

수분에 의한 아스팔트 혼합물의 물성 변화 현상에 관한 연구

A Study on Moisture-Induced Property Changes of Asphalt Mixture

박은용* · 임정혁** · 천상현*** · 안진형****

Park, Eun Yong · Im, Jeong Hyuk · Chun, Sang Hyun · Ahn, Jin Hyung

1. 서론

1997년부터 나타나기 시작한 엘니뇨 현상으로 최근까지 지구 전체의 기상 이변이 속출하고 있는 실정이다. 이러한 영향에 의해 우리나라에서는 여름철에 단기간에 걸쳐 국지적으로 발생하는 호우가 하나의 기상 현상으로 계속되고 있으며, 이러한 새로운 기상 환경의 변화는 도로의 잦은 침수와 우수의 다량 유입으로 인해 도로 포장체의 구조적인 약화를 초래하였다. 또한, 차량간의 충돌에 의한 사고 발생률의 증가로 인해 도로상에 차량의 연료유와 엔진오일 등의 외부 물질 유입 등으로 인해 박리(Stripping) 현상의 진전과 포트홀 파손이 빈번하게 발생하고 있다. 이는 도로를 주행하는 차량의 주행 안전에 영향을 미쳐 차체의 국부적인 손상뿐만 아니라 교통사고를 유발시키는 원인을 제공할 수 있다. 따라서 아스팔트 포장에 수분이 유입되면서 야기되는 가장 일반적이면서도 치명적인 박리 현상에 대해 역학적 메커니즘을 통해 접근하고, 아스팔트 혼합물의 수분에 대한 민감도를 알아보고자 한다.

본 연구에서는 기존에 제안된 아스팔트 혼합물의 수분 민감도 시험을 통해 적절한 평가 방법을 선정하여 밀입도 아스팔트 혼합물의 수분에 대한 거동특성을 파악함으로써 아스팔트 포장의 수분에 의한 물성 거동을 이해하고자 한다.

2. 수분에 의한 아스팔트 혼합물의 물성 변화 현상

2.1 아스팔트 혼합물의 수분 민감도 특성 및 메커니즘

아스팔트 혼합물의 수분에 의한 영향은 혼합물과 수분과의 관계에서부터 환경 및 교통하중으로 발생하는 응력과 관계까지를 고려해야 하는 매우 복잡한 양상을 보인다. 그림 1은 이러한 아스팔트 혼합물과 수분과의 관계를 그림으로 나타낸 것이다.

아스팔트 혼합물의 수분에 의한 가역적 또는 비가역적 물성변화는 보통 아스팔트 혼합물의 내구성이라는 측면으로 검토되고 있으며, 이는 균열 및 소성변형과 같은 아스팔트 포장의 파손과는 구별하고 있다. 아스팔트 혼합물의 수분에 의한 가역적 또는 비가역적 물성변화는 교통하중 및 환경하중에 의해 발생하는 응력의 작용으로 인하여, 아스팔트 혼합물의 박리현상(stripping)으로 발전하게 되고 이러한 박리현상은 여러 경계조건에 따라 라벨링, 포트홀, 소성변형, 균열 등 여러 형태의 포장파손으로 발전하는 것으로 알려져 있다. 따라서 수분에 의한 아스팔트 혼합물의 물성변화 현상을 이해하는 것은 아스팔트 포장의 거동을 근본적으로 이해하는데 매우 중요한 요소이다.

물이 포장도로의 아스팔트 혼합물 층에 들어올 때, 아스팔트 혼합물의 수분에 따른 파괴현상은 아스팔트 혼합물 내의 점착성 변화(cohesional change)와 점착성 변화(adhesional change)에 의해 발생된다고 보는 것

* 경희대학교 토목공학과 석사과정 · 031-201-2923(E-mail:OOp@hanmail.net)

** 경희대학교 토목공학과 석사과정 · 031-201-2923(E-mail:zzashaa@msn.com)

*** 경희대학교 토목공학과 석사과정 · 031-201-2923(E-mail:acechoco@hanmail.net)

**** 건화엔지니어링 공학석사 · 016-323-7950(E-mail:vivaldi49@hanmail.net)



이 일반적 견해이다(Terrel and Shute, 1989). 이러한 차이점은 아스팔트 혼합물의 물리적 특성에서의 변화를

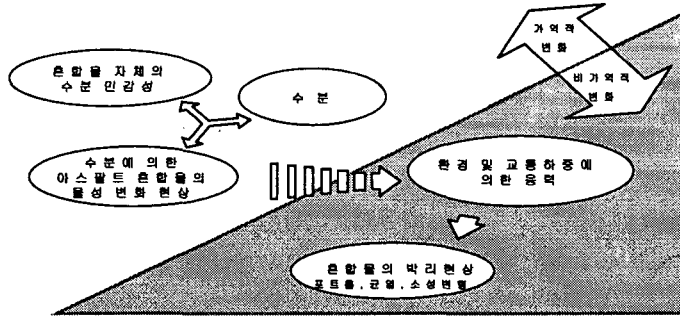


그림 1 아스팔트 혼합물과 수분과의 관계

야기한다. 아스팔트 혼합물 공극내의 수분이 제거 되어감에 따라, 아스팔트 혼합물의 물리적 특성은 그들의 고유의 상태로 돌아가려는 경향이 있다. Graf(1986)에 따르면, 아스팔트 혼합물이 본래의 특성을 유지하는 한, 수분이 혼합물의 물리적 특성에 악영향을 끼치지 않는다는 것을 알 수 있다. 수분에 의한 파손은 교통과 환경에 의해 발생된 응력이 수분에 의해 변화된 아스팔트 혼합물 층에 적용될 때 발생하기 시작한다.

