



» 단계별 연구목표 및 성과



» 한국형 포장설계법 단계별 연구성과

1단계 : 2001~2004

- 도로 포장 설계법 개발 관련 구성 역학적 모형 연구
- 3종 도로 포장 현장 시공 관련 지침 개발 (아스팔트 포장의 소성변형 저감 지침 등)
- 2종 도로 포장 현장 품질관리 관련 요령 개발 (아스팔트 플랜트 품질관리 요령 등)

2단계 : 2004~2008

- 신설 도로 포장 설계법(안) 개발 : 설계프로그램안, 설계 요령안 등
- 4종 도로 포장 현장 시공 관련 지침 개발 (산업부산물 재활용 도로 포장 지침 등)
- 4종 도로 포장 현장 품질관리 관련 요령 개발 (아스팔트 포장 현장 다짐관리 매뉴얼 등)

3단계 : 2008~2011

- 신설 도로 포장 설계법 및 덧씌우기 포장 설계법 완성 : 설계프로그램, 설계요령 등
- 9종 도로 포장 현장 시공 관련 지침 개발 (저탄소 좋은 아스팔트 포장 지침 등)
- 4종 도로 포장 현장 품질관리 관련 요령 개발 (설계법 해설서 등)

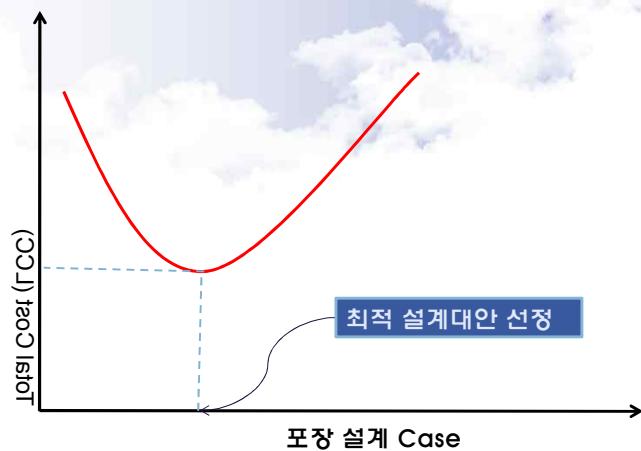
» ‘포장설계법’ 이란 ?

• 무엇을 만족시키기 위하여 ?

- 도로건설 지역 혹은 건설 구간마다 다른 교통(12 종), 환경(온도, 습도, 강우, 강설 등)하중에 견디기 위해
- 현지 지역상황 및 건설구간에 경제적/구조적으로 최적화된 도로 포장 시설을 제공



» ‘포장설계법’ 이란 ?



» 기존 국내 포장 설계법 적용

• AASHTO '86 Guide

- 미국 AASHO Road test에서 얻은 경험적 결과 활용
- Test section에 있는 조합의 포장 설계는 정확
- 문제점
 - 포장 재료의 차이 (미국 vs. 한국)
 - 환경하중의 차이 (Ottawa, Illinois vs. 한국)
 - 50년 전의 환경하중과 교통하중으로는 부족
 - 미국도 2002 Design Guide를 지금까지 개발 중 → 경험적 인 방법의 한계인정

» 현행 포장 설계법의 문제점

외국 설계법 도입

- AASHTO 설계법 (72, 86, 93)
- 시멘트 콘크리트 포장 요강
- 사회적으로 기술 인식 낮음

경험적 설계 단면

- 획일적인 단면 두께
- 시설에 대한 고려 미흡
- 새로운 공법 적용 불가
- 품질 관리의 어려움

경제성 미 고려

- 덧씌우기 비용 증가
- 획일적인 두께 시공에 따른 시공비 증가

- 국내 교통 및 환경 특성 반영 미비
- 기존 재료 및 신재료 고려 불가
- 합리적(과다 및 과소) 설계 판단 유보
- 신공법의 합리적 도입 판단 기준 미비

