

국토교통부 예규 제 호

---

# 비행장 포장 설계 매뉴얼

*Aerodrome Design Manual Part 3 : Pavements*

---

2013. 4

**국토교통부**

**MINISTRY OF LAND, TRANSPORT & MARITIME AFFAIRS  
REPUBLIC OF KOREA**



# 목 차

## (TABLE OF CONTENTS)

### 제 1 장 총 칙(General)

1.1 목 적(Purpose) .....	1-1
1.2 적 용(Application) .....	1-1
1.3 구 성(Organization) .....	1-2
1.4 개 정(revision) .....	1-3
1.5 용어 정의(Terminology) .....	1-3
1.6 일반사항(General) .....	1-4

### 제 2 장 토질조사 및 평가

2.1 일 반(General) .....	2-1
2.2 토질조사(Soil Survey) .....	2-2
2.3 조사와 시료채취(Investigation and sampling) .....	2-4
2.4 토질시험(Soil test) .....	2-6
2.5 통일분류법(Unified Soil Classification System) .....	2-9
2.6 예 시(Example) .....	2-12
2.7 흙의 강도시험(Soil strength test) .....	2-17
2.8 노상안정처리(Stability Treatment on the subgrade) .....	2-21
2.9 동해(凍害)대책(Frogs damage anchor) .....	2-22

### 제 3 장 설계조건

3.1 포장 형성에 영향을 미치는 요소(Influence Element at the Pavement formation) .....	3-1
3.2 구역별 포장단면 변화(Pavement Change Per section) .....	3-2
3.3 항공기 하중조건 및 운항횟수(Load Condition and flight time for airplane) .....	3-5
3.4 포장용 콘크리트의 휨강도(Bending Strength of Concrete Pavement) ..	3-9
3.5 기층 및 보조기층의 안정처리(Stability Treatment of Base Course and assistant) .....	3-9
3.6 갓길 및 방진패드의 포장(Pavement of Shoulder and dust Prevention)	3-10
3.7 초과 교통량에 대한 보정(Revision of Expressing Traffic Volume)	3-10

## 제 4 장 비행장포장 설계

4.1 일반사항(General) .....	4-1
4.2 아스팔트포장 설계(Asphalt Prevent Design) .....	4-1
4.3 콘크리트포장 설계방법(Concrete Prevent Design) .....	4-33
4.4 다층탄성포장(Layered Elastic Pavement Design) 설계 .....	4-65
4.5 콘크리트포장 줄눈(Concrete Pavement Joint) .....	4-69
4.6 철근 보강 콘크리트 포장(Reinforcing Concrete Pavement) .....	4-79

## 제 5 장 비행장포장 설계

5.1 일반(General) .....	5-1
5.2 기존 포장의 조건(Condition of the Past Pavement) .....	5-1
5.3 재료선택 고려사항(Considering Point of Material Selection) .....	5-2
5.4 덧씌우기 설계(Overlay) .....	5-2
5.5 구조적 역할을 하기 위한 아스팔트 덧씌우기의 설계(Asphalt overlay of the Structural role) .....	5-4
5.6 기존연성포장 위에 가열혼합 아스팔트 덧씌우기(Hot Mixture Asphalt overlay on the Past ductility Pavement) .....	5-4
5.7 기존강성포장 위에 가열혼합 아스팔트 덧씌우기(Hot Mixture Asphalt overlay on the Past Rigid Pavement) .....	5-6
5.8 가열혼합 아스팔트 덧씌우기에 있는 반사균열(Reflected Crack at the hot Mixture Asphalt Pavement) .....	5-18
5.9 콘크리트 덧씌우기의 설계(Concrete Overlay) .....	5-20
5.10 연성포장 위에 콘크리트 덧씌우기(Concrete Overlay on Asphalt Pavement) .....	5-20
5.11 강성포장 위에 콘크리트 덧씌우기(Concrete Overlay on Rigid Pavement) .....	5-20
5.12 leveling course(평탄성 유지층) 없는 콘크리트 덧씌우기(Leveling Course Concrete Covering) .....	5-21
5.13 레벨링 층이 있는 콘크리트 덧씌우기(Concrete Overlay have leveling layer) .....	5-22
5.14 결합 콘크리트 덧씌우기(Combination Concrete Overlay) .....	5-23
5.15 콘크리트 덧씌우기의 줄눈시공(Joint Extcutioning of the Concrete Overlay) .....	5-24
5.16 덧씌우기를 위한 기존 포장 표면 준비(Covered face Preparing for Overlay) .....	5-31
5.17 재료와 방법(Material and Method) .....	5-34

5.18	신포장 덧씌우기 재료(Pavement Overlay Materials) .....	5-34
5.19	예외적으로 가능한 것(Exceptional Possible Condition) .....	5-35

## 제 6 장 경향공기를 위한 포장 설계

6.1	일반(General) .....	6-1
6.2	대표 단면(Formal Section) .....	6-1
6.3	연성포장 재료(Asphalt Pavement Material) .....	6-1
6.4	연성포장 설계(Asphalt Pavement Design) .....	6-5
6.5	강성포장 재료(Rigid Pavement Material) .....	6-9
6.6	강성포장 두께(Rigid Pavement Thickness) .....	6-10
6.7	골재 섞인 잔디(aggregate turf) .....	6-11
6.8	덧씌우기(Overlay) .....	6-11

## 제 7 장 활주로 미끄럼 저항포장의 설계

7.1	활주로의 표면상태(The Surface Condition of runway) .....	7-1
7.2	그루빙 적용 기준(Grooving application Standard) .....	7-4
7.3	활주로 미끄럼 저항 포장의 설계와 시공(Design and Construction of runway Sliding) .....	7-10

## 제 8 장 포장평가

8.1	포장의 평가와 시험(Estimate and test of Pavement) .....	8-1
8.2	평가 과정(Parity Process) .....	8-1
8.3	아스팔트 포장(Asphalt Pavement) .....	8-3
8.4	콘크리트포장(Concrete Pavement) .....	8-5
8.5	탄성설계법에 의한 현 포장체의 평가(Pavement's test Presently of elastic design) .....	8-7
8.6	포장평가 사례(Example of the Pavement test) .....	8-8

## 제 9 장 포장의 유지보수

9.1	포장파손의 형태(Several type of injury) .....	9-1
9.2	아스팔트 포장(Asphalt Pavement) .....	9-1
9.3	콘크리트 포장(Concrete Pavement) .....	9-6

**부 록**

- 부록 1. ACN-PCN 값 결정을 위한 FAA 프로그램이용법(FAA Program Utilization for ACN-PCN Value Decision) ..... 부록-1
- 부록 2. 경제성의 분석(Economical Efficiency analysis) ..... 부록-14
- 부록 3. 포장설계 곡선 도표의 개발 (Development of Pavement Efficacy .. 부록-22
- 부록 4. 중항공기를 위한 구조설계(Structural Design for the heavy airplane · 부록-30
- 부록 5. 철근 보강 콘크리트 포장 설계법(Reinforcing Concrete Overlay Design) ..... 부록-33
- 부록 5. 연관되는 도서 자료(Related Material) ..... 부록-53

# 제 1 장 총 칙

## 제 1 장 총 칙

### 1.1 목적

이 비행장포장 설계지침은 국토교통부(항공정책실)가 고시한 비행장시설 설치기준에 따라 국내 민간 비행장의 항공기 운항지역에 대한 포장설계 및 평가에 적용될 단일 기준을 제공하는데 그 목적이 있다.

### 1.2 적용

#### 1.2.1 일반사항

이 지침은 항공법 제75조 및 제111조의 규정에 의하여 비행장을 설치하고자 하는 경우에 적용하여야 한다..

항공기 운항지역을 제외한 비행장내 일반지역에 대한 포장은 국내 도로관련 법규에 근거한 국토교통부 및 한국도로공사의 설계지침을 적용하여야 한다.

#### 1.2.2 비행장 포장강도 보고

본 지침서를 활용하여 비행장의 포장을 신규로 설계하거나 덧씌우기 또는 재포장을 하였을 경우, 기존포장에 대한 평가 결과 포장의 강도와 허용하중이 변화하였을 경우 비행장의 포장강도에 대한 기록자료는 국제 민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO) 부속서 14권 (ANNEX 14, Vol. 1 Aerodrome Design and Operations)의 2.6항에서 항공기등급번호-포장등급번호(ACN-PCN) 체계를 사용하도록 하고 있다. 이러한 기록자료는 허용하중을 고려한 운항회수를 포함하여야 한다. 또한 포장강도에 대한 보고서는 타이어 압력, 착륙장치의 크기 및 중량, 일반적인 고려 사항이나 특정기종에 관련된 사항 등과 같은 제한요소를 포함하여야 한다.

우리나라도 항공법 제 75조 및 제 111조의 규정에 의하여 설치하는 공법은 포장강도를 결정하고 보고하여야 하며, 항공정책실가 제정한 아래 지침을 따라야 한다.

- 1) 공항포장강도 결정보고지침(2006. 12. 22)
  - 2) 공항포장 과하중 운영 지침(2006. 12. 22)
- 위 지침에서 활용을 보다 용이하게 하고 B-777과 같은 초대형 항공기의 ACN-PCN 값 산출을 위한 FAA COMFAA 프로그램 사용관련 내용들을 부록1에 수록하였다.

### 1.3 구성

본 지침서는 비행장포장의 구조적 설계와 평가에 대한 안내서로 구성되었다. 비록 항공기 착륙기어가 공항포장설계와 평가에 포함되어 있다 할지라도 이 지침서는 착륙 기어 설계의 어떠한 면도 지정하지는 않는다.

1958년에는 FAA에서 정책적으로 DC-S-50시리즈 착륙기어 배치를 가진 제한최대하중 350,000Pound(159,000kg) 항공기가 착륙할 수 있는 포장단면으로 설계하여 비행장포장에 적용하였다

추가로 정책의 의도는 미래항공기가 350,000파운드(159,000kg)의 무게를 가지고 있는 항공기 기어가 포장에 주는 응력보다 더 큰 착륙기어를 달지 않을 것으로 예측하는 것을 보증하였기 때문이다.

항공기 제작사는 1958년 정책을 따를 것을 허락하였고 비록 항공기중에서 중량이 실제적으로 350,000파운드(159,000kg)를 초과한다 할지라도 항공기 착륙기어는 정책에 부합 하게 설계하였다. 이것은 착륙기어의 바퀴 간격과 수를 증가시키므로서 성취하였다. 이 지침서에는 착륙기어 설계와 관련하여 1958년 정책에 영향을 받지 않았다

이 지침서 제 4장에 기술된 포장설계 지침은 경험과 현재 연구 자료로부터 이루어진 해석 방법을 기본으로 하였다. 이와 같은 방법의 변경은 포장기술을 한층 진전시키므로서 발전시켜 채택 되었으며 따라서 보다 개선된 포장과 쉽게 사용할 수 있는 설계곡선을 제공하였다.

일반적으로 말하기를 새로운 설계지침은 과거에 요구된 것보다 더 포장단면이 두껍게 될 것 이라고 할 것이다.

이 지침서 포장평가 부분은 제 8장에 주어졌으며 기존 FAA 설계방법을 적용한 것과 관련하여 지속적으로 연관되어 있다.

운영자는 만약 기존시설이 당초 설계에서 채택된 것과 다른 방법을 사용하여 평가되었다면 부당하게도 불이익을 당할 것이다.

포장두께의 약간의 변경은 비행기 등급이나 하중 크기에 생각지도 않은 영향을 미칠 수 있다.

새로운 포장설계 방법론은 약간 포장두께를 두껍게 하는 것이며, 새로운 설계방법론을 사용한 기존포장의 평가는 허용하중 감소와 운영자에게 위화감을 줄 수 있다.

이와 같은 상황을 피하기 위하여 평가는 설계를 위하여 사용되었던 것과 같은 방식으로 하여야 한다.

#### 1.4 개정

비행장포장 설계 및 평가에 대한 기본개념은 국제민간 항공기구(ICAO)의 공항 설계매뉴얼 제3권 포장편 (Aerodrome Design Manual, Part 3 Pavements, Doc 9157-AN/901, 2nd Ed., Amendment 2, 1989.8)의 내용을 따랐으며 포장구조 설계의 경우 기존 국내 비행장의 설계에 널리 적용되고 국내 환경에의 공용성이 어느 정도 인정된 미국 연방항공국(FAA)의 공항 포장 설계 및 평가기준(AC 150/5320-6D, Change 4, Airport Pavement Design and Evaluation, 2006.6)의 내용을 준용하였다.

본 비행장포장 설계지침은 상기 참고자료의 주요 개정 및 수정사항과 향후 지침 사용자의 의견 및 제안을 수렴하여 보완될 예정이다.

#### 1.5 용어 정의

이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

- 1) “골재(Aggregate)”라 함은 적절한 결합재(binder)와 혼합하여 포장체를 구성하는 광물 조각 또는 입자를 총칭한다.
- 2) “기층(Base course)”이란 표층을 지지하기 위하여 보조기층 또는 노상 상부에 포설되는 일정한 두께를 지닌 층을 말한다.
- 3) “노상(Subgrade)”이라 함은 포장체에 의해 전달된 하중을 지지하는 자연 또는 인공 축조된 토층의 상부를 총칭한다.
- 4) “덧씌우기(Overlay)”란 기존 포장 위에 추가로 포설된 포장층으로 포장의 강도를 높이거나 기존 포장을 보강하기 위한 것을 말한다.
- 5) “보조기층(Sub-base course)”이라 함은 기층을 지지하기 위해 노상위에 포설된 일정두께를 갖는 층을 말한다.

- 6) “복합포장(Composite pavement)”이란 골재층과 구별되는 (또는 구별되지 않는) 연성과 강성층이 혼합된 포장체를 총칭한다.
- 7) “CBR(California Bearing Ratio)”이란 어떤 공시체의 관입 하중과 표준재료에 대한 하중을 비교하여 결정된 압력의 비율을 말한다.(KS F2320) 포장구조 설계에 이용된다.
- 8) “아스팔트 콘크리트(Asphalt concrete)”라 함은 골재와 채움재를 아스팔트 또는 역청재와 혼합하여 상온 또는 가열하여 포설되고 다져진 포장체를 이루는 연성의 혼합물을 말한다.
- 9) “아스팔트 포장”이란 노상위의 기층 또는 표층에 아스팔트 혼합물을 사용한 연성포장을 말한다.
- 10) “콘크리트 포장”이란 표층에 시멘트 콘크리트 슬래브를 사용한 강성포장을 말한다.
- 11) “포장등급번호(PCN : Pavement Classification Number)”라 함은 항공기 운항제한이 없기 위한 포장체의 지지력을 숫자로 표시한 것을 말한다.
- 12) “포장체 또는 포장구조”란 교통하중의 지지 및 노상으로 분배하기 위해 준비된 노상 위에 포설된 보조기층, 기층 및 표층의 조합을 말한다.
- 13) “포틀랜드 시멘트 콘크리트(Portland Cement Concrete)”란 선별된 골재와 포틀랜드 시멘트와 물의 혼합물을 말한다.
- 14) “표층(Surface course)”이란 포장체의 최상단층을 말한다.
- 15) “항공기 등급번호(ACN : Aircraft classification number)”라 함은 규정된 표준 노상등급에 대한 포장체에서의 상대적인 항공기의 영향을 나타내는 번호를 말한다.

