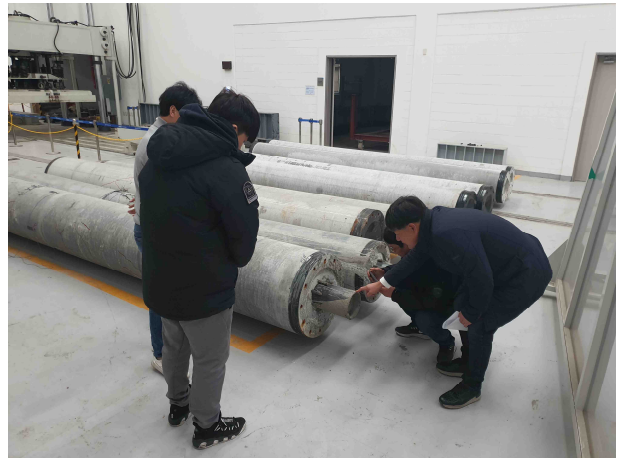
○ 자문 위원 의견(C)

- 하중 재하단계별 거동 형태를 미리 예측
- PHC말뚝의 거동 분석
- PHC말뚝의 거동 특성과 연직지지력 산정방법에 대한 국내·외 설계기준 참고

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
장석수	책임연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박찬동	연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박종윤	교수	대구공업대학교 토목조경과	지반공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	(주)이현
시험명	(PJT No.) 19-CT-PJ-0063 조적벽체 균열보수 보수보강재의 성능평가
실험센터	첨단건설재료실험센터

2019. 10.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : 주식회사 이현
- 시험명 : (19-CT-PJ-0063) 조적벽체 균열보수 보수보강재의 성능평가
- 컨설팅기간 : 2019년 10월 14일 ~ 10월 31일
- 장소 : 첨단건설재료실험센터 101호
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 현영미 / 대표이사 / 주식회사 이현
 - (자문위원) 장석수 / 책임연구원 / 첨단건설재료실험센터
박찬동 / 연구원 / 첨단건설재료실험센터
임현욱 / 대표 / (주)구조연합(건축구조기술사)

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	▶ 전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	▶ 내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2019. 10. 07.)	(2019. 10. 10.)	(2019. 10. 21.)

□ 자문 요청사항

- 조적벽체 균열보수 보수보강재의 성능평가 방법 제안
 - 스텐레스 나선형 보강철물(하이픽스)의 인장강도 시험
 - 스텐레스 나선형 보강철물(하이픽스)의 인발강도 시험(벽돌, 콘크리트)
- 조적벽체 균열보수 보수보강재의 현장적용성 제안

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

조적벽체 균열보수 보수보강재의 재료특성 평가 및 조적벽체 보강재의 구조 성능평가

- (시험 내용)

스텐레스 나선형 보강철물(하이픽스)의 인장 및 인발강도 시험(벽돌, 콘크리트)
조적벽체 보강재의 두께 및 형태에 따른 구조 성능 시험(압축시험)

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2019. 10. 14. ~ 2019. 10. 25.

○ 시험 방법 및 분석

- 스텐레스 나선형 보강철물(하이픽스)의 인장강도 시험방법

- 스텐레스 나선형 보강철물(하이픽스)의 인발강도 시험(벽돌, 콘크리트)

→ 콘크리트 부착에 의한 콘크리트 비교 시험방법(KS F 2441)에 준하여 실시

- 조적벽체 보강재의 구조 성능 시험

→ 보강재의 구조시험을 위해 구체 콘크리트 선정 및 시험 압축력에 따른 구체 콘크리트의 고정방법 선정

○ 실험 실패 예방을 위한 시험 및 시제품 제작시 유의사항

- 인발시험 시편 제작 시 철공 및 보강철물 삽입 시 수직도 확인

- 시험 압축력에 따른 구체 콘크리트의 고정 방안 검토

○ 유사 시험에 대한 결과 및 시험 결과 활용 방안

- 기존 나선형 철근 및 철근의 부착강도 시험결과와 비교 검토

○ 자문 위원 의견(A)

- 조적조 건축물에 발생한 균열 발생 현황 및 위치별 형태
- 조적조에 작용하는 힘의 기본 이론
- 조적조의 거동분석을 통한 실제 하중조건별 하이픽스 및 보강재의 성능평가 제안

○ 자문 위원 의견(B)

- 콘크리트의 강도 및 매입깊이에 따른 인발강도 시험이 필요함.
- 보강재의 전단시험의 경우 앵커와 보강재볼트 홀의 응력집중 분산과 볼트 체결력 증진을 위해 볼트 체결 시 스프링와셔 사용을 검토
- 처짐량 1mm에 대한 하중-변위 그래프 표시 필요

○ 자문 위원 의견(C)

- 전자식 변위계를 이용하여 변형 측정
y축 : 처짐(1포인트), x축 : 좌굴변형(2포인트), z축 : 인발변형(1포인트)
- 보강재 절곡부분에 브라킷을 용접하여 보강

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
장석수	책임연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박찬동	연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
임현욱	대표이사	(주)구조연합	건축공학(구조기술사)

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	태성후렉시블
시험명	(PJT No.) 19-ST-PJ-0150 벨로우즈형 신축이음관 내진성능시험
실험센터	지진방재연구센터

2019. 10

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : 태성후렉시블
- 시험명 : 벨로우즈형 신축이음관 내진성능시험 (19-ST-PJ-0150)
- 컨설팅기간 : 2019년 10월 28일
- 장소 : 지진방재연구센터 1층 회의실
- 참석자 : 총 5명(의뢰기관 1명, 자문위원 4명)
 - (의뢰기관) 유진석 / 소장
 - (자문위원) 전법규 / 연구교수 / 지진방재연구센터,
강득형 / 선임연구원 / 지진방재연구센터,
김민욱 / 주임연구원 / 지진방재연구센터,
윤다운 / 주임연구원 / 부산대학교

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	▶ 전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	▶ 내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2019. 10. 17.)	(2019. 10. 22.)	(2019. 10. 28.)

□ 자문 요청사항

- 벨로우즈형 신축이음관의 내진성능 평가

□ 의뢰 기술 개요

- 시험내용 및 계획
 - (시험 목적)
벨로우즈형 배관 신축이음의 지진 안전성 평가
 - (시험 내용)
벨로우즈형 배관 신축이음의 지진 안전성 평가를 위한 반복가력 시험

□ 주요 컨설팅 내용

- 실험 일정
 - 2019.10.30.(1차), 2019. 11. 11.(2차)
- 시험 방법 및 분석
 - 진동대 시험 방법 검토
 - 유사정적 시험 방법 검토
 - 정적구조 시험 방법 검토
- 실험 실패 예방을 위한 시험 및 시제품 제작시 유의사항
 - 사용 조건 구현 및 파손 확인을 위해 내부 물채움용 벨브적용
 - 시험가력 각도 보장을 위한 지그 설계 필요
 - 시험 지그의 과도설계 방지를 위한 계산 및 해석
 - 사용 내압 및 시험 중 내압 가압 여부 확인
- 유사 시험에 대한 결과 및 시험 결과 활용 방안
 - 벨로우즈형 신축이음관이 적용된 시설의 지진안전성 평가에 활용

- 시험으로 벨로우즈형 신축이음관의 대변위 순응능력 평가를 통한 지진 안전성 검증
- 자문 위원 의견(A)
 - 노출 배관의 경우, 지진하중 하에서 배관은 두 지지점의 변위지배적인 거동에 의해 손상이 발생하므로 국내 내진설계 기준을 바탕으로 한 상대변위량의 검토가 필요함.
 - 매립 배관의 경우 지반/구조물 및 지반/배관 상호작용에 의한 변위지배적인 거동 순응 능력 평가를 위하여 파괴변위를 평가할 필요가 있음.
 - 따라서 반복가력에 의해 점진 증폭되는 입력하중의 선택이 필요함
- 자문 위원 의견(B)
 - 단조가력 조건과 비교하여 반복가력 조건에서 낮은 하중에서 파괴가 발생할 가능성이 큼
 - 내진성능 평가를 위한 정적 시험은 점진증폭하는 반복가력에 의해 수행됨
 - 따라서 내진설계 기준에 기반하여 적정 횡수의 반복가력이 필요함
 - 배관연결부의 반복가력 시험 조건을 제안함
- 자문 위원 의견(C)
 - 외경 350mm 규모의 배관에 대한 다지점 가진 진동대 시험으로 내진성능 검증 가능
 - 매립 조건의 경우, 토압 및 매립에 의한 경계조건 구현이 불가능함
 - 많은 비용이 필요하므로 정적 구조시험을 바탕으로 유한요소해석을 수행하여 진동대 시험을 위한 사전 준비가 필요함
- 자문 위원 의견(D)
 - 국내외 진동대 시험을 이용한 배관 내진성능 평가 시험 사례 소개
 - 정적 구조시험 수행을 위한 유압가력장비의 필요 성능 검토
 - 시험 중 시료 손상에 의한 누수 대책 검토
 - 시험 가력 조건의 구현 가능 여부 확인

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
전법규	연구교수	지진방재연구센터	구조공학
윤다운	주임연구원	부산대학교	토목공학
강득형	선임연구원	지진방재연구센터	제어계측공학
김민욱	주임연구원	지진방재연구센터	토목공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	WIAWIS
시험명	(PJT No.) 19-WT-PJ-0048 TT 핸들바 공기력 측정 실험
실험센터	대형풍동실험센터

2019. 11.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : WIAWIS
- 시험명 : (19-WT-PJ-0048) TT 핸들바 공기력 측정 실험
- 컨설팅기간 : 2019년 11월 07일 ~ 11월 07일
- 장소 : 전북대학교 대형풍동실험센터 회의실
- 참석자 : 총 4명 (의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 최승호 / 대리
 - (자문위원) 이재준 / 교수 / 전북대학교 토목공학과,
이승호 / 책임연구원 / 전북대학교 대형풍동실험센터,
정희갑 / 연구원 / 전북대학교 토목공학과

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	▶ 전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	▶ 내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2019. 11. 04.)	(2019. 11. 05.)	(2019. 11. 07.)

□ 자문 요청사항

- 자전거 TT 핸들바 공기력 측정 실험 방법 및 치구 제작 문의

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

타임 트라이얼 자전거의 핸들바에 작용하는 공기력 측정을 통해 공기역학적 성능 확인

- (시험 내용)

자전거의 포크, 헤드셋 및 스템에 다양한 종류의 TT 핸들바를 장착하여 공기력을 측정 및 비교

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2019년 12월 중

○ 시험 방법 및 분석

- 핸들바를 고정할 수 있는 자전거 일부 제작
- 로드셀과 자전거를 연결할 수 있는 치구 제작 및 연결
- 핸들바 형상에 따른 공기력 측정 및 비교

○ 실험 실패 예방을 위한 시험 및 시제품 제작시 유의사항

- 로드셀과 연결되는 치구는 진동에 의한 영향이 없도록 하기 위해 강성이 높게 제작
- 자전거 모델이 실험 치구와 견고히 조립되어 실험시 변형 및 움직임이 없을 것

○ 유사 시험에 대한 결과 및 시험 결과 활용 방안

- 기존 제품과 공기력을 비교하여 공기역학적 성능 수준 비교
- 다양한 핸들바의 공기역학적 성능 개선

○ 자문 위원 의견(A)

- 타임트라이얼 바이크는 기록단축을 위해 공기역학적 성능이 매우 중요하고, 그 중 핸들바는 선수의 자세 제어 및 공기역학적 저항 감소를 위해 중요 부품으로 공기력 측정을 통해 공기역학적 성능 비교를 수행할 필요가 있음
- 바이크 모델 전체를 실험에 사용하는 경우 결과분석에 있어 변수가 많아지게 되므로 포크, 헤드셋, 스템 및 핸들바 정도만 모사하여 실험하는 것이 바람직할 것으로 판단됨
- 자전거와 분력계 조립시 실험치구의 진동에 의한 공기력 영향이 없어야 함
- 분력계의 정도 문제로 풍속은 최대한 고풍속에서 실험을 수행해야 하는 것이 유리 함

○ 자문 위원 의견(B)

- 센서의 정도에 따라 핸들바 변화에 따른 공기력의 차이가 명확히 나타나지 않을 수 있으므로 고풍속에서 실험을 수행하는 것이 바람직 함
- 진동에 의한 공기력의 왜곡을 피할 수 있도록 실험 치구 설계
- 다양한 핸들바의 공기역학적 성능 비교 시 공기력과 공기력계수 중 합리적인 값을 선정할 필요가 있음
- 추후 핸들바에 따른 라이딩 자세 변화에 대한 공기력을 비교하면 유용한 자료로 활용 가능할 것으로 사료됨

○ 자문 위원 의견(C)

- 센서의 정밀도를 고려하여 실험풍속을 산정하고, 불확도평갈르 통한 실험결과의 신뢰성을 확보해야 됨
- 타기관의 핸들바와 정량적 비교를 위해서는 무차원화된 계수를 활용하여 비교하여야 하며, 설치 방법 및 실험 치구를 동일하게 사용하도록 실험계획을 수립해야 됨
- 실험시 진동이 발생할 우려가 있으므로 실험 치구의 강성을 높게 하고, 실험 치구가 미치는 영향을 최소화하고 정량적으로 제거해줘야 함
- 실제 싸이클의 항력 증가 요인은 싸이클 자체에서 약 30%이고, 싸이클리스트의 손, 팔뚝, 어깨의 위치 등의 요소가 70%를 차지하므로 실제 결과가 유

용하게 활용되기 위해서는 단순한 사이클 요소의 항력 저감 평가와 더불어 실제 사이클리스트의 자세 변화에 관련된 요소도 같이 반영하여 평가할 필요가 있음

- 마네킹 등을 이용한 풍동실험 기법은 널리 활용되고 있으므로 향후에는 이를 고려한 평가가 필요하다고 판단됨
- 실험결과를 통해 향후 파생될 수 있는 성과에 대하여 구체적인 계획이 필요하며, 실험 결과의 활용 및 제품의 우수성을 홍보할 수 있는 방안을 강구해야 됨

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
이재준	교수	전북대학교 토목공학과	구조재료
이승호	책임연구원	전북대학교 대형풍동실험센터	내풍공학
정희갑	연구원	전북대학교 대형풍동실험센터	내풍공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

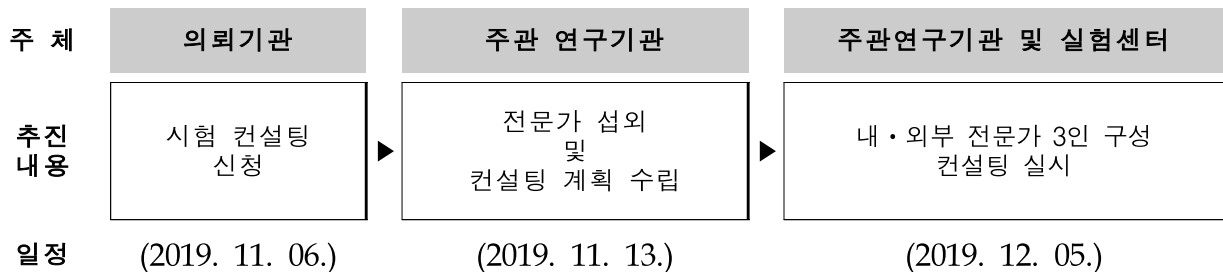
의뢰기관	(주)경구
시험명	(PJT No.) 옥외용 쉼터 내풍안정성 시험
실험센터	대형풍동실험센터

2019. 12.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : (주)경구
- 시험명 : 일체형 조립식 파라솔(옥외용 쉼터) 내풍안정성 시험
- 컨설팅기간 : 2019년 12월 05일 ~ 12월 05일
- 장소 : 전북대학교 대형풍동실험센터 회의실
- 참석자 : 총 5명(의뢰기관 2명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 서삼덕 / 대표이사, 서규렬 / 사원
 - (자문위원) 송우재 / 과장 / (주)삼덕엔지니어링,
이승호 / 책임연구원 / 전북대학교 대형풍동실험센터,
정희갑 / 연구원 / 전북대학교 토목공학과

□ 추진 절차



□ 자문 요청사항

- 일체형 조립식 파라솔의 강풍에 대한 안정성 확인 및 품질 입증 방법
- 강풍에 대한 안정성 관련 규정
- 풍동실험 방법

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

시험컨설팅 의뢰기관은 옥외에 설치되는 일체형 조립식 파라솔을 생산하고 판매하는 업체로 현재까지 많은 제품을 소비자들에게 판매해 오고 있었지만, 강풍에 대한 안정성이 검증 시험이 수행된 제품이 아니다. 소비자들의 강풍에 대한 안정성 검증 요구가 늘어감에 따라 풍동실험을 통해 제품의 내풍안정성 시험을 수행하고자 한다.

