

6-6 콘크리트포장 줄눈재 적용지침

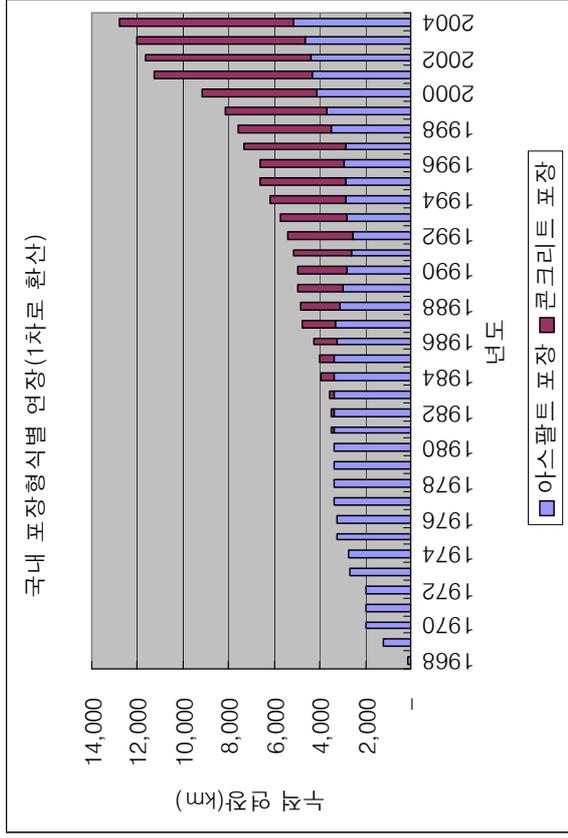
방 침
도로처-981
('07. 3. 20)

I. 제안 사유

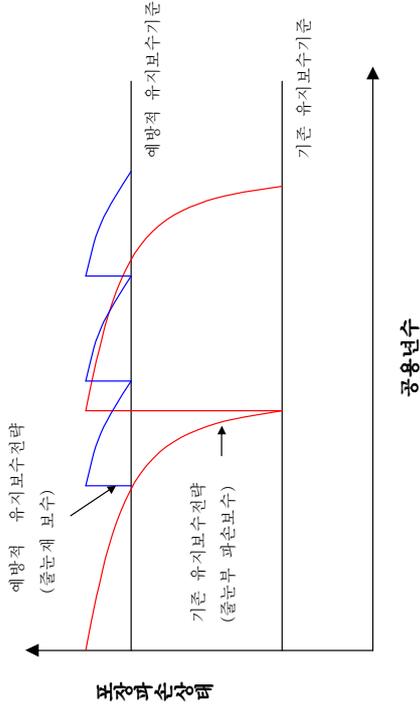
해마다 늘고 있는 도로연장을 고려해 포장 유지관리는 앞으로 파손 발생 후 대규모 보수를 시행 하는 방식에서 벗어나 파손 발생 전에 포장상태 유지를 위한 상시 예방적 보수를 시행하는 방식으로 전환하여 제한된 인적·물적 자원으로 갈수록 증가하는 도로 유지를 효과적으로 수행하는 구체적 실행방안 수립이 필요함

※ 2004년 12월 현재 도로관리연장 현황

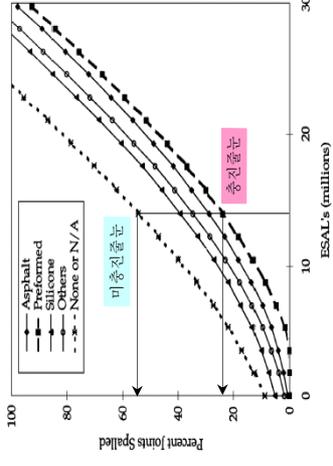
구분	계	콘크리트포장	아스팔트포장	비고
연장(km)	2,804	1,803	1,001	
비율(%)	100	64	36	



