

국내 공항 콘크리트포장 설계 및 시공 현황

유 승 권* · 권 수 안**

1. 머리말

국내 공항에서의 콘크리트 포장 기술의 도입은 미국동공병단(FED : Far East District)으로부터 시작되어 현재에는 국방부에서 주로 적용하고 있다. 즉, 국방부에서 관리하는 대부분의 공항 포장은 콘크리트로 포장되어 있으며, 횡방향 줄눈부에 다웰바가 없는 무근 콘크리트 포장(JPCP : Jointed Plain Concrete Pavement)이다. 또한 중간층이 없는 입상재료 보조기층의 무근콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 인천국제공항을 비롯하여 최근에 와서 다웰바 및 중간층을 도입한 포장 설계를 실시하고 있다.

기존 공항 콘크리트 포장의 설계는 대부분 국방부에서 수행하였는데 기존의 포장 설계기준은 미공군 교범에 따라 실시하였으며, 최근에 와서는 미국 연방항공청 규정 및 국제 민간항공 기구 기준을 도입하여 설계하고 있다.

본 고에서는 현재 사용중인 공항 콘크리트 포장의 설계 기준 및 시공 현황에 대하여 언급하고 향후 공항 콘크리트 포장이 나아가야 할 바에 대하여 언급하였다.

2. 도로 및 공항 포장의 차이

공항포장은 일반 도로 포장과 비교할 때 교통하중의 크기 및 하중 횡수 등의 차이로 인해 포장을 설계 및 유지관리하는 측면에 있어서 상이한 점이 많이 있다. 도로 및 공항 포장의 차이점을 표 1에서 설계, 운영, 유지관리 측면으로 구분하였다.

설계 측면에서 보면 공항 포장이 하중의 크기는 크고 하중 횡수는 적지만, 반면 도로 포장은 하중 크기가 적은 대신 하중이 가해지는 횡수는 매우 많다. 운영측면에서는 공항 포장은 포장체 중심선을 기준으로 하여 하중이 집중적으로 가해지며, 구역별로 항공기의 속도가 다르므로 포장체에 가해지는 하중의 크기는 상이하다. 반면 도로 포장은 포장체 끝단에서 약 3~4ft 정도 떨어져 일정 하중이 계속해서 가해진다. 따라서 공항 포장은 포장층의 두께를 설계하기 위해 동질성 구간을 나누어 설계한다. 즉, 하중이 많이 통과하는 주기장, 유도로 및 활주로 말단은 포장층의 두께가 두꺼우며, 그렇지 못한 지역은 포장층의 두께가 얇기 때문에 포장 구조를 A, B, C, D 교통구역으로 나누어 설계한다. 도로 포장에서는 일정 구간 내에서는 동일한 포장 구조 및 두께를 가진다. 유지관리 측면을 보면 공항 포장은 고속으로 항공기가 운영되므로 종단평탄성이 도로보다 좋아야 하며, 포장의 표면

* 유신코퍼레이션 공항부 상무
(sgyoo@yooshin.co.kr)

** 한국건설기술연구원 토목연구부 도로시설연구그룹
선임연구원 (sgyoo@yooshin.co.kr)

표 1. 도로 및 공항 포장의 차이

구분	항목	공 항	도 로
설계	하중 기준	ESWL (Equivalent Single Wheel Load)	ESAL (Equivalent Single Axle Load)
	하중 크기	100,000lbs	9,000lbs, 윤하중(Dual tire)
	하중 횟수	20,000 ~ 40,000 Coverage/수명기간	1,000 ~ 2,000 Truck/일
	타이어압력	약 300 ~ 400psi	약 60 ~ 90psi
	슬래브형상	정사각형 (7.6x7.6 또는 6.0x6.0m)	직사각형 (3.8x6.0m)
	포장 구조	교통 구역별 두께가 상이함	일정 구간 내에서는 동일한 두께 적용
운영	하중 분포	포장체 중심부	포장체 끝단에서 3 ~ 4ft
유지관리	파손이 심한 구간	- 주기장 및 유도로의 항공기가 주로 통과하는 지역 - 활주로 양쪽 말단	- 차륜이 통과하는 부분 - 도로 끝단(길어깨가 없는 경우)
	유지관리 기준	- 종단평탄성 및 미끄럼 저항성이 중요하며, FOD가 있으면 안됨	- 종단평탄성 및 거북등 균열 등 전반적인 파손 고려

에 파손이 발생되어 이물질이 존재하게 되면 항공기의 제트엔진 흡입구에 이물질이 빨려들어 항공기가 파손되는 FOD(Foreign Object Damage)현상을 줄이기 위해 유지관리 수준이 매우 높다. 반면 도로 포장은 종단평탄성이 중시되긴 하지만 공항 포장에 비해 유지관리 수준은 높은 편이 아니다.

3. 콘크리트 포장의 구조 설계

3.1 설계 원리

콘크리트 포장 설계는 기관별로 기본 원리가 표 2에서와 같이 약간씩 차이가 있으나, 근본적으로는 웨스터가드의 이론(Westergaard's theory)에 따라 수행하고 있다.

