한국도로학회 논문집
第11券2號 2009年 6月
pp. 99 ~ 109

소입경 골재노출콘크리트포장의 환경하중 저항성에 대한 연구

A Study on the Resistance Against Environmental Loading of the Fine-Size Exposed Aggregate Portland Cement Concrete Pavements

전 범 준* 이 승 우** 채 성 욱*** 배 재 민****
Chon, Beom Jun Lee, Seung Woo Chae, Sung Wook Bae, Jae Min

Abstract

Fine-size exposed aggregate portland cement concrete pavements (FEACP) have surface texture of exposed aggregate by removing upper 2~3mm mortar of surface of which curing is delayed by using delay-setting agent. FEACPs have advantages of maintaining low-noise and adequate skid-resistance level during the performance period than general portland cement concrete pavements. It is necessary to ensure the durability environmental loading to prevent unexpected distress during the service life of FEACP. In the process of curing, volume change accompanied change in by moisture and temperature could be an important cause of crack in concrete to construct for successful FEACP. The use of chloride containing deicer may accelerate defects of concrete pavement, such as crack and scaling. This study aim to evaluate environmental loading resistance of FEACP, based on the estimation of shrinkage-crack-control-capability by moisture evaporation and scaling by deicer in freeze-thaw reaction.

Keywords : fine-size exposed aggregate portland cement concrete pavements, environmental loading, plastic shrinkage, drying shrinkage, scaling,

요 지

소입경 골재노출콘크리트포장은 콘크리트 타설 직후 포장표면에 응결지연제를 살포하여 표면으로부터 깊이 2~3mm 정도의 모르타르 경화를 늦추게 한 후 표면의 모르타르 제거를 통해 굵은골재를 포장표면에 노출시키는 공법이다. 소입경 골재노출콘크리트포장은 타이어-노면 소음이 일반 콘크리트포장보다 4~5dB(A)정도 작으면서도 적정한 미끄럼저항을 장기간 유지한다는 장점을 가지고 있다. 소입경 골재노출콘크리트포장이 적정 평균조직깊이, 노출도 및 미끄럼저항을 확보하여 강도, 소음저감효과 및 장기간 적정 미끄럼저항성을 유지 하는 것도 중요하지만 성공적인 소입경 골재노출콘크리트포장의 건설을 위해서는 온도, 습도 등의 요인으로 발생하는 환경하중에 대한 내구성이 요구된다. 콘크리트포장은 타설 후 경화과정에서 수분손실 및 초기건조로 인하여 필연적으로 체적변화가 수반되며 과도한 체적변화는 콘크리트 균열발생에 주요한 원인이 될 수 있다. 동결융해를 받고 있는 지역에서 제설제를 사용할 경우 표면박리현상이 발생한다. 이러한 균열 및 스케일링은 포장체의 내구성을 저하시키고 미끄럼저항을 감소시켜 장기공용성을 단축시키는 직접적인 요인으로 작용하게 된다. 따라서 본 연구에서는 소입경 골재노출콘크리트포장에 대하여 수분증발로 인한 수축균열 제어 성능 및 제설제를 사용하였을 경우에 반복되는 동결융해작용으로 인한 스켈링에 대해 내구성을 평가하여 환경하중 저항성에 대해 고찰하였다.

핵심용어 : 소입경 골재노출콘크리트포장, 환경하중, 소성수축, 건조수축, 스케일링

* 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 박사과정(E-mail : najunya@hotmail.com)
** 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 부교수 · 공학박사
*** 정회원 · (주)한맥기술 도로부 공학석사
**** 정회원 · 토탈페이브시스템 대리

1. 서 론

아스팔트의 소성변형 및 파손으로 인한 유지관리의 어려움을 해소하고자 중차량에 대한 지지력이 뛰어나고 장기간의 공용성을 지닌 것으로 내구성이 우수하여 유지·관리가 용이한 장점을 가진 콘크리트포장은 증가하고 있는 추세이다. 하지만 콘크리트포장은 아스팔트포장에 비해 4~6dB(A) 정도 소음 발생량이 높으며 타이어와 노면간 발생하는 교통소음은 주행 중에 있는 운전자에게 지속적인 소음의 노출로 인해 피로를 가중시켜 사고 발생의 가능성이 있으며 도로 주변에 거주하는 주민들에게는 스트레스, 불쾌감 및 불면증 등의 원인이 되기도 한다.

저소음포장에 대한 연구로서 골재노출콘크리트포장은 콘크리트 포장 시공 시 표면에 지연제를 살포하여 표면 2~3mm정도의 모르타르의 경화속도를 늦추고 골재 노출기(brush)를 사용하여 2~3mm의 미경화된 모르타르를 제거하여 굵은골재를 포장표면에 노출시킴으로서 별도의 표면조직을 형성하지 않고도 타이어와 노면간에 발생하는 소음을 감소시키고, 미끄럼저항성을 확보하는 매우 우수한 표면처리 공법으로 평가되고 있다(이승우 외, 2006). 일반적으로 골재노출콘크리트포장은 굵은골재의 최대치수를 20mm로 사용하지만 국외에서는 굵은골재의 최대치수를 15mm이하로 하여 소입경 골재노출로서 소음저감 및 적정 미끄럼저항의 효과를 더욱 증대하여 적용한 사례도 보고된 바 있다.

