



# 수퍼페이브 혼합물의 소성변형저항성과 변형강도와의 상관성분석

## Correlation Analysis between Rut Resistance and Deformation Strength for Superpave Mixtures

김 광 우\*   김 성 태\*\*   권 오 신\*\*\*   도 영 수\*\*\*\*  
 Kim, K. W.   Kim, S. T.   Kwon, O. S.   Doh, Y. S.

### Abstract

This study dealt with correlation analysis between deformation strength and rut resistance of asphalt concretes based on binder grade in Superpave specification with changing submerging time. Currently, Mashall mix design is known to have little correlation with rutting related performance. Therefore, some agencies started to use the Superpave method for asphalt mix design. But this method has a weak point in that it can not distinct mechanical property of the asphalt mixtures designed. For solution of these problem, this study used deformation strength,  $S_D$ , of Kim test which is a new approach under development for finding property which represents rut resistance characteristics of asphalt mixtures under static loading. This study used two aggregates from two regions and five PG asphalt binders. Final rut depth (DR) and dynamic stability (DS) from wheel tracking (WT) test were obtained. and  $S_D$  value of the same mixture specimen which was made by gyratory compactor was obtained using loading head [4(1.0)]. Three submerging times 30min, 40min, 50min were used as a test variable at 60°C. Correlation analysis of DR and DS with  $S_D$  were performed based on PG grade. It was found out that the  $S_D$  has a high correlation with DR and DS of superpave mixtures. The highest  $R^2$  was found from the  $S_D$  values of 30min. submerging specimen.

*Keywords : deformation strength, rut resistance, superpave, wheel tracking*

### 요 지

본 연구는 PG 등급에 따른 아스팔트 혼합물의 변형강도( $S_D$ )와 소성변형 저항성의 상관관계를 규명하고자 하였다. 마샬배합설계는 포장의 공용성과의 상관성이 낮아 본 연구에서는 수퍼페이브 배합설계를 통하여 혼합물을 제조하고 소성변형 특성과 상관성이 높은 역학적 특성을 측정하기 위해 개발된 변형강도( $S_D$ ), 그리고

\* 정회원 · 강원대학교 지역기반공학과 교수 · 공학박사  
 \*\* 정회원 · 정운엔지니어링 · 공학석사  
 \*\*\* 정회원 · 강원대학교 대학원 지역기반공학과 · 석사과정  
 \*\*\*\* 정회원 · 강원대학교 석재복합연구센터 전임연구원 · 공학박사



휠 트랙킹 시험으로 최종침하깊이(DR)와 동적안정도(DS)를 구하였다. 또한 변형강도 측정시 4(1.0) 하중 봉을 사용하였으며 60℃에서 수침시간을 30, 40, 50분으로 변화시켜 가며 바인더 등급에 따라  $S_b$ 를 측정하여 수침시간별  $S_b$ 와 DS,  $S_b$ 와 DR의 상관관계를 분석하였다. 그 결과 수침시간 30분의 경우가 가장 높은  $R^2$ 을 나타냈으며  $S_b$ 가 슈퍼페이브 혼합물에서도 소성변형저항성과 아주 밀접한 상관관계를 보임을 알 수 있었다.

**핵심용어 : 변형강도, 소성변형, 슈퍼페이브, 휠트랙킹**

## 1. 서론

국내의 가열 아스팔트 콘크리트 포장은 1968년 이후 본격적으로 시공되어 국내 도로의 약 80% 이상을 차지하게 되었다. 현재 건설경제 주요 통계자료(건설교통부..., 2002)에 따르면 전국에 91,396Km에 달하는 도로가 건설되었으며 이렇듯 도로분야는 시공 물량이 대규모이어서 작은 기술 개발로도 막대한 예산을 절감할 수 있음에도 불구하고 국내 기술은 선진국에 비하여 상당히 뒤떨어져 있다.