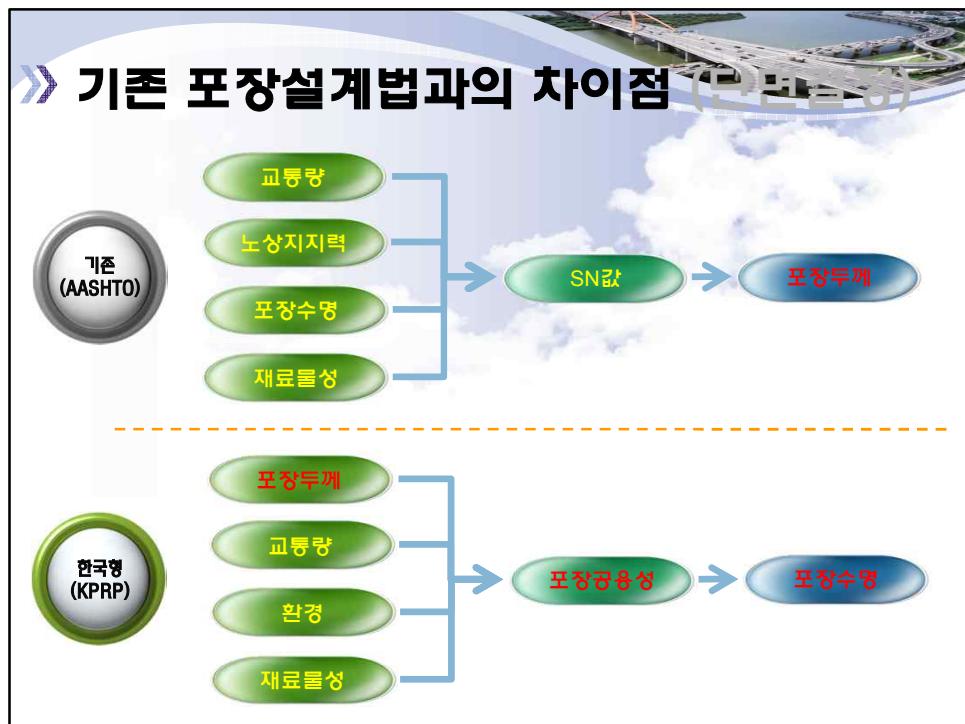
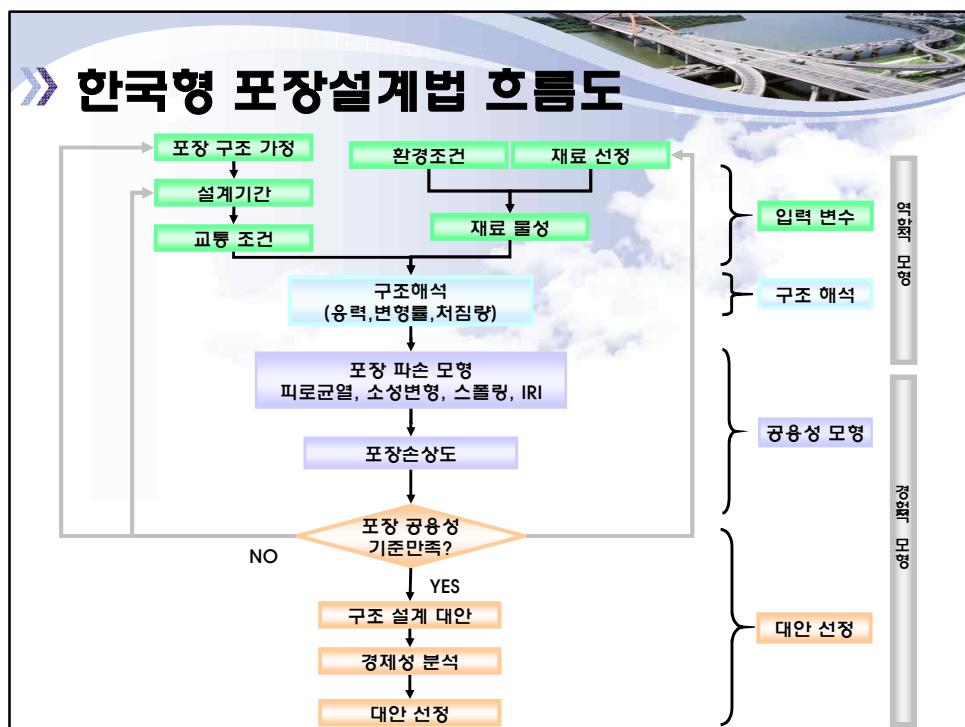
한국형 도로포장의 설계 기술 필요

» 한국형 포장설계법 특징 (M-E Design)



» 한국형 포장설계법 특징

- 국내 생산 또는 시공 포장재료(글재, 아스팔트, 콘크리트, 토질)의 특성 모형 개발
- 국내 환경 특성 모형 개발 (지역별 온도, 포장체 험수량 분포 등)
- 국내 교통 특성의 정량화 (차종별 하중 패턴, 축하중 분포 특성 등)
- 국내 도로의 파손 특성을 반영한 모형 개발 (균열, 소성변형, IRI 등)
- 새로운 재료의 도입이 용이함 (개질아스팔트, 배수성 포장 등)



» 기존 포장설계법과의 차이점 (입력변수)

입력변수	아스팔트 포장		콘크리트 포장	
	기준(AASHTO)	한국형	기준(AASHTO)	한국형
재료특성	상대강도계수 (α_i)	동탄성계수 (E_*)	콘크리트 탄성계수 (E_c) 콘크리트 파괴강도 (S_c)	휨(R), 조槛(S), 압축강도(C) 탄성계수 (E) 열팽창계수 건조수축계수
노상 재료 특성	노상층 강도	회복탄성계수 (M_R)	노상반력계수 (k)	복합 지지력 계수
환경조건	배수 특성계수 (m)	포장층 내부 온도 노상층 임수량 변화	배수 특성계수 (m)	콘크리트 슬래브 온도차
교통	등가단축하중 (ESAL)	차종별 축하중 분포	등가단축하중 (ESAL)	차종별 축하중 분포 차축간 길이

» 도로등급 및 중요도에 따른 설계 수준

설계등급	교통 특성	설계방식
등급 1	설계입력변수의 변동성이 큰 도로 (지반특성 변동이 큰 도로, 많은 중차량 통행)	- 풀성: 실측 자료 사용 - 교통조건: 실측 자료 사용
등급 2	설계입력변수의 변동성이 작은 도로	- 풀성: 예측 모형 사용 - 교통조건: D/B 사용
등급 3	설계입력변수의 변동성이 작은 저교통 도로	- 표준화된 단면 사용

