

교량의 동결방지장치 Antifreezing System of Concrete Bridges



김 영 진*

1. 서 론

도로의 동결방지를 위해서는 살수, 포장매립형 히터의 설치 및 동결방지제의 살포 등의 방법이 일반적으로 사용되고 있다. 또한 노면에 미끄럼방지포장 등을 하여 차량의 미끄럼을 방지하고 있으나, 현재까지도 최적인 방법이 제시되고 있지 못한 실정이다.

특히 일본의 관동이남과 같이 비교적 강설량이 많은 지방에서는, 사용이 간편한 동결방지시스템의 개발이 적극적으로 모색되고 있다. 이는 도로에서 빈번히 발생하는 국부적인 동결로 인하여 평상시에도 자주 차량의 미끄럼사고가 발생되었기 때문이다.

본 소고는 이와같은 상태가 발생하는 기후, 기상조건을 검토하여 원인을 규명하고 손쉬운 동결방지시스템을 개발하기 위한 것으로, 제안된 두 가지의 방지시스템의 성능비교를 위한 실험을 공시체와 실제 교량에 대하여 실시하였다. 본 실험이 비록 교량(콘크리트교, 슬래브교, 강상관교)을 대

상으로 시행하였지만, 결과적으로 일반 도로의 동결이 발생하기 쉬운 장소에서도 동결방지의 효과가 있기 때문에, 적용이 가능하다고 판단된다.

2. 동결의 발생

노면의 동결은 야간에 열의 방사로 인한 냉각으로 포장으로 부터 열이 방출되고 표면온도가 저하되어, 표면수분이 냉각되므로서 발생한다. 즉, 포장표면온도가 공기중의 수증기가 냉각되어 이슬방울을 맺는 온도인 이슬점온도보다 낮아지면, 수분이 동결되어 0℃ 이하로 되는 것이다. 일반적으로 동결이 발생하기 위해서는 수분이 존재해야 하기 때문에, 비온 뒤 1~2일 후에 주로 발생한다. 그림 1은 열의 이동상황을 도시한 것이다.

본 소고는 1990년 3월호의 土木施工에 森崎正博, 橋本和夫, 小林久夫, 杉崎守에 의하여 투고된 施工研究 “橋梁の凍結防止装置”를 번역 정리한 것으로, 최근 성수대교의 붕괴사고를 계기로 교량의 유지관리문제에 대한 관심이 집중되면서, 재설용으로 사용되는 열화칼슘에 의한 교량의 부식방지를 위해 검토되고 있는 동결방지장치에 대한 이해를 돕고자 한다.

* 정회원, (주)대우 건설기술연구소 선임연구원, 공학박사

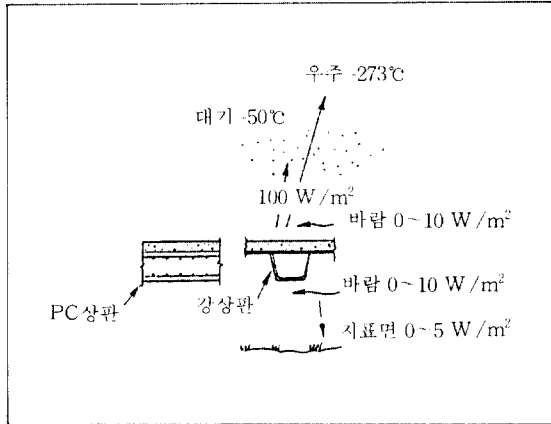


그림 1 열의 이동상황

3.2 국부히터

국부히터(spot heater)는 강상판과 같이 강재로 되어 있는 경우 발생하는 열의 전도로 인한 열의 분산효과를 이용하여, 강상판에 부분적으로 부착해서 노면전체를 가열하는 원리이다. 이 장치는 강상판의 하면에 부분적으로 부착하기 때문에, 부착과 보수가 용이하고 설치를 위하여 교통통제를 하지 않아도 되는 장점이 있다. 그림 3은 본 장치의 개요도이다.

