

아스팔트 공항포장의 PCI 산출을 위한 공제값 곡선 개발

Development of Deduct Value Curves for the Pavement Condition Index of Asphalt Airfield Pavement

이강진	Lee, Kang-Jin	한양대학교 물류교통공학과 연구원 (E-mail: lkjzz@nate.com)
서영찬	Seo, Young-Chan	정회원 · 한양대학교 물류교통공학과 교수 · 교신저자 (E-mail: suhyc@hanyang.ac.kr)
조남현	Cho, Nam-Hyun	정회원 · 인천국제공항공사 R&D그룹 연구원 (E-mail: tqquending@naver.com)
박대욱	Park, Dae-Wook	정회원 · 군산대학교 토목공학과 부교수 (E-mail: dpark@kunsan.ac.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : This study is to develop the deduct value curves for the calculation of pavement condition index of asphalt airfield pavement.

METHODS : To develop the deduct value curves of asphalt airfield pavement, panel rating was conducted to decide the pavement condition based on pavement distress type, severity, and density.

RESULTS : Results show that standard deviation of deduct values by panel rating is increased at higher severity level and as damage density increases. The deduct value of alligator cracking show the highest.

CONCLUSIONS : The deduct value curves based on panel rating could be used without existing problems which were occurred in Shahin's method.

Keywords

pavement condition index, deduct value curve, panel condition rating, asphalt airfield pavement

Corresponding Author : Seo, Young Chan, Professor
Department of Transportation & Logistics Engineering, Hanyang University, 55,
Hanyangdachak-Ro, Sangnok-Gu, Ansan-Si, Gyeonggi-Do, 425-791, Korea
Tel : +82.31.400.5155 Fax : +82.31.406.6290
E-mail : suhyc@hanyang.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
<http://www.ijhe.or.kr/>
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

1. 서론

1.1. 연구배경

공항의 포장상태를 평가하는 방법으로 해외뿐 아니라 국내에서도 PCI(pavement condition index)를 이용하고 있다. PCI는 1970년대 미국 공병단에서 처음 개발되어 공항뿐 아니라 도로, 주차, 항만, 철도 등 여러 분야에서 유지보수 필요여부 결정에 중요한 요소로 이용되고 있으며 국내 공항에는 1990년대에 도입되어 현재까지 적용하고 있는 실정이다(안덕순 등, 2003).

하지만 기존의 PCI를 국내 공항에서 적용하기에 몇 가지 한계점이 지적되어 왔다. PCI는 미국 내 소규모 공항을 포함한 다양한 공항에 적용하기 위해 개발되었으나 이는 주로 상업용 중대형 공항 위주인 국내 공항 현황을 고려할 때 주요 결함내용 및 결함의 심각도 수준을 그대로 적용하는 것은 문제가 많다는 것이 계속적으로 지적되어 왔다. 그 결과 PCI 분석결과와 실제 보수 필요여부와의 관계가 현실적으로 맞지 않는 문제가 있어 유지보수 담당자와 의사결정자의 의사소통에 한계가 있어왔다. 이와 같은 문제점들은 국내뿐 아니라 미국, 중

국 등 여러 나라에서 인식하고 있다. 미국의 경우 2011년도에 ASTM 개정을 통해 기준을 수정하였으며 중국의 경우 상하이 국제공항을 대상으로 새로운 PCI 산출 방안을 제시하여 기존 PCI의 문제점들을 개선해 나가고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기존 PCI의 문제점들을 해결하기 위해 국내 공항의 아스팔트 포장에서 주로 많이 발생하는 주요 결함을 대상으로 패널조사를 실시하였으며, 이를 분석하여 deduct value curve를 개발하였다. 개발된 deduct value를 이용하여 문제가 되고 있는 현장에 적용하여 적용성을 평가하였다.

