

스톤 블럭을 이용한 보도·차도 포장의 적용성 평가

A Study on Evaluation of Sidewalk / Roadway Pavement Using Stone Block

윤원섭¹⁾, Won-Sub Yoon, 김종국²⁾, Jong-Kook Kim, 박상준³⁾, Sang-Jun Park,
조철현⁴⁾, Chul-Hyun Cho, 채영수⁵⁾, Young-Su Chae

¹⁾ 수원대학교 토목공학과 박사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, The University of Suwon.

²⁾ 한국건설품질시험원 지반공학센터 팀장, Chief of Geo-Team., Institution of Korea Construction Quality Test&Analysis.

³⁾ 수원대학교 토목공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, The University of Suwon.

⁴⁾ 보강 엔지니어링 전무이사, Executive Director, Bokang Engineering.

⁵⁾ 수원대학교 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, The University of Suwon.

SYNOPSIS : Recently, the maintenance period of sidewalk pavement proposed in Ministry of Construction & Transportation to be extended by more than 10 years. Therefore it takes many interests in Durability and the maintenance. Beside sidewalk pavement, block pavement happened problems in parking and road less than 20km/hr about bearing capacity and durability, the maintenance. It interests about importance of environmentally friendly sidewalk pavement. It compared engineering characteristics about strength and durability through general pavement comparison with stone block pavement. It estimate bearing capacity in actual si-tu site and test site. It experimented plate bearing test and field density test. It verified about durability of pavement by construction availability of geosynthetics that is constructed by purpose of filter. Stone block pavement evaluated about application of sidewalk/road pavement on the basis of result.

Key words : stone block, geosynthetics, plate bearing test

1. 서 론

최근 건설교통부에서 제안한 보도 포장의 유지관리기간이 10년 이상으로 연장됨에 따라 보도 포장에 대한 내구성이 유지관리에 대해 많은 관심이 집중되고 있으며, 보도 포장 외에도 주차장내 포장, 약 20km/hr이하 도로의 저속구간에 시공되는 블록 포장에서도 지지력과 내구성, 유지관리에 대한 문제가 많이 대두되고 있다. 또한 기존 일반 보도 포장의 내구성과 불투수성에 따른 단점을 보완하고 친환경적인 보도 포장의 중요성에 대한 인식이 높아지고 있다.

따라서 본 연구에서는 차도 및 보도의 친환경 바닥 포장재인 스톤 굴립석을 이용한 포장의 적용성을 판단하였다. 스톤 굴립석은 보도와 차도 등의 지면에 깔기위해 사용되는 포석으로서, 거친면 및 날카로운 모서리를 부드럽고 매끄럽게 가공함으로 약 20km/hr이하 저속 차도 및 보도에 포설되었을 때 수려한 외관을 제공하며 안정성 및 편리함과 친환경적 이미지를 제공하며 일반블럭과 비교한 경우 유지관리에 서 유리하고 내구성 또한 크다. 그 중에서도 가장 큰 영향을 미치는 포장재의 강도와 내구성 측면에서 시험시공을 통해 일반포장재와의 공학적 특성을 비교·분석하였다.

2. 보도블럭의 포장 개념

2.1 스톤블럭포장의 개념

스톤블럭은 다수의 특성을 보유한 포장으로 보·차도 등의 지표면에 깔기 위해 사용되는 포장석으로서 거친 면 및 날카로운 각과 모서리를 자연스럽게 가공함으로써 보·차도에 포설되었을 때 수려한 미관을 제공하며 보행자를 위한 포장석이다. 보도뿐만 아니라 이면교차로, 공원의 산책로 등 보행인이 다니는 여러 형태의 길에 자연석을 일정 크기의 돌로 제조하여 포장석으로 사용된다. 화강암, 석회암 등 자연석을 첨단 석재가공기계를 사용하여 표면을 자연스럽게 일정한 규격으로 만든 포장재료이다. 겨울철 동결방지, 여름철 복사열감소로 열섬현상억제 및 지표수의 지하 유입 등으로 자연 친화적인 특징을 가지고 있으며, 바닥포장재, 계단, 식재용 블록 등 다양한 옥외공간 조성소재이며 건축용 재료로 사용도 가능하다.

