

※本資料では、異なる年度に発刊された同一名称の文献を多く引用することから、以下のように記載する。

- ・昭和 56 年版 舗装強度の公示方法について¹⁾
→S56 公示方法
- ・平成 11 年版 舗装強度の公示方法について²⁾
→H11 公示方法
- ・平成 21 年版 舗装強度の公示方法について³⁾
→H21 公示方法
(H21 公示方法以外をまとめて「旧公示方法」と記載する場合もある。)
- ・昭和 51 年版 空港アスファルト舗装構造設計要領⁴⁾
→S51 設計要領
- ・昭和 52 年版 空港コンクリート舗装構造設計要領⁵⁾
→S52 設計要領
- ・平成 11 年版 空港舗装構造設計要領⁶⁾
→H11 設計要領
- ・平成 20 年版 空港舗装設計要領⁷⁾
→H20 設計要領
(H20 設計要領以外をまとめて「旧設計要領」と記載する場合もある。)

1. はじめに

国土交通省航空局が示している航空路誌（AIP：Aeronautical Information Publication）には、空港舗装の強度を表す指標として PCN（Pavement Classification Number）が記載されている。この PCN は、世界各国の空港舗装の強度がどの程度の航空機荷重を許容できるのかを示す値であり、航空機が舗装に及ぼす影響を考慮して各機材別に示されている ACN（Aircraft Classification Number）と共に、ICAO（International Civil Aviation Organization, 国際民間航空機関）によって昭和 56 年から導入された。ACN-PCN を提示する主な目的は、以下の 3 点である。

- ①空港管理者にとっては、管理する空港に就航する機材が舗装に悪影響を及ぼすことがないかを簡易に検討する。
- ②エアラインにとっては、想定する空港に運航可能な機材とその運航質量を簡易に検討する。

③航空機メーカーにとっては、既設の空港舗装を改修することなく運航できる新しい機材の仕様を簡易に検討する。

上記で述べた検討は、ACN と PCN の大きさを比較することにより行うことができる。ACN ≤ PCN であれば、舗装はその機材に対して十分な舗装強度を有していると考えられ、通常運航が可能である。また、ACN > PCN であれば、舗装はその機材に対して十分な舗装強度を有しておらず、「オーバーロード運航」と判断され、空港管理者は条件付で運航を許可するか、もしくは運航を許可しないと判断する。

我が国の空港の PCN は、国土交通省航空局が編纂している「舗装強度の公示方法について」に基づいて算出されている。公示方法は、ICAO が PCN を導入した昭和 56 年に編纂され、その後、平成 11 年に一度改定されている。しかしながら、旧公示方法に記載の PCN 算出方法には、いくつかの課題があることを著者らは明らかにしている⁸⁾。

一方、我が国の空港舗装構造の設計法は、平成 20 年 7 月に抜本的に改定され、それまで使用されてきた H11 設計要領が廃止となり、H20 設計要領が施行された。平成 20 年の改定では、仕様規定型設計法から性能規定型設計法へ移行した。また、舗装に求められる性能の照査方法については、従来から用いられてきた経験的設計法に若干の変更が加えられるとともに、航空機荷重等により舗装内に生じる応力やひずみ等から疲労度を算出することで舗装厚を決定する理論的設計法が導入された。PCN は空港舗装の構造設計には使用されていないものの、その算出方法については、その国において用いられている構造設計法が算出根拠となることから、設計法の改定により PCN の算出方法についても見直す必要があった。

以上の背景から、PCN の算出方法を抜本的に見直した H21 公示方法が、平成 21 年 8 月から施行された。

本研究では旧公示方法における PCN 算出方法の根拠とその課題を整理し、H21 公示方法における PCN 算出方法改定の背景をまとめるものである。

2. 空港アスファルト舗装の ACN-PCN

本章では、空港アスファルト舗装について、ICAO が示している ACN 算出方法と我が国の旧公示方法における PCN 算出方法を比較し、我が国の PCN 算出方法における課題を整理した。また、課題を解決するための新しい PCN 算出方法を検討した。

なお、以降では、ICAOがACNの算出方法を示している「ICAO Aerodrome Design Manual Part3 Pavements」⁹⁾をICAO DM3と記す。

2.1 我が国、CE、FAAの設計方法の比較

空港アスファルト舗装のPCN算出方法を改定するためには、我が国、米国陸軍工兵隊（USACE：The United States Army Corps of Engineers、以下CE）、米国連邦航空局（Federal Aviation Administration、以下FAA）の空港アスファルト舗装の設計法について整理する必要がある。これは、CEとFAAの設計法がICAOが示しているACN算出方法の根拠となっているからである。

(1) CEの設計法

CEの設計法には、初期のものと、その後修正したものがあつた。以降では前者をCE法、後者を修正CE法と呼ぶこととする。

CE法では、CEが実験結果を基に開発した式(1)を用いて基準舗装厚を算出する¹⁰⁾。基準舗装厚とは図-1に示すように、路盤を粒状材料で構築する場合の路盤厚（路盤を安定処理材料で構築する場合は、材料別の等価値を路盤厚に乗じて補正した路盤厚）とアスファルト混合物による表基層厚の合計である。なお、式(1)は設計反復作用回数5,000回に対応した基準舗装厚（以下、5,000回基準舗装厚と記す）を算出する式である。

$$\frac{t_{5000}}{\sqrt{A}} = \sqrt{\frac{1}{0.057 \frac{CBR}{p}} - \frac{1}{\pi}} \quad \text{式(1)}$$

注)CEによる基準舗装厚式は元々ポンド・インチ単位系で示されているが、式(1)はそれをSI単位系に改めたものである。

ここに、

t_{5000} : 5,000回基準舗装厚 (mm)

A : 載荷荷重の接地面積 (mm²)

CBR : 路床の設計CBR (%)

p : 載荷荷重の接地圧 (N/mm²)

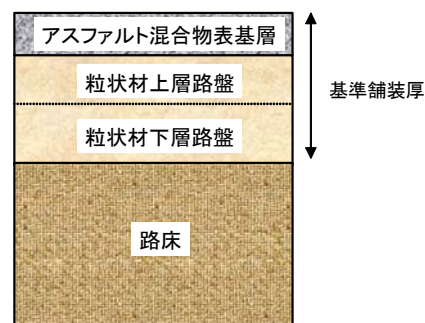


図-1 基準舗装厚

式(1)は5,000回基準舗装厚を算出する式であるため、5,000回以外の基準舗装厚については、式(2)による補正係数を乗じることで、設計反復作用回数に応じた基準舗装厚を算出する。図-2に示すように、この補正係数は設計反復作用回数5,000回の場合に1.0であり、設計反復作用回数が大きくなると補正係数も大きくなるため、基準舗装厚は厚くなる。式(1)と式(2)をまとめると式(3)がCEによる基準舗装厚算出式となる。

$$f = 0.23 \log N + 0.15 \quad \text{式(2)}$$

$$\frac{t_N}{\sqrt{A}} = f \sqrt{\frac{1}{0.057 \frac{CBR}{p}} - \frac{1}{\pi}} \quad \text{式(3)}$$

ここに、

f : 式(1)の5,000回基準舗装厚に乗じる補正係数

N : 設計反復作用回数 (回)

t_N : N 回基準舗装厚 (mm)

その後CEは、B747のように1脚4輪の航空機が登場するのを機に修正CE法を開発した。修正CE法では、1脚のタイヤ輪数を考慮するために、補正係数である式(2)を図-2のように修正した。CE法の補正係数 f と比較するため、修正CE法における補正係数を α としている。また、5,000回基準舗装厚算出式である式(1)も修正しているが、通常の接地圧とCBRの範囲内であれば式(1)と一致するものであるため、ここでは省略する。

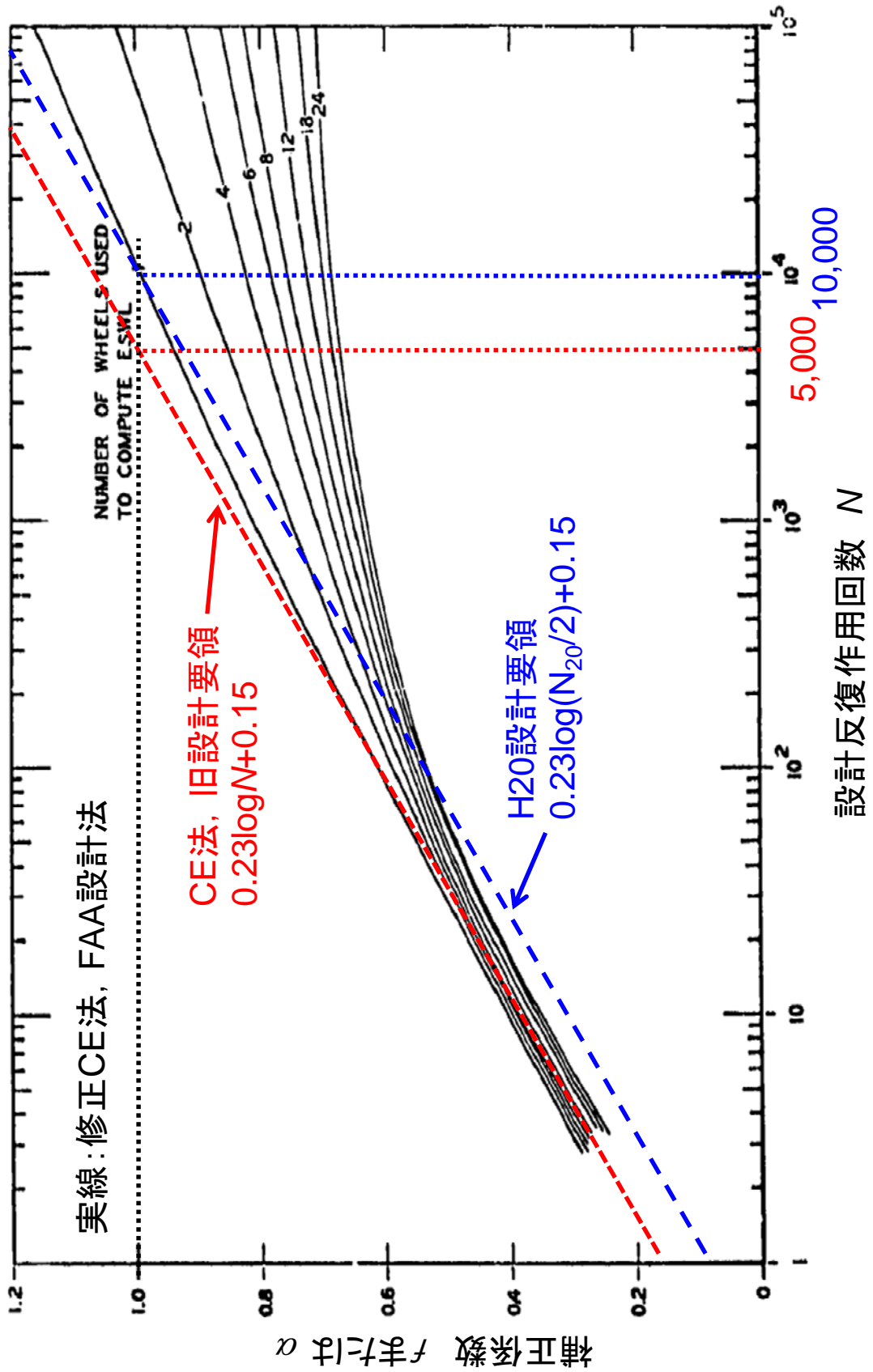


図-2 基準舗装厚の補正係数 (CE法, 修正CE法, FAA法, 旧設計要領, H20設計要領)

(2) 我が国の設計法

我が国の設計法は、旧設計要領では CE 法と同じ式(1)～式(3)を採用していたが、H20 設計要領では式(4)～式(6)のとおり改定された。

$$\frac{t_{10000}}{\sqrt{A}} = \sqrt{\frac{1}{0.057 \frac{CBR}{p}} - \frac{1}{\pi}} \quad \text{式(4)}$$

$$\frac{t_{N_{20}}}{\sqrt{A}} = f \sqrt{\frac{1}{0.057 \frac{CBR}{p}} - \frac{1}{\pi}} \quad \text{式(5)}$$

$$f = 0.23 \log(N_{20}/2) + 0.15 \quad \text{式(6)}$$

ここに、

t_{10000} : 10,000 回基準舗装厚 (mm)

f : 10,000 回基準舗装厚に乘じる補正係数

N_{20} : 設計供用期間 20 年に対する設計反復作用回数 (回)

$t_{N_{20}}$: N_{20} 回基準舗装厚 (mm)

この理由は、表-1 に示すように、旧設計要領では設計年数を 10 年として設計を行っていたのに対し、H20 設計要領では荷重支持性能に対する設計供用期間を 20 年として設計を行うこととなったが、旧設計要領で計算した N 回基準舗装厚と、H20 設計要領で計算した $2N$ 回基準舗装厚を等しくしたためである。よって、H20 設計要領では式(1)により算出された基準舗装厚は 10,000 回基準舗装厚となり、補正係数も設計反復作用回数 10,000 回で 1.0 となった。

(3) FAA の設計法

FAA が 2009 年まで用いてきた経験的設計法は、修正 CE 法である。なお、現在は経験的設計法が廃止され、2009 年 9 月に全面的に理論的設計法に移行した。経験的設計法による設計図表は廃止され、FAA が開発した設計プログラム FAARFIELD を用いて設計を行う。

(4) 各設計法の比較

我が国、CE、FAA の設計法を比較すると、表-2 のとおりまとめられる。

表-1 新旧設計要領における基準舗装厚の改定点

項目	旧設計要領	H20 設計要領
設計年数 又は 設計供用期間	10 年	20 年
設計反復 作用回数区分	a : 3,000 b : 5,000 c : 10,000 d : 20,000 e : 40,000	a : 6,000 b : 10,000 c : 20,000 d : 40,000 e : 80,000
CE 式の解釈	5,000 回に対する 基準舗装厚	10,000 回に対する 基準舗装厚
CE 式に乘じ る補正係数	5,000 回で 1.0	10,000 回で 1.0
その他	旧設計要領の N 回基準舗装厚は H20 設計要領の $2N$ 回基準舗装厚と 等しい	

表-2 設計法の比較

項目	$\sqrt{\frac{A}{0.057 \frac{CBR}{p}} - \frac{A}{\pi}}$ の解釈	補正係数
CE 法	5,000 回 基準舗装厚	$0.23 \log N + 0.15$
修正 CE 法	N 回基準舗装厚 という解釈は していない	図-2 による曲線 (脚車輪数考慮)
旧設計要領	5,000 回 基準舗装厚	$0.23 \log N + 0.15$
H20 設計要領	10,000 回 基準舗装厚	$0.23 \log(N/2) + 0.15$
FAA (~2009 年)	N 回基準舗装厚 という解釈は していない	図-2 による曲線 (脚車輪数考慮)