이 때문에 국내 아스팔트 콘크리트 포장은 소성변형 및 각종 균열 등의 파손으로 설계수명을 다하지 못하고 조기 파손되는 경우가 많다. 2002년 국도의 아스팔트 포장에 대한 현장조사자료(소성변형저감..., 2002)를 근거로 분석한 소성변형은 전체손상의 대략 91%정도로 매우 심각한 상태를 알 수 있다. 소성변형을 방지하기 위해서는 시방서에 규정된 아스팔트 혼합물의 설계 및 포설에 대한 규정이 국내의 환경 여건에 적합한지를 검증하는 것이 중요하다. 현재 국내에서 사용되고 있는 아스팔트 혼합물의 배합설계법은 교통량이 적고 차량의 중량이 낮던 50여 년 전에 개발된 마살방법이다. 이 방법은 전 세계적으로 널리 사용되고 있는 비교적 간편한 방법으로 많은 사람들에게 익숙해져 있고 활용도도 크다. 하지만 마살방법에 사용되는 변수 중 안정도와 흐름치는 공용성과의 상관성이 낮아 국내·외적으로 이의 개선 및 대체 안이 거론되고 있는 실정이다.

이의 해결책으로 미국에서는 Superpave 방법이 개발되어 실용화 단계에 접어들고 있으며 국내에서

는 설계법 개선이 추진되고 있으며 최근 소성변형 특성을 추정하기 위한 Kim test가 개발되고 있다. 이 시험은 정하중하에서 아스팔트 콘크리트의 변형강도 특성을 60℃에서 측정하는 방법으로 이제까지 여러 가지 밀입도 혼합물의 소성변형 특성과의 결정계수( $R^2$ )가 0.9 이상 얻어지고 있다.

따라서 본 연구는 변형강도(김광우 등 2002)가 소성변형 특성과 어느 정도의 상관성을 가지는지를 구명을 위한 연구의 일환으로 성능등급(Performance grade: PG) 바인더로 제조된 슈퍼페이브 혼합물을 이용하였다. 슈퍼페이브 1단계는 바인더의 레올러지 특성에 근거한 것이므로 등급별로 소성변형 저항성을 잘 나타낸다. 따라서 슈퍼페이브 입도 혼합물의 소성변형 저항성을 반복주행(Wheel tracking: WT) 시험으로 측정했을 때의 계수가 Kim test의 변형강도와 어느 정도나 상관성을 보이는지를 확인하여 변형강도의 실효성을 파악할 필요가 있다. 따라서 본 연구의 목적은 PG 등급별로 제조된 슈퍼페이브 입도 혼합물의 WT와 변형강도 측정치와의 상관관계를 분석하여 변형강도 적용의 타당성을 검토하는데 있다.

## 2. 재료 및 실험

### 1) 재료

본 연구에서 사용한 바인더는 국내 S사의 PG 58-22, PG 64-22, PG 70-22, PG 76-22, PG 82-22

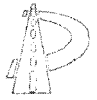


표 1. 사용된 골재의 특성

Test items	Standard	Coarse aggregates		Fine aggregates		Mineral filler	
		A	B	A	B	A	B
Apparent Specific gravity	above 2.5	2.662	2.725	2.669	2.735	2.83	2.83
Abrasion (%)	below 35	20	17.76	-	-	-	-
Absorption (%)	below 3.0	1.248	1.099	1.194	1.061	-	-

\* A : Gneiss, B : Granite

를 사용하였다. 그리고 골재는 강원도 지역의 편마암(A) 13mm와 잔골재, 화강암(B) 13mm와 잔골재, 그리고 동일한 채움재를 사용하였다. 각각의 골재는 KS 규정에 따라 품질시험을 수행하였으며 수퍼페이브 배합설계시 미국 아스팔트협회 골재입도 규격을 적용해 3가지 예비입도를 선정하여 각각의 배합설계를 수행하였다.

표 1은 본 연구에 사용된 골재의 특성을 보여준다. 그림 1~2는 본 연구에 사용된 골재와 채움재의 합성입도를 보여준다. 수퍼페이브에서 입도 범의

2.36mm와 0.3mm 사이의 제한구역은 모래가 많이 함유되었거나, 더스트 함량이 많이 포함된 경우 공용중에는 변형에 대한 저항성이 낮게 된다고 판단되어 제한구역부분을 피하도록 권장되었다. 그러나 많은 연구결과 그 실효성에 문제가 있다고 하여 제한입도 규정을 특별히 고려하지 않고 공용성능에 중점을 두고 경제성이 뛰어난 입도를 선택해야 한다는데 의견이 모아지고 있다. 따라서 본 연구에서는 초기 아스팔트량이 적게 추정되는 입도곡선을 선택하였고 그것이 제한구역을 지난다고 하더라도 양호한 파쇄면과 최소 VMA 규정을 만족한다면 사용하였다.