이와 같이, 수분에 의한 혼합물의 물성은 예측 불가능하게 변화한다. 이러한 변화들의 방향은 증가할 수도 있고, 그대로일 수도 있으며, 감소할 수도 있다. 이러한 현상에 대해 T. F. Fwa and C. B. Oh(1995)가 비슷한 보고를 하였는데, 이를 그림 2에 나타내었다.

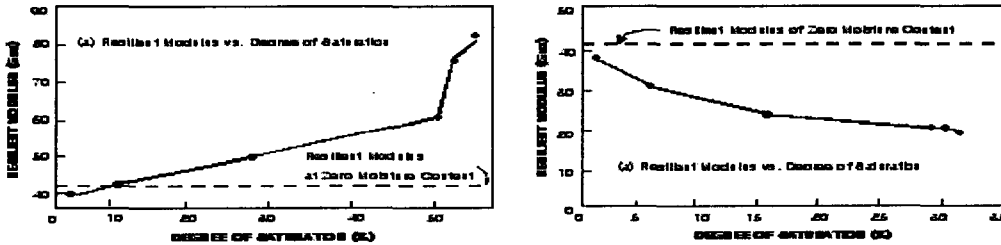


그림 2 T.F.Fwa and C.B.oh의 연구 결과(1995)

위의 그림 2와 같이 아스팔트 혼합물의 수분 처리방법에 따라 강성변화 현상은 항상 일관되게 나타나는 것이 아니라, 혼합물의 종류 및 기타 아직 파악되지 않은 원인들에 의하여 강성이 증가할 수도, 또는 감소할 수도 있는 것으로 알려져 있다.

Schmidt 와 Graf(1972)는 수침 포화에 의해 야기된 이러한 특성의 변화는 회복이 가능하다고 보고했다. 그 측정 결과들은 그림 3에 나타나있다.

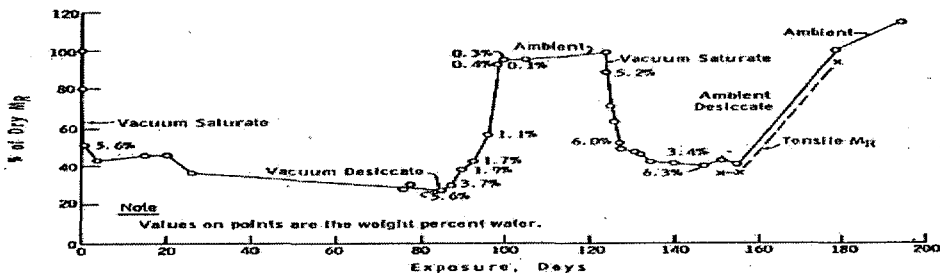


그림 3 아스팔트 혼합물의 회복탄성계수 변화 추이 (Schmidt and Graf, 1972)



2.2 기존에 제안된 아스팔트 혼합물의 수분민감성 시험

- NCHRP 246-Lottman의 아스팔트 혼합물 수분처리방법
- NCHRP 274 - Tunnicliff and Root 의 아스팔트 혼합물 수분 처리 방법
- AASHTO T-283 - 수정된 Lottman의 아스팔트 혼합물 수분처리방법

본 실험에서는 위의 방법들의 장점들을 모았고, AASHTO T-283으로 규정된 수정된 Lottman의 아스팔트 혼합물 수분 처리 방법을 사용하였다.

3. 사용재료 및 시험 방법

3.1 사용재료

본 연구에서는 보다 실제에 가까운 아스팔트 포장의 수분에 의한 거동특성을 파악하기 위하여, 일반 아스팔트 포장의 시공방법과 매우 유사한 형식으로 시공된 축소된 규모의 아스팔트 포장 시편을 대상으로 코아 채취된 아스팔트 혼합물 시편(이후 혼합물 A라 칭함)을 사용과 더불어 일반 마상 다짐기를 사용한 실험실 다짐을 통한 혼합물 시편(이후 혼합물 B(최적 아스팔트 함량 : 5.7%), 혼합물 C(아스팔트함량 : 5.4%)라 칭함)을 제작하였다.

3.2 시험방법

(1) 아스팔트 혼합물의 간접인장시험

간접인장 시험은 1953년에 Akazawa에 의해 시멘트 콘크리트의 인장 강도를 측정하기 위한 시험으로 처음 소개되었고, 이 후 1965년에 Hadley 등에 의하여 시험 방법이 정립되었다. 본 연구에서는 미국 Instron 사의 25ton 유압 재하 장비 8502를 사용하였다.

i. 회복탄성계수(Resilient Modulus, M_R) 시험

회복탄성계수 시험은 반복하중을 작용시킬 수 있는 조건이어야 하며 하중은 공시체가 파괴되지 않을 정도로 간접인장강도의 5~20% 사이의 응력을 사용한다. 본 연구에서는 예비실험을 통하여 각각의 시험온도에 대하여 하중으로 유발된 변형량이 반복실험단계에서도 계속 같은 수준으로 유지 될 수 있는 수준의 하중값을 사용하였는데, 10cm 지름의 코아를 대상으로 0°C에서 크리이프 및 회복탄성계수의 하중값 40kg이 사용되었다.

