

Global Report

아스팔트 결합제의 피로 특성과 아스팔트 혼합물의 피로성능 간의 관계 2021

1. -요약-
2. 제 1 장 배경
3. 제 2 장 연구접근
4. 제 3 장 결과물과 적용
5. 제 4 장 결론 및 제안 연구사항
6. - 부록

- 요약 -

아스팔트 혼합물 피로응답은 다양한 매개변수의 복잡한 기능입니다. 지수가 증가함에 따라 변형용량이 감소하여 피로수명이 감소합니다. 동시에 물리계수가 증가하면 위상각이 감소하여 피로지수가 증가하여 피로수명이 증가합니다. 회복성은 아마도 아스팔트 혼합물 피로성능의 중요한 요소일 것입니다. 위상각이 증가하면 비고분자 개질 결합제의 피로수명이 향상되고 회복성이 향상됩니다. 폴리머 수정 결합제의 경우 유변학과 회복성사이의 관계가 명확하지 않습니다. 문제를 더욱 복잡하게 만드는 것은 실제 포장 시스템에서 더 연성인 결합제와 혼합물이 일반적으로 더 높은 파손변형률을 나타내지만 또한 현장에서 더 높은 변형률을 초래하는 경향이 있어 적어도 부분적으로 낮은 지수 값의 유익한 효과를 상쇄한다는 것입니다.

아스팔트 결합제의 파손변형률은 물리계수와 관련하여 잘 정의된 파손범위를 따르는 경향이 있습니다. 역법칙 모델은 NCHRP 9-59에서 이 관계를 정의하는데 사용되었습니다. 그러나 이 표준범주에는 여러 가지 결합제 간에 상당한 차이가 있습니다. NCHRP 9-59에서 다루는 근본적인 질문은 이러한 고유한 변형 내성을 나타내는 좋은 지표가 무엇인지입니다. NCHRP 9-59 동안 수행된 실험실테스트는 결합제 R-값이 전체 피로변형능력의 좋은 예측 변수임을 시사합니다. 주어진 지수수준에서 R-값이 낮은 결합제는 R-값이 높은 결합제(예: 심하게 산화된 결합제)보다 파손 변형률이 더 높습니다. SDENT 시험은 고유한 피로변형능력의 합리적인 지표이기도 하지만 상관관계는 R-값만큼 좋지 않습니다. SDENT 시험을 포함하는 사양을 구현하는데 따른 어려움과 비용을 고려할 때 NCHRP 9-59의 일부로 수행된 연구에 따르면 이 절차를 권장할 수 없습니다. NCHRP 9-59는 시험 프로그램에서 심하게 노화된 결합제와 혼합물을 사용했습니다. NCHRP 9-59에 사용된 신장하는 연성의 혼합노화로 인해 연구된 폴리머 개질 결합제의 일부 또는 전체의 성능이 비현실적으로 저하될 수 있다는 우려가 있습니다. 따라서 재료가 완전히 노화되지 않았다면 폴리머 개질 결합제에 대한 결과가 다를 수 있었습니다. 이것은 추가연구를 위한 중요한 주제입니다.

R-값은 전체 변형 허용오차의 좋은 지표이지만 물리계수는 파손변형 및 피로수명에 훨씬 더 큰 영향을 미칩니다. Glover-Rowe 매개변수(GRP)는 파손변형률에 대한 물리계수 및 R-값의 영향을 설명하는 결합제 파손변형률과 잘 관련되는 것으로 보입니다. 현재 결합제 피로 매개변수, $|G^*| \sin \delta$ 는 결합제 파손변형률과도 관련이 없으며, 실제로는 상대적으로 변형 허용오차가 낮은 결합제를 포장용도로 사용할 수 있습니다. SDENT 신장과 결합제 파손변형률 사이의 상관관계도 GRP만큼 강하지 않습니다. GRP는 지난 5년 동안 많은 연구자와 엔지니어가 비 재하 관련 균열 및 피로균열의 지표로 사용했으며 검증 시험에서 현장의 피로성능과 합리적으로 좋은 상관관계가 있음을 시사하기 때문에 $|G^*| \sin \delta$ 를 대체할 결합제 피로사양 매개변수에 대한 최상의 전체적인 선택 사항으로서 이 매개변수를 권장합니다.

매우 심각한 문제 - 아마도 $|G^*| \sin \delta$ 의 문제보다 훨씬 더 중요한 것으로 현재 사양이 피로시험 온도를 다루는 비효율적인 방법입니다. 이상적으로는 결합제 피로시험 온도는 평균 포장온도와 밀접하게 연관되어야 하지만 현재 사양에서는 이를 잘 수행하지 못하는 것으로 보입니다. 이는 부분적으로 시험온도가 낮은 결합제 온도등급과 높은 결합제 온도등급에 모두 관련되어 있고 기관이 사양을 적용하는 방법에 주의하지 않는 한 피로시험 온도가 의도한 것보다 상당히 높을 수 있기 때문입니다(교통 및 차량속도를 조정하기 전에 기본 결합제 등급에). 올바르게 적용하더라도 현재 결합제 피로시험 온도와 평균 포장온도 사이의 관계는 이상적이지 않습니다. 이 보고서에서는 피로시험 온도가 낮은 PG 등급과 높은 PG 등급의 평균이 아닌 낮은 PG 등급에 연결되는 다른 접근방식을 제안합니다. 또한 사양의 의도를 명확하게 하기 위해 사양에 대한 몇 가지 참고 사항이 제안됩니다. 예를 들어, 일부 지역에서는 LTPPBind

에서 제공하는 낮은 PG 등급보다 등급이 2등급 높은 결합제를 사용하는 것이 일반적입니다. 이러한 경우, 포장은 열 균열이 증가하기 쉬울 뿐만 아니라 포장두께가 증가하지 않는 한 피로균열이 훨씬 더 크게 발생합니다. 이 효과에 대한 특징을 수용하면 고속도로 기관이 이 잠재적인 문제를 인식하는데 도움이 됩니다. AASHTO M 332는 AASHTO M 320 대신 사용되어도 결합제 피로시험 온도 및 등급 충돌과 관련된 문제가 발생하지 않습니다. M 332는 더 높은 교통수준에 대해 더 높은 결합제 시험온도를 변경하는 것을 포함하지 않기 때문입니다.

