

아스팔트바인더를 위한 새로운 침입도 등급제정

Construction of New Penetration Grading for Asphalt Binders

허정도¹⁾ · 황성도²⁾ · 최한길³⁾

Huh, Jung Do · Hwang, Sung Do · Choi, Han Kil

1. 서론

아스팔트바인더의 품질을 결정하기 위한 등급으로서 국내에서는 1960년대 후반에 사용하기 시작한 침입도 등급을 큰 수정 없이 그대로 사용하고 있다. 이러한 침입도 등급은 미국을 제외한 유럽의 여러 나라 (영국, 프랑스, 독일, 스웨덴, 이태리, 등)는 물론이고 아세아 (한국, 일본, 중국, 싱가포르, 태국, 말레이시아, 등)에 서도 주된 바인더등급을 제정하는 방법으로 지금도 사용되고 있다.

그러나 이 등급은 간단하여 사용 상 편리한 장점이 있긴 하지만, 바인더의 공용성에 대한 기여도를 정확히 대변하지 못한다는 평가가 실무자들의 경험에 의해 조심스럽게 제기되어 왔다. 이러한 문제를 개선하기 위하여 본 연구에서는 바인더의 침입도를 공용성 문제인 포장혼합물의 소성변형과 직접적으로 연관시켜서 새로운 침입도 등급 제정이론을 개발하고 이에 근거한 등급제정절차와 방법에 대해서 밝히고자 한다.

2. 이론적 전개

2.1 침입도 함수로서의 소성변형깊이와 온도 함수로서의 침입도

Huh, Kim, Cho & Nam (2000)¹⁾은 아스팔트바인더의 소성변형등급연구에서 혼합물의 소성변형깊이와 아스팔트바인더의 침입도와의 상관관계식을 다음과 같이 제안하고 있다.

$$h_N = b(L+L_0) = a+bL \quad (1)$$

Choi, Huh & Nam(2001)²⁾은 침입도 시험의 이론적 모델링에 대한 연구결과 침입도와 온도와의 관계식을 다음과 같이 제시하고 있다.

$$\ln(L) = \ln(C) - \frac{D}{T}; \quad \ln(C) = \ln(C') + \frac{D}{T_0} \quad (2)$$

이 식에서 L, C', K, T, T₀는 각각 침입도, 상수, 온도민감지수, 절대켈빈온도, 참고절대켈빈온도를 나타낸다. 문헌에서는 온도함수로서의 침입도식으로서 Pfeiffer and Van Doormaal (1936)이 개발한 경험 식을 사용하고 있다.

$$\text{Log}(L) = AT + B \quad (3)$$

이 식은 온도민감상수 A가 상대적으로 아주 작은 값이어서 오차를 유발하기 쉬우므로 새로운 온도 민감지수로서 침입지수(PI)를 정의하고 있지만, 식 (2)에서는 K값이 충분히 커서 다른 지수를 정의할 필요가 없다.

1) 정회원 · (주)드림테크 연구소장 · 공학박사 · 016-316-8058 (E-mail: jung-huh@hotmail.com)

2) 정회원 · 한국건설기술연구원 연구원(경희대 박사과정) · 공학석사 · (031) 9100-0180 (E-mail: sdhwang@kict.re.kr)

3) 정회원 · (주)동일기술 · 부사장 (인천대학교 토목공학과 박사과정) · 공학석사 · (02)3400-5508 (oneway1950@hanmail.net)



$$\frac{20-PI}{10+PI} = 50V \quad \text{or} \quad PI = \frac{20(1-25V)}{1+50V} \quad (4)$$

기존 침입도등급은 25℃, 100g의 침이 5초 동안에 아스팔트바인더에 침입한 침입깊이를 측정함으로써 바인더등급을 정하고 있다. 침입지수(PI)는 온도에 대한 바인더의 민감성을 참고로 고려하기 위함이지 실질적으로 등급제정과는 무관하다. 또한 침입깊이와 소성변형과의 관계가 등급제정에 전혀 고려되지 않는다.

새로운 침입도등급에서는 식 (1)과 식 (2)가 등급제정이론의 기초가 된다. 즉, 새로이 제안하는 침입도 등급 식은 기존의 등급과는 전혀 달리 소성변형 상관관계식 (1)과 침입도 온도의존식 (2)을 함께 고려하여 제정된다는 점에서 더욱 개선된 등급이라 할 수 있다. 따라서 식(1)과 식(2)의 타당성 여부에 침입도 등급제정의 성공여부가 달려있다 해도 과언이 아니므로 이들에 대한 검증이 나중에 검토될 것이다.

