

아스팔트시멘트의 分子粒度分布特性에 따른 아스팔트콘크리트의 性質分析

Estimation of Bituminous Concrete Property Based on Molecular Size
Distribution of Asphalt Cement

金 光 宇* 廷 圭 錫**
Kwang W. Kim Kyu Seok Yeon

요 약

3종류의 AC-20 아스팔트 시멘트의 분자입자분포를 고압-겔투수 크로마토그래프 (HP-GPC)를 이용하여 관찰하였다. 건조상태와 습윤상태의 인장강도와 래질리언계수 측정을 위하여 한종류의 골재와 아스팔트 시멘트를 사용하여 실험실에서 역청콘크리트 공시체를 제조하였다. 이들의 역학적 성질시험결과와 아스팔트 시멘트 크로마토그램의 형태를 분석하여 상호간의 관계를 조사하였다. 회귀분석 결과는 역학적 성질과 크로마토그램의 분할면적비율간에 강한 상관관계가 있음을 보여주었다. 이 회귀분석 결과로부터 수학적 추정모델이 얻어졌다. 연구결과 아스팔트 크로마토그램의 특성이 정해진 아스팔트콘크리트의 역학적 성질추정에 잘 사용될 수 있음을 보여주었다.

Abstract

Molecular size distribution of three AC-20 asphalt cements were observed using high pressure - gel permeation chromatograph (HP-GPC). Bituminous concrete specimens were made using the asphalt cements and one aggregate in laboratory to measure mechanical properties, tensile strength (TS) and resilient modulus(M_R), in dry and wet conditons. Results of mechanical property tests and profile of molecular size distribution of asphalt cements were analyzed to evaluate the relationship of mechanical property with chromatogram. Regression analysis showed a strong correlation between a mechanical property and sliced percent areas of chromatogram. Mathematical prediction models were developed based on the regression analysis. It was shown that characteristics of asphalt cement chromatogram could be successfully used for estimation of selected mechanical property of asphalt concrete.

1. 서론

아스팔트는 다양한 크기의 分子로 형성되어 있는 Mac-

romolecular 물질로서 그 分子의 구성 형태에 따라 形質에 차이가 있다. 鋪裝用 아스팔트 시멘트(Asphalt Cement :AC)는 原油의 산지에 따라 그리고 精油方法에

* 정회원, 강원대학교 농공학과 조교수

** 정회원, 강원대학교 농공학과 부교수

따라 形質(Characteristics)상 많은 차이가 있다. 포장용 아스팔트 시멘트의 形質은 그것으로 제조한 아스팔트 콘크리트(Asphalt Concrete)의 성질에 많은 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 따라서 아스팔트 시멘트의 形質의 차이에 따라 아스팔트 콘크리트의 性能(Performance)에도 차이가 생기게 된다.

아스팔트의 形質은 폴리머류의 流性學(Rheology)적 분석방법의 하나인 크로마토그램(Chromatogram)을 이용하여 관장 할 수 있다. 이 크로마토그램의 分子粒度 分布 분석을 통하여 아스팔트의 물리적 성질을 추정하는 연구가 많이 이루어져왔다. (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). 그리고 그와 유사한 방법으로 아스팔트 콘크리트의 역학적 성질을 추정하는 연구도 가능한 것으로 示唆되고 있지만 아직 그러한 연구는 미흡한 실정이다. 그이유는 아마도 골재의 특성과 제조 방법에 따른 차이가 또다른 變數로 작용하기 때문인 것으로 추정된다. 따라서 본연구의 목적은 아스팔트 시멘트에 대한 形質分析과, 그형질과 아스팔트 콘크리트의 力學的 성질과의 관계를 분석하여 크로마토그램의 결과로부터 아스팔트 콘크리트의 역학적 성질을 추정하는 기초적인 연구를 수행하는 것이다.