## 1.6 일반사항

### 1.6.1 설계배경

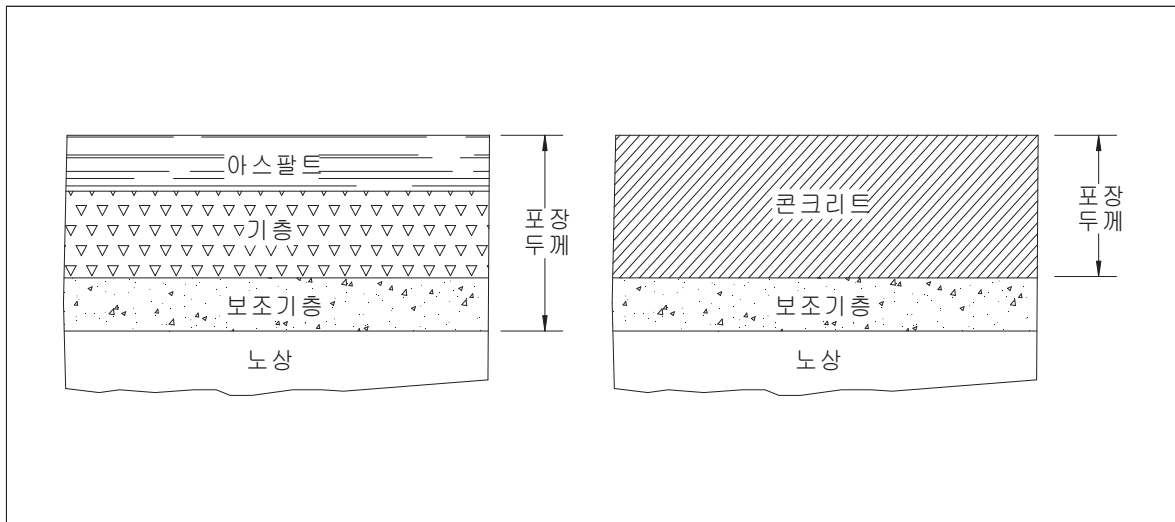
비행장포장은 공항을 이용하는 항공기의 하중을 충분히 지지할 수 있어야 하며 항공기 프로펠러나 제트 후풍에 의해 이물질이 날리거나 뺏히지 않도록 견고하고 안정적이며 전천후 사용이 가능하도록 건설되어야 한다.

이러한 요구조건을 만족하기 위해서는 재하된 하중에 파손되지 않도록 적절한 품질과 두께를 갖춰야 하며, 이에 추가하여 아무런 파손 없이 교통에 따른 마모, 악천후 및 기타 악영향을 지탱할 수 있는 내구성을 갖춰야 한다.

1.6.2 포장체의 종류

포장체는 아스팔트(Asphalt)포장, 콘크리트(Concrete)포장, 가열혼합 아스팔트 덧씌우기(Hot mix asphalt overlays), 시멘트 콘크리트 덧씌우기(Cement Concrete overlays)로 구분할 수 있다. 포장재료의 형태 및 안정처리층의 여러 조합에 따라 여러 형태의 포장체를 구성할 수 있으나 그 특징적인 거동에 따라 아스팔트콘크리트포장과 시멘트콘크리트포장으로 대별될 수 있다.

일반적인 포장체의 구성은 <그림 1-1>과 같다.



<그림 1-1> 아스팔트포장 및 콘크리트 포장의 구성

1.6.3 포장형식의 선정

비행장포자에 적용가능한 포장의 종류는 아스팔트포장, 무근 콘크리트포장, 철근 콘크리트 포장, 연곳철근, 콘크리트 포장 등 매우 다양하며 이 중에서 아스팔트포장과 무근콘크리트포장이 일반적으로 많이 사용된다.

비행자의 구역별 포장형식을 선정하기 위해서는 포장형식별 공용성, 응력 특성, 유지보수 용이성, 항공기의 하중특성, 지역특성 등을 고려하여 선정하여야 한다.

#### 1.6.4 경제성 분석과 설계 선택

적절한 설계와 시공이 되었을 때 어떤 포장의 형태(강성, 연성, 복합 등)라도 모든 항공기에 대해 만족한 포장을 제공할 수 있다. 어쨌든 어떤 설계이든 다른 설계보다 더 경제적이어야 하고 만족하게 수행할 수 있도록 하여야 한다.

기술자는 기술보고서에 선택된 설계에 대하여 이론적 근거를 제기 할 수 있도록 하여야 한다(AC 150/5300-9 참조) 가끔 이 이론적 근거는 검토하는 몇 가지 대안설계로부터 얻어진 것중 경제적 요인이 기본이 될 수 있다. 내구년한 비용 해석은 만약 설계 채택 이 최저가를 기본으로 하였다면 사용하여야 한다. 포장 복구에 대한 몇 가지 대안의 내구년한 비용 분석을 부록 2에서 보여주었다. 내구년한 비용분석에 대한 보다 상세한 것은 연구보고서 DOT/FAA/RD-81 /78 (부록 6참조)에서 찾을 수 있다. 많은 신공법이 개발되어 현재 발전되고 있으며, 재사용과 같은 방법으로 포장비용에 중대한 영향을 미치고 있다. 경제적 이익이 분명하지 않은 경우에는 설계과정에서 확립할 수 있으며 대안입찰을 택하여야 한다. 운영상의 제한, 자금 조달의 제한, 장래 확장 등등이 설계 선택에서 경제적 요인보다 우선할 수 있다. 이들 고려사항은 기술보고서에 기록되어야 한다.

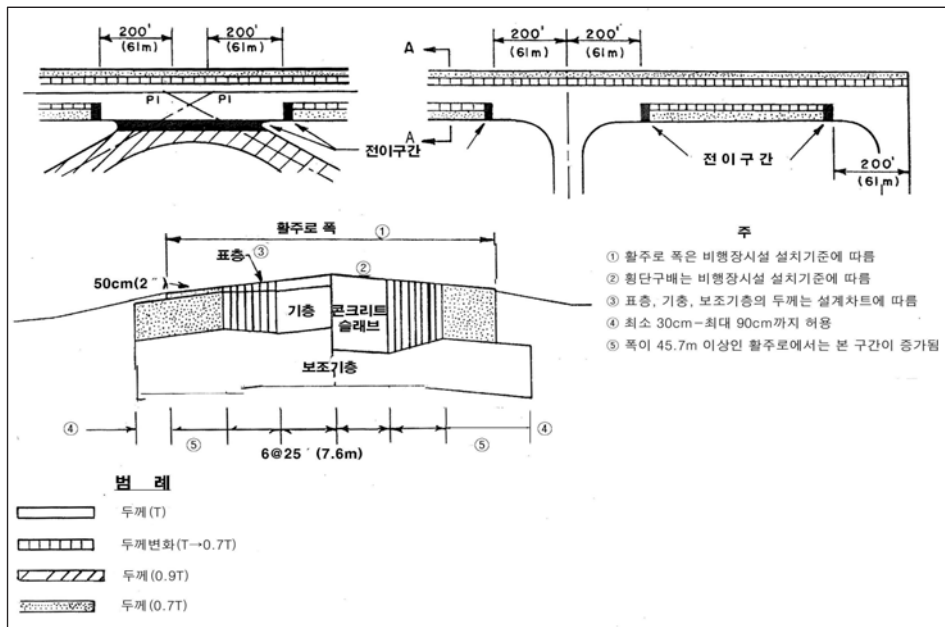
#### 1.6.5 포장층의 구성

- 1) 표층 : 표층에는 포틀랜드 시멘트 콘크리트, 가열혼합 아스팔트(Hot mix asphalt), 역청질 혼합물(Sand-bituminous mixture) 및 역청분사처리층 등이 있다.
- 2) 기층 : 기층은 여러 가지 재료에 의해 구성되며 크게 일반 기층 및 안정처리기층으로 나뉜다. 일반기층은 골재 또는 쇄석골재층으로 이루어져 있다. 안정처리기층은 골재 또는 쇄석골재에 시멘트, 역청재와 같은 안정처리재를 혼합한 것을 말한다.

- 3) 보조기층 : 골재, 안정처리된 골재 또는 안정처리된 토양으로 이루어진 층을 말한다.
- 4) 토목섬유(Geotextile) : 포장골재와 하부 노상(Subgrade)의 분리를 위하여 때때로 적용되는 투수성이 있고 유연한 섬유재를 말한다. 포장단면에서 토목섬유의 요구조건은 노상토, 지하수 조건 및 노상위에 포설되는 포장체의 종류에 따라 결정된다.

1.6.6 포장층의 구분

일반적인 활주로 포장의 평면 및 단면은 다음 <그림1-2>와 같다.



<그림 1-2> 일반적인 활주로 포장의 평면 및 단면

## 제 2 장 토질 조사 및 평가

## 제 2 장 토질 조사 및 평가

### 2.1 일반

정확한 검증의 중요성과 포장기초의 평가에 대한 중요성을 아무리 강조하여도 지나치지 않다. 비록 토질에 관해서 발표된 토질역학 전체 분야에 대하여 조사가 불가능할 지라도 다음 내용은 공항포장을 취급하는 기술자에게겐 특별히 중요한 여러 가지 견해를 가질 수 있는 가장 중요한 부분이다.

#### 2.1.1 토질분류방식

통일분류법 방식은 민간 비행장 포장과 관계가 있으며 기술적 자료로서 이용되어야 한다. 잘못된 인식을 피하기 위하여 사용하는 몇 가지 항에 대하여 아래에서 정의한다.

##### 1) 정의

공항에 적용하는 것으로서 기술적 목적과 특성에 적합한 흙이란 동결 조건하에서 발파를 요구함이 없이 흙이동 장비로 이동할 수 있는 자연적으로 포설되어 있는 상태를 말한다.

단단한 재료는 암으로 한다.

##### 2) 상태와 특성

토질상태는 지하수위, 지지할 수 있는 지하수층의 존재, 흙의 현장특성 등과 같은 부분을 포함한다. 흙의 현장특성은 흙의 밀도, 함수비, 동결 깊이를 포함한다.

##### 3) 흙의 단면

토사단면이란 흙의 층을 수직으로 절단한 것으로 매단면마다 서로 다른 물질적 특성을 가지고 있다.

##### 4) 노상

노상흙은 포장을 위하여 기초로서의 형태를 가진 흙이다. 이것은 포장구조 아래 직접 깔려있는 흙이다.

### 2.1.2 비용

흙의 상태와 공항건설에 사용가능한 그 지역의 흙 가격은 공항포장건설 비용에 영향을 미치는 중요한 항목이다.

토공작업과 정지작업 비용은 굴착과 다짐을 어떻게 성취하여 얻을 수 있는가에 대한 난이도와 연관 지어져 있다.

### 2.1.3 노상토의 지지력

노상토는 포장과 그에 부과되는 하중을 궁극적으로 지탱해 주는 것이다. 포장은 타이어 접지면적보다 큰 면적의 노상으로 부과되는 하중을 분산시켜 받아들인다.

노상위에 분산된 하중이 노상의 지지력보다 클 경우에는 포장의 두께를 보다 크게 하여야 한다. 따라서 노상토가 하중을 견딜 수 없는 지역에서는 포장의 두께를 필연적으로 크게하여 하중분산의 지역을 넓히는 것이 요구된다.

굴착과 성토작업용으로 가장 최적의 공학적 특성을 가진 흙은 경제적인 면을 고려하여 상부 노상에 시공하여야 한다.

### 2.1.4 배수

정지와 포장 작업과 연관된 토질조건에 추가하여 암거배수에 대한 필요성과 지표수 흐름으로 인하여 전체 재료에 미치는 영향을 결정하여야 한다.

이것은 다른 배수 구조물과 시설물 규격을 키우고 길이를 연장하는데 영향을 줄 수 있기 때문이다. (FAA 발간 AC 150/5320-5 공항배수 또는 하중설계기준·해설, 도로 설계편람 제 4편 토공 및 배수 참조)

## 2.2 토질조사

### 2.2.1 토질분류와 특성

토질의 여러 가지 형태에 대한 근본적 정보를 제공하기 위하여 토질조사는 토질 분류와 물리적 특성을 측정하도록 이루어져야 한다. 이 정보는 현장 지형과 면적, 기후기록, 자료 등과 함께 복합적으로 이루어져야 하며 공항의 합리적이고 실제적인 발전에 근본적으로 계획하고 있는 자료

로서의 내용이 제공되어야 한다.

공항현장에서 토질상태의 조사 보고는 아래내용을 포함한다.

#### 1) 조사

흙은 계획된 노상층 높이와 연관되어 있으므로 토사층의 서로다른 토질의 적합성 여부를 결정하기 위하여 조사하여야 한다.

#### 2) 시료채취

각각의 토사층에서 대표적인 시료를 채취

#### 3) 시험

노상재료로서의 타당성과 현장밀도 시험에 관련된 여러 종류 흙의 물리적 특성을 결정하기 위한 시험

#### 4) 적용성

노상과 포장 시공시에 사용가능한 재료 인지를 결정하기 위한 조사

### 2.2.2 조사 관련 자료

#### 1) 지질도

지질도는 공항의 근접한 지역에서 토질 검토에 가치가 있는 참고자료로 입증할 수 있다.

비록 이 지질도로부터 결정된 토양학적 등급이 기술적 혹은 건설재료로서 취급할 수 있는 흙이 아니라 할지라도 여기에서 얻어진 자료는 공항의 개발에 관련하여 토목기술자가 개발비와 노선선정에 대하여 현장 선택의 기본적인 조사를 고려하는데 매우 유용하다.

#### 2) 항공사진

항공사진을 이용한 토질의 판단자료는 이미 공개되었으며, 국립지리원에서 구입 사용가능하다.

지형(토지의 고저), 배수 및 토질의 성향 등은 항공사진으로부터 결정할 수 있으며, 경험을 가진 사진분석자가 흙 특성의 차이를 정의할 수 있다. 이러한 조사방법을 적용하여 토질 조사를 진행시킬 수 있으며, 자료를 얻기 위한 요구사항의 총체적 노력을 줄일 수 있다.

