

FWD 처짐치에 의한 포장층 탄성계수 역산 및 해석기법

Back calculation and solution Technique of E-modulus by FWD's deflection data in Pavement

위 성 동¹⁾, Seong-Dong Wee,

¹⁾ (주)한국도로기술 대표이사, President, Korea Highway and Airport Technology co.,ltd

SYNOPSIS : In this study, a pavement evaluation method is introduced by a case study of the measurement data obtained in Incheon International Airport. Based on the results obtained by both visual inspection and automobile inspection equipments, the pavement surface condition is evaluated and used for maintenance and rehabilitation strategy for pavement. In addition, the special attention was given to the back calculation and solution technique of E-modulus by FWD's deflection data in Pavement.

Key words : Back Calculation, Pavement Evaluation, FWD Deflection,

1. 서 론

일반적으로 포장상태를 평가하는 방법에는 기능적 평가와 구조적 평가로 크게 구분된다. 기능적 평가는 육안조사를 통한 포장의 표면상태를 포장상태지수(PCI: Pavement Condition Index)등의 포장의 상태를 수치화하여 포장의 상태를 구분할수 있는 방법이다. 일반적으로 공항포장의 경우 미국등에서는 PCI지수만을 사용하여 포장의 상태를 평가하고 이를 토대로 포장 유지관리를 수행하고 있는 공항들을 흔히 볼 수 있다. 또한 구조적 평가는 포장의 구조적인 성능 및 하중전달능력 등의 평가를 위함을 목적으로 장비를 사용한 포장의 탄성계수변화, 유한요소법 (FEM: Finite Element Method)을 사용한 포장의 구조적 해석 방법이 보통 구조적평가 방법으로 적용 될 수 있다.

본 고에서는 인천국제공항의 포장상태를 평가하기 위하여 수행했던 기능적인 평가와 구조적인 평가를 위한 FWD에 의한 포장처짐치 그리고 이를 통한 포장층의 탄성계수를 역산하여 포장의 잔존수명예측을 통한 포장해석기법을 소개하고자 한다.

2. 육안 및 자동조사장비 자료에 의한 기능적 포장평가

육안조사에 의한 에어사이드의 포장상태는 매우 우수하다고 판단된다. 포장조사에 포함된 활주로, 제1유도로, 제2유도로, 및 여객터미널, 화물터미널등의 포장상태는 PCI자료에 의거하여 매우 우수하다고 사료된다.

일반적으로 아스팔트 포장의 경우가 시멘트 콘크리트 포장의 경우에 비하여 포장상태가 상대적으로 나은 편이며 포장표면의 손상부위가 현재로서는 발견되지 않고 있다. 하지만, 활주로 중앙부분 아스팔트포

장의 그루빙부위에 추후에 포장파손이 발생할 소지가 있다고 판단되며 이에 대한 대책 마련이 조만간 이루어져야 한다고 사료된다.

한편, ARAN자동촬영조사장비를 사용하여 활주로, 유도로 및 계류장포장의 항공기 주기어 하중이 접촉되는 부위의 포장표면을 비디오를 사용하여 이미지 파일화 하였고, 육안 조사시에 발견되는 포장파손 결함과 대조하면서 효율성을 점검하고 육안 조사 시 조사된 포장파손의 유형과의 대조를 수행하였다. 그렇지만, 현재의 포장상태는 매우 좋은 상태이기 때문에 이미지파일에서 포장파손의 형태를 발견 할 수 없었다.

육안 및 자동조사장비에 의한 포장상태 조사결과 다음과 같이 요약 할 수 있다.

- 1) 아스팔트포장이 시공된 포장구간의 포장파손은 거의 찾아볼 수 없었고 매우 양호한 상태이다.
- 2) 아스팔트포장 구간 중 활주로 부분에 시공된 그루빙 형태는 우천시 포장의 수막현상을 방지하고 미끄럼저항력을 증진시키기 위하여 시공되었으나 현재 약간의 탈리 현상이 보이고 있으며 추후 세심한 관찰과 주의가 요망된다고 사료된다.
- 3) 시멘트콘크리트포장이 시공된 포장구간은 주로 줄눈 부위의 포장파손을 일부 발견 할 수 있었다.

3. 비파괴장비에 의한 구조적 포장평가

3.1 FWD측정장비에 의한 포장처짐치

포장표면의 처짐량을 측정할 수 있는 FWD(Falling Weight Deflectometer)측정장비를 사용하여 활주로, 유도로, 및 계류장포장의 일부분에 적용되어 얻어진 처짐치는 매우 적은양을 보이고 있으며, 아스팔트포장에 비하여 시멘트 콘크리트포장의 경우가 더욱 작은 처짐치를 보이고 있어서 매우 높은 탄성계수가 시멘트콘크리트포장에서 얻을 수 있음을 알 수 있다. 이로 미루어보면 인천국제공항 시멘트콘크리트포장과 아스팔트포장 모두의 경우에 시공이 매우 잘되어 있음을 알 수 있고, 최소한 포장설계수명인 20년 이상의 공용성을 확보 할 수 있음을 알 수 있다.