$|G^*| \sin \delta$ 를 GRP로 대체하고 결합제 피로시험 온도를 지정하기 위한 개선된 실험계획안을 사용하면 현재 결합제 피로사양의 많은 문제를 해결할 수 있습니다. 그러나 이러한 변경 외에도 R-값(또는 ΔT_c 와 같은 등가매개변수)에 대한 허용범위를 설정해야 합니다. 이러한 제한에는 두 가지 이유가 있습니다. 저온의 얇은 포장에서 R 값이 높은 결합제는 피로손상이 매우 빠르게 누적될 수 있습니다. 이것은 R-값이 높은 경향이 있는 REOB를 포함하는 결합제로 만든 온타리오주와 미국 북부에서 최근에 관찰된 포장의 조기파손에 대한 주요원인일 수 있습니다. 이러한 제한의 두 번째 이유는 두꺼운 포장에서 R 값이 낮은 결합제가 상대적으로 열악한 피로성능을 보일 수 있기 때문입니다. 높고 낮은 R 값을 모두 제한함으로써 두 가지 문제가 모두 해결됩니다. R 값에 대한 잠정 허용범위는 RTFOT 및 20시간 PAV로 노화된 결합제의 경우 1.5~2.5이고 RTFOT 후 40시간 PAV로 노화된 결합제의 경우 2.0~3.2입니다. R-값에 대한 더 중요한 한계는 상한입니다. 이는 잠재적으로 얇은 포장의 매우 빠른 파손 및 다른 고변형 적용에서 심각한 압력과 관련이 있기 때문입니다. 유변학적 매개변수와 아스팔트 결합제 성능관련 특성 간의 관계에 관한 추가정보는 NCHRP 9-60의 일부로 수집 및 분석되고 있으며 R-값 또는 관련 매개변수를 개정된 사양에 통합하는 가장 효과적인 방법에 대한 추가 식견을 제공해야 합니다. NCHRP 9-60 동안 수집된 자료는 R-값의 정밀도, ΔT_c 및 관련 매개변수의 초기추정을 허용해야 하며, 이는 현실적인 사양한계를 설정하는데 중요합니다.

결합제 피로시험을 위한 현재 실험실 노화방법은 RTFOT 컨디셔닝 후 20시간 동안 PAV 노화를 사용합니다. NCHRP 9-59에서 사용된 노화 실험계획안은 RTFOT 컨디셔닝 및 40시간의 PAV 노화로 더 엄격했습니다. 결합제 피로시험이 효과적이라면 적절한 정확도로 현장노화를 모방하는 실험실 노화방법이 포함되어야 합니다. 결합제의 실험실 노화를 직접적으로 다루는 NCHRP 9-61을 포함하여 최근에 이 문제를 해결하기 위한 많은 활동이 있었습니다. 결합제 노화 실험계획안의 향후 변경 가능성과 결합제 피로사양의 문제를 가능한 한 빨리 해결하는 것이 중요하기 때문에 NCHRP 9-59 결과의 초기구현은 현재 노화 실험계획안으로 수행해야 합니다. NCHRP 9-61이 완료되고 그 결과가 검토되면 결합제 피로사양을 재검토할 수 있으며 당시의 노화실험계획안을 해결하기 위해 필요한 모든 변경사항을 검토할 수 있습니다.

마지막으로 중요한 문제는 선택한 사양 매개변수가 가져야 하는 특정 값입니다. 현재 결합제 피로 매개변수, $|G^*| \sin \delta$ 의 최대값은 5,000kPa입니다. 구현하기 쉬운 간단한 접근방식은 새 사양 매개변수에 대해 동등한 제한을 사용하는 것입니다. GRP의 경우 이 등가 값은 5,300kPa로 추정됩니다. 실용적인 목적을 위해 5,000kPa로 내림할 수 있습니다. 이는 $|G^*| \sin \delta$ 의 현재 최대값과 동일합니다. 이 동등한 값을 사용하면 노화 실험계획안이 처음에는 변경되지 않는다고 가정합니다(RTFOT 다음에 20시간 PAV). 이 동등한 GRP 값과 유사하지만 보다 효과적인 시험온도를 사용하면 새 사양이 지나치게 제한적이거나 너무 느슨하지 않은지 확인할 수 있습니다. 또한 위에 제시된 분석은 현재 결합제 피로사양의 주요문제가 특정 사양 값과 관련이 없음을 나타냅니다. 그러나 대신 $|G^*| \sin \delta$ 및 변형을 용량, 잘못 정의되고 구현된 시험온도 및 현장노화를 정확하게 반영하지 못할 수 있는 것은 노화 실험계획안간의 약한 관계의 결과입니다. 현재 사양과 제안된 결합제 피로사양 간의 유사성을 유지하면 현재 결합제 피로사양의

두 가지 문제를 해결하는 변경사항을 신속하게 구현할 수 있습니다. 세 번째 문제인 결합제 실험실 노화는 NCHRP 9-61에서 다루고 있습니다.

NCHRP 9-59의 일부로 수행된 연구를 기반으로 아스팔트 혼합물 피로성과 잠재적인 결합제 피로사양 매개변수 간의 관계에 대해 다음과 같은 결론을 내릴 수 있습니다.

1. 아스팔트 결합제 피로성은 결합제 파손변형률이 증가하고 피로지수가 증가함에 따라 증가합니다.
2. 계수는 결합제 파손변형률에 영향을 미치는 가장 중요한 요소입니다. 계수가 증가함에 따라 파손변형률이 급격히 감소합니다.
3. 아스팔트 혼합물의 피로지수는 결합제 위상각과 반비례합니다.
4. 주어진 온도 및 하중속도에서 피로하중 시 결합제의 파손변형률은 실험적으로 측정할 수 있으며 피로변형능력(FSC)이라 하며, 이는 결합제의 파손변형률을 직접 측정하는 값에 가깝습니다.
5. 현재 결합제 피로사양 매개변수, $|G^*|\sin\delta$ 및 SDENT 확장은 FSC와 일부만 상관관계가 있습니다. Glover-Rowe 매개변수(GRP)는 FSC와 더 나은 상관관계를 가지며 주어진 조건 모집단에서 결합제 파손변형률의 좋은 지표입니다. 이러한 이유로 GRP는 $|G^*|\sin\delta$ 또는 SDENT 보다 결합제 피로 매개변수에 더 나은 선택입니다.
6. 얇은 포장도로(비교적 변형률이 높고 포장처짐이 노반에 의해 크게 제어되는 곳)의 경우 높은 R-값은 저온에서 매우 열악한 피로성능을 초래할 수 있습니다. 이러한 이유로 개선된 결합제 피로사양에는 R에 대한 최대값 또는 ΔT_c 에 대한 제한과 같은 일부 동등한 제어가 포함되어야 합니다. 강력하지는 않지만 매우 낮은 R-값이 결합된 층의 특성에 의해 변형률이 제어되는 두꺼운 포장에서 피로성능이 저하될 수 있다는 증거도 있습니다.
7. 결합제 피로시험온도를 결정하기 위한 현재 실험계획안은 다양한 기후에 대한 평균포장온도와 일관되게 연결되어 있지 않습니다. 이 보고서에는 결합제 피로시험온도가 저온 PG 등급에 연결되어 결합제 피로시험온도가 현재 결정되는 방식의 많은 문제를 피할 수 있는 개선된 실험계획안이 설명되어 있습니다.
8. 여러 현장검증 사이트와 FHWA ALF 피로자료는 GRP와 피로성능 사이에 상당히 좋은 상관관계를 보여줍니다. $|G^*|\sin\delta$ 와 어떤 경우에는 좋은 상관관계가 있지만, GRP는 피로성능과 전반적으로 더 나은 관련이 있는 것으로 보입니다.
9. 제안된 결합제 피로시험온도를 사용하여 RTFOT/20시간 PAV 노화 후 GRP에 대한 합리적이고 효과적인 최대값은 10rad/s에서 5,000kPa입니다. RTFOT/40시간 PAV 노화의 경우 이 제한은 10rad/s에서 8,000kPa로 높아야 합니다.
10. RTFOT/20시간 PAV 노화를 사용하여 노화된 결합제에 대한 합리적이고 효과적인 최대 R-값은 2.50입니다. RTFOT/40시간 PAV 노화의 경우 이 제한을 3.20으로 늘려야 합니다.
11. NCHRP 9-59에서 사용된 확장된 느슨한 혼합노화절차가 연구에 포함된 일부 또는 전체 폴리머 수정 결합제에 대한 피로 및 파손성능의 비현실적인 손실을 초래할 수 있습니다. 만약 그렇다면, 이것은 본 연구의 결과 중 일부를 고분자 개질결합제에 적용하는데 영향을 미칠 것이며 또한 아스팔트 콘크리트 혼합설계 및 분석에 광범위하게 사용하기 위해 확장된 유연한 혼합노화를 채택하는 것이 타당한지에 대해 의문을 제기할 것입니다. 이러한 맥락에서 특히 우려되는 것은 동일한 최대 R-값이 비개질 및 중합체-개질된 결합제 모두에 적용되어야 하는지 또는 R의 최대값이 중합체-개질된 결합제에 대해 증가 또는 제거되어야 하는지 여부입니다. 이것은 후속연구를 위한 중요한 주제입니다.