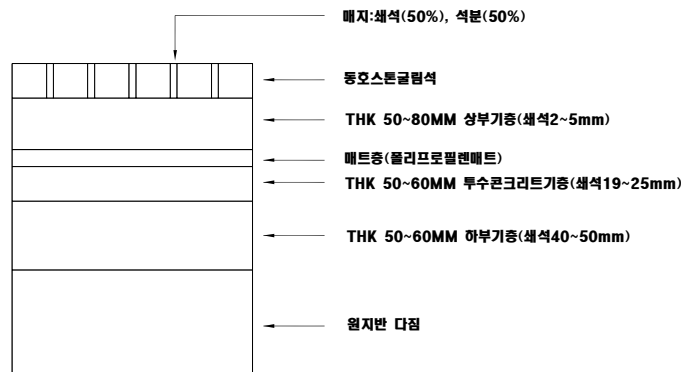


그림 1. 굴림석 포장 단면도

스톤 굴림석의 일반적인 시공방법은 하부기층은 40mm~50mm 입경의 깬쇄석을 15mm~20mm 두께로 다짐한 후 보조기층을 19mm~20mm 입경의 깬쇄석으로 10cm~20cm 두께로 포설한다. 부직포를 보조기층 위에 깔 후 부직포 위에 상부기층 2cm~5cm 입경의 깬쇄석으로 5cm~8cm 두께로 다시 포설하며 상부기층 표면에 매트를 깔고 접착제를 매트에 도포하고 스톤 굴림석을 매트에 접착하는 방법으로 일반적으로 시공을 한다.

2.2 일반포장의 개념

일반보도포장의 개념은 도로설계편람(2000)에서 다음과 같이 제시하였다. 보도포장의 구조 및 포장의 종류는 그 용도, 경관, 질감 등을 고려하여 선정한다. 표층재료는 보행성과 같은 본래의 기능을 가지는 동시에 색깔, 조형, 질감 등도 고려하여 선정한다. 또한 표층은 보행자의 안전을 위해 충분한 미끄럼 저항성을 갖고 있어야 한다.

보도포장을 대별하면 아스팔트 혼합물이나 시멘트 콘크리트를 표층으로 하는 혼합물 포장, 혼합물 포장을 기반으로 하여 그 위에 표면처리로 고분자수지 바인더를 사용한 수지계 포장, 표층에 블록을 포설한 블록포장 등이 있다. 또한 재료에 대해서도 목적, 기능에 적합한 것에 대해서는 적극적으로 활용을 시도할 필요가 있다. 보도포장의 재료 선정에 있어서는 주변환경과의 조화, 보행자에게 주는 쾌적감, 시공성, 내구성, 보수용이성, 경제성 등을 충분히 검토하여 결정해야 한다. 보도포장의 표층은 보행자의 안전한 통행을 위하여 미끄럼 저항성을 가지고 있어야 한다. 옥내상가 등에서 습윤상태로 되지 않는 장소를 제외하고 미끄럼 저항치는 일반적으로 BPN(British Pendulum Number)으로 40이상(습윤상태)이 바람직하다. 시공에 있어서는 노상의 강도를 고려하여 노상을 교란시키지 않도록 하여야 한다. 보도포장의

노상은 충분한 지지력을 갖고, 물이 침투하여도 약화되지 않는 것이 이상적이다. 그러나 일반적으로 포장의 두께가 얇기 때문에 시공할 때 교란되어 지지력이 저하하는 일이 있으므로 주의하지 않으면 안된다. 또한 한냉지역에서 동상(凍上)의 염려가 있는 장소에서는 노상의 일부로 두께 15cm 이상의 동상방지층을 둔다.

