보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개( ), 비공개(○)

국토교통기술사업화지원사업 제2015 연도 최종보고서

R&D / 16TBIP-C092961-02

초장대교량 적용가능한 2500mm급 저소음(80dB) 신축이음장치 개발 최종보고서

2017. 6. 1.

주관연구기관 / 진형건설(주)

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

초장대교량적용가능한 2500mm 급
저소음(80dB) 신축이음장치 개발 R&D Report

제 출 문

국토교통부장관 귀하

‘초장대교량 적용가능한 2500mm급 저소음(80dB) 신축이음장치 개발 ’
(연구개발 기간 : 2015.04.27 ~ 2017.04.26) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2017. 06. 01.

주관연구기관명 : 구 자 화 (대표자) (인)

주관연구기관책임자: 이 송 민

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>16TBIP-
C092961-02</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td>24개월</td><td>단계구분</td><td>2단계/2단계</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">국토교통기술사업화지원</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">중소기업보유기술사업화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">초장대교량 적용가능한 2500㎜급 저소음(80dB)신축이음장치 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">이 송 민</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 8명
내부: 8명
외부: 0명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td>정부:110,000천원
기업: 78,000천원
정부 외: 천원
계: 189,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 8명
내부: 8명
외부: 0명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부: 221,000천원
기업: 156,000천원
정부 외: 천원
계: 377,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="3">진형건설(주) 기술연구소</td><td colspan="2">참여기업명</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="2">연구책임자:</td></tr>
<tr><td>보고서 면수</td><td colspan="5">152</td></tr>
</table>

굴절형 신축이음장치는 좌우 링크를 연결하여 충격이 작고 소음이 저감되는 특징을 갖는 신축이음장치다. 현장에는 50~700㎜까지 다양하게 적용되었다. 지난 20년동안 국내에서는 해상에 장대교량이 건설되고 앞으로도 건설될 예정이다. 이런 국내 장대교량 신축이음장치는 외산제품으로 설치 되었고 국내 제품은 기술력 부족으로 배제 되었다. 본 과제는 기존 굴절형 신축이음장치를 장대교량에 적용가능한 크기로 신축량을 확장하여 검증 하는 과제이다. 먼저 확장하는 구상, 방법에 대해 연구를 시작하였다. 구상된 제품은 기존 외산 및 국산 제품과 비교하였다. 구상된 제품은 구조해석을 통해 이론적 검증을 수행 하였다. 이론적 검증을 수행한뒤 중요 부품에 대해 검증을 수행하였다. 부품으로는 충격흡수 베어링이 대표적이다. 1차적으로 신축량 800㎜ 2경간 신축이음장치 시제품을 제작하였으며. 제작된 시제품은 KS F 4425 신축이음장치 시험방법을 준용하여 시험적 검증을 수행하였다. 시험결과 문제없는 것으로 나타났다. 2차작으로 신축량 2500㎜ 시제품을 제작 하였다. 크기는 6.5m × 3m × 높이 1.8m 크기로 제작되었으며 무게는 약 27tonf 이다. 제작된 시제품은 KOLAS 인증기관인 명지대학교 하이브리드 시험 연구센터에 이동하여 시험하였으며. 시험방법은 K SF 4425 기준에 준용하여 시험하였다. 시험결과 수축신장 과정에서 신축량 분배가 상이한 현상으로 약간의 이탈 현상이 발생하였으나 크게 문제 되지는 않았다. 시험결과 이상 없는 것으로 사료된다. 시험 결과를 바탕으로 국제 및 국내 전시회에 참관하여 홍보를 수행하였으며. 이물질 현장 시험, 누수 현장 시험, 볼트 피로 시험 등을 추가적으로 수행하였다. 개발품은 링크의 회전으로 유일한 방식의 신축이음장치로서 국내 시장에서 사용될 것으로 판단되며. 향후 해외 진출을 할 수 있다면 국내기술의 국제적 기술선도를 할 수 있을 것으로 생각된다.

4. 국문 요약문

연구의 목적 및 내용	- 신축량 2500㎜ 초장대교량용 신축이음장치 개발 - 저소음 신축이음장치 개발 - 고내구성 신축이음장치 개발 - 고 유지관리성 신축이음장치 개발				
연구개발성과	- 2500㎜급, 저소음(80dB) 신축이음장치 개발 - 초장대교량 부품 원천기술 확보 - 글로벌 건설 시장의 기술적 선도 - 국내 시장 외산제품 대체화 가능 - 국내 신축이음 보수 시장 확보 가능 - 사용자 중심의 환경소음 적은 교량 기술 확보 - 800㎜급 신축이음장치 구조계산 - 800㎜급 신축이음장치 K SF 4425 시험 수행 및 검증 - 2500㎜급 신축이음장치 구조계산 - 2500㎜급 신축이음장치 K SF 4425 시험 수행 및 검증 - 충격흡수 베어링 피로시험 - 이물질 차단 신축이음장치 현장 적용 - 이물질 차단 신축이음장치 현장 누수 테스트 - 이물질 차단 신축이음장치 이물질 배출 모형 테스트 - 신축이음부품 내부 볼트 피로 시험 - 국내 전시회 개관 및 홍보 - 국제 전시회 개관 및 홍보 - 신축이음장치 제품 시방서 작성 - 신축이음장치 제품 일위대가 작성 - 신축이음장치 제품 표준도 작성				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	- 국산 기술 확보로 외산 기술에 대한 의존 극복 - 해외 시장 기술적 선도 - 국내 시장 경쟁 강화 유도 - 기존 장대교량 신축이음장치 대비 비용 절감 가능 - 환경 소음 문제 저감 효과 - 이물질로 인한 신축이음 파손 방지 - 이물질로 인한 신축이음 기대수명 증가				
핵심어 (5개 이내)	신축이음	초장대교량	저소음	교량부품	거대 구조물

5. 영문 요약문

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	- Development of expansion joint for 2500mm Ultra Long bridge - Development of low noise expansion joint - Development of high durability expansion joint - Development of high maintenance expansion joint
Results	- Development of 2500mm class, low noise (80dB) expansion joint - Secured the original technology of the long-span bridge parts - Technical leadership of global construction market - Possible to replace foreign products in domestic market - Possible to secure domestic market - User-centered environment Noise, less bridge technology secured - Calculation of 800mm expansion joint structure anlysis - 800mm class expansion joint K SF 4425 test execution and verification - Calculation of 2500mm class expansion joint structure anlysis - 2500mm class expansion joint K SF 4425 test execution and verification - Shock absorption bearing fatigue test - Applied to the splicing device - Leakage test - Debris blocking expansion joint test - Internal joint bolt fatigue test - Opening and promoting domestic exhibitions - Opening and promotion of international exhibitions - Creation of expansion joint product specification - Flexible joint products made one-size-fits - Creation of product standard drawing of expansion joint
Expected Contribution	- Overcoming dependence on foreign technology by securing domestic technology - Technical leadership of global market - Intensify competition in domestic market - Cost reduction compared to conventional long bridge joint - Reduction of environmental noise problem - Prevention of contraction joint damage due to foreign matter - Increase life expectancy due to foreign substances

Keywords	Expansion JOINT	Ultra Long span Bridge	Low Noise	Bridge Component	Mega Structure

6. 영문 목차

〈 Table of Contents 〉

1. Outline of Research and Development Project ····· 1
2. Domestic and overseas technology development status ····· 10
3. Research performance and performance ····· 13
4. Achievement of goals and contribution to related fields ·····141
5. Plan to utilize R & D achievements ·····145
6. Overseas science and technology information collected during the research process ·····148
7. Security rating of R & D achievement ·····151
8. Research facilities and equipment registered in the National Science and Technology Comprehensive Information System ·····151
9. Implementation of safety measures in laboratories based on R & D tasks ·····151
10. Representative Research Results of R & D Project ·····151
11. Others ·····152
12. References ·····152

7. 본문 목차

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 1
2. 국내외 기술 개발 현황 ····· 10
3. 연구 수행 내용 및 성과 ····· 13
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 141
5. 연구개발성과의 활용 계획 ····· 145
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ····· 148
7. 연구개발성과의 보안등급 ····· 151
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황 ····· 151
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 ····· 151
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ····· 151
11. 기타 사항 ····· 152
12. 참고 문헌 ····· 152

제1장. 연구개발과제의 개요

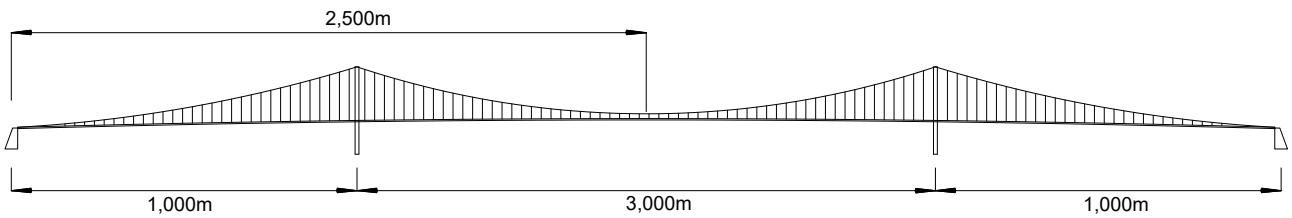
1. 연구개발 목적

신축이음장치(Expansion Joint)는 온도에 의한 상부구조 신축량과 콘크리트 건조수축 및 크리프, 이동하중 등에 의한 교량의 신축변위를 수용하는 역할을 하며, 교량 상부간 유간을 이어줌으로써 원활한 차량운행이 가능하도록 한다. 이러한 신축이음장치는 원활하게 신축변위를 수용할 수 있도록 하며, 수직 하중에 대한 충격 및 피로, 차량 운전자에 대한 쾌적한 운행조건, 주변환경에 대해 소음 없이 작동할 수 있어야 한다. 신축이음장치는 교량형식별, 주변환경에 적용할 수 있는 종류가 다양하며 현재 국내 도로교에는 고무형(Elastomeric Joint), 핑거형(Finger Joint), 레일형(Rail Joint) 신축이음장치 등이 주로 사용 된다. 본 사업화 대상기술은 다음과 같은 내용으로 정의 된다.

① 초장대교량 적용 가능한 대형 유간 신축이음장치

초장대교량 중 현수교의 경우 중앙 경간장 3,000m 총 5,000m정도 연속된 경간으로 계획될 경우 매우 큰 양의 신축변위를 수용 가능한 신축이음장치가 필요하다. 다음은 신축장 5,000m 초장대 교량의 온도변위에 의한 신축용량이다.

표1. 신축장 5,000m 온도변위 신축용량

총길이 5,000m 현수교 신축 변위량		
		
지역	한랭지방일경우	-10~50℃, 총 80℃
선팽창계수	강상판	1.20E-05
신축장 (mm)	질량중심을 중앙으로 선정	2,500 mm
설계신축량 (온도범위 × 선팽창계수 × 신축장) mm		2,400mm

② 교축 및 교축 직각, 회전 가능한 유연도 높은 신축이음장치 개발

초장대교량은 장지간화 및 Slender화로 유연도가 매우 높은 교량형식이다. 이 때문에 교량 끝단에서는 교축, 교직, 수직 및 회전 변위에 대해서도 일부 제어가 가능해야한다. 아래 그림은 초장대교량 신축이음장치가 요구하는 변위 성분이다.

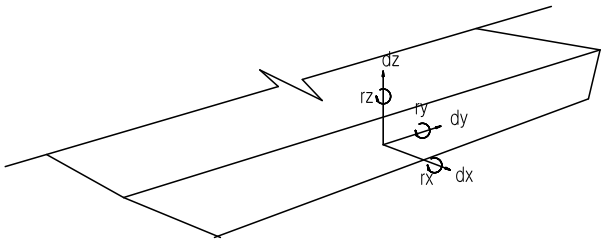


그림.1 초장대교량 6방향 변위

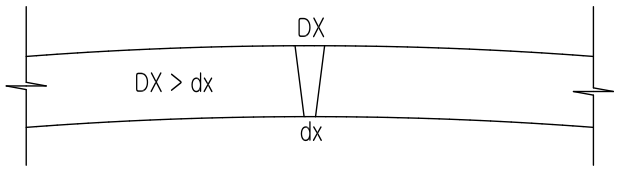


그림2. 초장대교량 풍하중에 의한 부채꼴변위

③ 저소음 신축이음장치

신축이음장치의 소음 원인을 해결하기 위해선 주행시 충격에 의한 소리를 제거 해야 한다 대부분의 신축이음장치는 주행면이 이격되어있어 차량 통과시 이격된 부분을 통과할 때 이격된 부분에서 충격이 일어나 소음이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 주행면이 부드러운 신축이음 장치 개발을 목표로 한다. 다음 그림은 주행면이 부드러운 신축이음장치 개요도이다.

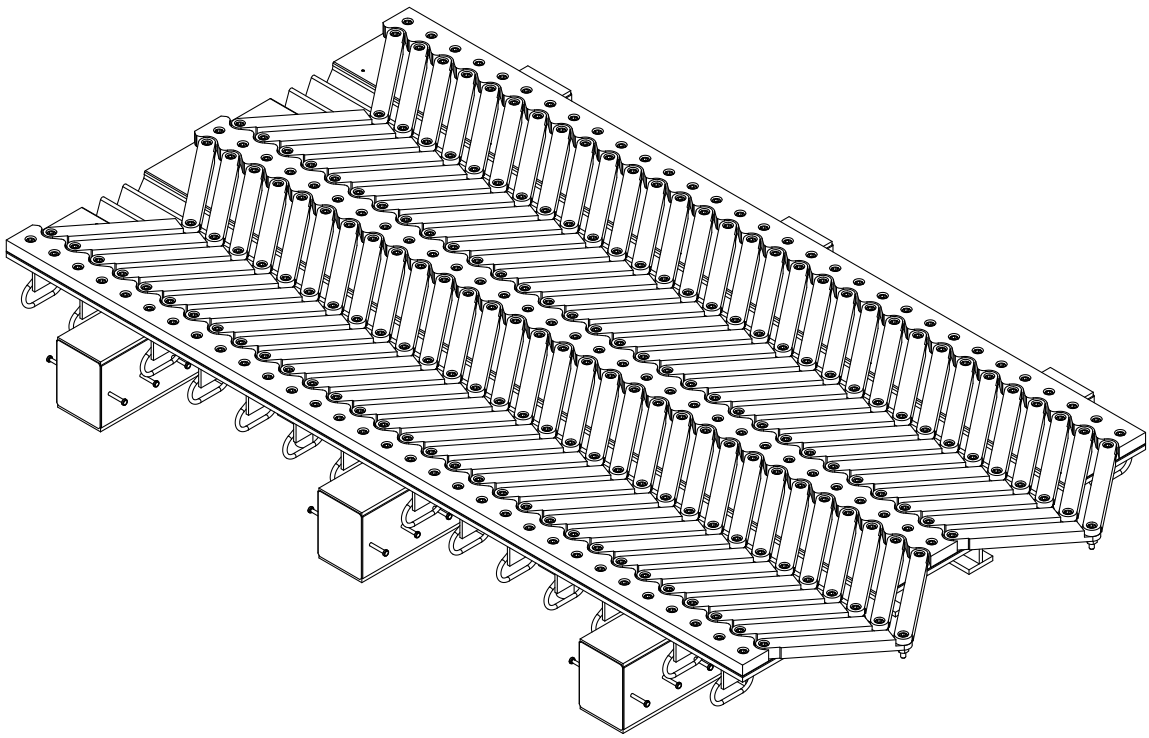


그림3. 주행면 이격없는 신축이음 장치 개요

④ 주행성이 부드러운 신축이음장치

국내외 모든 신축이음장치는 주행시 충격이 있다. 주행면의 충격을 제거 하기 위해선 이격이 없어야 하며 충격이 잦으면 신축이음장치의 피로내구성과 연관되어 신축이음장치 수명이 줄어드는 결과를 초래할 것이다. 따라서 본사업화 대상 기술은 주행 충격이 부드러운 신축이음장치 개발을 목표로 한다.

⑤ 유지관리성 높은 신축이음장치

국내외 장대교량에 적용된 레일형 신축이음장치는 교체시 전면교체를 해야 하고 장기간 전면통제를 해야 하는 문제가 있다. 특히 고속도로 현장 등은 전면통제를 실시 하는 것이 사실상 어렵다. 따라서 본 연구에서 개발하는 신축이음 장치는 부분교체가 가능하며 전면통제를 피할 수 있는 신축이음 장치를 개발하는 것을 목적으로 한다. 다음 그림은 개별적으로 링크 교체가 가능한 신축이음장치 개요이다.

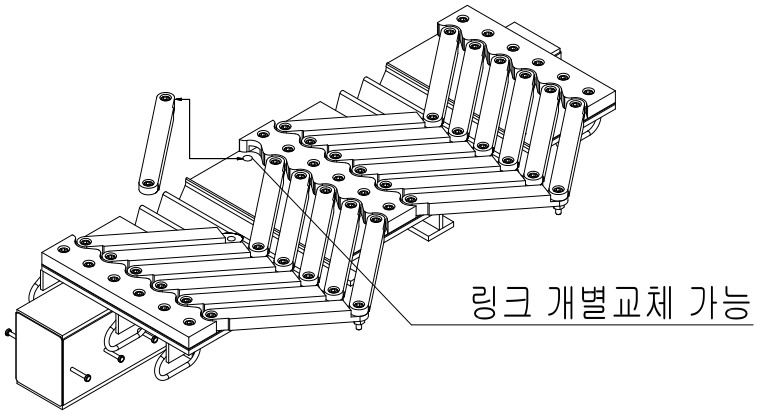


그림4. 개별교체 가능 링크 구조

⑥ 이물질 차단이 가능한 신축이음장치

신축이음장치는 파손이 빈번한 자제이다. 파손의 가장큰이유로는 신축이음장치 내부로 이물질이 유입되는 것이 대표적이다. 개발될 신축이음장치는 이물질 차단을 통해 신축이음장치의 상시 건전도를 최상급으로 유지할 것으로 판단된다. 다음은 신축이음장치 이물질 침투시 파손되는 메커니즘이과 이물질 침투로 인한 신축이음장치 파손 사례다.

표2. 이물질 침투로 신축이음파손 사례

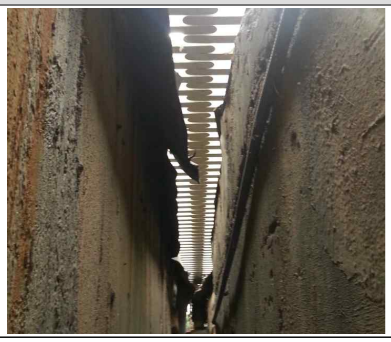
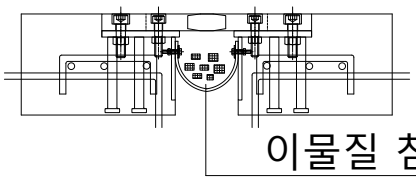
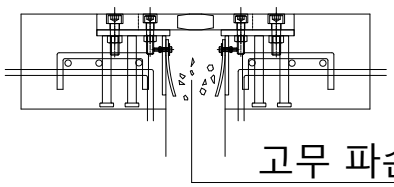
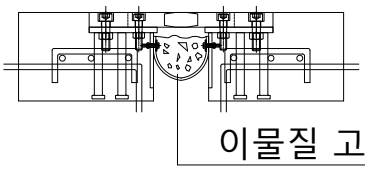
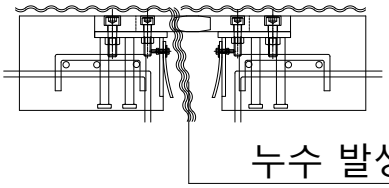
이물질로 인한 거동 제한 및 고무방수재 파손사례		
		

표3. 고무방수재 파손으로 교량 파손 사례

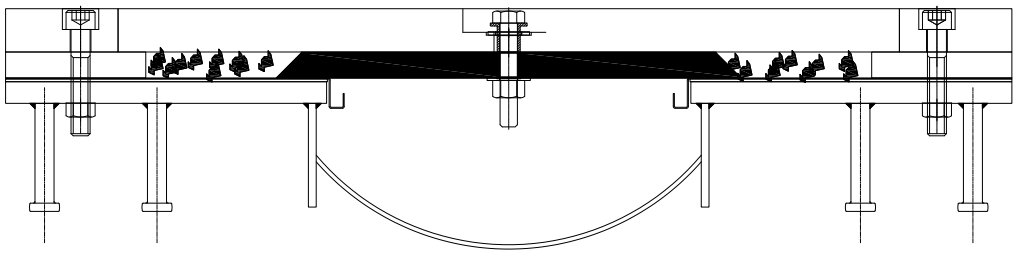
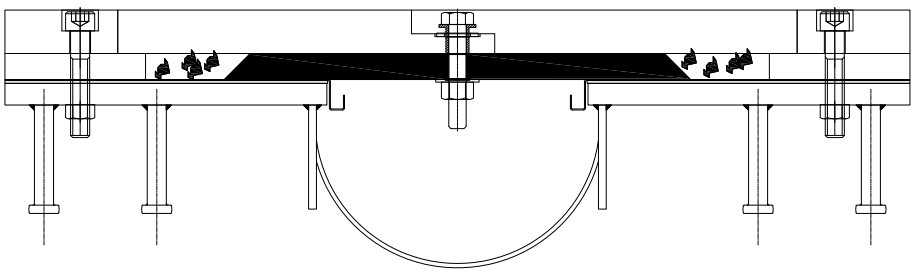
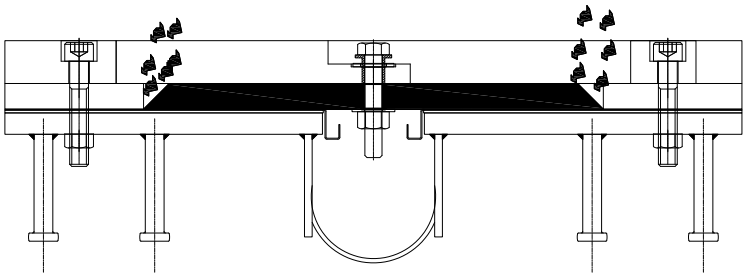
콘크리트 열화	강재거더 녹발생	교좌장치 녹 발생
		

표4. 이물질 침투로 신축이음 파손, 누수 메커니즘

이물질 퇴적으로 인한 신축이음장치 누수 메커니즘			
1단계	 - 공용중 이물질 침투	3단계	 - 수축 신장시 고무 방수재 하부 방향으로 파손
2단계	 - 장기간 퇴적 시 이물질 고형화	4단계	 - 파손된 고무 방수재를 통해 누수 발생

이물질 침투는 신축이음장치에 구조적, 장기수명 문제를 일으킨다. 본과제에서 개발되는 신축이음장치는 이물질 차단 판을 구비하여 이물질을 차단하고, 테이퍼처리된 경사로를 통해 이물질을 배출 한다. 다음은 이물질 차단 및 배출 매커니즘이다.

표5. 개발품 신축이음장치 이물질 방지판 차단 및 배출 메커니즘

굴절형 신축이음장치 이물질 방지판 강판 거동 메커니즘	
최대 신장	
표준	
최소 수축	

2. 연구개발의 필요성

① 연구개발 배경

신축이음장치(Expansion Joint)는 온도에 의한 상부구조물의 신축량과 콘크리트 건조수축 및 크리프, 이동하중 등에 의한 교량의 신축변위를 수용하는 역할을 하며, 교량 상부간 유간을 이어줌으로서 원활한 차량운행이 가능함과 동시에 상시 신축변위를 수용할 수 있도록 하며, 수직 하중에 대한 충격 및 피로, 차량 운전자에 대한 쾌적한 운행조건, 주변환경에 대해 소음 없이 작동할 수 있어야 함.

일반적으로 장대교량이란 경간장 200m 이상의 교량을 말하며 주로 메달기 형태의 현수교, 사장교, 복합 E/D교 등을 말하며, 한편 사장교, 현수교는 지간장이 매우 길고 신축량이 매우 커서 일반전인 신축이음장치로는 신축제어가 불가능함.

보편적으로 장대교량 건설기술은 한 국가의 토목기술을 판단하는 지표가 되기도 하는데 글로벌 시장은 점점 장대교량 경간장 증대를 위해 각국이 기술개발을 하고 있음.

국내에서도 초장대교량 사업단을 필두로 설계, 시공, 유지관리 등 각 분야에서 기술개발을 완료하였으나 장대교량 부가적인 요소인 신축이음장치에 대해서는 국내 연구가 미비한 편이다.

② 국내 장대교량 시장의 신축이음장치 설치 현황

국내 장대교량은 국내기술로 서해대교(사장교)를 시작으로 현재까지 많은 장대교량이 건설되었으며, 최근에는 이순신대교(현수교)를 설계, 시공하며 세계에서 6번째로 현수교 자립국으로 발돋움했다.

그러나 장대교량의 부자재인 신축이음장치는 2017년인 현재까지 국내기술이 미비한 실정이며 대부분의 국내 장대교량에는 외산 제품이 적용되었으며, 다음 표는 국내 장대교량 신축이음장치 적용 현황을 나타낸 것임

표6. 국내 장대교량 신축이음 장치 적용 현황

교량명	형식	주경간장	제조국
이순신대교	현수교	1545	(독일)
울산대교	현수교	1150	(스위스)
적금대교	현수교	850	(독일)
남해대교	현수교	404	(스위스)
영종대교	현수교	300	(스위스)
광안대교	현수교	500	(스위스,독일)
거가대교2P	사장교	475	(스위스)
거가대교3P	사장교	230	(스위스)
마창대교	사장교	400	(스위스)
북항대교	사장교	540	(독일)
삼천포대교	사장교	230	(독일)
인천대교	사장교	800	(스위스)

③ 초장대교량 연속 경간장 증가에 따른 신축이음 장치 동향

글로벌 경향에 따라 대부분 교량은 장경간화 되는 추세이며 구조물 부제강도 증가에 따라 Slender 해지는 경향이 있다. 다음 그림과 표는 준공 년도별 장대교량 최대 주경간 추이와 그에 필요한 신축이음장치 신축량이다.

표7. 공용중 장대교량 최대경간장 현황

구분	교량명	경간장	총길이	신축량 (보통지방 강교)
공용중 경간장 최대 현수교	아카시대교	1,991m	3,911m	1880mm
공용중 경간장 최대 사장교	Sutong교	1,088m	약 2,000m	960mm
국내 공용중 최대 경간장 사장교	인천대교	800m	1,480m	710mm
국내 공용중 최대 견간장 현수교	이순신대교	1,545m	2,260m	1100mm

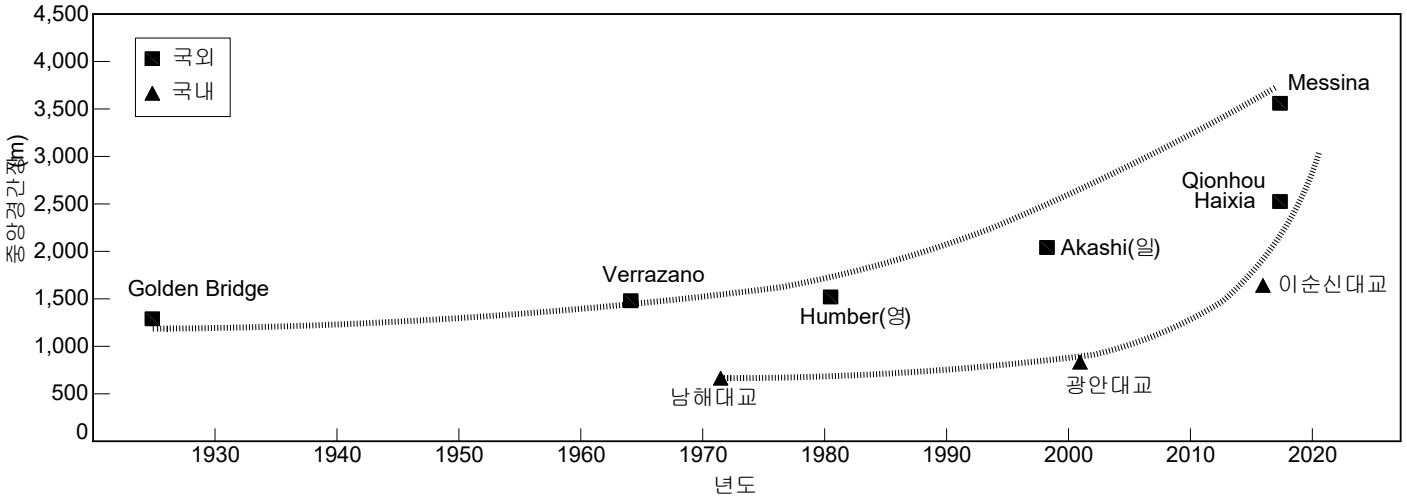


그림5. 년도별 최대 경간장 추이 (초장대교량사업단 기획보고서)

1

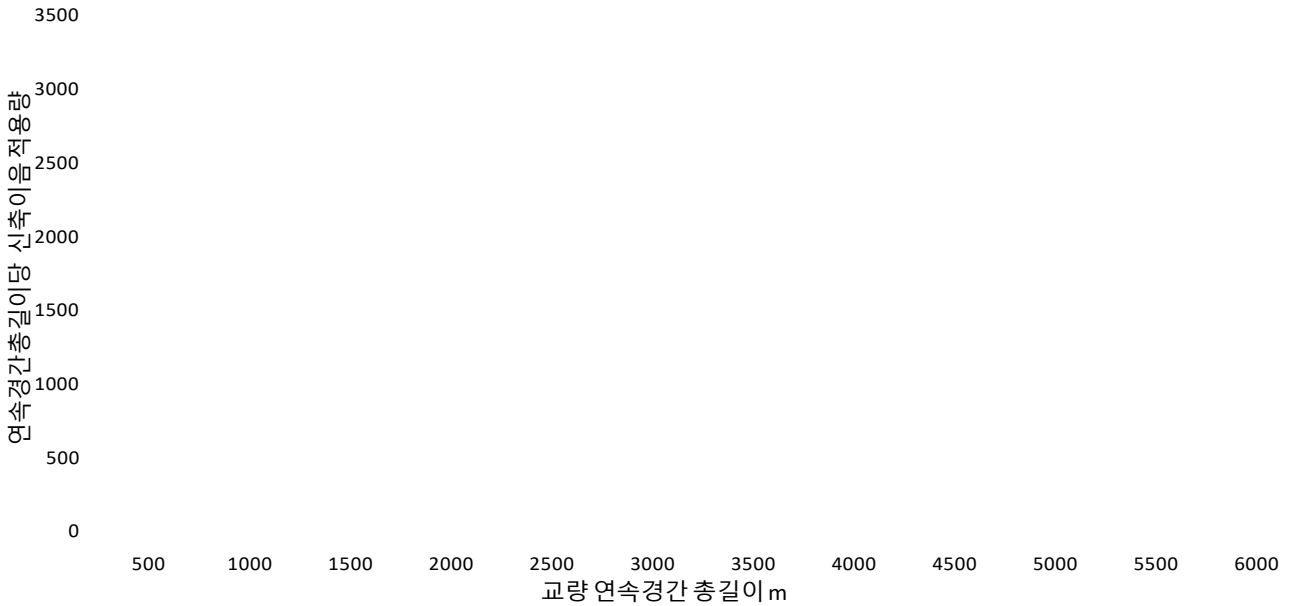
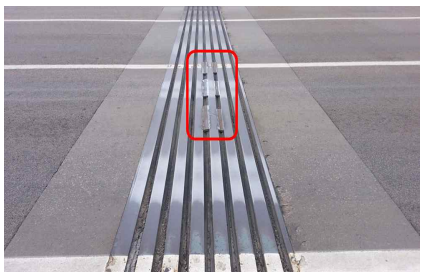


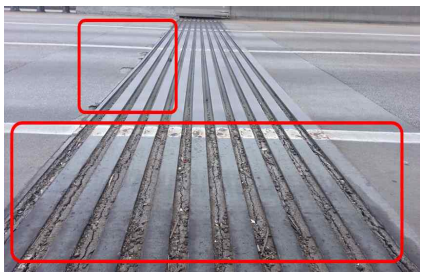
그림6. 연속경간 총길이별 신축이음 적용량

(3) 국내 장대교량 신축이음장치의 현재 상태

교량의 공용수명은 100년을 목표로 하지만 신축이음장치는 20년 이상 사용하기 어려운 실정이며, 다음 그림은 서해대교 신축이음장치 2015년 조사 전경이다.



신축고무 파손 및 부분보수



이물질 퇴적, 후타 콘크리트 파손



미끄럼 PTFE 탈락

그림7. 서해대교 신축이음장치 상부, 하부 상태 전경

(4) 국내 장대교량 신축이음장치의 보수 공법

신축이음장치를 보수하는 공법은 공용중 보수공사가 진행되고 교통통제를 동반하기 때문에 신속성을 중요함. 2015년 12월 서해대교에서는 낙뢰에 의해 사장교 케이블이 절단되면서 서해안고속도로 일부구간을 전면통제로 평택~당진 일대의 교통흐름은 거의 마비된 상태였고, 이 때문에 손실이 많았던 것을 확인하면 보수의 신속성은 매우 중요한 요소라 할 수 있음.

신축이음장치는 보수시 신속성을 확보하기 위해서는 정착부 콘크리트를 깬 다음 신축이음장치 철거가 가능하기 때문에 정착부 콘크리트 크기량이 매우 중요함.

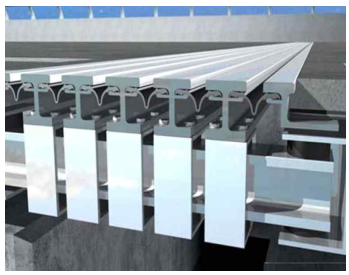
표8. 장대교량 신축이음 보수공법 제품별 비교

구분	개발품 공법	레일형 신축이음
전경		
신축용량	2,000mm	2,000mm
정착부 콘크리트 크기	1m당 1.449㎥ 신축량 2,000mm기준	1m당 2.625㎥ 신축량 2,000mm기준
블록아웃깨기량	작음	많음
제품 무게	가벼움	무거음
투입장비 비용	16 tonf 크레인	50 tonf 크레인
장대교량적용성	가능	가능
보수교체시간	1일 1개차로 가능	1일 1차로 불가능
부분통제	가능	불가능

(5) 국내 장대교량 신축이음장치의 시공성 확보

장대교량의 신축이음장치는 신축용량이 매우 크기 때문에 부피, 무게 등 시공성에 제약을 받을수 있으며, 시공비용 또한 증가될 수 있음.

표9. 개발품과 기존제품의 시공성 비교

구분	본과제 개발품 신축량 2500mm		마우라 (독일) 신축량 2500mm		마게바 (스위스) 신축량 2500mm	
제품전경						
표준크기	제품폭	높이	제품폭	높이	제품폭	높이
	3500mm	600mm	3610mm	750mm	3840mm	650mm
크기 비교	100%	100%	103%	125%	110%	108%
분할시공	차선별 분할 시공가능		차선별 분할 시공 불가능		차선별 분할 시공 불가능	
정착부 콘크리트	1m당 1.449㎥		1m당 2.625㎥		1m당 2.319㎥	
	100% (시공비용 감소)		181% (시공비용 증가)		160% (시공비용 증가)	
무게비교 (10m기준)	12.5 tonf (분할시공으로 5m이동가능)		27 tonf (전체시공으로 10m운송)		28 tonf (전체시공으로 10m운송)	
크레인 비교	16 tonf 크레인 일 450,000원		50 tonf 크레인 일 700,000원		50 tonf 크레인 일 700,000원	
운송성	도로운송가능 (폭 3m제작 가능)		도로운반 불가 해상운송		도로운반 불가 해상운송	
운송비용	도로운송, 거리 100kM 기준 500,000원 이내		해상운송, 거리 100kM 기준 수백~수천 만원		해상운송, 거리 100kM 기준 수백~수천 만원	
이물질 차단방법	강철판 차단		고무방수재 차단		고무방수재 차단	

3. 연구개발 범위

표10. 연구개발 범위 및 목표

연차	연구목표	주요연구내용
1차년도	■ 국내외 경쟁 제품 조사	- 개발 대상품 과 경쟁품비교 분석
	■ 초장대교량용 신축이음장치 구조계산	- 구조 해석을 통한 구조적 검증 - 재료 거동해석, 피로 반복해석
	■ 시제품 제작	- 구조검토 수행후 검증된 시제품제작
2차년도	■ 실내시험	- 수축인장 시험, 회전 성능 시험, 횡변위 시험 - 피로반복 시험, 수직하중지지시험 - 방수 시험, 이물질 배출 시험
	■ 표준도 및 제작도 작성	- 제품 표준화 및 제작성 검증
	■ 시방서 및 일위대가표 작성	- 현장 적용성을 위한 시방서 및 - 일위대가표 작성
	■ 제품 홍보	- 제품 브로셔 작성 - 초장대교량용 신축이음장치 홍보용, 카달로그 - 모형 제작 - 관련 전시회 참석
	■ 경제성검토	- 원가분석,LCC검토
	■ 초장대교량 적용성 검토	- 주요부재 한계상태설계 적용 - 초장대교량 회전 변위 검토
	■ 특허 출원	- 국내 출원 - 해외 출원 (미국, 중국, EU, PCT)

표11. 연구개발 세부 범위

기간	단계별 주요 연구활동	세부추진내용
1단계 ('15.05~ '16.04.)	■ 국내외 경쟁 제품 조사	- 국내 경쟁 품 조사 분석 - 해외 경쟁 품 조사 분석 - 경쟁품 대비 우수성 검토
	■ 초장대교량용 신축이음장치 구조계산	- 서포트빔 최적 단면 산정 - 링크 연결부제 최적 단면 산정 - 볼트 이음부 피로 반복 해석, 고유 진동수 확인
	■ 시제품 제작	- 2500mm 유간 시제품 재료 선정 - 제품 재료 발주 및 조립, 시제품 완성
2단계 ('16.05~ '17.04)	■ 실내시험	- 신축량 2500mm확인 수축 인장 시험 - 교축, 교직 회전 성분 확인 - 수직하중 강도 시험 - 윤하중 하중 피로반복 시험 수행 - 고무 방수제 누수 확인 시험
	■ 표준도 및 제작도 작성	- 초장대교량 적용 표준화를 위한 표준도 작성
	■ 시방서 및 일위대가표 작성	- 초장대교량 현장 적용성을 위한 시방서 및 일위대가 작성
	■ 경제성 검토	- 원가분석, LCC검토
		- 주요부재 한계상태설계 적용 - 초장대교량 회전 변위 검토
	■ 제품 홍보	- 제품 브로셔 제작 - 제품 모형 제작 - 전시회 홍보부스 마련 및 홍보, 논문 발표
	■ 국내 및 해외 특허 출원	- 국내 특허 출원, 해외출원(미국, 유럽, 중국, PCT)

제2장. 국내외 기술 개발 현황

- 국내 건설시장에서 교량 건설기술 수준은 선진국에 비하여 경쟁력이 낮은 실정이다.

- 초장대교량의 케이블 시스템등 핵심부품등은 최근 초장대교량 사업단 연구를 통해 개발되고 있으나 초장대교량 적용 가능하며 친환경적 유지관리성 높은 개발은 미흡함.

- 우리나라도 한미 FTA, EU FTA 채결 등 향후 중국 FTA 시장이 열리는 급격한 시장변화에 신속히 대응하지 않으면 건설 선진국과 기술격차는 더욱 심화될 것으로 사료된다.

- 현재 최고의 교량기술 선진국들은 자국의 기술 우위를 지속적으로 확보하기 위해 미래 기술 개발에 대한 투자를 확대하고 있음.

- 최근 국내 정책 동향에 따라 우리나라도 초장대교량 및 초고층 빌딩 기술 확보를 위한 계획이 세워졌으며 이러한 정책 동향에 발맞춰 초장대교량용 대형 유간 신축이음 장치 개발이 필요함.

- 국내의 장대교량용 신축이음장치는 대부분 수입에 의존.

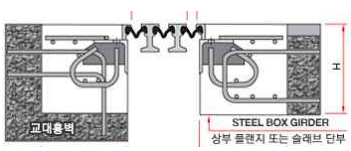
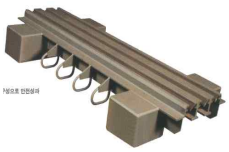
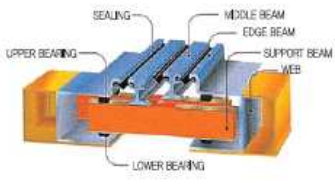
- 제품의 설계, 시공 및 성능평가에 있어서 독일, 미국, 일본 등의 국외 기준을 적용.

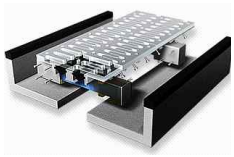
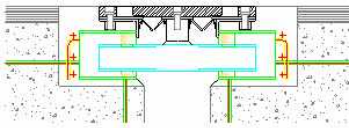
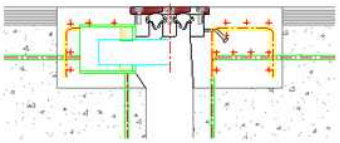
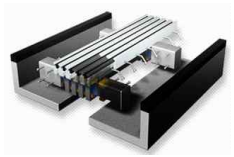
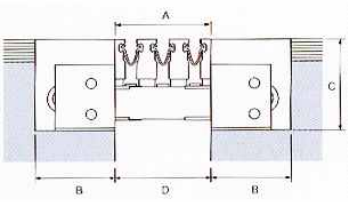
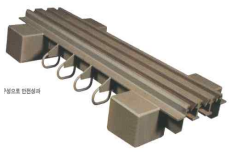
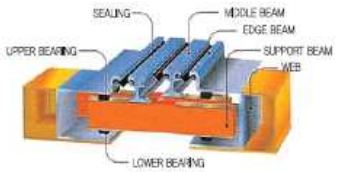
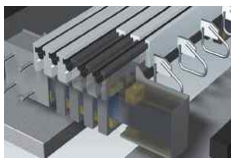
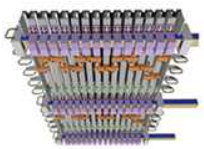
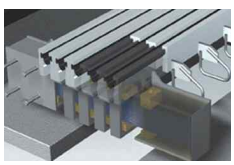
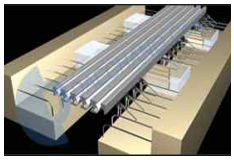
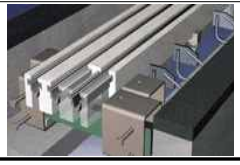
- 국내에서는 개발업체 및 연구기관을 중심으로 관련 규정에 대한 정비가 이루어져 왔다. 그 러나 규정된 내용들은 해외 원천 기술 기술을 원용 하다 보니 국외 여러 국가의 기준이 뒤 섞여 서로 상충되거나 합이성이 결여되고 국내 여건을 제대로 반영하지 못하는 결과를 초래 함.

- 시험방법은 2001년 KSF 4425가 개정되어 있지만 아직까지 KSF 4425에 맞추어 시험을 실 시하는 경우는 제품개발 목적으로 할 때 이외 완제품에 대해서 시험이 이루어지지 않고 있 는 상황.

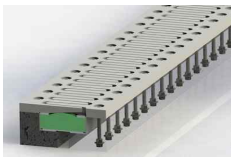
- 장대교량용 신축이음장치로는 대부분이 레일형 방식이로 국내 업체들이 개발을 하였으며 레 일형 방식은 충격 및 소음에서 불리하며 친환경성이 결여됨.

다음은 국내 신축이음장치 중 장대교량 적용 가능한 제품현황이다.

