

# 미국 콘크리트 포장의 설계 및 시공현황

조 운 호\* · 남 영 국\*\*

## 1. 머리말

콘크리트 포장이 국내에 본격적으로 도입되기 시작한지도 어언 20년이 지났다. 일반적인 콘크리트포장의 장점을 미국의 콘크리트 포장협회(ACPA: American Concrete Pavement Association)에서는 안전성, 내구성, 평탄성, 융통성, 잔존 가치 측면 등에서 홍보하고 있다.<sup>1)</sup>

콘크리트 포장은 야간에 빛을 반사하여 가시성을 증가시키며 러팅의 발생가능성이 적으므로 빗길 운전애 유리하고 수명기간 전반적으로 높은 강도 및 환경 하중에 대한 내구성을 보이는 점 등이다. 특히, 초기 승차감은 떨어질지라도 시공시의 평탄성을 장기간 유지해 주기 때문에 사용자애 편리한 도로를 제공하고 있다고 말할 수 있으며 수명을 사용자의 요구에 따라 10년에서 50여 년까지 변화시킬 수 있다는 장점도 있다. 최근에는 아스팔트 포장 위에 덧씌우기로 자주 채택되고 있는데 이 경우에는 기존 포장의 수명을 수 배 이상 연장시킬 수 있다. 유지 보수비용이 적게드는 장점은 인정되지만 과거부터 지적되어온 장시간의 교통 지체현상으로 수명비용(LCC, Life Cycle Cost)이 증가하는 단점을 지니고 있었다. 그러나 최근에는 Fast Track의 개념이 개발 실용화됨에 따라 1일 개통

개방이 가능한 포장 재료로 자리 매김을 해오고 있다.

도입 초기에서부터 승차감이 안 좋다는 점 등으로 인해 어려움을 겪었던 콘크리트 포장은 상당한 품질개선 작업이 진행되어 왔음에도 불구하고 국내에서의 평가는 개선되지 않은 것으로 판단된다. 따라서 본 글에서는 국내보다 설계 및 시공 경험이 많이 축적된 미국의 콘크리트 포장의 현황 및 설계와 시공 기술의 최근 발전 상황을 간략하게 살펴봄으로서 국내의 콘크리트 포장 발전방향을 제시해 보고자 한다.

## 2. 미국의 일반적인 도로포장 현황

남한의 약 50배에 달하는 면적을 가지고 있는 미국의 도로망은 연방 고속도로(Interstate Highway)로 지칭되는 전략적인 도로와 각 주의 필요에 따라 개발된 주 고속도로(State Highway), 그리고 농촌과 도시를 연결해주는 Farm To market Road 등으로 크게 나누어 볼 수 있다. 총 연장 74,134km의 연방 고속도로는 1956년 시작된 이래로 1996년 최종 포장이 완료될 때까지 40년에 걸쳐 진행된 사업으로 제 2차 세계대전 이후 독일의 고속도로 아우토헨을 보고

1) <http://www.pavement.com/whyconcrete.html>  
(ACPA 홈페이지)

\* 중앙대학교 건설환경공학과 조교수

\*\* 인천시립대학교 토목공학과 교수

충격을 받은 미 행정부가 각 주의 주요 도시를 연결하는 전략적 차원에서 추진된 일종의 군사도로 사업이었다.

미국의 도로를 지방부와 도시부 도로로 크게 나눌 때 지방부 도로는 총 연장이 약 6,269,231마일(약 9,920,000km)이고 도시부는 약 1,891,605마일(약 3,040,000km)이며 이들 두 도로를 합한 도로 총 연장은 8,160,836마일(13,060,000km)이다. 도로의 총 연장 비율로 볼 때 지방부 도로가 전체의 76.8%를 차지하고 있음을 알 수 있다.

이들 도로를 이동성과 접근성을 기준으로 기능에 따라 분류하면 표 1에서 보듯이 연방 고속도로와 주요 간선도로, 보조간선도로, 주요도로,

보조도로 그리고 국지도로로 나눌 수 있다.

이들 도로를 포장 형식별로 구분해보면 표 2, 표 3과 같다. 전략적 도로로서 국내의 고속도로와 같은 기능을 담당하고 있는 연방 고속도로의 경우 지방부 전체 연장 32,723마일(약 52,300km) 중에서 콘크리트 포장의 비율은 29.6%이고 도시부의 경우 전체 연장 13,162마일(약 21,059km)중에서 37.9%이다. 통계에서 알 수 있듯이 연방 고속도로의 경우 연장으로 살펴볼 때 도시부의 경우 콘크리트 포장이 지방부에 비해 2.5배 정도 많고 비율로는 1.3배정도 많음을 알 수 있다. 국내의 경우 표 4를(한국도로공사 통계 자료) 보면 미국의 연방 고속도로에 해당하는 고속국도의 경우 총 연장 3784.06km 중에서 콘크리트

표 1. 기능별 미국의 도로 연장

FHWA 1998년 자료, 단위: lane 마일

	지방부							도시부							총 합계
	연방고속도로	주요간선도로	보조간선도로	주요도로	보조도로	국지도로	합계	연방고속도로	주요간선도로	보조간선도로	주요도로	보조도로	국지도로	합계	
US Total	133,211	251,057	286,937	871,495	544,279	4,182,252	6,269,231	72,835	41,655	183,382	229,189	187,533	1,177,011	1,891,605	8,160,836

표 2. 미국의 기능별·포장 형식별 도로 연장-1(지방부)