※ 기존의 보수개념 및 예방적 유지관리 개념에 따른 유지관리 전략 비교



아래 그림에서 보듯이 콘크리트 포장 줄눈재 유지보수 개선은 스플링과 같은 콘크리트 포장의 주요 파손을 예방하면서 콘크리트 포장 수명연장을 기대할 수 있는 가장 효과적이면서도 경제적인 예방적 유지관리를 가능하게 할 것으로 판단 됨



줄눈재는 재료의 특성에 따라 품질 및 시공기준이 상이할 수 있으며 해당국의 교통량 및 환경조건에 따라 줄눈재 적용기준을 달리하여야 하나 이에 대한 기준정립이 미흡한 실정임

- 콘크리트 포장에 적합한 줄눈재 성능개선에 대한 연구 결과와 국내의 자료를 이용하여 콘크리트 포장 줄눈재 유지보수 적용 지침을 제안함
- 줄눈재의 성능개선을 통한 줄눈부의 조기파손을 방지하여 유지보수비 절감 및 공극적인 콘크리트 포장 수명연장을 기대할 수 있을 것으로 판단 됨

II. 현 실태 및 문제점

- 현재 고속도로 전문시방서에서는 주입 줄눈재 및 성형줄눈재에 대한 종류별 품질규정이 명시되어 있으나 포장상태, 교통량 및 환경조건에 따른 적절한 적용에 대한 기준이 미흡

※ 줄눈재의 종류

공법	가열형	재료	비고
주입형	상온형	고무아스팔트계열	기존 적용 제품 2005년 이후 유지보수 구간 일부 적용
		폴리우레탄계열	
성형		실리콘계열	2005년 이후 유지보수 구간 일부 시험적용

- 기존의 시방서상에서 규정된 줄눈재 품질조건은 줄눈재 자체의 특성에 따른 실내시험에 근거하고 있으며 국내 고속도로의 환경여건을 반영한 조건의 보완이 필요함
- 줄눈재의 적절한 유지보수 시기 및 교체 줄눈재의 선택을 위해서 기존 줄눈

- 재 및 포장상태의 건전성을 정량화 하여야 하나, 이에 대한 기준이 미비함
- 이에 따라, 대부분의 신설 현장에서는 여전히 기존의 건축용 줄눈재 기준 (KS F 4910)을 준용하여 폴리우레탄 줄눈재를 적용하고 있으며, 유지보수구 간에서도 현장여건에 관계없이 실리콘 또는 고무아스팔트 계열의 주입 줄눈재 위주로 적용되고 있는 실정임
- 콘크리트 포장의 수명연장이라는 궁극적 목표를 위하여 기존의 줄눈재 품질 규정을 최신 국내의 규정과 국내 고속도로 환경조건에 맞춰 개정하고, 줄눈재의 합리적 유지보수에 필요한 기존 줄눈재 및 포장 상태 정량화 및 교체 줄눈재 적용기준을 수립하는 것이 필요함.

III. 개선방향

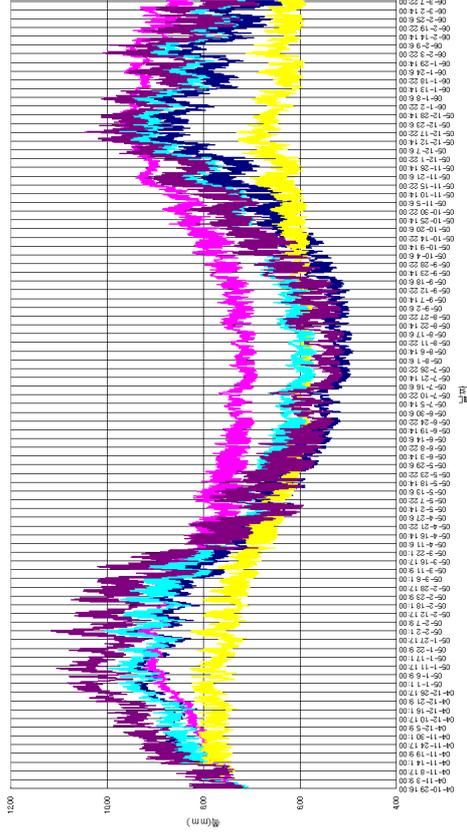
- 국내 도로환경조건 변화에 따른 콘크리트 포장 거동을 분석하여 환경변화에 원활히 적용할 수 있는 줄눈재 품질기준 및 적용기준의 수립이필요 함
- 이를 위하여, 2004년 이래로 전국 고속도로 콘크리트 포장 신설 및 유지관리 구간 8개소에 성형줄눈재, 실리콘 계층 줄눈재 등을 시험시공하여 추적 조사를 실시하여 왔으며, 다양한 국외자료에 대한 문헌 및 현장방문 조사하여 자료를 축적하여 다음과 같은 줄눈재 품질 및 적용기준 개선에 대한 개선방향을 도출하였음