다음에서 각 구간별 FWD평균처짐치의 요약표를 표 1에서 보여준다. 이 표에서 보여주듯이 시멘트콘크리트포장의 경우는 50-66 μ m평균처짐량이 측정되었고, 아스팔트포장의 경우는, 166-294 μ m 의 평균처짐치가 측정되었는데 이 수치들은 구역별로 약간의 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 표. 1에서 보인바와 같이 제1활주로 아스팔트포장의 경우 166-208 μ m, 제2유도로의 경우 238-294 μ m 의 평균처짐치를 보이고 있다. 이는 활주로 아스팔트포장의 경우가 제1유도로 아스팔트포장보다 상대적으로 낮은처짐치를 보이고 있어서 상대적으로 탄성계수가 높은 포장으로 시공되었음을 알 수 있다. 이는 활주로의 아스팔트포장이 매우 견고하고 내구성이 강함을 알 수 있다.

4. FWD처짐치를 이용한 탄성계수추정 및 잔존수명예측

FWD측정에 의한 일련의 분석과정은 다음 그림 1에서와 같이 FWD측정에 의해 획득된 처짐치를 해석하고 분석하여 적절한 프로그램 및 산정식을 이용하여 탄성계수와 잔존수명을 예측할 수 있다.

한편, 처짐곡선과 탄성계수와와의 상관관계를 살펴보자. FWD를 이용하여 포장체 각 층의 유효 구조 능력 즉, 노후도를 평가하기 위해서는 각 포장층의 두께와 포아슨비를 알거나 가정을 해야 하며 연속적인 처짐곡선을 측정할 수 있어야 한다. 그러면 측정된 처짐곡선과 다층 탄성이론을 사용하여 포장 각층의 탄성계수를 역산할 수 있다.

표 1 구간별 Section의 FWD 평균치집치

	Section	치집량 (μm)
제1활주로	RW15R/33L-10C	54
	RW15R/33L-20C	189
	RW15R/33L-30C	186
	RW15R/33L-40C	200
	RW15R/33L-50C	208
	RW15R/33L-60C	173
	RW15R/33L-70C	166
	RW15R/33L-80C	202
	RW15R/33L-90C	53
제1평행유도로	TWP1-10	48
	TWP1-20	57
	TWP1-30	49
	TWP1-40	53
제2평행유도로	TWP2-10	50
	TWP2-20	261
	TWP2-30	239
	TWP2-40	294
	TWP2-50	238
	TWP2-60	54
여객터미널	TWPAX-20	66
	APAX-60	62

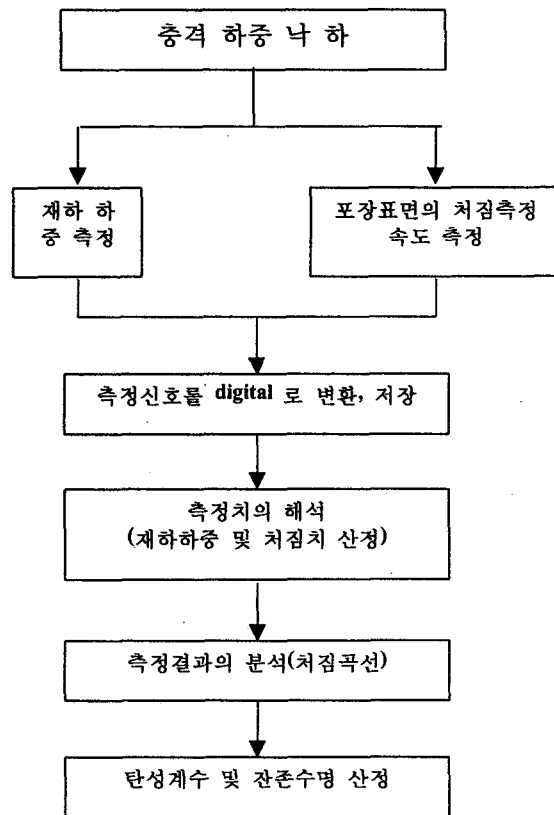


그림 1 FWD치집치에 의한 탄성계수 및 잔존수명산정 흐름도

근본적인 가정은 다층 탄성이론과 FWD장비의 하중 특성을 사용하여 이론적으로 예측된 처짐 곡선과 FWD장비에 의해 측정된 처짐 곡선이 같아지는 포장 층의 탄성계수의 조합은 한가지만 존재한다는 것이다.

