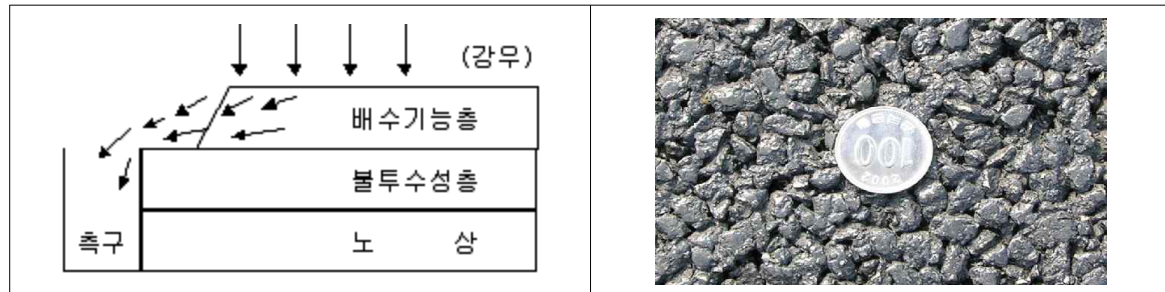


1 검토목적

우천 시 고속도로 이용차량의 안전성 확보 및 국민 생활수준 향상에 따른 소음저감 등 주행쾌적성 향상을 위하여 배수성 포장 적용방안 검토

[배수성 포장이란?]

- 공극율이 높은(20% 이상, 일반 밀입도 3~6%) 다공성의 혼합물을 사용하여 우수를 포장체 내부를 통해 외부로 배수하는 포장
- 또한, 내부공극을 통해 소음을 흡수하여 차량주행으로 인한 소음발생 저감



2 추진경위

- 1996. 03 : 배수성 포장 시험시공 (일본산 개질바인더 사용)
- 중앙지선(양방향, L=200m) 외 3개소
- 2004. 10 : 배수성 포장 개발 및 시험시공 (한국도로공사)
- 중부선(양방향, L=700m) 외 5개소
- 2009. 06 : 저소음·배수성 포장 적용방안 검토 (설계처-4010)
- 2012. 01 : 배수성 포장 혼합물 특허출원 (특허권자 : 한국도로공사)

3 배수성 포장의 필요성

□ 강우시 미끄러짐 등에 의한 사고발생 위험

- 전체 사고건수 대비 빗길 교통사고율 : 평균 13%
 - 노면상태별 교통사고 현황 (고속도로 교통사고 통계 참조)

구 분	평균(비율%)	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년
계(건)	3,713(100)	2,368	4,282	3,928	3,942	4,047
건조	3,081 (83)	1,763	3,574	3,255	3,368	3,449
습기	484 (13)	457	558	477	447	481
적설	20 (3)	141	77	109	112	107
기타	11 (1)	7	73	87	15	10

- 빗길 교통사고 사회적 비용
 - 노면상태별 교통사고 인명피해 현황 (고속도로 교통사고통계 참조)

구 분		평균	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년
계(명)	사망	295	353	265	343	264	253
	부상	2,601	983	3,263	2,778	3,043	2,939
습기	사망	43	49	48	53	29	40
	부상	262	176	331	284	310	209

☞ 빗길 교통사고로 인한 사회적비용 약 256억원/년 발생

□ 도심지 구간 교통소음 관련 민원 지속 발생

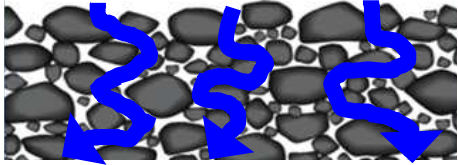
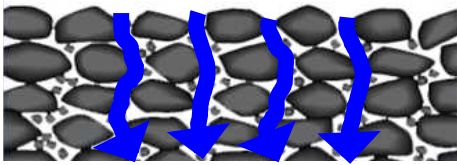
- 교통소음 관련 분쟁현황 (2005년 이후, 환경팀 자료 참조)