2.2 새로운 침입도 등급제정 이론식

한 고정 주행회수에서 60℃의 표준바인더와 특정 바인더의 소성변형깊이에 서로 차이가 있다고 가정하자. 두 바인더 혼합물의 이러한 차이를 상쇄하여 동일한 소성변형깊이가 되도록 하기 위해서는 특정바인더 혼합물의 온도를 가감하여 표준바인더의 소성변형과 동일한 변형이 생기도록 하는 방법이 있다. 이러한 방법을 time-temperature superposition 원리라 한다. 60℃에서의 표준바인더(r -침자로 표현)에 대한 식 (1)의 표현은

$$h_r^{60} = a + bL_r^{60} \quad (5)$$

식 (2)에서 온도함수로서의 침입도를 60℃를 참고온도로 하여 표현하면,

$$L = L^{60} \cdot \exp\left\{-D\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{60}}\right)\right\} \quad (6)$$

Time-Temperature Superposition 원리에 의하여 60℃에서의 표준바인더와 특정바인더의 소성변형깊이 차이를 특정바인더 혼합물의 온도의 가감에 의해 제거하고 소성변형깊이를 동일하게 만들면,

$$h = h_r^{60} \quad (7)$$

식(1), (5), (6)을 식 (7)에 삽입하면,

$$a + bL^{60} \cdot \exp\left\{-D\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{60}}\right)\right\} = a + bL_r^{60} \quad (8)$$

식 (8)을 온도에 대한 표현으로 나타내면,

$$T = \left\{ \frac{-1}{D} \cdot \ln\left(\frac{L_r}{L}\right) + \frac{1}{T_{60}} \right\}^{-1} \quad (9)$$

식 (9)에 의하면 침입도(L)는 60℃에서 측정해야 하지만, 현실적으로 측정하기가 대단히 힘들므로 식 (6)에 의한 외삽에 의하여 25℃에서 측정하는 값으로 바꾸고자 한다.

$$L_r^{60} = L_r^{25} \cdot \exp\left\{-D_r\left(\frac{1}{T_{60}} - \frac{1}{T_{25}}\right)\right\} \quad (10)$$

$$L^{60} = L^{25} \cdot \exp\left\{-D\left(\frac{1}{T_{60}} - \frac{1}{T_{25}}\right)\right\} \quad (11)$$

식 (10)과 식 (11)의 비를 취하면,

$$\left(\frac{L_r}{L}\right)^{60} = \left(\frac{L_r}{L}\right)^{25} \cdot \exp\left\{(D - D_r)\left(\frac{1}{T_{60}} - \frac{1}{T_{25}}\right)\right\} \quad (12)$$



식(12)을 식(9)에 대입하면, 60℃에서의 소성변형깊이 차이에 해당하는 온도등급을 얻는다.

$$T = \left\{ \frac{1}{D} \cdot \ln \left(\frac{L}{L_r} \right)^{25} - \left(1 - \frac{D_r}{D} \right) \left(\frac{1}{T_{60}} - \frac{1}{T_{25}} \right) + \frac{1}{T_{60}} \right\}^{-1} \quad (13)$$

$$T = \left\{ \frac{1}{D} \cdot \ln \left(\frac{L}{L_r} \right)^{25} + 3.527 \times 10^{-4} \left(1 - \frac{D_r}{D} \right) + 3.003 \times 10^{-3} \right\}^{-1} \quad (14)$$

어떤 개질 아스팔트의 경우 25℃에서의 점도가 너무 높아서 측정된 침입도가 상대적으로 작아 오차를 유발하기 쉬우므로, 이 경우 온도를 높여 침입도를 측정할 필요가 있다. 예를 들어 40℃에서 침입도를 측정한다고 하면 그 때의 등급 식은 아래와 같다.

$$T = \left\{ \frac{1}{D} \cdot \ln \left(\frac{L}{L_r} \right)^{40} - \left(1 - \frac{D_r}{D} \right) \left(\frac{1}{T_{60}} - \frac{1}{T_{40}} \right) + \frac{1}{T_{60}} \right\}^{-1} \quad (15)$$

$$T = \left\{ \frac{1}{D} \cdot \ln \left(\frac{L}{L_r} \right)^{40} + 1.919 \times 10^{-4} \left(1 - \frac{D_r}{D} \right) + 3.003 \times 10^{-3} \right\}^{-1} \quad (16)$$

새로운 침입도 등급제정에는 60℃의 소성변형깊이를 고려하여 등급을 제정하기 때문에, 25℃, 30℃, 40℃ 등 어떤 온도에서 침입도를 측정하든 그에 상응하는 온도변화에 대한 영향만 수정해주면 침입도 등급에는 전혀 차이가 없음을 유의하기 바란다.