### 2) 아스팔트 바인더의 특성시험

침입도 시험(KS M 2201)은 도로 포장용 아스팔트의 컨시스턴시를 침의 관입저항으로 평가하는 방법이다. 점도 시험은 ASTM D 2170에 의해서 측정되었다. 점도시험의 경우 높은 등급의 PG바인더는 절대점도로 측정하기에 신뢰성이 떨어지므로 135℃의 동점도 방법을 채택하여 수행하였다.

### 3) 아스팔트 혼합물의 배합설계

본 연구에서 혼합물의 배합설계는 수퍼페이브 배합설계 방법을 근거로 하였다. 교통량을 산출하기 위해서 1일 1방향 교통량을 1000대 이상으로 간주하고 포장의 공용기간을 20년으로 보고 천만대 이상으로 한 배합설계를 하였다. 본 연구는 사전배합에 사용된 3가지의 예비입도 중 하나를 선택하여 얼마나

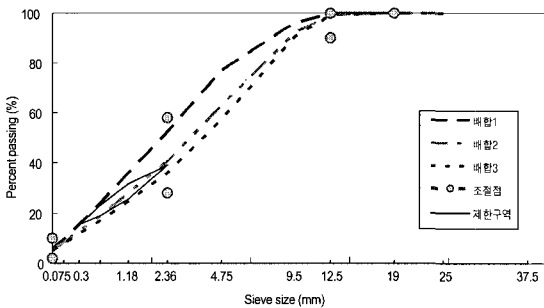


그림 1. 편마암의 입도곡선

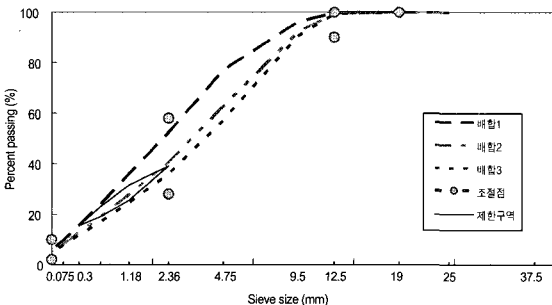
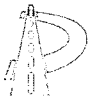


그림 2. 화강암의 입도곡선



성능면에서 뛰어난지에 대한 확인 및 분석을 하고 본 연구를 수행하였다. 먼저 재료 선정에 있어서 골재의 품질시험과 관련된 새로운 시험법이 개발되지 않아 기존의 시험법을 따랐으며, 골재의 입도는 제한구역을 통과하는 입도를 포함하여 3가지의 예비입도를 가지고 예비배합 및 실제 본 배합을 하였다.

설계아스팔트함량은 예비입도 슈퍼페이브 배합설계법에 따라 3가지를 가지고 사전배합을 한 후 선회다짐기(gyratory compactor)로 직경 10cm 공시체를 제조해서 각 입도에 대한 공극율이 4%일 때의 추정아스팔트함량을 구하여, 결정된 추정아스팔트함량에  $\pm 0.5\%$ ,  $+1\%$ 의 4가지로 아스팔트 함량을 변화시켜 본 배합설계를 진행하여  $N_{des}$ 에서 최적 아스팔트 함량(Optimum asphalt content : OAC)을 결정하였다. 아스팔트 혼합물은 다짐 전에 현장상태를 모사하기 위해  $135^{\circ}\text{C}$  오븐에서 4시간 동안 단기 노화시켰다.

#### 4) 변형강도시험(Deformation strength)

아스팔트 혼합물의 특성 측정방법중 하나인 마찰 시험법은 시험장치가 간단하지만 혼합물의 역학적 특성을 제대로 반영하지 못하여 소성변형과 상관성이 낮은 것으로 알려져 있다. 본래 소성변형은 동하중 하에서 발생하는 누적된 영구변형 현상이므로 단순히 모사하기가 어렵다. 따라서 본 연구팀은 재하 방법은 정하중으로 하고, 속도는 기존의 마찰안정도나 간접인장강도 측정시와 같은  $50\text{mm}/\text{min}$ 로 한 Kim test라 명명한 새로운 시험법을 개발하고 있다. 이 시험법은 그림 3에서와 같은 몰드와 하중 봉(loading head)을 사용하고 소성변형과의 상관성이 높은 특성치인 변형강도(Deformation strength :  $S_b$ )를 측정하여 소성변형 저항성을 추정한다(김광우 등 2002). Kim test에서는 하중을 혼합물이 다져진 방향과 같은 방향으로 가하고 이 하중에 의해 혼합물이 소성변형과 유사하게 압밀·전단에 의한 변형이 유발되도록 되어 있다.