» 입력변수 (재료물성)

기존 설계법

- 상대 강도계수(a_i)를 불성정량화
- 상대 강도계수는 1950년대 수행된 미국 시험으로 재료에 근간을 두어 정의
- 상대 강도계수 결정방법 부재
- 개질아스팔트 포장 및 배수성 등 포장 신재료에 대한 상대강도계수 결정이 어려움

M-E 설계법

- 다양한 포장재료의 불성 정량화 가능 (포장 신재료)
- 역학적 재료물성(탄성계수, 동탄성계수 등)을 사용
- 각 포장재료에 대한 불성 평가 시험 방법이 정의됨

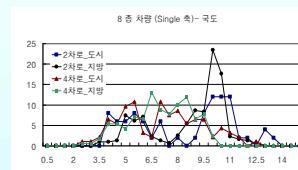
» 입력변수 (교통하중)

기존 설계법

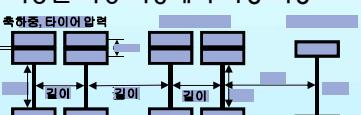
- 등가단축하중(ESAL) 개념
- 등가단축하중 계수는 과거 AASHTO 공용방정식을 이용하여 산출됨
- 1950년대 미국에서 개발된 경험적인 교통량 계산법은 현재 교통특성 및 국내 환경과 상이함

M-E 설계법

- 차종별 축하중 분포 및 통행패턴 사용



- 차종별 차량 하중재하 특성 사용



- 현실적 교통하중 반영 및 정확도 향상

» 입력변수 (환경하중)

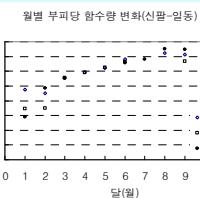
기존 설계법

- 도로포장 설계시 환경영향 고려 미비
- 배수 계수(m), 둉결지수를 이용한 환경조건 고려

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

M-E 설계법

- 국내 환경조건 고려
- 대기온도, 운량, 강수량을 이용하여 설계 지역의 포장체 온도/하부 함수량 예측
- 환경하중은 포장체 물성 변화를 고려시 사용됨



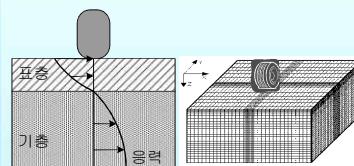
» 역학적 구조해석

기존 설계법

- 교통하중에 따른 포장체의 거동 분석을 위한 개념이 부재
- 경험에 근거한 도로포장 설계

M-E 설계법

- 역학적 개념을 이용하여 포장체 거동 분석



- 아스팔트 포장 : 다층탄성 이론
- 콘크리트 포장 : 유한요소 해석

» 공용성 평가 모형

피로균열 시험 수행



소성변형 시험 수행



6종 아스팔트 혼합물
(AP3, AP5 아스팔트 바inder
+ 13mm, 19mm, 25mm 입도)

포장 파손 모형

$$N_f = 10^{-12.1923} \varepsilon_0^{-3.4717} E^{0.5221}$$

N_f: 피로파괴시까지의 하중재하횟수
 ε_0 : 변형률
E: 혼합물의 강성

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_r} = 10^{-1.247} N^{0.153} T^{0.371} AV^{1.102}$$

ε_p = 소성변형량
N= 하중재하횟수, T= 온도
AV= 혼합물 공극률

» 역학적 해석 및 공용성 예측

포장단면

환경조건

교통조건

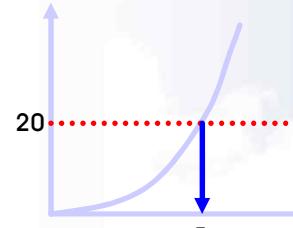
재료특성

구조해석
프로그램

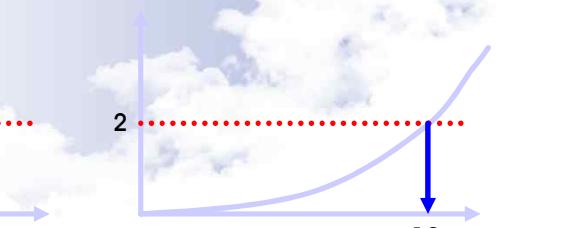
피로균열, 영구변形, 평탄성 예측

» 공용성 기준

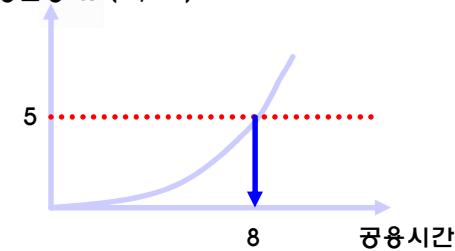
피로균열율(%)



영구변형량 (cm)



평탄성 IRI (m/km)



포장수명
5년 (예)