μ 는 알고 있거나 가정되어야 한다. 이 과정을 거쳐 포장 개별 층의 탄성계수를 알면 기존 포장의 유효 구조 능력을 검사 할 수 있다. 이 방법을 사용하면 유효 탄성계수를 구할 수 있다. 한편, FWD처짐치를 이용한 포장의 잔존수명예측 흐름도는 그림 2과 같으며, 이 절차를 이용하여 포장의 잔존수명을 예측 할 수 있게 된다. 이 방법은 먼저 최 외곽 검측기의 처짐 측정기를 이용해서 포장의 노상층의 탄성계수를 결정하고 계산된 노상층의 탄성계수와 안쪽 검측기의 처짐 측정기를 이용해 보조 기층의 탄성계수를 계산하고 같은 방법으로 표층의 탄성계수도 계산한다. 이 방법에서 두께 h 와 포아슨비 μ 는 알고 있거나 가정되어야 한다. 이 과정을 거쳐 포장 개별 층의 탄성계수를 알면 기존 포장의 유효 구조 능력을 검사 할 수 있다. 이 방법을 사용하면 유효 탄성계수를 구할 수 있다.

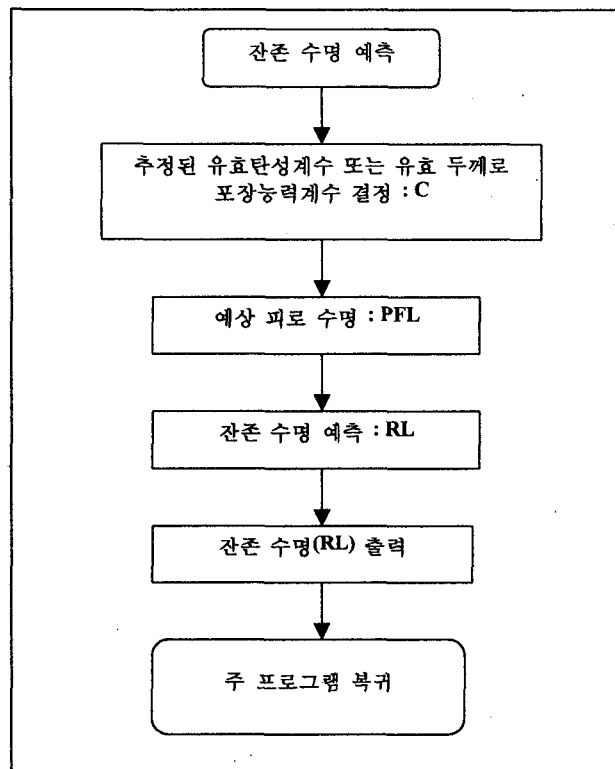


그림 2 FWD를 이용한 잔존수명 예측 흐름도

5. 인천국제공항포장의 탄성계수추정

5.1 포장의 탄성계수 추정

5.1.1 역산 반복 기법

역산반복 기법에서는 초기 가정된 탄성계수에 대한 이론적 처짐 곡선을 시험 하중으로 인해 발생한 포장 구조체 표면의 실측처짐곡선과 비교하여 그 차이가 허용 범위 내에 들 때까지 각 층의 탄성계수를 반복적으로 보정함으로써 탄성계수를 산정하게 된다. 각 층의 두께는 주어져며 프와송비는 재료 특성을 고려하여 가정하게 된다. 역산은 각 층의 초기 탄성계수를 적절히 가정함으로써 이루어진다. 각 층의 두께와 프와송비, FWD에 의한 처짐량을 변수로 하여 역산 프로그램에 의해 반복적으로 오차가 허용범위 내에 들때까지 반복 계산 후 다음 층으로 넘어가며 반복적으로 각 층의 탄성계수를 산정하게 된다.

한편, 인천국제공항포장의 탄성계수 추정을 위해서 FWDMENY라는 KUAB FWD장비회사에서 제공한 탄성계수추정 프로그램과 Michback프로그램을 적용하여 아스팔트 포장 및 시멘트콘크리트포장의 탄성계수를 추정하였다.

5.1.2 역산 시 권장 탄성계수

표 2 WESDEF Default Modulus Values(단위: MPa)

재료	Emin	Emax	Ei	프아송비
AC	689	13780	2411	0.35
PCC	17222	48230	24115	0.15
보조-기층	34(689)	1033(6890)	207(2067)	0.35(0.25)
노상	6.9	344	103	0.4

() : 안정처리 기층인 경우

5.2 FWDMENY에 의한 탄성계수 산출

인천국제공항 포장조사시 사용된 FWD KUAB측정장비 제조회사에서 제공된 FWDMENY탄성계수 추정 프로그램을 사용하여 얻어진 각 구간별 평균 포장처짐치와 탄성계수와의 관계는 다음에서 보여주는 표 3 과 같다.

활주로의 시멘트콘크리트포장 경우는 244,014-262,527kg/m², 아스팔트포장의 경우는 18,340-23,491 kg/m²의 탄성계수값을 보인다. 이 수치를 표 2 WESDEF Default Modulus Values에서 제시된 초기 탄성계수(Ei)와 비교해보면 시멘트콘크리트포장의 경우는 근사한 값을 보이고 있으며 아스팔트포장의 경우는 약간 적은 수치를 보이고 있음을 알수 있다.