2.3 조사와 시료채취

2.3.1 토사보링

토질상태 조사 과정 첫단계는 서로다른 흙의 종류와 수량을 결정하기 위한 조사 그리고 토질층의 배열, 지하수의 깊이 등이다. 토질단면 보링은 일반적으로 Auger(굴착용 송곳)나 그와 유사한 장치들로 이루어진다.

물로 씻어내는 보링은 깊이 확정의 부정확으로 인하여 권장되지 않는다. 보링의 목적은 보링지역과 보링공 주변의 토질 및 암층 단면을 결정하기 위한 것이다.

보링공 각각의 위치에는 그곳에 대한 특별한 문제와 변화를 가지고 있으므로 보링공 간격은 항상 법칙이나 예상된 계획에 의하여 명백하게 지정되지는 않는다.

위치 깊이 및 보링공수에 대하여 추천하는 기준은 <표 2-1>에서 주어졌다. 이들 기준내에서 폭의 변동은 지역조건에 따라 정할 수 있다.

<표 2-1> 추천하는 토사 보링 폭과 깊이

지역	간격	깊이
활주로와 유도로	200ft(68m) 간격 무작위로 포장과 교차	절토지역 - 최종 지반고 아래 10ft(3.5m) 성토지역 - 현지반고 아래 10ft(3.5m)
그 밖의 포장지역	지역별 10,000ft <sup>2</sup> (930m <sup>2</sup> )당 1개	절토지역 - 최종지반고에서 3.5m 아래 성토지역 - 현 지반에서 3.5m
토취장	성토재료로 사용할 수 있는 지역에서 시험	성토용 재료의 깊이까지

절토나 깊은 성토지역에서, 보링깊이는 압밀의 한계를 측정할 수 있도록 충분히 하여야 하고 또는 성토에 의한 압밀손실 등을 감안하여야 한다.

### 2.3.2 보링공수, 위치, 깊이

보링공의 수, 위치, 깊이는 중요한 토질변화가 있는 곳에서 반드시 정하여야 하며, 평면에 표시하여야 한다. 깊은 성토 지역에서 압밀침하나 안정성에 문제가 있거나 혹은 기술자의 견해가 보링을 하여야 겠다고 하는 의문점이 있는 곳에서 그리고 이전에 경험상으로 문제가 있다고 지적되었을 때는 언제든지 추가조사가 이루어져야 하고, 타당한 설계와 적절한 위치 및 시공과정에서 필요로 한다면 보링공의 수나 깊이를 더 늘릴 필요가 있다.

반대로 균일한 토질조건을 가진 곳에서는 보링을 줄일 수 있다.

### 2.3.2 주상도

토질상태 주상도는 주어진 노상층 조건을 평가하는데 유용하게 활용할 수 있다. 주상도는 토질 실제탐사의 결과를 종합하려고 개발된 것으로 이를 권장한다. 대표적인 주상도는 <그림 2-1>에 포함되어 있다. 주상도는 반드시 아래사항을 포함하여야 한다.

- 1) 위치
- 2) 시행일자
- 3) 실제탐사의 형식
- 4) 표층고
- 5) 토층의 깊이
- 6) 시료 고유 번호
- 7) 토질분류
- 8) 지하수위

### 2.3.3 토질조사 지역

토질조사는 반드시 비행장 범위내 지역에 한정하거나 정지지역 안에 있는 토질에 대하여 한다는 제한은 없다. 토취장이나 골재 채취장으로 사용될 수 있는 채취원을 조사하여야 한다.

### 2.3.4 비교란 시료

다양한 종류의 토질층과 시공시에 필요로 하는 흙의 대표적 재료는 토질에 대한 물리적 특성과 기술적 성분에 대하여 시험실에서 시험을 통하여 얻어져야 한다.

현장밀도, 전단강도, 압밀특성과 같은 현장에서 얻어야 하는 성분 등은 비교란 코어시료 에서 얻을 필요가 있다. KSF-2317에서 얇은 벽으로 된 튜브시료 채취기를 가지고 토사시료 채취를 할 수 있는 방법이 설명되었다.

시험결과는 시료만큼 좋아야 하기 때문에 그리고 또한 각각의 시료는 해당하는 흙의 고유형태를 대표하는 것이므로 몇가지 재료가 분별없이 혼합되거나 부주의하여 대표하는 흙으로서의 가치가 없어지지 않도록 하는 것이 가장 중요하다.

### 2.3.5 현장시험

- 1) 좁은 굴착, 넓은 굴착 또는 양쪽 다 현장지지력시험, 비교란 시료의 채취, 여러 종류 토질층의 도표화 등을 하여야 한다. 추가 토질조사를 하여야 하는 것은 정밀도가 높은 등급을 보증하여야 하거나 현장상태가 광범위한 조사를 요구할 때 그리고 두 가지가 복합될 때 시행하여야 한다.
- 2) 현장시험에는 피조콘 조사, 현장베인시험, 표준관입시험, 핸드오거보링, 시험굴 조사, 물리탐사 등이 있으며 포장규모 및 기능에 따라 선택 시행하여야 한다.

## 2.4 토질시험

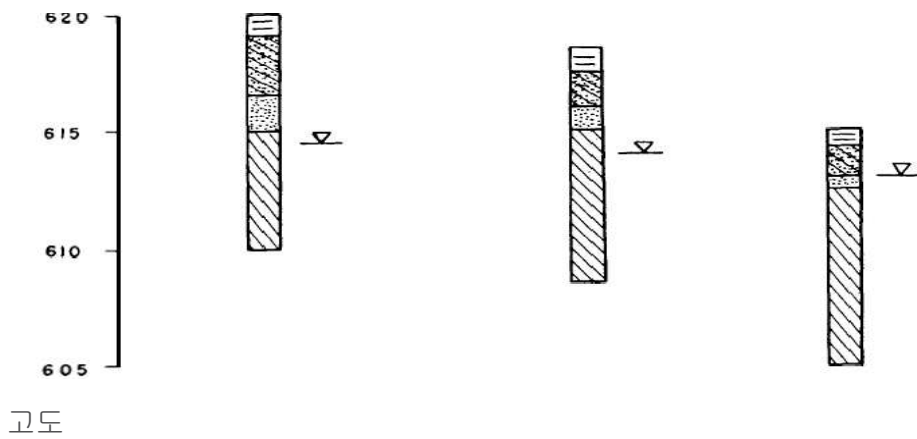
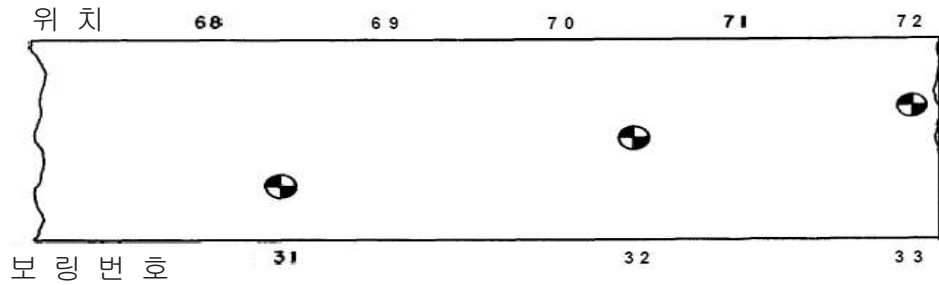
### 2.4.1 물리적 토질성분

흙의 물리적 성분을 결정하기 위하여 그리고 여러 가지 조건하에서의 거동 예측을 제공하기 위하여 이와 같은 토질시험을 시행하는 것은 필요하다. 여러 가지 많은 현장 및 실내시험이 표준화되고 개발되었다.

적절한 형식으로 된 토질시험의 상세한 방법은 원칙적으로 한국산업규격(KS) 및 국토교통부에서 발간한 기술도서에서 제시된 방법으로 시행하여야 한다.

2.4.2 시험요구사항

토질시험은 일반적으로 시험에서 나타날 수 있는 토질특성을 표시 하는  
 향으로 판정한다. 이 향은 KS에서 지정한 명칭과 요약 설명 으로 공항  
 포장에 대하여 최소한이거나 기본적 요구사항을 고려하여 시험으로 입증  
 한다. 그것은 다음과 같다.



(보기)

- |   |            |   |              |
|---|------------|---|--------------|
|  | 보링공        |  | 세립모래, SP     |
|  | 표토         |  | 짙은 갈색 점토, CH |
|  | 모래질 점토, SC |  | 수위           |

주 : 모든 시료는 분리 바렐기법으로 채취

<그림 2-1> 일반 보링 주상도

- 1) 흙의 입도 분석과 토질 물리시험용 흙시료의 조제방법(KSF 2301)  
 이 규정은 토질시험을 위하여 채취한 흙(입자지름 75mm미만)의 시료조  
 제방법에 대하여 설명한다.

## 2) 흙의 입도시험방법(KSF 2302)

이 분석은 고유기질토 이외에 흙으로 75mm체를 통과한 흙의 입도를 구하는 시험이다. 흙속에 입자 크기별로 얼마나 분포되어 있는지를 수량으로 나타내는 것이다.

## 3) 흙의 액성한계, 소성한계와 소성지수(KSF 2302)

흙의 소성 및 액성한계는 흙이 반고체 상태부터 소성상태로까지를 소성한계라 하고 소성상태부터 액성상태까지를 액성한계라고 하며 변화하는 함수량의 가장 적은 때로 정의한다.

소성지수는 액성한계와 소성한계의 함수비 차이를 숫자로 나타낸 것이다. 이것은 액성에서 소성상태로 변화하기 전에 흙에 남아있는 함수량을 표시한다.

흙의 소성한계, 액성한계 그리고 소성지수는 통일분류법(Unified soil classification system(KSF 2324)에 따라 흙의 공학적 분류에 사용된다. 소립자 분석과 연관 하여 자연함수비와 그밖의 흙의 성분 혹은 상태, 액성 및 소성한계는 수축/팽창 가능성, 압밀특성, 시공/안정 특성, 침투성, 그리고 강도특성과 같은 흙의 공학적 성분이나 거동을 예측하는데 사용한다.

## 4) 흙의 다짐시험방법(KSF 2312)

다짐관리를 목적으로 37.5mmcp를 통과한 흙의 건조밀도-함수비 곡선, 최대건조밀도 및 최적 함수비를 구하기 위한 래머에 의한 흙의 다짐시험을 시행한다.

## 5) 실내 다짐한 흙의 지지력 비(KSF 2320)

이 시험은 주로 연성포장의 경우 현장 흙에 대하여 관입법으로 C.B.R(California Bearing Ratio)값을 선정하기 위하여 사용한다.

## 6) 흙의 지지력계수(KSF 2310)

이 시험은 강성포장 설계에 사용하는 K값인 노상 또는 노반용 흙의 지지력 계수를 결정하는데 사용한다.

## 2.4.3 보충시험

1) 많은 경우 추가 토질시험이 2.4.2항에 있는 것 이외에 더 요구되며 요구되는 모든 추가시험을 다하기는 불가능하다.

특히 포장층 하부에 연약지반이 있을 경우 공용개시후 부등침하 및 균열

방생 등 포장 조기손상의 원인이 되므로 이에 대비하기 위한 제반 역학적 특성시험의 시행이 필요하다.

시험의 종류 및 횟수등은 지반조건에 따라 판단토록 한다.

- 삼축 압축 시험 (KSF 2346)
- 일축 압축 시험 (KSF 2314)
- 압밀 시험 (KSF 2316)

## 2) 암석 시험(KSF 2519)

현장에서 암석이 발생할 경우, 필요시 암석의 일축압축시험을 비롯하여 암석에 대한 특성 파악을 위한 시험을 시행토록 한다.

## 2.5 통일분류법(Unified Soil Classification System)

### 2.5.1 목적

공항포장에 적용하기 위한 흙의 분류 방법은 통일분류법, AASHTO법, FAA법 등이 있으나 본 지침에서는 통일분류법 채택을 원칙으로 한다.

공학적 목적을 위한 흙 분류의 표준 방법 중 가장 널리 쓰이는 방법으로 일반적으로 통일분류법(KSF 2324)이라 부른다.

토질분류 결정의 첫째 목적은 흙이 예상되는 현장 거동을 예측하는 공학적 가능성을 제공하는 것이다. 흙은 그 자체가 항상 일정하고 또한 기본적으로 거동 예측을 알려준다.

통일분류 체계에서는 첫째 흙의 입자크기로 분류하고 다음에 소성상수로 그 이후 다음 단계 분류군으로 한다. <표 2-2>에서 통일분류 방식에 의한 흙의 분류를 제시하였다.

### 2.5.2 첫째단계

<표 2-2>에서 보는바와 같이 흙의 첫째 단계는 굵은 입자와 가는입자 그리고 유기질의 흙으로 분류하는 것을 기본으로 한다. 흙 입자의 굵은 입자와 가는 입자간의 구분은 200번체에 남아있는 재료의 량에 의하여 결정된다. 굵은 입자로 된 흙의 4번체에 남아있는 입자의 량으로 자갈과 모래로 다시 분류한다.

자갈과 모래는 다시 가는 입자가 있거나 혹은 없는가에 따라 분류 한다. 세립자로 된 흙은 액성한계를 기본으로 하는 두개의 군으로 다시 분류 된다.

높은 유기질토로 분류된 흙은 일반적으로 공사시공용 재료로 사용할 수 없다.

<표 2-2> 공항포장에 적용하기 위한 흙의 분류

굵은 입자를 가진 흙 200번체 50%이상 잔류 (1)	4번체에 남아있는 굵은입자가 50%이상의 자갈	자갈	GW GP
		가는입자를 가지고 있는 자갈	GM GC
	4번체에 남아있는 굵은입자가 50% 미만인 모래	모래	SW SP
		가는입자를 가지고 있는 모래	SM SC
200번체에 남아있는 율이 50% 미만인 가는입자의 흙	액성한계 50% 미만인 실트와 점토		ML CL OL
	액성한계 50% 이상인 실트와 점토		MH CH OH
높은 유기질토			PT

(1) 3"(75mm)체를 통과하는 재료를 기본으로 함

2.5.3 흙 분류

흙은 15개의 서로 다른 군으로 분류한다. 군으로 분류한 기호는 각각 간략하게 아래와 같이 설명된다.