웨스터가드 이론은 포장체 슬래브가 수직방향으로 탄성의 성질을 갖는 특정 노상 위에 놓여

표 2. 기관별 설계 기본 원리

기관명	미 해군/해병	미연방 항공청	국제민간 항공기구	미 육군/공군
해석기법	Interior Loading	Edge Loading	Edge Loading	Edge Loading

있다고 가정한 것이다. 따라서 노상의 반력은 노상의 처짐값에 비례한다고 하는 것이다. 즉, $p = kz$ 이라는 기본 원리를 이용하는 것이다. 여기서 z 는 처짐값, k 는 노상반력계수(Modulus of subgrade reaction)라고 불리우는 상수이다. 웨스터가드의 또다른 가정은 콘크리트 슬래브는 균질(homogeneous)하고, 동질(isotropic)한 탄성체이며, 항공기 하중은 타원형에 균등하게 분포한다는 것이다. 엄격히 말하면 이들 가정은 실제와는 다르지만 수많은 관측을 통한 결과 합리적이라고 판단되었다.

$$\sigma_{interior} = \frac{P}{d^2} \left[0.275(1 + \mu) \log \frac{E d^3}{k [(a+b)/2]^4} + 0.2391(1 - \mu) \frac{a-b}{a+b} \right] \dots \dots \dots \langle 1 \rangle$$

$$\sigma_{edge} = \frac{2.2(1 + \mu)P}{(3 + \mu) d^2} \log \frac{E d^3}{100k [(a+b)/2]^4} + \frac{3(1 + \mu)P}{\pi(3 + \mu) d^2} \left[1.84 - \frac{4}{3} \mu + (1 + \mu) \frac{a-b}{a+b} + 2(1 - \mu) \frac{ab}{(a+b)^2} + 1.18(1 + 2\mu) \frac{b}{l} \right] \dots \dots \dots \langle 2 \rangle$$

여기서, P:타이어를 통하여 슬래브에 전달되는 하중, lb
a, b : 타이어 형상을 나타내는 타원형의 반지름. 하중이 조인트의 근처에 있으면 a축은 조인트와 평행한

축이됨, in

d : 슬래브 두께, in

E : 콘크리트의 탄성계수, lb/in²

μ : 콘크리트의 포아송비

k : 노상반력계수, lb/in³

l : 상대강성반경, in

공항 포장의 설계차트는 기본적으로 콘크리트 슬래브의 두께만을 산정하고 보조기층 및 중간층의 두께는 별도로 산정한다. 따라서 보조기층의 두께를 가정하여 필요 슬래브 두께를 산정하고 동결심도를 고려하여 최적의 슬래브의 두께 및 각층의 포장 두께를 결정한다. 또한 설계 기간에 대한 기본 가정은 20년을 공통으로 하고 있다.

각 기관별 설계 입력변수는 노상반력계수, 콘크리트 휨 강도, 등가 환산 이룩횟수, 최대이룩하중 등으로 거의 동일하다. 그렇지만 대상 공항을 이용하는 비행기의 기종이 상이하므로 기종의 구분 및 설계 절차가 상이하다. 본 고에서는 기존 공항 포장 설계에서 가장 많이 이용되고 있는 미연방항공청(FAA) 설계법을 중심으로 설계 절차를 언급하고자 한다.

3.1.1 설계 입력 변수

미연방항공청 콘크리트 포장 설계에 이용되는 설계 입력변수는 콘크리트의 휨인장강도, 노상강도, 설계 항공기의 총 하중, 설계 항공기의 연간 이륙횟수이며, 콘크리트 포장에서는 슬래브 두께만이 결정될 뿐이며, 기타 포장 구조의 두께는 별도로 산정한다.

(1) 휨인장강도 : 콘크리트의 휨인장강도는 90일 휨 강도를 말하며, ASTM C 78 방법에 따라 결정된다.

(2) 노상반력계수 : 노상반력계수는 현장에서 평판재하실험(AASHTO T 222)에 따라 비반복

실험으로 실시하며 762mm(30inch) 재하판을 이용하는 것을 표준으로 한다. 설계에 사용되는 노상반력계수는 슬래브 바로 하부에서의 값이므로 슬래브 하부에 보조기층이 있는 경우에는 그림 1을 이용하여 보정하며, 최대값은 500 lb/in³을 초과할 수 없다. 참고로 보조기층의 최소두께는 10cm이다.

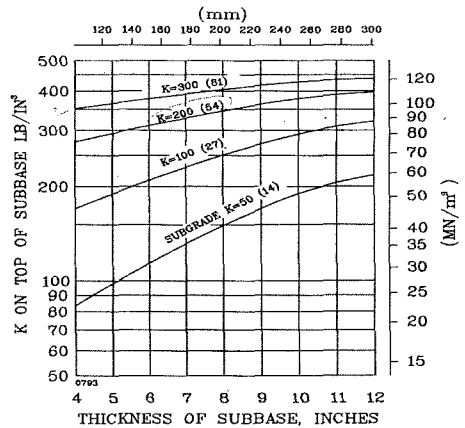


그림 1. 보조기층 두께에 따른 노상 반력 계수의 보정

(3) 기타 설계 입력변수 : 이외에도 설계항공기의 총하중과 연간 이륙횟수 등이 있다.

