2. 제출문

제 출 문

국토교통과학기술진흥원 귀하

'교통사고 사망률 저감과 재활용이 가능한 공인 ET2 등급의 단부처리시설물 개발'(연구개발 기간 : 20 15. 4 . 27 ~ 2017 . 4. 26) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2017. 6. 1.

주관연구기관명 : ㈜케이에스아이 (대표자) 채 종 술 (인)
위탁연구기관명 : 한국생산기술연구원 (대표자) 이 성 일 (인)

주관연구기관책임자: 박원균 이사
위탁연구기관책임자: 김기풍 박사

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>16TBIP-C093022-02</td><td>해당 단계 연구 기간</td><td>2015.04.27.~2017.04.26</td><td>단계구분</td><td>2/2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">국토교통기술사업화 지원사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">중소기업 기술보유</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4">대과제가 있을 경우 기재합니다(단위과제일 경우에는 아래에 기재합니다)</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">교통사고 사망률 저감과 재활용이 가능한 공인 ET2 등급의 단부처리시설물 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">박원균</td><td>해당단계 참여 연구원 수</td><td>총: 7 명
내부: 7 명
외부: 명</td><td>해당단계 연구개발비</td><td>정부: 225,000 천원
기업: 158,000 천원
정부 외: 천원
계: 383,000 천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간 참여 연구원 수</td><td>총: 10 명
내부: 10 명
외부: 명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부: 452,000 천원
기업: 316,000 천원
정부 외: 천원
계: 750,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소속 부서명</td><td colspan="2">㈜케이에스아이 / 기술개발부</td><td colspan="2">참여기업명</td><td></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td><td></td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="2">연구기관명:한국생산기술연구원</td><td colspan="2">연구책임자: 김기풍 박사</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">새로운 디자인의 단부처리시설 내외장 구조 디자인기술 개발.
차량 충돌 시 충격량 흡수를 극대화하는 충격 흡수 메커니즘 디자인 개발.
단부처리시설 구조의 성능평가를 위한 차량충돌 시뮬레이션 기법 개발.
심미성과 시인성 확보를 위한 단부처리시설 외형 디자인.
국내 공인 인증 실물충돌테스트를 통한 성토부 구간 기준 ET1과 ET2등급 획득.
양방향 대칭으로 제작하여 힘이 분산되지 않고 충격흡수력이 높은 단부처리시설물 개발.
교통 사고 방지와 차량 승객의 보호 기능을 향상시킨 단부처리시설물 설계 기술 개발.
단부처리시설물의 국내 설계 기술을 통한 사업화 제품 개발.</td><td colspan="3">66페이지</td></tr>
</table>

4. 국문 요약문

연구의 목적 및 내용	새로운 디자인의 단부처리시설 내외장 구조 디자인기술 개발. 차량 충돌 시 충격량 흡수를 극대화하는 충격 흡수 메커니즘 디자인 개발. 단부처리시설 구조의 성능평가를 위한 차량충돌 시뮬레이션 기법 개발. 심미성과 시인성 확보를 위한 단부처리시설 외형 디자인. 국내 공인 인증 실물충돌테스트를 통한 성토부 구간 기준 ET1과 ET2등급 획득. 양방향 대칭으로 제작하여 힘이 분산되지 않고 충격흡수력이 높은 단부처리시설물 개발. 교통 사고 방지와 차량 승객의 보호 기능을 향상시킨 단부처리시설물 설계 기술 개발. 단부처리시설물의 국내 설계 기술을 통한 사업화 제품 개발.
연구개발성과	시뮬레이션을 통한 구조 검토 및 사전 성능평가. 단부처리 시설물의 기본 성능 만족을 위한 제품 구조 설계 기술 개발 차량 충돌 시 충돌 에너지 흡수 극대화 하는 최적의 디자인을 제작. 파편 비산 최소화와 재활용률을 극대화하기 위한 구조재 및 충격 흡수체 선정 충격흡수체 및 구조재에 대한 사전 성능 평가 기술 개발 지주의 분리되는 구조와 레일의 연결 구조로 인해 차량 충돌시 밀림작용에 의해 브레이크가 되면서 충격을 완화시키는 디자인으로 제작. 심미성과 시인성 확보를 위한 단부처리시설 외형 디자인 부분 파손시 유지 보수가 용이하도록 디자인. 실차 충돌시험을 통한 ET1통과가 가능한 실차 테스트 제품 개발. 실차 충돌시험을 통한 ET2통과가 가능한 실차 테스트 제품 개발. 디자인 6건 등록 및 특허 출원 2건 ET1 시험을 위한 시제품 개발 2건 완료 ET2 시험을 위한 시제품 개발 2건 완료 ET1 교통안전공단 시험 통과한 시험성적서 완료 ET2 교통안전공단 시험 통과한 시험성적서 완료
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	활용계획 사업 기간 중 관련 특허 출원 및 등록 사업 종료 후, 1년이내 양산 제품 디자인 및 개발 완료 제품 개발 후 국내 판매 실시 규격인증을 통과한 신개발품을 주요 수요 기관인 한국도로공사, 국토관리청에 적극 홍보하여 시장 점유율을 높임 국내 판매와 동시에 해외 마케팅 개시 해외 판매와 동시에 제품 양산을 위한 전용 설비 및 인력 추가 보충 기대효과 개발 제품의 산업화를 통한 기업 이익 증가 최적 디자인 기술 확보를 통한 개발 비용 절감 기업의 사업 영역 확대와 거래 산업의 다양화 : 개발된 제품 및 기술의 수출을 위하여 중국 등 해외 바이어와 협력하여 해외진출을 위한 기초를 다짐 개발 기술에 대한 국제 인증과 제품 수출을 통한 글로벌전문기업으로의 성장 기대 교통 사고의 정도를 경감하여 연간 10조원에 달하는 교통사고 손실 비용 절감 연간 1,000억원대의 시장을 선도적으로 개척하여 관련 산업의 활성화 도모

핵심어 (5개 이내)	단부처리시설	가드레일	승객 안전	교통시설물	최적 설계

5. 영문 요약문

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	• A development of the design technology for the newly designed Endterminal • A development of the shock-absorbing mechanism design in the car crash • A development of the car crash simulation technique for structural performance evaluations of a Endterminal • An industrial design of the Endterminal for an aesthetic appreciation and a visibility of the landscape • Passing ET1/ET2 grades of the full-scale crash test in the local public certification • A development of the high shock-absorbing Endterminal Manufactured by symmetry with both sides • A development of the advanced design technology to prevent traffic accidents and protect the passenger from the car accident • A development of a business product using the domestic design technology of Endterminal
Results	• Mastering the structural pre-check and performance evaluation using simulation. • Mastering the structural design technique for the structural performance improvement of the Endterminal • Mastering the optimal design for the high shock-absorbing from the car accident • Mastering the selection of structural and shock-absorbing materials for low fragment rates and high recycling rates. • Mastering the structural pre-check and performance evaluation for structural and shock-absorbing materials • Mastering the crash-cushion design of base-isolated and rail-connection structures from the car accident • Mastering the industrial design for an aesthetic appreciation and a visibility of the landscape • Mastering the design of easy maintenance from the partial car accident • A Commercial product development passing ET1/ET2 grades of the full-scale crash test • Registering six cases design and two patents • Prototype development completion for ET1/ET2 grades • Test reports passing ET1/ET2 grades (Korea Expressway Corporation)
Expected Contribution	<Planning> • the patent application and registration the period of projects • After the project, design and development completion for the mass-product within a year • Domestic sales start after product development • Increasing the market share by the active promotion through the Korea Expressway Corporation • At the same time, starting of domestic sales and overseas marketing • Increasing manufacturing facilities and employee hires for overseas sales and mass-product <Expected Contribution> • Increasing the business profits through commercialization of development products

	• Development cost saving through optimal design technologies • Business expansion and business diversification through global market entry strategy • Expecting sale growth to the global leading company through overseas sales • Reducing the loss cost of traffic accidents • Developing the levels of relevant industries through opening a new market concerning traffic facility

Keywords	Endterminal	guardrail	passenger safety	traffic facility	optimal design

6. 영문 목차

1. An overview of the development project ····· 1
2. Domestic and overseas technology trends ····· 5
3. Contents and performance of R&D ····· 17
4. Research objective achievement and contribution ····· 62
5. The Applicable Planning of R&D ····· 64
6. The foreign technical information ····· 64
7. The security grade of R&D ····· 64
8. Research facilities and equipment status ····· 65
9. The performance result of safety procedures ····· 65
10. Main research capabilities ····· 65
11. The others ····· 66
12. References ····· 66

7. 본문 목차

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 1
2. 국내외 기술 개발 현황 ····· 5
3. 연구 수행 내용 및 성과 ····· 17
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 62
5. 연구개발성과의 활용 계획 ····· 64
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ····· 64
7. 연구개발성과의 보안등급 ····· 64
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황 ····· 65
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 ····· 65
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ····· 65
11. 기타 사항 ····· 66
12. 참고 문헌 ····· 66

제1장. 연구개발과제의 개요

제1절. 연구개발 목적

가. 기술 개발 배경

○ 교통 사고 발생 현황

- 자동차 산업의 급속한 발전과 국민생활이 향상되면서 자동차의 보유대수는 급증하고 있고 이에 비례하여 교통사고의 발생율도 상당하다. 2005년 우리나라의 교통사고건수는 30만 건이 발생하였고 6,500여명이 사망하여, 자동차 1만대 당 사망자수는 OECD 국가 중 1위를 기록하고 있다.

- 이러한 교통사고의 피해를 줄이기 위해 교통사고를 감소시키는 또는 사고의 정도를 완화시키는 여러 가지 기술적인 대안들이 연구되고 있다. 그 중 톨게이트, 분기점, 교각, 터널 입구 등에 설치하는 충격흡수시설은 차량단독사고로 인한 인명 피해를 줄이는 방안으로 범용성, 효율성, 간편성 등에서 많은 주목을 받고 있다.

나. 기술 개발 목적

○ 단부처리시설물

- 차량이 방호울타리의 끝 부분을 충돌할 때 차량의 거동이 불안하게 되거나 방호울타리의 단부가 차량을 관통할 수 있으므로 이를 방지하기 위해 단부에 설치하는 시설물로 단부처리시설은 차량이 방호울타리의 끝 부분을 충돌할 때 차량의 거동이 불안하게 되거나 방호울타리의 단부가 차체를 관통할 수 있으므로 소형차 탑승자를 보호하기 위한 방호울타리와 연결하여 설치하는 충격흡수시설이다.

제2절. 연구개발의 필요성

가. 단부처리시설의 필요성

- 2014년 개정된 국토부에서 발행한 도로안전시설 설치 및 관리지침에 따르면 단부처리시설물은 주행로를 벗어난 차량의 충격에너지를 흡수하여 차량을 안전하게 멈추게 하거나 차량의 방향을 복귀시켜 주는 기능을 갖추어야 한다. 특별히 처리 되지 않고 노출된 방호울타리의 단부는 구조적 특성상 차량을 관통하여 탑승자에게 큰 위험요소이기 때문에 성능평가를 거쳐 성능이 검증된 단부처리시설물을 설치하도록 해야 한다.

- 단부처리시설은 자동차의 동적 충격에너지를 흡수하여, 운전자 및 탑승객들의 사망방지 및 부상정도를 완화시키는 매우 중요한 교통시설물 중 하나이다. 일반적으로 단부처리시설은 주행차로를 벗어난 차량이 도로상의 구조물 등과 충돌하기 전에 차량의 충격에너지를 흡수하여 차량의 정지가 이루어지도록 하거나, 차량의 방향을 교정하여 차량이 본래의 주행차로로 복귀될 수 있도록 하는 것으로, 이는 자동차 전용도로의 나들목 분기점, 터널이나 지하차도의 입구, 교각, 교명주 보호는 물론, 고속도로 분기점 등에 설치된다.



[그림1.] 기존 해외 단부처리시설물

- 그러나, 종래의 충격흡수완화장치는 차량의 정면 또는 측면 충돌 시 그 충돌에 따른 충격에너지의 흡수력이 약한 관계로, 차량이 정면 또는 측면에서 충돌하였을 때 그 충돌에 따른 충격에너지를 효율적으로 흡수하지 못하면서 차량이 충격흡수완화 장치를 그대로 치고 나가 계곡으로 떨어지면서 전복되는 사고를 유발하거나, 또는 반대차선으로의 돌진을 방지하지 못해 마주 오는 차량과의 2차적인 충돌사고를 유발시키는 문제점을 가지고 있다.



[그림2.] 단부시설 충돌 후 차량 파손

- 또한 기존 충격흡수시설들은 강한 충격을 받을 시 본체의 잔해 및 내부 내용물이 도로상에 어지럽게 널려져, 도로를 주행하는 타 차량들의 2차 사고를 유발 할 수 있는 위험성을 가지고 있다.



[그림 3.] 기존 단부처리시설물 충돌테스트

- 기존의 레일의 경우 정면충돌시 충돌에너지를 효율적으로 흡수 하지 못하면서 차량이 충격흡수완화 장치를 그대로 치고나가 전복되거나 차량내부로 들어오는등 운전자 보호를 할 수 없는 경우가 발생함.



[그림 4.] 기존 단부처리시설물 충돌차량

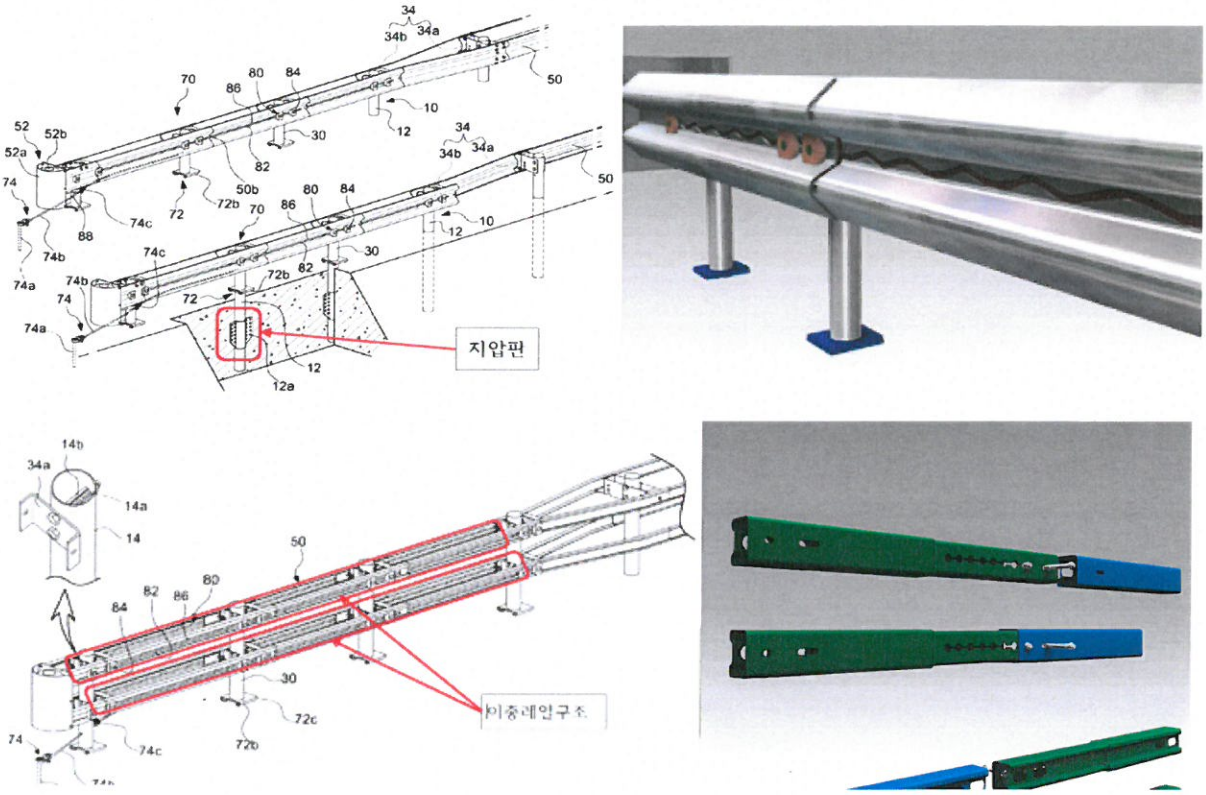
- 기존 단부처리 시설의 경우 가드레일의 측단부에 설치된 충격흡수대와 가드레일이 구부러지면서 그 충격을 가드레일 장치의 단부 충격흡수부가 완충작용을 하는 것으로 차량이 충격을 주게 되면 철판의 경우 힘의 균형이 일정치 않아 도로변으로 튀어나오거나 잘못하면 차량내부로 충격을 주게 되어 탑승자에게 위험이 된다.



[그림 5.] 기존 단부처리시설물

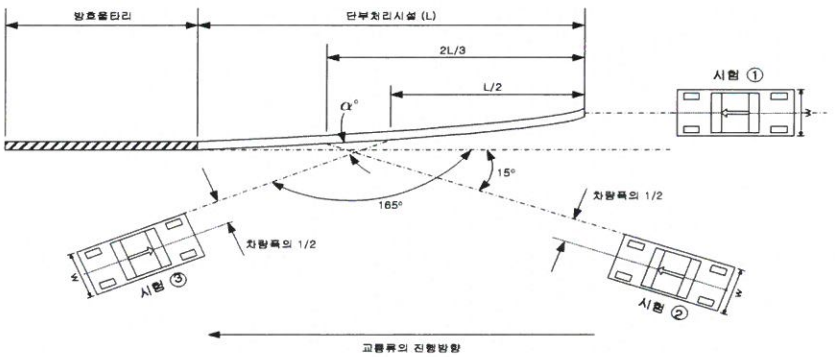
- 상기의 개발하려는 단부처리시설물의 경우 양방향으로 대칭되어 있는 모양으로 힘이 분산되지 않아 찌그러질 경우 일정하게 구부러지며 충격흡수성능을 향상 시킬 수 있도록 레일의 상판과 하판을 연결하여 충돌 시 분리가 되도록 하여 충돌에너지를 상쇄하고 레일의 연결부위를 홀로 결합하여 충돌 시 밀림작용에 의해 브레이크가 되면서 충격을 완화 후 정지하는 구조로 설계하였다.

제3절. 연구개발 범위



[그림 6.] 기존 계획된 단부처리시설물 종류

- 개발하려는 단부처리시설물의 경우 판형 단부처리시설물과 개방형 단부처리시설물 중 선택하여 개발하여야 했다. 이에 당사는 판형 단부처리시설물을 선택하여 개발하게 되었다. 또한 판형 및 구조용 파이프 내장제 검토에서 파생된 구조용 파이프 생산을 위한 새로운 점진적 롤 성형 공정 개발 논문으로 인하여 향후 개방형 단부처리시설물을 개발할 예정이다.



[그림 6.] 충돌차량의 충돌위치 및 충돌방향

[표 1.] 단부처리시설의 충돌시험 조건

시험 등급	충돌 속도 (km/h)	차량 중량 (kg)	충돌 방법	충돌 방향
ET1	60	1,300	시험 ①	정면충돌 (시설중앙)
			시험 ②	측면 15충돌
ET2	80	1,300	시험 ①	정면충돌 (시설중앙)
			시험 ②	측면 15충돌
			시험 ③	측면 165충돌

- 단부처리시설물은 ET1부터 ET3까지의 시험 등급이 있으며 국토교통과학기술부 사업의 경우 ET1과 ET2시험을 통과하여 교통안전공단의 시험성적서를 발급 받는 것이며 시험을 받기 전 테스트를 위한 차량 충돌 시뮬레이션을 한국 생산기술 연구원에서 받고 ET1, ET2 디자인, 설계개발 차량 충돌 간이테스트, ET1, ET2 시제품 개발을 하였음.

제2장. 국내외 기술 개발 현황

- 외국에서는 오래 전부터 충격흡수시설에 관한 연구를 진행했으며 널리 공인 검증된 충격흡수시설만을 사용해 왔다. 일반적인 충격흡수시설 [헥스폼 샌드위치, GREAT(Guardrail Energy Absorbing Terminal), 쿼드가드(Quad guard), CIAS(Connecticut Impact Attenuation System), NCIAS(Narrow Connecticut Impact Attenuation System), REACT 350, LMA(Low Maintenance Attenuator), 모래채움통, 하이드로셀 클러스터(Hi-Dro Cell Cluster), 쇠사슬망 장치(Dragnet), 불노즈(Bullnose Attenuator)] 단부처리용 충격흡수시설[CAT(Crashcushion Attenuating Terminal), Brakemaster, ET-2000(Extruder Termianl), ADIEM, N-E-A-T], 특수목적용 충격흡수시설[트럭부착용 충격흡수시설, 충격방호벽] 등 교통환경과 설치장소의 환경에 맞게 설치하도록 다양한 충격흡수시설을 개발 중에 있다.
- 또한 최근 교통 환경의 변화와 차량의 대형화 및 고강도화에 따른 중대형 인사 사고를 방지하기 위해 더욱 엄격한 인증 기준 및 시험 규격을 마련하고 있다.
- 국내에서는 단부처리시설에 대한 인식이 부족하였고, 일부 고속도로에서만 설치되어 일반인에게는 생소한 도로안전시설물로 간주되고 있다. 그러나 최근 들어서는 도로 이용객들의 인명과 재산피해를 최소화하는 중요한 도로안전시설물로 인식되어 설치가 확대되고 있으며, 국내의 일부 중소기업에서도 단부처리시설물에 관심을 가지고 개발품을 설치하고 있거나 디자인기술개발을 진행 중이다. 그러나 아직은 성능이 객관적으로 검증되지 않은 시설물이 도로에 설치되고 있는 실정이다.

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도 (2015)	■국내 공인 인증 ET1 등급의 단부처리시설물 설계 및 제작	■ 단부처리시설물 시장 현황 및 전망 조사(완료)	▷ 시장정보 분석 완료 - 국/내외 생산 전망 1차 조사 완료 하였으며, 2015년 상반기 조사 및 보고서 완료 - 제품 구조 및 디자인에 대한 국내 특허 등록 완료	-시장분석 완료, -제품의 디자인 특허 3건, -특허 1건 등록 완료
		■ 제품 설계 및 디자인	▷ 단부처리시설 신제품에 대한 개념 설계	-단부처리시설물 설계 및 디자인 완료
		■ 공인 인증 요건분석	▷ 관련 성능 인증 분석 -단부처리시설물 설치 요건 ET1 등급 검토	-공인인증요건분석
		■ 소재검토	▷ 단부처리시설물 및 구조물 내외장재 특성 연구	-구조용강 인장특성분석 STKR490 : 614 MPa STKR400 : 552 MPa SPSR400 : 559 MPa -폴리우레탄압축특성분석 압축강도 : 32 N/mm2
		■ 구조해석	▷ 충격흡수률 향상을 위한 내외장 구조 최적화 ▷ 구조설계: 유한요소해석을 통한 강도 및 구조해석 -양방향 대칭 구조에 대한 뒤틀림 방지효과 검증 -기존 구조대비 제안된 구조에 대한 측면충돌 안정성에 대한 비교분석 수행 -시뮬레이션을 통해 입력 충돌에너지로 소비되는 에너지를 정량적으로 확인할 예정 ▷ 동적 시뮬레이션을 통한 사전 성능 평가 수행	-충돌시뮬레이션을 통한 최대 지지하중분석 정면충돌 (1.3ton의 소형차가 약 58.3km/h 속도로 충돌할 경우 발생하는 힘) 측면충돌 (1.3ton의 소형차가 약 62.3km/h 속도로 충돌할 경우 발생하는 힘)
		■ 목업 제작	▷ ET1등급 목표 충격흡수시설 목업 제작	-단부처리시설물 시제품 2건 완료
		■ ET1성능 인증 확보	▷ 성능평가 기관에서 ET1 성능 인증 확보를 위한 실물테스트 수행	-실차 간이 충돌 테스트

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
2차 년도 (2016)	▪국내 공인 인증 ET2 등급의 단부처리시설물 설계 및 제작	▪ 제품 디자인 설계	▷ 단부처리시설 ET2 시제품 디자인 설계	-단부처리시설물 설계 및 디자인 완료 -특허출원 1건 완료 -디자인 출원 3건 완료
		▪ 공인 인증 요건 분석	▷ 관련 성능 인증 분석 -단부처리시설물 설치 요건 ET2 등급 검토	-공인 성능인증 요건분석
		▪ 내외장 특성연구	▷ 단부처리시설물 및 구조물 내외장재 특성 연구	-ET2 등급을 위한 내외장재특성분석
		▪ 시뮬레이션	▷ET2 구조설계: 유한요소해석을 통한 강도 및 구조해석 ▷충격흡수률 향상을 위한 내외장 구조 최적화 ▷동적 시뮬레이션을 통한 사전 성능 평가 수행	-충돌시뮬레이션을 통한 최대지지하중분석 정면충돌 (1.3ton의 소형차가 80km/h 속도로 충돌할 경우 발생하는 힘) 측면충돌 (1.3ton의 소형차가 80km/h 속도로 충돌할 경우 발생하는 힘)
		▪목업 제작	▷ ET2등급 목표 충격흡수시설 목업 제작	-단부처리시설물 시제품 3건 완료
		▪간이테스트	▷ 성능평가 기관에서 ET2 성능 인증 확보를 위한 실물테스트 수행	-실차 간이 충돌 테스트 완료
		▪ET2성능 인증 확보	▷ 성능평가 기관에서 ET2 성능 시험 수행	-ET2 공인시험인증 확보
		▪신제품 홍보	▷신제품 개발 결과 홍보	-홍보

제1절 1차년도 단부처리시설물 충돌해석 시뮬레이션

1. 충돌구조부품 구조용강에 대한 물성평가

- 만능 인장시험기를 통한 구조용강 소재별 기계적 물성확보
- 인장시험 데이터를 기반으로 인장강도, 항복강도 등 물성 분석
- 충격테스트를 통한 충격하중에 대한 소재 저항 특성 분석

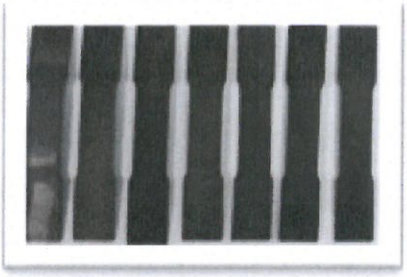




[그림 7.]인장시험기 및 충격시험기

2. 구조용강 인장시험

[표 2.] 시료명 및 시료사진

시험에 사용한 시료명	시료사진
STKR 490 STKR 400 SPSR 400	

3. 인장시험 조건

- 시험기기 : Universal Testing Machine
- 시험속도 : 100 mm/min
- 각시편당 시험 횟수: 4회(반복시험)
- 시험온도 : 상온