» 경제성 분석 및 최종 포장 단면 결정

Case 1

표층 T1=5cm
19mm+개질아스팔트

중간층 T2=5cm
19mm+개질아스팔트

기층 T3=10cm
25mm+일반아스팔트

보조기층 T4=40cm

Case 2

표층 T1=5cm
19mm+개질아스팔트

중간층 T2=5cm
19mm+일반아스팔트

기층 T3=15cm
25mm+일반아스팔트

보조기층 T4=35cm

Case 3

표층 T1=5cm
13mm+일반아스팔트

중간층 T2=10cm
19mm+일반아스팔트

기층 T3=15cm
25mm+일반아스팔트

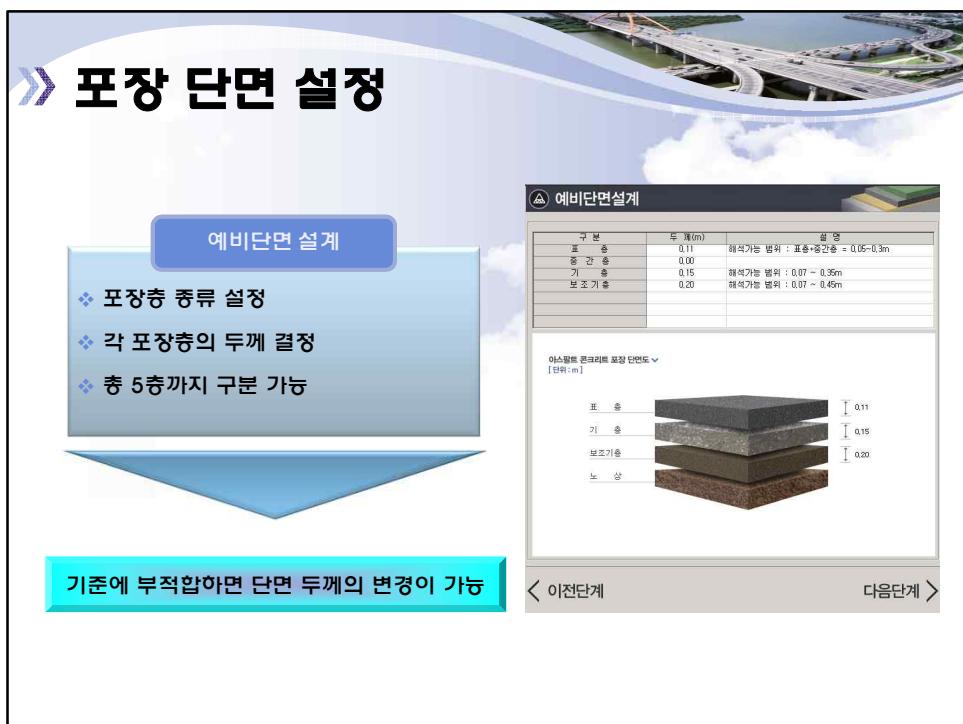
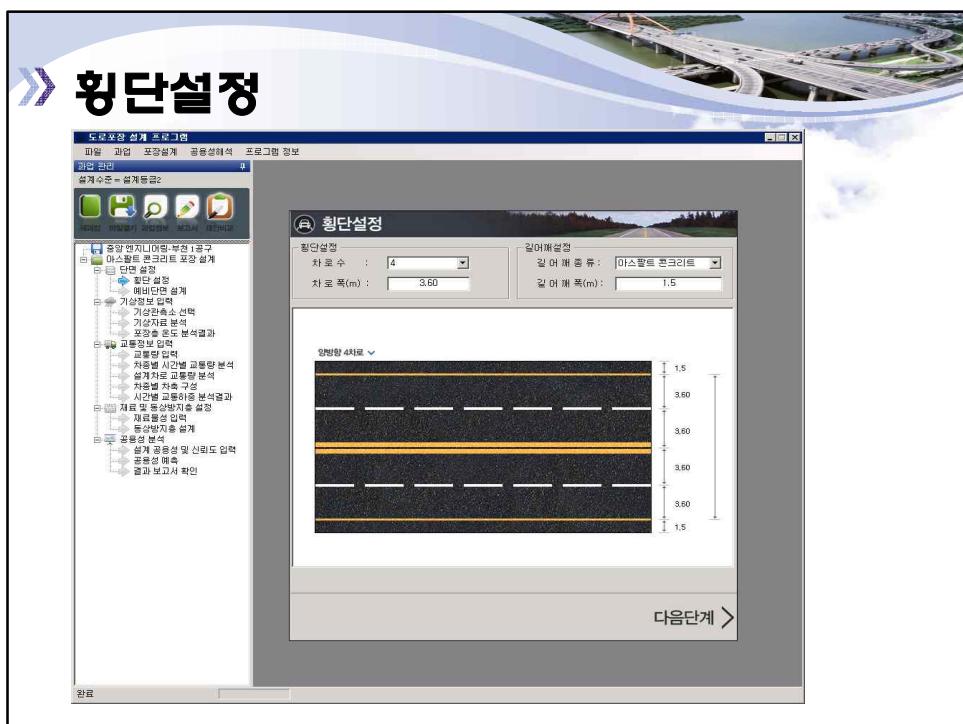
보조기층 T4=30cm

경제성
분석

최종포장
단면 결정



기본 정보
노 선 명 : 제3경인고속도로
과업 명 : 부천1공구
작성 기관 : 중앙엔지ニア링
설계 일자 : 2011-09-28
교통개방일자 : 2011-09-28
설계정보
시 점 : 시점
종 점 : 종점 연장(km) : 10
도 로 구 분 : 고속국도 도시지역
설계속도(km/h) : 100
설계등급 및 포장 선택
공 용 기 간 : 3
설 계 등 급 : 2 포 장 형 式 : 아스팔트 콘크리트
포 장 설 계 구 分 :
신설 포 장 설 계 구 分 :
신설 신설 및 껍데기



