

# 港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

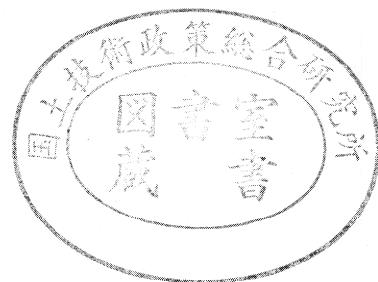
No. 634

Dec. 1988

空港舗装の路面性状の実態

八 谷 好 高

運輸省港湾技術研究所



# 目 次

要 旨 .....	3
1. まえがき .....	4
2. わが国の空港舗装の破損状況 .....	4
2.1 舗装評価法の概要 .....	4
2.2 空港舗装データバンクシステム .....	6
2.3 空港舗装の路面性状の現状 .....	7
2.4 路面性状の経年変化 .....	11
3. 米国の空港舗装の破損状況 .....	19
3.1 米国における空港舗装評価法の概要 .....	19
3.2 舗装の破損の実態 .....	20
3.3 供用年数がPCIに及ぼす影響 .....	24
4. PRIとPCIによる舗装評価法の比較 .....	28
4.1 概 説 .....	28
4.2 米国の空港舗装調査データによるPRIとPCIの比較 .....	29
4.3 破損調査スケッチ図に基づくPRIとPCIの比較 .....	30
5. 結 論 .....	32
6. あとがき .....	33
参 考 文 献 .....	33
付録 第2種空港滑走路のPRI分布 .....	34

## Actual Surface Conditions of Airport Pavements

Yoshitaka HACHIYA \*

### Synopsis

It is important to predict the future conditions in both serviceability of airport pavements and distress appearing on their surfaces. As the first stage to do this, actual surface conditions have been surveyed and the changes of them with time have also been investigated. Data on the surface conditions collected in both Japan and U.S.A. have been used in this analysis. The primary conclusions are as follows;

- 1) The current surface conditions of airport pavements in Japan are rated good as a whole. Those in U.S.A. are also considered to be good. The conditions of concrete pavements, however, scatter widely from "failure" to "excellence", compared with asphalt pavements.
- 2) From among distress appearing on the pavement surfaces, cracks are apt to be developed in the relatively wider areas. Distress related with the joints is also inclined to occur in the concrete pavements. Although the distress arises from the environmental actions in the asphalt pavements, it is brought by the complicated causes in the concrete pavements.
- 3) The concrete pavements can maintain their initial good surface conditions for a long time compared with other types of pavements. On the contrary, overlaid concrete pavements deteriorate most drastically.
- 4) The surface conditions of thinner pavements vary with time more rapidly than those of thicker pavements. The pavements in the northern region also deteriorate faster than those in the southern region. The serviceability of the pavements in the runway ends changes quickly with time in comparison with that within the interior portion of runways.
- 5) The evaluation method of the pavements using PRI adopted in Japan corresponds well with that by PCI in U.S.A., but the former has the severer evaluation criteria than the latter. As the criteria in the PRI method vary in the facilities, the excellent surface conditions are required in the case of runways.

**Key Words:** Airport Pavement, Surface Condition, Distress, Condition Survey

---

\* Senior Research Engineer, Geotechnical Engineering Division

# 空港舗装の路面性状の実態

八 谷 好 高\*

## 要 旨

空港舗装の供用性や破損の将来予測方法を開発するための第一ステップとして、空港舗装の路面性状の現状について取りまとめるとともに、路面性状の経年変化について検討した。データとしては、ここで開発した空港舗装データバンクシステムにより管理されているわが国の空港舗装に関するもののほかに、米国の空港についてのものも使用した。

主要な結論をまとめれば以下ようになる。

- 1) わが国の空港舗装は、アスファルト舗装、コンクリート舗装とも、現状では全体的に良好な路面性状を有している。米国の空港舗装も良好であるが、アスファルト舗装に比べ、コンクリート舗装は最高の状態から破壊の状態まで広く分散している。
- 2) アスファルト舗装、コンクリート舗装とも破損としてはクラックの発生する危険性が最も大きい。コンクリート舗装では目地での破損も見られる。アスファルト舗装の破損は自然環境の作用によるものが多いと考えられるが、コンクリート舗装では複雑な原因により破損が生ずる。
- 3) 路面性状の経年変化（低下）の割合は、コンクリート舗装上のアスファルトかさ上げ舗装で最も著しく、次にアスファルト舗装またはアスファルト舗装上のアスファルトかさ上げ舗装となっている。コンクリート舗装は最も小さいようである。
- 4) 各種要因が路面性状の経年変化に及ぼす影響をみれば、表層厚の違いでは薄いほうが、自然環境の違いでは北部のほうが、そして滑走路内の位置では端部のほうが、それぞれ変化速度は大きいものとなっている。
- 5) わが国と米国のそれぞれで採用されているPRIとPCIによる路面性状評価法は相関性がいいものの、前者のほうがかなり厳しい評価となっている。また、PRIは施設別に基準値が定められているので、エプロンや誘導路に比べて滑走路に対する評価がより厳しいものとなっている。

キーワード：空港舗装，路面性状，破損，実態調査

---

\* 土質部主任研究官（舗装補修担当）



# 1. まえがき

舗装の目的は航空機、車両等が安全に運行できるような路面を提供することである。そのために、舗装は重荷重や自然環境の作用といったものに対して十分な耐久性を有していなければならないが、設計で想定した供用期間中にわたって破損が少しも生じないような舗装を建設することはあまり現実的ではないと思われる。舗装に破損が生じて航空機等の安全な運行を妨げるような状態に近づいた場合には、何らかの維持・補修工によりそれを回復するようにすれば舗装の経済性を高めることができる。

このような維持・補修工の、設計期間中にわたる頻度、工種、費用等を舗装設計当初からあらかじめ見込んでおいて、舗装に関する予算を効率的に運用するためのシステムは、舗装管理システム (Pavement Management System) とよばれ、近年注目を集めている。舗装管理システムとして合理的なものを開発するためには、舗装の表面状態ならびに構造状態の将来予測が不可欠である。これは舗装管理システムの主要部分を構成するものであ

り、精度のよい方法を開発することが急務となっている。

わが国では、空港舗装の路面性状調査が数年前から実施されており、将来的にも継続されることになっているので、舗装の表面状態についてのデータは比較的容易に収集できる。そこで、舗装の性状の将来予測をするための第一ステップとして、これらのデータを使って、路面性状の現状とその経年変化について検討することにした。それと同時に、米国の空港舗装のデータも使用した。