1.2. 문헌조사

1.2.1. PCI 정의 및 산출과정

PCI는 포장상태에 대해 완전한 상태의 100에서 파괴된 포장상태의 0까지의 범위로, 숫자로 나타낸 지수이다. PCI의 계산은 결함의 종류, 결함의 심각도, 결함의 파손량 등을 정의하는 표면결함의 육안상태조사 결과에 근거한다. PCI는 Eq. (1)과 같이 포장상태지수 최대값(100)에서 unit section안에서 발생한 결함의 deduct value에 관한 함수와 한 unit section에서 발생한 다양한 결함에 대해 보정하는 함수의 값을 감해주는 식으로 나타낸다(Shahin, 1977).

$$PCI = C - \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} a(T_i, S_j, D_{ij}) F(t, d) \quad (1)$$

여기서, PCI : 포장상태지수

C : 포장상태지수의 최대값(100)

$a(T_i, S_j, D_{ij})$: 결함의 종류(T_i), 심각도(S_j), 파손량(D_{ij})에 따른 deduct value 함수

i : 결함의 종류

j : 결함의 심각도 수준

p : 총 결함 종류의 수

m_i : 결함의 종류 i 에 대한 심각도 수준의 수

$F(t, d)$: 총 deduct value 합(t), deduct의 수(d)에 대한 보정함수

PCI의 산출과정은 총 6단계로 이루어진다. 1단계에서는 조사할 포장의 unit section을 분할하고 2단계에서는 결함의 종류, 심각도, 파손량에 대한 포장상태 조사가 이루어진다. 3단계에서는 조사된 각 결함별

deduct value를 산출하고 4단계는 산출된 각 결함의 deduct value를 합산해 total deduct value를 도출한다. 5단계에서는 복합결함에 대한 보정함수를 이용해 corrected deduct value를 산출한다. 6단계에서는 5단계에서 산출된 corrected deduct value를 이용해 포장상태지수의 최대값에서 감해주어 최종적으로 PCI를 산출한다(Shahin, 1994).

(1) 제1단계 : 조사할 포장의 unit section 분할

Unit section의 분할은 포장상태조사와 분석의 목적으로 동질성 구간에서의 적정 크기로 분할한다. 공항의 아스팔트 포장의 unit section 크기는 $450 \pm 180m^2$ 이다.

(2) 제2단계 : 포장상태조사

분할된 각 unit section별 포장상태조사를 실시하며, 결함의 종류, 심각도, 파손량을 조사하여 정량화한다.

(3) 제3단계 : deduct value 산출

각 unit section의 조사된 결함의 종류, 심각도, 파손량에 따라 deduct value를 결정한다. 이러한 그래프는 각 결함의 종류별로 정의되어 있다.

(4) 제4단계 : total deduct value 산출

3단계에서 구한 deduct value를 바탕으로 total deduct value를 구한다. Total deduct value는 각 결함의 deduct value의 합으로 나타낸다.

(5) 제5단계 : corrected deduct value 산출

각 결함의 deduct value의 합을 이용하여 total deduct value를 산출할 시 결함의 항목이 많을 경우 PCI 값이 음이 될 수 있어 한 unit section에 두 개 이상의 결함이 존재할 경우 total deduct value를 보정해 주어야한다. 보정해 주는 방법은 corrected deduct value curve를 이용하여 보정한다. 여기서 q 는 unit section안에 존재하는 결함의 수를 뜻하며 이는 같은 종류의 결함이라 할지라도 결함의 심각도가 다를 경우에는 각각의 결함으로 구분지어 적용한다. 또한 각 결함의 deduct value값이 5이상 되는 경우에만 q 값에 포함된다.

(6) 제6단계 : PCI 산출

5단계에서 산출된 corrected deduct value를 이용하여 다음 Eq. (2)와 같이 최종적으로 PCI를 산출한다.

$$PCI = 100 - CDV \quad (2)$$

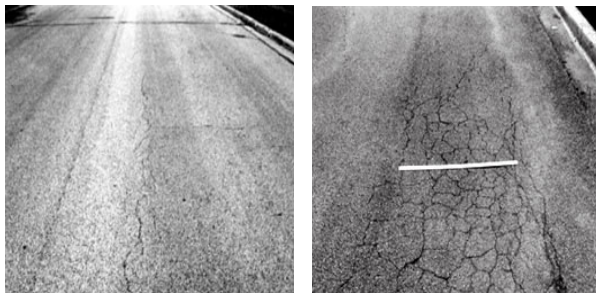
여기서, PCI : 포장상태지수

CDV : corrected deduct value

1.2.2. 기존 PCI의 문제점 분석

PCI는 1970년대 개발되어 현재까지 약 40년간 세계 각 공항에서 적용하고 있기에 각 공항의 상태를 평가할 수 있는 표준화된 지표이며 공항 담당자들의 의사소통의 수단이 된다. 그러나 산출과정의 한계점과 다른 환경의 공항에서 적용하기에 문제점이 있으며 PCI 데이터를 이용하여 실제 유지보수에 적용하기에 한계점이 있는 것으로 지적되어 왔다. 구체적으로 종/횡방향균열의 low와 medium 심각도 수준을 구분하는 균열폭이 6mm로 규정되어 있지만 FAA에서는 실제 안전상 항공기 타이어에 데미지를 주는 균열폭은 3mm로 명시 (FAA, 2007)하고 있어 이에 대한 개선이 필요하다고 보고 있다(Broten, 2001).