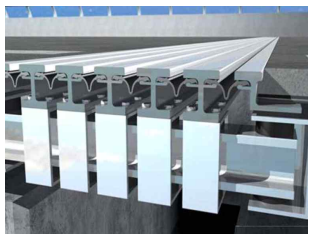
업체	제품명	형상	단면	형식
부흥 시스템	레일 조인트			레일형 방식 환경 소음 에서 불리
케이원 레일	레일형 조인트			레일형 방식 환경 소음 에서 불리

업체	제품명	형상	단면	형식
대봉 비엠텍	복합형 핑거 조인트			상부구조 핑거형 하부구조 레일 타입
	저소음 조인트			상부 물결 무늬 강재 플레이트 하부구조 레일 타입
	레일형 조인트			레일형 방식 환경 소음 에서 불리
케이원 레일	레일형 조인트			레일형 방식 환경 소음 에서 불리
에스코 알티 에스	레일 조인트		–	레일형 방식 환경 소음 에서 불리
유니슨 이테크	레일 조인트		–	레일형 방식 환경 소음 에서 불리
청봉 아이엔 에스	레일 조인트		–	레일형 방식 환경 소음 에서 불리
대창	레일 조인트		–	레일형 방식 환경 소음 에서 불리
삼영 엠텍	레일 조인트		–	레일형 방식 환경 소음 에서 불리

북미 장대교량 적용가능 신축이음장치 현황

업체	제품명	국가	형상	형식
RJ WATSON	Finger Joint	USA		핑거형 방식
DS Brown	Modular Expansion Joint	USA		레일형 방식 환경 소음 에서 불리
Techstar Incorporated	Modular Expansion Joint	USA		레일형 방식 환경 소음 에서 불리
LCL BRIDGE	Modular Expansion Joint	CANADA		레일형 방식 환경 소음 에서 불리

유럽 장대교량 적용가능 신축이음장치 현황

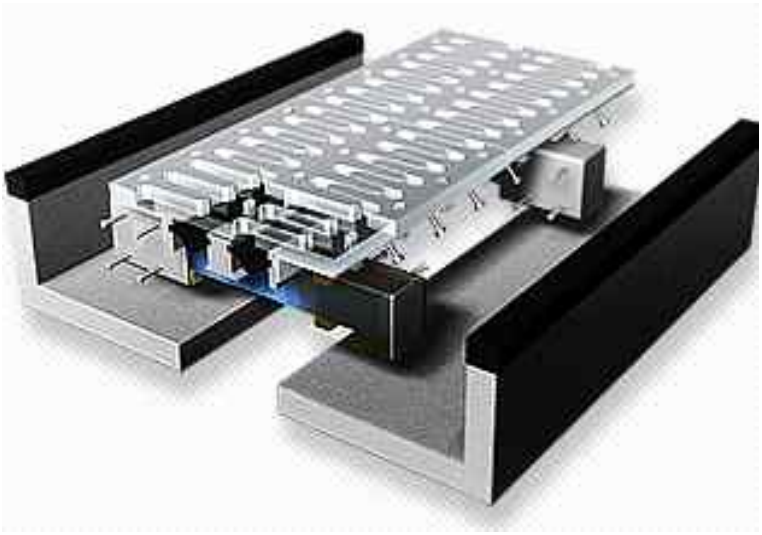
업체	제품명	국가	형상	형식 및 설명
Mageba	Tensa Modular	스위스		레일형 방식 세계최대 유간 기록 (2,160mm 중국 RunYang 대교) **국내 시장 점유 다수**
	Tensa Modular Sinus Plate			레일형 방식 소음저감형 표면 방식
Maurer Shone	Girder Grid Joint	독일		레일형 방식 **국내 시장 점유 다수**
	Rhombic Noise Reduction Expansion Joint			레일형 방식 소음저감형 표면 방식

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

1. 국내 제품 조사 및 분석

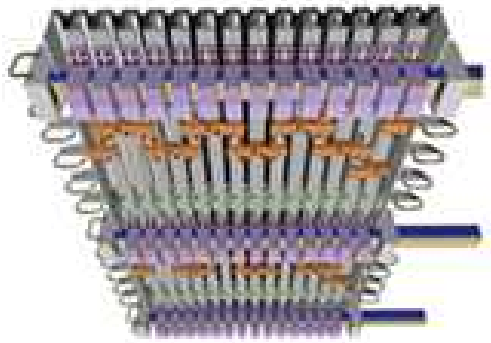
<table>
<tr><td colspan="4">조사대상 1</td></tr>
<tr><td colspan="4">  </td></tr>
<tr><td>제품명칭</td><td colspan="3">복합형 저소음 조인트 (D사)</td></tr>
<tr><td rowspan="12">본 과제
개발품 대비
비교</td><td>구분</td><td>조사대상1</td><td>본과제 개발품</td></tr>
<tr><td>초장대교량 적용성</td><td>우수</td><td>우수</td></tr>
<tr><td>경재성</td><td>보통</td><td>보통</td></tr>
<tr><td>구조 안정성</td><td>우수</td><td>우수</td></tr>
<tr><td>시공성</td><td>나쁨</td><td>우수</td></tr>
<tr><td>유지관리성</td><td>나쁨</td><td>우수</td></tr>
<tr><td>방수성능</td><td>우수</td><td>우수</td></tr>
<tr><td>소음저감성능</td><td>보통</td><td>우수</td></tr>
<tr><td>제품 운반성</td><td>나쁨</td><td>우수</td></tr>
<tr><td>제품중량</td><td>보통</td><td>보통</td></tr>
<tr><td>횡방향거동성능</td><td>우수</td><td>우수</td></tr>
<tr><td>적용 실적</td><td>약간</td><td>없음</td></tr>
</table>

조사대상 2



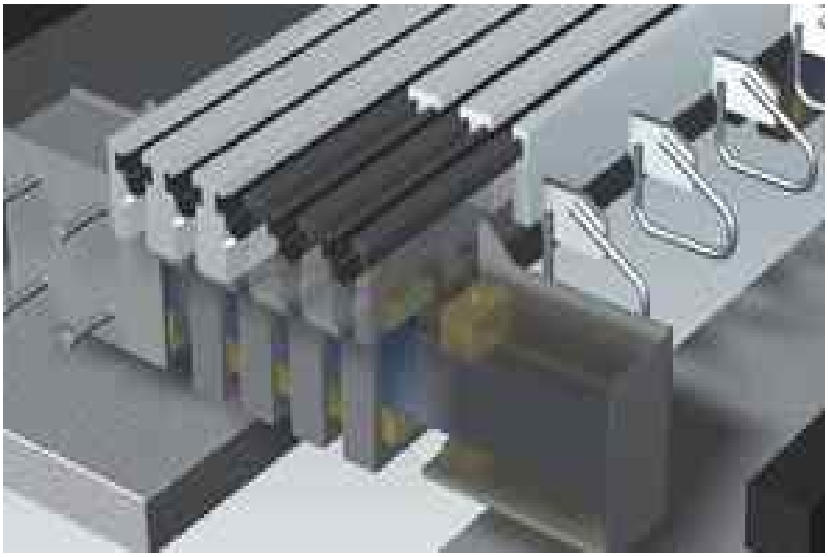
제품명칭	복합형 핑거 조인트 (D사)		
본 과제 개발품 대비 비교	**구분**	**조사대상1**	**본과제 개발품**
	초장대교량 적용성	나쁨	우수
	경재성	보통	보통
	구조 안정성	보통	우수
	시공성	우수	우수
	유지관리성	보통	우수
	방수성능	나쁨	우수
	소음저감성능	우수	우수
	제품 운반성	우수	우수
	제품중량	보통	보통
	횡방향거동성능	나쁨	우수
	적용 실적	약간	없음

조사대상 3



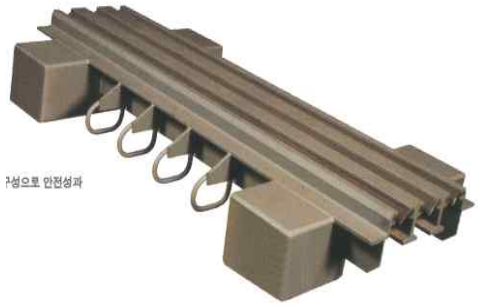
제품명칭	레일형 조인트(U사)		
본 과제 개발품 대비 비교	구분	조사대상1	본과제 개발품
	초장대교량 적용성	우수	우수
	경재성	보통	보통
	구조 안정성	우수	우수
	시공성	보통	우수
	유지관리성	나쁨	우수
	방수성능	보통	우수
	소음저감성능	나쁨	우수
	제품 운반성	나쁨	우수
	제품중량	보통	보통
	횡방향거동성능	우수	우수
	적용 실적	다수	없음

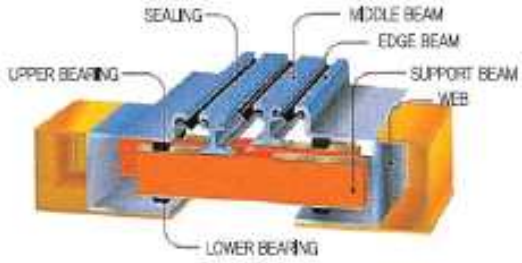
조사대상 4



제품명칭	레일형 조인트(E사)		
본 과제 개발품 대비 비교	구분	조사대상1	본과제 개발품
	초장대교량 적용성	우수	우수
	경재성	보통	보통
	구조 안정성	우수	우수
	시공성	보통	우수
	유지관리성	나쁨	우수
	방수성능	보통	우수
	소음저감성능	나쁨	우수
	제품 운반성	나쁨	우수
	제품중량	보통	보통
	횡방향거동성능	우수	우수
	적용 실적	다수	없음

조사대상 5

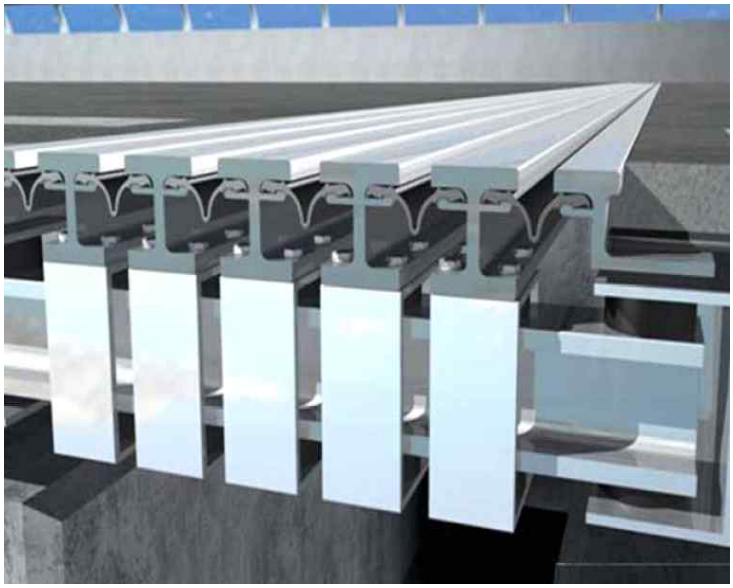




제품명칭	레일형 조인트(K사)		
본 과제 개발품 대비 비교	구분	조사대상1	본과제 개발품
	초장대교량 적용성	우수	우수
	경제성	보통	보통
	구조 안정성	우수	우수
	시공성	보통	우수
	유지관리성	나쁨	우수
	방수성능	보통	우수
	소음저감성능	나쁨	우수
	제품 운반성	나쁨	우수
	제품중량	보통	보통
	횡방향거동성능	우수	우수
	적용 실적	다수	없음

2. 국외 제품 조사 및 분석

조사대상 1



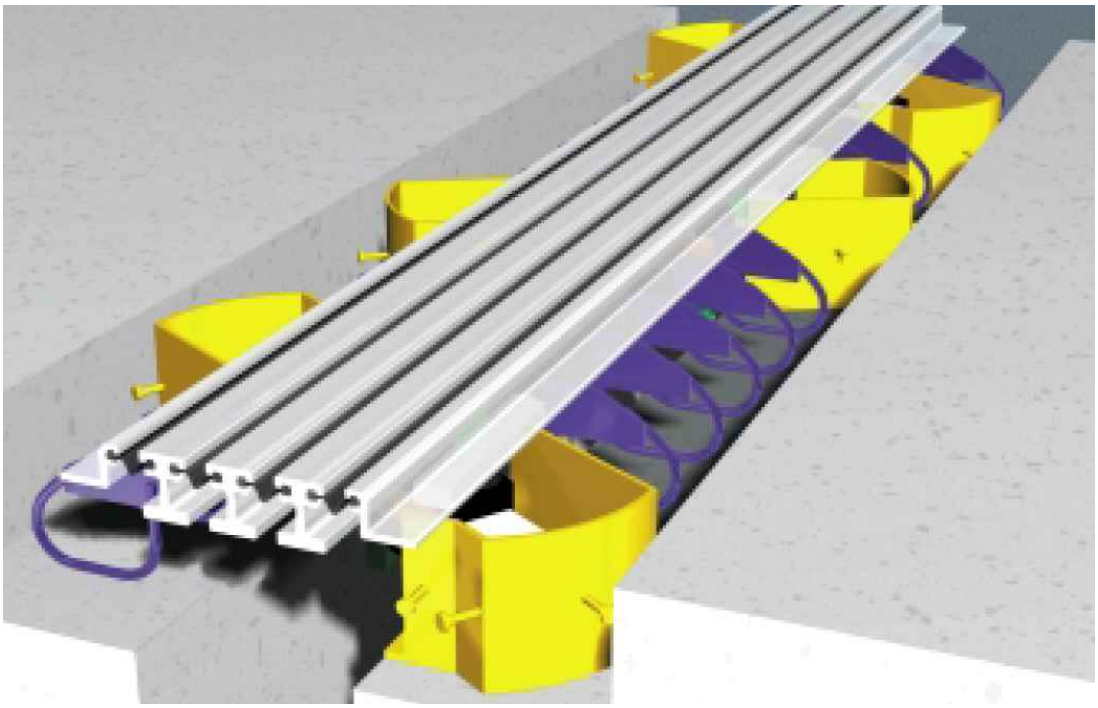
제품명칭	TENSA MODULAR (스위스 M사)		
본 과제 개발품 대비 비교	**구분**	**조사대상1**	**본과제 개발품**
	초장대교량 적용성	우수	우수
	경재성	보통	보통
	구조 안정성	우수	우수
	시공성	나쁨	우수
	유지관리성	나쁨	우수
	방수성능	우수	우수
	소음저감성능	보통	우수
	제품 운반성	나쁨	우수
	제품중량	보통	보통
	횡방향거동성능	우수	우수
	적용 실적	다수	없음

조사대상 2



제품명칭	TENSA MODULAR SINUS PLATE (스위스 M사)		
본 과제 개발품 대비 비교	구분	조사대상1	본과제 개발품
	초장대교량 적용성	우수	우수
	경재성	보통	보통
	구조 안정성	우수	우수
	시공성	나쁨	우수
	유지관리성	나쁨	우수
	방수성능	우수	우수
	소음저감성능	보통	우수
	제품 운반성	나쁨	우수
	제품중량	보통	보통
	횡방향거동성능	우수	우수
	적용 실적	다수	없음

조사대상 3



제품명칭	Swivel Joist (독일 M사)		
본 과제 개발품 대비 비교	구분	조사대상1	본과제 개발품
	초장대교량 적용성	우수	우수
	경재성	보통	보통
	구조 안정성	우수	우수
	시공성	나쁨	우수
	유지관리성	나쁨	우수
	방수성능	우수	우수
	소음저감성능	보통	우수
	제품 운반성	나쁨	우수
	제품중량	보통	보통
	횡방향거동성능	우수	우수
	적용 실적	다수	없음

조사대상 4



제품명칭	Swivel Joist Noise Plate (독일 M사)		
본 과제 개발품 대비 비교	구분	조사대상1	본과제 개발품
	초장대교량 적용성	우수	우수
	경재성	보통	보통
	구조 안정성	우수	우수
	시공성	나쁨	우수
	유지관리성	나쁨	우수
	방수성능	우수	우수
	소음저감성능	보통	우수
	제품 운반성	나쁨	우수
	제품중량	보통	보통
	횡방향거동성능	우수	우수
	적용 실적	다수	없음

조사대상 5



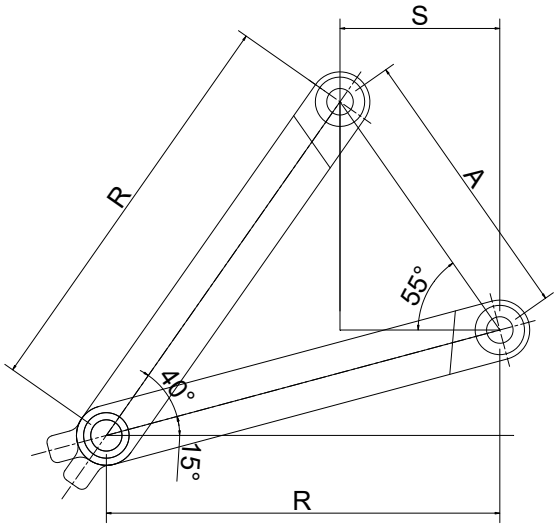
제품명칭	레일형 신축이음 (미국 D사)		
본 과제 개발품 대비 비교	**구분**	**조사대상1**	**본과제 개발품**
	초장대교량 적용성	우수	우수
	경재성	보통	보통
	구조 안정성	우수	우수
	시공성	나쁨	우수
	유지관리성	나쁨	우수
	방수성능	우수	우수
	소음저감성능	보통	우수
	제품 운반성	나쁨	우수
	제품중량	보통	보통
	횡방향거동성능	우수	우수
	적용 실적	다수	없음

3. 신축이음 구조 계산서

3.1 서포트빔 최적 단면 산정

□ 저소음 굴절형 신축량별 링크 길이

저소음 굴절형의 신축량 적용 방법은 링크의 원형운동으로 신축량이 적용된다. 각각의 링크는 최대 신장 시 교축 방향으로 15˚ 거동하며 최대 수축시 55˚ 거동한다. 다음 그림은 저소음 굴절형 거동 개요이다.



여기서 R: 링크 볼트 중심에서 링크 연결부분 볼트 중심 길이
A: 링크가 회전 거동 시 이동한 직선거리
s: 신축량의 절반
S: 총 신축량 2s

저소음 굴절형은 링그가 볼트 중심을 기준으로 회전하며 신축 수축 거동을 한다.
링크가 회전 거동 시 이동한 직선 거리는 코사인 제2법칙에 의해 다음과 같다

$A^2 = 2R^2 - 2R^2 COS(40^\circ)$ 식 1

링크 거동시 이동한 직선 거리는 COS(55˚)를 곱하여 신축량의 절반 s를 얻을 수 있다.
그러므로 총신축량 S는 다음과 같다

$S = 2A\,COS(40^\circ + 15^\circ)$ 식 2

위 충신축량을 A로 정리하면 다음과 같다

$A = \frac{S}{2COS(55^\circ)}$ 식 3

식 3을 식1에 넣고 정리 하면 다음과 같다

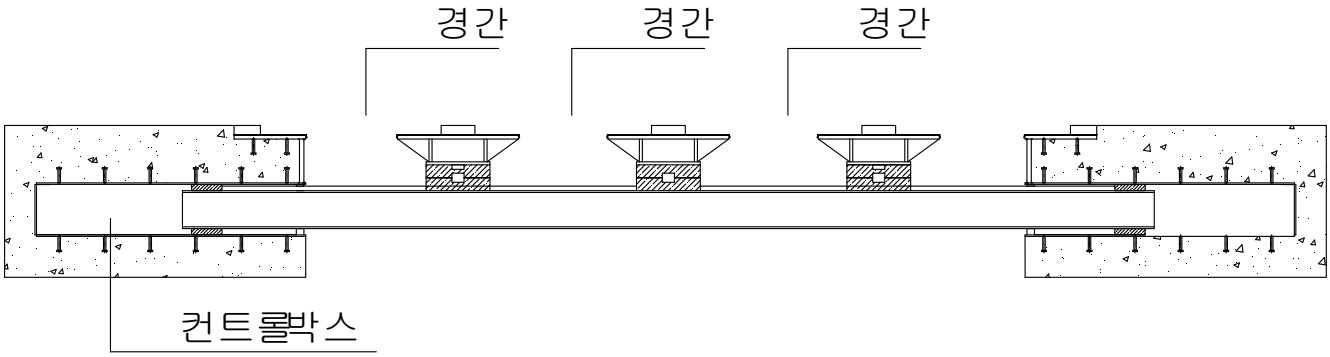
$R = \frac{S}{0.784}$ 식 4.

위 4식에 의해 신축량 별로 필요한 링크 길이는 위식으로 계산할 수 있다.
위식을 이용해 신축량 별로 필요한 링크 길이는 다음 표와 같다.

신축량 (mm)	링크길이 계산식	필요 링크 길이(mm)	추가 여유량 (mm)	총길이 (mm)	비고	
					최소 수축각	최대 신장각
100	$R = S/0.784$	128	5	133	15°	55°
125	$R = S/0.784$	159	5	164	15°	55°
150	$R = S/0.784$	191	5	196	15°	55°
175	$R = S/0.784$	223	5	228	15°	55°
200	$R = S/0.784$	255	5	260	15°	55°
225	$R = S/0.784$	287	5	292	15°	55°
250	$R = S/0.784$	319	5	324	15°	55°
275	$R = S/0.784$	351	5	356	15°	55°
300	$R = S/0.784$	383	5	388	15°	55°
325	$R = S/0.784$	415	5	420	15°	55°
350	$R = S/0.784$	446	5	451	15°	55°
375	$R = S/0.784$	478	5	483	15°	55°
400	$R = S/0.784$	510	10	520	15°	55°
425	$R = S/0.784$	542	10	552	15°	55°
450	$R = S/0.784$	574	10	584	15°	55°
475	$R = S/0.784$	606	10	616	15°	55°
500	$R = S/0.784$	638	10	648	15°	55°
525	$R = S/0.784$	670	10	680	15°	55°
550	$R = S/0.784$	702	10	712	15°	55°
575	$R = S/0.784$	733	10	743	15°	55°
600	$R = S/0.784$	765	10	775	15°	55°
625	$R = S/0.784$	797	10	807	15°	55°
650	$R = S/0.784$	829	10	839	15°	55°
675	$R = S/0.784$	861	10	871	15°	55°
700	$R = S/0.784$	893	10	903	15°	55°

□ 초장대교량용 저소음 굴절형 신축이음 장치 경간 구성

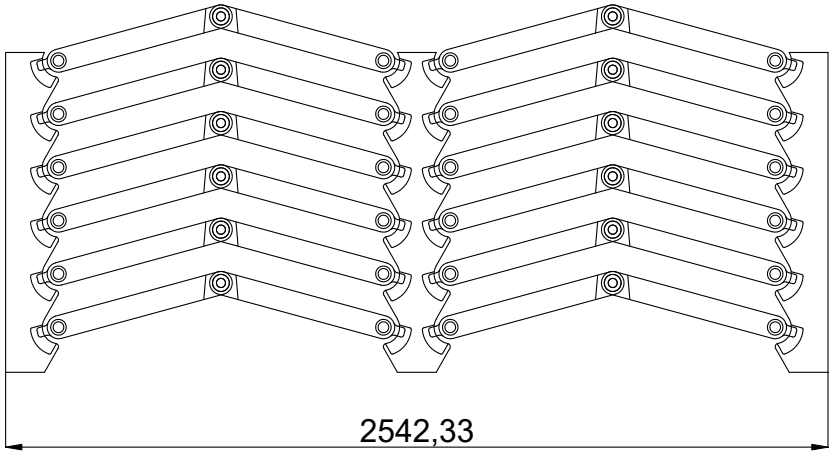
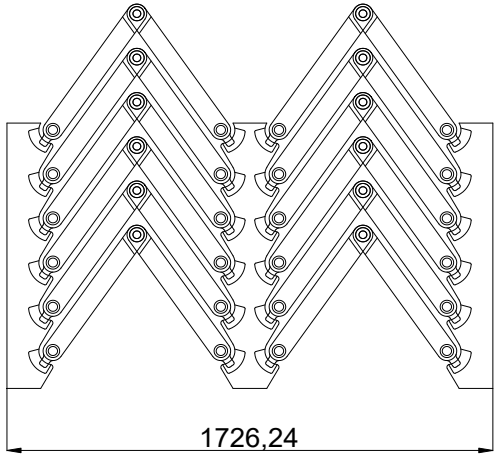
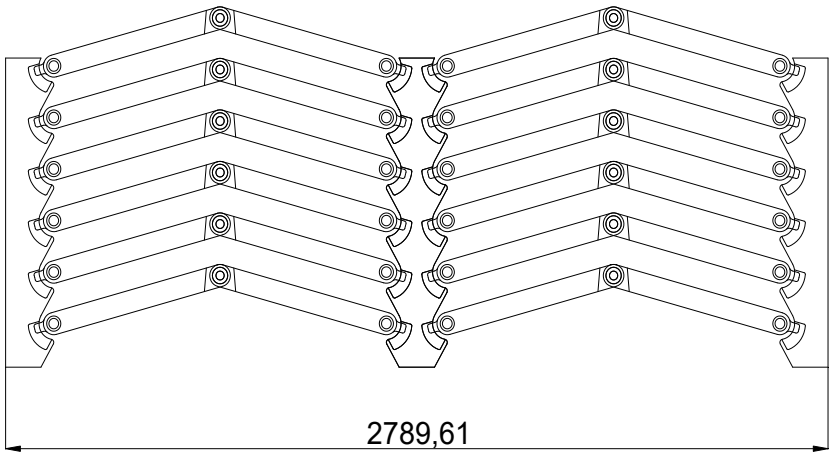
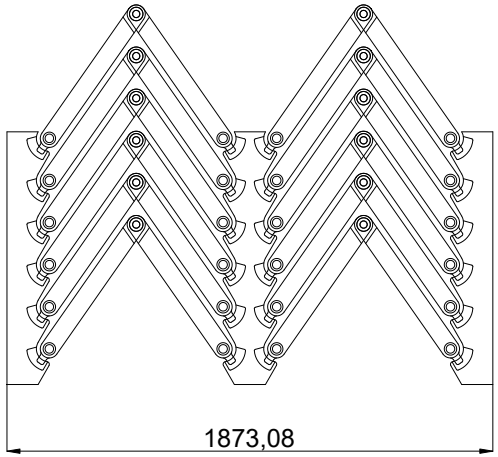
초장대교량용 적용가능한 신축이음 장치는 2500mm까지 개발을 목표로 한다. 기존 저소음 굴절형 신축이음 장치는 기존 방식으로는 1000mm이상 구조상 적용이 어렵기 때문에 기존방식의 저소음 굴절형을 여러 경간으로 구성한 후 하부에 서포트 빔을 설치하여 상부 저소음 굴절형을지지 하는 방식으로 한다. 다음 그림은 초장대교량용 적용 가능한 저소음 굴절형 단면 개념도 이다.

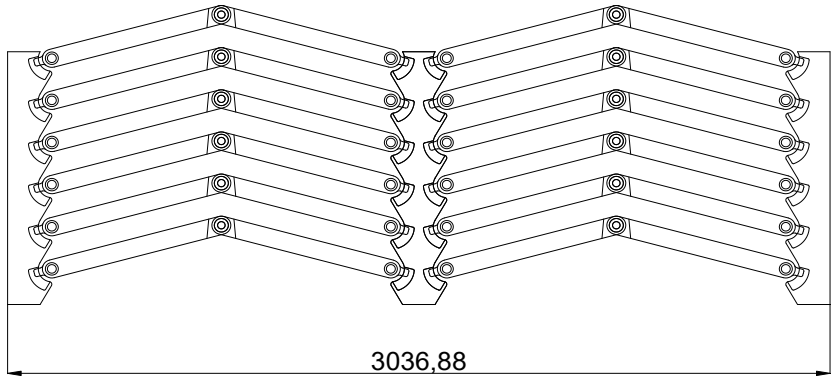
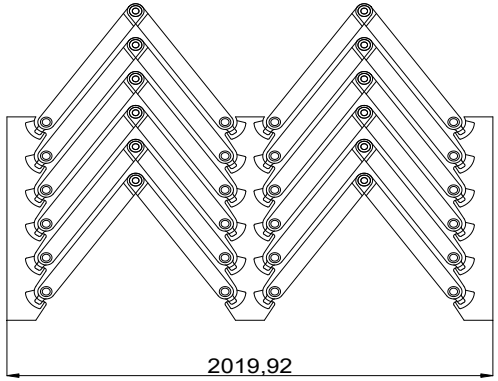
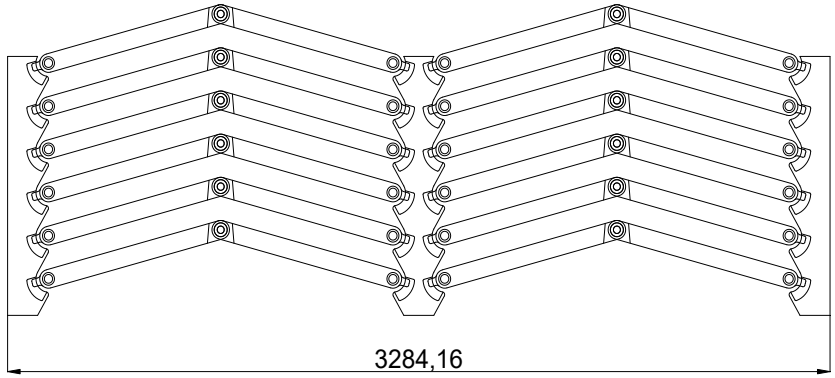
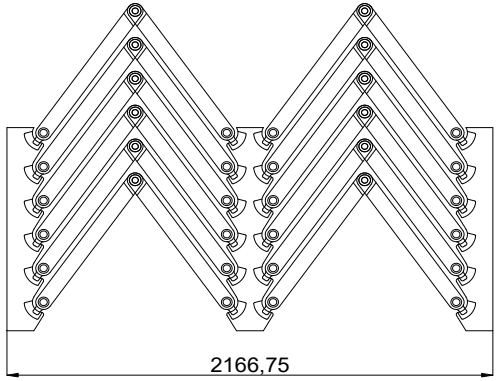
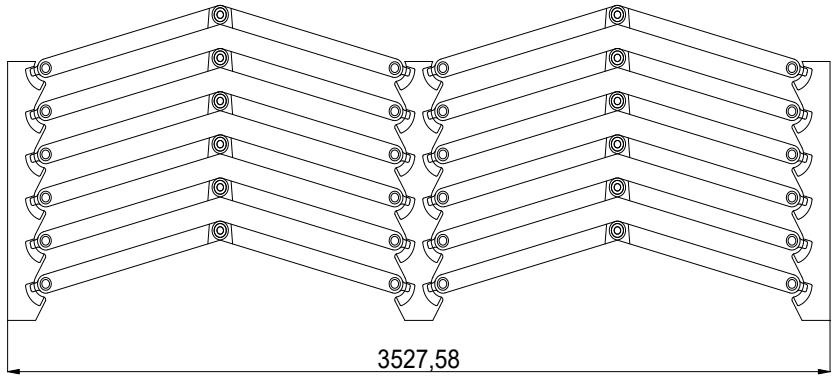
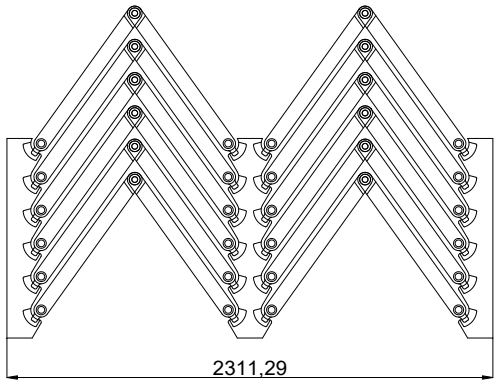


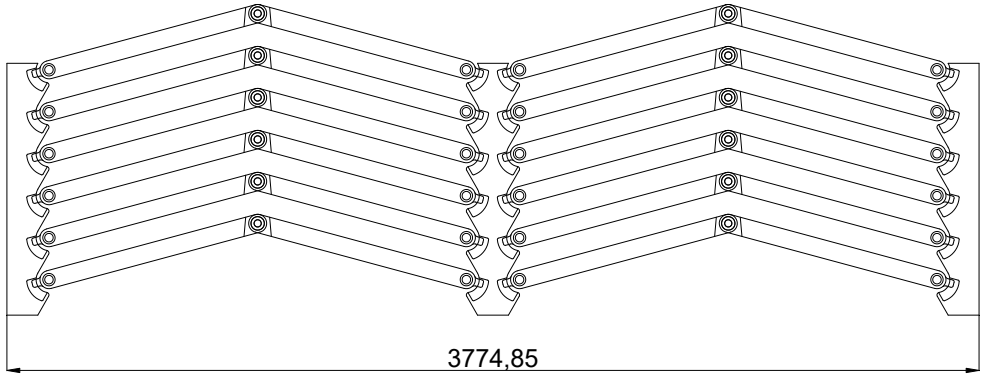
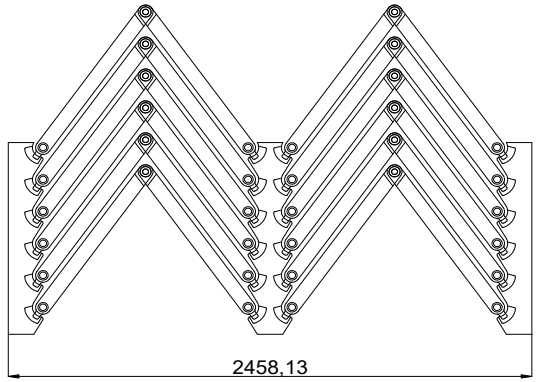
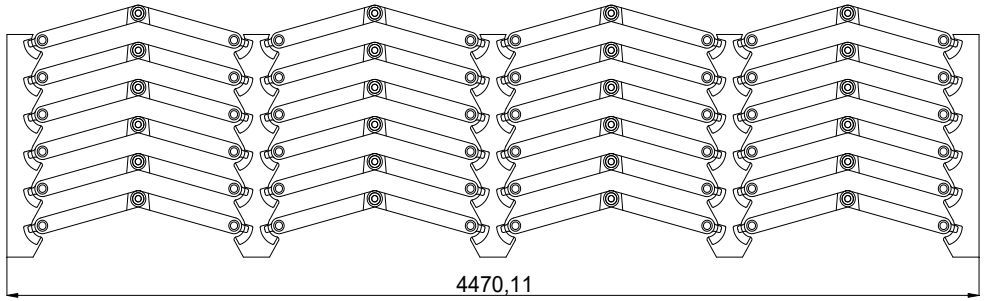
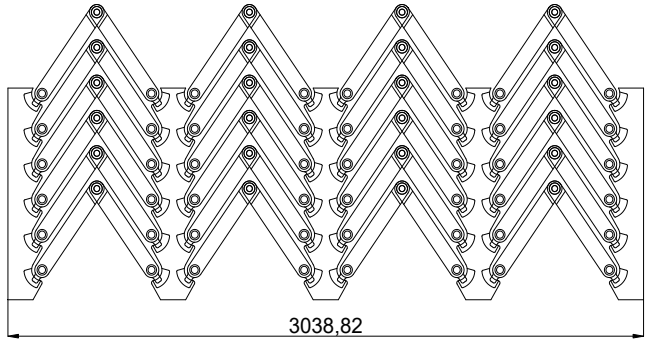
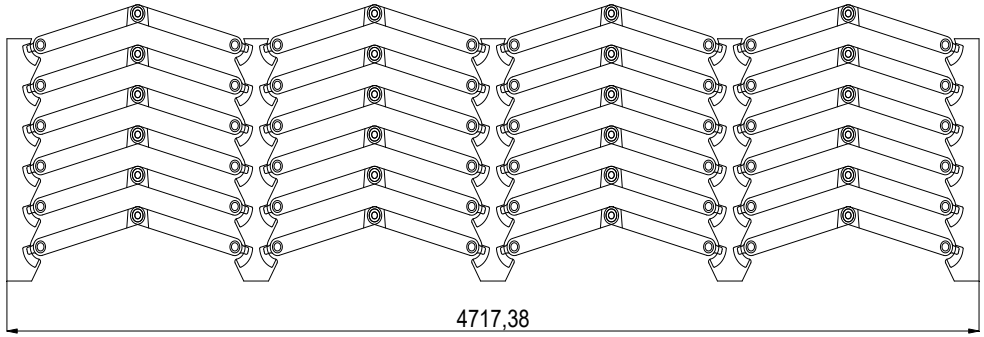
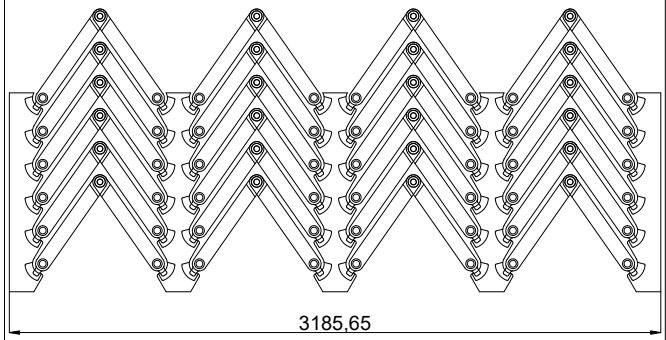
초장대교량용 저소음 굴절형은 2500mm까지 목표로 할 경우 한 개의 경간으로 신축이음 장치를 구성하기는 구조적으로 어렵다 그러므로 서포트빔을 구성하여 여러 경간으로 분할 하여 개발을 목표로 한다. 다음은 신축량별 경간장이며 1경간당 신축량 표 이다.