▶▶▶ 포장층별 재료물성

재료물성입력

구분	두께(m)	재료	물성입력
표층	0.11	아스팔트 콘크리트	입 력
중간층	0.00	아스팔트 콘크리트	
기층	0.15	아스팔트 콘크리트	입 력
보조기층	0.20	입상재료	입 력
노상		입상재료	입 력

아스팔트 콘크리트 포장 단면도 ▼
[단위 : m]

< 이전단계 >

다음단계 >

설계등급 1

표준 재료물성 입력

재료 충돌성계수 실험결과 입력

Graph showing Log Reduced Frequency vs $\log E_1$. The curve starts at point δ and increases with slope $\beta(\text{neg})$ on the left and $\beta(\text{pos})$ on the right. A dashed line extends from δ through the curve.

δ	2.2990
α	2.2765
β	-1.0054
γ	0.5677
C	1.1230

기준온도 °C :

균모 모델 계수 입력

F1: [-11.9322] F2: [-3.4502] F3: [0.6335]

영구변형 모델 계수 입력

A: [0.1686] B: [1.0369] C: [0.6329] D: [0.0711]

아스팔트 점도 특성

A: [10.93] VTS: [-3.68]

확인 **취소**

설계등급 2

표준 재료물성 입력

기초설계자료(단계식활용) :

포장재료선택(OB활용)

골재 입도 : (골입도 20mm)

마스팔트종류 : (P66-22)

기초실험자료입력(단계식활용)

골재 입도

20mm 누적 잔류율(%): A: [10.98] VTS: [-3.68]

9.5mm 누적 잔류율(%): 아스팔트 혼합물 부피 특성

2.5mm 누적 잔류율(%): 아스팔트 유호 함량(Vef)(%): [10.1]

0.09mm 통과율(%): 공극률(%): [4]

아스팔트 혼합(%): 아스팔트 혼합(%): [5.1]

확인 **취소**

» 아스팔트 혼합물의 재료 물성



» 보조기층 재료물성

보조기층 재료물성 입력

기초실험자료

최대건조단위 중량(kN/m ³) :	21.58	균등계수 :	30
#4체 통과율(%) :	45	최적합수비(%) :	6.2
모형 계수 산정			

탄성계수모형

$$E = K_1 + K_2 \Theta \quad (E : \text{MPa}, \Theta : \text{kPa})$$

K ₁ : 88.83	K ₂ : 0.31
------------------------	-----------------------

확인 취소

▶ 동상방지층 설계

동상방지층 설계

동상방지층 두께 산정

비동결성 재료층의 두께 $b = 0.596\text{m}$ 에서 보조기층의 두께 0.200m 을 제외한 0.396m 로 산정되었습니다.

동상방지층 두께 (m) : - +

동상방지층을 포함한 포장단면 개략도 ▾
[단위: m]



층	두께 (m)
표 층	0.11
기 층	0.15
보조기층	0.20
동상방지층	0.40
노 상	

교통량 입력

설계 정보
시점 : 시점 종점 : 종점 설계지역 구분 : 도시지역
도로 등급 : 고속국도 설계속도(km/h) : 100
발행 등급 : 일반차 차로 수 : 4
공용자(1년도) : 2011 년 3 월
교통량 예측법
□ 교통수요 예측자료 □ 증가율 미정
○ 선형 증가율(%) □ 비선형 증가율(%)
차종별 교통량
제방번호 AADT : 30000 교통량 초기화
2011
구 분 1종 2종 3종 4종 5종 6종 7종 8종 9종
AADT 18912 1164 3666 3069 909 567 504 195 33
교통량 확산 계수
밀집계수 0.95
거주계수 0.90
시기별 교통량 비율
구 분 1 2 3 4 5 6 7 8 9
비율(%) 1.43 0.34 0.89 0.58 0.65 1.18 2.92 5.84 6.49
< 이전단계 다음단계 >

차종별 축하중 분포

다양한 차종

차종별 교통량
제방번호 AADT : 30000 교통량 초기화
2011
구 분 1종 2종 3종 4종 5종 6종 7종 8종 9종
AADT 18912 1164 3666 3069 909 567 504 195 33
교통량 확산 계수
밀집계수 0.95
거주계수 0.90
시기별 교통량 비율
구 분 1 2 3 4 5 6 7 8 9
비율(%) 1.43 0.34 0.89 0.58 0.65 1.18 2.92 5.84 6.49
< 이전단계 다음단계 >

교통량 관련 계수

교통하중은 도로등급, 설계지역,
차로수에 따라 결정됨

교통하중에 의한
포장체 영향 판단

교통량 자료

교통량 특성

- ❖ 도로등급, 설계지역, 차로수에 의해 결정
- ❖ 차종별 교통량 비율 제공
- ❖ 방향 및 차로 계수
- ❖ 시간별 교통량 비율



교통량 입력

설계 정보	시점 : [시점]	종점 : [종점]	설계지역 구분 :
도로 등급 :	고속국도	설계속도(km/h) :	도시지역
방향 등급 :	일방통행	설계속도(km/h) :	100
통행 차시면도 :	2011년 5월	차로 수 :	4