권장 사항

NCHRP 9-59의 일부로 수행된 연구를 기반으로 아스팔트 혼합물 피로성능과 잠재적인 결함제 피로 사양 매개변수 간의 관계에 관한 다음 권장사항을 만들 수 있습니다.

1. 현재 결함제 피로시험온도는 표 13에 표시된 값으로 대체되어야 합니다(이 보고서의 뒷부분에 표시되고 편의를 위해 여기에 재현됨).
2. 현재 결함제 피로사양 매개변수, $|G^*|\sin\delta$ 는 Glover-Rowe 매개변수($GRP = |G^*|(\cos\delta)^2 / \sin\delta$)로 대체되어야 합니다. 현재 사양에서와 같이 GRP는 10rad/s의 주파수에서 결정되어야 합니다. RTFOT/20 시간 PAV 노화 후 GRP의 최대 허용 값은 5,000kPa입니다.
3. 결함제 피로사양에는 RTFOT/20시간 PAV 노화 후 Christensen-Anderson R-값이 1.5에서 2.5까지 허용되는 범위가 포함되어야 합니다. R-값은 다음 방정식을 사용하여 계산해야 합니다.

$$R = \log(2)^{\frac{\log(S/3,000)}{\log(1-m)}}$$

R = Christensen-Anderson R(유변학적 지수)

S = 60초에서 BBR 크리프 강성, MPa

m = 60초에서 BBR m-값

4. 위에서 주어진 GRP의 제안된 최대값과 R-값의 범위는 잠정적인 것으로 간주되어야 합니다. 최종 값은 포장 엔지니어와 연구원이 제안한 사양에 대한 검토 및 의견과 광범위한 결함제에 대한 추가 자료수집을 기반으로 해야 합니다. 한 가지 중요한 고려사항은 R의 정밀도가 최소값과 최대값을 모두 포함하는 사양에 적합한지 여부입니다. 정밀도가 충분하지 않은 경우 R의 최대값만 사용하는 사양을 구현해야 합니다. 이러한 초기 제안 값은 RTFOT/20시간 PAV를 사용하여 노화된 결함제에 대한 것입니다. 향후 결함제 노화 실험계획안이 변경되면 이 연구의 결과로 채택된 사양제한을 철저히 검토하고 결함제 노화 실험계획안의 변경사항을 수용하도록 조정해야 합니다.
5. 개선된 결함제 피로사양에 사용하기 위한 R-값에 대한 적절한 대안이 있습니다. 여기에는 $m=0.3$ 에서 ΔT_c 및 BBR 강성이 포함됩니다. 이러한 매개변수 중 하나에 대한 사양 값에 대한 권장사항을 개발하려면 몇 가지 추가 작업이 필요합니다. 이 연구의 적어도 일부는 NCHRP 9-60에서 다루고 있습니다.
6. NCHRP 9-60의 일부로 다양한 폴리머 개질결합제를 포함한 광범위한 결함제에 대한 결함제 유동학, 파손특성 및 기타 성능관련 매개변수 간의 관계에 관한 중요한 추가 자료가 생성되고 있습니다. NCHRP 9-59의 발견, 결론 및 권장사항은 NCHRP 9-60의 결론 이후에 재평가되어야 합니다.

제 1 장 배경

문제: 아스팔트 포장의 피로

교통피로손상은 유연한 포장이 실패하는 주요 문제 중 하나입니다. 이러한 유형의 문제는 포장도로를 통과하는 수천 또는 수백만 개의 바퀴하중의 결과입니다. 각 하중반복은 포장에 응력과 변형을 유발하여 점차적으로 포장을 손상시키고 파손으로 이어집니다. 그림 1은 NCAT Test Track에서 아스팔트 콘크리트 포장의 심한 피로균열 사진입니다. 이러한 유형의 균열은 포장표면이 악어의 가죽과 비슷하기 때문에 종종 "악어" 균열이라고 합니다.

그림 1에 나타난 악어균열은 아스팔트 콘크리트 층의 바닥에서 시작되어 점차 표면을 향해 작용하는 피로균열을 의미하는 상향식 피로균열로 인한 포장파손의 전형입니다. 상향식 피로균열은 유연한 포장의

인장변형률이 거의 항상 아스팔트구조물의 바닥에서 가장 크기 때문에 설명하기 쉽습니다. 엔지니어들은 시험절차, 재료사양, 포장설계 및 분석방법에서 수년 동안 이러한 유형의 피로균열에 집중했습니다.