구 분	발생건수	진행중	종 결
계	32	6	26
환경분쟁	10	-	10
소 송	22	6	16

**주행차량의 안전성 향상 및 소음저감을 위한
배수성 포장 적용방안 검토 필요**

4 검토내용

□ 공법 비교

구 분	기존 배수성 포장	개선된 배수성 포장
입 도	일반 밀입도 골재 사용	SMA 포장용 골재 사용
단면도	 곡선적 공극분포	 직선적 공극분포
내구성	<ul style="list-style-type: none"> 3~5년 경과 후 공극막힘 현상 발생 소음도 : 81.5dB 미끄럼저항(SN) : 36 투수성능 : 66초 	<ul style="list-style-type: none"> 공극막힘 현상 개선(7~10년) 소음도 : 78.1dB(↓3.4dB) 미끄럼저항(SN) : 60 투수성능 : 6.8초

□ 내구성능 검토

① 현장 투수성능⁵⁾ 비교

포장종류	공용 기간	투수시간(초)		위 치	
		차륜부	비차륜부		
기존 배수성 포장	7년	29.8	66.1	남해선(131.1k~131.3k)	
	11년	100.0	100.0	중앙지선(7.5 k~7.7k)	
개선된 배수성 포 장	8mm	4년	7.1	6.5	중부선(262k~262.7k)
		7년	8.8	9.5	
	10mm	4년	5.4	5.2	중부선(262k~262.7k)
		7년	6.2	6.8	
	13mm	4년	5.8	4.9	중부선(262k~262.7k)
		7년	6.3	9.1	
19mm	4년	5.2	4.1	중부선(262k~262.7k)	

☞ 기존 배수성 포장은 현장투수시간이 기준치를 모두 초과하였으나,
개선된 배수성 포장은 10초 이내로 투수성능 유지

5) 투수성능기준 : 400cc 물을 10초 이내에 투수

② 미끄럼 저항성⁶⁾ 비교

공용기간	개선된 배수성 포장				기존 배수성포장
	8mm	10mm	13mm	19mm	
2년		59.6			
3년	59.8	60.3	52.5	50.5	
6년					36.75
7년	57.1	61.8	56.1	48.5	
10년					35.6

☞ 기존 배수성 포장은 유지보수 구간의 기준치에 도달하였으나, 개선된 배수성 포장의 경우 19mm를 제외하고 신설구간의 관리기준인 50 이상 유지

③ 포장종류별 공용기간에 따른 소음도 비교

(단위 : dB(A))

공용기간	개발된 배수성포장	기존 배수성포장	SMA	밀입도 포장	콘크리트 포장
건설 직후	77.4				86.1
3년			81.4		86.7
4년	78.6			82.7	
7년		81.4		83.2	88.2
	78.41			83.1	
10년		81.5			
21년					87.7
평균	78.1	81.5	81.4	83.0	87.2

☞ 개선된 배수성 포장이 기존 배수성 포장에 비해 약 3dB, 콘크리트 포장에 비해 9dB 정도 소음감소 효과가 있음

6) 미끄럼저항성 관리기준 : 신설 50 이상, 유지보수 구간 35 이상

□ 배수능력 검토

○ 저류능력 계산

$$r = \lambda \times D \times f_s / 10$$

강우절대량 : r (mm)

공극률 : λ (%)

포장두께 : D (cm)

f_s : 배수성포장 내 공극(독립공극+연속공극)에 대한
우수의 포화도

【포장두께 변화에 따른 강우 절대량】

공극률 (%)	포장두께 (cm)	포화도 (f_s)	강우절대량 (mm)
20	4	0.8	6.4
20	5	0.8	8.0
20	6	0.8	9.6

○ 연속하는 강우의 경우

$$r_e = D \times k \times I (3600 \times 10) / L$$

강우강도 : r_e (mm/h)

