

# 인천국제공항의 포장 설계

유 승 권\*

## 1. 머리말

1990년 1월 서해안 신국제공항 개발 타당성 조사로부터 비롯된 인천국제공항 건설사업은 1992년 11월 부지조성공사를 시작으로 본격적인 시공에 돌입하였으며 2000년 전반기에 1단계 공사를 마무리하고 하반기의 시운전을 거쳐 2001년 상반기에 개항을 앞두고 있다.

서해안의 영종도와 용유도 사이에 17.3km의 방조제를 쌓아 총 1,700여만 평의 부지를 조성하여 건설되는 인천국제공항은 서울도심으로부터 52km 거리에 있어 접근성이 양호하며, 인천해안으로부터는 15km가 떨어진 해상에 위치하여 항공기 소음피해가 거의 없고 시정거리 200m 이하의 안개발생일이 연평균 16일로 김포공항의 절반 수준으로서 천혜의 입지 조건을 갖추고 있다.

2001년 초의 1단계 공항 개항 이후에는 향후 항공수요와 재원조달 등을 감안하여 단계별로 건설될 예정이다.

인천국제공항의 활주로, 유도로 및 계류장 등 비행장 포장은 장래 대형항공기를 수용할 수 있도록 설계·시공되었으며, 여기서는 포장 공항구역별 포장공법의 선정과 포장구조설계 과정을 소개하고자 한다.

표 1. 기본시설 규모

시 설 명	1단계(개항)	최종단계
활주로	3,750m×60m×2본	3,750m이상 4본
계류장	60개 게이트	169개 게이트
여객터미널	15.0만평	33.9만평
전용고속도로	40.2km(6~8차로)	40.2km(8차로)
전용철도	-	61.5km(복선)
항행안전시설	Cat IIIa급	Cat IIIb급

## 2. 부지조성

인천국제공항은 방조제를 막아 조성된 부지에 인근 해역에서 준설한 준설토와 공항지역 주변의 장애구릉을 절취하여 평균 5m 두께로 매립·성토하였다.

대상부지의 지층은 최상부에 3.0~11.0m(평균 5.0m) 두께의 연약점토층이 분포하고 있어, 샌드드레인 공법과 페이퍼 드레인 공법을 프리로딩 공법과 병행하여 연약지반처리를 시행함으로써 최대 100cm를 압밀 침하시켰다. 이와 같은 지반개량 작업을 통하여 향후 30년간의 잔류침하량이 시설물별로 2.5cm~10.0cm 이하가 되도록 안전도를 확보하였다.

\* (주)유신코퍼레이션 상무



### 3. 설계조건

#### 3.1 설계기준

비행장 포장 설계를 위한 제반표준과 기준은 국내 민간공항 포장에서 일반적으로 사용되고있는 미국 연방항공청(FAA)의 설계기준(AC 150/5320-6D, Airport Pavement Design and Evaluation)과 동 시방서(AC 150/5370-10A, Standard for Specifying Construction of Airport)를 적용하였으며 그 밖에 국제민간항공기구(ICAO)와 미국군교범(AFM)의 기준을 참조하였다.

#### 3.2 설계항공기 및 설계 운항횟수

##### (1) 설계항공기의 선정

연간등가이륙회수의 환산기준이 되는 설계항공기의 선정은 운항예정 항공기 중에서 가장 큰 포장두께를 소요로 하는 항공기로 선정된다. 인천공항에서는 항공수요 예측에 의한 항공기별 연간출발회수에 대하여 각각의 포장두께를 산출한 결과 장래 항공기인 B747-400S(B747 스트레치형)를 설계항공기로 선정하였다.

보잉, 에어버스 등 항공기 제작사는 날로 증가하는 항공수요와 점차 고급화해가는 항공여객의 욕구를 만족시키기 위하여 더욱 크고 빠른 초대형 항공기의 제작을 적극적으로 추진하고 있다. 동북아의 중추공항으로서 최종단계에 연간 53만회의 교통량을 처리할 인천국제공항도 이러한 추세를 반영하여 장래 항공기의 운항, 항공수요의 변화 등 미래의 불확실성을 고려한 것이다.

