

현 포장 설계 방법의 전산화 연구

Development of Pavement Design Program in Korea

권수안 · 엄병식**

1. 서론

포장 설계 방법은 나라 별로 다양하게 있으나, 국내의 자체 설계 방법은 없는 실정이어서 외국의 포장 설계법을 국내화하여 사용하고 있다. 국내에서 사용하고 있는 포장 설계법은 미국 AASHTO 72년도 잠정설계법 위주로 사용하고 있으며, 86년도 AASHTO 개정 설계법의 내용을 일부 인용하여 사용하고 있다. 이 과정에서 발주기판별, 실무자별로 설계내 변수 적용 방법이 실무자에 의해서 주관적으로 다르게 이루어지고 있다. 그 이유는 외국의 설계법을 국내에 적용하기 위한 기초 연구가 거의 이루어지지 않아, 포장 설계의 입력 변수 설정부터 설계과정에 이르기까지의 원리에 대한 체계적인 정립이 되어 있지 않기 때문이다. 따라서 현재 실무에서 사용하고 있는 설계 방법을 일관성 있게 사용할 수 있도록 정립하여야 한다. 국내 실무자가 사용하는 포장 설계를 체계적으로 정립하는 방법으로는 설계 지침의 정립의 이를 쉽게 적용할 수 있는 도구로서 포장설계 프로그램이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 실무자가 포장설계의 국내 지침을 따라 타당성 있게 포장 설계를 할 수 있도록 현 포장 설계 방법의 전산화 연구를 실시하였다.

본 연구는 국내 실무자에 대한 포장 설계를 파악하여, 적용하고 있는 포장 설계 이론적 부분을 검토하여 합리적인 실무 포장 설계를 전산화 할 수 있도록 실시하였다. 이를 위해서 현 실무에서의 포장설계 방법과 국내외 개발된 기존 포장 설계 프로그램을 검토하였으며, 이를 바탕으로 실무자가 현 포장 설계 지침을 합리적으로 활용할 수 있도록 현 포장 설계 전산화에 대한 기본 설계를 실시하였다.

2. 현 실무자에 의한 포장 설계

포장 설계 방법은 각 나라마다 다양하다. 아스팔트 포장설계 경우는 미국의 AASHTO 아스팔트 포장설계, 네덜란드 SHELL 설계, 일본의 Ta 설계, 영국 설계, 스웨덴 설계, 독일 설계 등이 있으며, 콘크리트 포장설계 경우는 미국 AASHTO 콘크리트 설계, PCA 설계법, NCHRP 1-26 설계, 일본 토목학회(JSCE) 설계 등이 있다. <표 1>에서 보는 바와 같이 건설교통부 도로 설계 편람 작성 연구에 따르면 국내 실무자들이 포장 설계 방법 이용 현황을 파악할 수 있다.

<표 0> 실무전문가 설문에 의한 포장설계방법 이용 현황

도로등급	AASHTO 72년도 지침	AASHTO 86년도 지침	TA
고속국도	11	9	1
일반국도	14	6	2
지방도	12	5	2
군도	9	3	3
기타도로	0	0	1(단지, 주차장)

* 정회원, 한국건설기술연구원 선임연구원 · 031-910-0174 (sakwon@kict.re.kr)

** 정회원, 한국건설기술연구원 연구원 · 031-910-0541 (bseom@kict.re.kr)



<표 1>의 결과를 보면, 국내 실무자들이 사용하고 있는 포장 설계는 대부분 AASHTO 지침을 사용하고 있으며, AASHTO 포장설계 지침중 'AASHTO 72년도 지침을 주로 사용하고 있다. 또한 몇몇의 실무 설계 보고서를 검토한 결과에서도 AASHTO 72년도 지침을 사용하는 것을 파악하였다. 따라서 본 연구에서 포장 설계 전산화에 대한 주논리는 AASHTO 지침을 이용하여 전산화하는 것으로 결정하였다. 또한 AASHTO 지침간의 포장설계도 입력변수 및 설계개념이 다르기 때문에, 72년도 지침과 86년도 지침중 어느것을 전산화 논리로 사용할 것인가에 대해서 결정하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 <표 2>와 같이 72년도, 86년도 AASHTO 지침의 차이점을 비교하였다.