포장두께 : D (cm)

투수계수 : k (cm/s)

포장경사 : I

배수거리 : L (cm)

【포화 이후의 용출이 발생하지 않을 강우강도 계산】

포장두께 (cm)	투수계수 (cm/s)	포장경사 (I)	배수거리 (cm)	포장외부로 용출이 발생하지 않을 강우강도(mm/h)
4	0.17	0.02	970	0.50
5	0.17	0.02	970	0.63
6	0.17	0.02	970	0.76

【주1】 투수시험 결과를 통한 저소음포장 공극률 20%일 때 투수계수 0.17cm/sec

【주2】 배수거리 : 2차로 갓길 포함(360cm+360cm+250cm) = 970cm

☞ 6mm/hr 이상의 강우일수를 제외하면 강우일수의 77%~82% 정도의 경우 강우 초기시 포장외부로 용출이 발생하지 않아 교통안전성 확보 가능 (첨부2 참조)

(강우가 1시간 이상 지속될 경우 표면배수 발생)

□ 적정 포장두께

- 배수목적
 - 배수 포장층 내 저류능력(r) 및 유출량을 고려하면 두꺼울수록 유리하지만,
 - 경제성이나 국내 강우량에 대한 초기 우수처리 능력 등을 감안하여 두께 결정
- 소음저감목적
 - 포장두께에 따른 소음저감효과 차이가 크지 않으므로 포장설계시 주어지는 두께 적용

구 분	토공부	교량부						
포장단면	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>배수성 혼합물(5cm)</td></tr> <tr><td>중간층</td></tr> <tr><td>기층 혼합물</td></tr> </table>	배수성 혼합물(5cm)	중간층	기층 혼합물	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>배수성 혼합물(4cm)</td></tr> <tr><td>SMA 혼합물(4cm)</td></tr> <tr><td>콘크리트 슬래브</td></tr> </table>	배수성 혼합물(4cm)	SMA 혼합물(4cm)	콘크리트 슬래브
배수성 혼합물(5cm)								
중간층								
기층 혼합물								
배수성 혼합물(4cm)								
SMA 혼합물(4cm)								
콘크리트 슬래브								
굵은골재 최대치수	10mm	상·하부층 : 10mm						

【포장두께와 소음저감효과 (일본 저소음포장 연구회, 2004)】

- 포장두께에 따른 소음저감 효과는 큰 차이가 나지 않으므로 3~5cm 범위에서 포장설계에 의해 주어지는 두께로 시공

차 종	주행속도	포장두께 / 소음저감치(dB)		
		3cm	5cm	8cm
대형차	80km/h	4.4	4.8	5.5
	100km/h	4.5	6.3	6.8
	120km/h	5.1	5.6	6.2
소형차	80km/h	5.1	5.9	6.2
	100km/h	5.9	6.4	6.6
	120km/h	6.2	7.1	7.2

【복층식 포장】

○ 개 요

표층 시공시 입도가 다른 아스팔트 혼합물로 상층과 하층으로 나누어 시공하는 방법

○ 특 징

입도가 작은 혼합물을 상층에 시공하여 노면과 타이어 가진음 저감으로 소음저감효과가 좋고 공극이 작아 폐색물 막힘이 적어 소음저감효과 지속 및 배수능력 향상 가능

○ 적용방안

향후 시험시공을 통한 적정 시공방법 및 적정 입도, 단면, 내구성 등 효과검증 후 확대적용

※ 시험시공계획

- 위 치 : 남해선 13.15~13.65k (순천방향, L=0.5km)
- 시공일자 : 2015년 하반기
- 시공개요 : 복층포장 (RSBS 개질제 사용)
 - 상층 2cm(8mm), 하층 3cm(13mm)