보도포장은 보행자, 자전거의 교통에 쓰이는 보도와 자전거도, 보행자나 자전거 이외에 공원이나 상점가 등에서 최대적재량 4t이하의 관리용 차량이나 한정된 일반차량이 통행하는 보도로 구분한다. 보도포장으로서 대표적인 포장의 구성은 아스팔트 혼합물에 의한 포장, 투수성 포장용 가열 아스팔트 혼합물에 의한 포장, 콘크리트에 의한 포장, 콘크리트 판에 의한 포장, 인터록킹 블록에 의한 포장, 타일 등 미장재에 의한 포장, 상온 도포식 포장으로 구분된다. 그림 2는 대표적인 보도포장의 단면이다.

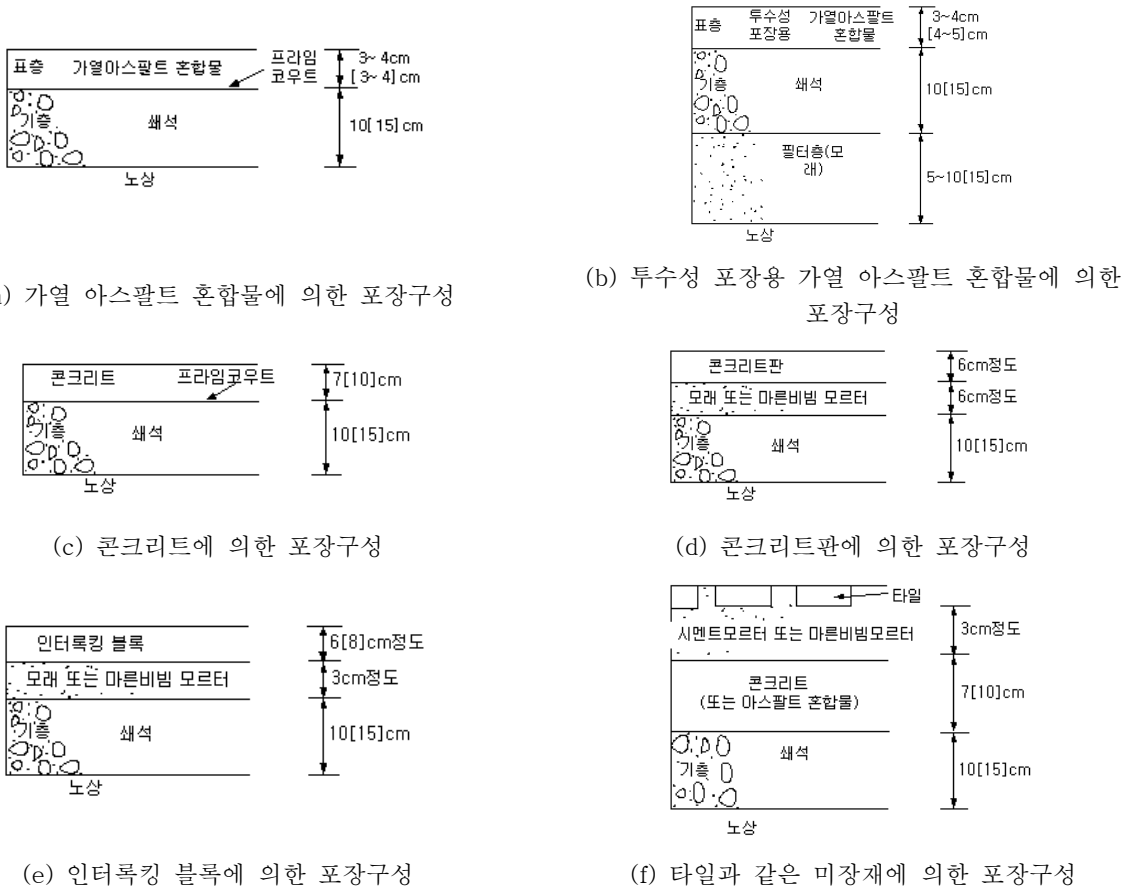


그림 2. 일반보도포장의 포장구성(도로설계편람, 2000)