- (시험 내용)

허리케인 바람 발생장치를 이용한 실물실험을 통해, 제품의 슬립, 전도, 변형, 국부 손상 등 관능검사 수행 및 대형풍동을 이용한 축소모형 공기력 측정 실험

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2020년 2~4월 중

○ 시험 방법 및 분석

- 허리케인 바람발생장치 시험부에 다양한 크기 및 형태의 일체형 조립식 파라솔 설치
- 풍속을 서서히 올려가며 제품의 슬립, 전도, 변형 및 국부 손상 등 관능검사 수행
- 일체형 조립식 파라솔 축소모형 및 로드셀 연결 치구 제작
- 레이놀즈 수 영향 실험 수행
- 영각별 공기력 측정 수행 및 공기력계수 산출
- 공기력계수로 계산된 안전 풍속과 실물 실험결과 비교

- 실험 실패 예방을 위한 시험 및 시제품 제작시 유의사항
 - 로드셀과 연결되는 치구는 진동에 의한 영향이 없도록 하기 위해 강성이 높게 제작해야 함
 - 실물실험 시 강풍으로 인해 발생할 수 있는 파편에 대한 안전장치 설치
 - 바람에 의한 전도 및 슬립발생시 적당한 변위 이후 구조물을 잡아 줄 수 있는 안전장치 설치
 - 관련규정을 정확히 분석하여 실험 풍속 산정
- 유사 시험에 대한 결과 및 시험 결과 활용 방안
 - 강풍에 의한 안정성이 확보되지 않을 시 지붕형태, 의자배치, 중량 등을 변화시켜 안정성 확보
 - 안정성이 확보된 제품의 실험결과를 소비자들에게 제시함으로써 제품판매 촉진 및 제품 홍보
- 자문 위원 의견(A)
 - 컨설팅 의뢰업체는 퍼겔러와 파라솔의 중간 제품으로 무고정 상태에서 설치되는 조립식 일체형 파라솔을 판매하는데 있어 제품의 강풍에 대한 내풍 안정성을 확인하여 제품의 판매를 촉진하고 제품에 대한 홍보를 위한 실험을 수행하고자 함.
 - 의뢰업체에서 생산하고 판매하는 제품은 건축물을 정의하는 기본요소 중 공작물이어야하고, 지붕이 있어야한다는 규정은 충족하지만 토지에 정착하지 않는다는 점에서 가설건축물로 분류할 수 있다. 건축법에서 관리하는 물체는 건축물, 공작물, 가설건축물로 의뢰업체에서 생산 및 판매하고 있는 제품은 건축구조기준을 따르는 것이 적절하다고 판단된다.
 - 건축구조기준 및 해설에서 설계풍속은 지역별로 관측된 평균풍속 자료인 기본풍속을 바탕으로 풍속의 고도분포계수와 지형에 의한 풍속할증계수, 중요도계수 등을 고려하여 산정하도록 되어있다. 따라서 제품이 설치될 장소에서의 설계풍속을 산정하고 이에 따른 내풍안정성 시험을 수행해야 할 것으로 판단된다.

- 제품의 실물실험의 경우 건축구조기준 및 해설에서 계산된 설계풍속에서 풍속을 서서히 변화시켜가며 제품의 전도, 슬립, 국부 손상 등을 관능검사를 통해 확인하고, 이로부터 제품의 내풍안정성을 검토해야 할 것으로 판단된다. 허리케인 바람발생장치를 이용하여 만들어진 바람은 자연풍에 비해 유질이 균질하기 때문에 실험결과에 난류강도, 거스트계수 등의 안전율을 고려해야 한다.
- 제품의 축소모형 실험을 통해 실험모형의 공기력을 측정하고 이로부터 공기력 계수를 산출하여 설계단계에서 다양한 형태의 제품에 내풍안정성을 검토할 수 있을 것으로 판단된다.

○ 자문 위원 의견(B)

- 의뢰기관에서 판매하고 있는 구조물은 무고정 상태로 설치되므로 강풍에 의한 안정성 검증 및 확보가 필수적이다. 이를 위해 제품 실물에 대한 풍동 실험 수행이 필요할 것으로 판단된다.
- 허리케인 발생장치를 이용한 실험 수행시 실물시험체가 전도되거나 미끌리게 되면 인명에 피해를 주거나 풍동에 손상을 입힐 수 있으므로 안전장치가 필요하다. 안전장치는 시험체의 변위가 구속되지 않는 범위에서 시험체 하부에 쇠사슬 또는 와이어 등을 이용하여 시험체가 바람으로부터 어느 정도 변위를 발생하게 된 후 더 이상 변위발생이 되지 않도록 장치해야 한다. 또한 제품의 지붕구조물 등은 풍하중을 많이 받는 부재로 부재의 국부적 손상으로 인한 비산물이 발생할 수 있다. 따라서 비산물로부터 시설물과 인명의 안전을 확보하기 위해서 충분한 높이와 매쉬 간격을 가진 그물망의 설치가 필요할 것으로 판단된다.
- 해당 구조물은 건축법상 가설건축물로 분류될 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 실험풍속은 유로코드, 건축구조기준, ASCE 등을 활용하여 설계풍속을 산정하고 이에 해당하는 풍속에서 실험을 수행하여 안정성 검토를 수행해야 한다. 축소모형 실험의 경우에는 풍동의 폐쇄율, 센서의 정밀도 등을 고려하여 실험 풍속을 산정하고, 불확도 평가를 통한 실험 결과의 신뢰성을 확보해야 된다. 또한 결과를 통해 향후 파생될 수 있는 성과에 대하여 구체적인 계획이 필요하며, 실험 결과의 활용 및 제품의 우수성을 홍보할 수 있는 방안을 강구해야 된다.

○ 자문 위원 의견(C)

- 컨설팅 의뢰기관은 사람들에게 쉼공간의 기능을 제공하는 일체형 조립식 파라솔 구조물이다. 제품은 공간에 제약을 받지 않는 제품으로 공원, 펜션, 주택, 빌딩의 옥상 등 다양한 장소에 무고정 상태로 설치되는 제품이다. 따라서 강풍시 내풍안정성을 확보하지 못하면 인명과 시설물에 큰 피해를 입힐 수 있으므로 내풍안정성에 대한 검증이 반드시 필요하다.
- 허리케인 바람 발생장치를 이용하여 생산된 제품에 대한 실증실험을 통해 내풍안정성 평가를 수행해야 할 것으로 판단된다. 내풍안정성이 확보되지 않는 경우 축소모형 실험을 통해 지붕의 형상, 지붕각도, 의자배치 등을 다양하게 변화시켜가며 설계단계에서 풍하중을 최소화할 수 있는 조합을 설계에 반영해야할 필요가 있다.
- 의뢰기관에서 생산하고 있는 제품은 지붕이 있는 공작물로 건축구조기준을 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 내풍안정성 평가시에는 건축구조기준 풍하중 부분을 인용하여 설치위치에서의 설계풍속을 산정하고 이에 해당하는 풍속에서 실험을 수행하여 미끌림, 전도, 국부적 손상, 변형, 부재의 파괴 등을 확인해야 한다. 자연풍의 경우 난류 및 돌풍이 심하므로 풍동실험결과에 난류와 돌풍에 대한 안전율을 고려해야할 필요가 있다.
- 실험시 높은풍속으로 인해 시험체의 전체 또는 일부가 바람에 날려 시설물과 사람에 피해를 입힐 수 있다. 따라서 시험체 뒤쪽에 충분히 강하고 촘촘한 그물망을 설치하여 시험체가 날아갈 것에 대비해서 안전을 확보해야 한다.
- 시험결과를 통해 향후 파생적으로 발생 할 수 있는 기술적, 학술적 및 판매성과 등의 계획을 수립하여 제품의 경쟁력을 향상 시킬수 있도록 해야 한다.

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
송우재	과장	(주)삼덕엔지니어링	건축공학
이승호	책임연구원	전북대학교 대형풍동실험센터	내풍공학
정희갑	연구원	전북대학교 대형풍동실험센터	내풍공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	제이제이콥
시험명	(PJT No.) 19-CT-PJ-0069 부품 피로시험
실험센터	첨단건설재료실험센터

2019. 12.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : 제이제이콥
- 시험명 : (19-CT-PJ-0069) 부품 피로시험
- 컨설팅기간 : 2019년 12월 9일 ~ 12월 10일
- 장소 : 첨단건설재료시험센터 101호
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 이동규 / 대표
 - (자문위원) 장석수 / 책임연구원 / 첨단건설재료시험센터
박찬동 / 연구원 / 첨단건설재료시험센터
박종운 / 교수 / 대구공업대학교 토목조경과

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	▶ 전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	▶ 내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2019. 11. 12.)	(2019. 12. 01.)	(2019. 12. 09.)

□ 자문 요청사항

- 피로시험 조건 및 시험방법
- 시험하중 결정 방법
- 실제 시험품 응력 확인 방법
- 센서 사용 및 측정 방법

- 시험용 지그 설계 방법
- 지그 피로 수명 확보 방법

□ 의뢰 기술 개요

- 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

환경규제 대응을 위해 신규 개발 엔진부품의 피로내구력을 확인하기 위함
엔진에서 받는 응력을 부품에 인가하는 시험방법을 수립하기 위함

- (시험 내용)

엔진 폭발에 의한 압력을 모사하여 부품 피로시험을 실시함.

피로시험기와 계측기를 이용하여 1축 수직 하중과 폭발압력을 비교하여 시험하중을 선정함.

1축 수직하중을 부품에 인가하여 피로시험을 실시함.

목표 수명: 500만회

□ 주요 컨설팅 내용

- 시험방법 정의

- 부품의 스트레스 요인 정의

엔진 동작시 일어나는 연료 폭발과 배기로 인한 부품 내부의 압력 변동으로 인하여 부품 내부에 인장 압축 응력이 발생, 이로 인해 피로가 발생함.

- 부품 인가 하중 정의

엔진 구성 부품 중 폭발 시, 폭발압력을 구조적으로 지지하는 메인 베어링에 반경방향으로 인장하중이 발생하고, 배기 시 모체에 압축 압력이 가해지도록 시험품의 수직방향으로 하중인 인가될 수있도록 정의

- 50Ton 피로시험기의 인장 및 압축 방향을 이용하여 엔진 부품 피로시험 구현 가능함

○ 시험 하중 선정

- 목표 엔진 내부 폭발 압력을 단위면적으로 환산하여 사용 검증 가능한 하중으로 변환 계산함
- 계산된 사용 하중에 안전도 Saft factor 1.4를 반영하여 부품 검증을 위한 피로시험 하중으로 선정
- 검증을 위한 피로시험 하중과 시험품이 받게 될 예상 응력을 비교하여 예상응력과 유사하면 검증 하중으로 시험을 실시함
- 시험품 실제 응력을 확인하기 위해 메인 베어링 주변에 Strain gage를 설치하고 시험 하중을 인가하여 실제 응력을 측정 비교함.

○ 시험용 지그 설계 및 제작

- 피로시험기 인장 압축 하중이 엔진 폭발시 발생하는 수직 움직임을 정확히 묘사할 수 있도록 지그를 설계함
- 실제 엔진에 사용되는 일부 샤프트 부품을 동일한 모양과 치수로 지그용을 재설계하여 대용 부품을 사용하며, 이때 시험품보다 더 높은 피로수명이 가질 수 있도록 소재와 형상을 고려하여 지그 설계에 반영함
- 피로시험기에 고정되는 부분과 시험품을 고정하기 위한 지그를 볼트 조립으로 구현하여 시험품을 교체하고, 시험기에 시험품을 시험하중 방향에 맞게 인가될 수 있도록 설계함
- 엔진 조립시 요구되는 형상공차와 거칠기, 가공 공차 등을 실제 부품과 동일하게 적용하여 제작하였으며, 시험품과 조립 확인함.

○ 자문 위원 의견(A)

- 엔진 폭발시 발생하는 상하 운동을 회전운동으로 변화해주는 샤프트 부품을 잡아주고 윤활 역할을 하는 메탈 베어링 고정 부위에 엔진 동작시 최대 응력이 발생하며, 이와 유사한 응력이 인가되도록 하중을 인가해야함.
- 샤프트와 폭발이 발생하는 실린더는 수직으로 힘을 받는 구조이기 때문에 실린더 상부를 수평 기준으로 하여 피로시험기를 수직하중으로 인가될 수 있도록 시험품을 고정하며 폭발 압력과 동일 하게 메탈 베어링 조립에 인장 하중을 인가할 수 있음.

- 압축 하중인가 시에도 시험품 몸통 부분에도 인장하중에 역방향으로 압축 하중이 인가되므로 엔진 배기와 동일하게 스트레스를 인가할 수 있음.

○ 자문 위원 의견(B)

- 폭발시 발생하는 최대 인장하중이 발생하며 인장 하중을 직접 지지하는 메탈 베어링 조립부에 주변이 최대 응력 발생 지역이므로 이 주변에 총 8개 Strain gage를 설치하여 시험하중과 시험품이 받는 응력 검증하기 적절함
- 시험품 크기와 취약부 형상을 고려하여 아래 사진과 같이 1축 3mm strain gage를 설치함
- 압축시 시험품 몸체 부분에 Strain gage를 추가 설치가 필요하며 냉각수 순환을 위한 구멍 부위에 수직에 대한 45도 방향을 1축 Strain gage를 설치하여 압축 하중에 대한 응력 측정하여 시험하중 검증과 압축에 대한 시험품 실제 응력을 측정 비교함

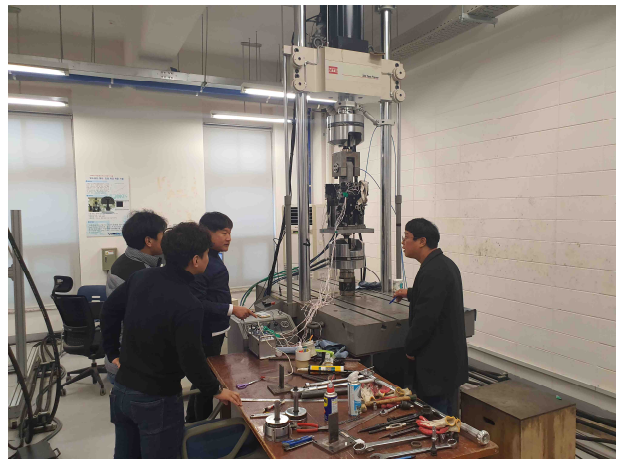
○ 자문 위원 의견(C)

- 실제 엔진에서 요구하는 공차와 표면 거칠기를 고려하여 동일한 치수를 가지고 형상동 동일하게 하여 더미 샤프트를 제작함
- 하중 인가하는 연할을 하는 콘로드 부품을 대신하여 더미 콘로드를 제작하였으며, 링크구조로 하중이 인가되는 형상인 관계로 상부에도 더미 샤프트를 동일하게 제작하여 적용함.
- 정확한 수직하중이 인가될 수 있도록 실제 부품과 동일하게 형상 공차를 적용하여 시험기 고정용 지그를 설계 적용함.
- 시험품 대비 지그의 피로 내구력을 상대적으로 높게 하기 위해서 지그 크기 이외에 재질을 인장강도가 높은 재질로 적용하여 500만회 이내에서 지그 및 관련 부속품에서 파손이 되지 않도록 충분한 피로 내구력을 가질 수 있도록 설계 적용함.

