

아스팔트 혼합물 시공에 따른 강상판의 열변형 특성연구

A Study on Temperature Deformation in Bridge of Steel Decks due to the Construction of Asphalt Mixtures

옥창권*, 김진환**, 서정혜***, 안진홍****

Ock, Chang Kwon · Kim, Jin Hwan · Seo, Jeong hae · An, Jin Hong

1. 서론

콘크리트 상판에 비해 자중을 감소시킬수 있는 강상판 교량은 장경간의 강교에 많이 적용되고 있지만, 강상판은 콘크리트 상판에 비해 열에 의한 변형이 크다는 단점을 가지고 있다. 따라서 강상판에 아스팔트 혼합물의 포설 및 다짐 시공시 고온의 아스팔트 혼합물(160~180℃)에 따른 강상판 교량의 거동을 분석하고자 한다. 먼저 강상판 상면에 아스팔트 혼합물 포설 및 다짐작업을 수행할 때 강상판 하면에 온도계를 설치하고 또한 강상판 신축이음장치 부위에 변위계를 설치하여 포설시 아스팔트혼합물의 고온시공에 따른 교량 바닥판 하면의 온도변화와 신축이음장치의 수평변형량을 측정하여 아스팔트 혼합물 포설시 온도에 따른 강상판의 거동을 분석하고자 한다.

2. 교면포장 시공 및 계측기 설치

본 연구는 경상남도 양산에 위치한 언양2육교에서 실시하였으며, 언양2육교의 제원은 표 1에 나타내었다. 교면포장은 하부층 SMA 8mm, 상부층 SMA 10mm의 혼합물을 현장 도착온도 165~185℃에서 시공하였다.

표 1. 교량 제원

구분		언양2육교
총연장		200.12m
폭원		13.6m
형식		Steel Box Girder
강상판 두께		강상판 3경간 16mm
교면포장	상부층	SMA 10mm
	하부층	SMA 8mm
방수층 재료		에폭시계 방수재(레진스콘)
교면포장 시공일시		2003년 10월

언양2육교 하부층의 아스팔트 포장 시공순서는 그림 1에 나타낸 것과 같이 아스팔트 휘니셔로 하부에 온도 게이지를 설치한 상판 직상 위치의 1차로 포설후, 토공부 포설 그리고 1차로 포설과 역방향으로 2차로 포설, 1차로와 같은 방향으로 3차로와 길어깨를 포장하였다.

* 정희원 · 한국도로공사 도로교통기술원 포장연구그룹 · 연구원 · 031-371-3361(ock@freeway.co.kr)
 ** 정희원 · 한국도로공사 도로교통기술원 포장연구그룹 · 연구원 · 031-371-3441(kimtopia@freeway.co.kr)
 *** 정희원 · 한국도로공사 도로교통기술원 포장연구그룹 · 연구원 · 031-371-3364(liz98@shinbiro.com)
 **** 정희원 · 한국도로공사 도로교통기술원 포장연구그룹 · 연구원 · 031-371-3441(gate44@empal.com)

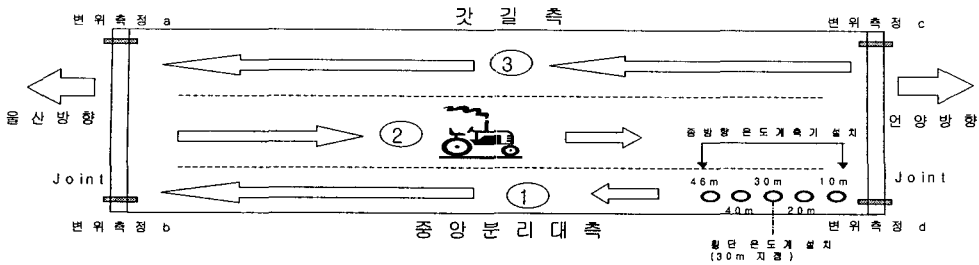


그림 1. 언양 2육교 강상판 포장 시공순서 및 온도와 변위계측 위치

고온의 아스팔트 혼합물 포설에 따른 강상판의 온도변화 계측을 위한 온도계측 위치는 최하부층 혼합물이 포설되는 시점기준(그림 1의 ①번 위치)으로 교축방향으로 강상판 하면의 10m, 20m, 30m, 40m, 46m 지점에 온도계지를 설치하였으며, 30m 지점 강상판 하부 온도계지 설치 위치와 동일한 위치의 강상판 상면 방수층 표면에 온도계지를 설치하였다. 또한 강상판 하부의 박스 상단에서 아래로 1m 위치와 증분대측에서 2번째 위치의 U-Rib에 온도계측기를 설치하여 온도변화를 계측하였다. 이러한 온도계측기의 설치위치 횡단면도를 그림 2에 나타내었고, 또한, 강상판 교면포장 포설시 높은 온도의 아스팔트 혼합물에 의해 열팽창된 강상판의 수평변위 측정을 위해 그림 3과 같이 3경간 연속교인 언양2육교의 증방향 양끝단 신축이음 장치의 좌·우측 4곳에 변위계를 설치하였다.