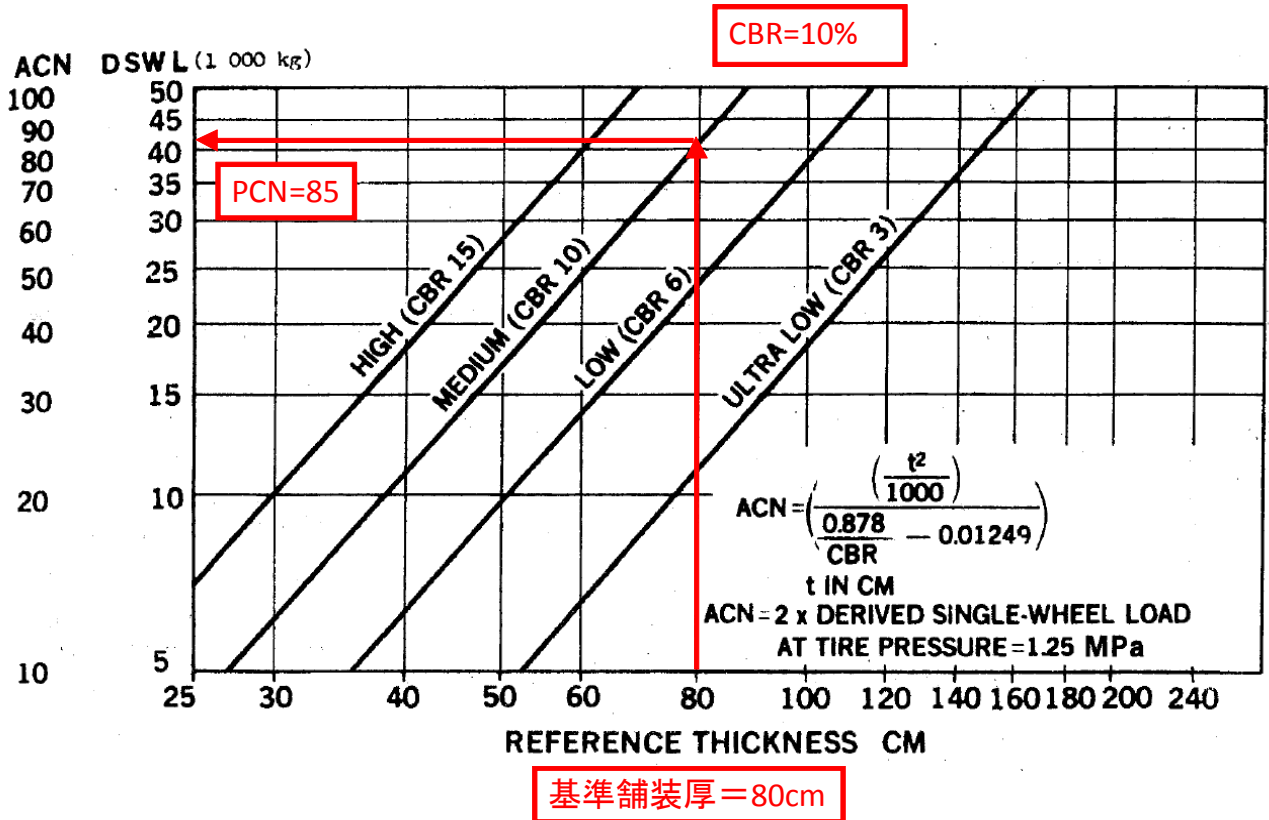


図-3 ICAO DM3 のアスファルト舗装 ACN 算出図 (縦軸 : ACN 及び DSWL, 横軸 : 基準舗装厚)

2.2 ICAO の ACN 算出方法

ACN は機材ごとに算出され、その機材に対してどの程度の舗装強度が必要となるかを示す指標である。ACN は、航空機メーカーが ICAO DM3 に記載されている方法により計算し、機材特性を示す文書 (Airplane Characteristics) で示している。また、各機材の ACN の一覧表は、ICAO DM3 の付録として掲載されている。ACN の例を表-3 に示す。

表-3 ICAO DM3 の ACN の例 (アスファルト舗装)

機材名	路床の設計 CBR (%)			
	13 以上	8 以上 13 未満	4 以上 8 未満	4 未満
B747-400	58	64	80	102
A300-600	49	56	68	84
B767-300	43	47	56	76

空港アスファルト舗装の ACN の具体的な定義は、その機材の設計反復作用回数が 10,000 回の場合に必要な基準舗装厚が許容できる単車輪荷重 (DSWL : Derived Single Wheel Load, 1,000kgf 単位で表す) を 2 倍した数値である。

ACN は航空機の諸元から一意的に決まるものであるから、その算出のためには 2 つの事項を決定する必要があった。一つは、各国の設計法が異なる中で、ACN の算出で用いる「その機材の設計反復作用回数が 10,000 回の場合に必要な基準舗装厚」をどのように決定するかであり、もう一つは「その基準舗装厚が許容できる単車輪荷重 DSWL」を何に基づいて決定するかである。

ICAO DM3 によると、具体的には以下のように定めている。まず、10,000 回基準舗装厚であるが、これは FAA の設計法に採用されている修正 CE 法を用いている。次に DSWL であるが、これは CE 法における式 (1) で接地圧 p を 1.25N/mm^2 とし、接地圧と接地面積の積 pA を DSWL と定義している。これらを総合すると、ACN 算出式は具体的に式 (7) で表すことができる。ICAO DM3 には、式 (7) を基に作成された ACN 算出図として図-3 が示されており、図の横軸に修正 CE 法により算出された 10,000 回基準舗装厚を適用し、図の縦軸から DSWL 及び ACN を読み取る。

$$ACN = 2 \times DSWL = \frac{\frac{t_{10000}^2}{1000}}{\frac{0.878}{CBR} - 0.01249} \quad \text{式 (7)}$$

ここに、

t_{10000} : 修正 CE 法による 10,000 回基準舗装厚 (cm)

CBR : 路床の設計 CBR (%)

DSWL : Derived Single Wheel Load (1,000kgf 単位)

2.3 ACN と PCN の算出条件

PCN の算出においては、その国の設計法に基づいて算出することとなるが、PCN は ACN と比較して用いられるため、ACN の算出方法における以下の条件を意識する必要がある。

- ・ 基準舗装厚算出条件
 - 設計反復作用回数 : 10,000 回
- ・ 許容単車輪荷重 DSWL 算出条件
 - 接地圧 : 1.25Nmm²
 - 許容単車輪荷重 DSWL の定義

ACN 算出においては、設計反復作用回数の条件として 10,000 回、接地圧の条件として 1.25Nmm² を用いている。これは様々な設計条件を統一する目的で決定されているものであり、PCN 算出において ACN 算出と異なる設計反復作用回数、接地圧を用いると、ACN と PCN を単純に比較することができない。そこで PCN の算出では、これらの条件を踏襲する必要がある。

一方、許容単車輪荷重の定義については、各国の設計法によって異なることは容易に想像できる。例えば A 国では、100cm の基準舗装厚があれば 50,000kgf (DSWL=50) の単車輪荷重まで耐えられるという設計法であるとしても、B 国では、同じ 100cm の基準舗装厚では 40,000kgf (DSWL=40) の単車輪荷重までしか耐えられないという設計法であるというように、許容できる荷重に対する考え方が異なる。このような例の場合、ACN と同様に PCN も DSWL の 2 倍と考えれば、A 国では 100cm の基準舗装厚から計算される PCN は 100、B 国の PCN は 80 となるべきである。よって、PCN の算出では、許容単車輪荷重 DSWL の定義に各国の設計法と修正 CE 法の違いを反映させることが必要となる。

2.4 我が国の PCN 算出方法

我が国の旧公示方法における PCN 算出方法は、図-4 (以下、PCN 図) を使用する方法と表-4 (以下、PCN 表) を使用する方法がある。基本的には PCN 図を使用するが、LA-1 や LA-12 などのように、その舗装の設計航空機荷重区分が既知である場合には、PCN 表を使用してよいこととなっている。

表-4 旧公示方法の PCN 表 (アスファルト舗装)

設計航空機 荷重区分	路床の設計 CBR (%)			
	13 以上	8 以上 13 未満	4 以上 8 未満	4 未満
LA-1	58	63	83	97
LA-12	42	48	58	74
LA-2	42	45	52	55
LA-3	33	33	35	38
LA-4	12	12	12	14

PCN 表を使用する場合は、設計航空機荷重区分と路床の設計 CBR から簡単に算出することができる。一方、PCN 図を使用する場合、旧公示方法には具体的な使用方法が記載されていない。また、PCN 図及び PCN 表の根拠についても記載されていない。さらに、ICAO が示している ACN 図と旧公示方法の PCN 図は、形は似ているが一致していない。

PCN 図から算出した PCN と PCN 表から算出した PCN は、条件が同じであれば同一にならなければならない。逆を言えば、S56 公示方法作成時の具体的な PCN 図の使用方法は、PCN 表の結果と一致する方法を探ることで推測することができる。

そこで、PCN 図および PCN 表の根拠及び PCN 図の具体的使用方法を検証するため、S56 公示方法が作成されたときに用いられていた S51 設計要領の 10,000 回基準舗装厚と PCN 図による結果を PCN 表と比較することとした。

S51 設計要領の基準舗装厚を表-5～表-8 に、PCN 算出結果を表-9～表-12 に示す。PCN 図と PCN 表の結果は一致せず、特に LA-1 の場合は PCN 図から算出した PCN が PCN 表から算出した PCN よりも遥かに大きいことがわかる。

S56 公示方法における PCN 図と PCN 表が一致しない原因を探るため、表-5～表-8 に示した S51 設計要領の 5,000 回基準舗装厚に修正 CE 法で用いられている補正係数 (図-2) を乗じて求めた 10,000 回基準舗装厚を使用して再度 PCN の試算を行った。具体的には、LA-1 の場合は代表機種が 1 脚 4 輪であるため、タイヤ 4 輪、設計反復作用回数 10,000 回に対応した補正係数 0.825 を、LA-2～LA-4 の場合は代表機種が 1 脚 2 輪であるため、タイヤ 2 輪、設計反復作用回数 10,000 回に対応した補正係数 0.900 を用いた。その結果を表-13～表-16 に示す。

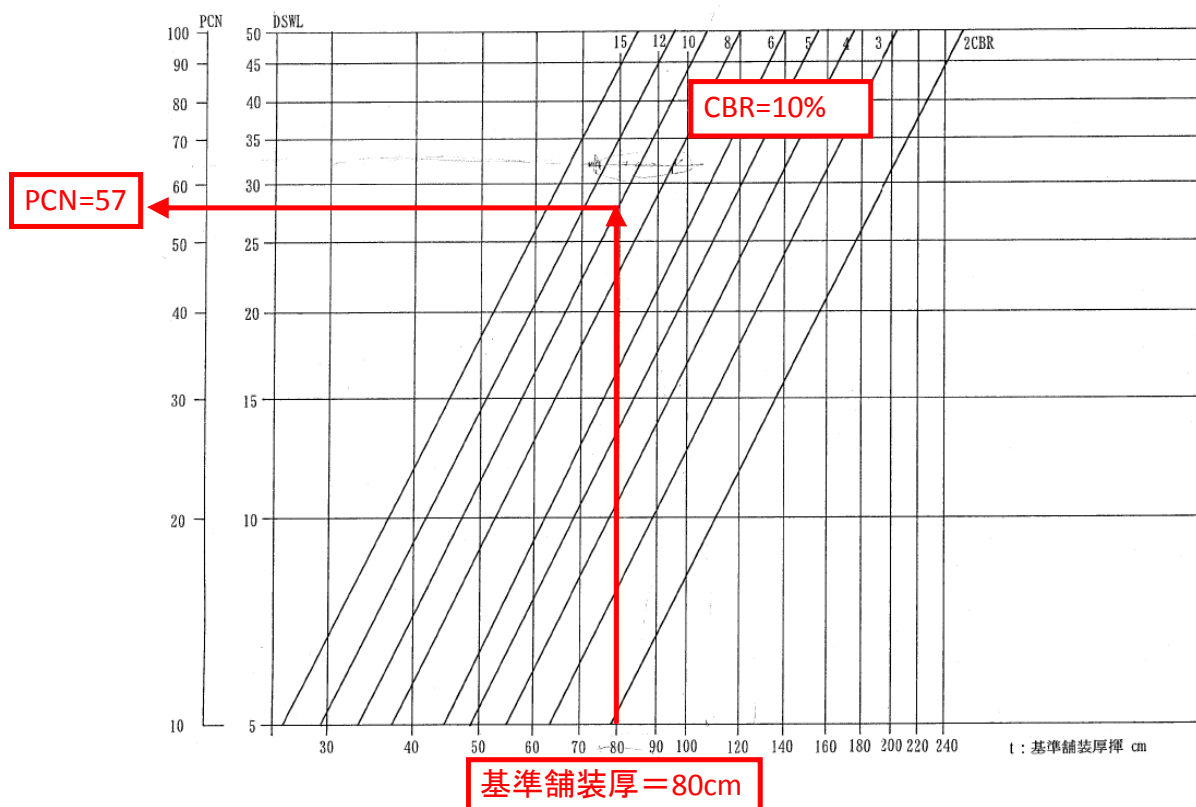


図-4 旧公示方法のPCN図（アスファルト舗装）

表-5 S51 設計要領における LA-1 基準舗装厚

	設計反復作用回数 (回)	
	5,000	10,000
設計 CBR(%)	基準舗装厚(cm)	
3	202	216
6	126	140
10	86	95
16	60	64

表-7 S51 設計要領における LA-3 基準舗装厚

	設計反復作用回数 (回)	
	5,000	10,000
設計 CBR(%)	基準舗装厚(cm)	
3	114	124
6	76	83
10	55	59
16	45	45

表-6 S51 設計要領における LA-2 基準舗装厚

	設計反復作用回数 (回)	
	5,000	10,000
設計 CBR(%)	基準舗装厚(cm)	
3	138	148
6	91	99
10	65	70
16	47	50

表-8 S51 設計要領における LA-4 基準舗装厚

	設計反復作用回数 (回)	
	5,000	10,000
設計 CBR(%)	基準舗装厚(cm)	
3	70	76
6	44	48
10	38 ^注	38 ^注
16	38 ^注	38 ^注

注) CBR が 9% 以上の場合は CBR が 9% の舗装厚

表-9 PCN 図と PCN 表の比較
(10,000 回基準舗装厚使用, LA-1)

設計 CBR(%)	PCN		
	図から 算出	表の値	差 (図-表)
3	167	97	70
6	146	83	63
10	120	63	57
16	97	58	39

表-10 PCN 図と PCN 表の比較
(10,000 回基準舗装厚使用, LA-2)

設計 CBR(%)	PCN		
	図から 算出	表の値	差 (図-表)
3	58	55	3
6	51	52	-1
10	46	45	1
16	44	42	2

表-11 PCN 図と PCN 表の比較
(10,000 回基準舗装厚使用, LA-3)

設計 CBR(%)	PCN		
	図から 算出	表の値	差 (図-表)
3	46	38	8
6	43	35	8
10	39	33	6
16	36	33	3

表-12 PCN 図と PCN 表の比較
(10,000 回基準舗装厚使用, LA-4)

設計 CBR(%)	PCN		
	図から 算出	表の値	差 (図-表)
3	25	14	11
6	23	12	11
10	21	12	9
16	29	12	17

表-13 PCN 図と PCN 表の比較
(5,000 回基準舗装厚と修正 CE 法補正係数使用, LA-1)

設計 CBR(%)	PCN		
	図から 算出	表の値	差 (図-表)
3	99	97	2
6	83	83	0
10	63	63	0
16	58	58	0

表-14 PCN 図と PCN 表の比較
(5,000 回基準舗装厚と修正 CE 法補正係数使用, LA-2)

設計 CBR(%)	PCN		
	図から 算出	表の値	差 (図-表)
3	55	55	0
6	50	52	-2
10	45	45	0
16	42	42	0

表-15 PCN 図と PCN 表の比較
(5,000 回基準舗装厚と修正 CE 法補正係数使用, LA-3)

設計 CBR(%)	PCN		
	図から 算出	表の値	差 (図-表)
3	38	38	0
6	35	35	0
10	33	33	0
16	39	33	6

表-16 PCN 図と PCN 表の比較
(5,000 回基準舗装厚と修正 CE 法補正係数使用, LA-4)