5.3 Michback 에 의한 탄성계수 산정

Michback은 Michigan 주립대에서 개발된 프로그램으로 수정 Newton 법을 사용하여 연성 포장과 혼합 포장 층(composite pavement layer)의 탄성계수를 측정된 표면 처짐으로부터 역계산으로 계산 한다. 본 프로그램은 KUAB FWD 장비에 의해 측정된 FWD처짐치를 자동적으로 실행시키는 능력을 가지고 있으며 주로 FORTRAN 77로 쓰여졌다. FWDMENY프로그램에 의해서 얻어진 탄성계수를 Michback에 의해서 얻어진 탄성계수와 비교함으로써 포장의 탄성계수값의 신뢰성을 높이기 위해서 Michback프로그램을 실행하여 비교검토하였다.

5.4 FWDMENY와 MICHBACK에 의한 탄성계수 비교

Michback프로그램은 미국 미시간주립대학에서 아스팔트포장의 탄성계수를 계산할수 있는 프로그램이므로 FWDMENY프로그램에서 얻어진 아스팔트포장의 탄성계수와 비교를 통하여 FWD처짐측정치에 의해 구해진 아스팔트포장의 탄성계수의 신뢰도를 검증할수 있고, 이로 인하여 추정된 탄성계수의 신뢰도를 높일수가 있다.

표 3 Section별 FWD 처짐량 및 탄성계수

구분	Section	처짐량(μm)	탄성계수(MPa)
제 1 활주로	RW15R/33L-10C	54	25,738
	RW15R/33L-20C	189	2,020
	RW15R/33L-30C	186	2,060
	RW15R/33L-40C	200	1,903
	RW15R/33L-50C	208	1,798
	RW15R/33L-60C	173	2,173
	RW15R/33L-70C	166	2,303
	RW15R/33L-80C	202	1,877
	RW15R/33L-90C	53	23,923
제1평행 유도로	TWP1-10	48	21,001
	TWP1-20	57	25,732
	TWP1-30	49	24,487
	TWP1-40	53	29,261
제2평행 유도로	TWP2-10	50	21,202
	TWP2-20	261	1,439
	TWP2-30	239	1,570
	TWP2-40	294	1,275
	TWP2-50	238	1,572
	TWP2-60	54	20,841
여객터미널 유도로	TWPAX-20	66	11,988
여객터미널	APAX-60	62	15,166

5.4.1 제1활주로 포장(RW20B012 - 우측 9m)

표 4 제1활주로포장 탄성계수 비교표(우측으로 9.0 M)

RW20B012 측정위치	E(Mpa)	
	FWDMENY	MICHBACK
0	2117	2119
400	2315	1923
800	1912	1590
1600	1627	2107
2000	1864	1,459
2400	2446	2,174
2800	2606	2,204
3126	2203	2,078

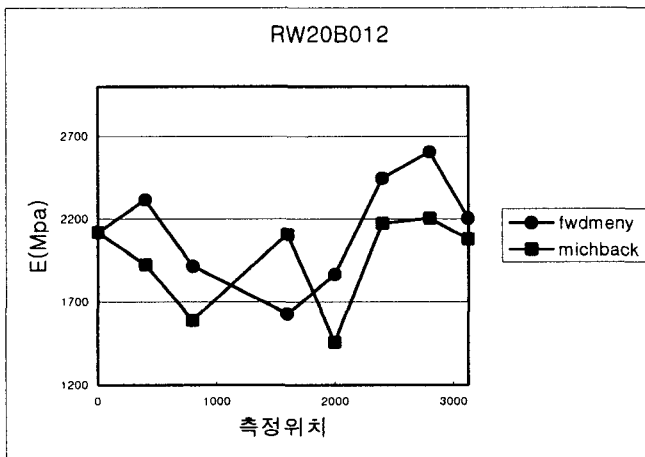


그림 3 제1활주로포장 탄성계수 비교곡선 (우측으로 9.0 M)

5.4.2 제1활주로 포장(RW20C012 - 우측 3m)

표 5 제1활주로포장 탄성계수 비교표(우측으로 3.0 M)

RW20C012 측정위치	E(Mpa)	
	FWDMENY	MICHBACK
0	2394	2,324
400	2458	2,210
800	2097	1864
1200	2328	2,266
1600	1972	1,653
2000	2014	1585
2400	2077	1740
2800	2614	1930
3129	1990	2107