- 1) GW : 좋은 입도를 가진 자갈과 자갈 모래의 혼합, 작거나 세립이어서는 안됨.
- 2) GP : 입도가 좋지않은 자갈과 자갈-모래의 혼합 작거나 세립이어서는 안됨.
- 3) GM : 실트질이 혼합된 자갈, 자갈-모래-실트 혼합
- 4) GC : 점토질이 혼합된 자갈, 자갈-모래-점토 혼합
- 5) SW : 좋은 입도의 모래와 자갈이 섞인 모래, 작거나 세립이서안됨
- 6) SP : 입도가 좋지 않은 모래와 자갈섞인 모래, 작거나 세립이서는 안됨
- 7) SM : 실트질 모래, 모래와 실트의 혼합

- 8) SC : 점토질 모래, 모래와 점토의 혼합
- 9) ML : 비유기질 실트, 대단히 가는 모래, 실트질과 점토질이 섞이는 입자의 모래
- 10) CL : 중간정도의 소성으로 낮은 비유기질 점토, 자갈질 섞인 토, 실트질 점토, 빈점토 (실트질이나 모래질을 함유하는 소성이 작점토)
- 11) OL : 유기질 실트 및 낮은 소성의 유기질 실트점토
- 12) MH : 비유기질 실트, 운모나 규조류의 세립 모래 혹은 실트성 실트
- 13) CH : 비유기질 점토 혹은 높은 소성, 풍부한 점토
- 14) OH : 높은 소성에서 중간 소성까지의 유기질 점토
- 15) PT : 이토(Peat), 퇴비와 그 밖의 고유기 질토

#### 2.5.4 최종 흙분류

최종흙분류군의 결정은 <표 2-2>에서 주어진 내용과 그에 추가하여 다른 기준이 요구된다. 이 추가기준은 <그림 2-2>에 굵은 선과 빗금으로 된 흙 양쪽에 적용한다.

#### 2.5.5 흐름도

흐름도는 흙분류 과정에서 개발되어 윤곽을 표시하고 있으며, 그림 2-3에 포함되어 있다. 이 흐름도는 KSF 2324에 따라 흙을 분류할 수 있도록 필요한 단계를 나타내었다.

#### 2.5.6 현장확인

흙의 특징을 육안 현장관찰에 의하여 단순하고 신속하게 판단할 수 있는 방법으로 ASTM D2488에는 절차가 제시되어 있어 이를 참고할 수 있다. 이 절차는 최소한의 시간과 장비를 가지고 어느정도 정확히 흙을 분류할 수 있는 기술적 기법을 제공한다.

ASTM의 절차에 의하지 않더라도 흙 분류의 경험이 풍부한 엔지니어가 현장을 답사하면 비교적 오차가 작게 흙 분류에 근접할 수 있다.

### 2.5.7 포장을 위한 지반으로서의 특성

포장을 위한 지반으로 사용되는 흙의 적절한 특성을 나타내는 표는 <표 2-3>에 주어져 있다. 이들 특성은 개략적으로 고려되는 것이며 일반적으로 표에 실려 있는 값이 시험한 값 대신으로 사용하여서는 안 된다.

## 2.6 예 시

다음 예는 통일분류 방식에 의한 흙의 분류에 관한 것이다. 이 흙 분류절차는 <그림 2-3>에서 보여주는 바와 같이 흐름도를 통하여 진행한다.

### 2.6.1 예제1

흙시료가 아래의 성분을 가지고 있다고 가정하고 통일분류법에 따라 분류함

- 1) 세립자 : 200번체 통과량 98%
- 2) 액성한계 : 40번체 통과 재료의 액성한계 30%
- 3) 소성한계 : 40번체 통과 재료의 소성한계 10%
- 4) 소성도

<그림 2-2>에서 A선 상부에 있다. 이 흙은 CL로써 분류되며 중간소성보다 낮은 빈 점토이다. <표 2-3>에서 동결작용에 지배를 받지 않을 때는 기초로서 그만 그만한 재료임을 보여준다.

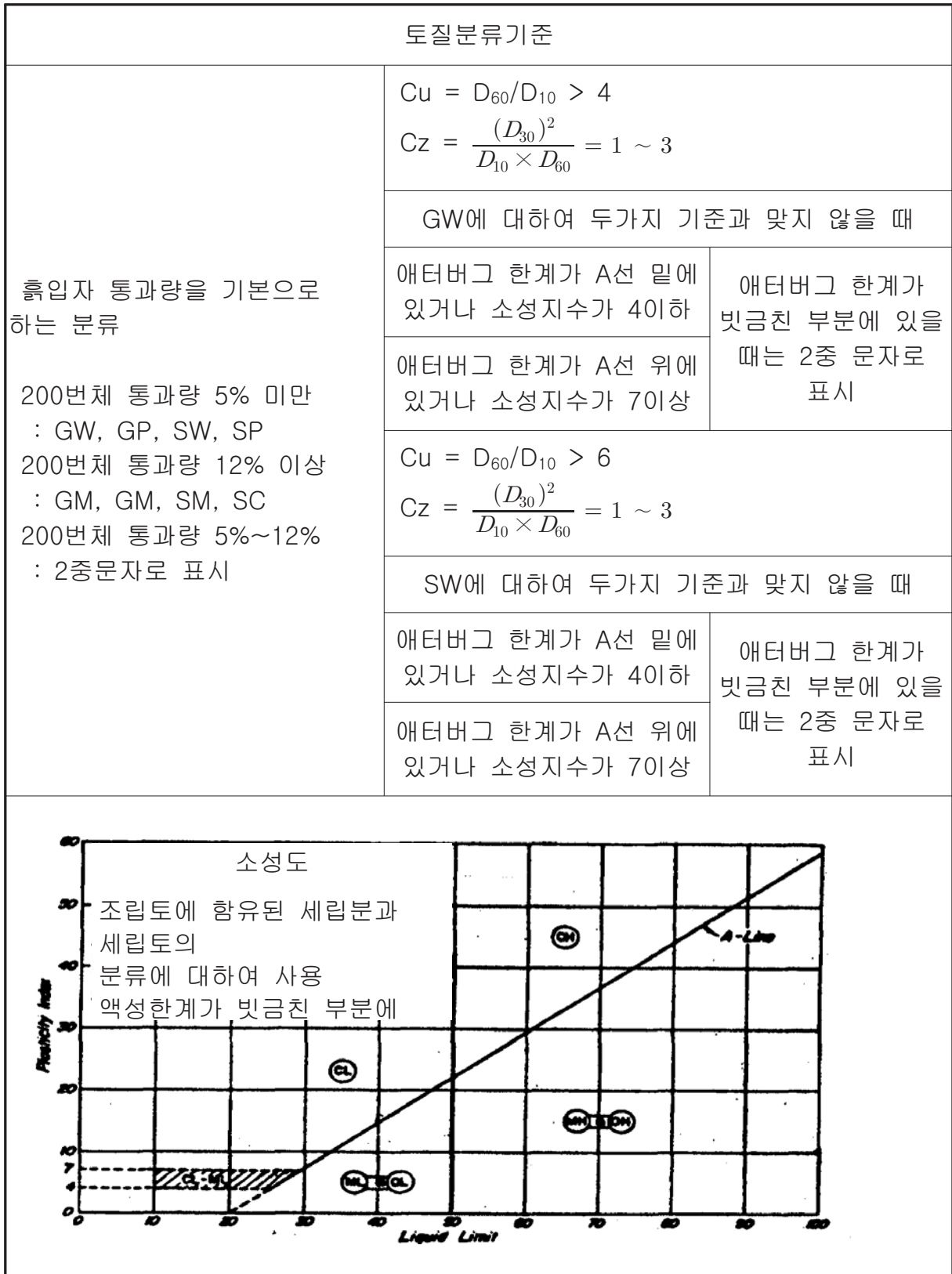
동결작용에 대한 잠재성은 보통보다 높다.

### 2.6.2 예제2

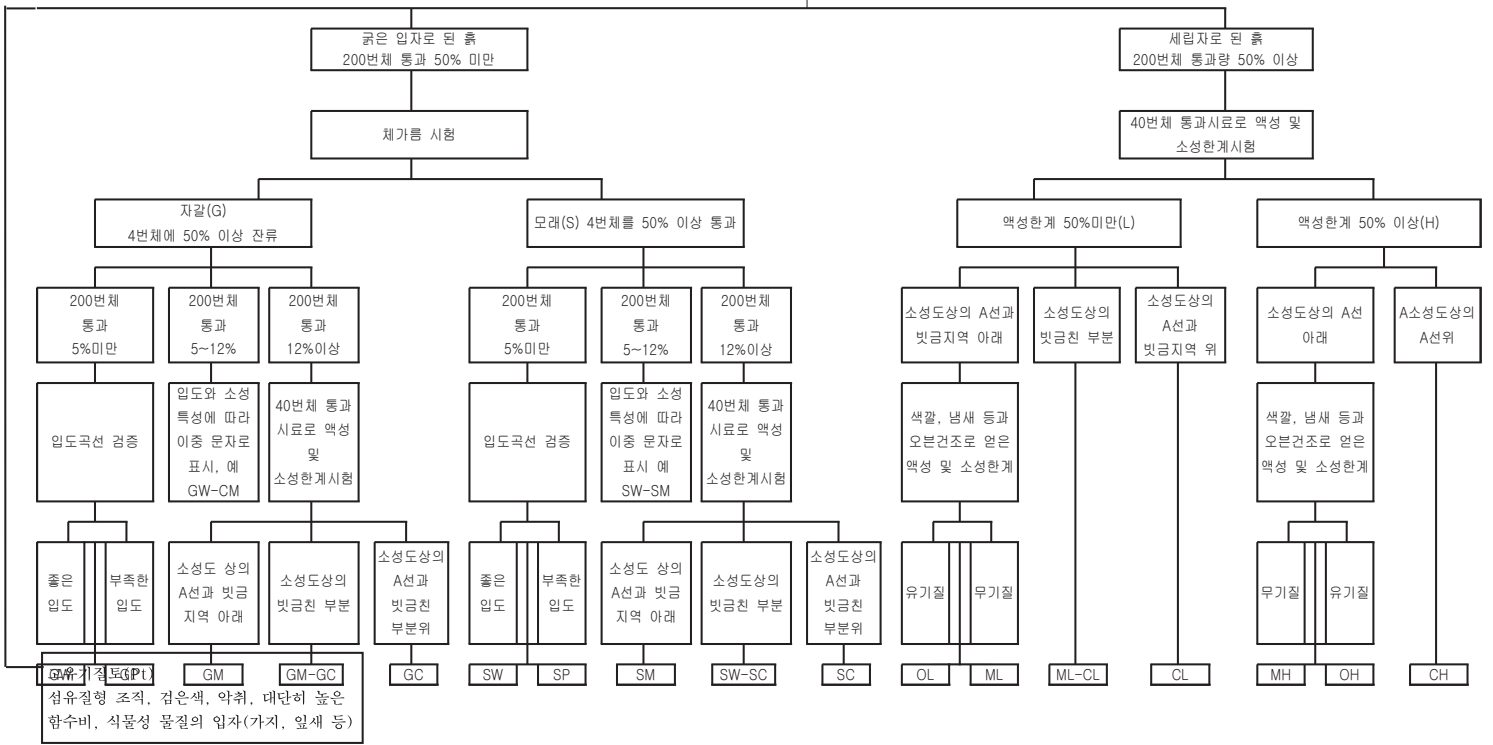
아래의 특성을 가진 흙의 시료를 통일분류법에 의하여 분류

- |   |     |
|---|-----|
| 1) 미립자 : 200번체 통과량  | 48% |
| 2) 자갈 : 4번체에 잔류하는 굵은 입자들의 통과량   | 70% |
| 3) 액성한계 : 40번체 통과 재료의 액성한계  | 60% |
| 4) 소성한계 : 40번체 통과 재료의 소성한계  | 20% |
| 5) 소성지수 : 액성한계 - 소성한계   | 40% |
| 6) 소성도 : A선 상부 <그림 2-2> 참조  |     |
| 7) 분류 : 이 시료는 GC로 분류한다. 즉 점토질 자갈이다 <표 2-3>에서 동결작용을 고려하지 않을 때는 포장기초로서 사용하는데 좋은 재료이다. 동결작용에 대한 잠재성은 낮은 편이다. |     |

<그림 2-2> 토질분류기준



200번체 통과량으로 결정하는 조립자의 토질 또는 세립자의 토질 인자와 고,유기질에 대한 흙의 조사표



<그림 2-3> 통일분류법 체계에 대한 흐름도

<표 2-3> 포장 기초에 대한 토질 특성의 타당성

주 분 활 (1) (2)	기호 (3)	통칭 (4)	동결작용을 받지 않을 때 기초로서의 가치 (5)	표층 아래 직접 접촉 하였을때의 가치 (6)	동결작용의 잠정적 영향 (7)	압축성과 팽창성 (8)	배수특성 (9)	다짐장비 (10)	건조단위중량 (pcf)1b/ft <sup>3</sup> (11)	현장 C.B.R (12)	노상지지력계수 K (Pci) 1b/in <sup>3</sup> (13)	
조립토	자갈 및 자갈질 흙	GW	자갈 혹은 모래질 자갈, 좋은 입도	최우수	우수	없음	거의 없음	최우수	케도형 트랙터 고무바퀴장비 강재바퀴로라	125~140	60~80	300 혹은 그이상
		GP	자갈 혹은 모래질 자갈 부족한 입도	우수	적정하기에는 부족	없음	거의 없음	최우수	케도형 트랙터 고무바퀴장비	120~130	35~60	300 혹은 그이상
		GU	자갈 혹은 모래질 자갈, 균일 입도	양호	부족	없음	거의 없음	최우수	케도형 트랙터 고무바퀴장비	115~125	25~50	200 혹은 그이상
		GM	실트질 자갈 혹은 실트성 모래질 자갈	우수	적정	약간있음	대단히 적음	어느정도 부적정	고무바퀴장비 양축식 로라 함수비의 적절한 조절	130~145	40~80	300 혹은 그이상
		GC	점토질 자갈 혹은 점토성 모래질 자갈	양호	부족	약간있음	적음	실제적으로 배수 잘안됨	고무바퀴장비 양축식 로라	120~140	20~40	200~300
	모래 및 모래질 흙	SW	모래 혹은 자갈질 모래, 입도 좋음	양호	부족	없음	거의 없음	최우수	케도형 트랙터 고무바퀴 장비	110~130	20~40	200~300
		SP	모래 혹은 자갈질 모래 입도 부족함	어느정도 적정	부족하여 부적정	없음	거의 없음	최우수	케도형 트랙터 고무바퀴 장비	105~120	15~25	200~300
		SU	모래 혹은 자갈질 모래 입도가 균일	어느정도 적정	부적정	없음	거의 없음	최우수	케도형 트랙터 고무바퀴 장비	100~115	10~20	200~300
		SM	실트질 모래 혹은 실트성 자갈질 모래	양호	부족	어느정도 있음	대단히 적음	어느정도 부적정	고무바퀴 장비 양축식 로라 함수비의 적절한 조절	120~135	20~40	200~300
		SC	점토질 모래 혹은 점토성 자갈질 모래	어느정도 적정	부적정	어느정도 있음	약간있음	실제적으로 배수 잘안됨	고무바퀴 장비 양축식 로라	105~130	10~20	200~300