식 (15)와 (16)을 사용하려면 40℃에서의 표준바인더의 침입도를 미리 알아야 한다. 등급을 제정하기 위해서는 표준바인더의 침입도(L_r)와 온도민감지수(K_r)는 물론 알고 있어야 하겠지만 등급을 제정하고자 하는 바인더의 침입도(L)와 온도민감지수(K)도 측정하여야 한다. 그러기 위해서는 한 특정 바인더에 대해 두 다른 온도에서만 침입도를 측정하여도 식 (14)에 의하여 온도민감지수(K)를 계산하는 것이 가능하지만 오차의 발생소지가 크므로, 적어도 세 다른 온도에서의 측정하는 것이 온도민감지수(K)의 오차를 줄여 등급의 정확성을 높이는 데 도움이 된다. 이 때 세 온도 중 한 온도는 침입도(L) 측정온도를 반드시 포함해야 한다. 기존의 침입도등급은 25℃에서 한번 측정하는 것으로 등급을 정하지만, 오차를 줄이기 위하여 적어도 반복하여 세 번 측정하도록 규정되어 있다. 새로운 등급도 세 번 측정하지만 각기 다른 온도에서 측정해야 하는 점이 다를 뿐이다.

탄성이 큰 개질 아스팔트의 경우에 25℃를 전후하여 침입도에 대한 온도영향이 다르게 나타나므로, 탄성 바인더의 등급제정을 위해서 침입도를 측정할 경우에 반드시 25℃ 이상의 세 다른 온도에서 침입도를 측정하여야 오차를 피할 수 있다.

2.3 이론식의 검증

(1) 식 (1)의 타당성 검증

침입도등급 식의 타당성은 혼합물의 소성변형과 바인더의 침입도 사이의 상관관계를 나타내는 식 (1)의 정확성여부에 크게 의존한다. King et al (1992)⁹⁾의 혼합물 휠트래킹 데이터와 바인더 침입도 데이터를 이용하여 식 (1)의 타당성을 검증해보았으며 그 결과를 스트레이트 아스팔트의 경우에 그림 1에, 스트레이트와 개질바인더가 공존할 경우에 그림 2에 나타낸다. 그림 1에서 보듯이 스트레이트 아스팔트바인더의 경우 식 (1)이 우수한 결과를 보이는 반면에, 개질과 비개질 바인더가 함께 하는 경우는 데이터 자체의 산란과 함께 어느 정도의 오차가 관측된다. 이러한 오차는 등급오차와 직접 관련이 되므로 주목을 받는다.

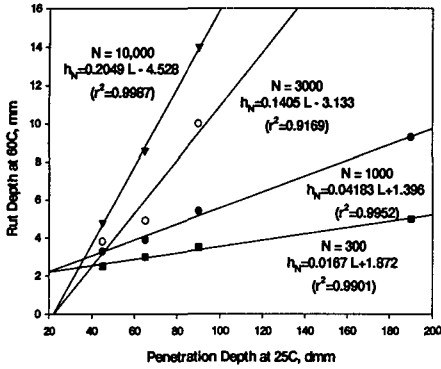


Fig 29. Rut depth versus penetration depth for unmodified asphalts.

그림 1. 비개질 아스팔트바인더만의 경우.

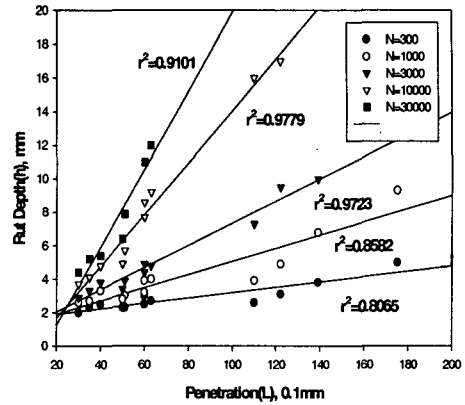


그림 2. 비개질과 개질 바인더가 함께 있을 경우.