일정깊이(표면2~3mm)의 모르타르의 경화속도를 지연할 수 있는 지연제의 종류 및 농도를 선택하고 적정 살포시기 및 노출시기를 선정하는 것이 소입경 골재노출콘크리트포장의 품질확보를 위한 시공관리에 있어서 매우 중요하다. 또한, 적정 강도를 유지하며 포장표면조직의 소음저감효과 및 장기간 미끄럼저항을 만족시킬 수 있는 표면조직을 형성하기 위해서는 적정 MTD(Mean Texture Depth)와 노출도가 확보되어야 한다. 이를 달성하기 위한 소입경 골재노출콘크리트포장의 배합 및 노출기법에 대하여 "소입경 골재노출콘크리트포장의 최적배합 및 노출기법에 대한 연구"에서 제시된바 있다(김영규, 2008).

소입경 골재노출콘크리트포장은 주행소음을 감소하고 장기간 미끄럼저항이 유지되어 주행의 안전성을 확보할 수 있는 국내·외의 연구와 실제 시공사례가 보고되어지고 있지만 콘크리트의 수화 초기 및 겨울철 외부의 기후적인 요인이나 시공요인 등에 의해 콘크리트포장의 장기공용성에 큰 영향을 미치는 환경하중에 대한 연구가 충분히 이루어지지 않은 실정이다.

소성수축현상으로 인해 발생하는 미세한 균열은 콘크리트포장의 표면에 존재하지만 지속적인 건조수축현상의 진행으로 인하여 콘크리트 슬래브의 내부로 깊숙이 전파되면 구조 성능저하의 주요 원인이 된다. 제설제가 존재하고 동결융해가 반복되면 포장표면이 기형으로 박리되는 스케일링으로 발생하여 콘크리트포장의 조직이 파손되어 미끄럼저항성이 감소하게 된다. 이러한 환경하중에 의해 발생하는 균열 및 파손은 콘크리트 포장의 장기공용성에 악영향을 끼치게 된다.

본 연구에서는 수분 손실에 중요한 영향인자인 기후조건에 따른 양생조건별 균열 패턴 및 특성을 비교함으로써 소입경 골재노출콘크리트포장의 초기 수분증발에 대한 저항성을 검토하였으며 지속적인 건조수축현상에 대한 무게손실 및 길이변화를 분석하여 건조수축 균열 제어 특성을 평가하였다. 또한, 겨울철 제설 및 동결방지를 위해 사용하는 제설제와 반복적으로 지속되는 동결융해현상 등의 환경하중에 대한 내구성을 평가하였다.

2. 초기 수분증발로 인한 균열발생에 대한 저항성 검토

2.1 실험 개요 및 방법

콘크리트에 발생하는 균열은 콘크리트 구조 성능

저하의 주요 원인으로 타설 초기에 콘크리트가 완전히 경화되지 않는 상태에서 구속 및 증발율이 높게 되면 소성수축 균열이 발생하게 된다. 소성수축작용에 있어 구속은 콘크리트 내부에 인장응력을 유발시키며, 이 인장응력이 콘크리트의 인장강도보다 크게 되는 순간 소성수축균열이 발생하게 된다.

소성수축 현상은 수분 손실로 인한 일반적인 현상으로 이를 방지하기 위하여 콘크리트 포장의 표면에 불투수막을 형성하여 수분증발을 억제하는 양생제를 사용함으로서 소성수축현상을 제어하고 있다. 양생초기에 살포하는 지연제가 일정 피막을 형성하기 때문에 양생제의 효과를 대체할 가능성이 있다. 지연제가 양생제의 효과를 가지고 있어 양생제 살포과정을 생략할 수 있을 경우 시공과정의 단순화 및 비용절감의 효과가 기대된다.

콘크리트 배합은 적정 강도를 유지하며 소음저감 효과와 장기간 미끄럼저항을 유지하는 소입경 골재 노출콘크리트 배합(김영규, 2008)에 따라 굵은골재 최대치수를 13mm로 하여 표 1과 같이 물 160kg/m^{3}과 시멘트 400kg/m^{3}을 사용하여 물/시멘트비를 0.4로 하고 잔골재는 536kg/m^{3}을 사용하여 시멘트 잔골재 비를 1:1.34로 시험을 실시하였다.

지연제의 양생제 대체효과를 양생조건에 따라 구속과 증발율로 인해 발생하는 소성수축균열의 패턴 및 특성을 판단하기 위하여 양생조건은 모르타르의 경화를 지연시키는 지연제양생, 양생제양생 및 지연제와 양생제를 미사용한 무처리양생으로 실시하였다. 양생조건별로 봄철 및 여름철 기후조건의 영향에 따라 초기 수분증발에 대한 저항성을 검토하기 위하여 표 2와 같은 기후조건으로 시험을 수행하였다.

표 1. 소성수축시험 조건

양생조건	단위량(kg/m^3)			
	C	S	W	AE제
무처리	400	536	160	C×0.1%
지연제				
양생제				

표 2. 기후조건

계절	평균 온도(℃)	상대 습도(%)	평균 풍속(m/s)
봄	23.2±0.5	54	4
가을	19.2±0.5	62	4
여름	32±0.5	68	6

소입경 골재노출콘크리트포장의 소성수축균열 제어특성을 평가하기 위하여 그림 1과 같은 900×600×150mm의 플래트형 실험공시체를 이용한 소성수축균열시험을 실시하였다(Kraii, 1985). 얇은 판형 시험체 내부에 인장응력을 발생 시킬 수 있는 구속조건으로 구속용 섬유(13×13×7mm)를 100mm 간격으로 설치하였다. 기후조건을 표 2와 같은 조건으로 24시간동안 유지시켜 시험을 실시한 후 균열을 관찰하였다. 발생된 균열의 평가는 균열 폭과 균열 길이를 측정하고 이를 통해 총 균열면적을 산정하였다.