□ 적용위치

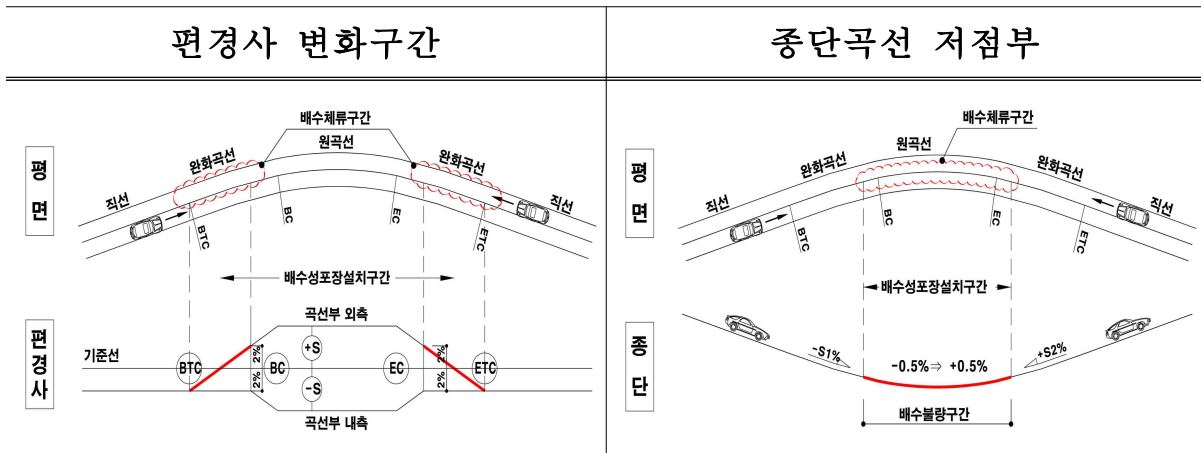
○ 배수 목적시

- 종단곡선 저점부(-0.5% ~ 최저점 ~ +0.5%)
- 편경사 변화구간(±2.0% ~ ±2.0%, 완화구간 포함)
- 종단곡선 변화비율이 권장값 이상일 경우

구 분	설계속도	종단곡선 변화비율(m/%)	
		최소값	최대값 ⁷⁾ (권장)
본 선	120	55	110
	100	35	80

(참고) 고속도로 수막현상 예방 설계대책(설계처, 2014)

7) 주행의 안전성·쾌적성 등을 고려하여 규정치의 1.5~2.0배 정도의 값 이상 바람직(일본 도로구조령)



- 소음저감 목적시
 - 방음벽으로 건물의 고층부까지 소음기준에 만족하지 못하는 경우
 - 소음민원 발생 예상구간
 - 도심지 및 공동주택 밀집지역
 - 기타 소음저감이 필요하다고 판단되는 구간

- 교통안전성 확보 및 시공성 등을 고려하여 최소 400~500m 시공
 - ※ 일일 시공량 : 4,000m²(품셈 12-3-1)
 - 적정 시공량 : 4,000m² ÷ 8.2m(본선기준) ≒ 488m

□ 경제성 비교

(백만원/km, 4차로)

구 분	JCP	CRCP	SMA	PSMA	배수성
공 사 비	933	1,394	1,441	1,470	1,503
비 율(%)	1.00	1.49	1.54	1.58	1.61

□ 유지관리(기능회복) 방안

- 위치별 투수성능 시험결과 (기준 : 10초 이하)
 - 차륜부는 투수성능이 기준에 만족하나, 차륜바퀴가 접촉하지 않는 중분대측과 길어깨부에서는 투수성능이 거의 상실됨