본 연구에서는 아스팔트 혼합물의 수분에 의한 거동특성을 파악하기 위하여, A, B, C 공시체를 대상으로 0°C에서의 크리이프 거동을 측정하였으며, 이를 통하여 아스팔트 혼합물의 회복탄성계수를 측정하였다. 또한 시험에 사용된 하중의 재하 형태는 그림 5와 같이 정현파 하중을 사용하였으며, 이때 하중 재하는 0.1초의 재하기간(Harversine)과 0.9초의 휴지기간(Rest Period)을 1사이클로 하여 재하하였다.

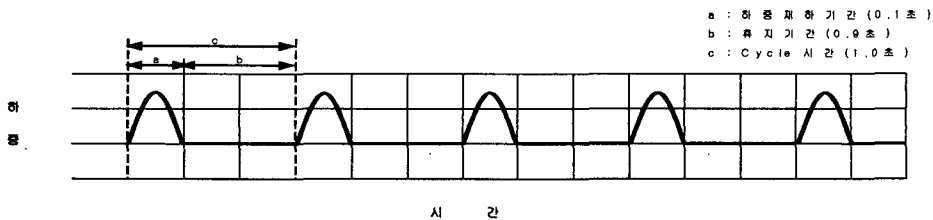


그림 4 하중 - 시간 파형

ii. 크리이프 시험(creep test)

크리이프 시험은 아스팔트 혼합물의 소성변형 가능성을 평가하기 위하여 개발되었다. 이 시험은 공시체에 정하중을 가한 후, 시간에 따른 영구변형 값을 측정함으로써 수행된다. 그림 5는 시간과 변형률과의 관계에 대한 그래프를 나타낸다.

위와 같은 방법으로 회복탄성계수를 측정할 때 사용하였던 Instron 장비를 사용하여 간접인장모드에서 일정한 크리이프 하중(40kg)을 1000초간 가하였다.

본 연구에서는 수분의 변화에 따른 시험시편의 물성변화를 연속적으로 파악하기 위하여, 시험시편을 일정



한 수분 처리를 한 후, 물성을 측정하고, 이를 다시 수분처리 하는 방식으로 진행되었으며, 이에 따라 물성 측정은 시험시편의 파손을 방지하기 위하여 예비실험을 통하여 가장 약한 수준의 하중(40kg)으로 수행되었다.

(2) 시험 시편의 수분처리 방법

아스팔트 혼합물내의 내부 수분 상태에 따른 물성변화를 평가하기 위하여, 다음과 같은 5가지의 아스팔트 혼합물내의 수분상태와 온도 및 습도에 따른 혼합물 내 수분 건조 효과를 정량화시키기 위하여 표준 건조 환경을 설정하였다.

- As is 상태
- Wetted 상태
- Vacuum Saturated 상태
- Vacuum Dry 상태
- Oven Dry 상태
- 표준 건조 환경

(3) 시험 절차

본 연구는 아스팔트 혼합물에 손상을 입히지 않는 수준의 진공을 가하여 혼합물 내부에 수분을 유입시키고 다시 진공을 가하여 수분을 제거 하는 등의 처리를 하여 혼합물내의 수분 함량을 변화시켜 가면서, 이에 따른 아스팔트 혼합물의 물성 변화를 측정하였다.

시험은 혼합물 A, B 및 C에 대하여 시편을 선별하여 다양한 수분상태를 만들어 그 때의 물성을 측정하고, 동일시편으로 다른 수분상태를 만들어 물성 측정을 반복하는 형식으로 진행되었다. 먼저 As is 상태에서의 물성을 측정 한 뒤, 그 시편을 Vacuum Dry 한 후 물성을 측정하여 As is 상태와 비교한 상대적 물성 변동을 측정하였으며, 그 뒤 시편을 Vacuum Saturation 하여 수분이 유입된 상태에서의 물성 변화 거동을 측정하고, 다시 이 시편을 Vacuum Dry 하여 물성변동의 추이를 측정하였다.

또한, 다짐 방법의 변화에 따른 물성 거동 상태를 알아보기 위하여 혼합물 A와 혼합물 B를 비교하였고, 최적 아스팔트 함량의 변화(공극의 변화)에 따른 물성 거동 상태를 알아보기 위하여 혼합물 B와 혼합물 C를 비교하였다.

4. 시험 분석

4.1 예비실험을 통한 실험인자 도출

(1) 아스팔트 혼합물의 건조에 따른 내부수분의 변화특성

아스팔트 포장의 거동을 평가하기 위해서는 코아밍 작업 및 비중 측정 등의 작업이 필수적인데, 이들 작업 시에는 수분의 유입이 필수적이다. 실험실에서 다져진 혼합물 시편의 경우에는 경우에 따라 별 문제가 없을 수 있겠지만, 아스팔트 코아 시편의 수분 효과를 정량화하기 위해서는 표준화된 건조 환경 (예로서, 20℃온도 및 30%상대 습도 환경)에서 3일 이상 거치하여 표면에 유입된 수분이 자연스레 제거된 상태에서 실험하는 것이 합리적일 것으로 판단된다.