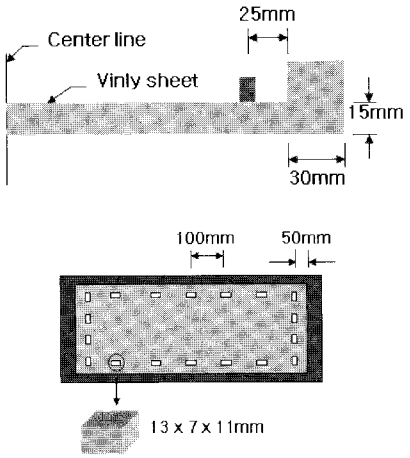
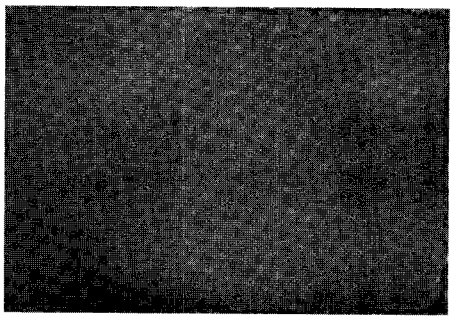


그림 1. 소성수축시험 몰드

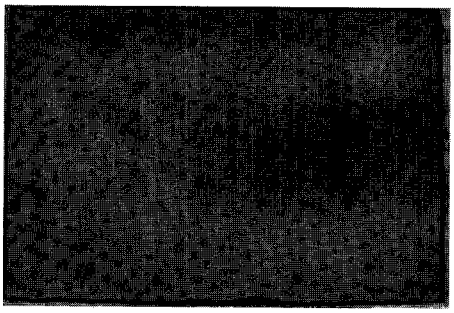
2.2 실험 결과 및 분석

봄철, 가을철 및 여름철의 기후조건에 따른 양생조건별 소성수축현상으로 발생하는 균열패턴을 통하여 기후조건 및 양생조건에 따른 소성수축균열 특성을 비교·분석하였다.

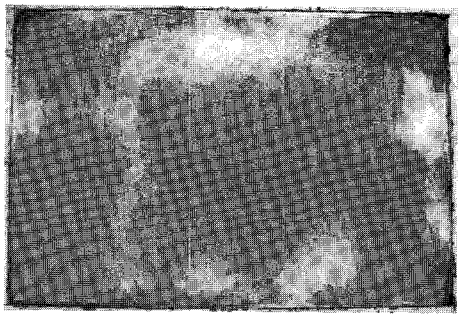
그림 2는 기후조건을 국내에서 봄철의 기후조건에 따른 양생조건별 소성수축균열패턴을 비교한 것이다. 봄철 및 가을철의 기후 조건에서 양생조건별 소성수축으로 인한 균열은 발생하지 않았다.



a. 무처리 양생



b. 지연제 양생

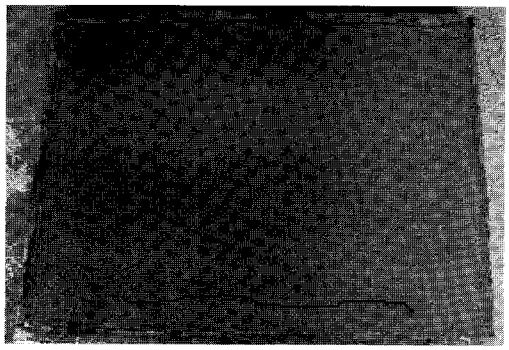


c. 양생제 양생

그림 2. 봄철 기후조건에서 양생조건별 소성수축균열 패턴

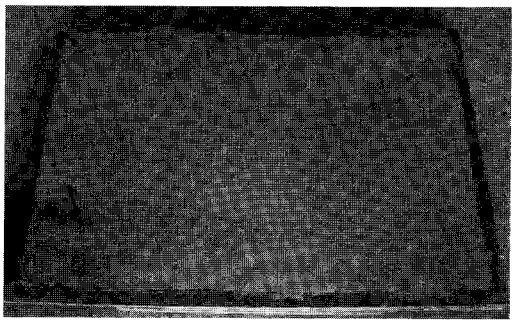
이러한 결과는 봄철과 가을철의 기후조건에서 지연제양생은 지연제가 수분증발로 인한 소성수축현상을 방지하여 봄철의 기후조건이 균열을 발생시키는 영향을 저하시키는 것으로 판단되며 봄철 기후 조건에서 소입경 골재노출콘크리트포장은 소성수축균열이 발생하지 않을 것으로 사료된다.

그림 3은 여름철의 기후조건에 따른 양생조건별 소성수축균열패턴을 나타낸 것이며 소성수축현상으로 인해 발생한 균열을 측정하여 그림 4와 같이 나타내었다.



a. 무처리 양생

b. 지연제 양생



c. 양생제 양생

그림 3. 여름철 기후조건에서 양생조건별 소성수축균열 패턴

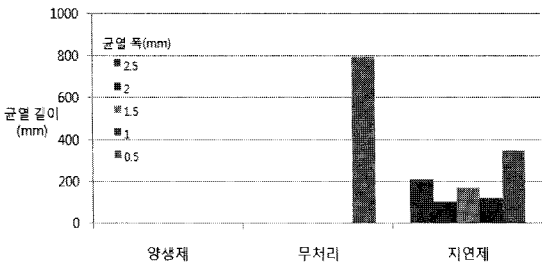


그림 4. 소성수축균열 측정(여름철 기후조건)

양생제양생은 균열이 발생하지 않았으며 지연제양생은 균열이 발생하였다. 이러한 결과는 콘크리트 표면이 햇빛과 바람에 직접 노출된 상태에서 수분증발을 양생제에 의한 피막이 막아 줌으로써 양생제 양생의 경우는 균열이 발생하지 않은 것으로 판단된다. 여름철 기후조건에서 지연제양생은 수분증발을 지연제에 의한 피막이 방지하지 못하여 소성수축현상으로 인해 균열이 발생한 것으로 판단된다. 여름철에 소입경 골재노출콘크리트포장을 시공 시 포장표면에 지연제만을 살포하여 양생하는 경우에는 소성수축현상에 의해 발생되는 균열로 인하여 장기공용성이 저하될 것으로 사료된다.