시험온도는 이제까지 혼합물의 소성변형을 측정하는 반복주행(Wheel tracking) 시험과 같이  $60^{\circ}\text{C}$ 에서 수행되었다. 하지만 본 시험에서는 각 바인더별 공시체를 9개씩 만들어 수침시간을 30분, 40분, 50분으로 하여 각 바인더별 공시체를 3개씩 무작위로 선정하여 각각의 수침시간에 따른 상관성을 분석하고자 하였다. 본 시험에 사용된 변형강도 측정장치는 직경 4cm, 하중봉 하단을  $r=1.0\text{cm}$ 로 원형 절삭한 4(1.0) 하중 봉을 사용하였고 그림 4는 시험방법의 개략도를 보여준다.

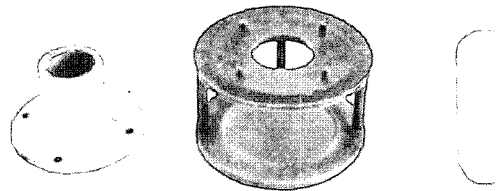


그림 3. 10cm Kim tester 재하봉과 몰드

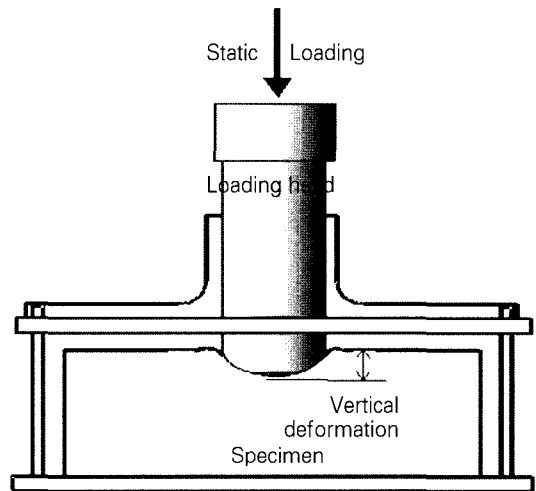


그림 4. Kim test 재하 메카니즘의 개요도

#### 5) 반복주행(Wheel Tracking Test) 시험

반복주행시험을 수행하기 위하여 변형강도 시험에



사용된 것과 같은 혼합물로 30.5×30.5×6.2cm의 슬래브 공시체를 공극율 약 4±0.5%에 맞추어 Roller compactor로 다짐하여 제작하였다. 각 바인더별로 제작된 공시체는 롤러진행 방향으로 반으로 절단한 후 25℃에서 24시간 양생시키고 시험전 60℃에서 6시간 동안 양생시킨 후 시험을 수행하였다. 공시체에 적용된 휠트래킹용 바퀴는 재질이 일반 강철인 직경 200mm, 폭 53mm로서 주행거리 200mm, 속도는 왕복 30회/min이다. 시험온도는 60℃에서 수행되었고 재하된 윗하중은 70kgf로 왕복 2,700 cycle(5400 sec)동안의 수직변형을 측정하였다. 반복주행시험을 통하여 각각의 혼합물에 대한 동적안정도(Dynamic stability : DS)와 최종 침하량(Rut depth : DR)을 구하였다.

### 3. 결과 및 고찰

본 연구에 사용된 바인더는 PG 58-22, PG 64-22, PG 70-22, PG 76-22, PG 82-22이며 각각의 바인더에 대하여 참고적으로 수행한 점도시험과 침입도 시험의 결과는 표 2와 같다. 바인더 등급이 PG 58-22에서 PG 82-22로 올라갈수록 침입도는 감소하였고, 점도는 증가하였다.