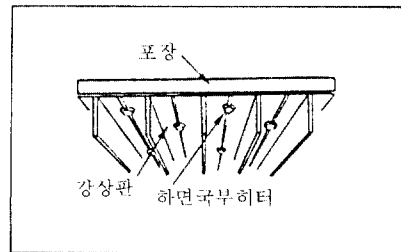


그림 3 국부히터의 개요도

3. 새로운 동결방지장치의 제안

3.1 적외선히터

도로면의 표면으로부터 발생되는 열의 방사현상으로 표면수가 냉각되어 동결현상이 발생하는데, 이와 같은 방사현상의 원리를 역으로 이용한 것이 적외선히터이다. 적외선히터는 동결이 발생하는 부분을 직접 방사가열하는 장치이기 때문에, 포장에 매립되는 히터에 비하여 작동이 신속할 것으로 예상된다. 그림 2는 적외선히터의 설치 후 개요도이다.

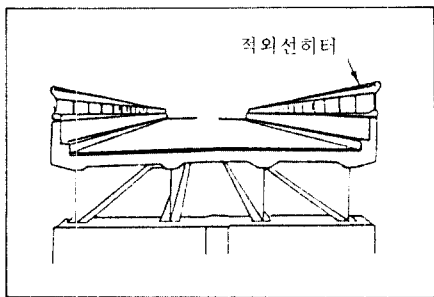


그림 2 적외선히터의 설치개요도

4. 실제 교량에 대한 실험

4.1 실험의 개요

그림 4는 실험의 개요도이다. 실험은 동결이 매년 발생하는 교량에 적외선히터를 부착하고, 교량의 측면에 임시로 가설된 시험대에 국부히터를 장착한 공시체를 설치하여 비교실험을 실시하였다.

4.2 적외선히터

적외선히터로서는 봉 형태의 원적외선 세라믹 코팅방식을 사용하고, 노면의 면적당 250 W의 전력량이 소요되도록 계획하였다. 반사판은 한점에 방사가 집중되지 않고 교면 이외에 방사되지 않도록, 상부측의 반사판은 근기리를 하부측의 반사판은 원기리를 방사하는 2점 방식을 택하였다. 그림 5는 적외선방사현황을, 사진 1은 적외선히터의 설치상황이다.

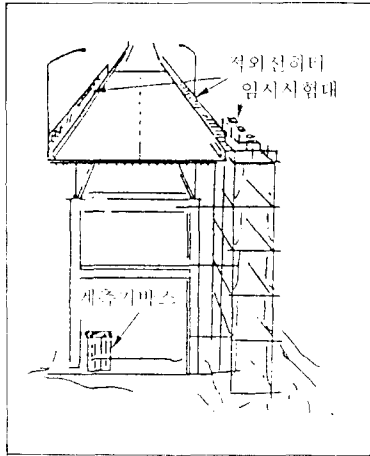


그림 4 실험의 개요도

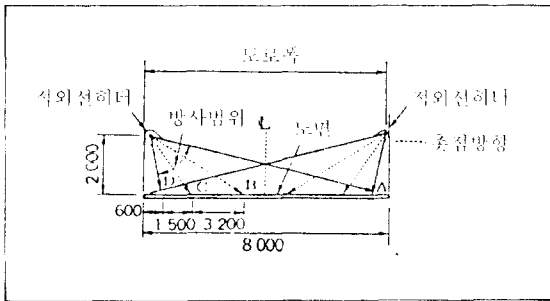


그림 5 적외선방사현황

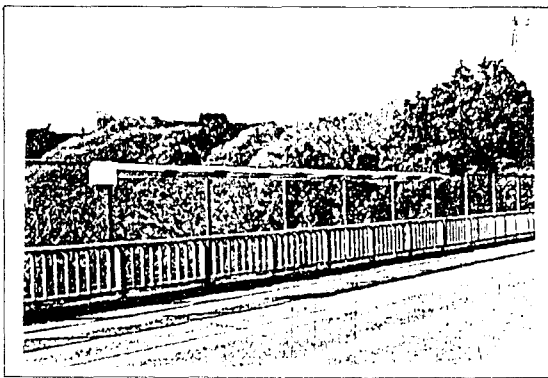


사진 1 적외선히터의 설치상황

4.3 국부히터

공시체는 일반적인 강상판의 일부분을 모사한 것으로, 주변을 단열재로 감싸서 실제 교량에서

실험하는 것과 동일한 효과를 얻도록 하였다. 국부히터용 공시체의 형상을 그림 6, 사진 2에 제시하였다. 비교 실험용 공시체로서, 포장중에 히터를 매립한 매립히터와 히터를 설치하지 않은 표준 강상판 그리고 그림 7의 RC 상판을 준비하였다.