2.3 일반보도포장의 문제점

보도포장에서의 파손 사례는 포장의 형식별로 다양하게 구분될 수 있다. 이 가운데 블록포장에서는 표층의 구배불량 및 지반의 침하현상이 가장 대표적 파손으로 원인은 여름철 우기 때 또는 겨울철 동결 융해 등에 따른 포장 하부의 지지력 저하로 인한 부분적으로 발생하는 것과 가로수의 성장으로 인해 주변 블록들이 용기되는 것으로 볼 수 있다. 그림 3은 일반보도포장의 발생되는 현상이다. 구배불량에 의한 물고임현상과 자동차 등의 중차량에 의한 균열 및 파손, 지반침하 및 단차와 틈새의 벌어짐 등의 문제점이 발생되고 있다.



(a) 구배불량



(b) 지반침하



(c) 균열파손



(d) 중차량에 의한 파손

그림 3. 일반보도포장의 문제점

3. 시험시공

스톤블럭의 다짐도와 토목섬유의 설치에 따른 포장의 내구성을 판단하기 위해 시험시공을 실시하였다. 다짐도를 확인하기 위해 현장 들밀도시험을 실시하였으며, 시공부지를 반으로 나누어 토목섬유를 타설한 구간과 타설하지 않은 구간으로 구분하였다. 원지반의 다짐도는 동일하게 하였으며 각 층의 다짐도는 85%이하구간과 90%, 95%이상다짐구간으로 나누어 시공을 실시하였다. 시공완료 후 평판재하시험에 의해 포장재의 내구성을 확인하였다. 시험시공 시 시공계획단면은 그림 4와 같다.

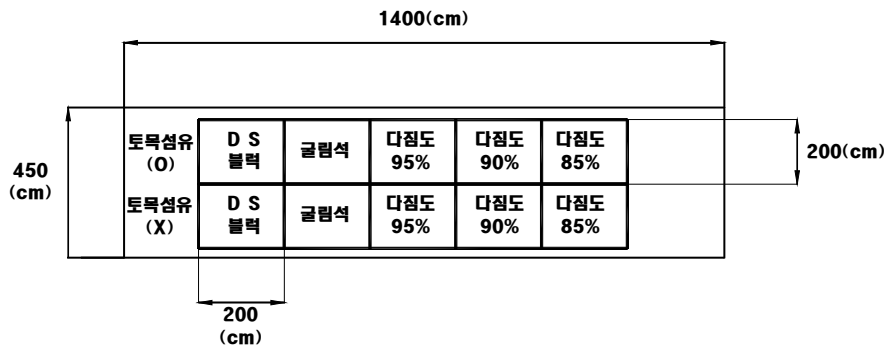


그림 4. 시험시공 계획 단면

그림 5와 같이 시험시공을 실시하였다. 부지정리 후 중장비에 의한 원지반다짐을 실시하였으며, 경계석 시공 후 스톤블럭포장의 시공순서에 따른 시공을 실시하였다. 원지반 및 시공단계에 따라 각 층의 다짐도를 현장 들밀도시험을 실시하여 다짐도를 확인하였다.



(a) 중장비에 의한 원지반 다짐



(b) 경계석 시공



(c) 하부 잡석층 깔기



(d) 토목섬유 타설



(e) 상부층 시공



(f) 스톤블럭 시공

그림 5. 시험시공순서

4. 시험결과분석

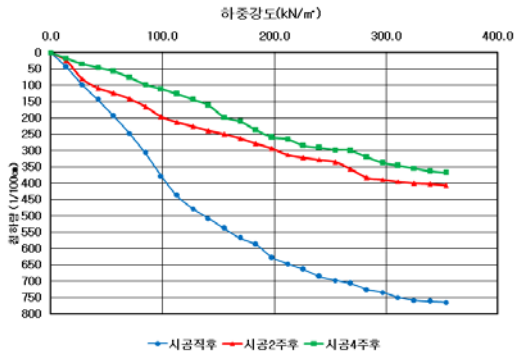
스톤블럭포장의 내구성 등을 판단하기위해 일반보도포장 시공현장의 평판재하시험 및 현장 들밀도시험을 통해 비교·분석하였다. 시험은 시험시공부지와 실제로 스톤블럭이 시공된 현장, 일반보도포장이 시공된 현장에서 실시하였다. 들밀도시험을 통해 하부 포장단면의 다짐도를 측정하여 일반보도포장과의 시공 시 차이점을 확인하였으며, 평판재하시험을 통해 일반포장과의 지지력을 비교하므로써 내구성에 대해 평가하였다.