구분	줄눈재 종류	적용구간 및 연장	적용시기
신설포장	성형 줄눈재	· 대구~포항 고속도로 4공구 (대구방향 150m)	· 2004년 4월
		· 동해고속도로 확장 6공구 (동해 3터널 구간 2km)	· 2004년 7~8월
		· 성서~옥포간 확장 3공구 (광주방향 300m)	· 2005년 8월
	상온 주입형 고탄성 실리콘	· 중부내륙고속도로 9공구 (상주방향 150m)	· 2004년 8월
기준포장 유지관리	가열 주입형 고무아스팔트	· 성서~옥포간 확장 3공구 (광주방향 300m)	· 2005년 8월
		· 중부내륙고속도로 9공구 (서울방향 150m)	· 2004년 8월
	성형 줄눈재	· 대전남부순환선 (서대전 방향 200m)	· 2004년 6월
		· 대전 고속도로 무주지사 (산내~무주I.C.)	· 2005년 10월

1) 국내 도로환경조건에서 콘크리트 포장 줄눈 거동 변화를 고려한 줄눈재 품질기준 설정 필요

※ 중부내륙고속도로 문경 I.C. 구간 줄눈부 계측자료를 통하여 확인된 일반적인 콘크리트 포장 줄눈 수축 및 팽창률은 시공당시 6mm 줄눈이 최대 11.14mm (+85.7%), 최소 4.8mm (-20%) 까지 변형이 반복적으로 일어남. 따라서 콘크리트 포장 줄눈의 반복적인 수축과 팽창 변화율을 감당할 수 있는 품질기준 설정 필요

계절	최소 (mm)	최대 (mm)	평균 (mm)
봄 (4월~5월)	5.3mm	10.9mm	7.8mm
여름 (6월~8월)	4.8mm	9.8mm	7mm
가을 (9월~11월)	5.2mm	10.5mm	7.5mm
겨울 (12월~1월)	6.7mm	11.14mm	8.9mm



※ 상기 그래프는 중부내륙고속도로 문경 I.C. 부근 콘크리트 포장에서 계측한 자료임 (2004.10.29~2006.03.08)

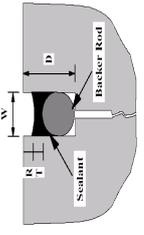
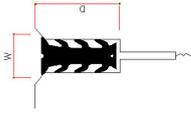
2) 현장에서 콘크리트 포장 줄눈재는 대기 환경에 완전 노출되어 노화축진이 가속화되기 쉬우나 이에 대한 품질기준이 없으므로 개정 필요

3) 줄눈재 종류별 현장 공용성 평가 결과를 반영한 줄눈재 선정 기준 필요

- 공용중인 콘크리트 포장 중 1차로 기준 총 250km 구간에 대한 조사에서 폴리우레탄 줄눈재의 수명은 3년 미만으로 나타나며 이로 인한 콘크리트 포장 수명저하 가능성이 농후한 것으로 판단 됨

- 시험시공 구간에 대한 2~3년간 추적조사 결과 전체적으로 성형 줄눈재, 실리콘 계열 주입 줄눈재등 고품질의 콘크리트 포장 전용 줄눈재 공용성은 현재까지 만족스러운 결과를 보이고 있는 것으로 판단 됨