2.ではわが国の民航空港の舗装の供用性ならびに破損の現状とその経年変化について述べる。3.では米国内の軍用飛行場と民航空港の舗装についてのデータを使用して、空港舗装の路面性状について考察を加えた。そして、4.では両国間の舗装評価方法の比較をし、5.で本研究の結論をまとめる。

## 2. わが国の空港舗装の破損状況

### 2.1 舗装評価法の概要

わが国の空港舗装は図-1に示すフローチャートに従って維持・補修がなされている。<sup>1)</sup> 何らかの維持・補修

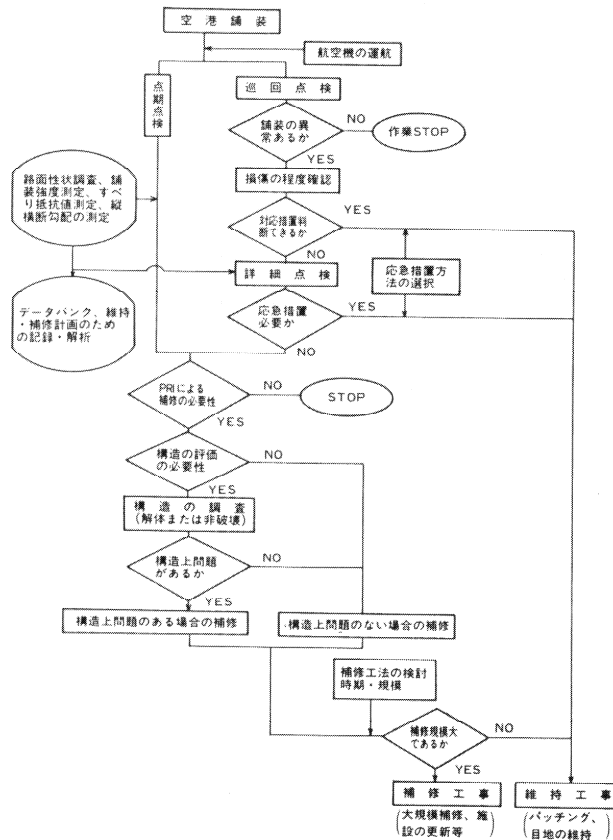


図-1 空港舗装の維持・補修のフローチャート<sup>1)</sup>

工を取るべきかどうかを決定するためには、舗装の状態をまず評価することが必要となる。その評価は、この図に示すように、日常点検、路面性状調査、そして構造調査へと進むが、なかでも、路面性状調査は舗装調査の重要な部分を占め、運輸大臣が設置・管理者となっている空港等では原則として3年ごとに定期的実施されている。

舗装は、他の多くの土木構造物のように明らかな現象を伴って破壊したとみなされることはほとんどなく、舗装の目的が航空機等の安全な運行を図ることであるので、これが達成されないとき、すなわち安全な運行が妨げられる時を破壊としているのである。このように舗装の破壊は機能面から判断されることが一般的である。この舗装の機能は、人間の主観に基づいて判断されるものであろうが、舗装の路面性状と結びつけて客観的な現象から判断しようとするのが一般的に行なわれている。

わが国の空港舗装の路面性状は舗装補修指数 ( Pavement Rehabilitation Index, PRI ) によって定量化され、そしてこの PRI は補修の必要度を判定するために使用される。PRI の算定に使われている舗装の破損形態は、アスファルト舗装、コンクリート舗装とも3種類で、前者ではクラック率、わだちぼれ、平坦性、後者ではクラック度、目地部の破損率、段差である。それらの破損の状態から以下に示す式により PRI が計算できる。

① アスファルト舗装

$$PRI = 10 - 0.450 CR - 0.0511 RD - 0.655 SV \quad (1)$$

ここに、CR：クラック率（％，＝クラック面積 / 各調査区画の面積 × 100）

RD：わだちぼれ（mm，最大値）

SV：平坦性（mm，3mプロフィロメーターによる測定値の標準偏差）

② コンクリート舗装

$$PRI = 10 - 0.290 CR - 0.296 JC - 0.535 SV \quad (2)$$

ここに、CR：クラック度（cm/m<sup>2</sup>，＝クラック長 / 各調査区画の面積）

JC：目地部の破損率（％，＝目地部の破損長の和 / 目地の長さの和 × 100）

SV：段差（mm，最大値）

そして、表-1に示す基準に従って補修の必要性が判定される。この基準は補修が必要になると考えられる時期に関するものであり、A：補修は必要ない、B：近いうちの補修が望ましい、C：早急に補修の必要がある、の3つに舗装がランク付けられる。

表-1 PRIの基準値<sup>1)</sup>

(1) アスファルト舗装

舗装区域	評 価		
	A	B	C
滑走路	8.0以上	3.8以上 8.0未満	3.8未満
誘導路	6.9以上	3.0以上 6.9未満	3.0未満
エプロン	5.9以上	0以上 5.9未満	0未満

注) A：補修は必要ない

B：近いうちの補修が望ましい

C：早急に補修の必要がある

(2) コンクリート舗装

舗装区域	評 価		
	A	B	C
滑走路	7.0以上	3.7以上 7.0未満	3.7未満
誘導路	6.4以上	2.3以上 6.4未満	2.3未満
エプロン	5.7以上	0以上 5.7未満	0未満

注) 記号は(1)と同じ

このPRIの算定式の誘導過程においては、あらゆる種類の破損形態が考慮されたが、結果的には、式(1)、(2)に示した3種類の破損形態だけを使うことになった。<sup>2)</sup> なお、これらの式は、アスファルト舗装、コンクリート舗装、それぞれ、600、400m<sup>2</sup>を1ユニットとする区画での破損調査に基づいて開発されたが、現在実施されている空港舗装の調査時も、表-2に示すようにほぼこれと同じ面積の区画を1ユニットとしており、舗装の幅員によらず区画面積が等しくなるようになっている。<sup>1)</sup>

表-2 調査区画の大きさ<sup>1)</sup>

(1) 滑走路

舗装の幅員	アスファルト舗装	コンクリート舗装
60	21 × 30	21 × 20
30 ~ 45	14 × 45	14 × 30
25	7 × 90	7 × 60

(単位：m)

(2) 誘導路、エプロン

舗装の幅員	アスファルト舗装	コンクリート舗装
30	21 × 30	21 × 20
18 ~ 23	14 × 45	14 × 30
9	7 × 90	7 × 60

(単位：m)