(2) 식 (2)의 타당성 검증

국내 개질 아스팔트바인더(Dama, Superphalt, Crumb Rubber)에 대하여 침입무게 100g과 침입시간 5초를 고정시키고 온도변화에 따른 침입도를 측정하였다. 이 데이터를 식 (2)에 의하여 회귀분석한 결과가 그림 3 과 4에 전시되어 있다. 모든 바인더의 침입도에 대한 온도영향은 탄성영향이 적은 종류와 큰 종류 두 가지로

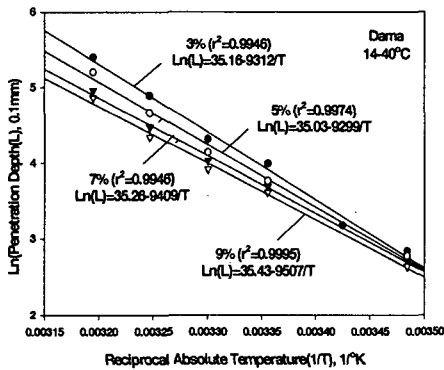


그림 3. 탄성영향이 적은 바인더

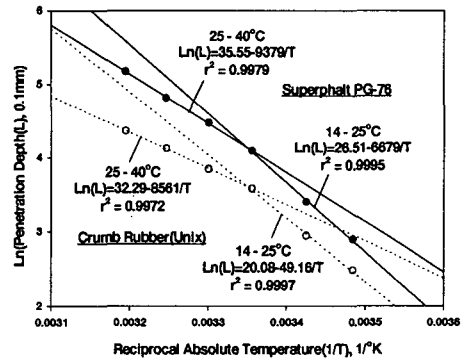


그림 4. 탄성영향이 큰 바인더

구분되었다. 탄성이 큰 바인더는 페타이어분말 바인더, 슈퍼팔트 바인더, 라텍스 바인더이며 그림 4와 같이 25°C 이하와 이상에서 침입도의 온도거동이 다르게 나타났다. 반면에 다른 모든 바인더는 탄성이 적은 바인더로서 그림 3과 같이 측정된 모든 온도범위에서 하나의 온도거동을 보였다. 따라서 온도민감지수를 구하기 위하여 세 다른 온도에서 침입도를 측정할 때, 탄성이 큰 바인더는 필히 25°C 이상의 온도에서 측정해야 한다.



3. 국내 모든 바인더에 대한 침입도 실험

국내에 사용되는 모든 아스팔트바인더에 대하여 온도변화에 따른 침입시험을 실시하고 그 결과를 표 1에 실었다. 표 1의 데이터를 식 (2)에 의하여 회귀분석을 실시하고 그 결과를 표 2(탄성이 적은 바인더)와 3(탄성이 큰 바인더)에 나타내었다. 표 2와 3에 보이는 우수한 예측결과는 식 (2)의 타당성을 재확인시킨다.

표 1. 국내 아스팔트바인더의 침입도 실험결과

바인더 No	침입도, 0.1 mm					
	14℃	19℃	25℃	30℃	35℃	40℃
k1	20	43	80	132	215	-
k2	18	33	58	105	175	-
k3	21	34	53	87	143	-
k4	20	34	55	93	153	-
k5	21	-	78	133	208	-
k6	19	37	61	99	174	-
k7	17	24	54	75	133	222
k8	16	-	43	63	106	182
k9	15	-	40	56	88	143
k10	14	-	37	50	77	130
k11	14	30	49	79	135	230
k12	13	26	45	80	121	203
k13	11	24	38	66	112	181
k14	10	-	35	57	93	161
k15	16	-	68	101	183	-
k16	19	-	73	117	-	-
k17	26	-	82	139	-	-
k18	22	-	84	121	-	-
k19	17	-	49	82	134	233
k20	12	-	41	64	110	186
k21	11	-	34	52	88	151
k22	9	-	27	42	68	109
k23	15	28	57	83	133	212
k24	15	24	53	80	126	174
k25	15	25	49	71	96	138
k26	14	21	45	59	83	122
k27	18	30	60	88	123	177
k28	12	19	36	47	62	79

