

# 국내 아스팔트포장의 배합설계 방법 및 기준 변경을 위한 타당성 조사 연구

A preliminary study for the Asphalt mix design method and  
criteria

박태순\* · 고석범\*\* · 김수삼\*\*\*

## 1. 서론

마살시험법은 시험의 간편성, 수행속도의 신속함 및 저가의 장비가격으로 인하여 1939년 미시시피 도로국의 부루스 마살에 의해서 개발된 이래 전세계적으로 사용되고 있는 아스팔트 혼합물의 배합설계 방법이다. 우리나라에서는 1968년 경부고속도로 공사에 최초로 도입되어 현재까지 아스팔트 혼합물의 배합설계 방법으로 사용되고 있다. 1968년 국내에 도입된 이후 건교부 및 관련기관에서는 배합설계 기준을 몇 차례 수정하였다.

본 연구에서는 첫째, 국내 아스팔트 포장의 배합설계 및 기준의 변화를 살펴보고, 둘째, 전국 및 서울시의 자동차 증가현황 및 정체구간에 대한 통계자료 조사 분석, 셋째, 교통량의 증가와 설계속도 이하의 저속주행이 포장체에 미치는 영향을 조사 분석하여 우리나라 아스팔트포장 배합설계 방법 및 기준이 변경되어야 하는 타당성을 제시하였다.

## 2. 배합설계 인자의 변화

아스팔트 혼합물의 배합설계의 주요인자인 교통량(차량증가량), 설계속도 및 기후는 과거 88올림픽이 개최되었던 1988년과 비교했을 때 매우 큰 변화가 발생하였다. 이들 배합설계 인자변화의 추이를 통계자료로부터 조사 분석하였다.

### 2.1 차량증가 현황

그림 1은 년도별 전국의 자동차 증가현황 통계자료이다. 1988년에 약 160만 대이었으나 매년 해마다 증가하여 2000년 7월 현재에는 약 1,200만 대로 약 8배가 증가하였다. 특히 서울시의 경우, 자동차

---

\* 서울산업대학교 토목공학과 조교수(02-970-6506)

\*\* 중앙대학교 대학원 토목공학과 박사수료(02-820-5259)

\*\*\* 중앙대학교 건설환경공학과 교수(02-820-5054)



대수는 그림 2에 나타난 것과 같이 1988년에 약 64만 대이었으나 매년 해마다 증가하여 2000년 7월에는 약 240만 대로 약 4배가 증가하였다.

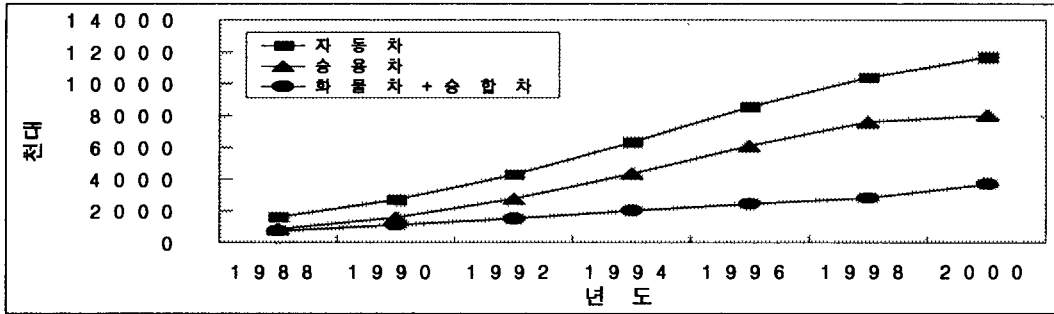


그림 1. 전국 연도별 자동차 증가현황(건설교통부, 통계청, 2000.7)

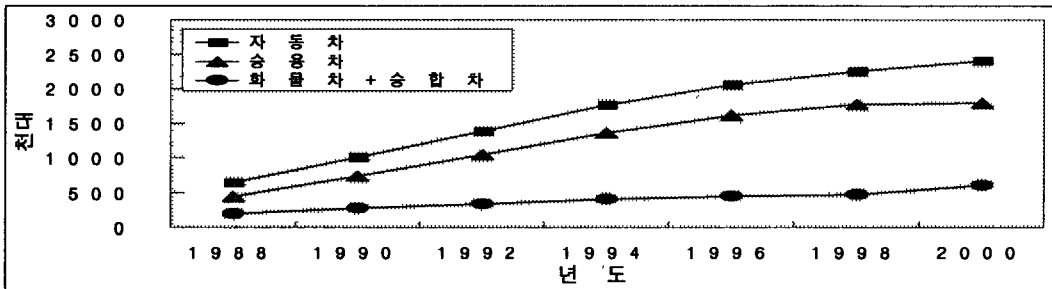


그림 2. 서울시 연도별 자동차 증가현황(서울시청, 통계청, 2000.7)