設計 CBR(%)	PCN		
	図から 算出	表の値	差 (図-表)
3	14	14	0
6	12	12	0
10	16	12	4
16	28	12	16

試算結果の結果、PCN 図と PCN 表はほぼ一致する結果であることから、S56 公示方法の PCN 図の使用方法は、S51 設計要領に掲載されている 10,000 回基準舗装厚を PCN 図の横軸に適用して PCN を算出するのではなく、以下の手順で使用されることを前提とした PCN 図であり、この手順によって計算した結果が PCN 表であると推測される。

- ① S51 設計要領における 5,000 回の基準舗装厚に対して、修正 CE 法の補正係数（代表機種の主脚輪数が 4 輪の場合は 0.825、代表機種の主脚輪数が 2 輪の場合は 0.9）を乗じて、10,000 回基準舗装厚を算出する。
- ② ①で算出した 10,000 回基準舗装厚を PCN 図の横軸にとり、路床の設計 CBR 別に用意されている直線を介して、PCN を算出する。

以上の結果から、旧公示方法における PCN 図の根拠となっている PCN 算出式は、我が国の設計法と修正 CE 法における補正係数の違いを考慮し、ACN 算出式である式 (7) を変形した式 (8) のとおりと考えられる。

$$PCN = 2 \times DSWL = \frac{(\alpha t_{5000})^2}{\frac{1000}{\frac{0.878}{CBR} - 0.01249}} \quad \text{式 (8)}$$

ここに、

α : 5,000 回基準舗装厚を 10,000 回基準舗装厚に補正するための修正 CE 法の補正係数

LA-1, LA-12 : タイヤ 4 輪として 0.825

LA-2~LA-4 : タイヤ 2 輪として 0.900

t_{5000} : 5,000 回基準舗装厚(cm)

CBR : 路床の設計 CBR (%)

DSWL : Derived Single Wheel Load (1,000kgf 単位)

2.5 新しい PCN 算出方法の検討

前節で述べた通り、旧公示方法における PCN 図と PCN 表の根拠が推定できたが、旧公示方法には以下に示す課題があると考えられる。

- ① PCN 図の横軸に対して、どのような基準舗装厚を適用すればよいかの説明が無い。例えば、設計反復作用回数 20,000 回として設計された舗装の PCN を算出する際、20,000 回基準舗装厚をそのまま用いるのか、ACN の算出条件に倣い、10,000 回基準舗装厚に補正したものをを用いるのかが不明である。
- ② 我が国では式 (5) と式 (6) から求まる基準舗装厚を A

舗装区域（滑走路端部中央帯や平行誘導路等）に適用しており、B~E 舗装区域においては A 舗装区域の基準舗装厚を 50%~90% に減厚する可能性があるが、減厚前の基準舗装厚を適用するのか、減厚後の基準舗装厚を適用するのが不明である。

- ③ PCN 図が 100 以下の PCN にしか対応していないため、不便である。
- ④ PCN 表は S51 設計要領の基準舗装厚を元としているが、その後、設計航空機荷重区分の代表機種は表-17 のとおり改定されていることを考慮する必要がある。

表-17 設計航空機荷重区分の代表機種の比較

	S51 設計要領	H20 設計要領
LA-1	B747-200B	B747-400
LA-12	—	A300-B4
LA-2	B727-200	A320-200
LA-3	DC-9-41	DC-9-41
LA-4	YS-11	DHC-8-400

以上の課題を解決するため、新しい PCN 算出方法について検討した。

まず、PCN 図と PCN 表については廃止し、PCN 算出式に統一することとした。これは、PCN 図を用意せずとも PCN 算出式を明示することで計算可能であること、PCN 表は設計反復作用回数区分と路床の設計 CBR から簡便に PCN を算出する目的で用意されていたと考えられるが、H20 設計要領から導入された理論的設計法による設計では、設計航空機荷重区分と路床の設計 CBR が同一であっても、その他の設計条件の違いにより基準舗装厚が異なるため、PCN 表を作成することができないからである。

次に、PCN 算出式に入力する基準舗装厚であるが、ACN と同様に 10,000 回基準舗装厚式を用いることとした。

最後に、B~E 舗装区域において基準舗装厚を減厚している場合は、減厚する前の A 舗装区域の基準舗装厚に戻してから PCN を計算することとした。減厚はその箇所における航空機の走行形態（走行速度・走行頻度・走行時荷重）が A 舗装区域とは異なることを考慮して行っているものであり、想定している機材としては A 舗装区域と何ら変わらないからである。

以上の手順をまとめると、新しい PCN 算出方法は以下の通りまとめられる。

① 基準舗装厚の算出

PCNを算出する舗装構成を確認し、上層路盤、下層路盤が粒状材以外の材料で構成されている場合は、H20設計要領に記載の材料別等価値(材料に応じて1.0～2.0)を路盤厚に乘じることで、粒状材で構築された場合の路盤厚を算出する。その後、表層、基層、上層路盤、下層路盤の厚さを合計し、基準舗装厚とする。ただし、表層表面にグルーピングが施されている場合には、1cm分は構造的な寄与がないとみなし、表層厚に含めない。

また、当該舗装がB～E舗装区域であり、A舗装区域の基準舗装厚を減厚して適用している場合は、上記の計算を行った後、減厚していないA舗装区域の基準舗装厚に戻すことが必要である。

② 設計反復作用回数による基準舗装厚の補正

PCNの算出は、ACNと同様に10,000回基準舗装厚を用いる。そこで、設計反復作用回数が10,000回以外の場合には、①で算出した基準舗装厚と補正係数の比から式(9)のように10,000回基準舗装厚を求める。

なお、式(9)の設計反復作用回数 N_{20} は、H20設計要領における設計供用期間20年の値を用いるため、旧設計要領に従い設計年数10年で設計された舗装の場合は10年間の設計反復作用回数の2倍の値を入力する。

$$t_{10000} = t \times \frac{0.23 \log(10000/2) + 0.15}{0.23 \log(N_{20}/2) + 0.15} \quad \text{式(9)}$$

ここに、

- t_{10000} : 10,000回基準舗装厚 (cm)
- t : PCN算出対象の基準舗装厚 (cm)
- N_{20} : 20年間の設計反復作用回数 (回)

③ PCNの算出

10,000回基準舗装厚を用い、式(10)によりPCNを算出する。

$$PCN = 2 \times DSWL = \frac{\frac{t_{10000}^2}{1000}}{\frac{0.878}{CBR} - 0.01249} \quad \text{式(10)}$$

ここに、

- t_{10000} : 10,000回基準舗装厚(cm)
- CBR : 路床の設計 CBR (%)
- $DSWL$: Derived Single Wheel Load (1,000kgf 単位)

2.6 新しいPCN算出方法の妥当性の検証

前節で示した新しいPCN算出方法の妥当性を検証した。まず、H20設計要領により設計反復作用回数を10,000回、路床の設計CBRを10%とした場合の基準舗装厚(LA-1～LA-4)から式(10)により算出したPCNと各機材のACNを表-18に示す。これを見ると、LA-1およびLA-12のPCNは、それぞれの設計航空機荷重区分を代表する機材のACNを大幅に上回っている。またLA-12のPCNが、LA-1のACNを大きく上回っていることから、LA-12の航空機荷重に対して設計した基準舗装厚を有していれば、LA-1の機材も問題なく就航できることになる。しかしながら、この状態は我が国の設計思想と相違することから、LA-1およびLA-12のPCNについては、修正CE法とH20設計要領の補正係数の違いを考慮した補正が必要である。

表-18 ACNとPCNの比較(設計CBR=10%)

設計航空機荷重区分	代表機材名	ACN	PCN
LA-1	B747-400	64	108
LA-12	A300-B4	49	81
LA-2	A320-200	43	46
LA-3	DC9-41	30	39
LA-4	DHC8-400	16	21

以上のことから、LA-1およびLA-12に属する航空機を想定した舗装のPCNを算出する場合には、旧公示方法と同様に、使用する10,000回基準舗装厚を補正することとした。具体的には、LA-1およびLA-12のように1脚4輪や1脚6輪の機材を想定した舗装に対しては、従来用いられてきた修正CE法の補正係数をそのまま残し、式(11)のとおりとした。再計算したPCNを表-19に示す。

$$PCN = 2 \times DSWL = \frac{\frac{(\alpha t_{10000})^2}{1000}}{\frac{0.878}{CBR} - 0.01249} \quad \text{式(11)}$$

ここに、

- α : 補正係数
- 代表機種が1脚4輪または6輪の場合 : 0.825
- 代表機種が1脚1輪または2輪の場合 : 1.000
- t_{10000} : 10,000回基準舗装厚(cm)
- CBR : 路床の設計 CBR (%)
- $DSWL$: Derived Single Wheel Load (1,000kgf 単位)

表-19 ACN と再計算した PCN の比較
(設計 CBR=10%)

設計航空機荷重区分	代表機材名	ACN	PCN
LA-1	B747-400	64	73
LA-12	A300-B4	49	55
LA-2	A320-200	43	46
LA-3	DC9-41	30	39
LA-4	DHC8-400	16	21

最終的には、前節で述べた①～③の手順において、式(10)を式(11)に変更し、H21 公示方法における空港アスファルト舗装の PCN 算出方法とした。

表-20 では、旧公示方法の表による PCN と、新しい算出方法による PCN を比較した。代表機種が当時と現時点では異なるため、新旧算出方法の単純な比較はできないが、新しい算出方法による PCN は、概ね旧公示方法における PCN よりも大きくなる事が分かる。

表-20 旧公示方法の PCN 表と新しい算出方法による PCN の比較 (網掛け部が新 PCN > 旧 PCN)

設計航空機荷重区分	路床の設計 CBR (%)							
	13 以上		8 以上 13 未満		4 以上 8 未満		4 未満	
	旧	新	旧	新	旧	新	旧	新
LA-1	58	62	63	73	83	93	97	108
LA-12	42	47	48	55	58	67	74	81
LA-2	42	44	45	46	52	51	55	58
LA-3	33	36	33	39	35	43	38	46
LA-4	12	29	12	21	12	23	14	25

3. 空港コンクリート舗装の ACN-PCN

本章では、空港コンクリート舗装について、ICAO が示している ACN 算出方法と我が国の旧公示方法における PCN 算出方法を比較し、我が国の PCN 算出方法における課題を整理した。また、課題を解決するための新しい PCN 算出方法を検討した。

3.1 我が国と PCA の設計方法の比較

空港コンクリート舗装の PCN 算出方法を改定するためには、我が国と米国 PCA (Portland Cement Association, 米国ポルトランドセメント協会) の空港コンクリート舗

装の設計法について整理する必要がある。これは、PCA の設計法 (以下、PCA 法) が ICAO が示している ACN 算出方法の根拠となっているからである。

(1) PCA の設計法

PCA 法では、航空機荷重によりコンクリート版下面に発生する荷重応力に着目して版厚の設計を行う。実際には荷重応力以外にも、版上下面に発生する温度差に起因する温度応力が発生するため、荷重応力と温度応力を合算した合成応力およびコンクリート材料の疲労特性を考慮して設計されるべきであるが、PCA の研究では、最も影響の大きい航空機荷重により発生する荷重応力に対して適切な安全率を用いて設計すれば、他の応力に対しても十分安全な範囲内にあることがわかっている¹¹⁾。この場合の荷重応力は、コンクリート版中央部に脚荷重が載荷された場合の最大応力であり、Westergaard の中央部載荷公式¹²⁾により算出される。

そのため、PCA 法では、コンクリートの設計基準曲げ強度を表-21 に示す安全率で除すことで許容荷重応力を算出し、設計航空機荷重による荷重応力が許容荷重応力以下となる版厚を決定する。PCA 法により版厚を決定するために使用するパラメータは、満載時脚荷重、許容荷重応力、路盤の設計支持力係数である。

表-21 PCA 法における安全率

施設	安全率
Critical Areas	1.7~2.0
Noncritical Areas	1.4~1.7

(2) 我が国の設計法

我が国の空港コンクリート舗装の設計法は、基本的に PCA 法を踏襲しているが、安全率は設計反復作用回数の区分に応じて用意された表-22 を用いている。例えば、設計反復作用回数区分が N 区分の場合は、安全率として 2.0 を用いているため、コンクリートの設計基準曲げ強度を標準的な 5.0N/mm^2 とした場合、許容荷重応力は 2.5N/mm^2 となり、版下面に発生する荷重応力が 2.5N/mm^2 以下となるよう、版厚を決定する。荷重応力の計算には、Westergaard の中央部載荷公式を参考にした影響図¹³⁾を福手¹⁴⁾が電算化したコンピュータプログラムを使用している。

表-22 設計要領における安全率

旧設計要領	H20 設計要領	設計反復作用回数の区分	安全率
設計反復作用回数(回)	設計反復作用回数(回)		
3,000	6,000	M	1.7
5,000	10,000	N	2.0
10,000	20,000		
20,000	40,000		
40,000	80,000	O	2.2

3.2 ICAO の ACN 算出方法

ACN は機材ごとに算出され、その機材に対してどの程度の舗装強度が必要となるかを示す指標である。ACN は、航空機メーカーが ICAO DM3 に記載されている方法により計算し、機材特性を示す文書（Airplane Characteristics）で示している。また、各機材の ACN の一覧表は、ICAO DM3 の付録として掲載されている。ACN の例を表-23 に示す。また、ICAO DM3 に記載されている空港コンクリート舗装の ACN 算出手順は以下のとおりである。

表-23 ICAO DM3 の ACN の例（コンクリート舗装）

機材名	路盤の設計支持力係数 K_{75} (MN/m ³)			
	120 以上	60 以上 120 未満	25 以上 60 未満	25 未満
B747-400	53	62	74	85
A300-600	46	55	64	73
B767-300	39	45	54	62

- ① ACN を算出する機材の Airplane Characteristics には PCA 法に基づく設計図表が掲載されている。この図表より、機材に必要な版厚を算出する。この場合、許容荷重応力は 2.75N/mm^2 とする。
- ② ①で算出した版厚に対して、接地圧を 1.25N/mm^2 とした場合に、コンクリート版下面に発生する荷重応力が 2.75N/mm^2 となる単車輪荷重を算出する。
- ③ ②で求めた単車輪荷重を $1,000\text{kgf}$ 単位で表したものを許容単車輪荷重 DSWL とし、その 2 倍を ACN とする。