3. 건조수축 균열제어 특성 평가

3.1 실험 개요 및 방법

국내의 강릉대학교에서는 시방배합이 콘크리트의 재료 배합 및 타설 시 적정 강도 유지, 굵은골재의 가라앉음 현상을 배제하고 적정 슬럼프를 유지하는데 이상은 없지만 균일하게 많은 굵은골재를 포장표면에 노출하고, 노출장비를 이용한 골재 노출 및 양생 후 교통 개방을 실시할 경우 굵은골재의 탈리를 방지하기 위하여 물/시멘트비 및 단위시멘트량을 보정하였다.

굵은골재, 잔골재 및 혼화제의 단위량은 고정하였고, 물/시멘트비와 단위시멘트량을 변화하였다. 물/시멘트비를 45%에서 40%로 감소시키고 단위시멘트량을 333.3kg/m^{3}에서 400kg/m^{3}으로 증가시켜 저소음 및 적정 미끄럼저항을 유지하는 중요한 요소인 품질관리기준을 측정을 통하여 소입경 골재노출공법의 성능을 향상시키는 것을 확인하였다.

콘크리트 슬래브 부재의 단면 내에서 표면은 건조수축이 크게 일어나고 내부는 그 수축량이 작게 일어나게 되므로 표면의 건조수축을 구속하게 된다. 그로 인하여 표면에는 인장응력이 유발되어 표면균열 발생의 원인이 된다. 이러한 표면에 생긴 균열은 초기에는 콘크리트 내부로는 관입되지 않으나 계속적인 건조현상의 진행으로 인하여 콘크리트 슬래브의 내부로 깊숙이 전파될 수 있다.

물/시멘트비와 단위시멘트량의 보정에 대한 건조수축시험의 사용배합은 표 3과 동일하며 각각의 배합에 따라 그림 5와 같이 3개씩의 시편(100×100×400mm)을 제작하였으며 20±1°의 온도조건에서 7일간 수중양생을 실시한 후 그림과 같이 Demec Point를 15cm간격으로 설치하여 20±1°와 60±5%의 항온항습조건에서 5일을 시작으로 60일까지 5일 간격으로 하여 무게 및 길이 변화량을 측정하였다. 또한, 일반 콘크리트 시편을 제작하여 비교·분석하였다.

표 3. 시방배합

	물/시멘트비 W/C(%)	잔골재율 S/a(%)	단위량(kg/m^3) W	C	S	G	AE제
일반콘크리트	45	42	144	320	766	1063	C×0.25%
소입경 골재노출 콘크리트	40	30	160	400	536	1262	C×0.1%
	45	30	150	333.3	536	1262	C×0.1%

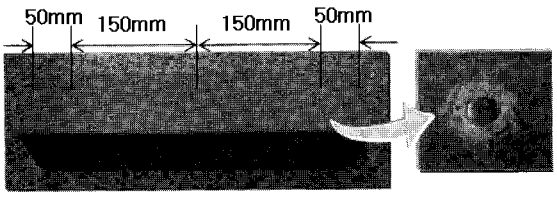


그림 5. 건조수축 시험 시편

3.2 실험 결과 및 분석

콘크리트의 길이 변화 시험 방법을 통하여 수분손실로 인한 건조수축현상에 따른 측정된 시편의 무게 및 길이 변화에 대하여 그림 6과 그림 7에 나타내었다.

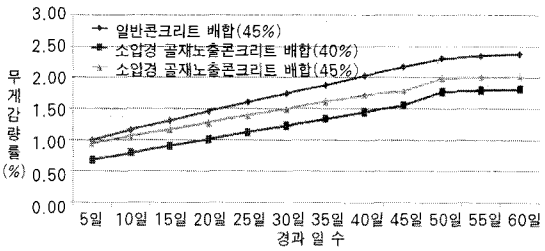


그림 6. 건조수축현상으로 인한 시편의 무게 변화

초기에서 5일이 경과하는 동안에 수분손실로 인하여 발생한 무게감량률은 소입경 골재노출콘크리트 배합이 일반 콘크리트배합보다 작게 나타났으며 시간의 경과에 따라 무게감량률은 일정하게 증가하는 경향을 나타내었다. 초기에서 60일이 경과한 후 무게 감량은 물/시멘트비가 40%인 소입경 골재노출콘크리트 시편의 초기 무게인 9.43kg에서 60일 경과한 후에는 0.18kg이 감량된 9.26kg이 측정되어 가장 작은 1.81%의 무게 감량률을 나타내었다.