설계항공기의 최대이륙중량은 항공기 제작사의 개발자료와 국내에 취항하는 항공기종의 변화를 감안하여 492톤으로 적용하였다.

##### (2) 연간항공기 운항횟수

항공기 기종별 연간운항횟수는 포장의 공용기

간인 20년을 기준으로 인천공항의 연간 항공수요 예측으로부터 도출되었으며 설계항공기로 환산한 등가연간출발횟수는 약 154,000회로 산출되었다.

#### 3.3 포장구역 구분

##### (1) 구역별 포장 형식

국내공항 포장에서 군용공항은 30년 전부터 이미 모든 비행지역 포장을 콘크리트포장으로 시공하였으나 민항에서는 콘크리트포장을 80년대 초반 이후 계류장 일부에만 적용해왔다.

교통이 일정한 지역에 통로 형태로 집중되는 공항포장의 특성상 아스팔트포장을 적용하는 경우에는 소성변형이 빈번히 발생하며, 콘크리트포장에서는 균열발생에 대처하기 위한 세심한 품질관리가 요망되므로 각각 일장일단이 있다고 볼 수 있다.

외국의 사례를 보면 일반적으로 계류장이나 유도도로와 같이 항공기가 최대 중량의 상태에서 정지하거나 저속 운항하는 지역은 콘크리트포장을 채택하고, 활주로는 유지보수가 용이하고 고속주행시 승차감을 확보하기 위하여 아스팔트포장을 채택하고 있다.

인천공항에서는 중하중의 교통이 반복적으로 저속 운항하는 활주로 단부, 이륙용 평행유도로 및 활주로 인입유도로와 계류장은 중하중에 유리하며 항공기 제트분사 열풍에 내구적이고 항공공유의 누유에도 저항성이 있는 콘크리트포장으로 선정하였다. 항공기가 고속으로 운항하거나 상대적으로 재하중이 적은 고속탈출유도로, 착륙용 평행유도로 및 기타 횡단유도로는 승차감이 양호하고 유지보수가 신속한 아스팔트포장으로 선정하였다.

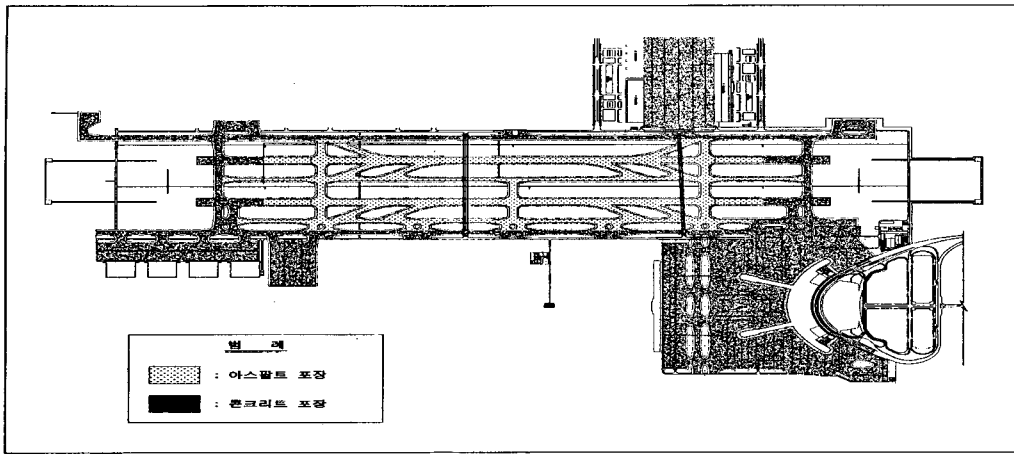
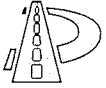


그림 1. 구역별 포장형식

## (2) 구역별 포장단면 변화

공항의 포장지역은 운항하는 항공기의 중량 정도, 운항속도, 교통빈도 등에 따라 단면 변화를 주는 것이 경제적이다. 인천공항에서는 구역별 하중적용의 상이, 동적영향 등 항공기 운항 특성을 고려하여 다음과 같이 포장구역별로 단면변화를 적용하였다.