FHWA 1998년 자료, 단위마일

INTERSTATE				OTHER PRINCIPAL ARTERIAL					MINOR ARTERIAL						
포장			Total	포장			Total	포장			Total				
High Type				Low-Type	Intermediate-Type	High Type		Low-Type	Intermediate-Type	High Type					
Flexible	Composite	Rigid			Flexible	Composite	Rigid		Flexible	Composite	Rigid				
15,975 (48.8%)	7,061 (21.6%)	9,687 (29.6%)	32,723	493 (0.5%)	3,556 (3.6%)	64,734 (65.5%)	20,621 (20.9%)	9,403 (9.5%)	98,807	1,628 (1.2%)	10,291 (7.5%)	102,490 (74.7%)	19,134 (14.1%)	3,674 (2.7%)	137,217
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Low-Type : 간간이 나타나는 중차량에 적합하도록 표면의 역청층의 두께가 1"이하인 일반 흙이나 자갈, 돌로된 도로.</li> <li>● Intermediate Type : 두께가 7"보다 작은 가요성 기층 위에 놓인 역청 혼합 포장 또는 역청 포장 도로.</li> <li>● High-Type flexible : 두께가 7" 이상인 가요성 기층 위에 놓인 역청 혼합 포장 또는 역청 포장으로 벽돌이나 블록 포장을 포함한다.</li> <li>● High-Type Composite : 두께가 7"이상으로 1" 이상의 다짐 강성층을 기층으로 가지며 복합 표층을 갖는 역청 혼합 포장 또는 역청 포장 도로.</li> <li>● High-Type Rigid : 역청재를 입힌 1" 이하의 표면층을 가진 콘크리트 포장 도로.</li> </ul>															

표 3. 미국의 기능별·포장 형식별 도로 연장-1(도시부)

FHWA 1998년 자료, 단위마일

INTERSTATE				OTHER PRINCIPAL ARTERIAL					MINOR ARTERIAL						
포장			Total	포장			Total	포장			Total				
High Type				Low-Type	Intermediate-Type	High-Type		Low-Type	Intermediate-Type	High-Type					
Flexible	Composite	Rigid			Flexible	Composite	Rigid		Flexible	Composite	Rigid				
3,914 (29.7%)	4,255 (32.3%)	4,993 (37.9%)	13,162	-	31 (0.3%)	3,993 (44.3%)	1,994 (22.1%)	2,995 (33.2%)	9,013	158 (0.3%)	1,774 (3.3%)	31,915 (60.4%)	13,154 (24.9%)	5,868 (11.1%)	52,868

포장의 연장은 2204.86km로 58.3%에 이르는 높은 비율을 차지하고 있음을 알 수 있으며 향후 건설될 고속국도의 대부분이 콘크리트 포장으로 예정되어 있어 그 비율은 계속 증가할 전망이다. 콘크리트 포장 중에서도 JCP구간은 연장이 1889.19km로 전체 콘크리트 포장에서 차지하는 비율이 85.7%이고 CRCP는 연장이 315.47km로 그 비율이 14.3%이다.

콘크리트 포장의 종류는 철근을 넣지 않은 줄눈 콘크리트 포장(Jointed Concrete Pavement)에서 줄눈과 철근을 넣은 포장 및 철근을 많이 넣어 아예 줄눈을 삭제한 연속 철근 콘크리트 포장에 이르기까지 다양하다. 그림 1은 무근 콘크리트 포장(JCP) 줄눈의 종류이며 시공조건에 따라 적절한 형태의 줄눈을 선택하여 적용한다.

### 3. 포장 설계 현황

현재 미국에서 사용되고 있는 콘크리트 포장의 설계법을 대략 구분해 보면 그림 2와 같다.

전통적으로 사용되어 오고 있는 AASHTO 설계법을 비롯하여 미국 콘크리트학회(PCA)의 포장 설계법 등이 보편적으로 채택되고 있고 포장 연구가 활성화된 일부 주의 경우 자체 설계법을 개발하여 사용하고 있다. 또한 유럽의 영향을 받아 AASHTO 설계법을 기본으로 한 소위 카타로그 설계법이 개발되어 보급되고 있다.

표 4. 우리나라 고속국도의 포장 종류별 현황

공법	하행	상행	연장
강섬유포장	4.38	15.91	20.29
합성단면	76.25	309.08	385.33
AP	617.67	555.91	1,173.58
CRCP	91.43	224.04	315.47
JCP	1,097.57	791.62	1,889.19
JRCP	0.10	0.10	0.20
전체포장	789.73	1,104.94	1,894.67