교통량 예측방법

<input checked="" type="radio"/> 충수요 미적용 <input type="radio"/> 선형 증가율(%)	<input checked="" type="radio"/> 충가율 미적용 <input type="radio"/> 비선형 증가율(%)
---	--

차종별 교통량

기반년도 ADT :	30000	교통량 조기화 :	2011						
구분	1종	2종	3종	4종	5종	6종	7종	8종	9종
AAOT	18912	1164	3666	3069	909	567	504	195	33

교통량 학산 계수

방향 계수	0.55
차로 계수	0.90

시간별 교통량 비율

구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9
비율(%)	1.43	0.94	0.69	0.58	0.65	1.18	2.92	5.84	6.48

» 기상정보 및 환경자료

기후 자료

- ❖ 전국 68개 측후소 10년간 기상자료
- ❖ 최고 및 최저온도, 윤량, 강수량
- ❖ 월별 기후자료 적용

기상자료분석

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월
최고온도(°C)	4.2	8.3	11.9	18.9	24.2	27.5
최저온도(°C)	-8.2	-5.5	0.2	5.7	12.5	17.2
강수량(mm)	20.3	35.2	43.0	69.6	102.9	130.0
구분	7월	8월	9월	10월	11월	12월
최고온도(°C)	29.3	31.1	27.5	22.5	13.6	6.2
최저온도(°C)	20.6	21.1	17.1	8.5	0.0	-7.3
강수량(mm)	439.6	297.3	174.1	42.1	38.0	17.0

기온 | 강수량

〈 이전단계 > 다음단계 〉

» 기상정보 (측후소 자료)

기상관측소 선택

기상 관측소 선택방법
기상 관측소 : [서울, 인천, 수원] [최근거리 3개소]

지도에서 오른쪽 버튼을 누르면, 지도 메뉴가 표시됩니다.

설계적용 기상관측소 정보

기상관측소	동경	북위	거리(Km)	종결기간(일)
서울	126° 58'	37° 34'	0	80
인천	126° 38'	37° 28'	31.49	78
수원	126° 59'	37° 16'	33.32	79

수정등록지수
설계노선 최고표고(m) : 0
수정등록지수(°C 일) : 377.81

[기상관측소 변경]

〈 이전단계 > 다음단계 〉

» 환경자료

10년간 측후소 자료

기상자료보기

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월
최고온도(°C)	4.2	8.3	11.9	18.9	24.2	27.6
최저온도(°C)	-8.2	-5.5	0.2	5.7	12.5	17.2
강수량(mm)	20.3	35.2	43.0	69.6	102.9	130.0
구분	7월	8월	9월	10월	11월	12월
최고온도(°C)	29.3	31.1	27.5	22.5	13.6	6.2
최저온도(°C)	20.6	21.1	17.1	8.5	0.0	-7.3
강수량(mm)	439.6	297.3	174.1	42.1	39.0	17.0