활주로 단부와 계류장 및 평행유도로 등 가장

임계적인 구역은 기준두께 T로 하여 중하중을 지지토록 하고 활주로 외측단과 과주로, 노면 등은 교통량이 매우 적으므로 최소치(0.5T, 0.7T)를 적용하여 경제성을 도모하였다. 활주로 중앙부 안쪽과 고속탈출유도로는 대부분 고속운항하지만 저속운항의 경우를 고려하여 안전한 값(0.9T)을 택하였다.

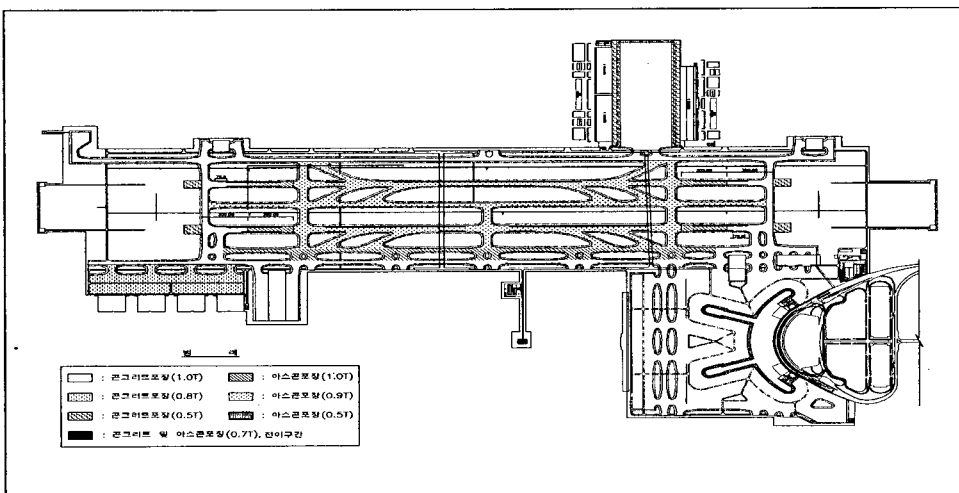


그림 2. 구역별 포장단면 변화 평면도

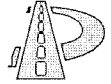


표 2. 공항 구역별 포장형식 및 두께

구역 구분	포장 형식	포장 두께
<b>■ 활주로</b> ○ 단부 ○ 중앙부 ○ 외측단	Con. As. -	T 0.9T 0.7T
<b>■ 유도로</b> ○ 평행유도로 ○ 직각유도로 ○ 고속탈출유도로	Con.(이륙)/As.(착륙) Con.(인입)/As.(횡단) As.	T T/0.9T(내측) 0.9T
<b>■ 계류장</b> ○ 여객·화물계류장 ○ 정비 계류장	Con. Con.	T 0.8T
<b>■ 노면 및 과주로</b>	As./ Con.	0.5T

주 : Con. : 콘크리트 포장. As. : 아스팔트 포장

## 4. 포장구조설계

### 4.1 노상 지지력

인천공항의 부지조성은 산토매립에 의하여 일부 부지가 조성되고 대부분은 준설토에 의한 매립으로 조성된다. 본 설계에서는 산토매립으로 기 시공된 지역의 노상지지력과 준설재료에

대한 시험값을 비교하여 안전측면의 수치를 포장을 위한 설계 노상지지력으로 선정하고 시공 과정에서 재확인하도록 하였다. 선정된 노상지지력은 CBR 10 및 지반반력계수  $K = 200\text{pci}$ 이다.