주 분 활 (1) (2)	기 호 (3)	통 칭 (4)	동결작용을 받지 않을 때 기초로서의 가치 (5)	표층 아래 직접 접촉 하였을때의 가치 (6)	동결작용의 장정적 영향 (7)	압축성과 팽창성 (8)	배수특성 (9)	다짐장비 (10)	건조단위중량 (pcf)1b/ft <sup>3</sup> (11)	현장 C.B.R (12)	노상지지력계수 K (Pci) 1b/in <sup>2</sup> (13)	
세립토	낮은 압축성 LL<50	ML	실트, 모래질 실트, 자갈질실트, 혹은 규조토	어느정도 적정	부적정	대단히 높다	약간있음	어느정도 부적정	고무바퀴장비 양축식 로라 함수비의 적절한 조절	100~125	5~15	100~200
		CL	빈점토(소성이 작은 점토), 모래질 점토, 혹은 자갈질 점토	어느정도 적정	부적정	대단히 높다	중간	실제적으로 스며들지 않음	고무바퀴장비 양축식 로라	100~125	5~15	100~200
		OL	유기질 점토 혹은 비유기질 점토	부족	부적정	대단히 높다	상중	부족	고무바퀴장비 양축식 로라	90~105	4~8	100~200
	높은 압축성 LL>50	MH	운모질점토 혹은 규조토	부족	부적정	대단히 높다	상	어느정도 부적정	고무바퀴 장비 양축식 로라	80~100	4~8	100~200
		CH	부점토	대단히 부족	부적정	중간	상	실제적으로 스며들지 않음	고무바퀴장비 양축식 로라	90~110	3~5	50~100
		OH	부유기질 점토	대단히 부족	부적정	중간	상	실제적으로 스며들지 않음	고무바퀴장비 양축식 로라	80~105	3~5	50~100
이토와 그밖의 섬유상 유기질토	Pt	이토, 부식토와 그 이외	부적정	부적정	약간	최상	어느정도 부적정	다짐을 할 수 없음				

## 2.7 흙의 강도시험

공학적 목적을 위한 흙의 분류는 포장 노상층으로서 흙의 거동을 예상할 수 있는 정보를 준다. 그러나 이 거동을 예상하는 것은 개략적이다. 거동을 할 때는 같은 토질이라 할지라도 다짐의 정도, 포화도, 과재하중의 크기 등과 같은 거동의 원인이 되는 크기 변화에 따라 일어날 수 있는 예상치가 다르다. 잘못 예측된 노상거동의 가능성은 측정된 흙의 강도에 의하여 대부분 무시할 수 있다. 연성포장 구조에서 사용할 예정인 재료의 강도는 C.B.R (California, Bearing Ratio : 흙의 지지력비)에 의하여 측정된다. 강성포장 구조에서 사용할 예정인 재료는 평판재하시험으로 시험한다. 이들 시험의 각각은 다음 장에서 보다 상세하게 논의할 것이다.

### 2.7.1 California Bearing Ratio(C.B.R 지지력비)

C.B.R 시험은 기본적으로 변형의 균일비로서 이루어진 관입시험이다. 시험하는 재료에다 관입하는데 필요한 힘을 표준석회암 쇄석에 같은 관입량을 일으키는데 요구되는 힘과 비교하는 것이다. 결과는 두힘의 비로서 표현된다.

이런식으로 C.B.R 15의 값을 가지고 있는 재료는 표준 쇄석에서 일어난 관입에 저항 하는 힘의 15%에 해당하는 재료를 의미 한다.

시험실 C.B.R 시험은 KSF 2320에 따라 시행하여야 하며 시험실에서 다진 흙의 지지력비이다.

#### 1) 시험실

시험실 C.B.R 시험은 현장에서 사용하는 재료에 대해 이루어지며 시공하는 동안에 얻어지는 밀도에 맞추어 시험시료를 만든다. 시험시료는 완전포화상태하에서 4일 동안 수침시킨다.

포화상태에서의 C.B.R 시험은 포장이 때때로 처해있는 상태에서 일어날 수 있는 조건을 예상하여 하는 것이다.

포장지반은 대략 3년 후에는 거의 완전포화에 도달하는 방향으로 된다. 또한 계절적 함수변화는 봄철과 같은 높은 함수를 가지고 있는 동안에 교통량을 받아들일 수 있도록 포화상태의 C.B.R 설계 값을 사용하도록 하여야 한다.

#### 2) 자갈질 재료

자갈질 재료 위에서 하는 C.B.R 시험은 해석하기가 어렵다. 시험실 C.B.R 시험은 종종 좁은 공간의 몰드내 자갈위에 하중봉이 있을 경우

대단히 높게 결과가 나온다.

자갈질 노상 재료에 대한 C.B.R 값의 크기는 경험과 판단을 기본으로 하는 것이 좋다.

<표 2-3>에서 주어진 내용은 자갈질 흙에 대한 설계 C.B.R 값을 선택할 수 있도록 참고자료로 제공한 것이다.

<표 2-3>에 없더라도 C.B.R 값의 단일 근거로서 사용되는 것중 안정처리 되지 않은 자갈질 노상토가 가질 수 있는 최대의 C.B.R 값은 50으로 한다.

### 3) 시험회수

설계 값으로 적정한 값을 얻기 위하여 필요로 하는 C.B.R 시험회수는 단순히 정할 수 없다. 현장에서 조우하는 여러 가지 토질조건은 필요로 하는 시험회수에 가장 큰 영향을 미친다.

각각 서로다른 주된 흙의 종류에 따라 시험할 수 있는 C.B.R 회수는 대략 세 번으로 할 필요가 있다. 최초 토질 조사는 얼마나 많은 서로 다른 흙의 종류가 있는지를 알아야 한다. 설계 C.B.R 값은 보수적인 값을 선택하여야 한다. 보통 포장 설계의 공학적 실제 값은 평균이하의 표준편차이다.

규칙적으로 3가지 설계 C.B.R 값 중 가장 낮은 실제 값으로 하여야 한다. 경우에 따라서는 노상 강도가 C.B.R = 3보다 낮은 곳에서 노상은 안정처리나 그밖의 방법을 통하여 개선하여 설계 C.B.R 값을 올려야 한다.

## 2.7.2 평판재하시험(Plate bearing test)

명칭에서 나타난 것처럼 평판재하시험은 포장 지반의 지지력 능력을 측정하는 것이다. K값의 결과는 포장지반의 단위 처짐량이 일어날 때 필요로 하는 압력으로서 이루어진다.

평판재하지지력 시험결과 K값은  $P/in^3$ ( $m^3$ 당 Mega-Newton)으로 나타낸다. 평판재하지지력 시험은 KSF 2310에 포함되어 있는 시험과정에 따라 수행하여야 한다.

### 1) 민감도

강성포장설계는 K값에 아주 민감하지는 않다. 확정된 K값에서의 오류는 강성포장의 설계 두께에 커다란 영향을 미치지 않는다.

평판재하 시험은 현장에서 반드시 이루어져야 하며 설계다짐과 함수비 조건이 시공에 반영된 시험단면에서 이루어지는 것이 최선이다. 물론 포화된 K값에 대한 수정은 시험시공 포장에 의하여 이루어지는 것으로

함수조건과 같게 하여 모의시험 하는 것이 필요하다.

## 2) 시험회수

평판재하지지력 시험을 수행하는 데는 비교적 고가이므로 시험회수는 설계값 내에서 제한적으로 수립하는 것이 좋다.

일반적으로 2 내지 3회 시험을 각각의 포장 형태의 특징에 대하여 수행하는 것이 좋다. 설계 K값은 보수적으로 선택하여야 한다.

## 3) 평판크기

강성포장 설계와 이 책 즉 권장안내서에 주어진 평가곡선은 직경 30in (762mm) 철판을 사용한 정적재하시험에 의하여 결정된 K값을 기본으로 한다. 적은 직경의 평판을 사용하는 것은 K값을 높일 수 있으므로 설계와 평가곡선도표에서는 직경 30in를 대표로 한다.

## 4) 보조기층영향

평판재하 시험은 노상층에서 이루어지며 그 결과로 보조기층에 미치는 영향을 계산하고 조정한다. <그림 2-4>는 주어진 노상층 K값보다 보조기층의 다양한 두께에 대한 K값 상승을 보여준다. 보조기층 위에서 이루어진 평판재하지지력 시험은 때로는 잘못된 결과가 나올 수 있는데 30in(762mm) 지지판 아래의 영향을 미치는 깊이가 항공기 착륙기어 전체로 재하된 슬라브 아래 영향의 깊이보다 크지 않기 때문이다.

이 경우에서 보조기층 층은 항공기로 재하된 포장의 반응보다 더 지지판의 반응에 영향을 미칠 수 있다.

## 5) 안정처리 보조기층

안정처리층에 대한 K값의 결정은 어려운 문제이다. K값은 일반적으로 통계적으로 예측한 값을 가진다. K값은 다음과 같이 통계적으로 예측한 값을 추천한다. 안정처리층의 두께는 좋은 입도의 쇄석 골재와 등가두께에 1.2에서부터 1.6까지의 범위내 계수를 곱하여야 한다.

1.2~1.6 범위 내에 있는 실제 값은 안정처리층의 품질을 기본으로 하여야 하며, 슬라브의 두께는 안정처리층 두께와 관련이 있다.

높은 품질의 재료는 안정판의 높은 비율을 가지고 안정되며 낮은 품질 안정처리 재료 보다 큰 등가계수로 주어야 한다. 주어진 강성포장 두께에 대하여 보다 두꺼운 안정 처리층은 얇은 안정처리층 보다 더 포장성능에 영향을 미치므로 보다 높은 등가 계수로 주어야 한다.

## 6) 최대 K값

어떠한 포장지반에서도 500LBS = 파운드/in<sup>3</sup> 의 설계 K값보다 크지 않

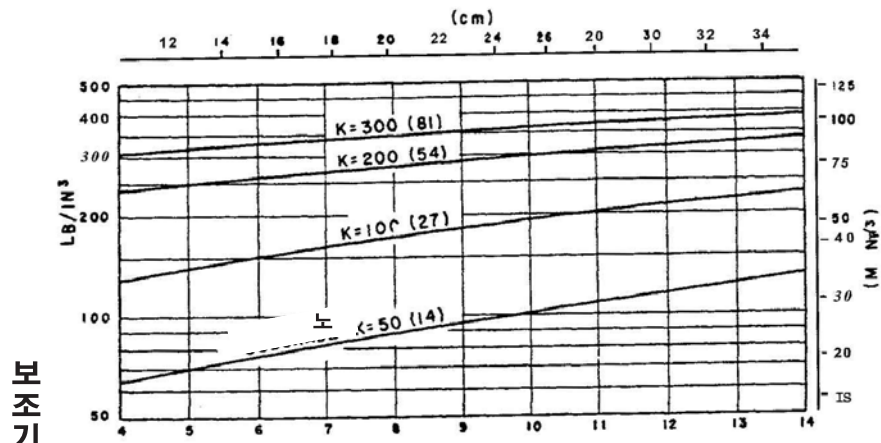
아야 한다.

<표 2-3>에 주어진 내용은 일반적으로 여러 가지 토질 형태에 대하여 쓸 수 있는 K값으로 지침을 주었다.

2.7.3 추가토질강도시험

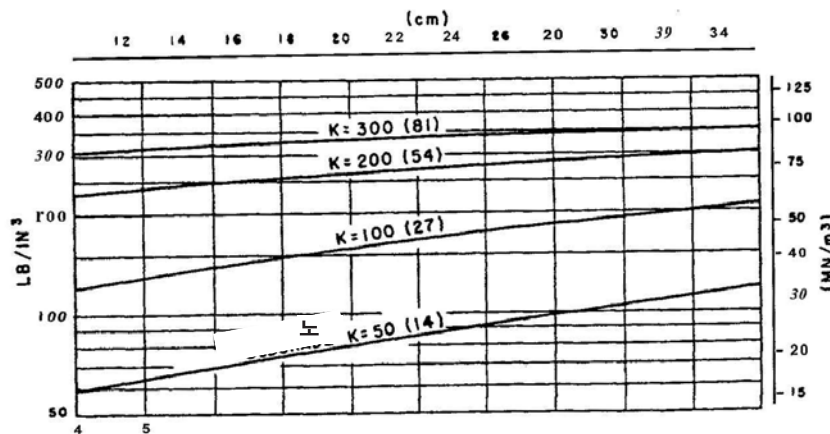
하부단면의 안정에 문제가 있다고 생각되는 곳에서는 추가로 토질강도 시험이 필요할 때도 있다.

직접전단시험(KSF 2343) 혹은 현장 밴 시험(KSF 2342) 등은 충분한 포장 구조 설계를 위하여 요구되기도 한다.



입도가 좋은 쇄석골재

보조기층  
상부에서의  
k 값



준설 모래 또는 자갈(P.I < 6)

<그림 2-4> 노상상태에 따른 보조기층의 영향

## 2.8 노상안정처리

노상안정처리는 만약 하나 또는 그 이상으로 아래와 같은 상태라면 숙고하여야 한다 : 배수불량, 불리한 표면배수, 동해 혹은 튼튼한 작업장을 필요로 할 때 등등, 노상안정처리는 물리적 방법에 의하거나 화학제품의 추가를 통하여 이루어져야 한다.

### 2.8.1 화학적 안정처리

서로 다른 흙의 상태(지반조건)는 최선의 결과를 얻기 위하여 안정처리를 화학약품으로 필요로 한다.