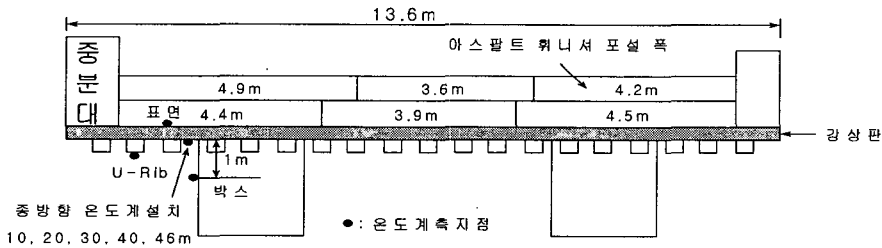


그림 2. 언양 2육교 30m 지점 온도계측 및 아스팔트 휘니셔 포설폭 현황

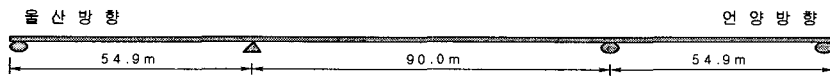


그림 3. 언양 2육교의 증방향 교량 받침 개요도

3. 계측결과 분석

3.1 강상판 온도변화 분석

강상판 상면에 고온(160~180℃)의 아스팔트 혼합물 포설에 따른 강상판 하면의 온도변화를 표 2와 그림 4에 나타내었다. 표 2와 그림 4을 살펴보면, 온도계측지점 5개소의 강상판 하면에서 최대 64~75℃ 정도 온도가 상승함을 확인할 수 있다. 아스팔트 혼합물 포설시점에서 온도계측 위치 5개소까지 포설시간은 약 12.3분의 시간이 소요되었고, 강상판 하면의 최대온도 도달시간은 5개소 지점에 35분~43분의 시간이 소요되었다. 최초 포설된 고온의 아스팔트 혼합물로 인한 위치별 온도계측 지점 강상판의 온도가 즉시 상승하지 않은



원인은 포설 초기에는 강상판의 온도가 낮기 때문에 혼합물의 열이 전도되면서 손실되었기 때문인 것으로 판단된다.

그림 4에서 최대 온도이후 점차적으로 강상판의 온도가 감소함을 확인할 수 있으며, 1차로 포설후 다른 2, 3차로의 아스팔트 혼합물 포설에 따른 1차로 하면의 게이지 부착위치의 온도상승은 나타나지 않았으나 2, 3차로 시공에 기인하여 온도가 아주 천천히 떨어지는 것을 알 수 있었다. 그러나 메인거더 1m 위치는 지속적으로 온도가 상승되어지는 것을 알 수 있었다. 포설 시점으로부터 30m 지점의 강상판 표면의 온도도 마찬가지로 포설후 일정시간이 경과한 후에 최대온도에 도달함을 확인할 수 있었으며, U-Rib 및 Box의 온도 상승 기울기는 완만하며 최고 온도에 다다르는 시간이 길며, 이후 온도의 하강도 매우 느린 것을 볼수 있다. 이것은 교량의 상판부에서 하부 Rib, Box 구조물로의 열전도가 이루어지면서 모든 계측지점의 온도가 시간이 지남에 따라 일정온도로 수렴하여 가는 과정을 보여주는 것이다.

표 2. 아스팔트 혼합물 포설과 강상판 온도변화

구 분		강상판 하부 지점					강상판 30m지점		
		10m	20m	30m	40m	46m	방수층 표면	U-Rib	Box
게이지 위치별 아스팔트 휘니셔 통과시간(분)	A	3.9	6.3	9.2	10.9	12.0	9.2	9.2	9.2
게이지 위치별 최대온도 도달시간(분)	B	35.0	35.5	37.5	37.5	43.0	30.0	92.5	289
각 지점의 혼합물 포설후 최대온도 도달시간(분)	B-A	31.1	29.3	28.3	26.6	31.0	20.8	83.3	279.8
최대온도(°C)		64	73	71	75	64	83	40	25

* 시공전 강상판 하부온도 약 20°C

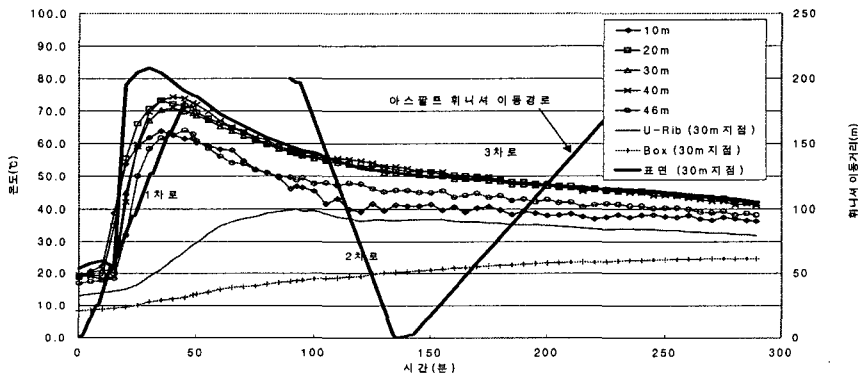


그림 4. 혼합물 포설 단계별 강상판의 시간-온도 변화 그래프

3.2 강상판의 변형 분석

연양 2육교는 3경간 연속교로서 그림 3과 같이 포설시공 시점으로부터 144.9m 지점이 힌지 형태의 이동이 허용되지 않는 구조로 되어있기 때문에 연양방향의 신축이음의 변위가 울산방향에 비하여 더 많은 변형량을 보인다. 울산방향의 신축이음부 중앙분리대 측에 설치한 변위계는, 시공중 손상되어 데이터를 획득하지 못하였다.