Broten(2001)은 PCI가 유지보수 후에 오히려 낮아지는 경우가 발생하는 문제가 있다고 지적하고 있다. 따라서 본 연구에서 기존 PCI의 결함별 deduct value를 비교해 본 결과 low 심각도 수준의 블록균열의 deduct value가 소파보수의 deduct value보다 낮아지는 패턴이 나타났다. 즉 파손량이 약 25% 이상인 low 심각도 수준의 블록균열을 소파보수하였을 경우 PCI가 유지보수 후에 오히려 낮아지는 경우가 발생한다. 기존 PCI를



(a) Low

(b) Medium



(c) High

Fig. 1 Severity Level for Alligator Cracking in Existing Specification

적용하는 공항 환경과 개발당시의 미국의 공항 환경 차이가 문제점으로 나타난다. 1970년대 PCI가 개발될 당시 미국에서 소규모 공항을 포함한 다양한 공항을 대상으로 하여 Fig. 1과 같이 심각도의 구분 기준이 나누어져 있으나 high 수준의 결함은 국내 공항에서는 발생하지 않아 상대적으로 PCI가 높게 산출되는 경향이 나타난다.

기존 PCI의 범위별 포장상태등급은 Table 1에서와 같이 구분하고 있다. 그러나 포장상태등급이 PCI에 비해 높게 평가되는 경향이 있어 기존 PCI의 포장상태등급에 따른 유지보수의 의사결정에 대한 비합리적인 관계가 나타난다. 예를 들어 유지보수가 필요한 unit section의 PCI 점수가 58점이라고 할 때 기존의 포장상태등급에 의하면 Table 1과 같이 양호한 수준의 포장상태로 평가되게 된다. 따라서 유지보수가 필요함에도 불구하고 포장상태는 양호하다는 비합리적인 문제가 발생한다. 이는 유지보수 담당자와 의사결정자간의 의사소통에 문제가 발생할 것으로 판단된다.

Table 1. PCI Range vs. Pavement Condition in Existing Specification

PCI Range	Pavement Condition
85 - 100	Excellent
70 - 85	Very Good
55 - 70	Good
40 - 55	Fair
25 - 40	Poor
10 - 25	Very Poor
0 - 10	Failed

2. 연구방법

2.1. 시험재료 가공 및 선정

2.1.1. 사용재료

공항 아스팔트 포장에서의 결함항목을 총 16가지로 정의하였으나 실제 국내 공항에서 발생하는 결함항목과는 차이가 있다.

국내 15개 공항의 아스팔트 포장에 대해 10년 이상의 PMS(Pavement Management System) 데이터를 이용하여 Table 2와 같이 주요발생 결함항목을 정하였다. 아스팔트 포장의 결함항목 중 국내 공항에서 1회 이상 발생한 결함을 주요발생 결함항목으로 정하였으며 거북 등균열, 종·횡방향균열, 반사균열, 블록균열, 소파보수 및 소성변형으로 총 6가지 항목으로 분석되었다.

Table 2. Distress Type Occurred in the Airports of Korea

Distress Type	No. of airport experienced distress types
Alligator Cracking	15
Long./Trans. Cracking	15
Reflection Cracking	2
Patching	15
Rutting	1
Block Cracking	1

PCI의 핵심 내용인 deduct value curve를 개발하기 위해 주관적인 지표를 객관적인 지표로 나타내기에 효과적인 panel rating을 실시하였다. Panel rating을 위해 공항포장 전문가와 공항 실무자로 구성된 12명의 panel member를 선정하였으며 이들로부터 국내공항 아스팔트 포장의 주요발생 결함항목 6가지에 대해 panel rating을 실시하고 그 결과의 통계분석을 통해 각 주요발생 결함의 deduct value curve를 개발하였다. 국내 공항 아스팔트 포장의 주요발생 결함항목 6가지(거북등균열, 종/횡방향균열, 반사균열, 블록균열, 소파보수, 소성변형)에 대해 국내 공항의 PMS 데이터를 이용하여 결함자료를 수집하였다. 수집된 자료는 각 결함의 종류, 심각도, 파손량으로 구분하여 unit section 크기로 가공되었다. 각 결함의 종류에 따라 3가지 심각