수퍼패브 배합설계의 결과, 각각의 PG 등급과 골재에 따른 OAC 경향은 같은 등급의 바인더라 할지라도 화강암(B) 골재를 사용하였을 경우가 편마암(A)을 사용한 것보다는 낮은 경향을 보였는데 이는 편마암 표면에 주름 형태의 결이 있기 때문인 것으로 보인다. 그림 5는 PG의 등급 및 골재에 대한 OAC(%) 경향을 보여준다.

각 PG 등급 혼합물을 30분, 40분, 50분씩 3가지

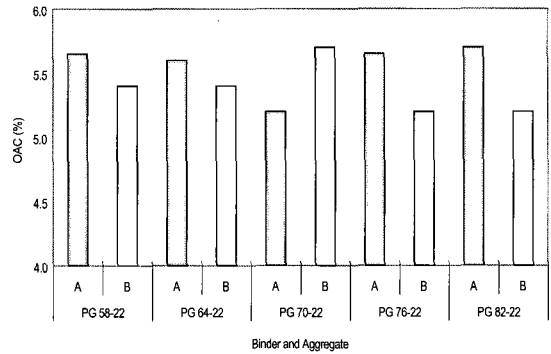


그림 5. 바인더와 골재 타입에 따른 최적아스팔트 함량

로 수침 후 변형강도(Deformatin strength : S<sub>d</sub>) 값을 구하고 그 결과를 가지고 소성변형과의 상관성 분석을 하였다. 표 3~5는 Kim test로 측정된 최대 하중(P), 수직변위 (y), 변형강도(S<sub>d</sub>)를 나타내고 있다. 각각의 PG 등급에 따라 그리고 혼합물의 종류에 따라 값들이 차이를 보이고 있다. 즉, S<sub>d</sub> 값은 약 4,000~6,000 kPa 범위에 있었으며 PG 고온등급이 높아질수록 크게 나타났고 수침시간 30분에서 PG 등급에 따른 차이가 타 수침시간 보다 더 크게 나타났다. 수침 50분의 경우는 PG 등급에 따른 차이가 크게 작아져 수침시간이 길어지며 혼합물이 내부적으로 크게 와해되는 것으로 추정되었다.

아스팔트 혼합물의 바인더 등급에 따른 소성변형 저항성 추정 및 Kim test와의 상관성분석을 위해 반복주행(Wheel tracking: WT)시험을 수행한 결과, 예상대로 PG 등급이 높아질수록 최종침하량이 작아지는 것으로 나타났다. 또한 침하깊이에 따라 동적안정도 역시 PG 82-22가 PG 58-22, PG 64-22 그리고 PG 70-22보다 약 7배정도 컸으며 PG 76-22보다 3배이상의 높은 값을 보였다.

동적안정도는 혼합물이 1mm 침하하는데 요구되는

표 2. 아스팔트 시멘트의 물리적 특성

Classification	PG 58-22	PG 64-22	PG 70-22	PG 76-22	PG 82-22
Penetration 25℃ (0.1mm)	91	70	66	64	49
Kinematic viscosity at 135℃ (cP)	375	420	1650	2150	2850



표 3. 30분 수침 후 변형강도( $S_D$ )

Mixture Type	P (kN)	y (cm)	$S_D$ (kPa)
PG 58-22(A)	3.74	0.246	4,338.73
PG 58-22(B)	3.55	0.256	4,061.32
PG 64-22(A)	4.31	0.275	4,814.91
PG 64-22(B)	3.52	0.233	4,160.30
PG 70-22(A)	5.00	0.411	4,873.68
PG 70-22(B)	4.14	0.296	4,508.54
PG 76-22(A)	5.83	0.362	5,928.11
PG 76-22(B)	4.83	0.351	4,953.34
PG 82-22(A)	6.05	0.347	6,234.45
PG 82-22(B)	5.72	0.360	5,822.16

\* A : Gneiss, B : Granite

표 4. 40분 수침 후 변형강도( $S_D$ )