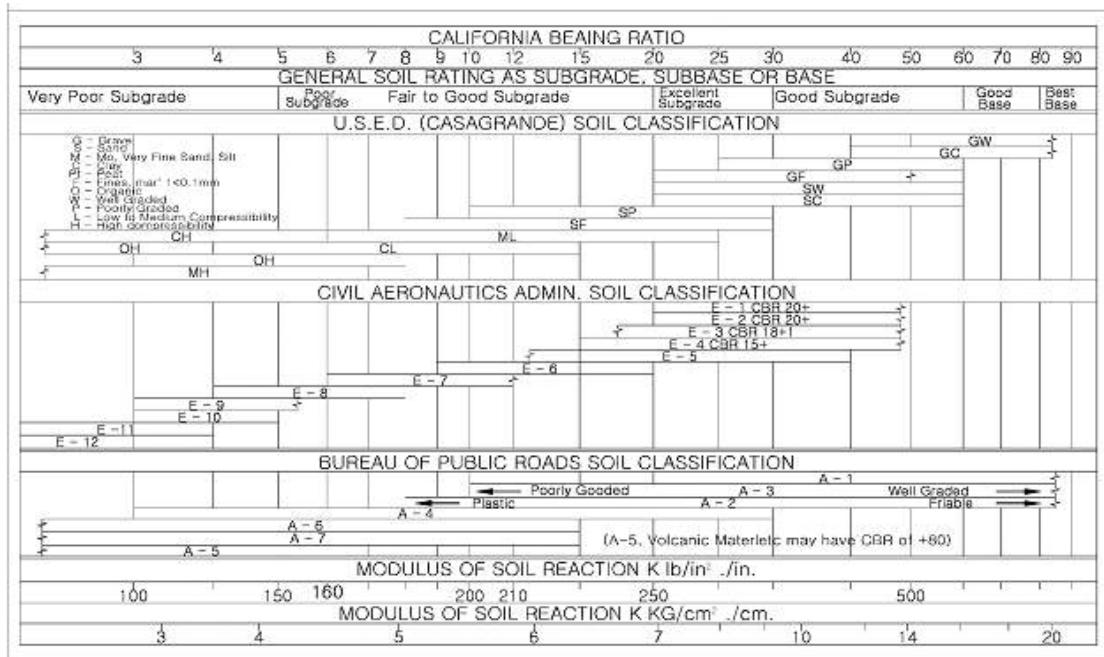
화학적 안정처리 방안은 환경적으로 유해사항이 없어야 하며 이론적 근거와 시공사례가 확인된 공법을 비교검토 선정하여야 한다.

### 2.8.2 물리적 안정처리

경우에 따라서 노상은 화학약품의 추가 사용으로도 충분하게 안정되지 않는다. 하부층 토질이 대단히 약하면 안정 처리된 재료가 약한 연약토가 되지 않기 위하여 하부층 흙에 혼합되고 다져지지 않는다.

대단히 약한 흙 위에 포장을 시공하기 위하여는 버팀보강 연결이 필요하다. 버팀보강 연결은 작은 암석이나 막자갈층을 두껍게 하여 달성할 수 있다. 또한 저품질 다공성 콘크리트의 두꺼운 층은 아주 약한 연약토를 버틸 수 있도록 사용한다.

지오택스타일(Geotextiles : 지반보강용섬유)은 연약토나 세립토 위에 물리적 안정처리용으로서 고려해 넣어야 한다. 지오택스타일은 연약토층 위에서 현장에 접근하는 것을 용이하게 하며 건설장비 운행에 따라 일어나는 노상흙의 교란을 감소시키기도 한다. 지오택스타일은 또한 하부층 세립토가 상부층과 결합되어 나쁜 영향을 주며 그에 따라 포장골재가 장기간에 걸쳐 연약화 되는 것을 분산하는 재료로서의 기능을 한다. 지오택스타일을 사용하여 연약토 위에서 시공하는 것과 관련된 더 많은 내용은 별도의 연약지반처리에 관한 기술자료를 참고토록 한다.



<그림 2-5> 토질분류에 따른 노상반력계수 비교표

2.9 동해(凍害)대책

계절적으로 동해가 예상되는 지역에 대한 포장설계에서는 특별한 주의가 요구된다. 동해에 대한 부정적인 영향은 동상에 따른 불규칙한 용기 또는 해빙기의 토질강도 저하현상이 대표적이다.

다른 동해에 의한 피해로는 다짐의 손실, 포장굴곡의 발달, 배수의 제한, 포장표면의 균열 및 변형 등이 있다.

동해를 일으키는 원인은 우선, 동상을 일으키기 쉬운 토양이 존재하고 둘째로, 동상성 토질에 동결온도가 관입하며, 마지막으로 얼음결정(Ice Lens)을 형성할 수 있는 충분한 양의 수분이 토질내에 존재하는 상황이 동시에 만족할 경우 발생한다.

2.9.1 동결심도

1) 개 요

포장구조는 동결작용에 의한 피해를 받지 않도록 동결심도를 고려한 포장두께의 산정이 필요하며, 이를 위하여 2003년 국토교통부에서 최근 30년간 기상측후소에서 관측된 기상자료를 토대로 만들어진 「도로포장 설계·시공지침 개정(안)」과, 미 공병단의 「동결에 대비한 포장두께 설계 방법」을 검토한 결과, 본 설계에서는 동결지수와 직접적인 함수관계가 있어 보편적으로 사용하고 있는 노상동결 관입 허용 법을 적용한다.

2) 동결에 대비한 포장두께 설계방법

구 분	특 징
완전방지법	• 동결작용에 의한 표면변위량을 제거하기 위하여 충분한 두께의 비동결성층을 설치하는 것으로 노상의 동결을 일부 허용하는 노상동결 관입허용법 및 감소 노상 강도법에 비해 비경제적이므로 특수한 경우에만 적용함
노상동결 관입허용법	• 동결이 노상내에 어느 정도 관입되어도 동상으로 인한 증가량이 포장 파괴를 일으키지 않는 한도내에서 노상동결을 허용하는 방법으로 보편적으로 적용
감소노상 강도법	• 해빙기간중에 일어나는 노상강도의 감소를 근거로하여 동결에 대비한 포장두께를 결정하는 것으로 노상토가 균질하고 평지인 경우에 적합

3) 수정동결지수 산정

- 수정동결지수의 지역적인 특성을 고려하여 각지역 측후소의 자료를 이용하여 총 3개 구역으로 동결지수 선정
- 동결지수는 국토교통부에서 작성한 좌표별 전국동결 수정동결지수 (국토교통부 2004. 1. 14등록)를 적용
- 수정동결지수 산정식

$$\text{수정동결지수} = \text{동결지수} \pm 0.5 \times \text{동결기간} \times \frac{\text{표고차}}{100}$$

$$\text{표 고 차} = \text{설계노선 최대 표고(m)} - \text{측후소 지반고(m)}$$

동결심도 산정 ( $^{\circ}\text{C} \times \text{일} \rightarrow ^{\circ}\text{F} \times \text{일}$ )

좌표별 동결지수 ( $^{\circ}\text{C} \times \text{일}$ )  $\times 9/5 =$  동결지수 ( $^{\circ}\text{F} \times \text{일}$ )

4) 동결심도 산정결과

구 분	동결심도 산정방법
완전 방지법	<ul style="list-style-type: none"> <li>완전방지법은 동결작용으로 인한 포장표면 변형을 완전히 방지하기 위한 방법으로, 동결심도는 수정 Berggren식에 의거하여 작성한 도표로부터 산정</li> </ul>
노상동결 관입 허용법	<ul style="list-style-type: none"> <li>노상동결 관입 허용법은 동결이 노상내에 어느정도 관입되어 동상으로 인한 피해가 포장파괴를 일으키지 않는 한도내에서 노상동결을 허용하는 방법으로 표층 두께 P를 30cm로 가정하여 도표로부터 총두께(b)를 산정</li> <li>동결관입깊이(a) = 표층(p) + 비동상재료층 두께(c)</li> </ul>

·수정 동결지수 예시

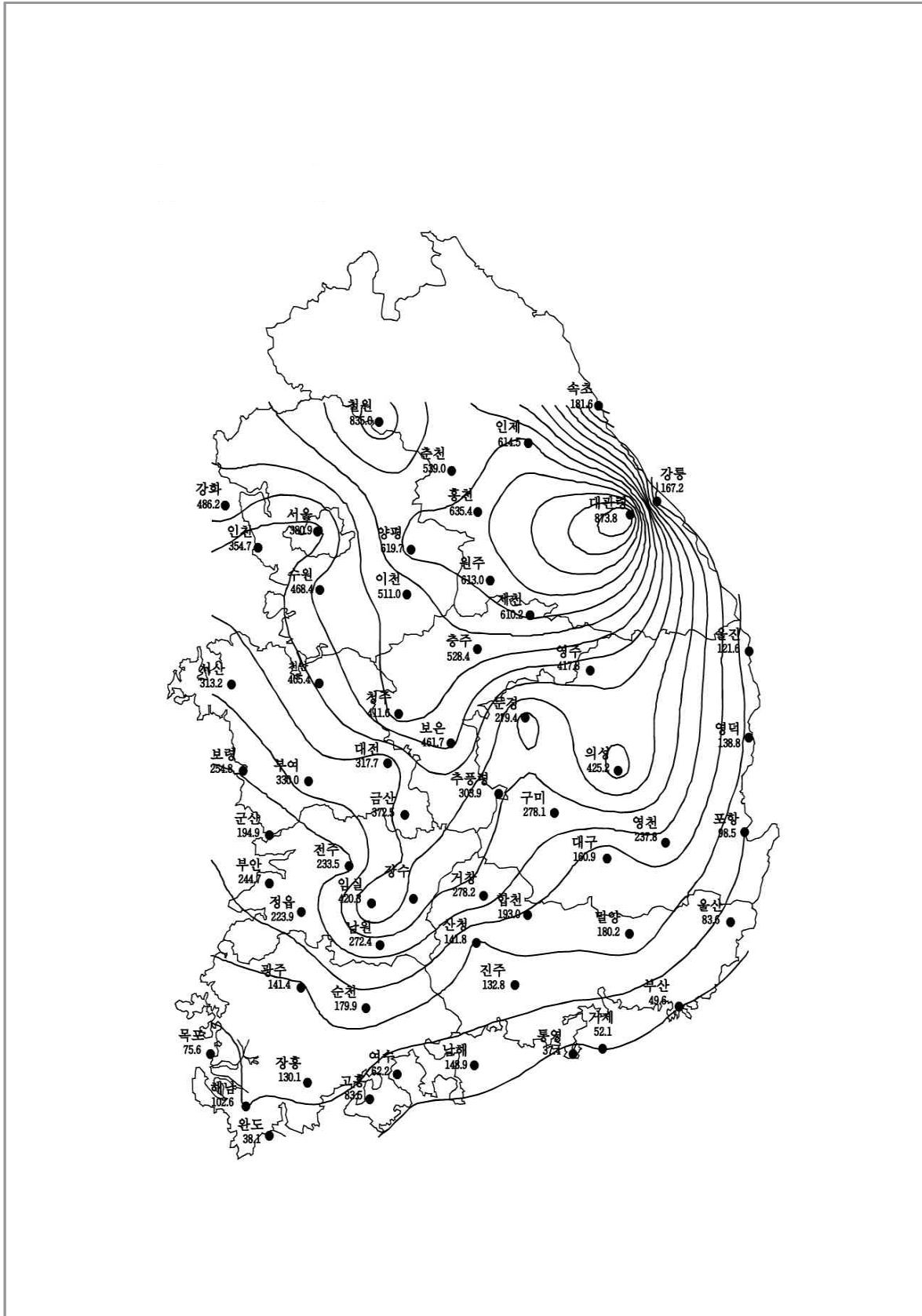
적용측후소	지반고 (m)	최대 계획고 (m)	동결지수 ( $^{\circ}\text{C} \times \text{일}$ )	동결기간 (일)	수정동결지수 ( $^{\circ}\text{F} \times \text{일}$ )
수원	36.9	158.4	468.4	79	929.5

·동결심도 산정 예시

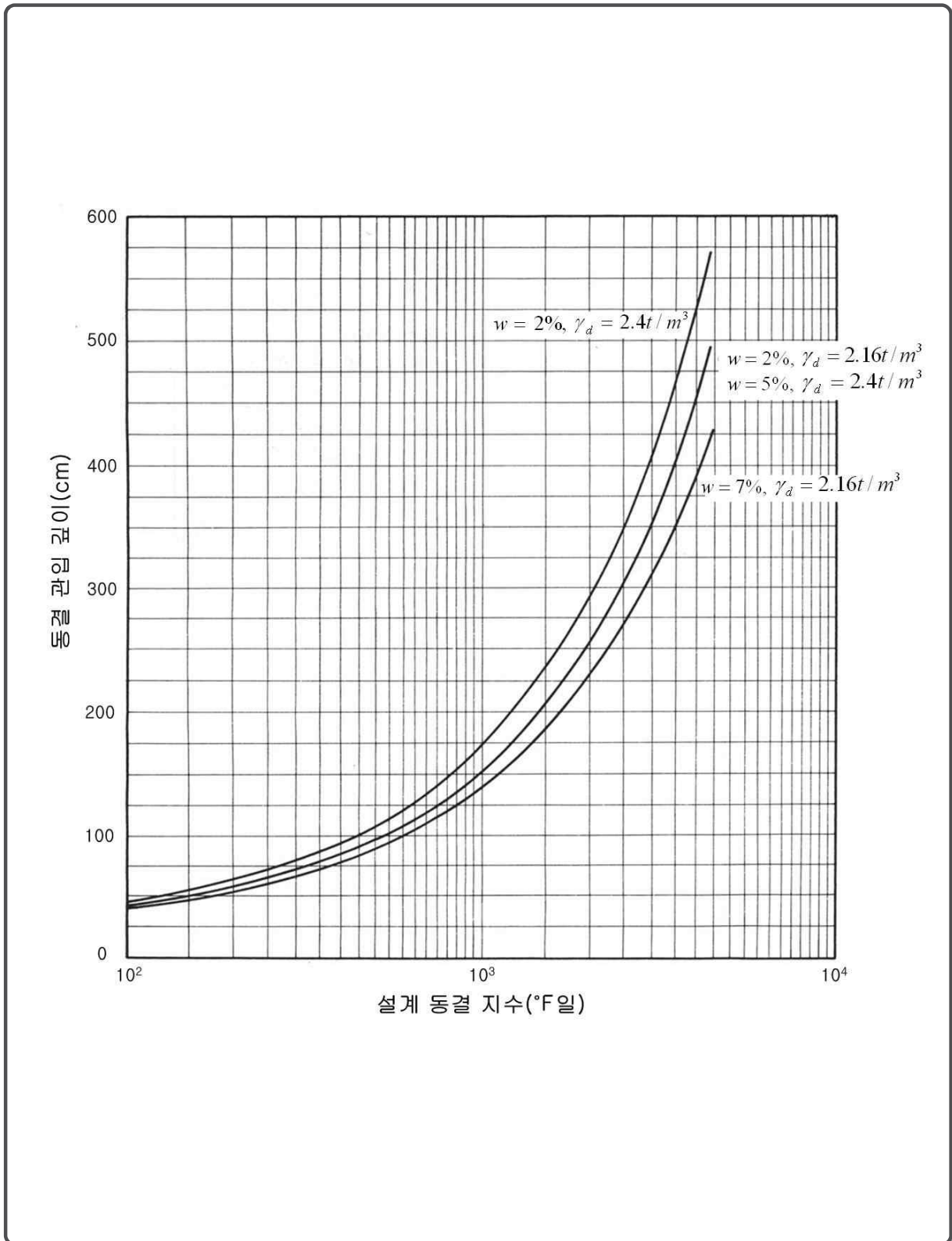
완전방지법 (a)	노상동결 관입 허용법(cm)				적용 (cm)	비고
	p	c(a-p)	b	p+b		
133.2	30	103.2	69.4	99.4	100	