Table 3. Damage Density Used in Panel Rating

Distress Type	Severity	Damage Density (%)				
		0.6	2.0	6.0	33.0	53.0
Alligator Cracking	L	0.6	2.0	6.0	33.0	53.0
	M	0.4	1.3	8.0	25.0	58.0
	H	0.3	2.0	7.3	22.0	66.0
L./T. Cracking	L	0.8	3.0	5.7	29.0	52.0
	M	1.5	2.8	6.0	17.0	52.0
	H	1.1	3.1	6.2	25.0	56.0
Reflection Cracking	L	1.0	3.0	7.0	27.0	60.0
	M	1.5	3.0	6.0	33.0	50.0
	H	1.0	3.0	6.0	33.0	50.0
Patching	L	0.2	2.0	7.0	28.0	63.0
	M	0.3	3.0	7.0	23.0	72.0
	H	0.5	3.0	8.0	24.0	66.0
Rutting	L	0.1	1.0	5.0	25.0	75.0
	M	0.1	1.0	5.0	25.0	75.0
	H	0.1	1.0	5.0	25.0	75.0
Block Cracking	L	1.0	7.0	11.0	34.0	67.0
	M	1.0	7.0	11.0	34.0	67.0
	H	1.0	7.0	11.0	34.0	67.0

도(low, medium, high)로 구분하고 각 심각도에 대해 파손량을 5가지 범위로 나누어 각 범위에 맞는 자료를 가공하여 Table 3과 같이 총 90개의 결함자료를 panel rating에 이용하였다.

3. 결과분석

패널조사 분석결과 Fig. 2, 3과 같이 심각도가 높아 지고 파손량이 증가할수록 표준편차가 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 패널들이 국내공항에서 높은 심각도와 많은 파손량을 경험해보지 못하여 발생한 것으로 판단된다.

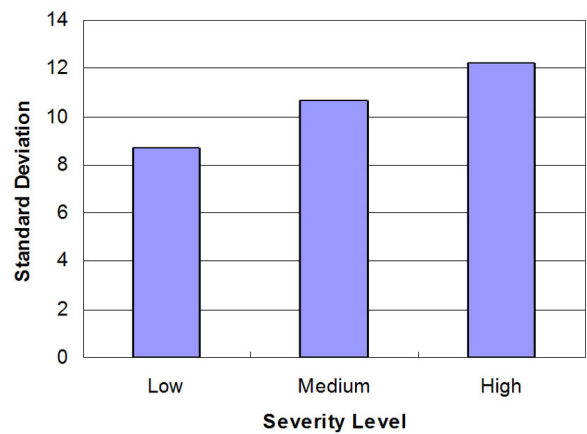


Fig. 2 Standard Deviation of Deduct Value Panel Rating(Severity Level)

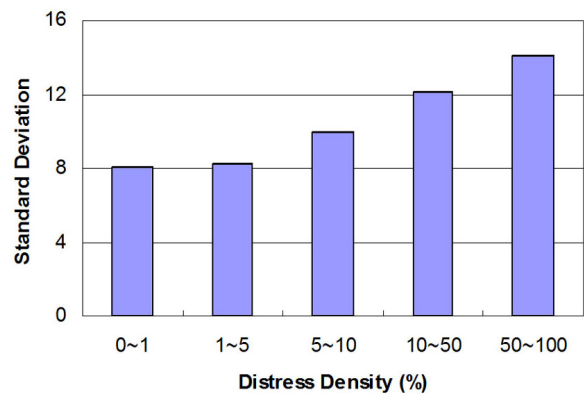


Fig. 3 Standard Deviation of Deduct Value Panel Rating(Distress Density)

Panel rating을 통해 얻은 각 주요발생 결함의 심각도에 대한 파손량별 deduct value의 결과를 Fig. 4와 같이 10% 이하의 백분위수와 90% 이상의 백분위수를 제외한 평균값을 이용하여 deduct value curve를 모델링하였으며 6가지 결함항목에 대해 각 3가지 심각도

에 대해 총 18개의 deduct value curve에 대한 모델링이 수행되었다.

거북등균열의 panel rating결과의 통계분석을 통해 Table 4와 같이 심각도별 각 deduct value curve를 모델링하였다. 각 low, medium, high의 심각도별 R^2 의 값은 각 0.99, 0.98, 0.98로 나타나 유효한 모델로 판단된다.