## 2.2 정체구간 통계

서울시(2000)의 조사에 의하면 서울 도심지 운행 평균속도는 시속 14km로 정체가 매우 심한 것으로 나타났다. 그림 3에서 보듯 토요일 오후엔 정체 상황이 더욱 심각한 실정이다. 상당수 구간이 시속 10km도 낼 수 없는 정체구간으로 변한다. 따라서 설계속도를 시속 60~70km로 설계한 경우 실제로는 10km 미만의 속도로 주행하기 때문에 아스팔트 포장에 가해지는 하중은 설계속도를 시속 60~70km로 적용하였을 경우에 비하여 훨씬 커지기 때문에 포장체에 가해지는 하중은 증가할 수밖에 없는 실정이다.

## 2.3 기후의 변화

그림 4는 대구, 서울, 대관령지역의 연도별 최고온도의 변화를 나타낸 자료이다. 대구, 서울지역의 경우, 1982년에는 35°C이었으나 1994년에는 이상고온현상으로 인하여 40°C로 증가하였다.



그림 3. 서울시 운행속도 10km/h이하 정체구간(중앙일보 2000. 1. 15)

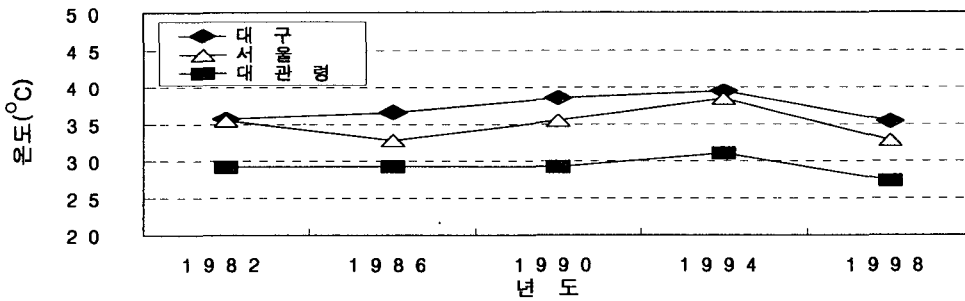


그림 4. 대구, 서울, 대관령 지역의 년도별 최고온도의 변화(기상청, 2000)

### 3. 설계인자가 포장구조체에 미치는 영향

#### 3.1 저속주행의 영향

주행속도에 의해 유발되는 동적 영향은 포장구조체 파손의 중요한 요인이 된다. 최준성(2000) 등은 주행속도에 따른 아스팔트 콘크리트 포장체의 동적특성을 파악하기 위하여 실제 트럭주행을 통한 현장시험을 실시하여 주행속도별 동적특성을 분석하였다. 그림 5와 같이 차량의 주행속도가 증가할수록 깊이별 상대 처짐은 감소하였고, 깊이별 처짐으로부터 포장구조체의 층별 물성을 역해석한 결과 속도가 증가할수록 탄성계수가 증가하였다. 따라서 주행속도가 줄어들수록 포장체의 구조적 능력 저하에 크게 영향을 주는 것으로 나타났다.

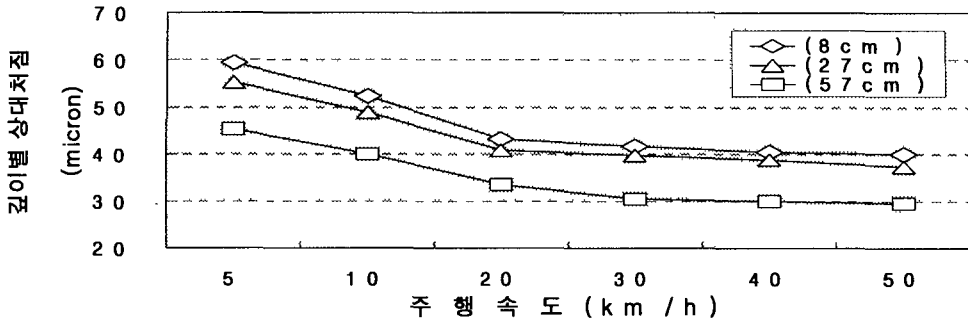


그림 5. 주행속도에 따른 깊이별 상대처짐(최준성, 2000)