(2) 시험하중수준의 결정

본 연구는 아스팔트 혼합물내의 수분의 변화에 따른 물성변화를 계속적으로 측정하는 방법으로 진행되었기 때문에, 하나의 시편으로 다양한 수분상태에서의 거동을 측정하기 위하여 여러 번의 간접인장시험을 반복해야 하였다. 따라서 반복되는 시험과정에서 시험시편의 파괴를 방지하기 위하여, 가능한 최소범위의 하중을

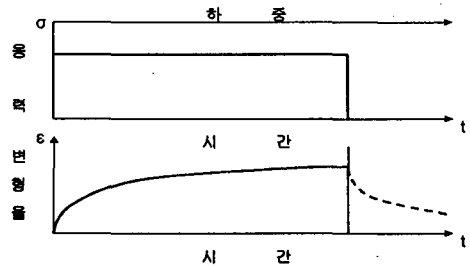


그림 5 크리이프 시험의 대표적인 시간 - 변형률 관계

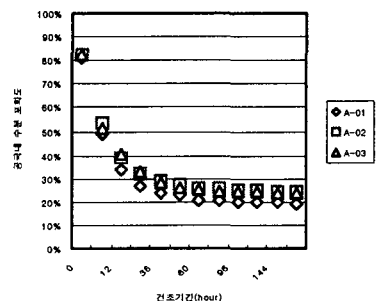


그림 6 시간에 따른 아스팔트 혼합물 내 수분의 건조 특성



에비실험을 통하여 결정하였다. 본 시험에서는 0℃ 기준으로 일반적 아스팔트 혼합물 인장강도의 5~6% 수준인 40kg을 사용하였다. 그림 7은 이 하중수준에 대한 크리이프 반복시험 결과를 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이, 결정된 하중수준에서는 반복시험에 따른 영향은 거의 나타나지 않았다.

(3) 진공수준 결정

위의 아스팔트 혼합물의 건조에 따른 내부 수분의 변화특성에서 사용한 진공수준은 AASHTO T - 283 규정의 수분 포화도 55~80% 수준을 넘어서고 진공수준 13~67kPa (100~600mmHg)을 넘어서는, 결과 450mmHg와 550mmHg의 수준에 대한 포화도를 재조사 하였다. 550mmHg 수준의 경우 Vacuum Saturation 상태에서의 간접인장시험결과 측정변위가 조금씩 증가하여 공시체가 파괴되는 경향이 나타나 이런 경향을 보이지 않고도 모든 규정에 적합하였던 450mmHg의 진공 수준으로 본 연구를 진행하였다.

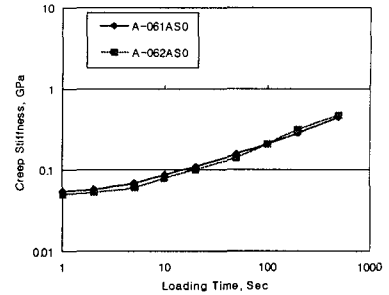


그림 7 0℃, 40kg에서의 반복시험에 따른 크리이프 시험결과 영향

4.2 아스팔트 혼합물의 물성 측정 결과

(1) 혼합물 A에 대한 물성 측정 결과

i. 크리이프 시험

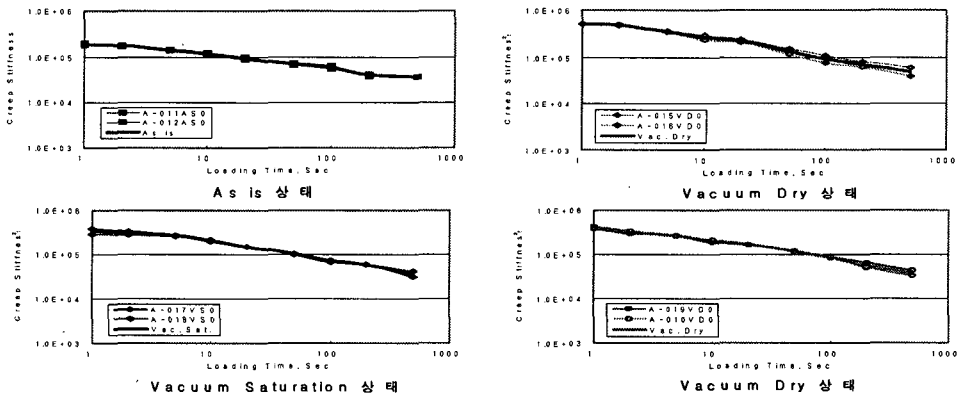


그림 8 다양한 수분 상태에서의 크리이프 스티프니스의 변화

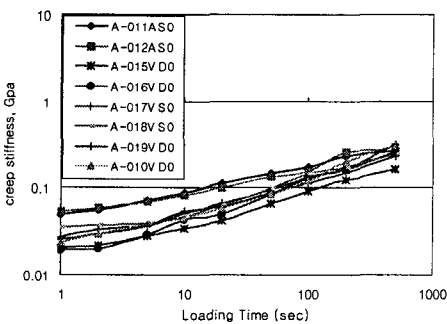


그림 9 아스팔트 혼합물의 다양한 수분상태에서의 크리이프 스티프니스의 물성의 크리이프 스티프니스는 그다지 큰 차이를 나타내지 않음을 알 수 있다. 그러나 이들 공시체에

그림 8은 시편의 측정결과로, 아스팔트 혼합물내부의 수분에 의하여 전체적으로 측정된 1초부터 1,000초까지의 크리이프 하중시간대에 걸쳐, 큰 물성의 차이를 나타내고 있었다. 또한 이러한 수분에 의한 물성의 변화는 크리이프 하중 시간에 대하여 일정한 비율로 변화하여, 하중시간 10초나 100초에서 수분에 의한 물성변화가 일정한 비율로 변화함을 알 수 있다. 따라서 분석의 편의를 위하여, 크리이프 스티프니스의 분석기준을 하중시간 10초에서의 물성을 기준으로 하여, 수분의 변화에 따른 물성의 변화를 분석하였다.