2. 실험개요 및 방법

2.1 실험개요

이 연구의 목적을 달성하기 위하여 아스팔트 시멘트에 대한 크로마토그래프 시험과 이것으로 제조한 아스팔트 콘크리트의 역학적 성질을 측정하는 것이 필요하다. 각기 원산지가 다른 3가지 아스팔트 시멘트를 시료로 사용하여 그 형질상의 차이가 미치는 영향을 고려하였다. 아스팔트 콘크리트의 역학적 성질 측정에서의 골재로 인한 방해요인을 배제하기 위하여 같은 종류의 골재를 사용하여 공시체를 제조 하였다. 크로마토그램 시험에는 High Pressure Gel-Permeation Chromatography (HP-GPC) 기구에 Differential Refract Indexmeter (RI Detector)를 檢出機로 사용 하였다. 아스팔트 콘크리트의 강도 성능을 파악하기 위하여 인장강도(Tensile Strength : TS)와 웨질리언계수 (Resilient Modulus : M_R)가 측정 되었다.

2.2 실험재료

원산지가 다른 3개의 AC-20 아스팔트 시멘트 (A, E, K로 命名)를 HP-GPC 분석과 아스팔트 콘크리트 공시체 제조에 사용 하였다. 골재로는 道路表層 아스팔트 콘크리트 제조용 碎石骨材 (굵은골재 최대치수 1/2")가 공시체 제조에 사용 되었다. HP-GPC 시험의 Sample 희석과 流動溶液(Mobil Phase)으로는 HPLC 등급의 Tetrahydrofuran(THF)이 사용 되었다.

2.3 아스팔트 시멘트의 크로마토그래프 시험

HP-GPC 시험에는 3개의 Ultrastayragel Column(500Å 2개, 1000Å 1개)을 직렬연결하여 보다 나은 Partitoning을 얻도록 하였다. THF용액의 유동속도는 1ml/min. 였고, THF는 사용전 30분 가량 진공(30"Hg)펌프로 용해되어 있는 산소를 제거(degasing) 하여 사용 하였다. 분석용 아스팔트는 중량비 0.25%(AC : THF=1 : 400)로 희석 시켰으며 모든 시험의 1회 주입량은 Column의 용량과 Detector의 감도에 맞추어 事前 실험을 통하여 100 μ l로 정하였다. (7). 분석용 Sample은 주입직전 0.5 μ m filter로 걸러 이물질의 반입을 막도록 하였다. 실험시 온도와 Column의 온도는 25°C로 유지하도록 하였다. 1회 시험은 총 40분 걸렸으며 주입후 약 15분 후부터 Sample이 검출(Eluent)되기 시작하여 약30분에 끝났다(Figure 1). 각 Sample은 4회 반복하여 시험 하였다.

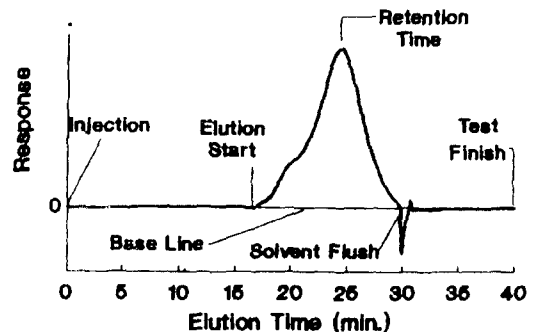


Figure 1. Illustration of A Typical HP-GPC Curve.

2.4. 아스팔트 콘크리트의 역학적 성질시험

각 아스팔트 시멘트에 대하여 마샬 공시체 (직경 4", 높이 약 2.5")를 24개씩 제조 하였다. 공시체는 Asphalt Institute의 MS-2(8)에 의거하여 제조 하였으며 제조시 다짐횟수는 각면당 50회로 하였다. 아스팔트 콘크리트의 역학적 성질은 건조상태와 습윤상태에서 많은 차이가 있으므로 공시체들을 반으로 나누어 건조와 습윤상태용으로 구분하였다. 즉 공시체들은 제조후 약 3시간 가량 25°C 실내에서 식힌뒤 건조와 습윤상태 측정용으로 12개씩 무작위로 나누었고, 이를 다시 6개씩 무작위로 나누어 TS와 M_R 용으로 구분 하였다. 습윤상태 측정용 공시체들은 선정후 상온에서 물에 담그어 5분간 30"Hg 진공을 가한후 60°C의 물에 24시간 침전하여 완전히 포화시킨후, 꺼내어 5분내에 표면건조포화상태에서 필요한 측정을 하였고, 건조상태의 공시체는 선정된후 바로 측정에 사용 되었다. 따라서 총 72개의 공시체(3 AC×2 강도 ×2 수분조건×6 반복=72)가 시험 되었다.