단위: km

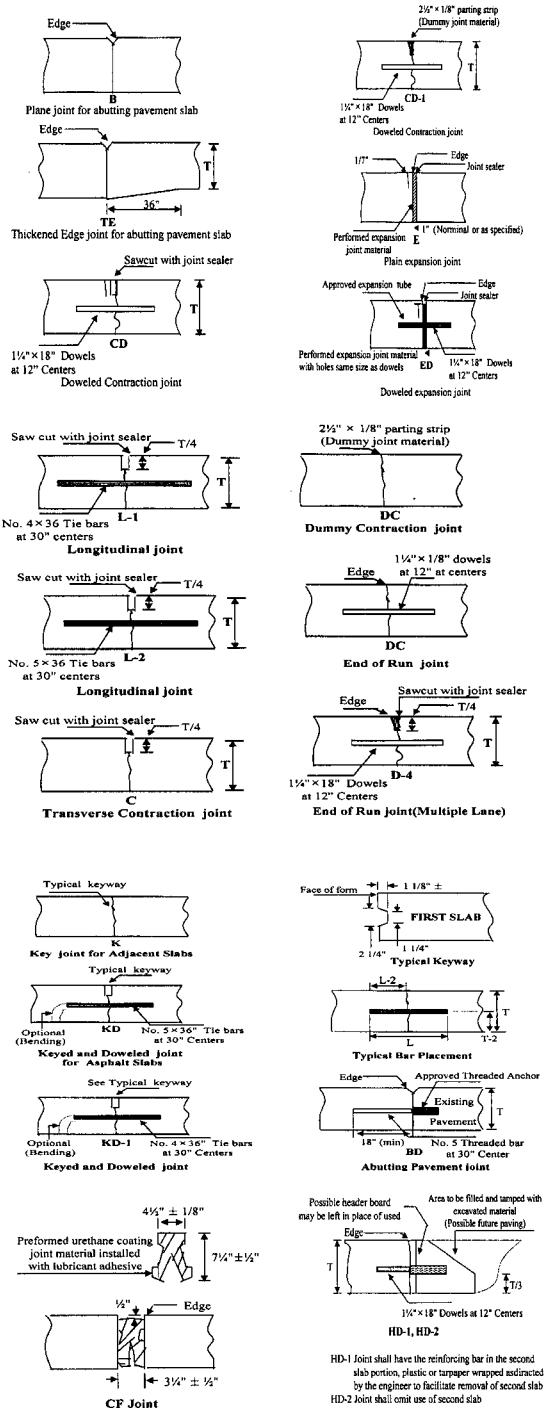


그림 1. 콘크리트 포장 줄눈의 종류

각각의 설계법에 대해 간략하게 살펴보면 다음과 같다.

### 3.1 AASHTO 설계법

AASHTO 설계법은 1958년에서 1960년까지 일리노이주 오타와시 부근에서 행해진 AASHTO 도로실험 결과로부터 개발되었다. 1962년에 AASHTO 도로실험 결과를 바탕으로 결과 보고서가 작성되었으며, 1972년과 1981년에 부분적으로 개정되었고, 1986년에는 강성포장 설계에 관한 내용이 대폭 수정되어 졌다. 1993년도 Guide는 덧씌우기에 대한 내용이 보강되었으며 2002년에는 대폭적인 보강 작업을 거쳐 새로운 개념의 설계법이 제시될 예정이다.

AASHTO 설계법의 장점은 간단하고 편리하게 사용할 수 있다는 것이다. AASHTO Design Guide는 간단한 방정식과 노모그래프를 제공함으로써 포장 단면을 설계하는 기술자가 쉽게 설계할 수 있도록 편의를 제공하고 있다. 설계 컴퓨터 프로그램을 이용할 경우 이 작업은 더 단순해진다. 이 설계법의 또 다른 장점으로는 처음 설계법이 만들어진 후 포장에 관한 새로운 연구결과가 첨가될 때마다 개정 보완되어져 왔다는 점이며 이를 통하여 다양한 차량하중, 기후, 재료 조건에 적용 가능한 일반적인 설계절차를 만들었다는 것이다.

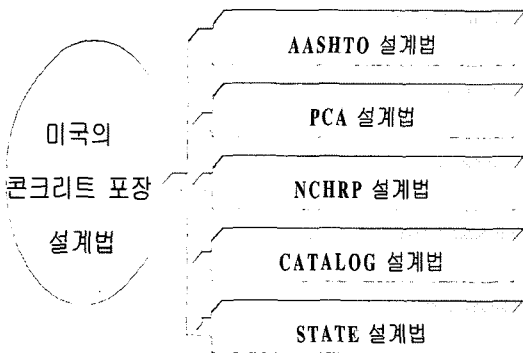


그림 2. 미국의 콘크리트 포장 설계법 종류

그러나 AASHTO 설계법은 특정 환경조건에서 적은 횡수의 특정 차량 하중 하에서 경험한 공용성을 근거로 개발되어졌기 때문에 많은 제약을 갖고 있다. 게다가 1986 AASHTO Guide의 경우 신뢰도 등의 일부 보충내용에서 불명확한 부분이 있기도 하다. 그러나 현실적으로 활용할 수 있는 설계법 중에서 가장 논리적이고 수십년에 걸쳐 개정 보완되어온 것 중의 하나이므로 포장 설계자들이 반드시 이해해야 할 기초적인 설계법이기도 하다.

### 3.2 PCA 설계법

1966년 개발된 "Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements"라는 설계법이 1984년 미국 콘크리트학회에 의해서 수정 보완되어 출판되었다. 이 설계법의 목적은 건설비와 장래 유지보수 비용을 포함하는 수명비용(LCC)이 최소가 되는 포장의 최적 두께를 구하는 것이다. 이 설계법은 피로(fatigue)와 침식(erosion) 파괴 기준 모형을 이용하여 포장을 평가하는데 Damage Model은 JSLAB 유한요소 프로그램을 이용하여 포장체의 줄눈(joint), 모서리(corner), 단부(edge)에서 응력과 처짐 등을 역학적으로 분석함으로써 이루어진다. JSLAB 프로그램은 골재 맞물림이나 다웰바 그리고 Keyway같은 다양한 하중전달 장치를 가진 포장 분석이 가능하고 하중전달장치들 사이의 일정하지 않은 균열간격의 영향도 평가할 수 있다. 사용자 편의를 위해 PCA 설계법에 의해 포장두께를 산정하는 PCAPAV 프로그램이 1990년도에 개발되기도 하였다.