매립히터가 설치된 강상판과 표준강상판은 히터이외는 모두 동일한 형상을 하고있다. 국부히터와 매립히터는 슬라이더덕트로 출력을 가변시키면서 실험을 실시하였다.

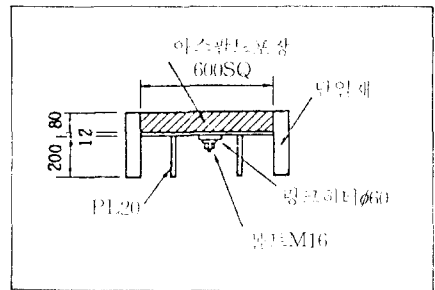


그림 6 국부히터용 공시체

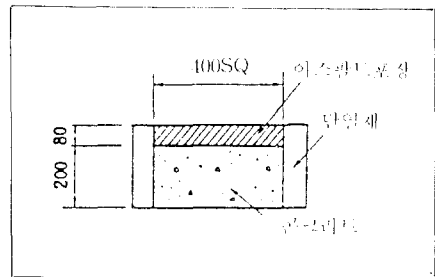


그림 7 RC상판용 공시체

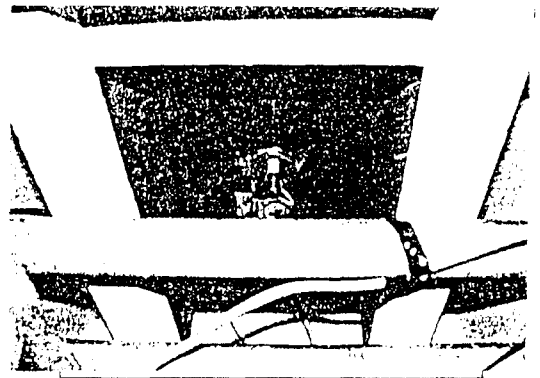


사진 2 국부히터의 설치과정

5. 실험결과

5.1 동결의 발생상황

그림 8은 동결이 발생한 상황에서 도로표면온도와 이슬점온도의 변화를 도시한 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 표면온도가 이슬점온도보다 저하되고 상상관의 표면에 동결이 발생하였지만, RC 상판에는 동결이 발생하지 않은 상태이다. 동결의 발생은 수분이 필요하기 때문에 비온 뒤 1~2일 후에 많이 발생하였다.

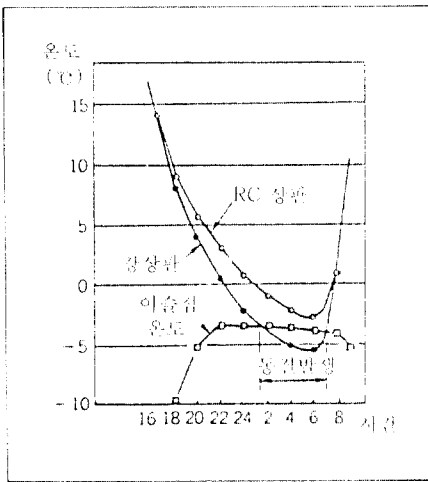


그림 8 도로표면온도와 이슬점온도의 변화상황

5.2 동결방지장치의 성능비교

그림 9, 10은 동시에 히터의 전원을 넣고, 동결 방지장치의 온도를 상승시키서 그 성능을 비교한 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이, 적외선히터는 온도상승이 신속히 일어나지만 매립히터나 국부히터는 포장하부를 가열하여 표면온도를 상승시키기 때문에, 작동에 시간이 다소 소요되는 것을 알 수 있다.

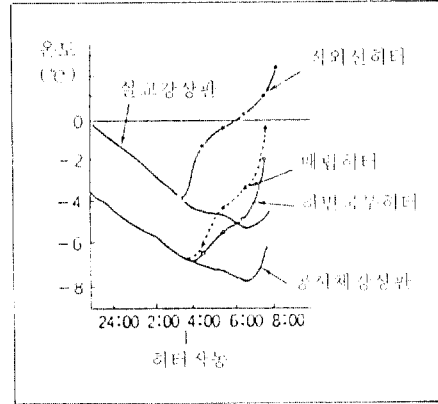


그림 9 포장표면온도의 변화

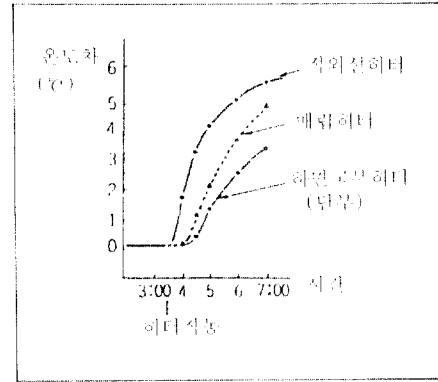


그림 10 가열되지 않은 부분과 가열포장면의 온도차 변화

5.3 매립히터와 국부히터의 비교

그림 11은 매립히터와 국부히터에 의한 온도상승분포를 비교한 것이다.