<표 2-4> 측후소 및 농업 기상관측분실 동결지수 및 동결기간 현황

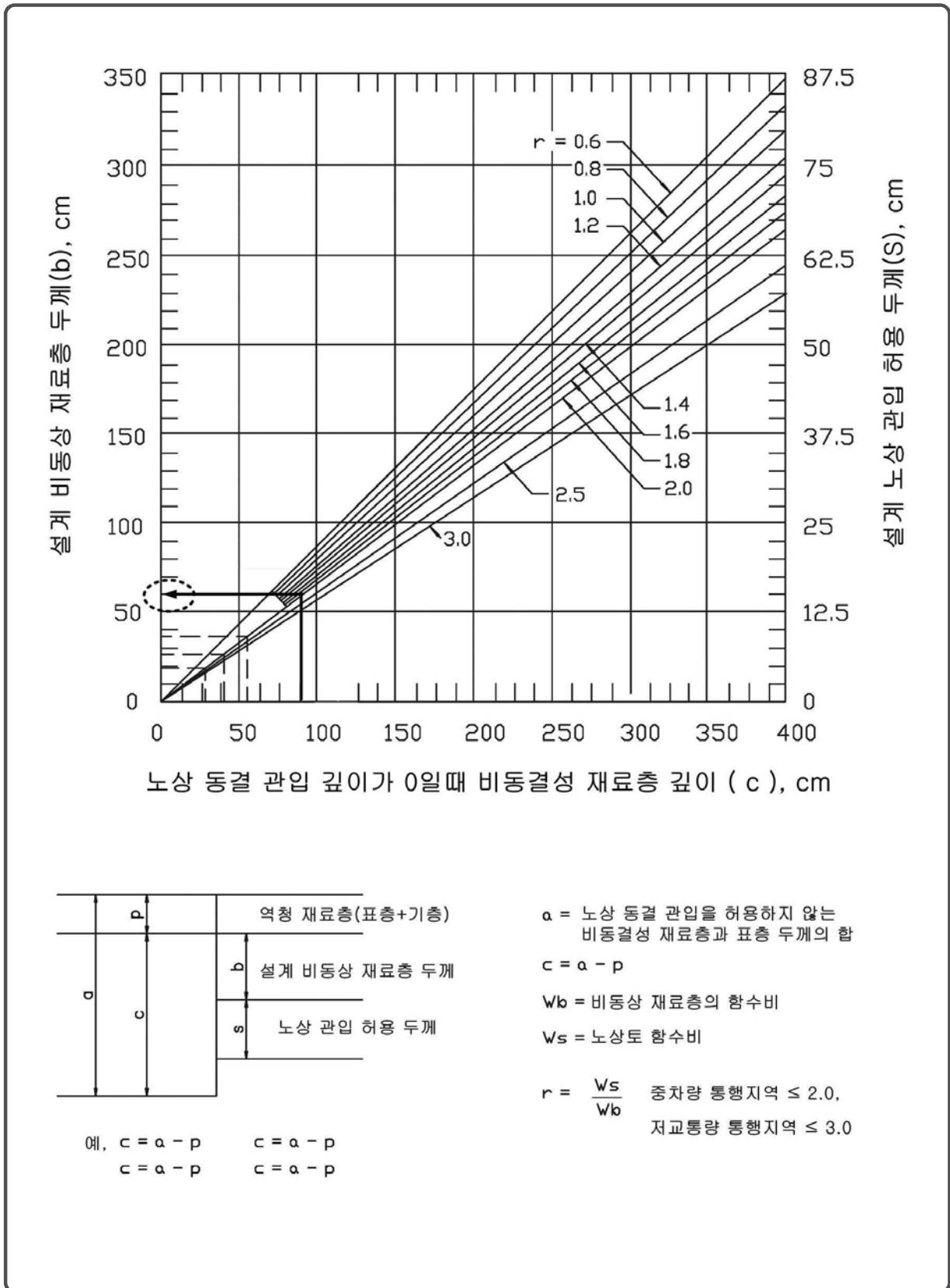
측 후 소	지반고 (m)	동결지수 (°C/일)	동결 기간	측후소	지반고 (m)	동결지수 (°C/일)	동결 기간
속 초	17.6	181.6	66	합천	32.1	193.0	62
대 관 령	842.0	873.8	127	거창	224.9	278.2	74
춘 천	74.0	539.0	92	영천	91.3	237.8	64
강 령	26.0	167.2	57	구미	45.5	278.1	76
서 울	85.5	380.9	80	의성	73.0	425.2	78
인 천	68.9	354.7	78	영덕	40.5	138.8	57
원 주	149.8	613.0	94	문경	172.1	279.4	55
울 령 도	221.1	129.3	32	영주	208.0	417.8	77
수 원	36.9	468.4	79	성산포	17.5	0.0	0
충 주	69.4	528.4	89	고흥	60.0	83.5	49
서 산	26.4	313.2	76	해남	22.1	102.6	49
울 진	49.5	121.6	57	장흥	43.0	130.1	52
청 주	59.0	411.6	78	순천	74.0	179.9	64
대 전	67.2	317.7	68	남원	89.6	272.4	67
추 풍 령	245.9	303.9	78	정읍	40.5	223.9	61
포 향	2.5	98.5	52	임실	244.0	420.3	86
군 산	26.3	194.9	61	부안	7.0	244.7	61
대 구	57.8	160.9	54	금산	170.7	372.5	77
전 주	51.2	233.5	61	부여	16.0	330.0	74
울 산	31.5	83.6	46	보령	15.1	254.8	76
광 주	73.9	141.4	55	천안	24.5	405.4	78
부 산	69.2	49.6	27	보은	170.0	461.7	76
통 영	25.0	37.4	27	제천	264.4	610.2	91
목 포	36.5	75.6	33	홍천	141.0	635.4	98
여 수	67.0	62.2	31	인제	199.7	614.5	91
완 도	37.5	38.1	26	이천	68.5	511.0	89
제 주	22.0	4.1	3	양평	49.0	619.7	91
남 해	49.8	148.9	38	강화	46.4	486.2	89
거 제	41.5	52.1	39	진주	21.5	132.8	51
산 청	141.8	141.8	49	서귀포	51.9	0.0	0
밀 양	12.5	180.2	62	철원	154.9	685.0	109



<그림 2-6> 대기 동결지수 도표



<그림 2-7> 동결관입깊이와 설계 동결지수 상관 도표



<그림 2-8> 노상동결관입허용법에 의한 설계비동결성 재료층 두께 결정 도표

## 제 3 장 설 계 조 건

## 제 3 장 설 계 조 건

### 3.1 포장 형성에 영향을 미치는 요소

3.1.1 비행장포장은 복합적인 구조 시스템이며 이들의 형성은 다양한 종류의 변수에 달려 있다. 이들 요소는 세 개의 그룹으로 구분될 수 있으며 <표 3-1>에 나열되어 있다.

3.1.2 가장 중요한 요소는 재하된 하중에 관련된 것들이다. 하중 요소는 주로 항공기 혼합율에 따른 비행기의 크기와 운항회수에 달려있다. 더 크고 중량급인 항공기의 도입으로 비행장포장의 형성에 지대한 영향을 끼치는 차륜 하중, 기어 배치, 타이어 압력 및 다른 하중 요소들이 매우 다양하게 변화된다. 포장의 형성은 특히 하중의 빈도에 민감하다. 교통의 통로화가 되거나 집중됨으로 해서 반복 하중이 가해지는 지역은 그러한 하중으로부터의 응력을 수용할 수 있도록 설계되어야 한다.

<표 3-1> 포장 형성에 영향을 미치는 설계요소

구 분	내 용
하중요소	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 항공기 총하중</li> <li>· 차륜 하중</li> <li>· 타이어 접지 압력</li> <li>· 운항 회수</li> <li>· 하중 적용 기간</li> <li>· 하중 배치의 측면 분산</li> <li>· 하중 형태(정지 또는 이동)</li> </ul>
환경요소	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 강수(특히 강우)의 합과 분포</li> <li>· 주변 온도</li> <li>· 항공기 후풍과 분사열</li> <li>· 연료 누유</li> </ul>
구조설계요소	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 포장 층의 수, 두께 및 종류</li> <li>· 재료의 강도</li> </ul>

3.1.3 포장의 형성에 영향을 끼치는 환경요소는 다음을 포함한다.

- 1) 포장의 약화와 포장펌핑 및 동결현상을 일으키는 강우량과 강도(Intensity) 분산
- 2) 콘크리트 슬래브의 과도한 팽창과 아스팔트 블리딩의 원인이 될 수 있는 주변 온도
- 3) 제트 분사, 분사열 및 연료 누유와 같은 항공기로 인하여 발생된 요소
- 4) 노상토의 종류

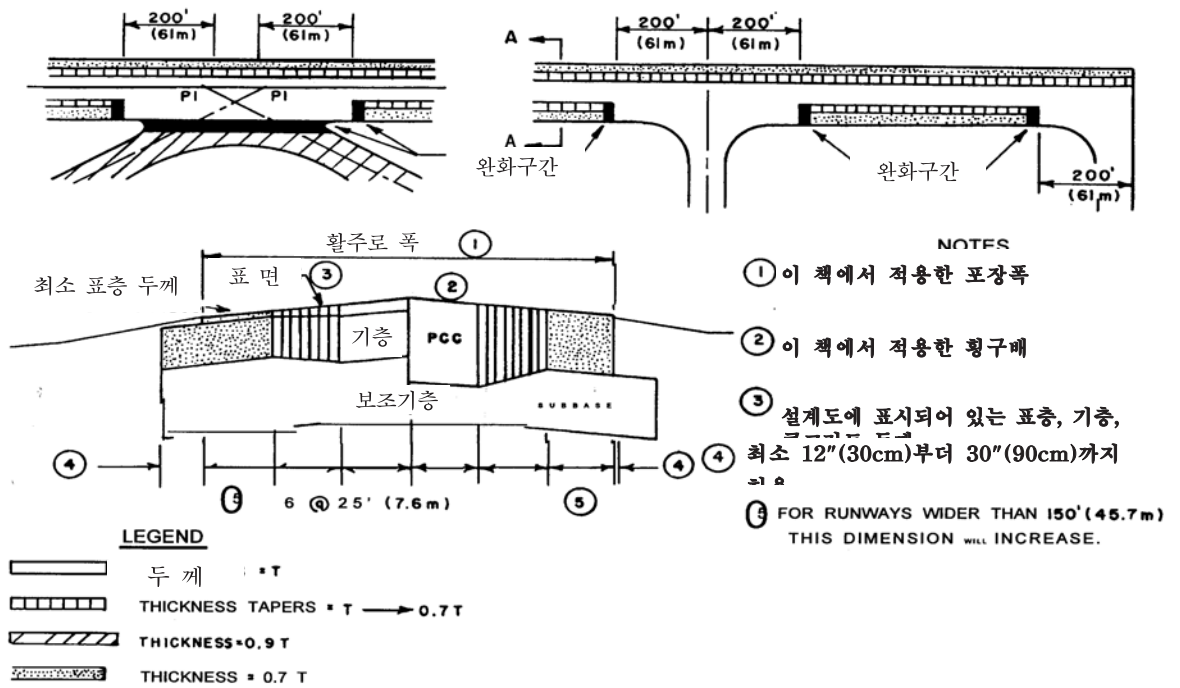
3.1.4 포장의 형성은 그 구조적 설계에 직접적으로 연관된다. 구조 설계는 포장 재료의 상태 특성과 강도 및 포장층의 수와 두께를 포함하여 다양하다. 또한 서비스 조건하의 형성이 시공 기술의 품질과 서비스 기간동안의 유지 보수의 적정성에 의존한다는 것이 명백하다. 그러므로 시공 도중의 품질 관리에 있어서 발생 가능한 부적절성을 허용하기 위하여 안정적으로 만들어야만 하며 유지 보수 예상 수준의 영향을 고려하여야 한다.

포장에서 대대적인 파괴는 매우 드물게 일어나는 편이며 점진적으로 마모되고 시간이 지남에 따라 그 서비스 품질에 손상을 입게 된다.

## 3.2 구역별 포장단면 변화

3.2.1 일반적으로 과거 비행장 포장은 주 유도로나 활주로 말단과 같은 가장 임계적인 구역을 기준으로 동일하게 건설되었다. 그러나 공항의 포장구역은 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 포장두께 변화를 적용함으로써 효율적이고도 경제적인 시공계획이 되도록 한다. 비행장포장에 적용하고 있는 포장구역별 단면변화의 예는 다음과 같으며 이에 대한 각 규정의 기준은 <표 3-2>와 같다.

3.2.2 활주로 종단지역이나 계류장 및 평행유도로와 같이 교통이 집중되는 곳은 최대두께로 설계하여 중하중을 지지하도록 하고, 활주로 바깥쪽과 과주로·갓길 등은 항공기 운항이 드문 지역이므로 최소치를 채택하여 경제적으로 건설한다. 활주로 중앙부 안쪽과 고속탈출 유도로는 보통 고속으로 운항하여 양력을 받으므로 포장두께는 중간 값을 적용하여야 한다.



<그림 3-1> 활주로 포장의 대표 평면과 단면

<표 3-2> 구역별 포장 두께 기준

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

ICAO : International Civil Aviation Organization(국제민간항공기구), Design Manual Part 3, 그림4-11

FAA : Federal Aviation Administration(미국 연방항공청), AC 150/5320-6D, 그림3-1

AFM : Air Force Manual(미국 공군교범), AFJMAN 32-1014, 그림3-2

AI : Asphalt Institute(미국 아스팔트협회), AI Manual Series No.11

일본 운수성 : 운수성 항공국 감수, 공항포장구조설계요령, 그림3-2, 4-3

3) 총 포장두께는 교통분산과 하중의 특성, 특히 실제 포장 하중을 경감시키는 항공기의 공기 역학적 특성에 영향을 받는다. 포장 두께는 구역별로 다음과 같이 구분 적용한다.

가) 포장의 전 두께 T는 출발 항공기가 포장을 사용하는 곳에 적용하여야 한다.

나) 포장 두께의 0.9T는 고속 회전 탈출 유도로(tune-off)와 같은 도착 항공기가 이용하는 포장 구간에 적용한다.

다) 포장 두께 0.7T는 활주로의 외측 단부와 같은 교통량이 적은 곳에 적용할 수 있다.

4) 그러나 이러한 기준은 일반적인 표준을 나타낸 것으로서 실제 적용하고자 하는 공항의 지역여건, 지반상태, 취항하는 항공기의 특성, 포장지역의 기능 등 각각의 상황에 따라 조정의 여지가 있으며 실정에 적합하도록 검토하여야 한다.