舗装構造の評価法としては、解体調査法と、舗装を破壊しないで調査する非破壊評価法の2種類があるが、経済性、迅速さの点からは後者のほうが望ましい。空港舗装補修要領(案)では、アスファルト舗装に対しては8 Hz, 450 kgfの振動荷重に対する舗装のたわみを測定する試験機であるダイナフレクト(Dynalect)が使用できるようになっている。コンクリート舗装は解体調査によることとなっているが、近年、落錘式路面たわみ測定機(Falling Weight Deflectometer)が非破壊調査に利用できることが確かめられている。<sup>3)</sup>

## 2.2 空港舗装データバンクシステム<sup>4)</sup>

舗装に限らず、種々の土木構造物の建設、維持・管理から発生する資料は、その後の類似のものの建設、管理に利用されるべきであるが、特に経験工学の要素が強い舗装の分野ではその必要度が高い。しかし、これらの貴重なデータは量が膨大であるためどうしても散逸しやすいので、データを効率的に蓄積するとともに、必要に応じて自由に取り出せるシステムを作るべく、空港舗装データバンクシステムの開発を昭和56年度から始めた。

このデータバンクシステムには

- ① 設計資料
- ② 施工資料
- ③ 補修資料
- ④ 路面性状資料
- ⑤ 舗装強度資料
- ⑥ 交通量資料
- ⑦ 環境資料

と、空港舗装に関わる広範なデータが入力できるようになっている。

ここで蓄積されたデータは、次のような観点から、様々な部局で、様々な用途に活用できる。

- ① 舗装の建設ならびに補修工事に関する類似記録を参考にして、工事の最適な設計・施工法を見出す。
- ② 路面状況を把握して補修の必要性を判断する。さらに、路面性状や舗装強度の変化を把握して、舗装の補修計画を立案する。
- ③ 舗装の建設あるいは補修時に用いた設計・施工法を供用後の路面性状の変化等から再評価することによって、舗装構造設計、配合設計といった舗装に関する総合的な技術水準を引き上げる。

また、このシステムは当初大型電子計算機による利用を考えて開発を進めてきたが、空港舗装管理の直接の担当者の便を図るために、数年前からパーソナルコンピュータによるシステムの開発を始めている。今後は、このシステムをさらに利用しやすくするために、全体シス

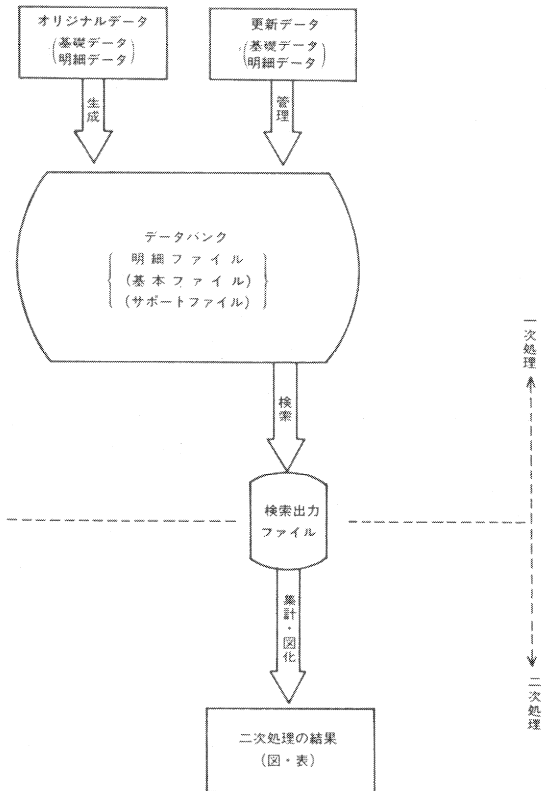


図-2 空港舗装データバンクシステムの構成<sup>4)</sup>

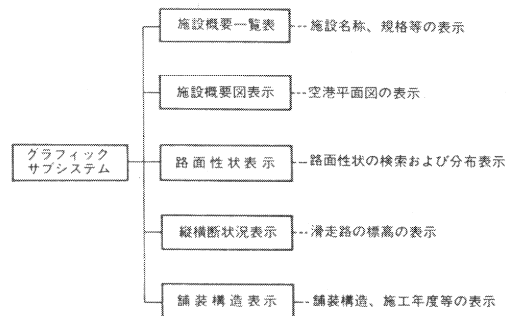


図-3 グラフィックサブシステムの機能<sup>4)</sup>

テムをパーソナルコンピュータで運用できるようにすることを考えている。

この空港舗装データバンクシステムは図-2に示すよに大きく分けて一次処理と二次処理からなる。一次処理ではデータの入力・更新・検索といったデータバンク本体の生成・管理を行なう。二次処理は出力処理であり、一次処理で検索されたデータが図表化される。この二次処理システムには、現在までに、データを集計して表を作るプログラムと、相関グラフやヒストグラムといった

作図をするプログラムの2つがある。二次処理システムは、データバンクシステムを有効に利用するためのプログラム群であり、新たなプログラムの追加が容易になっている。

空港舗装データバンクシステムの一つのサブシステムに前述のパーソナルコンピューターを用いたグラフィックサブシステムがある。これは、図-3に示すように、路面性状の分布状況や舗装構造の種類等をパーソナルコンピューターのディスプレイに表示して、空港全体の状況を見やすくしようとしたものである。

### 2.3 空港舗装の路面性状の現状

運輸大臣が設置管理者となっている空港は表-3に示すとおり、第1種が2、第2種が19の全部で21空港であるが、それらの空港の舗装のほぼ全域で路面性状の定期的な調査が行なわれている。この他にも、一部の空港では調査が実施されている。また、この表にはPRIによる舗装評価法が確立される以前からの調査実施状況も

示されている。PRIが計算できるような3種類の破損形態についての調査が実施されているのは昭和54年度以降である。

#### (1) PRIの状況

表-4には最新の調査結果をまとめてある。

表-4(1)はアスファルト舗装の場合を示す。舗装の施設別で見ると、破損形態によらず、エプロンで最も破損が進行しており、次に誘導路、そして滑走路の順となっており、これを反映してPRIは滑走路で最も大きな値となっていることがわかる。また、舗装の通常部と減厚部(滑走路中間部等)ではやや通常部のほうが破損は進行しているようにも思えるが、施設別のものに比べればほとんど差はない。コンクリート舗装は実質的にはエプロンと誘導路にしか使用されていないが、表-4(2)に示すとおり、施設による違いはほとんど認められない。PRI分布を図示した図-4、5(施設毎の平均値を使って集計)でみればこの点がよくわかる。