4. 인장시험 결과

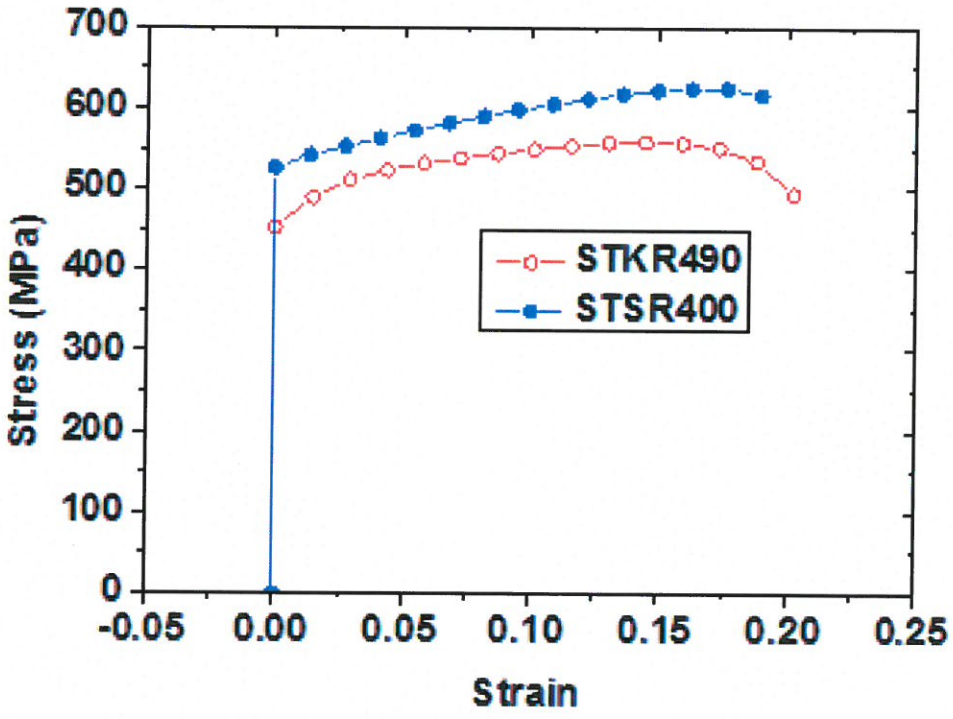
- 인장 테스트 후, 각 소재에 대한 응력-변형률 선도, 항복응력 등 기계적 특성 파악

[표 3.] 소재별 기계적 물성값 (Engineering)

	Young's modules , E (MPa)	Y.S (Mpa)	T.S (Mpa)	EI (%)	U-EI (%)	Strain rate (/sec)
STKR 490	175,929	517.3	533.0	0.24	0.09	0.03
STKR 400	186,685	432.4	473.7	0.26	0.11	0.03
SPSR 400	131,606	453.0	500.0	0.23	0.05	0.03

[표 4.] 소재별 기계적 물성값 (True)

	Young's modules , E (MPa)	Y.S (Mpa)	T.S (Mpa)	EI (%)	U-EI (%)	Strain rate (/sec)
STKR 490	186,840	453.2	614.7	0.21	0.17	0.03
STKR 400	220,765	431.1	552.2	0.23	0.18	0.03
SPSR 400	154,979	449.3	559.1	0.21	0.15	0.03



▲ Material property (ABAQUS input data)

5. 충격흡수체 및 구조재에 대한 시뮬레이션 기법개발

가. 단부처리시설물 충돌해석 시뮬레이션

- Tool: ABAQUS v6.12-Explicit
- Parts : Core(완충구조재), bracket, column(지주), bumper, panel
- Material:

►core, bracket, column, panel : SS400 구조용강

►bumper : rigid body

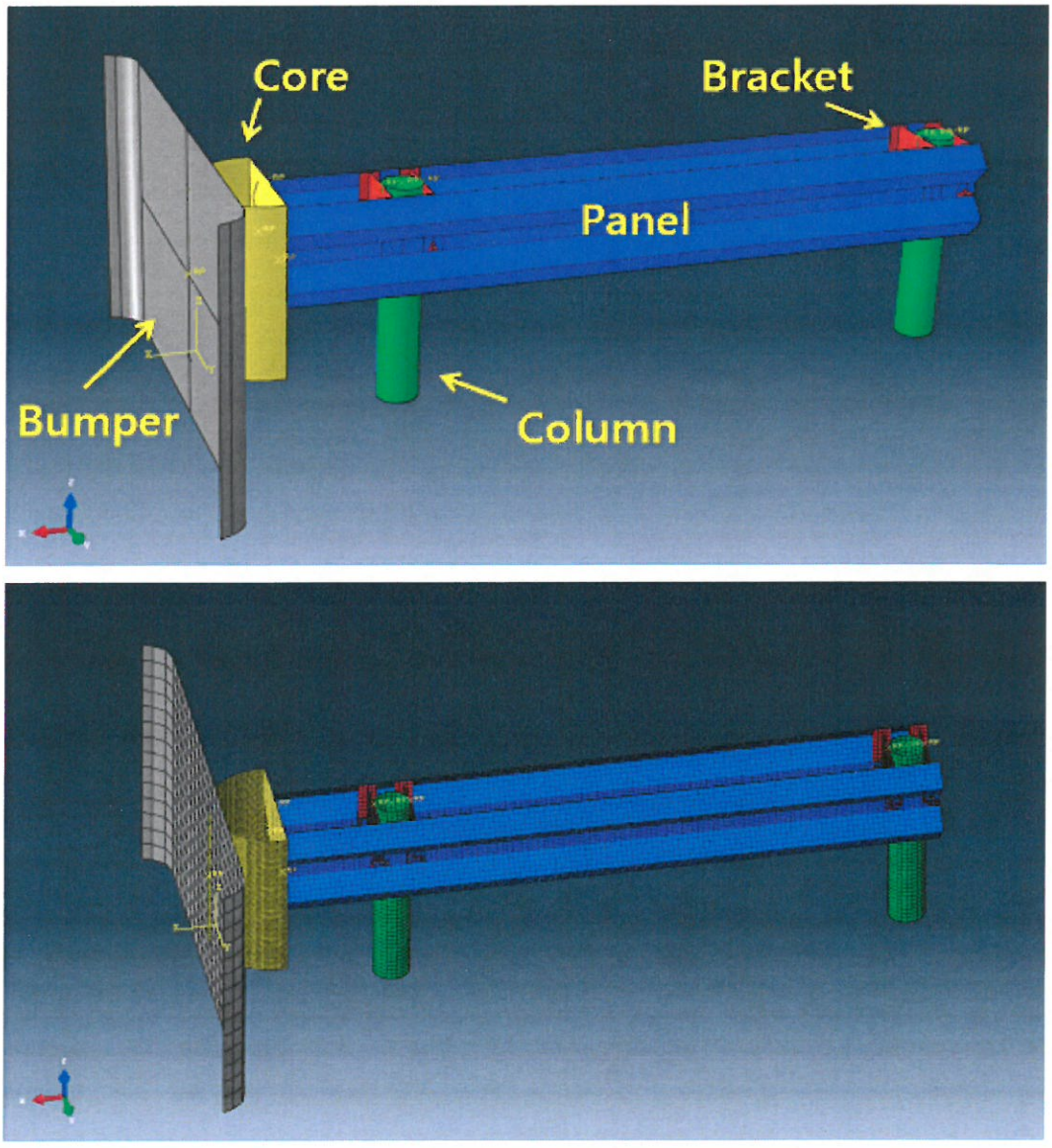
- 경계조건

►지주는 지면에 완전 고정된 상태

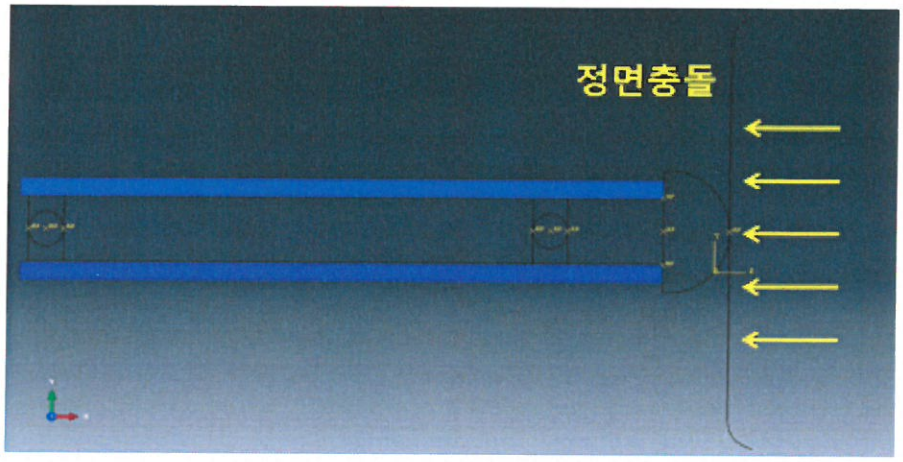
►core, bracket, column, panel - Tie

►충돌부재는 60km/h 속도로 단부처리시설물에 충돌

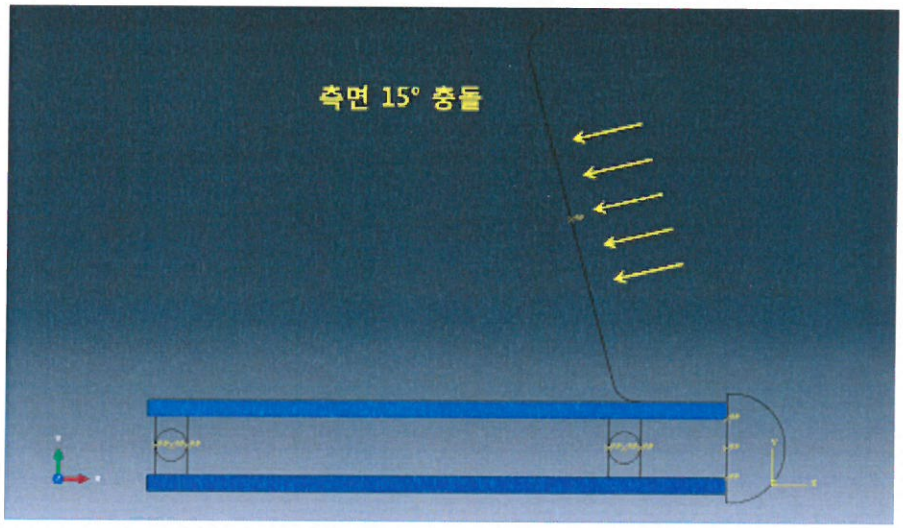
- 유한요소모델링 및 해석



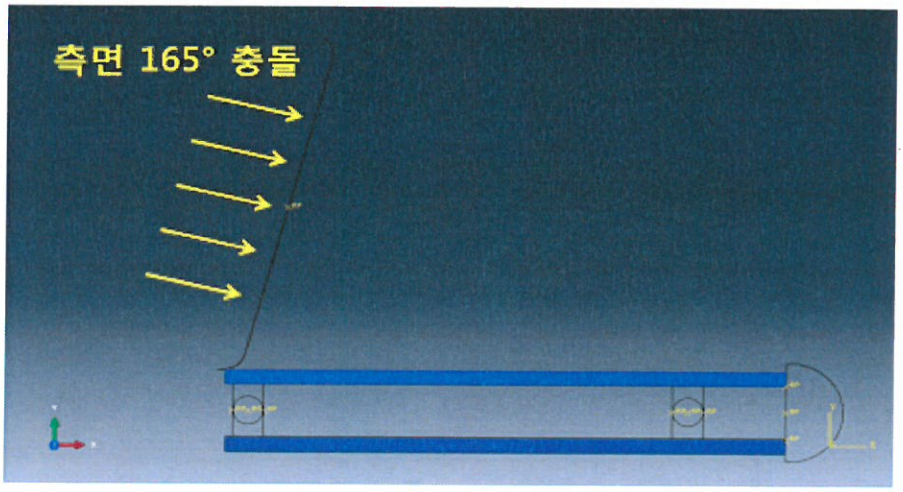
[그림 8.]assembly & mesh



[그림 9.]정면 충돌 메카니즘



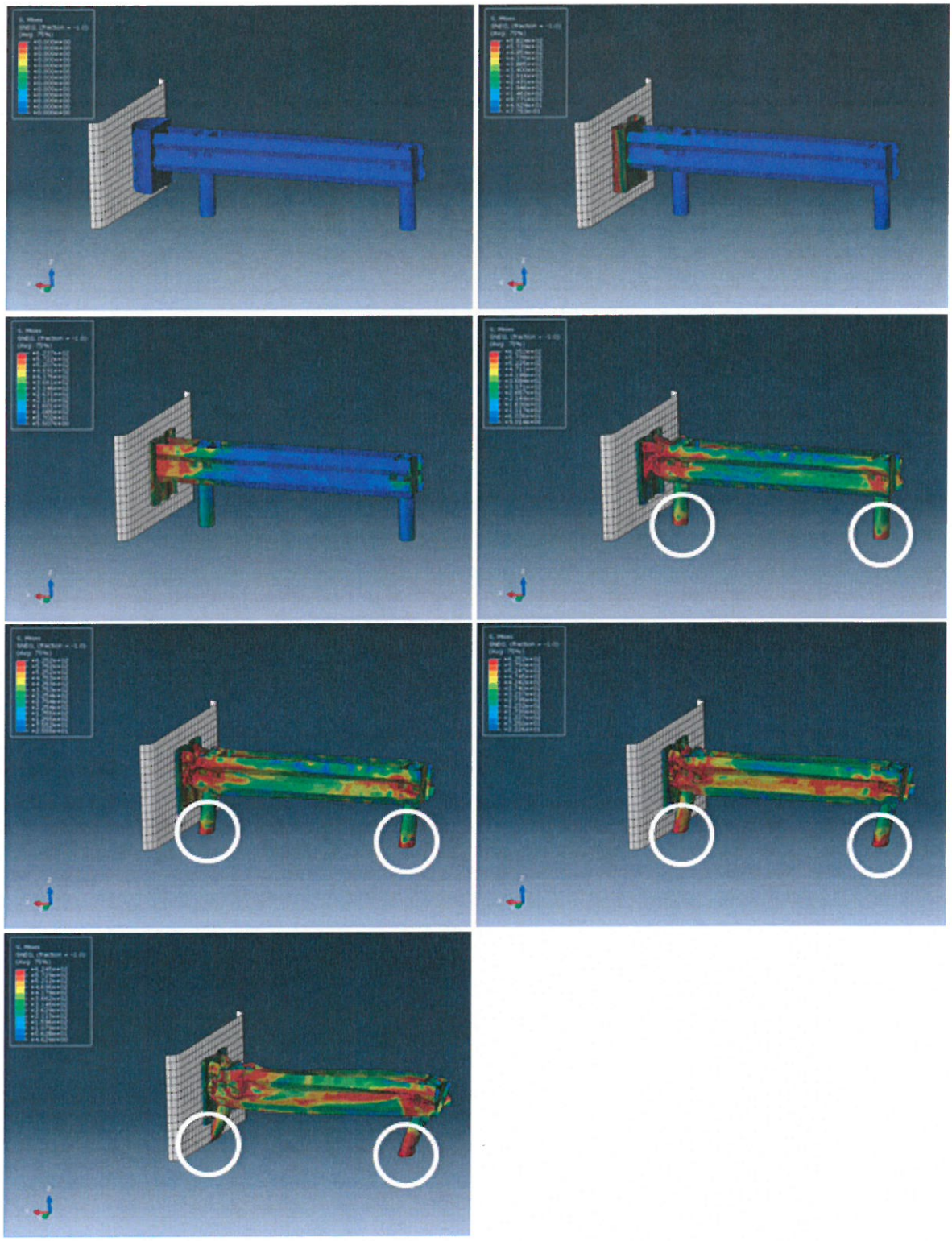
[그림 10.]측면 15° 충돌 메카니즘



[그림 11.]측면 165° 충돌 메카니즘

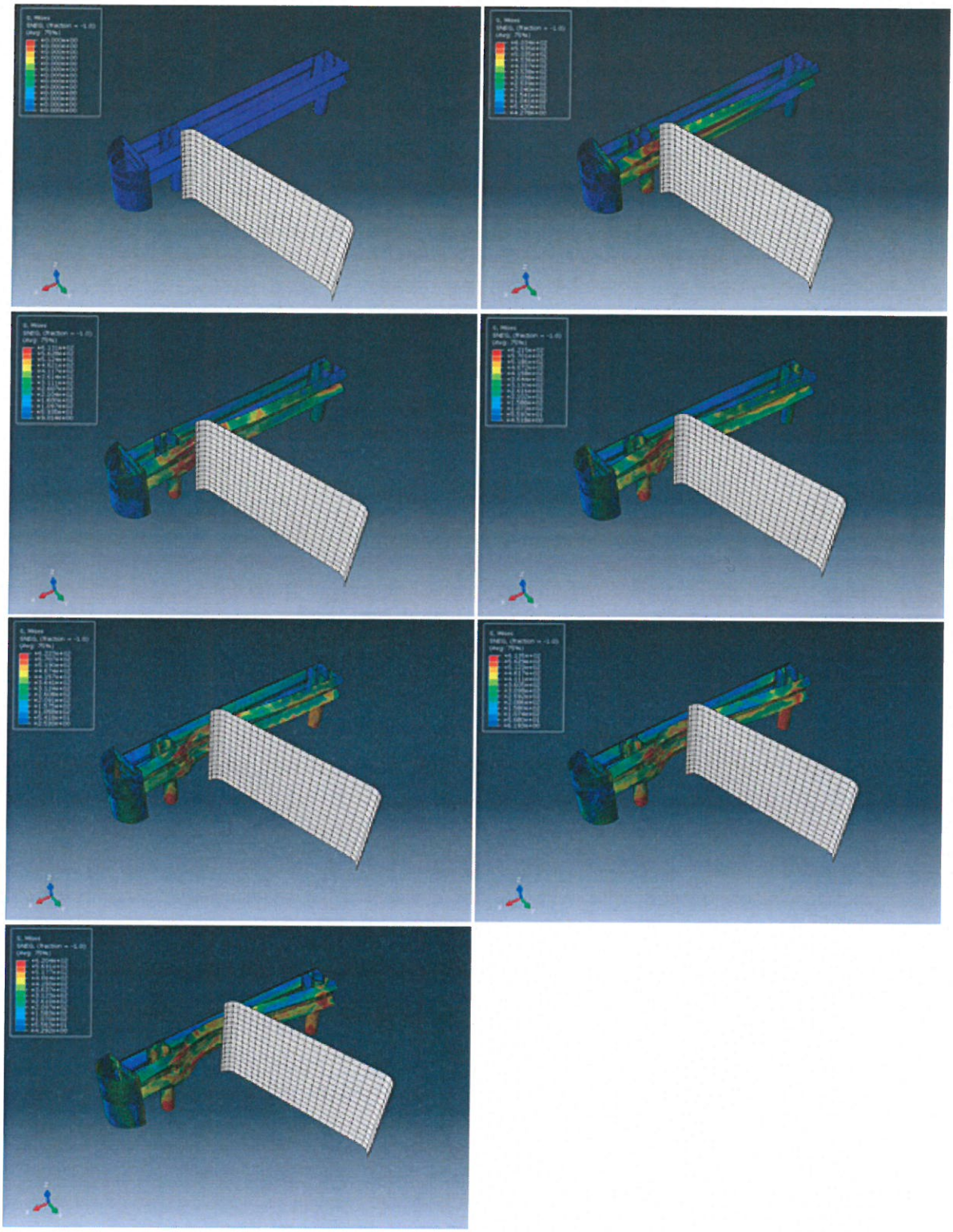
나. 시뮬레이션 결과

- 충돌부재의 단부처리시설물에 정면충돌 시, 라운드 코어에서 1차 충격에너지가 흡수가 되며, 압축이 완료되면 충돌에너지는 가드레일 panel과 bracket을 통해 지주에게 전달되는 과정을 거침
- 정면충돌 시, 양방향 대칭적인 구조로 인하여 충돌에너지가 대칭적으로 분산되며, 최종적으로 고정된 지주 밑단에 많은 응력이 집중이 나타남. 이에 따라, 지주 분리를 통한 충격흡수를 높일 수 있을 것으로 예상됨



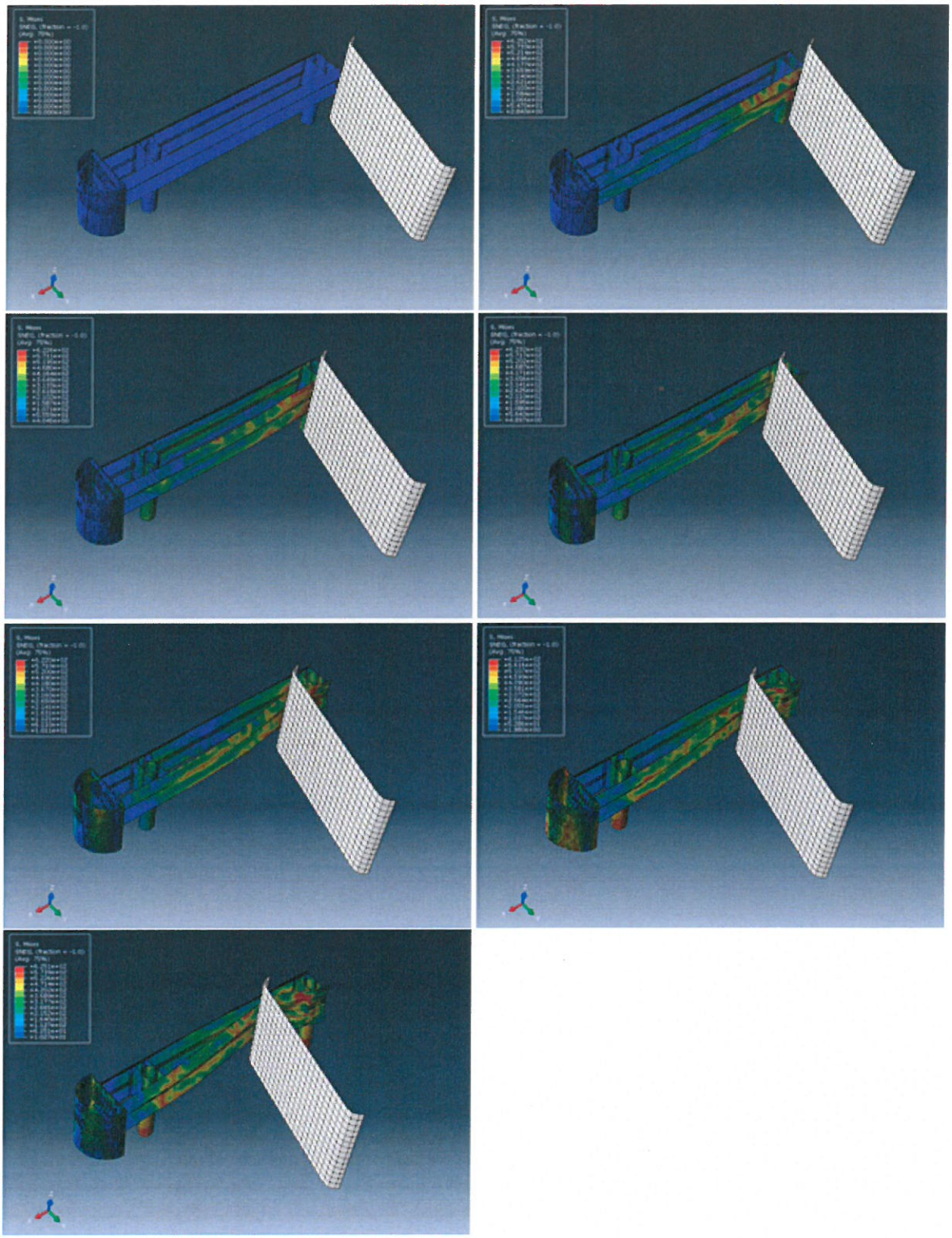
[그림 12.]정면충돌에 따른 구조물의 변형 양상]

- 충돌부재의 15° 측면 충돌 시, 패널의 구조와 강성이 매우 중요할 것으로 판단되며, 패널 측면 충격을 통하여 bracket 과 지주에서 응력집중이 발생함
- 충격이 가해지는 패널의 변형이 발생하며 충격이 흡수되는 양상을 나타냄



[그림 13.]측면 15° 충돌에 따른 구조물의 변형 양상

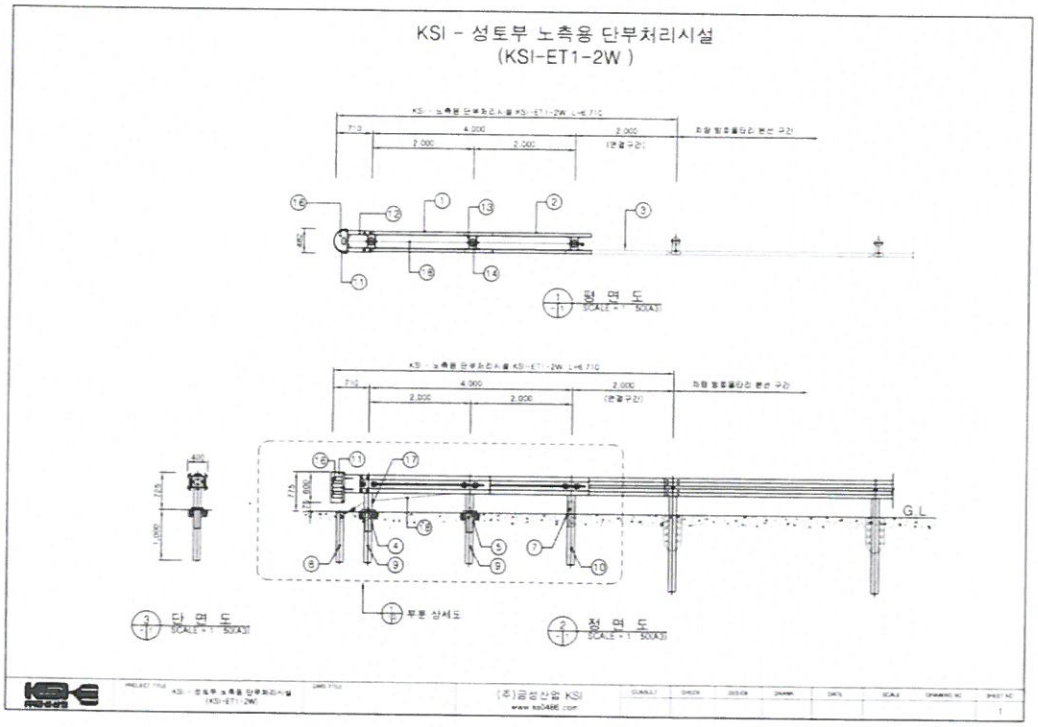
- 측면 165° 충돌에 따른 구조물의 변형 양상을 나타내며, 충돌부재의 15° 측면 충돌과 유사하게 패널 측면 충격을 통하여 bracket 과 지주에서 응력집중이 발생하고, 충격이 가해지는 패널의 변형이 발생하며 충격이 흡수되는 양상을 나타냄