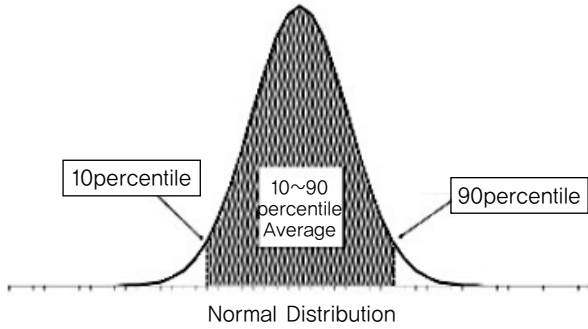


Fig. 4 Data Used in Analysis of Panel Rating

Table 4. Regression Equation of Alligator Crackig Deduct Value Curves

Severity	Equation	R^2
Low	$DV = 19.597 \times D_l^{0.3047}$	0.99
Medium	$DV = 25.365 \times D_m^{0.2841}$	0.98
High	$DV = 35.704 \times D_h^{0.2375}$	0.98

Table 4의 모델링 결과를 기존 PCI의 deduct value curve와 비교한 결과 Fig. 5와 같이 나타났으며 기존의 curve와 비교적 유사한 형태로 나타났다.

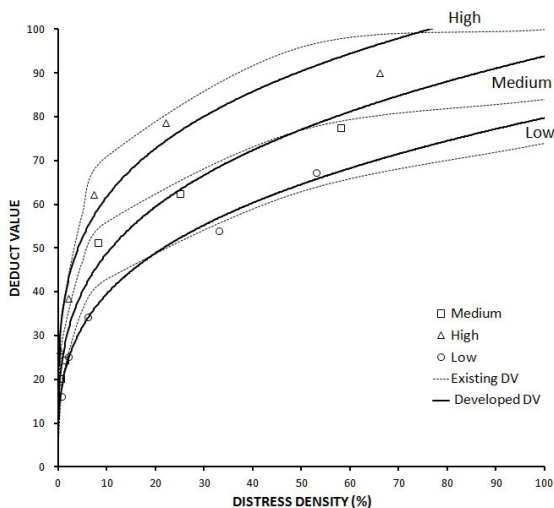


Fig. 5 Deduct Value Curve for Alligator Cracking

소파보수의 panel rating결과의 통계분석을 통해 Table 5와 같이 심각도별 각 deduct value curve를 모델링하였다. 각 low, medium, high의 심각도별 R^2 의 값은 각 0.99, 0.98, 0.96으로 나타나 유효한 모델로 판단된다.

Table 5. Regression Equation of Patching Deduct Value Curves

Severity	Equation	R^2
Low	$DV = 8.770 \times D_l^{0.3091}$	0.99
Medium	$DV = 16.739 \times D_m^{0.2659}$	0.98
High	$DV = 22.778 \times D_h^{0.2525}$	0.96

Table 5의 모델링 결과를 기존 PCI의 deduct value curve와 비교한 결과 Fig. 6과 같이 나타났으며 low 심각도 수준의 deduct value curve는 기존 PCI의 curve와 유사한 형태로 나타났다. 3가지 심각도 모두 파손량이 낮을수록 개발된 PCI의 deduct value가 높았으나 파손량이 증가함에 따라 기존 PCI보다 낮은 값이 도출되었다. 또한 각 심각도별 deduct value의 차이가 기존 PCI보다 작게 나타났다.

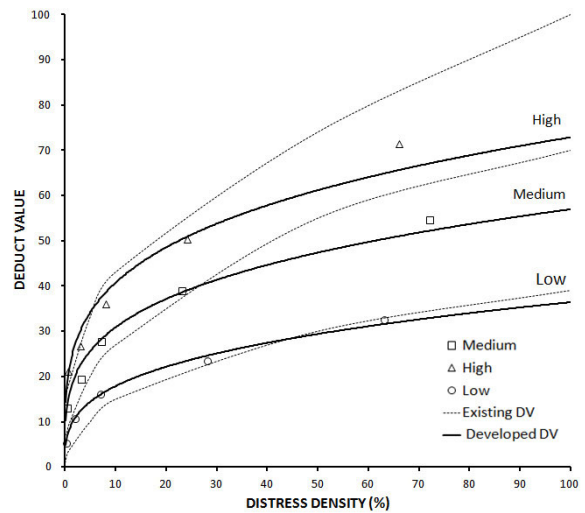


Fig. 6 Deduct Value Curve for Patching

각 결함별 같은 심각도 수준에서의 deduct value 모델을 비교해보면 심각도 수준 low, medium, high에 대해 각 Fig. 7~Fig. 9와 같다. 거북등균열의 경우 가장 높은 deduct value가 나타났으며 이는 FOD의 발생 가능성이 다른 결함에 비해 높기 때문인 것으로 판단된다. 심각도 low의 경우 Fig. 7과 같이 중·횡방향 균열과 반사균열의 deduct value curve가 유사한 형태로