表-3 路面性状調査の実施状況

空港種別	空港名	調査年度(昭和)									
		54	55	56	57	58	59	60	61	62	
第1種 空港	東京国際	○				○		○		○	
	大阪国際	○		○	○			○			
第2種 空港	稚内		○								
	釧路		○					○			
	函館		○					○			
	仙台	○					○			○	
	新潟						○			○	
	名古屋						○			○	
	八尾			○			○			○	
	広島					○		○			
	高松						○			○	
	松山					○				○	
	高知							○			
	福岡					○		○			
	北九州			○			○			○	
	長崎						○		○		
	熊本						○				
	大宮						○		○		
鹿児島						○		○			
鹿那						○		○			
那覇					○						
その他 飛行場	千歳							○			
	札幌小							○			
	札幌									○	

注) ○:調査実施

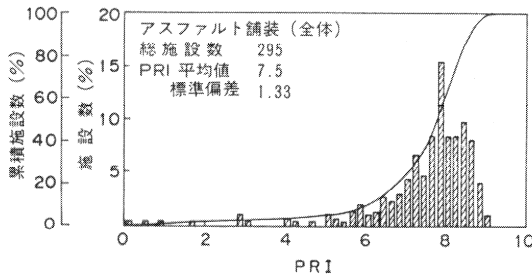
表-4 空港舗装の破損状況

(1) アスファルト舗装

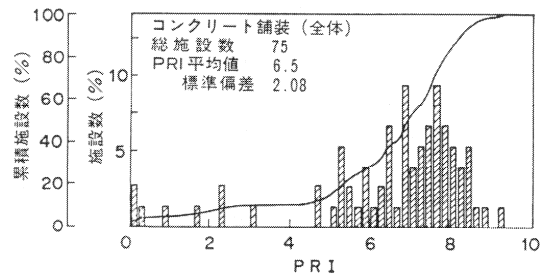
舗装種類	調査面積 (千m <sup>2</sup> )	網状クラック (%)	線状クラック		施工目地の開き (%)	バッチング (%)	クラック率 (%)	わだちぼれ (mm)	平坦性 (mm)	PRI
			(縦) (%)	(横) (%)						
全体	1,943	0.32	0.14	0.11	0.34	0.08	0.91	15.33	1.45	7.86
エプロン	22	1.05	0.16	0.58	0.26	0.33	2.05	19.14	2.36	6.41
滑走路	743	0.19	0.11	0.09	0.29	0.02	0.69	12.67	1.22	8.25
誘導路	1,178	0.38	0.15	0.12	0.36	0.12	1.02	16.94	1.59	7.64
通常部	1,194	0.36	0.14	0.13	0.36	0.09	0.99	15.66	1.46	7.80
減厚部	749	0.24	0.13	0.08	0.30	0.07	0.77	14.81	1.45	7.95
滑・通常	306	0.27	0.11	0.15	0.35	0.02	0.89	13.22	1.27	8.10
滑・減厚	437	0.13	0.11	0.04	0.26	0.02	0.54	12.28	1.18	8.36

(2) コンクリート舗装

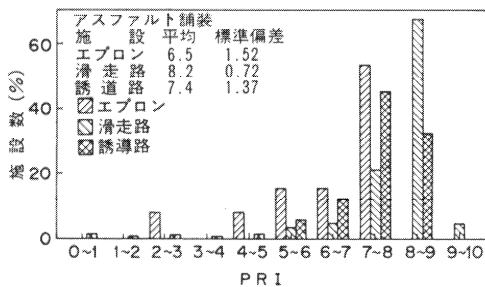
舗装種類	調査面積 (千m <sup>2</sup> )	網状クラック (%)	線状クラック		バッチング (%)	クラック度 (cm/m <sup>2</sup> )	目地部破損率 (%)	段差 (最大値) (mm)	PRI
			(縦) (%)	(横) (%)					
全体	259	0.39	0.91	0.07	0.16	1.38	0.47	5.43	6.56
エプロン	120	0.33	0.16	0.09	0.18	0.58	0.51	5.87	6.54
滑走路	9	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.77	5.89	6.62
誘導路	130	0.48	1.67	0.06	0.16	2.21	0.40	5.00	6.57



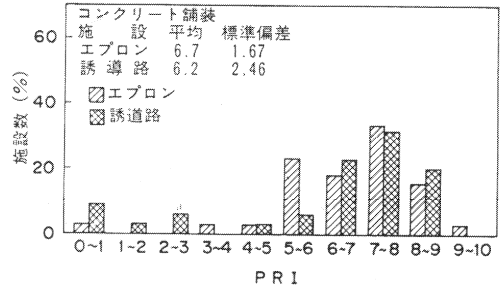
(1) 全体



(1) 全体



(2) 施設別



(2) 施設別

図-4 空港アスファルト舗装の破損状況

図-5 空港コンクリート舗装の破損状況

表-5 PRIによる空港舗装の評価

(1) アスファルト舗装

施設名		総数	A	B	C
エプロン	施設数	13	9	4	-
	(%)	(100)	(69.2)	(30.7)	-
滑走路	施設数	67	48	19	0
	(%)	(100)	(71.6)	(28.3)	(0)
誘導路	施設数	215	170	39	6
	(%)	(100)	(79.0)	(18.1)	(2.8)

(2) コンクリート舗装

		総数	A	B	C
エプロン	施設数	39	30	9	-
	(%)	(100)	(76.9)	(23.1)	-
滑走路	施設数	1	1	0	0
	(%)	(100)	(100)	(0)	(0)
誘導路	施設数	35	24	7	4
	(%)	(100)	(68.6)	(20.0)	(11.4)

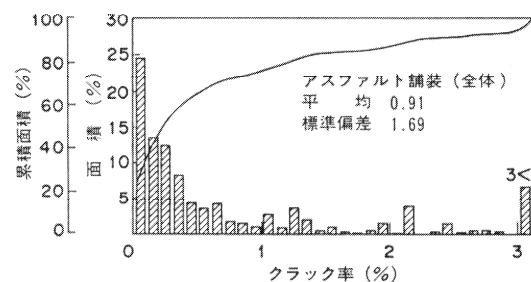
表-1に示した基準に従って補修の必要性を判定した結果を表-5にまとめた。アスファルト舗装ではA(補修は必要ない)に評価されるものが全施設数の7割を越えており、特に、誘導路では8割近くがAである。しかし、誘導路にはC(早急に補修の必要がある)にランクされる舗装区域も一部で見られる(エプロンではCはない)。コンクリート舗装はアスファルト舗装とほぼ同様な傾向を示していることがわかる(ただし、滑走路にコンクリート舗装を使用しているのは1箇所だけである)。エプロン、誘導路は、7割程度かまたはそれ以上がAと判定されるものの、誘導路の一部にはCと判定されるものもある。