4.1 시험시공부지 시험결과

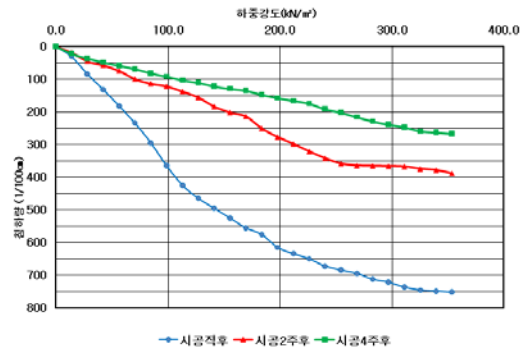
시험시공부지는 다짐도를 85%이하, 90%, 95%이상의 3가지 다짐을 실시하여 시공하였으며, 토목섬유의 시공 유무에 따라 2구간으로 나누어 시공을 하였다. 그림 6은 시험시공부지의 평판재하시험 결과이다. 다짐도에 따른 평판재하시험 결과는 그림 6과 같다. 그림 6(a), 그림 6(b)는 하부지층을 85%로 다짐을 한 경우이다. 그림 6(a)와 같이 다짐도 85%에 토목섬유를 시공하지 않은 경우 하중 증가에 따른 최종 변위는 시공 직후에는 76mm로 발생되었으며, 시공 2주후는 40mm, 시공 완료 후 4주후는 36mm 정도를 보였다. 그림 6(b)의 다짐도 85%에 토목섬유를 시공한 경우에는 시공 직후에는 75mm로 나타났으며, 시공 2주후에는 38mm, 시공 완료 후 4주후에는 26mm로 발생되었다. 그림 6(a)와 그림 6(b)에서와 같이 하부 지반의 다짐도를 85%로 한 경우 토목섬유의 시공에 따른 효과는 시공 직후와 시공 2주후에는 크게 발생되지 않았지만 시공 4주후에는 발생변위차가 10mm로 발생되어 효과가 있었다. 또한 시공 직후와 시공 2주후의 발생변위차이는 토목섬유를 시공에 관계없이 크게 발생되었고 시공 2주후와 시공 완료 4주후의 발생변위차이는 토목섬유를 시공하지 않은 경우에는 발생변위차가 크지 않았으나 토목섬유를 시공한 경우에는 변위차이가 있었다.

그림 6(c), 그림 6(d)는 하부지층을 90%로 다짐을 한 경우이며 그림 6(c)와 같이 토목섬유를 시공하지 않은 경우 시공 직후에는 66mm, 시공 2주후에는 39mm, 시공 4주후에는 29mm로 발생되었다. 그림 6(d)는 토목섬유를 시공한 경우로 시공 직후에는 64mm, 시공 2주후에는 32mm, 시공 완료 4주후에는 25mm로 발생되었다. 그림 6(c)와 그림 6(d)에서와 같이 하부 지반의 다짐도를 90%로 한 경우 토목섬유의 시

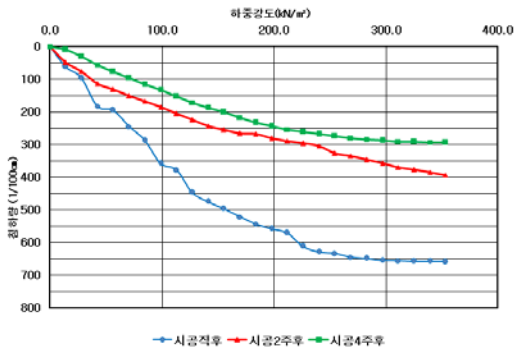
공에 따른 효과는 시공 직후에는 발생변위차가 크지 않아 토목섬유시공에 따른 효과가 없었으나 시공 2주후와 시공 4주후에는 발생변위차가 7mm, 4mm로 발생되어 토목섬유의 시공에 따른 효과가 있었다. 또한 시공 직후와 시공 2주후의 발생변위차이는 토목섬유를 시공하지 않은 경우에는 27mm, 토목섬유를 시공한 경우에는 32mm로 토목섬유 시공에 관계없이 대체적으로 크게 발생되지만 시공 2주후와 시공 완료 4주후의 발생변위차이는 토목섬유를 시공하지 않은 경우에는 10mm, 토목섬유를 시공한 경우에는 7mm로 발생되어 토목섬유의 시공에 관계없이 발생변위차이가 작았다.



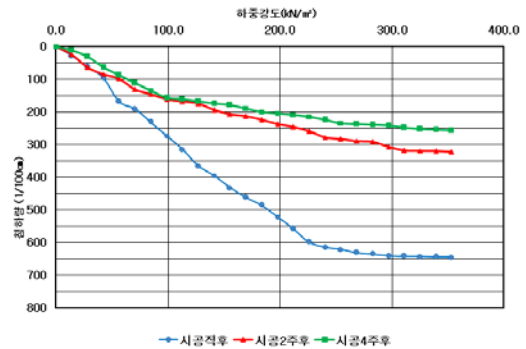
(a) 다짐도 85%



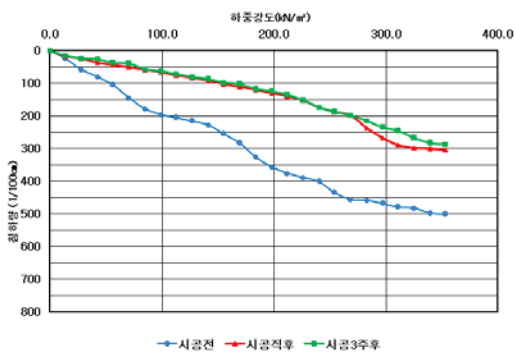
(b) 다짐도 85% 토목섬유 시공



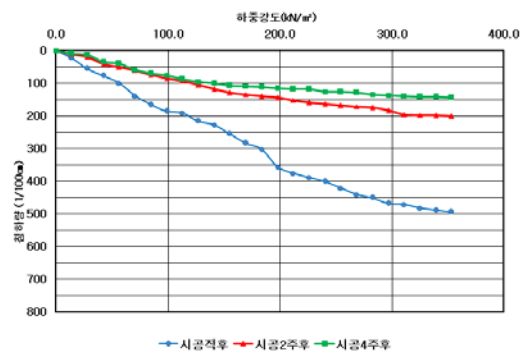
(c) 다짐도 90%



(d) 다짐도 90% 토목섬유 시공



(e) 다짐도 95%



(f) 다짐도 90% 토목섬유 시공

그림 6. 다짐도에 따른 평판재하시험결과

그림 6(e), 그림 6(f)는 하부지층을 95%로 다짐을 한 경우로 그림 6(e)와 같이 토목섬유를 시공하지 않았을 때는 시공 직후에는 50mm, 시공 2주후에는 30mm, 시공 4주후에는 28mm로 발생되었다. 그림 6(f)는 토목섬유를 시공한 경우로 시공 직후에는 49mm, 시공 2주후에는 20mm, 시공 완료 4주후에는 14mm로 발생되었다. 그림 6(e)와 그림 6(f)에서와 같이 하부 지반의 다짐도를 95%로 한 경우 토목섬유의 시공에 따른 효과는 시공 직후에는 발생변위차가 크지 않아 다짐도 85%와 다짐도 90%에서와 같이 토목섬유

시공에 따른 효과가 없었으나 시공 2주후와 시공 4주후에는 발생변위차가 10mm, 14mm로 발생되어 토목섬유의 시공에 따른 효과가 있었다. 또한 시공 직후와 시공 2주후의 발생변위차이는 토목섬유를 시공하지 않은 경우에는 20mm, 토목섬유를 시공한 경우에는 29mm로 토목섬유 시공에 관계없이 대체적으로 변위차의 비율이 크게 나타났다. 시공 2주후와 시공 완료 4주후의 발생변위차이는 토목섬유를 시공하지 않은 경우에는 2mm, 토목섬유를 시공한 경우에는 6mm로 발생되어 토목섬유의 시공에 관계없이 발생변위차이가 작았으며 토목섬유를 시공한 경우가 변위차가 4mm 정도 작았다.

그림 6을 종합한 결과 하부지층의 다짐도에 따라 토목섬유의 시공 여부에 관계없이 변위차가 크게 발생되어 하부지층의 다짐도에 따라 포장의 내구성이 증가되었으며, 또한 시공 직후에는 토목섬유의 시공에 따른 효과가 발생되지 않았지만 시공 완료 후에는 토목섬유의 시공에 따른 내구성이 증가되었다.

4.2 일반보도포장 시험결과와 비교

스톤블럭포장과 일반보도포장의 시공 후의 내구성을 판단하기 위해 스톤블럭포장의 시험시공부지내의 평판재하시험 결과와 인터록킹블록에 의한 일반보도포장의 평판재하시험과 점하중강도시험을 비교하였다. 표 1은 일반보도블럭의 시공현장에서 들밀도시험에 의한 다짐도를 측정된 결과이다. 표 1의 결과 원지반의 다짐도와 하부층과 상부층의 다짐도는 80%이하로 나타났으며 실제 시공현장에서도 블록의 시공을 용이하게 하기위해 다짐은 실시되지 않았다. 그림 7은 일반보도포장과 스톤블럭포장의 평판재하시험 결과이다. 일반보도포장은 시공을 하는 구간의 시공 직후와 시공이 완료된 후 현재 사용되고 있는 구간에 평판재하시험을 실시하였으며, 스톤블럭은 95% 다짐도인 경우 토목섬유의 시공에 따라 구분하였다.

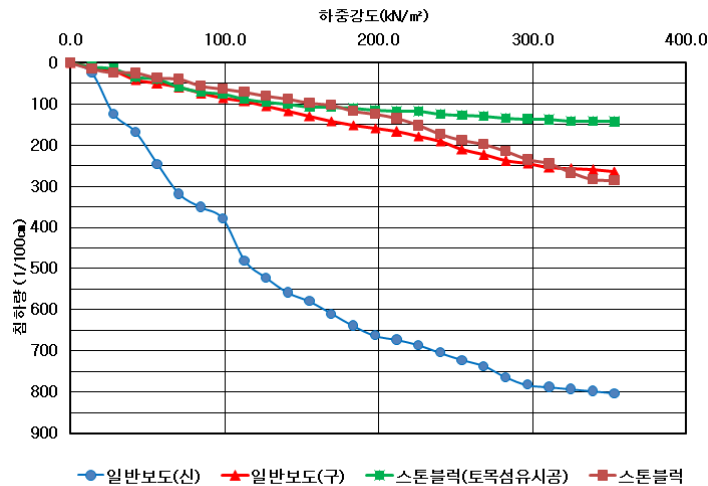


그림 7. 일반보도포장과 스톤블럭포장의 비교

표 1. 일반보도블럭의 다짐도

구 분	일반보도		
	상부 모래층	하부 잡석층	원지반
다짐도 (%)	51.35	51.73	45.42

일반보도포장과 스톤블럭포장의 평판재하시험 결과 일반보도포장 시공 직후에는 최대변위가 80mm가 발생되었으며 시공 완료 후 현재 사용중인 오래된 구간의 최대변위는 27mm로 발생되었다. 스톤블럭의 발생변위는 토목섬유가 시공된 구간에서는 14mm가 발생되었고, 토목섬유가 시공되지 않은 구간은 28mm가 발생되었다. 일반보도포장의 경우 시공 직후의 경우 스톤블럭포장의 다짐도 85%이하의 평판재

하시험 결과와 비슷하였으며, 일반보도포장의 시공이 된지 오래된 구간의 경우에는 95% 다짐도에 토목섬유가 시공되지 않은 구간과 발생변위가 비슷하였다. 일반포장과 평판재하시험결과 스톤블럭포장이 침하량이 작게 발생되어 내구성이 우수하였다.

표 2는 일반보도포장재인 인터록킹블럭과 스톤블럭의 점하중강도시험 결과이다. 점하중강도시험결과 스톤블럭이 인터록킹블럭에 비해 점하중강도가 시공되지 않은 인터록킹블럭은 6.8kN으로 나타났고, 인터록킹블럭이 시공된 것은 8.52kN으로 크게 나타났다. 이는 유지관리적인 측면에서도 스톤블럭이 인터록킹블럭에 비해 강도가 뛰어나 파손에 대한 수명이 오래 유지될 것으로 판단된다.

표 2. 인터록킹블럭과 스톤블럭의 점하중강도

구 분	스톤블럭	인터록킹블럭	
		시공되지 않은 것	시공된 것
점하중강도(kN)	19.27	12.47	10.75

5. 결론

본 연구는 스톤블럭포장의 시험시공을 통해 하부지층의 다짐도와 토목섬유의 시공에 따른 포장의 내구성과 일반보도포장과 비교를 통한 스톤블럭의 내구성에 대해 연구를 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 스톤블럭의 다짐도에 따른 평판재하시험결과 토목섬유를 시공하지 않은 경우 시공 직후 다짐도 85%에서는 76mm, 시공 2주후는 40mm, 시공 4주후는 36mm가 발생되었으며, 다짐도 90%에서는 시공 직후 66mm, 시공 2주후 39mm, 시공 4주후 29mm, 다짐도 95%에서는 시공 직후 50mm, 시공 2주후에는 30mm, 시공 4주후에는 28mm가 발생되었다.
2. 스톤블럭의 다짐도에 따른 평판재하시험결과 토목섬유를 시공한 경우 시공 직후 다짐도 85%에서는 75mm, 시공 2주후는 38mm, 시공 4주후는 26mm가 발생되었으며, 다짐도 90%에서는 시공 직후 64mm, 시공 2주후 32mm, 시공 4주후 25mm, 다짐도 95%에서는 시공 직후 49mm, 시공 2주후에는 20mm, 시공 4주후에는 14mm가 발생되었다.
3. 시험시공 결과 하부지층의 다짐도에 따라 토목섬유의 시공 여부에 관계없이 포장의 내구성이 증가되었으며, 시공 직후에는 토목섬유의 시공에 따른 포장층의 변위차가 발생되지 않았지만 시공 완료 후에는 토목섬유의 시공에 따른 변위차가 크게 발생되어 내구성이 증가되었다.
4. 일반보도포장과 스톤블럭포장의 평판재하시험 결과 일반보도포장 시공 직후에는 최대변위가 80mm, 시공 완료 후는 27mm로 발생되었으며, 스톤블럭은 토목섬유가 시공된 구간에서는 14mm, 토목섬유가 시공되지 않은 구간은 28mm가 발생되어 일반포장과 평판재하시험결과 스톤블럭포장이 침하량이 작게 발생되어 내구성이 우수하여 보·차도포장에서의 적용성이 확인되었다.
5. 스톤블럭은 일반보도포장에 비해 블록의 점하중강도결과 시공되지 않은 인터록킹블럭은 6.8kN의 강도차가 발생되었으며, 인터록킹블럭이 시공된 것은 8.52kN으로 강도차가 발생되어 유지관리적인 측면에서도 스톤블럭이 인터록킹블럭에 비해 강도가 뛰어나 파손에 대한 수명이 오래 유지될 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. 건설교통부, (2000) “도로설계편람”.