Mixture Type	P (kN)	y (cm)	$S_D$ (kPa)
PG 58-22(A)	3.90	0.273	4,366.47
PG 58-22(B)	3.75	0.279	4,164.30
PG 64-22(A)	4.06	0.275	4,533.62
PG 64-22(B)	4.04	0.267	4,557.35
PG 70-22(A)	4.49	0.313	4,787.42
PG 70-22(B)	4.14	0.330	4,344.41
PG 76-22(A)	5.35	0.356	5,436.67
PG 76-22(B)	5.01	0.356	5,122.66
PG 82-22(A)	5.28	0.351	5,417.47
PG 82-22(B)	5.66	0.402	5,554.59

\* A : Gneiss, B : Granite

표 5. 50분 수침 후 변형강도( $S_D$ )

Mixture Type	P (kN)	y (cm)	$S_D$ (kPa)
PG 58-22(A)	3.94	0.267	4,440.28
PG 58-22(B)	3.76	0.250	4,335.74
PG 64-22(A)	4.89	0.275	5,460.20
PG 64-22(B)	4.26	0.252	4,903.12
PG 70-22(A)	3.97	0.292	4,336.33
PG 70-22(B)	3.91	0.326	4,113.83
PG 76-22(A)	5.12	0.318	5,434.98
PG 76-22(B)	4.28	0.332	4,474.52
PG 82-22(A)	4.25	0.334	4,433.87
PG 82-22(B)	4.76	0.347	4,905.05

\* A : Gneiss, B : Granite



표 6. 휠트랙킹 시험(60℃)에 의한 최종 러팅 깊이(DR)와 동적안정도(DS)

Mixture Type	DR (cm)	DS (cycle/mm)
PG 58-22(A)	1.582	238
PG 58-22(B)	1.566	219
PG 64-22(A)	1.550	235
PG 64-22(B)	1.300	264
PG 70-22(A)	1.405	246
PG 70-22(B)	0.953	463
PG 76-22(A)	0.938	422
PG 76-22(B)	0.635	723
PG 82-22(A)	0.332	1,425
PG 82-22(B)	0.260	1,810

\* A : Gneiss, B : Granite

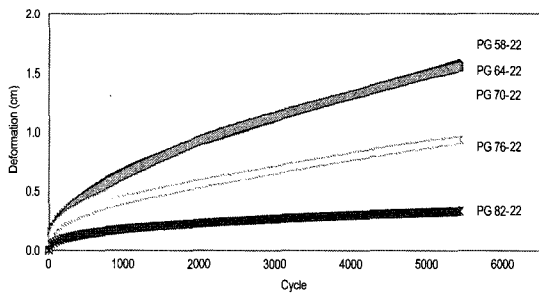


그림 6. 편마암 혼합물에 대한 휠트랙킹 시험 결과

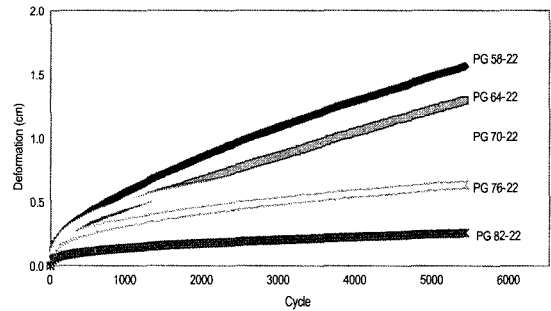


그림 7. 화강암 혼합물에 대한 휠트랙킹 시험 결과

주행주기(cycle)를 의미한다. 따라서 높은 동적안정도와 침하 깊이가 작다는 것은 소성변형 저항성이 우수하다는 것을 의미한다. 표 6은 골재와 바인더를 종류별로 구분한 최종 침하량과 동적안정도 값이고, 그림 6~7은 침하깊이-주기곡선을 나타낸다.

#### 4. 상관성 분석

본 분석은 각각의 PG 등급 바인더를 사용한 수퍼

페이브 혼합물의 Kim test에 의한 역학시험 결과인 변형강도( $S_D$ )와 반복주행시험 결과인 최종 침하깊이(DR)와 동적 안정도(DS)를 사용하였다. 회귀분석은 독립변수(X)를 변형강도( $S_D$ ), 종속변수(Y)를 반복주행시험의 DR과 DS로 하여 각 특성별치로 선형(Linear), 곡선(Curvilinear), 대수(Logarithm), 지수(Exponential), x의 거듭제곱(Power) 등 5가지 회귀분석을 통해 가장  $R^2$ 이 높은 모델을 선정하였다.