3.2 설계항공기의 선정

3.2.1 등가이륙횟수의 환산

공항 포장의 설계에서는 설계 항공기의 하중 횟수를 이륙할 때의 하중만으로 산정한다. 항공기 하중의 많은 부분이 연료로 구성되어 있으므로 항공기의 하중이 가장 큰 경우가 이륙할 때이고 착륙할 때의 하중은 이륙할 때에 비해 미약하기 때문이다. 또한 활주로 이용형태가 대개 양측으로 분담되는 것을 고려한 것이다.

미 연방항공청에서는 공항을 이용하는 기종이 서로 상이하므로 각 기종은 기어 형태로 구분하여 선정된 설계 항공기로의 상대 피로 효과를

산정해야 한다. 이를 위해서는 기어 형태를 변환하기 위한 절차와 항공기 하중에 대한 변환을 수행해야 한다. 기어 형태별로 환산하기 위한 계수를 표 3에 나타내었다.

표 3. 기어 형태별로의 환산계수

전환하고자 하는 기어형태	설계항공기 기어형태	환산 계수
Single wheel	Dual wheel	0.8
Single wheel	Dual tandem	0.5
Dual wheel	Dual tandem	0.6
Double dual tandem	Dual tandem	1.0
Dual tandem	Single wheel	2.0
Dual tandem	Dual wheel	1.7
Dual wheel	Single wheel	1.3
Double dual tandem	Dual wheel	1.7

항공기를 동일한 기어 형태별로 구분한 뒤 식 3을 이용하여 설계 항공기로의 등가 이륙횟수로 변환해야 한다.

$$\log R_1 = \log R_2 * \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots \langle 3 \rangle$$

- 여기서, R_1 = 설계항공기로의 환산 등가 이륙 횟수
- R_2 = 설계 항공기의 기어 형태로 환산한 이륙횟수
- W_1 = 설계 항공기의 율하중
- W_2 = 변환대상 항공기의 율하중

3.2.2 설계항공기의 선정

연간 등가이륙횟수의 환산 기준이 되는 설계항공기의 선정은 운항 예정 항공기 중에서 가장 두꺼운 포장 두께를 필요로 하는 항공기로 선정한다. 즉, 등가이륙횟수의 선정에서 향후 이용되리라고 판단되는 항공기종별로 등가 이륙횟수를 산정하고 이를 설계 차트에 입력하여 설계항공기별 슬래브의 두께를 산정하고 이들 두께 중 가장 큰 두께를 필요로 하는 기종을 설계 항공기로 선정한다.

3.3 슬래브 두께의 선정

슬래브 두께의 선정에 이용되는 차트는 모든 기어의 형태별 또는 기종별로 그림 2와 같은 형식으로 되어 있다. 설계차트에서 앞 과정에서 선정된 설계 휨 인장 강도, 노상반력계수, 최대 이륙하중 그리고 연간이륙횟수를 입력하면 필요로 하는 슬래브 두께를 산정할 수 있다.

3.4 덧씌우기 설계

미연방 항공청에서 적용하고 있는 덧씌우기 포장 설계는 시험 주료를 통하여 경험적으로 얻어진 매우 단순한 설계식을 적용하고 있다. 그렇지만 최근 미공병단에서 적용하고 있는 방법

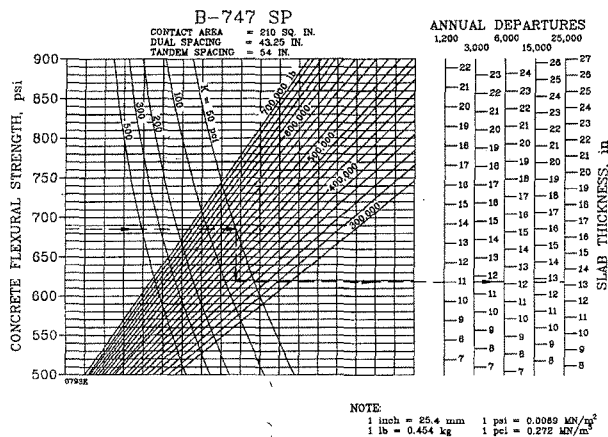


그림 2. 슬래브 두께 산정 차트 예

은 좀더 과학적이고 구체적으로 제시하고 있다. 본 고에서는 간단한 미연방 항공청의 방법에 대하여 언급하고자 한다.

미연방 항공청에서는 조절층 또는 아스팔트 중간층이 있는 경우의 콘크리트슬래브의 최소두께를 127mm로 두었으며, 기존 콘크리트포장에 직접 접착되는 경우에는 75mm를 최소 두께로 하고 있다. 이들 덧씌우기 두께는 기존 포장의 결함에 근거하여 경험적으로 설계하고 있다.

덧씌우기 콘크리트 포장 설계는 기존 설계차트를 그대로 이용하고 있으며 여기에 입력되는 노상반력계수는 비파괴실험을 이용하거나, 기존 포장에서의 시험굴(test pit)을 통한 현장 실험에 의하여 구할 수 있다. 필요 덧씌우기 두께는 조절층이 있는 경우와 없는 경우에 대하여 식 4와 식 5를 이용하여 결정한다.