PCA 설계법의 장점은 전통적으로 경험적인 결과를 이용하여 설계되던 포장설계 경향을 역학적 방법으로 진보시켰다는 점이다. 예를 들어, 피로분석(fatigue analysis)은 과도한 반복 하중의 영향을, 침식분석(erosion analysis)은 펄핑이

나 줄눈부 단차 등을 설명하기 위해 채택되었다. 그러나 단점으로는 역학적 분석에 근거했음에도 불구하고 포장체 두께를 산정하기 위한 경험적 방정식에 많이 의존한다는 것이다. 또한, CRCP와 JCP의 경우 똑같은 두께를 필요로 한다는 것이다.

### 3.3 카타로그 설계법

카타로그 설계법이란 포장 설계를 쉽고 빠르게 그리고 정확하게 진행할 수 있도록 특정한 조건에 따른 포장의 대표단면을 제공하는 것을 말한다. 기술자에게 유용한 도구를 제공하는 카타로그 설계법은 두께 설계는 물론 횡방향·종방향 조인트, 길어깨, 철근량, 배수 등과 같은 전체적인 내용을 상세하게 설명할 수 있다. 일반적으로 이 설계법은 교통 수준이나 노상의 지지력에 관한 특정 자료가 필요하다. 미국에서 카타로그 설계법에 대한 관심을 쏟은 계기는 1992년 몇몇의 연구자들과 도로 관계당국의 공무원들이 유럽에 가서 콘크리트 포장의 공용성을 관찰하면서였다. 이 연구그룹은 유럽의 많은 나라에서 카타로그 설계법이 널리 사용되고 있으며 매우 좋은 성과를 얻고 있음을 확인하고 미국에 도입을 추진했다.

일반적으로 카타로그 설계법은 특정 지역의 포장 전문가들에 의해 만들어진다. 설계 기술자가 관련 이론을 전부 알 필요가 없으므로 전문가들의 이론적인 분석과 시공경험을 중심으로 대표 단면을 선정하게 된다. 교통수준이나 토질 환경 조건 등 특정 카테고리에 따른 대표단면을 제공해주므로 포장 설계의 신뢰도가 높으며 특정한 조건이나 환경의 변화에 대해 쉽게 수정이 가능하다는 장점이 있다. 또한, 포장 두께와 같은 일부 문제에 집중된 다른 설계법과는 달리 포장 시스템 전체에 대한 내용을 강조하고 시공 현장과 동일한 언어로 의사소통을 할 수 있다는

장점이 있다. 그림 3은 이러한 카타로그 설계법의 기본개념에 대해 설명하고 있다.

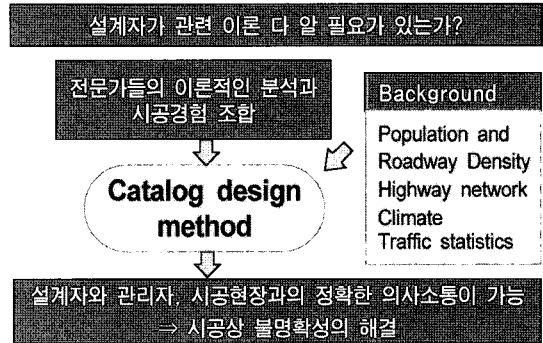


그림 3. 카타로그 설계법의 기본개념

이러한 개념을 갖고 만들어진 카타로그설계 프로그램의 예를 살펴보면 그림 4와 같다.

### 3.4 NCHRP 1-26 설계법

1990년에 수행된 “Calibrated Mechanistic Structural Analysis Procedures for Pavement”라 명명된 NCHRP Project 1-26은 AASHTO Design Guide에 사용되기에 적합한 역학적 포장 분석과 설계법을 개발하는데 초점을 맞춘 NCHRP 최초의 사업이다. 1단계 사업의 주요 과제는 포장 해석을 위한 역학적 분석법 선정, 파손 모델의 고려 및 개발, 그리고 보정 과정을 수행하는 것이다. 1단계의 사업이 포장 설계에 대한 역학적이고 경험적인(mechanistic empirical) 설계법 개발이 가능한가를 타진하는 것이었다면 2단계 사업은 AASHTO 설계 지침에 포함할 수 있는 설계법을 실무에 이용 가능하도록 만드는 것이었다.

이 방법의 장점은 역학적인 해석과 경험적인 근거를 잘 조합한 역학적이고 경험적인 설계법이라는 점이며 다양한 여러 파손 형태를 고려하고 있다는 점이다. 또한, 포장 슬래브에 발생하는 상하부의 온도 차이에 의해 야기된 응력을 설계에 반영한다는 점이다. 그러나 이 방법은