신축이음부의 변위를 그림 5에서 나타내었다. 그림 5에서 알 수 있는 것처럼 1차로 포설중과 후에 신축이음부의 급격한 변형이 발생하였고, 토공부 포설중 변형량이 둔화 되었으나 2차로 포설 중과 후에 신축이음부의 변형이 크게 증가하였음을 볼 수 있다. 그러나 3차로 포설은 초기에 다소 영향을 미치다가 영향이 감소하



는 것을 확인할 수 있다. 아스팔트 포설작업 시작 후 약 4시간에 이르렀을 때 신축이음부의 총 변형량이 최대값에 도달하고 이후 변형량이 감소함을 알 수 있다. 신축이음부의 변위계 설치위치에 따른 최대 변형량은 표 3에 나타내었다. 표 3에 나타낸 포장시공시의 신축이음의 최대신장량은 향후 공용중에는 이러한 온도조건을 경험할 수 없기 때문에 본 교량이 경험할 수 있는 최대 신장량임을 알 수 있다. 이러한 신장량은 신축이음의 설계유간 10cm와 비교할 때 현저하게 낮은 값을 알 수 있다.

표 3. 신축이음부의 위치별 최대신장량 및 도달시간(연양2육교)

구분		연양방향 갓길측	연양방향 중분대측	울산방향 갓길측	울산방향 중분대측
최대 신장량	크기(mm)	38.66	47.70	11.74	데이터유실
	시간(min)	222.5	242.5	120.5	"

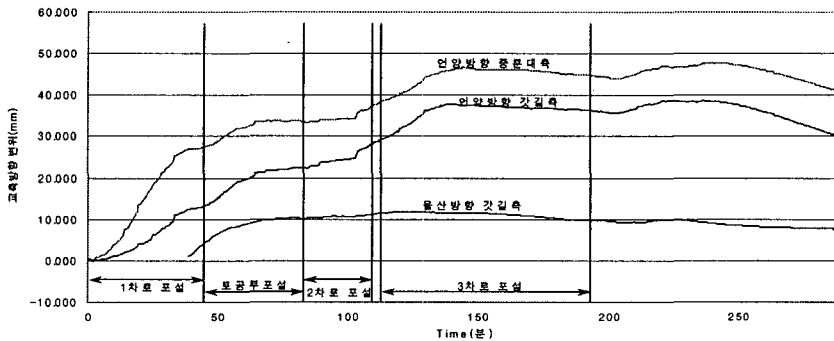


그림 5. 혼합물 포설 단계별 강상판의 시간-신장량 변화 그래프(연양2육교)

4. 결론

본 연구를 통하여 도출한 결론적인 사항을 언급하면 아래와 같다.

1. 강상판에 고온의 아스팔트 혼합물 포설시, 아스팔트 혼합물의 높은 온도(160~180℃)가 강상판 전면에 열전도되어 강상판 하면의 온도가 최대 75~77℃에 도달하게 되며, 아스팔트 혼합물 포설후 즉시 강상판의 온도가 최대에 도달하는 것이 아니고, 강상판 전면에 열전도된 후 대략 27분~30분의 시간경과후 강상판의 온도가 최대에 도달하게 된다.
2. 고온의 아스팔트 혼합물 포설에 의해 강상판이 열팽창하여 수평방향으로 변형이 발생하였으며, 본 조사 대상 교량의 포장시공에 따른 열변형률은 0.000213~0.000374정도로 나타났다. 향후 공용중에는 이러한 온도조건을 경험할 수 없기 때문에 본 교량이 경험할 수 있는 최대 신장량을 알 수 있다. 이러한 시험결과를 바탕으로 강상판의 신축이음장치 유간 결정시 아스팔트 혼합물의 포설시에 발생하는 열팽창에 의한 거동을 고려하여 설치하여야 할 것으로 판단된다.
3. 강상판에 아스팔트 교면포장을 적용할 때에는 설계단계에서부터 고온의 아스팔트 혼합물에 의해 발생하는 강상판의 온도상승과 열팽창에 의한 거동을 분석하고 이에 대한 대처방안을 수립하고 적용하여야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 한국도로공사, 고속도로공사 전문시방서(토목편), 한국도로공사, 2000
2. 남광현, 교면포장의 설계와 시공, 도서출판 과학기술, 2000