아스팔트 콘크리트의 중요성질중의 하나인 인장강도는 간접인장시험에 의하여 그리고 휨질리언 계수는 차량의 시속 100km/h의 주행속도를 시뮬레이션한 상태에서 반복하중으로 ASTM D4123(9)에 의하여 측정되었다. 간접인장시험으로 측정된 인장강도는

$$f_t = 2P/\pi dt \dots\dots\dots [1]$$

이때, 여기서, f_t =간접인장 강도
 P =공시체의 파괴하중
 d =공시체의 직경
 t =공시체의 두께 이다.

또한 휨질리언 계수는 축방향으로 가해진 반복하중에 대한 축방향으로의 회복변형률과 축방향으로부터의 偏向

Table 1. Mean Values of Mechanical Properties of 3 Asphalt Cement Concretes.

ASP	Tensile Strength			Resilient Modulus		
	Dry (psi)	Wet (psi)	TSR ¹ (%)	Dry (ksi)	Wet (ksi)	M_R R ² (%)
A	117.5	75.4	64.6	256.7	233.2	91.8
E	122.0	72.5	58.7	331.5	171.2	53.1
K	101.8	63.0	61.9	223.4	181.9	81.4

1. $TSR = (Dry\ TS)/(Wet\ TS) \times 100$

2. $M_R R = (Dry\ M_R)/(Wet\ M_R) \times 100$

응력의 比로 정의되는 값이다. 즉

$$M_R = \sigma_a / \epsilon_a \dots\dots\dots (2)$$

이때, 여기서, M_R =휨질리언 계수

σ_a =축방향 偏向應力

ϵ_a =축방향 回復變形率이다.

각각의 처리조건 당 6반복 공시체로 부터 측정된 위의 시험치중 최대치와 최소치를 제거한 4개의 값들을 분석에 사용하였고 그 평균치는 Table 1과 같다.

3. 시험결과 및 분석

3.1. HP-GPC 시험

각 아스팔트 시멘트에 대한 HP-GPC 시험으로부터 얻어진 분자입도분포도는 Figure 2와 같다. Figure 2는 각 시료로 부터 얻어진 Figure 1과 같은 형태의 곡선에서 입자가 檢出되는 약 15분 부터 30분 사이의 부분만을 확대하여 그린것으로, 각 곡선은 4회 반복값의 평균으로 부터 얻어진 것이다. 아스팔트에 대한 HP-GPC곡선(Chromatogram)은 성질상 폴리머와 같이 곡선의 앞부분은 입자가 큰 분자들을 나타내며 시간이 지나 뒤로가면서 차례로 입자가 작은 분자들을 나타낸다. 그리고 크로마토그램상의 위치는 아스팔트의 특정성질을 나타내므로 아스팔트의 종류에 따라 분자입도 분포는 차이가 있다. 따라서 본연구는 결과를 보다 일반화 하기위하여 원산지가 다른 3종류의 아스팔트 시멘트를 사용하였다.

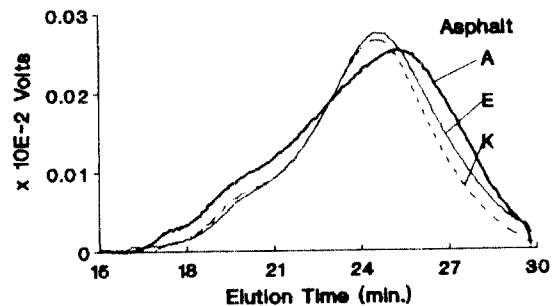


Figure 2. Illustration of HP-GPC Profiles for 3 Asphalt Cements.

분자입도 분포를 분석하기 위하여 Figure 2의 곡선들을 같은 간격으로 Figure 3과 같이 10등분으로 나누어 첫번째 부터 10번째 구간을 T1, T2, ..., T9, T0로 命名 하였다.

(Price(6)와 Kim&Burati(7)에 의하여 10等分割이 적절한 것으로 알려져 있음).

각 구간별 曲線下 면적비분율의 값 (4반복 시험으로 얻어진 평균치)은 Table 2와 같다. 일반적으로 T1-T4구간의 분자를 大型粒度 분자 (Large Size Molecules : LSM)로, T5-T7을 中間粒度 분자(Medium Size Molecules : MSM), T8-T0를 小型粒度 분자(Small Size Molecules : SSM)로 칭한다. 10개 구간의 分割面積比의 차이를 Figure 4에서, 그리고 소형, 중형, 대형입자 비율의 차이를 Figure 5에서 보여주고 있다.