Xicheng(1998)는 차량의 주행속도가 소성변형에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 주행속도가 느린 교차로 지역과 주행속도가 빠른 간선도로에서 재하시간(loading time)과 휴지시간(rest time)을 측정하여 소성변형을 예측하였다. 분석결과, 그림 6과 같이 주행속도가 느린 교차로 지역이 주행속도가 빠른 간선도로에 비해 소성변형이 훨씬 더 많이 발생하였다.

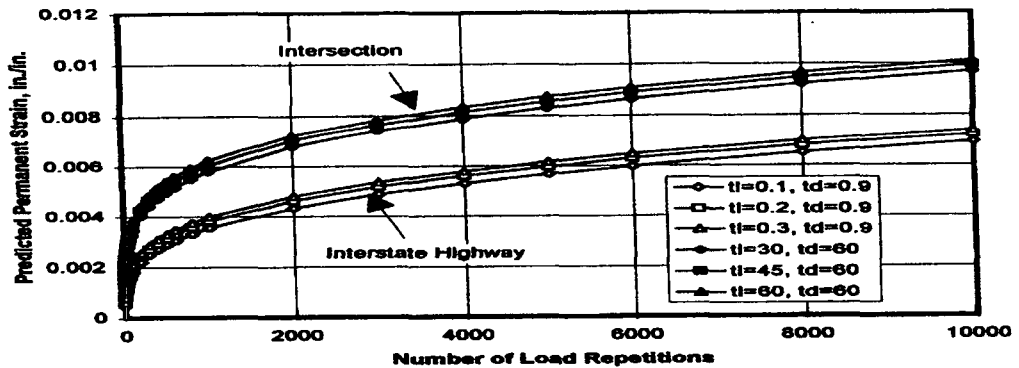


그림6. 교차로 지역과 간선도로에서의 예측된 영구변형(Xicheng and Mathew, 1998)

### 3.2 온도변화에 의한 영향

일반적으로 알려진 아스팔트 포장에 영향을 미치는 환경인자중에서 가장 중요한 것으로 인식되는 것이 바로 대기온도이다. Adnan, Turki(1991)의 연구에 의하면 아스팔트 포장의 수명은 포장체의 강성과 변형 특성에 따라 달라지고 이들 포장체의 강성과 변형은 대기온도와 밀접한 상관관계가 있다. 실제로 국내에서는 그림 4에 나타낸 바와 같이 94년 여름철 이상고온 현상으로 인하여 대구 및 서울지역의 대기온도가 40℃까지 상승하는 기록을 보였으며 포장온도를 오산지역에서 실측한 결과(그림 7) 8월의 포장온도는 60℃를 상회하는 것으로 나타났다. 실제 교통하중을 고려할 경우 포장체의 설계온도는 65℃까지 상승하는 중첩효과가 발생하게 된다. 따라서 우리나라에서 사용하고 있는 AP-3 및 AP-5



아스팔트의 고온특성을 고려했을 때 아스팔트 자체만으로는 현재의 기후와 교통량에 저항할 수 없는 것으로 나타났다. 온도의 변화는 포장체의 역학적 특성에도 크게 영향을 미치는데, 회복탄성계수는 5°C에서 측정된 경우 혼합물의 종류에 따라 다르게 나타나지만 그림 8과 같이 4배에서 8배 정도의 차이가 발생하며 소성변형과 관계 있는 크리프시험 결과에서도 온도변화가 크리프시험 결과를 좌우한다는 것은 잘 알려진 사실로 온도의 변화가 아스팔트 포장에 미치는 영향 특히, 고온에서의 영향은 매우 크기 때문에 배합설계에서 온도변화에 대한 고려가 필요하다.