<표 2> AASHTO 72와 86 지침의 입력변수 특징비교

구분		AASHTO 설계법	
		72년도 포장 설계지침	86년도 설계지침
입력 변수 특징	아스팔트	<ul style="list-style-type: none"> · 환경변수 - 지역계수(R) · 노상지지력 - SSV · $SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$ 의 식으로 두께 산정 · 상대강도 계수는 재료의 상수를 기준으로 산정 	<ul style="list-style-type: none"> · 신뢰성($S_o Z_R$) 추가 · 환경변수, 노상지지력 - M_r, ΔPSI 개념 추가 · $SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$ 의 식으로 두께 산정 (배수영향고려) · 상대강도 계수를 재료의 동탄성 계수의 함수로 산정 · 환경적 영향에 의한 효과 고려
	콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> · 휨강도(S) · 탄성계수(E) · 노상지지력계수(K) · 하중전달계수(J) 	<ul style="list-style-type: none"> · 신뢰성($S_o Z_R$) 추가 · 배수계수(Cd) 추가 · ΔPSI 개념 추가

<표 2>에서 보면 72년도 지침의 경우에는 대부분 설계 입력변수들이 오랜 경험을 통하여 변수들의 정량화가 이루어졌지만, 86년 설계 지침에서는 국내 실무에서 정량화 하기 어려운 변수(아스팔트; M_r , 콘크리트 포장; 배수계수)들이 있다. 그러므로 86년도 지침으로 설계할 경우, 이러한 변수의 값을 적용하기 위해서는 국내화되지 않은 값 적용 등으로 인한 설계의 일관성 문제를 야기시킬수 있다. 따라서 86년도 지침으로 전산화를 실시하려면 입력변수에 대한 정량화 연구를 별도로 시행해야만 한다. 하지만 본 연구 특성상 이러한 연구는 별도의 항목으로 연구가 이루어져야 하기 때문에 86년도 지침의 전산화 주논리 사용은 현실적으로는 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서 현포장 설계 방법의 주논리는 최종적으로 AASHTO 72년도 지침으로 결정하였다.

3. 기존 포장 설계 프로그램 특성

현 포장 설계 전산화에 반영하기 위해서 국내의 개발된 기존 포장 설계 프로그램성을 수집하여 검토하였다. 수집된 국내의 기존 포장 설계 프로그램은 <표 3>과 같다.

<표 3> 기존 포장 설계 프로그램 개요

구분	프로그램명	개발자	구분	프로그램명	개발자
국내	KHODA 1.0	한국도로공사, 경희대학교	국외	DARWIN 3.1	AASHTO
				Rigid Pavement Design	AASHTO
	단지설계 프로그램	한국토지공사		ROADENT	미네소타 교통국
				MFPDS	미시간 교통국
			Everpave 5.0	WS DOT	



기존 포장 설계 프로그램을 검토하는 이유는 현포장 설계 전산화시 국내 사용자에 필요하다고 생각되는 모듈을 파악하기 위해서이다. 따라서 <표 4>와 같이 수집된 기존 포장 설계 프로그램의 특징을 비교하였다.

<표 4> 기존 포장 설계 프로그램 특징 비교

구분	프로그램명	포장설계 범위	설계방법	주구성모듈	교통량 적용방법
국내	KHODA 1.0	PCC 포장 위에 AC 포장 덧씌우기	AASHTO '93	- 역산(AREA Method) - 설계	ESALs
	단지설계 프로그램	AC 포장	AASHTO '72 TA 설계	- 동결심도 계산 - 설계 CBR 계산 - 설계	ESALs
국외	DARWIN 3.1	AC 포장 PCC 포장 덧씌우기	AASHTO '93	- 설계 - 비용분석	ESALs
	Rigid Pavement Design	PCC 포장	AASHTO '98 추가 지침	- 설계 - 두께 민감도 분석 - 포장설계 이론	ESALs
	ROADENT	AC 포장 덧씌우기	M-E Design	- 역산 - 구조해석 - 설계 - 교통량 - 비용 분석	ESALs Load Spectra
	MFPDS	AC 포장 덧씌우기	AASHTO '93 M-E Design	- 역산 - 구조해석 - 설계(AASHTO방법/M-E방법)	ESALs
	Everpave 5.0	덧씌우기	M-E Design	- 설계 - 교통량 - 피로방정식 수정 모듈 - 역산모듈 : Evercalc 구조해석 : Everstress	ESALs