표 2. 탄성이 적은 바인더의 회귀분석 결과

바인더	14 ~ 40 ℃		
	Ln(C)	D	r ²
k1	37.25	9805	0.9943
k2	36.01	9506	0.9986
k3	30.70	7943	0.9956
k4	32.42	8447	0.9972
k5	36.99	9736	0.9984
k6	34.39	9014	0.9953
k7	34.08	8991	0.9927
k8	31.53	8269	0.9937
k9	29.36	7655	0.9965
k10	28.72	7493	0.9936
k11	35.16	9312	0.9946
k12	35.03	9299	0.9974
k13	35.26	9409	0.9946
k14	35.43	9507	0.9995
k15	38.19	10154	0.9950
k16	37.74	9983	0.9980
k17	34.89	9079	0.9998
k18	36.11	9468	0.9914
k19	34.08	8980	0.9974
k20	35.20	9391	0.9991
k21	33.53	8943	0.9978
k22	32.07	8575	0.9996

표 3. 탄성이 큰 바인더의 회귀분석 결과

바인더	14 ~ 25 ℃			25 ~ 40 ℃		
	Ln(C)	D	r ²	Ln(C)	D	r ²
k23	38.87	10378	0.9999	31.61	8224	0.9958
k24	37.01	9857	0.9891	29.16	7504	0.9969
k25	34.81	9218	0.9986	25.23	6357	0.9985
k26	34.40	9129	0.9824	24.61	6210	0.9916
k27	35.55	9379	0.9979	26.51	6679	0.9995
k28	32.29	8561	0.9972	20.08	4916	0.9997



4. 표준바인더의 선정

바퀴주행시험에 사용된 골재는 충북 진천에서, 아스팔트 바인더는 I사에서 생산된 AP-5와 S사의 고분자 개질재를 혼합하여 사용하였다. 시편 1 개당 골재는 약 11Kg을 아스팔트 바인더는 골재 중량비 5.0%인 550g을 사용하였다. 골재크기와 분포도는 건교부 지방서의 표층 19mm 밀입도를 사용하였다.

골재와 아스팔트 바인더를 170℃ 온도로 가열한 후, 약 7~10초간 골재들만 건 비빔 하고, 160℃ 온도에서 아스팔트 바인더와 약 1분간 혼합하여 아스팔트 혼합물을 만들었다. 이 혼합물을 30×30×5cm의 몰드에 넣고 다짐온도(140~150℃)가 되도록 온도를 조절한 후, 직경이 460cm인 가압 Roller로 다짐하중(5Kg/cm²)을 가하고 17~23cm/sec의 속도로 55회 다짐을 실시하였다. 다짐 높이를 일정하게 유지하여 가급적 공극율이 4~6%가 되도록 혼합물 주행시편을 제작하였다. 이 시편을 실내온도에서 약 18시간 양생시킨 후 시험 실시 6시간 전부터 60℃의 챔버에서 온도를 균일화시켰다. 시험 시에는 온도조절이 자동으로 가능한 항온장치 또는 수증장치를 사용하여 60℃의 항온상태를 유지하였다.

본 연구에서는 도로공사가 보유한 일본 MACROSS사의 실내 바퀴주행시험장비를 이용하였다. 이 시험에 사용된 차륜폭은 5cm이고 직경은 20cm이다. 차륜주행거리는 편도 23±1cm이며, 차량속도는 분당 42회, 차륜 접지압은 70±1kgf 로 고정시켰으며 사용한 바인더는 AP-5 베이스 아스팔트에 S-개질제를 0, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15%를 첨가한 개질바인더를 사용하였다. 바퀴주행시험에서는 100, 200, 400, 700, 1000, 4000, 7000, 10000 다짐회수(편도)에서 각각 깊이방향의 변형 량을 측정하였다. 시험결과는 아래 표 4에 나타나 있다.

표 4. 분당 42회의 속도와 70kgf 접지압에서 S-개질 혼합물의 주행시험결과.