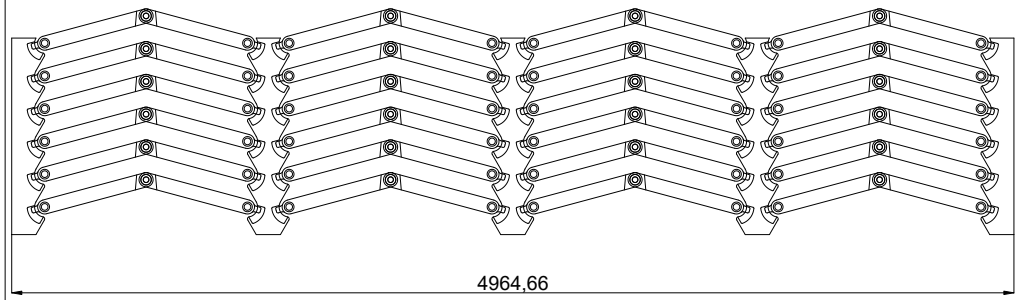
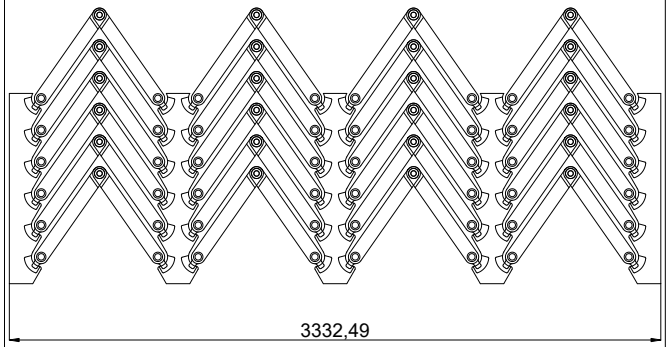
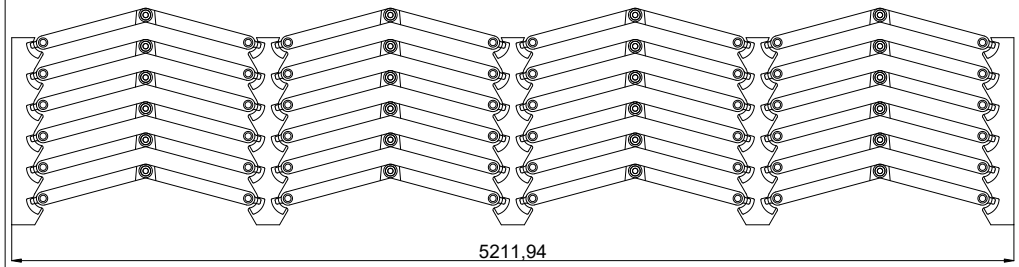
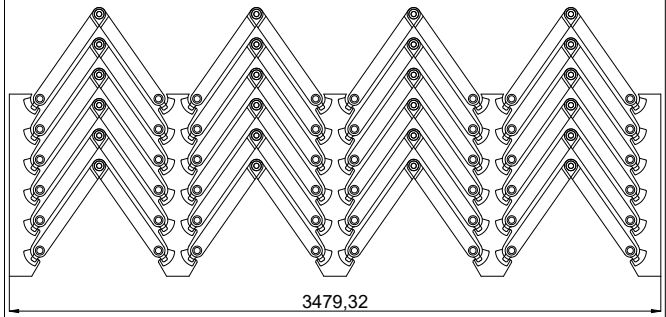
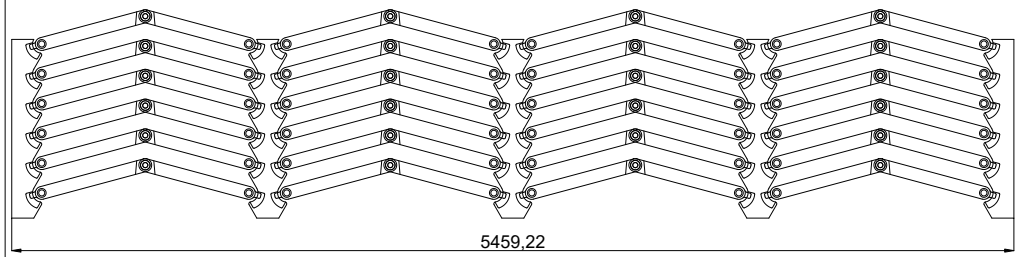
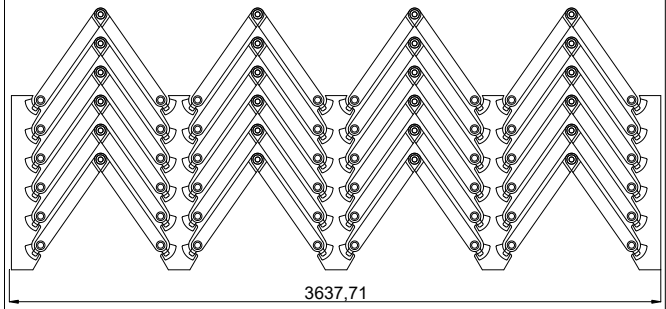
신축량 (mm)	경간 구성 (EA)	경간당 유간 (mm)	필요 링크 길이 (mm)
800	2	400	520
900	2	450	584
1000	2	500	648
1100	2	550	712
1200	2	600	775
1300	2	650	839
1400	4	350	456
1500	4	375	488
1600	4	400	520
1700	4	425	552
1800	4	450	584
1900	4	475	616
2000	4	500	648
2100	4	525	680
2200	4	550	712
2300	4	575	743
2400	4	600	775
2500	4	625	807

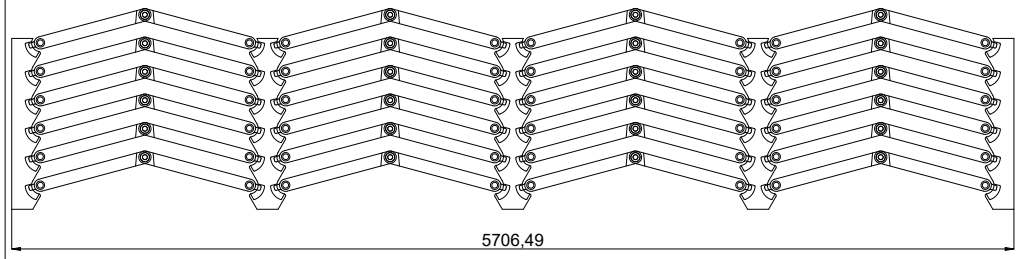
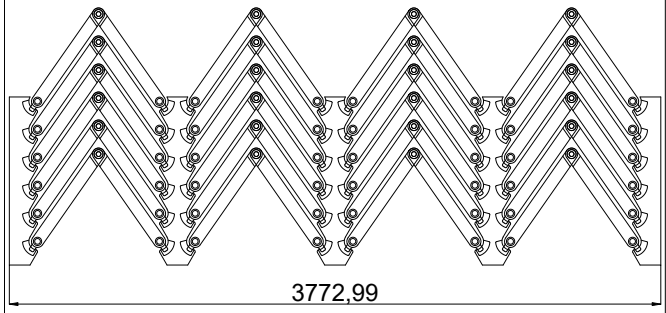
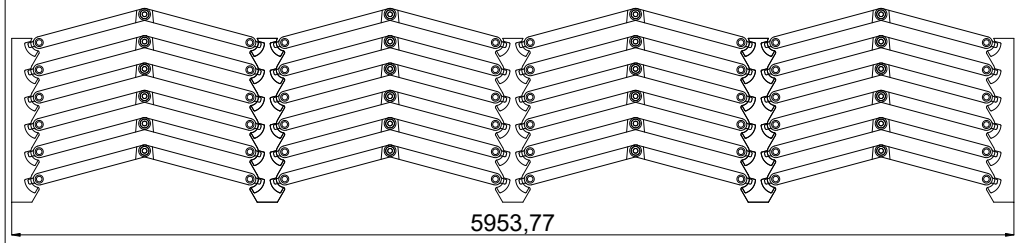
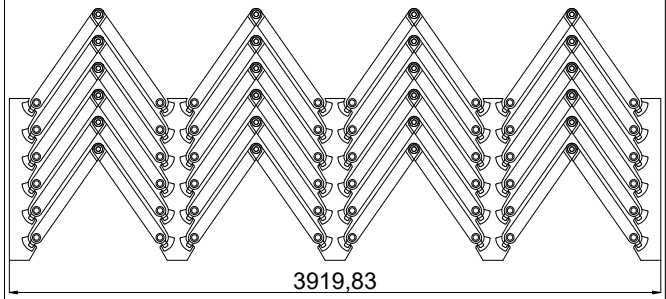
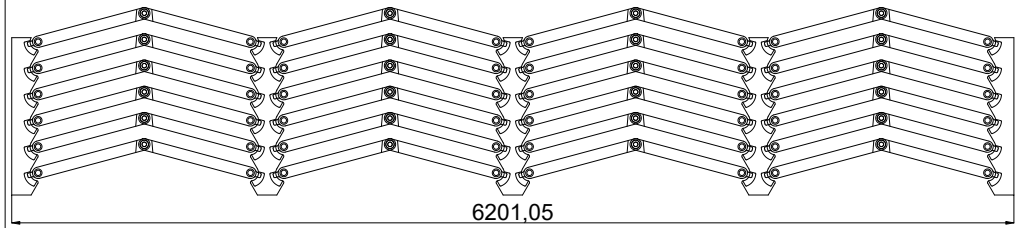
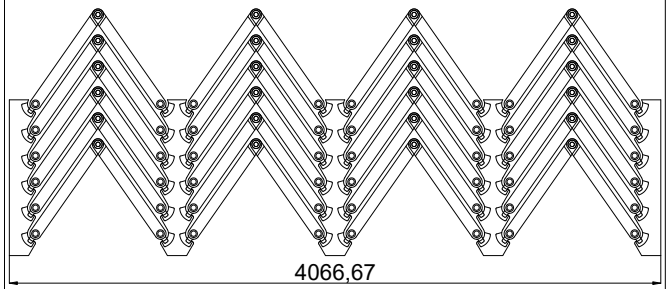
□ 초장대교량용 저소음 굴절형 신축이음 장치 서포트빔 길이 산정

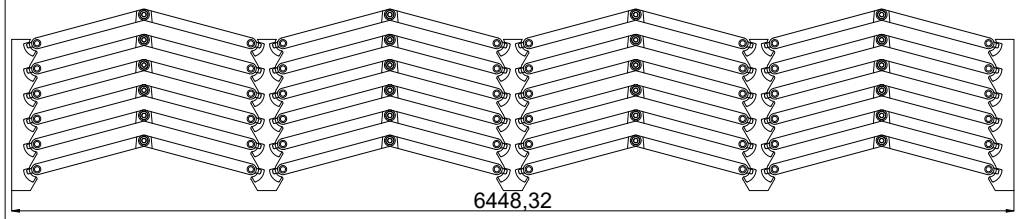
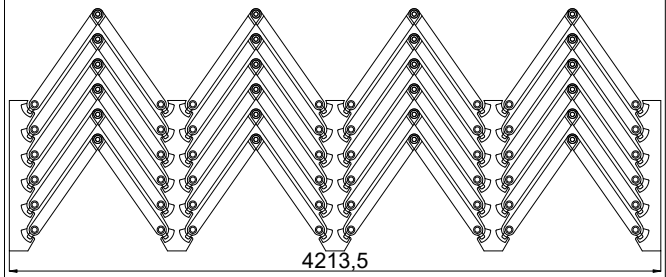
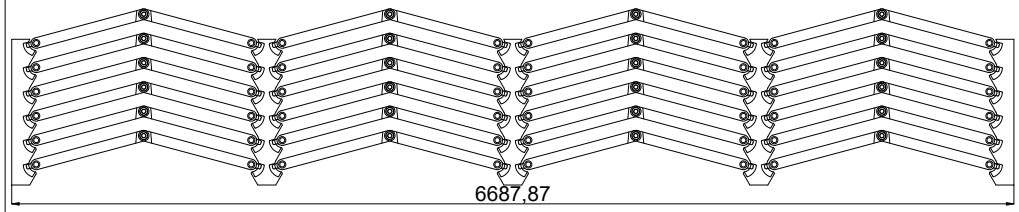
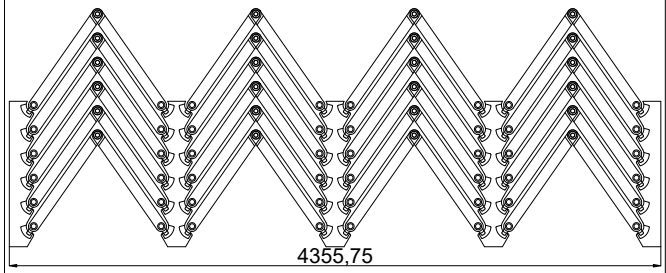
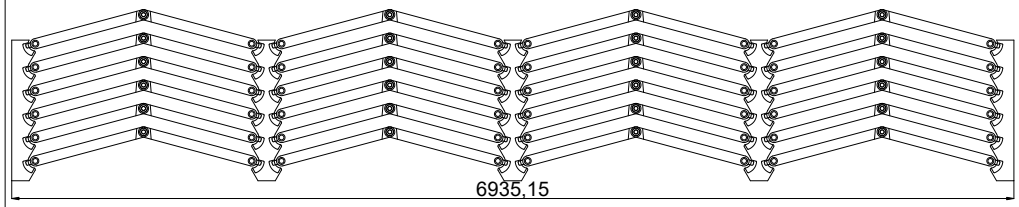
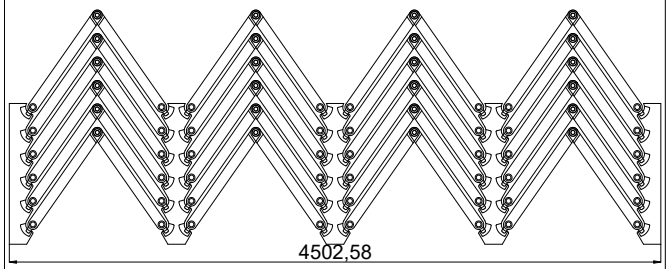
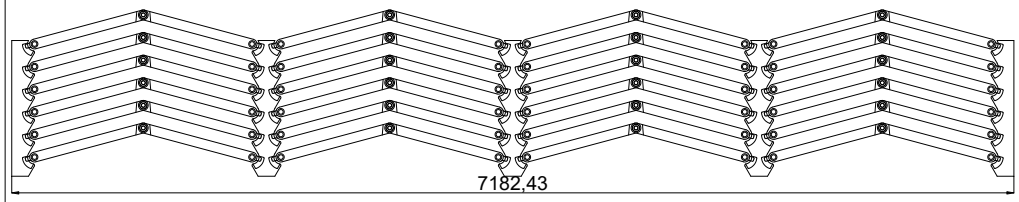
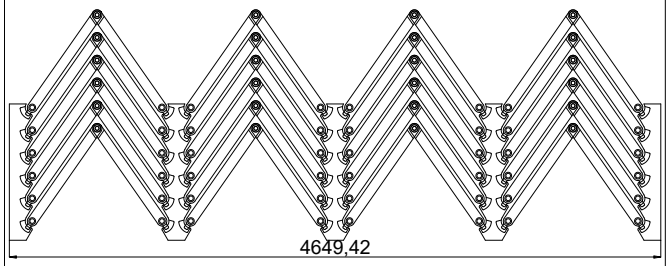
구분	최대 유간 (mm)	최소유간 (mm)	서포트빔 길이 (mm)
800 mm			2750mm
900 mm			3000mm

구분	최대 유간 (mm)	최소유간 (mm)	서포트빔 길이 (mm)
1000 mm			3250mm
1100 mm			3500mm
1200 mm			3750mm

구분	최대 유간 (mm)	최소유간 (mm)	서포트빔 길이 (mm)
1300 mm			4000mm
1400 mm			4750mm
1500 mm			5000mm

구분	최대 유간 (mm)	최소유간 (mm)	서포트빔 길이 (mm)
1600 mm			5250mm
1700 mm			5500mm
1800 mm			5750mm

구분	최대 유간 (mm)	최소유간 (mm)	서포트빔 길이 (mm)
1900 mm			6000mm
2000 mm			6250mm
2100 mm			6500mm

구분	최대 유간 (mm)	최소유간 (mm)	서포트빔 길이 (mm)
2200 mm			6750mm
2300 mm			7000mm
2400 mm			7250mm
2500 mm			7500mm

□ 초장대교량용 저소음 굴절형 신축이음 장치 서포트빔 길이 산정

신축량 (mm)	경간 구성(EA)	상부판 최대길이 (mm)	상부판 최소길이 (mm)	실 신축량 (mm)	서포트빔 길이 (mm)
800	2	2,542	1,726	816	2,750
900	2	2,790	1,873	917	3,000
1,000	2	3,037	2,020	1,017	3,250
1,100	2	3,284	2,167	1,117	3,500
1,200	2	3,528	2,311	1,217	3,750
1,300	2	3,775	2,458	1,317	4,000
1,400	4	4,470	3,039	1,431	4,750
1,500	4	4,717	3,186	1,531	5,000
1,600	4	4,965	3,332	1,633	5,250
1,700	4	5,212	3,479	1,733	5,500
1,800	4	5,459	3,638	1,821	5,750
1,900	4	5,707	3,773	1,934	6,000
2,000	4	5,954	3,920	2,034	6,250
2,100	4	6,201	4,067	2,134	6,500
2,200	4	6,448	4,213	2,235	6,250
2,300	4	6,688	4,356	2,332	7,000
2,400	4	6,935	4,503	2,432	7,250
2,500	4	7,182	4,649	2,533	7,500

□ 초장대교량용 저소음 굴절형 신축이음 장치 서포트빔 단면 산정

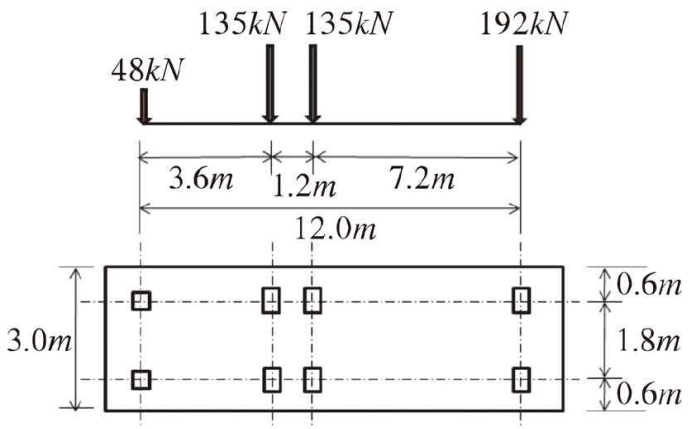
○ 단면 제원

초장대교량용 적용가능한 신축이음 장치의 하부 구조중 서포트 빔은 경제성 및 안정성, 이 고려되며 제품 수급이 쉬운 기성품으로 결정한다. 단면 형상은 후판을 절단하여 직사각형 단면으로 결정한다.

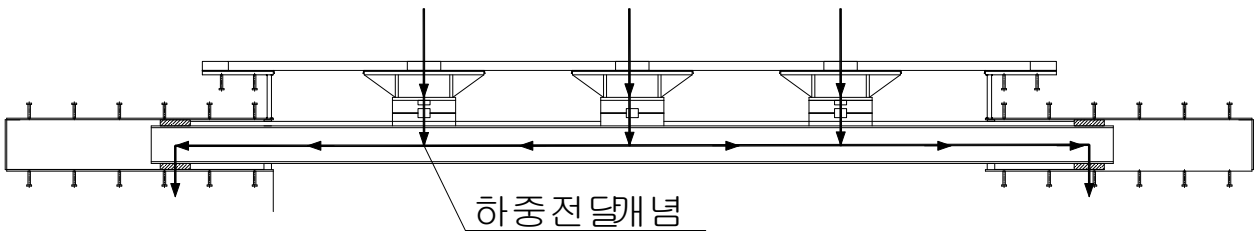
H (mm)	B (mm)	재질
200	160	SM490B
250	150	SM490B
300	200	SM490B
350	150	SM490B
400	200	SM490B

○ 적용 하중

적용 하중은 도로교 설계기준 2012 표준 트럭 하중을 적용 한다. 다음 그림은 표준트럭 하중이다.



초장대교량용 저소음 굴절형 신축이음 장치는 상부 하중과, 활하중이 중간 베어링을 통해 서포트 빔으로 전달된다. 다음은 하중 전달 개요도이다.



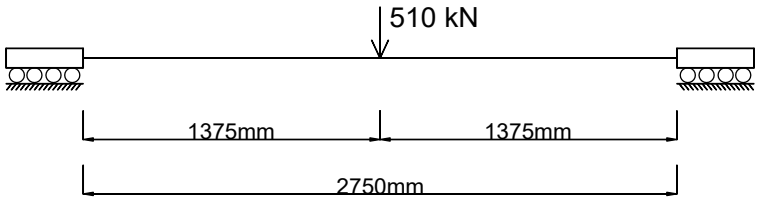
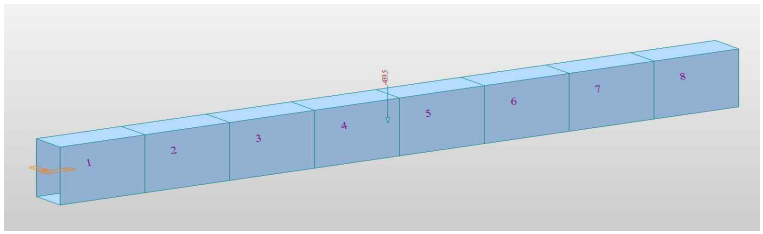
○ 하중 재하 방법

하중 재하시 모든 하중이 베어링을 통해 서포트빔으로 전달 되므로 베어링 단면적 만큼 표준 트럭 하중을 재하한다. 재하되는 하중은 표준트럭하중 전체를 재하 하며 표준트럭하중폭은 서포트빔 2개가 배치되므로 표준트럭하중의 총하중의 절반을 재하한다. 충격계수는 차량의 충격하중인 0.7를 고려하며 추가적으로
상부 자중을 고려해 총 1.7을 적용한다.

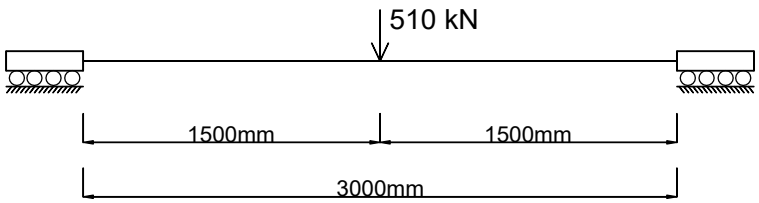
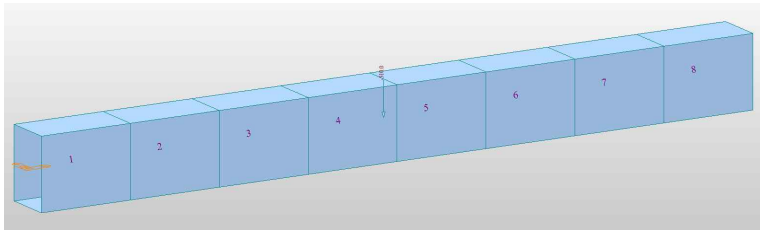
구분	서포트빔 길이(mm)	경간 수 (EA)	재하방법	하중 (kN)	충격계수 (Ⅰ)	총하중 (kN)	지점당 하중 (kN)
NO. 800	2,750	2	1점 재하	255	1	510	510
NO. 900	3,000	2	1점 재하	255	1	510	510
NO. 1,000	3,250	2	1점 재하	255	1	510	510
NO. 1,100	3,500	2	1점 재하	255	1	510	510
NO. 1,200	3,750	2	1점 재하	255	1	510	510
NO. 1,300	4,000	2	1점 재하	255	1	510	510
NO. 1,400	4,750	4	3점 재하	255	1	510	170
NO. 1,500	5,000	4	3점 재하	255	1	510	170
NO. 1,600	5,250	4	3점 재하	255	1	510	170
NO. 1,700	5,500	4	3점 재하	255	1	510	170
NO. 1,800	5,750	4	3점 재하	255	1	510	170
NO. 1,900	6,000	4	3점 재하	255	1	510	170
NO. 2,000	6,250	4	3점 재하	255	1	510	170
NO. 2,100	6,500	4	3점 재하	255	1	510	170
NO. 2,200	6,750	4	3점 재하	255	1	510	170
NO. 2,300	7,000	4	3점 재하	255	1	510	170
NO. 2,400	7,250	4	3점 재하	255	1	510	170
NO. 2,500	7,500	4	3점 재하	255	1	510	170

○ 구조해석

○-1 NO.800

구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력 (kN)	모멘트 (kN-M)
	번호	Part		
	1	i	-255	-175.31
	1	j	-255	-87.66
	2	i	-255	-87.66
	2	j	-255	0
	3	i	-255	0
	3	j	-255	87.66
Midas 모델링	4	i	-255	87.66
	4	j	-255	175.31
	5	i	255	175.31
	5	j	255	87.66
	6	i	255	87.66
	6	j	255	0
	7	i	255	0
	7	j	255	-87.66
	8	i	255	-87.66
	8	j	255	-175.31
최대			255	175.31
최소			-255	-175.31

○-2 NO.900

구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력 (kN)	모멘트 (kN-M)
	번호	Part		
	1	i	-255	-191.25
	1	j	-255	-95.63
	2	i	-255	-95.63
	2	j	-255	0
	3	i	-255	0
	3	j	-255	95.63
Midas 모델링	4	i	-255	95.63
	4	j	-255	191.25
	5	i	255	191.25
	5	j	255	95.63
	6	i	255	95.63
	6	j	255	0
	7	i	255	0
	7	j	255	-95.63
	8	i	255	-95.63
	8	j	255	-191.25
최대			255	191.25
최소			-255	-191.25

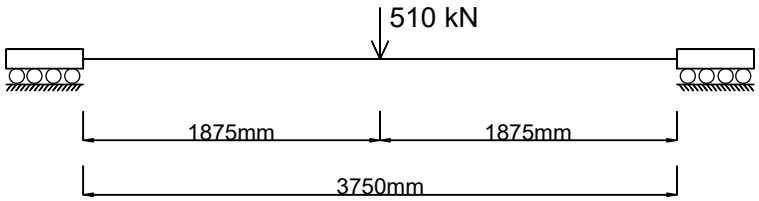
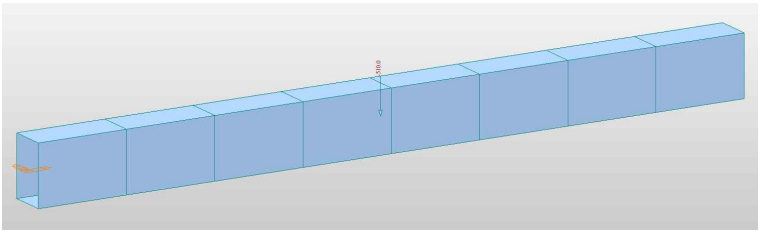
○-3 NO.1000

구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-207.19
	1	j	-255	-103.59
	2	i	-255	-103.59
	2	j	-255	0
	3	i	-255	0
	3	j	-255	103.59
Midas 모델링	4	i	-255	103.59
	4	j	-255	207.19
	5	i	255	207.19
	5	j	255	103.59
	6	i	255	103.59
	6	j	255	0
	7	i	255	0
	7	j	255	-103.59
	8	i	255	-103.59
	8	j	255	-207.19
최대			255	207.19
최소			-255	-207.19

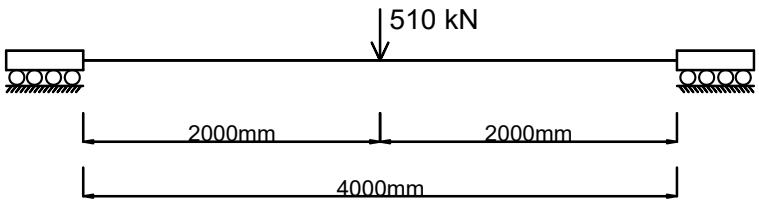
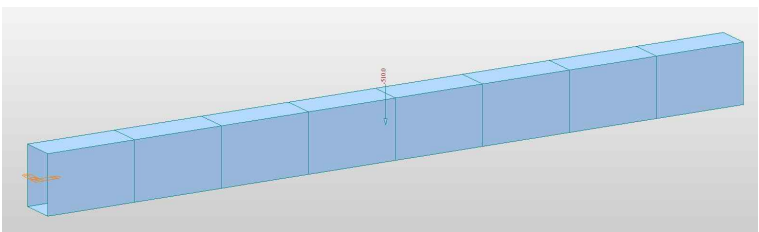
○-4 NO.1100

구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-223.13
	1	j	-255	-111.56
	2	i	-255	-111.56
	2	j	-255	0
	3	i	-255	0
	3	j	-255	111.56
Midas 모델링	4	i	-255	111.56
	4	j	-255	223.13
	5	i	255	223.13
	5	j	255	111.56
	6	i	255	111.56
	6	j	255	0
	7	i	255	0
	7	j	255	-111.56
	8	i	255	-111.56
	8	j	255	-223.13
최대			255	223.13
최소			-255	-223.13

○-5 NO.1200

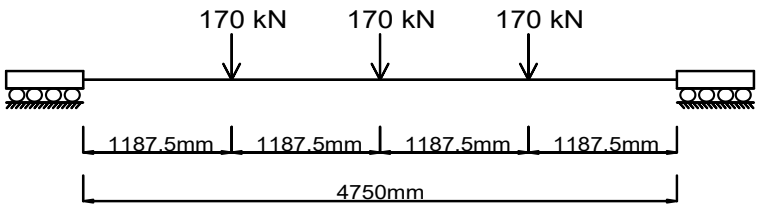
구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-239.06
	1	j	-255	-119.53
	2	i	-255	-119.53
	2	j	-255	0
	3	i	-255	0
	3	j	-255	119.53
Midas 모델링	4	i	-255	119.53
	4	j	-255	239.06
	5	i	255	239.06
	5	j	255	119.53
	6	i	255	119.53
	6	j	255	0
	7	i	255	0
	7	j	255	-119.53
	8	i	255	-119.53
	8	j	255	-239.06
최대			255	239.06
최소			-255	-239.06

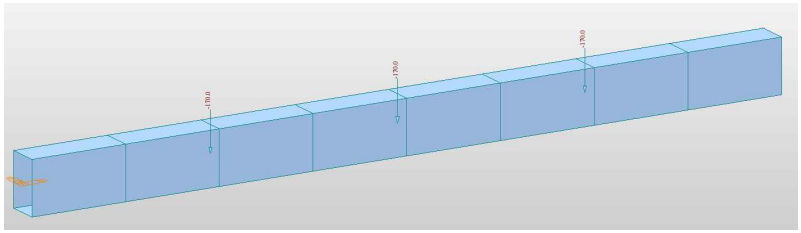
○-6 NO.1300

구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-255
	1	j	-255	-127.5
	2	i	-255	-127.5
	2	j	-255	0
	3	i	-255	0
	3	j	-255	127.5
Midas 모델링	4	i	-255	127.5
	4	j	-255	255
	5	i	255	255
	5	j	255	127.5
	6	i	255	127.5
	6	j	255	0
	7	i	255	0
	7	j	255	-127.5
	8	i	255	-127.5
	8	j	255	-255
최대			255	255
최소			-255	-255

○-7 NO.1400

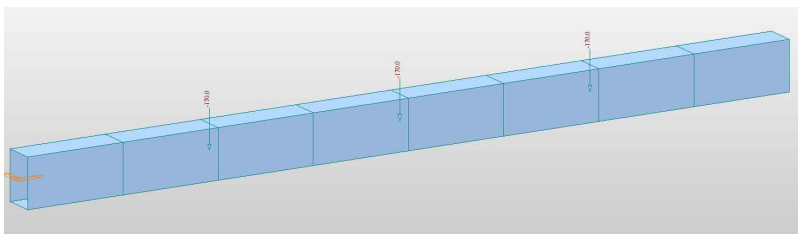
구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-252.34
	1	j	-255	-100.94
	2	i	-255	-100.94
	2	j	-255	50.47
	3	i	-85	50.47
	3	j	-85	100.94
Midas 모델링	4	i	-85	100.94
	4	j	-85	151.41
	5	i	85	151.41
	5	j	85	100.94
	6	i	85	100.94
	6	j	85	50.47
	7	i	255	50.47
	7	j	255	-100.94
	8	i	255	-100.94
	8	j	255	-252.34
최대			255	151.41
최소			-255	-252.34



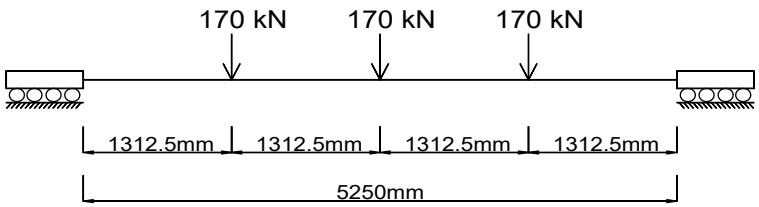


○-8 NO.1500

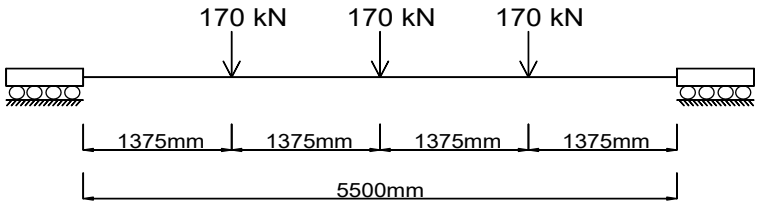
구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-265.63
	1	j	-255	-106.25
	2	i	-255	-106.25
	2	j	-255	53.12
	3	i	-85	53.13
	3	j	-85	106.25
Midas 모델링	4	i	-85	106.25
	4	j	-85	159.38
	5	i	85	159.38
	5	j	85	106.25
	6	i	85	106.25
	6	j	85	53.13
	7	i	255	53.13
	7	j	255	-106.25
	8	i	255	-106.25
	8	j	255	-265.63
최대			255	159.38
최소			-255	-265.63



○-9 NO.1600

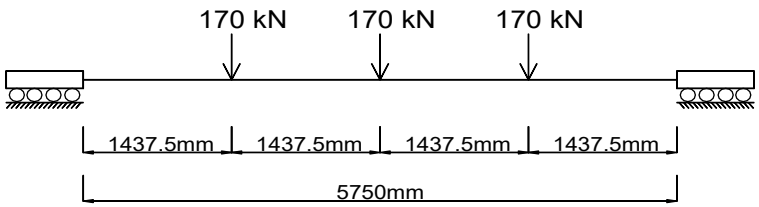
구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-278.91
	1	j	-255	-111.56
	2	i	-255	-111.56
	2	j	-255	55.78
	3	i	-85	55.78
	3	j	-85	111.56
Midas 모델링	4	i	-85	111.56
	4	j	-85	167.34
	5	i	85	167.34
	5	j	85	111.56
	6	i	85	111.56
	6	j	85	55.78
	7	i	255	55.78
	7	j	255	-111.56
	8	i	255	-111.56
	8	j	255	-278.91
최대			255	167.34
최소			-255	-278.91

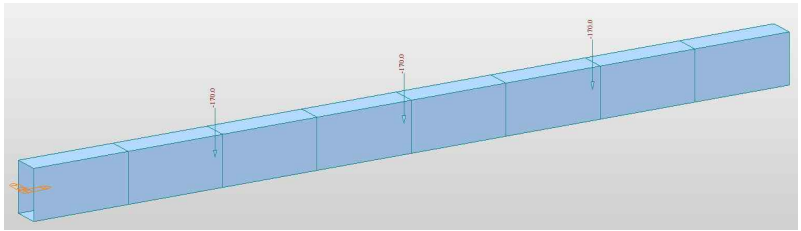
○-10 NO.1700

구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-292.19
	1	j	-255	-116.88
	2	i	-255	-116.88
	2	j	-255	58.44
	3	i	-85	58.44
	3	j	-85	116.88
Midas 모델링	4	i	-85	116.88
	4	j	-85	175.31
	5	i	85	175.31
	5	j	85	116.88
	6	i	85	116.88
	6	j	85	58.44
	7	i	255	58.44
	7	j	255	-116.88
	8	i	255	-116.88
	8	j	255	-292.19
최대			255	175.31
최소			-255	-292.19

○-11 NO.1800

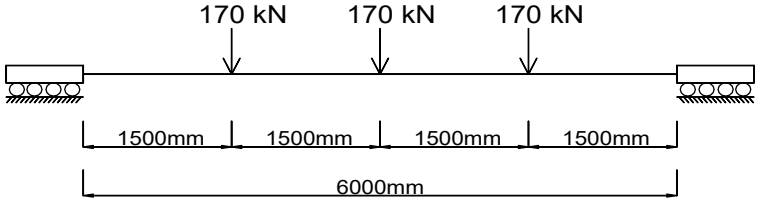
구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-305.47
	1	j	-255	-122.19
	2	i	-255	-122.19
	2	j	-255	61.09
	3	i	-85	61.09
	3	j	-85	122.19
Midas 모델링	4	i	-85	122.19
	4	j	-85	183.28
	5	i	85	183.28
	5	j	85	122.19
	6	i	85	122.19
	6	j	85	61.09
	7	i	255	61.09
	7	j	255	-122.19
	8	i	255	-122.19
	8	j	255	-305.47
최대			255	183.28
최소			-255	-305.47

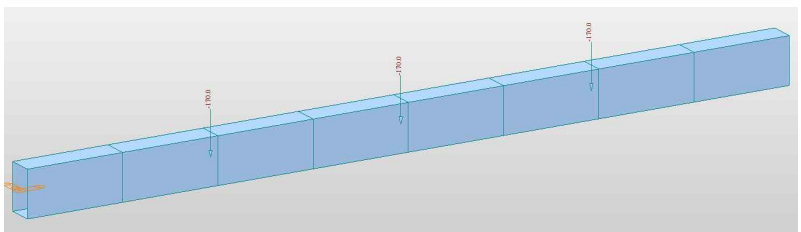




○-12 NO.1900

구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-318.75
	1	j	-255	-127.5
	2	i	-255	-127.5
	2	j	-255	63.75
	3	i	-85	63.75
	3	j	-85	127.5
Midas 모델링	4	i	-85	127.5
	4	j	-85	191.25
	5	i	85	191.25
	5	j	85	127.5
	6	i	85	127.5
	6	j	85	63.75
	7	i	255	63.75
	7	j	255	-127.5
	8	i	255	-127.5
	8	j	255	-318.75
최대			255	191.25
최소			-255	-318.75





○-13 NO.2000

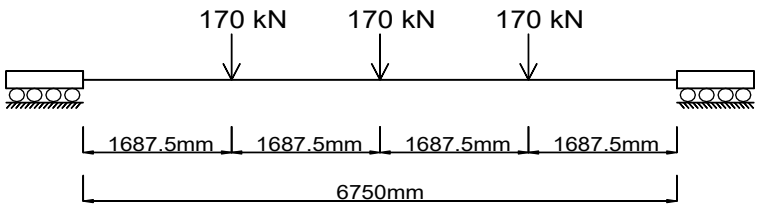
구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-332.03
	1	j	-255	-132.81
	2	i	-255	-132.81
	2	j	-255	66.41
	3	i	-85	66.41
	3	j	-85	132.81
Midas 모델링	4	i	-85	132.81
	4	j	-85	199.22
	5	i	85	199.22
	5	j	85	132.81
	6	i	85	132.81
	6	j	85	66.41
	7	i	255	66.41
	7	j	255	-132.81
	8	i	255	-132.81
	8	j	255	-332.03
최대			255	199.22
최소			-255	-332.03

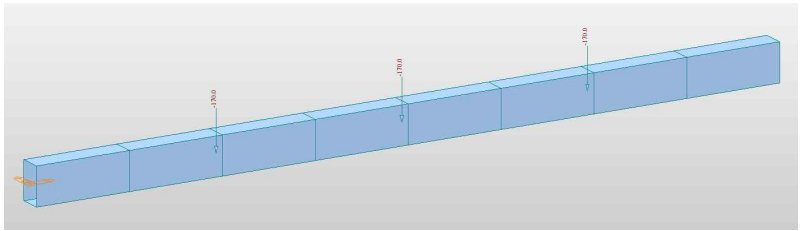
○-14 NO.2100

구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-345.31
	1	j	-255	-138.12
	2	i	-255	-138.12
	2	j	-255	69.06
	3	i	-85	69.06
	3	j	-85	138.12
Midas 모델링	4	i	-85	138.12
	4	j	-85	207.19
	5	i	85	207.19
	5	j	85	138.12
	6	i	85	138.13
	6	j	85	69.06
	7	i	255	69.06
	7	j	255	-138.13
	8	i	255	-138.12
	8	j	255	-345.31
최대			255	207.19
최소			-255	-345.31

○-15 NO.2200

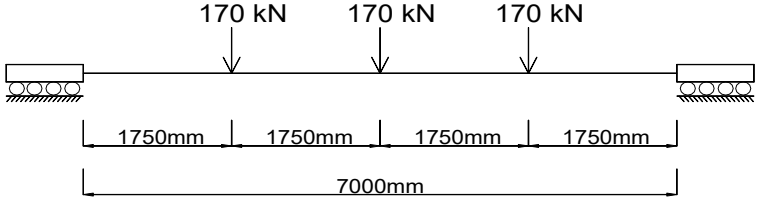
구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-358.59
	1	j	-255	-143.44
	2	i	-255	-143.44
	2	j	-255	71.72
	3	i	-85	71.72
	3	j	-85	143.44
Midas 모델링	4	i	-85	143.44
	4	j	-85	215.16
	5	i	85	215.16
	5	j	85	143.44
	6	i	85	143.44
	6	j	85	71.72
	7	i	255	71.72
	7	j	255	-143.44
	8	i	255	-143.44
	8	j	255	-358.59
최대			255	215.16
최소			-255	-358.59

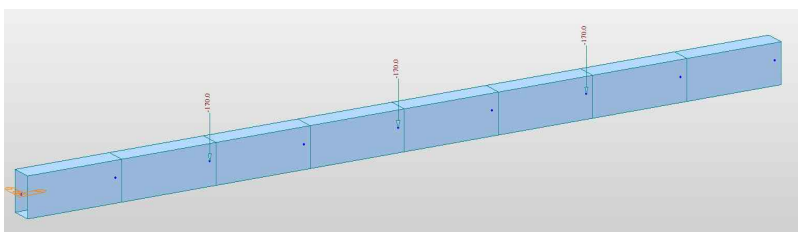




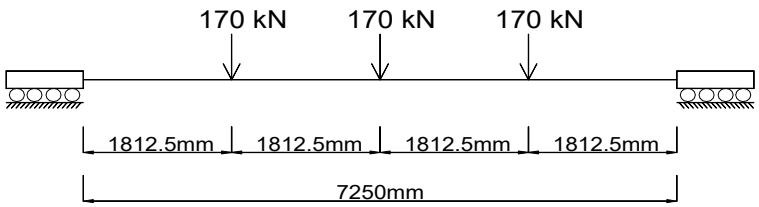
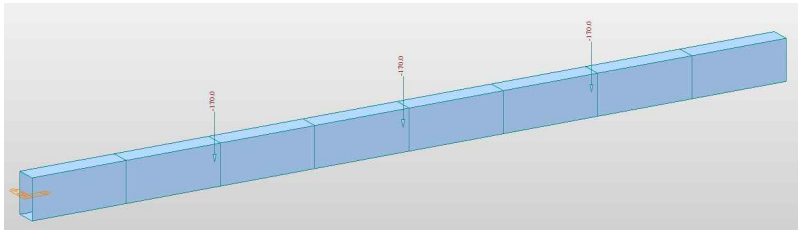
○-16 NO.2300

구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-371.88
	1	j	-255	-148.75
	2	i	-255	-148.75
	2	j	-255	74.38
	3	i	-85	74.38
	3	j	-85	148.75
Midas 모델링	4	i	-85	148.75
	4	j	-85	223.13
	5	i	85	223.13
	5	j	85	148.75
	6	i	85	148.75
	6	j	85	74.37
	7	i	255	74.37
	7	j	255	-148.75
	8	i	255	-148.75
	8	j	255	-371.88
최대			255	223.13
최소			-255	-371.88

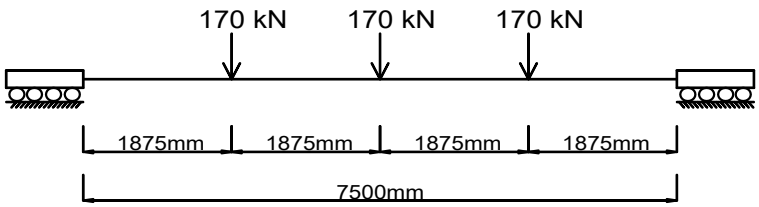
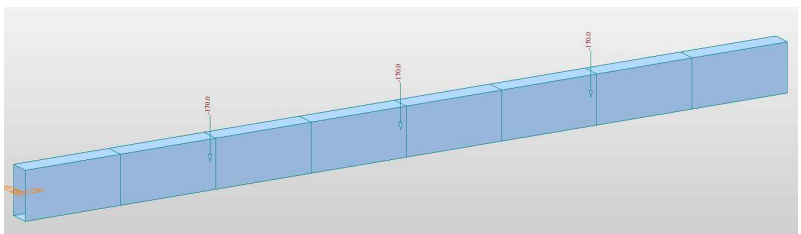




○-17 NO.2400

구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-385.16
	1	j	-255	-154.06
	2	i	-255	-154.06
	2	j	-255	77.03
	3	i	-85	77.03
	3	j	-85	154.06
Midas 모델링	4	i	-85	154.06
	4	j	-85	231.09
	5	i	85	231.09
	5	j	85	154.06
	6	i	85	154.06
	6	j	85	77.03
	7	i	255	77.03
	7	j	255	-154.06
	8	i	255	-154.06
	8	j	255	-385.16
최대			255	231.09
최소			-255	-385.16

○-18 NO.2500

구조해석 모델링	부재력			
	요소번호		전단력	모멘트
	번호	Part	(kN)	(kN-M)
	1	i	-255	-398.44
	1	j	-255	-159.37
	2	i	-255	-159.37
	2	j	-255	79.69
	3	i	-85	79.69
	3	j	-85	159.37
Midas 모델링	4	i	-85	159.37
	4	j	-85	239.06
	5	i	85	239.06
	5	j	85	159.37
	6	i	85	159.37
	6	j	85	79.69
	7	i	255	79.69
	7	j	255	-159.37
	8	i	255	-159.37
	8	j	255	-398.44
최대			255	239.06
최소			-255	-398.44

○ 서포트 빔 응력검토 및 단면 산정

구분	모멘트 KN-M		사용단면		휨응력 MPa	재료강도 f_y MPa (ss400)	여유율 (%)	검토	최적 단면
			단면 mm	단면계수 mm4					
800	정모멘트	175.31	200×150	317000	55.3	235	24	OK	200×150
			250×150	548000	32.0	235	14	OK	
			300×200	893334	19.6	235	8	OK	
			350×150	920000	19.1	235	8	OK	
			400×200	1365000	12.8	235	5	OK	
	부모멘트	-175.31	200×150	317000	55.3	235	24	OK	
			250×150	548000	32.0	235	14	OK	
			300×200	893334	19.6	235	8	OK	
			350×150	920000	19.1	235	8	OK	
			400×200	1365000	12.8	235	5	OK	
900	정모멘트	191.25	200×150	317000	60.3	235	26	OK	200×150
			250×150	548000	34.9	235	15	OK	
			300×200	893334	21.4	235	9	OK	
			350×150	920000	20.8	235	9	OK	
			400×200	1365000	14.0	235	6	OK	
	부모멘트	-191.25	200×150	317000	-60.3	235	26	OK	
			250×150	548000	-34.9	235	15	OK	
			300×200	893334	-21.4	235	9	OK	
			350×150	920000	-20.8	235	9	OK	
			400×200	1365000	-14.0	235	6	OK	
1000	정모멘트	207.19	200×150	317000	65.4	235	28	OK	200×150
			250×150	548000	37.8	235	16	OK	
			300×200	893334	23.2	235	10	OK	
			350×150	920000	22.5	235	10	OK	
			400×200	1365000	15.2	235	6	OK	
	부모멘트	-207.19	200×150	317000	-65.4	235	28	OK	
			250×150	548000	-37.8	235	16	OK	
			300×200	893334	-23.2	235	10	OK	
			350×150	920000	-22.5	235	10	OK	
			400×200	1365000	-15.2	235	6	OK	
1100	정모멘트	223.13	200×150	317000	70.4	235	30	OK	250×150
			250×150	548000	40.7	235	17	OK	
			300×200	893334	25.0	235	11	OK	
			350×150	920000	24.3	235	10	OK	
			400×200	1365000	16.3	235	7	OK	
	부모멘트	-223.13	200×150	317000	-70.4	235	30	OK	
			250×150	548000	-40.7	235	17	OK	
			300×200	893334	-25.0	235	11	OK	
			350×150	920000	-24.3	235	10	OK	
			400×200	1365000	-16.3	235	7	OK	
1200	정모멘트	239.06	200×150	317000	75.4	235	32	OK	250×150
			250×150	548000	43.6	235	19	OK	
			300×200	893334	26.8	235	11	OK	
			350×150	920000	26.0	235	11	OK	
			400×200	1365000	17.5	235	7	OK	
	부모멘트	-239.06	200×150	317000	-75.4	235	32	OK	
			250×150	548000	-43.6	235	19	OK	
			300×200	893334	-26.8	235	11	OK	
			350×150	920000	-26.0	235	11	OK	
			400×200	1365000	-17.5	235	7	OK	