표 7은 각 골재에 따른 수침시간별 회귀분석 최적 모델에서 얻어진 결정계수 ( $R^2$ )를 보여준다. 표에서

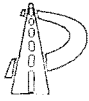


표 7. 러팅 변수(DR과 DS) 대 변형강도( $S_D$ )의 최적 모델의 상관관계

Submerging Time	DR		DS		Mean
	Agg. A	Agg. B	Agg. A	Agg. B	
30	0.9272	0.9873	0.8794	0.9377	0.9329
40	0.9056	0.9150	0.8253	0.8490	0.8737
50	0.0251	0.2659	0.0698	0.3174	0.1696

\* A : Gneiss, B : Granite

알 수 있듯이 화강암(B)의 경우가 편마암(A)보다 상관성이 높고 수침시간 30분의 경우 변형강도와 DR의 관계는 화강암의 경우  $R^2=0.9873$ , 편마암의 경우  $R^2=0.9272$ 로 매우 높았다. 또한 변형강도와 DS의 상관성 역시 수침 30분일 경우가 가장 높았으며 화강암과 편마암 각각  $R^2$ 이 0.9377과 0.8794로 높게 나타났다.

수침시간별로 보면 30분에서의 평균이 타 시간보다  $R^2$ 이 0.93 이상으로 월등히 높고 40분의 경우도  $R^2$ 이 0.87 이상으로 매우 양호하여  $S_D$ 가 종속변수인 소성변형 계수들의 변화를 잘 반영하는 것으로 보인다. 그림 8~9는 가장  $R^2$ 이 높게 나타난 30분 수침에서의 소성변형 특성과  $S_D$ 의 관계를 대표적으로 보여준다. 하지만 수침시간 50분의 경우는 PG 바인더 등급간의 변형강도의 차이가 제대로 반영되지 못하였는데 이는 과포화된 상태로 부피가 팽창하여 강도가 저하되기 때문인 것으로 보인다. 그림 10은 수침

시간별  $R^2$ 의 변화를 회귀분석한 결과이며 각 회귀방정식으로부터  $R^2$ 이 최고가 되는점(정점)을 찾았다. 그림 10의 좌에서 우순으로 혼합물별 특성치별 정점의 좌표는 34.71, 33.57, 34.29, 33.20이며 이 4개 값의 평균은 33.94이다. 따라서  $R^2$ 이 최고가 되는 수침시간은 약 34분인 것으로 추정할 수 있다.