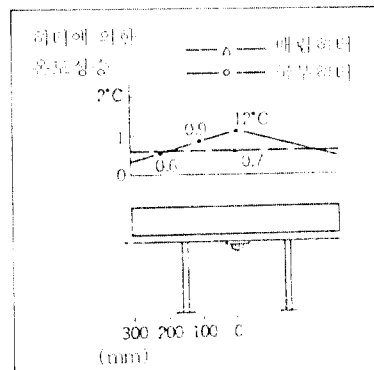


그림 11 매립히터와 국부히터의 온도분포

국부히터는 열전도율이 높은 상판플레이트를 이용한 것이며, 그 효과가 온도분포에도 표현되고 있다. 국부히터를 40cm간격으로 설치한다면, 국부히터에 의한 온도분포가 매립히터에 의한 온도분포에 거의 가깝게 된다고 사료된다.

5.4 가열전력과 표면온도차와의 관계

그림 12에 가열전력과 일반부와의 표면온도차의 관계를 표시하였다. 가열시간이 길어지게 되면, 표면온도차의 상승도 커지게 되지만, 여기서는 가열시간이 5~6시간에서 최대 온도차를 표시하였다.

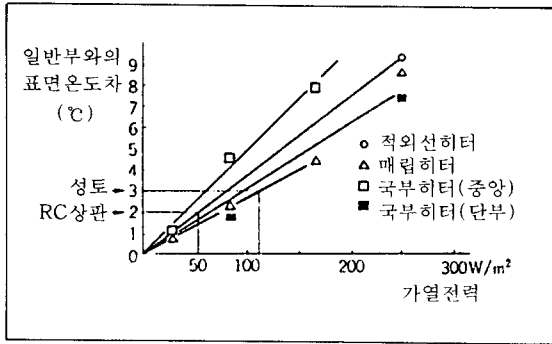


그림 12 가열전압과 표면온도차의 관계

동결방지에 필요한 전력은 일반도로부와의 표면온도차로부터 구할 수 있다. 표면온도차로서, 이슬점온도와 공시체 강상판의 온도차와, 공시체 강상판과 공시체 RC상판과의 온도차를 사용한다

면 2℃이고, 실제 교량의 강상판과 성토와의 온도차를 사용한다면 3℃정도이다.

동결방지에 필요한 전력으로서는 가열방식에 따라 다소의 차이는 있지만, 대략 50~110 W/m² 정도의 범위내에 있다.

6. 결 론

(1) 동결이 발생하는 조건에서 강상판의 표면과 RC상판과의 온도차는 약 2℃였다. 또한 강상판과 일반 도로부(지반상의 도로)와의 온도차는 약 3℃였다. 그 온도차는 강상판 표면의 최저 온도가 변화하여도 거의 일정하였다.

(2) 적외선히터는 매립히터에 비하여 효율면에서는 거의 같았다. 따라서 강상판의 동결뿐만 아니라, 일반 제설에도 이용될 수 있다고 판단된다.

(3) 적외선히터는 급속가열에 거의 시간이 소요되지 않기 때문에, 동결이 발생한 경우에는 스위치를 작동시키면 즉시 작동한다. 따라서 매립히터와 같이 2~3시간전에 스위치를 작동시킬 필요가 없다. 또한 RC상판과 같이, 하면으로부터 가열이 곤란한 경우에도 사용이 적절하다고 사료된다.

(4) 하면에 설치되는 국부히터를 40cm간격으로 설치한다면 매립히터와 거의 같은 성능을 발휘할 수 있다. 또한 강판의 하면에 설치하기 때문에, 작업대의 설치가 필요하더라도 히터의 설치작업 자체는 비교적 수월한 편이다. 강상판 이외에도 보도교의 계단등 하면이 강판인 곳에는 용이하게 부착할 수 있다. □