아스팔트 콘크리트 포장의 피로균열에 영향을 미치는 요인

유연한 포장에서 모든 유형의 교통 관련 피로균열은 많은 요인에 따라 달라지는 복잡한 현상입니다. 아마도 가장 중요한 것은 교통하중의 심각성일 것이며, 포장도로의 차축하중이 더 무거워지고 대형차량의 수가 많을수록 피로균열이 더 빨리 발생합니다. 포장 구조도 매우 중요합니다. 완전한 깊이의 아스팔트 포장의 경우, 더 두꺼운 포장은 주어진 교통부하에서 더 낮은 응력과 변형을 나타냅니다. 따라서 더 얇은 포장도로보다 피로균열에 훨씬 더 오래 저항합니다. 포장 아래의 노상도 피로균열의 발생에 영향을 미칩니다. 약한 노반은 상부구조에 더 높은 응력과 변형을 일으키고, 이는 차례로 포장시스템의 피로수명을 감소시킵니다. 포장배수 및 습기손상도 노상과 관련이 있습니다. 노상에서 수분이 존재하고 포장배수시스템이 적절하게 설계 또는 건설되지 않은 경우, 물은 노상을 악화시키고 경계층의 변형을 증가시키고 습기손상을 통해 포장으로 침투하여 기존 피로손상을 가속화할 수 있습니다. 이것은 매우 빠른 실패를 초래하는 심각한 문제가 될 수 있습니다. 습기손상과 피로손상은 종종 함께 발생하며 두 파손 메커니즘의 상대적 기여도를 분류하기 어려울 수 있습니다.

아스팔트 결합제 피로성과 관련된 이전연구

아스팔트 결합제가 아스팔트 혼합물의 피로성에 미치는 영향

최근 개발된 유연한 포장도로용 AASHTO 기계-실증 설계 가이드(ARA Inc., 2004)는 미국에서 일반적으로 사용하도록 보정된 상향식 교통 관련 피로균열에 대한 파손주기를 추정하기 위해 다음 방정식을 사용합니다.

$$N_f = 0.00432 \beta_{f1} C \left(\frac{1}{\epsilon_t} \right)^{3.9492} \left(\frac{1}{E_{HMA}} \right)^{1.281}$$

β_{f1} 과 C 는 각각 아스팔트 콘크리트 두께와 조성에 따른 변수이고, t 는 아스팔트 콘크리트 층 바닥의 최대 인장변형률이며, E_{HMA} 는 아스팔트 콘크리트의 계수입니다. 이 식에서 결합제 특성을 포함하는 유일한 위치는 간접적으로 혼합물 계수 E_{HMA} 이며, 이 수치는 결합제 계수에 크게 의존합니다.

저온균열 및 열 피로손상

지난 15년 동안 미국과 캐나다, 특히 추운지역에서 아스팔트 콘크리트 포장의 조기파손 증가가 관찰되었습니다(Ahearn, 2015; Reinke, 2015; Marks 2015). 이러한 파손의 비율과 심각성은 증가하는 것으로 보이며 최근에 발표된 NCHRP 9-60에 대한 제안서(RFP)에서 구체적으로 언급된 바와 같이 중요한 연구주제였습니다. RFP에 구체적으로 언급되지는 않았지만 이러한 조기파손의 증가는 여러 가지 이유로 NCHRP 9-59 연구를 수행할 때도 고려해야 하는 문제입니다. 저온균열(황균열이라고도 함)은 극한의 추운날씨로 인해 포장온도가 빠르게 매우 낮은 온도로 떨어질 때 발생합니다. 이러한 급격한 온도감소로 인해 포장에 열 응력이 누적되어 결국 인장강도를 초과할 수 있으며 일반적으로 6~12미터마다 발생하고 포장을 가로질러 진행하는 균열을 통해 파손이 발생합니다.

결합제 유변학, 접착 및 치유

최근에 관찰된 조기포장파손 중 일부는 심각한 흐트러짐 및 관련 표면손상을 특징으로 합니다(Ahearn,

2015). 이는 아스팔트 결합제와 골재사이의 접착력이 크게 손실되었음을 의미합니다. 표준 실험실 습기 저항시험에서는 이러한 혼합물이 습기손상에 비정상적으로 취약하다는 것을 나타내지 않았으며, 이는 최종 원인이 기계적임을 암시합니다. 이러한 문제에 대한 한 가지 가능한 설명은 노화로 인한 물리적 변화로 인해 아스팔트 결합제가 중간온도에서 상당한 접착력손실을 겪는다는 것입니다. 유변학적으로 점착성과 접착력은 위상각과 관련이 있습니다. 위상각이 감소함에 따라 아스팔트 결합제(또는 유사한 재료)의 점착성과 접착력은 일반적으로 감소합니다. 예를 들어 위상각이 0에 가까운 탄성고체는 본질적으로 끈적임이나 접착력이 없습니다. 폴리머 겔에 대한 이러한 관계의 예는 그림 4에 나와 있습니다 (Grillet et al., 2012). 고온 융착 접착제를 연구하는 또 다른 연구자 그룹에 의해 유사한 발견이 이루어졌습니다(Tse et al., 1995).

아스팔트 결합제 및 혼합물의 실험실 노화

많은 연구자들은 최근의 조기파손 연구에서 아스팔트 결합제 및 혼합물 특성을 특성화할 때 표준 실험실 노화절차에서 제공되는 것보다 훨씬 더 많은 시효경화가 필요하다고 결론지었습니다. 지난 몇 년 동안 FHWA ETG 회의에서 발표된 최근 연구의 대부분은 표준 20시간 대신 40시간 이상을 사용하여 결합제의 확장된 PAV 노화를 사용했습니다(Reinke et al., 2015; Bennert, 2015). 40시간 PAV 실험계획안은 아마도 연장된 결합제 노화의 가장 널리 사용되는 방법이며 합리적인 시간 내에 완료될 수 있습니다.

기존 결합제 피로사양 시험의 문제점은 무엇인가?

NCHRP 9-59의 결과를 논의하기 전에 적절한 피로성능을 보장하기 위한 현재 접근방식의 인식된 단점을 이해하는 것이 중요합니다. 기존사양은 SHRP 동안 개발되었으며 그림과 같이 Zaca-Wigmore 시험 도로에서 결합제의 추정 손실계수가 약 3 MPa 값을 초과할 때 피로균열의 급격한 증가가 관찰되었다는 관찰에 크게 기반을 둡니다.(캘리포니아 대학교, 1994) 이 값은 나중에 결합제 사양을 구현하는 동안 5.0MPa로 높아졌습니다.

NCHRP 9-59의 심층평가를 위한 결합제 피로시험의 검토 및 선택

부록 A는 NCHRP 9-59가 시작될 때 연구팀이 확인한 결합제 피로시험에 대한 검토 및 평가를 제공합니다. 여기에는 잠재적 시험에 대한 문헌검토와 가장 유망한 시험의 상세한 수치순위가 포함됩니다. 아래 절은 이 부록에 제공된 정보의 요약사항을 제공합니다.