그림 9는 다양한 수분 상태 별로 고정 크리이프 하중 10초에서의 크리이프 스티프니스의 평균값을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이, As is의 물성과 비교하여 Vacuum Dry



Vacuum Saturation 처리를 하고 난 뒤에는 조사된 시편들 모두 강성의 증가를 보여 As is 상태를 기준으로 120%에서 170%의 강성 증가 현상이 나타났으며, 이러한 수분 유입에 의한 강성의 증가는 다시 Vacuum Dry 처리 과정을 통하여 어느 정도의 수분을 제거한 상태에서도 계속 유지되는 것으로 나타났다.

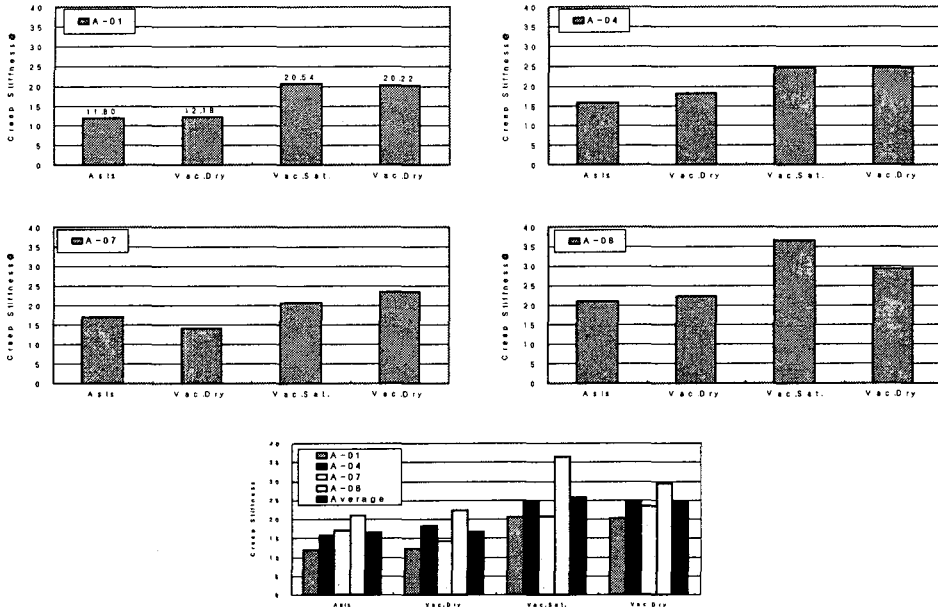


그림 10 다양한 수분 상태에서의 아스팔트 혼합물 시편의 크리프 스티프니스 (하중시간 10초 : 혼합물 A)

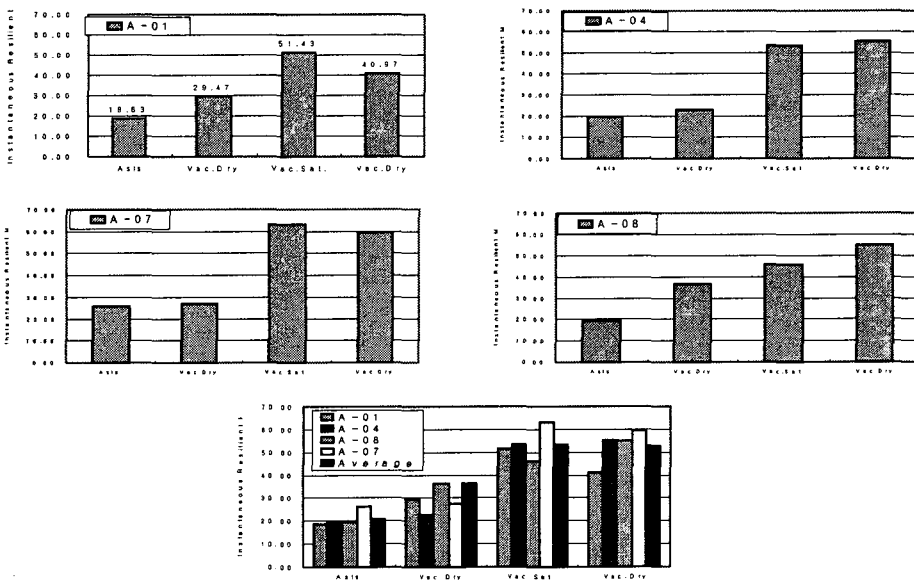


그림 11 다양한 수분 상태에서의 아스팔트 혼합물 시편의 회복탄성계수 (Cycle 3 : 혼합물 A)



ii. 회복탄성계수 시험

그림 11은 아스팔트 혼합물 시편의 회복탄성계수(Cycle 3)값을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 Vacuum Dry 물성의 회복탄성계수 값이 크리이프 스티프니스의 경우와는 다르게 As is 상태보다 최대 160%정도 증가하는 것을 알 수 있고, 공시체에 Vacuum Saturation 처리를 하고 난 뒤의 회복탄성계수의 증가범위는 120%에서 180%로 나타났다. 역시 이러한 수분 유입으로 인한 회복탄성계수의 증가는 Vacuum Dry 처리 과정을 통해 어느 정도의 수분을 제거한 상태에서도 계속 유지되는 것으로 나타났다.