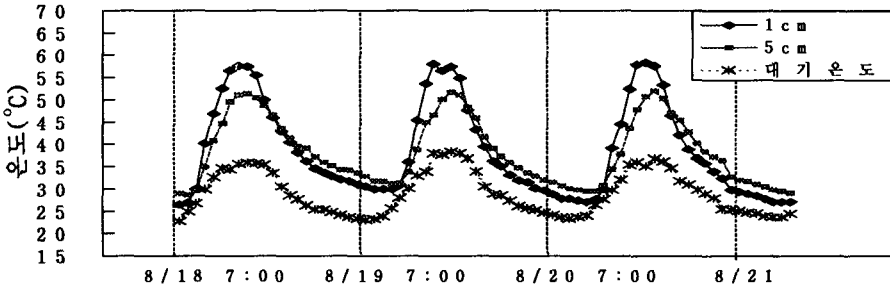


그림 7. 포장온도와 대기온도의 변화, 1996년 8월 오산지역(고석범, 김수삼, 1998)

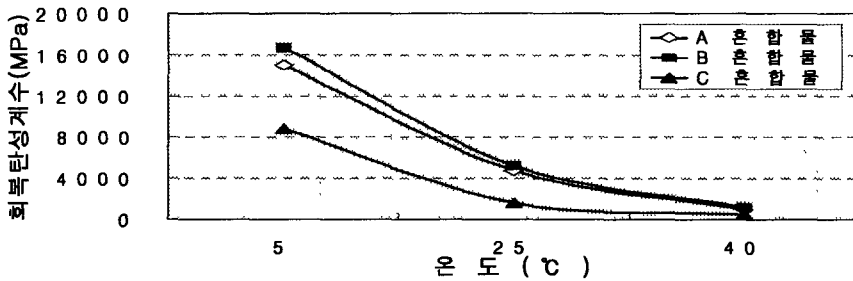


그림 8. 표층 혼합물의 회복탄성계수 시험결과

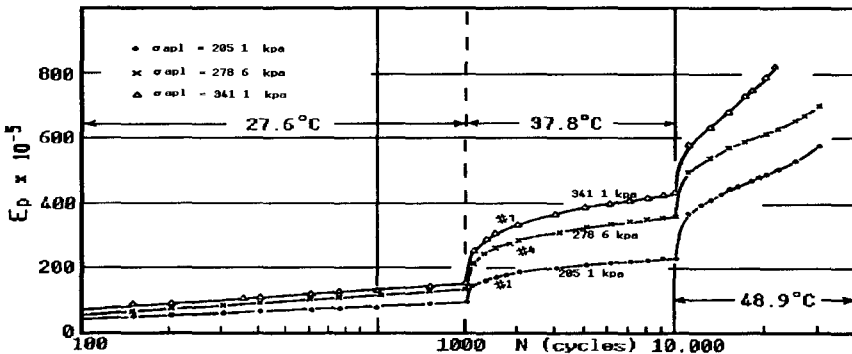


그림 9. 전형적인 동적크리프 시험 결과(Mohan Yeggoni, Button, 1992)

## 4. 현행 설계법의 문제점

### 4.1 마찰시험 장치

서울산업대학교 건설기술연구소(박태순, 미발표) 연구에 의하면 마찰시험방법의 문제점이외에도 국내 마찰시험 장치의 규격, 재질 및 시험장치의 설치방법이 서로 상이하여 마찰시험 결과에 많은 편차를 주는 것으로 나타났다. 안정도헤드의 경우 현재 국내에서 사용하고 있는 대표적인 3종류의 안정도헤드의 규격을 측정된 결과, 그림 10에 나타난 바와 같이 안정도 헤드의 종류에 따라 안정도 값이 각각 다르게 나타나서 안정도 헤드의 규격정비가 필요하고 다짐장치의 설치조건이 명시되어 있지 않아 설치조건에 따라 시편 혼합물에 가해지는 다짐에너지가 다짐장치마다 서로 다른 것으로 나타났다. 그림 11은 10종류의 다짐장치에서 발생하는 다짐에너지를 측정된 결과로 다짐장치마다 서로 다른 다짐에너지를 보이고 있다.