### 4.2 아스팔트포장 설계

아스팔트포장의 총두께는 노상의 CBR치, 설계항공기의 총중량 및 등가연간출발회수를 이용하여 FAA의 설계 도표로부터 도출하며 각 층두께도 동일한 방법으로 산출한다. 이 결과를 등치환산 계수를 사용하여 층별로 두께를 조정하였으며 선정된 최종 아스팔트포장 두께는 그림 3과 같다.

FAA의 설계도표는 연간운항회수 25,000회에 대한 값이므로 설계운항회수인 154,000회에 대하여 두께 보정을 하였으며 최소 기층두께와 최소 표층두께도 기준에 따라 검토하였다.

최소 표층두께는 임계지역을 적용하여 13cm로 우선 정하였으며 교통량 과다의 경우에 대한 FAA의 권고를 고려하여 15cm로 조정하였다.

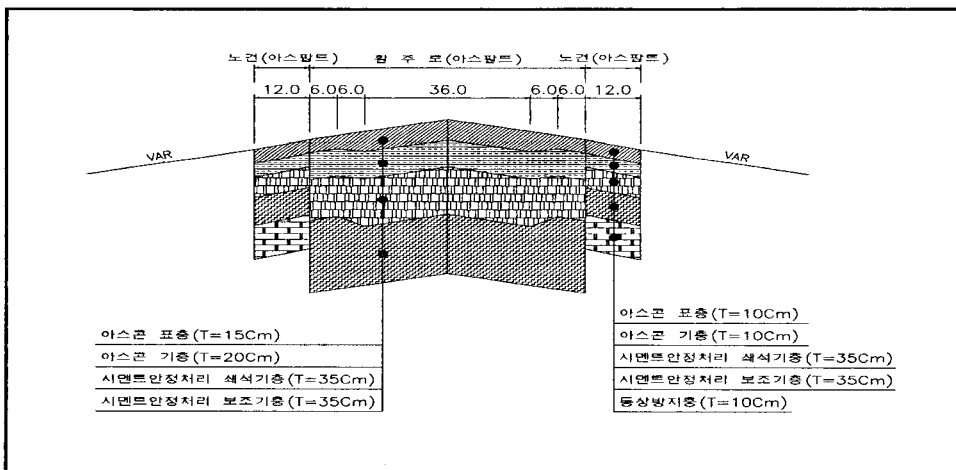
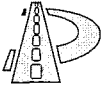


그림 3. 아스팔트포장 표준단면



### 4.3 콘크리트포장 설계

#### (1) 구조설계

포장용 콘크리트의 90일 휨강도는  $50\text{kg/cm}^2$ 을 기준으로 하였으며 아스팔트포장과 마찬가지로 노상상부의 지반반력계수 K치와 설계항공기의 최대이륙 중량 및 연간출발회수를 대입하여 FAA의 설계 도표로부터 소요 포장두께를 산출하였다. 포장슬래브 하부에 포설되는 안정처리 기층의 두께를 변화시키며 경제성 및 시공성을 비교하여 가장 유리한 슬래브 두께를 결정하고 이를 다시 운항회수에 대한 보정을 거쳐 포장두께를 조정하였다.

콘크리트 슬래브 하부에 아스콘 중간층을 포설하는 기법은 80년대 김포공항 포장공사 이후 민항포장에서 주로 사용되는 공법으로서 일본의 공항 콘크리트포장에서 표준적으로 적용되고 있다. 아스콘 중간층은 하부층의 평탄성과 내수성을 개선하고 상부층의 시공성을 높이며 콘크리트 슬래브의 분리층으로서 사용되었다.

#### (2) 동결심도 검토

산출된 아스팔트 및 콘크리트포장 두께에 대하여 노상동결 관입허용법에 따라 동결심도를

감안한 소요 포장두께를 산출한 결과 아스팔트포장은 구조적인 두께만으로 충분하였으나 콘크리트포장은 20cm의 동상방지층이 필요하였다.