(2) 혼합물 B, C에 대한 물성 측정 결과

혼합물 B, C에서는 아스팔트 함량에 변화를 주었다. 혼합물 B는 아스팔트 함량이 5.7%로서 최적 아스팔트 함량(Optimum Asphalt Content : OAC)을 가졌고, 혼합물 C는 혼합물 B의 최적 아스팔트 함량이 5.7%에서 0.3% 차감시켜 제작한 혼합물이다.

i. 크리이프 시험

다음 그림 12는 다양한 수분상태 별로 혼합물 B(OAC:5.7%)의 아스팔트 혼합물의 고정 크리이프 하중 10초에서의 크리이프 스티프니스의 평균값을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이, Vacuum Dry의 물성의 크리이프 스티프니스가 As is의 상태보다 전체적으로 약 125%정도 증가하는 것을 알 수 있고 이들 공시체에 Vacuum Saturation처리를 하고 난 뒤에는 조사된 시편들 모두 강성의 증가를 보여 As is 상태를 기준으로 110%에서 195%의 강성증가현상이 나타났으며, 이러한 수분유입에 의한 강성의 증가는 다시 Vacuum Dry 처리과정을 통하여 As is 상태의 강성으로 되돌아가는 현상이 나타났다.

그리고 그림 13은 다양한 수분상태 별로 혼합물 C(OAC:5.7%-0.3%)의 아스팔트 혼합물의 고정 크리이프

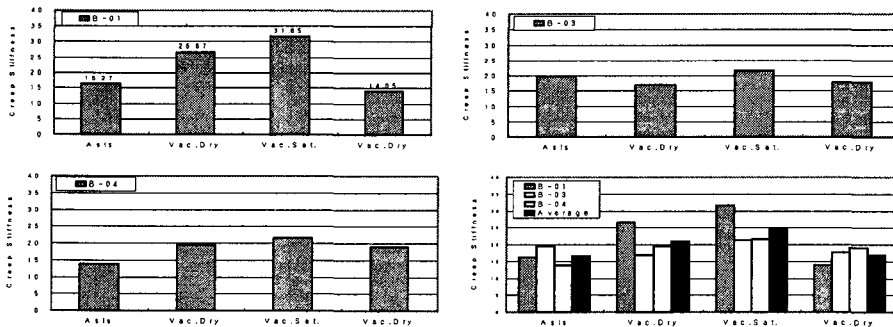


그림 12 다양한 수분 상태에서의 혼합물 B(OAC:5.7%) 아스팔트 혼합물 시편의 크리이프 스티프니스 (하중시간 10초)

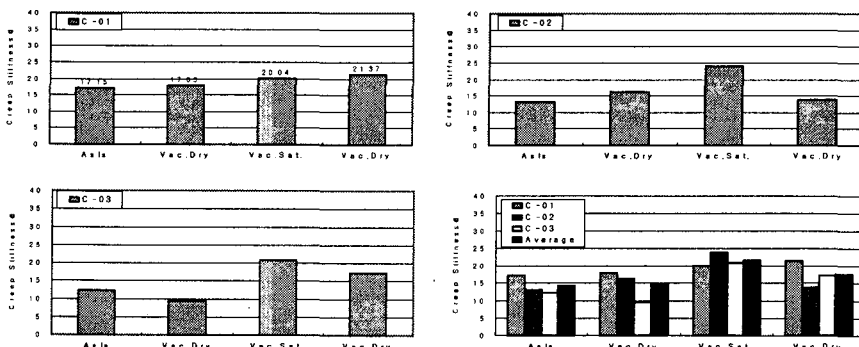


그림 13 다양한 수분 상태에서의 혼합물 C (AC:5.4%) 아스팔트 혼합물 시편의 크리이프 스티프니스 (하중시간 10초)=



하중 10초에서의 크리이프 스티프니스의 평균값을 나타낸 것이다. 그림에서, As is의 물성과 비교하여 Vacuum dry의 물성의 크리이프 스티프니스는 전체적으로 그다지 큰 차이를 나타내지 않음을 알 수 있다 이들 공시체에 Vacuum Saturation처리를 하고 난 뒤에는 조사된 시편들 모두 강성의 증가를 보여 As is 상태를 기준으로 120%에서 185%의 강성증가현상이 나타났으며, 역시 이러한 수분유입으로 인한 회복탄성계수의 증가는 Vacuum Dry 처리 과정을 통해 어느 정도의 수분을 제거한 상태에서도 계속 유지되는 것으로 나타났다

ii. 회복탄성계수 시험

아래의 그림 14는 혼합물 B(OAC:5.7%)의 아스팔트 혼합물 시편의 회복탄성계수(cycle 3)의 평균값을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 Vacuum Dry 물성의 회복탄성계수 값이 크리이프 스티프니스의 경우와는 다르게 As is의 상태보다 20% 정도 감소하는 것을 알 수 있고, 공시체에 Vacuum Saturation 처리를 하고 난 뒤의 회복탄성계수의 증가범위는 120% 정도로 나타났다. 이러한 수분유입으로 인한 회복탄성계수는 Vacuum Dry 처리 과정을 통해 다시 As is 상태로 되돌아가는 것으로 나타났다. 이는 크리프 시험에서의 거동과 같은 결과를 나타내었다.