구 분	투수시간(초)		
	차륜부	중앙부	중분대, 길어깨측
공용기간 4년	5.8	5.70	600
공용기간 7년	6.2	6.8	-

- 청소 전·후 포장상태 조사
 - 청소방법 : 고압살수+진공청소, 진공청소
 - 평가조도깊이(ETD⁸⁾)는 고압살수+진공청소를 병행한 경우 높게 나타났으며, 현장투수시험은 차륜부, 중앙부 모두 비슷하였으나 길어깨부의 경우 현저히 감소
- ☞ 공극막힘에 의한 기능저하 예방을 위해 주기적인 청소(연 2회 이상) 및 배수기능 상실시 절삭덧씌우기 시행 필요
- ☞ 단기적으로 고가의 장비도입 없이 우리공사 보유장비(진공청소차+고압살수차)를 이용한 유지관리 가능하나, 중장기측면에서 배수성 포장 적용 확대로 관리구간 증대시 전용청소차 도입 검토 필요



8) ETD : Estimated Texture Depth

□ 배수시설 설치 방안

구 분	현 행 (설계처-4010, '09.07.30)	개 선 안		
		연속배수시설	일반배수시설	
개 요	○ 유도배수로를 통해 배수	○ 연속배수시설을 설치하여 직접배수	○ 집수정 또는 Drain Pipe(D=25mm)를 통해 배수	
중분대				
길어깨				
특 징	<ul style="list-style-type: none"> ○ 노면을 통수단면으로 사용하여 수로형성 ○ 우수 집수효율 불리 ○ 집수정 구간 단차발생으로 사고발생 가능 ○ 공사비 보통 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 별도의 배수시설 설치로 노면 위 수로형성 배제 ○ 우수 즉시 배수 가능 ○ 집수정 구간 접속부 단차 해소 ○ 공사비 다소 고가 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 노면을 통수단면으로 사용하여 수로형성 ○ 우수 집수효율 불리 ○ 집수정 구간 단차발생으로 사고취약 ○ 공사비 보통 	
공사비	중분대	167백만원/km	199백만원/km	176백만원/km
	길어깨	68백만원/km	212백만원/km	77백만원/km

포장공

☞ 공사비는 다소 고가이나 배수취약구간 통수능력 향상 및 주행안전성 확보가 가능한 연속배수시설을 적용하는 것이 타당함

○ 배수기능층 흙 설치

<p>설치위치</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비 배수성 포장부와의 접속지점 ○ 종단곡선 오목부 최저점부 ○ 배수성 포장 설치폭원(B)이 편도3차로 이상인 경우 <ul style="list-style-type: none"> - 효과적인 횡방향 배수를 위하여 200m 간격으로 설치 <p>※ 배수시설 접속부는 연속배수시설 TYPE을 변경하여 배수처리 - 연속배수시설 : 접속부 3cm 하향조정</p> <p>※ Drain Pipe는 종단 최저점부에 설치</p>
<p>단면도</p>	<p>[비배수성 포장 접속구간 설치시]</p> <p>[배수성 포장 내 설치시]</p>