<표 4>에서 보듯이 기존 포장 설계 프로그램을 검토한 결과, 적용된 포장 설계 논리는 대부분 AASHTO 지침이 포함되어 있었으며, 설계 논리가 M-E 설계 방법인 경우에는 역산, 구조해석 모듈이 포함된 것을 볼 수 있었다. 또한 각 프로그램의 주요 모듈을 분석한 결과, 국내 실무자에 필요하다고 판단되는 모듈을 파악하였다. 설계자에게 편의를 제공해 모듈로는 단지 설계 프로그램의 경우 설계 CBR 계산 모듈, 동결 심도 검토 모듈이 있었으며, Rigid Pavement Design 프로그램 경우는 포장 설계 이론 내용 표시, 두께 민감도 분석 모듈이 있었고 ROADENT 프로그램의 경우는 포장시공 비용 산출 모듈이 있었다. 이 모듈에 대해서는 차후 검토를 거쳐 전산화시 반영할 계획이다.

4. 전산화 기본 설계

4.1 개요

앞에서 결정한 바와 같이, 현 포장 설계 전산화시 적용될 포장 설계법 준논리는 현 포장 실무자들이 가장 많이 사용하고 있는 AASHTO 72년도 지침으로 하여 기본 설계를 구성하였으며, 준논리외 추가적인 요소를 구성하여 전산화 기본 설계를 실시하였다. 기본 설계시 사용자 의견을 반영하기 위하여 실무 포장전문가로부터 의견을 수렴하였다. 전산화의 기본 설계는 추후 수정 및 보완이 용이하게 각 계산 과정마다 모듈화하여 계획하였다.



4.2 사용자 요구사항

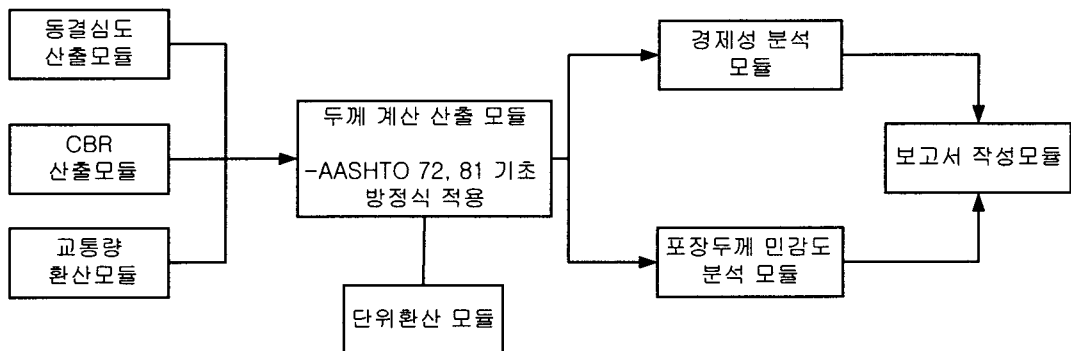
전산화시 반드시 필요한 사항으로 사용자의 요구사항에 대한 수렴이다. 따라서 본 연구에서는 몇몇의 실무 포장 전문가를 통하여 사용자 요구사항을 수렴하였다. <표 5>는 본 연구에서 실무 포장 설계 전문가의 요구사항 및 이에 대한 기본 설계 반영 사항이다.