[그림 14.]측면 165° 충돌에 따른 구조물의 변형 양상

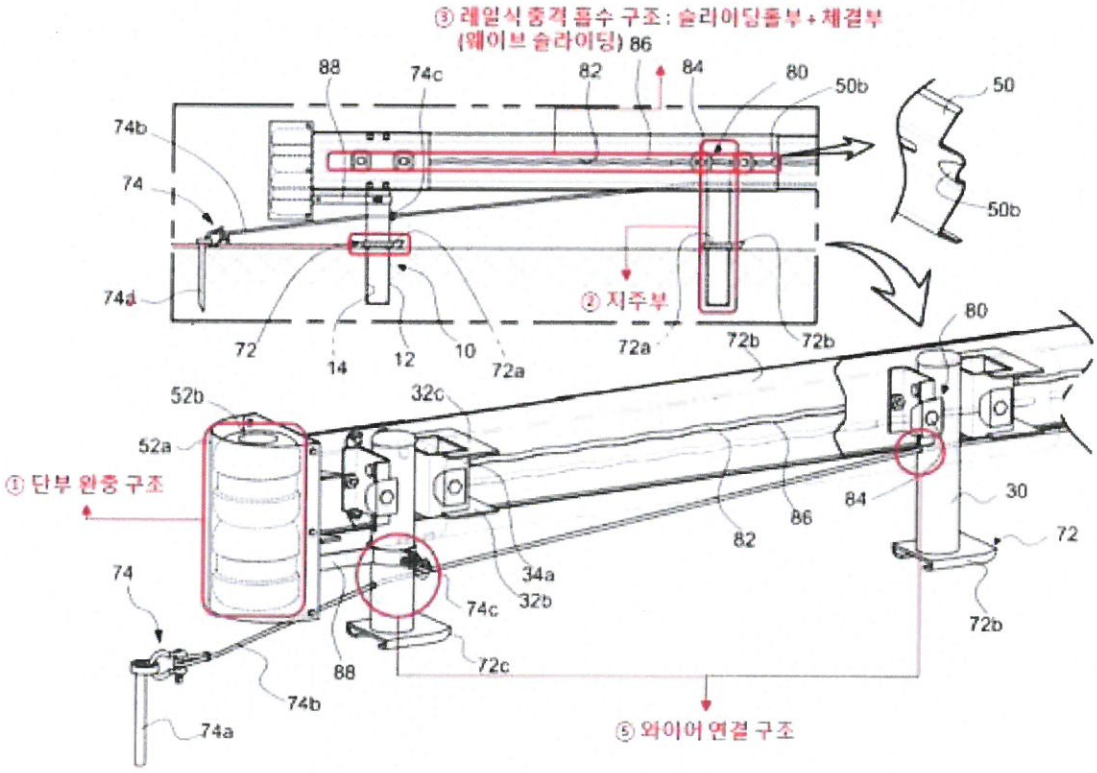
제2절 1차년도 단부처리시설물 ET1 제품 설계

1.단부처리시설물 도면 설계



[그림 15.]단부처리시설물 설계

2.단부처리시설물 제품 구조



[그림 16.]단부처리시설물 연결 구조

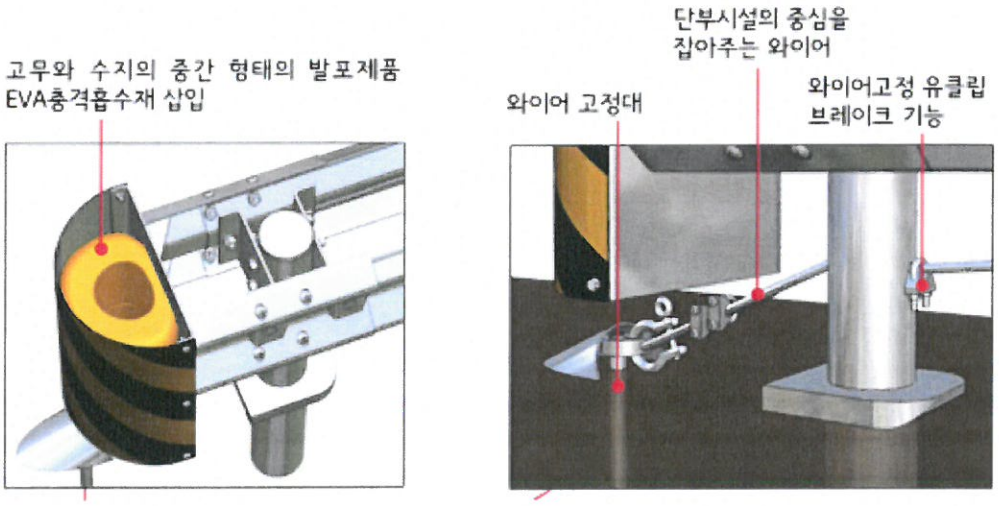
① 단부에 형성된 완충 구조
② 지면에 설치되는 하부 기둥에 삽입되는 방식의 상부 기둥으로 형성된 지주부
③ 상부 기둥과 패널 간 체결부에 형성된 웨이브 슬라이딩홀 구조를 통한 레일식 충격 흡수 구조
④ 단부 충격시 기둥 결합이 해체되는 구조
⑤ 기둥을 관통하여 연결된 와이어 및 걸림고리부를 형성하여 슬라이딩 시에 기둥을 통과하지 않도록 형성된 와이어 연결 구조

3. 단부처리시설물 디자인 설계



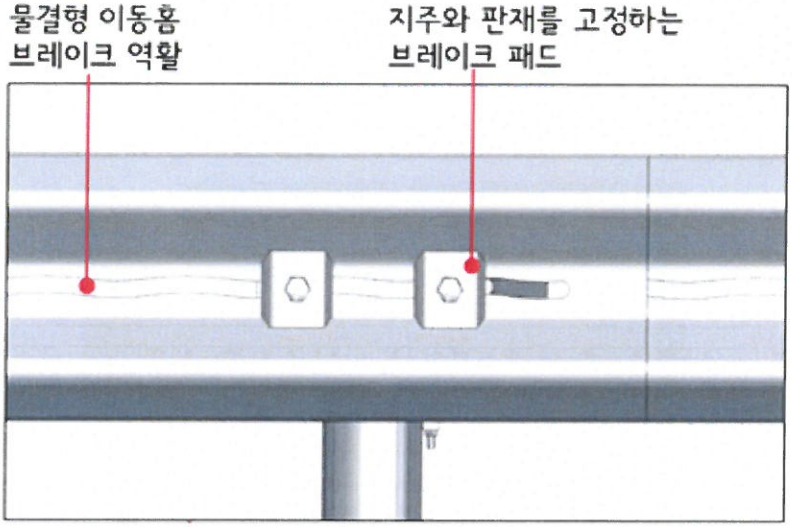
[그림 17.]단부처리시설물 디자인

가. 차량 충격흡수 브레이크 구조



[그림 18.] 정면 충격흡수구조, 와이어 브레이크

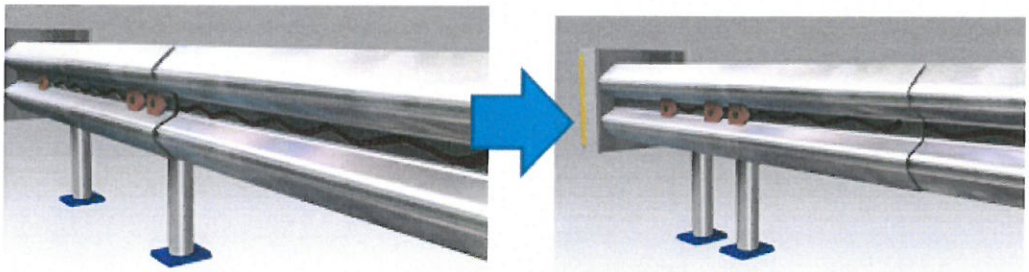
나. 물결형 가드레일 패널 구조



[그림 19.] 측면 물결형 충격흡수구조

- 고정용 브라켓이 가드레일 판넬의 물결형을 따라 움직이면서 충격흡수하는 기술 확보

다. 차량 충돌시 단부처리시설물의 브레이크 구조



[그림 20.] 충격흡수시 브레이크 구조

- 지주가 분리되면서 뒤로 밀리는 구조
- 지주와 결합된 볼트가 판넬의 물결형상의 홈을 따라 충격을 흡수하는 기술 확보.
- 충돌에 따른 충격에너지를 홈에 브레이크가 걸리면서 하중을 차례로 저항하여 충격을 흡수.
- 설치 시 기존지주를 사용하며 차량 충돌 시 분리되는 상부지주만 교체하여 재활용가능

4. 간이 차량 충돌테스트

가. 차량 충돌 테스트 : 정면

- 차량 0.9ton
- 속도 60km



[그림 21.] 차량 정면충돌 간이테스트1

나. 차량 충돌 테스트 : 정면

- 차량 1.3ton
- 속도 60km



[그림 22.] 차량 정면충돌 간이테스트2

다. 차량 충돌 테스트 : 측면(15)

- 차량 1.3ton
- 속도 60km



[그림 23.] 차량 측면충돌 간이테스트

라. 시제품(ET1 등급)



[그림 24.] 차량충돌시험을 위한 시제품 제작

5. 도로교통연구원 실차충돌테스트 ET1 시험 합격 시험성적서



S ET 16 02

시 험 성 적 서

발급 번호 : ET-16-02

신청자

회 사 명 : ㈜금성산업

주 소 : 전라북도 남원시 광치산업2길 19

대 표 자 : 채종술

시험 제품

1. 시설물의 명칭 : KSI-ET1-2W
2. 형식 및 규격 : 노측용 방호울타리 단부처리 / 775(H) × 482(W) × 6,710(L) mm
3. 시설물 종류 / 등급 : 노측용(성토부) 단부처리시설 / ET1 등급
4. 시험 방법 : 탑승자보호성능 평가 (승용차 1,300kg, 정면충돌(시설중앙))
   탑승자보호성능 평가 (승용차 1,300kg, 15° 측면충돌)

적용 기준

국토교통부 도로안전시설 설치 및 관리지침(차량방호 안전시설 편)

상기 제품에 대하여 위 적용기준의 단부처리시설 성능평가 항목과 충돌시험조건에 따라 충돌시험을 실시한 결과, 첨부와 같이 시험 성적서를 발급합니다.

첨부 : 1. 단부처리시설 성능평가 충돌시험 결과 총괄표 1부,
2. 충돌차량의 궤적 및 시설물의 구성 부재 분리·비산 상황 사진 1부
3. 단부처리시설 관련 도면 1부
4. 공동신청업체 목록 1부

※ 본 성적서와 관련된 비KS 재료의 화학·물리적 시험성적서는 신청업체가 제시한 것임

발 급 일 자 : 2016. 6. 22

교통안전공단 이사장





단부처리시설 성능평가 충돌시험 결과 총괄표

시설물의 명칭	제품명 : KSI-ET1-2W		신청자명	㈜금성산업 / 채종술 외 10개 업체(첨부#4 참조)
단부처리시설 제원				
등 급	ET1			
규 격	775(H) × 482(W) × 6,710(L) mm (첨부 #3 참조)			
재 료	SS400, S45C, 고분자 화합물 (첨부#3 참조)			
기초형식	원형 지주(항타 시공)	기본형식	단부처리용 충격흡수시설(노측용(성토부))	
비고	☐ 제품의 특징 성토부용 단부처리시설로 가드레일을 볼결로 타공, 고강도 와이어를 지주에 관통하여 U볼트로 고정, 차량 충돌시 지주가 분리되어 충격을 흡수하는 구조로 제작하였으며, 지주는 성토부 구간에 항타하여 설치한 제품임. ☐ 시험품 설치조건 지주 설치 → 하부지주 조립 → 가드레일 조립 → 와이어 조립 → U볼트 조립 → 볼트 고정 설치하는 제품임. 레일고정볼트 체결 토크값은 300N·m로 조립하였음.			
충돌시험 수행기관				
시험기관명	교통안전공단 자동차안전연구원	시험시설명	방호울타리 충돌시험장	
시험일자	정면충돌(시설중앙) - 2016.04.14	시험번호	ET160414-정면충돌(시설중앙)	
시 험 조 건				
충돌방법	▣ 정면충돌(시설중앙) ☐ 측면 15°충돌			
시험기준	시험차량중량(kg) 1,300	시험조건	시험차량중량(kg) 1,340	
	속도(km/h) 60		속도(km/h) 60	

주) ▣ : 적용된 종류 및 시험 표시

시 험 결 과 (정면충돌(시설중앙))		
가. 탑승자 보호 성능		
측정항목	기 준	시 험 결 과
탑승자 충돌속도(THIV)	≤ 44 km/h(시험①) ≤ 33 km/h(시험②③)	24 [km/h] at 0.1493 [s]
탑승자 가속도(PHD)	≤ 20 g (g = 9.8 m/s^2)	15 [g] for 0.2218~0.2318 [s]
ASI	참조치	0.9 for 0.2033~0.2533 [s]
나. 단부처리시설의 거동		
기 준		시 험 결 과
(1) 시설물이 차량 내부공간을 관통해서는 안 됨.		○ 시설물의 구성부재가 차량의 내부공간을 관통하지 않음
(2) 탑승자에게 큰 부상을 줄 수 있는 차량의 내부공간의 변형 금지 (지붕:100mm, 전면:75mm, 앞문:230mm 이하일 것, 충돌측 창문:깨지지 않을 것.)		○ 차량의 내부 공간 변형 지붕: 2 mm 전면유리: 8 mm 앞문: 3 mm 충돌측창문: 비파괴
(3) 구성 부재가 도로상이나 도로 밖으로 비산하여 탑승자나 제3자에게 피해주지 않을 것		○ 차량 충돌 시에 구성부재 중 지주캡(2kg이하)이 옆으로 30cm 비산됨
(4) 충돌 후 단부처리시설의 전·후방 변형거리 측정		○ 충돌 후 단부처리시설의 전·후방 변형거리 (D 0.20m - 0.01m)
다. 충돌 후 차량의 거동		
(1) Roll, Pitch의 회전각이 75° 이하일 것		○ Roll : 1.58° Pitch : 1.97°
종합평가 결과		**기준 만족**

시설물의 명칭	제품명 : KSI ET1 2W		신청자명	㈜금성산업 / 채종순 외 10개 업체(첨부#4 참조)
단부처리시설 제원				
등 급	ET1			
규 격	775(H) × 482(W) × 6,710(L) mm (첨부 #3 참조)			
재 료	SS400, S45C, 고분자 화합물 (첨부#3 참조)			
기초형식	원형 지주(항타 시공)	기본형식	단부처리용 충격흡수시설(노측용(성토부))	
비고	☐ 제품의 특징 성토부용 단부처리시설로 가드레일을 물결로 타공, 고강도 와이어를 지주에 관통하여 U볼트로 고정, 차량 충돌시 지주가 분리되어 충격을 흡수하는 구조로 제작하였으며, 지주는 성토부 구간에 항타하여 설치한 제품임. ☐ 시험품 설치조건 지주 설치 → 하부지주 조립 → 가드레일 조립 → 와이어 조립 → U볼트 조립 → 볼트 고정 설치하는 제품임. 레일고정볼트 체결 토크값은 300N·m로 조립하였음.			
충돌시험 수행기관				
시험기관명	교통안전공단 자동차안전연구원	시험시설명	방호울타리 충돌시험장	
시험일자	측면 15°충돌 - 2016.04.26	시험번호	ET160426-측면 15°충돌	
시 험 조 건				
충돌방법	☐ 정면충돌(시설중앙) ▣ 측면 15°충돌			
시험기준	시험차량중량(kg) 1,300	시험조건	시험차량중량(kg) 1,327	
	속도(km/h) 60		속도(km/h) 60	

주) ▣ : 적용된 종류 및 시험 표시

시 험 결 과 (측면 15°충돌)		
가. 탑승자 보호 성능		
측정항목	기 준	시 험 결 과
탑승자 충돌속도(THIV)	≤ 44 km/h(시험①) ≤ 33 km/h(시험②③)	16 [km/h] at 0.1694 [s]
탑승자 가속도(PHD)	≤ 20 g (g = 9.8 m/s^2)	4 [g] for 0.3171~0.3271 [s]
ASI	참조치	0.4 for 0.0893~0.1393 [s]

나. 단부처리시설의 거동	
기 준	시 험 결 과
(1) 시설물이 차량 내부공간을 관통해서는 안 됨.	○ 시설물의 구성부재가 차량의 내부공간을 관통하지 않음
(2) 탑승자에게 큰 부상을 줄 수 있는 차량의 내부공간의 변형 금지 (지붕:100mm, 전면:75mm, 앞문:230mm 이하일 것, 충돌측 창문:깨지지 않을 것.)	○ 차량의 내부 공간 변형 지붕: 1 mm 전면유리: 3 mm 앞문: 8 mm 충돌측창문: 비파괴
(3) 구성 부재가 도로상이나 도로 밖으로 비산하여 탑승자나 제3자에게 피해주지 않을 것	○ 차량 충돌 시에 구성부재의 비산이 발생하지 않음
(4) 충돌 후 단부처리시설의 전·후방 변형거리 측정	○ 충돌 후 단부처리시설의 전·후방 변형거리 (D 0.33m - 0.33m)

다. 충돌 후 차량의 거동	
(1) Roll, Pitch의 회전각이 75° 이하일 것	○ Roll : 13.80° Pitch : 3.13°
종합평가 결과	**기준 만족**

충돌차량의 궤적 및 시설물의 구성 부재 분리·비산 상황 사진

○ 정면충돌(시설중앙)



시험 전 시험품



시험 후 시험품



시험 후 시험품 충돌부위



시험 후 충돌차량 궤적 및 시험품의 구성 부재 분리·비산 상황 사진

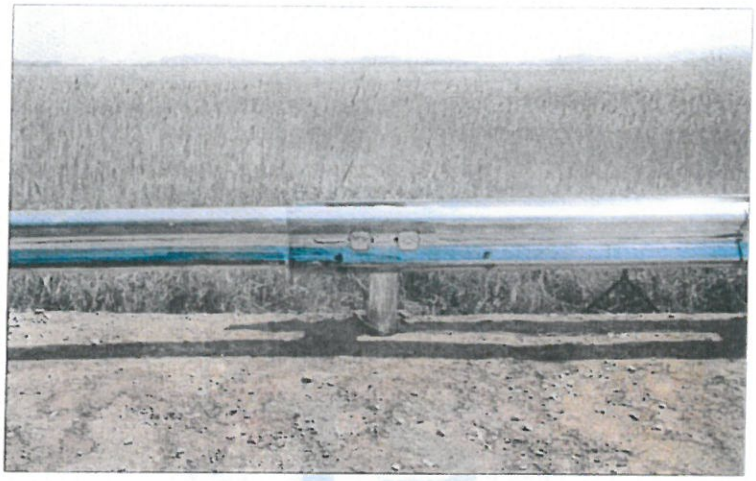
○ 측면 15°충돌



시험 전 시험품



시험 후 시험품



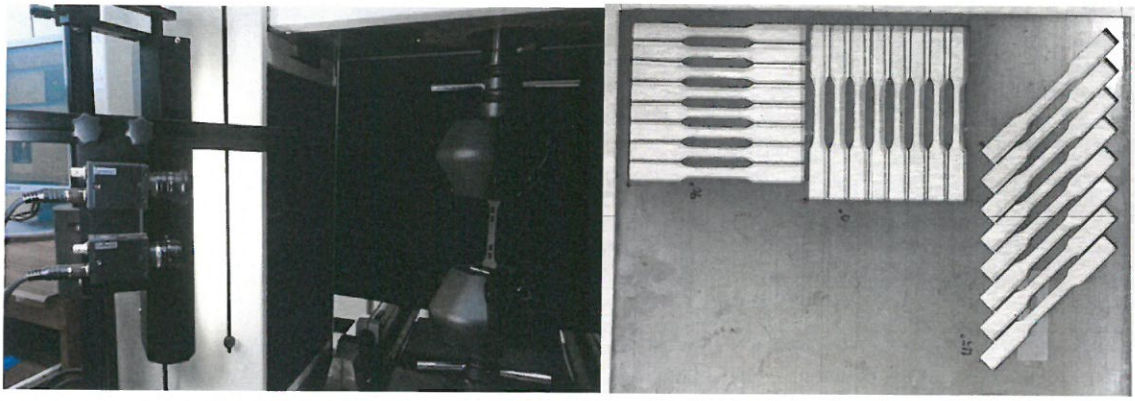
시험 후 시험품 충돌부위



시험 후 충돌차량 궤적 및 시험품의 구성 부재 분리·비산 상황 사진

제3절 2차년도 단부처리시설물 ET2 제품 개발

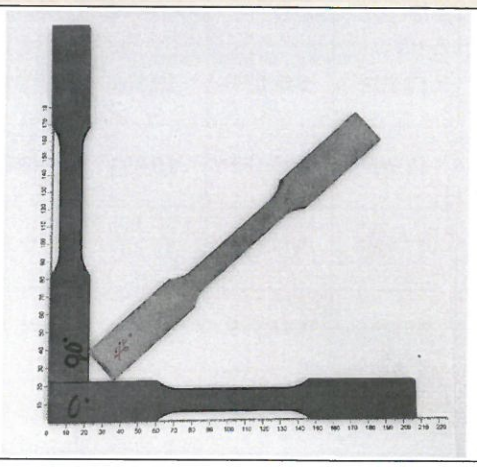
1. 충돌구조부품 구조용강에 대한 물성평가
 - 만능 인장시험기를 통한 가드레일 소재 기계적 물성확보
 - 인장시험 데이터를 기반으로 인장강도, 항복강도, 변형률 등 물성 분석



[그림 25.]인장시험 및 두께 측정 모습

가. POSMAC 가드레일 소재 압연방향별 이방성 인장시험

<시료명 및 시료사진>

시험에 사용한 시료명	시료사진
POSMAC(Zn-Mg-Al) 압연방향 0° 압연방향 45° 압연방향 90°	

나. 인장시험 조건

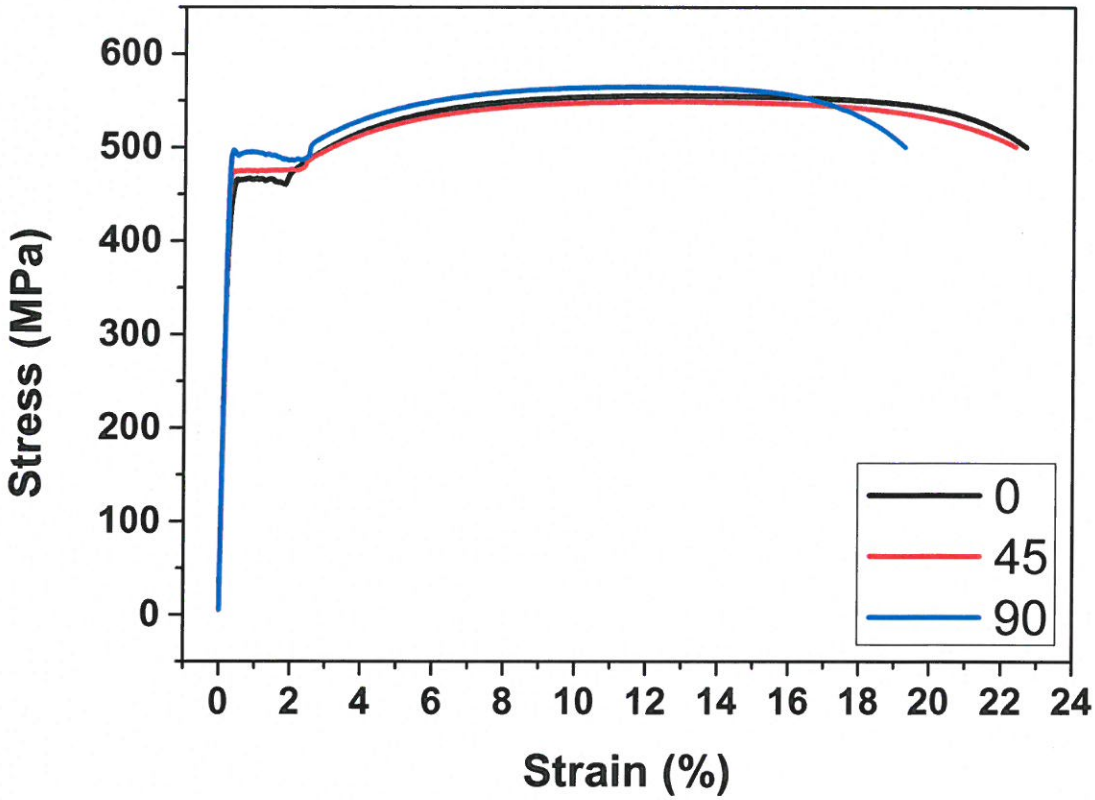
- 시험기기 : Universal Testing Machine
- 시험속도 : 5 mm/min
- 변형율 : 25mm Extension meter 사용
- 각시편당 시험 횟수: 5회(반복시험)
- 시험온도 : 상온

다. 인장시험 결과

- 인장 테스트 후, 각 소재에 대한 응력-변형률 선도, 항복응력 등 기계적 특성 파악

No.	sample	최대하중 [N]	인장강도 [MPa]	항복점 (0.2% offset) [N]	항복강도 (0.2% offset) [N]	영율 [GPa]	Extension [mm]	Strain [%]	width [mm]	Thickness [mm]
1	압연0°	18,323	555.567	15,225	461.62	213.012	12.27	24.54	12.493	2.64
2		18,346	556.079	15,195	460.554	217.489	12.29	24.57	12.497	2.64
3		18,309	555.251	15,110	458.243	204.038	11.88	23.76	12.49	2.64
4		18,347	556.415	15,175	460.229	210.565	11.86	23.72	12.49	2.64
5		18,370	558.912	15,209	462.741	212.104	11.64	23.28	12.45	2.64
6	압연45°	17,793	549.034	15,361	473.966	204.479	12.44	24.87	12.51	2.59
7		17,767	548.153	15,351	473.607	210.66	12.33	24.67	12.5	3
8		17,785	547.237	15,361	472.637	208.481	12.2	24.4	12.5	2.6
9		17,801	547.599	15,336	471.753	206.155	12.37	24.74	12.53	2.6
10		17,779	547.232	15,329	471.829	200.711	12.29	24.58	12.51	2.597
11	압연90°	18,665	565.07	16,345	494.787	218.994	10.35	20.69	12.513	2.64
12		18,728	565.833	16,400	495.498	226.66	10.17	20.34	12.537	2.64
13		18,667	565.212	16,350	495.05	219.131	10.07	20.15	12.51	2.64
14		18,665	564.362	16,016	484.275	213.369	10.35	20.71	12.48	2.65
15		18,672	565.352	16,369	495.621	221.126	9.92	19.84	12.51	2.64