(1) 조절층이 없는 경우

$$h_c = \sqrt{h^{1.4} - C_R h_e^{1.4}} \dots\dots\dots \langle 4 \rangle$$

여기서, hc=필요로 하는 덧씌우기 두께
 h=설계차트로부터 얻어진 슬래브 두께
 he=기존 포장의 두께
 Cr(상태 인자)=1.0 은 기존 상태가 좋은 경우
 = 0.75은 우각부 균열 또는 단차가 약간 있는 경우
 = 0.35은 기존 상태가 안 좋은 경우를 나타냄

(2) 조절층이 있는 경우

$$h_c = \sqrt{h^2 - C_R h_e^2} \dots\dots\dots \langle 5 \rangle$$

여기서, hc=필요로 하는 덧씌우기 두께
 h=설계 차트로부터 얻어진 슬래브 두께
 he=기존 포장의 두께
 Cr(상태 인자)=1.0은 기존 상태가 좋은 경우
 =0.75은 우각부 균열 또는 단차가 약간 있는 경우
 =0.35은 기존 상태가 안 좋은 경우를 나타냄

4. 콘크리트포장의 평면설계 및 기타

4.1 구역별 포장공법

가. 비행장 포장의 특징

비행장 포장은 일반 도로포장에 비하여 대형 항공기로 인한 단위 접지하중이 크기 때문에 설계조건에 따라 다소 차이가 있으나 무근 콘크리트 포장의 경우에 대개 슬래브의 두께가 35~50cm에 달하여 도로포장의 1.5배 이상을 필요로 하고 있으며 주요 특징을 요약하면 다음과 같다.

- 무거운 하중에 대한 적응성 양호
- 항공기의 제트분사, 항공유 누유에 내구성 양호
- 미끄럼 저항성 양호
- 교통의 반복및 집중화에 유리
- 내구적인 포장 수명
- 유지 관리비 저렴

나. 콘크리트 포장구역의 선정

어떤 종류의 포장이든지 적절하게 설계 및 시공된 경우에는 모두 우수한 공용성을 나타낸다. 그러나 일반적으로 콘크리트포장은 아스팔트포장에 비하여 연료나 윤활유의 누유 및 저속으로 운항하는 제트항공기의 제트분사열풍에 내구적이며 또한 중하중 차륜의 저속 방향전환에 대하여도 상대적으로 유리하다. 따라서 항공기가 일상적으로 주기하고 정비하는 지역이나 비행점점 지역 등 다음과 같은 포장지역이 콘크리트포장으로 설계되어야 한다.

- 활주로 단부
- 주 유도로
- 활주로 단부에 인접한 유도로 부분
- 계류장
- 항공기 대기지역
- 제트 블라스트 패드

○ 격납고 바닥

공항 포장에서 콘크리트포장 구역을 결정하는 요소는 주로 중하중이 저속으로 집중된 교통의 통로화를 이루는가의 여부에 따라야 하며 그 밖에 제트후풍 분사의 영향, 항공유의 누유여부, 고속 주행시의 승차감, 신속한 유지보수 가능성 등을 고려하여야 한다

항공기가 대형화함에 따라 계류장과 유도로 즉 항공기가 최대하중의 상태에서 정지하거나 저속 주행하는 구역은 대개 콘크리트 포장을 채택하고 있으며 반면에 활주로는 유지보수가 용이하고 고속 주행시 승차감이 양호한 아스팔트 포장을 채택하는 경향이 있다.

4.2 구역별 포장단면 변화

일반적으로 과거 비행장 포장은 주유도로나 활주로 말단과 같은 가장 임계적인 구역을 기준으로 동일하게 건설되었다. 그러나 공항의 포장 구역은 운항하는 항공기의 중량의 정도, 운항속도, 교통의 빈도 등에 따라 포장 구조적으로 단면의 변화를 주는 것이 경제적이며 이러한 항공기 운항특성을 고려하여 포장구역별로 단면의 변화를 적용할 수 있다. 이와 같이 구역별 포장 두께 변화를 적용함으로써 효율적이고도 경제적인 시공계획이 되도록 한다. 공항포장에 적용하고 있는 포장구역별 단면변화의 예는 다음과 같으며 이에 대한 각 규정의 기준은 표 4와 같다.

활주로 말단이나 계류장 및 평행유도로와 같이 교통이 집중되는 곳은 최대두께로 설계하여 중하중을 지지하도록 하고, 활주로 바깥쪽과 과주로·노견 등은 항공기 운항이 드문 지역이므로 최소치를 채택하여 경제적으로 건설한다. 활주로 중앙부 안쪽과 고속탈출 유도로는 보통 고속으로 운항하여 양력을 받으므로 포장두께는 중간값을 적용한다.

그러나 이러한 기준은 일반적인 표준을 나타

낸 것으로서 실제 적용하고자 하는 공항의 지역 여건, 지반상태, 취항하는 항공기의 특성, 포장 지역의 기능 등 각각의 상황에 따라 조정의 여지가 있으며 실정에 적합하도록 검토하여야 한다.