<표 5> 실무 포장 전문가의 포장 설계 전산화 요구사항 및 전산 설계시 반영 사항

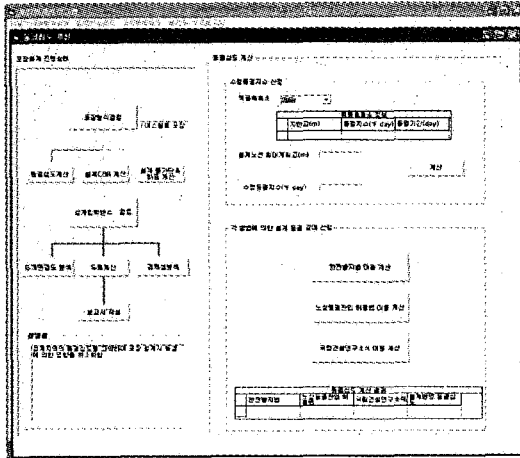
요구 사항	반영 사항
- 설계과정중 그래프 사용시 육안 개인편차 문제	- 그래프에 대한 수식화 및 DB화로 일관성 유지
- 지역계수에 의한 지역구분 인접지역 설계시의 결과값 차이 문제 - 측후소 결정문제	- 설계 지역의 좌표와 동결지수선도를 이용한 자동 측후소 결정 방법 검토
- 설계 SN과 소요 SN 비교시 수용할 수 있는 편차 범위 문제	- 차후 설계보고서 비교후 수용편차 결정
- 전산화 프로그램 산출되는 포장 두께에 대한 사용 보장 여부	- 전산화 완료후 베타테스트 실시
- 현재 교통수요예측에서는 7종 분류하여 포장설계에 맞는 8종 또는 11종으로 환산후 적용(상이한 등가환산계수 적용)	- 기존 측하중 환산계수의 변경은 현재 불가능하므로 기존 등가환산계수 적용 - 향후 교통에서 8종 또는 11종으로 수요예측을 할 수 있도록 지침 변경 검토
- 포장 형식 결정에 기준 필요	- 포장 형식 결정 모듈 검토 - 별도의 항목으로 설정하고 사용유무는 알아서 할 수 있도록 함.
- 최종 포장 두께 결정시 최소 포설 두께 또는 현실적인 시공 두께에 대한 기준 결정	- 검토 필요
- 동결심도에 대한 검토 내용이 필요함	- 동결심도 산출 기능 구성
- 교통수요 예측은 10년만 실시함	- 대안 검토 필요
- 입력단위는 자유롭게 구성요	- 전산화시 가능성 판단 후 포함 - 단위 환산 모듈 구성

4.3. 모듈 구성 및 주요 화면구성(안)

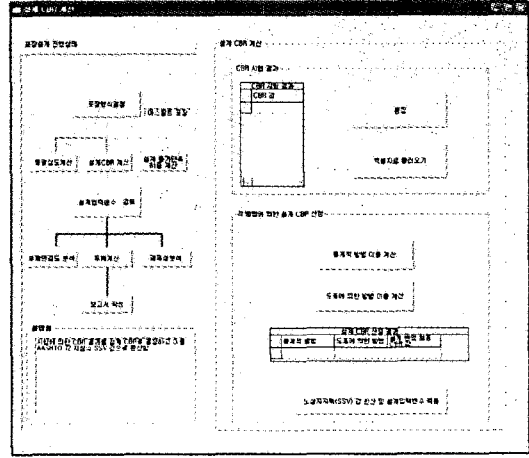
현 포장 설계 방법의 주요 모듈은 <그림 1>과 같이 구성하였으며, 향후 사용자가 쉽게 사용할수 있도록 화면구성을 하기 위하여 본 연구에서는 <그림 2>~<그림 7>에서 보는 바와 같이 화면 구성(안)을 제시하였다. 이를 가지고 향후 연구에서는 실무 사용자로부터 프로그램 화면상의 요구사항을 수렴할 계획이다.



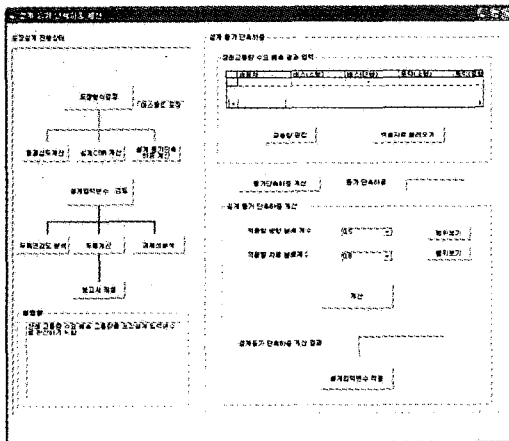
<그림 5> 현 포장 설계 전산화 주요 구성 모듈(안)



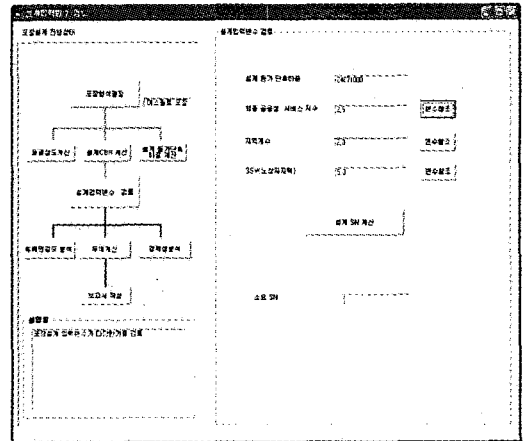
<그림 6> 동결심도 산출 모듈 화면구성(안)