- 4) 줄눈재 보수와 관련하여 줄눈파손상태에 대한 합리적 조사방안 수립 필요
 - 줄눈파손상태 및 현장조건 (스플링 발생정도, 줄눈 폭의 분포)에 알맞은 줄눈재 선정을 위한 정확한 조사 필요
 - 단순 육안조사로 줄눈파손상태를 정확하게 추정하는 데에는 시간적, 물리적 한계가 있으므로 포장조사장비를 활용하여 전체 고속도로를 대상으로 줄눈재 상태지수(SCN), 포장 줄눈부 상태지수(PCN)를 산출하고 이를 통한 일상적 콘크리트 포장 줄눈 유지관리를 시행하여 실용적인 콘크리트 포장 예방적 유지관리를 실현할 필요가 있음
- 5) 줄눈재의 재료 및 시공특성에 맞춰 적용기준 설정 필요
- 6) 줄눈재 손상 또는 파손에 영향을 주는 인자를 고려한 줄눈재 선정 필요
 - 교통량, 제설제 사용량, 동결일수, 포장 줄눈파손 상태 등을 줄눈재 손상에 영향을 주는 인자들로 고려할 필요가 있음

구분	실리콘 줄눈재	성형줄눈재
단면도		
	<p>장점</p> <ul style="list-style-type: none"> - 재료비 저렴 - 신장률이 높아 (600% 이상) 변동이 심한 줄눈폭의 거동에 대한 내구성 탁월 - 자외선 및 대기노출에 따른 노화에 대한 저항성 우수 - 국외 사용사례 다수 (미국 50개주 중 24개주에서 사용 중) <p>단점</p> <ul style="list-style-type: none"> - 양생과정에서 수분에 취약 (점착 강도 저하) - 제설염수에 의한 형상변화 일정부분 발생 (체적변화율 5~10%) 	<ul style="list-style-type: none"> - 내구성 우수 (공용수명 10년 이상) - 다중날개구조에 의한 방수성 우수 - 자외선 및 대기노출에 따른 노화에 대한 저항성 우수 - 체설염수에 대한 저항성 우수 (체적변화율 5% 미만) - 열팽창계수 낮아 수축 및 팽창적응음 - 국외 사용사례다수 (미국 50개주 중 9개주에서 사용 중) - 재료비 고가
재료	<p>장점</p> <ul style="list-style-type: none"> - 별도의 줄눈 스플링 보수 없이 주입 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 별다른 기상 및 계절적 제약 없이 시공 가능 - 공정이 단순하고 기계화시공이 가능하여 품질확보가 용이 - 양생시간이 없어 즉시 교통개방 가능 - 줄눈재 교체작업 용이
	<p>단점</p> <ul style="list-style-type: none"> - 우천시 및 동결기 작업불가 - 주입두께, 여유깊이 준수 등 시공 숙련도에 따라 공용성에 많은 영향이 있음 - 양생시간이 최대 5시간이상 필요하여 교통개방이 신속히 필요한 구간에 불리 - 줄눈재 유지보수 시 공질차가 상대적으로 길어짐 - 고압살수에 의한 줄눈재 제거 불가 	<ul style="list-style-type: none"> - 단구간 적용시 기계화시공이 비효율적임 - 스플링등 줄눈파손에 대한 사전 보수 작업별도 필요
시공	<p>단점</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고압살수에 의한 줄눈재 제거 불가 	<ul style="list-style-type: none"> - 단구간 적용시 기계화시공이 비효율적임 - 스플링등 줄눈파손에 대한 사전 보수 작업별도 필요

IV. 지침 적용 대상

- 이 지침은 “콘크리트 포장” 구간에 적용할 수 있다.
- ※ 적용되는 모든 줄눈재 및 공법에 대해서는 특허(신기술)등에 의한 권리의 독점적 사용 가능성 등에 대비하여 분쟁의 소지를 예방하기 위한 조치가 사전에 취해져야 함