次に、アスファルト舗装とコンクリート舗装の路面性状を比較すれば、PRIの平均値では表-4に示したように、コンクリート舗装のほうが値にして1以上小さくなっている。しかし、補修の必要性を判定するPRIの基準値は舗装の種類によって異なるため、A,B,Cにランク付けされる施設数の割合ではあまり差のなくなることがわかる。

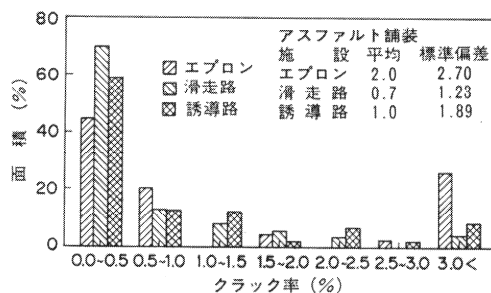
(2) 破損の状況

2.1で述べたように、空港アスファルト舗装の表面に現われてくる破損のうちでは、クラック率、わだちぼれ、平坦性がPRIの構成因子であり、空港コンクリート舗装では、クラック度、目地部の破損率、目地の最大段差がPRIの構成因子である。本節では、これらの破損の現況を明らかにする。

まず、アスファルト舗装の場合について以下に示す。図-6はクラック率である。(1)は舗装全体についてのもの、(2)はエプロン、滑走路、誘導路の施設別についてのものである(以下、図-11まで同じ)。舗装全体でのクラック率の平均値は0.9%であるが、0.3%以下の部分



(1) 全体



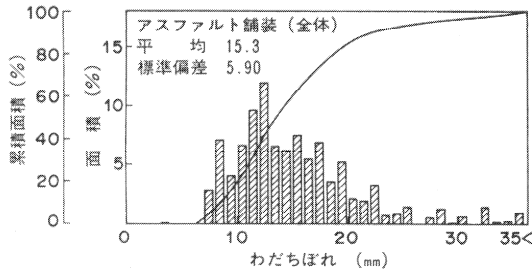
(2) 施設別

図-6 空港アスファルト舗装のクラックの状況

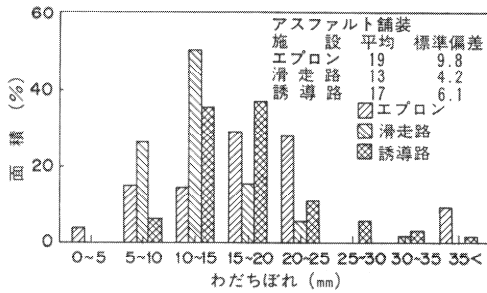
が舗装区域全体の50%以上を占めていることがわかる。施設別で見れば、滑走路ではクラック率0.5%以下のものが全体の7割を占めていること、全体としての平均値

を高める結果になっているクラック率3%以上の区画はエプロンに極めて多いことが明らかである。

次に、わだちぼれについてを図-7に示す。アスファルト舗装全体では平均で15mmであり、施設別では滑走路で最も小さく、次に誘導路、エプロンの順となっていることがわかる。また、エプロンでは、他の施設に比べ、わだちぼれの値が分散していることもわかる。



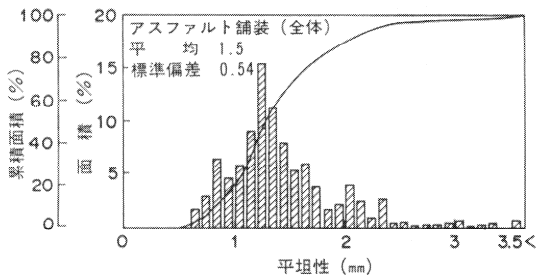
(1) 全体



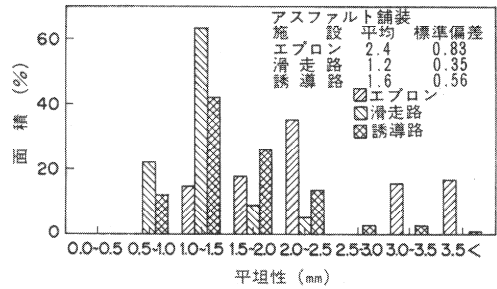
(2) 施設別

図-7 空港アスファルト舗装のわだちぼれの状況

図-8には平坦性を示してある。他の破損の場合と同様に、平坦性でみても滑走路が最も良好な状態に維持されていることが認められ、次に誘導路、そしてエプロンの順となっている。



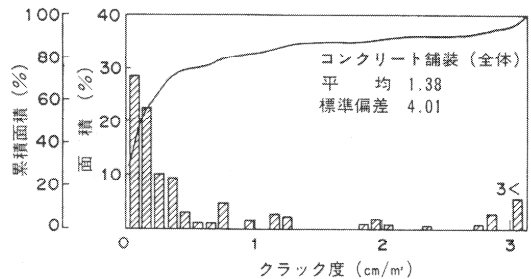
(1) 全体



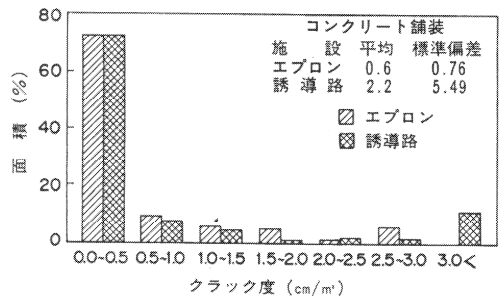
(2) 施設別

図-8 空港アスファルト舗装の平坦性の状況

空港コンクリート舗装の破損状況について以下に述べる。まず、図-9にはクラック度が示されている。舗装全体の平均値は1.4 cm/m<sup>2</sup>であるが、0.2 cm/m<sup>2</sup>以下のものが全体の50%を占めていることがわかる。施設別（エプロン、誘導路）の図からは両者ではほとんど差がないと思われるが、誘導路で一部極端にクラックの多い舗装があるため、平均値でみれば誘導路のほうがクラックが多いようになっている。