実際の作業では、図-5 に①で算出した版厚と路盤の設計支持力係数を入力し DSWL および ACN を算出する。

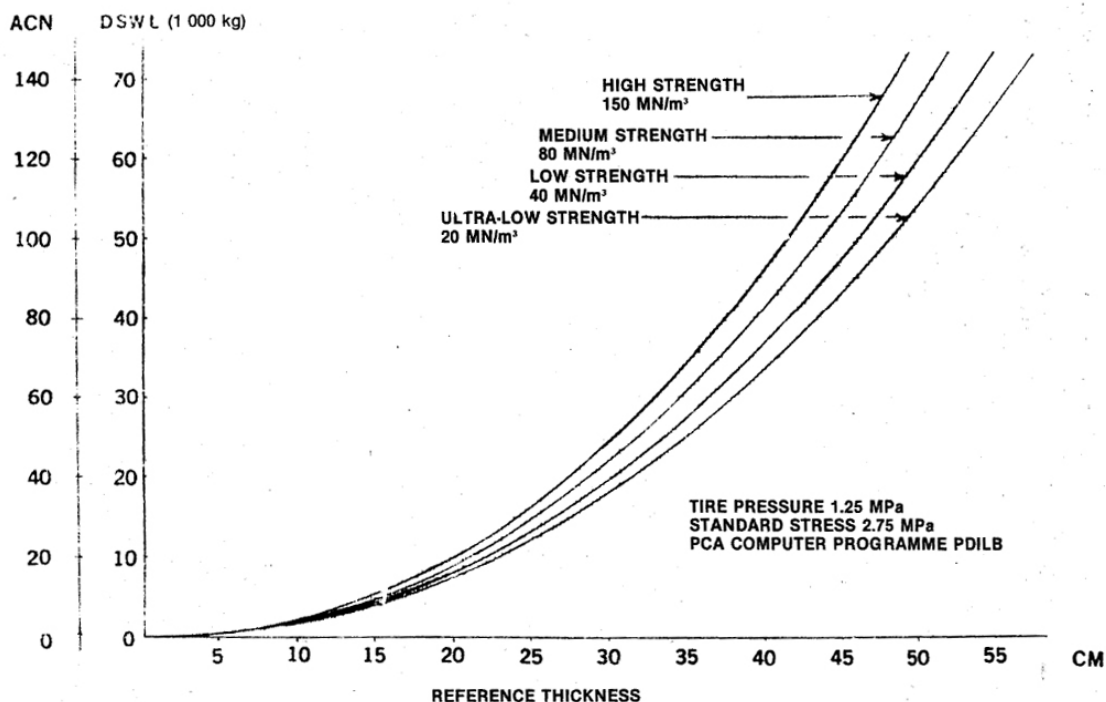


図-5 ICAO DM3 のコンクリート舗装 ACN 算出図（縦軸：ACN 及び DSWL，横軸：版厚）

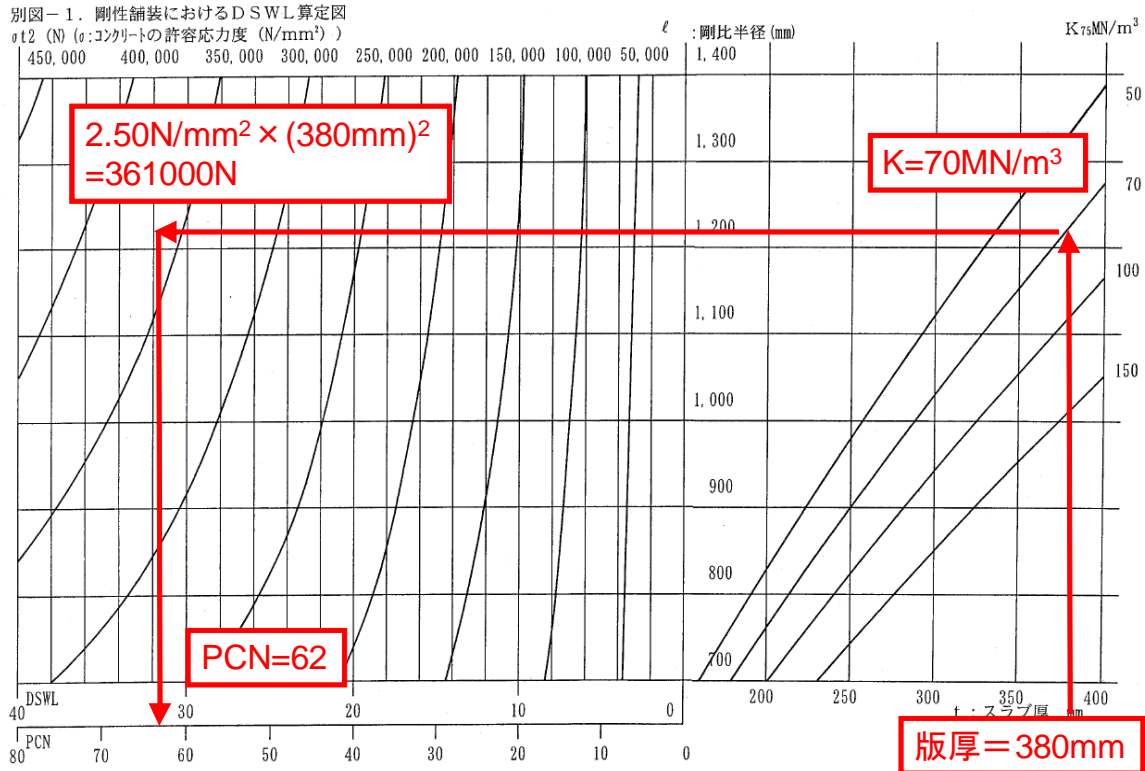


図-6 旧公示方法のPCN算出図(コンクリート舗装)

空港コンクリート舗装のACNの具体的な定義は、その機材に必要な版厚が許容できる単車輪荷重DSWL(1,000kgf単位)を2倍した数値である。

ACNは航空機の諸元から一意的に決まるものであるから、その算出のためには2つの事項を決定する必要がある。一つは、各国の設計法が異なる中で、ACNの算出に用いる「その機材に必要な版厚」をどのようにして決定するかであり、もう一つは「その版厚が許容できる単車輪荷重DSWL」を何に基づいて決定するかである。

ICAO DM3によると、具体的には以下のように定めている。まず、その機材に必要な版厚であるが、これはPCA法を用いて決定している。次にDSWLであるが、接地圧 p を 1.25N/mm^2 とし、その版厚において荷重応力が 2.75N/mm^2 となるときの接地圧と接地面積の積 pA をDSWLと定義している。

3.3 ACNとPCNの算出条件

PCNの算出においては、その国の設計法に基づいて算出することとなるが、PCNはACNと比較して用いられるため、ACNの算出方法における以下の条件を意識する必要がある。

- ・航空機に必要な版厚算出条件
許容荷重応力： 2.75N/mm^2
- ・許容単車輪荷重DSWL算出条件
接地圧： 1.25Nmm^2
許容単車輪荷重DSWLの定義

ACN算出においては、版厚算出時の許容荷重応力として 2.75N/mm^2 、DSWL算出時の接地圧条件として 1.25Nmm^2 を用いている。これは様々な設計条件を統一する目的で決定されているものであり、PCN算出においてACN算出と異なる条件を用いると、ACNとPCNを単純に比較することができない。そこでPCNの算出では、これらの条件を踏襲する必要がある。

一方、許容単車輪荷重の定義については、各国の設計法によって異なることは容易に想像できる。例えばA国では、40cmの版厚があれば50,000kgf(DSWL=50)の単車輪荷重まで耐えられるという設計法であるとしても、B国では、同じ40cmの版厚では40,000kgf(DSWL=40)の単車輪荷重までしか耐えられないと考えている設計法であるというように、許容できる荷重に対する考え方が異なる。このような例の場合、ACNと同様にPCNもDSWLの2倍と考えれば、A国では40cmの版厚から計算されるPCNは100、B国のPCNは80となるべきであ

る。よって、PCN の算出では、許容単車輪荷重 DSWL の定義に各国の設計法と PCA 法の違いを反映させることが必要である。

3.4 我が国の PCN 算出方法

我が国における PCN 算出方法は、図-6（以下、PCN 図）を使用する方法と表-24（以下、PCN 表）を使用する方法がある。基本的には PCN 図を使用するが、その舗装の設計航空機荷重区分が既知である場合には、PCN 表を使用してよいこととなっている。

PCN 表を使用する場合は、設計航空機荷重区分と路盤の設計支持力係数を用いて簡単に算出することができる。一方、PCN 図を使用する場合は、まず、コンクリート版厚を図の右側の横軸に適用し、路盤の設計支持力係数別に用意されている曲線に当たるまで上方に直線を引く。次に、その位置から図の左側に水平に直線を引き、許容荷重応力に版厚の二乗を乗じた数値別に用意されている曲線に当てる。最後に、その位置から下方に直線を引き、横軸から DSWL および PCN を読み取る。また、PCN 図を用いる場合、安全率として 2.0 を用いて計算した許容荷重応力を使用することとされている。つまり、コンクリートの設計基準曲げ強度が標準的な 5.0N/mm^2 の場合には、安全率 2.0 で除した 2.5N/mm^2 を許容荷重応力として用いることとなる。

旧公示方法における PCN 図および PCN 表の妥当性を検証するため、S56 公示方法が作成されたときに用いられていた S52 設計要領に記載されている版厚と PCN 図による結果を PCN 表と比較することとした。

S52 設計要領における版厚を表-25 に示す。この表の N 区分の版厚を用い、許容荷重応力を 2.5N/mm^2 として、S56 公示方法の PCN 図により PCN を算出し、PCN 表と対比を行った。その結果を表-26 に示すが、PCN 図と PCN 表による結果は一致している。

また、いくつかの適当な版厚を用い、ICAO DM3 の ACN 図による ACN と、許容荷重応力を 2.5N/mm^2 ではなく 2.75N/mm^2 とした場合の PCN 図から算出した PCN を表-27 に示すが、両者は一致することがわかる。

以上のことから、旧公示方法における PCN 図及び PCN 表は、以下のように解釈することができる。

- ・旧公示方法の PCN 図は、許容荷重応力を任意に設定した場合の版厚と DSWL・PCN の関係を示したものである。ここで、許容荷重応力を 2.75N/mm^2 とした場合は、図の形式は異なるものの ICAO の ACN 図と一致する。

- ・PCN 表は、版厚としては S52 設計要領における N 区分の版厚、許容荷重応力としては 2.5N/mm^2 、路盤の設計支持力係数としては標準的な 70MN/m^3 を用いて PCN 図から算出した PCN と一致する。

以上のことから、PCN 図を用いる場合の条件としては、許容荷重応力を 2.5N/mm^2 、版厚としては N 区分の版厚を用いているものと推測される。

表-24 旧公示方法の PCN 表（コンクリート舗装）

設計航空機荷重区分	路盤の設計支持力係数 K_{75} (MN/m^3)			
	120 以上	60 以上 120 未満	25 以上 60 未満	25 未満
LA-1	51	62	69	—
LA-12	48	52	53	—
LA-2	48	52	53	—
LA-3	34	38	39	—
LA-4	17	16	15	—

表-25 S52 設計要領における版厚 (cm)
(設計基準曲げ強度： 5.0N/mm^2 、 K_{75} ： 70MN/m^3)

設計航空機荷重区分	設計反復作用回数区分	
	M	N
LA-1	34	38
LA-2	31	35
LA-3	27	30
LA-4	20	

表-26 PCN 図と PCN 表の比較
(許容荷重応力： 2.5N/mm^2 、 K_{75} ： 70MN/m^3)

設計航空機荷重区分	PCN	
	PCN 図から算出	PCN 表から算出
LA-1	62	62
LA-2	52	52
LA-3	38	38
LA-4	16	16

表-27 PCN 図と ACN 図の比較
(許容荷重応力： 2.75N/mm^2)

版厚 (cm)	PCN	ACN
35	58	58
30	40	40
25	29	29

3.5 新しいPCN算出方法の検討

前節で述べた通り、旧公示方法におけるPCN図とPCN表の根拠を推定できたが、旧公示方法には以下に示す課題があると考えられる。

- ① PCN図の横軸に対して、どのような版厚を適用すればよいかの説明が無い。例えば、我が国の版厚は、設計航空機荷重区分が同じであっても、設計反復作用回数区分に応じて版厚が異なる。従って、設計反復作用回数が小さいM区分の版厚を用いた場合のPCNは $PCN < ACN$ 、設計反復作用回数が大きいN区分の版厚を用いた場合のPCNは $PCN > ACN$ となる場合があり、設計思想と合致しない。
- ② ICAOのACN算出に用いている版厚は、許容荷重応力を 2.75N/mm^2 とした場合のものである。一方、旧公示方法においてPCN図を用いる場合の版厚は、許容荷重応力を 2.5N/mm^2 とした場合の版厚であり、ACNの算出条件と整合しない。そのため、PCN算出に用いる版厚としては、許容荷重応力を 2.75N/mm^2 に統一して算出したものを使用する必要がある。
- ③ ICAOのACN図では、コンクリートの弾性係数を $281,000\text{kgf/cm}^2$ ($27,579\text{N/mm}^2$)として作成されている。また、ACN図とPCN図は一致することから、PCN図についても同値を使用していると考えられる。しかしながら、S52設計要領では $350,000\text{kgf/cm}^2$ 、H11設計要領及びH20設計要領では $34,000\text{N/mm}^2$ を使用しているため、弾性係数については我が国の現行の設計条件を反映する必要がある。

以上の課題を解決するため、新しいPCN算出方法について検討した。

まず、PCN図とPCN表については廃止し、PCN算出式に統一することとした。PCN図については、図を用意せずともPCN算出式を明示することで計算可能であること、PCN表は設計航空機荷重区分と路盤の設計支持力係数から簡便にPCNを算出する目的で用意されていたと考えられるが、H20設計要領から導入された理論的設計法による設計では、設計航空機荷重区分と路盤の設計支持力係数が同一であっても、その他の設計条件の違いにより版厚が異なるため、PCN表を作成することができないからである。

次に、我が国の設計法における荷重応力の算出方法としては、前述の通り、福手によるプログラムが用いられていたが、簡便に計算を行うために荷重応力算出式を用

いることとした。一般的に用いられる荷重応力算出式はいくつか存在するが、福手によるプログラムと整合性が高い式(12)を用いることとした。また、コンクリートの弾性係数およびポアソン比の値としては、H11設計要領の付録「コンクリートの版厚設計曲線の作成方法」およびH20設計要領の設計用値において「一般的な値」とされている弾性係数 $34,000\text{N/mm}^2$ およびポアソン比0.15を使用することとした。

$$\sigma = 1.1(1+\nu) \frac{F}{h^2} \left\{ \log \frac{l}{b} + \log \sqrt[4]{12(1-\nu^2)} \right\} \quad \text{式(12)}$$

ここに、

σ : コンクリート版中央部下面に生じる応力 (N/mm^2)

F : 単車輪載荷荷重 (N)

p : 接地圧 (N/mm^2)

a : 車輪接地半径 ($=\sqrt{F/p\pi}$, mm)

h : コンクリート版厚 (mm)

b : $a < 1.724h$ の場合、

$$b = \sqrt{1.6a^2 + h^2} - 0.675h \quad (\text{mm})$$

$a \geq 1.724h$ の場合、

$$b = a \quad (\text{mm})$$

$$l : \text{剛比半径} = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)K_{75}}} \quad (\text{mm})$$

E : コンクリートの弾性係数 (N/mm^2)

ν : コンクリートのポアソン比

K_{75} : 路盤の設計支持力係数 (N/mm^3)

最後に、式(12)に代入する版厚であるが、我が国の設計法では、設計反復作用回数の区分に応じて許容荷重応力が表-28に示す通り異なっている。また、いずれの場合においても、許容荷重応力はACN算出条件である 2.75N/mm^2 と相違している。そのため、版厚算出に用いる許容荷重応力をACN算出条件である 2.75N/mm^2 に統一することとし、その際の版厚を、表-28の許容荷重応力により設計された版厚と区別するために「換算コンクリート版厚」と呼ぶこととした。換算コンクリート版厚は、H11設計要領において設計対象航空機に応じて用意されているコンクリート版厚設計曲線⁶⁾を用いて算出することとした。コンクリート版厚設計曲線の一例を図-7に示す。

表-28 我が国の設計法における許容荷重応力
(設計基準曲げ強度を 5.0N/mm²とした場合)

設計反復作用回数 (回)	設計反復作用回数の区分	許容荷重応力 (N/mm ²)
6,000	M	2.94
10,000 20,000 40,000	N	2.50
80,000	O	2.27

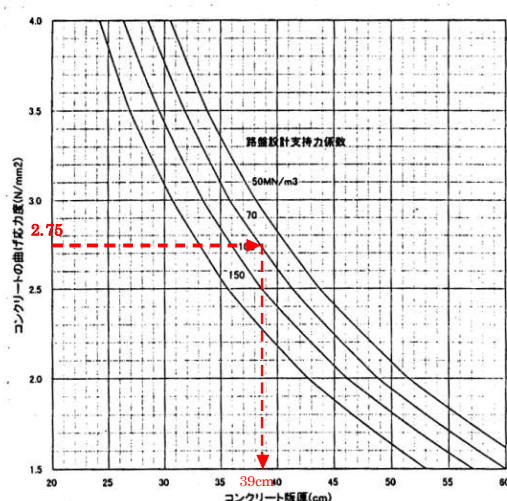


図-7 コンクリート版厚設計曲線 (B747-400)