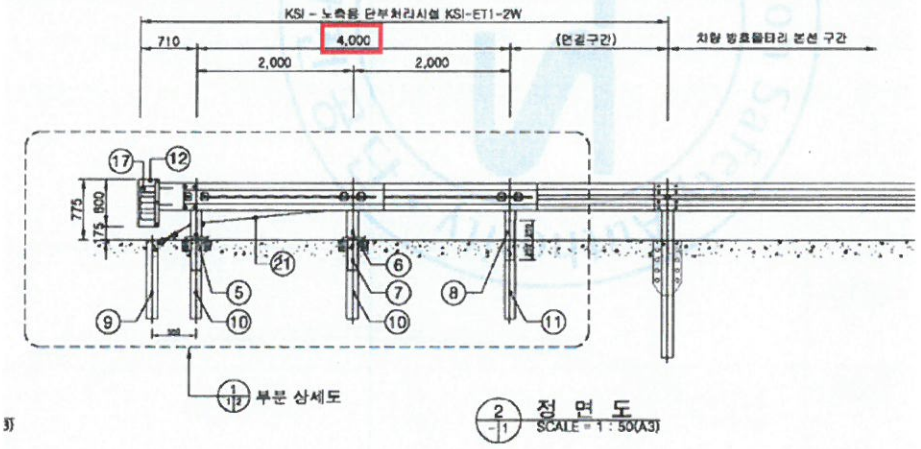
- POSMAC 가드레일 소재는 인장시험 결과, 이방성을 나타내고 있음
- 0도 압연방향 시편은 556MPa 인장강도와 461MPa 항복강도, 그리고 23.97% 변형율을 나타내고 있음
- 45도 압연방향 시편은 547MPa 인장강도와 472MPa 항복강도, 그리고 24.65% 변형율을 나타내고 있음
- 90도 압연방향 시편은 565Pa 인장강도와 4932MPa 항복강도, 그리고 20.34% 변형율을 나타내고 있음



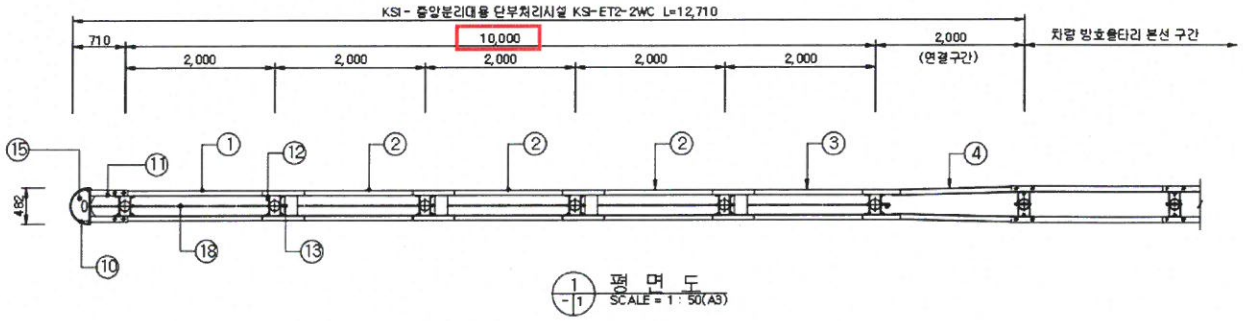
[그림 26.]압연방향별 Stress-strain 선도

2. 단부처리시설물 2차년도 도면 개발

가. 1차년도 ET1 개발 제품을 ET2로 개발시 문제



[그림 27.]단부처리시설물 ET1 도면

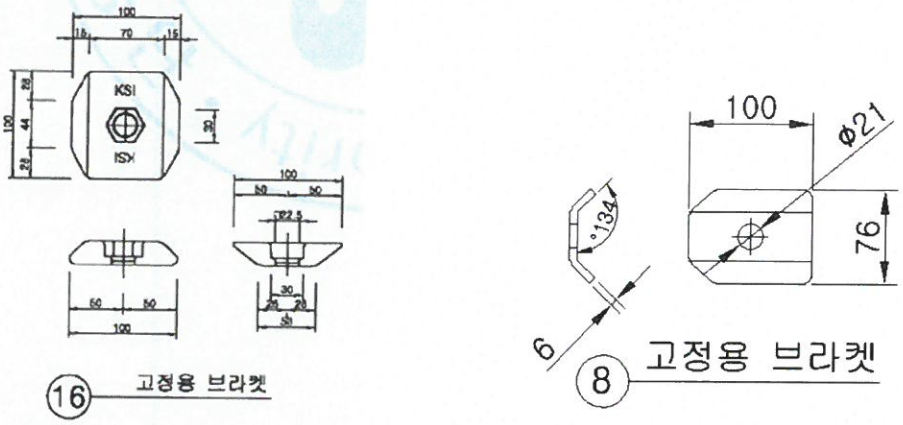


[그림 28.]단부처리시설물 ET2 2Way 도면

- ET1의 경우 4,000이지만 ET2를 개발 하기 위해선 10,000 이상의 길이가 필요
- 설치하기 위해서는 긴 구간 필요
- 단가 및 원재료비 상승

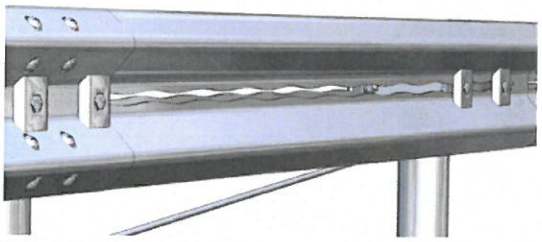
나. 해결방법

- 충격흡수에너지를 최적화하기 위해 가드레일 패널을 2way에서 3way 변경
- 3way 변경을 위한 고정용 브라켓 디자인 변경



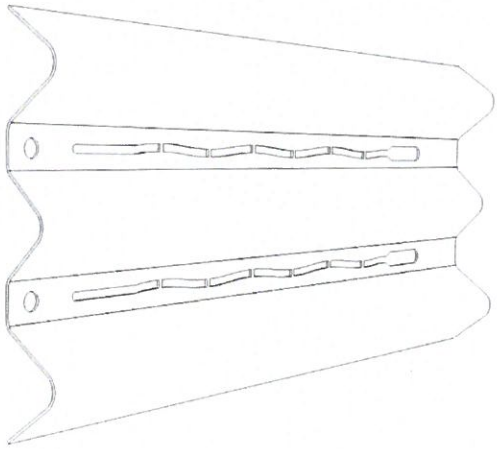
[그림 29.] 3Way용 단부처리시설물 충격흡수용 고정 브라켓

- 기존 ET2의 경우 물결무늬 제품 개발



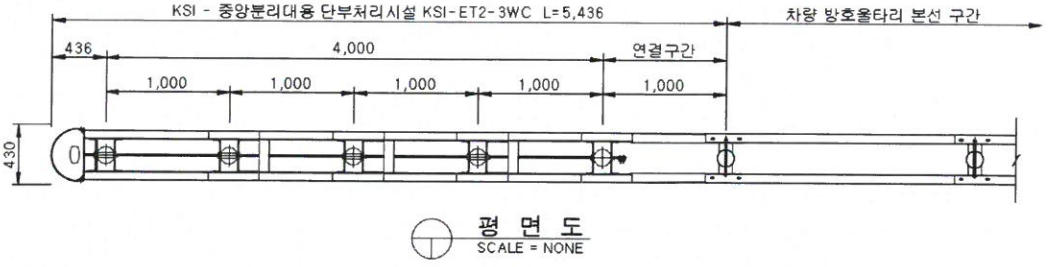
[그림 30.] 2Way용 단부처리시설물 가드레일 물결패널

- 개발된 ET2 제품의 경우 연결대를 이용하여 충격에너지 흡수를 최적화



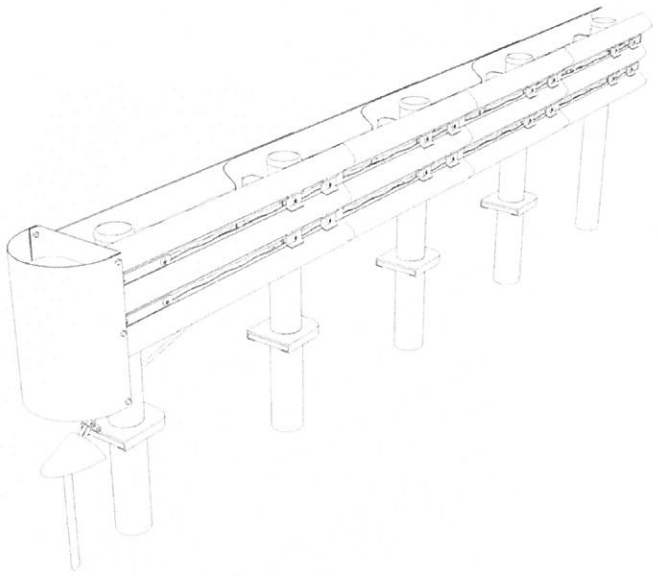
[그림 31.] 3Way용 단부처리시설물 가드레일 물결패널

- 1차년도 개발된 ET1과 마찬가지로 4,000의 길이로 제품개발

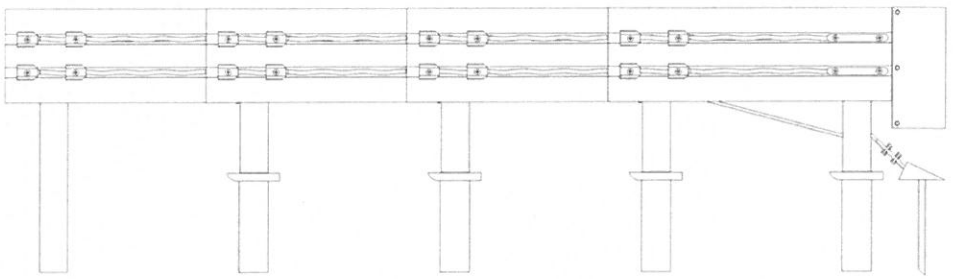


[그림 32.] 3Way용 단부처리시설물 가드레일 제품개발 도면

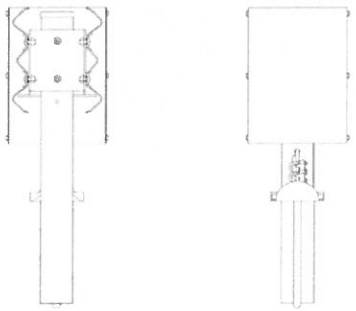
3. 단부처리시설물 2차년도 디자인 개발



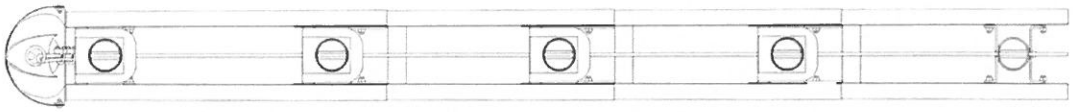
[그림 33.] 3Way 용 ET2 단부처리시설물 사시도



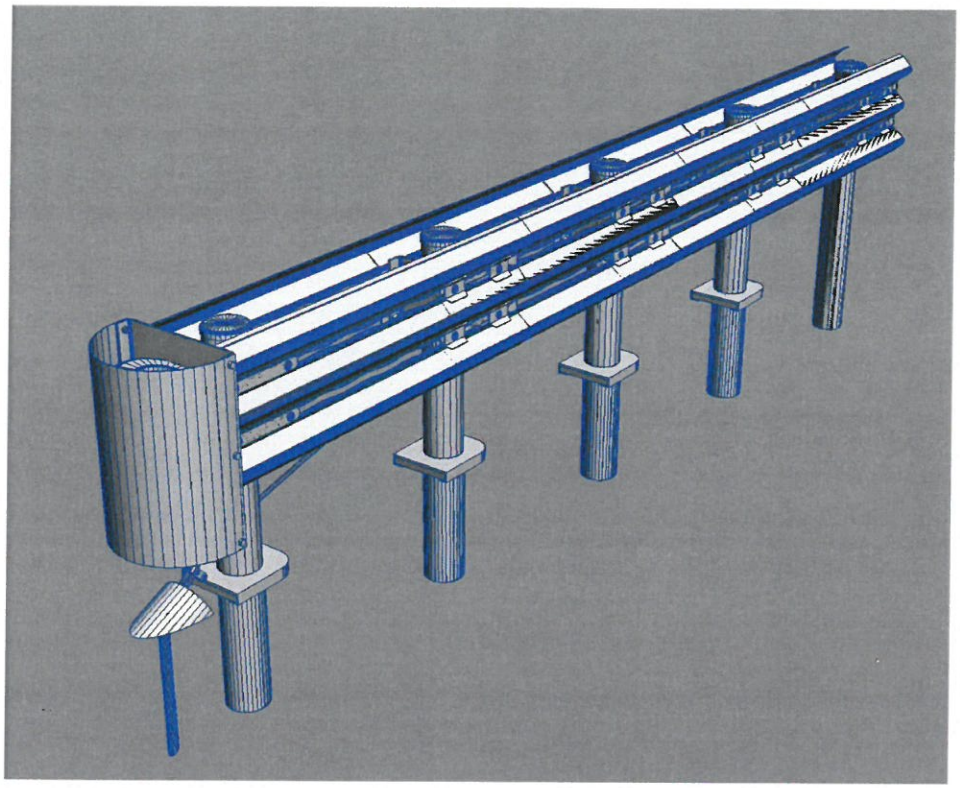
[그림 34.] 3Way 용 ET2 단부처리시설물 배면도



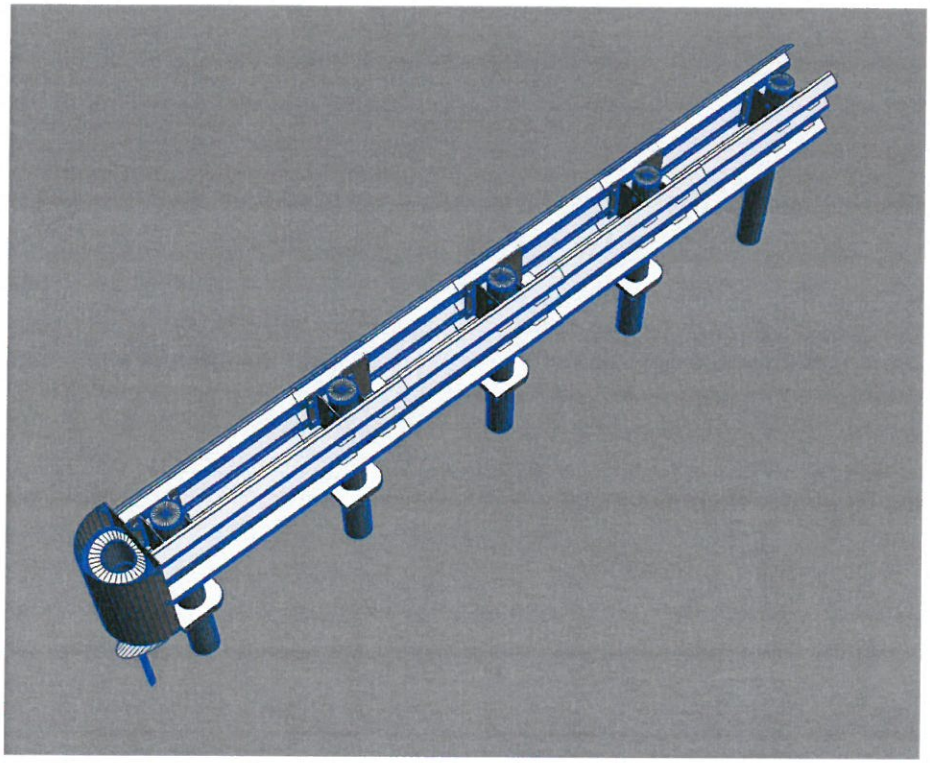
[그림 35.] 3Way 용 ET2 단부처리시설물 우측면도, 좌측면도



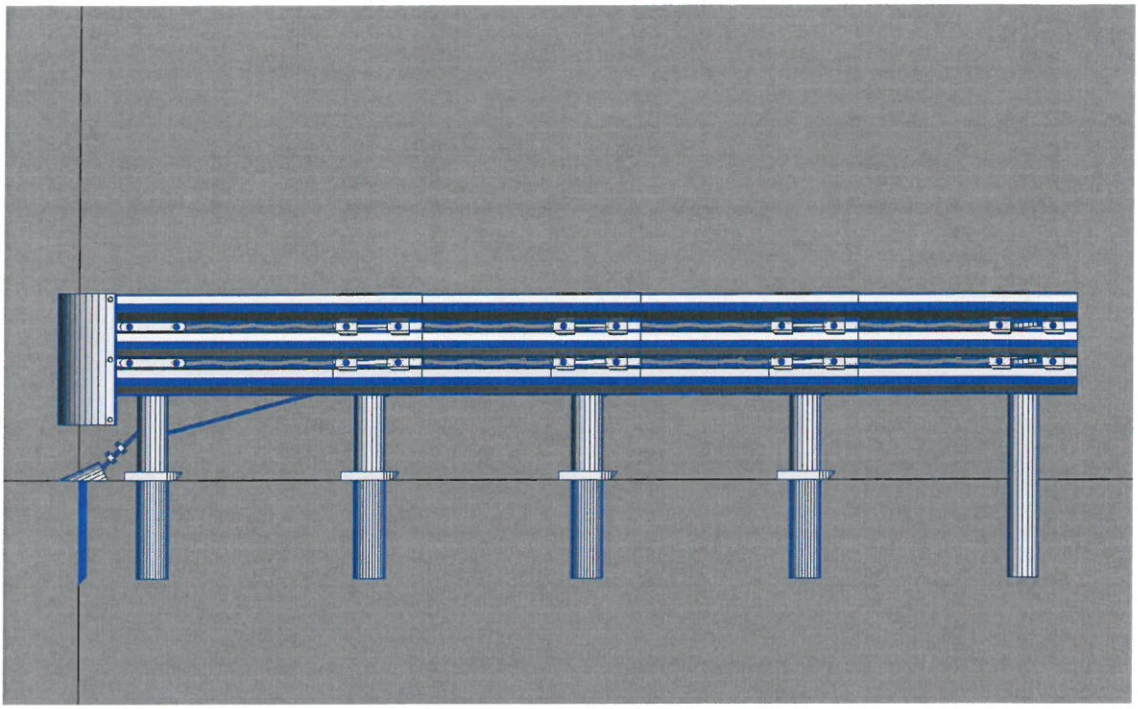
[그림 36.] 3Way 용 ET2 단부처리시설물 평면도



[그림 37.] 3Way 용 ET2 단부처리시설물 모델링



[그림 38.] 3Way 용 ET2 단부처리시설물 모델링

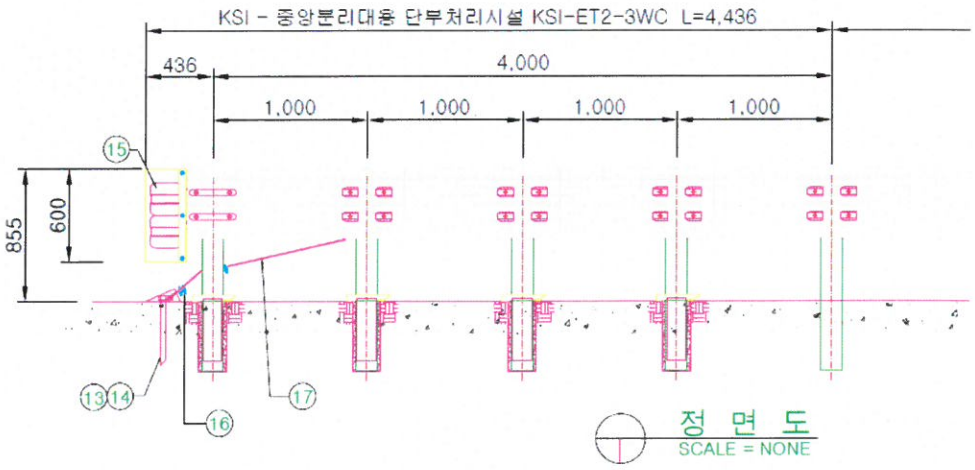


[그림 39.] 3Way 용 ET2 단부처리시설물 모델링

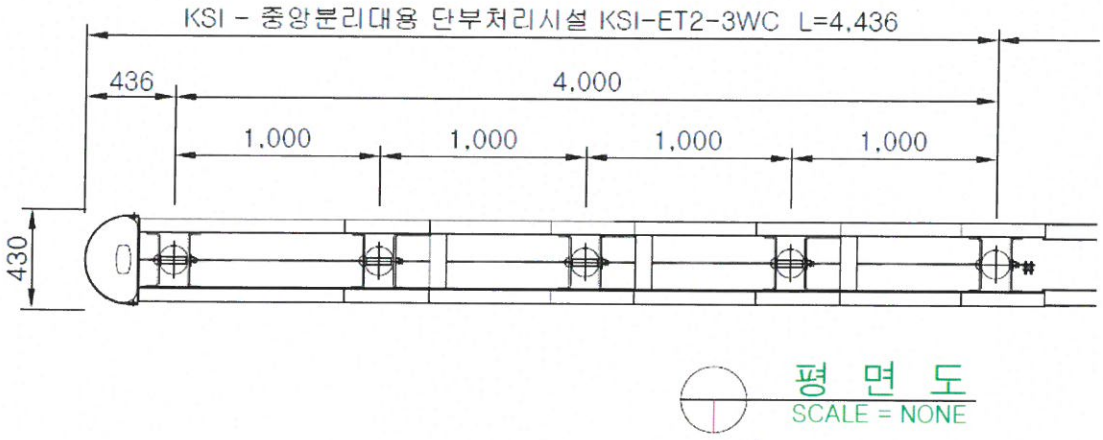
4. 단부처리시설물 구조해석

가. 구조해석 목적

- 단부처리시설물은 자동차의 동적 충격에너지를 흡수하여, 운전자 및 탑승객의 안전을 보호하기 위한 교통시설물로써, 충격완화 효과를 극대화 시킬 수 있는 구조가 요구됨
- 차량이 충돌하였을 경우, 가드레일 형상과 구조에 따라 충격완충 효과가 다르기 때문에 유한요소해석 시뮬레이션을 이용하여 최적의 형상 및 구조를 예측하고자 함
- 제안된 단부처리시설물은 충격이 가해지는 정면부에 D형 코어와 3 way 구조를 가진 가드레일 패널이 양방향으로 대칭적 구조로 설계되어 있음. 또한, 가드레일 홈 형태에 따라 충격을 흡수하는 구조를 가짐



[그림 40.] 3Way용 단부처리시설물 정면도



[그림 41.] 3Way용 단부처리시설물 평면도

나. 충돌해석 모델링

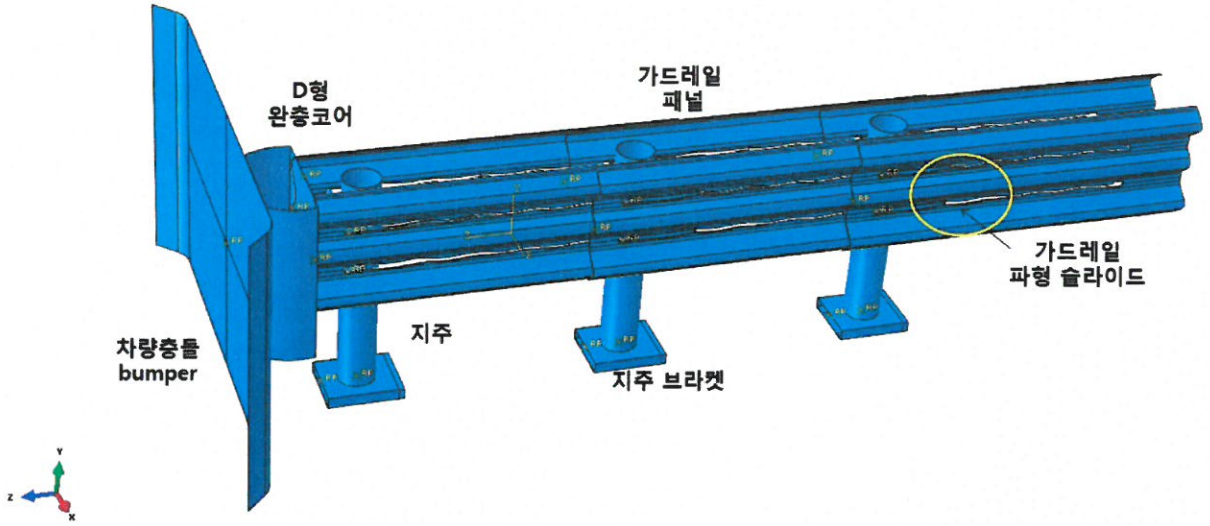
(1) 유한요소 모델링

- 해석의 편의성을 위하여 실제 구조물을 단순화시켜 모델링 진행
- Tool: ABAQUS v6.13-1
- Solver: ABAQUS Dynamic, Explicit
- Parts
  - 충돌범퍼 : 3D Discrete rigid, Shell type
  - D형 코어 : 3D Deformable, Shell type
  - 가드레일 : 3D Deformable, Solid type
  - 가드레일 브라켓 : 3D Discrete rigid Shell type
  - 지　　주 : 3D Deformable, Shell type
  - 지주브라켓 : 3D Discrete rigid, Shell type
- Material : SS400 구조용강
  - D형 코어, 가드레일, 지주 물성 기입

Table. 1 SS400 구조용강 물성치

	Density [g/m3]	Young's Modulus [GPa]	Poisson'sRatio
Post(SS400)	7.83E-009	200	0.26

- 구속조건 및 메쉬
  - 충돌범퍼가 D형 코어에 충돌 및 가드레일은 충돌 방향으로만 이동 할 수 있도록 구속조건 설정
  - 충돌에 의해 가드레일이 순차적으로 파형 구조에 따라 슬라이딩 되고, 지주연결부가 충돌에 의해 밀려나면서 충돌을 흡수하는 구조