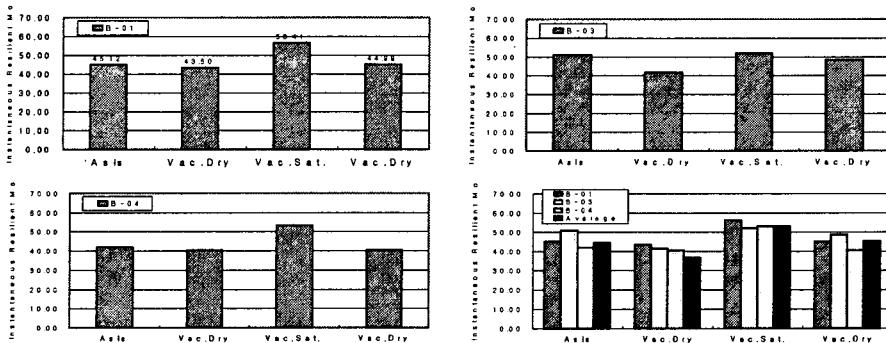


그림 14 다양한 수분 상태에서의 혼합물 B(OAC:5.7%) 아스팔트 혼합물 시편의 회복탄성계수(Cycle 3)

그림 15는 혼합물 C(OAC:5.7%-0.3%)의 아스팔트 혼합물 시편의 회복탄성계수(cycle 3)의 평균값을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 Vacuum Dry 물성의 회복탄성계수 값이 앞의 혼합물 B(OAC:5.7%)의 경우와 같이 As is의 상태보다 10% 정도 감소하는 것을 알 수 있고, 공시체에 Vacuum Saturation 처리를 하고 난 뒤의 회복탄성계수의 증가범위는 125% 정도로 나타났다. 이러한 수분유입으로 인한 회복탄성계수는 Vacuum Dry 처리 과정을 통해 다시 As is 상태로 되돌아가는 것으로 나타났다. 이는 앞의 혼합물 B의 크리이프 스티프니스의 거동과는 다른 결과를 나타내었다.

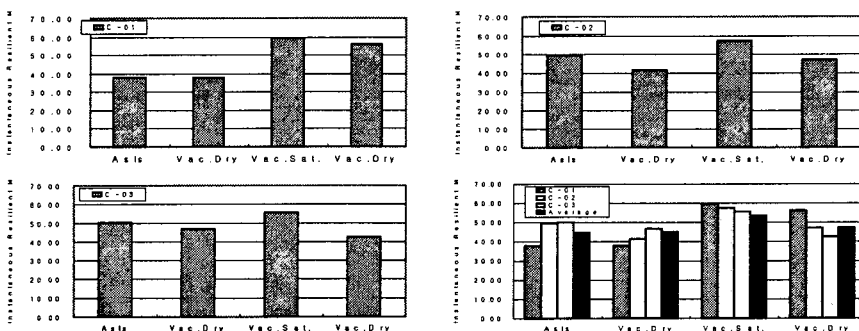


그림 15 다양한 수분 상태에서의 혼합물 C(OAC:5.7%-0.3%) 아스팔트 혼합물 시편의 회복탄성계수(Cycle 3)



(3) 혼합물 특성에 따른 수분 민감도 특성비교

아래의 그림 16과 17은 세 종류의 아스팔트 혼합물의 As is 상태에 대한 각 수분 상태의 물성을 상대 백분율로 나타낸 것이다.

i. 다짐 특성에 따른 아스팔트 혼합물의 수분민감도 특성

아래 그림은 동일한 공극률과 최적아스팔트 함량을 가지고 있으나 공시체 제작 시 사용골재와 다짐 방법이 다른 혼합물 A와 혼합물 B에 대하여 수분 민감도를 조사한 것으로 크리이프 스티프니의 경우 수분 유입 시 두 혼합물 모두 강성이 증가하는 현상을 보였으나 수분을 제거 한 상태에서의 혼합물 A는 강성 증가현상이 유지되는 반면, 혼합물 B는 다시 As is 상태의 물성으로 되돌아가는 가역적인 결과를 보였으며 회복탄성계수의 결과에서도 같은 경향을 보였다. 이러한 거동 상태로 볼 때 현장 모사 다짐을 한 혼합물 A가 마찰실내 다짐을 한 혼합물 B보다 수분에 더욱 민감한 반응을 나타낸다는 것을 알 수 있다. 이러한 이유는 실험을 통하여 증명되지는 않았지만, 다짐 방법에 따라 차이를 보이는 혼합물내의 골재 배치 구조에 기인하는 것으로 보인다. 즉, 현장 모사 다짐의 경우는 진동롤러에 의하여 다져지는 동안 혼합물내의 골재가 회전, 재이동 등의 움직임을 통하여 최적화된 위치로 재배치되어 골재의 적층구조가 단순한 압축 충격에너지로 가하는 마찰 다짐의 경우와 비교하여 매우 다른 것으로 보인다. 이러한 다짐 방법의 차이에 따른 상이한 골재의 적층구조는 혼합물내의 공극구조에도 영향을 미칠 것으로 판단되며, 이로 인해 두 종류 혼합물의 수분에 의한 물성 변화 거동의 차이가 나타난다고 생각된다.

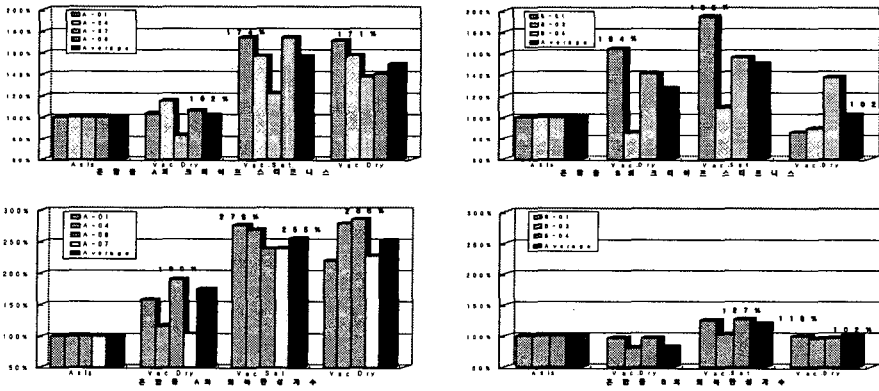


그림 16 혼합물 A와 B의 As is 상태에 대한 각 수분 상태의 상대 백분율(%)