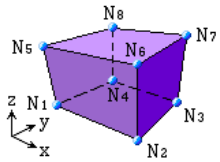
구분	모멘트 KN-M		사용단면		휨응력 MPa	재료강도 f_y MPa (ss400)	여유율 (%)	검토	최적 단면
			단면mm	단면계수 mm^4					
1300	정모멘트	255	200×150	317000	80.4	235	34	OK	250×150
			250×150	548000	46.5	235	20	OK	
			300×200	893334	28.5	235	12	OK	
			350×150	920000	27.7	235	12	OK	
			400×200	1365000	18.7	235	8	OK	
	부모멘트	-255	200×150	317000	-80.4	235	34	OK	
			250×150	548000	-46.5	235	20	OK	
			300×200	893334	-28.5	235	12	OK	
			350×150	920000	-27.7	235	12	OK	
			400×200	1365000	-18.7	235	8	OK	
1400	정모멘트	151.41	200×150	317000	47.8	235	20	OK	250×150
			250×150	548000	27.6	235	12	OK	
			300×200	893334	16.9	235	7	OK	
			350×150	920000	16.5	235	7	OK	
			400×200	1365000	11.1	235	5	OK	
	부모멘트	-252.34	200×150	317000	-79.6	235	34	OK	
			250×150	548000	-46.0	235	20	OK	
			300×200	893334	-28.2	235	12	OK	
			350×150	920000	-27.4	235	12	OK	
			400×200	1365000	-18.5	235	8	OK	
1500	정모멘트	159.38	200×150	317000	50.3	235	21	OK	300×200
			250×150	548000	29.1	235	12	OK	
			300×200	893334	17.8	235	8	OK	
			350×150	920000	17.3	235	7	OK	
			400×200	1365000	11.7	235	5	OK	
	부모멘트	-265.63	200×150	317000	-83.8	235	36	OK	
			250×150	548000	-48.5	235	21	OK	
			300×200	893334	-29.7	235	13	OK	
			350×150	920000	-28.9	235	12	OK	
			400×200	1365000	-19.5	235	8	OK	
1600	정모멘트	167.34	200×150	317000	52.8	235	22	OK	300×200
			250×150	548000	30.5	235	13	OK	
			300×200	893334	18.7	235	8	OK	
			350×150	920000	18.2	235	8	OK	
			400×200	1365000	12.3	235	5	OK	
	부모멘트	-278.91	200×150	317000	-88.0	235	37	OK	
			250×150	548000	-50.9	235	22	OK	
			300×200	893334	-31.2	235	13	OK	
			350×150	920000	-30.3	235	13	OK	
			400×200	1365000	-20.4	235	9	OK	
1700	정모멘트	175.31	200×150	317000	55.3	235	24	OK	300×200
			250×150	548000	32.0	235	14	OK	
			300×200	893334	19.6	235	8	OK	
			350×150	920000	19.1	235	8	OK	
			400×200	1365000	12.8	235	5	OK	
	부모멘트	-292.19	200×150	317000	-92.2	235	39	OK	
			250×150	548000	-53.3	235	23	OK	
			300×200	893334	-32.7	235	14	OK	
			350×150	920000	-31.8	235	14	OK	
			400×200	1365000	-21.4	235	9	OK	

구분	모멘트 KN-M		사용단면		휨응력 MPa	재료강도 f_y (ss400)	여유율 (%)	검토	최적 단면
			단면mm	단면계수 mm^4					
1700	정모멘트	175.31	200×150	317000	55.3	235	24	OK	300×200
			250×150	548000	32.0	235	14	OK	
			300×200	893334	19.6	235	8	OK	
			350×150	920000	19.1	235	8	OK	
			400×200	1365000	12.8	235	5	OK	
	부모멘트	-292.19	200×150	317000	-92.2	235	39	OK	
			250×150	548000	-53.3	235	23	OK	
			300×200	893334	-32.7	235	14	OK	
			350×150	920000	-31.8	235	14	OK	
			400×200	1365000	-21.4	235	9	OK	
1800	정모멘트	183.28	200×150	317000	57.8	235	25	OK	300×200
			250×150	548000	33.4	235	14	OK	
			300×200	893334	20.5	235	9	OK	
			350×150	920000	19.9	235	8	OK	
			400×200	1365000	13.4	235	6	OK	
	부모멘트	-305.47	200×150	317000	-96.4	235	41	OK	
			250×150	548000	-55.7	235	24	OK	
			300×200	893334	-34.2	235	15	OK	
			350×150	920000	-33.2	235	14	OK	
			400×200	1365000	-22.4	235	10	OK	
1900	정모멘트	191.25	200×150	317000	60.3	235	26	OK	300×200
			250×150	548000	34.9	235	15	OK	
			300×200	893334	21.4	235	9	OK	
			350×150	920000	20.8	235	9	OK	
			400×200	1365000	14.0	235	6	OK	
	부모멘트	-318.75	200×150	317000	-100.6	235	43	OK	
			250×150	548000	-58.2	235	25	OK	
			300×200	893334	-35.7	235	15	OK	
			350×150	920000	-34.6	235	15	OK	
			400×200	1365000	-23.4	235	10	OK	
2000	정모멘트	199.22	200×150	317000	62.8	235	27	OK	350×150
			250×150	548000	36.4	235	15	OK	
			300×200	893334	22.3	235	9	OK	
			350×150	920000	21.7	235	9	OK	
			400×200	1365000	14.6	235	6	OK	
	부모멘트	-332.03	200×150	317000	-104.7	235	45	OK	
			250×150	548000	-60.6	235	26	OK	
			300×200	893334	-37.2	235	16	OK	
			350×150	920000	-36.1	235	15	OK	
			400×200	1365000	-24.3	235	10	OK	
2100	정모멘트	207.19	200×150	317000	65.4	235	28	OK	350×150
			250×150	548000	37.8	235	16	OK	
			300×200	893334	23.2	235	10	OK	
			350×150	920000	22.5	235	10	OK	
			400×200	1365000	15.2	235	6	OK	
	부모멘트	-345.31	200×150	317000	-108.9	235	46	OK	
			250×150	548000	-63.0	235	27	OK	
			300×200	893334	-38.7	235	16	OK	
			350×150	920000	-37.5	235	16	OK	
			400×200	1365000	-25.3	235	11	OK	

구분	모멘트 KN-M		사용단면		휨응력 MPa	재료강도 f_y (ss400)	여유율 (%)	검토	최적 단면
			단면mm	단면계수 mm^4					
2200	정모멘트	215.16	200×150	317000	67.9	235	29	OK	350×150
			250×150	548000	39.3	235	17	OK	
			300×200	893334	24.1	235	10	OK	
			350×150	920000	23.4	235	10	OK	
			400×200	1365000	15.8	235	7	OK	
	부모멘트	-358.59	200×150	317000	-113.1	235	48	OK	
			250×150	548000	-65.4	235	28	OK	
			300×200	893334	-40.1	235	17	OK	
			350×150	920000	-39.0	235	17	OK	
			400×200	1365000	-26.3	235	11	OK	
2300	정모멘트	223.13	200×150	317000	70.4	235	30	OK	350×150
			250×150	548000	40.7	235	17	OK	
			300×200	893334	25.0	235	11	OK	
			350×150	920000	24.3	235	10	OK	
			400×200	1365000	16.3	235	7	OK	
	부모멘트	-371.88	200×150	317000	-117.3	235	50	OK	
			250×150	548000	-67.9	235	29	OK	
			300×200	893334	-41.6	235	18	OK	
			350×150	920000	-40.4	235	17	OK	
			400×200	1365000	-27.2	235	12	OK	
2400	정모멘트	231.09	200×150	317000	72.9	235	31	OK	350×150
			250×150	548000	42.2	235	18	OK	
			300×200	893334	25.9	235	11	OK	
			350×150	920000	25.1	235	11	OK	
			400×200	1365000	16.9	235	7	OK	
	부모멘트	-385.16	200×150	317000	-121.5	235	52	OK	
			250×150	548000	-70.3	235	30	OK	
			300×200	893334	-43.1	235	18	OK	
			350×150	920000	-41.9	235	18	OK	
			400×200	1365000	-28.2	235	12	OK	
2500	정모멘트	239.06	200×150	317000	75.4	235	32	OK	350×150
			250×150	548000	43.6	235	19	OK	
			300×200	893334	26.8	235	11	OK	
			350×150	920000	26.0	235	11	OK	
			400×200	1365000	17.5	235	7	OK	
	부모멘트	-398.44	200×150	317000	-125.7	235	53	OK	
			250×150	548000	-72.7	235	31	OK	
			300×200	893334	-44.6	235	19	OK	
			350×150	920000	-43.3	235	18	OK	
			400×200	1365000	-29.2	235	12	OK	

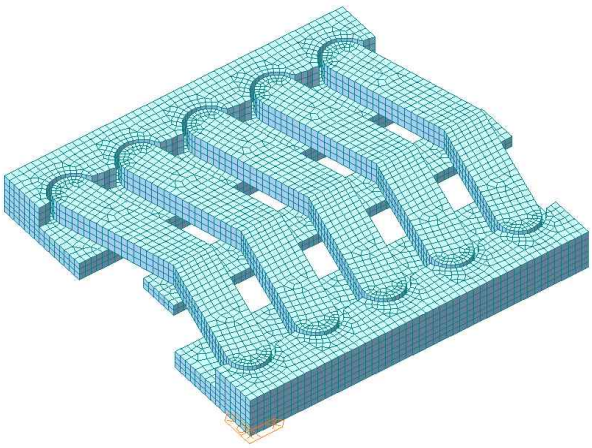
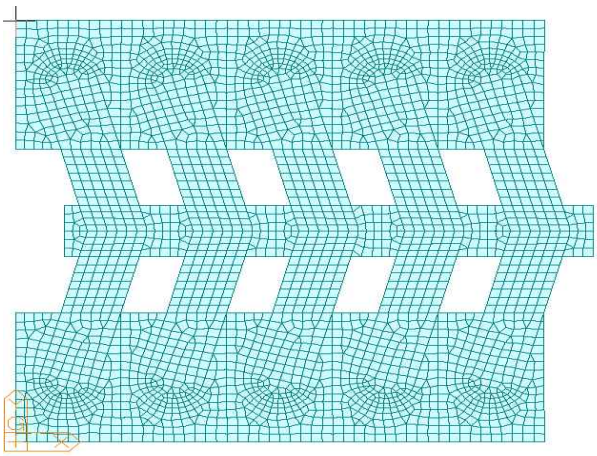
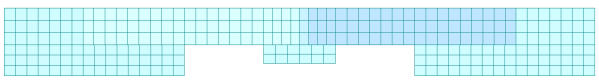
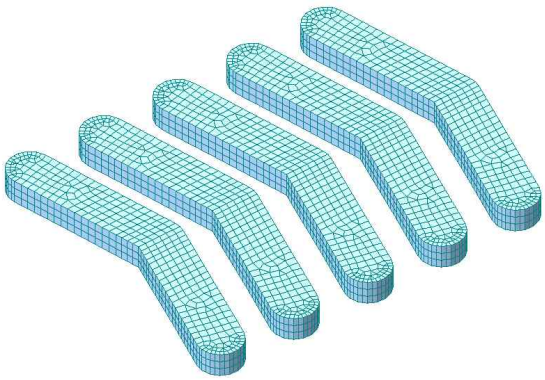
3.2 링크 최적 단면 산정

○ 구조해석 방법



3차원입체요소

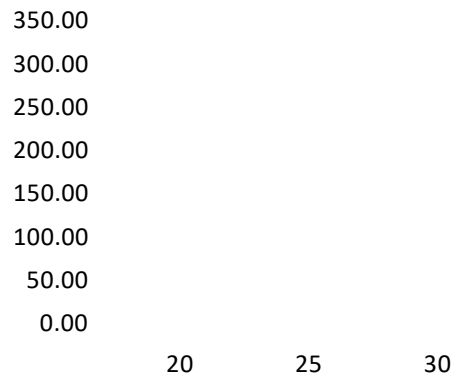
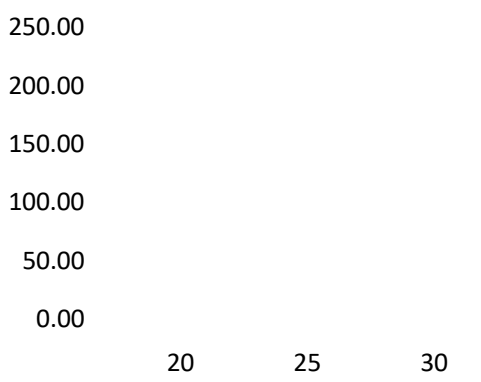
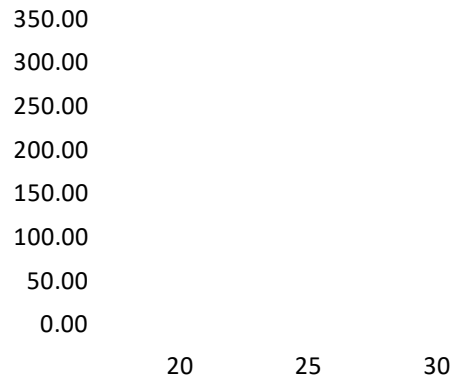
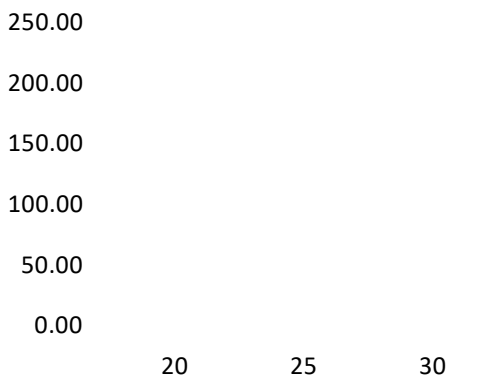
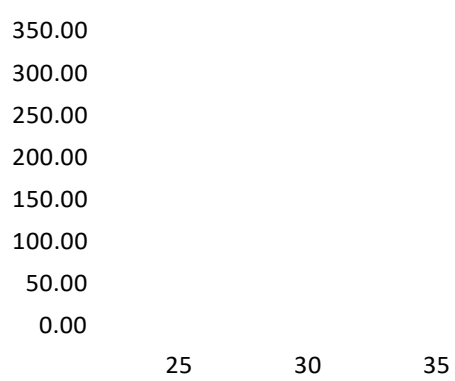
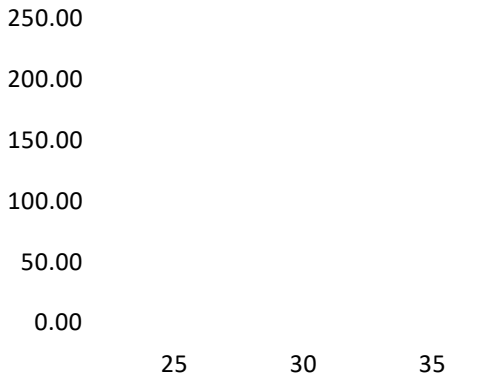
저소음 굴절형 신축이음 장치 구조해석은 대상의 형상을 최대한 묘사하기위해 3차원 입체요소를 사용하여 모델링을 수행하였다. 3차원 입체요소는 삼각뿔, 삼각기둥, 육면체 등의 입체 모양을 가진다. 입력하중은 요소의 각 면에 수직방향이나 전체좌표계 X, Y, Z 방향으로 입력이 가능하다. 3차원 입체요소는 4,6,8 절점의 3가지 요소로 구분된다. 8절점 요소는 특성상, 변위 및 응력에 대해 근접한 결과를 산출하지만, 삼각뿔요소(4절점 요소) 또는 삼각기둥 요소(6절점요소)의 경우는 변위에 대해서는 비교적 정확하나 응력의 측면에서는 정확성이 떨어지기 때문에 정밀한 해석결과가 필요한 부위에서는 사용을 피하고 체눈의 크기를 변화시키고자 하는 경우에 육면체요소간의 연결을 위해 주로 사용된다. 구조해석 프로그램은 Midas Civil 2012 해석 하였으며 전체를 3차원 입체요소로 정밀 모델링 하여 해석 하였다. 본 해석의 주요 목적은 핑거의 최적단면을 찾아내는 것이므로 해석 중 접촉면 및 볼트 인발력 등은 무시된 핑거부 차량 충격하중에 의한 응력검토 위주로 해석을 수행하였다.

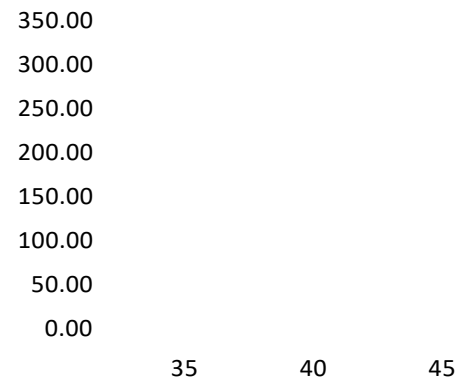
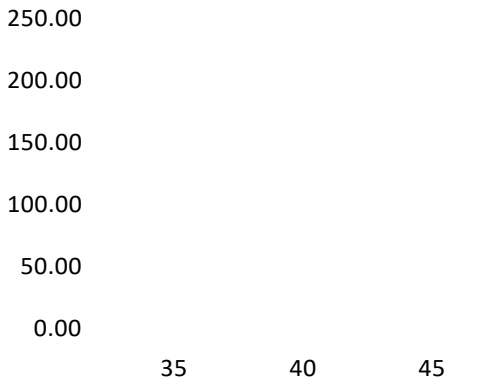
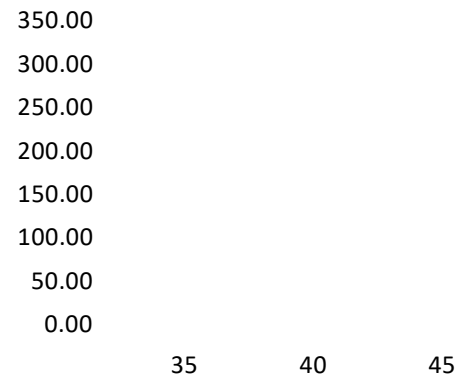
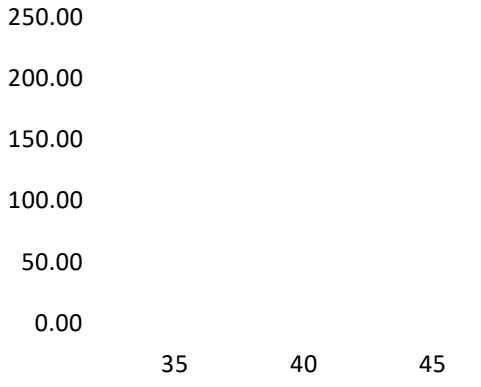
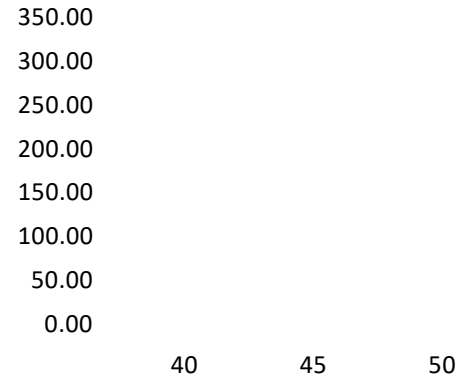
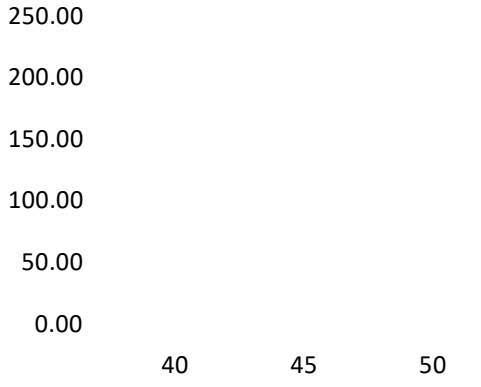
전체 전경	평면
	
단면	링크 전경
	

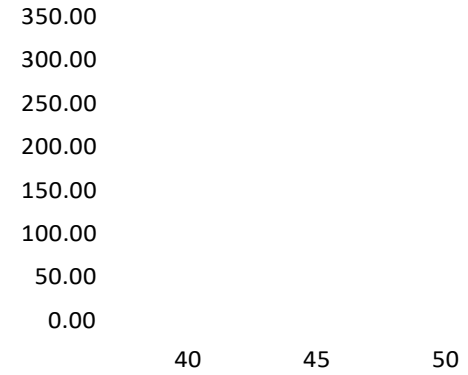
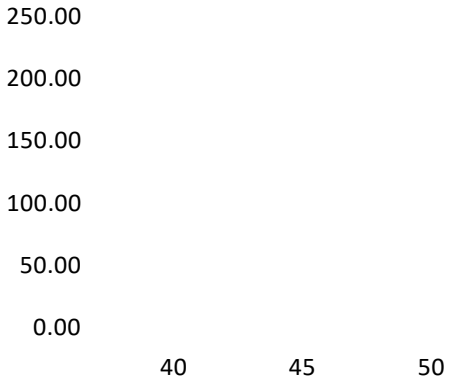
○ 해석결과

구분		응력			검토			여유율		
		Case1	Case2	Case3	Case1	Case2	Case3	Case1	Case2	Case3
NO. 300	링크부	107.21	73.82	57.24	O.K	O.K	O.K	65.96	76.56	81.83
	보강판	62.30	46.61	37.09	O.K	O.K	O.K	73.49	80.17	84.22
	하판부	158.47	148.56	140.60	O.K	O.K	O.K	32.57	36.78	40.17
NO. 350	링크부	165.52	118.35	86.69	O.K	O.K	O.K	47.45	62.43	72.48
	보강판	89.52	65.67	51.38	O.K	O.K	O.K	61.91	72.06	78.14
	하판부	168.39	158.55	150.24	O.K	O.K	O.K	28.34	32.53	36.07
NO. 400	링크부	179.30	132.85	104.12	O.K	O.K	O.K	43.08	57.83	66.95
	보강판	77.59	62.30	52.07	O.K	O.K	O.K	66.98	73.49	77.84
	하판부	121.45	115.25	110.84	O.K	O.K	O.K	48.32	50.96	52.83
NO. 450	링크부	130.84	102.21	82.41	O.K	O.K	O.K	58.46	67.55	73.84
	보강판	65.41	54.37	46.34	O.K	O.K	O.K	72.17	76.86	80.28
	하판부	113.53	109.32	105.81	O.K	O.K	O.K	51.69	53.48	54.98
NO. 500	링크부	206.85	160.47	135.83	O.K	O.K	O.K	34.33	49.06	56.88
	보강판	104.20	86.81	74.21	O.K	O.K	O.K	55.66	63.06	68.42
	하판부	181.12	172.01	163.78	O.K	O.K	O.K	22.93	26.80	30.31
NO. 650	링크부	224.89	179.65	146.91	O.K	O.K	O.K	28.61	42.97	53.36
	보강판	108.39	94.39	83.78	O.K	O.K	O.K	53.88	59.83	64.35
	하판부	225.73	205.55	189.55	O.K	O.K	O.K	3.95	12.53	19.34
NO. 700	링크부	273.96	219.54	177.20	O.K	O.K	O.K	13.03	30.31	43.75
	보강판	133.17	111.64	83.88	O.K	O.K	O.K	43.33	52.49	64.31
	하판부	203.71	195.17	187.79	O.K	O.K	O.K	13.32	16.95	20.09

○ 해석결과 정리

구분	링크부 SM490 (가로단위 : mm, 세로단위:MPa)	보강판부, 하판부 SS400 (가로단위 : mm, 세로단위:MPa)
NO. 300		
NO. 350		
NO. 400		

구분	링크부 SM490 (가로단위 : mm, 세로단위:MPa)	보강판부, 하판부 SS400 (가로단위 : mm, 세로단위:MPa)
NO. 450		
NO. 500		
NO. 550		

구분	링크부 SM490 (가로단위 : mm, 세로단위:MPa)	보강판부, 하판부 SS400 (가로단위 : mm, 세로단위:MPa)
NO. 600		

3.3 피로반복 해석 (시험대체)

피로반복해석은 해석상 어려움이 있으며 상용프로그램이 구비되어있지 않으므로, 전문시험기관을 통하여 KSF4425(신축이음장치 완제품 성능 시험)방식으로 피로반복 시험을 수행 하였으며 시험 성적서를 발급 받음.

SGS

품질시험·검사성적서

1. 성적서 번호 : CMT2016 - 1090
2. 의 뢰 인 업체명 : 진형건설㈜
   주 소 : 경기도 김포시 고촌읍 인향로 24 길 66-22 501 동 B07 호(디아이빌 4 단지)
   성 명 : 나 준 수
3. 성과이용목적 : 품질관리용
4. 시 료 명 : 저소음굴절형 신축이음장치 (No.800)
5. 접수일자 : 2016 년 02 월 26 일
6. 발급일자 : 2016 년 03 월 29 일

시 험 결 과

연번	시험 . 검사종목	시험 . 검사조건	단 위	시험 . 검사방법	시험 . 검사결과	
1	수축시험	시험변위: 수축상태 약 266.7㎜ 시험속도 : 100㎜/min 시험횟수 : 2,500회	-	KS F 4425 – '01	육안검사	이상없음
2	신장시험	시험변위: 신장상태 약 266.7㎜ 시험속도 : 100㎜/min 시험횟수 : 2,500회	-			이상없음
3	피로반복시험	시험하중: 최대 - 116.62kN 최소 - 22.54kN 시험주파수: 3Hz 시험횟수: 2,000,000회	-			이상없음

※ 피로시험 가압판 Size - 500㎜ X 200㎜ X 50㎜
※ 시험그래프 및 사진첨부

담당자 : 박 근 영
Tel : 031-669-0665

기술책임자 : 신 도 철
Tel : 031-646-0801

※비 고 : 1. 이 시험성적서는 당초 의뢰자가 제출한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증 하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 원본 진위확인을 원하시면은 시험담당자의 열람요청을 통해서 확인해 드립니다.

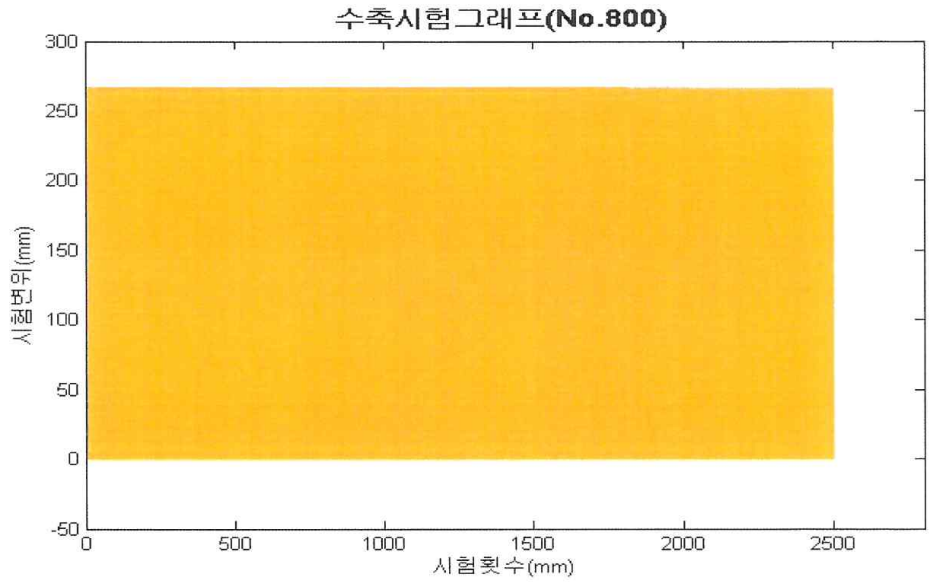
한국에스지에스(주) 건설시험연구원

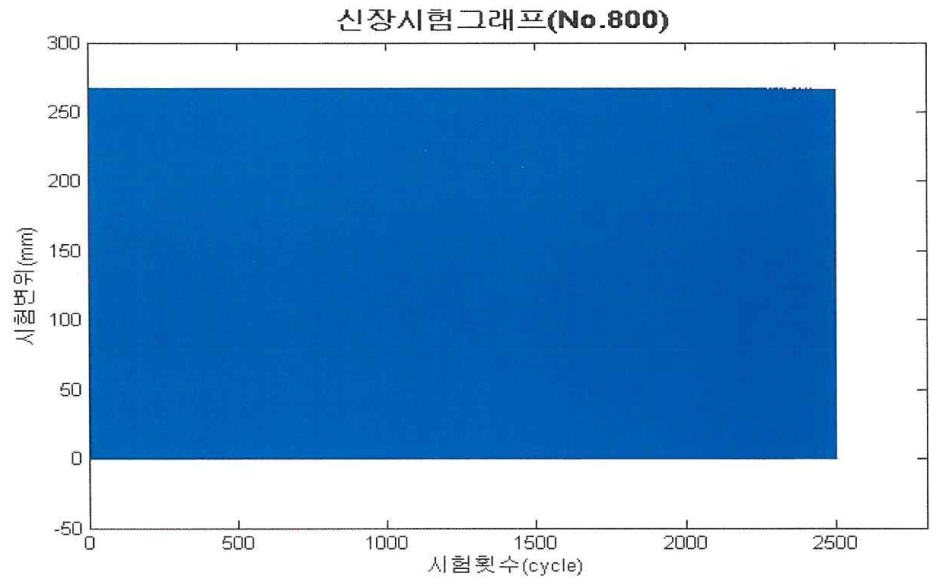
주 소 : 경기도 평택시 서탄면 수월암5길 66 전화번호 : 031)669-0600

유의사항 : 기술책임자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

This document is issued by the Company under its General Conditions of Service accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.
KQP-2510-001-F07 (06)
SGS Korea Co.,Ltd. 66,Suworam5-gil,Seotan-myeon, Pyongtaek-si, Gyeonggi-do, Korea, 451-851 t +82(0)31 646 0800 f +82(0)31 646 0888 www. sgs.com
Member of SGS Group(Société Générale de Surveillance)

시험그래프

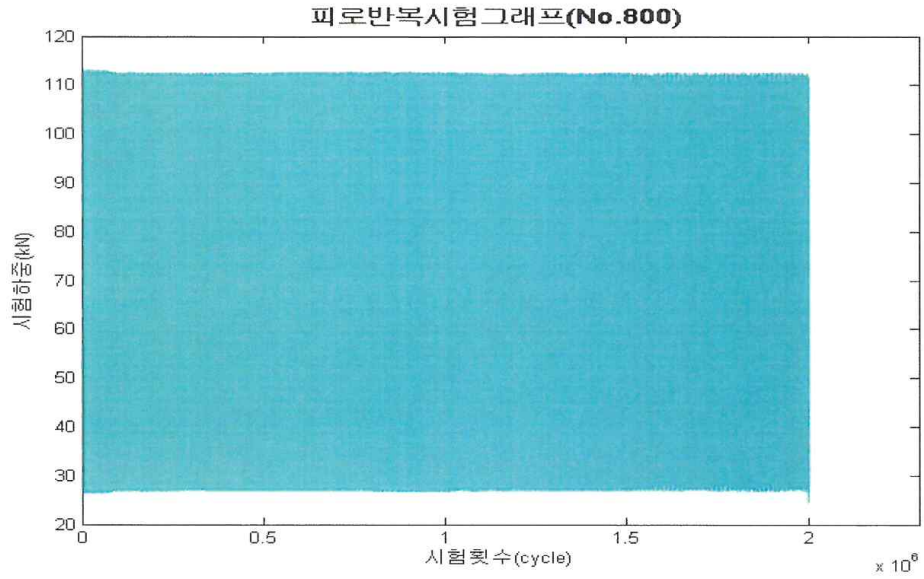




-계속-

SGS Korea Co.,Ltd. 66,Suworam5-gil,Seotan-myeon, Pyongtaek-si, Gyeonggi-do, Korea, 451-851 t +82(0)31 646 0800 f +82(0)31 646 0888 www. sgs.com
Member of SGS Group(Société Générale de Surveillance)

시험그래프



시험사진



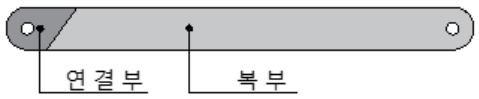


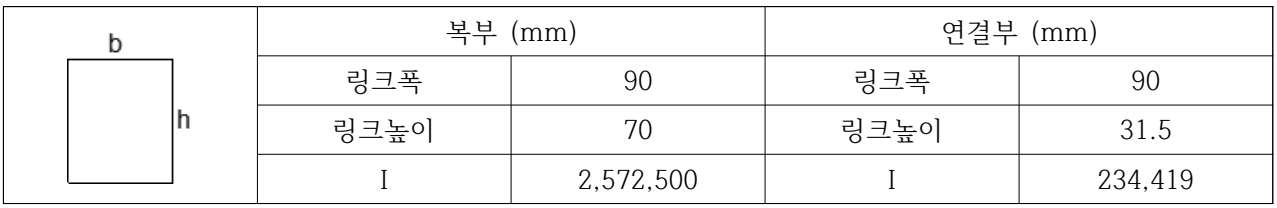
-끝-

SGS Korea Co.,Ltd. 66,Suworam5-gil,Seotan-myeon, Pyongtaek-si, Gyeonggi-do, Korea, 451-851 t +82(0)31 646 0800 f +82(0)31 646 0888 www. sgs.com
Member of SGS Group(Société Générale de Surveillance)

3.4 2500mm 신축이음장치 부분별 해석

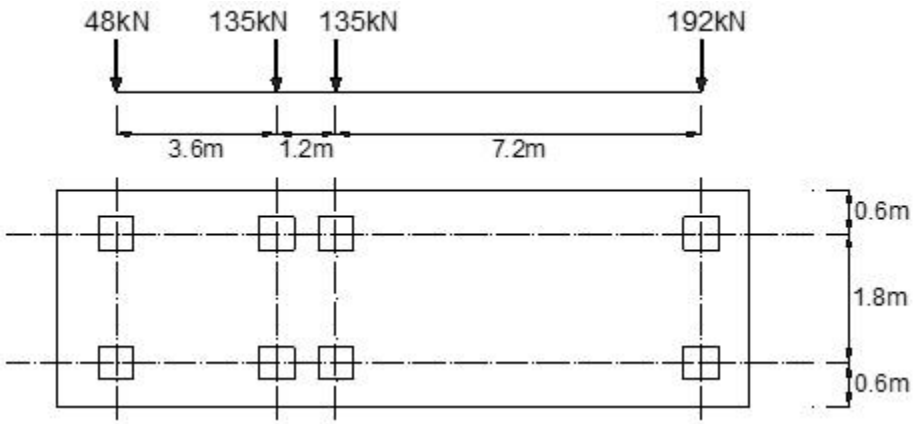
○ 링크 단면 제원





복부 (mm)		연결부 (mm)	
링크폭	90	링크폭	90
링크높이	70	링크높이	31.5
I	2,572,500	I	234,419

○ 하중조건



모든 적용 하중은 도로교 설계기준 표준 트럭하중 중 가장 큰 축의 하중인 뒷바퀴 하중을 재하 하며 충격계수 1.7을 적용한다.

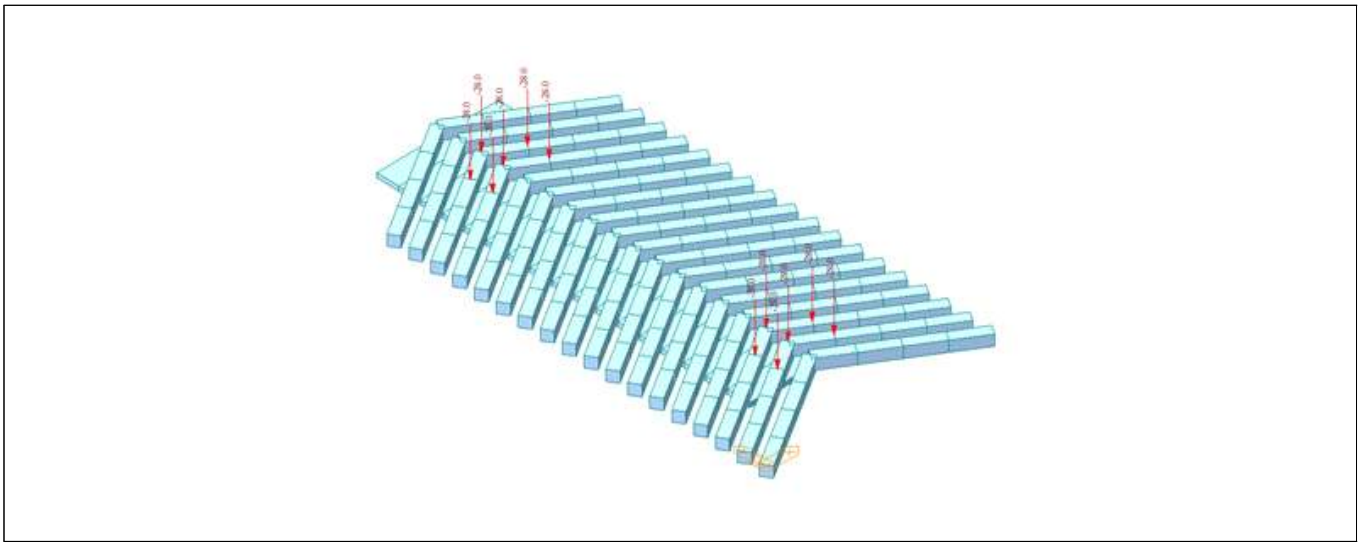
적용 하중 = 충격계수 × 재하하중 = 166.6 kN

하중은 바퀴 면적 만큼 분포 하중을 입력 한다.

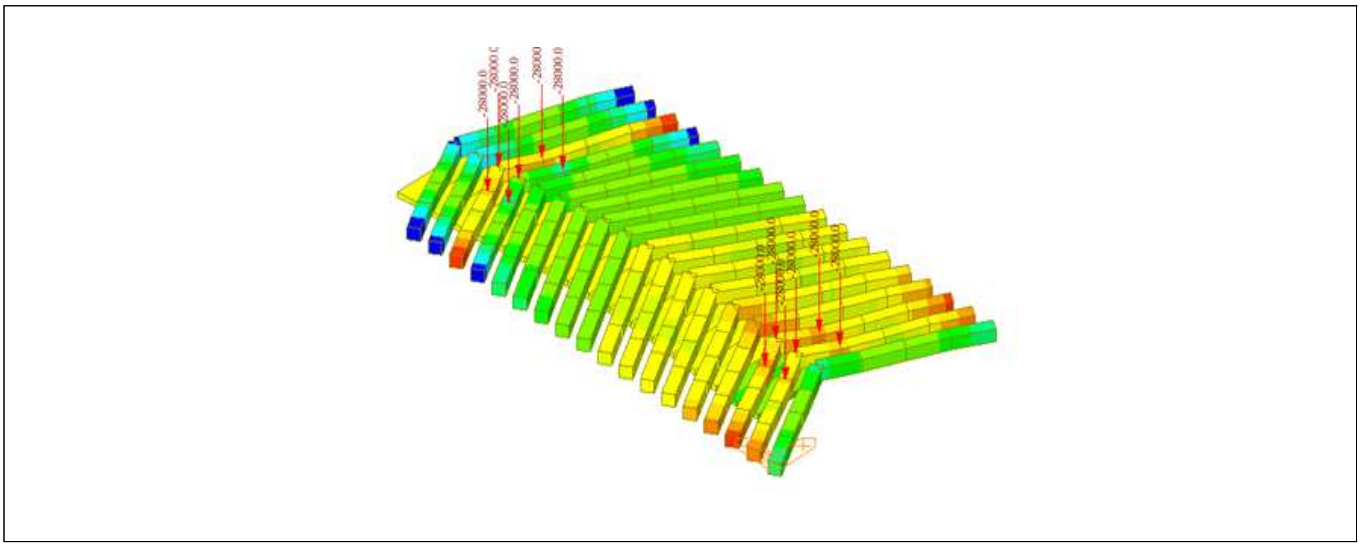
해석순서는 위에서부터 아래로 내려가면서 수행 함.