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
장석수	책임연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박찬동	연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박종운	교수	대구공업대학교 토목조경과	지반공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

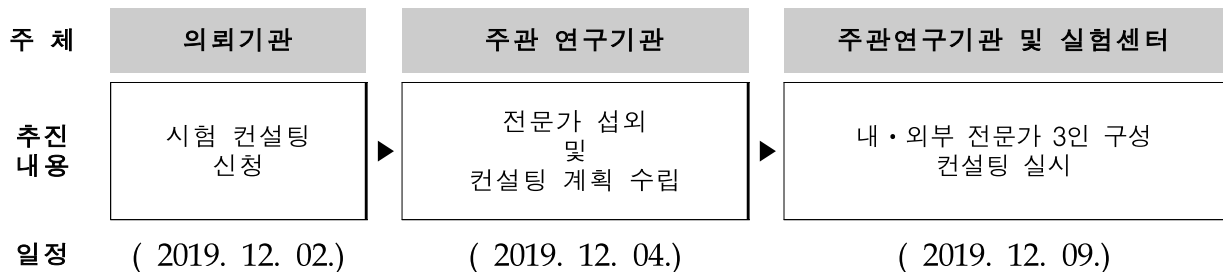
의뢰기관	(주)성심씨앤엠
시험명	(PJT No.) 19-CT-PJ-0081 SACP-JOINT 실물시험
실험센터	첨단건설재료실험센터

2019. 12.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : (주)성심씨앤엠
- 시험명 : (19-CT-PJ-0081) SACP-JOINT 실물시험
- 컨설팅기간 : 2019년 12월 09일 ~ 12월 10일
- 장소 : 첨단건설재료시험센터 101호
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 배지환 / 대표 / (주)성심씨앤엠
 - (자문위원) 장석수 / 책임연구원 / 첨단건설재료시험센터
박찬동 / 연구원 / 첨단건설재료시험센터
박종운 / 교수 / 대구공업대학교 토목조경과

□ 추진 절차



□ 자문 요청사항

- PHC말뚝 볼트 이음재에 대한 압축 및 인장강도 검증 방안
- PHC말뚝 볼트 이음재에 대한 휨 및 전단강도 검증 방안

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

PHC말뚝 볼트 이음재에의 성능 평가

- (시험 내용)

PHC말뚝 볼트 이음재에 대한 압축 및 인장강도

PHC말뚝 볼트 이음재에 대한 휨 및 전단강도

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2019년 12월 09일 ~ 16일

○ 시험 방법 및 분석

- PHC파일의 휨 및 전단강도 시험(KS F 4306)

○ 자문 위원 의견(A)

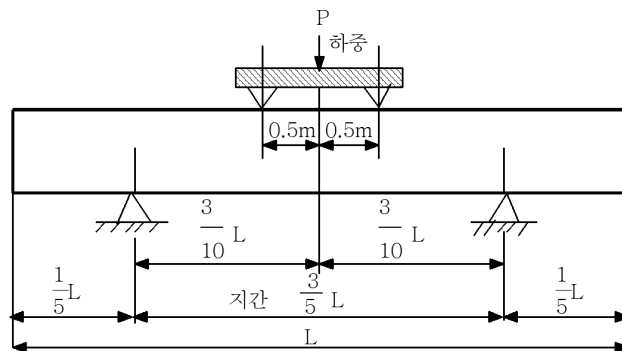
- 5M+5M말뚝을 해당공법으로 이음한 후 KS F 4306에서 제시하는 콘크리트 말뚝 시험방법에 준하여 실시
- 시험 시 급작스런 취성과파괴가 발생할 수 있으므로 안전을 위해 예상 항복하중의 약 70%까지는 하중으로 제어하고 그 이후에는 변위로 제어로 실시
- 내력시험으로 기존 PHC말뚝과 성능비교를 위한 PHC말뚝 휨시험과 전단시험으로 구성하여 시험결과를 비교·검토가 필요. 압축 및 인장시험의 경우 강재연결블럭은 PHC파일의 축방향 압축력 및 인장력 이상의 압축 및 인장강도를 필요로 함

[바깥지름:500mm, 길이:10m, A종 PHC파일의 허용 강도]

KS F 4306			PHC파일 성능표
균열 휨 모멘트	파괴휨 모멘트	전단강도	일반허용 축방향하중
(kN·m)	(kN·m)	(kN)	(kN)
103.0	155.0	228.6	1,731

○ 자문 위원 의견(B)

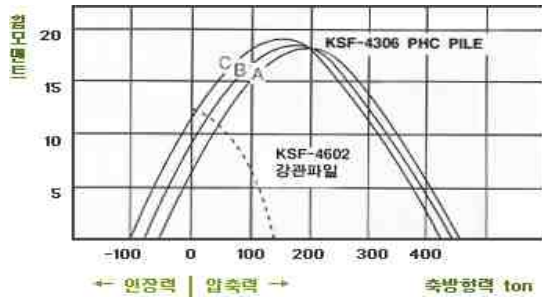
- 강재블럭 이음 PHC파일의 강도 시험
 - 휨강도 시험은 수평하중에 의한 균열 휨Moment, 파괴 휨Moment를 검토하는 것으로 재하 방법에는 2점지지 단순지간의 중앙점 1점 또는 2점에 하중을 가하는 방법과 1점 말단에 지지하고 선단에 하중을 가하는 방법이 있습니다. 전자의 방법이 보다 정확한 결과를 얻을 수 있기 때문에 가장 많이 사용되고 있음
 - 말뚝의 축력 휨강도 시험은 긴장재를 말뚝의 중공부에 관입시켜 축방향 압력을 가하는 방법을 사용하며, 축력이 증가하면 말뚝의 Prestress가 증가하고 응력-변형곡선의 직선 부가 길게 나타나고 축력이 작용한 경우에도 연결부의 성능저하는 보이지 않으며 단순 휨강도 시험과 동일한 경향을 보임
 - 실측치와 계산치가 비교적 일치하고 가끔 계산치를 상회하는 경우도 있음
- PHC말뚝의 휨강도 시험
 - 휨 재하 시험(KSF4306_2점 재하방식) 제안



[휨 재하 시험(KSF4306_2점 재하방식)]

○ 자문 위원 의견(C)

- 하중 재하단계별 거동 형태를 미리 예측하여 안정적인 실험을 수행
- 강도시험(Bending Test)을 통해 실측 값을 측정해보고 타 연구자들의 수치와 비교·검토과정을 통해 PHC말뚝의 강재블럭이음부 검증과 재료 한계 값을 확인
- 재료의 최대치값을 산정하여 초고강도 PHC파일의 이음재에 대한 안정성을 확보
- PHC말뚝의 거동 특성과 연직지지력 산정방법에 대한 국내·외 설계기준을 참고하여 최적의 시험체 형상을 구현



[휨모멘트와 축방향력의 관계]

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
장석수	책임연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박찬동	연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박종윤	교수	대구공업대학교 토목조경과	지반공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

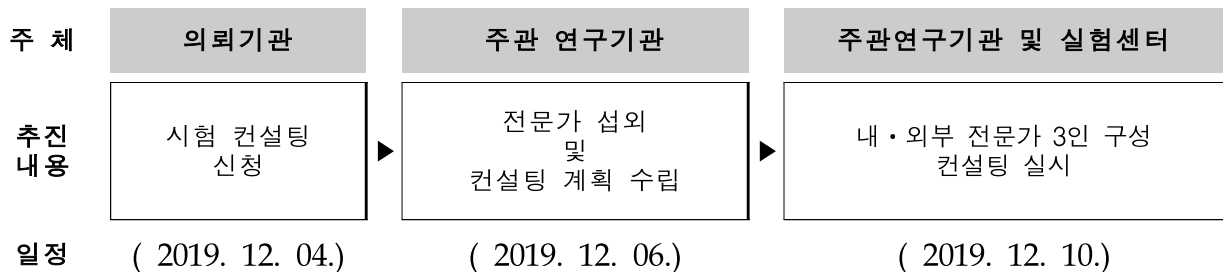
의뢰기관	(주)한국이엔씨
시험명	(PJT No.) 19-CT-PJ-0078 태양광구조물의 내구성시험
실험센터	첨단건설재료실험센터

2019. 12.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : (주)한국이엔씨
- 시험명 : (19-CT-PJ-0078) 태양광구조물의 내구성시험
- 컨설팅기간 : 2019년 12월 10일 ~ 12월 12일
- 장소 : 첨단건설재료실험센터 101호
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 이재원 / 부장 / (주)한국이엔씨
 - (자문위원) 장석수 / 책임연구원 / 첨단건설재료실험센터
박찬동 / 연구원 / 첨단건설재료실험센터
박종운 / 교수 / 대구공업대학교 토목조경과

□ 추진 절차



□ 자문 요청사항

- 태양광구조물 지지대 시험체 거치 및 시험 방법
 - 시험 방법 및 장비 세팅 방법
 - 측정항목 및 데이터 처리 등
 - 시험체 베이스플레이트 두께 선정

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

태양광구조물에 가해지는 진동 및 변위를 감지하여 지진 발생을 판단하고, 지진에 대한 신속한 조치가 이루어질 수 있도록 하는 지진감지장치를 장착한, 태양광구조물 지지대의 이론 및 구조해석으로 해당 결과 치를 확보하였으나 실제 제품을 제작 시험해 봄으로써 최종적인 결과 값을 얻어 이론과 구조해석의 개념을 검증하는 것임

- (시험 내용)

태양광구조물 지지대 수평방향의 정하중 시험을 통하여 지지대의 거동 및 내력 측정

태양광구조물 지지대 내구성 확인을 위해 피로시험을 실시

기존제품 및 개발제품이 파손되어 하중이 떨어지는 경우 가력 종료 및 최대 하중 값 및 변위 값 측정

기존제품 및 개발제품의 피로시험을 내구성 차이 확인

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2019. 12. 10. ~ 2019. 12. 12.

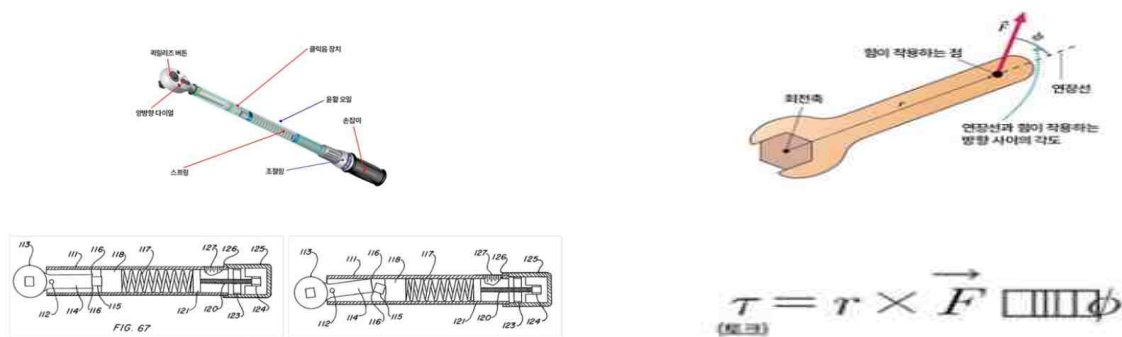
○ 시험 방법 및 분석

- 250kN 피로시험기를 사용하였으며, 태양광구조물 지지대의 수평방향으로 가력 하였으며, 수평방향의 상부지점은 롤러를 사용하여 가력하였음

- 가력방법은 단순 가력 시험체의 시험방법은 변위제어로 실시 하였으며, 분당 5mm의 속도로 가력 하였으며, 피로시험 시험체의 시험방법은 하중제어로 최소하중 810N에서 최대하중 8 100N의 하중 범위에서 Cycle시험을 실시하였음

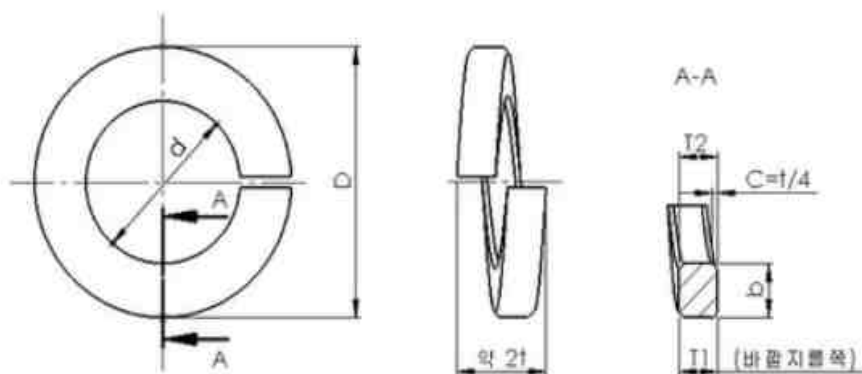
○ 자문 위원 의견(A)

- 시험체 파괴이전 콘크리트 파괴방지를 위한 콘크리트 강도 검토
 - 콘크리트 압축강도 및 매입깊이는 새트앵커의 인발하중에 큰 영향을 미치며, 시험제품 파괴보다 콘크리트의 파괴가 먼저 일어나는 것을 방지하기 위해 콘크리트강도는 표 1.과 같이 설계강도 $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ 정도의 콘크리트를 사용하는 것을 추천함.
- 동일 조건에서의 성능평가를 위한 토크렌치 사용
 - 태양광구조물 지지대 베이스플레이트의 들림 현상 방지 그리고 동일 조건에서 기존제품 및 개발제품의 성능평가를 위해 토크렌치를 이용하여 동일한 토크 값으로 체결하여야함.



[토크렌치]

- 내구성시험시 진동으로 인한 볼트 풀림현상 방지를 위한 스프링와셔 사용 검토



[스프링 와셔]

○ 자문 위원 의견(B)

- 콘크리트 허용지압응력 이론식

- 설계기준에서 베이스 플레이트의 설계를 위하여 제시하고 있는 콘크리트의 허용지압응력 F_p 은 콘크리트의 강도와 콘크리트와 베이스플레이트의 면적에 의해 다음과 같음.

$$F_p = 0.35f_{ck}\sqrt{A_2/A_1} \leq 0.7f_{ck}$$

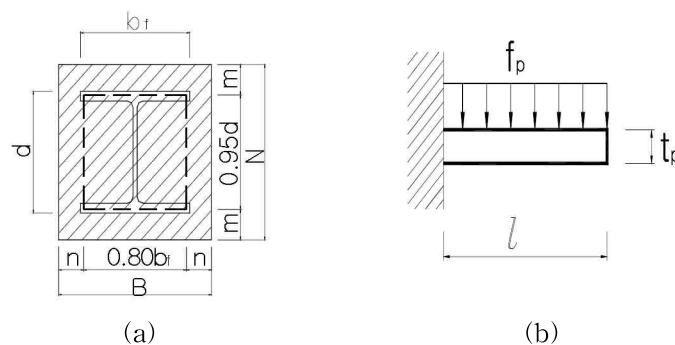
여기서, f_{ck} : 콘크리트의 압축강도 (N/mm^2)

A_1 : 베이스플레이트의 면적 (cm^2)

A_2 : 베이스플레이트 하부의 콘크리트 면적 (cm^2)

- 외부 캔틸레버개념의 설계식 적용 검토

- 반력이 등분포되어 있다고 가정하면 그림 1(a)의 외부 캔틸레버 길이 m 또는 n 인 두께를 결정하는 길이가 되며 그림 1(b)에 보이는 바와 같이 고정단에서 최대휨모멘트가 발생하고 베이스플레이트의 두께는 아래의 식으로 결정 및 제작하여야 한다고 판단됨.



(a) (b)
[외부 캔틸레버개념 설계]

○ 자문 위원 의견(C)

- 시험체 거치 방법 검토

- 태양광구조물 지지대가 체결된 콘크리트 블록의 고정 및 전도 방지를 위하여 시험체 양쪽으로 나사선이 있는 고장력 봉을 시험기 밑판에 설치하였으며, 시험체 상부에 상판프레임을 그림 1.과 같이 설치고정 하여 실험을 실시 할 예정임



[시험체 설치 전경(예시)]

- 가력방법 검토 변위제어 하중속도 및 피로시험 하중 범위 검토

- 태양광구조물 지지대와 같은 강구조물의 경우 정량화된 실험절차나 규격이 없는 실정임. 단순 가력 시험의 경우 가력속도의 검토가 필요하며, 내구성 시험(피로시험)의 경우 하중범위의 검토가 필요함.