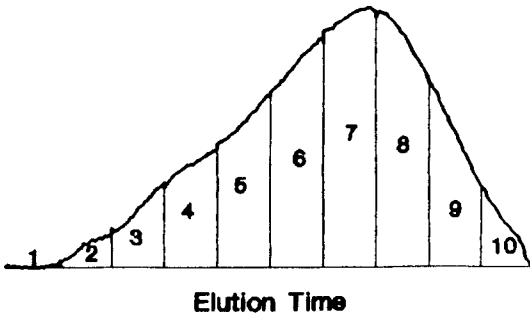


Figure 3. Description of Slice of A HP-GPC Curve into 10 Equal Time.

Table 2. Mean Value of % Area for Each Slice of HP-GPC Curves.

SLICE	Asphalt Cement					
	A		E		K	
	MEAN	STD	MEAN	STD	MEAN	STD
T1	0.58	0.13	0.39	0.10	0.57	0.13
T2	2.19	0.29	1.93	0.18	2.61	0.39
T3	5.39	0.34	5.48	0.29	6.08	0.63
T4	8.39	0.43	8.81	0.50	9.13	0.21
T5	12.69	0.29	14.42	0.55	14.95	0.59
T6	17.71	0.31	21.99	0.26	22.28	0.64
T7	20.89	0.35	22.78	0.40	21.98	0.54
T8	17.95	0.36	14.82	0.55	13.50	0.68
T9	10.39	0.41	7.13	0.63	6.49	0.30
T0	3.82	0.91	2.26	0.66	2.41	0.38

Figure 4, 5와 Table 2에서 보여주듯이, 아스팔트 A는 대체로 SSM(T8-T0)이 다른 아스팔트 보다 많고, K는 LSM와 MSM(T1-T6)이 他 아스팔트보다 많았으며 E는

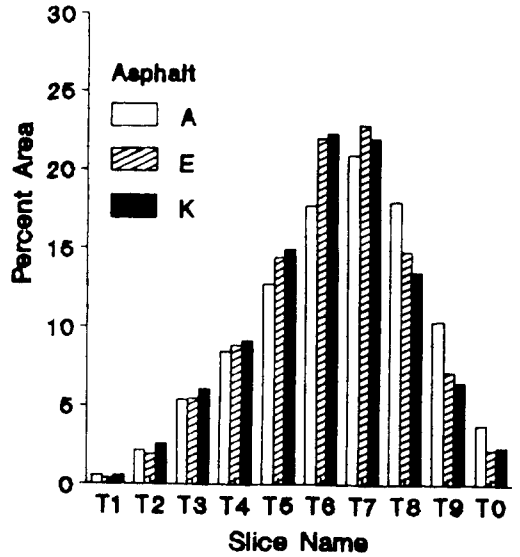


Figure 4. Comparison of %Area for 10Slices among Three Asphalt Cements.

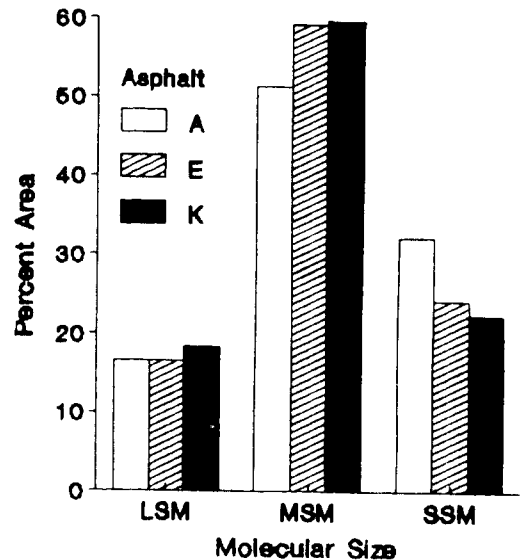


Figure 5. % Area for SSM, MSM and LSM of Three Asphalt Cements

MSM 중 T7 이 가장 많고 T1, T2, T0에서 가장 적은반면 他 입자는 3종중 대략 중간을 차지하였다. 이로부터 A와 K가 앞뒤 부분의 분자입도 분포가 크게 다른 반면 E는 그 중간 정도임을 알 수 있었다.