### 3.3 항공기 하중조건 및 운항횟수

#### 3.3.1 항공기 하중조건

##### 1) 하중

포장설계방법은 항공기의 총중량(gross weight)에 근거한다. 포장체는 예상되는 가장 무거운 이륙중량에 근거하여 설계되어야 하는데, 설계시 총중량의 95%가 메인기어에 전달되고 5%는 노우즈기어에 전달되는 것으로 간주한다.

##### 2) 랜딩기어 형태

항공기 기어형식 및 배치는 항공기의 하중분산에 영향을 미치며 포장체가 어떻게 항공기 하중에 반응하는지에 관련이 있다.

따라서 항공기 랜딩기어 형식에 따른 각각의 가정사항을 고려하여 각종 변수를 줄이고 통일된 사용을 할 수 있도록 설계 그래프가 고안되었다. 기어 형식에 따른 가정 사항은 다음과 같이 한다.

가) 단차륜(Single Wheel) 항공기 : 별도의 가정사항 없음

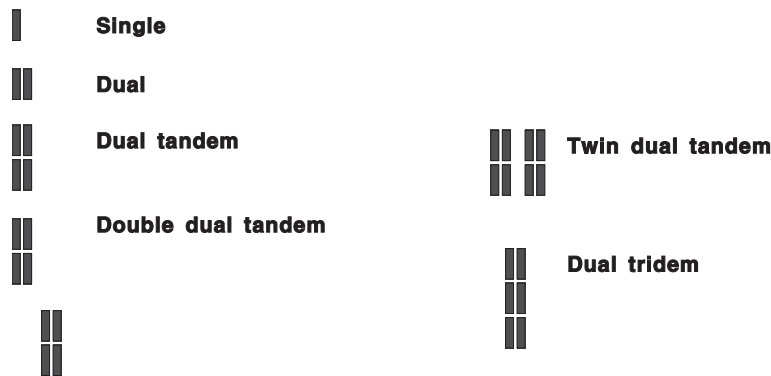
나) 듀얼휠(Dual Wheel) 항공기 : 경량 항공기의 경우 타이어 중심선간 간격이 0.51m(20inch)이며, 중량 항공기의 경우 타이어 중심선간 간격이 0.86m(34inch)임

다) 듀얼탄뎀(Dual Tandem) 기어 항공기 : 경량 항공기의 경우 Dual Wheel의 간격은 0.51m(20inch), Tandem의 간격은 1.14m(45inch)이며, 중량 항공기의 경우 Dual Wheel의 간격은 0.76m(30inch), Tandem의 간격은 1.40m(55inch)임

라) 광폭(Wide Body) 항공기 : B-747, B767, DC-10, L-1011과 같이 넓은 간격의 Dual Tandem 기어 구조를 갖는 항공기는 일반적인 Dual Tandem 기어 항공기와 기어의 구조 및 배치가 상이하므로 별도의 설계그래프로 축하중에 대한 영향을 설명함

마) 트리플듀얼탄뎀(Triple Dual Tandem) 기어 항공기 : B-777 및 A-380과 같은 항공기는 이중의 바퀴가 3열로 배열된 기어형식을 갖음. 이러한 항공기가 포함된 포장체의 설계는 별도의 방법으로 시행함

바) 항공기제작사는 항공기의 총중량이 증가함에 따른 포장에 대한 영향을 최소화 위하여 항공기의 기어형식을 여러 가지 구조로 개발하여 왔다. 이를 분류해 보면 다음 아래의 그림과 같으며, 조종석 근처에 배치된 기어를 노스기어(Nose Gear)하며, 항공기 중량의 5-10%를 분담하고, 항공기동체의 중간부분에 배치되어 중량 90-95%를 분담하는 기어를 메인기어(Main Gear)라고 한다.



<그림 3-2> 메인기어의 배치형식

3) 타이어 압력

기어형식 및 항공기 총중량에 따라 타이어 압력은 515 ~ 1,380KPa(75 ~ 200psi)로 변한다. 타이어 압력은 총하중이 증가하는 것처럼 포장체에 미치는 영향은 심각하지 않으며 최대 1,380KPa(200psi)의 조건은 다른 변수들이 제한값을 초과하지 않고 고내구성의 표층이 사용되었을 경우 초과되어도 안전할 수 있다.

3.3.2 항공기 연간 이륙 운항횟수

- 1) 포장설계에는 항공기 혼합율에 따른 항공기 등급별 연간 이륙회수 예측이 필요하다. 연간이륙횟수는 각 항공기 등급별 혼합율 및 이륙횟수로 표현되어야 하며 총 이륙횟수는 총 운항횟수의 1/2로 계산한다 .
- 2) 항공기 등급별 연간운항횟수의 산출은 포장의 공용기간을 20년으로 설정하며, 항공수요 예측을 통하여 20년간 총 누적 항공기운항횟수를 산출하고 연평균 항공기 운항횟수 및 설계시 고려되는 평균 연간 출발횟수를 산출하여야 한다.

- 3) 항공기 운항회수의 환산기준이 되는 설계 항공기의 선정은 장래수요예측에 의한 포장공용기간 중의 혼합율을 근거로 대상항공기의 분배된 연간 이륙횟수에 대하여 가장 큰 포장두께를 갖는 항공기를 설계항공기로 선정하여야 한다.
- 4) 포장설계시 대상공항에 취항하게 될 여러 종류의 항공기 각각에 대한 축하중의 누적되는 영향을 고려하기 위하여 취항하는 모든 대상기종을 설계항공기의 등가연간 이륙 운항횟수로 환산한다. 설계항공기로의 환산 방법은 기어형식에 따른 기종별 등가환산계수를 적용하여 운항횟수를 조정한 후 대상기종과 설계항공기의 단차륜 하중(wheel load)에 대한 하중비를 반영하여야 한다.
- 5) 등가이륙횟수의 환산
  - 가) 항공 교통 분석의 규정된 절차에 의하여 설계 항공기의 이륙 횟수를 찾을 수 있다. 이러한 절차에는 포장 내용 연수에 대한 항공기 형태별 연평균 이륙 횟수와 예상되는 이용 특성에 대한 예측이 필요하게 된다. 각 항공기 형태별 최대 총 이륙 중량과 착륙 기어의 배치 등의 자료가 필요하다. 각 항공기의 윤택중은 95%의 하중을 주 착륙 기어에 배분하여 정한다.
  - 나) 각 항공기의 예측 연간 이륙 횟수에 등가 계수(Equivalency Factors)를 곱하여 모든 형태의 항공기를 설계 항공기의 기어 형태로 변환시킨다. 기어 형태별로 환산하기 위한 계수는 <표 3-2>를 기준으로 한다.

<표 3-3> 기어 형태별의 환산계수

전환하고자 하는 기어형태	설계항공기 기어형태	환산 계수
단차륜(S)	듀얼 휠(D)	0.8
단차륜(S)	듀얼 탄뎀(DT)	0.5
듀얼 휠(D)	듀얼 탄뎀(DT)	0.6
더블 듀얼 탄뎀(D.D.T)	듀얼 탄뎀(DT)	1.0
듀얼 탄뎀(D.T)	단차륜(S)	2.0
듀얼 탄뎀(D.T)	듀얼 휠(D)	1.7
듀얼 휠(D)	단차륜(S)	1.3
더블 듀얼 탄뎀(D.D.T)	듀얼 휠(D)	1.7

주 : 광폭(wide-body) 항공기의 윤택중은 각 항공기종을 136,077kg (300,000lb)인 듀얼 탄뎀 항공기로 간주하여 계산한다.

다) 항공기를 동일한 착륙 기어 형식으로 변환시킨 후, 이를 다음 식에 따라서 설계 항공기의 등가 연간 출발 횟수로 산출한다.

$$\log R_1 = \log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{2}}$$

여기서, R1 = 설계항공기로의 환산 등가 이륙 횟수

R2 = 설계 항공기의 기어 형태로 환산한 이륙횟수

W1 = 설계 항공기의 유헨중

W2 = 변환대상 항공기의 유헨중

6) 설계항공기의 선정

가) 연간 등가이륙횟수의 환산 기준이 되는 설계 항공기의 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 설계 항공기별 슬래브의 두께를 산정하고 이들 두께 중 가장 큰 두께를 필요로 하는 기종을 설계 항공기로 선정한다.

설계항공기가 반드시 가장 무거운 항공기일 필요는 없다.

7) 설계항공기의 선정의 예

가) 특정공항의 기종별 운항회수(20년간)

기 종	연간 항공기운항회수(출발+도착)				년 평 균 출발회수	최 대 이륙중량 (kg)	주 각 의 배치형식
	2001	2005	2010	2020			
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
B777-200	112	203	363	781	① 198	286,900	Dual Tridem
A300-600R	15,698	19,195	26,166	32,552	12,356	170,500	Dual Tandem
B767-300	9,305	10,902	14,142	17,849	6,827	156,490	Dual Tandem
MD-82	1,731	1,614	2,086	1,827	929	67,813	Dual
MD-11	88	133	222	311	103	283,727	Dual Tandem
B737-400	11,076	12,508	15,644	17,055	7,321	62,820	Dual
F-100	346	403	-	-	② 72	44,420	Dual
합 계	38,356	44,958	58,623	70,375	27,806		Dual

(주) ① [(112+203)÷2×5+(203+363)÷2×5+(363+781)÷2×10]÷20÷2=198

② [(346+403)÷2×5+(403+0)÷2×5]÷2×10]÷20÷2=72

위의 표에서 1열부터 5열까지는 운항회수 산출에서 구해진다. 설계기종을 선정하기 위하여 위 표에서 6열부터 8열까지를 구한다. FAA 설계법에서 포장단면을 결정하는 방법(도표)은 20년간의 연간 평균 출발회수를 기준하므로 20년간의 기종별 운항회수 합계를 20으로 나누고 운항회수(출발+도착)를 2로 나누어 20년간의 기종별 연간 출발회수를 구한다. 이 기종별 연간 출발회수를 기준하여 각 항공기별 설계도표에서 포장단면을 구하고, 이 중에서 가장 큰 포장두께를 요구하는 기종을 설계기종으로 선정한다. 각 기종별로 포장단면은 산출하면 A300-600R에 의한 포장단면이 가장 크므로 A30-600R이 설계기종으로 선정

### 3.4 포장용 콘크리트의 휨강도

콘크리트 휨 강도는 콘크리트 공시체를 제작하여 시험결과에 의하여 구하게 되는데 강도를 지배하는 주요인자는 물-시멘트비이다.

비행장포장 설계에서 콘크리트의 휨강도는 재령 90일 강도를 기준으로 하고 있으며 일반적으로  $45\text{kg}/\text{cm}^2$ 을 설계기준 강도로 정한다. 참고로 일본에서는  $50\text{kg}/\text{cm}^2$ 을 기준으로 정하고 있는 바, 포장의 중요도가 높고 품질관리체계가 갖추어진다는 전제하에  $50\text{kg}/\text{cm}^2$ 를 고려할 수 있다.

### 3.5 기층 및 보조기층의 안정처리

#### 3.5.1 아스팔트포장

- 1) 항공기 총 중량이 45,359kg(100,000 lbs) 이상인 제트항공기를 위한 신설 포장에서는 골재기층 및 보조기층에 대하여 안정처리를 하여야 하며, 제시된 계수를 사용하여 포장두께를 조정하여야 한다.
- 2) 골재기층 및 보조기층을 안정처리층으로 환산을 할 경우 안정처리층의 시공여건 및 노상의 응력분포 등을 고려하여야 한다. 이렇게 안정처리하여 포장단면을 줄이더라도 환산된 포장두께는 설계도표에서의 CBR 20에 의한 총 포장두께보다 작아서는 안된다. 또한 안정처리된 보조기층 상부에는 안정처리가 되지 않은 골재기층이 놓일 수가 없다.
- 3) 입상기층 및 보조기층의 안정처리층에 대한 환산은 등가환산 계수를 선정하여 해당 골재층의 두께를 나누어서 포장 두께를 줄여준다.

보조기층에 대한 등가환산계수는 CBR 20의 일반적인 입상 보조기층재를 기준으로 하여 선정된 것이고, 기층에 대한 등가환산계수는 CBR 80의 쇄석골재로 된 기층재를 기준으로 하여 선정된 것이다.

### 3.5.2 콘크리트포장

콘크리트포장 하부의 보조기층의 목적은 슬래브의 균등한 지지력을 제공하기 위한 것으로 최소 4in(10cm)의 보조기층이 필요하다. 보조기층을 4in(10cm)이상으로 증가시킴으로써 지지력계수를 증가시켜 콘크리트 슬래브의 두께를 줄일 수 있다. 신설되는 콘크리트포장 하부의 보조기층은 아스팔트포장과 같이 100,000lbs 이상의 하중을 가진 항공기포장에 대해서는 안정처리층을 사용하여야 한다.

### 3.6 갓길 및 방진패드의 포장

- 1) 활주로 갓길, 유도로 갓길과 방진 패드의 두께는 활주로 포장 설계에서 설정한 설계항공기가 수시 통과와 구조 차량 및 유지 보수 차량의 설계 축하중을 수용할 수 있어야 한다. 설계 항공기를 수용할 갓길과 방진 패드의 최소 두께는 본포장 구역에 소요되는 총 두께의 반으로 할 수 있다. 이 구역에서 사용될 것으로 예상되는 구조 차량과 유지 보수 차량의 가장 큰 임계 축하중에 의한 두께도 계산하여야 한다. 이 두께를 비교하여 큰 것을 설계 두께로 선택하여야 한다.
- 2) 아스팔트 안정처리 기층 위에는 아스팔트 표층의 최소 두께를 5cm로 권고하고 있다. 항공기 분류번호 C와 D의 경우에 입도조정 기층 위에 시공하는 최소 아스팔트 표층 두께는 갓길 5.0cm(2인치), 방진 패드의 경우 7.6cm(3인치)로 한다. 항공기 분류번호 E와 F인 경우에는 이 두께를 각각 2.5cm(1인치) 증가시킨다.
- 3) 콘크리트포장에 있어서 항공기 분류번호 C,D,E,F인 경우에 갓길과 방진 패드의 최소두께는 12.7cm(5인치)로 한다.

### 3.7 초과 교통량에 대한 보정<sup>1)</sup>

설계 도표에는 연간 출발 횟수가 25,000회 이하로 되어있다. 교통량이 더 많은 경우에는 설계결과를 외삽법에 따라서 증가시킨다. 총포장 두께는 비율에 의하여 증가하며 두께는 2.5cm(1인치)씩 증가하게 된다.

1) FAA, AC150/5320-6D, Airport Pavement Design & Evaluation, 2004.04, 318항