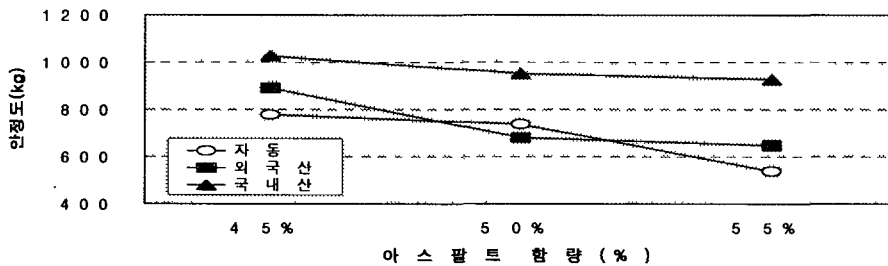
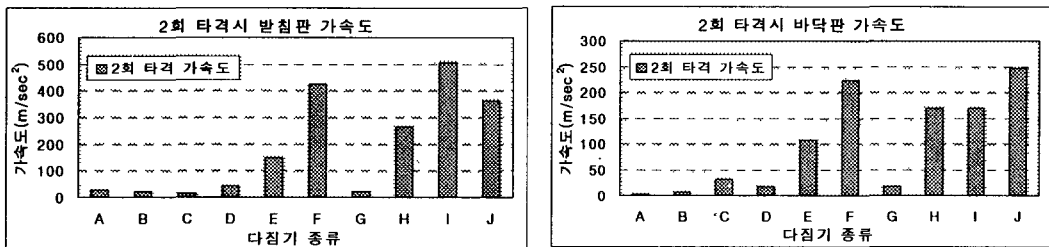


그림 10. 안정도 헤드 종류에 따른 안정도 변화



주) A,B,C,D,E,F: 외국산다짐기, G,H,I: 국산자동다짐기, J:국산수동다짐기

그림 11. 다짐기의 종류에 따른 받침판 및 바닥판의 가속도의 차이

### 4.2 설계 방법 및 기준

아스팔트 혼합물의 배합설계방법으로는 마찰안정도가 이용되고 있는데 이 마찰안정도의 수치는 경험에 의한 기준치로서 아스콘 포장체에서 요구되는 외부환경에 대한 저항성이나, 품질의 안정성을 만족시키는 매개변수와의 연관성이 떨어지며, 공용성과 직접적인 관련이 없는 것으로 보고되고 있다. Huber(1987) 등은 소성변형과 마찰안정도의 상관성을 파악하기 위해 Saskatchewan 지역에서 현장 및



실내 실험을 실시하였다. 수용 가능한 소성변형 공용성은 공용후기에 20mm 이하의 소성변형깊이로 정의되었다. 현장 및 실내 실험결과, 수용 가능한 공시체와 수용 불가능한 공시체의 마찰안정도는 모두 같은 범위에 존재하여 소성변형과 마찰안정도의 상관성은 없었다. Mohan, Button(1992)는 아스팔트 혼합물의 소성변형 예측에 대한 실험방법의 평가 연구를 통해 마찰안정도는 아스콘의 크리프 거동 또는 영구변형을 예측하기 위해 직접적으로 사용될 수 없다고 결론지었다. 따라서 이러한 마찰배합설계법의 단점을 보완하는 새로운 설계법의 도입이 필요하다. 미국 아스팔트협회(Asphalt Institute : AI)와 영국 규격 등 외국규격의 경우 최근의 아스팔트 콘크리트 혼합물 배합설계에서는 마찰시험보다는 현장다짐조건을 고려한 선회전 다짐 시험방법을 적용시켜 공극률에 의한 배합설계 방식을 적용하고 있다.