V. 제안 내용

- 국내 도로환경조건에서 콘크리트 포장 줄눈 거동 경향 및 줄눈재 노화에 대한 저항성을 고려하여 줄눈재 품질기준 보완

1) 콘크리트 포장의 줄눈거동 변화는 -20%~+85.7% (4.8mm~11.14mm)정도로 나타나므로 적용되는 주입형 줄눈재는 ASTM C 920 규정에 따른 Class 100/50등급 사용 (도로차 -1137, 2006.04.03 ; 주입줄눈재 선정시 유의사항 통보)

2) 줄눈재 노화에 대한 저항성을 강화하기 위하여 실리콘 주입형 줄눈재 축진내후성 기준 보완

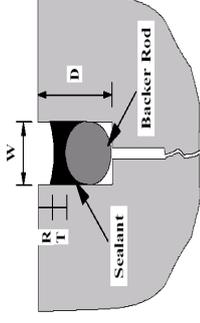
- 기 시행중인 “실리콘 신축이음장치 적용 지침”에서의 마찬가지로 기존 고속도로전문시방서 중 “13-7 줄눈 재료”에서 제시되는 실리콘 줄눈재 ASTM D 5893 내용 중 축진내후성 시험시간을 당초 500시간에서 5,000시간으로 변경하여 품질관리를 시행하는 것이 바람직한 것으로 판단 됨

- 줄눈재 종류별 적용 시공지침 적용

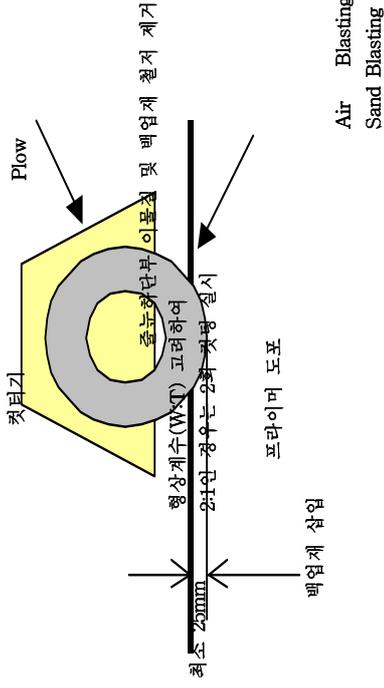
1) 실리콘 줄눈재

- 줄눈 시공시 단면제원 준수 필요

구 분	S-SL1	S-SL2	S-SL3	S-SL4	S-SL5
줄눈 절단폭 (W), mm	6	10	13	19	25
여유공간 (R), mm	10	10	10	10	10~13
줄눈재 두께 (T), mm	6	6	6	10	13
Backer Rod 직경, mm	10	13	16	22	32
철삭깊이 (D), mm	25~29	29~32	32~35	41~45	57~60



- 유지보수시 기존 줄눈재 및 이물질 제거 철저



줄눈재 주입
 컷팅된 줄눈부 청소 및 콘크리트
 접착력 증진을 위한 면갈이

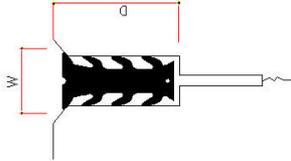


※ 포장 스펙링 유지보수는 “포장유지보수 작업 매뉴얼 (2000, 한국도로공사)” 및 “도로 포장유지보수 지침 (1998, 건설교통부)” 등의 내용에 따라 시행

2) 성형 줄눈재

- 줄눈 시공시 단면제원 준수 필요 (측정된 줄눈 거동 폭인 4.8mm ~ 11.14mm를 감당할 수 있는 줄눈재 폭 사용)

구분	줄눈 절단 폭 (mm)	줄눈재 폭 (W), mm	줄눈 커팅 깊이 (D), mm	비고
F6	6	11	20	
F8	8	13.5	30 ^{*)}	
F10	10	15.5	30 ^{*)}	
F12	12	17.0	30 ^{*)}	
F15	15	20.0	30 ^{*)}	
F20	20	30.0	30 ^{*)}	