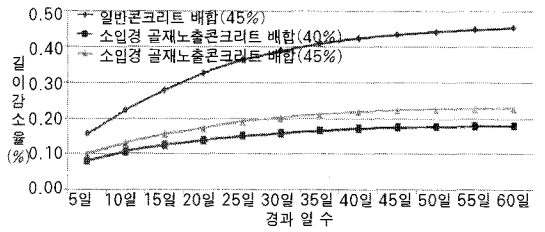


그림 7. 건조수축현상으로 인한 길이 변화

수분손실로 인한 체적변화가 발생하여 15cm 간격으로 설치한 Demec Point의 감소한 길이를 보면 물/시멘트비가 40%, 45%인 소입경 골재노출콘크리트 시편의 경우 5일부터 45일까지는 시간의 경과에 따라 무게가 감소하는 것과 비례하여 길이가 감소하는 경향을 나타내었지만 50일부터 60일까지는 일정하게 무게가 감소하는 것과 달리 길이의 감량은 미비함을 알 수 있다. 일반 콘크리트 시편의 경우는 시간의 경과에 따라 무게가 감소하는 것과 비례하여 길이가 감소하는 경향을 나타내었다. 물/시멘트가 40%인 소입경 골재노출콘크리트 시편은 Demec Point의 15cm 간격에서 60일이 경과한 후 길이 감량은 0.26mm 감소된 14.73mm가 측정되어 가장 작은 0.18%의 길이 감소율을 확인할 수 있었다.

콘크리트 배합에서 굵은골재의 함유량이 많은 소입경 골재노출콘크리트 시편은 굵은골재의 수축이 시멘트 경화체의 수축과 비교하여 매우 작기 때문에 시멘트 페이스트에 대한 콘크리트 건조수축은 굵은골재 함유율이 증가한 소입경 골재노출콘크리트배합이 무게 및 길이 변화량이 작은 것으로 판단된다.

물/시멘트비가 40% 및 45%인 소입경 골재노출콘크리트 배합의 경우에는 길이 변화 측정 시 오차로 인해 발생한 것으로 사료되며 40%인 소입경 골재노출콘크리트 배합은 45%인 경우와 비슷한 경향이며 무게 및 길이 감량은 근소하게 많을 것으로 사료된다.

따라서 물/시멘트비와 단위시멘트량을 보정한 물/시멘트비 40%의 소입경 골재노출콘크리트 시방배합은 콘크리트의 외부와 내부의 온도 및 수분등의 영향으로 인하여 수분방출에 따른 수축량 차이로 인한 인장응력이 발생하여 나타나는 수축과 균열에 대한 우수한 저항성을 나타내었다.

4. 표면박리현상 분석을 통한 내구성 평가

4.1 실험 개요 및 방법

고체 염화물 제설제 살포는 시간이 경과함에 따라 차로에서 도로 가장자리로 흩어지고 하얀색의 염화물 제설제 분말이 차로에 잔재하게 된다. 차로에 잔재한 염화물 제설제의 분말은 제거되지 않고 일정기간 동안 낮에는 하얀색 가루로 존재하다가 새벽에는

습기를 흡수하여 젖는 현상이 반복된다. 이러한 반복되는 동결융해로 인해 콘크리트포장 표면을 구성하는 노면조직에 스케일링으로 인해 미끄럼저항성(Skid resistance)을 저하시켜 교통사고의 원인이 된다.

제설제가 존재하고 지속적인 동결융해에 노출된 소입경 골재노출콘크리트포장에서 발생하는 스케일링으로 인한 표면 박리 저항성을 평가하기 위해 무게 손실 및 품질관리기준등을 측정하여 스케일링과 굵은골재 탈리현상의 상관관계를 검토하였다. 또한, 물/시멘트비 40%와 45% 일반 콘크리트 시편을 제작하여 비교·분석하였다.

스케일링시험은 ASTM C 672에 의거하여 그림 8과 같이 500×300×100mm 크기의 콘크리트 시편에 높이 2㎝인 아크릴판을 설치한 후 제설제를 염화칼슘 4g과 물 100ml를 혼합하여 표면에 균등하게 분포시켰다. 5, 10, 15, 20, 25 사이클에서 표면 박리(Mass of scaled off particle) 저항성을 측정하였다. 동결융해 싸이클은 그림 9와 같이 7시간 동안 16℃에서 0℃로 떨어뜨리고 0℃에서 -10℃로 5시간 떨어뜨리고 4시간 동안 -10℃에서 동결, 8시간 동안 -10℃에서 16℃로 상승시킨 것을 1싸이클로 하였다.

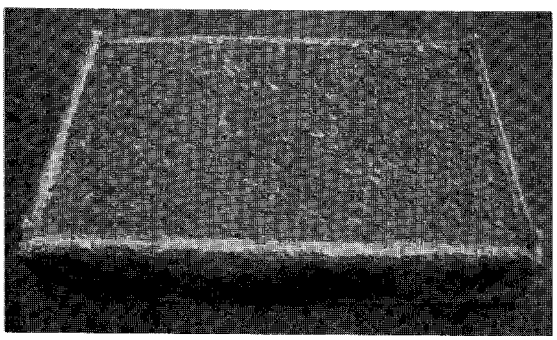


그림 8. 스케일링 시험 시편

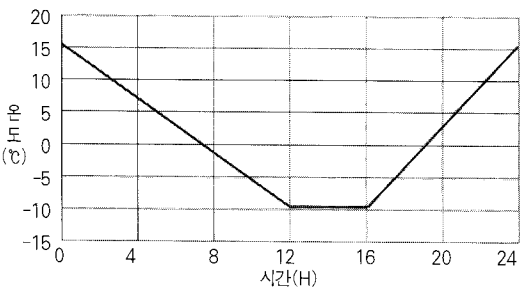
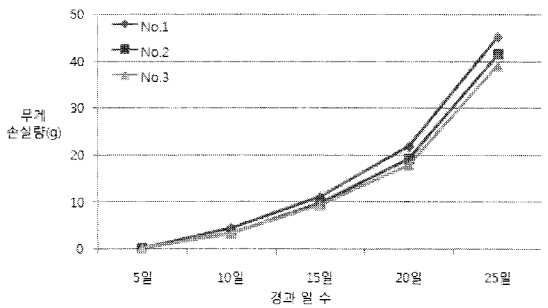