表-29 換算コンクリート版厚算出の補正係数

設計反復作用回数 (回)	設計反復作用回数の区分	補正係数
6,000	M	1.05
10,000 20,000 40,000	N	0.94
80,000	O	0.88

また、これに関連し、PCNを算出する舗装の設計反復作用回数区分が既知の場合には、設計版厚に表-29に示す補正係数を乗じて換算コンクリート版厚を算出できるようにした。この補正係数は、それぞれの設計反復作用回数区分に応じた許容荷重応力(表-28)による版厚と、許容荷重応力を2.75N/mm²とした場合の版厚の比を補正係数の形で表したものである。例えばM区分の場合は、許容荷重応力を2.94N/mm²として設計を行っているが、

PCN算出のためには許容荷重応力を2.75N/mm²と小さく(厳しめに)設定するため、換算コンクリート版厚は設計コンクリート版厚よりも厚くなり、補正係数は1.0より大きくなっている。また、N区分、O区分の場合はM区分とは逆に補正係数は1.0より小さくなっている。

以上の手順をまとめると、新しいPCN算出方法は以下の通りまとめられる。

① 換算コンクリート版厚の算出

PCNを算出するコンクリート舗装の設計条件である設計対象の代表機種、路盤の設計支持力係数から、許容荷重応力を2.75N/mm²とした場合の版厚を換算コンクリート版厚とする。ただし、設計反復作用回数区分が既知の場合は、版厚に対して表-29に示す補正係数を乗じることで、換算コンクリート版厚を算出することができる。

② DSWLの算出

換算コンクリート版厚、路盤の設計支持力係数を基に、コンクリート版下面に生じる応力が2.75N/mm²となる許容単車輪荷重DSWL(1,000kgf単位)を式(12)から算出する。この場合、コンクリートの弾性係数としては34,000N/mm²、コンクリートのポアソン比としては0.15、接地圧としては1.25N/mm²とする。

③ PCNの算出

DSWLを2倍することでPCNを算出する。

3.6 新しいPCN算出方法の妥当性の検証

前節で示した新しいPCN算出方法の妥当性を検証した。まず、H20設計要領における代表機種において、許容荷重応力を2.75N/mm²とした場合の換算コンクリート版厚を表-30に示す。また、これらの換算コンクリート版厚を用いて式(12)から算出したPCNと各機材のACNを表-31に示す。これを見ると、PCNが過度にACNを超過している状態は見受けられない。

表-32では、旧公示方法のPCN表によるPCNと新しいPCN算出方法で計算したPCNを比較した。代表機種が当時と現時点では異なるため、算出方法の違いによる影響を単純に比較することはできないが、新しい算出方法によるPCNは、LA-1について概ね旧公示方法におけるPCNを上回り、他の設計航空機荷重区分については大きく変化しないことが分かる。

表-30 H20 設計要領における換算版厚 (cm)

設計航空機 荷重区分	路盤の設計支持力係数 K_{75} (MN/m ³)		
	120 以上 (計算値:150)	60 以上 120 未満 (採用値:80)	25 以上 60 未満 (採用値:40)
LA-1	33	38	42
LA-12	30	33	37
LA-2	29	32	34
LA-3	26	28	30

表-31 ACN と PCN の比較

設計 航空機 荷重区分	路盤の設計支持力係数 K_{75} (MN/m ³)					
	120 以上 (計算値:150)		60 以上 120 未満 (採用値:80)		25 以上 60 未満 (採用値:40)	
	ACN	PCN	ACN	PCN	ACN	PCN
LA-1 (B747-400)	53	58	62	71	74	80
LA-12 (A300-B4)	41	47	49	52	57	61
LA-2 (A320-200)	47	44	49	49	52	50
LA-3 (DC9-41)	32	34	34	37	35	39

表-32 旧公示方法の PCN 表と新しい算出方法による PCN の比較 (網掛け部が新 PCN > 旧 PCN)

設計航空機 荷重区分	路盤の設計支持力係数 K_{75} (MN/m ³)					
	120 以上 (計算値:150)		60 以上 120 未満 (採用値:80)		25 以上 60 未満 (採用値:40)	
	旧	新	旧	新	旧	新
LA-1	51	58	62	71	69	80
LA-12	48	47	52	52	53	61
LA-2	48	44	52	49	53	50
LA-3	34	34	38	37	39	39

4. 結論

空港舗装の PCN 算出方法について検討した結果は、以下のとおりにとまとめられる。

- (1) 空港アスファルト舗装の PCN 算出方法について、旧公示方法における PCN 図および PCN 表の根拠を明

らかにした。旧公示方法の PCN 図を用いる算出方法では、我が国の 10,000 回基準舗装厚をそのまま適用するのではなく、5,000 回基準舗装厚に修正 CE 法の補正係数を乗じて算出した 10,000 回基準舗装厚を用いていることを明らかにした。

- (2) 空港コンクリート舗装の PCN 算出方法について、旧公示方法における PCN 図および PCN 表の根拠を明らかにした。表示方法は異なるものの、PCN 図は ICAO の ACN 図と一致していること、PCN 表は旧公示方法が編纂された当時の N 区分の版厚を用いて、許容荷重応力を 2.5N/mm² として計算していることを明らかにした。
- (3) 旧公示方法における PCN 算出方法の課題を整理した。また、ACN 算出に用いられている各種設計法と我が国の設計法の相違点を考慮した新しい PCN 算出方法を検討した。

5. おわりに

H20 設計要領において、従来用いられてきた経験的計法に加えて、新たに理論的計法を導入したことから、PCN < ACN となるような「オーバーロード運航」が舗装残存寿命へ及ぼす影響を定量的に検討することは可能である。しかしながら検討課題も多いことから、今回の公示方法改定ではオーバーロード運航の目安については旧公示方法のまま表-33 のとおりとしている。この目安は海外の事例を参考としていると考えられるが、我が国の設計法を根拠とした定量的な考え方の目安については別の機会に改めて整理する予定である。

表-33 オーバーロード運航における目安

PCN と ACN の関係	目安
$\frac{ACN}{PCN} \leq 1$	無条件で運航可能
$1 < \frac{ACN}{PCN} \leq 1.1$	1 日当りの運航回数が数回程度の運航であれば可能
$1.1 < \frac{ACN}{PCN} \leq 1.3$	1 日当りの運航回数が数回程度でしかも短期間の運航であれば可能
$1.3 < \frac{ACN}{PCN} \leq 2.0$	特別の事情により数回程度の運航であれば可能
$2.0 < \frac{ACN}{PCN}$	緊急機以外は不可

参考文献

- 1) 運輸省航空局飛行場部建設課：舗装強度の公示方法について，1981.
- 2) 運輸省航空局飛行場部建設課：舗装強度の公示方法について，1999.
- 3) 国土交通省航空局空港部技術企画課：舗装強度の公示方法について，2009.
- 4) 運輸省航空局：空港アスファルト舗装構造設計要領，1976.
- 5) 運輸省航空局：空港コンクリート舗装構造設計要領，1977.
- 6) 運輸省航空局監修，(財)港湾空港建設技術サービスセンター：空港舗装構造設計要領，1999.
- 7) 国土交通省航空局監修，(財) 港湾空港建設技術サービスセンター：空港舗装設計要領及び設計例，2008.
- 8) 坪川将丈，水上純一，小林雄二：空港舗装の PCN 算出手法に関する検討，国土技術政策総合研究所資料，No. 468，2008.
- 9) ICAO：Aerodrome Design Manual, Part3 Pavements Second Edition, 1983.
- 10) Pereira, T.：Procedures for Development of CBR Design Curves, Instruction Report S-77-1, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1977.
- 11) Portland Cement Association：Design of Concrete Airport Pavements, p. 61, 1973.
- 12) Westergaard, H. M.：New Formulas for Stresses in Concrete Pavements of Airfields, Transaction of ASCE, Vol. 113, pp.425-444, 1948.
- 13) Pickett, G. and G. K. Ray：Influence Charts for Concrete Pavements, Transactions of ASCE, Vol. 116, pp. 49-73, 1951.
- 14) 福手勤：空港コンクリート舗装厚設計への電算プログラムの応用，港湾技研資料，No. 262，1977.

(2010年5月31日受付)

舗装強度の公示方法について

平成 21 年 8 月

航空局空港部技術企画課

目 次

舗装強度の公示方法について

1. 序文.....	1
2. 舗装強度の公示.....	2
3. 舗装支持力強度の算出方法.....	5
付録—1 主な航空機の ACN	13
付録—2 国管理空港等の PCN の例.....	14
付録—3 PCN 値の算出例	17

1. 序文

昭和 56 年 11 月 26 日より ICAO が規定する舗装強度の公示方法は、「ACN—PCN (Aircraft Classification Number—Pavement Classification Number) 方式」が適用されることとなり、我が国においても「舗装強度の公示方法について」(昭和 56 年 10 月 27 日付け空建第 175 号)の通達により、昭和 56 年 12 月 1 日以降に航空路誌(AIP: Aeronautical Information Publication)で公示する舗装強度を SIWL(単車輪荷重)表示から ACN—PCN 方式に基づく PCN 表示に変更した。一方、航空法施行規則第 76 条等の規定により公示する滑走路の強度については、従前の単車輪荷重を引き続き用いることとした。

AIP で公示する ACN—PCN 方式の PCN は、航空機の運航を制限しない舗装の支持力強度を示すものであり、空港管理者、航空機運航者及び航空機製造者にとって重要な航空情報として利用されている。

本資料は、これまで示してきた図表による PCN 値の算出方法が、航空機の更新等に伴う舗装強度の増加に対応できないものであること、航空機の設計交通量を反映していないものであること、平成 20 年 7 月に改定した「空港舗装設計要領」(以下「現設計要領」という。また、現設計要領改定前の空港舗装構造設計要領は、以下「旧設計要領」という。)の理論的設計法に対応できないものであることなどの理由から見直しを行い、PCN 値の算出方法を図表による方法から理論的な数式による方法に変更したものであり、これまでの「舗装強度の公示方法について」を全面改定したものとなっている。

2. 舗装強度の公示

航空路誌（AIP : Aeronautical Information Publication）において公示する滑走路等の舗装強度は、国際民間航空条約第 14 付属書（ICAO Annex14）及び第 15 付属書（ICAO Annex15）の規定に基づき、全備重量が 5,700kg を超える航空機の使用を目的とする舗装の支持力強度は、ACN-PCN 方式による表示とし、全備重量が 5,700kg 以下の航空機の使用を目的とする舗装の支持力強度は、最大許容航空機重量及び最大許容タイヤ圧表示としている。

2.1 全備重量が 5,700kg を超える航空機の使用を目的とする舗装の支持力強度の公示

全備重量が 5,700 kg を超える航空機の使用を目的とする舗装の支持力強度は、PCN 値、舗装種別コード、路床強度カテゴリー、許容タイヤ圧カテゴリー、評価方法コードを公示する必要がある。（具体的な表示内容は、「3. 舗装支持力強度の算出方法」を参照。）

この支持力強度は ACN-PCN 方式に基づくものであり、ACN は標準タイヤ圧 1.25MPa における単車輪荷重（換算単車輪荷重、DSWL : Derived Single Wheel load）の 2 倍として規定されている。ACN 及び PCN の定義は以下のとおりである。

- ・ ACN : 標準路床強度の舗装に対する航空機の相対的な影響を表す数値
- ・ PCN : 航空機の運航を制限しない舗装の支持力強度を表す数値

(1) ACN (Aircraft Classification Number) : 航空機等級番号

ACN は、航空機が舗装に及ぼす影響を PCN と比較するために数値化したものであり、ICAO 飛行場設計マニュアル第 3 部（ICAO Aerodrome Design Manual Part3 Doc 9157）に標準的な算出手法が示されている。

ACN は同じ航空機であっても、重量、舗装種別、路床強度によってその数値が異なり、航空機メーカーが発行する Airplane Characteristics 等に ACN の値あるいは算出図表が掲載されている。

参考として、付録-1 に主な航空機の ACN を示している。

(2) PCN (Pavement Classification Number) : 舗装等級番号

PCN は、航空機の運航を制限しない舗装強度を数値化したものであり、その数値及び算出方法は空港管理者が決定するものとなっている。

PCN は、空港管理者がその責任において決定するものであるが、国内空港の舗装強度の整合性、算出方法の合理性及び簡便性を考慮し、「3. 舗装支持力強度の算出方法」に示す方法によって算出することが望ましい。

参考として、付録-2 に「3. 舗装支持力強度の算出方法」で算出した場合の各空港の滑走路及びエプロンの PCN を示している。なお、本付録では「2. 2 全備重量が 5,700kg 以下の航空機の使用を目的とする舗装の支持力強度の公示」に該当する空港においても便宜上 PCN 値を示している。

(3) ACN—PCN 方式の使用方法

ACN—PCN 方式は、空港管理者、航空機運航者及び航空機製造者の三者が以下に示す目的に応じて利用するものである。なお、ACN—PCN 方式は、AIP に公示する目的のみに用いられるものであり、舗装の設計のために用いるものではない。

- ・ 空港管理者 : 新しい航空機の運航可否の判断
- ・ 航空機運航者 : 運航可能な航空機と運航重量の判断
- ・ 航空機製造者 : 既存空港に適合可能な新型機材の開発

空港管理者は、新たな航空機を運航させる場合の可否判断に ACN—PCN 方式を用いることができる。

ACN ≤ PCN の場合の航空機は、無条件で当該空港の滑走路等を使用することができるが、ACN > PCN の航空機であっても、空港管理者の判断により条件付きで運航させることができる。この条件付きの運航をオーバーロード運航と呼んでいるが、オーバーロード運航の実施にあたっては、使用を予定する舗装の状況を点検し、特に顕著な異常がないことを確認した上で、次の値を目安として当該航空機の運航の可否を判断することができる。

$$\frac{ACN}{PCN} \leq 1 \quad : \text{無条件で運航可能}$$

$$1 < \frac{ACN}{PCN} \leq 1.1 \quad : \text{1日当りの運航回数が数回程度の運航であれば可能}$$

$$1.1 < \frac{ACN}{PCN} \leq 1.3 \quad : \text{1日当りの運航回数が数回程度でしかも短期間の運航
であれば可能}$$

$$1.3 < \frac{ACN}{PCN} \leq 2.0 \quad : \text{特別の事情により数回程度の運航であれば可能}$$

$$2.0 < \frac{ACN}{PCN} \quad : \text{緊急機以外は不可}$$

2.2 全備重量が 5,700kg 以下の航空機の使用を目的とする舗装の支持力強度の公示

全備重量 (AUW : All-up weight) が 5,700kg 以下の航空機の使用を目的としている舗装の支持力強度は、その舗装が支持できる最大許容航空機重量と最大許容タイヤ圧を公示する必要がある。我が国においては、現設計要領の LSA-1 又は 1982 年以前の旧設計要領 LA-5 (設計対象航空機 : ドルニエ 228-200, 5,700kg) 以下で設計する 800m 級滑走路の STOL 空港が概ねこれに該当する。