*) 유지관리에서는 기존 줄눈제거를 위한 커팅작업 후 절단 폭을 의미 함

**) 여기서 제시한 줄눈 커팅 깊이는 최소치를 나타내고 있으며 시공오차를 고려한 실제 줄눈 커팅 깊이는 제시된 값에 5mm를 추가한 값이 권장되며 35mm를 넘어서는 아니됨

- 기타 성형 줄눈재 시공 및 품질관리에 관한 사항은 기 시행된 “성형 줄눈재 품질기준(안) 및 시공요령 (동해공10404-31274; 2004.11.17)”에 따라 시행 (첨부 3)

❖ 줄눈재 종류별 현장 공용성 평가 결과를 반영한 유지관리 구간 줄눈재 선정 기준 마련

- 1) 공용성 평가에서 평균 공용수명이 현저히 떨어지는 건축용 폴리우레탄 계열의 줄눈재는 사용금지 (도토처-972, 2005.3 ; 콘크리트포장의 줄눈관리방안 개선 검토)

2) 교통량, 환경조건(동결일수), 제설재 사용에 따른 재료부식 가능성, 기존 줄눈부 포장 파손상태 등 줄눈재 손상에 영향을 주는 요인들을 고려한 줄눈보수 및 줄눈재 선정에 관한 의사결정기준에 따라 줄눈재 설치 및 보수시행

- SCN (Sealant Condition Number)이 보통등급 이하인 경우에 줄눈재 보수를 검토하는 것으로 하며
- 줄눈 보수 시행시 PCN (Pavement Condition Number)이 보통 등급 이상인 경우는 일 교통량 서비스수준 및 제설재 연간 사용량 등을 고려하여 적용 줄눈재를 결정하며 PCN이 불량등급이면 성형 줄눈재사용을 자제
- 일 교통량 서비스수준이 D Level 이하로 야간보수공사를 수행하여야 되는 경우 실리콘 줄눈재는 여유공간, 줄눈재 주입두께 유지 등에 대한 품질관리를 철저히 하여야 하며, 이것이 불가능한 경우에는 해당기관의 판단에 따라 성형줄눈재를 적용하여 시공이 간편하고 품질확보가 용이하도록 유도하는 것이 바람직한 것으로 판단 됨

※ 서비스 수준별 일교통량 (대/일, 지방부기준) :

구분	2차로	4차로	6차로	8차로	비고
A	3,110	29,484	44,226	58,968	주간공사 원칙
B	5,503	45,094	67,641	90,188	
C	9,106	60,704	91,056	121,408	
D	15,551	74,578	111,867	149,156	야간공사 원칙
E	23,925	86,720	130,080	173,440	
F	23,926이상	86,721이상	130,081이상	173,441이상	

출처 : 포장보수·차선도색 설계 및 시공지침(2001년도)

- 빈번한 강설이 발생하는 구간에서는 **잠정적으로** 년간 제설제 사용량이 6tons/lane-km/yr 이상 되어 염화물에 대한 노출정도가 매우 높음으로 **판정되면 제설염수에 대한 내구성이 높은 제설제 적용이 유리**
- **한후, 제설제 사용량 증가가 제설제 파손 및 공용성 저하에 미치는 영향을 보다 구체적으로 정량화하기 위한 추가적인 현장 추적조사 및 자료 분석을 실시하여 제설제 사용량에 대한 제설제 품질기준을 보완할 예정임**