(1) 全体

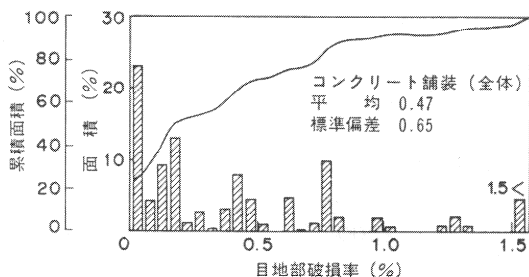


(2) 施設別

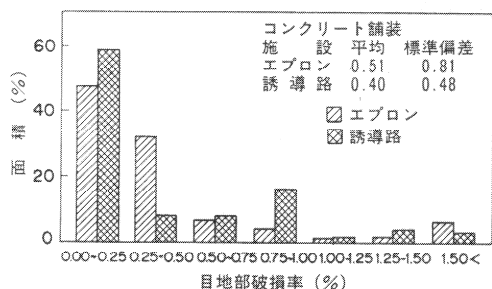
図-9 空港コンクリート舗装のクラック度の状況

目地部の破損率は図-10である。舗装全体の平均値は0.5%であり、破損率の分布状況は図-9のクラック度に比較するとやや分散が大きいものとなっている。施

設別の違いでみれば、目地部破損率の平均値、標準偏差は、ともに、誘導路よりもエプロンのほうで大きくなっている。



(1) 全体

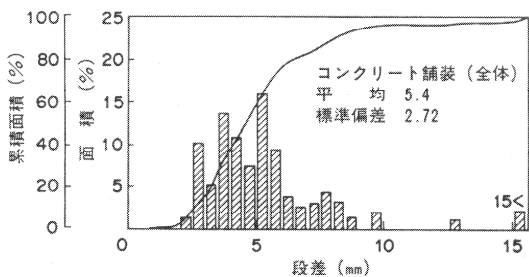


(2) 施設別

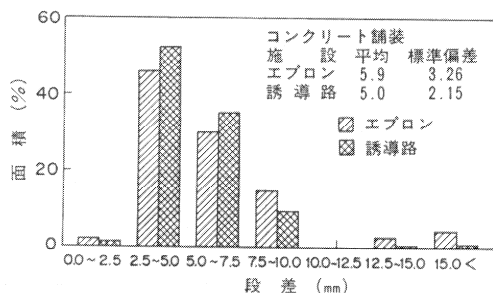
図-10 空港コンクリート舗装の目地部破損率の状況

図-11は目地部の最大段差を示すが、全体としては5mmが平均値である。施設別ではあまり差はないものの、エプロンで一部段差の大きい区画があるため、平均値、標準偏差は若干大きくなっている。

以上のことから、アスファルト舗装の破損状況は、その形態によらず、エプロンで最も悪く、次に誘導路、そして滑走路となっていることがわかった。これに対して、コンクリート舗装では、クラック度は誘導路で大きい、目地部破損率と段差はエプロンで大きいというように、施設による破損状況の違いに一定の傾向が見られない。そのため、表-4、図-5に示したように、コンクリ-



(1) 全体



(2) 施設別

図-11 空港コンクリート舗装の目地部の最大段差の状況

ト舗装のPRIには施設による差があまり明確に認められないのである。

#### 2.4 路面性状の経年変化

一般に舗装の機能は時間の経過とともに低下するが、その低下の状況、すなわち経時(年)変化がわかれば、合理的な維持・補修計画の立案が容易となる。前掲の表-3をみてわかるように、空港舗装の路面性状調査は、東京、大阪の両国際空港で4回、仙台空港等7空港で3回実施されているが、その他のほとんどの空港では2回しか実施されていない。そのため、標準設計年数あるいはそれ以上の期間を対象としたPRIや舗装の破損状況の経年変化について詳細な検討をすることは難しいと思われるので、本節でそれについての基本的な考察をすることとどめておく。なお、ここではPRIの経年変化について整理しやすい滑走路のデータを主に使用することにする。

図-12は東京国際空港B滑走路におけるPRIの分布状況である。昭和54年当時はPRIが比較的小さく、平均で6.5であった。その後、昭和55、56年度に補修工事が行なわれたため路面性状はかなり改善されたが、昨年の調査結果でみると、前回、前々回の8.6から8.2へとやや低下し始めているようである。このことからみて、補修工事はPRIによる路面性状の調査結果にはっきりと現われているといえよう。

一つの滑走路にアスファルト舗装とコンクリート舗装両方が用いられているのは大阪国際空港B滑走路だけである。この滑走路の端部は、コンクリート舗装により昭和40年に建設され、その後昭和50年代に入って片方のみが改修されている。滑走路中間部にはアスファルト舗装が建設され、昭和54年に全面的にかさ上げがなされている。最近の調査では、図-13に示すように、コンクリート舗装部が小さなPRIとなっており、補修の必要度では、アスファルト舗装部がAと評価されるのに対し、コンクリート舗装部はほぼBにランクされる。コンクリート舗