표 1은 1973년부터 1999년까지의 마찰시험에 대한 기준치를 조사 분석한 자료이다. 건교부에서는 배합설계 기준을 몇 차례 수정하였다. 수정의 주요내용은 다짐횟수의 증가와 이에 따른 안정도 값의 변화인데 이러한 수정은 지속적으로 증가하는 교통량에 대비한 것으로 평가된다. 그러나 기후의 변화, 저속구간의 증가 및 교통량의 폭주로 인한 아스팔트 포장의 파손은 현재의 개정된 배합설계로서는 안정된 아스팔트 혼합물을 제공할 수 없는 한계점에 이른 것으로 보고되고 있다. 특히, 마찰시험법이 지니고 있는 시험법의 한계성으로 인하여 새로운 배합설계 방법과 기준이 제시되어야 한다. 현재 국내에서 사용하고 있는 마찰 시험기준은 미국 아스팔트협회와 일본 기준을 혼용하여 수정 없이 그대로 사용하고 있다. 미국의 경우 각 주의 교통국에서는 각 주의 교통 및 기후특성에 맞게 이 기준을 근간으로 각 주의 실정에 맞는 설계 및 시험기준을 운영하고 있다. 국내에서는 고속도로, 국도, 도심지 도로 및 주택 단지내 도로의 구분 없이 다짐횟수와 안정도만을 변경하였을 뿐 실제 포장체의 역학적 기능과 포장의 공용성(Performance)을 고려한 체적구성비율에 대한 개념이 설계기준과 함께 운영되지 못하고 있다. 국내 여름의 온도가 특히 포장체의 온도는 1994년에 60~65℃까지 기록되고 있으며, 과거에 비해 교통량도 크게 늘어나서 정체 구간이 점차 늘어남은 물론 중차량 및 교통량은 폭주하고 있으나 설계기준은 약 20여년 전의 방법에 비하여 다짐횟수와 안정도를 증가시켰을 뿐 온도변화와 하중 지속시간에 의한 실제 포장의 점탄성 특성을 전혀 고려하지 못하고 있어서 도로의 파손과 이로 인한 유지보수비용도 해마다 증가하고 있는 실정이다. 따라서 각 도시의 교통특성과 기후특성을 고려하여 우리 실정에 맞는 합리적인 시험기준의 제정이 필요하다.

표 1. 마찰 시험에 대한 기준치

구분	1973년	1991년	1999년
혼합물의 종류	밀입도 아스팔트콘크리트(20,13)*		
용도	표층(중간층)		
다짐횟수	50	50(75)**	
안정도(kg)	500 이상	500(750)** 이상	
흐름치(1/100cm)	20-40		
공극률(%)	3-6		
포화도	75-85	70-85(65-80)**	

주) \* (20,13)는 최대골재크기를 말함.

\*\* ( )안은 대형차 교통량이 1일 1방향 1,000대 이상인 경우에 유동에 의한 소성변형이 우려되는 포장에 적용함.



## 5. 결 론

1. 2000년 7월말 현재 1988년에 비하여 자동차등록대수는 약 80%가 증가하였으며, 도심지의 경우 14km/h의 저속구간이 크게 늘어나고 있는 실정이나 배합설계 방법 및 91년 시방을 99년 시방과 비교했을 때 큰 변경이 없었다.
2. 다짐횟수(50회-75회) 및 안정도의 증가(500-750kg)로 아스팔트포장의 설계기준을 수정하였으나 증가한 교통량과 수정된 설계기준과는 상관관계가 없으며, 특히 아스팔트포장의 점탄성 특성을 고려하지 못하고 있다.
3. 여름 포장체의 온도, 교통량의 증가 및 저속구간을 고려했을 때 아스팔트 배합설계기준 및 방법은 반드시 변경되어야 하며 변경을 위해서는 범국가적인 연구와 조사가 뒷받침되어야 한다.

## 참고문헌

1. 고석범, 김수삼, 국내 아스팔트포장의 온도분포특성 연구, 중앙대학교 생산공학연구소 논문집, 1998
2. 박태순, 마찰시험장치가 아스팔트혼합물의 특성에 미치는 영향, 서울산업대학교 건설기술연구소, 1999
3. 건설부, 도로포장설계·시공지침, 1973
4. 건설교통부, 도로포장설계·시공지침, 1991
5. 한국산업규격, 가열 혼합·가열 포설 역청 포장용 혼합물 KSF 2349, 1999
6. 최준성, 김수일, 유지형, 아스팔트콘크리트 포장구조체의 내부처짐에 의한 물성추정과 주행속도에 따른 거동분석, 한국도로포장공학회지, 제 2권 1호, 2000.3
7. Adnan, Turki, "Climatic considerations in AASHTO Flexible Pavement Design", Journal of Transportation Engineering, vol. 117, 1991
8. Huber and G. H. Heiman. "Effect of Asphalt Concrete Parameters on Rutting Performance : A Field Investigation". Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologist, Volume 56, 1987
9. Huber and Heiman. "Effect of Asphalt Concrete Parameters on Rutting Performance : A Field Investigation". Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologist, Volume 56, 1987
10. Mohan Yeggoni, Button, The Effects of Aggregate Shape and Textures on Rutting of Asphalt Concrete, Texas Transportation Institute, 1992