3.2. 아스팔트 콘크리트의 力學的 性質

아스팔트 콘크리트의 인장강도와 웨질리언 계수를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 일반적으로 별다른 첨가제가 없는 경우 아스팔트 콘크리트의 강도는 습윤상태에서 크게 저하되는 것으로 알려져 있으며 이 연구결과에서도 그 維持比(TSR, M_{rR})가 매우 낮게 나타났다. 특히 TSR (습윤인장강도 / 건조인장강도 $\times 100$) 값은 모든 아스팔트에 대하여 60% 내외 정도였다. 또한 시험결과에 의하면 아스팔트 시멘트 E가 건조상태에서 인장강도와 웨질리언 계수가 최대, A가 중간 그리고 K가 최하였으며 TSR과 M_{rR} (습윤웨 질리언계수 / 건조웨 질리언계수 $\times 100$)에서는 A, K, E순을 보였다.

3.3. HP-GPC 결과와 역학적 성질과의 比較考察

위의 역학적 성질분석 결과는 크로마토그램의 분할면적비와 어떤 관계가 있음을 알 수 있게 해준다. 건조인장강도와 웨질리언 계수가 가장 높고 이들의 維持比가 가장 낮은 아스팔트 E가 MSM 부분인 T7이 가장 높았고, 아주 큰 입자들(T1-T2)과 아주 작은 입자(T0)에서 가장 낮았다. 강도가 중간이고 그 維持比가 가장 높은 아스팔트 A의 경우 T3-T6에서 가장 낮고 SSM 부분에서는 가장 높았다. 반면 강도가 가장 낮고 維持比가 중간인 아스팔트 K의 경우 전반부(T1-T6)가 가장 높고 후반부(T0 제외)는 가장 낮았다. 그리고 뒷부분의 작은 입자들(T8, T9, T0)의 비율이 가장 높은 A는 습윤상태에서 두 성질다 높은 값을 보이고 있다. 이러한 결과들은 크로마토그램의 부분적 분할면적비가 그 아스팔트로 제조된 아스팔트 콘크리트의 강도치들과 조화를 이루는 어떤 적정범위가 있음을 시사한다.

따라서, T8, T9, T0 부분의 비율이 가장 높은 아스팔트 A가 습윤상태에서 특히 높은 웨질리언 계수값을 보이고 있어 그부분의 분자량 증가가 습윤상태의 M_r 증진에 어떤 결정적인 역할을 하는 것으로 보인다. 또한 LSM 부분(T1, T2, T3, T4)과 MSM 부분중 앞부분 (T5, T6) 비율이 가장 높은 K가 모든 강도에서 최소인 것을 보면 이부분이 너무 비율이 과다하면 강도의 저하가 일어나는 것으로 보여진다.

4. HP-GPC 결과와 역학적 성질간의 相關分析

4.1 회귀분석

크로마토그램 분할면적비와 역학적 성질과의 관계를 SAS(Statistical Analysis System)의 STEPWISE Procedure (10) 回歸分析 방법을 이용하여 조사 하였다. 10개의 분할면적을 독립변수로, 각 성질을 종속변수로 하는 모델을 이용한 線多元回歸分析(Linear Multiple Regression)을 수행 하였다. 주어진 역학적 성질을 분할 면적으로부터 가장 적절히 추정할수 있는 모델(최대 相關比 r^2 를 나타내는 모델)을 STEPWISE 결과로부터 구하였다. 각 모델에서 有意差水準(α)은 0.20 (SAS에서 0.1~0.25로 추천)으로 그리고 최소 r^2 는 0.75로 설정 하였다. 따라서 본연구의 모델은 F-값으로 측정된 確率이 0.20 이하 그리고 相關比가 0.75 이상인 것만이 추정모델로 고려되었다.

4.2 力學的 性質의 推定

분석에 사용된 모델은 건조상태와 습윤상태의 인장강도와 웨질리언 계수로 총 4개였다. Table 3은 주어진 10개 면적비중 STEPWISE로 부터 선정된 각 성질에 대한 最適 모델들에 이 계수들을 대입한 線型回歸方程式은 아래식 3부터 6가지와 같다.