최종 아스팔트 결합제 시험의 선택

NCHRP 9-59 연구팀은 초기 제안서를 작성하는 동안에도 프로젝트 초기부터 프로젝트에 할당된 자금과 시간이 아스팔트 결합제의 피로 성능평가를 위한 완전히 새로운 시험절차의 개발, 개선 및 검증에 적합하지 않다고 강조했습니다. 따라서 실험실 평가를 위한 시험선택에 사용된 접근방식은 이미 개발되어 빠르고 쉽게 구현할 수 있는 시험을 식별하고 평가하는 것을 강조했습니다. 또한 실험실이나 현장, 둘 다에서 혼합물 피로성능과의 좋은 상관관계를 보여줌으로써 잠재적인 시험가능성을 보여주는 것이 중요했습니다. 시험절차에 대한 세부정보는 이 보고서의 뒷부분에 나와 있습니다.

실험실에서 혼합물 피로성능 특성화

아마도 NCHRP 9-59의 가장 중요한 측면은 선택된 결합제 시험특성을 실험실에서 측정한 혼합물 피로

성과와 연관시키는 것이었습니다. 이러한 이유로 혼합물 피로성능을 평가하기 위한 실험실 시험의 선택은 중요한 활동이었습니다. NCHRP 9-59에서는 보 굽힘 피로, 덧씌우기 시험, 일축 피로시험의 세 가지 시험방법이 고려되었습니다. 부록 B는 이러한 방법에 대한 검토를 제공합니다.

보고서 구성

이 보고서는 표준 NCHRP 형식에 따라 구성됩니다. 이장의 배경이 되는 것은 2장: 연구접근방식입니다. 이 장에서는 위에 요약된 개념을 더 자세히 설명하고 NCHRP 9-59에서 사용되는 결합제, 골재 및 혼합물에 대한 자세한 정보를 제공합니다. 분석방법도 2장에 설명되어 있습니다. 3장: 조사결과 및 적용에서는 프로젝트 기간 동안 수행된 시험 및 분석결과를 제시합니다. 또한 결과적인 발견과 개선된 결합제 피로사양을 개발하는 문제에 적용할 수 있는 방법에 대해 설명합니다. 4장: 결론 및 제안된 연구는 NCHRP 9-59의 가장 중요한 결론과 추가연구를 위한 제안목록입니다. 이 보고서에는 NCHRP 9-59 동안 수집된 정보에 대한 다양한 세부정보를 찾을 수 있는 수많은 부록이 포함되어 있습니다. 대부분의 경우 이 보고서의 본문은 부록 중 하나에서 보다 철저하게 제공되는 정보만 요약합니다. 부록 G에 설명된 결합제 유변학적 매개변수와 혼합물 SCB 유연성 지수 간의 관계에 대해 UMass 팀이 보조 작업을 수행하였습니다.

제 2 장 연구접근

재료

결합제

NCHRP 9-59에서 시험을 위해 16개의 결합제가 특별히 선택되었습니다. 이들은 7개의 폴리머 개질 결합제, 분쇄 타이어 고무로 개질된 결합제, 재활용 엔진오일 바닥재(REOB)로 개질된 2개, 산화된 결합제 2개, 폴리인산(PPA)으로 개질된 1개, 및 4개의 선형 결합제로 표현됩니다. 이 16개 결합제의 일반적인 특성은 표 3에 요약되어 있습니다. 이러한 결합제에 대한 일부 세부사항은 출처를 포함하여 여기에 제공되지 않습니다. 이 보고서 전반에 걸쳐 공급업체의 요청에 따라 결합제의 특정 식별이 숨겨졌지만 NCHRP 9-59의 목적은 다양한 결합제의 성능을 평가하는 것이 아니라 피로저항에 대한 향상된 결합제 사양을 개발하는 것이었습니다. NCHRP 9-59 기간 동안 수행된 모든 시험은 실험실에서 노화된 결합제, 특히 RTFOT(Rolling Thin Film Oven)에서 노화된 후 PAV(Pressure Aging Vessel)에서 40시간 동안 노화된 결합제에서 수행되었습니다. 다음에 논의된 바와 같이, 혼합물 시험은 결합제 노화시스템과 거의 일치하도록 선택된 95°C에서 5일 동안 느슨한 혼합 재료에 대해 수행되었습니다.

NCHRP 9-59 혼합물

9.5mm 공칭 최대 골재크기(NMAS) 혼합설계가 이 프로젝트의 혼합물 시험에 사용되었습니다. NCHRP 9-59 결합제(상기 표 3)는 이러한 혼합물을 만드는데 사용되었습니다. 혼합은 80회 회전의 설계 압축 운동(N_{design})으로 설계되었습니다. 혼합물의 골재혼합은 화강암 89, 천연모래, 석회암 8910 및 화강암 M10을 포함한 4개의 개별 골재로 구성되었습니다. 혼합물 설계에서 아스팔트 결합제 함량은 6.0%였습니다. 이 연구의 모든 결합제를 평가하기 위해 동일한 순서 및 아스팔트 결합제 함량이 사용되었습니다. 액체 탈지 방지제(LOF 6500)가 혼합설계에 사용되었으며 혼합 전에 0.5 중량%의 신선한 결합제의 비율로 뜨거운 결합제와 사전 혼합되었습니다. 혼합 후, 각각의 연성인 혼합표본은 AASHTO R30에 따라 4시간 동안 135°C의 오븐에서 단기 컨디셔닝 되었습니다. 그런 다음 느슨한 혼합표본을 큰 팬에

펼쳐 놓고 시험표본을 준비하기 위해 압축하기 전에 5일 동안 95°C의 다른 오븐에서 처리했습니다.

SHRP 혼합물

SHRP 굽힘 피로시험 프로그램에 사용된 혼합물은 최소 Hveem 안정성이 35인 Hveem 방법을 사용하여 설계되었습니다. 확장된 시험프로그램 또는 8 × 2 시험프로그램이라고 하는 주요 실험에서 8개의 코어 아스팔트 모두가 두 개의 골재(석회암 골재 및 회백질 자갈 골재, 둘 다 12.5mm의 명목 최대 골재 크기(NMAS))와 함께 사용되었습니다. 석회석 혼합물에 대한 아스팔트 함량은 골재중량으로 4.5%인 반면, 회백질 자갈 혼합물에 대한 아스팔트 함량은 골재중량으로 5.2%였습니다. 시편은 4%와 7%의 두 가지 다른 공극함량을 사용하여 준비되었습니다. 측정된 공극함량은 일반적으로 이러한 목표의 1% 이내였습니다. 모든 혼합물은 표본준비 전에 4시간 동안 135°C에서 단기 숙성되었습니다.