나타났으며, 블록균열과 소성변형의 deduct value curve가 유사한 형태로 나타났다. 또한 소파보수의 경우 deduct value가 다른 결함에 비해 낮게 나타났으며 이는 발생한 결함의 소파보수 후 PCI가 낮아지는 문제가 발생하지 않는 것으로 판단된다.

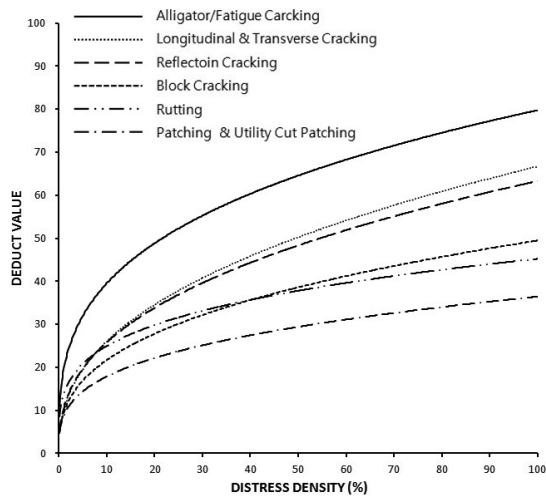


Fig. 7 Comparisons of Deduct Value Curve for Distress Types in Low Severity

소파보수의 경우 Fig. 8과 Fig. 9와 같이 medium 심각도와 high 심각도로 나타날 경우 low 심각도와는 상이하게 deduct value가 다른 결함과 큰 차이가 나타나지 않는 형태로 나타났다. 이는 소파보수 형태의 유지보수 후에 다시 결함이 발생한 형태로 유지보수 상태가 아닌 결함의 상태로 보기 때문인 것으로 판단 된다.

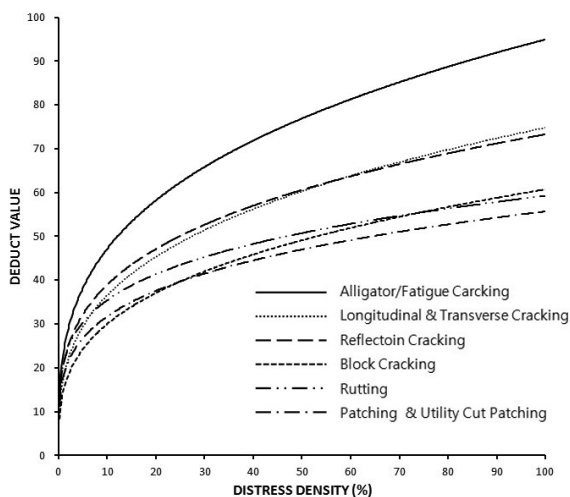


Fig. 8 Comparisons of Deduct Value Curve for Distress Types in Medium Severity

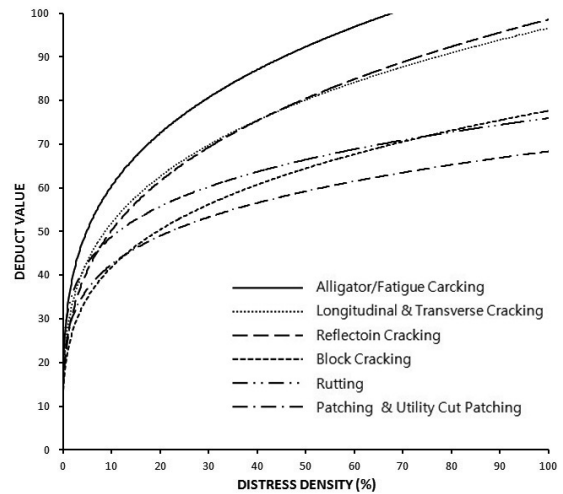


Fig. 9 Comparisons of Deduct Value Curve for Distress Types in High Severity

PCR(pavement condition rating)과 PCI의 상관관계는 panel rating에 이용되었던 90개의 unit section 자료를 이용하여 분석하였으며, Panel rating의 결과 값인 PCR과 모델을 이용하여 산출된 PCI의 상관관계를 산포도로 나타내면 Fig. 10과 같이 나타난다.