Table 3. STEPWISE Results for Mechanical Properties

Property		Model	r^2	Pr. > F
TS	Dry	DTS = T1, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9	0.8987	0.1757
	Wet	WTS = T1, T5, T6, T7, T8, T9	0.9441	0.0001
M_r	Dry	DM_r = T1, T2, T3, T4, T5, T6, T0	0.9966	0.0001
	Wet	WM_r = T1, T2, T3, T5, T7, T9, T0	0.9841	0.0019

Note : TS = Tensile Strength
 M_r = Resilient Modulus

$$DTS = 159.3T_1 + 139.6T_3 - 80.8T_4 + 257.1T_5 - 69.6T_6 + 229.7T_7 - 101.4T_8 + 259.6T_9 - 7754.9 \dots \dots \dots (3)$$

$$WTS = 82.6T_1 - 20.9T_5 + 21.5T_6 - 24.8T_7 + 58.4T_8 - 60.4T_9 \dots \dots \dots (4)$$

$$DM_r = 97.5T_1 + 310.1T_2 + 308.8T_3 - 343T_4 + 189.5T_5 + 110.6T_6 -$$

$$111.9T_0 - 1048.7 \dots \dots \dots (5)$$

$$WM_R = 789.5T_1 - 582.1T_2 + 91.8T_3 - 56.6T_5 - 177.5T_7 - 140.1T_9 + 68.2T_0 + 6186.6 \dots \dots \dots (6)$$

여기서, DTS=건조 인장강도

WTS=습윤 인장강도

DW_R=건조 래질리언 계수

WM_R=습윤 래질리언 계수 이다.

4가지 모델중 습윤인장강도는 보다나은 상관비를 얻기 위하여 모델에 절편을 없이 하였다. (식4). 실험으로 얻어진 값들과 윗 식들로부터 계산 되어진 추정치들을 각각 X축과 Y축으로 하여 그린 그림이 Figure 6부터 9까지에 나타나있다. 그림에서 보여주듯이 건조 래질리언 계수는 거의 완전하게 가까운 상관관계 ($r^2=1$)를 보여주고 있고 나머지들도 상관비가 약 0.9내지는 그이상을 보여주고 있어 매우 밀접한 상관관계가 있음을 알수 있다.

4.3 분석 및 고찰

Table 3에서 보여주듯이 가장 큰입자인 T1 그리고 중형입도분자의 T5 그리고 소형입도분자의 T9은 4가지 모델에 모두 포함되어 있다. 이것은 이들 세부분의 분자량이 위의 성질을 결정하는데 있어서 중요한 변수임을 말해준다. 인장강도의 경우 건조상태나 습윤상태나 공히 T1, T5, T6, T7, T8, T9가 모두 포함되어 있는 반면, 래질리언 계수에는 T1, T2, T3, T5, T9, T0이 모두 포함되어 있어 두 성질에 차이를 이것을 통하여 보여준다. 특히 T6와 T8은 M_R에는 없이 TS에만, 그리고 T2와 T0는 TS에는 없이 M_R에만 있어 T6와 T8부분의 분자량 변화가 인장강도 결정에 중요한 변수로, 그리고 T2와 T0 부분의 분자량은 래질리언 계수 결정에 중요한 변수로 작용함을 알 수 있다.

건조상태에서는 두가지 성질 모두에 T4가 중요한 변수이나 습윤상태에서는 제외 되었다. 습윤상태에서 아스팔트 콘크리트의 강도저하는 골재표면에 부착되어 막을 형성하고 있는 아스팔트 시멘트의 부착력이 습기로 인하여 저하되기 때문이다. 이런점을 고려한다면 T4부분의 분자량이 골재와의 부착력에 어떤 관계를 가지는 부분임을 추측케 하여준다. 산지가 다른 3종의 아스팔트 시멘트의 사용으로 인한 변동요인이 통계적 모델에 미치는