Structural Layer Thickness - Asphalt Treated Base																							
<p>Dense Graded Asphalt Concrete Surface Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>7.5-9.0</td><td>7.5-9.0</td></tr> <tr><td>12.0 (Plant mixed)</td><td>13.0 (Roadway Mixed)</td></tr> </table> <p>Asphalt Treated Base Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>17.0-18.0</td><td>18.0-19.0</td></tr> </table> <p>Granular/Aggregate (Pit Run Gravel) Subbase Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td></td><td></td></tr> </table> <p>Prepared Subgrade (See Section 5)</p> <p>Note: A filter layer (or separator) is recommended between the subbase and very soft subgrade (See Section 5).</p> <p>■ Controlled by AASHTO -PSI Criteria</p>	7.5-9.0	7.5-9.0	12.0 (Plant mixed)	13.0 (Roadway Mixed)	17.0-18.0	18.0-19.0			<p>Dense Graded Asphalt Concrete Surface Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>8.0-9.0</td><td>8.0-9.0</td></tr> <tr><td>10.0 (Plant mixed)</td><td>11.0 (Roadway Mixed)</td></tr> </table> <p>Asphalt Treated Base Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>17.0</td><td>17.0</td></tr> </table> <p>Granular/Aggregate (Pit Run Gravel) Subbase Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>17.0</td><td>17.0</td></tr> </table> <p>Improved Subgrade Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>6.0 - 12.0</td><td>6.0 - 12.0</td></tr> </table> <p>■ Controlled by AASHTO -PSI Criteria</p>	8.0-9.0	8.0-9.0	10.0 (Plant mixed)	11.0 (Roadway Mixed)	17.0	17.0	17.0	17.0	6.0 - 12.0	6.0 - 12.0				
7.5-9.0	7.5-9.0																						
12.0 (Plant mixed)	13.0 (Roadway Mixed)																						
17.0-18.0	18.0-19.0																						
8.0-9.0	8.0-9.0																						
10.0 (Plant mixed)	11.0 (Roadway Mixed)																						
17.0	17.0																						
17.0	17.0																						
6.0 - 12.0	6.0 - 12.0																						
<p>Dense Graded Asphalt Concrete Surface Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>7.5-9.0</td><td>7.5-9.0</td></tr> <tr><td>12.0 (Plant mixed)</td><td>13.0 (Roadway Mixed)</td></tr> </table> <p>Asphalt Treated Base Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>8.0</td><td>8.0</td></tr> </table> <p>Crushed Stone Aggregate Subbase in.</p> <table border="1"> <tr><td>8.0-9.0</td><td>9.0-10.0</td></tr> </table> <p>Granular/Aggregate (Pit Run Gravel) Subbase Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td></td><td></td></tr> </table> <p>Prepared Subgrade (See Section 5)</p> <p>Note: A filter layer (or separator) is recommended between the subbase and very soft subgrade (See Section 5).</p> <p>■ Controlled by AASHTO -PSI Criteria</p>	7.5-9.0	7.5-9.0	12.0 (Plant mixed)	13.0 (Roadway Mixed)	8.0	8.0	8.0-9.0	9.0-10.0			<p>Dense Graded Asphalt Concrete Surface Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>8.0-9.0</td><td>8.0-9.0</td></tr> <tr><td>10.0 (Plant mixed)</td><td>11.0 (Roadway Mixed)</td></tr> </table> <p>Asphalt Treated Base Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>7.0</td><td>7.0</td></tr> </table> <p>Crushed Stone Aggregate Subbase</p> <table border="1"> <tr><td>9.0</td><td>9.0</td></tr> </table> <p>Granular/Aggregate (Pit Run Gravel) Subbase Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>6.0 - 12.0</td><td>6.0 - 12.0</td></tr> </table> <p>Improved Subgrade Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>6.0 - 12.0</td><td>6.0 - 12.0</td></tr> </table> <p>■ Controlled by AASHTO -PSI Criteria</p>	8.0-9.0	8.0-9.0	10.0 (Plant mixed)	11.0 (Roadway Mixed)	7.0	7.0	9.0	9.0	6.0 - 12.0	6.0 - 12.0	6.0 - 12.0	6.0 - 12.0
7.5-9.0	7.5-9.0																						
12.0 (Plant mixed)	13.0 (Roadway Mixed)																						
8.0	8.0																						
8.0-9.0	9.0-10.0																						
8.0-9.0	8.0-9.0																						
10.0 (Plant mixed)	11.0 (Roadway Mixed)																						
7.0	7.0																						
9.0	9.0																						
6.0 - 12.0	6.0 - 12.0																						
6.0 - 12.0	6.0 - 12.0																						
Structural Layer Thickness - Cement Treated Base																							
<p>Dense Graded Asphalt Concrete Surface Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>8.5-10.0</td><td>8.5-10.0</td></tr> </table> <p>Cement Treated Base Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>16.0</td><td>16.0</td></tr> </table> <p>Granular/Aggregate Subbase Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>7.0-8.0 Crushed Stone</td><td>8.0-9.0 Pit Run Gravel</td></tr> </table> <p>Prepared Subgrade (See Section 5)</p> <p>■ Controlled by AASHTO -PSI Criteria</p>	8.5-10.0	8.5-10.0	16.0	16.0	7.0-8.0 Crushed Stone	8.0-9.0 Pit Run Gravel	<p>Dense Graded Asphalt Concrete Surface Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>8.5-10.0</td></tr> </table> <p>Cement Treated Base Thickness, in.</p> <table border="1"> <tr><td>18.0</td></tr> </table> <p>Improved Subgrade, in.</p> <table border="1"> <tr><td>6.0 - 12.0</td></tr> </table> <p>■ Controlled by AASHTO -PSI Criteria</p>	8.5-10.0	18.0	6.0 - 12.0													
8.5-10.0	8.5-10.0																						
16.0	16.0																						
7.0-8.0 Crushed Stone	8.0-9.0 Pit Run Gravel																						
8.5-10.0																							
18.0																							
6.0 - 12.0																							
<p>Note: The site condition cells that are shaded represent designs that have been used, but are considered marginal and may not be able to sustain the expected traffic for the given grade conditions (performance is highly dependent on materials).</p>																							

그림 4. 카타로그 설계법의 설계예

표 5. CALTRANS 설계법에 따르는 포장 단면 결정

Basement soil R-value 10~40 <sup>1</sup>						
TI	PCCP	Treated Permeable Base <sup>2</sup> (ATPB)(CTPB)	Aggregate Base (AB)	Subbase (AS)	Base (LCB, ACB)	Subbase (AS)
6-7	150	105	105	105	105	120
7.5-8	185	105	105	105	105	120
8.5-10	215	105	105	105	105	150
10.5-12	230	105	105	105	120	185
12+	260	105	105	245	150	215