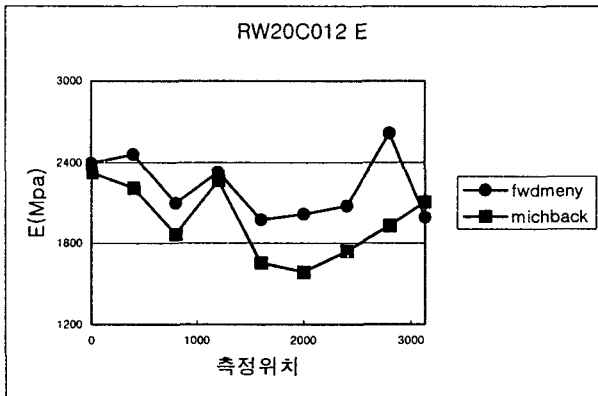


그림 4 제1활주로포장 탄성계수 비교곡선 (우측으로 3.0 M)

위의 결과를 토대로 FWDMENY 및 Michback에 의한 탄성계수 역산은 약간의 차이는 있으나 근접하다고 말할 수 있으며 엄밀하게 상대적으로 비교한다면 FWDMENY에 의한 포장탄성계수가 상대적으로 약간 큰 것을 알 수 있다. 그러나 이 프로그램은 FWD처짐측정장치를 제조하고 공급하는 KUAB회사에서 제공된 탄성계수 추정프로그램이므로 신뢰성이 있다고 판단된다. 이로 인하여 FWD처짐치를 이용한 FWDMENY프로그램의 탄성계수 계산은 타당성이 있다고 판단되며, 이를 토대로 인천국제공항 포장의 탄성계수를 근거로 포장의 시공상태를 평가하면 매우 양호한 포장상태로 시공되었다 판단된다. 활주로중앙부분의 아스팔트포장의 탄성계수는 20,114-26,663kg/m²로 추정된다.

6. 포장체 구조해석 및 평가

6.1 해석프로그램 및 모델링

본 해석을 수행하기 위하여 시멘트콘크리트 및 아스팔트 포장구조체는 3차원 유한요소해석을 통한 포장체 구조해석을 위해 SAP90 구조해석 프로그램이 적용되었다.

6.2 시멘트콘크리트포장

포장단면을 구조해석하기 위한 해석조건은 포장단면의 각 층에 대한 탄성계수를 FWD처짐치를 근거로 추정된 에어사이드내의 시멘트콘크리트포장을 2가지 수준으로 구분하고(R1-E1, R2-E2), 또한 위치별 하중조건을 그림 22에서 다음과 같이 2가지 경우의 하중조건(L1-콘크리트슬래브 모서리부분 하중재하조건, L2콘크리트슬래브 줄눈 중앙부분 하중재하조건)로 구분하여 SAP90 구조해석 프로그램을 이용하여 포장단면의 구조해석을 수행하였다.

표 6 시멘트콘크리트 포장단면의 2가지 탄성계수 입력자료

Case	Crushed Stone	보조 기층	Lean Con' c	Ascon Base	Con' c Slab	비 고
탄성계수(E1) Kgf/cm ²	3,000	5,000	180,000	32,000	300,000	R1 →L1,L2
탄성계수(E2) Kgf/cm ²	3,000	3,000	165,000	20,000	250,000	R2 →L1,L2
ν	0.4	0.35	0.15	0.3	0.15	...

6.3 아스팔트 콘크리트포장

포장단면을 구조해석하기 위한 해석조건은 아스팔트포장단면 각 층에 대한 탄성계수는 FWD처짐치를 근거로 추정된 에어사이드내의 아스팔트포장을 2가지 수준으로 구분하고(Q1-E1, Q2-E2), 또한 위치별 하중조건을 표 7에서 다음과 같이 2가지 경우의 하중조건(L1-아스팔트포장 모서리부분 하중재하조건, L2아스팔트포장 중앙부분 하중재하조건)으로 구분하여 SAP90 구조해석 프로그램을 이용하여 아스팔트 포장단면 구조해석을 수행하였다.

표 7 아스팔트 포장단면의 2가지 탄성계수 입력자료

Case	Crushed Stone	쇄석 기층	보조 기층	기 층	A C	비 고
탄성계수(E1) Kgf/cm ²	3,000	15,000	21,000	23,000	25,000	Q1-L1,L2
탄성계수(E2) Kgf/cm ²	3,000	12,000	18,000	20,000	22,000	Q2-L1,L2
ν	0.4	0.25	0.25	0.35	0.35	