5 적용방안 및 향후 추진계획

□ 적용방안

- 실시설계 중인 노선 : 본 방침 적용
- 공사중인 노선 : 공사주관(시행)부서 판단 후 적용

□ 향후 추진계획

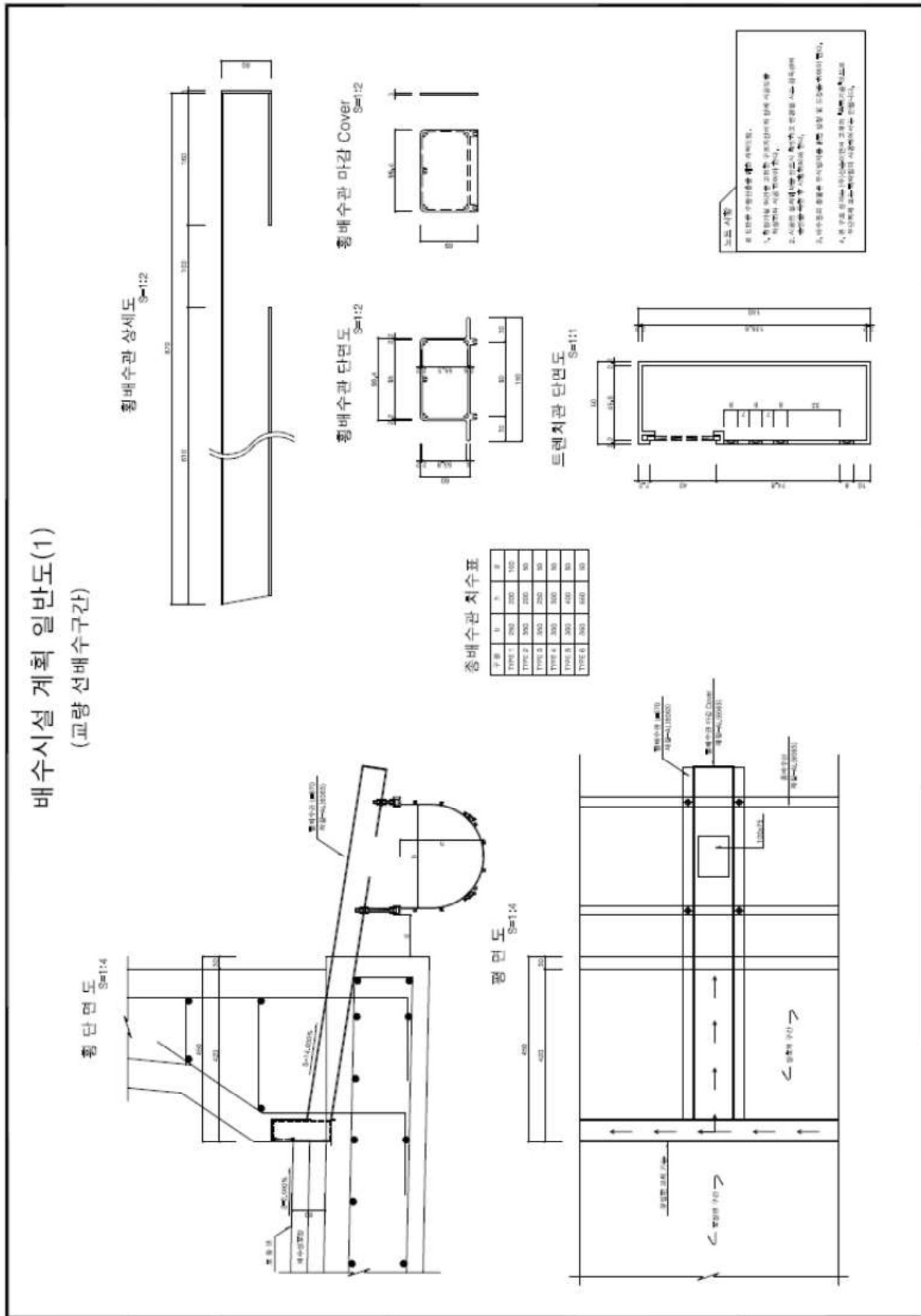
- 소음예측프로그램(KHTN) 업그레이드를 통한 배수성 포장의 소음영향 검토 연구

- 과제명 : KHTN 모델 업그레이드 및 모델링 GUI 개발
- 과업기간 : 2012. 7 ~ 2015. 10
- 과업내용 : 소음저감장치, 저소음포장 및 터널 개구부 소음영향 검토를 위한 프로그램 업그레이드

- 공극 막힘을 예방하기 위해 효과적인 장비 운용방안 및 추가 유지관리방안 연구 (도로교통연구원)
- 복층포장공법 적용을 위한 시험시공 등 추가연구 시행 (도로교통연구원)
 - 적정 단면, 입도결정 및 내구성, 시공성 검증