4.3 콘크리트포장의 조인트설계

가. 조인트의 기능 및 종류

조인트는 온도와 습도변화에 의한 콘크리트의 수축팽창을 허용하고, 온도와 습도차에 의한 와핑과 컬링 응력(warping and curling stress)을 완화시켜주며, 시공시 다른 시기에 포설된 콘크리트를 종횡으로 분리하기 위하여 필요하다. 포장 조인트는 사용되는 기능에 따라서 팽창, 시공 및 수축 조인트의 세 종류로 대별되며 모든 조인트는 형태와 관계없이 조인트 실링재로 마감된다.

팽창조인트의 기능은 교차하는 포장을 분리하며 포장으로부터 다른 구조물을 분리한다. 팽창조인트에는 다웰형과 두꺼운 단부형의 두 가지

표 4. 구역별 포장 두께 기준

구 분	ICAO	FAA	AFM	AI	일본 운수성
1. 활주로					
단부 바깥쪽	0.7T	0.7T	-	0.8T	0.8T
단부 안쪽	T	T	-	T	T
중앙부 바깥쪽	0.7T	0.7T	-	0.7T	-
중앙부 안쪽	0.8T	T	0.8T	0.95T	0.9T
과주로·노견	0.5T	-	0.6T	-	0.6T
2. 유도로					
평행 유도로	T	T	T	T	T
직각 유도로	T	T	0.8T	T	T/0.9T
고속탈출 유도로	0.8T	0.9T	-	0.95T	0.9T
계류장 진입	T	-	T	T	T
정비지역 진입	-	-	0.8T	-	0.8T
3. 계류장					
여객 계류장	1.1T	T	T	0.95T	T
정비 계류장	-	-	0.8T	-	0.8T

ICAO : International Civil Aviation Organization
(국제민간항공기구)

FAA : Federal Aviation Administration(미국 연방항공청)

AFM : Air Force Manual(미국 공군교범)

AI : Asphalt Institute(미국 아스팔트협회)

가 있다. 시공조인트는 포장의 차선사이 혹은 작업일의 끝과 같은 다른 시간대의 시공 슬래브가 맞닿는 곳에 사용된다. 시공조인트에는 다웰형, 힌지형, 키형 및 두꺼운 단부형이 있다. 수축조인트의 기능은 포장의 양생시 수분함량의 감소와 온도의 하강으로 인한 포장수축시 균열을 억제하기 위해 사용된다. 수축조인트에는 다웰형, 힌지형 및 맞댐형이 있다.

이밖에 강성과 연성포장 접속부, 신규포장과 기존포장 사이에 특수조인트를 적용한다. 대표적인 조인트형태의 표준도는 그림 3과 같다.

나. 조인트의 간격

“개략적으로 조인트간격(피트값)은 슬래브두께(인치값)의 두배를 초과하지 말아야 한다.”는 미국 포틀랜드 시멘트협회에서 제시한 조인트간

격 기준은 안정처리된 보조기층이 없는 경우의 콘크리트포장에 적용될 수 있다. 보강되지 않은 포장에서 슬래브 길이와 폭의 비는 1.25를 초과하지 않아야 한다.

안정처리된 보조기층이 지지하는 콘크리트포장은 안정처리되지 않은 기초의 경우보다 더욱 큰 휨 수축응력을 받게된다. 조인트 간격은 슬래브의 상대강도의 함수이다. 조인트 간격은 조인트 간격과 상대강도의 비가 4~6 사이에서 선택되는 것이 좋다. 상대강도반경(l)은 슬래브의 강도와 관련된 기초지반의 강도의 함수로서 웨스터가드에 의해 규정되었으며 다음의 공식에 의해 결정된다.