실험실 시험프로그램

결합제

NCHRP 9-59의 일부로 연구된 결합제는 다양한 절차를 사용하여 시험되었습니다. 주파수 스윙 시험은 0.1 ~ 100rad/s 범위의 주파수에서 10, 22, 34 및 46°C의 온도에서 동적전단레오미터(DSR)를 사용하여 수행되었습니다. 사용된 절차는 AASHTO T 315를 따르지만 0.1 rad/s의 최소 주파수는 표준에 제공된 1 rad/s보다 낮습니다. SHRP 코어 아스팔트도 이 절차를 사용하여 시험되었지만 RTFOT 노화 후에 시험된 반면 NCHRP 9-59 결합제는 RTFOT 및 40시간 PAV 컨디셔닝 후에 시험되었습니다.

NCHRP 9-59 혼합물

NCHRP 9-59 혼합물을 특성화하기 위해 굽힘 피로, 단축 피로 및 치유시험의 세 가지 시험절차가 사용되었습니다. 굽힘 피로시험은 NCHRP 9-59 결합제 16개 중 9개에 대해 수행되었습니다. 일축 피로시험은 16개 모두에 대해 수행되었습니다. 16개의 NCHRP 9-59 결합제 중 8개가 치유실험에서 시험되었습니다. 이 세 가지 시험에 사용된 절차는 다음절에 설명되어 있으니 원문을 참고하시기 바랍니다.

자료 분석

혼합물 피로 및 결합제 시험 자료 분석에 사용되는 모델

혼합 피로시험을 현장 성능 및 다양한 결합제 시험자료와 연관시키는 것은 역사적으로 어려웠으며, 이는 시험방법의 결점 때문이 아니라 피로자료를 분석하는 전통적인 방법의 문제 때문일 수 있습니다. 아스팔트 콘크리트 혼합물과 아스팔트 결합제에 대한 피로시험, 파손시험 및 기타 기계적 시험을 보다 효과적으로 비교하기 위해 NCHRP 9-59 기간 동안 아스팔트 혼합물과 결합제의 피로 및 파손현상을 설명하는 새로운 이론적 기틀이 개발되었습니다. 연구팀은 이 새로운 기틀에 대해 아스팔트 결합제에 대한 일반파손이론(GFTAB)이라는 용어를 만들었습니다. 이 보고서의 부록 D는 GFTAB 모델에 대한 설명을 포함하여 NCHRP 9-59에서 사용된 자료 분석방법에 대한 자세한 설명입니다.

혼합물 피로 자료 분석

16개의 NCHRP 9-59 결합제 중 8개와 8개의 SHRP 코어 아스팔트로 만든 혼합물을 포함하여 굽힘 피로자료 실험을 위한 FFRP 값을 결정하기 위해 통계적 방법이 사용되었습니다. FFRP(피로/파손 성능비)는 주어진 결합제의 변형 허용오차와 일반적인 결합제의 변형 허용오차의 비율을 나타내며 아스팔트 결합제의 전체 변형 허용오차를 잘 나타냅니다. 이것은 혼합물 피로성능을 결합제 특성과 관련시키는데

사용되는 주요특성입니다. 부록 D에 설명된 대로 피로자료에서 FFPR 값을 결정하는 것은 관찰된 피로 자료를 GFAB 모델에 맞추는 것과 관련이 있습니다. 모델 매개변수를 결정하기 위해 비선형 최소제곱을 사용하는 Microsoft Excel 솔버가 사용되었습니다. 부록 D에서 설명한 것처럼 Excel Solver에서 제공하지 않는 통계 매개변수는 비선형 최소제곱해석에서 이러한 계산을 위한 표준방법을 사용하여 계산되었습니다. 그런 다음 결과 보정모델을 사용하여 모든 16개의 NCHRP 9-59 결함제를 사용하여 만든 혼합물에 대한 단축피로 시험결과를 분석했습니다. 일축자료 분석에서는 GFTAB 모델을 사용하여 각 시험에 대한 FFRP 값을 추정했습니다. 그런 다음 전체 자료모집단을 FFRP 값에 대한 신뢰한계를 포함하여 모델에 대한 통계를 개발하기 위한 단순한 분산문제분석으로 처리했습니다. 이러한 분석결과는 3장과 부록 D에 나와 있습니다.

굽힘 빔 피로자료의 기존분석

굽힘 빔 피로자료를 평가하기 위해 전통적인 해석방법이 사용되었습니다.

10°C와 20°C에서 각 혼합물에 대해 파손까지의 주기 수(Nf)와 적용된 변형수준(ϵ) 간의 상관관계를 개발하기 위해 검정력 모델(방정식 6)을 시험자료에 맞추었습니다.

단축 피로자료의 단순화된 점탄성 연속체 손상분석

일축 피로자료의 S-VECD(Simplified Viscoelastic Continuum Damage) 해석은 North Carolina State University의 포장연구그룹에서 개발한 FlexMAT 스프레드시트를 사용하여 수행되었습니다.

결합제 시험자료 분석

혼합물 피로 FFPR과의 비교를 위해 세 가지 결합제 시험 매개변수를 평가했습니다(크리스텐슨-앤더슨 R-값; LAS 시험에서 계산된 FFPR 값; 및 SDENT 시험에서 계산된 FFPR 값). GRP는 R 또는 FFPR과 같은 고유한 변형허용오차의 지표가 아니라 주어진 하중속도 및 온도에서 파손변형 또는 FSC에 대한 대리이므로 별도로 고려됩니다. 따라서 GRP는 10Hz의 피로하중속도와 선택된 시험온도에서 혼합물 FSC(FFPR x FSC*)와 비교됩니다. GRP의 성질은 이 보고서의 3장에서 더 자세히 논의될 것입니다.

$$GRP = |G^*| (\cos \delta)^2 / \sin \delta$$

혼합물 피로자료와 결합제 시험자료의 비교

혼합물과 결합제 피로 및 파손특성을 비교하기 전에 해석적 접근의 정확성을 검증해야 합니다. 이는 3장에서 몇 가지 중요한 관계를 확인하여 수행됩니다.(원문참조)

회복력실험 자료 분석

회복력실험에는 연속부하 하에서 회복력시험을 수행하고 단일부하 사건사이에 비부하기간이 있는 파동 부하를 사용하는 것이 포함되었습니다. 분석은 연속하중 하에서 파손 시 계수손실을 파동파손 시 계수의 추정손실과 비교하여 수행되었으며, 계수의 추정손실은 위에서 설명한 GFTAB 모델을 사용하여 이루어졌습니다. 거의 항상 파동부하에서 파손 시 계수손실은 연속부하에서보다 훨씬 적습니다. 이것은 간헐적 부하 하에서 회복의 징후입니다. NCHRP 9-59가 시작될 때 이러한 회복력이 손실계수 G' 또는 위상각과 같은 결합제 유변학과 관련이 있다고 가정했습니다. 회복력자료를 분석하는 일반적인 접근방식은 각 혼합물 및 시험온도에 대한 회복량을 추정한 다음 이를 다양한 기타 유변학적 매개변수와 함께 결합제에 대한 G' 및 위상각과 비교하는 것이었습니다.