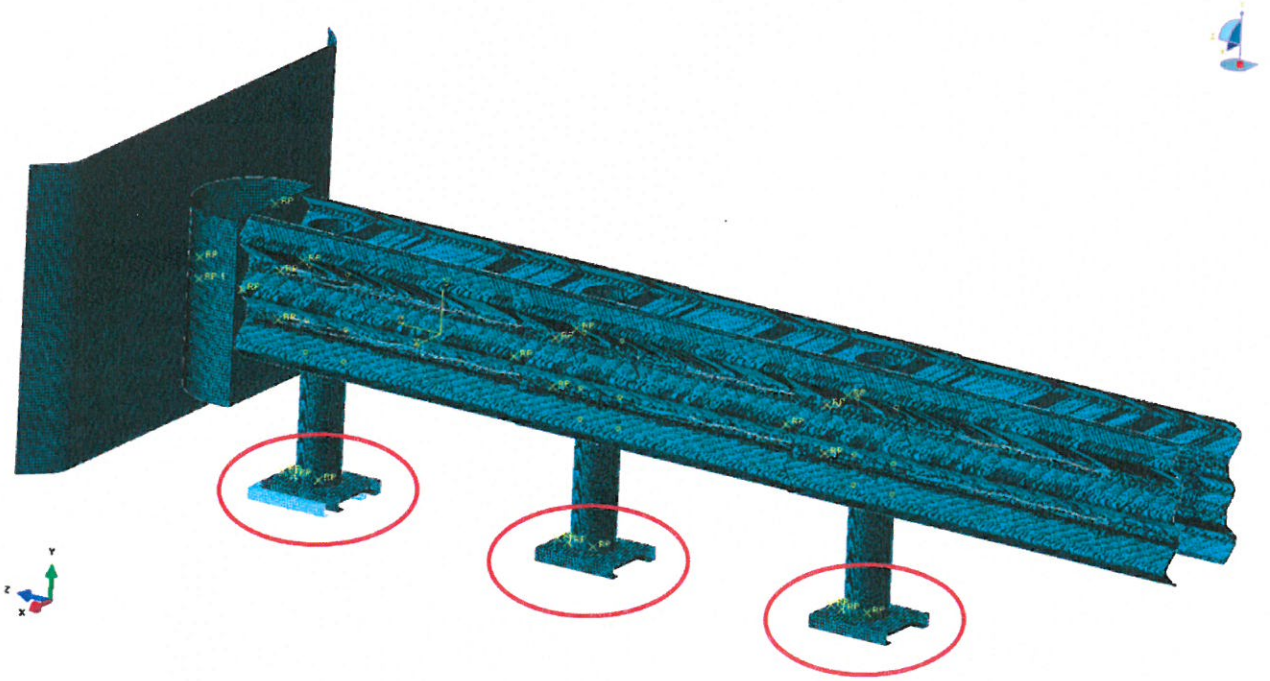


[그림 42.]단부처리시설물 3way 가드레일 패널 구조해석 모델링

다. 유형별 충돌해석

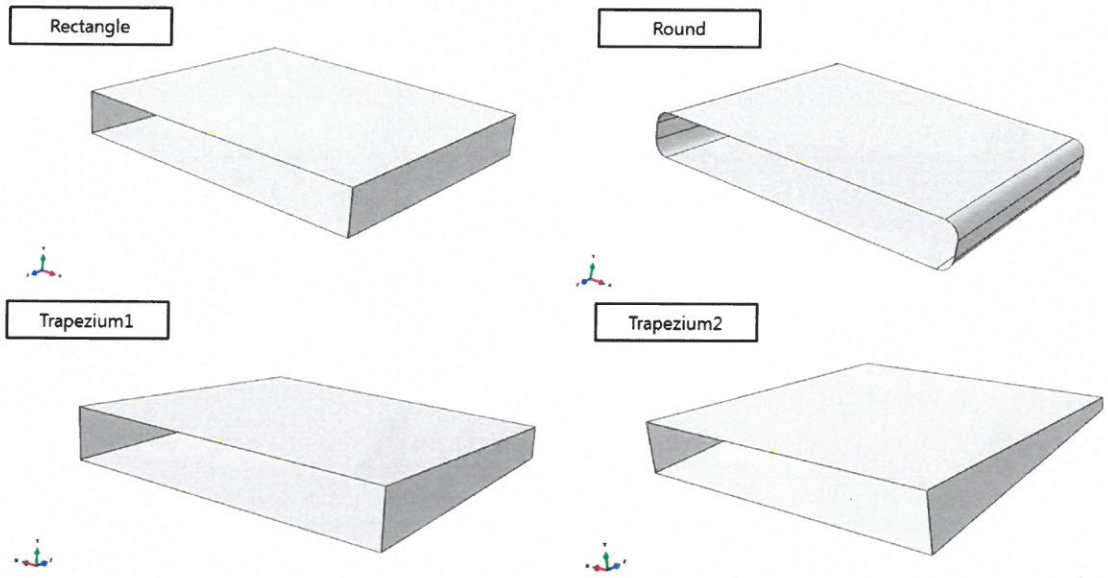
(1) 지주브라켓 구조에 따른 충돌해석

(가) 유한요소해석 모델링



[그림 43.]3way 단부처리시설물의 하부지주 형태 변화에 따른 유한요소해석 모델링

(나) 하부 지주구조에 따른 충돌해석



[그림 44.]4가지 유형의 하부지주 형태 변화

(다) 하부지주 구조에 따른 충돌해석 결과

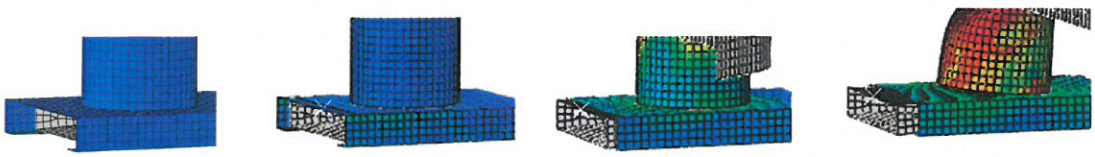
- 하부지주 구조에 따른 응력거동 특성

• 충돌부재(차량범퍼)가 3way 형태의 단부처리시설물에 정면충돌 시, D형 코어에서 변형이 발생하며, 충격에너지는 가드레일과 상부지주, 그리고 하부지주로 순차적으로 전달됨
• 충격에 의해 상부지주와 하부지주의 체결부위는 분리가 되며, 하부지주 구조에 따라 분리가 원활하지 않게 나타남
• 충격에 원활한 분리작용 현상이 나타나지 않을 경우, 충격에너지는 가드레일 패널과 상부지주에 응력이 집중되며, 이와 같은 현상은 탑승자에 가해지는 충격량을 증가시킴

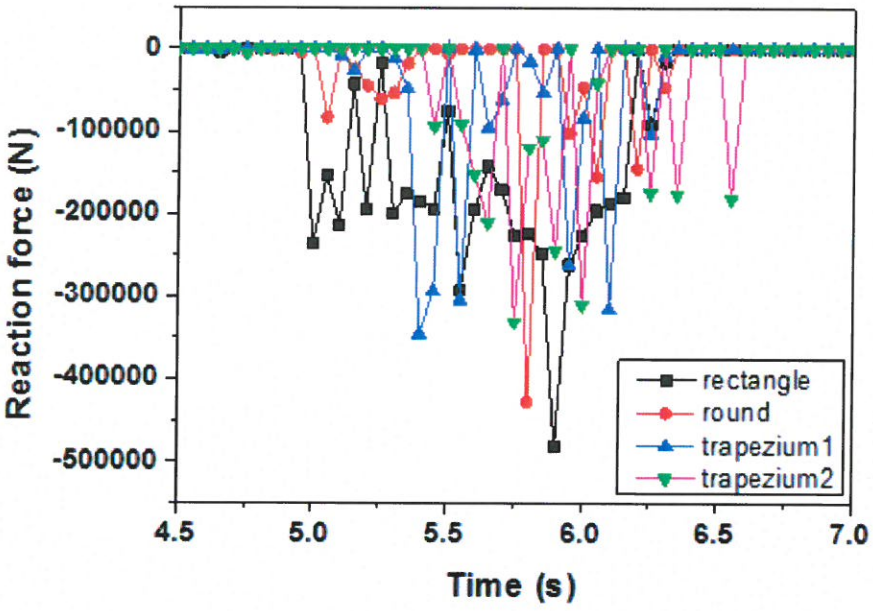


[그림 45.]충돌에 따른 응력변화

(라) 하부지주 형태 변화에 따른 충돌해석 결론

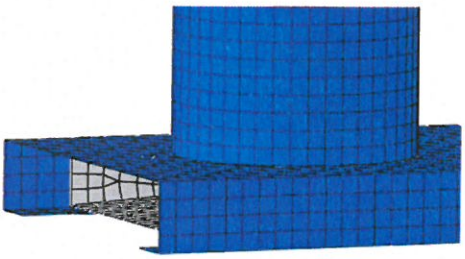


[그림 46.]지주브라켓에 가해지는 응력변화



[그림 47.]충돌 후 지주브라켓에 가해지는 반력

- 충돌부재(차량범퍼)가 3way 형태의 단부처리시설물에 정면충돌 시, D형 코어에서 변형이 발생하며, 충격에너지는 가드레일과 지주, 그리고 지주브라켓으로 연결됨.
- 또한, 지주에 가해진 하중은 연결된 브라켓으로 전달되며, 하부브라켓의 형태에 따라 충격량의 미세한 변화가 나타남
- 하부지주에 가해지는 하중은 충돌방향보다 수직방향(Y축)으로 더 많은 하중이 가해지며, 이러한 현상은 충돌에 의해 상부지주와 하부지주가 분리되기 전에 지주변형에 의해 발생
- 이러한 현상은 충격흡수메커니즘을 저해하고, 하부지주의 변형을 유발시키기 때문에 원활한 분리구조가 요구되며, 유한요소해석결과, 사다리꼴 형태가 반력이 낮고 가장 원활한 분리구조를 나타냄





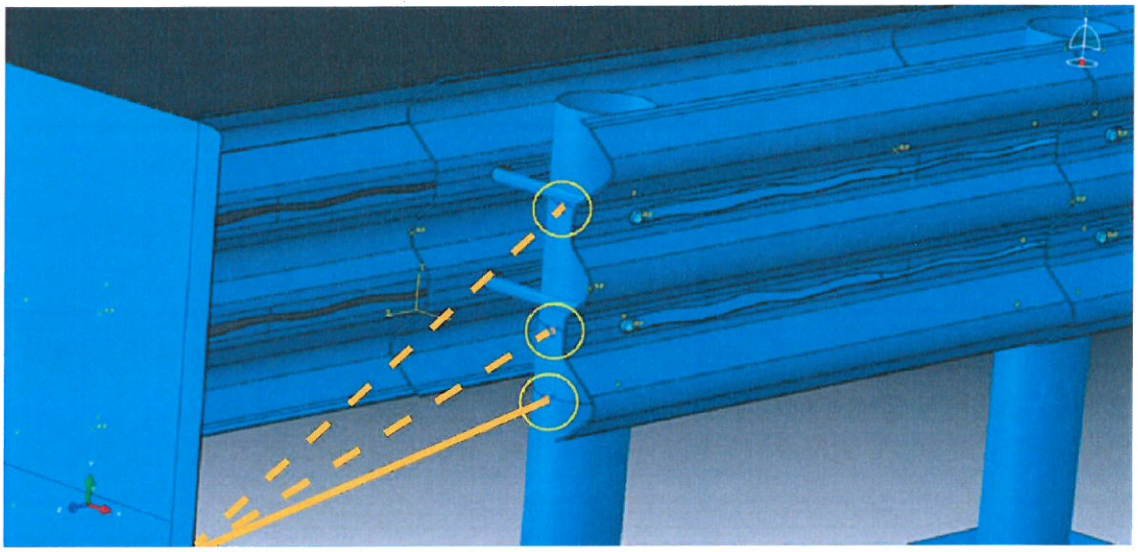


- 상하부 지주가 원활한 분리구조를 나타낼 경우, 탑승자에게 가해지는 충격에너지가 저감되는 것을 확인하였으며, 해석에서는 상부가 사각형 형태고, 하부가 사다리꼴 형태 일 때 가장 원활한 분리구조를 나타내었다. 이에 따라, 상하부 지주 체결구조 제작에서 하부는 사각형태로 제작하고, 상부는 사다리꼴과 유사한 사다리꼴 형태로 제작하여 충격에 체결부가 원활한 분리를 할 수 있도록 하였음. 실제 정면 충돌시험에서도 상하부가 원활하게 분리되면서 뒤로 밀려나가면서, 변형도 발생하지 않았음

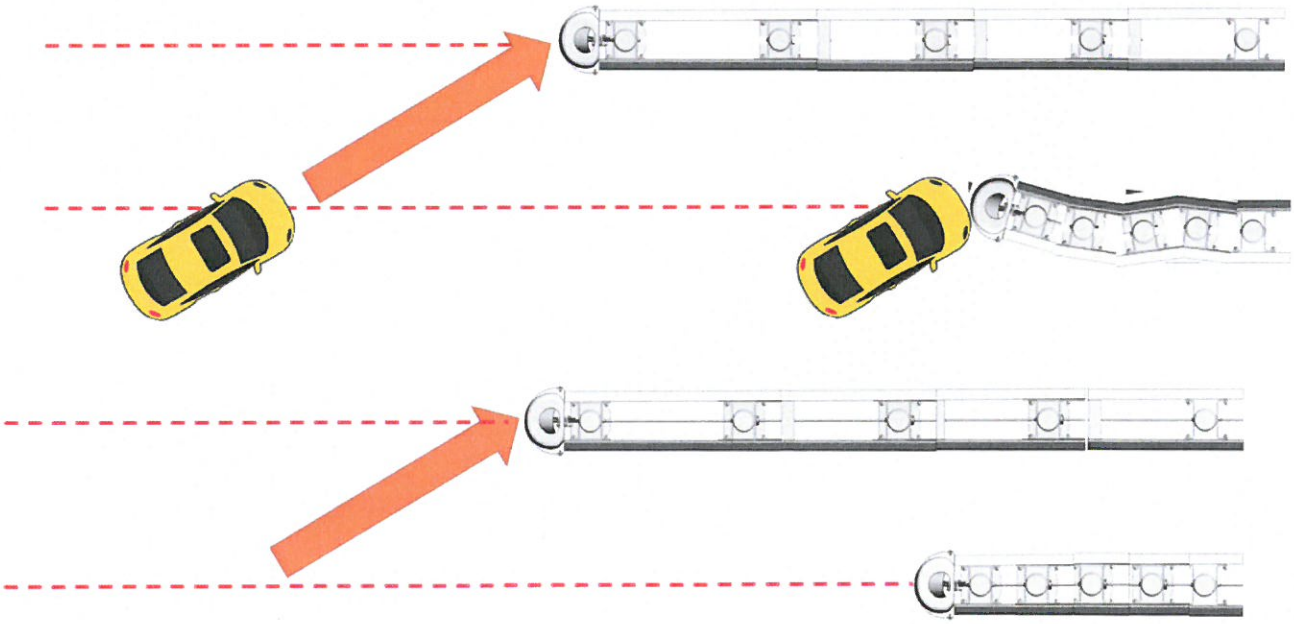
(2) 와이어 유무에 따른 충돌거동 특성 관찰

(가) 와이어 유무에 따른 유한요소해석 모델링

- 단부처리시설물 내 상부지주에 와이어가 삽입되는 지점에 경계조건 설정
- 실제 와이어와 동일하게 거동특성을 나타내기 위해서, 유사지점의 노드를 충돌방향(Z축)으로만 이동할 수 있도록 구속조건 설정



[그림 48.]단부처리시설물에 와이어 경계조건 설정



[그림 49.]가드레일 내 와이어 유무에 따른 가드레일 변형 모식도 : (상)와이어 무, (하)와이어 유

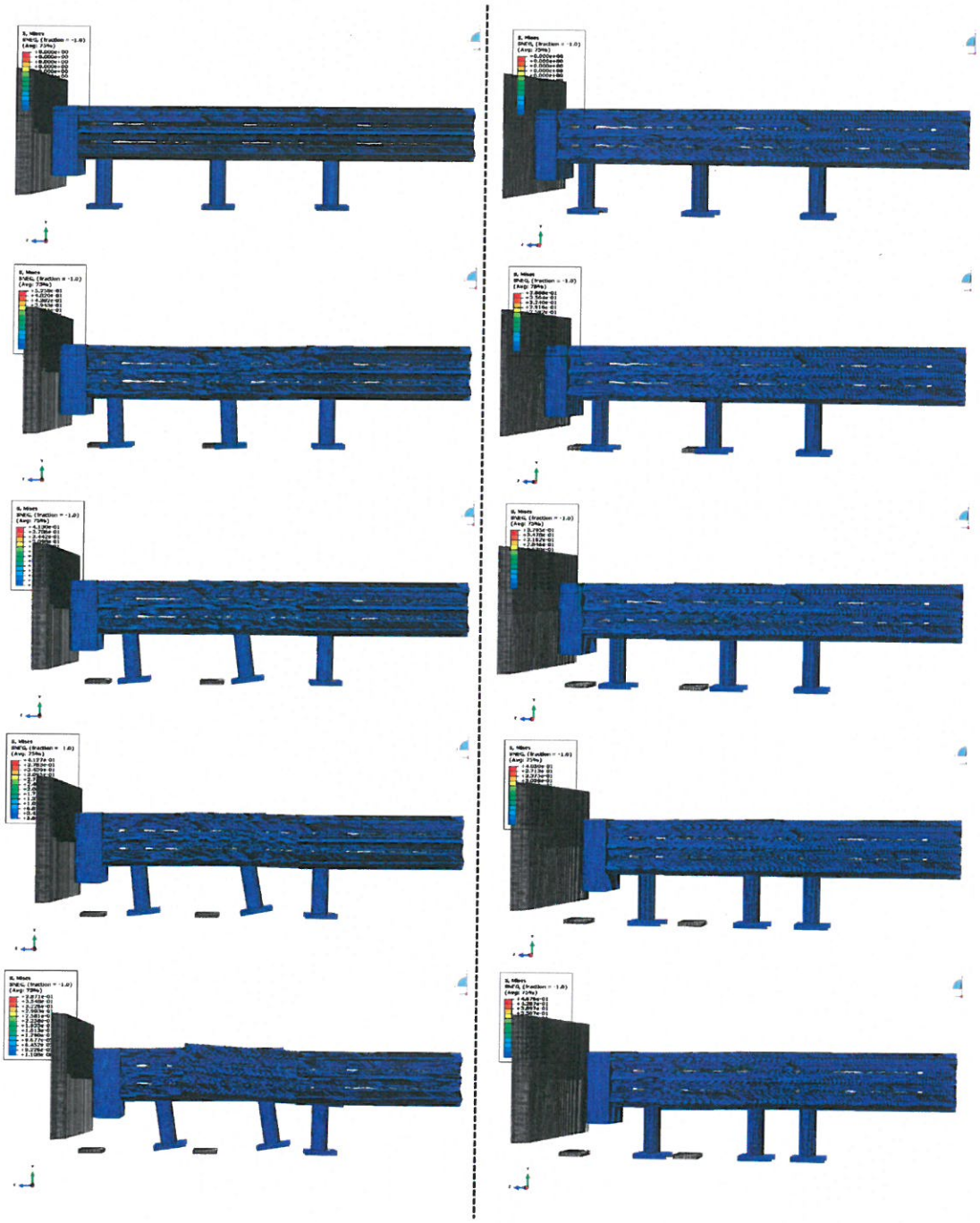
(나) 와이어 유무에 따른 유한요소해석 결과

- 단부처리시설물 내 와이어 유무에 따른 응력거동 특성

· 충돌부재가 단부처리시설물에 충돌 시, 충격에너지는 D형 완충코어와 가드레일 패널로 전파되며, 가드레일 내 홈 형상에 따라 밀림현상이 발생하고, 동시에 상부지주와 하부지주의 체결부는 분리됨

· 단부처리시설물 내 와이어 유무에 따른 거동특성을 비교한 결과, 와이어가 없는 단부처리시설물은 충격에 의해 상하좌우로 비틀리는 현상이 나타나며, 불안정한 흡수구조를 나타내고 있음

· 반면에, 와이어가 고정된 해석모델링에서는 와이어가 고정된 노드에서 응력변화가 생기며, 변형을 발생할 만큼의 큰 값은 나타나지 않았고, 충돌방향으로 안정적인 흡수구조를 나타냄

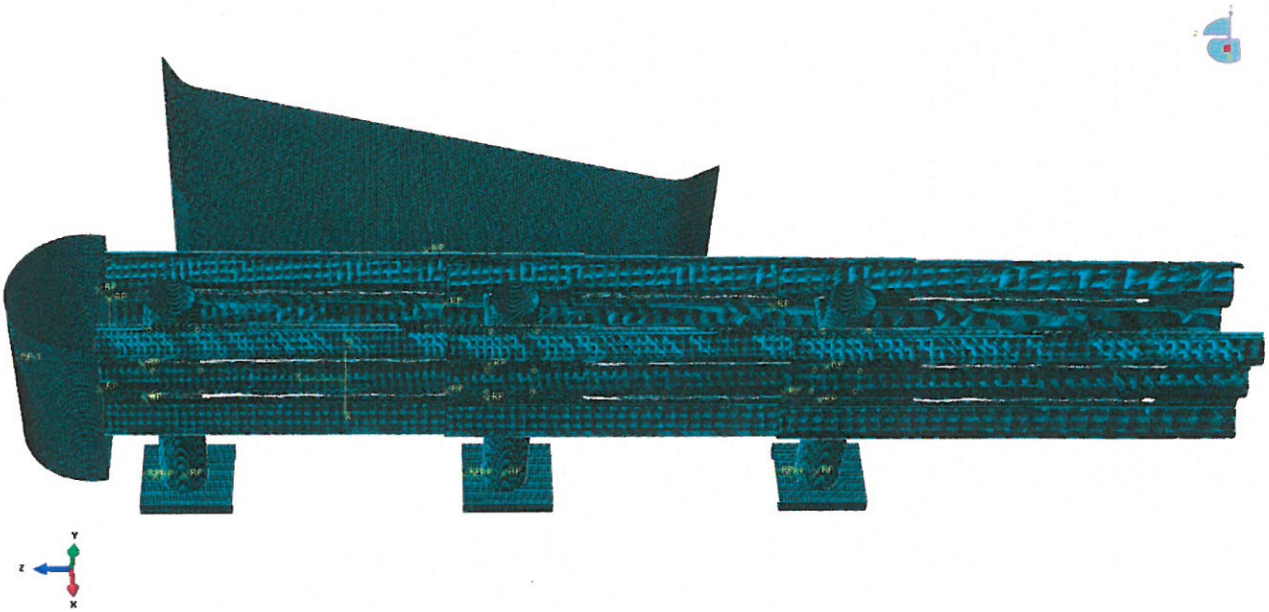


[그림 50.]단부처리시설물 내 와이어 유무에 따른 응력거동 특성: (좌)와이어 무, (우)와이어 유

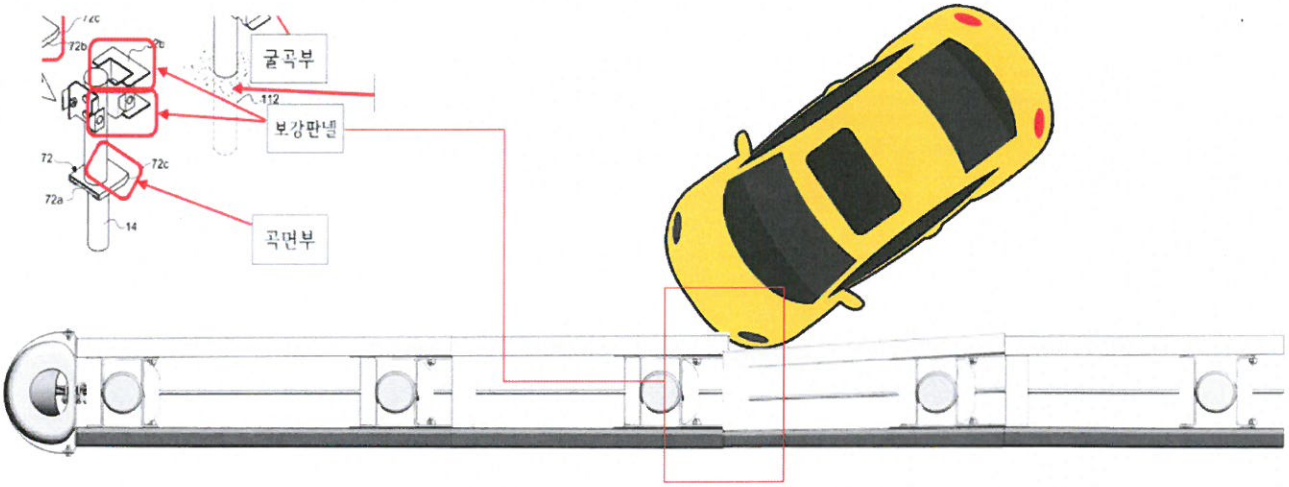
(3) 165도 측면충돌에 따른 유한요소해석

(가) 165도 측면충돌에 따른 유한요소해석 모델링

- 충돌부재가 가드레일 측면 165도에서 가드레일을 충돌하는 현상 모델링
- 측면 충돌에 따른 가드레일의 거동특성 관찰



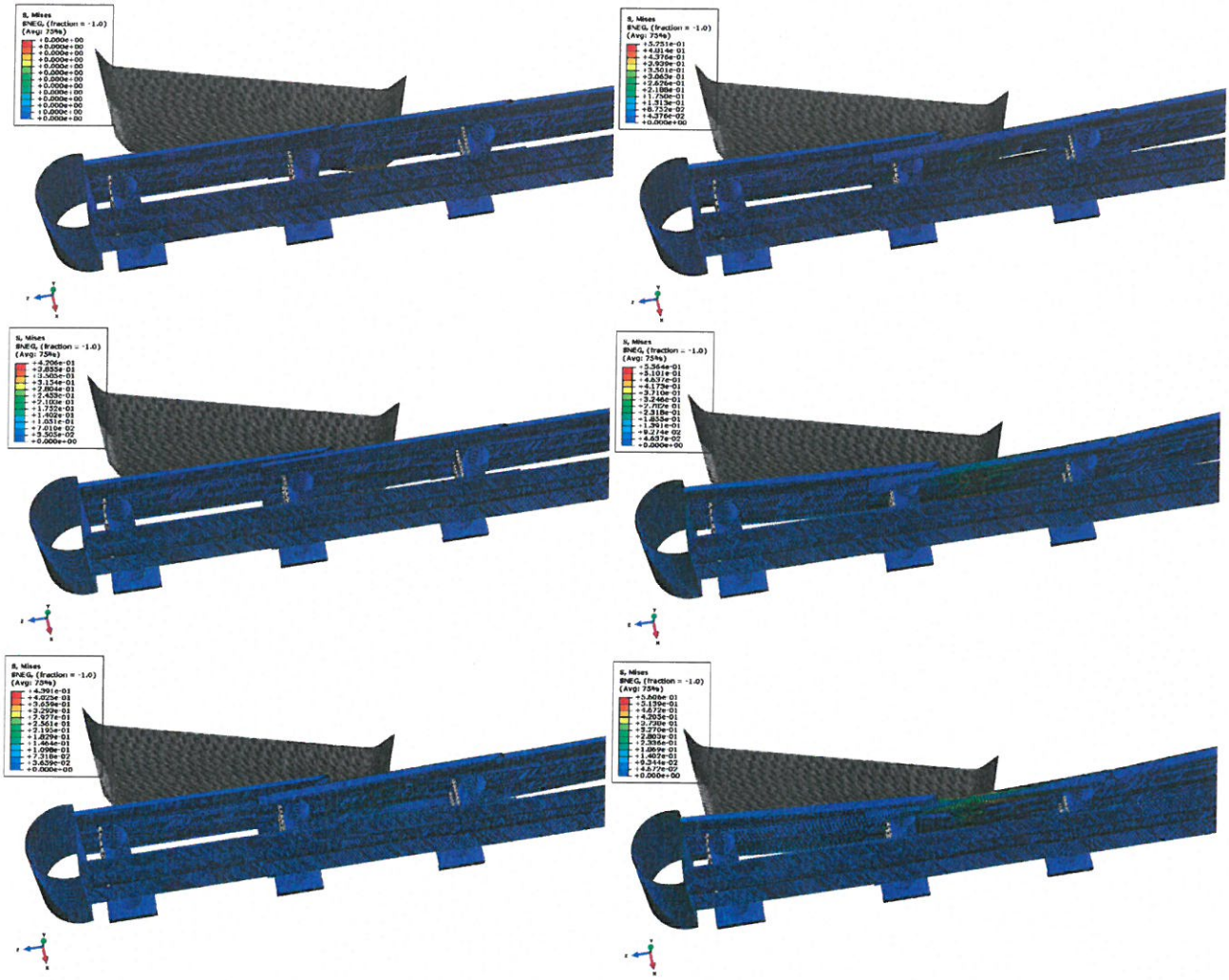
[그림 51.]가드레일 165도 측면 충돌 유한요소해석 모델링



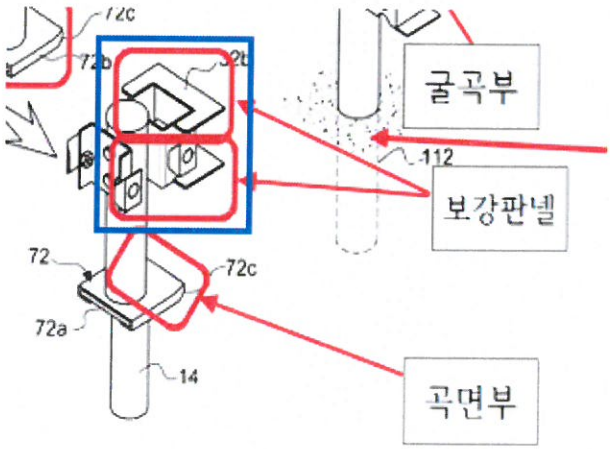
[그림 52.]가드레일 165도 측면 충돌에 따른 가드레일 변형 모식도

(나) 165도 측면충돌에 따른 유한요소해석 결과

- 165도 측면 충돌에서는 충돌부재가 부딪히는 가드레일 패널에서 응력변화 현상이 집중적으로 일어남
- 첫 번째로 충돌했던 가드레일 패널의 강성에 따라, 변형이 발생하고 충격이 완하되는 현상을 나타냄
- 첫 번째 가드레일에 변형이 발생함에 따라, 중첩된 가드레일의 모서리에도 2차 접촉
- 정면충돌과 달리, 충격이 흡수되는 현상은 발생하지 않고, 가드레일 패널의 강성에 의해 충돌부재에 큰 반력을 나타냄