$$l = \{Eh^3 / 12(1-\mu^2)k\}^{1/4}$$

여기서, E = 콘크리트의 탄성계수, psi
 h = 슬래브 두께, 인치
 μ = 콘크리트의 포아송비

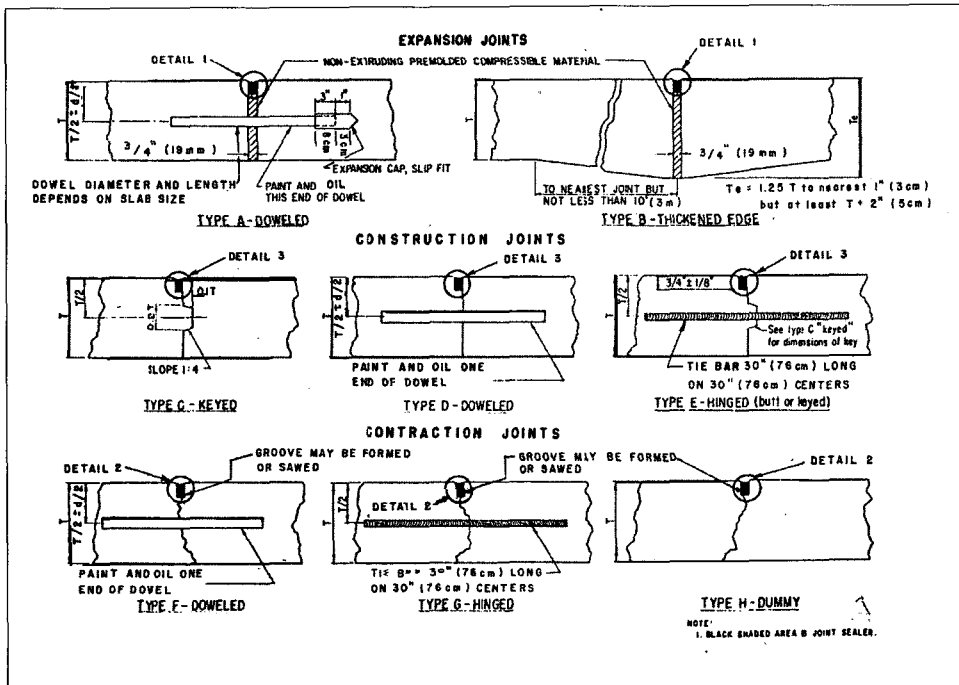


그림 3, 콘크리트포장의 조인트 형태

$k =$ 기층의 반력계수, pci

상대강도반경은 길이의 단위를 가지며, 위와 같이 계산될 때 단위는 인치이다.

다. 조인트의 실링

우수의 침투와 이물질의 혼입을 막기 위해 모든 조인트에 적당한 조인트실링재가 사용된다. 팽창조인트에는 슬래브의 팽창을 허용하기 위해 팽창이음재를 사용하며 수분과 이물질의 혼입을 막기 위하여 팽창이음재의 상부에 실링재를 적용한다.

항공유의 누유가 예상되는 지역에서는 연료에 저항성이 있는 실링재를 사용하여야 한다. 제트 연료저항 실링재는 계류장, 대기지역, 워업패드, 항공기세척장 그리고 항공기의 운행, 보수, 급유 중 연료를 흘릴 수 있는 포장구역에 사용하여야 한다. 또한 열저항성 실링재는 활주로말단끝과 항공기 엔진의 열이나 후풍을 오래 받기 쉬운 곳에 사용된다.

라. 조인트의 배치

포장 조인트의 배치는 조인트가 의도대로 기능을 수행할 수 있도록 적절한 조인트의 위치와 형태를 선택하는 것이 중요하다. 시공성을 고려하는 것은 조인트 배치 형태를 결정하는데 매우 중요하다. 포장의 차선편은 종종 포장의 조인트 편을 어떻게 구획하여야 하는가를 나타내기도 한다. 그림 4는 활주로 및 유도로 체계에서 조인트배치의 일반적인 형태를 보여주고 있다. 교차부의 조인트 배치 설계에서 두 가지 중요한 고려사항은 분리조인트와 이형슬래브이다.

1) 분리조인트

활주로나 유도로와 같은 두 포장의 교차는 포장이 독립적으로 움직이기 위해 분리되어야 하며 이러한 포장 사이에는 팽창조인트를 사용하여야 한다. 팽창조인트는 두 개의 포장체가 독립적으로 팽창하고 수축할 수 있도록 설치되어야 하며, 보통 양 포장접합부에 팽창조인트를 사용함으로써 이를 수용할 수 있다. 일반적으로 하나의 분리조인트 만으로도 독립적 거동에는 충분하다.

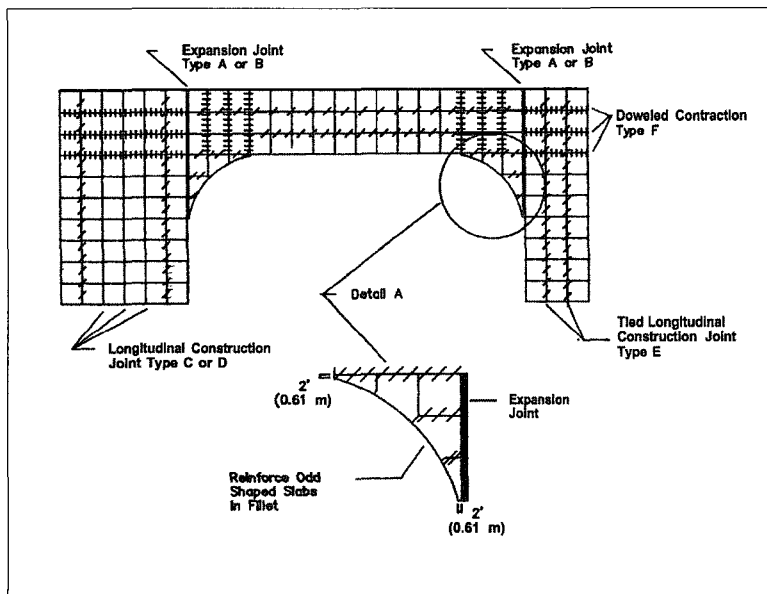


그림 4. 활주로와 유도로 교차부의 조인트 배치 표준 형태

2) 이형슬래브

균열은 이형슬래브에서 잘 일어난다. 그러므로 일반적으로 직사각형 혹은 정사각형에 가까운 모양으로 하여야 한다. 그러나 필렛을 포함한 포장교차부는 이형슬래브 없이는 설계가 어렵다. 따라서 이형슬래브를 피할 수 없는 지역은 철근보강을 고려하는 것이 좋다. 철근보강은 길이와 폭의 비가 1.25를 초과하거나 정사각형 모양이 아닌 슬래브에서 슬래브의 양방향으로 0.05%의 철근 함유량을 포함하여야 한다.