- 측정항목 및 데이터 검토

- 정하중 시험 : 시험체의 베이스플레이트에서 상부지점까지 거리(팔길이) 측정, 최대하중 및 최대하중시 변위 측정, 최대하중시 모멘트 값 산출, 기존제품 과 개발제품 최대하중 및 최대모멘트 비교
- 내구성시험(피로시험) : 시험체의 베이스플레이트에서 상부지점까지 거리(팔길이) 측정, 하중범위 내에서 반복횟수 측정, 시험체 파단 및 변형 관측

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
장석수	책임연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박찬동	연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박종운	교수	대구공업대학교 토목조경과	지반공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	(주)한필이엔지
시험명	(PJT No.) 19-CT-PJ-0077 프리캐스트 세그먼트 기둥 연결부 실험
실험센터	첨단건설재료실험센터

2019. 12.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : (주)한필이엔지
- 시험명 : (19-CT-PJ-0077) 프리캐스트 세그먼트 기둥 연결부 실험
- 컨설팅기간 : 2019년 12월 16일 ~ 12월 19일
- 장소 : 첨단건설재료실험센터 101호
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 정일동 / 차장 / (주)한필이엔지
 - (자문위원) 장석수 / 책임연구원 / 첨단건설재료실험센터
박찬동 / 연구원 / 첨단건설재료실험센터
장광석 / 연구원 / 계명대학교 산학협력단

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	▶ 전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	▶ 내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2019. 11. 29.)	(2019. 12. 02.)	(2019. 12. 16.)

□ 자문 요청사항

- PC 교각 모듈간 비노출형 연결구조 성능평가 방법 제안
 - PC 세그먼트와 강관의 휨 응력 분담 과정에 대한 실험적 평가 방법
 - 실험을 통해 획득/분석한 자료를 근거로 합성구조물 구성의 최적화 모듈
구성방안

- 강재 스트럿-타이를 이용한 철근콘크리트 기초보강재
 - 기초구조물 가력실험을 통해 개발기술 보강재 적용의 성능 개선 방안
 - 개발기술 보강재 적용 시 성능 개선에 대한 기초적 실험 데이터

□ 의뢰 기술 개요

- 시험내용 및 계획
 - (시험 목적)
 - PC 교각 모듈간 비노출형 연결구조 개발
 - 강재 스트럿-타이를 이용한 철근콘크리트 기초보강재 개발
 - (시험 내용)
 - 프리캐스트 세그먼트 기둥 연결부 휨성능 평가(2점제하)
 - 1. 각관 실험체 (각관) - Control
 - 2. 무수축 그라우트 충전 세그먼트 연결부 실험(세그먼트+각관+무수축 그라우트)
 - 3. 무수축 그라우트 충전 세그먼트 전단키 연결부 실험(세그먼트+각관+전단키+무수축 그라우트)
 - 4. 무수축 그라우트 충전 세그먼트 슬리브 연결부 실험(세그먼트+각관+슬리브+무수축 그라우트)
 - 5. 무수축 그라우트 충전 세그먼트 슬리브 및 전단키 연결부 실험(세그먼트+각관+슬리브+전단키+무수축 그라우트)

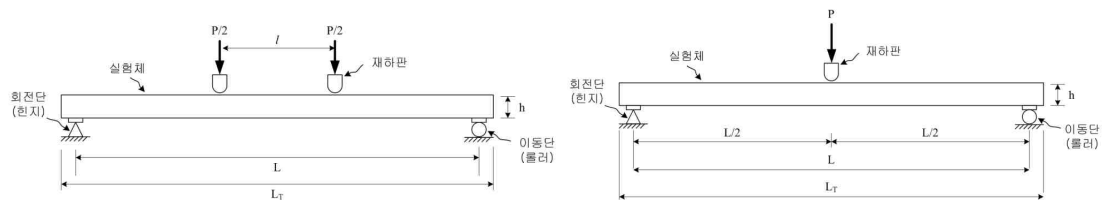
□ 주요 컨설팅 내용

- 실험 일정
 - 2019. 12. 02. ~ 2019. 12. 20.
- 시험 방법 및 분석
 - 프리캐스트 세그먼트 기둥 부재의 연결부 성능평가 방법
 - 프리캐스트 세그먼트 부재의 휨 시험 방법

- 프리캐스트 세그먼트 기둥 부재 연결부의 시험변수 설정

○ 자문 위원 의견(A)

- 프리캐스트 세그먼트 기둥 부재의 연결부 성능평가 방법
 - 연결부에 대한 기둥 부재의 구조적 압축성능 실험을 통해 접합부 또는 연결부에 대한 성능 검증이 가능
 - 기둥 부재에 대한 압축 성능평가의 경우 편심(Eccentricity)이 발생하여 연결부의 순수성능 평가를 위해 기둥 부재의 휨성능 실험으로 대체할 수 있음
- 프리캐스트 세그먼트 부재의 휨 시험 방법
 - 휨 실험의 경우 일반적으로 4점 휨 실험과 3점 휨 실험으로 나뉨
 - 본 기둥 부재의 경우 세그먼트화에 따른 연결부의 성능을 실험적으로 평가하기 위해서는 4점 휨 실험이 적절한 것으로 판단됨

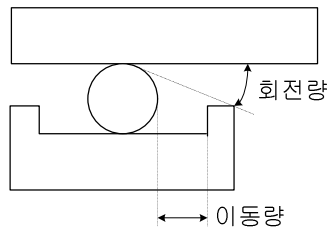


[휨 실험의 모식도(좌:4점 휨 실험, 우:3점 휨 실험)]

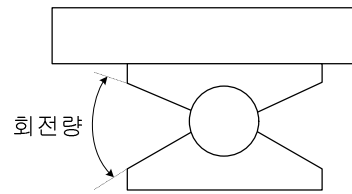
- 콘크리트 부재의 휨 실험 절차
- 프리캐스트 세그먼트 기둥 부재 연결부의 시험변수 설정
 - 각관 실험체(비교대상체)
 - 세그먼트, 각관, 무수축 그라우트 실험체
 - 세그먼트, 각관, 전단키, 무수축 그라우트 실험체
 - 세그먼트, 각관, 슬리브, 무수축 그라우트 실험체
 - 세그먼트, 각관, 슬리브, 전단키, 무수축 그라우트 실험체

○ 자문 위원 의견(B)

- 휨 실험의 경계조건 및 지점부 설정
 - 실험체의 구속조건은 실험 결과에 큰 영향을 주기 때문에 대상 부재가 실제로 설치되는 경계조건을 고려하여 결정하되, 실제 구조물의 거동을 평가하기에 적절한 조건을 갖추어야 함



(a) 이동단

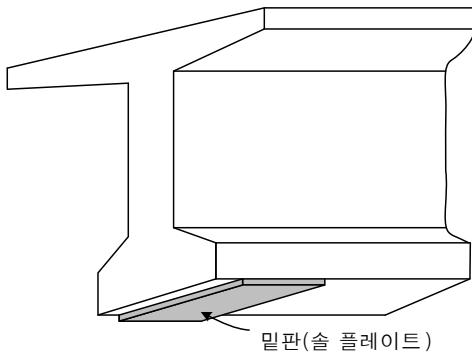


(b) 회전단

[단순지지 경계조건]

- 휨시험 지점부 보강방법 및 조치사항

- 봉형 지점위에 실험체를 설치할 경우에는 지점과 접하는 실험체의 하부면에 밀판(솔 플레이트, sole plate)과 같은 강판을 미리 설치하여 하중 재하 시 반력에 의해 실험체가 손상되지 않도록 하는 것이 좋음



(a) 설치 모식도



(b) 설치 전경에

[지점부 밀판 설치 예시]

- 지점의 상부면과 실험체가 맞닿는 면이 완전 밀착이 되었는지 확인하고 틈새가 있다면 적당히 얇은 필러 철판 또는 석고 등을 이용하여 공극을 메워주고 수평 상태가 되도록 해야 함



(a) 필러 철판 삽입 전경



(b) 석고 설치 전경

[지점부 공극 충전 예시]

○ 자문 위원 의견(C)

- 프리캐스트 세그먼트 기둥의 연결부 성능확인을 위한 계측 방법
 - 보의 수직 처짐은 최소한 실험체의 지간 중앙(L/2)을 포함하여 1곳 이상에서 측정한다. 일반적으로는 L/4, L/2 및 3L/4 위치에서 총 3곳 이상을 측정하며, 혹시 발생할지도 모르는 횡방향 변위 또는 회전에 대한 측정도 필요함.
- 연결부 성능평가를 위한 휨 실험의 하중재하 방법
 - 초기에는 실험체가 탄성 범위 내의 손상이 없을 정도의 미소한 하중(0.1Pcr 이내)을 가력한 후 제거함으로써 지점부와 하중 재하판의 접촉면이 모두 균등하게 접촉되는지를 확인한 이후에 하중의 0점에서부터 재하 실험을 시작하는 것이 바람직함.
- 성능시험 결과분석을 위한 계측 및 분석 항목

[계측(측정) 분석 항목]

	구분	측정 항목 및 내용	비고
변형률	필수	- 인장 및 압축부 철근 변형률 - 인장 및 압축부 콘크리트 표면 변형률 - 단면 높이별 철근, 콘크리트 표면 변형률(L/2) - 전단변형률(지점부에서 단면높이 만큼 떨어진 위치)	- 항복하중, 응력 - 균열하중, 제어 - 도심축의 변화 계산 - 주응력방향 계산
	선택	- 단면 높이별 변형률(L/4 및 3L/4) - 콘크리트 내부응력(무응력계 등)	크리프, 건조수축 응력
변위	필수	수직처짐(L/4, L/2, 3L/4)	균열, 항복, 극한하중, 연성도 등
	선택	- 지점부 단면의 축방향 변위(이동단) - 지점부의 회전량(각) - 부재 중앙의 횡방향 변위 - 지점부 수직처짐(탄성지점의 경우)	- 단면이 높은 경우 - 하중-변위 선도의 초기 슬립 보정
하중	필수	- 재하하중(유압가력기의 feedback force) - 재하하중(유압재 사용시 별도 로드셀 하중)	- 균열, 항복, 극한하중 - 균열, 항복, 극한하중
	선택	텐던의 긴장력	PSC 거더의 장기계측
균열	선택	- 휨 균열(휨 구간, 콘크리트 하면) - 균열 진전 작성(하중 단계별 실험체에 표기)	- 균열폭, 균열하중 - 균열도

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
장석수	책임연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박찬동	연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
장광석	연구원	계명대학교 산학협력단	구조공학(공학박사)

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

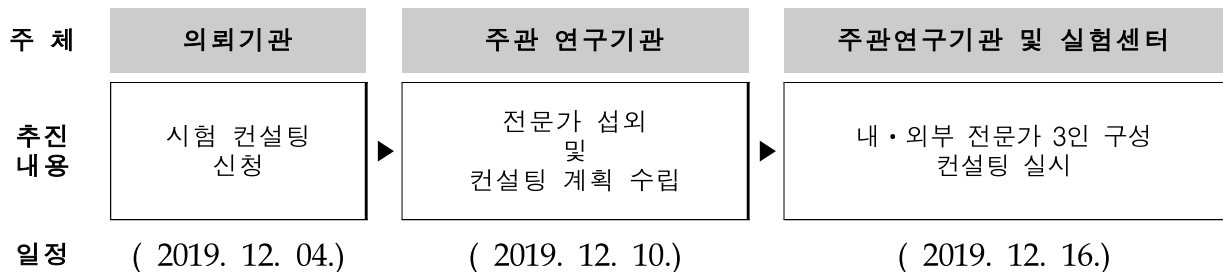
의뢰기관	(주)한성기술
시험명	(PJT No.) 19-CT-PJ-0080 H pile 및 Hat sheet pile 휨 강도시험
실험센터	첨단건설재료실험센터

2019. 12.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : (주)한성기술
- 시험명 : (19-CT-PJ-0080) H pile 및 Hat sheet pile 휨 강도시험
- 컨설팅기간 : 2019년 12월 16일 ~ 12월 19일
- 장소 : 첨단건설재료실험센터 101호
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 한창현 / 대표
 - (자문위원) 장석수 / 책임연구원 / 첨단건설재료실험센터
박찬동 / 연구원 / 첨단건설재료실험센터
박종운 / 교수 / 대구공업대학교 토목조경과

□ 추진 절차



□ 자문 요청사항

- H pile과 Hat sheet pile이 결합 된 차수성 흙막이 벽체의 내력시험 및 성능
평가 방법

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

H pile과 Hat sheet pile이 결합 된 차수성 흙막이 벽체의 성능 시험

- (시험 내용)

H pile의 휨강도 시험

Hat sheet pile의 휨강도 시험

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2019년 12월 16일 ~ 19일

○ 시험 방법 및 분석

- H pile과 Hat sheet pile의 휨강도 시험(KS F 4306)

○ 자문 위원 의견(A)

- 휨시험은 Eurocode(EN 1993-5) 강널말뚝 시험방법을 추천하며, Eurocode에서제시하는 강널말뚝의 시험방법을 본 실험에 적용할 것을 추천

- 자재 폭이 700mm로 기존의 U형 sheet pile (400x150x13mm)의 폭보다 300mm넓어 재료의 강도특성을 규명함으로서 경제성과 시공성의 장점을 뒷받침 할 수 있을 것으로 생각됨

- 제품의 성능평가를 위하여 H 파일과 Hat sheet 파일에 대하여 각각 휨강도 시험을 실시 하고, 2개가 결합된 H Pile +Hat Sheet Pile에 대한 휨강도 시험을 실시하는 것을 추천

- Eurocode(EN 1993-5)에서 제안한 지점부 조건으로 설치하는 것을 추천

○ 자문 위원 의견(B)

- 시험장치는 Eurocode의 Single span beam test와 Intermediate support test를 준용하여 실시하는 것을 추천하며 Eurocode(EN 1993-5) 강널말뚝 시험방법을 제시

- 재료에 대한 휨강도를 측정하기 위하여 가력하중과 가력하중에 따른 변위와 H 파일과 Hat sheet 파일의 위치별 변형률을 측정하여야 함

- 전자식 변위계(LVDT)를 사용하여 변위를 정밀하게 측정하여야 하며, 중앙에 100mm 2 개와 3등분점 하중가력부 양쪽에 변위계를 설치하여 변위를 측정하여야 함

- Hat sheet 파일의 변형률을 측정하여야 하며, 현장시험 시 필요에 따라 조정 및 추가에 대한 검토 필요

○ 자문 위원 의견(C)

- Sheet Pile의 암반 항타관입이 불가능하거나 관입을 위하여 별도의 공법을 적용해야 하는 지층에 대하여 H-Pile을 맞대어 지지층 관입을 H-Pile이 담당하게 함으로써 차수가 가능한 효과적인 흙막이 벽체로써 경제성과 시공성의 장점을 가지는 공법으로 본 휨강도 시험을 통한 재료의 성능을 규명하는 것은 중요한 사항임
- 본 실험을 통하여 흙막이 구조물로 사용되는 재료의 성능을 평가하고, 토압 이론을 고려한 전산구조해석(수치해석)의 결과를 비교분석하여 재료의 대한 신뢰도를 향상시키는 방법을 추천함
- 시험조건에 따른 전산해석과 실제 시험조건에 따른 거동 분석이 필요함
- 실제 토압에 대한 이론적 해석법 정리

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
장석수	책임연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박찬동	연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박종운	교수	대구공업대학교 토목조경과	지반공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	(주)태극기초
시험명	(PJT No.) 19-CT-PJ-0066 합성구조벽체 휨 및 전단연결재 구조성능시험
실험센터	첨단건설재료실험센터

2019. 12.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : (주)태극기초
- 시험명 : (19-CT-PJ-0066) 합성구조벽체 휨 및 전단연결재 구조성능실험
- 컨설팅기간 : 2019년 12월 23일 ~ 12월 24일
- 장소 : 첨단건설재료실험센터 101호
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 김진호 / 이사
 - (자문위원) 장석수 / 책임연구원 / 첨단건설재료실험센터
박찬동 / 연구원 / 첨단건설재료실험센터
박종운 / 교수 / 대구공업대학교 토목조경과

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	▶ 전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	▶ 내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2019. 10. 11.)	(2019. 10. 15.)	(2019. 12. 23.)

□ 자문 요청사항

- 휨 및 전단부재의 시편 제작 및 평가 방법
 - 시험 방법 및 장비 세팅 방법
 - 측정항목 및 데이터 처리 등

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

흙막이용으로 사용되는 CIP를 영구벽체로 활용하기 위하여, 상기 H강재와 철근 케이지가 매입된 현장타설수직파일(CIP)과 후타설 철근콘크리트 벽체를 합성하여 영구 합성지하외벽을 구축하기 위한 공법을 만들기 위해 휨 및 전단 시험을 통한 일체성 확인 및 전단 저항 능력 평가를 통하여 개발품의 성능 평가

- (시험 내용)

합성구조벽체 휨 실험을 통한 일체성 및 전단 저항능력 평가

합성벽체에 적용되는 전단연결재의 전단 실험을 통한 전단연결재의 전단 내력 산출
실험대상품이 파손되어 하중이 떨어지는 경우 가력 종료 및 최대 하중값 기록
실험체의 최대하중 및 Data logger에서 측정된 LVDT의 변위 값 기록

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2019. 12. 23. ~ 2019. 12. 24.