최종적으로 결정된 콘크리트포장 단면은 그림 4와 같다.

#### 4.4 컴퓨터 프로그램 검증

설계도표를 이용하고 기타 여건을 적용하여 보정한 포장구조 산출결과에 대하여 컴퓨터 프로그램을 활용하여 검증한 결과는 다음 표 3과 같다.

프로그램의 특성상 자료입력을 설계조건과 정확하게 일치시킬 수는 없으나 검증 결과치가 상호 유사하므로 설계결과는 적정한 것으로 판단하였다.

### 5. 포장 시험시공(인천국제공항공사, 포장시험시공보고서, 98. 5)

인천국제공항에서는 포장설계결과와 검증을 위하여 포장시험시공 및 시험주행을 통해 포장체의 거동을 분석, 검토하고 포장의 공용성을 확인함으로써 최적단면을 포장공사에 적용코자 포장시험시공을 시행하였다.

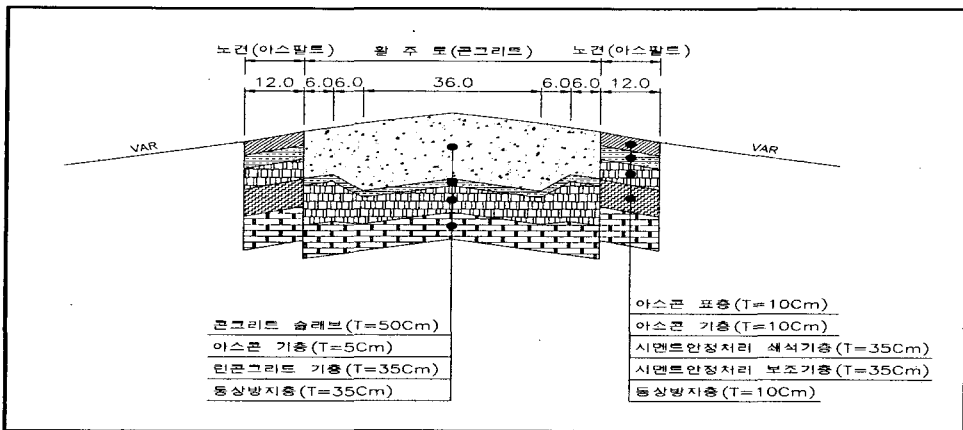


그림 4. 콘크리트포장 표준단면도



표 3. 컴퓨터 프로그램에 의한 포장구조 산출 결과

프로그램명	Airport Pavement Design (1)				LED FAA (2)			
	아스팔트포장		콘크리트포장		아스팔트포장		콘크리트포장	
포장단면	표 층	15cm	슬래브	52cm	표 층	15cm	슬래브	48cm
	기 층	47cm	안정처리기층	25cm	기 층	20cm	안정처리기층	25cm
	보조기층	47cm			쇄 석 층	35cm		
					보조기층	26cm		
	계	109cm	계	77cm	계	96cm	계	73cm

- 주 1. FAA의 공항포장설계 프로그램
2. FAA의 다층탄성 공항포장 설계 프로그램

시험포장(총 주행횟수 30,000회)의 시공은 아스팔트포장 단면 7개 및 콘크리트포장 단면 6개로 구성하였으며 총시험포장 연장은 곡선부 길이 461.5m를 포함하여 842m로 시행하였다. 아스팔트시험포장 단면은 설계단면의 효과검증, 보조기층과 쇄석기층의 시멘트 안정처리효과 확인 및 개질재 아스팔트 보강 표층의 소성변형 저항성 효과를 비교, 검증하기 위해 단면을 설정하여 시공하였다. 그리고 시험주행횟수의 부족을 고려하여 과소 설계단면을 시공하고 포장파손 정도를 확인하였다. 한편 콘크리트포장은 설계 결과의 검증을 위해 설계단면과 과소설계 단면을 시공하였다. 포장시험시공결과는 계측자료 분석, 구조해석 및 공용성 평가 등의 검토결과

를 반영하여 인천국제공항의 포장단면으로 최종 선정되었으며 아스팔트 및 콘크리트포장의 단면은 다음과 같다.