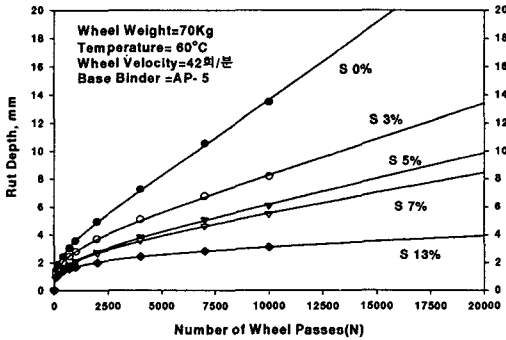
구 분		시 험 결 과 (차륜접지압 70kgf)								비 고	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
개질함량	AP-5 (%)	100	97	95	93	91	89	87	85		
	S (%)	0	3	5	7	9	11	13	15		
밀 도 (g/cm ³)		2.424	2.434	2.444	2.438	2.448	2.442	2.445	2.438		
변 형 량 (mm)	차 륜 통 과 횟 수 (회)	100	1.44	1.24	0.98	0.95	0.97	0.97	0.96	0.90	
		200	1.86	1.57	1.24	1.21	1.23	1.19	1.16	1.10	
		400	2.43	2.00	1.54	1.52	1.53	1.49	1.37	1.31	
		700	3.05	2.44	1.86	1.84	1.82	1.78	1.56	1.49	
		1,000	3.55	2.80	2.11	2.08	2.05	2.01	1.70	1.62	
		2,000	4.92	3.70	2.78	2.68	2.57	2.43	2.00	1.90	
		4,000	7.24	5.09	3.83	3.60	3.41	3.04	2.42	2.26	
		7,000	10.55	6.77	5.08	4.62	4.05	3.74	2.82	2.61	
		10,000	13.50	8.17	6.09	5.48	4.94	4.29	3.11	2.88	
h = aN ^b + cN ^d 에 의한 회귀분석 결과											
a		0.3872	0.3299	0.2524	0.2505	0.2499	0.2444	0.2040	0.1910		
b		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		
cx10 ⁵		11.88	4.815	3.424	2.466	1.477	0.6401	0.0	0.0		
d		1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		
r ²		0.9995	0.9992	0.9994	0.9995	0.9988	0.9997	0.9881	0.9831		

개질제 함량이 소성변형에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 표 4의 데이터를 그림 5에 표현하였다. 데이터 예측에는 다음 소성변형 식이 사용된다.



$$h = a \cdot N^b + c \cdot N^d \tag{17}$$

식 (17)의 예측결과는 표 4에 나타나 있으며 모두 성공적이다. 식 (1)에서 첫째 항(h_1)은 선형변형을 나타내는 식으로 재료파괴가 일어나기 이전의 소성변형을 대표하는 반면에 둘째 항(h_2)은 재료파괴 후의 소성변형을 표현하는 식이다. 그림 5에서 보듯이 재료파괴 이전의 선형변형 식과 재료파괴 이후의 변형 식이 합하여 전체 소성변형 식이 된다. 재료파괴에 관한 자세한 내용은 허정도 외 2인(2002)이 이번 학회에 발표하는 논문을 참조하기 바란다. 표준바인더는 등급제정에 있어서 기준이 되는 바인더이므로 적절한 선정이 무엇보다도 중요하다. Aschenbrenner and Currier(1993)⁽⁴⁾는



혼합물 시편에다 휠트래킹 시험을 실시하여 바퀴주행 회수가 20,000회 되었을 때, 소성변형이 10mm이내인 바인더를 소성변형에 안전하다고 평가하였다. 여기서도 이 기준을 표준바인더의 선정에 적용한다. 그림 5를 참조하면 s-개질재 7%가 첨가된 AP-5로 만든 혼합물이 주행회수 20,000회에서 10mm 이하의 소성변형을 주므로 이 바인더가 표준바인더로 채택된다. 이에 해당하는 바인더는 위 등급 식에서 k9으로 표기 되었으므로 이를 표준바인더로 선정한다.

그림 5. S-개질재함량에 따른 소성변형영향

5. 새로운 침입도등급 제정

표 1과 2에서 k9의 침입깊이와 온도민감지수는 각각 $L_r=40$, $D_r=7655$ 이다. 이 값을 기준으로 식 (14)와 표 1, 2와 3의 데이터 값을 이용하면 표 5에 보고한 새로운 침입도 등급이 제정된다.