○ 시험 방법 및 분석

- 5MN 대형부재 시험기를 사용하였으며, 전단 실험체의 경우 중앙부 상단을 중력방향(하향)으로 가력 하였으며, 휨 실험체는 3점 재하를 실시하였음.
- 가력방법은 변위제어로 실시 하였으며, 분당 0.5mm의 속도로 가력 하였음.
- 실험체의 처짐 계산을 위해 LVDT를 설치하여 변위값을 기록 하였음.

○ 자문 위원 의견(A)

- 현장타설 바닥판의 시험체 제원 및 강도 특성
- 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 제원 특성
- 실험에 대해서 3개 이상의 동일 실험체를 가지고 검증 실험을 수행
- 전단연결재의 배열 : 가능한 2열 이상으로 설치하고 실험결과를 분석 시 평균값을 사용

○ 자문 위원 의견(B)

- 압발시험체 변위계 설치 : 변위계는 최대 예상 변위까지 측정 가능하며, 강거더와 콘크리트 바닥판이 미소한 상대 미끄럼을 고려해 최소 0.01mm의 정밀도를 갖는 것을 사용
- 변위계는 전단연결재 위치에 설치하여 강거더의 상부플랜지와 콘크리트 바닥판 사이의 상대변위를 측정
- 시험체의 측정 구간의 균열 발생에 따른 변형이 함께 포함된 것이므로 고려
- 인발시험체 변형률계 설치 : 실험체 제작 단계에서 철근 및 전단연결재에 직접 부착하는 강재용 변형률계와 콘크리트 바닥판양생 후 콘크리트 표면에 부착하는 콘크리트용 변형률계 설치
- 매립철근 및 전단연결재에는 게이지 길이가 작은 변형률계(5mm 내외의 게이지 길이)를 사용하는 것을 추천

○ 자문 위원 의견(C)

- 실험체 설치 및 경계조건 : 실험체 설치 및 하중 재하 방법은 3점 또는 4점 휨실험으로 수행. 등분포 하중을 재하하기 위해서는 강성이 큰 하중재하보를 부재 축 방향으로 나란히 설치하여 구현
- 단일 거더를 사용한 합성보 실험체의 경우 양 단부의 콘크리트 바닥판과 지점사이에 별도의지지 프레임을 설치하거나 콘크리트 블록이나 강재 프레임을 받쳐줘서 하중재하 시 전도를 방지
- 센서의 설치 : 하중계, 변위계, 변형률계 등 일반적인 센서설치 위치 및 개수는 일반적인 보.거더 휨실험과 동일하게 설치. 가능한 단부 양쪽에 각각 2개씩을 설치하여 평균값을 사용

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
장석수	책임연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박찬동	연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박종운	교수	대구공업대학교 토목조경과	지반공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	컨텍이엔씨 주식회사
시험명	(PJT No.) 20-HY-PJ-0039 프리캐스트 패널 전단연결재 정적시험
실험센터	하이브리드구조실험센터

2020. 01.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : 컨택이앤씨 주식회사
- 시험명 : (20-HY-PJ-0039) 프리캐스트 패널 전단연결재 정적시험
- 컨설팅기간 : 2020년 01월 10일
- 장소 : 하이브리드구조실험센터 소회의실
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 김기현 / 대표이사
 - (자문위원) 한종욱 / 수석연구원 / 하이브리드구조실험센터,
이승국 / 선임연구원 / 하이브리드구조실험센터,
황훈희 / 센터장 / 한국도로협회,

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	▶ 전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	▶ 내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2019. 12. 10.)	(2019. 12. 15.)	(2020. 01. 10.)

□ 자문 요청사항

- 프리캐스트 패널 정적실험 관련 내용 검토
- 실험체 설치 방안 검토

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

프리캐스트 패널 전단연결재에 대한 성능평가

- (시험 내용)

전단면 프리캐스트 바닥판 수평전단 요소 실험

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2020. 02. 26 ~ 2020. 03. 05.

○ 시험 방법 및 분석

- 프리캐스트 패널부의 전단연결재에 대한 성능평가 시험법으로 전단연결재에 수평으로 하중재하방법
- 전단연결재 설치 특성에 따른 거동분석을 위해서는 패널 내부 및 외부에 콘크리트 및 철근 게이지, 처짐계 부착이 필요함

○ 실험 실패 예방을 위한 시험 및 시제품 제작시 유의사항

- 실험체 제작시 TYPE별로 게이지 부착 및 제작시 철저한 관련감독이 필요함
- 실험체와 실험장비와 실험용 지그와 결합을 위한 콘크리트 구멍 위치 및 크기가 정확해야하고, 실험체 설치 및 해체를 위한 인양고리도 설치가 되어야함

○ 유사 시험에 대한 결과 및 시험 결과 활용 방안

- 실험 전에 기존 실험사례와 결과에 대한 검토가 필요함
- 설계기준 및 시방서 요구사항에 대한 검토가 필요함

○ 자문 위원 의견(A)

- 실험체에 M19 고장력 볼트가 적용되었으며, 표준시방서에 언급되지 않은 제품의 적용여부 재검토 필요
- 가력장치와 실험체의 중심축이 일치되지 않아 편심에 의한 영향 가능성이 높음
- 실험체에 따라 전단포켓 크기가 다르게 설계됨. 전단연결재의 인발거동에 불리한 방향으로 경사를 형성하여 개선 필요

○ 자문 위원 의견(B)

- 실험용 전단연결재 M19는 일반적으로 사용하지 않아 이에 대한 적합성 검토 필요(설계 기준, 시방서)
- HT2 실험체의 전단연결재 높이가 동일하지 않아, 시공성 향상을 위해서는 동일한 높이 전단 연결재가 적합함
- 반복적인 수평 전단연결재 실험을 위해서는 LM 가이드 설치 필요

○ 자문 위원 의견(C)

- 실험체는 상판과 하판이 전단연결재로 연결되어 있어 하중이 가해지면 상판의 들림 현상이 발생할 수 있으므로 실험체 상판과 하판을 베이스블록으로 덮은 후에 디비닥 강봉으로 고정 필요
- 실험체 인양시 전면연결재 설치위치에 손상이 가지 않도록 실험체 중앙부를 흘쳐매어야 함
- 전단연결재와 몰탈타설 등으로 제작된 합성부재이므로 선재하를 통하여 초기 슬립 또는 실험체와 가력블록 사이의 미접촉 부분을 제거한 후 실험 진행 필요

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
한종욱	수석연구원	하이브리드구조실험센터	토목공학(구조전공)
이승국	선임연구원	하이브리드구조실험센터	토목공학(구조전공)
황훈희	센터장	한국도로협회	토목공학(구조전공)

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	(주)동성진 흥
시험명	(PJT No.) 20-WT-PJ-0005 케이블 트레이 내풍안정성 평가
실험센터	대형풍동실험센터

2020. 02. 21

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : (주)동성진흥
- 시험명 : (20-WT-PJ-0005) 케이블 트레이 내풍안정성 실험
- 컨설팅기간 : 2020년 02월 21일 ~ 02월 21일
- 장소 : 전북대학교 대형풍동실험센터 회의실
- 참석자 : 총 5명(의뢰기관 2명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 정기철 / 차장, 김슬기로 / 과장
 - (자문위원) 이재준 / 교수 / 전북대학교 토목공학과,
이승호 / 책임연구원 / 전북대학교 대형풍동실험센터,
정희갑 / 연구원 / 전북대학교 토목공학과

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	▶ 전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	▶ 내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2020. 02. 21.)	(2020. 02. 21.)	(2020. 02. 21.)

□ 자문 요청사항

- 케이블 트레이의 강풍에 대한 안정성 확인 및 품질 입증 방법
- 강풍에 대한 안정성 관련 규정
- 풍동실험 방법

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

시험컨설팅 의뢰기관은 선박에 설치되는 케이블 트레이를 생산하고 판매하는 업체로 현재까지 많은 제품을 소비자들에게 판매해 오고 있었지만, 강풍에 대한 안정성이 검증 실험을 수행한 바 없었다. 제품 발주자의 강풍에 대한 내풍 안정성 검증 요구에 따라 풍동실험을 통해 제품의 내풍안정성 시험을 수행하고자 한다.

- (시험 내용)

대형풍동실험센터의 고속시험부를 이용한 실물실험을 통해 고풍속 조건에서 케이블 트레이의 변형, 볼트 및 너트의 탈락, 클램프의 변형 등의 안전에 대한 관능검사 수행 및 필요에 따라 변위계 센서를 이용하여 변형 측정

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2020년 3월 중

○ 시험 방법 및 분석

- 바닥과 케이블 트레이의 고정장치 제작 및 시험체 연결 치구 제작
- 고속시험부 시험부에 다양한 크기 및 형태의 일체형 케이블 트레이 설치
- 케이블 트레이 자세에 따른 내풍안정성 확인
- 풍속을 서서히 올려가며 제품의 변형, 볼트 및 너트 탈락, 클램프의 변형등 관능검사 수행

○ 실험 실패 예방을 위한 시험 및 시제품 제작시 유의사항

- 케이블 트레이는 수평면적이 매우 크기 때문에 바람으로부터 받는 하중이 매우크다. 따라서 안전하게 실험을 수행하기 위해서는 풍동의 바닥과 케이블 트레이 시험지지대가 견고하게 결합되어야 한다.
- 풍하중으로인해 케이블트레이가 전도되어 실험이 불가할 수 있으므로 케이블 트레이의지지 구조물 설치가 필요함.
- 케이블트레이 종류 및 자세에 따른 실험 수행 시 시험체를 변경하는데 시간이 많이 소요되므로 자세를 간편하게 바꿀수 있도록 치구를 제작해야함
- 바람에 의한 전도 및 슬립발생시 시험체를 잡아 줄 수 있는 안전장치 설치
- 관련규정을 정확히 분석하여 실험 풍속 산정

○ 유사 시험에 대한 결과 및 시험 결과 활용 방안

- 안정성이 확보된 제품의 실험결과를 소비자들에게 제시함으로써 제품판매 촉진 및 제품 홍보

○ 자문 위원 의견(A)

- 케이블트레이의 경우 대부분 실내에 설치되어 바람의 영향을 거의 받지 않기 때문에 풍하중에 대한 인식이 크지 않지만, 지하철의 케이블트레이 설비, 선박의 케이블트레이 설비와 같이 외부에 노출되어 있는 경우에는 높은 풍속의 환경에 노출될 수 있다. 따라서 고풍속에 노출되어 있는 케이블트레이의 경우 풍하중에 의한 볼트 너트의 탈락, 케이블트레이의 과도한 변형 등에 대한 안전성 검토를 할 필요가 있다. 특히 최근에는 케이블트레이의 설비 단가를 낮추기 위하여 점차 단순화 되어가고 있는 추세이다. 이로 인해 구조적 취약성은 증대되고 있다.
- 실험을 의뢰한 회사의 트레이는 선박에 설치되는 케이블 트레이의 경우로 선박의 규모에 따라 50m 이상의 높이까지 수직으로 설치되어 복잡한 케이블들을 지탱해야 한다. 선박이 놓인 해상의 경우는 육지보다 풍속이 높으며 특히 높이가 높아질수록 풍속이 높아져 약 30m/s이상의 풍속조건에 놓일 수 있다. 이러한 고풍속 조건에서 케이블 트레이의 변형, 볼트 및 너트의 탈락 등의 안전에 대한 검토를 위해서 풍동실험을 통한 육안검사 및 변위계

센서를 이용한 변위 측정이 필요할 것으로 판단된다.

- 고풍속에서 케이블 트레이가 시험부에 정확히 고정되기 위해서는 턴테이블 하부에 설치된 H형강에 직접 고정되어 설치해야 실험 시 안전을 확보 할 수 있다. H형강에 직접 트레이 지지구조물을 고정시키기 위해서는 u형클램프가 필요하며 정확한 위치에 볼트를 관통하여 설치해야 실험시에 시험체의 전도, 진동 등의 안전상의 문제로부터 벗어날 수 있다.
- 케이블 트레이의 변위는 지지구조물과 트레이를 연결하는 한 구간의 길이에 따라 달라지기 때문에 길이에 따른 영향을 파악하기 위해서 연결할 수 있는 부위를 다수 만들어 길이에 따른 변위를 비교해 보아야 한다.
- 또한 케이블 트레이 덮개의 볼트, 너트 및 클램프의 안전성을 확인하기 위해서도 위와 마찬가지로 볼트, 너트 체결부위의 길이를 다양하게 변화시켜 가며 그 영향을 파악해 보아야 한다.
- 지면으로부터 높이가 높아짐에 따라 풍속프로파일이 형성되는데 그에 대한 영향을 확인하는 것은 가장 높은 곳의 풍속을 대표풍속으로 하여 실험을 수행하면 해결 가능할 것으로 판단된다. 가장 높은 곳의 풍속을 타겟으로 실험을 진행하면 안전측에서 실험이 진행되는 것으로 다소 과다한 설계가 될 수 있지만, 추후 실험결과로 인한 안전상의 문제를 유발시킬 확률을 줄일 수 있다.

○ 자문 위원 의견(B)

- 의뢰기관의 제품은 선박의 배선 시공시 케이블과 전력관을 지지 및 보호하기 위한 구조물로 옥외에 설치되는 케이블 트레이의 경우 강풍에 의한 안정성 검증 및 확보가 필수적이다. 이를 위해 제품 실물에 대한 풍동실험 수행이 필요할 것으로 판단된다.
- 케이블 트레이는 형태에 따라 길이 방향의 양측면 레일을 가로 방향 부재로 연결한 사다리형, 일체식, 분리식 등이 있어 형태에 따라 작용하는 풍하중이 달라지므로 이에 대한 영향을 평가하여 안정성을 확인해야 한다. 또한 시공 현장마다 사용하는 케이블의 종류 및 양, 지지대 사이의 간격 등이 다양하게 변하므로 다양한 요구 조건에 맞는 케이블 트레이의 설계 및 제작이 필요하다. 특히, 해양 플랜트, 선박 등에서 사용되는 케이블 트레이는 높은 중량의 케이블을 지지하고 고풍속에도 안정해야 하므로 각 제품마다 풍동실험을 통해 내풍안정성을 확인해야 한다.
- 특히 최근 케이블 트레이는 경량화, 단순화 되고 있기 때문에 풍하중에 대한 안정성을 확인해야 한다. 케이블 트레이는 풍하중을 직접 받는 덮개의 변형으로 인한 볼트탈락, 클램프 파손 등에 취약하므로 풍속을 서서히 높여 가며 취약부의 이상유무를 확인해야 한다. 바람의 방향, 설치 자세등에 따라 풍하중이 급변화함으로 다양한 자세와 풍향에 대한 실험을 수행하여 안정성을 확인해야 한다.
- 케이블 트레이가 세워져 있는 형태로 실험이 수행될 때는 덮개, 볼트탈락 이전에 시험체 전체가 전도되거나, 풍동 바닥과 고정이 이탈되어 실험이 불가능해 질 수 있다. 따라서 풍동바닥과 시험체를 견고히 해야하고, 케이블 트레이 뒤에 브레이싱을 설치하여 하중으로부터 전도되는 것을 방지해야 한다.
- 변형량, 풍하중의 정량적 평가가 필요할시 레이저변위계, 분력계 등을 이용하여 실험을 수행해야 한다.
- 정적인 내풍안정성외에 바람에 의한 진동이 발생할시 반복하중으로 인한 클램프 및 볼트 너트의 풀림현상 등을 확인하여 문제가 발생할 시 보완이 필요함

○ 자문 위원 의견(C)

1) 폐쇄율 관련 : 폐쇄효과를 고려하여 실험 풍속을 산정하고, 불확도 평가를 통한 실험 결과의 신뢰성을 확보해야 됨

1-1) 일반적인 풍동실험에서는 시허부 단면적의 5% 이내 범위에서 시험체의 크기를 결정하고 실험을 진행하는 것이 일반적임. 폐쇄효과가 발생할 경우 풍하중 측정 실험의 경우 폐쇄율에 비례하여 하중이 증가하게 되며, 벽면 효과로 인하여 후류의 형태가 달라지게 됨. 시험체 치구 설계 시 이러한 점을 고려하여 수풍면적을 최소화 하는 방법을 고려해야 됨.