마. 제한사항

콘크리트포장 조인트 설계시 여러가지 특별한 사항들이 요구되며 대개 다음과 같다.

1) 키형조인트

키형 시공조인트는 슬래브 두께가 25cm 미만인 경우에는 사용하지 말아야 한다. 얇은 두께의 슬래브에서의 키형조인트는 키형이 아주 작게 되거나 강도가 제한된다.

2) 광동체 제트항공기의 조인트

경험상 광동체 제트항공기의 하중이 재하될 때, 낮은 강도의 기초상에 지지되는 키형 종단 시공조인트는 불량한 공용성을 나타내므로 지반 강도가 400psi 이하인 경우에는 다웰을 사용하는 것이 바람직하다.

3) 장래 확장

활주로나 유도로가 장래에 연장될 경우에는, 활주로나 유도로의 말단부에 두꺼운단부형 조인트를 설치하는 것이 좋다. 또한 어떤 포장이든 장래에 폭을 넓힐 경우에는 두꺼운단부형 또는 키형조인트를 가장자리에 설치하여야 한다.

4.4 콘크리트포장의 표면처리

가. 표면마찰특성 기준

활주로표면의 마찰특성은 공항운영에서 매우 중요한 요소이며 특히 항공기 착륙시 포장의 마

찰특성은 안전에 지대한 영향을 미친다. 국제민간항공기구(ICAO)에서는 이를 위하여 마찰계수가 0.4 이상인 경우를 제동기능이 양호한 상태로 규정하고 있다. 마찰계수의 측정은 포장이 습윤한 상태에서 시행되어야 한다.

나. 포장면의 그루빙처리

습윤상태에서 활주로의 미끄럼 마찰저항은 항공기의 주행속도의 증가에 반비례하여 크게 저하되는데, 이것은 주행속도가 크게되면 타이어와 노면과의 사이에 수막이 형성되는데 따른 수막현상(Hydroplaning Phenomenon)에 기인되는 것이다. 노면의 미끄럼마찰저항(Skid Resistance)의 개선책의 하나로서, 그루빙공법이 채택되어 활주로의 일부 또는 전부에 사용된다.

그루빙을 시공하는 범위는 활주로 전폭에 대해서 흙의 형상을 다이아몬드 커터를 사용하여 횡단방향으로 절삭하는 것을 표준으로 한다. 시공상 유의해야 할 사항은 절삭에 쓰이는 그루버는 수냉방법이 쓰이기 때문에 다량의 물이 필요하며, 급수 및 오수처리의 충분한 검토가 필요하다. 또 작업시에는 음질이 높은 절삭음에 의한 소음이 발생하기 때문에 특히 야간작업의 경우에 그루버의 기중선정에도 배려가 필요하다.

한편 국내공항의 그루빙 시공실적을 보면 활주로나 콘크리트포장으로 시공된 공군관리 공항에는 그루빙이 모두 설치되어 있으며, 활주로나 아스콘포장인 민간전용공항은 그루빙이 설치되어 있지 않다. 그러나 최근 인천국제공항의 활주로나 아스팔트포장에 시공되었으며, 기타 민간공항에도 공항당국 주관으로 적용을 검토중이다.

5. 콘크리트포장의 시공

5.1 공항포장 현황

국내 공항은 군용비행장에서 출발하였다고 볼 수 있다. 대부분의 민간 공항이 군용 비행장의

사용으로부터 비롯되었으며 현재도 김포, 제주 등 4개 공항을 제외하고는 공군, 해군 등의 군용 비행장을 동시에 활용하고 있다.

최근 공항포장 현황을 살펴보면, 민간 공항에서는 활주로와 유도로는 아스팔트포장으로 시공하고 계류장은 콘크리트 포장으로 시공하고 있으며 군용 공항에서는 활주로, 유도로, 계류장 등 항공기가 운항하는 모든 지역을 콘크리트 포장으로 시공하고 있다. 이것은 일찌기 아스팔트 포장이 주축을 이루던 국내공항에서, 주둔미군에 의해 도입된 콘크리트 포장이 군용 공항에서는 시멘트 수급 활성화 정책과 맞물려 대대적으로 채택, 정착된 반면에 민간 공항에서는 변화가 수용되지 못하고 계류장 지역의 채택으로 그치게 되었다.

어쨌든 오랜 기간의 공항포장 시공경험으로 콘크리트 포장의 시공기술은 많은 발전을 거듭하여 현재는 상당한 수준에 달해 있다.

5.2 콘크리트 포장의 시공 유의점

콘크리트 포장은 아스팔트 포장보다 시공시의 현장 품질관리가 포장 완성후의 공용성에 크게 영향을 미치므로 시방배합대로 생산된 콘크리트를 현장에 포설하고 양생하면 된다는 단순한 개념으로는 포장의 완성에 실패하기 쉽다.