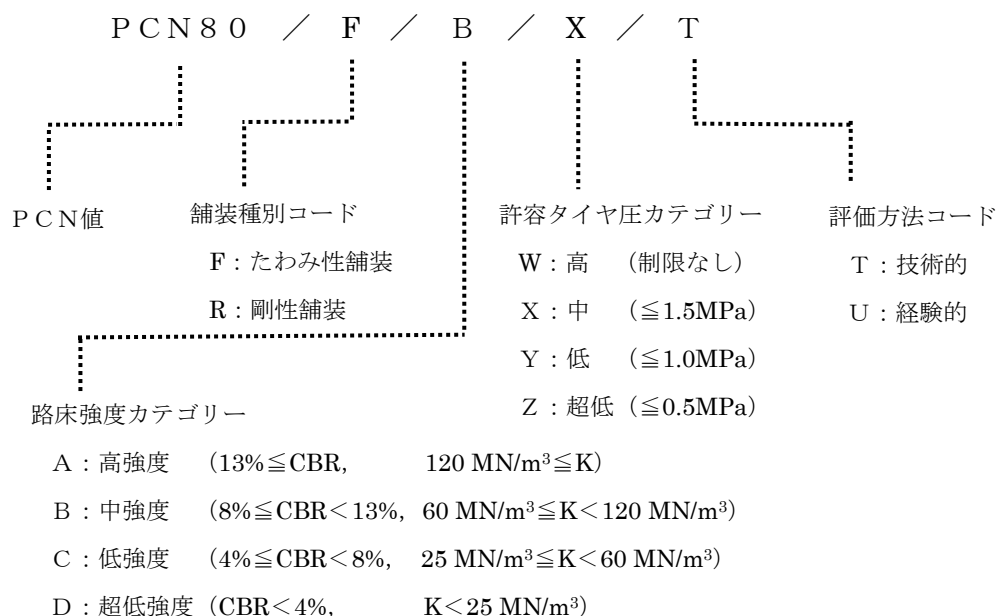
(例) LSA-1 舗装で設計対象航空機がドルニエ 228-200 (最大重量 5,700 kg, タイヤ接地圧 0.48MPa) の場合は以下のとおり公示する。なお、ドルニエ 228-212 の場合は、最大重量が 6,430 kg であるため PCN 表示で公示することになる。

AUW 5,700kg / 0.48MPa

3. 舗装支持力強度の算出方法

3.1 舗装の支持力強度の表示内容

ACN—PCN 方式による舗装の支持力強度は、次のように表示する。



ここで、CBR はたわみ性舗装の路床支持力、K は剛性舗装の路盤支持力を示す。

3.2 PCN値

(1) たわみ性舗装

(a) 経験的設計法による場合

現設計要領で示す経験的設計法により設計する舗装のように、設計条件（設計荷重、設計反復作用回数、路床の設計 CBR）が明確である場合には、その舗装構造設計をもとに、次に示す①～③の手順により PCN 値を算出する。

① 基準舗装厚の算出

基準舗装厚とは、設計荷重、設計反復作用回数及び路床の設計 CBR から決定される通常の粒状材を路盤に用いた場合の表層から路盤までの舗装の総厚であり、現設計要領で示す経験的設計法による全備重量の航空機荷重が作用する区域の舗装厚（舗装区域による減厚を行わない舗装厚）である。

上層路盤、下層路盤に粒状材以外の材料を用いる舗装の場合には、表-1 及び表-2 に示す材料の等価値を用いて粒状材を用いた場合の路盤厚に換算し基準舗装厚を算出する。また、表・基層（ただし、グルーピングのために加算する 1cm 分は構造的な寄与がないと見なすため控除する。）は、路盤のように換算しないでそのまま基準舗装厚に加えるが、舗装の嵩上げによって既設の表・基層を路盤として扱う場合には、表-3 に示す表・基層

の最小合計厚を越える厚さの旧表・基層をアスファルト安定処理材の等価値により換算し、基準舗装厚に加えることができる。

表-1 上層路盤材料の等価値

材 料 名	混 合 方 法	主 な 材 質	等 価 値
アスファルト安定処理材	中央プラント加熱混合	マーシャル安定度 (75 回) 4.90kN 以上	2.0
		マーシャル安定度 (50 回) 3.45kN 以上	1.5
セメント安定処理材	中央プラント混合	一軸圧縮強度 (材令 7 日) 2.9N/mm ² 以上	1.5
石灰安定処理材	中央プラント混合	一軸圧縮強度 (材令 14 日) 2.9N/mm ² 以上	1.5
水硬性粒度調整鉄鋼スラグ		一軸圧縮強度 (材令 14 日) 1.2N/mm ² 以上, 修正 CBR80 以上	1.5
粒度調整砕石	中央プラント混合	修正 CBR80 以上	1.0

表-2 下層路盤材料の等価値

材 料 名	混 合 方 法	主 な 材 質	等 価 値
アスファルト安定処理材	中央プラント加熱混合	マーシャル安定度 (50 回) 3.45kN 以上	2.0
セメント安定処理材	中央プラント混合	一軸圧縮強度 (材令 7 日) 2.0N/mm ² 以上	1.5
石灰安定処理材	中央プラント混合	一軸圧縮強度 (材令 14 日) 2.0N/mm ² 以上	1.5
粒状材		修正 CBR30 以上	1.0

表-3 表・基層の最小合計厚

設計荷重の区分	設計反復作用回数の区分	最小合計厚 (cm)	設計荷重の区分	設計反復作用回数の区分	最小合計厚 (cm)
LA-1	a	14	LSA-1	a	4
	b	15		b	4
	c	15		c	4
	d	16	LSA-2	a	4
	e	17		b	4
LA-12	a	13	c	4	
	b	14	LT-1	a	10
	c	14		b	10
	d	15		c	10
e	16	LT-12	a	9	
LA-2	a		12	b	9
	b		12	c	9
	c	12	LT-2	a	8
LA-3	a	10		b	8
	b	10		c	8
	c	10			
LA-4	a	9			
	b	9			
	c	9			

② 設計反復作用回数による基準舗装厚の補正

PCN 値は、設計反復作用回数が 10,000 回に相当する舗装厚をもとに算出するため、設計反復作用回数が 10,000 回以外の場合には、①で算出した基準舗装厚を以下の(1)式に代入して設計反復作用回数 10,000 回の基準舗装厚に換算する必要がある。

なお、(1)式の設計反復作用回数 N は、現設計要領における設計年数 20 年の値を用いるため、旧設計要領で標準としていた設計年数 10 年の舗装構造の場合は 2 倍の値を入力する。

$$t_{10000} = t \times \frac{0.23 \log(10000/2) + 0.15}{0.23 \log(N/2) + 0.15} \quad \dots\dots (1) \text{式}$$

t_{10000} : 設計反復作用回数 10,000 回の基準舗装厚(cm)

t : ①で算出した基準舗装厚(cm)

N : PCN を算出したい舗装の設計反復作用回数

③ PCN 値の算出

PCN 値は、②で得られた基準舗装厚 (t_{10000}) を(2)式に代入して算出する。

LA-1、LA-12 等の 1 脚 4 輪又は 1 脚 6 輪の航空機を設計対象機材とする場合は、 α 係数を 0.825、その他の LA-2 以下の 1 脚 2 輪又は 1 脚 1 輪の航空機を設計対象機材とする場合は、 α 係数を 1.0 とする。

$$PCN = \alpha^2 \times \frac{\frac{t_{10000}^2}{1000}}{\frac{0.878}{CBR} - 0.01249} \quad \dots\dots (2)式$$

α : 1 脚 4 輪又は 1 脚 6 輪の航空機の場合 0.825

1 脚 2 輪又は 1 脚 1 輪の航空機の場合 1.0

CBR : PCN を算出する舗装の路床の設計 CBR(%)

(b) 理論的設計法等による場合

現設計要領で示す理論的設計法による舗装構造設計の場合、又は舗装の設計条件が明確ではない場合には、表-4 に示す手順により PCN 値を算出する。舗装の設計条件が明確ではない場合には、現地調査による舗装構造の把握により設計条件を仮定する。

表-4 理論的設計法等によるたわみ性舗装の PCN 値の算出方法

PCN 算出の手順	理論的設計法等による舗装の場合
①基準舗装厚の算出	設計舗装厚をもとに基準舗装厚を算出 (a)経験的設計法による場合の①基準舗装厚の算出と同様の方法)
②設計反復作用回数による基準舗装厚の補正	設計条件における交通量をもとに当該舗装に該当する設計反復作用回数*を算出し、これをもとに(1)式より設計反復作用回数 10,000 回の舗装厚に補正 ※ 現設計要領付録-5 参照
③PCN 値の算出	設計条件における航空機種別による α 係数、路床の設計 CBR*を用い、(2)式より PCN 値を算出 ※ 路床の弾性係数によって設計を行っている場合には、 E (MPa) =10・CBR (%) の関係より CBR を推定

(2) 剛性舗装

剛性舗装の PCN 値の算出方法は、通常は無筋コンクリート舗装を対象としている。このため、プレストレストコンクリート舗装等の特殊なコンクリート舗装の場合には、それらの設計条件に相当する無筋コンクリート舗装を仮定し PCN 値を算出する。

(a) 経験的設計法による場合

現設計要領で示す経験的設計法により設計が行われている舗装のように、設計条件（設計荷重、設計反復作用回数、路盤の設計支持力 K 値）が明確である場合には、その舗装構造設計をもとに、次に示す①、②の手順により PCN 値を算出する。

① 換算コンクリート版厚の算出

ACN はコンクリート版に発生する応力度が 2.75N/mm^2 の場合の版厚をもとに規定されていることから、PCN の算出においても、設計荷重に対して発生する応力度が 2.75N/mm^2 の場合のコンクリート版厚を求める必要がある。

換算コンクリート版厚は、コンクリート版厚設計曲線等により算出するものであるが、設計反復作用回数が既知の場合には、当該コンクリート版厚に表-5 に示す補正係数を乗じて算出することができる。

表-5 換算コンクリート版厚の補正係数

設計反復作用回数の区分	設計反復作用回数※	補正係数
M	6,000 回	1.05
N	10,000 回	0.94
	20,000 回	
	40,000 回	
O	80,000 回	0.88

※ 現設計要領で示す設計反復作用回数

② PCN 値の算出

PCN 値は、①で得られた換算コンクリート版厚、路盤の設計支持力係数をもとに、コンクリート版に生じる応力 σ が 2.75N/mm^2 となる単車輪荷重 F を(3)式により算出し、算出した単車輪荷重 F を $1,000\text{kgf}$ 単位に換算して DSWL ($1,000\text{kgf}$) とし、この DSWL を 2 倍して算出する。

$$\sigma = 1.1(1+\nu)\frac{F}{h^2}\left\{\log\frac{l}{b} + \log\sqrt[4]{12(1-\nu^2)}\right\} \quad \dots\dots (3)\text{式}$$

σ : コンクリート版中央部下面に生じる曲げ応力 (2.75 N/mm^2)

F : 単車輪荷重 (N)

h : 換算コンクリート版厚 (mm)

b : $a < 1.724h$ の場合, $b = \sqrt{1.6a^2 + h^2} - 0.675h$ (mm)

$a \geq 1.724h$ の場合, $b = a$ (mm)

a : タイヤ接地半径 ($=\sqrt{F/p\pi}$, mm)

p : 接地圧 (1.25N/mm^2)

l : 剛比半径 $=\sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)K_{75}}}$ (mm)

E : コンクリートの弾性係数 ($34,000\text{ N/mm}^2$)

ν : コンクリートのポアソン比 (0.15)

K_{75} : 路盤の支持力係数 (N/mm^3)

(b) 理論的設計法等による場合

現設計要領で示す理論的設計法による舗装構造設計の場合、又は舗装の設計条件が明確ではない場合には、表-6 に示す手順により PCN 値を算出する。舗装の設計条件が明確ではない場合には、現地調査による舗装構造の把握により設計条件を仮定する。

表-6 理論的設計法等による剛性舗装のPCN値の算出方法

PCN算出の手順	理論的設計法等による舗装の場合
①換算コンクリート版厚の算出	設計条件における交通量をもとに当該舗装に該当する設計反復作用回数 [*] を算出し、該当する補正係数を表-5により求め、これをコンクリート版厚に乗じるにより換算コンクリート版厚を算出 ※ 現設計要領付録-5 参照
②PCN値の算出	設計条件における路盤支持力K値、コンクリートの弾性係数及び換算コンクリート版厚をもとに(3)式によりPCN値を算出

3.3 舗装種別コード

舗装支持力強度を表示する舗装の種別により、表-7に示すコードを表示する。

表-7 舗装種別コード

区 分	コード
たわみ性舗装	F
剛 性 舗 装	R

3.4 路床強度カテゴリ

設計条件又は現地調査における路床支持力強度（たわみ性舗装の場合には路床の設計CBR値、剛性舗装の場合には路盤支持力K値）により、表-8に示すカテゴリを表示する。

表-8 路床強度カテゴリ

区 分		カテゴリ
高強度	剛性舗装に対しては $K=150\text{MN}/\text{m}^3$ の特性を有し、 $120\text{MN}/\text{m}^3$ 以上のすべてのK値を表し、たわみ性舗装に対しては $\text{CBR}=15\%$ の特性を有し、13%以上のすべてのCBR値を表す。	A
中強度	剛性舗装に対しては $K=80\text{MN}/\text{m}^3$ の特性を有し、 $60\sim 120\text{MN}/\text{m}^3$ のK値の範囲を表し、たわみ性舗装に対しては $\text{CBR}=10\%$ の特性を有し、8~13%のCBRの範囲を表す。	B
低強度	剛性舗装に対しては $K=40\text{MN}/\text{m}^3$ の特性を有し、 $25\sim 60\text{MN}/\text{m}^3$ のK値の範囲を表し、たわみ性舗装に対しては $\text{CBR}=6\%$ の特性を有し、4~8%のCBRの範囲を表す。	C
超低強度	剛性舗装に対しては $K=20\text{MN}/\text{m}^3$ の特性を有し、 $25\text{MN}/\text{m}^3$ 以下のすべてのK値を表し、たわみ性舗装に対しては $\text{CBR}=3\%$ の特性を有し、4%以下のすべてのCBRの範囲を表す。	D

3.5 許容タイヤ圧カテゴリー

設計対象航空機のタイヤ接地圧により、表-9 に示すカテゴリーを表示する。
参考として、付録-1 に主な航空機のタイヤ接地圧を示している。

表-9 許容タイヤ圧カテゴリー

区 分		カテゴリー
高	圧力制限なし	W
中	圧力は 1.50MPa に制限	X
低	圧力は 1.00MPa に制限	Y
超低	圧力は 0.50MPa に制限	Z

3.6 評価方法コード

PCN 値の算出方法を評価し、表-10 に示すコードを表示する。

なお、これまで示した算出方法は、舗装特性を考慮した「技術的評価」に該当するが、就航している航空機の運航実績をもとに当該航空機の ACN を PCN として表示する場合は「経験的評価」となる。

表-10 評価方法コード

区 分		コード
技術的評価	舗装の特性及び強度に関する技術的知見を 基にした評価方法	T
経験的評価	通常運航のもとで舗装が十分に耐えられる 特定の航空機型式及び重量に関する経験的 知見を基にした評価方法	U