1-2) 다양한 타입과 설치 형태에 따라 풍동실험에서 최대로 재현할 수 있는 최대풍속은 상이하며, 기존 유사 실험의 경우 수풍면적이 상대적으로 적은 경우 약 28m/s, 수풍면적이 큰 타입의 경우 약 21m/s의 실험 조건을 고려하였음.

2) 시험체 치구 연결 관련

2-1) 시험체 연결 방법은 기존의 실험 방법을 고려하여 하부 턴테이블의 메인 프레임에 직접 체결 될 수 있어야 함.

2-2) 케이블 트레이 형태에 따른 지지 방법 고려 필요

2-3) 시험 치구의 경우 삼각 페어링 등을 부착하여 풍하중과 혹시 모를 진동에 대비하는 방법을 추천함.

3) 실험결과 관련

- 실험 결과를 통해 향후 파생될 수 있는 성과에 대하여 구체적인 계획이 필요하며, 실험 결과의 활용 및 제품의 우수성을 홍보 할 수 있는 방안을 강구해야 함.

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
이재준	교수	전북대학교 토목공학과	구조
이승호	책임연구원	전북대학교 대형풍동실험센터	내풍공학
정희갑	연구원	전북대학교 토목공학과	내풍공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	주식회사 시우건설
시험명	(PJT No.) 20-ST-PJ-0022 JS 앵커 보강공법을 이용한 조적벽체의 내진성능평가
실험센터	지진방재연구센터

2020. 04. 01.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : 주식회사 시우건설
- 시험명 : (20-ST-PJ-0022) JS 앵커 보강공법을 이용한 조적벽체의 내진성능평가
- 컨설팅기간 : 2020년 3월 2일
- 장소 : 부산대학교 지진방재연구센터 회의실
- 참석자 : 총 6명(의뢰기관 3명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 손기민 / 대표이사 / (주)시우건설
최귀환 / 이사 / 정석건설산업
박현수 / 교수 / 신한대학교
 - (자문위원) 김민욱 / 선임연구원 / 지진방재연구센터
신용재 / 주임연구원 / 지진방재연구센터
박해용 / 연구교수 / 부산대학교

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	▶ 전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	▶ 내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2020.02.25.)	(2020.02.26.)	(2020.03.02.)

□ 자문 요청사항

- 2층 높이의 조적벽체 구조물 진동대 시험시 유의사항 및 기타 준비사항

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

의뢰자가 개발한 JS 앵커를 적용한 조적벽체의 내진 성능 확인

- (시험 내용)

의뢰자가 제공한 계층지진의 가속도시간이력을 순차적으로 인가하여 거동 확인.

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 절차

- 의뢰자가 설계 및 제작한 실험대상품을 진동대에 설치하고, 의뢰자가 제공한 가속도시간이력 지진파를 부여하여, 이상유무를 확인함.

○ 시험 방법 및 분석

- 의뢰자가 제공한 가속도시간이력 지진파 사용.
- Random파형(0.5 Hz ~ 50.0 Hz)에 따라 공진주파수 검색시험 실시.

○ 계측 계획

- 공진주파수 변화를 확인하기 위해 실험대상품의 높이에 따라 총 4개소의 가속도계 설치.
- 구조물의 상대 변위량 확인을 위해 높이에 따라 줄변위계 설치.

○ 유사 시험에 대한 결과 및 시험 결과 활용 방안

- 과거 유사 시험사례에서 발생한 문제점 리뷰를 통하여 내력 벽체의 정착 철근의 보강이 필요함.
- 내력벽의 비틀림 방지를 위하여 내력 기둥을 추가로 설치 요망.

○ 자문 위원 의견(A)

- 의뢰자가 사용하고자 원하는 계측지진파(El-centro NS)의 경우 주된 주파수 peak이 0.3 Hz 부근에 있어 이를 모사하지 못함.
- 공진주파수 검색시험은 Random파형을 이용한 방법을 추천.
- 안전한 실험 진행을 위하여 안전펜스 등 낙하 및 전도 방지 대책이 필요함.

○ 자문 위원 의견(B)

- 실험체의 높이가 실험센터의 출입문보다 높아 실험체를 눕혀서 이동하여야 함.
- 실험체의 구조적 손상이 발생하지 않도록 이동하여야 하기 때문에, 수직력이 유지 될 수 있도록 조치하여야 함.

○ 자문 위원 의견(C)

- RC 내력벽체에 치장벽돌을 시공할 경우, 무게중심이 상승함에 따라, 전도 모멘트에 의한 검토가 사전에 이루어져야 함.
- 전도에 저항하도록 하부 푸팅을 키워야 하며, 각 요소에 철근의 배근량을 충분히 늘여야 함.
- RC 내력벽체는 관심 영역대의 주파수를 필터링 하지 않도록, 충분한 강성을 확보하여야 함.

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
김민욱	선임연구원	지진방재연구센터	토목공학
신용재	주임연구원	지진방재연구센터	토목공학
박해용	연구교수	부산대학교	건축구조공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

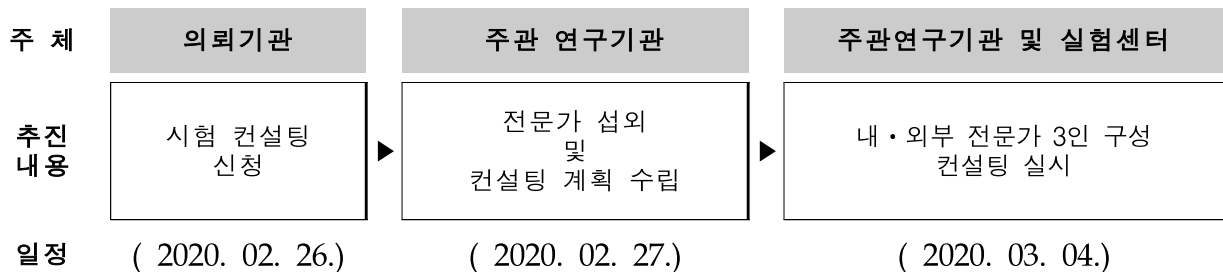
의뢰기관	(주)카이센테크
시험명	(PJT No.) 20-OW-PJ-0004 부벽식 옹벽 안정성 수리모형실험
실험센터	해안항만실험센터

2020. 03.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : (주)카이센테크
- 시험명 : (20-OW-PJ-0004) 부벽식 옹벽 안정성 수리모형실험
- 컨설팅기간 : 2020년 02월 26일 ~ 03월 04일
- 장소 : 해안항만실험센터 206호
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1 명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 김병무 / 부 장
 - (자문위원) 김영일 / 연구원 / 해안항만실험센터
배일로 / 연구원 / 해안항만실험센터
이동호 / 사 원 / 해안해양기술

□ 추진 절차



□ 자문 요청사항

- 부벽식 옹벽 안정성 수리모형실험에 대한 실험조건 및 방법

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

1. 부벽식 옹벽 설치 시 거동분석 및 안정성 확인

- (시험 내용)

1. 부유식 구조물에 대한 흡수 확보 후 계류장치 없을 경우 실험 수행
2. 부유식 구조물에 대한 흡수 확보 후 계류장치 설치하여 실험 수행
3. 실험체 크기: 2.0m×1.3m×1.5m
4. 실험체 수량: 2기
5. 실험과 설정: 10개(축척 1/50)
6. 실험 case: 10개 실험과 4개 방향에서 진행

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2020.04.06.~2020.04.17.

○ 실험 방법 및 분석

- 목표 수심에서 실험체 설치 후 설정된 실험과 조파 실시
- 계측: 파고, 실험체의 거동방법 및 거동 방향, 실험체 안정성 등

○ 실험 실패 예방을 위한 시험 및 시제품 제작 시 유의사항

- 실험체 거동시 파손 방지를 위한 계류 장치 확보 필요

○ 자문 위원 의견(A)

- 실험수행 예정인 실험수조 깊이에 비해 수심이 깊어 반사파 제어가 잘 될 수 있도록 충분한 소파장치 확보 필요
- 깊은 수심에서 수행될 예정이므로 파고계측을 위한 지지대 확보 필요

○ 자문 위원 의견(B)

- 실험체의 거동 발생 시 파손 방지를 위한 장치 확보 필요
- 실험체 거동 계측을 위한 센서부의 충분한 케이블 길이 확보 필요

○ 자문 위원 의견(C)

- 중량물 실험체의 이동 및 설치 시 충분한 사전 협의/검토 후 모형설치 필요
- 실험과 검토 시 실험수조에서 재현 가능한 범위내의 실험과 고려 필요(수심이 깊어 실험수조 밖으로 물이 넘칠 수 있음)

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
김영일	연구원	해안항만실험센터	토목공학(항만)
배일로	연구원	해안항만실험센터	토목공학(항만)
이동호	사원	(주)해안해양기술	토목공학(항만)

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

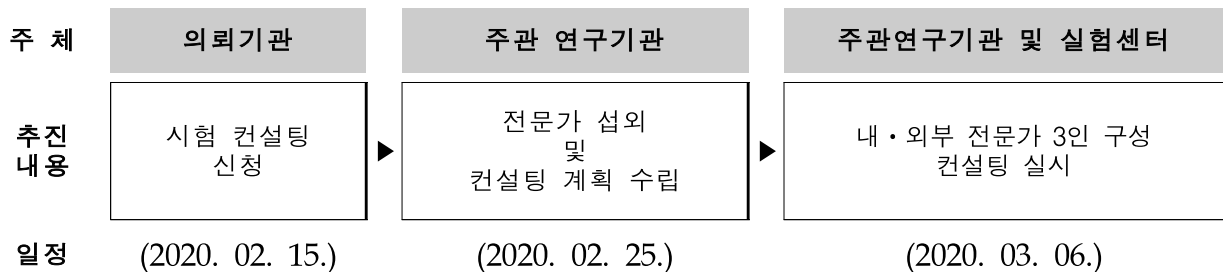
의뢰기관	도원산업(주)
시험명	(PJT No.) 20-HY-PJ-0043 PHC 파일 연결구 시험
실험센터	하이브리드구조실험센터

2020. 03.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : 도원산업(주)
- 시험명 : (20-HY-PJ-0043) PHC 파일 연결부 실험
- 컨설팅기간 : 2020년 03월 06일
- 장소 : 하이브리드구조실험센터 소회의실
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 김인섭 / 전무이사
 - (자문위원) 한종욱 / 수석연구원 / 하이브리드구조실험센터,
조성희 / 선임연구원 / 하이브리드구조실험센터,
황훈희 / 센터장 / 한국도로협회

□ 추진 절차



□ 자문 요청사항

- PHC 파일연결부 시험 관련 실험 내용 검토
- 실험체 설치 및 실험방안 검토

□ 의뢰 기술 개요

○ 시험내용 및 계획

- (시험 목적)

PHC 파일 연결부 실험을 통한 성능 검증

- (시험 내용)

PHC 파일 연결부의 휨, 인장, 압축, 전단 실험

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 2020. 03. 18 ~ 2020. 03. 30.

○ 시험 방법 및 분석

- KS F 4306 기준에 따른 PHC 파일연결부에 대한 시험방법

- 연결부의 성능분석을 위해 콘크리트 및 스틸용 게이지, 처짐계 설치가 필요

○ 실험 실패 예방을 위한 시험 및 시제품 제작시 유의사항

- 연결부의 볼트 구멍 위치 및 연결장치의 정밀도에 따라 연결부 조립시 시간, 조립품질 및 연결부의 성능이 좌우됨으로 시제품 제작시 주위가 요구됨

- 실험체의 직경 및 길이에 따라 시험 셋팅방법 및 게이지 위치가 결정됨으로 이에 따른 시험체 제원에 대한 사전결정이 요구됨

○ 유사 시험에 대한 결과 및 시험 결과 활용 방안

- 부재특성에 따른 설계기준 및 구조계산에 대한 검토가 필요하며, 이에 따라 연결부 성능시험에 대한 합격/불합격 기준으로 활용

○ 자문 위원 의견(A)

- 말뚝 이음부 성능평가를 위해 계획 된 휨, 전단, 압축, 인장 거동 평가는 적절한 구성으로 사료되며, 실험셋팅과 실험체 입고 계획을 고려 할 때 휨 실험을 우선적으로 실시
- 실험 시 이음부는 강재로 제작되어 연성 거동이 예상되나 말뚝 본체부에서 파괴가 발생 될 때에는 취성 파괴도 우려되므로 갑작스러운 파단에 따른 실험체의 낙하가 발생되지 않도록 안전조치 필요
- 이음부 강도 외에 처짐 등 변형에 대한 평가를 위해 변위계 부착 필요 (이음부 중앙 위치 필수 측정)

○ 자문 위원 의견(B)

- PHC 말뚝 휨, 전단 실험은 말뚝의 곡률 특성을 고려하여 지점부(2개소), 재하부(2개소)는 곡률을 고려한 지점지그를 사용하여 셋팅해야됨
- 말뚝 이음용 고장력 볼트는 체결시 표준체결장력을 고려하여 체결하고, 볼트 몸통부가 이음부 중앙에 위치하는 것이 전단강도 증가에 효과적임
- 압축실험은 PHC 말뚝의 강도를 고려하면 5,000kN UTM 보다는 20,000kN UTM에서 실험하는 것이 적절함
- 이음부의 구조특성을 평가하기 위해서는 이음판 강재부에 로젯 게이지 설치 필요하며, 말뚝부 콘크리트 부분에는 균열게이지 설치가 필요함

○ 자문 위원 의견(C)

- 말뚝 이음부 실험체의 정확한 성능실험을 위해 일체거동이 가능하도록 이음부의 수평·수직부가 정확하게 결합되어야 함
- 휨·전단실험은 말뚝의 직경 및 길이에 따라 하중재하부와 지점부 간격이 결정됨으로 사전에 실험체 사이즈를 명확하게 결정 되어야 함
- 인장실험은 척의 사이즈를 고려하여 직경은 100mm 이내, 깊이는 250mm 이상 확보되어야 함
- 실험은 변위제어 방식으로 0.5mm/min ~ 3.0mm/min 속도로 진행 하며, 최대 하중 도달 후 최대 하중의 약 80%~90% 범위 까지 실험 진행
- 말뚝 이음부의 볼트 파괴로 인한 말뚝 실험체의 갑작스런 낙하방지를 위해 상부의 슬링바 연결 및 철재 안전 팬스 설치 필요

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
한종욱	수석연구원	하이브리드구조실험센터	토목공학(구조전공)
조성희	연구원	하이브리드구조실험센터	토목공학(구조전공)
황훈희	센터장	한국도로협회	토목공학(구조전공)

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	(주)유니온씨티
시험명	(PJT No.) 20-WT-PJ-0009 C/GFRP 강화복합소재를 이용한 개선형 교통신호등주
실험센터	대형풍동실험센터

2020. 3. 30

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : (주)유니온씨티
- 시험명 : (20-WT-PJ-0009) C/GFRP 강화복합소재를 이용한 개선형 교통신호등주
- 컨설팅기간 : 2020년 3월 30일
- 장소 : 전북대학교 대형풍동실험센터
- 참석자 : 총 5명 (의뢰기관 2명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 전무진/ 대리, 나경수/부장
 - (자문위원) 정희갑/연구원/전북대학교 토목공학과
이승호/책임연구원/대형풍동실험센터
이재준/교수/전북대학교 토목공학과

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	▶ 전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	▶ 내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2020. 3. 15.)	(2020. 3. 20.)	(2020. 3. 30.)