※ 염화물 노출 정도와 이에 따른 제설제 연간 사용량

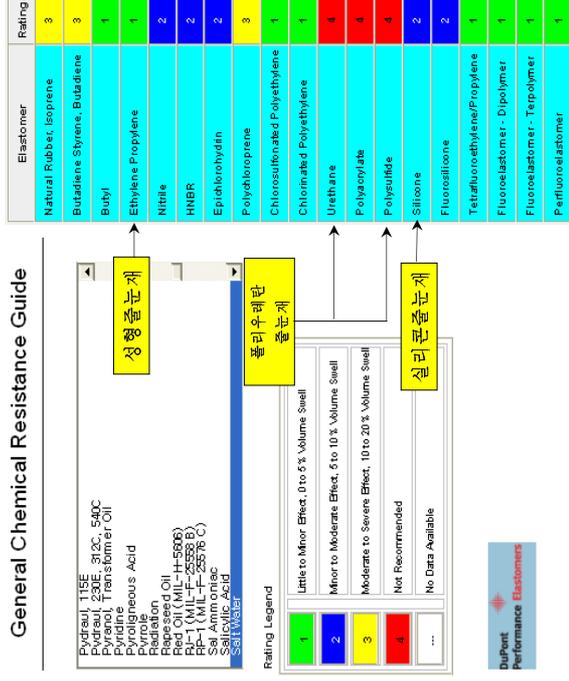
염화물에 대한 노출정도	제설제 연간 사용량 (tons/lane-km/yr)	표면 염화물 함량(C ₀)
낮음	< 1.5	1.8kg/m ³
중간	1.5 ~ 3.0	3.5kg/m ³
높음	3.0 ~ 6.0	5.3kg/m ³
매우 높음	> 6.0	7.1kg/m ³

출처 : 콘크리트 노출바닥판의 적용 및 유지관리에 관한 연구 (2004년도)

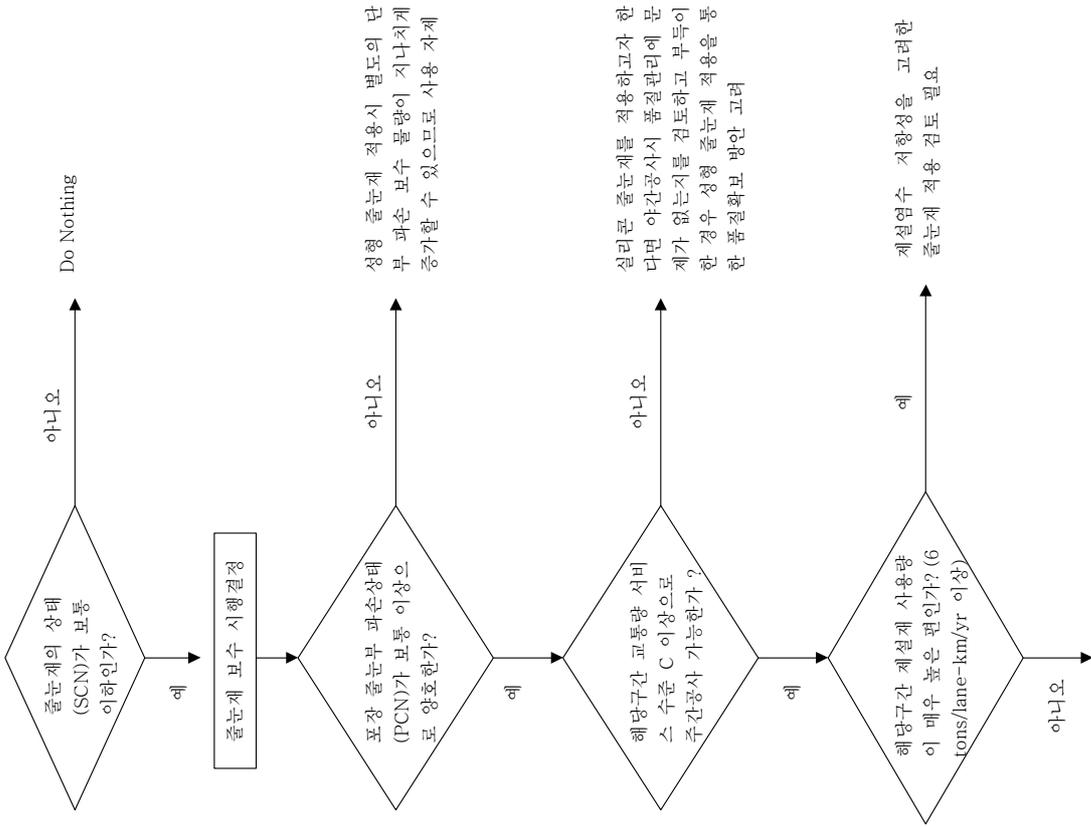
※ 아래 도표에서와 같이 성형 제설제 주성분인 Ethylene Propylene이 제설염수에 대한 저항성이 가장 우수하며 실리콘 제설제, 폴리우레탄 순으로 제설염수 저항성을 갖는 것으로 알려져 있음.