Basement Soil R-value > 40						
TI	PCCP	Treated Permeable Base <sup>2</sup> (ATPB)(CTPB)	Aggregate Base (AB)	Subbase (AS)	Base (LCB, ACB)	Subbase (AS)
6-7	150	105	105	-	105	-
7.5-8	185	105	105	-	105	-
8.5-10	215	105	105	-	105	-
10.5-12	230	105	105	-	120	-
12+	260	105	105	105	150	-

(주)  
 1. PI 값이 12 이상인 팽창성 기층이나 R 값이 10 미만인 기층을 가진 연동 구조부분(ACP)은 기층의 R 값이 석회토 이용 한 안정처리에 의해서도 10 이상으로 올라가지 않는다면 최소두께는 200 mm로 한다.  
 2. ATPB나 CTPB층이 일반적인 두께는 105 mm이나 계약자의 조건에 따라 변경할 수 있다.

(보기)  
 LCB = Lean Concrete Base. ACB = Asphalt Concrete Base. ATPB = Asphalt Treated Permeable Base. CTPB = Cement Treated Permeable Base. AB = Aggregate Base. AS = Aggregate Subbase

설계법 전체에 걸쳐 제시된 방정식과 그 전개과정을 이해하기 어렵다는 점과 이 설계법에 사용되는 전달함수(transfer function)<sup>2)</sup>가 특정한 재료와 기후 조건하에서 개발되어 졌기 때문에 이와 다른 조건을 가진 지역에서 사용할 경우 그 정확도가 떨어진다는 점이다.

### 3.5 캘리포니아주 설계법

영토가 넓은 미국은 각 주마다 자연환경이 현저하게 다르다. 이에 따라 미국 전역에서 쓰이는 AASHTO 설계법이나 PCA 설계법일지라도 거기에 들어가는 변수들은 지역의 특성을 고려하여 조금씩 다르게 마련이다. 이러한 지역적

특성을 반영하기 위해 미국 각주는 그 주에서만 사용하는 설계법을 개발하기도 하였는데 CALTRANS 설계법은 그 중의 한 예이다.

이 설계법에서는 포장의 두께를 Traffic Index (TI)<sup>3)</sup>와 노상의 R값<sup>4)</sup>에 따라 분류하여 제시하고 있다. 설계 단면을 결정하는 과정을 보면 카달로그 설계법과 매우 유사함을 알 수 있다. TI와 R값에 따르는 일반적인 표준 포장 두께는

3) Traffic Index: 설계수명기간 동안에 도로에 적용될 차량의 수를 측정하여 나타낸 지수로 ESAL (Equivalent 80 kN Single Axle Load)값을 가지고 다음의 식을 이용하여 산정한다.

$$TI = 9.0 * (ESAL/106)^{0.119}$$

4) R값: 압축상태 하에 놓인 포화흙의 변형에 저항하는 정도를 나타내는 척도로서 Stabilometer를 이용하여 측정한다. 이는 포장층으로 인한 사하중과 실제 교통하중으로 인한 활하중을 지지하는 능력을 나타낸다.

2) 현장시험과 실험실의 시험을 통하여 얻은 포장의 공극성과 포장에 발생하는 인장응력과의 상관함수

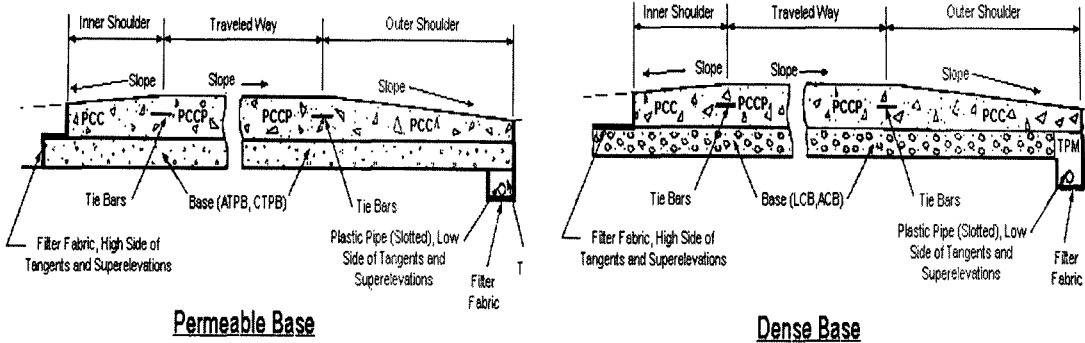


그림 5. CALTRANS 설계법을 이용한 포장 단면-콘크리트 길어깨

표 5에 나타나 있다. 여기서는 ATPB나 CTPB와 같은 투수처리기층(Treated Permeable Base)이 단면의 설계에 있어서 우선적으로 고려되며 최종적인 단면은 시공사업이나 이용 가능한 재료, 지역, 환경요인, 비슷한 지역에서의 과거 시공경험과 같은 요소들에 따라 표 5와 같이 결정되어진다.

그림 5는 CALTRANS 설계방법에서 제시하는 콘크리트 포장의 대표적인 단면을 길 어깨의 종류에 따라 나타낸 것이다.

### 3.6 설계법 채택 현황

미국 각주별 콘크리트 포장 설계현황을 살펴보면 표 6과 같다. 줄눈 콘크리트 포장의 경우 미국 대부분 주에서 AASHTO포장 설계법을 채택하고 있음을 알 수 있다.