□ 자문 요청사항

- 50m/s 풍속에서 신호등 성능검증을 위한 풍동실험 방법
- 교통신호등 지주의 내풍 설계 기준에 부합하는 응력평가방법
- 스트레인 게이지를 신호등에 부착하여 풍하중에 의한 응력 및 변위 검토방법

□ 의뢰 기술 개요

- (시험 목적)

기존 steel을 이용한 제품은 매년 태풍에 의한 강풍으로 인해 파손되는 사고가 빈번히 일어나고 있어 그에 따른 개선이 필요하다. 따라서 신호등 지주 설계에 있어 풍하중에 대한 요소는 중요한 요소 중 하나이므로 차량 및 보행자의 안전확보를 위한 풍하중 평가가 필수임. 본사에서 개발한 인발공정에 따른 C FRP+GFRP 소재를 적용한 9m급 가로재 개발 제품의 내풍안정성 확보를 위한 풍동실험을 수행하여 부착대와 연결부 등의 구조적 안전성을 확보하고자 함.

- (시험 내용)

교통신호등주의 내풍 설계 기준에 부합여부를 통해 지주에 대한 응력 평가 도로교통 신호등주의 구조안전성 검토하기 위해 기존제품과 비교 스트레인 게이지를 신호등 부착대에 부착하여 풍하중 값에 의한 응력 및 변위검토

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 4월 2주 수요일 이후

○ 시험 방법 및 분석

- 교통신호등 실물 제작 및 설치
- 10~50m/s까지 풍속을 올려가며 풍하중재하
- 스트레인 게이지를 최대응력 발생지점에 부착하여 변형률 측정
- 측정된 변형률로부터 응력, 토크, 모멘트하중 계산

○ 실험 실패 예방을 위한 시험 및 시제품 제작시 유의사항

- 실물실험의 경우 초기부터 높은 풍속으로 하중을 재하할 경우 실험모형 파손으로 인하여 실험이 불가능하게 된다. 따라서 낮은 풍속부터 높은 풍속까지 순차적으로 하중을 재하 하여 풍속과 응력과의 관계를 서서히 살펴볼 필요가 있다.

- 변형률 측정을 위한 스트레인 게이지는 1개 이상 추가로 부착하여 실험중간에 예상치 못한 사고에 의해 센서에 문제가 생길 경우를 대비할 필요가 있다.
- 유사 시험에 대한 결과 및 시험 결과 활용 방안
 - 안정성이 확보된 제품의 실험결과를 소비자들에게 제시함으로써 제품판매 촉진 및 제품 홍보
 - 탄소복합소재 적용을 통한 경량화, 구조 안전성 확보 및 도시 환경 개선 제품 개발
 - 부착대 연결부 구조적 안정성 확보
- 자문 위원 의견(A)
 - 의뢰기관의 신호등 설치형식은 측주식 횡형으로 바람에 의해 굽힘과 비틀림 응력을 동시에 받는 구조물이다. 따라서 바람에 의한 응력을 검토하여 그 안정성을 평가해볼 필요가 있다. 특히 성능 개선을 위해 개발된 형식에 대해 기존 제품과 동일한 풍속 조건에서 응력검토를 통해 내풍안정성을 비교해 볼 필요가 있다.
 - 지주 및 신호등의 형상에 따른 항력계수를 가정하여 구조해석을 수행하여 응력을 비교 검토 할 수 있지만, 정확한 응력 검토를 위해서는 최대응력 발생지점에 스트레인 게이지를 설치하여 바람을 직접 받는 신호등의 변형을 측정하여 응력 및 모멘트를 비교해야 함.
 - 스트레인 게이지 설치 위치는 최대 응력이 발생할 것으로 예측되는 횡지주의 끝단과 종지주의 하부끝단에 설치해야 한다(빨간 사각형 위치). 또한 비교제품군과 동일한 위치에서의 응력 검토를 위해 끝단으로부터 동일하게 떨어진 거리에 스트레인 게이지를 설치하여 비교해볼 필요가 있다.
 - 횡지주에 스트레인 게이지를 부착하기 위해서는 리드선의 길이가 꽤 길어지게 된다. 이에 따라 센서의 노이즈 문제가 우려되므로 스트레인 게이지의 연결방법은 half blidge 또는 full bridge 방법을 권장한다.
 - 스트레인 게이지의 비틀 및 굽힘방향의 변형률로부터 조합응력을 산정하여, 주응력 및 전단응력을 비교하여 최악조건의 응력을 비교해야 함.

- 실험시의 풍속은 경찰청“교통신호기 설치관리 매뉴얼”, “도로표지관련규정집”의 기본 풍속 및 설계풍속을 산정하여, 낮은 풍속부터 설계풍속까지 서서히 풍속을 높여가며 탄성역 내에서 응력 변형을 검토 및 항복응력 이후의 비선형 거동을 파악하여 비교할 필요가 있음.
- 신호등 자유단부분의 변위 측정을 위해서는 변위계의 설치가에 제약이 있기 때문에 , 신호등의 자유단과 수직한 바닥 또는 수평한 벽면에 카메라를 설치하여 이미지 프로세싱을 통해 변위를 산정하는 방법을 추천함. 필요하다면 카메라 신호등의 자유단 옆에 캘리브레이션용 케이블 설치를 권장함.

○ 자문 위원 의견(B)

- 주로 풍하중을 받는 신호등주가 시험부 면적인 4 by 4 영역을 벗어남, 실험 목적이 상대 비교 이므로 가격을 조정해서 시험부 영역에서 진행해야 됨
- 지주를 기준으로 대칭성을 부여하다보니 실제 2개의 시험체가 실험시설 기준으로는 대칭성을 확보하지 못함. 허리케인 3등급 바람발생장치는 짧은 컨트랙션의 특성으로 콘 모양으로 가운데를 중심으로 풍속이 줄어드는 구조를 보임. 즉 현재 실험 조건은 상부에 설치된 신호등주가 보다 높은 풍속 조건에 있으며, 이는 왜곡된 실험 결과를 도출할 수 있음. 신호등주를 기준으로 대칭을 확보하기 위해 아래쪽 신호등의 위치를 반대로 설치하는 걸 추천함.
- 제한된 시험부 폭으로 인해 신호등 전체의 내풍안정성 평가가 아니므로, 전체 신호등 설계를 위해서는 설계기준 등에서 제시하는 항력계수를 활용하여 전체 구조 물에 대한 구조 계산을 수행해야 함.
- 신호등의 경우 지주와 신호등의 수평면적 차이가 크지 않으므로 실험 방법과 결과에 대한 확인이 필요함
- 1차 검토 결과를 바탕으로 최종 개선된 실험 조건을 도출함
- 단순 비교 보다는 스트레인게이지를 최대 응력 예상지점에 부착하여 탄성영역 내에서의 풍속과 응력관계를 도출하기를 추천함
- 실시간으로 계측되는 변형률을 바탕으로 최대풍속 조건에서의 파괴양상을 미리 파악가능하고, 이에 사고를 예방할 수 있음

- 최대풍속은 50m/s의 혹독한 조건으로 기존 구조계산서 결과를 바탕으로 파괴 여부에 대한 사전 검토가 필요하다고 사료됨
- 문헌상의 항력계수를 사용하여 검토된 구조검토 결과와 풍동실험 결과를 직접 비교하여 설계에 반영할 필요가 있음
- 실물 파괴실험은 적합한 실험시설이 없는 관계로 수행된 적이 없으므로 축척된 데이터를 바탕으로 필요시 설계 기준 강화 및 검토가 필요함

○ 자문 위원 의견(C)

- 실물 풍동실험은 과거에 수행된 적이 없음
- 실험전에 기존에 실물 파괴 실험에 대한 위험성 방지 및 파괴시 낙하물로 인한 시설물 피해를 방지하기 위해 설계 방법에 따른 구조 해석 및 지주 설계에 대한 검토가 필요함
- 신호등 지주 설계는 KS D 3566과 경찰청 “교통신호기 설치관리 매뉴얼” 등에 따라 설계하며, 크게 사하중과 풍하중을 고려하여 설계해야함.
- 사하중 산정시 1색등 중량을 4kg로 간주하여 산정함
- 일반적인 신호등의 경우 항력계수를 파이프는 0.7, 신호등은 1.2를 사용하며, 단위면적당 풍하중 값을 산정하여 가로재(보)와 지주재의 풍하중을 계산함
- 계산된 풍하중 값을 바탕으로 구조해석 프로그램이나, 반력과 휨모멘트 계산 방법에 따라 각각의 부재에 대한 응력을 산정하고, 단면 검토를 선행할 것을 추천함
- 구조 해석이 여의치 않을 경우 산정된 풍하중에 해당하는 하중을 모래주머니 등으로 간접적으로 재하하고 처짐과 파괴에 대한 검토가 필요함
- 실험하고자 하는 최대 풍속 재검토가 필요하며, 설계기준 등에서 제시하는 기본 풍속은 재현기간 100년에 대한 최대풍속의 비초과확률 60%에 해당하는 것으로 개활지 지상 10m의 10분간 평균 풍속을 말함
- 교통 신호기 설치 관리 매뉴얼 등에 따르면 15.2m이상의 조명지주와 문형식 표지 구조물의 경우 50년, 15.2m 이하는 25년, 노측표지구조물은 10년의 강풍 재발주기로 산정하는 것으로 되어 있음

- 기본 풍속의 정의와 강풍 재발 주기가 상이하며, 기본 풍속의 경우 타 설계기준 등에 따르면 보다 세분화 되었고, 다양한 해석 등을 통해 세분화 되어 있음
- 실제 기상데이터에 따르면 실제 풍속 기준은 평균 풍속 기준으로 낮으며, 이를 고려한 적절한 실험 풍속 산정이 필요함.
- 항복 되기 전에 부재는 탄성영역 내에서 변위와 하중은 선형 관계를 보이므로 최소 4포인트 이상의 실험 조건을 부여하고, 이를 보간하여 탄성계수 및 풍속과의 처짐 관계를 도출 할 수 있도록 함. 이는 파괴시 일어나는 이상 징후도 파악 가능하므로 실시간 모니터링 하면서 파괴 징후를 파악할 필요가 있음

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
이재준	교수	전북대학교 토목공학과	구조재료
이승호	책임연구원	대형풍동실험센터	내풍공학
정희갑	선임연구원	전북대학교 토목공학과	내풍공학

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	주식회사 아이에스중공업
시험명	(PJT No.) 20-CT-PJ-0016 실대형 실험을 통한 900축 IEB의 구조성능 평가
실험센터	첨단건설재료실험센터

2020. 04.

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : (주)아이에스중공업
- 시험명 : (20-CT-PJ-0016) 실대형 실험을 통한 900층 IEB의 구조성능 평가
- 컨설팅기간 : 2020년 04월 16일 ~ 04월 17일
- 장소 : 첨단건설재료실험센터 101호
- 참석자 : 총 4 명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 박한민 / 차장 / (주)아이에스중공업
 - (자문위원) 장석수 / 책임연구원 / 첨단건설재료실험센터
박찬동 / 연구원 / 첨단건설재료실험센터
장광석 / 연구원 / 계명대학교 산학협력단

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	▶ 전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	▶ 내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2020. 04. 03.)	(2020. 04. 06.)	(2020. 04. 16.)

□ 자문 요청사항

- 새로운 IEB 단면에 대한 설계식 검증을 위한 성능시험
 - 기존 기술개발 제품의 설계식을 활용하기 위한 대형화 IEB의 전단 및 휨거동에 대한 실험적 성능평가 방법

- 다수 변수의 비선형 해석결과에 대한 파괴모드 및 안전성에 대한 시험적 검증
- IEB 부재의 실규모(Full-scale) 시험평가
 - 실규모 시험체의 구조성능 평가를 통한 설계식 검증
 - 실험을 통한 설계 및 해석결과의 신뢰성 평가

□ 의뢰 기술 개요

- 시험내용 및 계획
 - (시험 목적)

IEB 기존 설계식에 대해 실규모 검증을 위한 대형화 시험체의 성능시험
IEB 부재의 실규모 성능시험
 - (시험 내용)

IEB 900(web height, mm) 보의 휨성능 평가(4점 휨 시험)

 1. 일반 웹을 가진 평판웹 실험체(비교대상 시험체)
 2. 평판웹과 동일 두께의 엠보싱웹 실험체(IEB 900 시험체)

□ 주요 컨설팅 내용

- 시험 일정
 - 2020. 04. 22. ~ 2020. 04. 24.
- 시험 방법 및 분석
 - IEB(Intaglio and Embossed Beam) 부재의 구조성능 평가 방법
 - 강재 웹를 가진 보의 휨 거동에 대한 구조성능을 평가하기 위해서는 단순지지 보에 대한 휨 시험을 수행하여 하중-변위 관계, 변형률 분포 등을 측정하여 비교·분석이 가능함
 - IEB 부재의 실험을 통한 시험 방법
 - IEB를 적용한 보의 휨 실험은 본 부재의 핵심성능인 엠보싱웹의 내력 향상에 대한 구조성능을 확인하기 위한 것으로 순수 휨 구간을 확보하기 위해서는 단순 지지의 4점 휨 실험(2점 가력)이 적절함
 - IEB 시험체의 구조성능 분석을 위한 시험변수 설정

○ 자문 위원 의견(A)

- IEB 부재의 구조성능 평가 방법

- 강제 웹를 가진 보의 휨 거동에 대한 구조성능을 평가하기 위해서는 단순지지 보에 대한 휨 시험을 수행하여 하중-변위 관계, 변형률 분포 등을 측정하여 비교·분석이 가능함.

- IEB 부재의 실규모 휨 시험 방법

- IEB를 적용한 보의 휨 시험은 본 부재의 핵심성능인 엠보싱웹의 내력 향상에 대한 구조성능을 확인하기 위한 것으로 순수 휨 구간을 확보하기 위해서는 단순 지지의 4점 휨 시험(2점 가력)이 적절함.

- IEB 시험체의 구조성능 분석을 위한 시험변수 설정

- 일반 웹을 가진 평판웹 시험체(비교대상체)
- 평판웹과 동일 두께의 엠보싱웹 시험체
- 각기 다른 웹의 두께를 가진 일반 평판웹 시험체
- 각기 다른 웹의 두께를 가진 엠보싱웹 시험체

○ 자문 위원 의견(B)

- IEB 구조성능 시험을 위한 시험체 조건

- 보의 가력지점 및 반력지점에는 집중하중에 의한 플랜지의 국부좌굴이 발생할 수 있기 때문에 소정의 두께를 가진 강성 보강재가 필요

- IEB 구조성능 시험을 위한 시험기 및 시험체 세팅

- 휨 시험의 가장 일반적인 구속조건은 이상적인 양단 단순 지지 조건을 주로 사용함
- 시험은 반력프레임이 있는 충분한 용량 또는 성능을 가진 5,000 kN 이상의 만능재료 시험기(UTM)가 적절할 것으로 판단됨
- 횡지지대의 설치는 건축구조기준에 따라 시험체의 탄성 횡좌굴을 피할 수 있도록 하여 충분한 내력을 발휘할 수 있도록 보의 비지지길이를 산정하는 것이 바람직함
- 순수 휨 구간을 확보하기 위해서 가력 지그를 이용한 4점 가력 방법을 적용하도록 추천함

- IEB 구조성능 평가를 위한 계측방법

- 강제형 빔의 특성에 따라 상부 및 하부 플랜지의 변형률을 측정하기 위해서는 빔의 span 중앙으로부터 양쪽 방향으로 어느 정도 떨어진 위치에 상부 플랜지 및 하부 플랜지에 각각의 강제용 strain gauge를 부착하는 것이 바람직함
- 또한, 웹에 대한 거동을 분석하기 위해서는 주응력 방향에 대한 가력 지점과 단부 지점 중앙에 rosette strain gauge를 부착하여 웹의 전단거동을 상세히 분석할 필요가 있음.