[그림 53.]가드레일 165도 측면 충돌에 따른 가드레일 변형 모식도

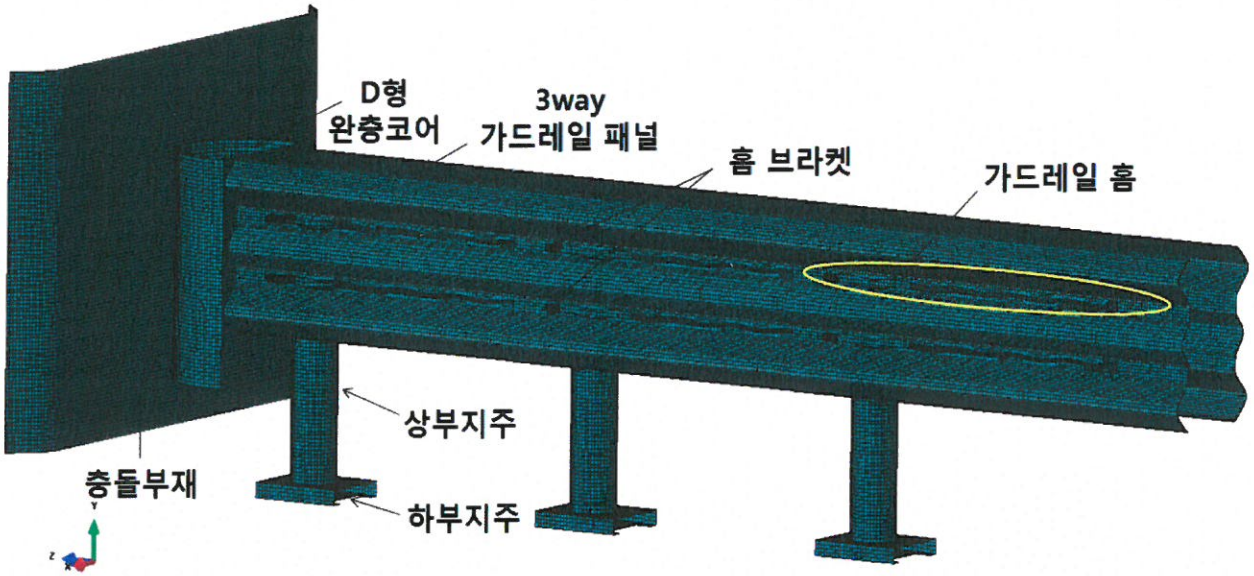


[그림 55.]가드레일 165도 측면 충돌 문제에 따른 보강판넬 적용

- 교통안전성 측면에서 중앙분리대용 가드레일의 경우, 반대에서 오는 차량이 단부처리시설물에 충돌시 보강판넬이 없으면 위의 시뮬레이션과 같이 역방향으로 오는 차량은 부딛친 측면 패널 부딛쳐 차량 안으로 측면패널이 파고 들 수 밖에 없음. 이는 차량 운전자에게 위험이 될 수 있는 사항으로 이러한 문제점을 해결하기 위하여 단부처리시설물 특허와 같이 단부처리시설물의 충격흡수 브라켓에 보강판넬을 적용하여 시험함

(4) 파형구조에 따른 충돌해석

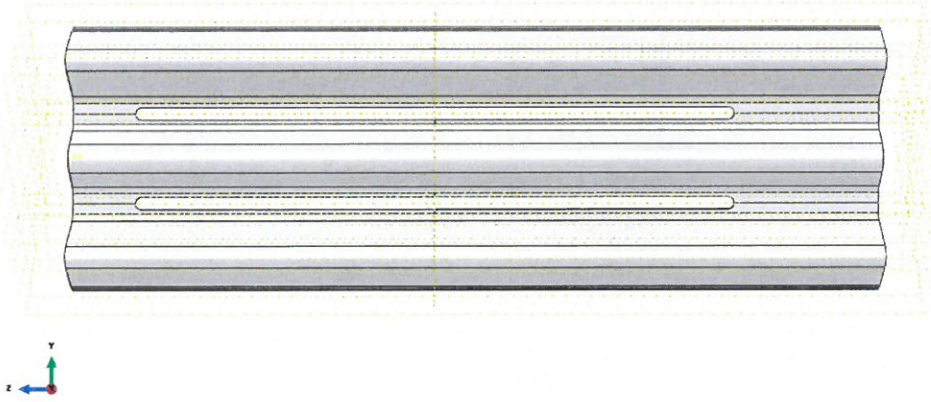
(가) 유한요소해석 모델링



[그림 54.]단순화된 유한요소 모델링

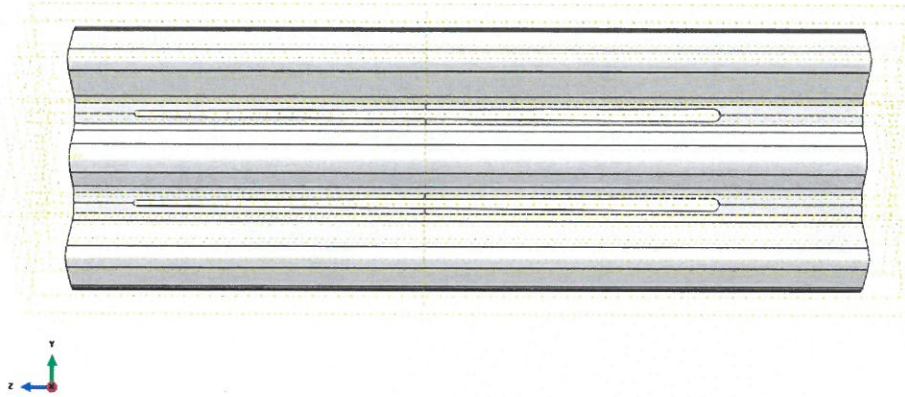
(나) 슬라이딩 되는 홈구조

· Case 1 : 가드레일 내 홈이 일직선 슬라이딩 구조



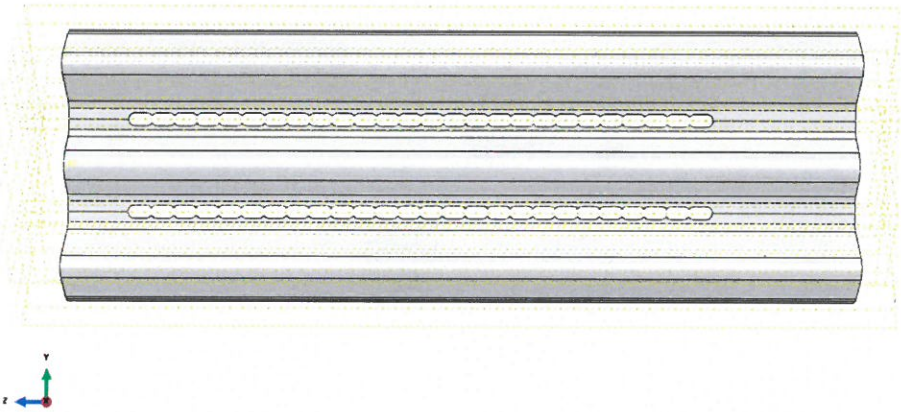
[그림 55.]홈 구조가 직선형 가드레일 모델링

· Case 2 : 가드레일 내 홈이 점점 좁아지는 구조



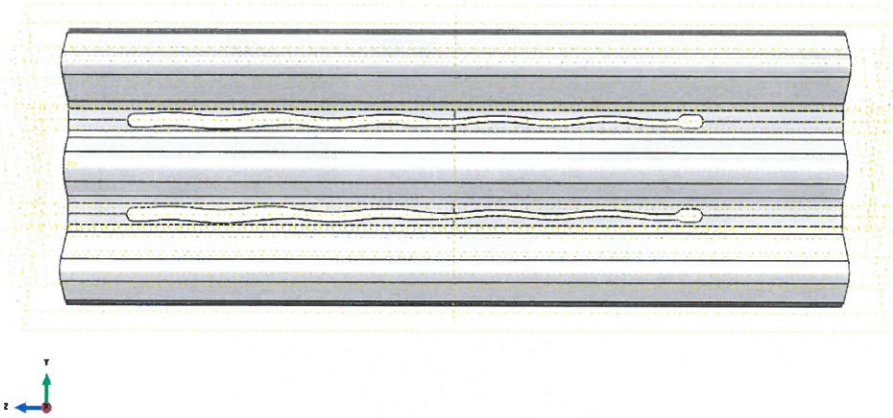
[그림 56.]홈 구조가 좁아지는 가드레일 모델링

• Case 3 : 가드레일 내 홈이 크기가 반복적으로 좁아지고 커지는 구조



[그림 57.]홈 구조가 반복적으로 좁아지고 커지는 가드레일 모델링

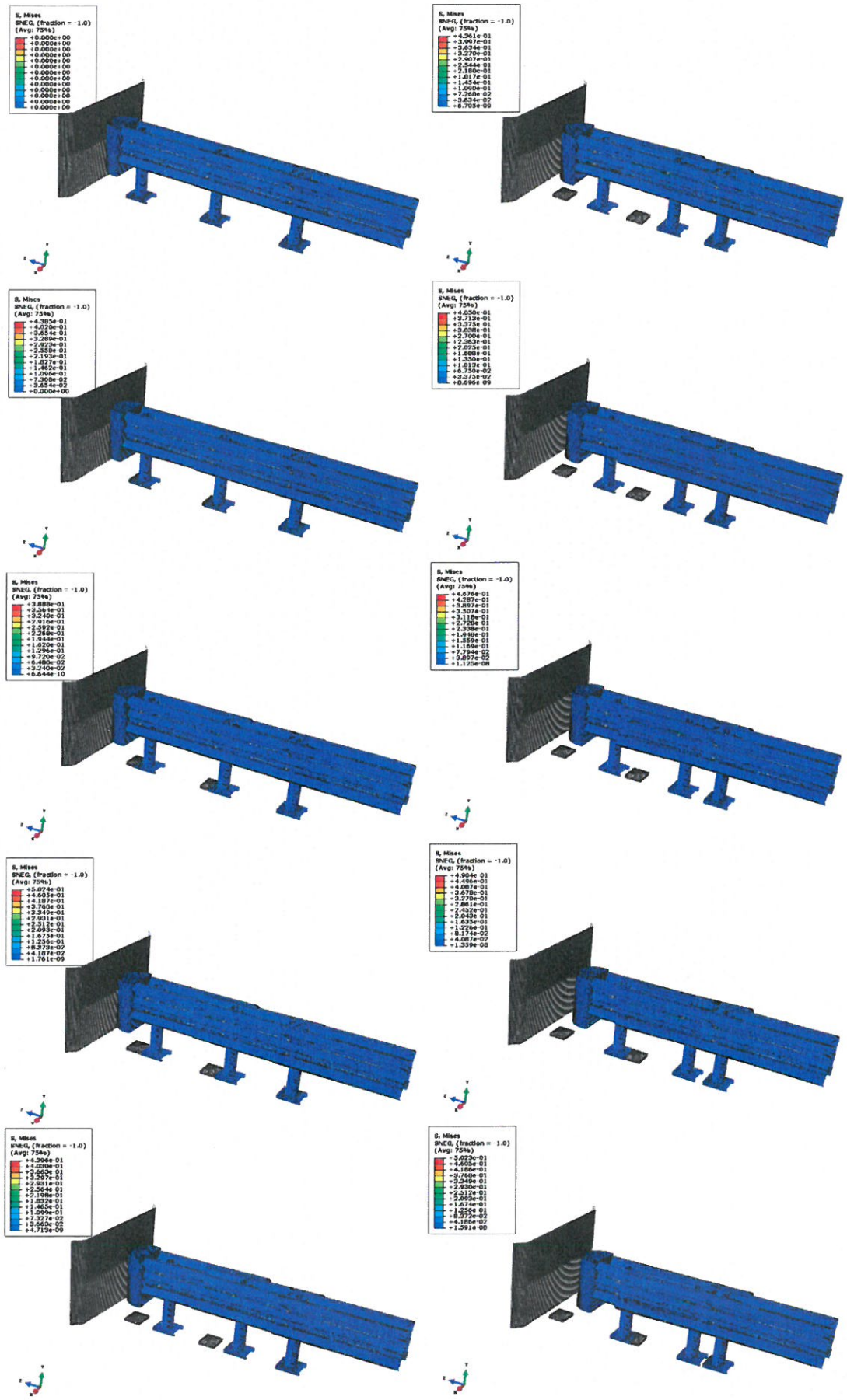
• Case 4 : 가드레일 내 홈이 물결 형태로 파형 구조



[그림 58.]홈 구조가 물결형태의 가드레일 모델링

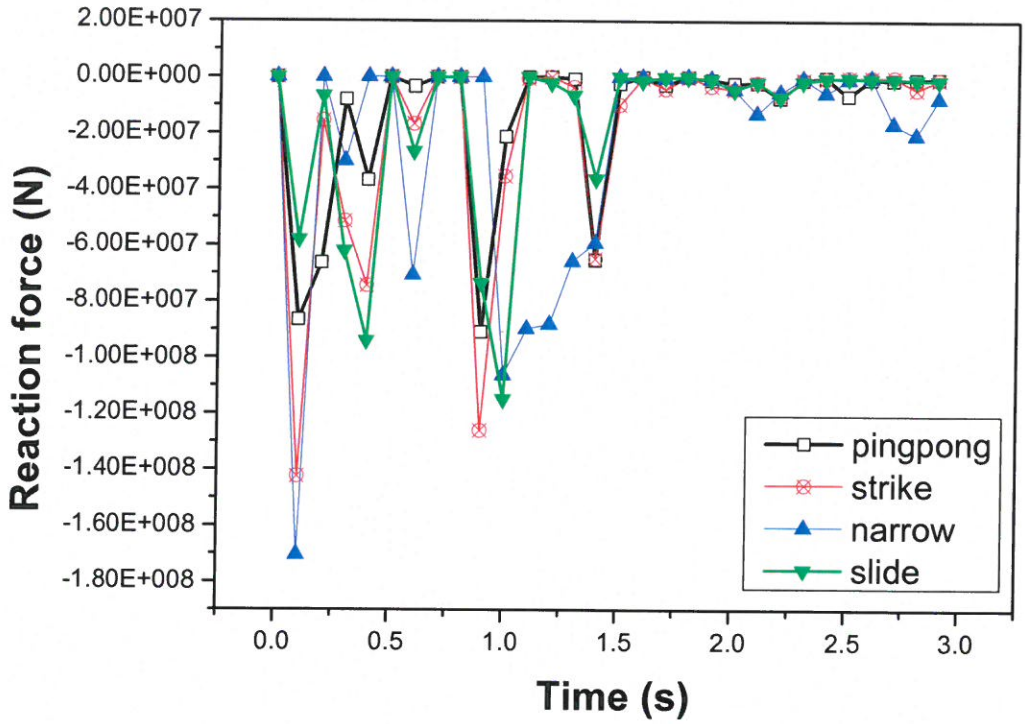
(다) 파형구조 변화에 따른 충돌해석 결과

- 가드레일 내 홈이 물결형태의 파형 구조



[그림 59.]충돌에 따른 가드레일 내 파형구조의 응력변화

(라) 가드레일 내 구조 변화에 따른 충돌해석 결론

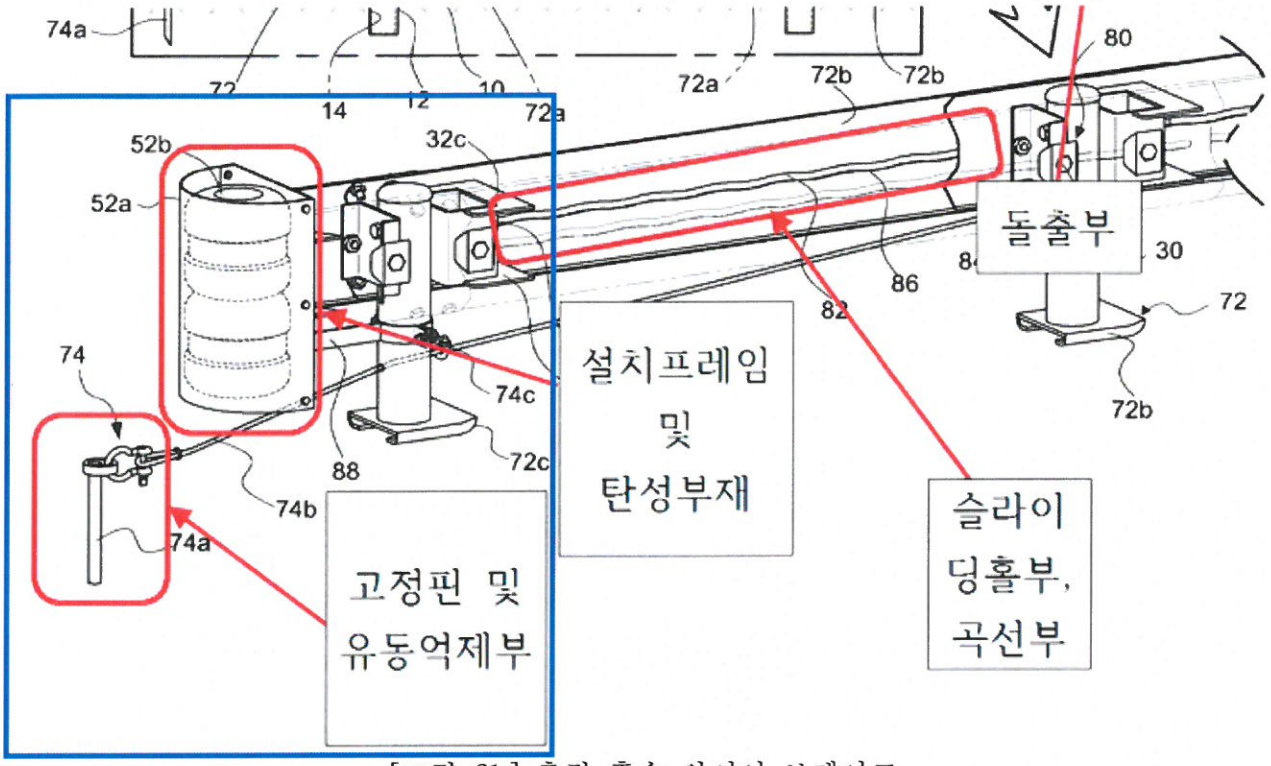


[그림 60.]충돌후 범퍼에 가해지는 반력

- 충돌부재가 단부처리시설물에 정면충돌 시, D형 코어에서 1차 충격에너지가 흡수가 되며, 코어의 압축 변형 후 reaction force 가 크게 나타나며, 이러한 현상은 충격량이 크게 나타나는 것과 유사함
- 가드레일에 충돌부재가 충돌하는 초기에 가장 리액션포스는 큰 값이 나타나며, 점차 충격량이 줄어드는 것을 알 수 있음. 이러한 충격량은 시뮬레이션 결과, 가드레일 패널과 bracket을 통해 응력이 전달되는 과정을 거침
- 가드레일의 홈 형태에 따라, 충격량의 차이를 나타냈으며. 점점 좁아지는 형태(narrow)와 일직선(strike) 형태가 큰 충격량을 나타났으며, 반복적으로 홈크기가 좁아지고 커지는 형태(pingpong) 와 물결형태의 파형구조(slide)가 적은 충격량을 나타냄
- 이에 따라, 가드레일의 홈 구조는 초기에 충격량이 가장 적은 파형 구조가 적합 할 것으로 예상됨

5.브레이크 장치 구조 성능 개선

- 충돌 흡수 메커니즘을 고려하여 충돌 성능을 최대화 시키기 위한 방법으로 차량이 충격을 했을 때 차량의 충격을 흡수하기 위한 방법으로 와이어를 이용한 마찰력 흡수를 이용을 하였다.