○ 상부 링크 검토

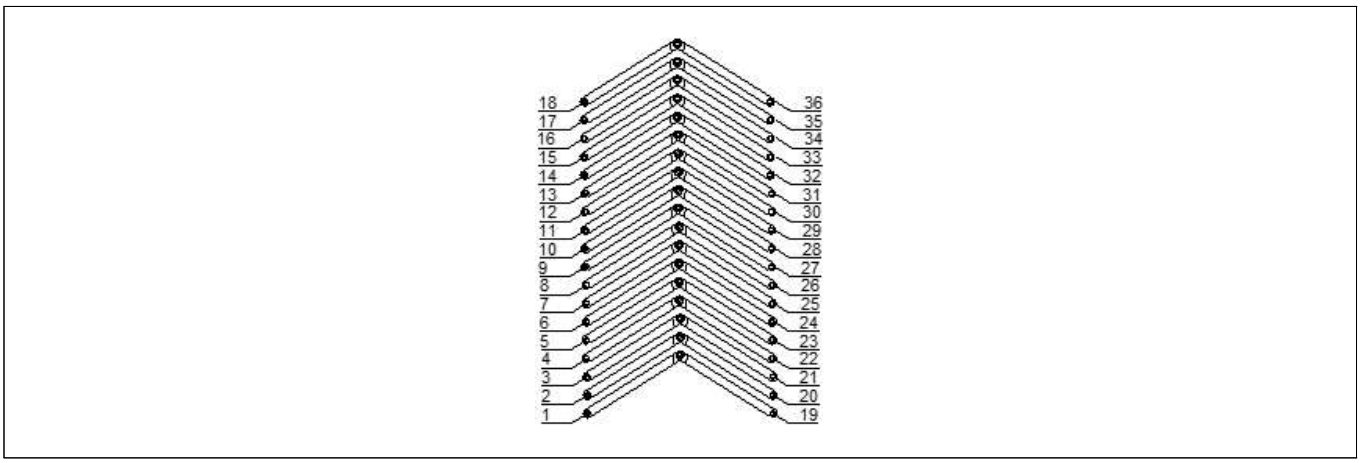
○-1 하중재하 전경



○-2 해석결과



○-3 볼트 연결부 응력 검토



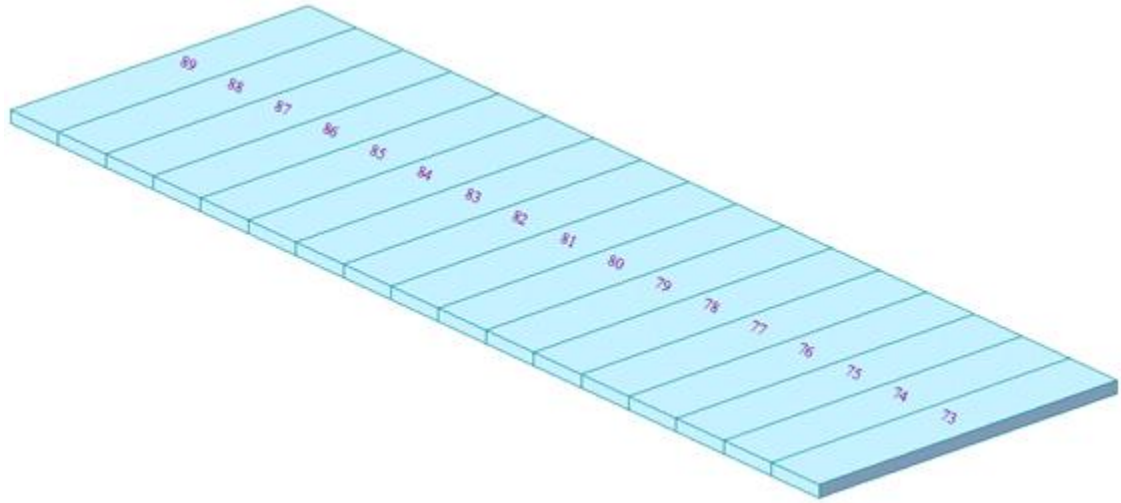
NO	EL.NO.	발생응력	허용응력	검토	단위	여유율	비고
1	1	83.0	295	OK	MPA	72%	
2	2	112.0	295	OK	MPA	62%	
3	3	129.0	295	OK	MPA	56%	
4	4	95.6	295	OK	MPA	68%	
5	5	75.5	295	OK	MPA	74%	
6	6	57.2	295	OK	MPA	81%	
7	7	43.2	295	OK	MPA	85%	
8	8	33.6	295	OK	MPA	89%	
9	9	27.8	295	OK	MPA	91%	
10	10	26.9	295	OK	MPA	91%	
11	11	34.2	295	OK	MPA	88%	
12	12	46.5	295	OK	MPA	84%	
13	13	64.2	295	OK	MPA	78%	
14	14	86.5	295	OK	MPA	71%	
15	15	129.0	295	OK	MPA	56%	
16	16	142.0	295	OK	MPA	52%	
17	17	128.0	295	OK	MPA	57%	
18	18	141.0	295	OK	MPA	52%	
19	144	83.0	295	OK	MPA	72%	
20	145	112.0	295	OK	MPA	62%	
21	146	129.0	295	OK	MPA	56%	
22	147	95.6	295	OK	MPA	68%	
23	148	75.5	295	OK	MPA	74%	
24	149	57.2	295	OK	MPA	81%	
25	150	43.2	295	OK	MPA	85%	
26	151	33.6	295	OK	MPA	89%	
27	152	27.8	295	OK	MPA	91%	
28	153	26.9	295	OK	MPA	91%	
29	154	34.2	295	OK	MPA	88%	
30	155	46.5	295	OK	MPA	84%	
31	156	64.2	295	OK	MPA	78%	
32	157	86.5	295	OK	MPA	71%	
33	158	129.0	295	OK	MPA	56%	
34	159	142.0	295	OK	MPA	52%	
35	160	128.0	295	OK	MPA	57%	
36	161	141.0	295	OK	MPA	52%	

○-4 링크 단면 휨 검토

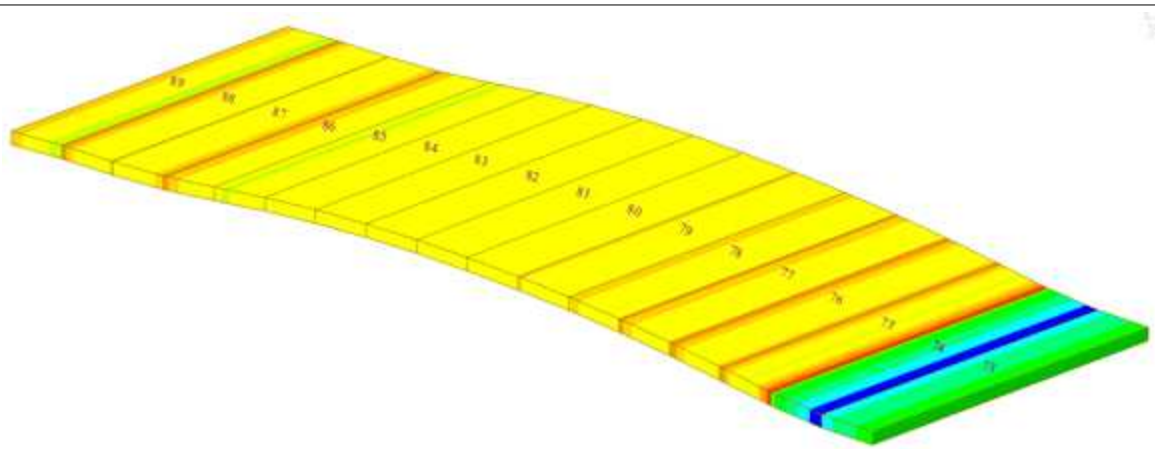
NO	EL.NO.	발생응력	허용응력	검토	단위	여유율	비고
1	37	11.4	295	OK	MPA	96%	
2	38	14.7	295	OK	MPA	95%	
3	39	29.7	295	OK	MPA	90%	
4	40	18.8	295	OK	MPA	94%	
5	41	15.8	295	OK	MPA	95%	
6	42	11.6	295	OK	MPA	96%	
7	43	7.5	295	OK	MPA	97%	
8	44	3.8	295	OK	MPA	99%	
9	45	3.0	295	OK	MPA	99%	
10	46	4.1	295	OK	MPA	99%	
11	47	8.8	295	OK	MPA	97%	
12	48	14.4	295	OK	MPA	95%	
13	49	20.3	295	OK	MPA	93%	
14	50	23.5	295	OK	MPA	92%	
15	51	10.4	295	OK	MPA	96%	
16	52	9.1	295	OK	MPA	97%	
17	53	7.8	295	OK	MPA	97%	
18	54	15.7	295	OK	MPA	95%	
19	108	11.4	295	OK	MPA	96%	
20	109	14.7	295	OK	MPA	95%	
21	110	29.7	295	OK	MPA	90%	
22	111	18.8	295	OK	MPA	94%	
23	112	15.8	295	OK	MPA	95%	
24	113	11.6	295	OK	MPA	96%	
25	114	7.5	295	OK	MPA	97%	
26	115	3.8	295	OK	MPA	99%	
27	116	3.0	295	OK	MPA	99%	
28	117	4.1	295	OK	MPA	99%	
29	118	8.8	295	OK	MPA	97%	
30	119	14.4	295	OK	MPA	95%	
31	120	20.3	295	OK	MPA	93%	
32	121	23.5	295	OK	MPA	92%	
33	122	10.4	295	OK	MPA	96%	
34	123	9.1	295	OK	MPA	97%	
35	124	7.8	295	OK	MPA	97%	
36	125	15.7	295	OK	MPA	95%	

○ 이물질 방지판 검토

모델링 전경



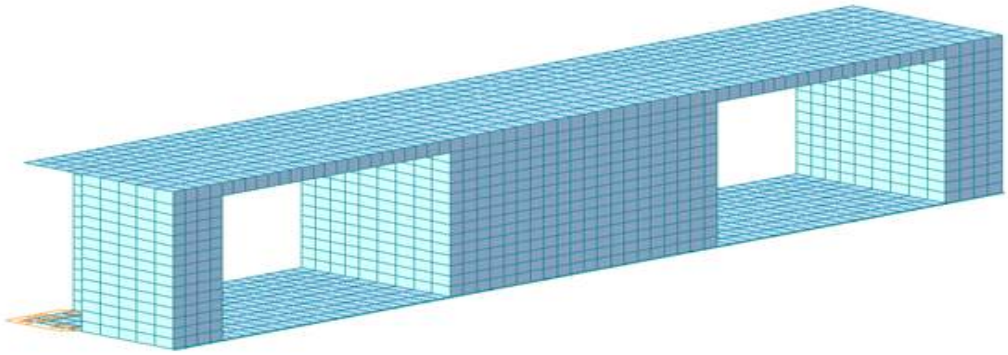
해석 결과 응력 분포



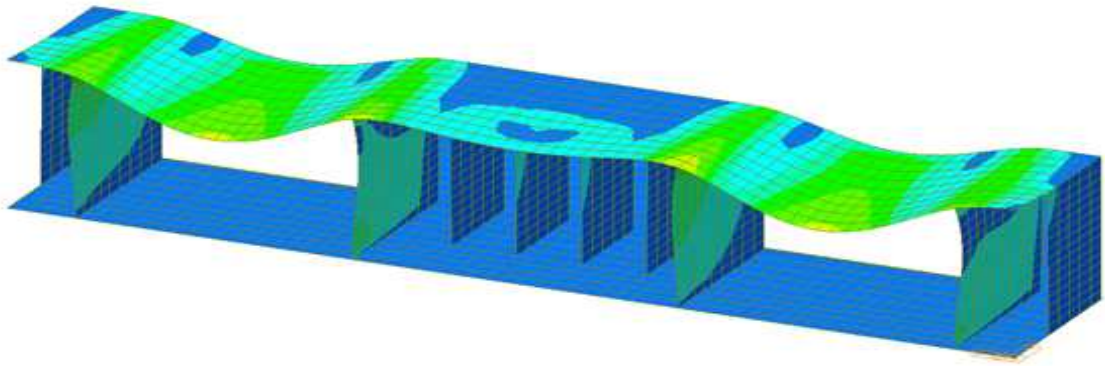
NO	EL.NO.	발생응력	허용응력	검토	단위	여유율	비고	처짐량	단위
1	73	15.4	295	OK	MPA	95%	109	1.6	mm
2	74	52.6	295	OK	MPA	82%	110	1.7	mm
3	75	58.1	295	OK	MPA	80%	111	1.6	mm
4	76	34.7	295	OK	MPA	88%	112	1.3	mm
5	77	23.5	295	OK	MPA	92%	113	1.0	mm
6	78	17.1	295	OK	MPA	94%	114	0.7	mm
7	79	12.6	295	OK	MPA	96%	115	0.6	mm
8	80	9.0	295	OK	MPA	97%	116	0.5	mm
9	81	13.8	295	OK	MPA	95%	117	0.5	mm
10	82	18.6	295	OK	MPA	94%	118	0.6	mm
11	83	23.3	295	OK	MPA	92%	119	0.8	mm
12	84	26.9	295	OK	MPA	91%	120	1.0	mm
13	85	25.7	295	OK	MPA	91%	121	1.4	mm
14	86	8.1	295	OK	MPA	97%	122	1.8	mm
15	87	31.1	295	OK	MPA	89%	123	2.3	mm
16	88	32.7	296	OK	MPA	89%	124	2.5	mm
17	89	4.5	297	OK	MPA	98%	125	2.6	mm

○ 하판부 검토

모델링 전경



하판부 응력 검토



NO	EL.NO	발생응력	허용응력	검토	단위	여유율	최대응력발새위치
1	-	66.9	295	OK	MPA	77%	서포트박스 상부

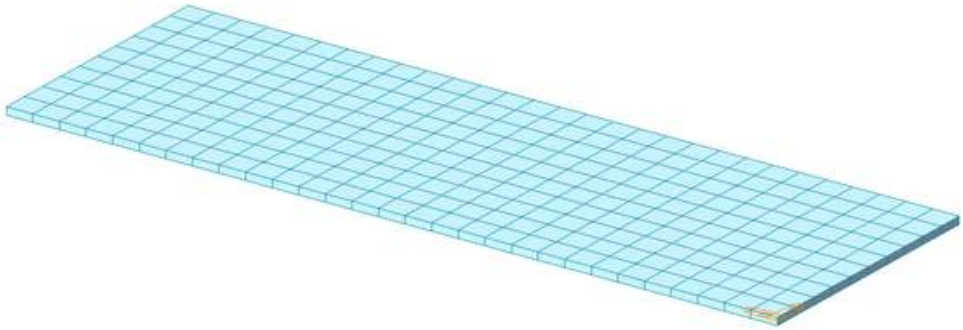
처짐량



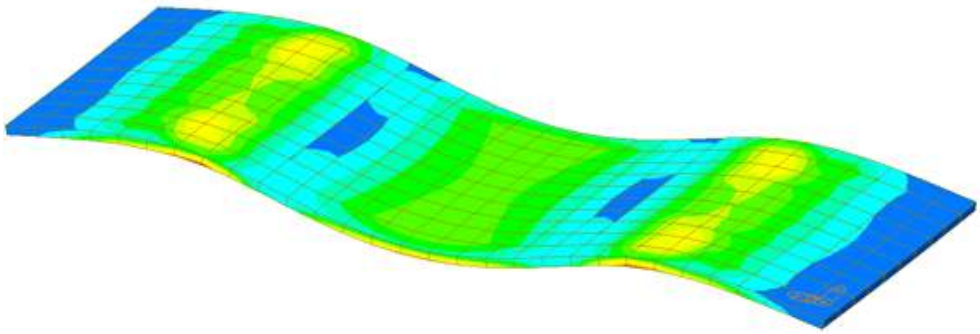
최대처짐 발생위치	최대 처짐량	단위
서포트 박스 상단부	1.00	MM

○ 하판부 중판1

모델링 전경



하판부 응력 분포도



NO	EL.NO	발생응력	허용응력	검토	단위	여유율	최대응력발새위치
1	-	179.0	295	OK	MPA	39%	휨 보강판

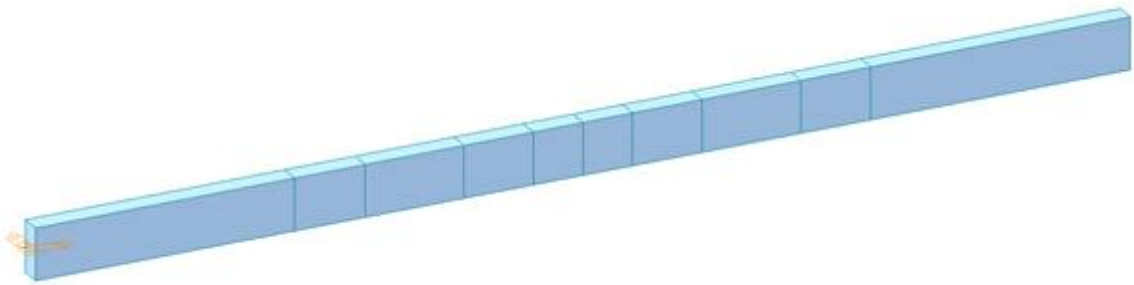
처짐량



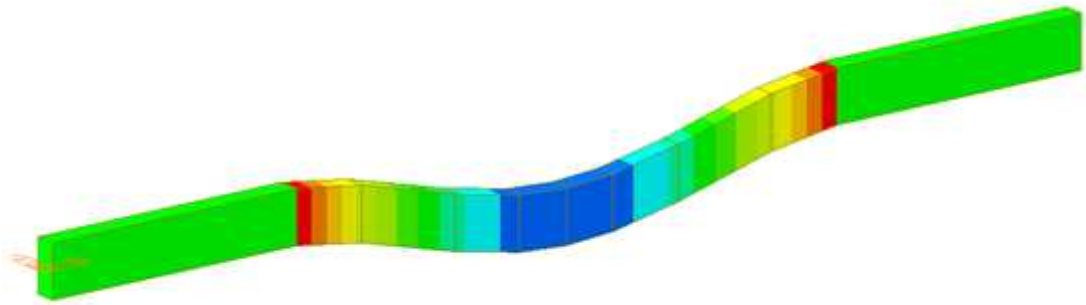
최대처짐 발생위치	최대 처짐량	단위
서포트 박스 상단부	1.01	MM

○ 서포트빔 검토

모델링 전경



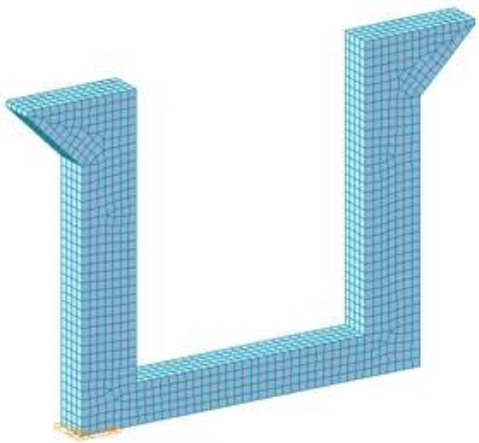
서포트빔 응력 분포도

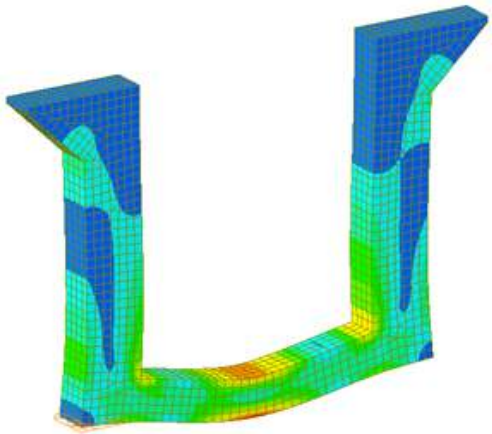


NO	EL.NO	발생응력	허용응력	검토	단위	여유율	최대응력발새위치
1	-	18.9	295	OK	MPA	94%	최외측 베어링

처짐량		
절점	최대 처짐량	단위
1	-	mm
2	-	mm
3	-	mm
4	- 0.24	mm
5	- 0.47	mm
6	- 0.73	mm
7	- 0.74	mm
8	- 0.73	mm
9	- 0.47	mm
10	- 0.24	mm
11	-	mm

○ 서포트빔 검토

모델링 전경


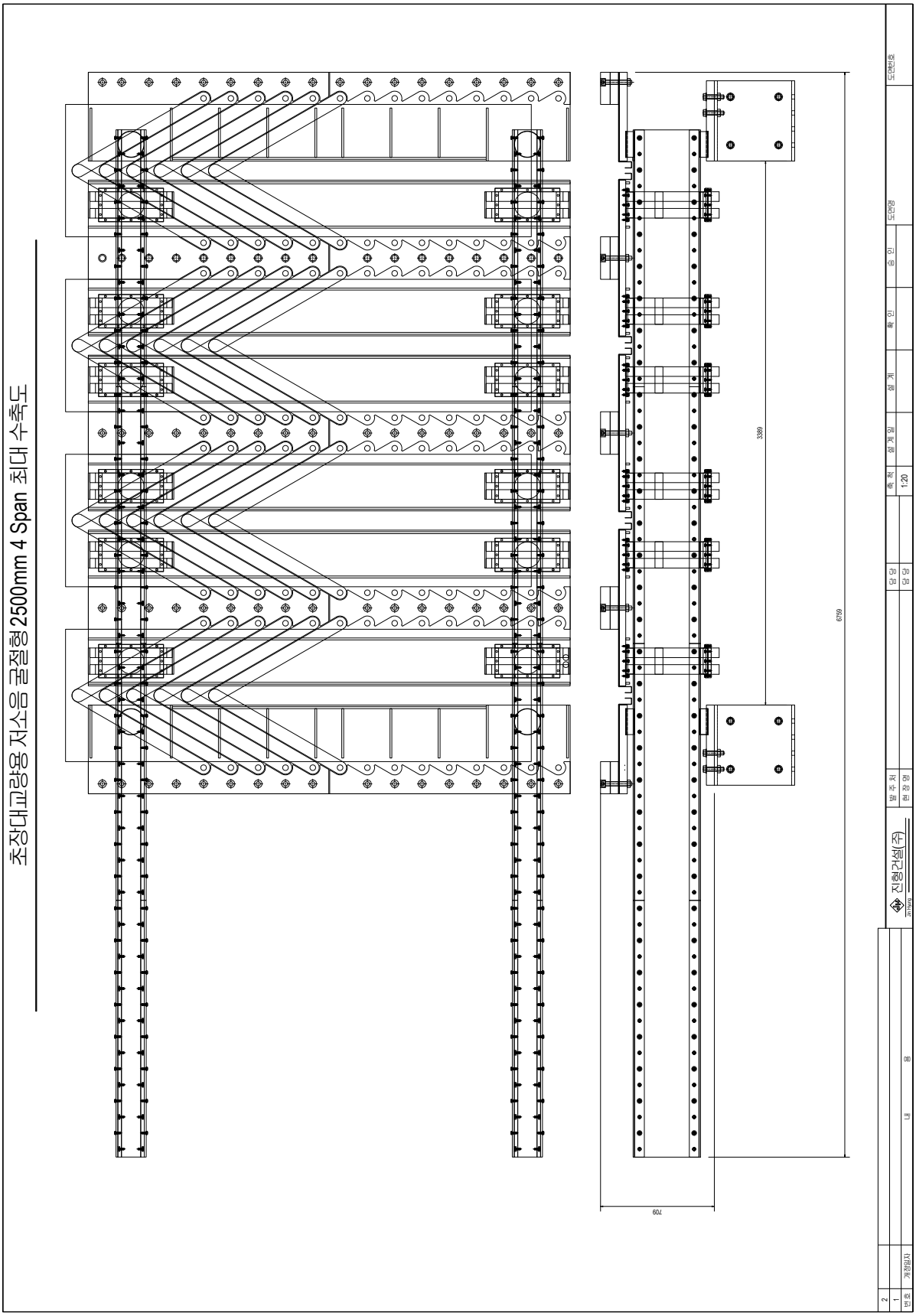
서포트빔 응력 분포도


NO	EL.NO	발생응력	허용응력	검토	단위	여유율	최대응력발새위치
1	-	207.7	295	OK	MPA	30%	중앙부

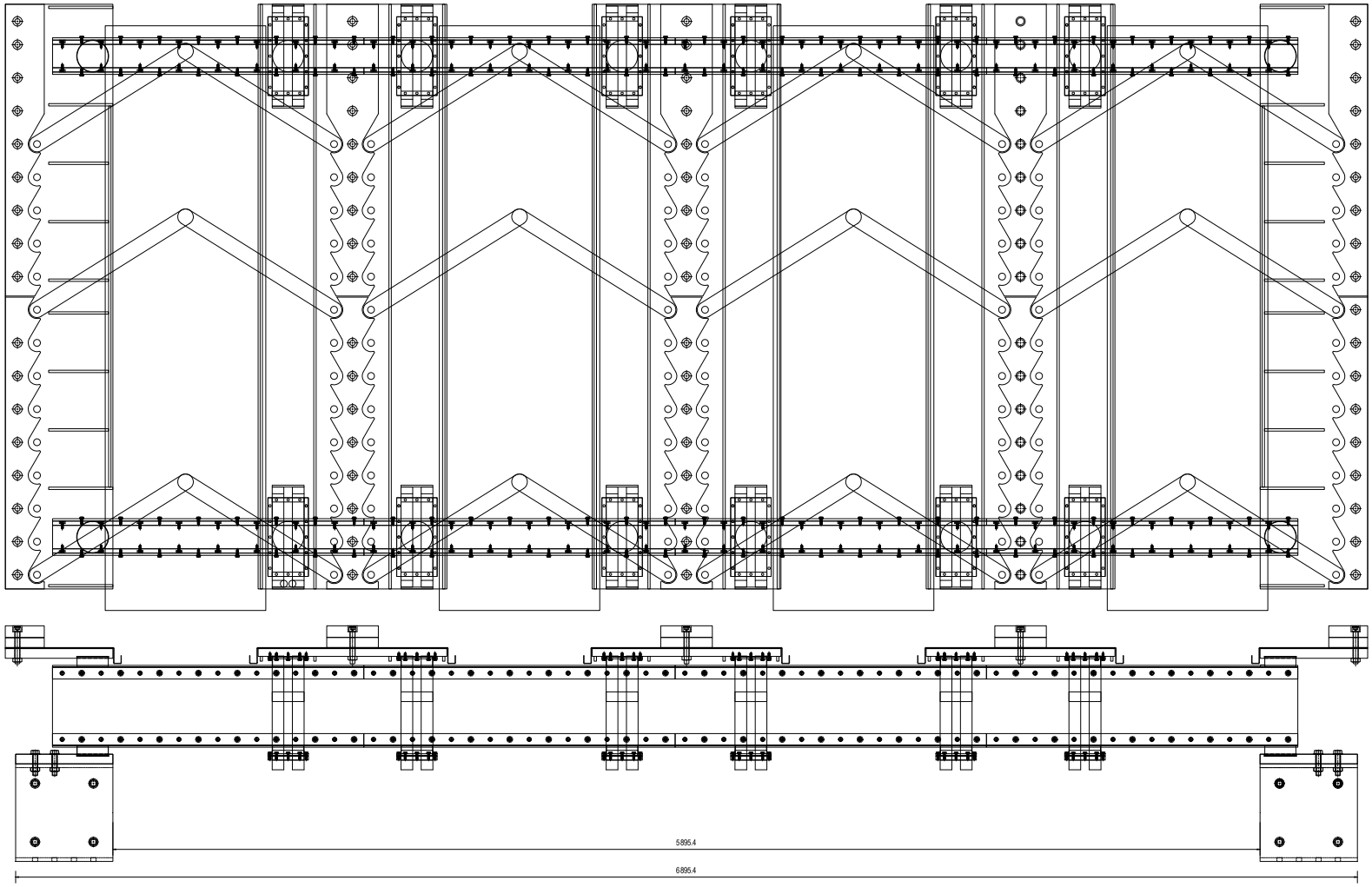
최대처짐 발생위치	최대 처짐량	단위
중앙부	0.48	MM

4. 시제품 제작

4.1 시제품 제작도 작성



초장대교량용 저소음 굴절형 2500mm 4 Span 최대 신장도



번호	개정일자	내 용
2		
1		

진형건설(주) JinHyung

발주처		담당		축척	설계일	설계	확인	승인	도면명	도면번호
현장명		담당		1:20						

4.2 시제품 조립 및 완성

자재 입고


자재 입고


자재 입고



자재 입고



자재 입고



자재 입고



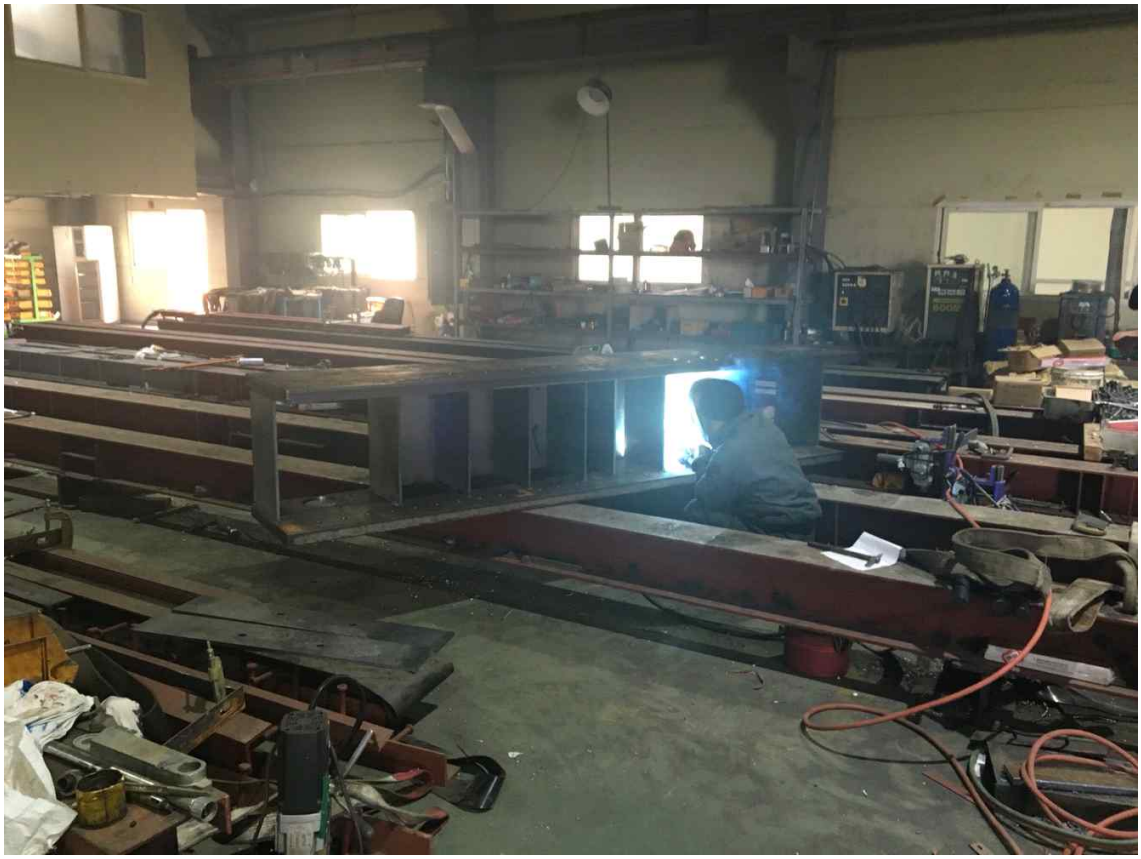
자재 입고



서포트 빔 조립



하부 판 용접



하부 판 용접



중간판 조립



시험지그 거치



시험지그 거치



서포트빔 조립



전체 배치 작업



전체 배치 작업



미끄럼판 조립 작업



하부판 용접 작업



서포트빔 조립 준비



서포트빔 끼우기



서포트빔 삽입



서포트빔 삽입



서포트빔 삽입



서포트빔 삽입



서포트빔 삽입



서포트빔 삽입



조립 완성



조립 완성



조립 완성



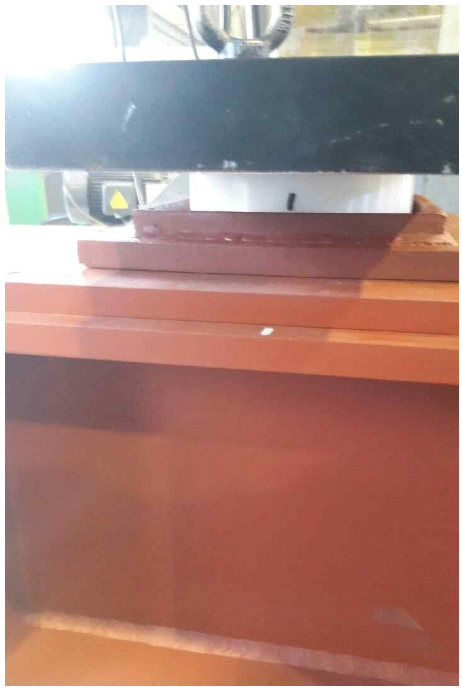
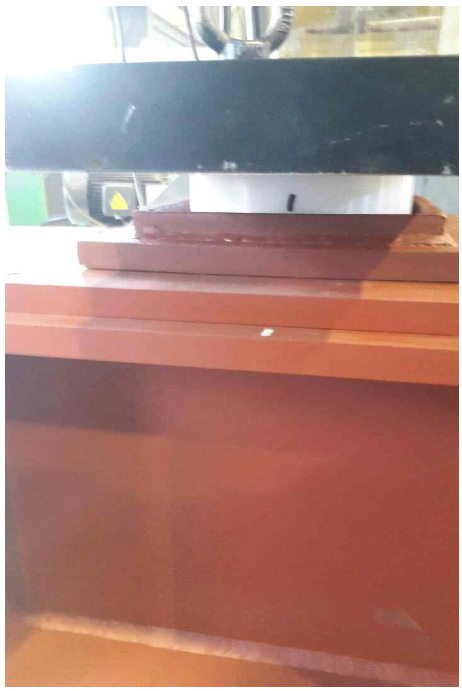
조립 완성



5. 1차년도 성과 목표 외 연구수행사항

5.1 충격 흡수 베어링 피로반복 시험

본 개발품에 사용될 충격흡수 베어링의 성능을 검증 하기 위해 피로반복 시험을 수행하였다.
시험방법은 KSF 4425 (교량용 신축이음장치 완제품 시험방법)중 강제 신축이음장치에 대한 피로반복 시험과 동일한 방법으로 수행하였다.
시험 하중은 최대 116.62kN, 최소 22.54kN의 하중을 재하 하였으며. 하중재하 횟수 는 총 200만회 하중을 재하 하였으며. 재하 속도는 3Hz의 속도로 약 8일간 하중을 재하 하였다.

시험 전경	
	
	

품질시험·검사성적서

1. 성적서 번호 : CMT2016 - 0477
2. 의 뢰 인 업체명 : 진형건설㈜
   주 소 : 경기도 김포시 인향로 24 길 66-22 501 동 B07 호
   성 명 : 구 자 화
3. 성과이용목적 : 품질관리용
4. 시 료 명 : 저소음 굴정형 베어링(UP160)
5. 접수일자 : 2015 년 11 월 30 일
6. 발급일자 : 2016 년 02 월 15 일

시 험 결 과

연번	시험 . 검사종목	시험 . 검사조건	단 위	시험 . 검사방법	시험 . 검사결과		
					측정 지점	시험전	시험후
1	피로반복시험 (변위측정)	시험하중: 최대 - 116.62kN 최소 - 22.54kN 시험주파수: 3Hz 시험횟수: 2,000,000회	mm	KS F 4425 – '01	No.1	50.00	49.89
					No.2	50.00	49.88
					No.3	50.01	49.93
					No4	50.01	49.81

※ 피로시험 가압판 Size - 500㎜ X 200㎜ X 50㎜
※ 시험그래프 및 사진첨부

담당자 : 박 근 영
Tel : 031-669-0665

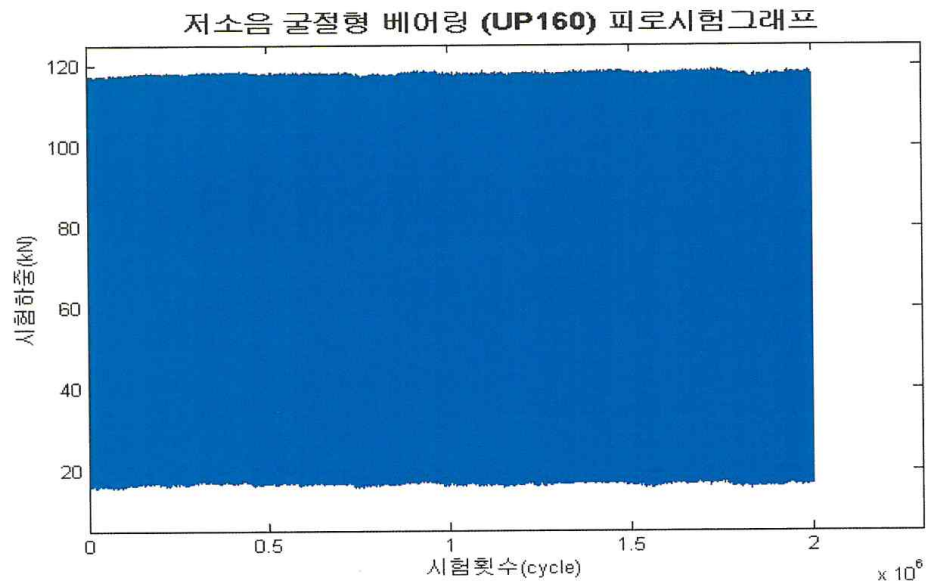
기술책임자 : 신 도 철
Tel : 031-646-0801

※비 고 : 1. 이 시험성적서는 당초 의뢰자가 제출한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증 하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 원본 진위확인을 원하시면은 시험담당자의 열람요청을 통해서 확인해 드립니다.

한국에스지에스(주) 건설시험연구원
주 소 : 경기도 평택시 서탄면 수월암5길 66 전화번호: (031)669-0600
유의사항 : 기술책임자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

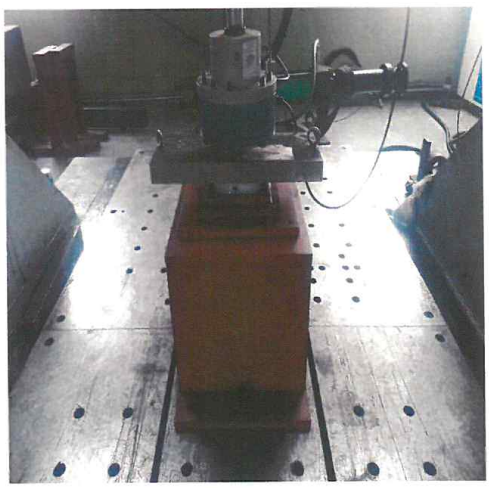
This document is issued by the Company under its General Conditions of Service accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.
KQP-2510-001-F07 (06)
SGS Korea Co.,Ltd. 66,Suworam5-gil,Seotan-myeon, Pyongtaek-si, Gyeonggi-do, Korea, 451-851 t +82(0)31 646 0800 f +82(0)31 646 0888 www. sgs.com
Member of SGS Group(Société Générale de Surveillance)

시험그래프



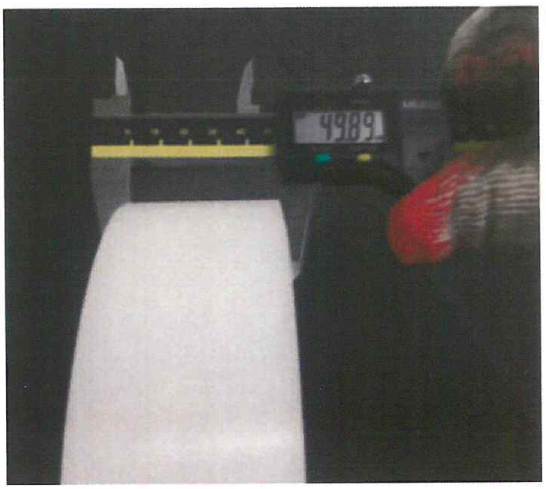
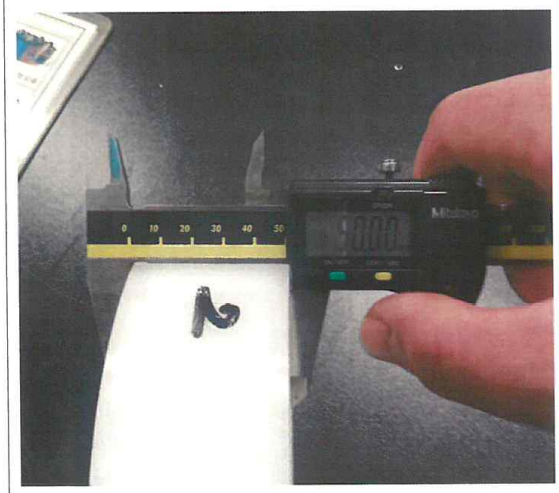
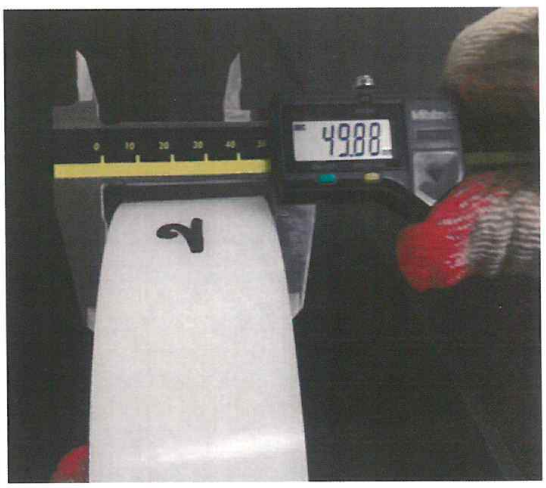
시험 전경





-계속-

SGS Korea Co.,Ltd. 66,Suworam5-gil,Seotan-myeon, Pyongtaek-si, Gyeonggi-do, Korea, 451-851 t +82(0)31 646 0800 f +82(0)31 646 0888 www. sgs.com
Member of SGS Group(Société Générale de Surveillance)

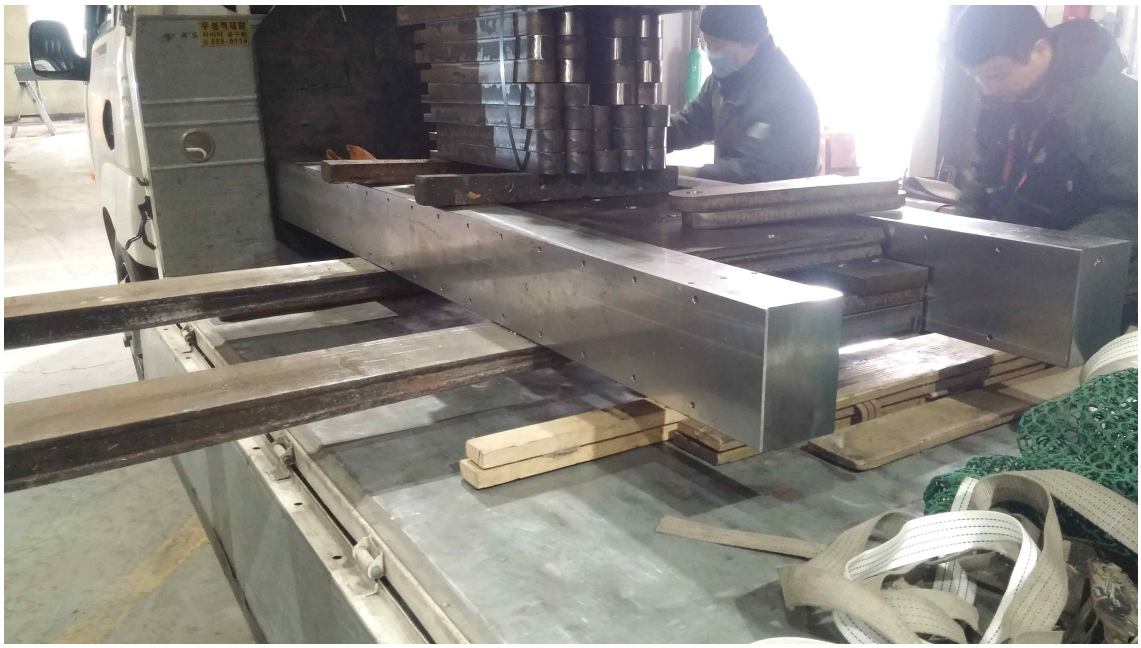
변위 측정			
No.1			
			
시험전	50.00	시험후	49.89
No.2			
			
시험전	50.00	시험후	49.88

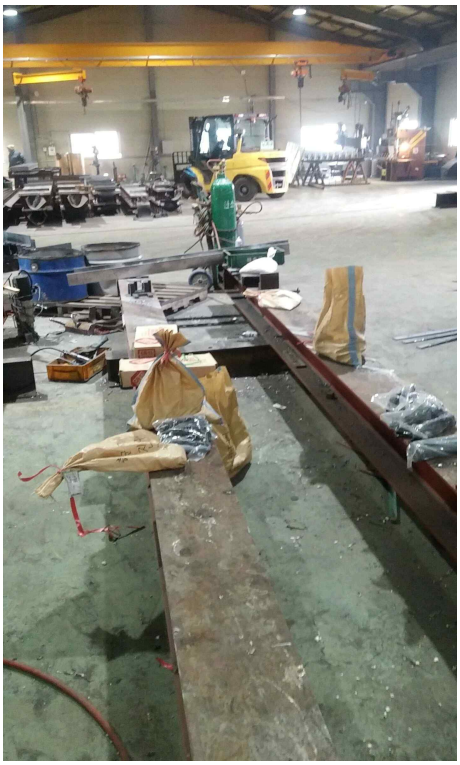
-계속-

SGS Korea Co.,Ltd. 66,Suworam5-gil,Seotan-myeon, Pyongtaek-si, Gyeonggi-do, Korea, 451-851 t +82(0)31 646 0800 f +82(0)31 646 0888 www. sgs.com
Member of SGS Group(Société Générale de Surveillance)

5.2 800mm 축소형 신축이음장치 시제품 제작

자재 입고 800mm


자재 입고 800mm


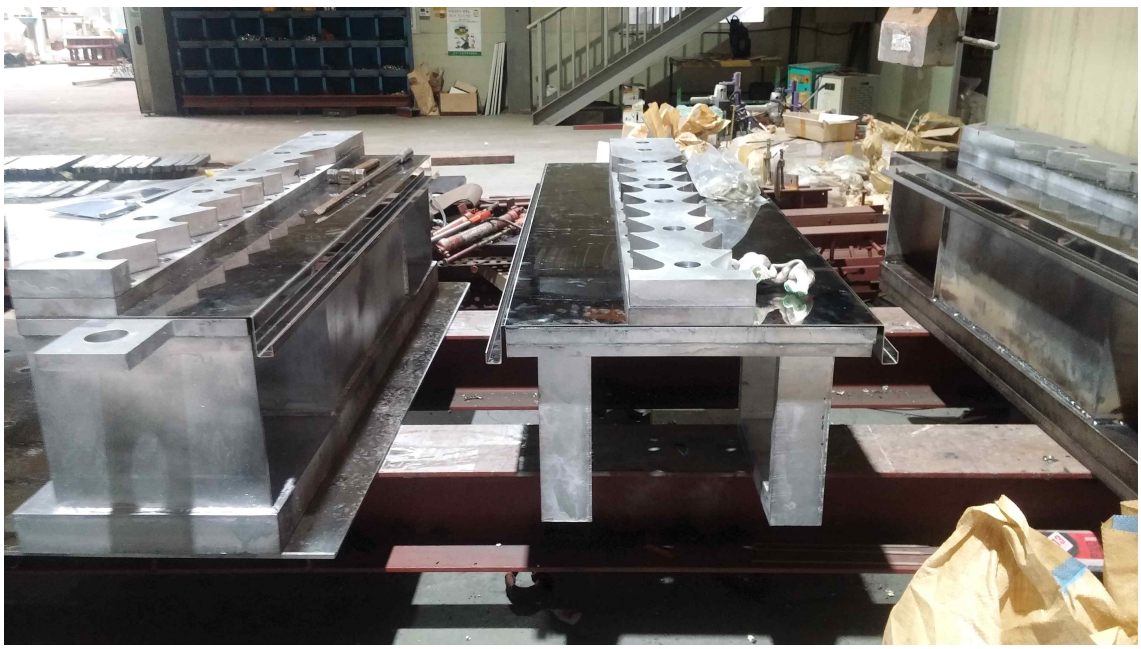
자재입고	
	

조립중


조립중



조립중



조립 완성



조립 완성



조립 완성



조립 완성



5.3 800mm 완제품 성능 시험 (KS F 4425)

SGS

품질시험·검사성적서

1. 성적서 번호 : CMT2016 - 1090
2. 의 뢰 인 업체명 : 진형건설㈜
   주 소 : 경기도 김포시 고촌읍 인향로 24 길 66-22 501 동 B07 호(디아이빌 4 단지)
   성 명 : 나 준 수
3. 성과이용목적 : 품질관리용
4. 시 료 명 : 저소음굴절형 신축이음장치 (No.800)
5. 접수일자 : 2016 년 02 월 26 일
6. 발급일자 : 2016 년 03 월 29 일

시 험 결 과

연번	시험 . 검사종목	시험 . 검사조건	단 위	시험 . 검사방법	시험 . 검사결과	
1	수축시험	시험변위: 수축상태 약 266.7㎜ 시험속도 : 100㎜/min 시험횟수 : 2,500회	-	KS F 4425 – '01	육안검사	이상없음
2	신장시험	시험변위: 신장상태 약 266.7㎜ 시험속도 : 100㎜/min 시험횟수 : 2,500회	-			이상없음
3	피로반복시험	시험하중: 최대 - 116.62kN 최소 - 22.54kN 시험주파수: 3Hz 시험횟수: 2,000,000회	-			이상없음

※ 피로시험 가압판 Size - 500㎜ X 200㎜ X 50㎜
※ 시험그래프 및 사진첨부

담당자 : 박 근 영
Tel : 031-669-0665

기술책임자 : 신 도 철
Tel : 031-646-0801

※비 고 : 1. 이 시험성적서는 당초 의뢰자가 제출한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증 하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 원본 진위확인을 원하시면은 시험담당자의 열람요청을 통해서 확인해 드립니다.