제 3 장 결과물과 적용

이 장에서는 NCHRP 9-59의 일부로 수행된 대부분의 기술적 노력을 제시하고 논의합니다. 이 도입 직후에 결과자료에 대한 실험실 시험 및 분석결과가 제공됩니다. 여기에는 혼합시험, 결합제 시험 및 이 두 자료세트의 비교가 포함됩니다. 이것은 유연한 포장 시스템에 대한 발견의 일부 파급효과를 이해하기 위해 가상 포장구조의 계층화된 탄성분석에 대한 절로 이어집니다. 이 장의 다음 절은 잠재적인 결합제 피로사양 매개변수에 대한 설명입니다. 여기에는 결합제 피로사양 시험온도를 선택하기 위한 현재 실험계획안에서 발생하는 몇 가지 중요한 문제에 대한 논의가 포함됩니다. 검증 시험결과 및 분석이 몇 가지 관련 문제와 함께 제시됩니다. 이 장은 연구결과에 대한 제한사항을 포함하여 요약토론으로 끝납니다.

실험실 시험 및 자료 분석결과

부록 E에는 NCHRP 9-59의 일부로 수행된 다양한 혼합물 및 결합제 시험의 결과를 일부 자세히 요약한 표가 포함되어 있습니다. 아래 절은 자료에 관한 몇 가지 기본 관찰과 함께 다양한 표와 그래픽으로 시험 및 분석결과를 요약합니다. 이 절의 끝 부분에서는 이 보고서의 가장 중요한 절 중 하나인 혼합물 피로 시험결과와 다양한 결합제 시험결과를 비교합니다.

결합제 시험결과

결합제 LAS 및 SDENT 시험의 결과는 표 11에 요약되어 있으며, 여기에는 LAS 및 SDENT에 대한 FFPR 값과 결합제의 DSR 시험에서 결정된 결합제 R 값이 나열되어 있습니다. 또한 이 표에는 비교를 위해 굽힘 및 단축 피로시험의 FFPR 값이 포함되어 있습니다. NCHRP 9-59에 대해 선택된 16개의 결합제 중 9개만 굽힘피로를 사용하여 시험되었습니다. 이 매개변수는 이 보고서의 다음 절에서 서로 비교되고 다른 매개변수와 비교됩니다.

잠재적인 결합제 피로사양 매개변수의 분석

위의 분석은 현재 결합제 피로사양이 수정되어야 함을 시사 합니다. GRP 와 $|G^*| \times (R/2)^2$ 는 피로성능의 지표로서 $|G^*|\sin\delta$ 를 사용하는 것보다 개선된 것으로 보입니다. 현재 $|G^*|\sin\delta$ 최대값은 5,000kPa이며 선택한 새 피로 매개변수에 대한 적절한 최대값입니다. 피로성능도 R-값과 관련이 있으며 R-값의 허용범위가 우수한 피로성능을 보장하는데 도움이 된다는 중요한 증거도 있습니다.

검증시험

검증시험은 3세트의 포장 시험단면과 두 번째 FHWA ALF 피로실험의 5개 단면에서 수행되었습니다. ALF 구간은 일정한 온도조건에서 시험되었고 실제 포장 시험구간과 비교할 수 없기 때문에 현장부지와 ALF 구간을 별도로 고려합니다. 그러나 ALF 시험단면은 잠재적인 결합제 피로 매개변수의 효율성을 평가하는데 여전히 유용합니다.

논의요약

이 절에서는 다양한 결합제 매개변수와 아스팔트 콘크리트 혼합물의 피로성능 사이의 관계에 관한 복잡한 자료를 상당히 많이 제시했습니다. 아스팔트 혼합물 피로응답은 다양한 매개변수의 복잡한 기능입니다. 계수가 증가함에 따라 변형용량이 감소하여 피로수명이 감소합니다. 동시에 계수가 증가하면 위상각

이 감소하여 피로지수가 증가하여 피로수명이 증가합니다. 회복성은 아마도 아스팔트 혼합물 피로의 중요한 요인일 것입니다. 비-폴리머-개질된 결합제에 대한 개선된 회복성 및 개선된 피로수명으로 이어지는 위상각 증가로 성능; 폴리머 수정 결합제의 경우 유변학과 회복성사이의 관계가 명확하지 않습니다. 문제를 더욱 복잡하게 하는 것은 실제 포장 시스템에서 더 유연한 결합제와 혼합물이 일반적으로 더 높은 파손변형률을 나타내지만 현장에서 더 높은 변형률을 초래하여 잠재적으로 낮은 계수 값의 유익한 효과를 상쇄하는 경향이 있다는 것입니다.

제 4 장 결론 및 제안 연구사항

-요약문 참조-

지침/시행 계획

다음 절은 연구팀이 이 연구결과를 구현하는데 도움이 될 것이라고 생각하는 활동의 개요를 제공합니다. 이 경우 구현은 이 보고서에서 권장하는 결합제 사양의 일부 또는 전체 변경을 채택하는 것을 의미합니다. 제안된 구현활동은 다음의 세 절에서 논의됩니다.

: 초기 구현활동, 늦은 구현활동 및 구현장벽

구현을 돕기 위해 부록 F에는 NCHRP 9-59/M 320, NCHRP 9-59/M 332, NCHRP 9-59/R 29 및 NCHRP 9-의 변경사항을 포함하여 AASHTO 59 / T 313형식의 4가지 모델사양이 포함되어 있습니다.

초기 구현활동 - 프로젝트 완료 후 최대 1년

초기 실행활동은 패널이 이 보고서를 최종 검토하고 NCHRP 9-59 최종 보고서를 게시하는 것으로 시작됩니다. FHWA ETG 결합제 및 혼합물 회의, 다양한 TRB 위원회 회의, 지역 아스팔트 사용자-생산자 그룹회의 및 주 고속도로 기관회의를 포함한 다양한 기술회의에서 연구팀의 프레젠테이션이 이어집니다. 이러한 프레젠테이션의 중요한 측면은 다음을 요구해야 합니다. 이해 당사자는 제안된 개정된 사양을 사용하여 다양한 결합제를 평가하고 그 결과를 포장 엔지니어링 공동체와 공유합니다. 초기 구현활동에는 아스팔트 포장 기술자 협회 및/또는 교통연구 위원회에 1~2개의 논문을 제출하는 것도 포함되어야 합니다. 이 연구의 권고를 지지하는 AASHTO에서 활동하는 한 명 이상의 사람들은 이 연구결과의 채택을 시작하고 계속해서 발전시켜나가야 합니다. 중요한 초기 구현활동은 NCHRP 9-59와 밀접하게 관련된 시험 및 분석을 포함하는 NCHRP 9-60을 완료하는 것입니다. 많은 NCHRP 9-59 결합제가 이 프로젝트의 일부로 추가 시험됩니다. NCHRP 9-59의 결과, 결론 및 권장사항은 NCHRP 9-60 완료 후 재평가되어야 합니다.