付録—1 主な航空機の ACN

航空機の種類	総重量 (t)	主脚の荷 重負担率 (%)	タイヤ 接地圧 (MPa)	剛性舗装				たわみ性舗装			
				高強度 120≤K	中強度 60≤K<120	低強度 25≤K<60	超低強度 K<25	高強度 13≤CBR	中強度 8≤CBR<13	低強度 4≤CBR<8	超低強度 CBR<4
A380-800	562.0 270.0	28.5	1.50	57 26	68 26	88 29	110 37	63 26	69 27	83 30	111 38
B747-8	443.6 226.8	23.7	1.52	64 27	75 30	88 35	101 41	63 27	70 28	87 32	110 43
B747-400	397.8 178.8	23.3	1.38	53 19	62 21	74 25	85 29	58 21	64 23	80 25	102 33
A340-600	381.2 176.4	31.7	1.61	63 32	73 33	86 37	99 43	71 33	77 34	91 38	122 48
B747-300	379.1 174.8	22.7	1.30	48 18	57 20	68 24	78 27	53 20	59 21	73 23	94 31
B777-300ER	352.4 167.8	46.2	1.52	66 27	85 28	109 34	131 43	64 24	71 25	89 29	120 40
B777-300	300.3 159.2	47.4	1.48	54 26	68 27	88 33	108 41	53 23	59 25	72 28	100 38
B777-200	248.1 137.1	46.8	1.26	38 21	47 21	61 25	77 31	39 18	44 20	53 23	75 30
B747-400D	278.3 181.7	24.1	1.14	33 20	38 22	46 26	53 30	37 22	40 23	47 26	63 34
A340-300	277.4 125.2	40.0	1.42	53 28	62 28	73 32	86 37	62 29	67 30	79 33	107 42
A330-300	233.9 120.1	47.8	1.45	55 27	63 27	75 31	87 36	63 28	69 30	80 33	109 40
A330-200	233.9 117.0	47.3	1.42	53 26	62 26	73 30	86 34	62 27	68 28	79 31	107 38
B787-8	220.4 114.5	45.7	1.52	57 26	67 28	79 33	91 38	57 26	63 27	77 30	101 39
B767-300ER	187.3 89.8	46.2	1.38	48 19	57 21	68 25	78 29	53 21	59 22	72 25	94 33
A310-300	164.9 78.9	47.3	1.29	47 17	55 20	65 23	73 28	50 19	56 20	69 23	85 32
B767-300	159.7 81.6	46.1	1.34	39 17	45 19	54 22	62 25	43 19	47 20	56 22	76 28
B767-200	143.8 79.4	46.2	1.31	33 17	39 18	46 21	54 24	37 18	41 19	48 21	66 27
B757-300	122.9 64.6	46.3	1.34	35 15	41 17	48 20	55 23	35 16	40 17	49 19	63 26
B757-200	116.1 62.1	45.6	1.26	31 14	36 16	43 19	49 22	32 15	36 16	44 18	57 24
B737-800	79.2 41.4	46.8	1.41	49 23	52 24	54 25	56 27	43 20	45 21	50 22	55 26
A320-200	78.4 41.3	46.4	1.44	47 22	49 23	52 25	54 26	41 20	43 20	47 21	53 25
A319	75.9 39.8	45.7	1.38	44 21	46 22	49 23	51 24	39 19	40 19	45 20	51 23
MD-90	71.2 40.0	48.2	1.40	49 25	51 26	53 27	55 28	42 21	46 22	50 24	53 28
B737-700	70.3 37.6	45.9	1.36	41 19	43 20	46 22	47 23	36 18	38 18	42 19	47 22
B737-400	68.3 33.6	46.9	1.27	42 18	44 19	47 20	48 21	37 16	39 17	44 18	48 21
MD-81	64.0 35.3	47.8	1.29	41 20	43 21	45 23	47 24	37 18	38 19	43 21	47 23
B737-500	60.8 31.3	46.1	1.33	37 17	38 18	40 19	42 20	32 15	33 15	37 16	41 19
ERJ 170	36.2 21.8	47.0	0.96	18 9	20 10	21 11	22 12	16 8	18 9	20 10	23 12
DHC-8-400	28.8 17.2	47.0	1.05	17 9	18 10	19 11	20 11	15 8	16 9	18 10	20 11
SAAB340B	13.1 9.5	46.5	0.87	7.5 5.0	8.0 5.5	8.5 6.0	8.5 6.0	6.0 4.0	7.0 4.5	8.0 5.0	9.0 6.0
Dornier228-212	6.4 3.5	45.0	0.54	4.5 2.5	4.5 3.0	5.0 3.0	4.5 3.0	3.5 2.5	4.5 2.5	5.5 3.0	5.5 3.5

注1) 諸数値は、航空機メーカーの Airplane Characteristics による。(B747-8、B787-8 は準備段階の値 (Preliminary Information) を示す。)

注2) 上段は最大重量、下段は最小重量の ACN であり、これらの中間重量の ACN は比例補間により算出する。

付録—2 国管理空港等のPCNの例

(その1)

空港名	施設名	設計条件							PCN値	
		設計荷重区分	対象機材	設計反復作用回数(10年)※1	アスファルト舗装		コンクリート舗装		アスファルト	コンクリート
					設計CBR (%)	基準舗装厚 (cm)	路盤支持力係数K値 (MN・m ³)	コンクリート版厚 (cm)		
(拠点空港、国管理空港)										
東京国際空港	A-R/W	LA-1	B747-400	20,000	10.0	110	-	-	85	-
	B-R/W	LA-1	B747-200B	20,000	4.5	195	-	-	109	-
	C-R/W	LA-1	B747-400	40,000	9.0	120	-	-	78	-
	A/P	LA-1	B747-200	20,000	-	-	70	42	-	74
	A/P	LA-1	B747-200	20,000	-	-	70	42	-	74
	A/P	LA-1	B747-200	20,000	-	-	70	42	-	74
新千歳空港	A-R/W	LA-1	B747-400	10,000	6.0	141	-	-	89	-
	B-R/W	LA-1	B747-200	10,000	8.0	121	-	-	92	-
	A/P	LA-1	B747-200	10,000	-	-	70	42	-	74
稚内空港	R/W	LA-12	B767-300	3,000	8.0	86	-	-	58	-
	A/P	LA-12	B767-300	3,000	7.0	96	-	-	61	-
釧路空港	R/W	LA-1	B747-400	5,000	4.0	180	-	-	106	-
	A/P	LA-1	B747-400	5,000	-	-	70	42	-	74
函館空港	R/W	LA-1	B747	5,000	5.0	153	-	-	98	-
	A/P	LA-1	B747	5,000	-	-	70	42	-	74
仙台空港	A-R/W	LA-4	YS-11	5,000	7.0	62	-	-	34	-
	B-R/W	LA-1	B747	10,000	10.0	101	-	-	80	-
	A/P	LA-1	B747	5,000	-	-	70	42	-	74
新潟空港	A-R/W	LA-4	YS-11	5,000	6.0	44	-	-	14	-
	B-R/W	LA-1	B747-400	5,000	6.0	134	-	-	91	-
	A/P	LA-1	B747-400	5,000	-	-	70	42	-	74
大阪国際空港	A-R/W	LA-12	A-300B4	5,000	3.5	164	-	-	77	-
	B-R/W	LA-1	B747-400	20,000	6.0	162	-	-	102	-
	A/P	LA-1	B747-400	20,000	-	-	70	42	-	74
広島空港	R/W	LA-1	B747-400	10,000	14.0	78	-	-	72	-
	A/P	LA-1	B747-400	10,000	-	-	150	36	-	62
高松空港	R/W	LA-1	B747-200	5,000	14.0	66	-	-	59	-
	A/P	LA-1	B747-200	5,000	-	-	70	38	-	62
松山空港	R/W	LA-1	B777-200	5,000	20.0	54	-	-	63	-
	A/P	LA-1	B777-200	10,000	-	-	70	42	-	74
高知空港	R/W	LA-1	B747-400	5,000	9.0	100	-	-	80	-
	A/P	LA-1	B747-400	5,000	-	-	70	42	-	74
北九州空港	R/W	LA-1	B747-400	5,000	8.0	109	-	-	83	-
	A/P	LA-1	B747-400	5,000	-	-	70	42	-	74
福岡空港	R/W	LA-1	B747	40,000	10.0	131	-	-	105	-
	A/P	LA-1	B747	20,000	-	-	70	42	-	74
長崎空港	R/W	LA-1	B747-400	10,000	20.0	59	-	-	65	-
	A/P	LA-1	B747-400	5,000	-	-	70	42	-	74
熊本空港	R/W	LA-1	B747-200	5,000	3.0	206	-	-	103	-
	A/P	LA-1	B747-400	10,000	-	-	70	42	-	74
大分空港	R/W	LA-1	B747-400	5,000	6.0	134	-	-	91	-
	A/P	LA-1	B747-400	5,000	-	-	70	42	-	74
宮崎空港	R/W	LA-1	B747-400	10,000	3.0	232	-	-	114	-
	A/P	LA-1	B747-400	5,000	-	-	70	42	-	74
鹿児島空港	R/W	LA-1	B747-200B	10,000	20.0	59	-	-	65	-
	A/P	LA-1	DC-8-63	5,000	-	-	70	38	-	62
那覇空港	R/W	LA-1	B747-400	20,000	12.0	95	-	-	77	-
	A/P	LA-1	B747-400	20,000	-	-	70	42	-	74

※1 設計反復作用回数は、旧設計要領の設計年数10年における値を示す。

(その2)

空港名	施設名	設計条件							PCN値	
		設計荷重区分	対象機材	設計反復作用回数(10年)※1	アスファルト舗装		コンクリート舗装		アスファルト	コンクリート
					設計CBR (%)	基準舗装厚 (cm)	路盤支持力係数K値 (MN・m ³)	コンクリート版厚 (cm)		
(拠点空港、特定地方管理空港)										
旭川空港	R/W	LA-1	B747-400	3,000	6.0	125	-	-	89	-
	A/P	LA-1	B747-400	3,000	-	-	70	37	-	74
帯広空港	R/W	LA-1	B777-200	3,000	3.0	202	-	-	110	-
	A/P	LA-1	B777-200	3,000	-	-	70	37	-	74
秋田空港	R/W	LA-1	B747	5,000	5.0	144	-	-	86	-
	A/P	LA-1	B747	5,000	-	-	150	33	-	51
山形空港	R/W	LA-12	A-300	5,000	6.0	114	-	-	66	-
	A/P	LA-12	A-300	5,000	-	-	70	35	-	52
山口宇部空港	R/W	LA-1	B777-200	3,000	16.0	58	-	-	60	-
	A/P	LA-1	B777-200	3,000	-	-	70	37	-	74
(地方管理空港)										
利尻空港	R/W	LA-2	A-320	3,000	9.0	62	-	-	50	-
	A/P	LA-2	A-320	3,000	-	-	70	30	-	48
礼文空港		LSA-1	DHC-6	3,000	3.0	35	-	-	5	-
奥尻空港	R/W	LA-4	DHC-8-300	5,000	9.0	38	-	-	17	-
	A/P	LA-4	DHC-8-300	5,000	9.0	38	-	-	17	-
中標津空港	R/W	LA-2	A-320	5,000	5.0	96	-	-	57	-
	A/P	LA-2	A-320	5,000	-	-	70	34	-	48
紋別空港	R/W	LA-2	A-320	10,000	3.5	126	-	-	58	-
	A/P	LA-2	A-320	10,000	-	-	70	34	-	48
女満別空港	R/W	LA-1	DC-10	3,000	6.0	125	-	-	89	-
	A/P	LA-1	DC-10	3,000	-	-	70	37	-	74
青森空港	R/W	LA-1	B747	5,000	5.0	144	-	-	86	-
	A/P	LA-1	B747	5,000	-	-	70	38	-	62
花巻空港	R/W	LA-1	B747-400	3,000	5.0	140	-	-	90	-
	A/P	LA-1	B747-400	3,000	-	-	70	37	-	74
大館能代空港	R/W	LA-12	B767-300	5,000	4.0	152	-	-	76	-
	A/P	LA-12	B767-300	5,000	-	-	57	36	-	54
庄内空港	R/W	LA-12	A-300B4	3,000	7.0	96	-	-	61	-
	A/P	LA-12	A-300B4	5,000	-	-	70	36	-	55
福島空港	R/W	LA-1	B747-400	3,000	12.0	73	-	-	66	-
	A/P	LA-1	B747-400	3,000	-	-	70	37	-	74
大島空港	R/W	LA-3	B737-500	3,000	7.0	64	-	-	40	-
	A/P	LA-3	B737-500	3,000	7.0	64	-	-	40	-
新島空港	R/W	LSA-1	Do228-212	3,000	9.0	28	-	-	10	-
	A/P	LSA-1	Do228-212	3,000	9.0	28	-	-	10	-
神津島空港	R/W	LSA-1	Do228-212	3,000	6.0	27	-	-	6	-
	A/P	LSA-1	Do228-212	3,000	6.0	27	-	-	6	-
三宅島空港	R/W	LA-4	YS-11	3,000	7.0	47	-	-	21	-
八丈島空港	R/W	LA-2	A320-200	5,000	14.0	49	-	-	48	-
	A/P	LA-2	A320-200	5,000	-	-	65	34	-	48
佐渡空港	R/W	LA-5	DHC-6	5,000	2.5	39	-	-	4	-
富山空港	R/W	LA-1	B777-200	5,000	18.0	58	-	-	63	-
	A/P	LA-1	B777-200	5,000	-	-	70	34	-	48
能登空港	R/W	LA-2	A320-200	5,000	9.0	67	-	-	53	-
	A/P	LA-12	A300-B4	5,000	-	-	70	36	-	55
福井空港	R/W	LA-4	YS-11	3,000	6.0	41	-	-	14	-
	A/P	LA-4	YS-11	3,000	6.0	41	-	-	14	-
松本空港	R/W	LA-2	MD-87	3,000	10.0	47	-	-	32	-
	A/P	LA-12	A-300	3,000	-	-	70	32	-	55
静岡空港	R/W	LA-1	B747-400	3,000	12.0	73	-	-	66	-
	A/P	LA-1	B747-400	3,000	-	-	70	37	-	74
神戸空港	R/W	LA-1	B747-400	10,000	10.0	101	-	-	80	-
	A/P	LA-1	B747-400	10,000	-	-	70	42	-	74
南紀白浜空港	R/W	LA-2	MD-87	3,000	12.0	52	-	-	50	-
	A/P	LA-12	B767	3,000	-	-	70	32	-	55
鳥取空港	R/W	LA-12	B767	5,000	10.0	77	-	-	54	-
	A/P	LA-12	B767	5,000	-	-	70	35	-	52
隠岐空港	R/W	LA-2	MD-81	5,000	8.0	72	-	-	53	-
	A/P	LA-2	MD-81	3,000	-	-	70	30	-	48
出雲空港	R/W	LA-12	A-300B2	5,000	7.0	107	-	-	69	-
	A/P	LA-12	A-300B2	5,000	-	-	70	36	-	55
石見空港	R/W	LA-12	A-300B4	3,000	16.0	53	-	-	50	-
	A/P	LA-12	A-300B4	3,000	-	-	70	32	-	55
岡山空港	R/W	LA-1	B747-400	3,000	10.0	84	-	-	70	-
	A/P	LA-1	B747-400	3,000	-	-	70	37	-	74
佐賀空港	R/W	LA-12	A-300, B-767	5,000	6.0	114	-	-	66	-
	A/P	LA-1	B747-400	5,000	-	-	69	42	-	74

※1 設計反復作用回数は、旧設計要領の設計年数10年における値を示す。

(その3)