표 5. 국내 아스팔트바인더에 대한 새로운 침입도 등급제정과 기존 등급과의 비교

바인더 No	새 등급 (°C)	순위	기존등급, 25°C, 100g, 5초 (0.1mm)	순위	바인더 No	새 등급 (°C)	순위	기존등급 25°C, 100g, 5초 (0.1mm)	순위
k1	44	28	80	26	k15	45	24	68	23
k2	48	22	58	20	k16	45	24	73	24
k3	55	11	53	15	k17	46	23	82	27
k4	52	16	55	18	k18	45	24	84	28
k5	45	24	78	25	k19	52	16	49	12
k6	49	21	61	23	k20	53	13	41	8
k7	51	19	54	17	k21	56	9	34	2
k8	56	9	43	9	k22	61	5	27	1
k9	60	6	40	7	k23	53	13	57	19
k10	62	4	37	5	k24	57	8	53	15
k11	51	19	49	12	k25	65	3	49	12
k12	52	16	45	10	k26	67	2	45	10
k13	53	13	38	6	k27	59	7	60	21
k14	54	12	35	3	k28	86	1	36	4



표 5를 참고하면, 여러 아스팔트바인더에 대한 새 등급과 기존 침입도 등급과의 순위에서의 차이점이 현저함을 발견한다. 특히 탄성이 많은 바인더의 경우인 k23-k28까지의 새 등급순위는 기존 침입도 등급과 비교하여 월등히 좋고, 기존등급에서 높은 순위를 차지한 바인더(k19-k22, k11-14)가 새 등급에서는 그렇게 높지 않다는 사실이 발견된다. 그러나 일반 스트레이트 아스팔트의 경우(k1-k6)에는 기존이나 새 등급의 순위에 있어서 큰 차이가 발견되지 않는다. 이러한 사실은 기존의 침입도 등급이 스트레이트 아스팔트바인더를 제외하고는 소성변형등급을 나타내는 데 적절하지 못할 수 있으며, 이에 대한 대안으로서 여기에 제안되는 새 등급을 적극적으로 고려할 필요가 있다.

6. 결론

새로운 침입도 등급의 이점은

- (1) 바인더의 등급을 소성변형에 안정한 최대온도로 제정함으로써 국내의 각 바인더가 소성변형에 얼마나 우수한지 한 눈에 알아볼 수 있고 서로 비교도 가능하다.
- (2) 각 바인더생산자는 바인더를 여러 등급별로 다양하게 생산 판매하는 것이 가능하다.
- (3) 수요자는 구입한 바인더가 요구등급을 만족하는 지 여부를 체크할 수 있다.
- (4) 특정 바인더의 소성변형에 안정한 최대온도를 바로 알 수 있다.
- (5) 기존의 침입도 장비를 그대로 사용함으로 새로운 장비를 구입할 필요가 없다.
- (6) 침입도 장비는 저가이고, 사용이 간편하며, 현장에서도 측정이 가능하다.

새로운 침입도 등급이 기존 침입도 등급과 다른 점은

- (1) 기존등급은 25℃에서 침입도가 기준이 되는 반면에, 새 등급은 60℃의 소성변형이 기준이 된다.
- (2) 기존등급은 경험에 의존하지만, 새 등급은 소성변형과 침입도와의 상관관계식을 이용한다.
- (3) 기존등급은 온도영향이 고려되지 않지만, 새 등급은 time-temperature superposition 원리에 의해 온도영향이 자연스럽게 고려된다.
- (4) 기존등급은 25℃에서의 침입깊이인 반면에, 새 등급은 소성변형에 안정한 최대온도이다.
- (5) 기존등급은 표준바인더에 대한 개념이 없어, 혼합물의 소성변형을 고려하지 못한다.

참고문헌

- (1) Huh JD, Kim HY, Cho KT and Nam YK(2000), A Critical Analysis of High Temperature Asphalt Binder Grading, KSCE J of Civil Eng, Vol.4, No. 1, pp. 37-45.
- (2) Choi HK, Huh JD and Nam YK(2001), Theoretical development and data regression for penetration testing, KSCE J of Civil Eng, Vol 5, No. 2, pp. 147-155.
- (3) King GN, King HW, Harders O, Chavenot P and Planche J-P(1992), Influence of asphalt grade and polymer concentration on the high temperature performance of polymer modified asphalt, J of Assoc of Asphalt Paving Tech, 61:29-61.
- (4) Aschenbrener T and Currier G (1993), "Influence of Testing Variables on the Results from the Hamburg Wheel-Tracking Device", Report No CDOT-DTD-R-93-22, CDOT, Denver, Colorado.