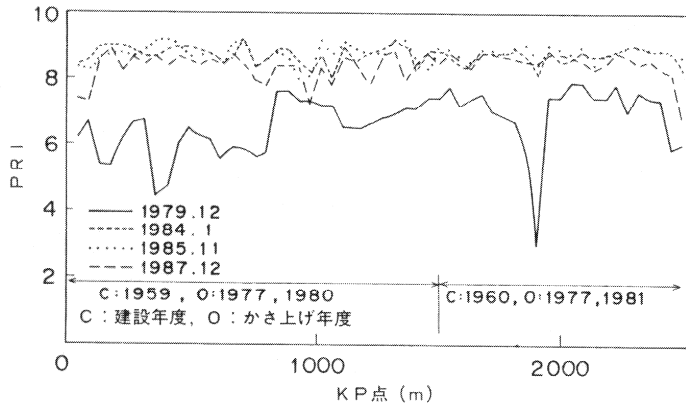


図-12 東京国際空港B滑走路のPRI分布

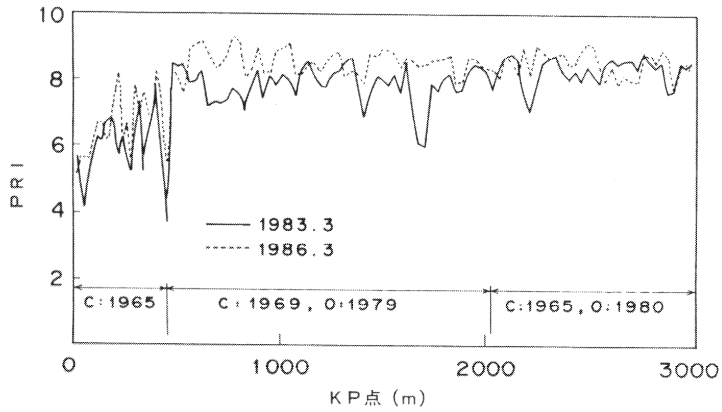
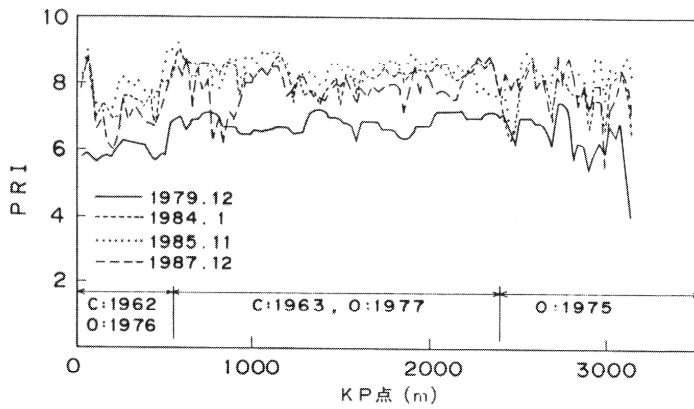
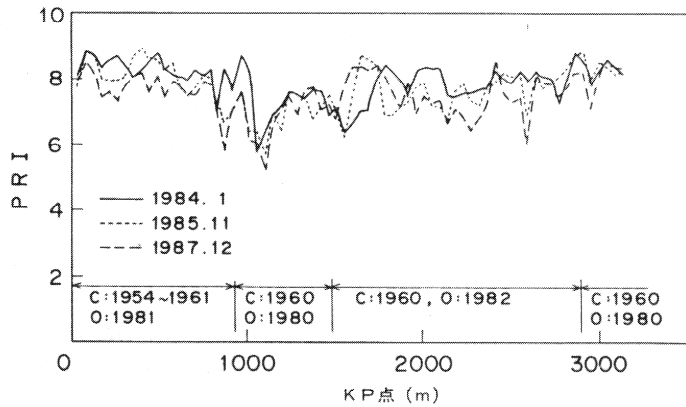


図-13 大阪国際空港B滑走路のPRI分布



(1) C滑走路



(2) A誘導路

図-14 施設によるPRIの違い(東京国際空港)

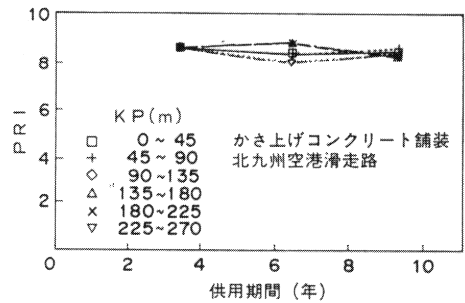
装でかさ上げされた箇所とされていない箇所でPRIが大幅に異なることから、かさ上げの効果が、図-12に示した東京国際空港B滑走路同様、PRIによって捕えられているものと考えられる。

次に、誘導路と滑走路でのPRIの比較として、東京国際空港のC滑走路とA誘導路のPRI分布状況を図-14に示す。PRIで見れば、A誘導路はC滑走路よりやや小さな値となっているが、舗装の評価の基準が滑走路と誘導路で異なるため、両者ともほぼAと判定されるよである。

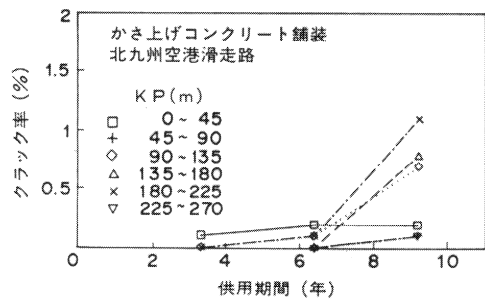
ここに示した国際空港以外の第2種空港の滑走路におけるPRIの分布状況を付録に載せてある。全般的にみて、滑走路の路面性状は良好であるといえよう。

わが国の空港舗装としてはアスファルト舗装(AC)、コンクリート舗装(PCC)、アスファルト舗装上のアスファルトかさ上げ舗装(OAC)、コンクリート舗装上のアスファルトかさ上げ舗装(OPCC)の4種類がみられる。路面性状調査時における滑走路部のユニット数でいえば、それぞれ、517、23、1420、595となり、滑走路の舗装としてはアスファルトコンクリートが表層に使われているものがほとんどである(PCCは大阪空港のB滑走路の一部のみ)。

個々のユニットでのPRIや舗装の破損程度は、建設時からの経過年数に応じて変化することはいうまでもなく、その一例として北九州空港の滑走路端部(滑走路の末端から270mまで)でのPRI、クラック率の経年変化を図-15に示す。供用期間の経過につれて、PRIが若干低下傾向にあることとクラック率が増加していることがわかる。これを北九州空港の滑走路全体でみたのが図-



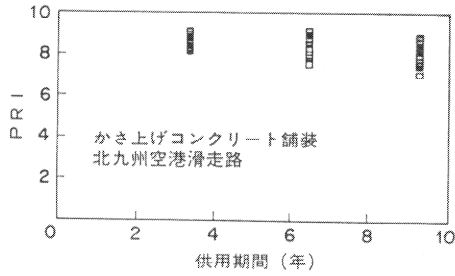
(1) PRI



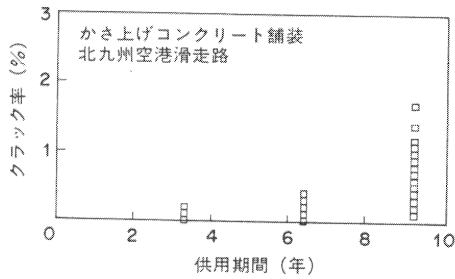
(2) クラック率

図-15 路面性状の経年変化(北九州空港滑走路端部)

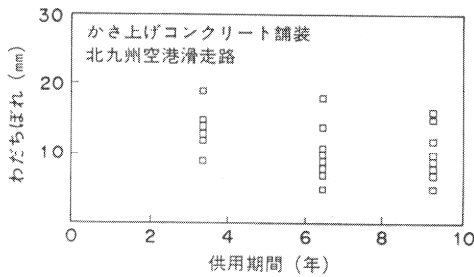
16である。この図の(1)~(4)はそれぞれ、PRI、クラック率、わだちぼれ、平坦性である。供用期間の経過につれて、PRIが低下し、クラック率が増加し、そして平坦性は低下するものの、わだちぼれはあまり変化しないことが読み取れる。