6.4 FEM 해석결과

인천국제공항포장의 구조적평가를 위해 SAP90 구조해석 프로그램을 이용하였다. 항공기 설계하중이 포장표면위의 2가지 위치에서(L1, L2) 타이어의 공기압에 의해 포장에 재하되었다. 즉, 모서리에 위치하는 경우 L1, 모델링 단면의 경계선 중앙부위에 위치하는 경우를 L2로 가정하였다. 또한, FWD처짐치에 의한 탄성계수의 계산을 근거로, 2가지 층별탄성계수로 모델링한 포장단면을 가정 하였다. 시멘트콘크리트 포장의 경우는 최대 탄성계수로 가정한 경우를 R1, 평균탄성계수로 가정한 경우를 R2로 설정하였고, 아스팔트포장의 경우는 최대 탄성계수의 경우는 Q1, 평균탄성계수의 경우는 Q2로 설정하여, 이에 대한 포장내부의 응력변화를 분석하였다. 해석결과는 표 8에서 보인바와 같이 시멘트콘크리트포장의 경우 4개(R1-L1, R1-L2, R1-L1, R2-L2) 또한, 아스팔트포장의 경우4개(Q1-L1, Q1-L2, Q2-L1, Q2-L2)의 총 8 개 경우에 대한 응력분포 해석결과가 도출되었다. 이에 대한 각각의 최대응력에 대해서 다음 표 9에서 요약하고, 최대응력분포도(Sxx 및 SYy)는 그림 5 그림 6에서 도시한다.

표 8 포장단면 FEM 구조해석의 8가지 경우

			하중재하위치	
			모서리부분(L1)	
포장유형	콘크리트	최대(R1)	R1-L1	R1-L2
		평균(R2)	R2-L1	R2-L2
	아스팔트	최대(Q1)	Q1-L1	Q1-L2
		평균(Q2)	Q2-L1	Q2-L2

표 9 포장의 최대인장응력 요약표

		최대인장응력(Kg/cm ²)	
		S _{xx}	S _{yy}
콘크리트포장	R1-L1	9.23	10.4
	R1-L2	9.55	11.8
	R2-L1	9.22	10.3
	R2-L2	9.8	11.7
아스팔트포장	Q1-L1	4.32	4.82
	Q1-L2	3.04	5.16
	Q2-L1	4.16	4.73
	Q2-L2	2.61	5.02