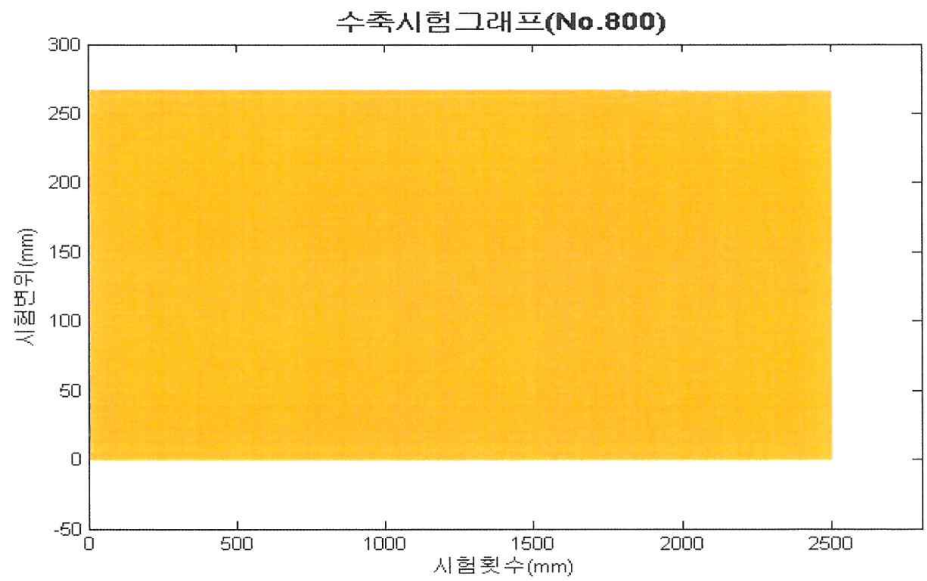
한국에스지에스(주) 건설시험연구원

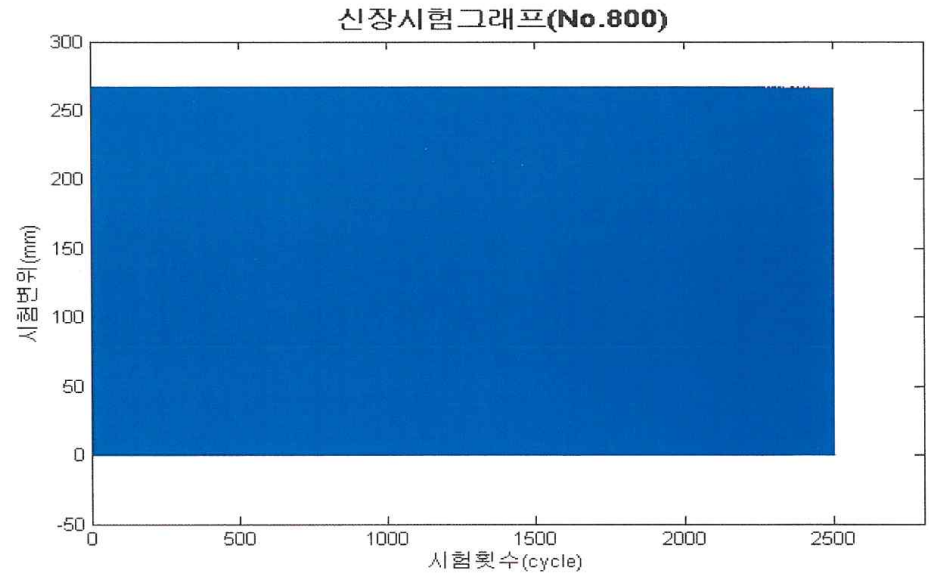
주 소 : 경기도 평택시 서탄면 수월암5길 66 전화번호 : 031)669-0600

유의사항 : 기술책임자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

This document is issued by the Company under its General Conditions of Service accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.
KQP-2510-001-F07 (06)
SGS Korea Co.,Ltd. 66,Suworam5-gil,Seotan-myeon, Pyongtaek-si, Gyeonggi-do, Korea, 451-851 t +82(0)31 646 0800 f +82(0)31 646 0888 www.sgs.com
Member of SGS Group(Société Générale de Surveillance)

시험그래프





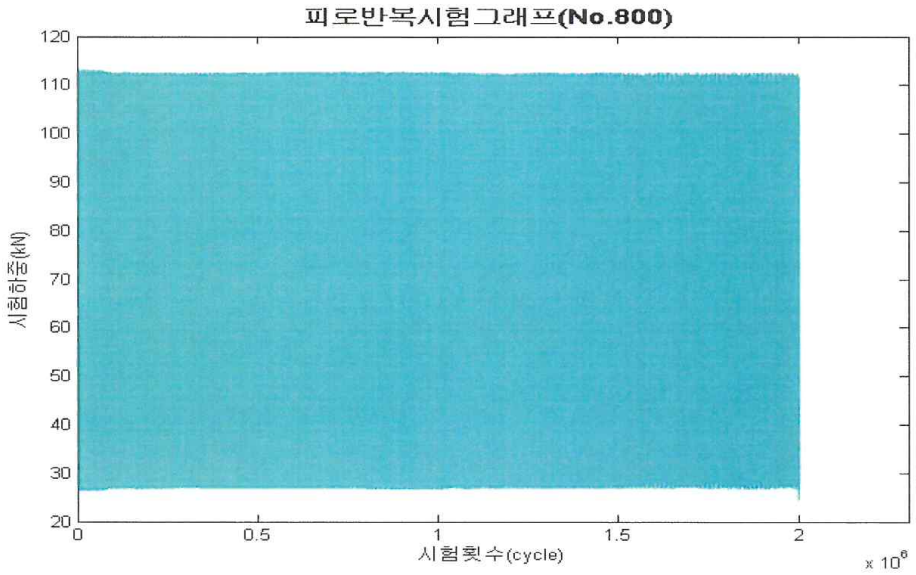
-계속-

SGS Korea Co.,Ltd. 66,Suworam5-gil,Seotan-myeon, Pyongtaek-si, Gyeonggi-do, Korea, 451-851 t +82(0)31 646 0800 f +82(0)31 646 0888 www. sgs.com
Member of SGS Group(Société Générale de Surveillance)

품질시험·검사성적서

발급번호: CMT2016-1090

시험그래프



시험사진



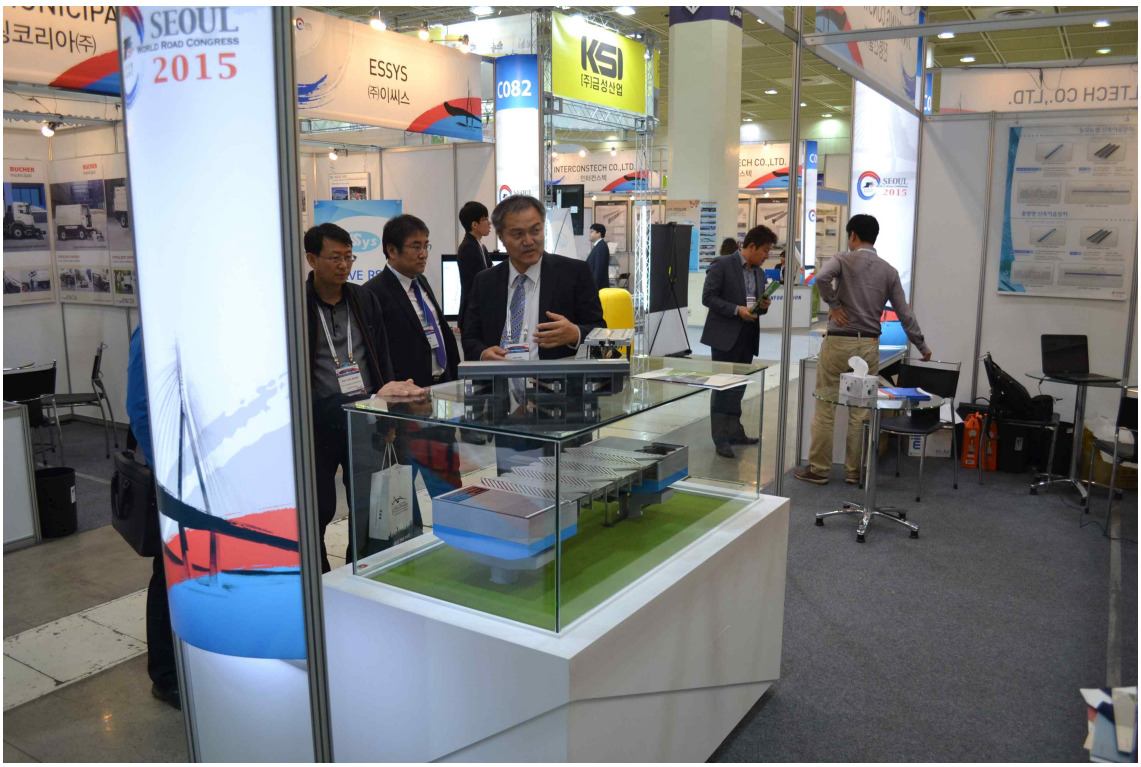


-끝-

SGS Korea Co.,Ltd. | 66,Suworam5-gil,Seotan-myeon, Pyongtaek-si, Gyeonggi-do, Korea, 451-851 t +82(0)31 646 0800 f +82(0)31 646 0888 www. sgs.com
Member of SGS Group(Société Générale de Surveillance)

5.4 연구성과 홍보 전시회 개관 (2015서울세계 도로대회)

진형 건설 부스 전경


진형 건설 부스 전경


진형 건설 부스 방문인 제품 설명 전경



진형 건설 부스 방문인 제품 설명 전경



진형 건설 부스 방문인 제품 설명 전경



진형 건설 부스 방문인 제품 설명 전경



진형 건설 부스 방문인 제품 설명 전경



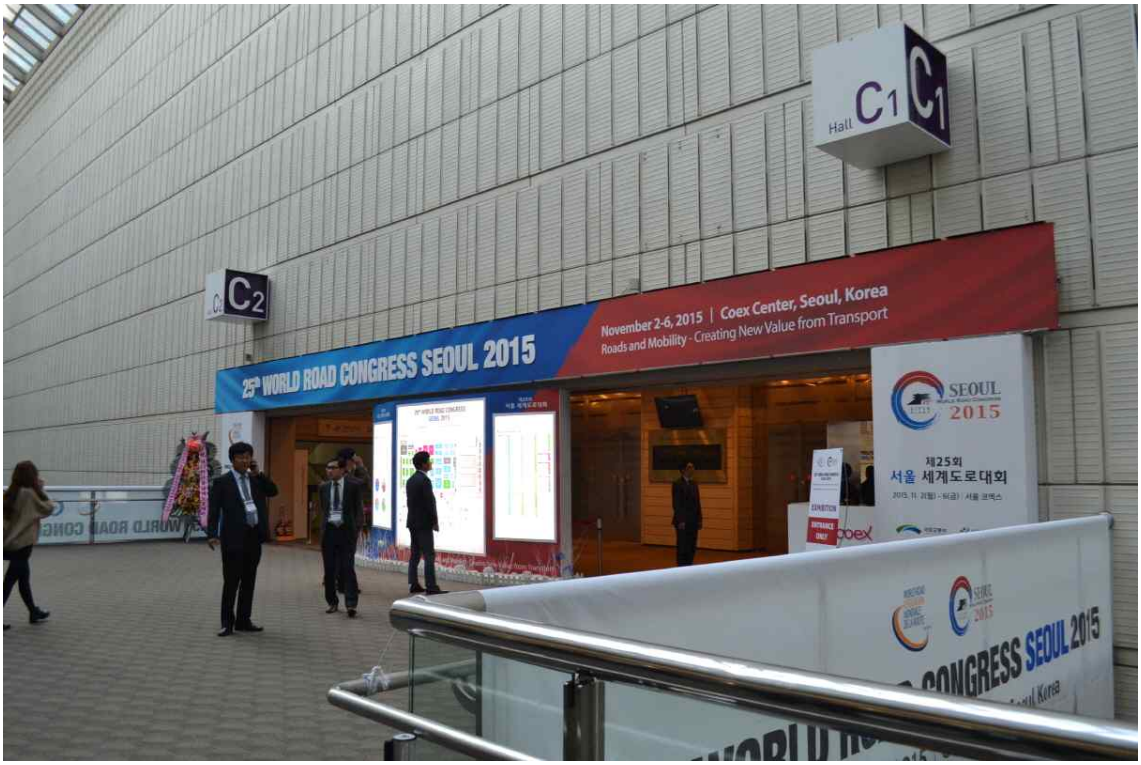
진형 건설 부스 방문인 제품 설명 전경



진형 건설 부스 방문인 제품 설명 전경



전시장 입구 전경



5.5 연구성과 홍보 모형 제작

전시장 모형 배치 전경


전시장 모형 배치 전경


전시장 모형 배치 전경



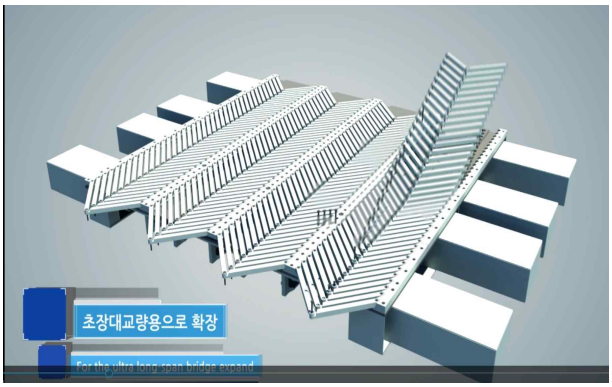
진형건설 본사 모형 배치 전경 (현재위치, 진형건설 사장실 앞)

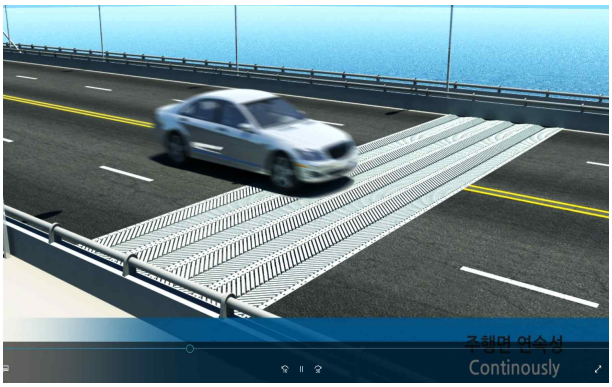


5.6 연구성과 홍보 동영상 제작

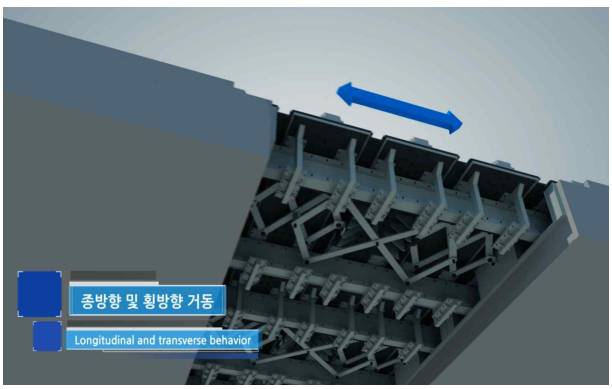


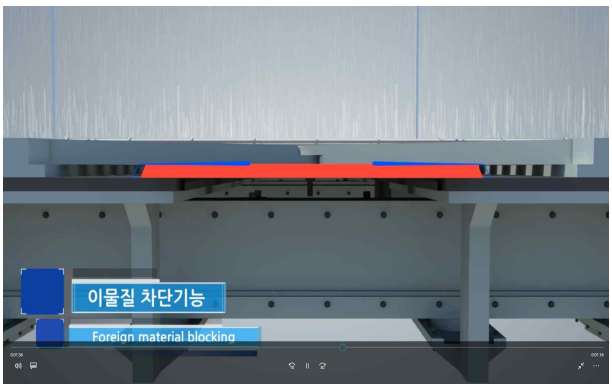














5.7 연구성과 홍보 브로셔 제작

2P 브로셔 한국어 앞



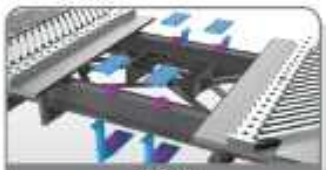
초장대교량용 저소음 굴절형 신축이음장치

JH Refraction Joint (Ultra-Long span Bridge Application) JHUR



적용성

- 기존 저소음 굴절형 신축이음장치를 확장 및 개선하여 500~2500mm 신축량 수용
- 기존 제품의 장점을 유지하며 확장된 제품



사용성

- 충격 흡수력 높은 베어링을 사용하여 차량 통과시 충격흡수
- 충격저감 및 소음 저감으로 쾌적한 주행



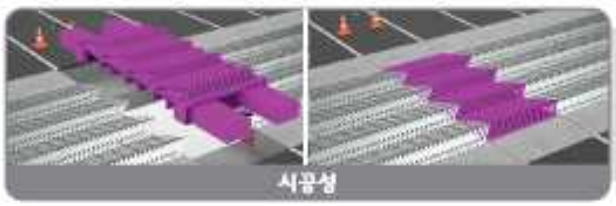
이물질 방지판

- 구조적으로 유리한 이물질 방지판 사용
- 원천적인 이물질 방지 효과
- 침투수 유도 홈으로 침투수 방지



신축량 균등 분배

- 다수로 구성된 저소음 굴절형 신축이음장치 링크의 신축 거동을 균등하게 분배하기 위한 지바라 구조 장치 설치



시공성

- 부분시공 가능
- 보수시 전면통제 필요 없음
- 교통 통제 시간 최소화



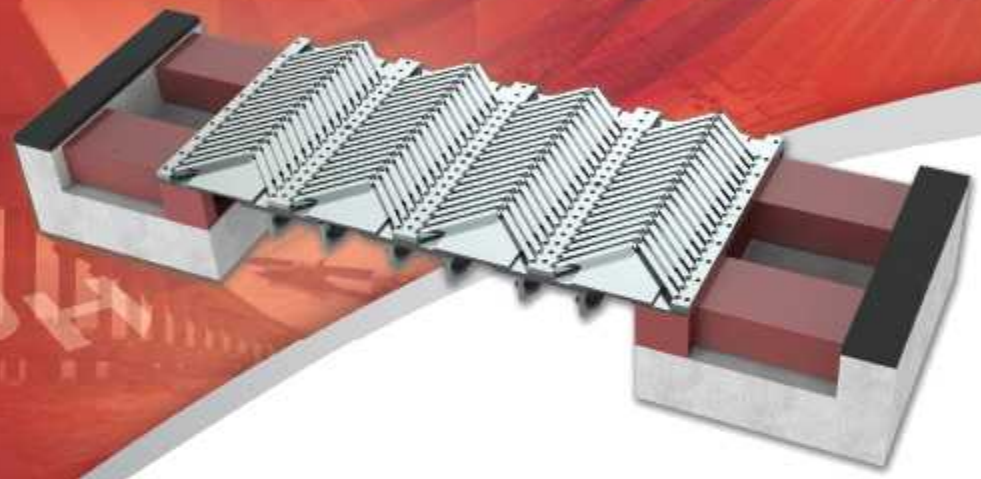
구조 안정성

- 구조 시스템 단순구조로 지지 조건이 유리함
- 충격하중이 적어 구조물의 내구성 증대효과
- 하부 구조에 하중부담이 적어 구조물의 내구성 증대효과
- 지진시 좌우 링크의 연결로 낙교 방지

진형건설(주)

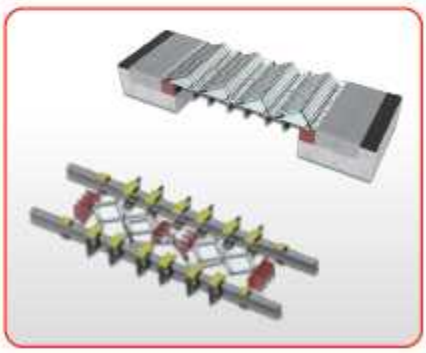
http://www.jhcys.co.kr

Ultra long span bridge low noise Reflaction expansion joint



JH Refraction Joint
(Ultra-Long span Bridge Application) JHUR

Ultra long span bridge low noise refraction expansion joint equipment is designed to accept a large expansion length of super long span bridges such as cable stayed bridges and suspension bridges by improving the conventional low noise refraction expansion joint equipment



Low noise link: Accepting an expansion length using the vehicle's driving surface and link behavior

Foreign substance-resistant plates: Preventing foreign substances and supporting the upper link

Top plates: Guiding link expansion length and supporting both sides

Middle plates: Supporting upper plate and providing a behavior space for anti-foreign substance plates

Bottom plates: Supporting load for upper structure and load for the entire connecting plates of the lower structure

Bearing: Absorbing a vehicle's impact, Supporting entire load on lateral and longitudinal behavior

Upward reaction resistant Plates: Resisting when upward reaction occurs

JIN HYUNG Construction Co., Ltd.

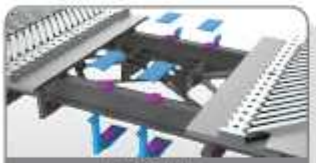
http://www.jhsys.co.kr

Ultra long span bridge low noise Refraction expansion joint



Applicabillity

- Accepting expansion lengths ranging from 500mm to 2500mm by extending and improving the existing low noise refraction expansion joint equipment
- Products with expanded capacity while keeping product's conventional advantages



Usabillity

- Absorbing impact effectively by the use of highly absorbing bearings when a vehicle passes through
- Leading to a pleasant driving by reducing impact and noises



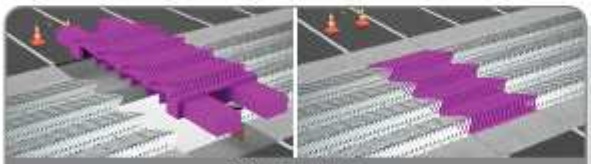
Foreign Substance-resistant Plates

- Using foreign substance-resistant plates which bring a benefit from the structural perspective
- Prevention effect against foreign substances in the first place
- Preventing the penetrating water with guiding grooves



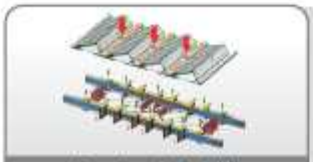
Evenly distribute the elastic behavior

Installing a zig-zag structural equipment to evenly distribute the elastic behavior of multiple-structured low noise refraction expansion joint links



Construction

- Possible for a partial construction
- No need for an overall control during a repair work
- Minimizing a traffic control period



Structural stability

- Superior condition to withstand the load of the traffic considering the structure system
- Increase the durability of the structure due to less impact load
- Increase the durability of the structure due to less load to the lower part
- Preventing a bridge collapse during earthquake by connecting between the left and right links

JIN HYUNG Construction Co., Ltd. http://www.jhsys.co.kr

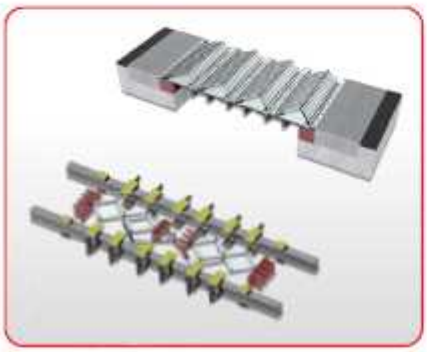
Шумопонижающие деформационные швы для мостов с большими пролётами



JH Refraction Joint

(Ultra-Long span Bridge Application) JH-UR

Шумопонижающие деформационные швы для мостов с большими пролётами – это самые совершенные деформационные швы для конструкций мостов с большой нагрузкой, таких как вантовые мосты, висячие мосты и т.д.



Low noise link: Расширения и сжатие дорожного полотна поглощается за счет движений деформационного шва

Foreign substance-resistant plates: Защищают от попадания посторонних объектов, поддерживают верхнее соединительное звено

Top plates: Направляют расширение звена и поддерживают обе стороны

Middle plates: Поддерживают верхнюю пластину и обеспечивают рабочее пространство для пластин, защищающих от попадания посторонних объектов

Bottom plates: Усилительная накладка распределяет нагрузку верхней части конструкции и нагрузку в целом, соединяясь с нижней частью конструкции

Bearing: Поглощение ударов транспорта, нагрузка распределяется поперечно и продольно

Upward reaction resistant Plates: Реакция усиливается при возникновении сопротивления

JIN HYUNG Construction Co., Ltd.

http://www.jhsys.co.kr

Шумопонижающие деформационные швы для мостов с большими пролётами



Applicability

- Эти шумопоглощающие рефлекционные деформационные швы поглощают расширение и сжатие в интервале 500~2500мм.
- Улучшенная версия продукции, сохраняющая достоинства существующей продукции



Usabillity

- Эффективное поглощение ударов при проезде транспортных средств, благодаря использованию точек опоры с высокой ударопоглощающей способностью
- Комфортный проезд для транспорта благодаря уменьшению ударов и понижению уровня шума



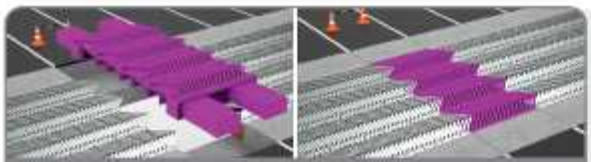
Foreign Substance-resistant Plates

- Использование уделной конструкции верхней пластины от попадания посторонних объектов и загрязнения с структурной точки зрения
- Эффект, в первую очередь, предотвращающий загрязнения
- Защита сооружения от проникновения воды посредством направляющих стоков



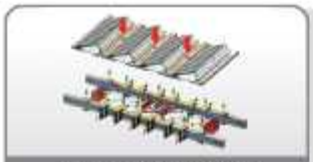
Evenly distribute the elastic behavior

Установка зубчатой компенсационной структуры, состоящей из множества звеньев, для равномерного распределения движения расширения и сжатия деформационного шва



Construction

- Возможна частичная установка
- При проведении реконструкционных работ не обязательно останавливать движение транспорта
- Минимизация продолжительности ограничения движения транспорта

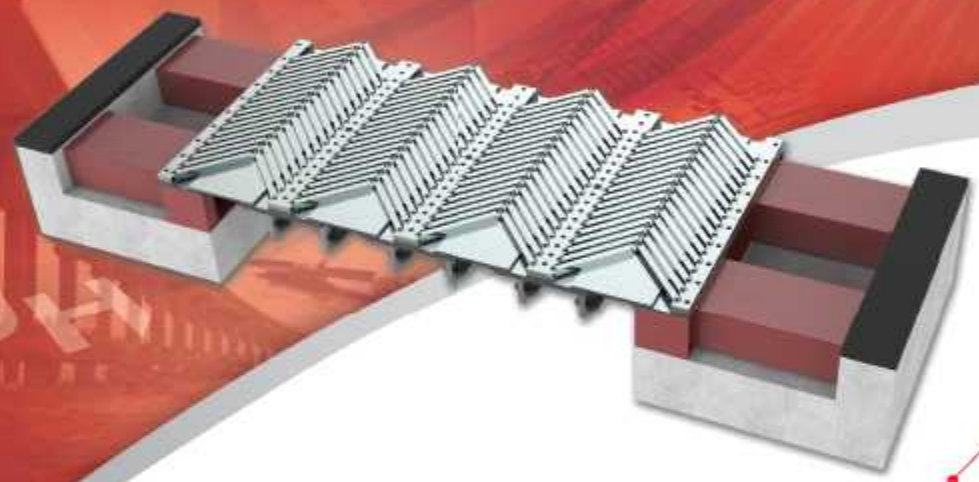


Structural stability

- Благоприятные условия для установки благодаря простой конструкции системы
- Эффект повышения долговечности сооружения благодаря маленькой ударной нагрузке
- Эффект повышения долговечности сооружения благодаря уменьшенной нагрузке в нижней части структуры
- При землетрясениях деформационный шов предотвращает разрушения моста

JIN HYUNG Construction Co., Ltd. http://www.jhsys.co.kr

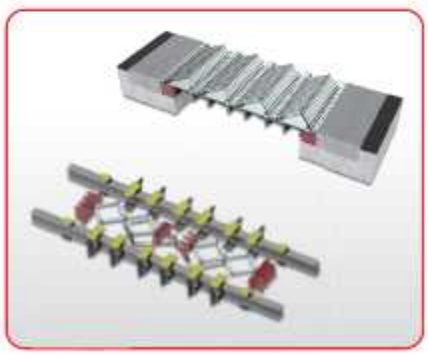
وصلة توسيع منعطفة الشكل ذات ضوضاء منخفضة مخصصة للجسور الطويلة الضخمة



JH Refraction Joint

(Ultra-Long span Bridge Application) JHUR

أن وصلة التوسيع منعطفة الشكل ذات الضوضاء المنخفضة والمخصصة للجسور الطويلة الضخمة منتج مطور من وصلات التوسيع منعطفة الشكل ذات الضوضاء المنخفضة المخصصة للجسور الطويلة الضخمة ومخصص لاستيعاب عمليات البناء التوسيعية الضخمة الخاصة بالجسور الكبيرة مثل الجسور ذات الأحمال الفولاذية أو الجسور المعلقة أو غيرها



Low noise link:
الأسطح السريعة للسيارات و امتيعاب التوسيعة عن طريق تحريك الوصلات

Foreign substance-resistant plates:
عازل للأجسام الغريبة، دعم الوصلات العلوية

Top plates:
دليل توصيلة التوسيع بالوصلات والدعم الثنائي

Middle plates:
دعم السطح العلوي وتوح خاص لعزل الأجسام الغريبة وتوفير مكان للحركة

Bottom plates:
دعم الكل الجزء العلوي ودعم الكل لوح التوصيل الكاوين السفلي بأكمله

Bearing:
امتصاص صدمات السيارات، ودعم الكل الكلي، حركة بالاتجاة عرضي واتجاة طولي

Upward reaction resistant Plates
المقاومة في حالة حدوث رد فعل سلبي

JIN HYUNG Construction Co., Ltd.

http://www.jhcys.co.kr

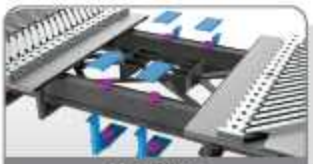
وصلة توسيع منعطفة الشكل ذات ضوضاء منخفضة مخصصة للجسور الطويلة الضخمة



Applicability

استيعاب وصلات مابين 500 إلى 2500 مم وذلك من خلال تطوير وتوسيع وصلة التوسيع المنعطفة الشكل ذات الضوضاء المنخفضة العادية

منتج يحافظ على مميزات المنتج العادي ويزيد على تلك الخصائص



Usabillity

استخدام محمل ذا مقاومة امتصاص عالية للصدمات لزيادة امتصاص الصدمات عند مرور السيارات

قيادة مريحة بفضل تقليل الصدمات والضوضاء

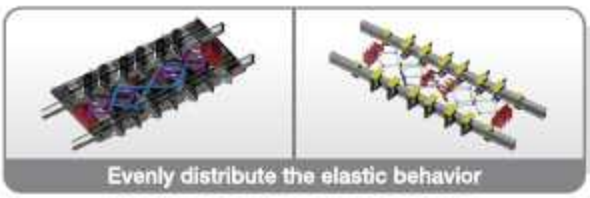


Foreign Substance-resistant Plates

استخدام سطح عازل للمواد الغريبة بشكل مناسب للتكوين الكلي

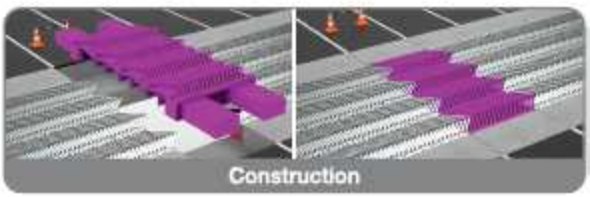
تأثيرات عازل المواد الغريبة بشكل أساسي

عازل للمياه المتسربة عن طريق توجيهها لفتحات المياه المتسربة



Evenly distribute the elastic behavior

تركيب أداة بتصميم متعرج خاصة لتقديم عمل لوصيلة التوسيع المكونة من عدد كبير من الوصلات منعطفة الشكل ذات الضوضاء المنخفض بشكل متساوي

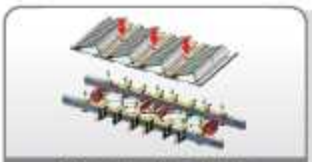


Construction

إمكانية البناء على أجزاء

لا يوجد حاجة لعزل جميع الجهات في حالة الترميمات

التقليل إلى أقصى حد ممكن في حالة التحكم المروري



Structural stability

الشروط الملائمة لدعم النظام التكويني بواسطة التكوين البسيط

زيادة فعالية التكوين الداخلي لمواد التكوين بفضل قلة التحميل الخاصة بالصدمات

زيادة فعالية التكوين الداخلي لمواد التكوين بفضل قلة ثقل التركيب السفلي

الحماية ضد انهيار الجسر بفضل الربط من جهتي اليمين واليسار للوصلات وذلك في حالة حدوث الزلازل

JIN HYUNG Construction Co., Ltd. http://www.jhsys.co.kr

6. 2500mm 실내 시험

본 시험은 국토교통기술사업화지원사업 중 “초장대교량 적용가능한 2500mm급 저소음(80dB) 신축이음장치 개발” 과제를 통해 개발된 2500mm저소음 굴절형 신축이음장치 성능인증을 하기 위한 시험 이다.

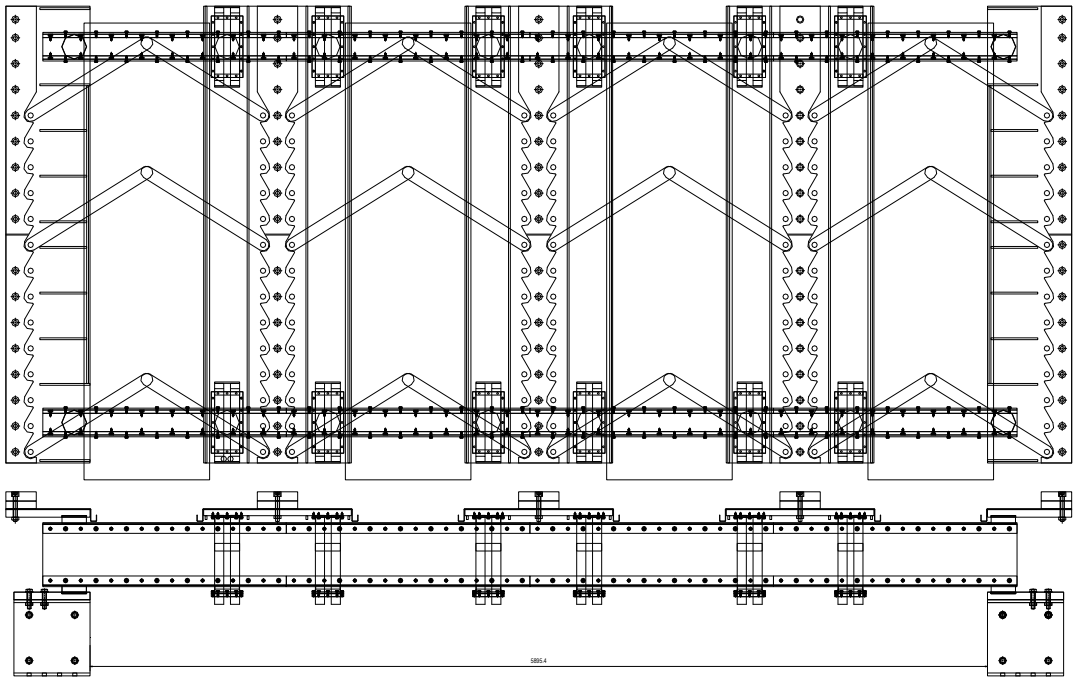
저소음 굴절형 신축이음장치는 신축이음장치의 고질적인 소음 문제를 해결하기 위해 개발된 신축이음장치로서 소음저감 성능이 우수한 제품이다. 현장 적용 실적은 신축량 80mm~700mm 까지 설치됐으며 2011년도부터 현장 적용을 하여 운영되고 있고 그동한 현장적용을 통해서 제품 검증이 완료된 것으로 사료된다. “초장대교량 적용가능한 2500mm급 저소음(80dB) 신축이음장치 개발” 과제는 주로 거더 형식 교량 위주로 설치된 저소음 굴절형 신축이음장치를 초장대교량으로 적용하기 위한 개발과제 이며 본 과제를 통해 개발된 2500mm급 초장대교량용 저소음 굴절형 굴절형 신축이음장치의 성능 인증이 본 시험의 목표이다.

본 초장대교량용 신축이음장치 2500mm급 저소음 굴절형 신축이음 장치는 다음과 같은 실험을 수행한다.

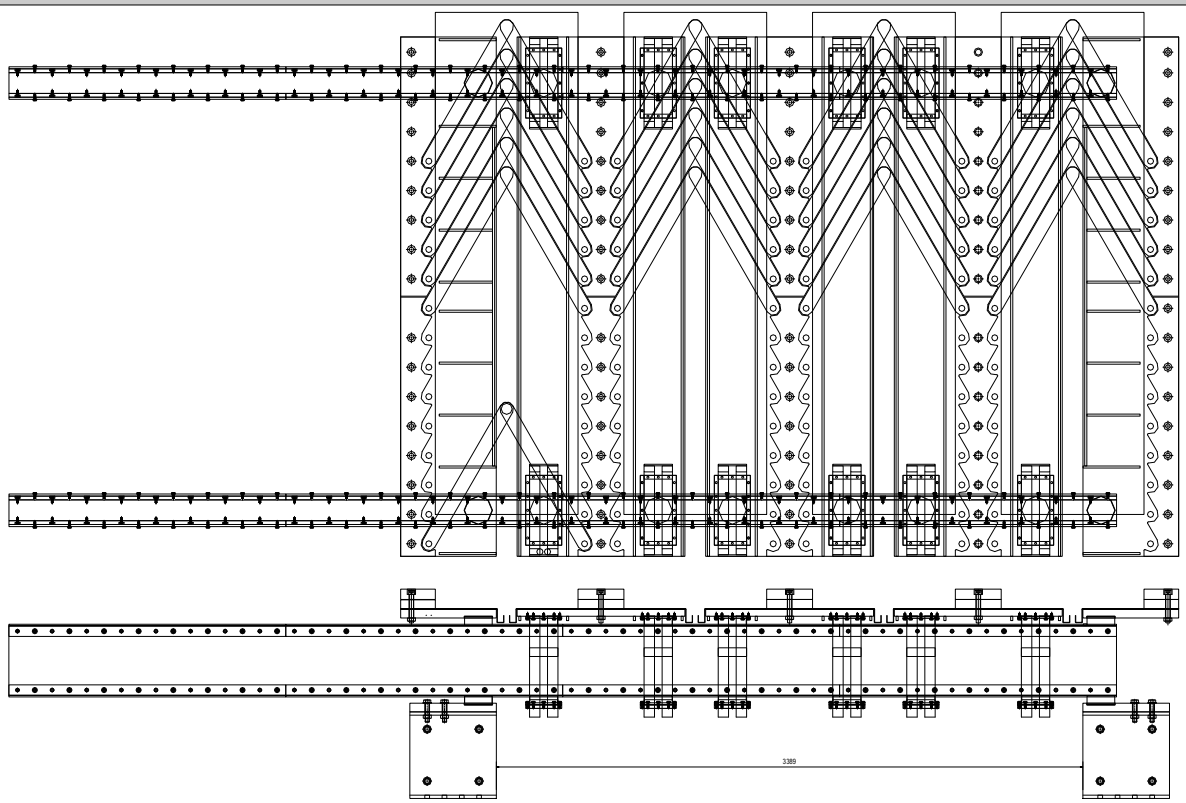
시험의 구분			시험방법			
			시험횟수	시험변위	시험속도	시험하중
KSF4425 교량 신축 이음장치 시험 방법	수축 신장 시험	최대 신장시	2500회	834mm	최대 100mm/min	-
		최대 수축시	2500회	834mm	최대 100mm/min	-
	피로반복사험		200만회	-	3Hz	17.6kN ~ 122.3kN
장대교량 활하중 변위 시험 (급속 변위시험)		최대 신장시	2500회	1000mm	150 mm/sec	-
		최대 수축시	2500회	1000mm	150 mm/sec	-
횡방향(교축방향) 변위시험			2500회	750mm	150 mm/sec	-
회전축 변위 시험		교축직각회전	2500회	120mm 2도 이상	20mm/sec	-
		교축회전	2500회	±60mm 2도 이상	10mm/sec	-
방수시험			1회 (시험방법참조)			
이물질 시험			1회 (시험방법참조)			

6.1 시험체 개요

시험체 개념도 신장시



시험체 개념도 수축시



가로	6,759mm	세로	3,000mm	높이	1209mm

6.2 시험의 방법

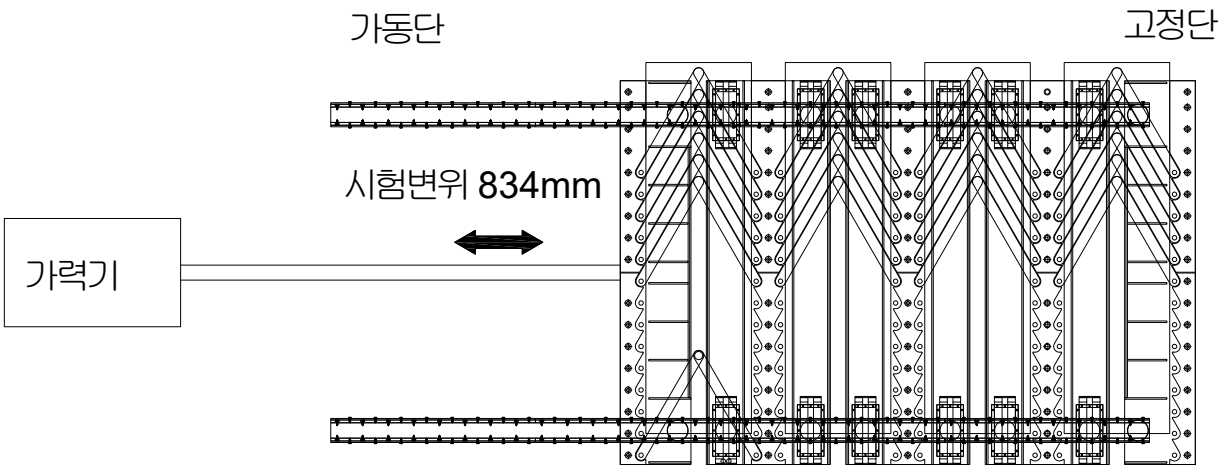
6.2.1 KSF4425 교량 신축 이음장치 시험 방법(KSF4425 참조)

① 수축 신장 시험

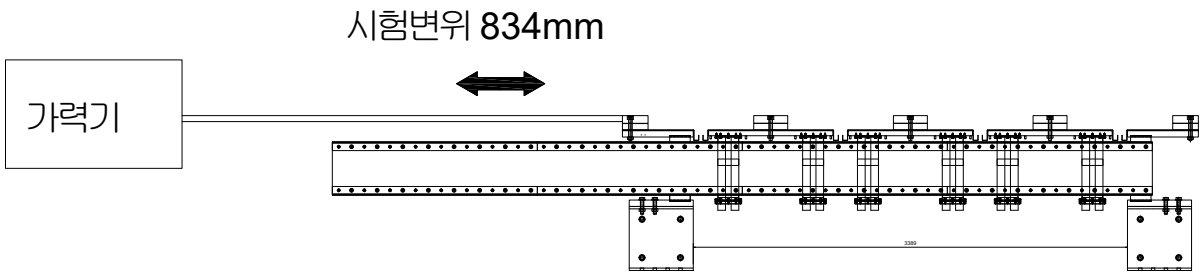
(1) 최소 수축상태

시험체를 최소로 수축시킨후 제품의 허용범위 2500mm 1/3에 해당하는 834mm변위를 갖도록 하여 2500번 반복.