[그림 61.] 충격 흡수 와이어 브레이크

- 빨간색 와이어 : 시설물에 차량이 정면 또는 측면으로 부딛쳤을 시 잡아주는 역할
- 파란색 와이어 : 시설물이 정면으로 부딛쳤을 시 지주뒤쪽을 잡아주어 브레이크 역할을 함

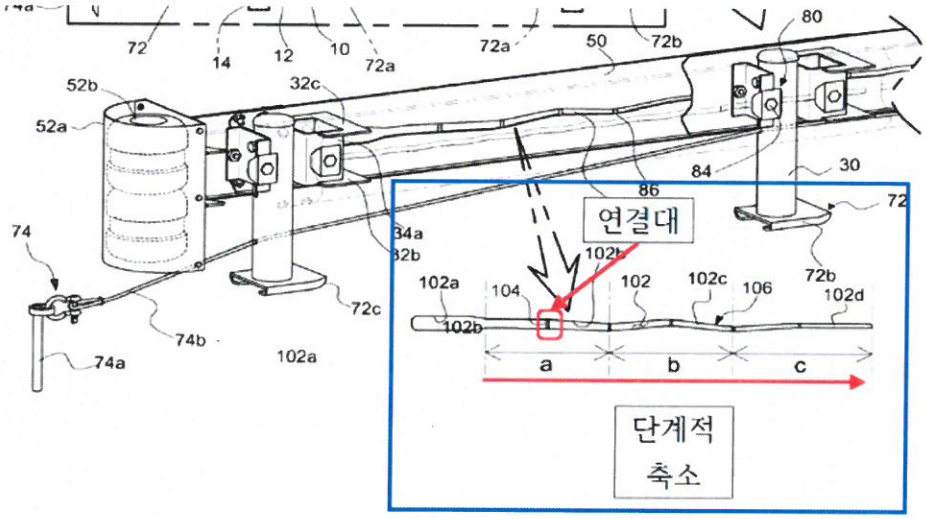


[그림 62.] 충격 흡수 와이어 브레이크 충돌 전



[그림 63.] 충격 흡수 와이어 브레이크 충돌 후

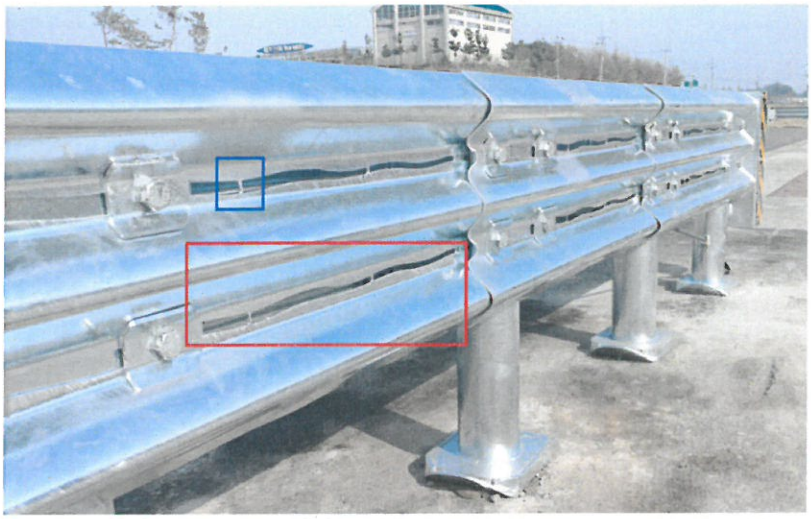
6.기존 ET1에 개발하였던 물결형 가드레일 패널을 개선하여 더욱 효율적인 충격에너지를 흡수시킴



[그림 64.] 가드레일 패널 연결대



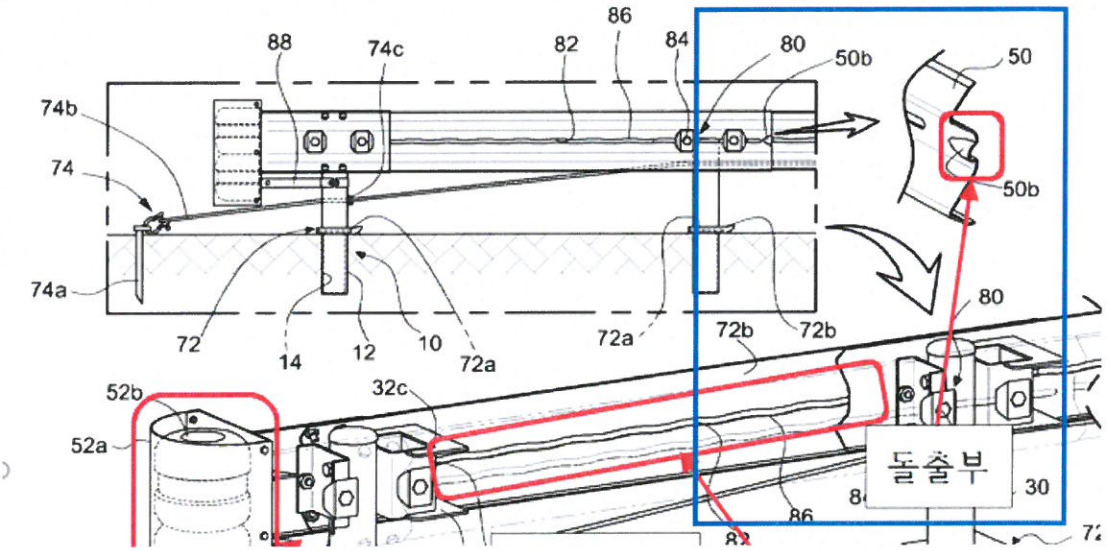
[그림 65.] 가드레일 ET1 물결패널



[그림 66.] 단부처리시설물 ET2 연결대가 적용된 가드레일 패널

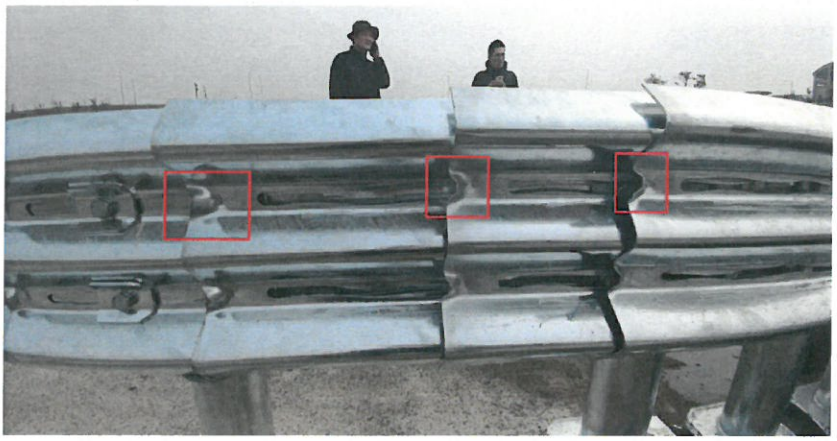
- 빨간색 가드레일 패널 : 점점 좁혀지는 구조로서 차량 충돌시 가드레일 패널이 접혀지며 충격에너지를 상쇄시키는 구조
- 파란색 가드레일 패널 : 차량 충돌시 연결대가 끊어지는 구조로 차량 충돌시 충격흡수함

7. 슬라이딩 되는 패널의 걸림 방지



[그림 67.] 단부처리시설물 ET2 돌출부가 적용된 가드레일 패널

- 단부처리시설물의 가드레일 패널의 특성상 다음 패널을 타고 넘어가야 하기 때문에 고정용 브라켓을 타고 올라갈 수 밖에 없음
- 이 문제점을 해결하기 위하여 45도 이상 가드레일 패널에 돌출부를 제작하여 차량 충돌 패널의 걸림을 방지하였음 (특허 10-165995)



[그림 68.] 단부처리시설물 ET2 돌출부가 적용된 가드레일 패널

8. 정면 충돌과 측면충돌 시 재사용

가. 단부처리시설물의 재활용률 가능 요소

부품명칭	ET1정면 재활용률	ET1측면 재활용률	ET2정면 재활용률	ET2측면 재활용률
정면 패널	0%	100%	0%	100%
측면 패널	100%	70%	0%	70%
상부지주	70%	70%	70%	70%
하부지주	100%	70%	70%	70%
충격흡수브라켓	100%	70%	100%	70%
충격흡수 탄성부재	100%	100%	100%	100%
고정핀 유동억재부	100%	100%	100%	100%
브레이크 와이어	0%	100%	0%	100%
볼트류	100%	100%	100%	100%
전체평균	74%	87%	60%	87%

나.재활용에 대한 경제성

- 도로교통 공단 2015년 교통사고 통계분석에 따르면 최근 5년간 공작물에 대한 사고 발생 건수는 4,530건 이며 이중 중앙분리대 혹은 방호울타리 사고는 35%로 1,585건으로 나타난다. 여기에 단부구간의 사고율 10%를 적용하면 연간 158건이 단부시설에 대한 사고이며 대략 가드레일 단부 사고 1건당 약 375만원 가량의 재활용 설치에 따른 절약효과가 있다.

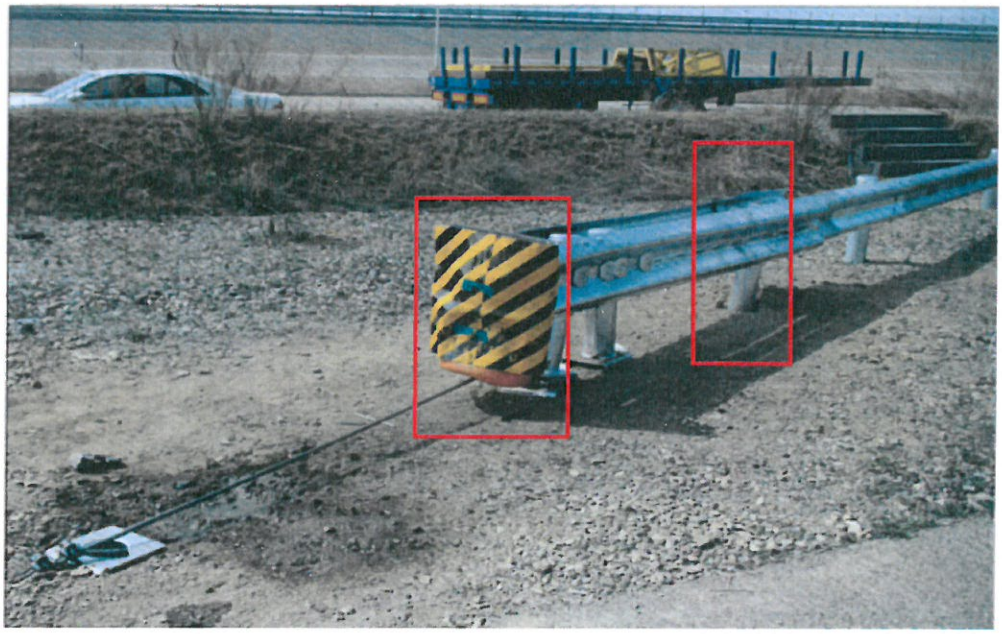
단위(만원)

단부시설물재활용율	재활용률	비용	재활용 가능비용	평균
ET1정면 재활용	74%	430	397.4	375.2
ET1측면 재활용	87%	430	307.3	
ET2정면 재활용	60%	550	397.4	
ET2측면 재활용	87%	550	307.3	

다. ET1 정면충돌



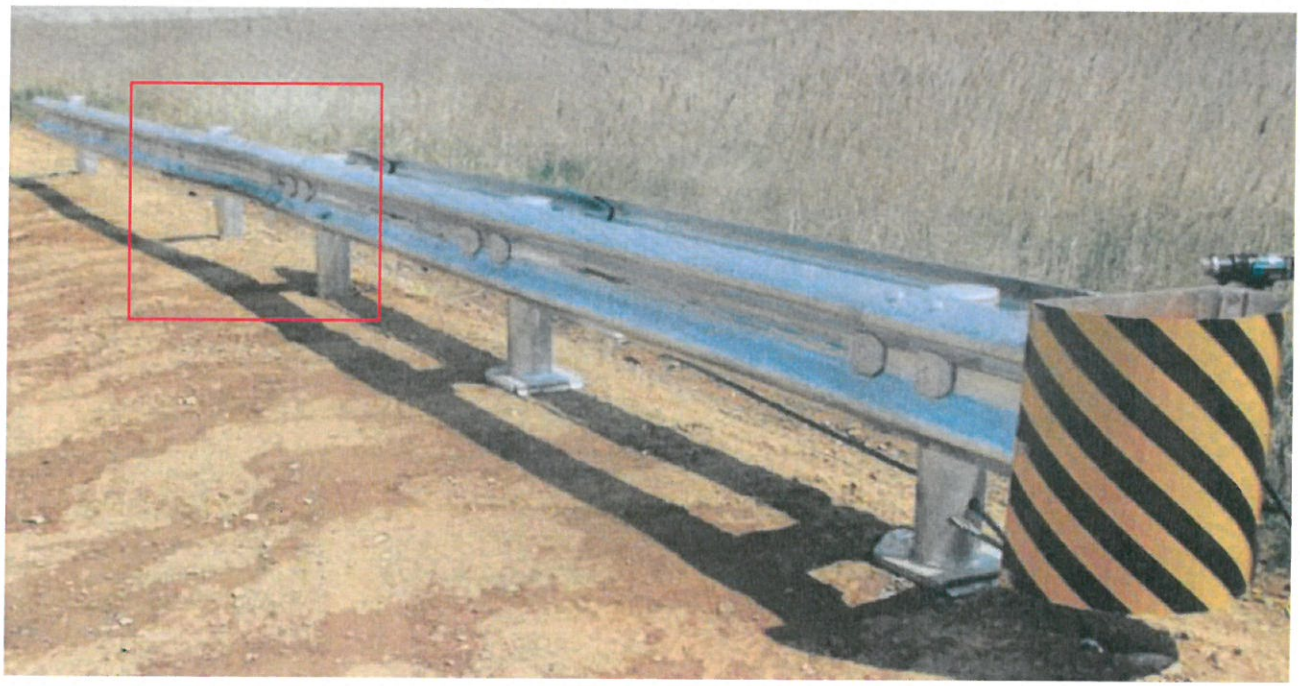




- 단부처리시설물의 정면 충돌시 변형되는 부분은 정면과 지주의 충격 흡수 브라켓, 와이어가 파손되었고 나머지 74% 이상 재사용이 가능하다.

라. ET1 측면충돌



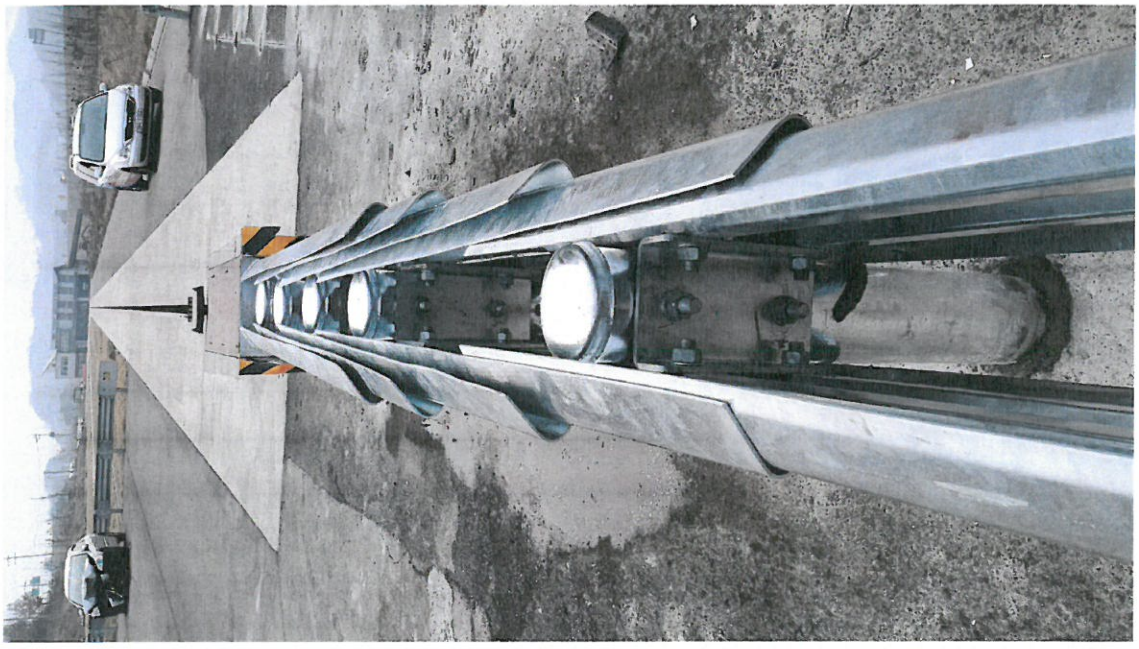


- 단부처리시설물의 측면 충돌시 변형부분은 지주와 측면패널이 손상되었고 나머지 약 87% 이상 재사용이 가능하다.

마. ET2 정면충돌

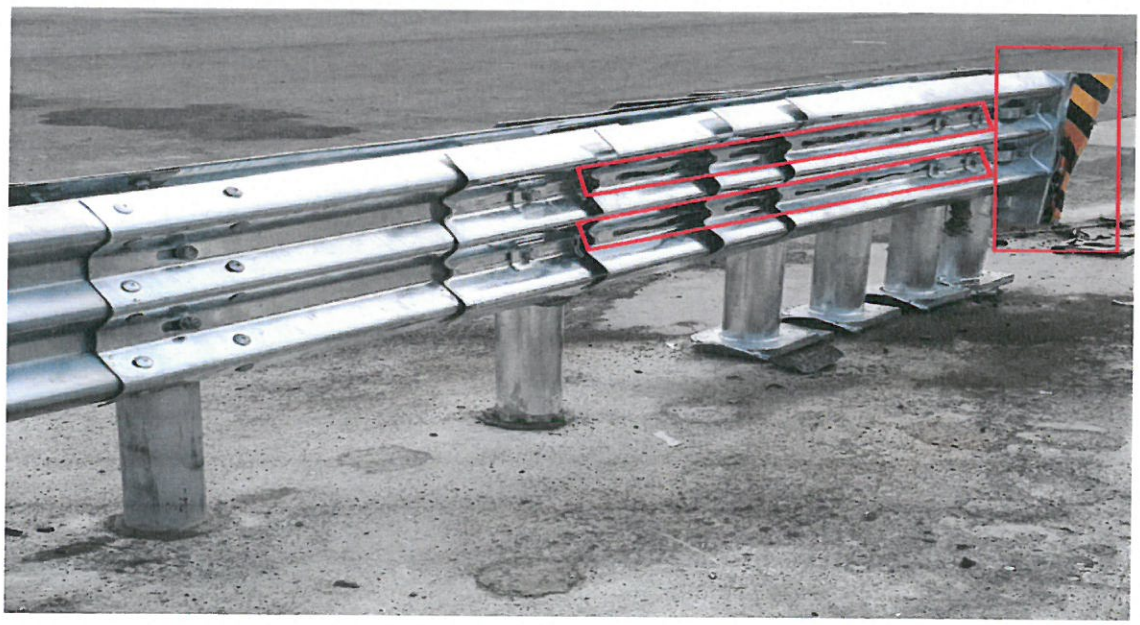








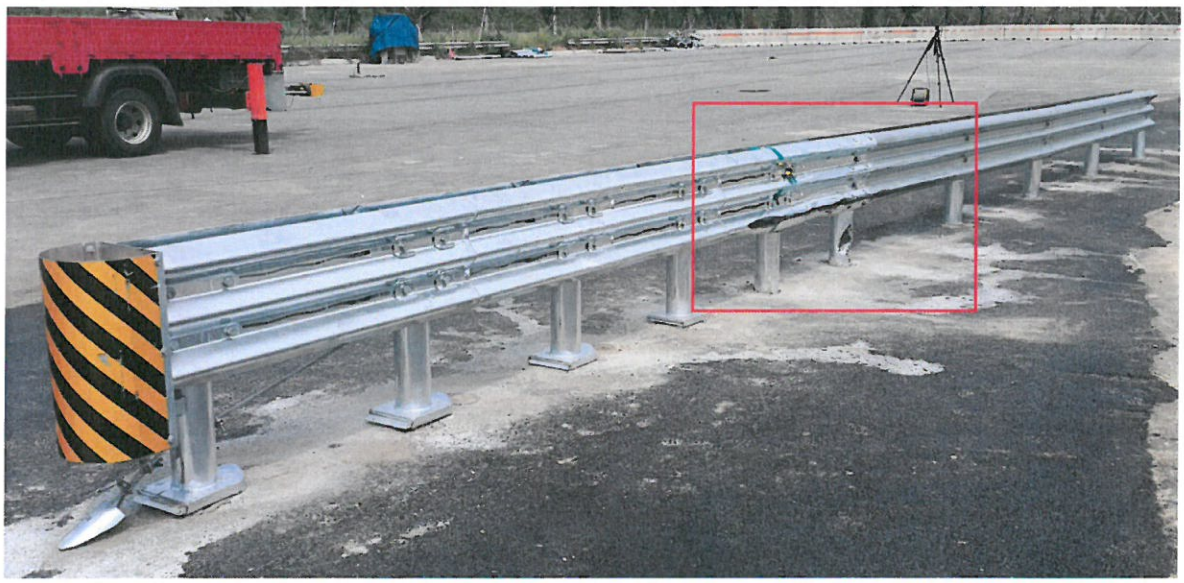




- 단부처리시설물의 ET2 정면충돌의 경우 정면 충돌패널, 연결대가 있는 측면 패널, 와이어가 손상 되었다. 나머지 약 60% 이상 재사용이 가능하다.

바. ET2 측면충돌







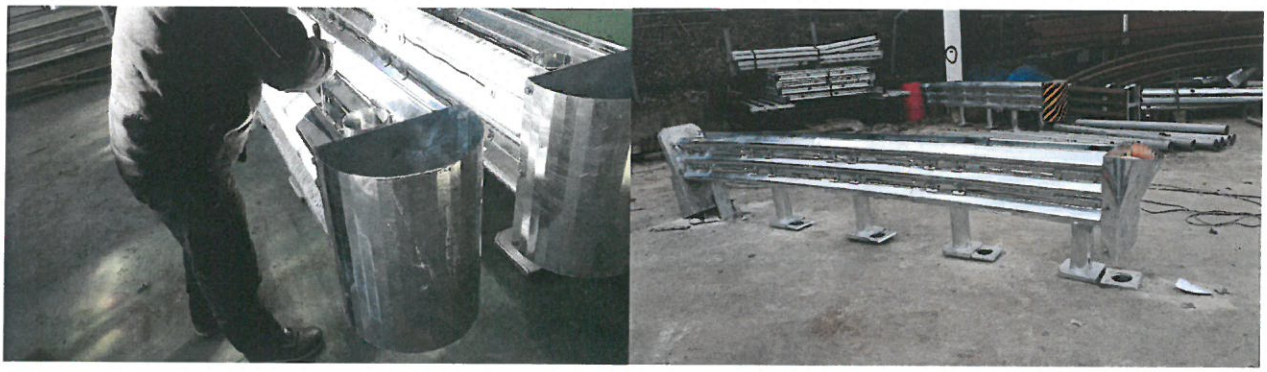


- 단부처리시설물의 ET2 측면충돌의 경우 손상된 측면 패널, 지주가 손상 되었다. 나머지 약 87% 이상 재사용이 가능하다.

이와 같은 재사용은 유관으로 판단하는 부분이기 때문에 정확한 수치로 나타내는 것은 다소 어려움이 있다.

8. 간이 차량 충돌테스트

가.차량 충돌 테스트 : 정면



[그림 69.] 단부처리시설물 ET2 차량 간이충돌테스트

- 차량 1.3ton
- 속도 80km

나.차량 충돌 간의 테스트 : 정면



[그림 70.] 단부처리시설물 ET2 차량 간이충돌테스트

- 차량 1.3ton
- 속도 80km

다.시제품(ET2 등급)



[그림 71.] 단부처리시설물 ET2 시험을 위한 시제품 제작

9. 도로교통연구원 정면 충돌시험

가. 단부처리시설물 ET2 차량 충돌 전



[그림 72.] 단부처리시설물 ET2 차량충돌테스트 시험 전



[그림 73.] 단부처리시설물 ET2 차량충돌테스트 시험 전



[그림 74.] 단부처리시설물 ET2 차량충돌테스트 시험 전

나. 단부처리시설물 ET2 차량 충돌 후



[그림 75.] 단부처리시설물 ET2 차량충돌테스트 시험 후



[그림 76.] 단부처리시설물 ET2 차량충돌테스트 시험 후



[그림 77.] 단부처리시설물 ET2 차량충돌테스트 시험 후

10. 한국도로공사 도로교통연구원 실차충돌테스트 ET2 시험 합격 시험성적서

시 험 성 적 서

발급 번호 : 2017-3-0040-003

신청자

회사명 : ㈜케이에스아이 외 34개사 공동참여
대표자 : 채 종 술
주 소 : 전라북도 남원시 팽치산업2길

시험제품

1. 시설물의 명칭 : 중앙분리대용 단부처리시설(KSI-ET2-3WC)
2. 형식 및 규격 : 3W 레일, 원형 지주(5,436×335×860)
3. 시설물 종류 : 중앙분리대용 / ET2등급
4. 시험방법 : 1.3ton 정면(시설중앙), 1.3ton 측면(15°), 1.3ton 측면(165°)

적용기준

도로안전시설 설치 및 관리지침(차량방호 안전시설 편, 국토교통부, 2014)

상기 제품에 대하여 위 적용 기준의 단부처리시설 성능평가 항목과 충돌시험 조건에 따라 충돌시험을 실시한 결과, 시험성적서를 발급합니다.

첨부 : 1. 단부처리시설 성능평가 충돌시험 결과 총괄표 1부.
2. 충돌차량 궤적, 시설물 및 구성 부재 분리·비산 상황 사진 1부
3. 시설물 도면 1부.
4. 공동 참여기업 1부.

발급일자 : 2017. 06. 14.

한국도로공사 도로교통연구원장

첨부 #1 : 단부처리시설 성능평가 충돌시험 결과 총괄표

<table>
<tr><td>시설물의 명칭</td><td colspan="2">중앙분리대용 단부처리시설 (KSI-ET2-3WC)</td><td>신청자명</td><td colspan="2">㈜케이에스아이 / 채종순 외 34개사 공동참여</td></tr>
<tr><td colspan="6">단부처리시설 제원</td></tr>
<tr><td>등 급</td><td colspan="5">ET2</td></tr>
<tr><td>규 격</td><td colspan="5">길이/폭/높이 : 5,436mm × 335mm × 860mm</td></tr>
<tr><td>재 료</td><td colspan="5">철재(KSD3503, KSB1002)</td></tr>
<tr><td>기초형식</td><td colspan="2">일반 아스팔트 천공 후 지주 타입</td><td>기본형식</td><td colspan="2">중앙분리대용 방호울타리 단부처리시설</td></tr>
<tr><td>비고</td><td colspan="5">☐ 제품의 특징 : 본 제품은 중앙분리대용 방호울타리에 설치하는 단부처리시설로서 지주의 분리, 레일의 Slot 홀을 이용한 것이다.
☐ 시험품 설치조건 : 본 제품은 일반 아스팔트 포장면 위에 설치되는 단부처리시설로서 포장면을 천공 → 상부지주, 하부지주, 내부 보강지주가 조립된 지주를 설치 → 지주에 완충브라켓 고정 →가드레일을 고정 → 전면 헤드를 레일에 고정하여 설치하는 제품이다. 본선 구간은 8.0m 길이로 설치하고 단부처리 구간은 5.4m로 설치하여 총 12.4m를 설치하여 충돌시험을 수행하였다.</td></tr>
<tr><td colspan="6">충돌시험 수행기관</td></tr>
<tr><td>시험기관명</td><td colspan="2">한국도로공사 도로교통연구원</td><td>시험시설명</td><td colspan="2">도로안전시설 성능시험장</td></tr>
<tr><td>시험일자</td><td colspan="2">2017년 03월 31일 (금)</td><td>시험번호</td><td colspan="2">ET2-170331-①</td></tr>
<tr><td colspan="6">시 험 조 건</td></tr>
<tr><td>충돌방법</td><td colspan="5">▣ 정면충돌(시설중앙) ☐ 측면 15°충돌 ☐ 측면 165°충돌</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시험기준</td><td>시험차량중량(kg)</td><td>1,300</td><td rowspan="2">시험조건</td><td>시험차량중량(kg)</td><td>1,289</td></tr>
<tr><td>속도(km/h)</td><td>80</td><td>속도(km/h)</td><td>81.1</td></tr>
</table>

주) ▣ : 적용된 충돌 및 시험 표시

- 단부처리시설 성능평가 충돌시험 결과 총괄표(계속)

시 험 결 과 (정면충돌(시설중앙))		
가. 탑승자 보호 성능		
측정항목	기 준	시 험 결 과
탑승자 충돌속도(THIV)	≤ 44 km/h(시험①) ≤ 33 km/h(시험②③)	38
탑승자 가속도(PHD)	≤ 20 g (g = 9.8 m/s²)	16
ASI	참조치	0.9
나. 단부처리시설의 거동		
기 준		시 험 결 과
(1) 시설물이 차량 내부공간을 관통해서는 안 됨.		○ 시설물의 구성부재가 차량의 내부 공간 관통하지 않음
(2) 탑승자에게 큰 부상을 줄 수 있는 차량의 내부공간의 변형 금지 (지붕:100mm, 전면:75mm, 앞문:230mm 이하일 것, 충돌 측 창문 : 깨지지 않을 것.)		○ 차량의 내부 공간 변형 지붕: 1 mm 전면유리: 20 mm 앞문: 1 mm 충돌측창문: 비파괴
(3) 구성 부재가 도로상이나 도로 밖으로 비산하여 탑승자나 제3자에게 피해주지 않을 것		○ 차량 충돌 시에 구성부재의 비산이 없음
(4) 충돌 후 단부처리시설의 전·후방 변형거리 측정		○ 충돌 후 단부처리시설의 전·후방 변형 거리 (D 0.1m - 0.1m)
다. 충돌 후 차량의 거동		
(1) Roll, Pitch의 회전각이 75° 이하일 것		○ Roll : -0.88° Pitch : -4.27°
종합평가 결과		기준에 만족함