그림 9. 스케일링 시험용 시편의 동결융해 싸이클

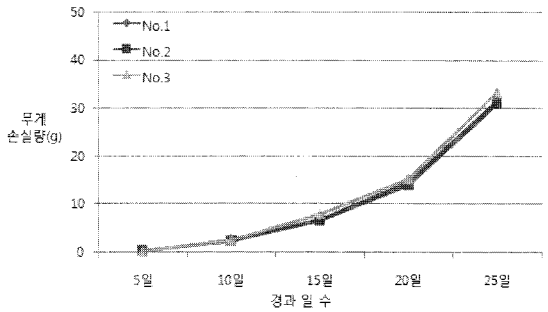
4.2 실험 결과 및 분석

4.2.1 무게 손실 및 표면 박리 면적 측정

시간 경과에 따른 스케일링의 발생으로 인한 각 시편의 무게 손실은 그림 10과 그림 11로 나타내었다. 스케일링으로 인한 무게 손실에 대하여 소입경 골재노출콘크리트 시편은 5일이 경과한 경우에는 스케일링이 굵은골재 사이에 존재하는 모르타르에서 표면 박리가 발생하여 무게 손실은 미세하지만 시간의 경과에 따라 동결융해가 지속될수록 무게 손실량은 증가하는 경향을 나타내었다. 일반 콘크리트 시편은 시간 경과에 따른 무게손실량이 표면 전체에서 발생하여 소입경 골재노출콘크리트 시편보다 많이 발생하



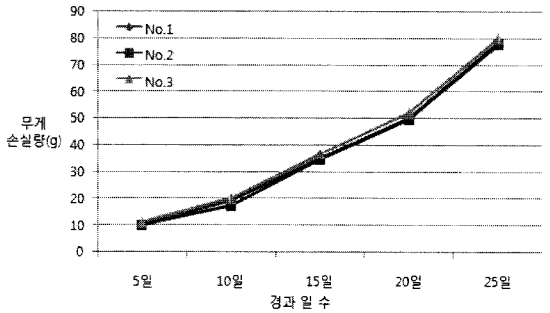
a. W/C : 45%



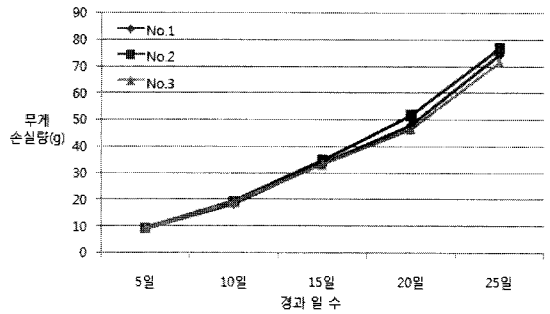
b. W/C : 40%

그림 10. 스케일링으로 인한 소입경 골재노출콘크리트 시편의 무게 변화

였으며 일정하게 증가하는 경향을 확인 할 수 있다. 소입경 골재노출콘크리트와 일반 콘크리트 시편은 물/시멘트비가 45%인 경우보다 물/시멘트가 40%인 경우가 스케일링으로 인한 시편의 무게손실량이 작게 발생하였다.



a. W/C : 45%



b. W/C : 40%

그림 11. 스케일링으로 인한 일반 콘크리트 시편의 무게 변화

그림 12와 같이 제설제가 존재하고 반복되는 동결융해로 인한 표면 박리된 면적을 측정하여 나타내었다. 측정한 표면 박리 면적은 그림 11과 같이 무게 손실량이 많을수록 측정된 면적이 많은 경향을 나타내었다. 소입경 골재노출콘크리트시편은 표면에 균일하게 많은 굵은골재가 노출되어 있어 표면 박리된 면적은 작게 측정되었으며 물/시멘트비가 40%인 시편은 45%인 경우보다 높은 굵은골재의 노출도로 표면을 형성하여 표면 박리된 면적은 작게 측정된 것으로 판단된다.

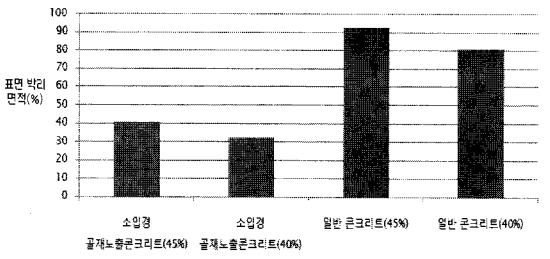


그림 12. 스케일링으로 인한 표면 박리된 면적 측정

4.2.2 굵은골재 탈리현상

그림 13과 14는 시간경과에 따른 스케일링으로 인하여 표면 모르타르가 박리되어 노출된 굵은골재와 모르타르간 부착력이 감소하여 소입경 골재노출콘크리트 시편에서 발생한 굵은골재 탈리현상을 나타내었다. 굵은골재 탈리현상은 시간의 경과에 따라 일정하게 증가하는 현상을 나타내며 물/시멘트비가 40%인 경우에는 물/시멘트비가 45%인 경우보다 늦은 15일에 처음 발생하였으며 탈리된 굵은골재의 수는 작게 발생하였다. 물/시멘트비가 40%인 시편은