콘크리트의 생산은 강도발현과 시공성 등 품질관리를 위하여 현장에서 수시로 배합의 조정이 용이하도록 현장 설치 플랜트에 의한 생산이 필수적이며, 자동화된 강제 혼합식 배치 플랜트에서 재료의 자동계량 및 각 배치에 대한 생산 기록을 기록지를 통하여 즉시 확인함으로써 배합의 품질을 용이하게 검토할 수 있다. 생산된 콘크리트의 운반은 슬럼프 값이 낮아 애지테이터에 의한 운반이 불가능하므로 덤프트럭으로 운반하여야 하며 이때 운반시 수분 증발을 방지하기 위하여 덮개를 씌워야 한다.

포장용 콘크리트는 휨강도가 높고 슬럼프 값이 매우 낮으므로 시공하는 동안의 하루중 기온 변화에 따라 콘크리트중의 수분 변화가 심하므로 현장에서 지속적인 시험과 관찰에 의하여 수시로 현장 배합의 미묘한 조정이 필요하며, 포설 및 전압, 세심한 표면 마무리, 그루빙, 양생과 초기 조인트 커팅에 이르기까지 세심하고 주의 깊은 품질관리가 요구되며 이러한 일련의 과정을 충분히 수행함으로써 비로소 원하는 최상의 콘크리트 품질을 얻을 수 있다.

콘크리트 포설은 80년대 후반 김포공항 확장공사와 공군 충주비행장의 계류장 포장을 슬립폼 페이퍼로 시험시공한 이래 이제는 공항포장에서도 콘크리트 포장에 시공속도가 빠르고 품질관리가 유리한 슬립폼 페이퍼가 완전히 정착하게 되었다.

슬립폼 페이퍼를 사용하는 경우에는 재래식 포장의 경우보다 콘크리트의 슬럼프 값이 더 낮으므로(2.5cm 미만) 배합비, 표면마무리 및 양생에 더욱 주의를 기울여야 한다. 또한 종단 시공조인트를 키형이음으로 시공할 경우에 슬래브 측단의 상단 가장자리 부분이 무너지는 사례가 종종 발생하며 이러한 현상은 콘크리트 재료중 모래의 조립률이 중요한 변수로 작용한다. 특히 초기의 조인트 커팅은 양생상태를 잘 관찰하여 그 시기를 놓치지 않아야 콘크리트의 초기 균열을 효과적으로 방지할 수 있다.

종단 시공조인트 부위의 키형 이음장치는 콘크리트 재료의 한계성 때문에 주행교통의 반복하중에 의해 파손될 우려가 있고 실제로도 시험포장에서 키형이음의 파손으로 인한 조인트부위의 침하가 육안조사 된 바 있다. 키형이음의 파손은 콘크리트 슬래브의 침하와 더불어 여러 가지 부수적인 영향인자들이 동반되어 포장수명을 저하시키고 공용성에도 나쁜 영향을 미칠 수 있으므로 시공시 상당한 주의를 요한다.

6. 맺음말

국내 공항 콘크리트 포장의 역사는 도로에 비해 우선 도입되었지만 포장 기술의 발전은 매우 더디며, 포장의 자료 축적이 체계적으로 되어 있지 않아 새로운 연구를 위한 기초가 미비한 실정이다. 최근에는 기존 공항포장의 노후화에 따른 공항 포장의 평가 및 재포장 등의 필요성이 절실한 실정이지만 평가 기준 및 재포장 설계에 대한 지침 등이 마련되어 있지 않아 실무자들이 많은 어려움을 느끼고 있다. 따라서 새로운 이들 지침을 작성하기 위해서는 장기적인 측면에서 포장유지관리시스템을 도입해야 하며, 이를 통한 자료 축적이 되어야 할 것이다.

또한 포장의 재활용 기법, 아스콘 포장 위에 콘크리트 덧씌우기 등을 비롯한 새로운 신공법/신재료들을 적극적으로 적용해야 하며, 이들 적용할 경우에는 기초 자료부터 공용 자료까지를 체계적으로 관측, 분석할 수 있는 시스템을 구축해야 할 것이다.

■ 참고문헌

1. 김한용, 권수안, "공항 PMS를 위한 소고", 한국도로포장공학회지, 1999.
2. FAA, "Airport Pavement Design and Evaluation," FAA AC 150/5320-6D, 1995
3. US Army Corps of Engineerings, "Pavement design for Airfields," 1997.
4. Robert Horonjeff, Francis X. McKelvey, "Planning & Design of Airports," McGraw-Hill, Inc, 1993.

학회지 투고안내

한국도로포장공학회에서는 여러 회원의 원고를 모집하고 있습니다. 도로 및 공항포장과 관련된 사항(설계, 시공, 현장체험, 신기술 등) 및 수필, 시, 여행체험기 등 회원 여러분이 보고, 듣고, 느끼신 귀중한 체험을 학회지에 투고하여 주시기 바랍니다.

투고요령 : 원문 및 디스켓 1부 송부

접 수 처 : 한국도로포장공학회 편집위원회