※ 제설제별 제설제에 의한 체적변화를

- 제설제 보수를 담당하는 해당기관에서는 상기 제시된 요인들 및 해당 기관의 특수한 상황 등을 고려하여 다음과 같은 참고 순서도에 따라 적정 제설제 적용 검토



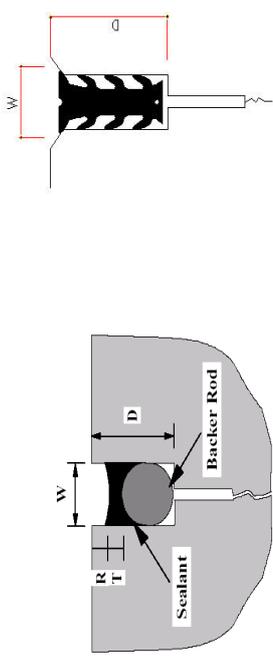
※ 유지관리 구간 줄눈재 적용 방안 검토를 위한 참고 순서도



❖ 줄눈재 종류별 현장 공용성 평가 결과를 반영한 신설 구간 줄눈재 선정 기준 마련

- 1) 공용성 평가에서 평균 공용수명이 현저히 떨어지는 건축용 폴리우레탄 계열의 줄눈재는 사용금지 (도로차-972, 2005.3 ; 콘크리트포장의 줄눈관리방안 개선 검토)
- 2) 주입줄눈재는 ASTM C 920 규정에 따른 Class 100/50등급 적용 (도로차-1137, 2006.04.03 ; 주입줄눈재 선정시 유의사항 통보)
- 3) 성형줄눈재는 정밀 계측된 콘크리트 포장 가로줄눈의 거동변화 범위 (4.8mm ~11.14mm)를 고려하여 줄눈재 폭이 13.5mm인 F8 등급을 적용하며 세로줄눈에는 F6등급을 적용

- 4) 본 지침에서 제시한 줄눈재 종류별 표준단면 및 단면제원에 따라 줄눈 컷팅 및 줄눈재 설치



주입 줄눈재 표준단면

성형 줄눈재 표준단면

- 5) 1,000m 이상의 터널 구간에는 향후 보수시 교통전환에 따른 이용차량 불편 최소화를 위하여 성형줄눈재 적용 권고 (건설관리처-2473, 2006.11.09)

6) 빈번한 강설이 발생하는 구간에서는 **잠정적으로** 연간 제설재 사용량이 6tons/lane-km/yr 이상 되어 염화물에 대한 노출정도가 **매우 높음**으로 판정되면 **제설연수에 대한 내구성이 높은 줄눈재 적용이 유리**

7) **향후, 제설재 사용량 증가가 줄눈재 파손 및 공용성 저하에 미치는 영향**을 보다 구체적으로 **정량화**하기 위한 추가적인 **현장 추적조사** 및 **자료 분석을 실시하여 제설재 사용량에 대한 줄눈재 품질기준을 보완할 예정임**

- 이 때, 예상 제설재 사용량은 해당구간에서 인접한 2개 이상의 기존 노신 관리지사 제설재 사용량을 산술평균하여 결정

VI. 기대 효과

- ❖ 원활한 줄눈재 유지보수를 통한 콘크리트 포장의 예방적 유지관리 실현 가능
- ❖ 환경, 교통량, 시공여건등을 고려한 합리적인 줄눈재 적용 및 공법선정을 통한 줄눈재의 공용수명연장

첨 부 :

1. 줄눈재 시험시공 추적조사 보고서
2. 줄눈재 손상 및 줄눈부 파손 정량화 방안
3. 성형줄눈재 품질기준 및 시공요령