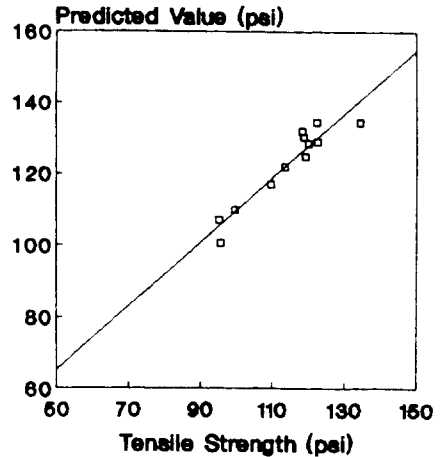


Figure 6. Dry Tensile Strength Vs. Linear Prediction by Equ. 3, $r^2 = 0.8997$

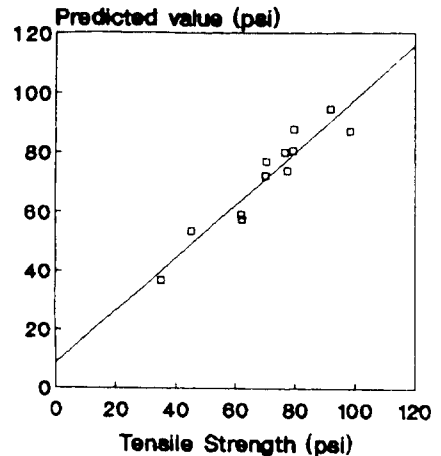


Figure 7. Wet Tensile Strength Vs. Linear Prediction by Equ. 4, $r^2 = 0.9441$

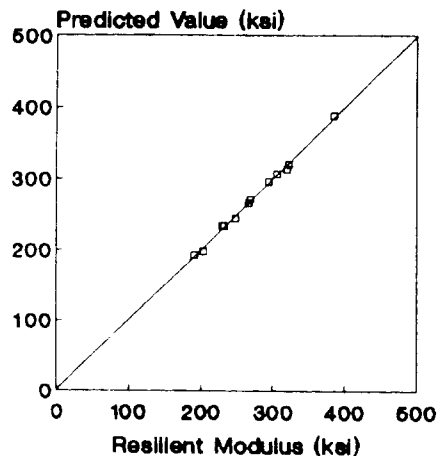


Figure 8. Dry Resilient Modulus Vs. Linear Prediction by Equ. 5, $r^2 = 0.9966$

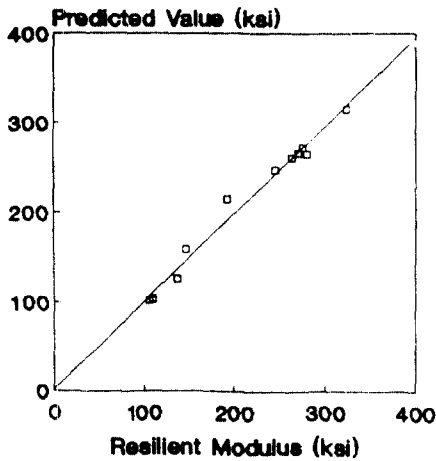


Figure 9. Wet Resilient Modulus Vs. Linear Prediction by Eq. 6, $r^2 = 0.9841$

점을 고려한다면 식 3부터 6까지의 회귀방정식 추정모델들의 상관비 값들은 매우 높은 값이다. 이는 실제로 아스팔트 크로마토그램을 통한 아스팔트 콘크리트의 역학적 성질의 추정을 일반화 할 수 있음을 보여주는 것이라 할 수 있다.

5. 결론

아스팔트 시멘트의 分子粒度分布 (Chromatogram) 특성과 그 아스팔트 시멘트로 제조한 아스팔트 콘크리트의 力學的 性質을 비교검토한 결과 아스팔트 콘크리트의 성질은 아스팔트 시멘트의 分子粒度分布의 形態와 밀접한 相關關係가 있음을 알 수 있었다. 본 연구에 사용된 역학적 성질은 인장강도와 웨질리언 계수 (Resilient Modulus)이며 이들은 線形 多元回歸分析을 통하여 크로마토그램상의 分割面積比 값들의 函數로 나타내어 질 수 있었다. 이때 각 성질과 크로마토그램과의 相關比 (r^2)는 모두 약 0.9 내지 그 이상 1.0에 가까웠다. 이는 建設材料로서 원산지가 다른 3종의 아스팔트와 골재 자체에 내재해 있는 不確實性을 감안한다면 대단히 높은 수치이다. 또한 이 관계는 아스팔트 콘크리트가 수분으로 飽和된 상태에서도 별 차이가 없었다. 특히 분자입도가 가장 큰 부분인 T1, 중간부분의 T5 그리고 아주 작은 입자인 T9은 수분 상태와 관계없이 인장강도와 웨질리언계수를 결정하는데 중요한 變數임을 알 수 있었다.