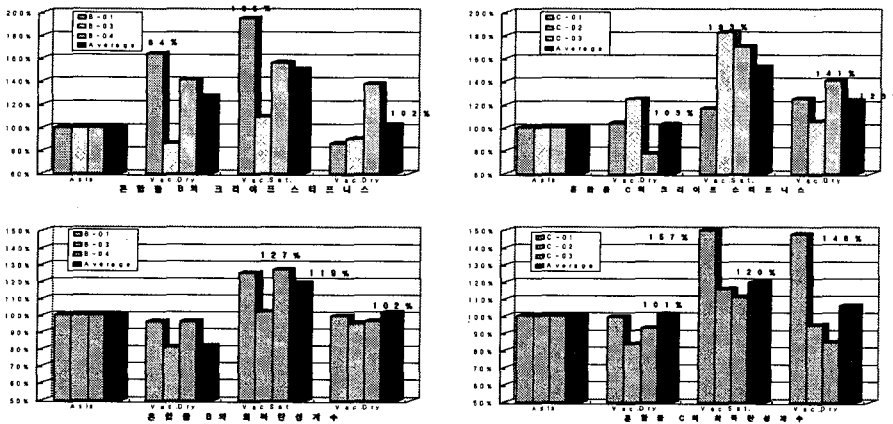


그림 17 혼합물 B와 C의 As is 상태에 대한 각 수분 상태의 상대 백분율(%)



ii. 아스팔트 함량 변화에 따른 아스팔트 혼합물의 수분민감도 특성

그림에서 나타난 바와 같이 동일한 재료와 다짐 방법으로 제작한 혼합물에 두 가지 다른 아스팔트 함량을 적용하여, 이 두 종류의 혼합물에 대한 수분 민감도를 조사한 결과 최적 아스팔트 함량으로 제작된 혼합물 B가 이보다 적은 아스팔트를 사용하여 공극의 크기가 다소 클 것으로 생각되는 혼합물 C보다 수분에 보다 예민하게 반응하는 것으로 나타났다.

이러한 이유는 실험을 통하여 증명되지는 않았지만, 아스팔트 함량의 차이에 따라 형성되는 아스팔트 혼합물 내의 공극 크기에 관련이 있을 것으로 여겨진다. 그러나 회복탄성계수의 경우에는 이러한 물성변화의 추세가 뚜렷이 파악되지 않는 것으로 나타나, 앞으로 추가적인 연구를 통하여 아스팔트 혼합물의 공극구조와 수분민감도에 관한 연구가 병행되어야 할 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구를 통하여 수분에 의한 아스팔트 혼합물의 물성변화 현상이 연구되었으며, 이를 통하여 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

- (1) 아스팔트 혼합물의 코아링 및 비중 측정 작업 시 필연적으로 유입되는 수분으로 인해 아스팔트 혼합물의 강성에 큰 영향을 미치므로 이에 대한 표준화된 처리기준을 필요로 하는데 20℃, 30% 상대 습도 환경에서 3일 이상 거치한 후 실험하는 것이 적절할 것으로 판단됨.
- (2) 수분의 유입으로 인하여 혼합물의 강성은 증가할 수도, 또는 감소할 수도 있는 것으로 조사되었으며, 본 연구에서는 수분의 유입으로 인하여 아스팔트 혼합물이 최소 110%에서 최대 190%의 강성증가를 나타냄.
- (3) 아스팔트 혼합물 내의 As is 상태의 물성과 수분 유입 후 제거 시의 물성을 비교 했을 때 내부 수분이 감소하면서 혼합물의 물성이 다시 원위치 즉, As is 상태의 물성으로 돌아오는 가역적인 결과를 보임.
- (4) 아스팔트 혼합물의 다짐 방법에 따른 상이한 골재의 적층 구조가 혼합물내의 공극 구조에 영향을 미칠 것으로 판단되며, 결과적으로 수분의 부 간극수압 발생 거동의 차이에서 기인할 것으로 판단됨.
- (5) 아스팔트 함량의 차이에 따라 형성되는 아스팔트 혼합물 내의 공극 크기에 관련이 있을 것으로 판단되며, 앞으로 추가적인 연구를 통하여 아스팔트 혼합물의 공극구조와 수분 민감도에 관한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단됨.

참고 문헌

1. 김남호(1997), "수분에 의한 아스팔트 혼합물 물성변화의 원인규명 연구," 대한토목학회 논문집, Vol.17 No.Ⅲ-5, pp.505-519
2. 아스팔트포장연구회 역(1999), "아스팔트 포장공학 원론," 한국도로포장공학회, p. 500-508
3. AASHTO(2000), "Standard Spdcification for Transportation and Testing," Part II - Tests, Twentieth edition, T283-85
4. ASTM(1988), "Standard Test Method for Effect of Moisture on Asphalt Concrete Paving Mixtures," ASTM Designation : D 4867-88
5. Coplantz, J. S. and D. E. Newcomb(1988), "Water Sensitivity Test Methods for Asphalt Concrete Mixtures : A Laboratory Comparison," In Transportation research Record 1171, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.44-50
6. Graf, P. E.(1986), "Factors Affecting Moisture Susceptibility of Asphalt Concrete Mixes," *Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists*, Vol. 55, pp.454-501