하나 이상의 후속 연구 프로젝트를 통해 해결할 수 있는 NCHRP 9-59의 일부로 해결되지 않은 몇 가지 문제가 있습니다. 이 연구결과의 초기구현이 현재 노화 실험계획안을 사용하여 수행되는 경우 RTFOT/20시간 PAV 노화를 사용하여 16개의 NCHRP 9-59 결합제를 다시 시험해야 합니다. 여기에는 GRP 값과 R-값의 최소 결정이 포함되어야 합니다. 이러한 결합제에 대해 BBR 시험을 수행하는 것이 유용할 것입니다. RTFOT/20시간 PAV 노화 후 이러한 결합제에 대한 BBR 시험을 수행하여 값이 DSR 자료가 아닌 BBR 자료에서 계산될 때 R의 제안된 범위가 적합한지 확인하는 것이 유용할 것입니다. 이 시험 중 일부는 NCHRP 9-60의 일부로 계획되어 있습니다. 이 추가작업에는 NCHRP 9-60에서 시험이 예정되지 않은 결합제에 대한 BBR 시험만 포함됩니다. RTFOT/20시간 PAV 노화 후 SDENT 연장을 결

정할 때도 고려해야 합니다.

NCHRP 9-59에 대한 후속연구에서 매우 중요한 주제는 피로 및 파손 성능에 대한 다양한 결합제 및 혼합물 노화절차의 영향입니다. 이 보고서의 여러 절에서 언급했듯이 NCHRP 9-59에 포함된 폴리머 변형 결합제의 고유한 변형내성은 대부분의 변형되지 않은 결합제보다 훨씬 나은 것으로 보이지 않았습니다. 즉, 주어진 GRP 값에서 고분자 개질 결합제와 비 변성 결합제의 파손변형률이 유사하였습니다. 이 프로젝트에 사용된 피로모델은 여전히 폴리머 개질 결합제가 실제 포장에서 개질되지 않은 결합제보다 훨씬 더 나은 성능을 보일 것이라고 예측하지만, 이는 일반적으로 더 연성이고 주어진 온도에서 변형내성이 더 우수하기 때문입니다. 신장된 유연한 혼합노화가 폴리머 변형 결합제의 피로성능을 비현실적으로 저하시키는지 여부를 결정하기 위한 연구가 필요합니다. 이 연구는 또한 일반적으로 실험실 노화와 고분자 개질 및 비변성 결합제 및 혼합물의 피로 및 파손특성에 대한 계수수준의 영향을 다루어야 합니다. 이 연구가 수행되고 확장된 연성인 혼합노화가 폴리머-개질 결합제에 적합하지 않음을 보여준다면, 폴리머 변형결합제의 고유변형내성을 정확하게 특성화하는 결합제 사양시험을 갖기 위해 SDENT 시험을 개선하기 위한 추가연구가 필요할 것입니다. 또한 폴리머 변형의 유익한 효과가 저온 및/또는 고도로 노화된 혼합물로 확장되는 경우 폴리머 변형 결합제에 대한 R-값의 최대한계를 높이거나 제거해야 합니다. 이는 교통량 수준에 따라 R에 다른 제한을 두어 수정된 버전의 M323 구문 내에서 구현할 수 있습니다.

지연 구현활동 - 프로젝트 완료 후 1년 이상

지연 구현활동에는 AAPT 및 TRB에서의 연구결과 발표가 포함되어야 합니다. 제안된 개정사양(AASHTP M320 및 R 29)은 승인 프로세스를 통해 계속 진행되어야 합니다. 다양한 기술회의에서 발표된 개정된 사양을 사용하는 시험자료는 지속적으로 검토 및 편집되어야 하며 AASHTO 사양검토 프로세스에서 적절하게 활용되어야 합니다. 사양구현 프로세스의 예비단계는 현재 사양을 유지하면서 수정된 결합제 피로사양에 대한 자료를 보고하는 것입니다. 이렇게 하면 최종 채택 전에 개정된 사양, 특히 특정 제한의 적절성을 최종 검토할 수 있습니다. 추가 지연 구현활동은 NCHRP 9-61(아스팔트 혼합물의 노화를 정확하게 반영하는 단기 및 장기노화 결합방법)의 결과를 고려하는 것입니다. 여기에 설명된 구현계획은 제안된 변경사항이 현재 실험실 노화절차(RTFOT/20시간 PAV)를 사용하여 구현될 것이라고 가정합니다. NCHRP 9-61의 결과는 결과적으로 NCHRP 9-59의 결과에 대한 초기적응에 사용된 사양한계의 수정이 필요한 실험실 노후화의 변화로 이어질 것입니다.

구현의 장벽

NCHRP 9-59의 결과가 비교적 빠르고 쉽게 구현될 수 있도록 상당한 고려가 이루어졌습니다. 이것은 사실 현재 사용되는 표준 기술만이 프로젝트에서 고려되어야 한다고 강조한 프로젝트의 “문제점 기술”에 의해 부분적으로 주도되었습니다. 그러나 여전히 구현에 몇 가지 장벽이 있습니다. 하나는 NCHRP 9-59의 권장 사항에 대한 착오 및/또는 오해입니다. 이것은 NCHRP 9-59의 결과와 관련하여 다양한 기술그룹에 적절한 수의 프레젠테이션을 함으로써 해결되어야 합니다. 이 프레젠테이션에 사용된 슬라이드는 NCHRP 9-59의 결과를 전달하는데 도움이 되고자 하는 다른 엔지니어와 연구원이 사용할 수 있어야 합니다. 또 다른 장벽은 사양 매개변수의 최종 값을 결정하는 것입니다. 이 보고서에 제공된 값은 잠정적이며 광범위한 결합제에 대한 추가 자료가 수집되면 수정해야 합니다. 일부 생산자는 재료가 제안된 사양을 충족하지 못한다는 것을 알게 될 것입니다. 결국 사양의 목적은 피로성능이 좋지 않은

결합제가 포장용도에 사용되지 않도록 하는 것입니다. 향상된 결합제 피로사양의 필요성을 지지하는 엔지니어와 연구원은 제한된 수의 생산자가 새로운 사양의 구현을 중단하거나 사양제한이 너무 광범위하여 효과가 없게 되는 것을 방지하는데 확고한 입장을 취하는 것이 중요합니다.

<원문제목> Relationships Between the Fatigue Properties of Asphalt Binders and the Fatigue Performance of Asphalt Mixtures 2021

<원문출처> National Academy of Sciences(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD)