

시멘트 콘크리트 포장의 성능인자와 임계한도에 관한 연구

A Study on Indicator and Threshold Value of Performance of Cement Concrete Pavements

여현동* · 서영찬** · 남정희*** · 권수안**** · 정진훈*****

Yeo, Hyun Dong · Suh, Young Chan · Nam, Jeong Hee · Kwon, Soo Ahn · Jeong, Jin Hoon

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

최근 도로포장 분야에서는 시공품질을 개선하기 위한 방편으로 성능에 근거한 품질보증제도의 도입에 대한 연구가 시작되고 있다. 성능에 근거한 품질보증제도는 기존에 시공회사가 주어진 시방기준대로만 따르던 방식을 지양하고 시공회사에게 재료와 공법을 선택할 수 있는 자율권을 부여하고 발주자가 제시하는 일정 수준 이상의 성능만 주어진 기간 동안 유지하면 되도록 하는 것이다. 이는 새로운 재료와 공법을 자유롭게 도입할 수 있는 계기가 되어 시공회사에서 자발적으로 시공 기법 및 품질관리 기법 개발에 노력하게 함으로써 건설기술이 향상되도록 유도할 수 있고 발주자는 적은 관리 비용으로 좋은 품질의 결과물을 얻을 수 있다. 현재 국내에서는 성능에 근거한 품질보증제도의 도입에 관한 연구의 일환으로 아스팔트 포장 분야에서 성능보증 시방과 관련하여 성능인자와 임계한도에 대한 연구가 많이 진행된 상태이다. 그러나 고속국도뿐만 아니라 일반국도에서도 많이 사용되고 있는 시멘트 콘크리트 포장 분야에서는 성능보증 시방과 관련하여 성능인자와 임계한도에 관한 연구가 거의 진행되지 않았으므로 이에 대한 연구가 필요한 실정이다.

1.2 연구 범위 및 방법

본 연구에서는 시멘트 콘크리트 포장의 성능에 근거한 품질 보증 제도를 도입함에 있어서 중요한 요소가 되는 성능 보증기준을 수립하기 위하여 미국의 각 주교통국의 사례에 대한 문헌 조사를 통하여 성능인자와 임계한도에 대한 조사를 실시하였다. 또한, 국내 일반국도 구간인 수원, 의정부, 예산, 충주, 전주, 포항, 남원, 진영, 정선, 영주, 진주, 홍천, 보은에서 시멘트 콘크리트 포장의 성능에 영향을 미치는 주요 파손에 대한 현황에 대한 조사와 분석을 실시하였다. 고속국도 시멘트콘크리트 포장 구간에 대해서는 차후에 추가하여 연구할 예정이다. 시멘트 콘크리트 포장의 파손 조사 방법에 대하여 조사하여 향후 성능인자와 임계한도 결정에 필요한 자료로 사용할 수 있도록 하였다.

2. 해외 사례조사

미국 각 주의 성능보증 시방서를 조사한 결과 대다수의 주에서는 아스팔트 포장에 관련한 성능인자와 임계한도를 제시했으나 시멘트 콘크리트 포장에 관련한 성능인자와 임계한도를 제시하지 않았다. 미네소타 주

* 학생회원 · 인하대학교 토목공학과 석사과정 · 032-873-5332(E-mail : yhd19831@naver.com)

** 정회원 · 한양대학교 교통공학과 교수·공학박사 · 031-400-5155(E-mail : suhyc@hanyang.ac.kr)

*** 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구부 선임연구원 · 031-910-0190(E-mail : archnam@kict.re.kr)

**** 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구부 책임연구원 · 031-910-0174(E-mail : sakwon@kict.re.kr)

***** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 조교수·공학박사 · 032-860-7574(E-mail : hjj@inha.ac.kr)



에서는 아스팔트 포장 뿐만 아니라 시멘트 콘크리트 포장에 대한 성능인자와 임계한도가 제시되어 있다. 미네소타 주에서 제시한 성능인자는 현재 국내에서 정의하고 있는 파손과 동일하나 우각부 균열과 스폐링은 서로 다르다. 미네소타 주에서는 우각부 균열의 경우 우각부에 45°로 발생하는 30~45cm인 균열만을 우각부 균열로 정의하고 있고, 스폐링의 경우 0.6m 이상 길이인 파손을 스폐링으로 정의하고 있는 반면에 국내에서는 길이, 크기에 관계없이 발생한 모든 파손으로 정의하고 있다. 다음 표 1은 미네소타 주의 성능보증기간 5년에 대한 성능인자와 임계한도이다. 여기서 한 구간은 150m이다.

표 1. 미네소타 주의 시멘트 콘크리트 포장에 관련된 성능인자와 임계한도 (3)

파손 종류	임계 한도
Longitudinal Cracking	5% of the segment length
Transverse Cracking	None allowed
Coner Breaks	One per segment
“D” Cracking	Three panels per segment
Joint Spalling	Twelve lineal feet per segment
Joint Sealant Failure	Twelve lineal feet per segment
Shattered Slab	None allowed
Scaling	1% of the segment area
Popouts	Fifteen per square yard
Nonfunctioning Joints	None allowed
Map Cracking	None allowed

3. 국내 제안 성능인자 및 임계한도

3.1 국내 PMS 조사 항목

현재 국내에서는 전 국토에 대해서 PMS (Pavement Management System)의 일환으로 아스팔트 포장뿐만 아니라 시멘트 콘크리트 포장에 발생하는 파손을 조사하고 있다. 국내 시멘트 콘크리트 포장은 대부분 고속국도에 시공되어 있고 일부 일반 국도에도 시공되어 있다. 고속국도의 결함 조사 및 분석은 한국도로공사에서 시행하고 있고 일반 국도는 건설기술연구원에서 시행하고 있다. 표 2는 일반국도와 고속국도에서 시멘트 콘크리트 포장 상태를 조사할 때 적용하고 있는 조사 항목을 정리한 것이다.

표 2. 한국도로공사와 건설기술연구의 시멘트 콘크리트 포장 파손 조사 시에 조사 항목

구분	동일 조사 항목	다른 조사 항목
고속국도 (한국도로공사)	종방향 균열, 횡방향 균열, 내구성(D) 균열, 우각부 균열, 스폐링, 아스콘 패칭, 종단평탄성	단면보수, 편치아웃, 스케일링
일반국도 (건설기술연구원)		줄눈 파손

3.2 국내 성능보증인자 제안

국내에서 포장 조사 항목과 해외에서 실제 적용되고 있는 성능인자와 비교해 보면 종방향 균열, 우각부 균열, 횡방향 균열, 스폐링, 편치 아웃 등과 같이 시멘트 콘크리트 포장에 구조적, 기능적으로 큰 영향을 끼치는 결함은 공통으로 포함되어있다. 미네소타 주는 국내 조사 항목과 공통인 항목 이외에도 Shattered Slab, Nonfunctioning Joints, Map Cracking과 같이 미세 결함을 성능인자로 규정하고 있다. 현재 국내에서 사용하고 있는 자동 포장 상태 조사 장비는 주행 중인 차량에 고성능 카메라를 설치하여 노면을 촬영한 뒤, 스캔된 노면에 대한 분석을 실시한다. 이 때, 미세한 균열을 스캔된 화면으로 조사 및 분석하는데 한계가 있기 때문

에 미세 결함은 현재 국내 조사 항목에 포함되고 있지 않다. 아스콘 패칭, 단면 보수는 국내 조사 항목에만 포함되어 있는데 이는 시멘트 콘크리트 포장에 중대한 결함이 발생하였을 때 실시하는 보수 조치로서 미네소타 주의 성능 보증계약으로 시공된 도로에 이와 같은 보수 조치 이전에 중대한 결함이 발생하는 것을 허용하지 않는다. 줄눈 파손도 국내 조사 항목에 포함되어 있는데 이는 현재 국내에서는 미네소타 주의 성능인자인 줄눈재의 파손보다 줄눈 파손이 시멘트 콘크리트 포장의 주행성과 안전성에 미치는 영향을 더 고려하기 때문이다.

이에 따라 국내에 적합한 성능인자를 종방향 균열, 횡방향 균열, 내구성(D) 균열, 우각부 균열, 스폐링, 줄눈파손, 종단 평탄성(IRR), 편치아웃, 스케일링으로 제안하였다. 제안된 성능인자에 적합한 임계한도를 제시하기 위해 국내 일반국도에서 시멘트 콘크리트 포장으로 시공된 수원, 의정부, 예산, 충주, 전주, 포항, 남원, 진영, 정선, 영주, 진주, 홍천, 보은에 대해서 재령 별 파손을 분석하였다. 고속국도는 적절한 자료가 부절하여 본 연구에서 제외되었으며 차후에 추가하여 연구할 예정이다. 분석을 위하여 전체 분석구간을 500m 단위로 나누고 500m 당 존재하고 있는 균열의 개수를 측정하였다. 종단 평탄성 측정 장비인 APL을 이용하여 포장의 평탄성을 측정하는 한 척도인 QI(Quarter car Index)로 산출하였다. APL은 포장의 요철을 25cm마다 측정하는데 본 조사에서는 500m마다의 측정값의 평균값으로 QI를 산출하였다.

조사된 데이터는 정규분포를 사용 통계적으로 분석을 실시하였다. 예를 들어 재령 5년 스폐링 파손을 통계적인 분석 과정을 살펴보면, 우선 슬래브에 발생한 파손의 개수를 측정한 후 전체 슬래브의 개수로 파손이 발생한 슬래브의 개수를 나누어 파손 개수별 확률을 그림 1과 같이 막대그래프로 나타낸다. 재령 5년 스폐링 파손에 대한 평균값 μ 과 표준편차 σ 를 구한 후 이를 이용하여 그림 2와 같이 표준 정규 분포시킨 후 85%, 50%의 확률을 가지는 파손 개수를 결정한다.

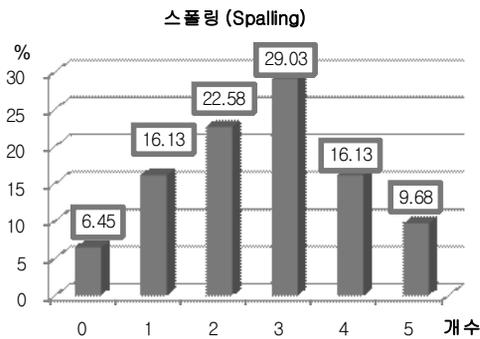


그림 1. 재령 5년 스폐링

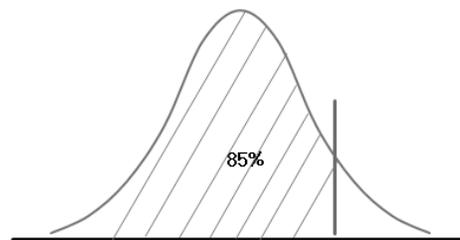


그림 2. 재령 5년 스폐링에 대한 표준정규분포

3.2.1 종방향 균열

종방향 균열은 그림 3과 같이 재령이 증가함에 따라 발생할 확률에 따른 파손의 개수가 점차 증가하는 경향을 나타낸다. 여기서 재령 10년인 구간에 85% 확률에서 발생할 파손 개수가 10.51개로 재령 9년인 경우 85%에 해당하는 파손의 개수가 1.72개인데 비해서 다른 재령의 구간에 비해서 매우 큰 값을 가짐을 알 수 있다. 이를 통해서 종방향 균열은 콘크리트 포장의 재령이 10년이 넘어서면 급격히 증가하는 것을 알 수 있다.

미네소타 주의 경우 5년의 성능보증기간에 대해서 종방향 균열의 길이가 분석구간 (150m)의 길이의 5% (7.5m)를 임계한도로 규정하고 있다. 본 연구에서는 종방향 균열의 길이가 아닌 개수로 조사, 분석을 실시하였다. 따라서 미네소타 주와 임계한도에 대한 비교는 불가능하다. 따라서 추후 연구를 통해서 균열의 길이가 시멘트 콘크리트 포장의 구조적 안전성과 기능성에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다. 분석된 결과를 살펴보면 85% 확률에서 파손의 개수는 재령 5년에서는 0.47개로 거의 없었으나 재령 6년 이후 재령 9년에서는 85% 확률에서 파손의 개수는 1.1~1.7개로 나타났다. 현재 국내에서 보통 콘크리트 포장의 수명을 10년 이상으로 예측하고 설계하는 상황에서 성능보증기간을 5년으로 설정하는 것은 적합하지 않다. 따라서 미네소타 주와 달리 종방향 균열의 임계 한도는 85% 확률에서 파손 개수 2개, 50% 확률에서 파손 개수 1개로 제시한

다. 이때 성능보증기간은 파손 개수가 급격히 증가하기 이전인 재령 9년으로 제시한다.

그림 3에서 재령 6년인 경우 재령 7, 8, 9년에 비해서 파손 개수가 더 많은 것으로 나타났다. 이는 재령 6년 구간의 지역인 진영, 충주 가운데 진영에서 재령 7, 8, 9년인 구간에서 보다 많은 파손이 발생했기 때문이다. 이와 같이 특정 지역인 진영에서 파손이 더 발생한 이유를 파악하기 위해서 그 구간의 포장 두께, 교통량, 환경적 영향 등에 대하여 상세한 조사가 필요하다.

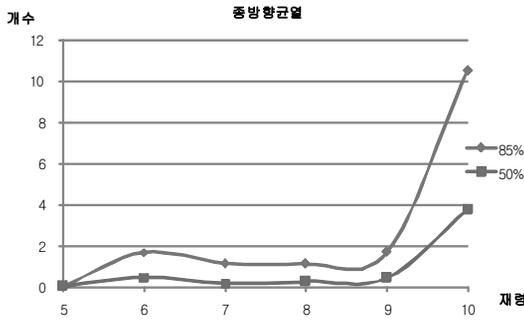


그림 3. 재령별 종방향 균열 개수

표 3. 재령 별 종방향 균열 파손 개수

재령	평균	표준편차	85%	50%
5	0.09	0.36	0.47	0.09
6	0.50	1.15	1.70	0.50
7	0.21	0.92	1.17	0.21
8	0.30	0.81	1.15	0.30
9	0.46	1.21	1.72	0.46
10	3.78	6.47	10.51	3.78

3.2.2 횡방향 균열

횡방향 균열은 그림 4와 같이 재령이 증가함에 따라 각 확률에 대한 파손 개수가 증가하는 것으로 나타난다. 특히, 재령 5, 6년인 경우 85% 확률인 파손 개수가 0.75개, 1.43개로 1개 안팎으로 나타나는 반면에 재령 7년을 넘어서면서 파손 개수가 2.85개 이상으로 약 3개로 나타난다. 이는 재령 6년이 지나면 횡방향 균열이 급격히 증가하게 됨을 의미한다. 재령 7년 이후로 재령 10년까지 거의 동일한 파손 개수를 가지는 것으로 나타난다. 그림 4에서 재령 7년 이후 경향을 살펴보면 재령이 증가함에 따라 재령 10년 이후에 파손 개수가 크게 증가하는 재령이 있을 것으로 판단된다. 정확한 성능보증기간, 임계한도 결정을 위하여 재령 10년 이상인 구간에 대한 조사, 분석이 필요하다.

미네소타 주의 횡방향 균열의 임계한도를 살펴보면 횡방향 균열이 발생하는 것을 허용하지 않는다. 재령 10년 이상의 구간에 대한 분석이 필요하지만 분석된 결과를 통해서 임계한도를 결정하게 하면 횡방향 균열 개수가 급격히 증가하는 재령 7년을 성능보증기간으로 결정되게 된다. 이 때 임계한도는 횡방향 균열을 허용하지 않는 미네소타 주와 달리 85%, 50% 확률에서 파손 개수 3개, 2개이다.

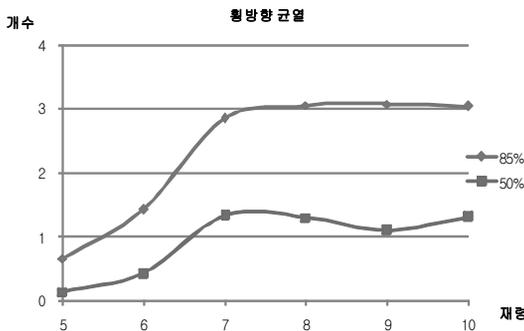


그림 4. 재령별 횡방향 균열 개수

표 4. 재령 별 횡방향 균열 파손 개수

재령	평균	표준편차	85%	50%
5	0.19	0.54	0.75	0.19
6	0.43	0.96	1.43	0.43
7	1.25	1.41	2.72	1.25
8	1.31	1.68	3.06	1.31
9	1.11	1.89	3.08	1.11
10	1.31	1.67	3.05	1.31

3.2.3 내구성 균열

내구성 균열은 다른 성능인자들과 달리 균열의 개수가 아닌 균열이 발생한 슬래브의 개수로서 조사하고 있다. 그림 5를 살펴보면 재령 8년에서 파손된 슬래브의 개수가 급격히 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나

재령 7년과 재령 8년에서 확률 85%인 파손된 슬래브의 개수를 비교해 보면 0.28개로 매우 작은 차이를 가진다. 또한, 85% 확률에서 재령 10년에서 파손된 슬래브의 개수가 0.66개로 1개도 채 되지 않는다. 즉, 전 재령에 걸쳐 내구성 균열이 매우 적게 발생하였다. 내구성 균열에 대한 임계한도 및 성능보증기간을 결정하기 위해서는 본 연구에서 사용한 재령 10년보다 더 긴 재령에 대해서 발생한 파손된 슬래브의 개수를 조사, 분석하여 파손된 슬래브의 개수가 급격하게 증가하는 재령을 파악하고 이때의 재령을 성능보증기간으로 결정해야 할 것이다.

미네소타 주에서 내구성 균열의 임계한도를 분석 구간 (150m) 중에 발생한 파손된 슬래브의 개수를 3개로 규정하고 있다. 본 연구에서 사용된 데이터인 재령 10년까지의 데이터를 분석한 결과 성능보증기간을 10년이라고 결정하였을 때 85% 확률과 50% 확률에 대한 재령 10년에서 파손된 슬래브 개수가 1개 미만이므로 임계한도는 파손된 슬래브가 1개도 발생하지 않아야 한다.

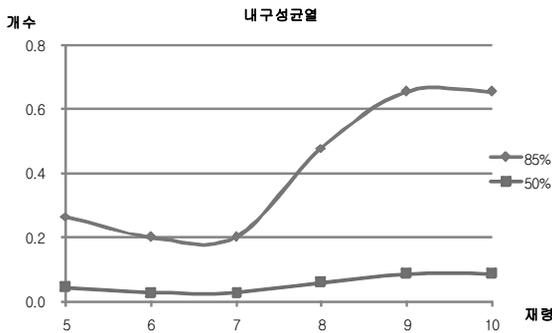


그림 5. 재령별 내구성 균열 개수

표 5. 재령 별 내구성 균열 파손 개수

재령	평균	표준편차	85%	50%
5	0.05	0.21	0.27	0.05
6	0.03	0.17	0.20	0.03
7	0.03	0.17	0.20	0.03
8	0.06	0.40	0.48	0.06
9	0.09	0.55	0.66	0.09
10	0.09	0.55	0.66	0.09

3.2.4 우각부 균열

우각부 균열은 그림 6과 같이 재령이 증가함에 따라 발생할 확률에 따른 파손의 개수가 점차 증가하는 경향을 나타낸다. 재령 9년 이하에서 85% 확률인 파손의 개수는 2.13개 인 반면 재령 10년에서 같은 확률에 대한 파손의 개수는 약 5.92개로 매우 큰 값을 가짐을 알 수 있다. 이를 통해서 우각부 균열은 콘크리트 포장의 재령이 10년이 넘어서면 급격히 증가하는 것을 알 수 있다.

미네소타 주의 경우 5년의 성능보증기간에 대해서 우각부 균열은 150m구간에서 1개의 파손의 발생하는 것을 임계한도로 결정하고 있다. 본 연구에 사용된 데이터를 살펴보면 재령 5년에서 확률 85%인 파손의 개수는 1.6개로 미네소타에서 제시한 1개 보다 많다. 미네소타 주의 경우 우각부에 45°로 발생하는 0.30~0.45m인 균열만을 우각부 균열로 정의하고 있다. 그러나 본 연구는 미네소타 주와 같은 기준 없이 발생한 모든 우각부 균열을 측정하였다. 따라서 추후 조사를 통해서 콘크리트 포장에 발생한 우각부 균열의 길이에 대한 분석이 필요하다. 본 연구에서 사용된 데이터로 우각부 균열에 대한 성능보증기간은 9년이고 이때 임계한도는 85% 확률에 따라 파손 개수 2개, 50% 확률에 따라 파손 개수 1개로 결정할 수 있다.

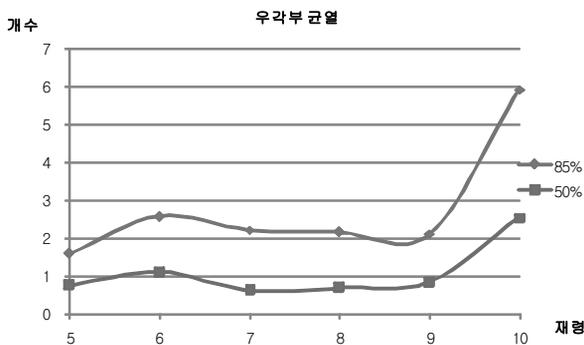


그림 6. 재령별 우각부 균열 개수

표 6. 재령 별 우각부 균열의 파손 개수

재령	평균	표준편차	85%	50%
5	0.77	0.80	1.60	0.77
6	1.11	1.41	2.58	1.11
7	0.64	1.52	2.22	0.64
8	0.71	1.40	2.17	0.71
9	0.85	1.23	2.13	0.85
10	2.55	3.23	5.92	2.55



3.2.5 스폐링

스폴링은 그림 7과 같이 재령 7년과 재령 10년에서 파손의 개수가 크게 증가한다. 재령 6년과 재령 7년에서 85% 확률인 파손 개수를 비교해 보면 3.59개와 6.46개로 약 3개 차이가 난다. 또 재령 10년과 9년에서 85% 확률인 파손 개수를 비교해 보면 7.83개와 11.48개로 약 3.5개 차이가 난다.

미네소타 주에서 스폐링은 분석 구간(150m)에서 0.6m 이내의 길이를 가지는 파손으로 스폐링의 전체 길이가 3.6m (12ft)를 임계한도로 한다. 본 연구에서 사용한 데이터는 스폐링의 길이에 대한 조사를 포함하고 있지 않고 조사 구간에 발생한 모든 스폐링의 개수를 조사하였다. 따라서 미네소타 주와 정확한 비교, 분석을 위해서 차후에 스폐링의 길이에 대한 조사를 실시하고 국내 시멘트 콘크리트 포장에서 스폐링의 길이 별 파손의 개수를 파악하여 스폐링에 대한 성능보증기간과 임계한도를 결정해야 한다. 본 연구에서 사용된 데이터로 스폐링에 대한 성능보증기간은 9년이고 임계한도는 85%, 50% 확률에 따라 파손 개수 8개, 5개이다.

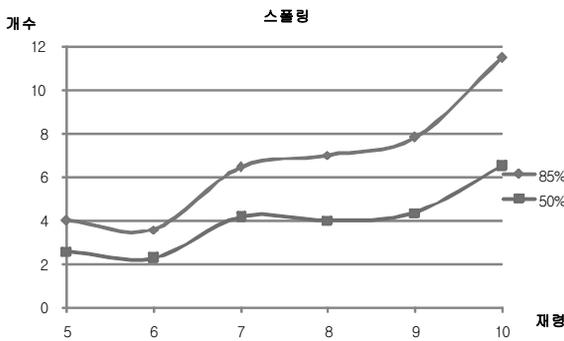


그림 7. 재령별 스폐링 개수

표 7. 재령 별 스폐링의 파손 개수

재령	평균	표준편차	85%	50%
5	2.61	1.36	4.03	2.61
6	2.29	1.26	3.59	2.29
7	4.19	2.18	6.46	4.19
8	4.03	2.86	7.01	4.03
9	4.38	3.32	7.83	4.38
10	6.52	4.77	11.48	6.52

3.2.6 줄눈 파손

그림 8과 같이 줄눈 파손 개수는 재령 10년까지 재령이 커짐에 따라 증가하는 것으로 나타난다. 특히 85% 확률에서 파손의 개수는 재령이 증가함에 따라 거의 일정하게 파손 개수가 증가하는 것을 알 수 있다. 비록 줄눈 파손에 대한 임계한도는 아니지만 미네소타 주의 줄눈재 파손의 임계한도를 살펴보면 성능보증기간 5년 동안 분석 구간 150m에서 전체 파손 길이를 3.6m (12ft)로 규정하고 있다. 본 연구에서는 줄눈 파손의 길이가 아닌 개수로 조사, 분석을 실시하여 미네소타 주와 비교가 불가능하다. 추후 연구를 통해서 줄눈파손의 길이가 시멘트 콘크리트 포장의 구조적 안전성과 기능성에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다. 본 연구를 통해서 성능보증기간과 임계한도를 결정한다면 미네소타 주와 동일한 임계한도를 적용하면 성능보증기간은 9년이다. 이 때 임계한도는 분석구간에 대해서 85% 확률에서 3개, 50% 확률에서 2개이다.

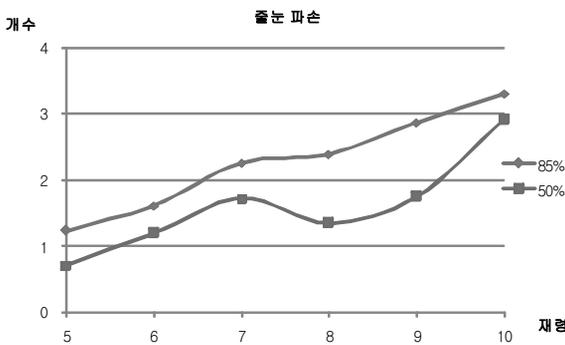


그림 8. 재령별 줄눈파손 개수

표 8. 재령 별 줄눈 파손의 파손 개수

재령	평균	표준편차	85%	50%
5	0.72	0.50	1.24	0.72
6	1.20	0.40	1.62	1.20
7	1.73	0.51	2.26	1.73
8	1.35	1.00	2.39	1.35
9	1.75	1.08	2.87	1.75
10	2.91	0.38	3.31	2.91

3.2.7 종단 평탄성

종단 평탄성은 재령 9년을 제외하고 재령이 증가함에 따라 값이 증가하는 경향을 나타내고 있다. 미네소타의 경우 종단평탄성이 성능인자에 포함되어 있지 않지만 현재 국내 아스팔트 포장에 대한 성능보증에서 종단평탄성의 임계한도는 3mm/m 로 제안되어 있다. 분석된 그래프를 살펴보면 85% 확률에서 종단 평탄성은 재령 5년 이후에 3mm/m를 넘는 것을 알 수 있다. 아스팔트 포장과 동일한 종단평탄성의 임계한도를 적용하면 성능보증기간은 5년이 된다. 그러나 현재 국내에서 시멘트 콘크리트 포장의 수명을 10년 이상으로 예측하고 설계하는 상황에서 성능보증기간을 5년으로 설정하는 것은 적합하지 않다. 종단 평탄성은 측정되는 장비에 따라 그 값이 다르게 나타날 수 있다. 본 연구에서 사용한 데이터는 1996년에 측정된 것으로 종단 평탄성을 IRI로 측정된 것이 아니라 QI로 측정된 후 IRI로 환산한 것이다. 따라서 현재 사용되는 자동조사장비로 제조사를 실시하여 보다 정확한 분석이 필요하다.

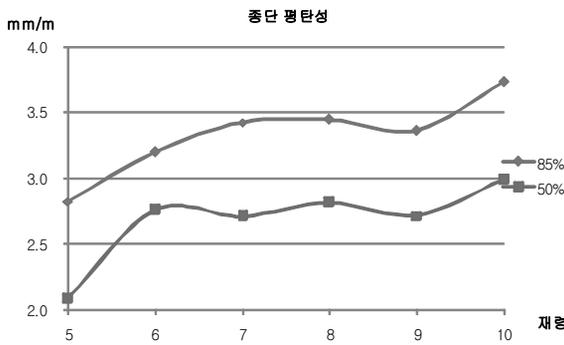


표 9. 재령 별 종단평탄성

재령	평균	표준편차	85%	50%
5	2.09	0.71	2.83	2.09
6	2.76	0.42	3.20	2.76
7	2.71	0.68	3.43	2.71
8	2.82	0.60	3.45	2.82
9	2.72	0.62	3.36	2.72
10	2.99	0.71	3.73	2.99

그림 9. 재령별 종단 평탄성 (IRI)

3.2.8 성능인자에 대한 임계한도 제안

성능인자에 대하여 발생한 결함에 대해서 상위 85%, 50% 수준을 임계한도로 가정하여 미네소타 주와 비교하여 국내에 적합한 성능인자와 임계한도를 제안하면 표 10과 같다.

표 10. 국내 성능인자에 대한 상위 85%, 50% 수준의 임계 한도

파손 종류	미네소타 임계 한도 (성능보증기간 5년)	국내 제안		
		성능보증기간	상위 85% 임계한도	상위 50% 임계한도
종방향 균열 (Longitudinal Cracking)	5% of the segment length (150m)	9년	2 개/500m	1 개/500m
횡방향 균열 (Transverse Cracking)	None allowed	6년	3 개/500m	2 개/500m
내구성 균열 (D Cracking)	Three panels per segment	10년	슬래브 0 개/500m	슬래브 0 개/500m
우각부 균열 (Coner Breaks)	One per segment	9년	2 개/500m	1 개/500m
스폴링 (Joint Spalling)	Twelve lineal feet per segment	9년	8 개/500m	5 개/500m
줄눈 파손 (Joint Damage)	-	9년	3 개/500m	2 개/500m
펀치아웃 (Punch out)	Fifteen per square yard	-	-	-
스케일링 (Scaling)	1% of the segment area	-	-	-
종단평탄성 (IRI)	-	-	-	-



중단평탄성(IRI)의 경우 본 연구에 사용된 중단 평탄성 조사장비는 QI를 측정하는 장비로 QI를 IRI로 환산하여 계산하였으나 현재 자동 결함 조사 장비의 중단 평탄성 측정은 직접 IRI를 측정하고 있다. 본 연구에 사용된 장비와 현재 장비의 차이로 인해 중단 평탄성이 과도하게 측정되었다고 판단된다. 추후에 적합한 장비를 선정하여 조사, 분석을 실시하여 적합한 성능보증기간과 임계한도를 제안하도록 한다.

제안된 성능인자 중 편치아웃과 스케일링은 현재 국내 PMS 조사 항목에 포함되고 있지 않아 성능보증기간과 임계한도를 제안하기 위한 분석을 실시하지 못하였다. 추후에 조사 항목을 추가하여 조사를 실시하여 국내에 적합한 성능보증기간과 임계한도를 제안하도록 한다.

4. 결 론

본 연구에서는 건설 선진국인 미국에서 개발되어 사용 중인 시멘트 콘크리트 포장의 성능보증인자와 임계한도에 대해 분석하였으며 국내 성능보증 관련 제도를 도입함에 있어서 핵심이 되는 성능인자와 임계한도를 제안하기 위하여 국내 시멘트 콘크리트 포장 상태 조사 항목을 조사하고 데이터를 분석하였다. 성능인자에 대하여 발생한 결함에 대해서 85%, 50% 수준을 임계한도로 가정하여 미네소타 주와 비교하여 국내에 적합한 성능인자와 임계한도를 제안하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 해외의 시멘트 콘크리트 포장에 관련된 성능인자와 임계한도를 조사하고 국내 시멘트 콘크리트 포장 조사 항목을 조사하여 미네소타 주의 성능인자와 국내 조사항목을 비교, 분석하여 국내에 적합한 성능인자를 제안하였다.
- (2) 미네소타 주의 성능보증 기간은 5년으로 결정하고 있지만 현재 국내에서 보통 콘크리트 포장의 수명을 10년 이상으로 예측하고 설계하는 상황에서 성능보증기간을 5년으로 설정하는 것은 적합하지 않다. 따라서 미네소타 주와는 다른 성능보증기간과 각 성능인자에 대해서 임계한도를 제안하였다.
- (3) 재령과 상관없이 낮은 재령에서의 파손 개수가 높은 재령의 파손 개수보다 많은 경우, 낮은 재령에서 파손이 더 발생한 이유를 파악하기 위하여 파손이 많이 발생한 구간의 포장 두께, 교통량, 환경적 영향 등에 대하여 상세한 조사, 분석을 실시해야 한다.

추후에는 본 연구에서 임계한도, 성능보증기간을 제시하지 못한 편치아웃, 스케일링, 중단평탄성에 대하여 조사, 분석방법에 대한 연구를 통해 국내 시멘트 콘크리트 포장의 데이터를 수집하고 분석하여 체계적이고 과학적인 국내 실정에 맞는 임계한도, 성능보증기간을 제안할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국건설교통기술평가원의 포장성능에 근거한 시방기준요소 기술 개발 및 적용 연구과제 (06기반구축A01) 4차년도 연구비에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

1. 국립건설시험소 (1997). "96국토유지보수조사." 연구보고서, 한국건설기술연구원
2. 박성태 등 (2007). "고속도로 포장상태 조사 및 분석(HPMS 부문)" 연구보고서, 한국도로공사
3. Minnesota DOT (2001). "Design-Build Warranty Requirements.", TH14/218 Design-Build Project, SP 7408-29
4. Stuart D. Anderson, Jeffrey S. Russel (2001). "Guide lines for warranty Multi-parameter and best-Value contracting", NCHRP Report 451 p5~32, Transportation Research Board
5. T. Paul Teng (2003), "Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program." FHWA-RD-03-031, US Department of Transportation Federal Highway Administration