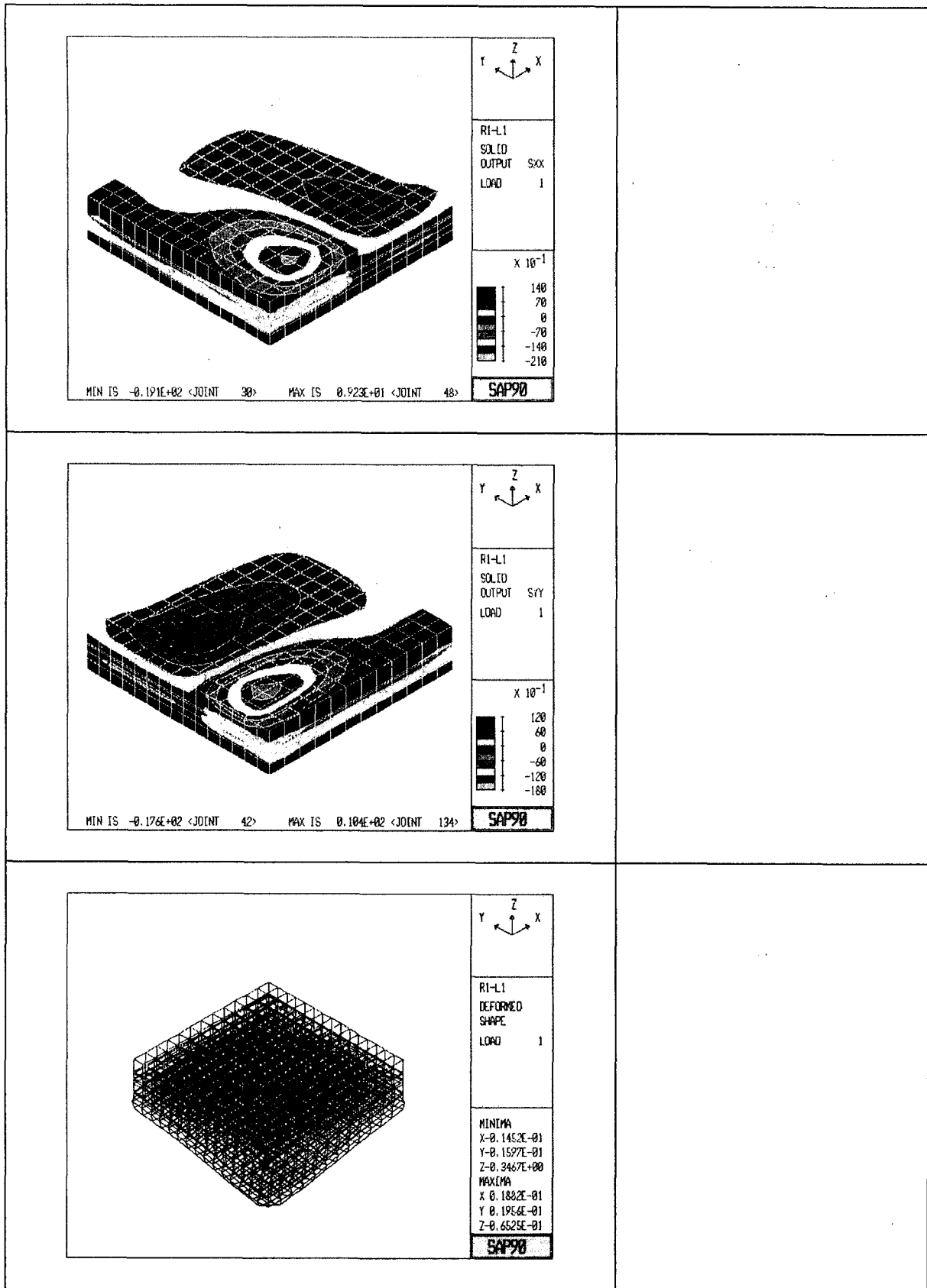


그림 5 최대인장응력 분포도(R1-L1)

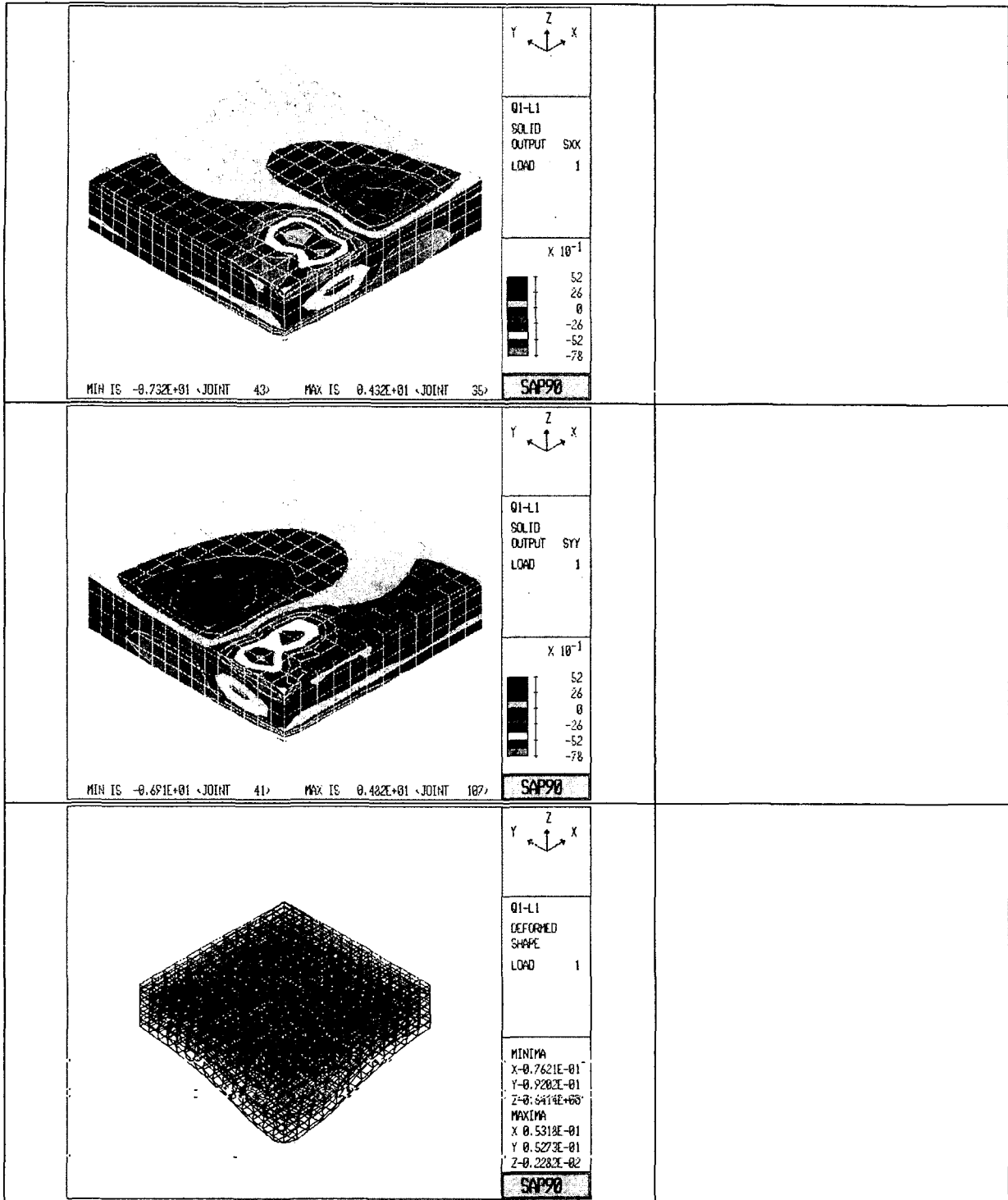


그림 6 최대인장응력 분포도(Q1-L1)

7. 잔존수명평가

FWD치짐측정치와 탄성계수추정치 및 SAP90구조해석 결과를 조합하여 인천국제공항 에어사이드내 포장의 잔존수명을 예측하고, 예측된 결과를 바탕으로 포장의 시공상태 및 구조적 내구력을 평가하였다.