한편 아스팔트포장구간의 표층부분에 대해서는 추가로 5,000회의 주행시험을 시행한 결과, FAA 시방의 19mm입도 및 수퍼페이브 입도를 사용하고 미국 아스팔트협회(AI)의 MS2 배합 설계 방법에 의해 시공된 단면들이 소성변형에 대한 저항성이 큰 것으로 확인되어 다음과 같이 아스팔트포장 표층단면을 결정하였다.

- 마모층(5cm) : \*FAA 19mm
- 중간층(10cm) : \*수퍼페이브 (\*AI(MS-2) 배합설계)

표 4. 포장 시험시공결과 선정단면

아스팔트포장 설계단면			콘크리트포장 설계단면		
구 분	포장두께		구 분	포장두께	
아스팔트 콘크리트 표층		15cm	시멘트 콘크리트 슬래브		50cm
아스팔트 콘크리트 기층		20cm	아스팔트 콘크리트 기층		5cm
쇄석기층+보조기층 (시멘트 안정처리)		70cm	Lean 콘크리트		20cm
노상	상부(부스럭돌)	30cm	노상	상부(부스럭돌)	30cm
	하부(준설토)	170cm		하부(준설토)	170cm



## 6. 맺음말

인천공항의 포장설계에서는 지금까지의 공항 포장설계와 달리 새로이 적용된 몇 가지 사항이 포함되어 있다. 활주로 단부와 평행유도로를 콘크리트포장으로 시공하였으며 모든 기층 및 보조기층의 안정처리화, 콘크리트포장의 블럭 규격을 6m 이하로 줄인 것, 수퍼페이브 입도를 적용한 것, 장래항공기를 설계항공기로 선정하는 것 등으로서, 이러한 부분은 앞으로 포장관리를 통하여 지속적인 관찰이 이루어져야 할 것이다. 또한 공항포장에서는 처음으로 시험포장을 통하여 설계결과를 검증함으로써 좋은 선택이 되었

으나 시험포장이 설계도중에 이루어짐으로써 좀 더 상세하고 정확한 내용이 설계에 반영되었으면 하는 아쉬움이 남는다.

장래항공기를 설계항공기로 선정하는 부분에 대해서는 아직 개발되지 않은 장래기종의 최대 이륙하중 선정과 이를 고려한 포장두께의 증가를 결정함에 있어서 애로가 있었다.

우리나라의 공항포장 설계는 외국 기준을 그대로 준용하고 있는 실정이므로 조속히 국내 설계법을 제정하고 점차 보완해 나아가야 할 것으로 판단된다.

### 어느 수녀의 기도

주님, 주님께서는 제가 늙어가고 있고  
언젠가는 정말로 늙어버릴 것을 저보다도 잘 알고 계십니다  
저로 하여금 말 많은 늙은이가 되지 않게 하시고  
특히 아무 때나 무엇에나 한마디해야 한다는 치명적인 버릇에 걸리지 않게 하소서  
모든 사람의 삶을 바로 잡고자 하는 열망으로부터 벗어나게 하소서  
저를 사려 깊으나 시무룩한 사람이 되지 않게 하시고 남에게 도움을 주되 참견하기를 좋아하는 그런 사람이 되지 않게 하소서

.....

제가 눈이 점점 어두워지는 것은 어쩔 수 없겠지만  
저로 하여금 뜻하지 않은 곳에서 선한 것을 보고  
뜻밖의 사람에게서 좋은 재능을 발견하는 능력을 주소서  
그리고 그들에게 그것을 선뜻 칭찬해줄 수 있는 아름다운 마음을 주소서, 아멘

- 17세기에 어느 수녀의 기도 -