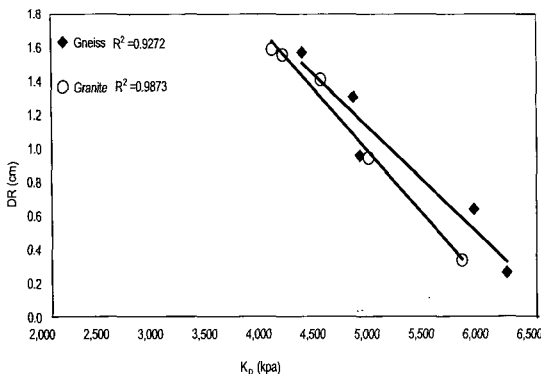


그림 8. 골재별 러팅깊이 (DR)에 대한 30분 수침 후 변형강도와의 상관관계

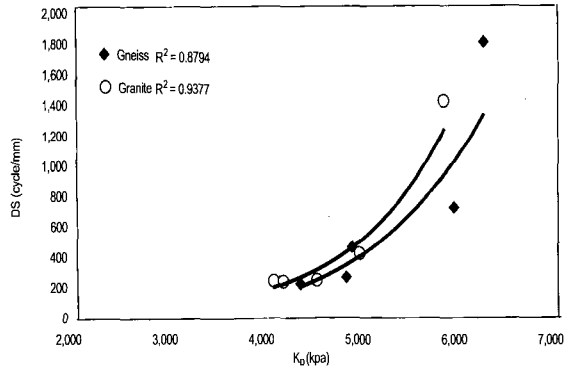


그림 9. 골재별 동적안정도 (DR)에 대한 30분 수침 후 변형강도와의 상관관계

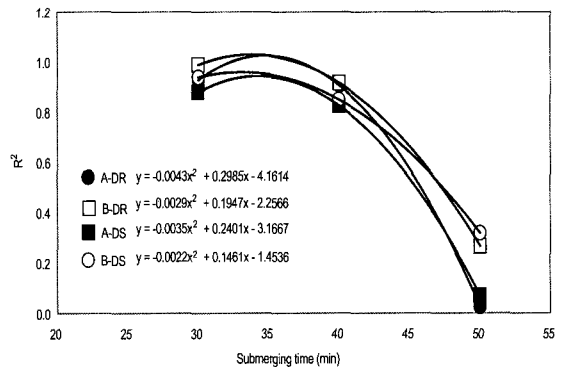


그림 10. 수침시간 별 상관관계의 변화





즉, PG 바인더 혼합물의 소성변형저항성을 Kim test의 변형강도로 추정할시 60℃에서 30분간 수침 시킨 공시체가 가장 WT 시험시의 특성과 상관성이 높은  $S_D$  값이 얻어지는 것으로 나타났다. 하지만 본 분석의 결과로는  $S_D$  시험은 34분간 수침이 가장 적절할 것으로 보이나 향후 보다 다양한 입도의 연구를 통해 소성변형 추정을 위한 적정 수침시간을 조사하여 최종적으로 실용화 가능성을 타진해야 할 것이다.

## 5. 결론

본 연구는 바인더 PG등급별 Superpave 배합설계를 통해 제작된 공시체의 역학적 특성으로 Kim test의 변형강도(Deformation strength :  $S_D$ )를 측정하였고, 반복주행시험을 통한 소성변형 저항성을 측정하였다. 그리고 Kim test의 변형강도(Deformation strength :  $S_D$ )와 반복주행시험에 의한 최종침하깊이(Rut depth : DR) 및 동적 안정도(Dynamic stability : DS)와의 상관성을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 본 연구에서 측정한 변형강도  $S_D$ 는 PG 고온등급 차이에 따른 소성변형저항성의 차이를 잘 반영하는 특성치임을 확인할 수 있었다. 이는 그간의 연구를 통해 밀입도 혼합물에서뿐만 아니라 수퍼페이브 입도혼합물에서도 유사한 결과가 얻어진 것이어서 소성변형 추정에 적용가능성을 한층 더 밝게 하는 결과라고 사료된다.
2. 회귀분석에 의한 상관성 측정결과  $S_D$ 에 의해 혼합물의 소성변형저항성 추정이 가능함을 확인할 수 있었으며 수침시간 30분에서 평균  $R^2$ 이 0.93

이상으로 나타나 가장 좋은 결과를 보였다.

3. 각각의 바인더 등급에 따라 수침시간을 30분, 40분, 50분으로 변화시켜가며  $S_D$ 를 측정한 결과 바인더 고온 등급이 높을수록  $S_D$  값도 높아지는 경향을 보였고, 34분 수침의 경우 변형강도 값이 소성변형 특성과 가장 상관성이 가장 크게 나타나는 것으로 추정되었다.
4. 현재 역학적 성능시험이 없는 수퍼페이브 1단계 배합설계에 변형강도와 같은 역학적 시험이 도입되는 것이 소성변형저항성에 근거하여 최적입도를 결정하는데 도움이 될 것이라 사료된다. 하지만 본 연구는 그 가능성을 확인하기 위한 연구이며 향후 보다 다양한 재료 및 현장성능에 대한 연구가 있어야 그 실용성을 확인할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. "Superpave Level 1 Mix Design," (1995), SP-2, Asphalt Institute
2. "Superpave level 1 의 적용에 관한 검토," (1997), 대한토목학회 제 52회 연차학술강연논문집 제Ⅴ부문
3. "소성변형 저감을 위한 시방지침," (2002), 한국도로공사
4. 김광우, 이문섭, 김종열, 최선주, (2002), "소성변형과의 상관성을 향상시킨 변형강도 측정법의 개발," 한국도로포장공학회 학술발표회 논문집, pp. 67-74
5. "건설교통부 도로현황조사," (2002), 건설교통부
6. "공시체 크기가 병형강도를 이용한 소성변형 추정에 미치는 영향," 한국도로학회 논문집 제6권 제 2호 통권 20호, 2004. 6.

(접수 : 2004. 5. 18)