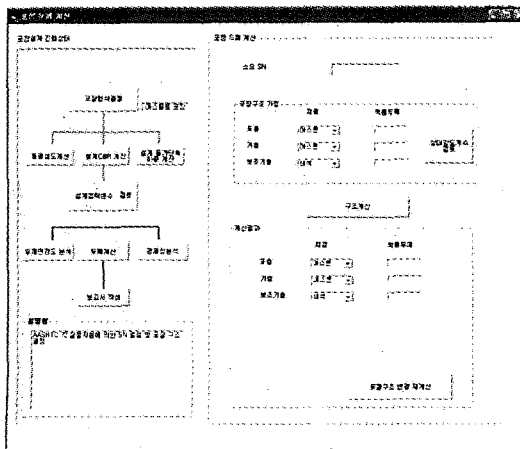
<그림 7> 설계 CBR 산출 모듈 화면구성(안)



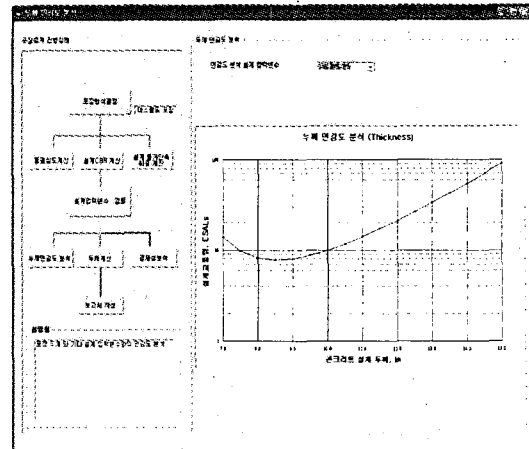
<그림 8> 교통량 환산 모듈 화면 구성(안)



<그림 9> 설계입력변수 검토 화면구성(안)



<그림 10> 포장두께 설계 모듈 화면구성(안)



<그림 11> 두께 민감도 분석 모듈 화면구성(안)



5. 요약 및 향후 연구 계획

현 포장 설계 방법을 전산화하기 위해서 현재까지 진행된 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 국내 실무자들이 주로 이용하는 포장 설계 논리에 대해서 파악하여, 현 포장 설계 프로그램내 설계 주논리에 대한 포장설계 지침 적용 방법을 제시하였다.
- 현 포장 설계 전산화시 주 논리는 아스팔트 포장의 경우 AASHTO 72 지침을 사용하도록 하였으며, 콘크리트 포장의 경우 AASHTO 81 지침을 사용하도록 하였으며, 기본 설계(안)을 제시하기 위하여 실무 포장 전문가의 의견수렴을 통해서 실무에서의 전산화 요구 사항을 수렴하여 기본 설계시 반영하였다.
- 국내외 기존 포장 설계 프로그램의 주요 모듈을 검토하여 현 포장 설계 전산화 기본 설계시 필요한 모듈을 선정하였다.
- 기본 설계에는 현 포장 설계 프로그램 작성시는 차후 유지보수가 쉽도록 하기 위하여 각 계산과정마다 각각을 모듈화를 시켜 실무자의 요구사항이 반영된 모듈 구성을 하였다.
- 기본 설계에 포함된 전산화 주요 모듈은 동결심도 산출 모듈, 설계 CBR 산출모듈, 교통량 환산 모듈, 두께 계산 산출 모듈, 포장 두께 민감도 분석 모듈, 경제성 분석 모듈, 보고서 작성 모듈 등으로 구성하였다.
- 본 연구의 향후 연구 계획은 설계된 화면 구성(안)을 구체화하여 전산화를 실시한 후, 전산화된 포장설계 프로그램(안)을 실무자에게 배포하여 실무자의 의견 수렴후 최종적으로 프로그램을 완성할 예정이다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원(2000), “도로설계편람(Ⅱ)” 최종보고서
2. 건설교통부(1991), 도로포장설계·시공지침
3. 건설교통부(1998), AASHTO 도로포장구조설계지침서
4. AASHTO(1972), Interim Guide for Design of Pavement Structures
5. AASHTO(1981), Interim Guide for Design of Pavement Structures(Revised)
6. AASHTO(1993), Design of Pavement Structure