최소수축상태 시험 개념도 (평면)



최소수축상태 시험 개념도 (종단도)



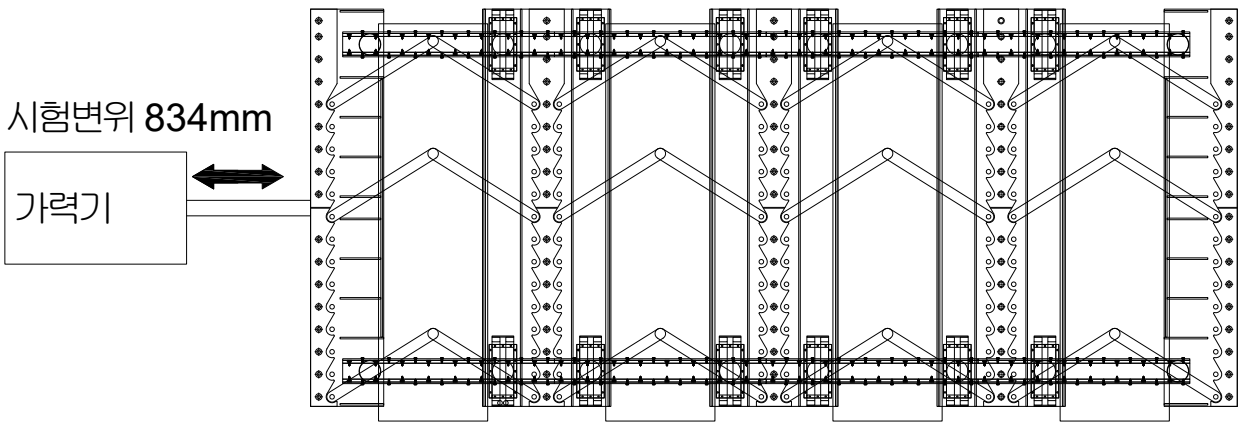
시험의 방법

구분	내용	비고
시험변위	±834mm	
시험속도	100mm/min	
시험 총변위	834mm × 5,000회 = 4,170,000mm	
시험 시간 분	4,170,000 / 100 = 41700 분	
시험 시간 시	41700 / 60 = 695 시간	
시험 시간 일	28.95 일 (29일)	24시간 기준

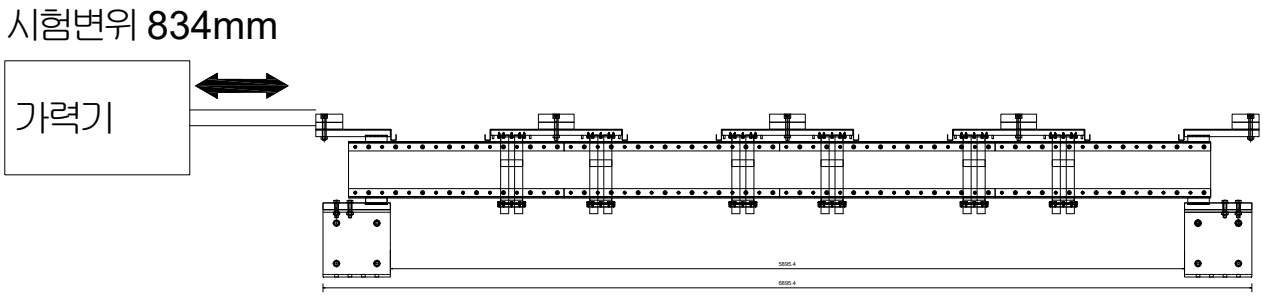
(2) 최대 신장상태

시험체를 최대로 신장시킨후 제품의 허용범위 2500mm 1/3에 해당하는 834mm변위를 갖도록 하여 2500번 반복.

최대신장상태 시험 개념도 (평면)



최대신장상태 시험 개념도 (종단도)



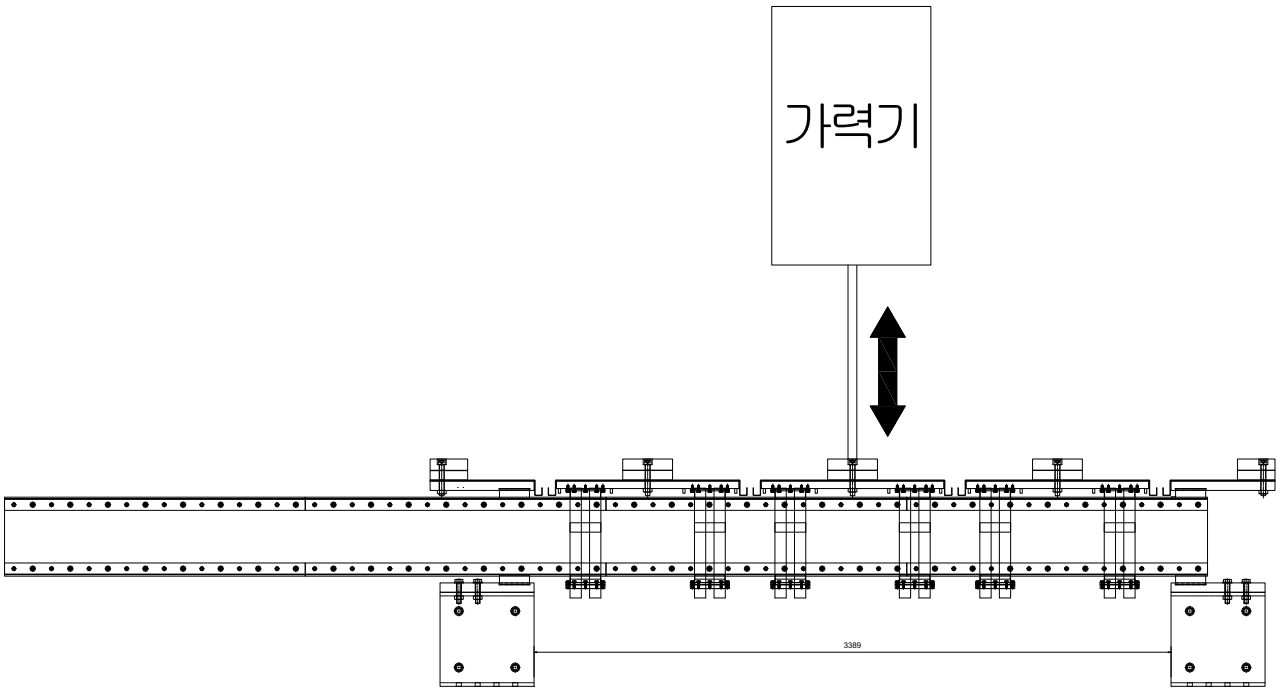
시험의 방법

구분	내용	비고
시험변위	±834mm	
시험속도	100mm/min	
시험 총변위	834mm × 5,000회 = 4,170,000mm	
시험 시간 분	4,170,000 / 100 = 41700 분	
시험 시간 시	41700 / 60 = 695 시간	
시험 시간 일	28.95 일 (29일)	24시간 기준

② 피로반복시험

강재형 신축이음 장치는 시료를 고정시킨후 중간보에 1개에 대하여 최소 22.54kN에서 최대 116.62kN 의 하중을 1사이클로 하여 3Hz 이하의 속도로 2,000,000회 시험한후 시료의 이상 유무를 조사함. 하중 재하판의 면적은 길이 방향으로 510mm 이내 이어야 함.

피로반복 시험 개념도 (평면)



시험의 방법

구분	내용	비고
시험하중	최소 22.54 ~ 116.62 kN (1cycle)	
시험속도	3Hz	
시험시간 시	186 시간	
시험시간 일	7.8일	24시간 기준

6.3 실험 개요 시설 소개

① 실험 목적

2500mm급 신축이음장치 실험체에 대해 최대 수축, 최대 신장 및 피로실험을 수행함

② 실험 기간

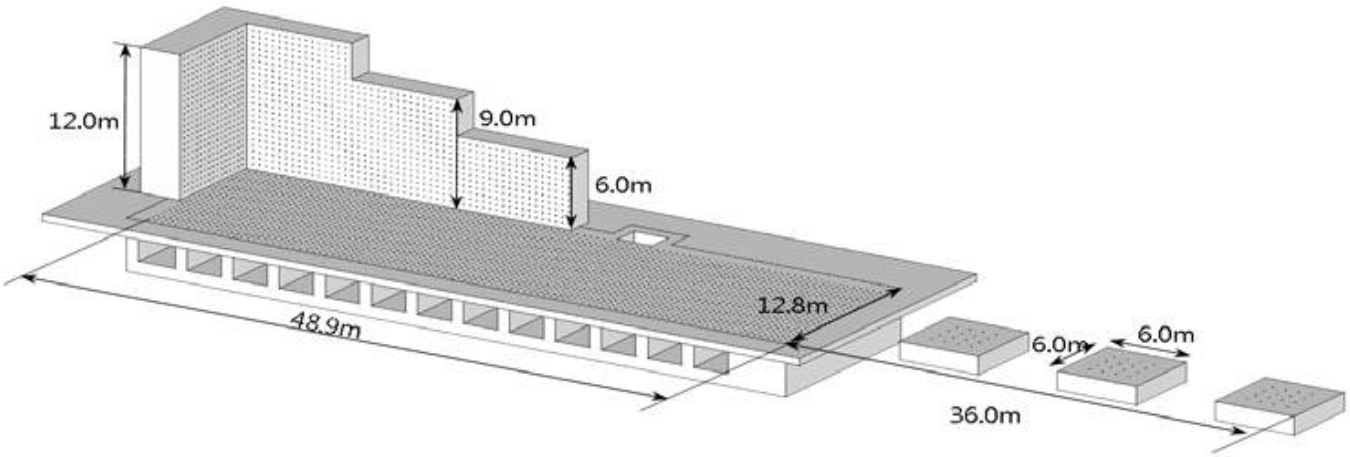
- 2016.06.13. ~ 2016.11.16.

③ 실험 시설 및 장비 소개

본 실험은 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 구축한 명지대학교 하이브리드 구조실험센터에서 실험 시설 및 장비를 이용하여 수행함.

④ 실험 시설

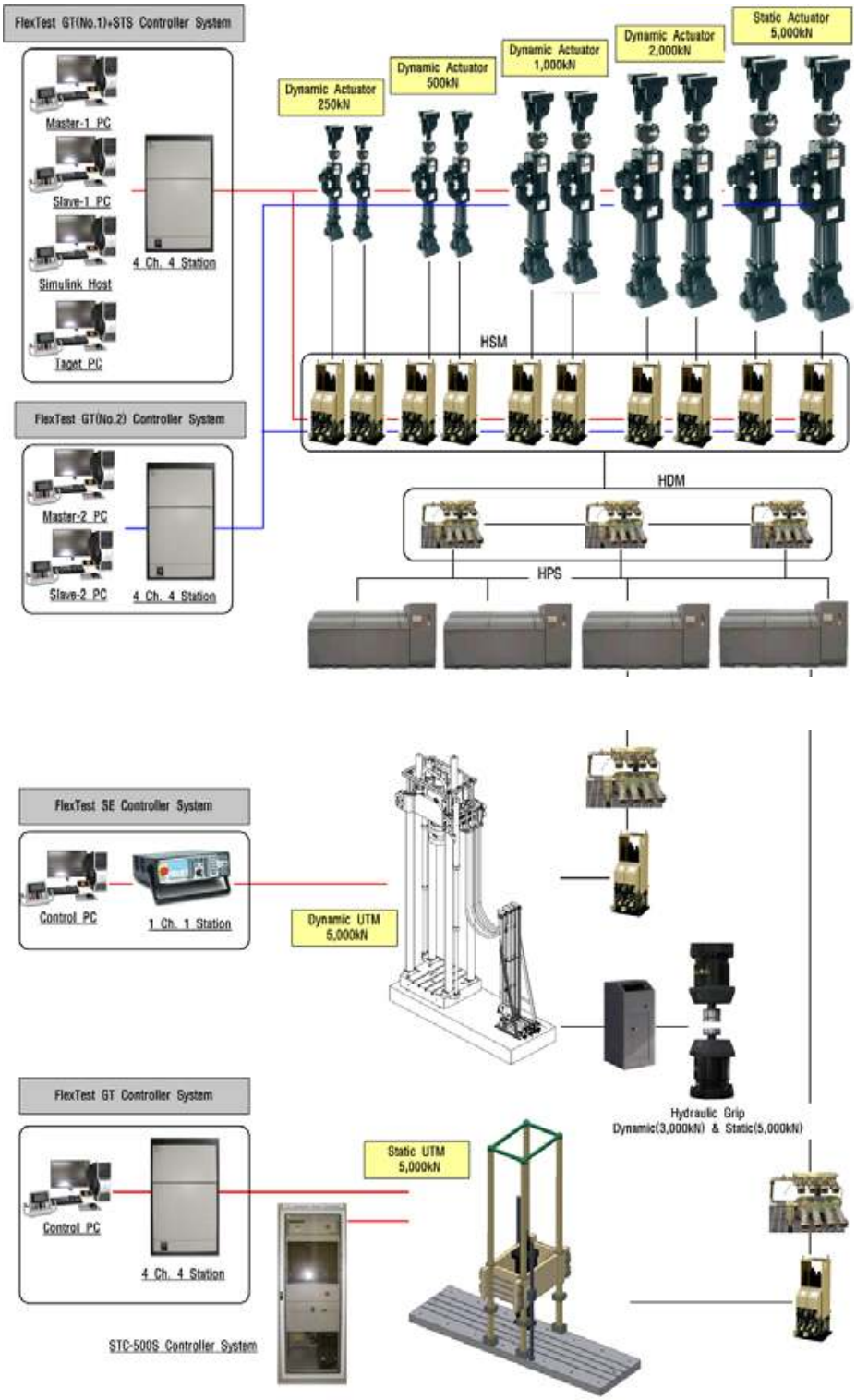
본 실험에 사용한 실험시설인 반력바닥(Strong Floor)과 반력벽(Strong wall)의 제원을 그림에 나타냄



반력구조물 제원

⑤ 실험 장비

본 실험에서는 다음 그림과 같은 유압가력장비중에 250kN, 2MN 용량의 액츄에이터와 MTS Flextest GT 컨트롤러를 이용함.



유압가력시스템 구성도

6.4 시험 전경

① 시험체 입고 및 지그 설치



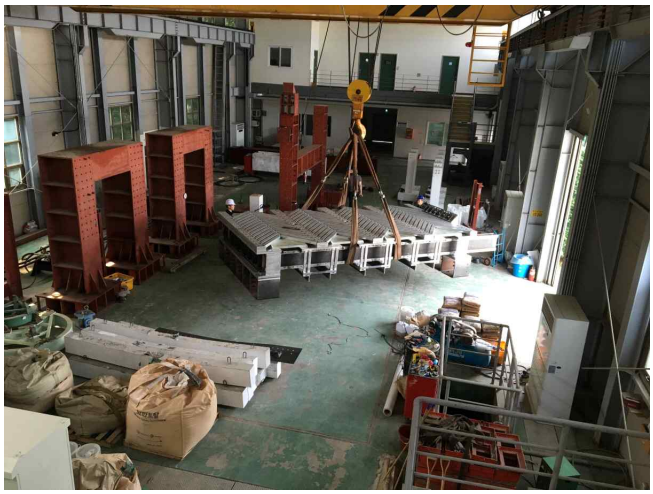






















② 최소 수축 시험





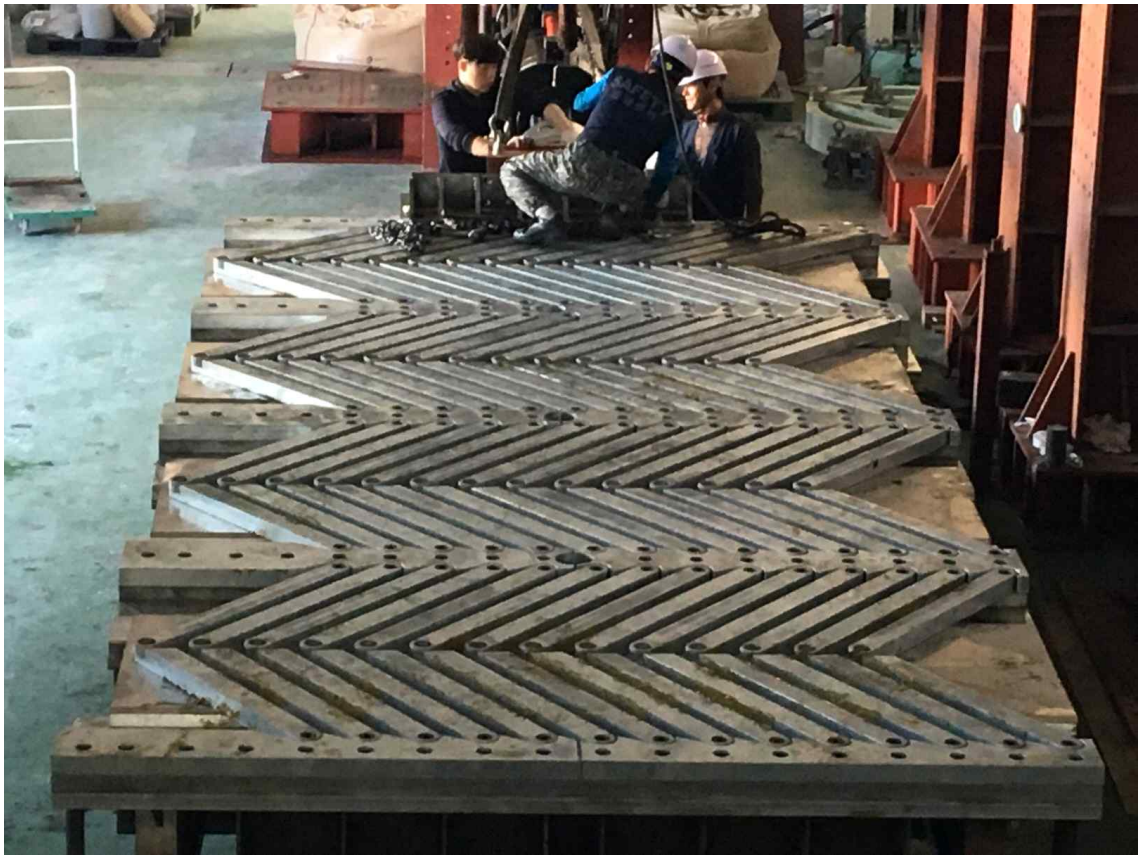
③ 최대 신장 시험






접근 금지
(CCTV 촬영중)


접근 금지




접근 금지

④ 피로 반복 시험






제
일


제
일


저
일


저
일

6.5 시험 성적서

시험결과 수축신장 실험 중 충격흡수 베어링 이탈방지 가이드의 고정용 볼트가 파단되었으나 크게 문제가 없는 것으로 사료된다. 시험성적서는 다음과 같다.

국토교통부 지원
하이브리드구조실험센터
경기도 용인시 처인구 명지로 116
Tel : 031-324-1063 Fax : 031-335-6826

실 험 성 적 서

(TEST CERTIFICATE)

페이지 (1)/(총 1)

Hystec

○ 성적서 번호 : KC2017-07-CT (실험관리번호 : Y16-KT-099)
○ 계 약 명 : 2 500mm급 저소음 굴절형 신축이음장치 구조시험
○ 실험체명 / 실험방법 : 신축이음장치 실험체 (수량 1개, 의뢰자 제공) / 의뢰자 제공
○ 업 체 명 : 진형건설㈜
○ 주 소 : 경기도 김포시 고촌읍 고송로 8 경희빌딩 4층
○ 실험장비 : 250 kN Dynamic Actuator, 2 MN Dynamic Actuator
○ 실험일자 : 2016. 06. 13 ~ 11. 16
○ 실 험 환 경 : 온도 (26 ± 1) ℃ , 습도 (80 ± 1) % R.H.

실 험 결 과

실 험 항 목	실 험 조 건		실 험 결 과
수축 신장 실험 (최대수축 시)	실험변위 : 수축상태 약 834 mm* 실험속도 : 100 mm/min 실험횟수 : 2 500 Cycle	육안 검사	- 170 Cycle에서 실험체 레일상부의 플라스틱베어링 이탈방지 가이드의 고정용 볼트 파단. - 2 178 Cycle에서 링크바 3개소 중 1개소에서 링크바상판 이탈 현상이 발생.
수축 신장 실험 (최대신장 시)	실험변위 : 신장상태 약 700 mm* 실험속도 : 100 mm/min 실험횟수 : 2 500 Cycle		이상없음.
피로반복실험**	최대하중 : 116.62 kN 최소하중 : 22.54 kN 실험주파수 : 3 Hz 실험횟수 : 2 000 000 Cycle		이상없음.

※ 실험 방법 : KS F 4425 : 2001.
* : 설계 신축량의 1/3에 해당하는 변위.
** : 피로반복실험 가력판 Size - 폭(W) : 345 mm × 길이(L) : 510 mm × 두께(H) : 50 mm

확 인	작성자	승인자
	직 위: 실무자	직 위: 기술책임자
	성 명: 은 희곤 (서명)	성 명: 이 승국 (서명)

2017. 02. 08.

명지대학교 산학협력단 하이브리드구조실험센터장 (인)

※ 위 성적서에 실무자와 실험책임자의 서명이 자필로 기재되지 아니한 경우에는 성과에 대한 보증을 할 수 없음.

HSTC-QP-20-F4(5)

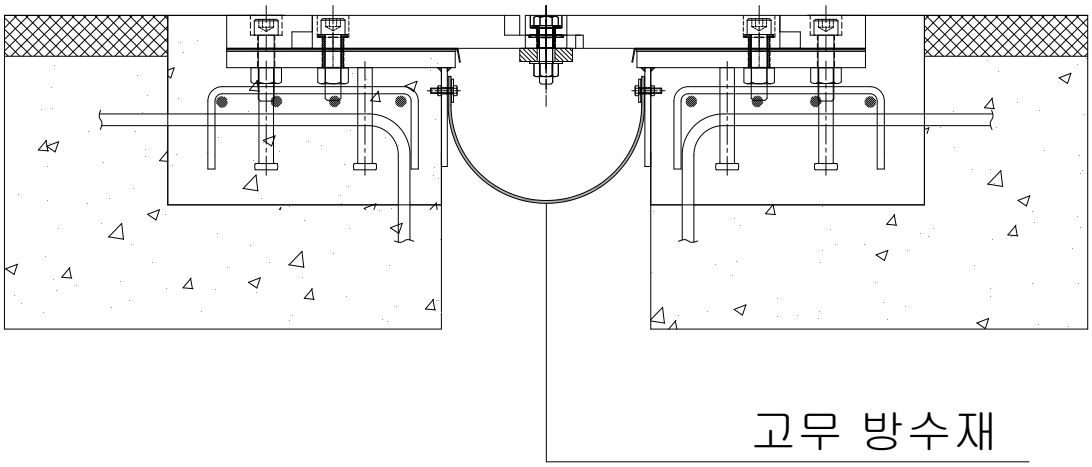
7. 개발품 현장 적용

개발품은 상부구조와 하부 구조로 구분 할수 있다 하부구조에는 서포트빔 등이 구성되고 있다. 아래는 개발품 구성도 이다.

링크　　상판　　하판

서포트빔　　베어링　　부반력 방지 장치　　이물질 방지판　　U형 배수로

개발품은 기존에 굴절형 신축이음장치가 사용하던 U형 고무 방수재를 사용하게 되면 서포트빔과 간섭이 생겨 새로운 배수 방법이 고안 되야 한다. 다음은 고무 방수재 개념도 이다.



위 그림과 같이 U 고무방수재를 사용 하면 서포트빔과 간섭이 생겨 신축거동에 문제가 생길 수 있다. 특히 U형 고무 방수재는 이물질이 퇴적되어 신축거동이 수행될 때 고무방수재가 아래로 터져 누수가 될수 있다. 본 과제에서는 이물질 방지판을 적용 하여 누수 방안을 해결 하였으며 이를 특허로 출원 및 등록 하였다. 등록 된 특허는 2016년 7월 현장에 적용 하였으며 현재 약 10개월간 운용 중이다. 다음 그림은 2016년 설치된 용담대교 현장이다 용담대교는 기존에 레일형 신축이음장치가 설치되어 운용되어왔지만, 이물질 퇴적, 강재 부식, 링크 파단 등 안전상 문제로 2016년 저소음 굴절형 신축이음장치로 교체 설치 되었다. 저소음 굴절형 신축이음장치는 신축량 700mm로 설치되었으며, 이물질 방지판을 구비하여 이물질 침투 방지를 한다. 방수성능은 이물질 방지판에서 1차적으로 방수되고 U 형 유도로를 통해 2차 방수 최종적으로 고무방수재를 설치하여 3차 방수를 수행한다. 다






용담대교 설치 전경




링크 하부 이물질 방지판 전경

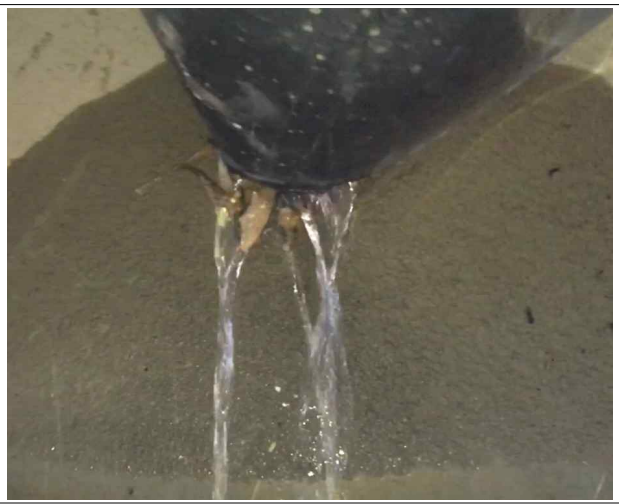
8. 개발품 현장 누수 테스트

신축이음장치는 누수가 빈번하게 발생된다 누수가 발생되면 신축이음 강재가 부식되기도 하고 하부로 침투하여 받침부 거더부를 부식시키기도 한다. 누수는 신축이음장치에서 발생 돼서는 안될 문제이지만 현재 까지 사용되고 있는 신축이음장치 대부분은 누수 발생이 많은 편이다. 본 개발품은 누수방지를 위해 1차적으로 이물질 방지판을 구비 하였으며 2차적으로 U형 배수로 3차적으로 이물질 방지판 하부 물끊기 홈을 구비하여 누수를 방지하였다. 개발품은 현장에 적용 하였으며. 적용된 현장에 누수 테스트를 수행하였다. 다음 사진은 누수테스트 전경이다.





우수 분사 장면



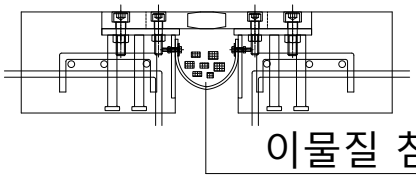


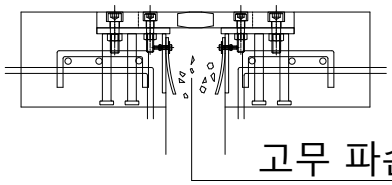
하부 배수 끝단부 장면

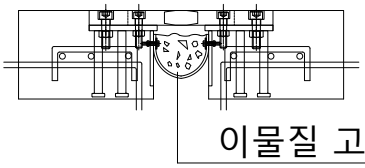
누수 테스트는 살수차를 이용하여 약 5분가량 진행되었으며 분사후 하부에 누수가 있는지 확인 하였다. 확인결과 모든 우수는 양끝단부로 정상 배수 되고 있었으며 누수는 없는 것으로 확인 되었다.

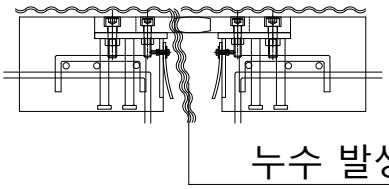
9. 개발품 이물질 테스트

신축이음장치의 이물질 침투는 내부에 이물질이 퇴적되어 신축 거동 시 고무 방수재 부분에 과다한 압력이 발생되며, 고무 방수재 경우 이물질 퇴적이 계속되면 파손으로 이어져 누수가 발생됨과 동시에 고무방수제 파손은 교량 하부에 이물질이 침투하여 교량받침, 교량거더 등의 손상과 함께 최종적으로는 교량의 공용수명감소로 이어진다. 다음은 이물질 퇴적으로 인한 신축이음장치 누수 메커니즘이다.

<table>
<tr><th colspan="4">이물질 퇴적으로 인한 신축이음장치 누수 메커니즘</th></tr>
<tr><td>1단계</td><td> 

- 공용중 이물질 침투</td><td>3단계</td><td> 

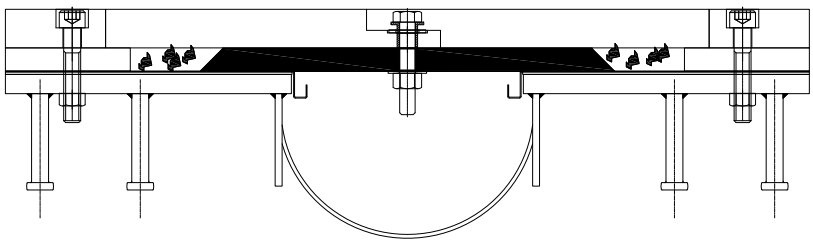
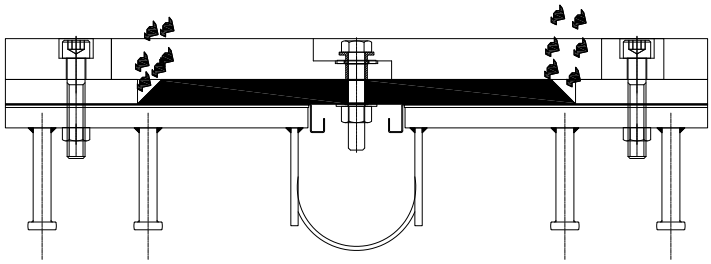
- 수축 신장시 고무 방수재 하부 방향으로 파손</td></tr>
<tr><td>2단계</td><td> 

- 장기간 퇴적 시 이물질 고형화</td><td>4단계</td><td> 

- 파손된 고무 방수재를 통해 누수 발생</td></tr>
</table>

위와 같이 이물질 퇴적은 신축이음장치에 문제를 일으킨다. 본과제에서 개발된 개발품은 이물질 방지판을 이용하여 이물질을 차단하며 이물질 방지판의 경사로를 이용하여 이물질을 일부 배출한다. 다음은 개발품의 이물질 방지 기능과 이물질 배출 기능 개념도 이다.

<table>
<tr><td>STEP1

표준
상태</td><td>  </td><td>공용중 이물질 투입
(비산먼지, 토사등)
이물질 방지판 이물질
차단</td></tr>
<tr><td>STEP2
수축
상태
(낮)</td><td>  </td><td>수축시 이물질 방지판의 <u>경사로를 통해 이물질 자연적으로 일부 배출</u></td></tr>
</table>

위 이물질 방지판이 구비된 신축이음장치는 현장에 적용 하여 검증중이며 현재도 계속 해서 모니터링 하는중이다. 다음은 용담대교에 적용한 이물질 팡지판 전경이며 6개월후 현장조사 젼경이다.

<table>
<tr><th colspan="2">굴절형 신축이음장치 용담대교 시공사진(2016년 4월) (신축량 700MM)</th></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>JHR-700 제품입고</td><td>이물질방지 강판 테이퍼 가공사진</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>상부와 링크 사이로 보이는
이물질 방지강판</td><td>시공완료</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">굴절형 신축이음장치 용담대교 설치후 6개월 경과 현장조사 (2016년 10월)</th></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">이물질 방지판은 하부로 유입되는 이물질을 완전 차단하는 것으로 확인
누수 및 기타 이상은 없는 것으로 확인</td></tr>
</table>

이물질 배출을 확인 하기 위해서는 축소형 모형을 제작하여 이물질 투입후 수작동 하여 이물질 테스트를 수행하였다. 다음은 이물질 테스트 전경이다.

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>이물질 투입</td><td>신축이음장치 수작동 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>신축이음장치 수작동 전경</td><td>신축이음장치 수작동 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>신축이음장치 수작동 전경</td><td>신축이음장치 수작동 전경</td></tr>
</table>

신축이음장치 수작동 결과 최초 이물질 방지판 주면에 꽉차있던 이물질들이 상부로 일부 배출 되었다.
이물질 방지판의 경사로는 일부 이물질 배출을 하는 것으로 확인 되었다.

10. 개발품 볼트 내구성 테스트

① 시험 기준

굴절형 신축이음장치는 링크의 회전으로 신축거동을 수용하며 링크의 회전 축은 볼트로 구성된다. 굴절형 신축이음장치에서는 링크와 링크를 연결하고 거동의 중심이 되는 볼트는 매우 중요한 부품이라 할 수 있다. 이런 굴절형 신축이음장치의 볼트는 이론적, 실험적 연구가 부족하며, 거동의 중심 축이되는 볼트의 신뢰성 확보를 위해 연구가 필요하다. 본 연구에서는 굴절형 신축이음장치에 대해서 실험적 검증을 수행 하였다. 시험 시편은 신축량 300mm 용량의 굴절형 신축이음장치를 구성하였다. 시편 볼트 내부에 볼트용 스트레인 게이지를 삽입하여 시험 시편을 구성하였다. 시험 시편은 KS F 4425 시험 방법으로 수축 신장시험 각 2500회, 수직피로반복시험 200만회를 수행하였으며. 볼트에 대한 피로강도를 국내 도로교설계기준과 비교 검토 하였다.
도로교설계기준 6.6.1. 피로에서는 공칭 피로강도는 다음과 같이 규정한다,

$$(\triangle F)_n = (\frac{A}{N})^{\frac{1}{3}} \geq \frac{1}{2}(\triangle F)_{TH} \qquad (1)$$

$$N = (365)(100)n(ADTT)_{SL} \qquad (2)$$

상세범주	상수, $A \times 10^{11}(MPa^3)$
축방향 인장을 받는 F8T 볼트	5.61
축방향 인장을 받는 F10T 볼트	10.3
축방향 인장을 받는 F13T 볼트	4.32

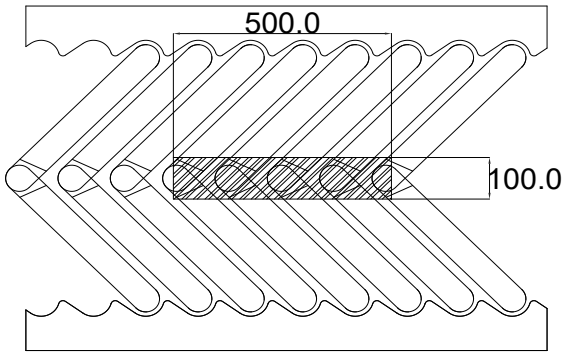
위표에서 에서 선택한 상수(MPa^3), n은 선택한 트럭 한 대 통과 시 발생하는 응력범위의 반복 회수,$(ADTT)_{SL}$ 규정한 한차로당 일평균 트럭 교통량, $(\triangle F)_{TH}$ 는 아래표에서 택한 일정 피로 진폭 한계값(MPa)이다.
식 (1)에서 여기서, A는 위표에서 선택한 상수(MPa^3), n은 선택한 트럭 한 대 통과 시 발생하는 응력범위의 반복 회수,$(ADTT)_{SL}$ 규정한 한차로당 일평균 트럭 교통량, $(\triangle F)_{TH}$ 는 아래표에서 택한 일정 피로 진폭 한계값(MPa)이다.
위 식에서 볼 때 일정피로진폭 한계값을 넘는 피로강도는 응력범위의 3제곱에 반비례한다. 즉, 만약 응력범위가 1/2로 감소된다면, 피로수명은 23배 만큼 증가한다는 것이다.
실험은 200만회 피로 반복을 수행하였으므로 N 에 200만을 적용하여 공칭 피로 강도를 구하면 다음표와 같다.

볼트	A	Stress Range(MPa)
F8T 볼트	5.61	65.5
F10T 볼트	10.3	80.2
F13T 볼트	4.32	60.0

상세범주	한계값(MPa)
축방향 인장을 받는 F8T 볼트	100
축방향 인장을 받는 F10T 볼트	110
축방향 인장을 받는 F13T 볼트	80

② 시험 방법

굴절형 신축이음장치의 평가 방법은 KS F 4425 신축이음장치 완제품 성능 시험방법으로 시험을 실시 하였다. 시험은 최소수축 시험, 최대신장 시험, 수직피로반복시험으로 총 3가지로 구성되며 각각의 조건은 다음과 같다.
수축 및 신장 시험은 시료를 너비 방향에 평행한 방향으로 하여 시료를 고정시켜 수축 신장시킨 후 100 이하의 속도로 하여 제시된 최소 신축량(수축) 및 최대 신축량(신장) 각각에서 신축량 1/3에 해당하는 신축량 만큼 변위를 갖도록 하여 각각 2500회를 반복 실행하여 시험을 실시 한다. 시험을 실시후에는 육안으로 변형, 파손등의 유무를 확인한다
피로 반복 시험은 시료를 고정시키고 최소 24.53, 최대 116.2의 하중을 가감하는 조작을 1사이클로 하여 3이하의 주파수로 200만회 시험한 후 시료의 이상 유무를 조사하며, 재하하중의 접촉 면적은 $510 \pm 10mm$ 이내 이어야 한다. 아래 그림은 하중 재하면 이다.



③ 시험 시편

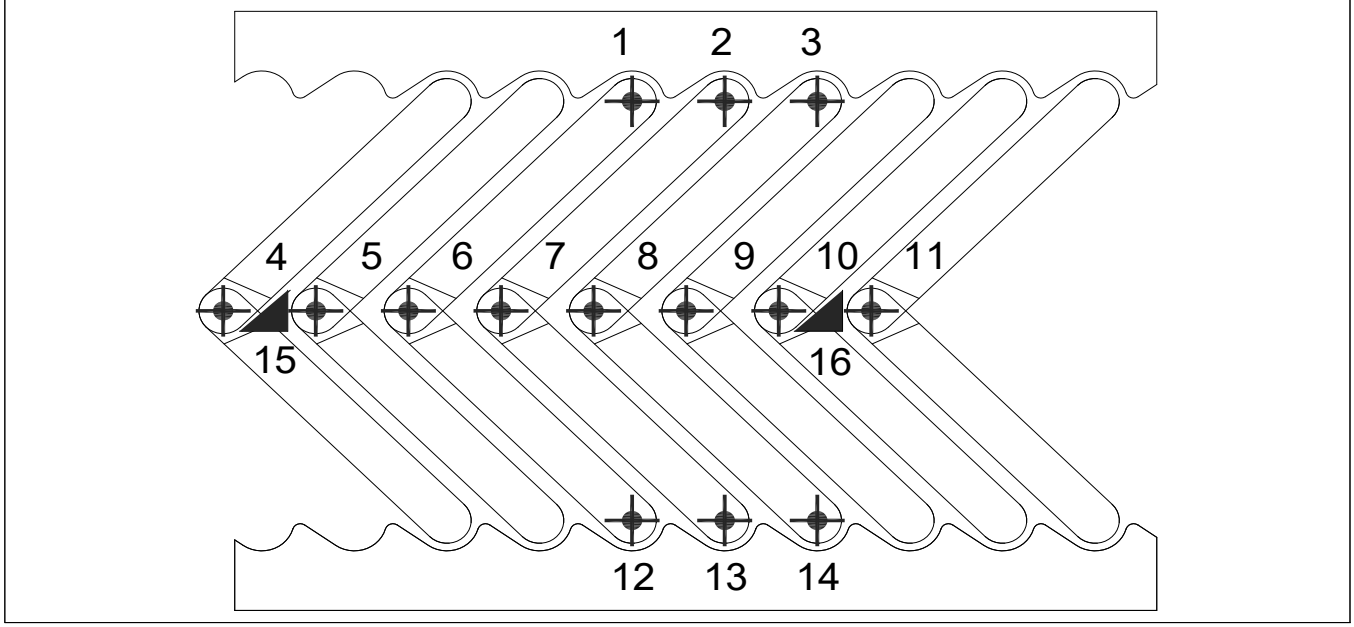
시험시편은 신축량 300mm의 굴절형 신축이음장치를1.2m폭으로 구성하여 제작 하였다. 볼트는 F10T, M20 볼트를 적용하였으며 너트는 2H높이 일반 너트를 적용하였다.링크는 총 16개의 링크로 구성된다. 링크는 길이 41cm, 두께5cm제작 되었으며 제질은 SM490B재료를 사용하였다. 하부판은 SS400을 사용하여 제작 하였다. 다음 그림은 시험 시편 전경이다.

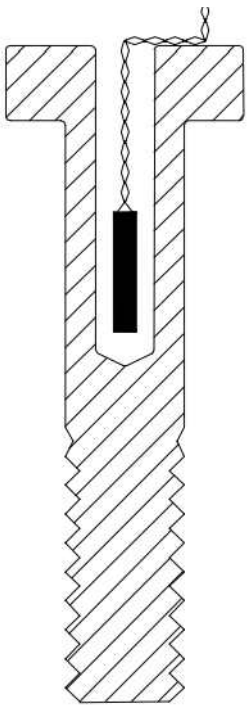


④ 센서 종류

굴절형신축이음장치 볼트의 변형률을 측정하기 위해 볼트전용 센서를 사용 하였다. 볼트 전용 센서는 볼트에 축방향으로 천공을 하여 천공구멍에 센서를 삽이하는 방법으로 설치가된다. 볼트를 삽입하기위한 볼트 천공 전경이다. 센서 설치위치는 링크가 만나는 중앙부에 8point 설치하고 링크가 고정되는 양쪽 측판부에 3point 설치를 하였다. 시험시편 하부에는 LVDT를 설치하여 신축이음 중앙부에 처짐을 측정 하였다.