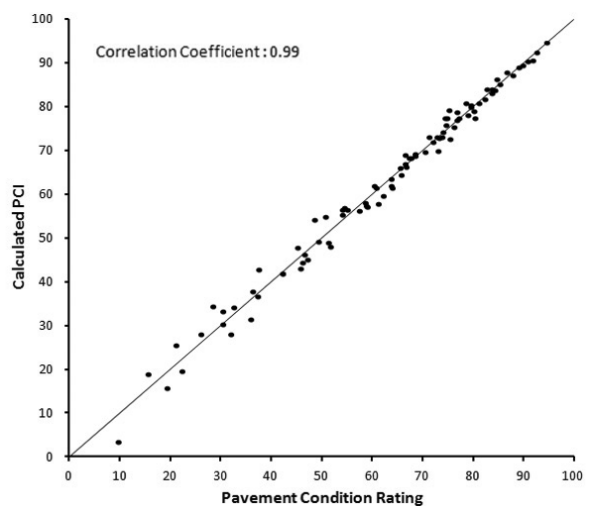


Fig. 10 Relationship Between Pavement Condition Rating and Calculated PCI

수집된 김포공항(2009년 자료), 양양공항(2007년 자료), 여수공항(2006년 자료) 3개의 실제 조사된 결함에 따른 PCI자료를 본 연구에서 개발된 deduct value 모델에 적용시키기 위해 공항 ID, branch ID, section ID, unit ID별로 구분지어 각 구간의 결함의 종류와 심각도에 따라 파손량 자료를 정리하였다. 기존 PCI의 값은 PCI 산출프로그램인 Micro PAVER를 이용하였으

며 개발된 PCI는 본 연구에서 개발된 결함별 deduct value curve를 이용하고 복합결함에 대해서는 기존 PCI의 corrected deduct value curve를 적용하여 분석하였다. 즉 PCI의 산출과정은 동일하며 각 결함별 deduct value curve의 변수만 다르게 적용시켜 분석하였다. 최종적으로 기존의 PCI와 개발된 PCI의 unit section별 비교분석과 동질성 구간별 비교분석을 실시하였다.

기존의 PCI와 본 연구에서 개발된 deduct value 모델을 적용한 PCI의 unit section별 비교분석 결과 Fig. 11과 같이 나타났으며 총 700개 구간 중 15개 구간을 제외한 모든 구간에 대해서 unit section별 PCI가 낮게 산출되었다. 또한 개발된 PCI는 기존 PCI가 낮아질수록 감소폭이 증가하였으며 70 전후로 가장 민감하게 감소하는 추세로 나타났다.

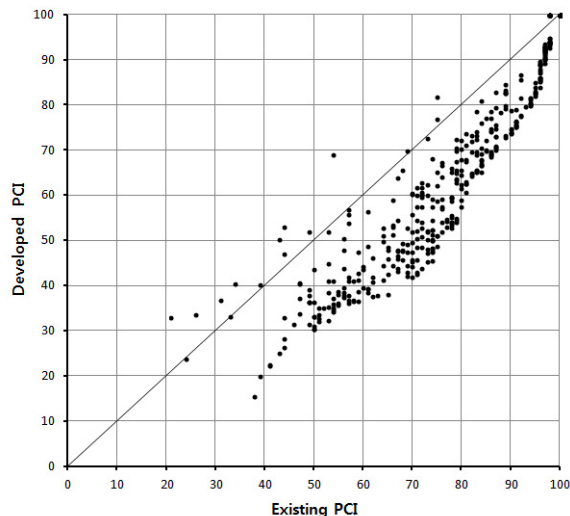


Fig. 11 Relationship Between Existing PCI and Developed PCI

4. 결론

본 연구에서는 현재 국내에서 이용되고 있는 PCI의 문제점을 해결하고 국내 실정에 맞는 PCI의 개발을 위해 국내 공항의 아스팔트 포장에 대상으로 panel rating을 실시하여 포장상태지수의 deduct value curve를 개발하였다. 개발된 deduct value curve는 국내 공항 아스팔트 포장의 주요 발생 결함항목에 대해 분석하였으며 panel rating 결과와 PCI의 상관관계분석을 통해 모델을 검증하였다. 또한 실제 공항의 PCI 데이터를 이용하여 기존 PCI와 개발된 PCI의 비교분석을 진행하였다. 기존 아스팔트 포장의 결함항목별 심각도 기준에 대해