기온 | 강수량 | < 이전단계 | 다음단계 >

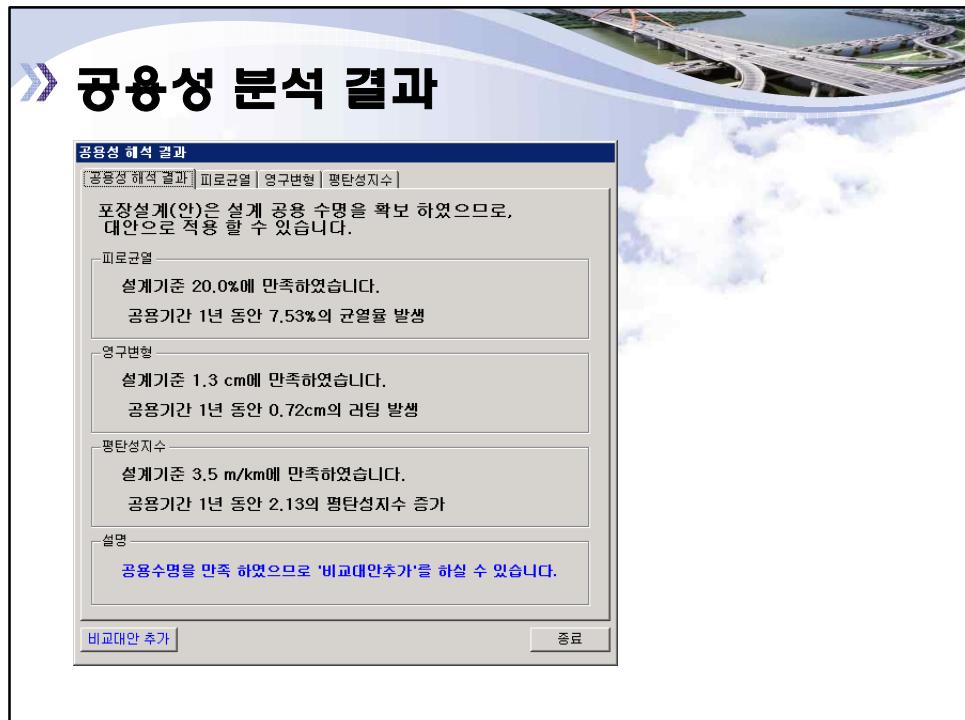
포장층 온도 및 함수량 예측

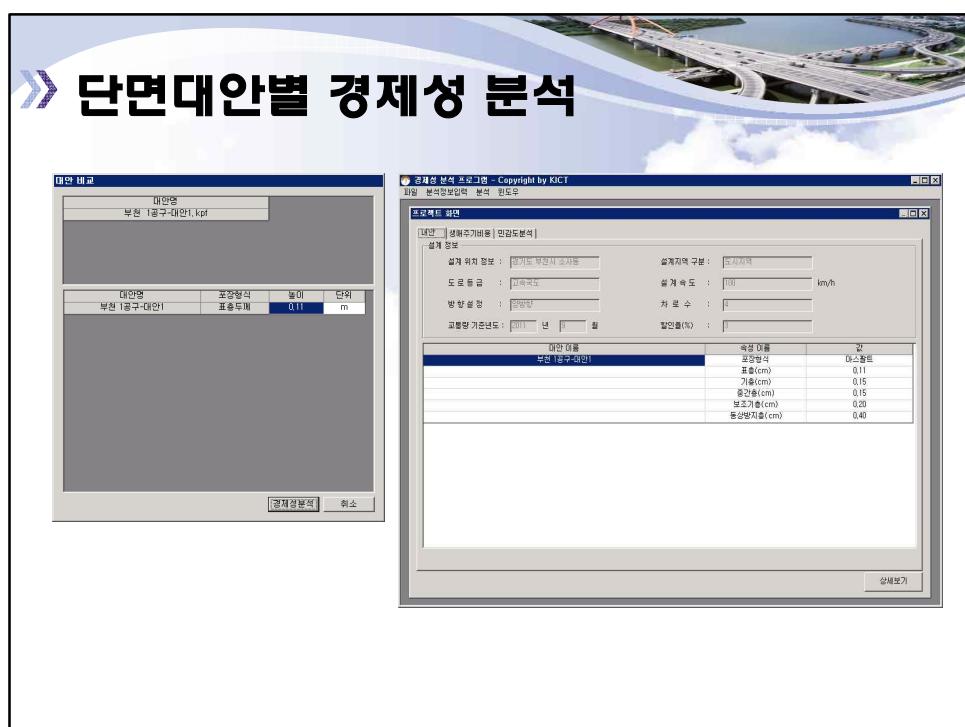
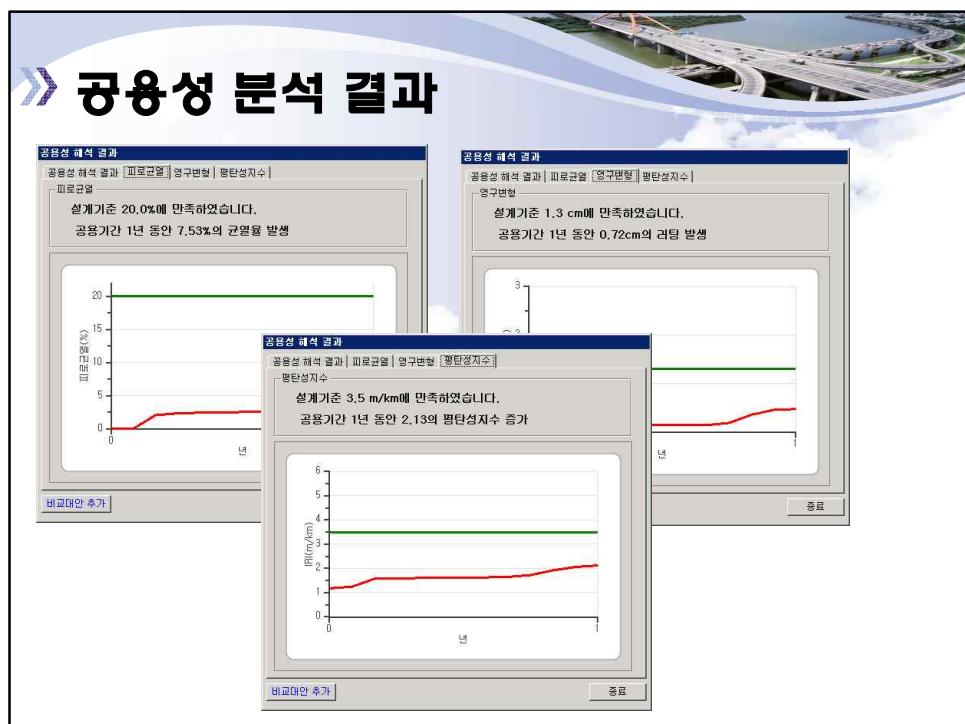
» 공용성 기준

설계공용성 및 신뢰도 입력

피로균열	설계기준(%): <input type="text" value="20"/>
영구변형	허용길이(cm): <input type="text" value="1,3"/>
평탄성지수(IRI)	설계기준(m/km): <input type="text" value="3.5"/>
신뢰도(%):	<input type="text" value="90"/>