번호	센서종류	위치
1~3	볼트용 스트레인게이지	링크 어깨부(좌)
4~11	볼트용 스트레인게이지	링크 중앙부
12~14	볼트용 스트레인게이지	링크어깨부(우)
15~16	LVDT	링크 중앙부

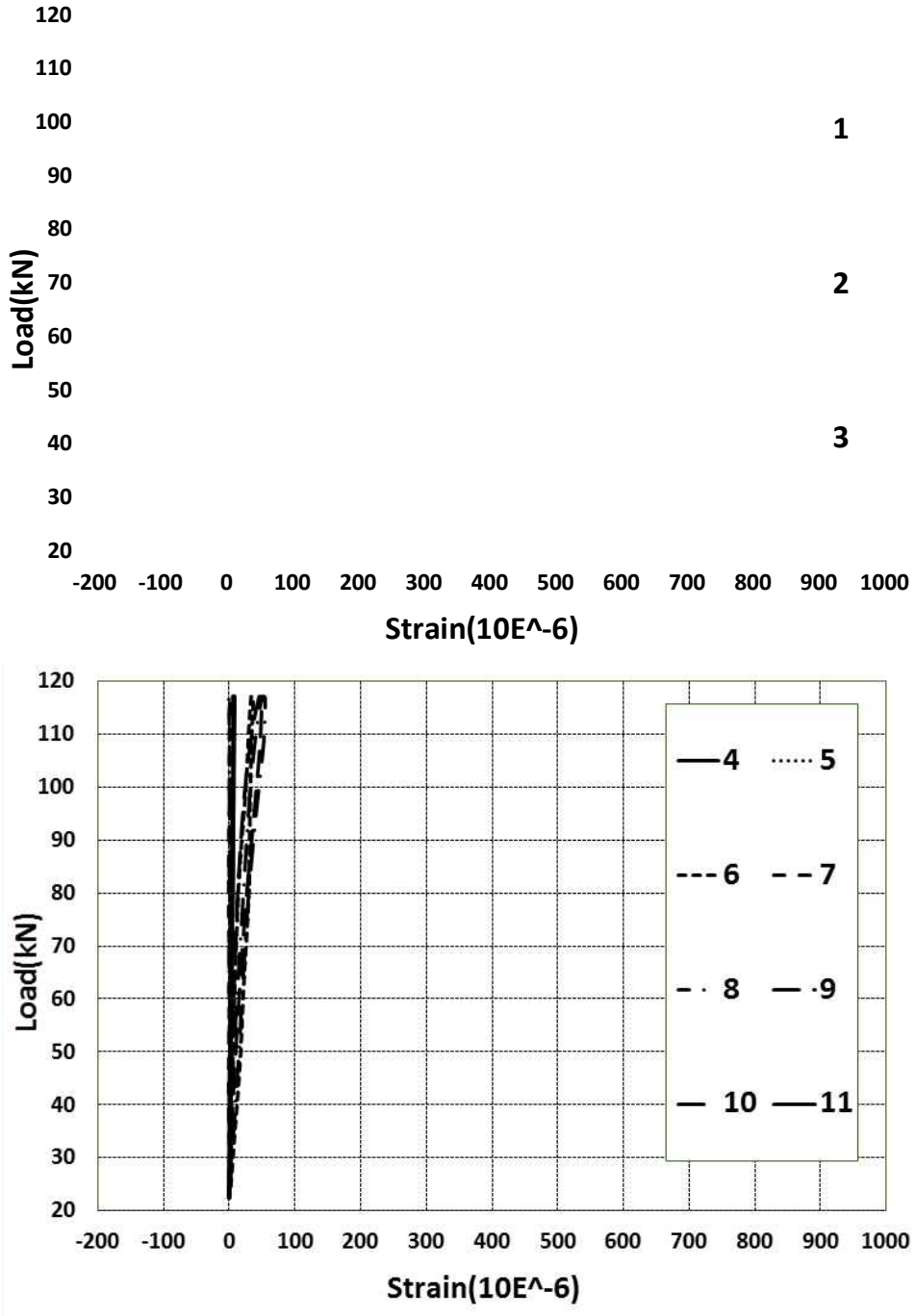




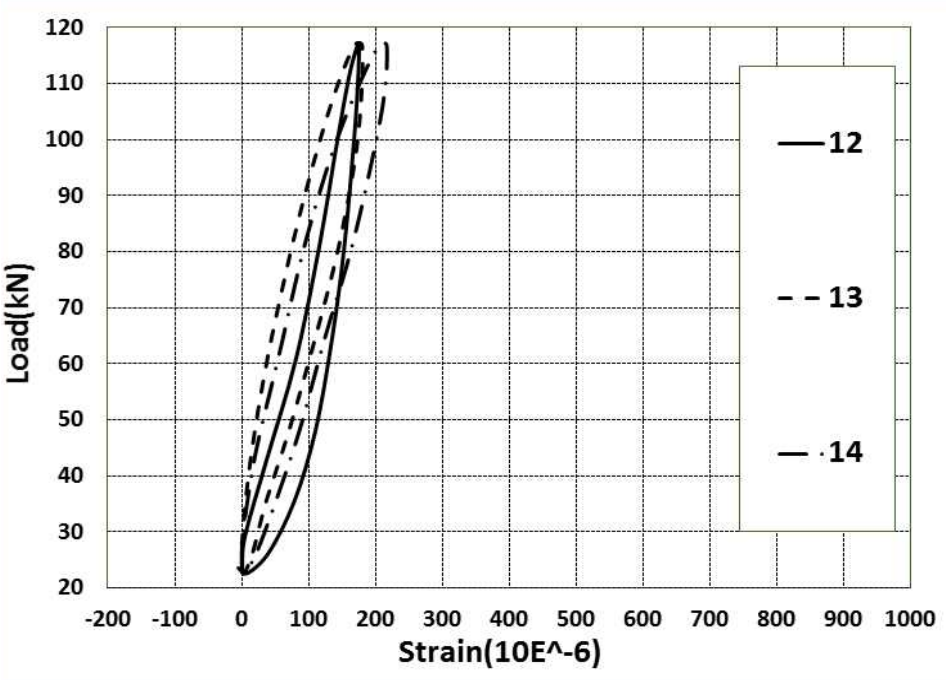


⑤ 시험 결과 및 분석

신축이음장치 반복하중을 200만회 재하한 후 변형률과 변위를 계측하였다. 계측후 1회, 1만회, 5만회, 10만회, 15만회, 25만회부터 5만회 단위로 시험 결과를 정리 하였다.



N1회 N200만회 변형률 분석

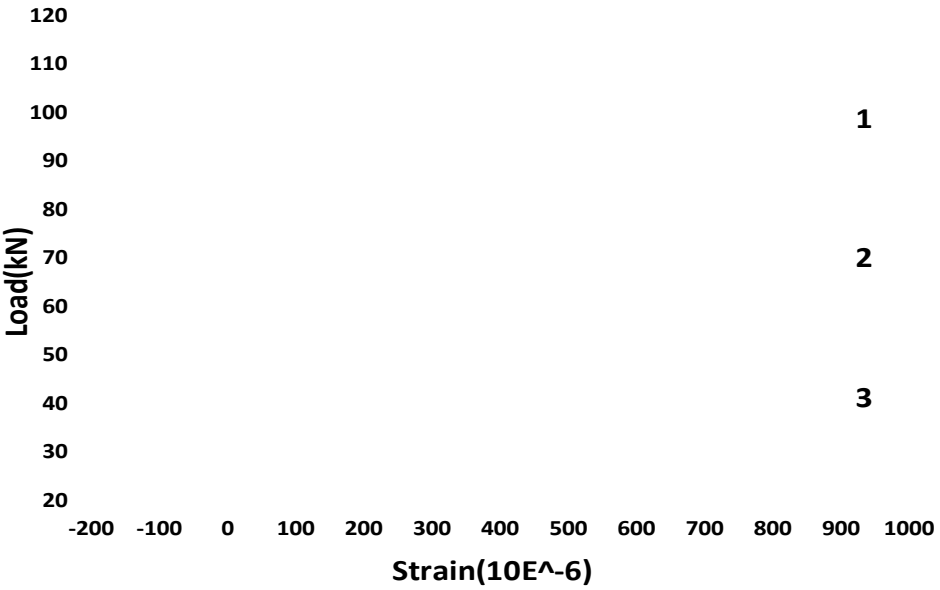


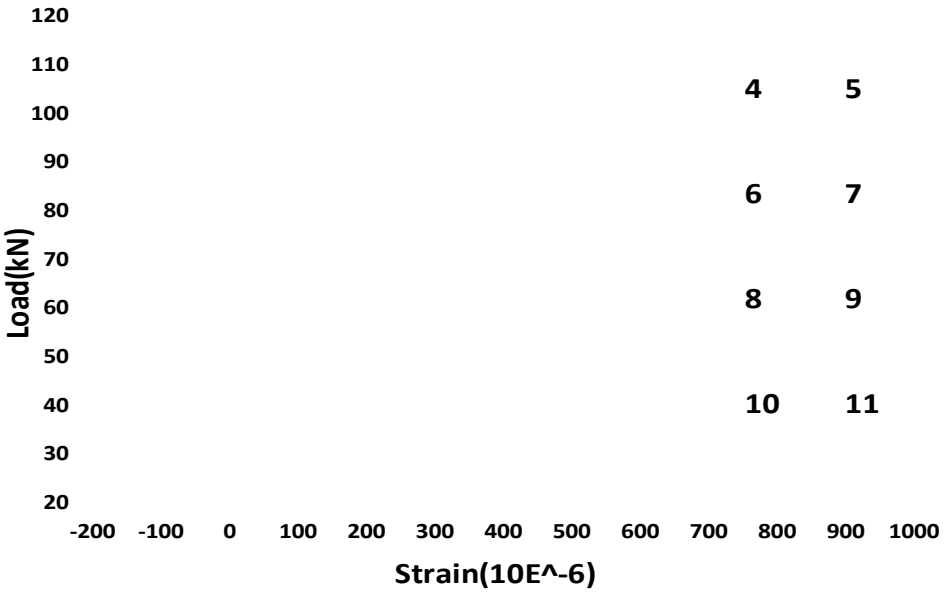
N1회 변형률 분석

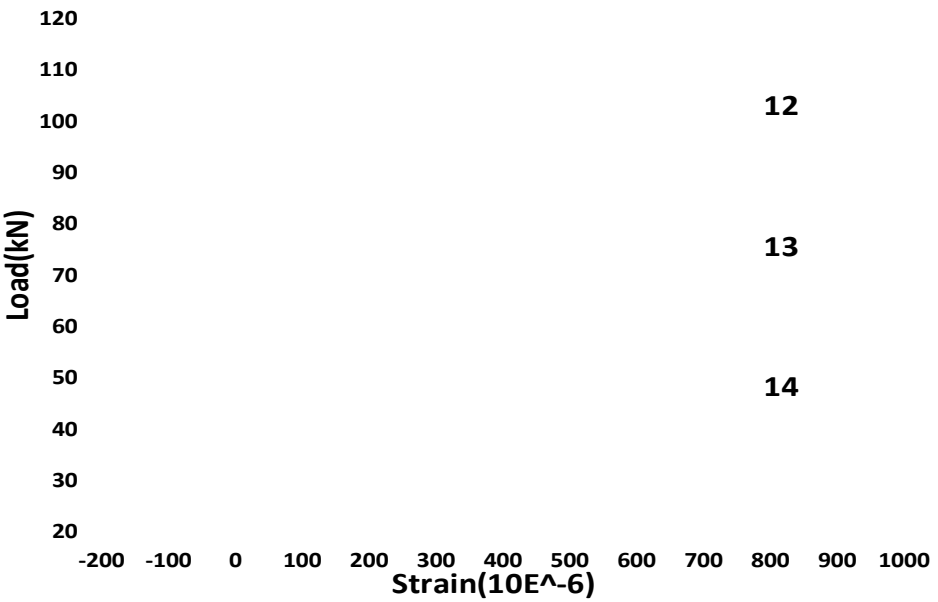
4~11의 센서는 링크연결부 볼트(중앙부)에 측정값이며 1,2,3,12,13,14는 링크와 하판을 연결하는 어깨부 볼트에서 측정된 값이다. 좌측 에서는 어깨부 볼트가 비선형탄성 거동하는 것을 확인 할 수 있으며 링크가 솟은 방향으로 변형률이 높게 나타남을 알 수 있다. 센서 중앙부 에서는 링크연결부(중앙부)에서는 변형률이 선형탄성 거동 하는 것으로 나타나며 변형률은 모든 볼트에서 비슷하게 나타나는 것으로 확인된다. 이는 링크하부에 연결된 보강대가 각각의 링크에 하중 분산효과를 발휘 한 것으로 사료된다.



링크 보강대 전경

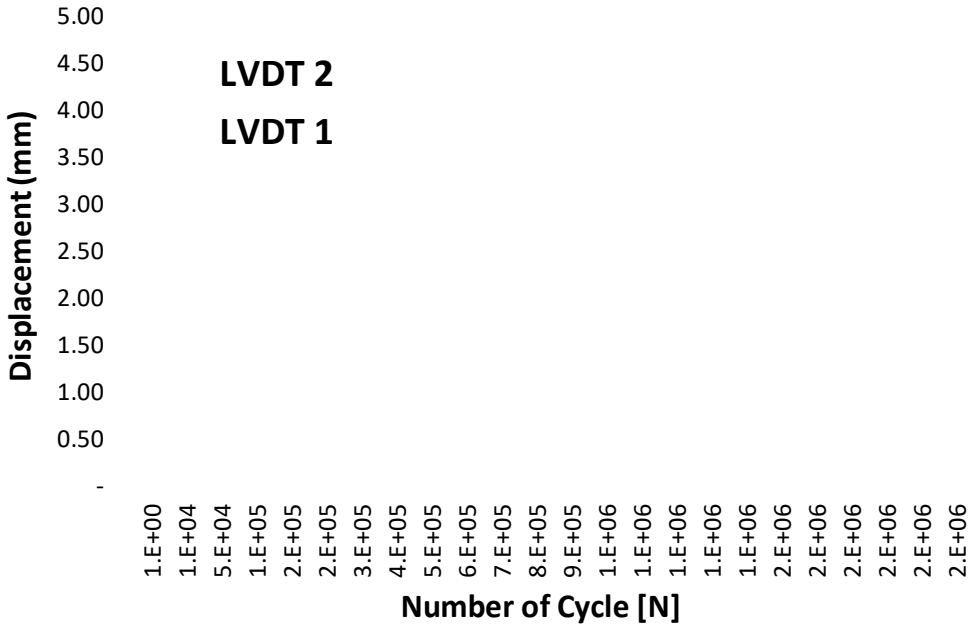






N200만회 변형률 분석

볼트 1~3 어깨부 볼트가 비성형 거동을 보이나. 탄성영역에서 거동하는 것으로 확인된다 N1회랑 비교하면 변형률의 진폭은 약간 커진 것으로 사료되나 탄성영역에서 거동하므로 볼트 피로 내구성은 문제가 없는 것으로 사료된다. 중앙부 볼트는 전반적으로 선형탄성 거동을 보이며 N1회랑 비교하면 변형률의 변화는 미소 한 것으로 사료된다. 12~14 볼트는는 어깨부 우측 볼트이다. 변형률은 비선 형 거동을 보이며 탄성영역에서 거동 되는 것으로 확인된다. N1회랑 비교 하면 변형률의 변화폭은 미소하게 증가 한 것으로 사료된다.



저소음 굴절형 신축이음장치 링크 연결부 하부에 설치된 LVDT를 이용하여 처짐량을 측정 결과 위 그래프와 같다. LVDT1은 15번 센서 이며, LVDT2는 16번 센서이다. LVDT2의 경우 가압되는 하중의 작용점에서 LVDT1보다 가까우므로 변위가 조금 더 발생 한 것으로 보인다. 전체 적으로 변위는 2mm 미만으로 미미 한 편이며. 피로반복하중에의한 변위 증가량도 0.5mm 미만으로 미미 한 것으로 사료된다. 반복횟수 증가량 추이를 살펴보면 100만회를 넘어가면서 변위의 증가량도 거의 없어 지는 것으로 사료된다.

⑥ 설계 기준에 의한 피로강도 평가

200만회에 대한 도로교 설계기준 공칭피로강도는 식(1) 에 대입하면 . 80.15 가 나온다. 계측에 의해 측정된 200만번째 변형률에 탄성계수를 곱하여 응력값으로 변환하여 설계기준 공칭 피로강도와 비교하면다음 다음 표와 같다.

번호	N=200만회측정응력 (MPa) ①	공칭피로강도 (MPa) ②	① ÷ ② ×100 (%)	위치
1	44	80.15	55	링크 어깨부(좌)
2	41	80.15	51	링크 어깨부(좌)
3	38	80.15	47	링크 어깨부(좌)
4	12	80.15	15	링크 중앙부
5	13	80.15	16	링크 중앙부
6	14	80.15	17	링크 중앙부
7	13	80.15	16	링크 중앙부
8	12	80.15	15	링크 중앙부
9	14	80.15	17	링크 중앙부
10	12	80.15	14	링크 중앙부
11	13	80.15	16	링크 중앙부
12	38	80.15	47	링크어깨부(우)
13	34	80.15	42	링크어깨부(우)
14	31	80.15	39	링크어깨부(우)

링크가 하판과 연결되는 어깨부는 공칭피로강도의 31~44%의 축방향 응력이 측정되었고 링크연결부(중앙부) 에서는 공칭피로강도의 14~17% 수준의 축방향 응력이 측정 되었다. 이는 굴절형 신축이음장치가 링크 중앙부에서는 축방향 응력이 어깨부에 비교하여 작게 발생하는 것으로 확인된다. 링크 중앙부 어깨부 모두 도로교설계기준에서 제시하는 공칭 피로강도를 200만회 기준으로 모두 만족 하고 있는 것으로 나타단다.

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

최종 목표

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		최종 성과점검기준		
					질적 성과지표		목표치
초장대 교량 적용 가능한 2500 mm급 저소음 80(dB) 신축 이음 장치 개발	A	국내외 제품 조사	A-1	국내 제품 조사 및 분석	①	건	건수 5
			A-2	해외 제품 조사 및 분석	②	건	건수 5
	B	신축이음 구조 계산서	B-1	서포트빔 최적단면	①	단면 검토	10개 단면
			B-2	연결링크 최적단면	②	단면 검토	10개 단면
			B-3	피로반복해석	③	피로 해석	200만회 피로해석
			B-4	부분별 해석	④	국부 해석	주요부제 해석
	C	시제품 제작	C-1	제품제작도작성	①	제작도	1식
			C-2	시제품 조립 완성	②	시제품	1식
	D	실내시험	D-1	수축인장 시험	①	수축인장	2500mm
			D-2	회전성능 시험	②	회전성능	1°
			D-3	횡변회 시험	③	수평변위	750mm
			D-4	피로반복 시험	③	피로도	200만회
			D-5	수직지지하중 시험	④	수직강도	극한 설계력
			D-6	방수 시험	⑤	누수	누수무발생
			D-7	이물질 시험	⑥	이물질	이물질배출
	E	시방서	E-1	시방서 작성	①	시방서	1식
			E-2	일위대가 작성	②	일위대가	1식
	F	표준도	F-1	표준도작성	①	표준도	1식
	G	홍보	G-1	브로셔	①	브로셔	1식
			G-2	모형제작	②	모형	1식
			G-3	전시회	③	전시회	1회
	H	특허	H-1	국내외 특허출원	①	특허출원	5건
	I	경제성검토	I-1	원가분석	①	원가분석	1식
	J	초장대교량 적용성 검토	J-1	주요부품 한계상태설계	①	설계1식	서포트빔설계1식
			J-2	회전변위 검토	②	검토1식	1식

구분	목표치	달성 여부	달성 내용
국내 제품 조사 및 분석	건수 5	달성	5건 달성
해외 제품 조사 및 분석	건수 5	달성	5건 달성
서포트빔 최적단면	10개 단면	달성	최적 단면 구조계산 작성
연결링크 최적단면	10개 단면	달성	최적 단면 구조계산 작성
피로반복해석	200만회 피로해석	달성	시험대체 800mm, 2500mm 시험 대체
부분별 해석	주요부제 해석	달성	구조계산서 작성
제품제작도작성	1식	달성	제작도 작성
시제품 조립 완성	1식	달성	시제품 조립 2회
수축인장 시험	2500mm	달성	수축신장 시험 수행
회전성능 시험	1°	달성	현장 적용 검증
횡변회 시험	750mm	달성	모형 제작 및 모형 테스트
피로반복 시험	200만회	달성	현장시험
수직지지하중 시험	극한 설계력	미달섵	시험실에서 위험성으로 수행안함
방수 시험	누수무발생	달성	현장적용후 테스트 수행
이물질 시험	이물질배출	달성	현장적용후 테스트 수행 및 모형 테스트 수행
시방서 작성	1식	달성	시방서 1식 작성
일위대가 작성	1식	달성	일위대가 1식 작성
표준도작성	1식	달성	표준도 작성
브로셔	1식	달성	국문, 영문, 러시아, 아랍어 1부 식 제작
모형제작	1식	달성	대형 모형, 이동식 모형 제작
전시회	1회	달성	국제 전시회 1회, 국내 전시회 3회
국내외 특허출원	5건	달성	특허 출원 3건 등록 2건
원가분석	1식	달성	원가 분석 수행
주요부품 한계상태설계	서포트빔설계1식	달성	계산서 작성
회전변위 검토	1식	달성	현장 적용후 검토

2. 관련 분야 기여도

- 연구가 부족한 신축이음장치에 대한 연구

국내에서 신축이음장치에 대한 연구는 많지 않은 실정이다. 신축이음장치는 교량의 2차 부재로 간주되어 설계 시에 받침이나, 상부구조, 하부구조, 기초 등에 비교할 때 비교적 중요하게 판단 되지 않는 것으로 판단된다. 하지만 신축이음장치는 교량의 유지관리 비용중에서 가장 큰비용을 차지 한다. 이유는 잦은 파손으로 인해 교체 되기 때문이다. 이처럼 신축이음장치는 사회적으로 많은 비용을 부담하게 때문에 신축이음장치에 대한 연구가 진행되어 사회적 비용을 절감 할 도록 해야할 필요가 있다. 본연구에서는 이물질방지판 특허를 출원 및 등록하여 신축이음장치의 수명을 높이고자 연구 하였으며 이는 사회적으로 매우 유익한 연구가 될 수 있다.

- 장대교량 신축이음장치 국내 연구 미비

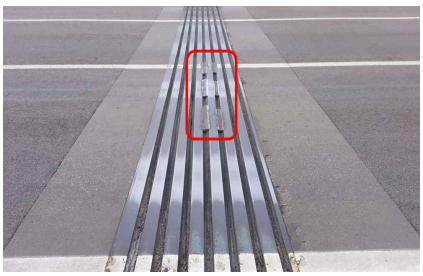
국내에서 장대교량은 서해대교를 시작으로 현재까지 많은 장대교량이 건설 되었으며 최근에는 이순신대교를 설계 시공하여 세계에서 6번째로 현수교 자립국으로 발돋움 했다. 그러나 장대교량의 부자재인 신축이음장치는 2017년인 현재까지 국내기술이 미비한 실정이며 대부분의 국내 장대교량에는 외산 제품이 적용되었다. 다음 표는 국내 장대교량 신축이음장치 적용 현황을 나타낸 것임.

교량명	형식	주경간장	제조국	교량명	형식	주경간장	제조국
이순신대교	현수교	1545	(독일)	거가대교2P	사장교	475	(스위스)
울산대교	현수교	1150	(스위스)	거가대교3P	사장교	230	(스위스)
적금대교	현수교	850	(독일)	마창대교	사장교	400	(스위스)
남해대교	현수교	404	(스위스)	북항대교	사장교	540	(독일)
영종대교	현수교	300	(스위스)	삼천포대교	사장교	230	(독일)
광안대교	현수교	500	(스위스,독일)	인천대교	사장교	800	(스위스)

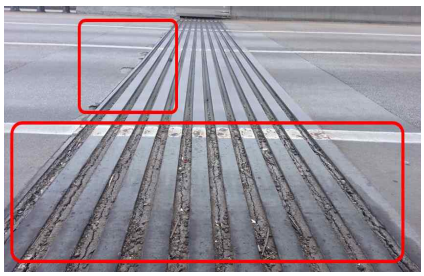
- 장대교량 신축이음장치의 미래

교량의 공용수명은 100년을 목표로 하지만 신축이음장치는 20년 이상 사용하기 어려운 실정이며, 다음 그림은 서해대교 신축이음장치 2015년 조사 전경이다.

현재 국내 장대교량에 설치된 신축이음장치는 서해대교를 시작으로 내구수명이 다하는 중이며, 가까운 시일에 서해대교 등 장대교량의 신축이음장치 보수시장이 시작될 것으로 사료되며, 국내에서 이에 맞는 기술을 확보하는 것이 중요하다고 판단됨.



신축고무 파손 및 부분보수



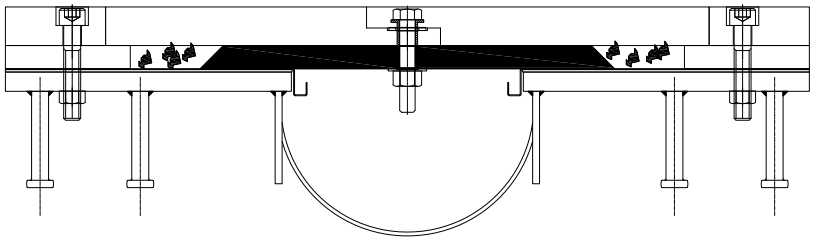
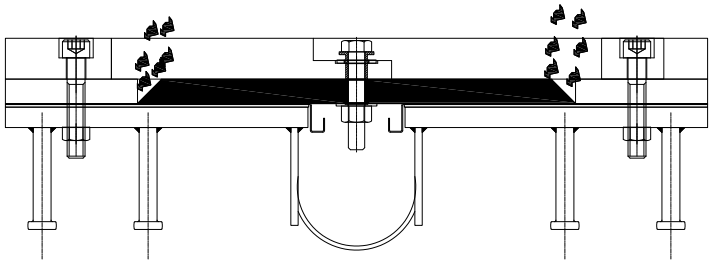
이물질 퇴적, 후타 콘크리트 파손



미끄럼 PTFE 탈락

- 이물질을 차단 및 배출 하는 신축이음장치 개발

신축이음장치의 이물질 침투는 내부에 이물질이 퇴적되어 신축 거동 시 고무 방수재 부분에 과다한 압력이 발생되며, 고무 방수재 경우 이물질 퇴적이 계속되면 파손으로 이어져 누수가 발생됨과 동시에 고무방수제 파손은 교량 하부에 이물질이 침투하여 교량받침, 교량거더 등의 손상과 함께 최종적으로는 교량의 공용수명감소로 이어짐.
한편 한국도로공사『재난안전처-1721, 2016.05.26.』보고서에 따르면 배수로내 이물질이 퇴적되어 신축이음장치를 조기 교체하는 사례가 빈번히 발생되고 있다고 보고가 되고 있으며, 신축이음장치 이물질 침투에 대한 대책으로 연 1회에서 2회정도 청소를 하고있는 실정임.
신축이음장치 교량 1개소에 대한 청소비용은 200만원에 비용이 발생되는 것으로 보고되고 있으며, 이러한 청소비용은 국가적 예산 낭비로 볼 수 있으며, 신축이음장치 이물질 차단에 대한 대책이 강구 된다면 낭비되는 예산을 줄일 수 있을 것으로 사료됨.
따라서 본 과제에서는 이물질을 방지하기 위해 이물질 차단 가능한 강철판으로 구성된 이물질 방지 신축이음장치를 개발하고자 하여 연구됨.

STEP1 **표준 상태**		공용중 이물질 투입 (비산먼지, 토사등) 이물질 방지판 이물질 차단
STEP2 **수축 상태 (낮)**		수축시 이물질 방지판의 **경사로를 통해 이물질 자연적으로 일부 배출**

- 노후 신축이음 교체 시 단시간 보수 및 부분통제

장대교량에 적용되는 레일형 신축이음장치의 교체시에는 교통통제를 해야 하며, 신속한 보수가 이루어져야 함. 그러나 부분통제가 가능은 시제품은 블록 아웃의 크기를 30%이상 줄여 블록아웃 깨기, 설치 등에서 매우 신속한 설치가 가능 할 것으로 사료됨에 따라 교통통제 시간 단축 효과는 사회 전반적으로 경제적 효과를 가져올 것으로 기대됨.

- 해외 수출 기대효과

본 과제에서 개발될 신축이음장치는 선진국인(스위스, 독일, 미국)등에서 생산되는 신축이음장치보다 우수한 점이 있다고 판단되며, 이는 향후 국내외 검증 이후 해외 수출까지 기대를 할 수 있을 것으로 사료됨.

- 건설기술 글로벌 선진화 및 부품 기술 확보

그동안 선진국에 비해 부족했던 교량 부품분야의 선진화를 이룰 것으로 판단되며, 향후 해외 건설시장에서 부진 하고 있는 국내 건설 기술을 한단계 도약, 상승효과 기대, 글로벌 시장에서 에서 매우 경쟁력 있는 부품 기술을 확보할 것으로 판단됨.

제5장. 연구개발성과의 활용계획

1. 활용방안

본 과제를 통해 개발된 장대교량용 신축이음장치는 지지빔(서포트빔)제거, 도로운송, 부분보수, 경량화, 경제성 확보로 경쟁품 대비 시장에서 유리할 것으로 판단되며 향후 보수시장의 확대로 시장성은 높다고 판단됨.

- 국내외 신설 건설 시장

본 과제를 통해 개발될 개발품은 국내외 건설 시장에서 여러가지 장점으로 적용될 수 있다고 판단됨.

- 국내 보수 시장 교량 현황

본 과제를 통해 개발될 개발품은 보수성의 용이함으로 보수시장에서 매우 경쟁력이 높다고 판단됨.

도로구분명	교량길이 500~1000m	교량길이 1000m이상	합계
고속국도	332	78	410
일반국도	152	28	180
특별광역시도	66	60	126
국가지원지방도	22	7	29
지방도	32	3	35
시도	30	6	36
군도	9	2	11
구도	0	1	1
계	643	185	828

국내 장대교량현황은 위와 같으며 본 과제 개발품은 레일 및 기타 신축이음장치 대비 경쟁력이 높다고 판단된다.



2. 기대효과

○ 기술적 측면

- 이물질 차단으로 인해 신축이음장치 내구수명 증대효과

신축이음장치는 교량의 유지보수 분야 중 많은 비용이 발생하는 데 신축이음장치의 내구수명이 증가 할 경우 예산의 절감효과를 가져올 것으로 보이며, 사회에 간접적으로 경제효과를 가져다 줄 것으로 기대됨.

신축이음형식	수량 (개소)	교체시기 (년)		
		평균	최대	최소
Rail	76	11.8	19	1
TransFlex	25	11.9	28	5
Monocell	17	11.1	24	9
Finger	11	11.1	19	9
대표적인 신축이음장치의 교체 시기(한국도로공사 2013)				

○ 사회적 측면

- 노후 신축이음 교체 시 단시간 보수 및 부분통제

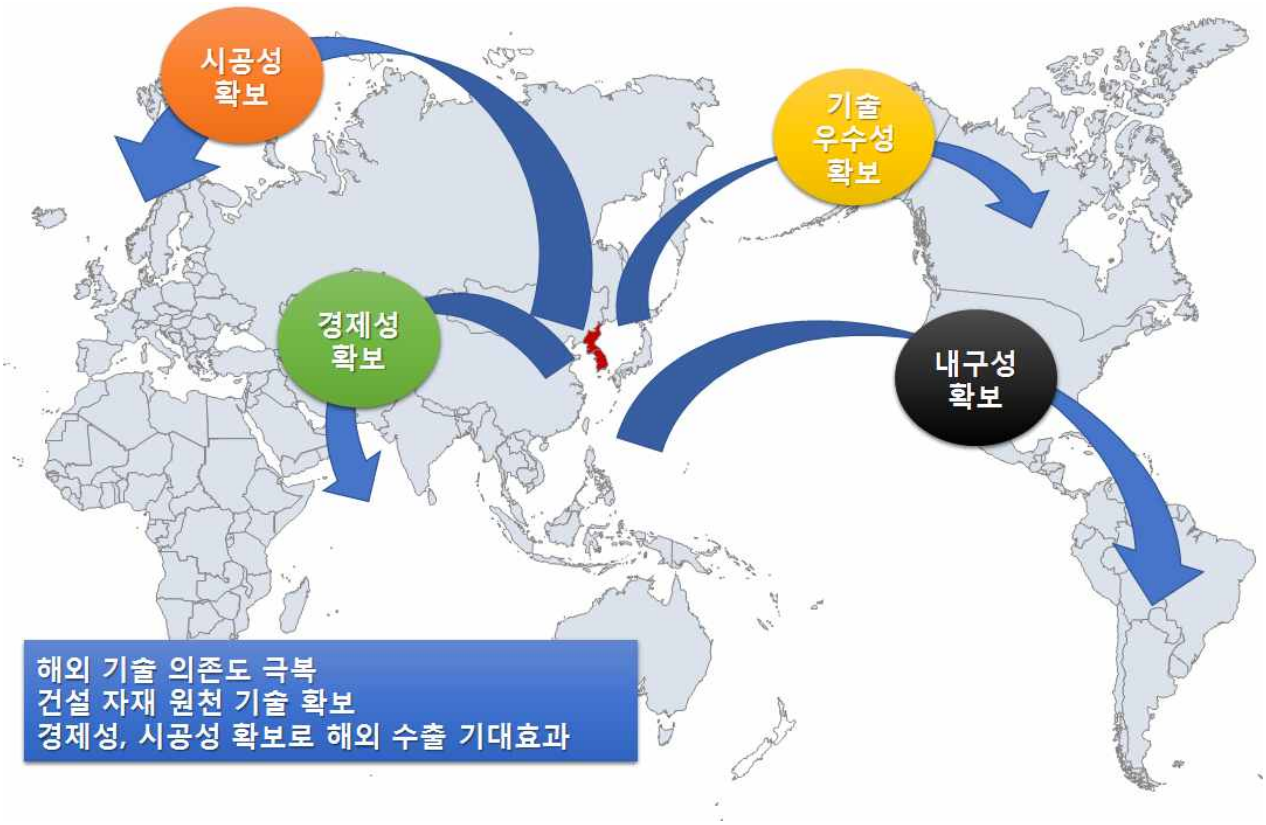
장대교량에 적용되는 레일형 신축이음장치의 교체시에는 교통통제를 해야 하며, 신속한 보수가 이루어져야 함. 그러나 부분통제가 가능은 시제품은 블록 아웃의 크기를 30%이상 줄여 블록아웃 깨기, 설치 등에서 매우 신속한 설치가 가능 할 것으로 사료됨에 따라 교통통제 시간 단축 효과는 사회 전반적으로 경제적 효과를 가져올 것으로 기대됨.

- 해외 수출 기대효과

본 과제에서 개발될 신축이음장치는 선진국인(스위스, 독일, 미국)등에서 생산되는 신축이음장치보다 우수한 점이 있다고 판단되며, 이는 향후 국내외 검증 이후 해외 수출까지 기대를 할 수 있을 것으로 사료됨.

- 건설기술 글로벌 선진화 및 부품 기술 확보

그동안 선진국에 비해 부족했던 교량 부품분야의 선진화를 이룰 것으로 판단되며, 향후 해외 건설시장에서 부진 하고 있는 국내 건설 기술을 한단계 도약, 상승효과 기대, 글로벌 시장에서 에서 매우 경쟁력 있는 부품 기술을 확보할 것으로 판단됨.


시공성
확보
기술
우수성
확보
경제성
확보
내구성
확보
해외 기술 의존도 극복
건설 자재 원천 기술 확보
경제성, 시공성 확보로 해외 수출 기대효과

3. 사업화 계획

○ 전시 홍보 활동 계획

-국내 전시회

기간	전시회 명칭	전시회 주최기관	전시품목
2017.10	CIVIL EXPO	대한토목학회	개발품외 일반품
2017.11	도로교통박람회	한국도로협회	개발품외 일반품

-해외 전시회

기간	전시회 명칭	전시회 주최기관	전시품목
2017.10	IRF	국제도로연맹	개발품외 일반품
2018.04	IBASE	IBASE	개발품

○ 학술 논문 활동 계획

기간	학회명	구분	내용
2017.10	대한토목학회	학술발표	저소음 굴절형 개발내용
2017.04	강구조학회	학술발표	장대교량용 신축이음장치 개발내용

○ 언론 활동 계획

기간	기관	구분	내용
2017~	건설경제 신문	제품 관련 기사	개발품의 현장 적용 기사 등
2017~	각종 학회지	제품 관련 기술 기사	개발품 현장적용후 개선사항 기사등

○ 발주처 직접 영업 계획

기간	기관	구분	내용
2017~	한국도로공사	담당자 방문 영업	제품 설명 및 홍보
2017~	국토부 각 국토관리청	담당자 방문 영업	제품 설명 및 홍보
2017~	국토부 각 국도유지사무소	담당자 방문 영업	제품 설명 및 홍보
2017~	지자체	담당자 방문 영업	제품 설명 및 홍보

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

1. 해외 보고서

- NCHRP REPORT 402 Fatigue Design of Modular Bridge Expansion Joints

CONTENT

1 SUMMARY
3 CIIAPTER 1 Introduction and Research Approach
1.1 Problem Statement, 3
1.2 Overview of NCHRP Project 12-40,4
1.3 Organization of the Report, 5
6 CHAPTER 2 Findings
2.1 Discussion of Factors Affecting the Performance of MBEJs, 6
2.1.l Construction-Related PerformanceFactors, 6
2.1.2 Durability of Elastomeric Cornponents, 7
2.1.3 Fatigue Resistance of the Structural Components, 9
2.1.4 Perfomance Factors Related to Loads and Dynamic Response, 12
2.2 Field Tests, 18
2.2.1 Review of Previous Field Testing, 18
2.2.2 Description of Field Test Sites and MBEJs, 19
2.2.2.1 Charter Oak Bridge, 20
2.2.2.2 Lacey V. Murow Bridge,20
2.2.2.3 I-90/I-5 HOV Structu¡e,22
2.2.2.4 I-7 0 lI-25 Flyover Ramp Interchange, 22
2.2.3 Field Test Instrumentation, 22
2.2.4 Procedures and Results of the Field Tests, 24
2.2.4.1 Static Calibration Tests Using Hydraulic Jacks, 25
2.2.4.2 Controlled Static Truck Tests, 28
2.2.4.3 Controlled Dynamic Truck Tests and Dynamic Amplification, 34
2.2.4.4 Uncontrolled Dynamic Tests, 44
2.2.5 Summary of Field Test Findings, 47
2,3 Laboratory Static Tests, 47
2,3.1 Static Test Procedures, 48
2.3.1.1 Description of Complete-Assembly Static Tests, 48
2.3.1 .2 Description of Subassembly Static Tests, 49
2.3.1.3 Laboratory Test Instrumentation, 50
2.3.2 Complete-Assembly Static Test Results, 50
2.3.2.1 Effect of Axle Load, 50
2.3.2.2 Effect of Centerbeam Gap, 51
2.3.2.3 Effect of Tire Pressure, 52
2.3.2.4 Effect of Centerbeam Height Mismatch, 54
2.3.3 Subassembly Static Test Results, 54

2.4 Laboratory Fatigue Tests, 56
2.4.1 Fatigue Test Procedures, 56
2.4.2 Fatigue Test Results, 58
2.4.2.1 Single-Support-Bar Fatigue Tests, 58
2.4.2.2 Multiple-Support-Bar Subassembly Fatigue Tests, 60
68 CHAPTER 3 Interpretation, Appraisal, and Applications
3.1 Development ofthe Proposed Specification, 68
3. 1 . 1 Fatigue-Limit State Axle Load, 69
3.1.2 Distribution of the Load to Centerbeams (Distribution Factor),71
3. 1.3 Impact Factor for Vertical Load,73
3.1.4 Horizontal Load Component, 74
3.1.5 Guidance on Structural Analysis, T5
3.1.6 Guidance on Detailing, 76
3.1.7 Guidance on Fatigue Resistance, 76
3. 1.8 Development of the Fatigue Test Procedure, 76
3.1.9 Proposed Requirements for Elastomeric Parts, 78
3. 1. 10 Summary of the Tradeoffs in the Proposed Specification, 79
3.2 Impact of the Proposed Specification, 79
80 CHAPTER 4 Conclusions and Suggested Research
4.1 Conclusions, 80
4.2 Suggested Research, 80

NCHRP REPORT 467 Performance testing for modular bridge joint systems

1 SUMMARY
3 CHAPTER 1 Introduction and Research Approach
1.1 Modular Bridge Joint Systems Description and Use, 3
1.2 Problem Statement, 4
1.3 Overview of NCHRP Project 10-52, 7
1.4 Organization of the Report, 8
9 CHAPTER 2 Findings
2.1 Performance Factors, 9
2.1.1 Whole Life Cost, 10
2.1.2 Service Life, 11
2.1.3 MBJS and Bridge Design, 11
2.1.4 Installation, 14
2.1.5 Metallic Components, 18
2.1.6 Elastomeric Components, 18
2.1.7 Anchorage System, 21
2.1.8 Traffic and Snowplow Damage, 23
2.1.9 Maintenance and Serviceability, 24
2.2 Laboratory Tests, 25
2.2.1 Relationship Between Performance Factors and Laboratory
Tests, 25
2.2.2 Test Specimens, 26

2.2.3 Opening Movement Vibration (OMV) Test, 27
2.2.4 Seal Push Out Test, 44
48 CHAPTER 3 Interpretation, Appraisal, and Applications
3.1 Materials, Fabrication, and Construction Guidelines, 48
3.1.1 Development of the Proposed Guidelines, 48
3.1.2 Impact of the Proposed Guidelines, 49
3.2 Prequalification and Performance Tests, 49
3.2.1 Development of the Proposed Tests, 49
3.2.2 Impact of the Proposed Requirements, 51
52 CHAPTER 4 Conclusions and Suggested Research
4.1 Conclusions, 52
4.2 Suggested Research, 52
53 REFERENCES
A1 APPENDIX A Recommended Performance Test Specifications for Modular Bridge Joint Systems
B1 APPENDIX B Materials, Fabrication, and Construction Guidelines for Modular Bridge Joint Systems and Strip Seal Bridge Joint Systems
C1 APPENDIX C Anchorage Design Example

제7장. 연구개발성과의 보안등급

본 과제는 일반적인 내용으로 일반으로 설정 한다.

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호
-	-	-	-	-	-	-	-	-

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

본 과제는 연구실에서 위험한 실험등의 행위가 없음

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	특허 출원	교량용 신축이음장치	진형 건설(주)	발명	대한민국	-	2015.09.15	-	-
2	특허 출원	메달기방식의 신축이음장치 및 그 설치 방법	진형 건설(주)	발명	대한민국	-	2016.08.19	-	-
3	특허 등록	교량용 신축이음장치	진형 건설(주)	발명	대한민국	-	2016.04.01	-	-
4	특허 등록	메달기방식의 신축이음장치 및 그 설치 방법	진형 건설(주)	발명	대한민국	-	2017.03.23	-	-
5	PCT 출원	교량용 신축이음장치	진형 건설(주)	발명	전세계	-	2016.09.08	-	-
6	학술 발표	다경간 굴절형 신축이음장치 개발	진형 건설(주)	저자 발표	대한민국	-	2017.02.07	-	-
7	논문	굴절형 신축이음장치 피로 내구성평가	진형 건설(주)	저자	대한민국	-	2017.07	-	-

제11장. 기타 사항

-

제12장. 참고 문헌

-

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.