- 하중-변위 관계의 경우 보의 중앙 하부지점에 3개의 변위계(LVDT)를 이용하여 하중 및 수직처짐을 측정하도록 함
- 실험체는 최대내력에 도달할 경우 파괴가 발생하며, 정적 재하 시험의 경우 변위제어에 의한 테스트가 진행될 수 있도록 하는 것이 바람직함

○ 자문 위원 의견(C)

- IEB 부재의 성능시험을 위한 로드셀 및 변위계의 설치
 - 로드셀은 충분한 용량을 갖고 있고 정밀도가 높은 것을 사용하는 것이 바람직함
 - 만능재료시험기 또는 액츄에이터에 장착된 하중계를 사용할 경우 컨트롤러에서 하중을 외부로 분기시켜 계측시스템에서 다른 센서들과 동시에 측정되도록 함
- IEB 부재의 성능시험을 위한 변형률계의 설치
 - 변형률계는 실험체 제작 후, 실험체 설치 전에 강재에 직접 부착하도록 하며, 파단이 예상되는 부위에서 가까운 곳에 부착하며, 하중 재하점으로부터 대칭이 되도록 부착하여 결과를 비교하는 것이 바람직함
 - 실험체에 설치되는 변형률계는 플랜지 용접 부위에서 일정 거리만큼 떨어져 모멘트에 의해 응력변화가 발생할 수 있는 지점에 인장과 압축을 받는 위치에 각각 대칭으로 설치하도록 함
- IEB 구조성능 시험결과 분석항목
 - 시험체 하중-처짐 곡선을 이용한 최대내력 및 내력감소 시점 분석
 - 하중증가에 따른 플랜지 및 주변형 축사이의 각도 변화 분석
 - 순수 휨 영역 안의 플랜지 변형률에 대한 변화 분석

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
장석수	책임연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
박찬동	연구원	첨단건설재료실험센터	구조공학
장광석	연구원	계명대학교 산학협력단	구조공학(공학박사)

□ 회의 전경



국토교통 대형실험시설 중소기업 공동활용 지원 시험 컨설팅 회의록

의뢰기관	(주)대우경금속
시험명	(PJT No.) 20-WT-PJ-0007 공사장 방음시설 내풍안정성 실험
실험센터	대형풍동실험센터

2020. 4. 20

□ 컨설팅 개요

- 의뢰기관 : (주)대우경금속
- 시험명 : (20-WT-PJ-0007) 공사장 방음시설 내풍안정성 실험
- 컨설팅기간 : 2020년 4월 20일
- 장소 : 전북대학교 대형풍동실험센터
- 참석자 : 총 4명(의뢰기관 1명, 자문위원 3명)
 - (의뢰기관) 오정현/ 선임
 - (자문위원) 정회갑/연구원/전북대학교 토목공학과
이승호/책임연구원/대형풍동실험센터
이재준/교수/전북대학교 토목공학과

□ 추진 절차

주 체	의뢰기관	주관 연구기관	주관연구기관 및 실험센터
추진 내용	시험 컨설팅 신청	전문가 섭외 및 컨설팅 계획 수립	내·외부 전문가 3인 구성 컨설팅 실시
일정	(2020. 4. 15.)	(2020. 4. 17.)	(2020. 4. 20.)

□ 자문 요청사항

- 40m/s 이상의 풍속에서 공사장 방음시설 성능검증을 위한 풍동실험 방법
- 방음벽 지주 및 패널의 풍하중에 의한 변위 확인 방법
- 실험 시 방음벽 연결치구 설계하중 및 제작방법, 지주와 패널 고정방법

□ 의뢰 기술 개요

- (시험 목적)

공사장 방음시설 설치기준에 따르면 방음벽시설 전후의 소음도 차이가 7dB 이상 되어야하고, 높이는 3m이상이 되어야 한다. 이러한 공사장 방음벽 가설시설은 공사기간 내에만 임시적으로 설치되는 시설물로 영구적으로 사용하는 방음벽에 비해 지주의 설계하중이 낮아 강풍 시 파손의 위험이 더욱 크다. 특히 방음벽의 경우 넓은 수평면적을 가지고 있어 다른 시설물에 비해서 큰 풍하중이 작용하며, 방음벽 패널 또는 지주 설계에 있어 어떠한 구조물보다도 풍하중에 대한 요소가 중요하게 작용한다. 따라서 차량, 보행자, 공사자 등의 안전확보를 위한 풍하중 평가가 필수적이다. 따라서 의뢰기관에서 개발한 알루미늄 방음패널 및 체결제품의 내풍안정성 확보를 위한 풍동실험을 수행하여 연결부, 방음패널, 지주 등의 구조적 안정성을 확인해 보고자 한다.

- (시험 내용)

공사장 방음시설에 대한 풍동실험을 통한 지주, 패널, 연결부의 안정성 평가. 풍속대별 패널, 지주의 변위를 육안검사 및 비디오 촬영을 통해 확인. 풍속을 서서히 올려가며 소성변형 시작풍속 육안검사 확인.

□ 주요 컨설팅 내용

○ 실험 일정

- 4월 29일 (1일)

○ 시험 방법 및 분석

- 방음시설의 실물일부분 제작 및 설치
- 5~40m/s까지 풍속을 올려가며 풍하중재하
- 비디오촬영 및 육안검사를 통해 패널 및 지주의 변위 확인
- 지주의 소성변형 발생 시작풍속 육안확인

○ 실험 실패 예방을 위한 시험 및 시제품 제작시 유의사항

- 실물실험의 경우 초기부터 높은 풍속으로 하중을 재하할 경우 실험모형 파손으로 인하여 실험이 불가능하게 된다. 따라서 낮은 풍속부터 높은 풍속까지 순차적으로 하중을 재하 하여 풍속과 변위, 연결부의 안정성을 서서히 살펴보며 실험을 수행할 필요가 있다.
 - 방음벽과 같이 면적이 크고 얇은 판재는 파손 시 멀리 날아가 주변 시설물이나 인명에 큰 피해를 입힐 수 있다. 따라서 풍동실험 시설 주변을 반드시 통제한 후 실험을 수행해야한다. 또한 파손 시 파손물이 날아가는 것을 방지하기 위해 방음벽 뒤에 와이어 매쉬를 설치하거나, 지주 등에 와이어를 걸어 안전한 환경에서 실험이 수행되도록 해야 한다.
- ### ○ 유사 시험에 대한 결과 및 시험 결과 활용 방안
- 건설현장에서 작업자 및 보행자 안전성 확보
 - 안정성이 확보된 제품의 실험결과를 소비자들에게 제시함으로써 제품판매 촉진 및 제품 홍보
 - 부착대 연결부 구조적 안정성 확보

○ 자문 위원 의견(A)

- 임시 가설물의 경우 풍하중에 취약한 구조이며, 강풍시 빈번하게 피해가 발생하고 있음. 정적인 피해와 더불어 연결부의 구조적 문제로 바람에 의한 진동이 자주 발생함
- 실제 가설 현장에서 설치되는 조건을 대상으로 풍동실험을 수행할 필요가 있으나, 제한된 시험부 크기로 인하여 일부 크기 조정이 필요하다고 판단됨. 기본적으로 상사법칙을 적용하기 위해서는 형상을 유지하는 형태로 모형의 크기를 줄여야 하며, 형상 비율이 유지되는 경우 수평면적으로 무차원이 가능함
- 설치시 단일 패널 당 지지하는 연결부를 동일하게 고려해야 되며, 바닥판위에 실제 현장과 동일한 방식으로 체결하여야 함
- 패널의 파괴 및 탈락 여부 확인, 연결부를 포함한 지지대의 체결 강도 확인 필요, 측면에서 카메라 등을 통해 정적 변위 및 연결부의 진동으로 인한 풀림 등의 현상을 확인할 필요가 있음
- 방음벽과 같은 사각 패널은 정면에서 불어오는 정압 보다 방음벽 패널 후면에 생기는 부압이 더 큰 경우가 많음. 생기는 와류의 발생 주기에 따라서 진동이 발생할 우려가 있으며, 패널의 탈락이나 연결부의 취약점이 발견될 수 있음
- 실험 풍속을 5m/s 단계적으로 올리면서 제한된 공간에서 생기는 후류의 크기와 발생 주기를 확인하면서 점차적으로 풍속을 증가시켜야됨. 수직 덕트의 진동 발생시 큰 피해가 예상되므로, 안전에 각별히 주의를 기울여야 함
- 단일 패널에 대한 강도 평가는 허리케인 3등급 자연바람발생장치를 통해서 평가가 가능하나, 전체 패널에 대한 평가는 방음벽 단부효과를 반드시 고려해야됨. 방음벽 단부효과는 Eurocode와 DMRB와 같은 해외 설계기준등에서 방음벽 구간을 나누어 할증된 풍압계수를 제시하고 있음
- 기존 연구에 따르면 단부 처리법에 따라 단부에서 약 22%의 풍압 저감 효과를 보이며, 본 연구대상의 경우 리턴 코너 방식의 단부 처리 방식이 보다 효과적임
- 단부효과의 경우 바람입사각에 따라 달라질 수 있으며, 향후 추가 실험시 주요 대표 형상에 대해서 바람 입사각을 고려한 평가도 필요하다고 판단됨.

○ 자문 위원 의견(B)

- 공사장 “방음시설 설치기준”에 따라 공사장에는 방음벽 전후의 소음도를 7dB 이상 줄이고 높이는 3m이상 되는 방음벽을 설치하도록 되어있다. 이러한 방음벽은 면적이 넓고 완전히 막힌 구조로 이루어져 다른 구조물에 비해 바람으로부터 받는 하중이 매우 크다. 따라서 방음벽, 도로표지구조물, 제연시설 등은 강풍에 의한 안정성을 확보하기 위해 내풍설계를 수행하도록 되어 있다.
- 의뢰기관에서 생산된 제품은 일본 업체에 납품을 목적으로 하고 있고, 납품할 업체에서는 60m/s이상의 풍속에서 안정성 검증을 요구하고 있다. 이에 따라 의뢰기관에서도 60m/s의 풍속에서 내풍안정성 실험 수행을 원하지만, 실험시설의 최대풍속문제, 실험시 안전상의 문제 등으로 50m/s이상의 풍속에서 실험은 불가능 할 것으로 판단된다. 우리나라의 도로표지설치기준에서는 기본풍속을 40m/s로 정한 후, 항력계수, 중요도계 수 등을 고려하여 아래의 식으로 풍압을 산정하여 설계토록 하고 있다. 따라서 실험 시 안전문제, 도로표지설치기준 등을 고려해 볼 때 내풍안정성 검증은 실물실험에서 40m/s 이상이면 충분할 것으로 판단된다.
- 실험대상 시설물 원형은 높이가 3m 이나 이 크기로 제작할 경우 풍동의 토출부의 약 75%를 차지하게 된다. 이러한 경우 풍동이 오픈젯 형식이므로 폐쇄율에는 영향이 없을 것으로 판단되나, 방음벽에 의한 막힘 현상으로 인하여 풍동의 성능을 내지 못할 수 있다. 따라서 방음벽의 크기는 길이 4m, 높이 2m로 제작하는 것이 적절할 것으로 판단된다.
- 방음벽은 아래 사진과 같은 강철판위에 $\phi 36\text{mm}$ 볼트 및 너트를 이용하여 고정되어야 하므로 강철판과 지주부분의 연결부 제작 시 이를 고려하여야 한다. 강철판 위의 홀사이의 간격과 개수는 500mm간격 총 8개이다.
- 볼트사용 개수를 계산하기 위해 먼저 안전율을 고려하여 50m/s 풍속에 대한 풍하중으로 계산해보면, $F=0.5 \times 1.225 \times 50^2 \times 1.2=14.7\text{kN}$ 로 방음벽에 약 15kN의 풍하중이 작용한다. 이때 풍하중으로 발생하는 전도모멘트는 15kN-m 이고 전단력은 약 15kN이다. 바닥에 고정될 36mm짜리 볼트와 수직지주사이의 거리를 20cm라고 가정하면, 전도모멘트에의해 볼트에 걸리는 인장력은 75kN이고, 전단력에는 전도모멘트가 영향을 미치지 않으므로 15kN이다.

계산된 인장력과 전단력으로부터 인장응력과 전단응력을 계산해 보면, 인장응력은 약 73MPa 이하이므로 패넬에 발생하는 풍하중으로 인한 볼트 전단, 인장파괴는 발생하지 않을 것으로 판단된다. 바닥판과 지주의 안정적인 설치를 위해 3점 이상 고정하면 충분할 것으로 판단된다.

- 변위발생 촬영용 카메라 설치하는 방음벽 패넬과 수평하게 설치하여야 변위 확인이 쉬우므로, 카메라 고정장치를 따로 설치하여 최대한 방음벽과 나란하게 설치할 것을 권장한다.
- 풍속 40m/s 이상까지 실험을 수행하게 되면 방음벽 지주의 소성변형의 우려가 있으므로 풍속을 단계적으로 올라가며 소성변형시작 풍속을 확인하면서 실험 할 필요가 있다. 예를 들면 30m/s에서 1분이상 바람에 노출시킨 후 풍동을 정지한 후 초기 변위와 나중 변위를 비교하여 소성변형 여부를 살펴 보도록 한다.

○ 자문 위원 의견(C)

- 공사장에서 발생하는 소음공해는 물질적 또는 물리적으로 직접적인 피해는 없으나 불쾌감 혹은 일상생활에 방해가 되는 등의 간접적인 피해를 유발한다. 따라서 이러한 소음공해를 방지하기 위해서 공사장 주변은 방음벽으로 둘러싸여 소음을 저감시킴으로서 쾌적한 환경유지를 도모하고 있다.
- 방음벽은 외부에서 발생하는 소음이 내·외부에 미치는 영향을 감쇠하는 역할로서 주로 환경하중에 노출되어 있는 외부에 설치된다. 특히 바람에 의한 풍하중은 방음벽의 설계하중을 산정하는데 주요한 인자로 작용된다. 또한 풍하중의 증가로 인해 방음벽에 작용하는 압력은 변형 및 전도를 유발할 가능성이 있으며, Fig. 1에서 보는바와 같이 각각 2010년 최대풍속 40m/s의 태풍 곤파스(Kompasu)와 2011년 최대풍속 50m/s를 기록한 태풍 무이파(Muifa)가 국내에 도달한 후 강풍으로 인해 주거지역 혹은 도로 주변에 설치된 방음벽이 붕괴된 사례가 있다. 따라서 내풍설계를 수행해야하고, 필요시 풍동실험을 통해 실물의 내풍 안정성을 평가하고 및 검증해 볼 필요가 있다.
- 의뢰기관에서는 개발된 방음벽의 내풍안정성 확보 여부를 60m/s 이상의 풍속에서 실물실험을 통해 확인하고자 한다. 국내의 경우 고속도로 설계 실무

집에서 지역에 따른 기본풍속을 30m/s ~ 40m/s로 제시하고 있고 이에 따른 설계풍하중은 1.2 ~ 3.4kN 및 시험하중을 1.6 ~ 4.4kN으로 각각 제시하고 있다. 의뢰기관이 원하는 실험 풍속 60m/s를 공사기간 내에 가설시설물로서 설치되는 방음벽에 적용하기에는 과한 것으로 판단되며, 의뢰기관의 제품의 경우 내풍안정성 확인을 위한 실험 풍속은 40m/s정도이면 충분할 것으로 판단된다.

- 일반적인 방음벽의 경우 방음판을 H형강에 고정하여 시공하므로 지주가 견딜 수 있는 풍하중이 상대적으로 크다. 이에 비해 공사장에서 사용되는 가설방음벽의 경우 비계기둥을 이용하여 고정하므로 낮은 풍하중에서도 쉽게 변위가 발생할 수 있다. 가설방음벽은 아래 그림과 같이 방음패널이 부착되는 가로재와 가로재를 고정해주는 수직재, 그리고 전도모멘트에 대한 보강재로 사재를 사용하여 설치된다. 풍동실험 시 풍하중에 의한 변위는 수직재의 간격, 사재의 각도, 길이 등에 따라 크게 변동하므로 실제 공사장에 설치되는 조건을 충분히 모사하여 실험을 수행해야 한다.

- 방음벽과 같은 시험체는 바람으로부터 받는 하중이 매우 크므로 실험 시 파손되어 멀리 날아가 근처 시설물이나 인명에 피해를 입힐 수 있다. 따라서 실험치구 및 연결부는 충분한 안전율을 가지고 설계하고 제작해야 한다. 풍속 40m/s에서 4m by 2m 크기의 패널이 받는 풍하중을 대략적으로 계산해보면

$$F = \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times C_D \times A = 0.5 \times 1.25 \times 40^2 \times 1.2 \times 2 \times 4 = 9.6kN \text{으로 약 1톤의 힘이 발생}$$

하므로 이에 안전율을 고려하여 연결부 및 시험치구를 수행해야 한다. 또한 와이어매쉬, 와이어 등을 이용하여 시험체 파손 시 시험체의 비산에 대한 대비책을 세워야 한다.

□ 자문위원 상세

성명	직위	소속	전공
이재준	교수	전북대학교 토목공학과	구조재료
이승호	책임연구원	대형풍동실험센터	내풍공학
정희갑	선임연구원	전북대학교 토목공학과	내풍공학

□ 회의 전경