본 연구에서는 아스팔트 콘크리트 성질에 골재의 차

이에 의한 變動量을 배제하기 위하여 한 종류의 골재를 사용하였으며, 각 공시체마다 골재가 같은 입도가 되도록 엄격한 실험실 통제조건 하에 공시체를 제조하였다. 하지만 이런 방법은 소량 실험시의 실험실 통제하에서만 가능하며 실제 現場에서는 불가능 할 것이다. 또한 아스팔트 콘크리트의 역학적 성질은 사용된 골재의 특성과도 관련이 있다. 따라서 본 연구에서의 결과는 사용된 골재가 가지는 어떤 특성에 기인하는지도 모른다. 그러므로 몇 종의 아스팔트를 사용하였듯이 몇 종류의 골재를 사용하여 현장조건 하에서 이와 같은 연구를 실시할 경우 보다 일반화된 관계를 얻어 낼 수 있을 것으로 사료된다. 또한 본연구에서 사용되지 않은 아스팔트 콘크리트의 성질, 예를들어 마찰 안정강도 또는 압축 강도등에 대한 같은 방식의 고찰도 중요한 연구가 될 것이다.

이와 같은 연구로부터 얻어진 결과는 아스팔트 시멘트의 분자입도분포가 아스팔트콘크리트의 역학적 성질에 어떻게 영향을 미치는 지를 보여주므로, 이 분야의 계속적인 연구는 공사에 사용될 아스팔트 선별의 실용화를 가능하게 하여줄 것이다. 이 경우 도로공사등 막대한 양의 아스팔트를 사용하는 공사에서 우수한 아스팔트를 효율적으로 사전 선별하므로 보다 건실한 포장공사를 가능하게 해줄 것이며, 그로부터 얻게 될 경제적 이득은 상당할 것이다. 또한 여기에 사용된 실험적 방법은 폴리머 등의 첨가제를 사용하여 필요한 부분의 분자량을 조정함으로써 이룰 수 있는 아스팔트 시멘트의 형질개선 및 개량 아스팔트 개발을 위한 연구에 사용될 수 있을 것이다.

감사의 말

본 연구는 미국 Clemson University 토목공학과 Burati 교수에게 수여된 National Science Foundation의 Presidential Award 연구비의 일부 지원과 강원대학교의 시설을 이용하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Bynum, D. and Traxler, R., "Gel Permeation Chromatography Data on Asphalts Before and After Service in Pavement." Proceedings of Association of Asphalt Paving Technologists, Volume 39, 1970.
2. Jennings, P. W., "High Pressure Liquid Chromatography as a Method of Measuring Asphalt Composition," Report

- #FHWA-MA-7930, Dept. of Chemistry, Montana State University, Bozeman, Montana, March 1980.
3. Plummer, M. A., and Zimmerman, C. C., "Asphalt Quality and Yield Prediction from Crude Oil Analysis," Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, Volume 53, 1984.
 4. Goodrich, J. L., Goodrich, J. E., and Kari, W. J., "Asphalt Composition Tests: Their Application and Relationship to Field Performance," Presented at 65th Annual Meeting of Transportation Research Board Meeting, January 1986.
 5. Jennings, P. W., et al, "Uses of High Performance Gel Permeation Chromatography for Asphalt Analysis," Presented at 64th Annual Meeting of Transportation Research Board Meeting, January 1985.
 6. Price, R. P., "A Quantitative Method to Characterize Asphalts Using High Pressure-Gel Permeation Chromatography," A Partial Fulfillment of the Requirements for Ph. D, Dept. of Civil Engineering, Clemson University, Clemson, SC, U. S. A., August 1988.
 7. Kim, K. W. and Burati, J. L., "Characterization of Asphalt Cement Properties Using Chromatogram,' Submitted to AAPT for Publication in Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, 1990.
 8. The Asphalt Institute, Mix Design Methods for Asphalt Concrete, Manual Series No. 2, 1984.
 9. Annual Book of ASTM Standards, Section 4, Construction, Volume 4.03, Road and Paving Materials; Traveled Surface Characteristics, Easton, MD, 1989.
 - 10 SAS User's Guide: Statistics, Version 5 Edition, SAS Institute Inc., Carry, NC, 1987.