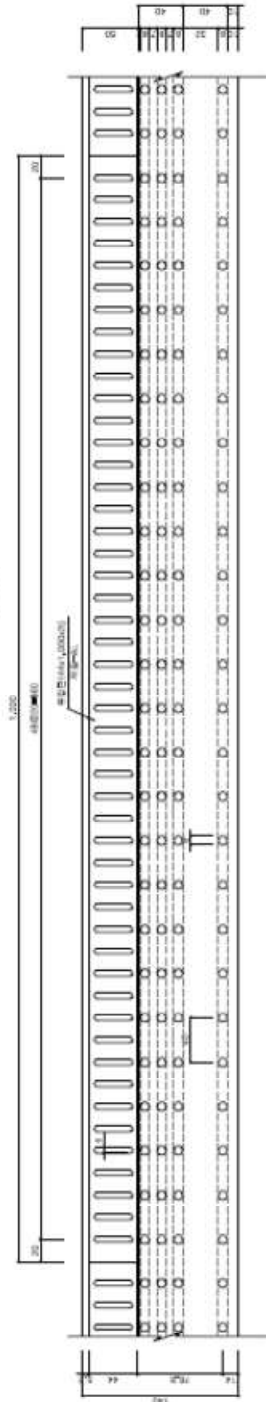
- 참 부 1. 배수성 포장 시방서
2. 지역별 강수량 및 일수 현황
 3. 경제성 비교
 4. 배수시설 계획 일반도(교량 선배수구간)

[첨부 #4] 배수시설 계획 일반도(교량 선배수구간)



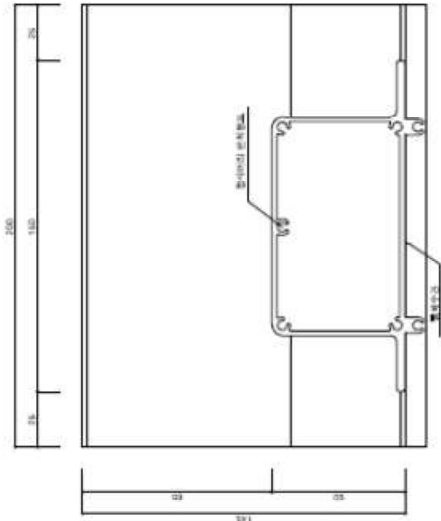
배수시설 계획 일반도(2) (교량 선배수구간)