PCA 설계법이 하와이주를 비롯한 일부 주에서 채택되고 있다. JRCP의 경우 9개 주 정도에서 일부 채택된 것으로 파악되었는데 최근에는 설계에 자주 반영되고 있지는 않은 것으로 알려져 있다. CRCP의 경우 10여 개의 주에서 사용되고 있는 것으로 알려져 있다. 주로 남부 지역을 중심으로 많이 채택되어 있지만 오레곤이나 일리노이주 등의 북부 주에서도 채택이 되고 있다. 텍사스주를 비롯한 대부분의 주에서는 CRCP의 설계에 AASHTO 설계법을 채택하고

있으나 일리노이주만은 자체 개발한 역학적 설계법을 바탕으로 설계에 임하고 있음을 알 수 있다. 텍사스의 경우 최근에 건설되고 있는 도시부의 고속도로 대부분은 CRCP로 건설되고 있는데 텍사스 주립대학의 McCullough교수는 수명 연장 효과와 승차감 향상 및 두께 절감 등의 효과를 감안할 때와 덧씌우기 할 때 반사균열 등의 문제가 없음을 감안하면 CRCP의 도입은 공학적으로 매우 타당한 결론이라는 점을 주장하고 있어 우리가 귀를 기울여 봐야 할 것이다.

## 4. 미국의 콘크리트 포장 시공 현황

미국의 콘크리트 포장 시공현황과 관련 지워 살펴보아야 할 것은 Fast Track개념이다. 기존의 시공방식은 국내와 커다란 차이가 없지만 이 시공방식은 콘크리트 포장의 기존 개념을 바꾸는 계기가 되기 때문이다. 양생기간이 오래 걸리므로 유지 보수작업시 차로 통제가 아스팔트 포장에 비해 오래 걸리고 그에 따라 도로상의 사용자 비용이 증가할 것이라는 일반적인 콘크리트 포장의 단점이 모두 잘못된 논리가 되고 만다.

미국 내에서 이루어진 콘크리트 덧씌우기의 연구개발에 대한 내용을 간략히 설명하면 그림 6과 같다. 기존의 아스팔트 포장 덧씌우기 위주



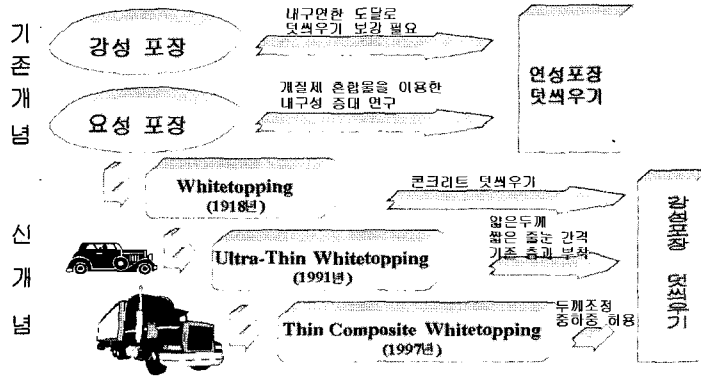


그림 6. 미국의 기술동향 분석

의 공법에서 콘크리트 포장 덧씌우기를 통하여 러팅이나 균열 등의 단점을 보완하고 교통 개방 시간도 앞당김으로서 효율성을 높히려는 시도가 진행되고 있는 것이다.

1990년대 들어 아이오와주나 텍사스주 등에서는 콘크리트 포장의 유지보수시간을 단축하기 위한 연구를 진행하였다. 예를 들어 텍사스주에서는 1991년 텍사스 A&M대학을 중심으로 좀더 빠른 시간에 교통에 개방할 수 있는 콘크리트 포장 기술개발 연구에 착수하여 최근에는 시험 포장 및 실무에 적용하고 있다. 텍사스 연구진은 교통개방 시간에 따른 콘크리트 배합 설계 지침을 제안하였는데 이 보고서는 혼합재료, 혼합성질, 현재 포장 타입, 시공기술, 그리고 Fast track 포장 건설의 중요성에 대해 언급하고 있다.

Fast Track이란 특별한 장비나 공정의 도입 없이 기존의 콘크리트에 시멘트의 양 및 시멘트의 종류를 변화시킴으로서 양생시간을 단축시키고, 협소한 공간에서도 시공을 빨리 할 수 있도록 시공장비를 변경하여 덧씌우기 시간을 단축시키는 공법을 말한다. Fast Track 공법은 긴 양생시간에 따른 교통 차단 문제와 시공상의 어려움, 상대적으로 높은 시공비 때문에 실시하지 못했던 콘크리트 덧씌우기를 가능하게 하였

다. (그림 7)

FT가 적용되는 지역으로는 포장 덧씌우기 구간은 물론 재시공 구간이나 공랑포장 그리고 도시부 자동차 전용도로의 재시공 구간 등을 들 수 있다. 이러한 공법의 장점<sup>5)</sup>으로는 ① 계약 기간의 감소와 계약에 있어서 기간이 길어질 때 초과비용의 감소, ② 조기 교통개방, ③ 비싼 콘크리트 포장 플랜트와 교통 유지관리 시스템의 사용을 최소화, 그리고 ④ 지체비용 감소 등을 들 수 있다.