국내 공항에 적합한 구분 기준으로 정립하였으며 각 포장상태등급에 따른 보수보강 방안을 제시하였다. 본 연구의 범위 내에서 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. Panel rating에 의한 deduct value 분석결과 결함 심각도가 높을수록 그리고 결함량이 증가할수록 표준편차가 크게 나타났는데 이는 패널참가자들이 심각도가 높은 결함과 결함량이 많은 것을 경험하지 못하였기 때문으로 판단된다.
2. 국내 15개 공항의 10년 이상의 PMS 데이터를 이용하여 공항 아스팔트 포장의 국내 주요 발생 결함을 거북등균열, 종·횡방향균열, 반사균열, 소파보수, 소성변형, 블록균열 등 6가지 항목으로 채택하였으며 각 결함에 대해 panel rating을 실시하고 그 결과의 통계분석을 통해 결함의 종류별 심각도에 따른 deduct value를 모델링하였다. 모델링 결과 low, medium 심각도의 종·횡방향균열, 거북등균열 등 국내에서 발생빈도가 높은 결함에 대해 deduct value가 높게 추정되었다.
3. 개발된 PCI의 결함별 deduct value curve를 비교한 결과 거북등균열과 같이 FOD 발생 가능성이 높은 결함일수록 deduct value가 높게 추정되었으며 low 심각도에 대해 소파보수의 경우 가장 낮은 deduct value가 도출되었다. 그러나 소파보수의 deduct value가 medium 심각도와 high 심각도에서는 다른 결함과 유사한 형태로 나타났으며 이는 소파보수한 부분에서 결함이 다시 발생하는 형태로 유지보수의 상태가 아닌 결함으로 구분되기 때문인 것으로 판단된다.
4. 기존의 PCI와 개발된 PCI의 비교분석을 위하여 김포공항, 양양공항, 여수공항의 아스팔트 포장에 대해 자료를 수집하고 unit section별 비교분석을 실시하였다. 기존의 PCI는 Micro PAVER를 이용하여 산출하였으며 개발된 PCI는 기존의 PCI의 산출과정과 동일한 방법으로 분석하되 개발된 deduct value curve의 변수만 적용하여 분석하였다. 분석결과 개발된 PCI는 기존의 PCI 보다 평균 10정도 낮게 산출되었으며 기존 PCI가 100에서 낮아질수록 개발된 PCI와의 편차가 크게 나타났으며 기존 PCI 70 전후에서 가장 민감하게 변화되었다.

감사의 글

본 논문은 국토해양부와 한국건설교통기술연구원의 국토

해양기술 연구개발사업인 “저탄소 녹색 공항 포장 시공 및 유지관리 기법개발”의 연구지원으로 수행되었으며 이에 관계자분들께 감사드립니다.

References

An, Deok-Soon, Kwon, Soo-Ahn, Suh, Young-chan (2003), The Study on Customization for Domestic Application of Micro PAVER, *Journal of the Korean Society of Pavement Engineers*, Vol. 5, No. 3, pp.21-29.

Brotten, M. and Sombre, R. D. (2001), “The Airfield Pavement Condition Index(PCI) Evaluation Procedure : Advantages, Common Misapplications, and Potential Pitfalls”, *5th International Conference on Managing Pavements*.

FAA (2007), *Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport*

Pavements, Advisory Circular 150/5380-6B, Federal Aviation Administration

Shahin, M. Y., Darter, M. I. and Kohn, S. D. (1977), Development of a Pavement Maintenance Management System : Volume 1. *Airfield Pavement Condition Rating, Final Report*, Civil and Environmental Engineering Development Office (Air Force Systems Command), Illinois.

Shahin, M. Y. (1994), *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots*, Kluwer Academic Publishers.

Uzarski, D. R., Weightman, P. A., Hunter, S. L. and Brotherson, D. E. (1995), Development of Condition Indexes for Building Exteriors, *USACERL Technical Report*, US Army Corps of Engineers.

(접수일 : 2013. 4. 9 / 심사일 : 2013. 4. 11 / 심사완료일 : 2013. 5. 2)