< 이전단계 | 다음단계 >





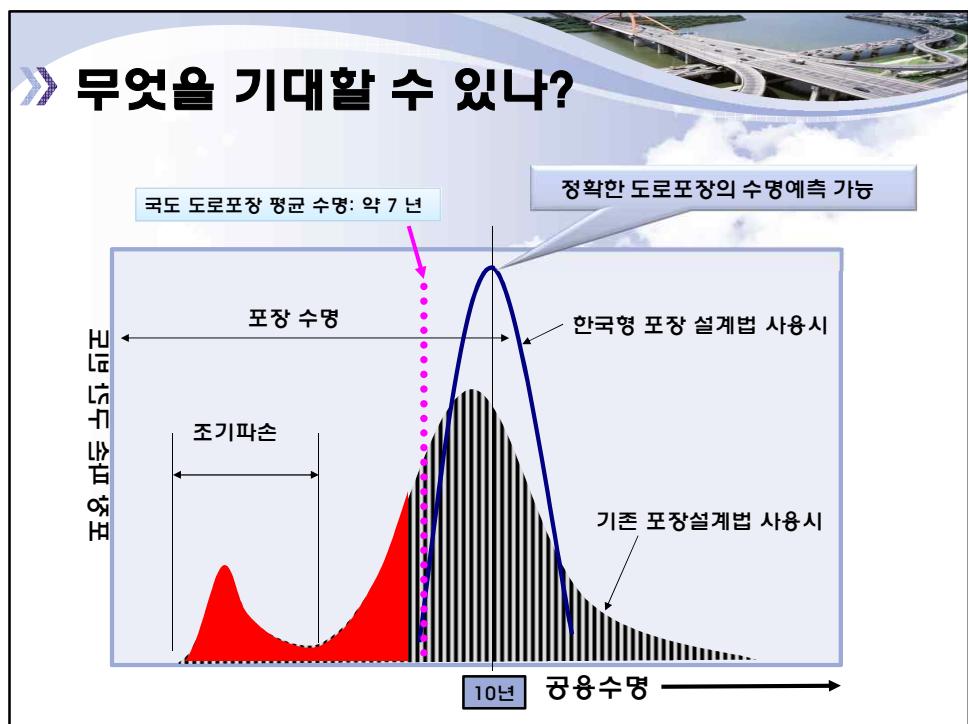
» 현장 조사자료를 활용한 한국형 포장설계법 검증

개발된 설계 프로그램의 정확성
검증 필요
설계법의 보정 절차 필요

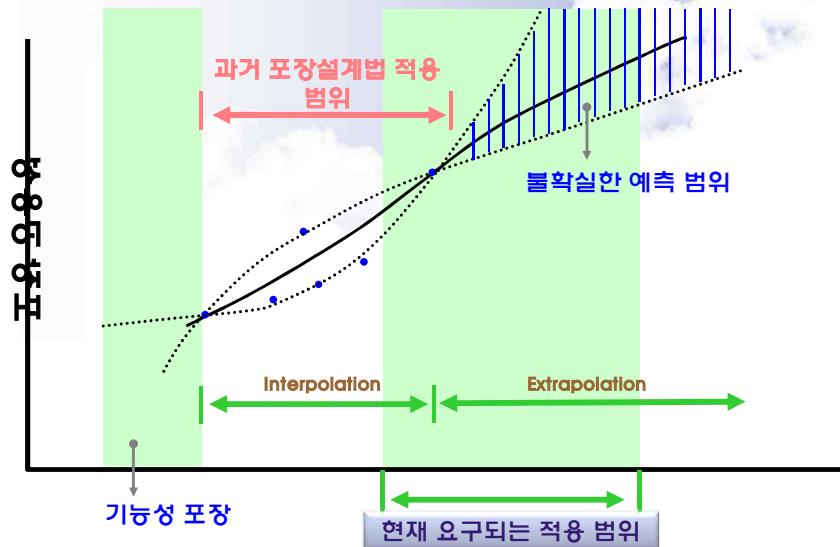
포장 가속시험기를 이용한 실물 시험
환경과 실제 교통조건을 고려한
시험도로

LTPP

도로공사 시험도로 구간
(중부내륙고속도로)



» 무엇을 기대할 수 있나?



» 기대효과 (건설예산)

평균 3cm 포장층 두께 감소효과 기대 :
정확한 포장설계

km당 3,147만원 공사비 절감 효과
(2차로 기준)

최근 7년간 평균 도로연장 증가율 : 2,130km/년

년간 약 670억원의 예산절감 효과 기대

» **기대효과 (사용자 비용)**

도로구분	지체비용(원/시간)	총연장(km)	보수연장(km/년)	보수속도(km/시간)	지체비용(억원/년)
일반국도	71,040	13,905	695	0.02	24.7
지방도	71,040	18,193	910	0.02	32.3
시도	110,984	26,202	1,310	0.02	72.7
군도	71,040	23,972	1,199	0.02	42.6
특별광역시도	110,984	18,517	926	0.02	51.4
합계					224

주) 지체 비용 계산은 「도로점용공사로 인한 교통지체 원화대책 연구,교통연구원,1998년」 수치 인용하였으며,
2010년도 기준으로 재산정하였음(매년 3% 증가 가정)

» **KPRP 홈페이지 운영
(www.pavementinfo.com)**

- 연구성과 확산 및 실무자 기술 정보 제공
- 설계프로그램, 지침, 구조설계 요령 등 제공