트렌치 유입판 상세도
S=1:2

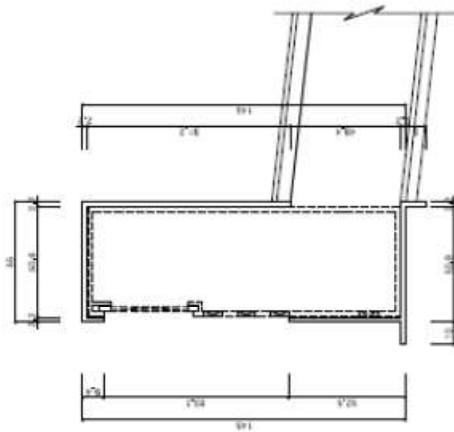


트렌치 연결 상세도

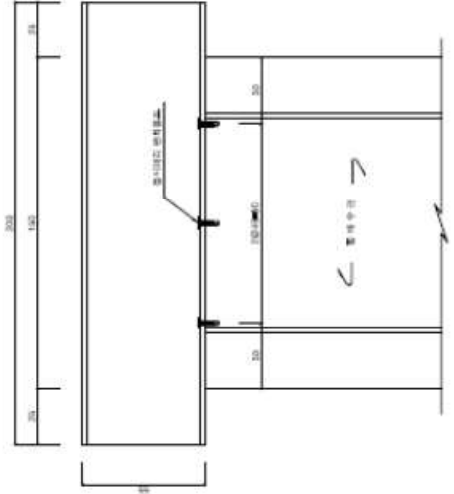
정면도 S=1:1



단면도 S=1:1

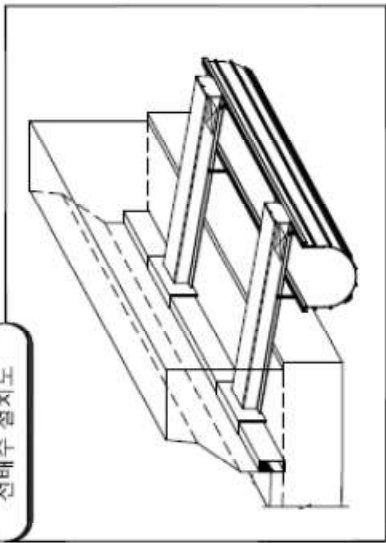


평면도 S=1:1

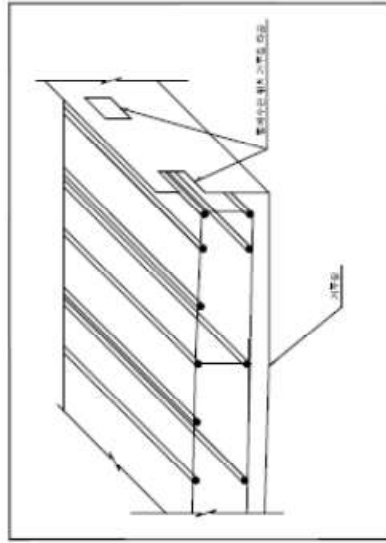


배수시설 계획 일반도(3) (교량 선배수구간)

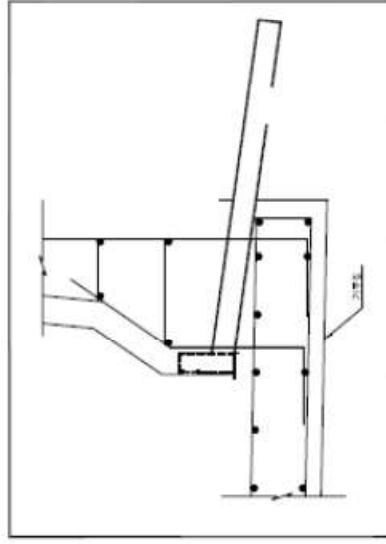
선배수 설치도



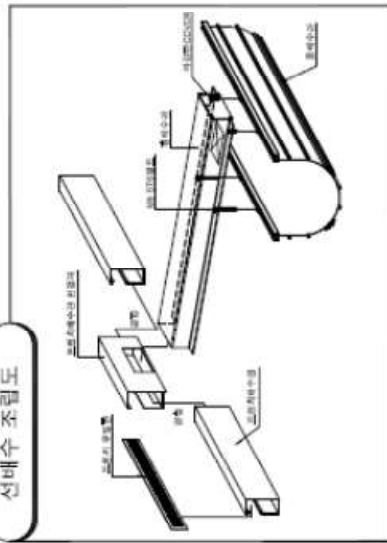
STEP - 1 : 홍배수관 위치 먹줄 세김 및 거푸집 타공



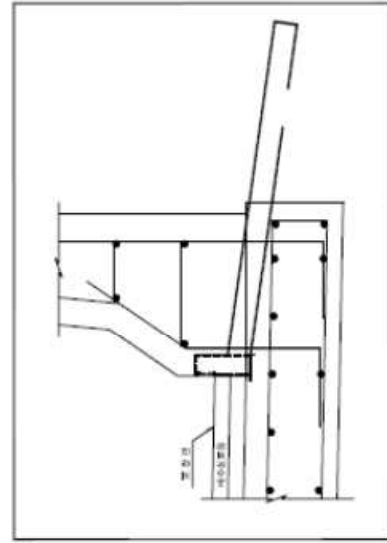
STEP - 2 : 홍배수관 및 트렌치 배수관 거치



선배수 조립도



STEP - 3 : 슬래브, 방호벽 타설



STEP - 4 : 홍배수관 및 수직 배수관 설치 완료