- 단부처리시설 성능평가 충돌시험 결과 총괄표(계속)

<table>
<tr><td>시설물의 명칭</td><td colspan="2">중앙분리대용 단부처리시설
(KSI-ET2-3WC)</td><td>신청자명</td><td>㈜케이에스아이 / 채중술 외
34개사 공동참여</td></tr>
<tr><td colspan="5">단부처리시설 제원</td></tr>
<tr><td>등 급</td><td colspan="4">ET2</td></tr>
<tr><td>규 격</td><td colspan="4">길이/폭/높이 : 5,436mm × 335mm × 860mm</td></tr>
<tr><td>재 료</td><td colspan="4">철재(KSD3503, KSB1002)</td></tr>
<tr><td>기초형식</td><td colspan="2">일반 아스팔트 천공 후
지주 타입</td><td>기본형식</td><td>중앙분리대용 방호울타리
단부처리시설</td></tr>
<tr><td>비고</td><td colspan="4">☐ 제품의 특징 : 본 제품은 중앙분리대용 방호울타리에 설치하는 단부처리시설로서 지주의 분리, 레일의 Slot 홈을 이용한 것이다.
☐ 시험품 설치조건 : 본 제품은 일반 아스팔트 포장면 위에 설치되는 단부처리시설로서 포장면을 천공 → 상부지주, 하부지주, 내부 보강지주가 조립된 지주를 설치 → 지주에 완충브라켓 고정 →가드레일을 고정 → 전면 헤드를 레일에 고정하여 설치하는 제품이다. 본선 구간은 8.0m 길이로 설치하고 단부처리 구간은 5.4m로 설치하여 총 12.4m를 설치하여 충돌시험을 수행하였다.</td></tr>
<tr><td colspan="5">충돌시험 수행기관</td></tr>
<tr><td>시험기관명</td><td colspan="2">한국도로공사 도로교통연구원</td><td>시험시설명</td><td>실물차량 충돌시험장</td></tr>
<tr><td>시험일자</td><td colspan="2">2017년 05월 31일(수)</td><td>시험번호</td><td>ET2-170531-②</td></tr>
<tr><td colspan="5">시 험 조 건</td></tr>
<tr><td>충돌방법</td><td colspan="4">☐ 정면충돌(시설중앙) ▣ 측면 15°충돌 ☐ 측면 165°충돌</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시험기준</td><td>시험차량중량(kg)</td><td>1,300</td><td rowspan="2">시험조건</td><td>시험차량중량(kg)</td><td>1,282</td></tr>
<tr><td>속도(km/h)</td><td>80</td><td>속도(km/h)</td><td>80.4</td></tr>
</table>

주) ▣ : 시험된 종류 및 시험 표시

- 단부처리시설 성능평가 충돌시험 결과 총괄표(계속)

시 험 결 과 (측면 15° 충돌)		
가. 탑승자 보호 성능		
측정항목	기 준	시 험 결 과
탑승자 충돌속도(THIV)	≤ 44 km/h(시험①) ≤ 33 km/h(시험②③)	20
탑승자 가속도(PHD)	≤ 20 g (g = 9.8 m/s²)	5.0
ASI	참조치	0.9

나. 단부처리시설의 거동	
기 준	시 험 결 과
(1) 시설물이 차량 내부공간을 관통해서는 안 됨.	○ 시설물의 구성부재가 차량의 내부 공간 관통하지 않음
(2) 탑승자에게 큰 부상을 줄 수 있는 차량의 내부공간의 변형 금지 (지붕:100mm, 전면:75mm, 앞문:230mm 이하일 것, 충돌 측 창문 : 깨지지 않을 것.)	○ 차량의 내부 공간 변형 지붕: 0 mm 전면유리: 1 mm 앞문: 13 mm 충돌측창문: 비파괴
(3) 구성 부재가 도로상이나 도로 밖으로 비산하여 탑승자나 제3자에게 피해주지 않을 것	○ 차량 충돌 시에 구성부재의 비산이 없음
(4) 충돌 후 단부처리시설의 전·후방 변형거리 측정	○ 충돌 후 단부처리시설의 전·후방 변형 거리 (D 0.02m - 0.00m)

다. 충돌 후 차량의 거동	
(1) Roll, Pitch의 회전각이 75° 이하일 것	○ Roll : -5.92° Pitch : 4.58°
종합평가 결과	기준에 만족함

- 단부처리시설 성능평가 충돌시험 결과 총괄표(계속)

시설물의 명칭	중앙분리대용 단부처리시설 (KSI-ET2-3WC)	신청자명	㈜케이에스아이 / 채중술 외 34개사 공동참여
단부처리시설 제원			
등 급	ET2		
규 격	길이/폭/높이 : 5,436mm × 335mm × 860mm		
재 료	철재(KSD3503, KSB1002)		
기초형식	일반 아스팔트 친공 후 지주 타입	기본형식	중앙분리대용 방호울타리 단부처리시설
비고	□ 제품의 특징 : 본 제품은 중앙분리대용 방호울타리에 설치하는 단부처리시설로서 지주의 분리, 레일의 Slot 홀을 이용한 것이다. □ 시험품 설치조건 : 본 제품은 일반 아스팔트 포장면 위에 설치되는 단부처리시설로서 포장면을 천공 → 상부지주, 하부지주, 내부 보강지주가 조립된 지주를 설치 → 지주에 완충브라켓 고정 →가드레일을 고정 → 전면 헤드를 레일에 고정하여 설치하는 제품이다. 본선 구간은 8.0m 길이로 설치하고 단부처리 구간은 5.4m로 설치하여 총 12.4m를 설치하여 충돌시험을 수행하였다.		
충돌시험 수행기관			
시험기관명	한국도로공사 도로교통연구원	시험시설명	실물차량 충돌시험장
시험일자	2017년 05월 30일 (화)	시험번호	ET2-170530-③
시 험 조 건			
충돌방법	□ 정면충돌(시설중앙) □ 측면 15°충돌 ▣ 측면 165°충돌		

시험기준			시험조건		
	시험차량중량(kg)	1,300		시험차량중량(kg)	1,308
	속도(km/h)	80		속도(km/h)	81.5

주) ▣ : 적용된 충돌 및 시험 표시

- 단부처리시설 성능평가 충돌시험 결과 종합표(계속)

<table>
<tr><th colspan="3">시 험 결 과 (측면 165° 충돌)</th></tr>
<tr><td colspan="3">가. 탑승자 보호 성능</td></tr>
<tr><td>측정항목</td><td>기 준</td><td>시 험 결 과</td></tr>
<tr><td>탑승자 충돌속도(THIV)</td><td>≤ 44 km/h(시험①)
≤ 33 km/h(시험②③)</td><td>33</td></tr>
<tr><td>탑승자 가속도(PHD)</td><td>≤ 20 g
(g = 9.8 m/s²)</td><td>7</td></tr>
<tr><td>ASI</td><td>참조치</td><td>0.8</td></tr>
<tr><td colspan="3">나. 단부처리시설의 거동</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 준</td><td>시 험 결 과</td></tr>
<tr><td colspan="2">(1) 시설물이 차량 내부공간을 관통해서는 안 됨.</td><td>o 시설물의 구성부재가 차량의 내부 공간 관통하지 않음</td></tr>
<tr><td colspan="2">(2) 탑승자에게 큰 부상을 줄 수 있는 차량의 내부공간의 변형 금지
(지붕:100mm, 전면:75mm, 앞문:230mm 이하일 것, 충돌 측 창문 : 깨지지 않을 것.)</td><td>o 차량의 내부 공간 변형
지붕: 5 mm 전면유리: 42 mm
앞문: 15 mm 충돌측창문: 비파괴</td></tr>
<tr><td colspan="2">(3) 구성 부재가 도로상이나 도로 밖으로 비산하여 탑승자나 제3자에게 피해주지 않을 것</td><td>o 차량 충돌 시에 구성부재의 비산이 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">(4) 충돌 후 단부처리시설의 전·후방 변형거리 측정</td><td>o 충돌 후 단부처리시설의 전·후방 변형 거리
(D 0.06m - 0.02m)</td></tr>
<tr><td colspan="3">다. 충돌 후 차량의 거동</td></tr>
<tr><td colspan="2">(1) Roll, Pitch의 회전각이 75° 이하일 것</td><td>o Roll : -9.14° Pitch : -4.11°</td></tr>
<tr><td colspan="2">종합평가 결과</td><td>기준에 만족함</td></tr>
</table>

첨부 #2 : 충돌차량 궤적, 시설물 및 구성 부재 분리·비산 상황 사진



<1.3ton 정면충돌 후 차량의 궤적 및 비산상황>



<1.3ton 정면충돌 후 측면 View>

- 충돌차량 궤적, 시설물 및 구성 부재 분리 · 비산 상황 사진(계속)



<1.3ton 정면충돌 시험 전 시설물>



<1.3ton 정면충돌 시험 후 시설물>

- 충돌차량 궤적, 시설물 및 구성 부재 분리·비산 상황 사진(계속)



<1.3ton 측면 15° 충돌 후 차량의 궤적 및 비산상황>



<1.3ton 측면 15° 충돌 후 측면 View>

- 충돌차량 궤적, 시설물 및 구성 부재 분리 · 비산 상황 사진(계속)

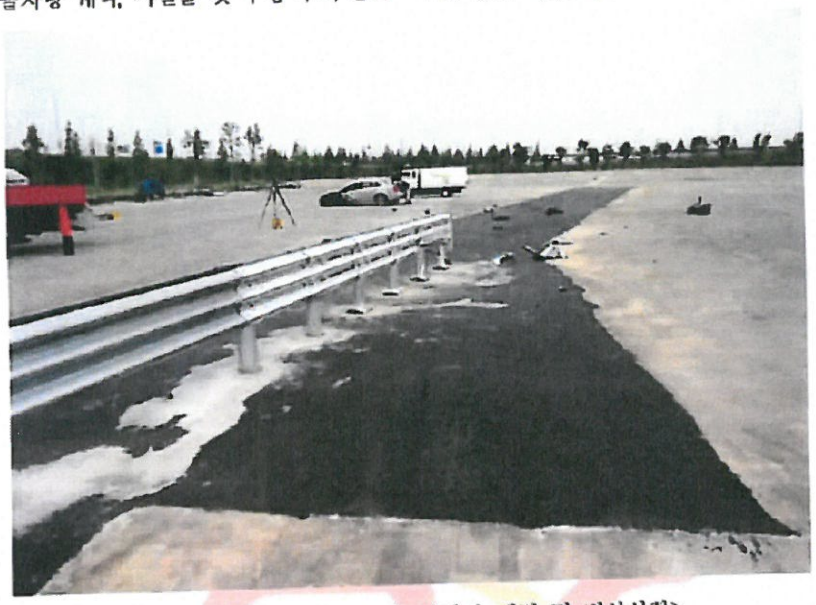


. <1.3ton 측면 15° 충돌 시험 전 시설물>



<1.3ton 측면 15° 충돌 시험 후 시설물>

- 충돌차량 궤적, 시설물 및 구성 부재 분리 · 비산 상황 사진(계속)



<1.3ton 측면 165° 충돌 후 차량의 궤적 및 비산상황>



<1.3ton 측면 165° 충돌 후 측면 View>

- 중돌차량 궤적, 시설물 및 구성 부재 분리 · 비산 상황 사진(계속)

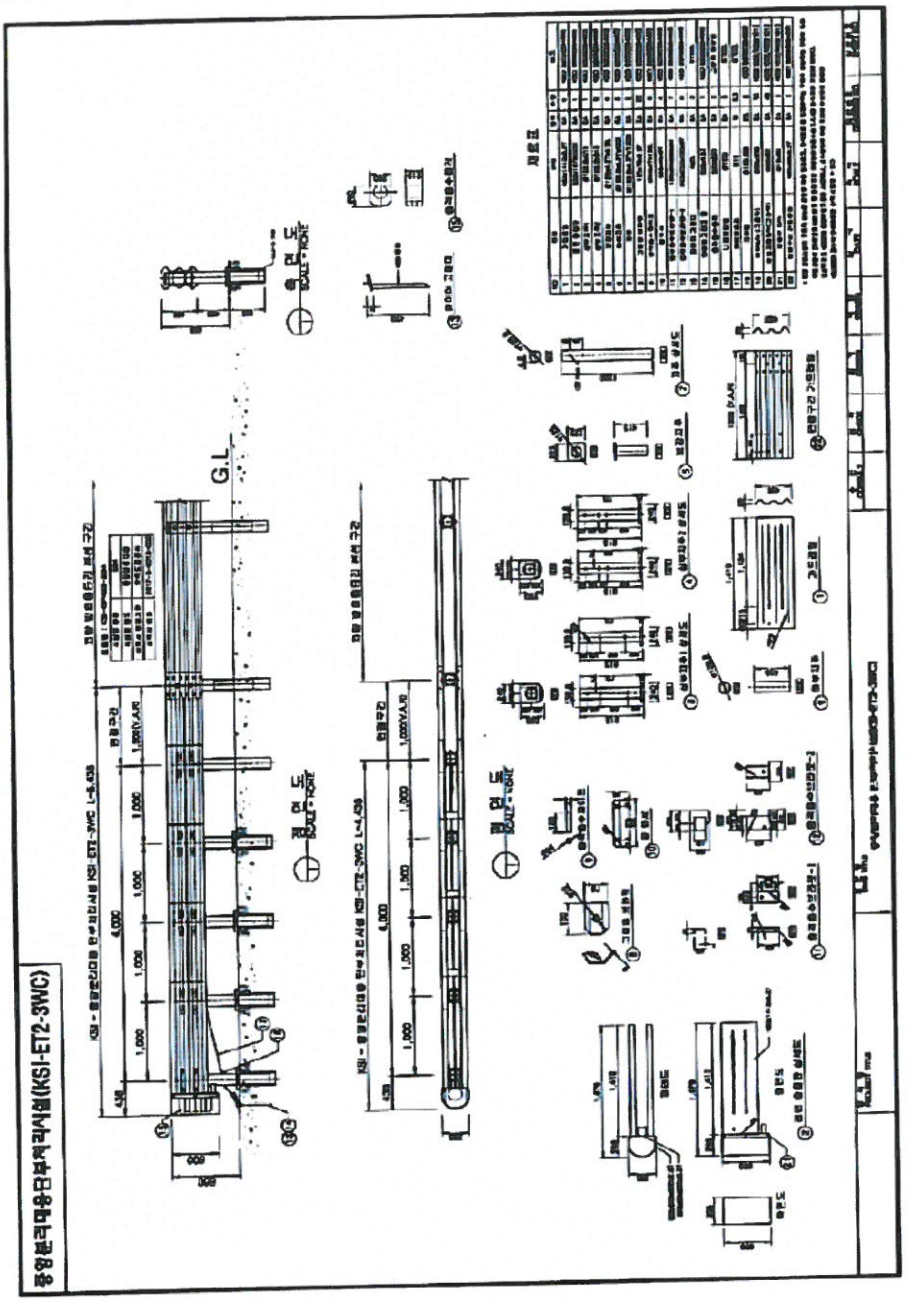


<1.3ton 측면 165° 충돌 시험 전 시설물>



<1.3ton 측면 165° 충돌 시험 후 시설물>

첨부 #3 : 시설물 도면



첨부 #4 : 공동 참여기업

No.	업체명	사업자번호	주 소	대표
1	(주)케이에스아이	407-81-02931	전라북도 남원시 광치산업2길 19	채종술
2	(주)스마트에어챔버	107-87-44673	서울특별시 영등포구 여의대방로67길 9	윤경원
3	지주㈜	143-81-17767	경기도 화성시 양감면 사창리 762-1	유봉수
4	(주)오성	505-81-17776	경상북도 영천시 채신1공단길 41	지덕진
5	(주)경천산업	402-81-63874	경상북도 경산시 남산면 서원천로 260-17	조정임
6	(주)혜원	505-81-10297	경상북도 경주시 외동읍 문산공단길 250	신규장
7	(주)두원	416-81-77998	전라남도 광양시 광양읍 초남공단1길 10	박용관
8	㈜엠에스로드	303-81-72945	충청북도 음성군 삼성면 금율로 355	김동철
9	스텐코리아㈜	317-81-34047	충청북도 청주시 상당구 가덕면 상장안차로 185	고명길
10	(주)케이테크	828-88-00482	전라남도 순천시 주암면 주석로 290-23	조경하
11	(주)금성안전	225-81-17943	강원도 원주시 문막읍 동화공단로 85-8	조옥임
12	인텍철강㈜	506-81-35985	경상북도 포항시 북구 흥해읍 덕장길16번길 50	정화일
13	(주)케이에스세이프티	407-81-20583	경기도 용인시 기흥구 흥덕중앙로 41, 2층 206호	채경우
14	로드코리아㈜	514-81-97721	충청북도 청주시 상당구 명운로 41-1	김경아
15	신성컨트롤㈜	134-86-05772	충청남도 아산시 인주면 인주산단로 75-75	조성환 조규현
16	(주)태성산업개발	301-81-28384	충청남도 금산군 복수면 다복로 435	양태호
17	(주)케이원 테크	416-86-01533	제주특별자치도 서귀포시 안덕면 상창중로 40-10	김연하
18	영진건설㈜	412-81-30220	전라남도 해남군 해남읍 땅끝대로 77-35	신경환
19	케이아이산업개발㈜	605-88-00424	광주광역시 광산구 하남산단2번로 39	정정선
20	(주)한길산업	408-81-33456	전라남도 함평군 학교면 학교공단길 35	송영한
21	(주)지에스로드테크	214-88-72396	충청남도 공주시 유구읍 읍신길 16, 1동	최양기
22	(주)케이에스	411-81-17113	전라남도 목포시 공단중앙로 34	김효숙
23	(주)혜성	411-81-06858	전라남도 목포시 공단중앙로 25	정병춘
24	(주)우리이엔씨	412-81-44267	전라남도 보성군 미력면 농공길 41	임강원 이성표
25	(주)에스테크	334-88-00482	전라북도 남원시 광치산업1길 20-18	박연기
26	(주)케이에스알	140-81-41837	충청북도 청주시 흥덕구 산단로 186, 2층	조경하
27	(주)더블테크	141-81-47187	전라북도 남원시 광치산업2길 19	최양기
28	(주)로드 세이프티	402-86-13520	전라북도 전주시 완산구 친잠로 235, 209	김경용
29	(주)경인테크	403-81-57114	경상남도 거창군 남상면 흥덕길 130	채종선
30	(주)제은아이엔씨	226-81-32758	강원도 강릉시 구정면 정동로 104	정호준
31	(주)씨엔알테크	407-81-30062	전라북도 남원시 광치산업1길 20-18	조정임
32	(주)씬로드	685-81-00722	광주광역시 북구 첨단벤처소로 7, 나동 3호	김성중
33	(주)전일산업	407-81-20579	전라남도 순천시 주암면 주석로 290-23	하태선
34	우신그린산업(주)	107-81-94924	경기도 시흥시 옥구천서로 189, 에이동 2층 1다403호	김근이
35	에코산업(주)	818-81-00832	경기도 시흥시 금오로121번길 25	지영완

- KSI 외 34개사 공동을로 발급한 이유로 현재 특허 및 제조 방법을 갖고 있기에 KSI만이 제조가 가능하다. 판매 영업망을 넓혀 매출 확대를 위해 공동 참여기업을 넣어 진행하였으며 전문기관 문의 결과 규정상에 문제는 없었다.

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		최종 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정 방법	검증방법	가중치			
총괄	A	단부처리시설물	A-1	단부처리시설물 시뮬레이션	①	정면충돌 60km, 1300kg	≤ 44km/h	구조 해석	보고서	2	한국생산기술연구원	140	특허: 출원 0건 등록 건 논문: 2건 시제품: 0건 SW: 0건
					②	측면(15)충돌 60km, 1300kg	≤ 33km/h	구조 해석	보고서	1			
					③	측면(165)충돌 60km, 1300kg	≤ 33km/h	구조 해석	보고서	1			
			A-2	ET1인증 확보	①	정면충돌 60km, 1300kg	≤ 44km/h	차량 충돌	공인시험기관 인증서	5	도로교통연구원/자동차안전연구원	35	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 0건 시제품: 2건 디자인: 출원 3건 등록 3건
					②	측면(15)충돌 60km, 1300kg	≤ 33km/h	차량 충돌	공인시험기관 인증서	2			
			A-3	ET2인증 확보	①	정면충돌 80km, 1300kg	≤ 44km/h	차량 충돌	공인시험기관 인증서	5	도로교통연구원/자동차안전연구원	50	특허: 출원 0건 등록 0건 논문: 0건 시제품: 3건 디자인: 출원 3건 등록 3건
					②	측면(15)충돌 80km, 1300kg	≤ 33km/h	차량 충돌	공인시험기관 인증서	2			
					③	측면(165)충돌 80km, 1300kg	≤ 33km/h	차량 충돌	공인시험기관 인증서	2			
계										20		265	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 2건 시제품: 5건 디자인: 출원 6건 등록 6건

2. 관련 분야 기여도

▪ 본 연구의 연구개발 성과는 과학기술적 측면, 사회 경제적 측면, 정책적 측면에서 다음과 같은 파급효과를 갖음

1) 과학기술적 측면

- 충돌에너지 흡수의 최적 디자인을 통해 충돌에너지 흡수량을 높이고 동시에 차량 탑승자의 안전을 확보함.

- 최적화를 위한 시뮬레이션 기법을 도입하여 향후 교통안전 시설의 개발 비용 및 기간을 단축

- 충돌 차량에 정해지는 충격을 최소화 하여 탑승자 보호성능 향상.

- 순차적으로 결합한 구조로 형성되어 파손된 부위만 보수 가능.

2) 사회 · 경제적 측면

- 개발 제품의 산업화를 통한 기업 이익 증가

- 최적 디자인 기술 확보를 통한 개발 비용 절감

- 기업의 사업 영역 확대와 거래 산업의 다양화

: 개발된 제품 및 기술의 수출을 위하여 중국 등 해외 고속도로관리 회사와 협력하여 해외진출을 위한 기초를 다짐

- 개발 기술에 대한 국제 인증과 제품 수출을 통한 글로벌전문기업으로의 성장 기대

- 연간 1,000억원대의 시장을 선도적으로 개척하여 관련 산업의 활성화 도모

3) 정책적 측면

- 자동차 산업의 급속한 발전과 국민생활이 향상되면서 자동차의 보유대수는 급증하고 있고 이에 비례하여 교통사고의 발생율도 상당함. 2005년 우리나라의 교통사고건수는 30만 건이 발생하였고 6,500여명이 사망하여, 자동차 1만대 당 사망자수는 OECD 국가 중 1위를 기록하고 있음.

- 이러한 교통사고의 피해를 줄이기 위해 교통사고를 감소시키는 또는 사고의 정도를 완화시키는 여러 가지 기술적인 대안으로 단부처리시설물을 개발 하였음

- 중앙분리대, 노측용, 교량용 등에 설치하는 단부처리시설은 차량단독사고로 인한 인명 피해를 줄이는 방안으로 대두대고 있음

제5장. 연구개발성과의 활용계획

1.개발 기술의 현장 적용성

- 아래와 같이 구조물로 된 모든 시설에 개발 제품인 단부처리시설이 설치될 수 있음.
  - ▸중앙분리대용
  - ▸노측용
  - ▸교량용

2. 실용화 제품 및 제품화시 예상되는 활용방안

- 사업 기간 중 관련 특허 출원 및 등록
- 제품 개발 후 국내 판매 실시
- 규격인증을 통과한 신개발품을 주요 수요 기관인 한국도로공사, 국토관리청에 적극 홍보하여 시장 점유율을 높임
- 국내 판매와 동시에 해외 마케팅 개시
- 해외 전시회 참가를 통하여 MASH, CE가 필요없는 동남아시아 국가에 판매를 할 예정이며 앞으로 해외 판매를 위하여 연구개발하여 MASH, CE 테스트를 진행할 예정이다.

3. 사업화를 위한 자원 확보 계획

- 설계 및 제품 개발 인력 확보
- 제품 생산에 필요한 생산 장비 확충

4. 신산업 창출

- 개발과정에서의 실차 시험을 통한 규격인증을 획득하여 과제 완료와 동시에 시장 진입
- 상용화 형태 : 조달 등재를 통한 판매
- 수요처 : 지방국토사무소, 국토부, 지방자치단체, 공공기관 및 민간기업
- KSI외 34개사 공동으로 시험성적을 받아 영업망 확대하였으며 이를 활용하여 전국에 판매할 예정
- 예상 단가 : 5,500,000(원/개)
- 개발 투입인력 및 기간 : 5명, 1년

5. 구조용 파이프 생산 최적화

- 개발 과정에서 획득한 구조용 파이프 생산을 위한 롤 성형 공정 논문으로 인하여 향후 개방형 가드레일 및 파이프 생산에 최적화된 제품을 생산할 수 있게 되었음

6. 교통신기술 추진 계획

- 현재 9월 NET 서류 접수 예정이며 나머지 국토교통과학진흥원의 절차대로 진행 예정임

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

제7장. 연구개발성과의 보안등급

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

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	논문	구조용 파이프 생산을 위한 새로운 점진적 롤 성형 공정 개발에 관한 기초 연구	한국생산기술연구원	위탁	한국정밀공학회지	10	2017.05.29	단독 사사	
2	논문	단부처리시설물의 충격흡수구조설계에 따른 방호성능 개선 연구	한국생산기술연구원	위탁	한국도로학회지	10	제출완료	단독 사사	
3	특허	충격흡수형 도로용 단부처리시설물	㈜금성산업	주관	한국	30	2016.09.20		
4	특허	충격 흡수형 단부시설물	㈜금성산업	주관	한국	10	출원중		
5	디자인 특허	차량안전보호용 충격완충대	㈜금성산업	주관	한국	10	2015-12-02		
6	디자인 특허	차량안전보호용 충격완충대	㈜금성산업	주관	한국	5	2015-10-14		
7	디자인 특허	가드레일용 지주	㈜금성산업	주관	한국	5	2015-10-06		
8	디자인 특허	가드레일용 안전레일	㈜금성산업	주관	한국	5	2016-01-22		
9	디자인 특허	가드레일용 안전레일	㈜금성산업	주관	한국	5	2017-01-16		
10	디자인 특허	가드레일용 안전레일	㈜금성산업	주관	한국	5	2016-08-17		

제11장. 기타 사항

제12장. 참고 문헌

9. 뒷면지

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통과학기술부에서 시행한 국토교통기술사업화지원사업의 연구보고서입니다.

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

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

210mm×297mm[백상지(80g/㎡) 또는 중질지(80g/㎡)]