이러한 공법의 적용시 고려할 사항으로는 콘크리트 재료의 배합 설계에 신중을 기함은 물론 온도 및 습도 조절을 통하여 과도한 부피 변화



그림 7. Fast Track 시공 모습

5) <http://tti.tamu.edu> (Texas Transportation Institute)

표 6. 미국 각 주별 콘크리트 포장 설계법 현황

	JPCP			JRCP			CRCP		
	설계방법	설계수명	최소 두께	설계방법	설계수명	최소 두께	설계방법	설계수명	최소 두께
Alabama	AASHTO-86/93								
Alaska									
Arizona	AASHTO-86/93			AASHTO-86/93			AASHTO-86/93		
Arkansas	AASHTO-86/93	20	10						
California									
Colorado	AASHTO-86/93								
Connecticut				AASHTO-86/93	20	8			
Delaware	AASHTO-86/93	30	10						
Dist.of Columbia									
Florida	AASHTO-86/93,state	20	6						
Georgia	AASHTO-81	20	8						
Hawaii	PCA	20-30-50							
Idaho				AASHTO-86/93	40	8			
Illinois	AASHTO-72	20	6				MECHANISTIC	20	6
Indiana	AASHTO-86/93	30	10						
Iowa	AASHTO-86/93,PCA	40	8						
Kansas	AASHTO-86/93	20	8						
Kentucky	catalog	20-40	8						
Louisiana	AASHTO-86/93	20	8				AASHTO-86/93	20	10
Maine									
Maryland				AASHTO-86/93	25	8	AASHTO-86/93	25	8
Massachusetts									
Michigan	AASHTO-86/93	20	9	AASHTO-86/93	20	9			
Minnesota	AASHTO-86/93 modified 72	35	7						
Mississippi	AASHTO-72	35	10						
Missouri	AASHTO-86/93,state	35	8						
Montana	AASHTO-86/93,PCA	20	8						
Nebraska	AASHTO-86/93	35	9	AASHTO-86/93	35	9			
Nevada	AASHTO-86/93								
New Hampshire									
New Jersey				AASHTO-86/93 PCA	20	9			
New Mexico	AASHTO-86/93								
New York	AASHTO-86/93 state, catalog	50	10	AASHTO-86/93 state, catalog					
North Carolina	AASHTO-86/93	30	9						
North Dakota	AASHTO-86/93	30	8						
Ohio	AASHTO-86/93	20	8	AASHTO-86/93	20	8			
Oklahoma	AASHTO-86/93	20	9				AASHTO-86/93	30	9
Oregon	AASHTO-86/93	30	8				AASHTO-86/93	30	8
Pennsylvania	AASHTO-86/93	10-20	6-9						
Rhode Island									
South Carolina	AASHTO-86/93	20	9						
South Dakota	AASHTO-86/93	20	8				AASHTO-86/93	20	8
Tennessee	AASHTO-86/93	20	8						
Texas	AASHTO-86/93	30	8				AASHTO-86/93	30	8
Utah	AASHTO-86/93,PCA	40	9						
Vermont	AASHTO-86/93	40					AASHTO-86/93	40	
Virginia	AASHTO-86/93								
Washington	AASHTO-86/93,catalog	40	8						
West Virginia									
Wisconsin	AASHTO-72	20	6						
Wyoming	AASHTO-86/93								

가 없도록 해야하며 접속부위의 처리 그리고 강도 실험을 통한 교통 개방시간 등의 기준 마련 등이다.

**5. 맺음말**

도입 초기에서부터 승차감의 문제점 등으로 인해 어려움을 겪었던 콘크리트 포장은 상당한 품질개선 작업이 진행되어 왔음에도 불구하고 국내에서의 평가는 개선되지 않은 것으로 판단된다. 콘크리트 포장은 야간에 빛을 반사하여 가시성을 증가시키며 러팅의 발생가능성이 적으므로 빗길 운전이 유리하고 수명기간 전반적으로 높은 강도 및 환경 하중에 대한 내구성이 뛰어난 것으로 알려져 있다. 미국의 경우 다양한 설계법을 개발하여 실무에 적용하고 있는데 AASHTO설계법과 PCA설계법이 많이 사용되고 있다. 특히 JCP뿐만 아니라 최근에는 CRCP가 많이 채택되고 있으며 승차감 및 장기수명을 고려할 때 국내에서도 연속 철근 콘크리트 포장의 도입 여부는 진지하게 고려되어야 할 것으로 판단된다. 최근에는 콘크리트 포장과 아스팔트 포

장 위에 덧씌우기로 콘크리트가 자주 채택되고 있는데 이 경우에는 기존 포장의 수명을 수 배 이상 연장시킬 수 있다. 교통 개방 등의 문제를 개선하기 위해 소위 Fast track개념이 도입되고 있는데 이에 대한 적극적인 연구 노력 개발이 필요할 것으로 판단된다.

**참고문헌**

1. Pavement Analysis and Design Checks Participat's Manual (1995), National Highway Institute Course No. 13130
2. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures(1993)
3. Yang, H, Huang(1993), Pavement Analysis and Design, Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey 076324.
4. [http://www.pavement.com/ whyconcrete.html](http://www.pavement.com/whyconcrete.html) (ACPA홈페이지)
5. <http://tti.tamu.edu> (Texas Transportation Institute)
6. <http://svhqsg4.ca.gov>
7. <http://dot.ca.gov>

**학회지 게재 광고 모집 안내**

학회지에 게재할 포장관련 업계의 광고를 모집합니다.

- 광고 A : 칼라전면(200만원), 뒷표지(300만원)
- 광고 B : 칼라 반면 또는 흑백 전면(100만원)
- 광고 C : 흑백 반면 (50만원)

**【위 금액은 다음 호부터 4회 게재할 것임.】**