7.1 시멘트콘크리트포장

ERES Consultants에서 사용중인 시멘트콘크리트포장의 피로방정식은 식 (1)과 같으며 이 식을 이용하여 잔존수명을 평가할 수 있다.

$$\text{Log}(COV) = 2.13 \times \left(\frac{MR}{Stress} \right)^{1.2} \quad (1)$$

COV : 설계 하중의 피로 허용 반복 횟수 여기서

MR : 콘크리트의 휨 강도

Stress : 콘크리트 바닥의 수평 최대 인장 응력

또한, 보정 허용하중 반복수(보정 허용 항공기 운항 횟수)는

$$N = COV \cdot (p/c) \quad (2)$$

여기서 N : 허용반복하중수

COV : 설계하중의 피로허용하중수

p/c : pass to coverage

표 10 시멘트콘크리트포장의 잔존수명 요약표

	R1-L1	R1-L2	R2-L1	R2-L2
최대인장응력 (kg/cm ²)	10.4	11.8	10.3	11.7
COV	1.4*10 ¹⁴	1.1*10 ¹²	1.5*10 ¹⁴	1.5*10 ¹²
N	3.59*10 ¹⁴	3.8*10 ¹²	5.2*10 ¹⁴	5.1*10 ¹²
잔존수명(years)	>30 (2.3*10 ⁹)	>30 (2.5*10 ⁷)	>30 (3.4*10 ⁹)	>30 (1.4*10 ⁷)

비고: P/c : 3.44

7.2 아스팔트 콘크리트 포장

아스팔트포장의 경우는 15%의 alligator cracking이 발생 할 경우 파괴 기준으로 보며, 다음과 같은 식 (3)을 이용하여 잔존수명을 추정할수있다.

$$\text{Log}_{10}(COV) = - \left[5.0 \text{Log}_{10} H_{sr} + 2.665 \text{Log}_{10} \left(\frac{Eac}{14.22} \right) + 0.392 \right] \quad (3)$$

여기서 Eac : AC 탄성계수, psi

Hstr : AC(10)층 바닥에서의 수평인장변형률,
COV : AC 층이 구조적 파괴에 이르기까지 항공기 운항횟수

표 11 아스팔트포장의 잔존수명 요약표

	Q1-L1	Q1-L2	Q2-L1	Q2-L2
Eac(psi)	294110	294110	294110	294110
<i>Hstr</i>	0.000233	0.000248	0.000228	0.000243
COV	1,452,085	1,062,951	1,618,443	1,176,902
N	4,995,173	3,656,552	5,567,444	4,048,543
잔존수명(years)	32	24	36	26

비고: P/c : 3.44

8. 결론

- 1) 육안조사와 비파괴자동조사장비에 의해서 얻어진 포장자료를 근거로 현재의 인천국제공항의 포장상태는 매우 양호함을 알수 있다.
- 2) FWD처짐 측정결과를 사용하여 활주로의 시멘트 콘크리트포장의 경우는 244014-262527 kg/m², 아스팔트포장의 경우는 18,340-23,491 kg/m²의 탄성계수값을 추정하였고 이를 근거로 인천국제공항의 포장평균잔존수명을 산출하였다.
- 3) 시멘트콘크리트포장의 경우가 아스팔트포장의 경우에 비하여 매우 높은 잔존수명 예상치를 보이고 있으며, 하중재하의 경우 포장모서리부분(L1)이 포장경계선 중앙부분(L2)의 경우보다 훨씬 높은 잔존수명 예상치를 보여주고 있다.
- 4) 항공기의 하중재하 빈도가 중앙부분이 모서리부분보다 높을수록 포장의 피로파괴에 의한 포장파손이 빈번히 발생할 수 있음을 알 수 있다.
- 5) 위에서 서술된 잔존수명 분석결과치는 인천국제공항의 에어사이드내 포장은 설계 수명 20년 이상의 포장수명이 유지될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Ralph Haas, W.Ronald Hudson, John Zaniewski(1994), Modern Pavement Management, Krieger Publishing Company, USA.
2. M.Y.Shahin(1994), Pavement Management for Airport, Roads, and Parking Lots, Chapman & Hall.
3. E.J. Yorder and M.W. Witzczak(1975), Principle of Pavement Design, 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York.
4. R.S. Harichandran, M.S. Yeh, and G.Y.Baladi(1991), MICH-PAVE: A Nonlinea Finite Element Program for Analysis of Flexible Pavements TRB 1286, TRB, Washington D.C., pp.123-131.
5. J.P. Zaniewski, S.W. Hudson, and W.R. Hudson, Pavement condition data analysis Journal of Transportation Engineering, ASCE, Vol.113, No.4, July 1987, pp.413-421.