空港名	施設名	設計条件							PCN値	
		設計荷重区分	対象機材	設計反復作用回数(10年)※1	アスファルト舗装		コンクリート舗装		アスファルト	コンクリート
					設計CBR (%)	基準舗装厚 (cm)	路盤支持力係数K値 (MN・m ⁻³)	コンクリート版厚 (cm)		
(地方管理空港)										
対馬空港	R/W	LA-2	B727	5,000	5.0	102	-	-	64	-
	A/P	LA-3	B727	5,000	-	-	70	35	-	52
小値賀空港	R/W	LA-5	DHC-6	6,000	3.0	35	-	-	4	-
	A/P	LA-5	DHC-6	6,000	3.0	35	-	-	4	-
福江空港	R/W	LA-2	B727	3,000	4.0	110	-	-	65	-
	A/P	LA-2	B727	3,000	4.0	110	-	-	65	-
上五島空港	R/W, A/P	LA-5	DHC-6	5,000	6.0	24	-	-	4	-
志岐空港	R/W	LA-4	YS-11	5,000	7.0	44	-	-	17	-
	A/P	LA-4	YS-11	5,000	7.0	44	-	-	17	-
種子島空港	R/W	LA-2	A320-200	5,000	30.0	47	-	-	132	-
	A/P	LA-2	A320-200	5,000	-	-	50	34	-	46
屋久島空港	R/W	LA-4	DHC-8-400	10,000	12.0	39	-	-	21	-
	A/P	LA-4	DHC-8-400	10,000	2.5	99	-	-	26	-
奄美空港	R/W	LA-12	A-300B4	3,000	20.0	53	-	-	68	-
	A/P	LA-12	A-300B4	3,000	-	-	70	32	-	55
喜界空港	R/W	LA-4	YS-11	5,000	18.0	38	-	-	40	-
徳之島空港	R/W	LA-2	A320-200	5,000	7.0	78	-	-	54	-
	A/P	LA-2	A320-200	5,000	-	-	64	33	-	45
沖永良部空港	R/W	LA-4	DHC-8-400	5,000	6.0	55	-	-	23	-
	A/P	LA-4	DHC-8-400	5,000	6.0	55	-	-	23	-
与論空港	R/W	LA-4	DHC-8-400	3,000	3.5	72	-	-	24	-
	A/P	LA-4	DHC-8-400	3,000	3.5	72	-	-	24	-
栗国空港	R/W	LA-5	DHC-6-300	3,000	5.0	26	-	-	4	-
久米島空港	R/W	LA-12	B767-300	5,000	7.0	102	-	-	63	-
	A/P	LA-12	B767-300	5,000	-	-	71	36	-	55
慶良間空港	R/W	LSA-1	DHC-6-300	3,000	7.0	24	-	-	6	-
南大東空港	R/W	LA-4	YS-11	3,000	9.0	38	-	-	19	-
	A/P	LA-4	YS-11	3,000	9.0	38	-	-	19	-
北大東空港	R/W	LA-4	YS-11	3,000	9.0	38	-	-	19	-
	A/P	LA-4	YS-11	3,000	9.0	38	-	-	19	-
伊江島空港	R/W	LA-4	YS-11	3,000	3.5	60	-	-	17	-
宮古空港	R/W	LA-12	B767-300	5,000	9.0	84	-	-	56	-
	A/P	LA-12	B767-300	10,000	-	-	73	36	-	55
下地島空港	R/W	LA-1	B747-200B	20,000	12.0	95	-	-	77	-
	A/P	LA-1	B747-200B	10,000	-	-	70	40	-	70
多良間空港	R/W	LA-4	DHC-8-103	3,000	8.0	38	-	-	16	-
	A/P	LA-4	DHC-8-103	3,000	8.0	38	-	-	16	-
石垣空港	R/W	LA-3	B737-200	5,000	10.0	55	-	-	40	-
	A/P	LA-3	B737-200	5,000	-	-	75	30	-	37
波照間空港	R/W	LA-5	DHC-6-300	3,000	7.0	24	-	-	6	-
与那国空港	R/W	LA-3	B737-200	3,000	16.0	45	-	-	52	-
	A/P	LA-3	B737-200	3,000	16.0	45	-	-	52	-
(共用空港)										
札幌飛行場	R/W	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	A/P	LA-4	DHC-8-400	20,000	-	-	70	22	-	20
三沢飛行場	R/W	-	-	-	-	-	-	-	-	-
百里飛行場	R/W	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	A/P	LA-12	A300-B4	3,000	-	-	70	32	-	55
小松飛行場	R/W	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	A/P	LA-1	B747	5,000	-	-	70	-	-	62
美保飛行場	R/W	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	A/P	LA-12	A300-B4	3,000	-	-	70	32	-	55
徳島飛行場	R/W	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	A/P	LA-12	A-300	5,000	-	-	85	34	-	50
(その他の空港)										
八尾空港	A-R/W	LA-4	YS-11	3,000	1.1	85	-	-	10	-
	B-R/W	LSA-1	Do228-200	3,000	4.0	30	-	-	5	-
	A/P	LA-4	YS-11	3,000	3.0	66	-	-	17	-
調布飛行場	R/W	LSA-1	Do228-212	3,000	3.0	43	-	-	7	-
名古屋飛行場	R/W	LA-1	B747	20,000	3.5	227	-	-	113	-
	A/P	LA-1	B747	10,000	-	-	56	38	-	60
但馬飛行場	R/W	LA-4	YS-11	3,000	8.0	38	-	-	16	-
岡南飛行場	R/W	LA-4	YS-11	3,000	2.0	85	-	-	19	-
	A/P	LA-4	YS-11	3,000	2.0	85	-	-	19	-
広島西飛行場	R/W	LA-4	YS-11	5,000	8.0	40	-	-	16	-
	A/P	LA-4	YS-11	5,000	10.0	40	-	-	21	-
天草飛行場	R/W	LSA-1以上LA-4以下	DHC-8-100	10,000	6.0	42	-	-	11	-
	A/P	LSA-1以上LA-4以下	DHC-8-100	10,000	6.0	42	-	-	11	-
大分県央飛行場	R/W	LSA-2	BN2A	3,000	3.0	27	-	-	3	-
枕崎飛行場	R/W	LA-5	DHC-6	5,000	8.0	24	-	-	6	-

※1 設計反復作用回数は、旧設計要領の設計年数10年における値を示す。

付録—3 PCN 値の算出例

(1) たわみ性舗装

1) 舗装の条件

付表-1 に示す条件のアスファルト舗装における PCN 値の算出を行う。

付表-1 舗装条件（その1）

項目	内容	備考
設計対象航空機	B747-400	LA-1 荷重区分
設計反復作用回数	10,000 回（C 区分） 設計供用年数 10 年	現設計要領の設計供用年数 20 年 の場合は 20,000 回
路床の設計 CBR	10%	
表・基層厚	16cm	アスファルトコンクリート グルーピング層 1 cm 含む
上層路盤厚	15cm	アスファルト安定処理材 （マーシャル安定度（75 回） 4.90kN 以上）
下層路盤厚	56cm	粒状材
全舗装厚	87cm	

2) 基準舗装厚の算出

上層路盤にアスファルト安定処理材を使用していることから、アスファルト安定処理材の等価値 2.0 を用いて上層路盤厚を粒状材厚に換算し、表・基層のグルーピング層の 1 cm を控除すると、基準舗装厚は 101cm となる。

$$t = (16\text{cm} - 1\text{cm}) + 15\text{cm} \times 2.0 + 56\text{cm} = 101\text{cm}$$

3) 設計反復作用回数による基準舗装厚の補正

本舗装は、現設計要領における設計年数 20 年に対する設計反復作用回数 20,000 回に該当するため、設計反復作用回数 10,000 回における基準舗装厚に補正する。

基準舗装厚 $t = 101\text{cm}$ 、反復作用回数 $N = 20,000$ 回より、 $t_{10000} = 94\text{cm}$ となる。

$$t_{10000} = t \times \frac{0.23 \log(10000/2) + 0.15}{0.23 \log(N/2) + 0.15} = 101 \times \frac{0.23 \log(10000/2) + 0.15}{0.23 \log(20000/2) + 0.15} = 94\text{cm}$$

4) PCN 値の算出

設計対象航空機である B747-400 の車輪数は 1 脚 4 輪であるため、 α 係数は 0.825 を用いる。

補正した基準舗装厚 $t_{10000}=94\text{cm}$ 、 $\text{CBR}=10$ より $\text{PCN}=80$ となる。

$$\text{PCN} = \alpha^2 \times \frac{\frac{t_{10000}^2}{1000}}{\frac{0.878}{\text{CBR}} - 0.01249} = 0.825^2 \times \frac{\frac{94^2}{1000}}{\frac{0.878}{10} - 0.01249} = 79.8 \rightarrow 80$$

以上よりこれまでの条件等を整理すると、

AIP に公示する舗装強度は、 $\text{PCN } 80/\text{F}/\text{B}/\text{X}/\text{T}$ となる。

(2) 剛性舗装

1) 舗装の条件

付表-2 に示す条件の無筋コンクリート舗装における PCN 値の算出を行う。

付表-2 舗装条件(その2)

項目	内容	備考
設計対象航空機	B747-400	LA-1 荷重区分
設計反復作用回数	10,000 回 (N 区分) 設計供用年数 10 年	現設計要領の設計供用年数 20 年 の場合は 20,000 回
路盤支持力 K 値	70MN/m ³ (0.07N/mm ³)	路盤の設計支持力係数の標準値
コンクリート版厚	42cm	

2) 換算コンクリート版厚の算出方法

本舗装は、現設計要領における設計年数 20 年に対する設計反復作用回数 20,000 回に該当するため、付表-3 に示す補正係数 0.94 を用いて、コンクリートの許容応力度が 2.75N/mm² の場合の換算コンクリート版厚を算出する。

付表-3 換算コンクリート版厚への補正係数

設計反復作用回数の区分	設計反復作用回数※	補正係数
M	6,000 回	1.05
N	10,000 回	0.94
	20,000 回	
	40,000 回	
O	80,000 回	0.88

※ 現設計要領で示す設計反復作用回数

対象とするコンクリート版厚が 42cm であるため、補正係数 0.94 を乗じると換算コンクリート版厚は 39cm となる。

$$t = 42\text{cm} \times 0.94 = 39\text{cm}$$

3) PCN 値の算出

換算コンクリート版厚 39cm、路盤の設計支持力係数 70MN/m³ (0.07N/mm³) をもとに、コンクリート版に生じる応力 σ が 2.75N/mm² となる単車輪荷重 F を次式から算出する。

$$\sigma = 1.1(1+\nu) \frac{F}{h^2} \left\{ \log \frac{l}{b} + \log \sqrt[4]{12(1-\nu^2)} \right\}$$

σ : コンクリート版中央部下面に生じる曲げ応力 (2.75 N/mm²)

F : 単車輪荷重 (N)

h : 換算コンクリート版厚 (mm)

b : $a < 1.724h$ の場合, $b = \sqrt{1.6a^2 + h^2} - 0.675h$ (mm)

$a \geq 1.724h$ の場合, $b = a$ (mm)

a : タイヤ接地半径 ($= \sqrt{F/p\pi}$, mm)

p : 接地圧 (1.25 N/mm²)

l : 剛比半径 $= \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)K_{75}}}$ (mm)

E : コンクリートの弾性係数 (34,000 N/mm²)

ν : コンクリートのポアソン比 (0.15)

K_{75} : 路盤の支持力係数 (N/mm³)

コンクリート版に生じる応力 σ が 2.75N/mm² となる単車輪荷重 F を繰り返し計算によって算出すると、 $F=363,000\text{N}$ となる。

算出した単車輪荷重 F を 1,000kgf 単位に換算して DSWL (1,000kgf) を求めると、DSWL=37.1 となり、この2倍が PCN となる。

$$\text{DSWL} = 363,000 \div 9.8 \div 1000 = 37.04 \quad (\times 1,000\text{kgf})$$

$$\text{PCN} = 37.04 \times 2 = 74.1 \rightarrow 74$$

以上よりこれまでの条件等を整理すると、

AIP に公示する舗装強度は、 PCN 74/R/B/X/T となる。

(3) 剛性舗装（特殊なコンクリート舗装）

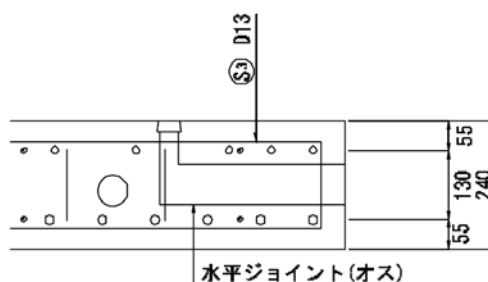
剛性舗装の PCN は、通常の無筋コンクリート舗装を対象として算出することから、プレストレストコンクリート舗装等の特殊なコンクリート舗装の場合には、同等の強度を有する無筋コンクリート舗装版として仮定する必要がある。

1) 舗装の条件

付表-4 に示す条件のプレストレストコンクリート舗装における PCN 値の算出を行う。

付表-4 舗装条件(その3)

項目	内容	備考
設計対象航空機	B747-400	LA-1 荷重区分
設計反復作用回数	10,000 回 (N 区分) 設計供用年数 10 年	現設計要領の設計供用年数 20 年の場合は 20,000 回
路盤支持力 K 値	80MN/m ³ (0.08N/mm ³)	現地試験結果より設定



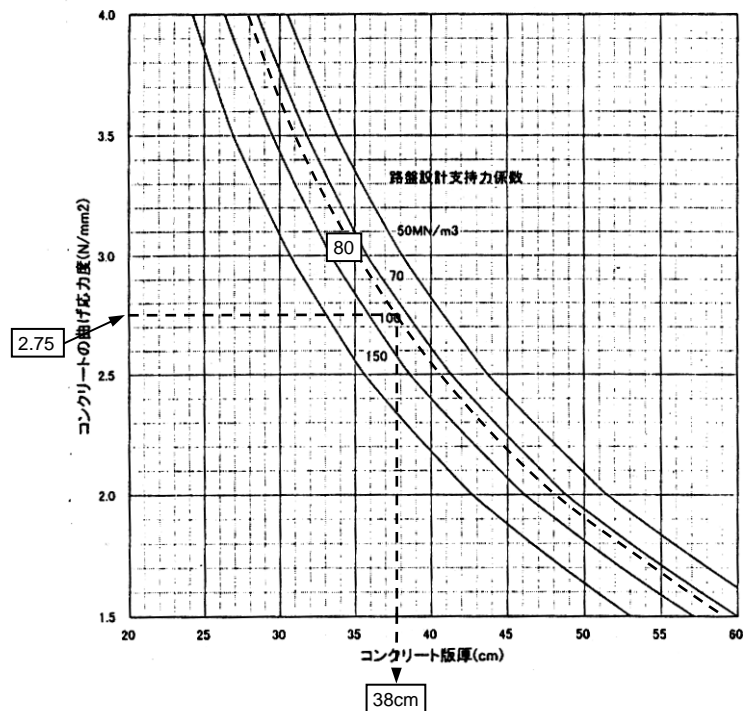
付図-1 プレストレストコンクリート舗装の構造

2) 同等の強度を有する無筋コンクリート舗装版厚の仮定

剛性舗装の PCN 値は、許容応力度が 2.75N/mm² の場合のコンクリート版厚により算出する。プレストレストコンクリート版厚は、設計の結果より 24cm となっているが、PCN を算出する場合には、この舗装の設計条件である設計対象航空機 B747-400 のコンクリート版厚設計曲線により、コンクリートの許容応力度 2.75N/mm² と設計条件の路盤支持力 K₇₅=80MN/m³ を用いて換算コンクリート版厚を算出する。

付図-2 より、コンクリートの許容応力度 2.75N/mm² に対応するコンクリート版厚は 38cm となる。

なお、現設計要領で示す経験的設計法によりコンクリート舗装を設計する場合、コンクリートの設計基準曲げ強度 5 N/mm² を設計反復回数区分の安全率 (1.7、2.0、2.2) で除した許容応力度によってコンクリート版厚を算出していることから、PCN を算出する換算コンクリート版厚は安全率 1.8 (=5 / 2.75) に相当すると考えてよい。



(B747-400のコンクリート版厚曲線)

付図-2 同強度を有するコンクリート版厚（換算版厚）

3) PCN 値の算出

上記(2)の 3)と同様に、換算した 38cm のコンクリート版に生じる応力 σ が 2.75N/mm^2 となる単車輪荷重 F を繰り返し計算によって算出すると、 $F=350,500\text{N}$ 、 $\text{DSWL}=35.77$ となり、この 2 倍が PCN となる。

$$\text{DSWL} = 350,500 \div 9.8 \div 1000 = 35.77 \quad (\times 1,000\text{kgf})$$

$$\text{PCN} = 35.77 \times 2 = 71.54 \rightarrow 72$$

以上よりこれまでの条件等を整理すると、

AIP に公示する舗装強度は、PCN 72/R/B/X/T となる。