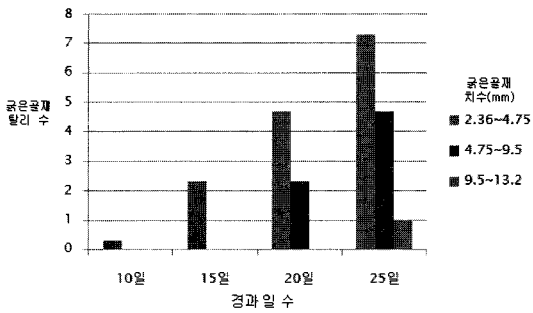


그림 13. 소입경 골재노출콘크리트 시편(45%)의 굵은골재 탈리 측정

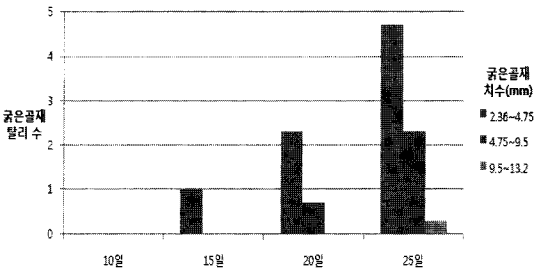


그림 14. 소입경 골재노출콘크리트 시편(40%)의 굵은골재 탈리 측정

45%인 경우보다 높은 노출도로 표면을 형성하므로 스케일링의 영향을 적게 받기 때문에 탈리된 굵은골재는 작게 측정된 것으로 판단된다.

4.2.3 품질관리기준

저소음 및 미끄럼저항에 중요한 요소인 품질관리기준의 노출도와 미끄럼저항에 대하여 25일이 경과하면서 스케일링과 굵은골재 탈리현상이 발생한 물/시멘트비가 45%인 소입경 골재노출콘크리트시편의 품질관리기준을 측정한 값은 표 4에 나타내었다.

측정한 품질관리기준의 MTD(Mean Texture Depth) 변화를 보면 소입경 골재노출콘크리트 시편은 표면을 구성하는 모르타르에서 스케일링현상의 발생이 증가하여 품질관리기준의 MTD에 만족하지 못하는 것을 확인할 수 있다. 노출도 및 BPN의 변화를 보면 스케일링으로 인해 굵은골재 탈리현상은 발생하였으나 표면에 균일하게 많은 굵은골재가 노출되어 있어 동일한 값이 측정되었다.

표 4. 품질관리기준 측정(W/C : 45%)

	시험법	초 기	25일 경과
MDT(mm)	Sand Patching방법	1.89	2.05
노출도 (개/25cm²)	Peak법	33	32.7
BPN	BPT 사용	85.7	85.6

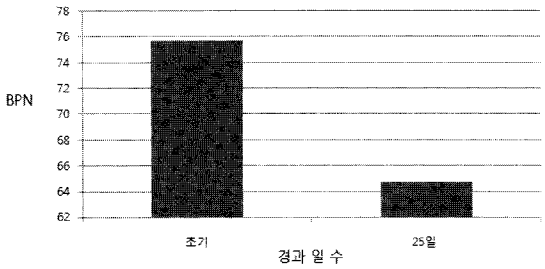
25일이 경과하면서 스케일링과 굵은골재 탈리현상이 발생한 물/시멘트비가 40%인 소입경 골재노출콘크리트시편의 품질관리기준을 측정한 값에 대하여 표 5에 나타내었다.

표 5. 품질관리기준 측정(W/C : 40%)

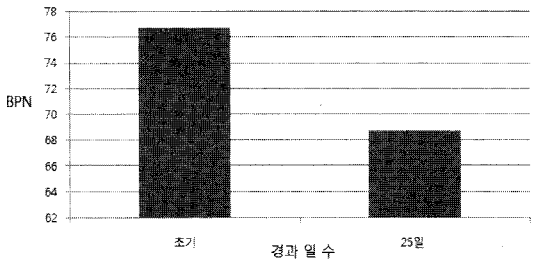
	시험법	초 기	25일 경과
MDT(mm)	Sand Patching방법	1.72	1.85
노출도 (개/25cm²)	Peak법	37.2	37.2
BPN	BPT 사용	88.9	89.7

측정한 품질관리기준의 MTD변화를 보면 물/시멘트비가 40%인 소입경 골재노출콘크리트 시편은 표면을 구성하는 모르타르에서 스케일링이 발생하여 증가하였으나 품질관리 기준의 MTD에 만족하는 것을 확인할 수 있다. 노출도 및 BPN의 변화를 보면 표면에 균일하게 많은 굵은골재가 노출되어 있어 동일한 값이 측정되었다. 스케일링으로 인한 표면 박리된 모르타르의 무게와 면적이 적으며 탈리된 굵은골재수도 적기 때문에 품질관리기준에 만족하는 것으로 판단된다.

그림 15는 스케일링으로 인해 표면 박리된 일반 콘크리트 시편의 표면에서 측정한 미끄럼저항을 나타내었다. 일반 콘크리트 시편은 표면조직을 형성하는 모르타르에서 스케일링이 발생하여 각각 평균 11과 8의 미끄럼저항이 감소하는 것을 알 수 있다.



a. W/C : 45%



b. W/C : 40%

그림 15. 일반 콘크리트 시편의 미끄럼저항 변화

일반 콘크리트 시편보다 소입경 골재노출콘크리트 시편이 스케일링에 대하여 무게손실량이 적으며 미끄럼저항은 변화가 없기 때문에 우수한 내구성을 확인하였다. 또한, 물/시멘트비가 40%인 소입경 골재

노출콘크리트 시편은 물/시멘트비가 45% 경우보다 무게손실이 적고 굵은골재 탈리현상이 작게 발생하여 저소음과 적정 미끄럼저항성을 확보하는 품질관리기준을 만족하였기 때문에 가장 우수한 내구성을 확인하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 강도, 저소음 및 적정 미끄럼저항을 확보하는 소입경 골재노출콘크리트포장의 환경하중에 대한 저항성을 평가하기 위한 방안으로서 콘크리트의 수화 초기 및 겨울철 외부의 기후적인 요인이나 시공요인 등에 의해 콘크리트포장의 장기공용성에 큰 영향을 미치는 환경하중에 대한 저항성을 비교·분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 봄철 기후조건에서 지연제양생은 지연제가 균열이 발생하지 않아 소성수축현상을 제어하는 것으로 판단된다. 균열이 발생한 여름철 기후조건에서는 지연제가 양생제의 효과를 대체하지 못하는 것으로 판단된다. 또한, 여름철 기후조건에서 소입경 골재노출콘크리트포장의 지연제양생은 소성수축으로 인한 초기균열로 인하여 콘크리트포장의 장기공용성이 저하될 것으로 사료된다.
2. 물/시멘트비와 단위시멘트량을 보정하여 소입경 골재노출공법의 성능을 향상시킨 시방배합은 외부와 내부의 온도 및 수분등의 영향으로 인하여 수분손실에 따른 시편의 무게 및 길이 감량이 작게 나타나 우수한 건조수축 균열 제어 성능을 확인할 수 있었다.
3. 소입경 골재노출콘크리트 시편은 일반 콘크리트 시편보다 스케일링으로 인한 무게 손실량이 적으며 미끄럼저항의 변화는 동일한 값이 측정되어 제설제가 존재하고 지속적인 동결융해에 대하여 우수한 내구성을 나타내었다.
4. 표면박리 저항성에 대하여 소입경 골재노출콘크리트 시편은 굵은골재 사이에 존재하는 모르타르에서 표면박리가 발생하였으며 지속되는 동결융해에 MTD가 증가하는 경향과 소량의 굵은골재 탈리현상이 발생하였으나 저소음 및 적정 미끄럼저항성을 확보하는 품질관리기준을 만족하기 때문에 스케일링에 대하여 우수한 내구성을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 건설교통부의 건설핵심기술연구개발사업인 '장수명·친환경 도로포장 재료 및 설계시공기술 개발'의 연구수행 결과입니다.

참고 문헌

김영규, "소입경 골재노출콘크리트포장의 최적 배합 및 노출기법에 관한 연구", 강릉대학교 석사학위논문, (2005)

김진철, "콘크리트의 건조수축 메커니즘과 예측모델", 한국도로학회 도로 포장공학회지, 제 5권 제 3호, pp32~41(2003)

양성철, "형상비 및 골재의 종류에 따른 콘크리트 시편의 건조수축특성 연구", 한국도로학회 논문집 제 6권 4호, pp109~121, (2004)

이병덕, "제설제 종류에 따른 융빙성능 및 콘크리트에 미치는 영향 평가에 관한 연구", 한국도로학회 논문집 제 7권 4호, pp113~123, (2005)

이승우, 저소음 콘크리트포장 연구개발 과제, 연구보고서, 포스코건설, (2003)

이승우, 유태석, 김지원, "소음저감을 위한 골재노출 포장공법의 적용", 한국도로학회지 특집기사, pp.16~29, (2006)

조윤호, 장수명 저소음 포장노면 개발연구 1차년도 보고서, 연구보고서, 중앙대학교 도로 및 교통연구실, (2003)

홍승호, 포장 기능성 평가기준 및 미끄럼 관리기준 설정

연구, 연구보고서, 한국도로공사 도로교통기술원, (2003)

KS F 2424, 모르타르 및 콘크리트 길이변화 시험방법, (1999)

ASTM C 672, *Standard Test Method for Scaling Resistance of Concrete Surface Exposed to Deicing Chemicals*, ASTM-Standard pp.332~334, (1984)

FHWA-IF-02-020 , "*Pavement Texturing and Tire-Pavement Noise*", (2002)

H. Sommer, "*Exposed Aggregate Concrete In Austria*", (1992)

Hermann, Sommer, "Upgrading the Roads of Austria for the Needs of the Growing European Union", *Bripave Seminar*, pp.117~121, (2003),

Hibbs, B.O. and Larson, R.M, "Tire Pavement Noise and Safety Performance", *FHWA, Final Report*, FHWA A-SA-96-068, (1996)

Kraai, Paul P., "Aproposed Test to Determine the Cracking Potential Dueto Driying Shrinkage of Concrete" *Concrete Construction*, V.30, No.9, Sept. pp.775~778, (1985)

Kuemmel, David A., Sontag, Ronald C., Crovetti, James A., Becker, Yosef. and Jeackel, John R., "*Noise and texture on PCC pavements*", Marquette University, (2000)

Sandberg. and Jerzy, A. Ejsmont., "Texturing of cement concrete pavements to reduce traffic noise", *Institute of Noise Control Engineering*, pp.231~243, (1998)

접 수 일 : 2009. 1. 22
심 사 일 : 2009. 2. 6
심사완료일 : 2009. 5. 15