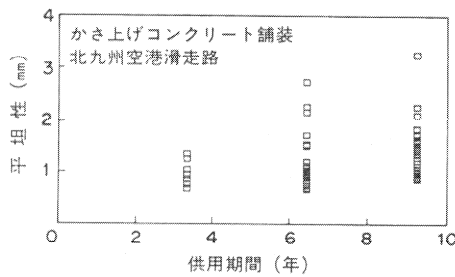
(1) PRI



(2) クラック率



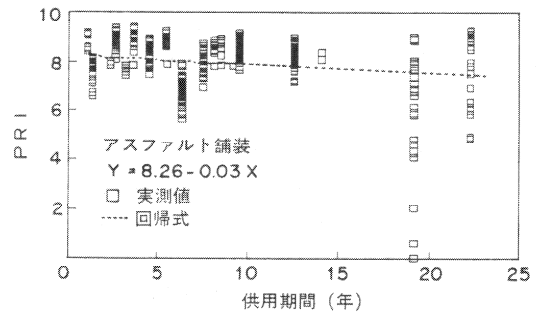
(3) わだちぼれ



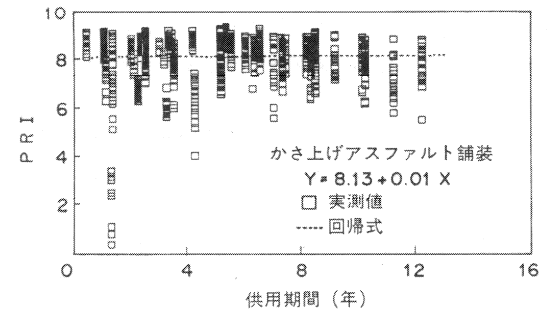
(4) 平坦性

図-16 路面性状の経年変化  
(北九州空港滑走路)

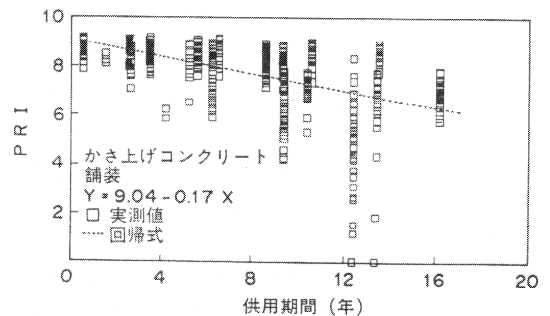
わが国の空港の滑走路全体でみた PRI ならびに舗装破損状況を次に調べることにしよう。図-17は、舗装形式別の PRI 分布を示したものである。コンクリート舗装上のアスファルトかさ上げ舗装(OPCC)では PRI の低下が著しく、次にアスファルト舗装(AC),そしてアスファルト舗装上のアスファルトかさ上げ舗装(OAC)となっているが、OACでは PRI の低下はほとんど認められないといえる。ACでは供用につれて若干の PRI の低下があることを考えあわせると、一般にOACのほうが表層厚が大きいので、表層が厚ければ路面性状は経年的にはほとんど低下しないものと考えられる。



(1) アスファルト舗装



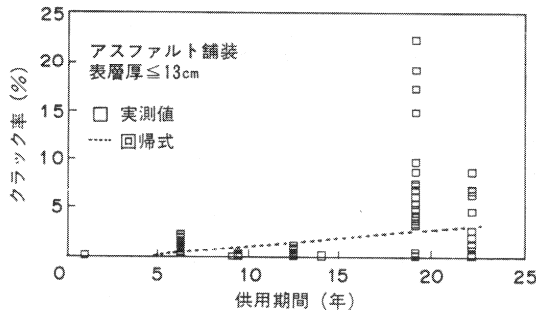
(2) アスファルト舗装上のアスファルトかさ上げ舗装



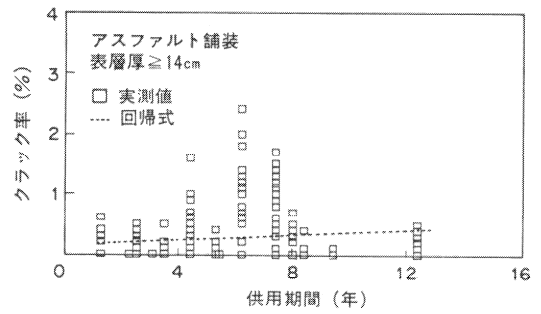
(3) コンクリート舗装上のアスファルトかさ上げ舗装

図-17 PRI の経年変化

この点についてまとめたものを表-6に示す。これは、AC, OAC, OPCCのそれぞれを表層の厚さによって2種類に分類して、PRIの経年変化の違いを調べたものである(最小自乗法により直線回帰式を求めた)。舗装の種類によらず、PRIは表層の薄いもののほうで経年的に変化(低下)しやすいということがわかる。また、個々の破損についても、全体的にみれば、表層の薄いもののほうが経年変化率が高いようである(図-18はアスファルト舗装のクラック率)。これは表層の厚いほうが



(1) 表層が13 cmより薄い場合



(2) 表層が13 cmより厚い場合

図-18 表層厚とクラック率(アスファルト舗装)

荷重分散効果は良好であるということによるものと思われる。

次に、自然条件の違いについてみたのが表-7である。これは、表-6と同様に、路面性状の経年変化状況に直線回帰式を当てはめた結果である。この表では名古屋空港以東の空港を北部、八尾空港以西を南部としている。南部に比べると、北部では供用にとまなうPRIの低下

表-6 表層厚がPRIに及ぼす影響

(1) アスファルト舗装

路面性状の種類	表層厚 (cm)	データ数	相関係数	経年変化(=A+B×YEAR)		
				A	B	標準偏差
PRI	< 13.5	265	-0.073	7.748	-0.005	1.390
	> 13.5	252	0.009	8.262	0.002	0.627
クラック率(%)	< 13.5	265	0.320	-0.748	0.163	2.571
	> 13.5	252	0.162	0.146	0.022	0.416
わだちぼれ (mm)	< 13.5	265	-0.045	25.304	-0.681	5.878
	> 13.5	252	0.153	12.766	0.216	4.413
平坦性 (mm)	< 13.5	265	0.771	1.950	-0.049	0.633
	> 13.5	252	-0.163	1.551	-0.035	0.665

注) YEAR: 供用年数

(2) アスファルト舗装上のアスファルトかさ上げ舗装

路面性状の種類	表層厚 (cm)	データ数	相関係数	経年変化(=A+B×YEAR)		
				A	B	標準偏差
PRI	< 40	785	-0.001	8.397	0.000	0.591
	> 40	635	0.184	7.484	0.064	1.091
クラック率(%)	< 40	785	0.215	0.032	0.063	0.653
	> 40	635	-0.180	1.186	-0.106	1.857
わだちぼれ (mm)	< 40	785	0.105	10.937	0.249	5.371
	> 40	635	0.014	18.018	0.039	8.697
平坦性 (mm)	< 40	785	-0.231	1.554	-0.059	0.561
	> 40	635	-0.107	1.614	-0.027	0.816

## (8) コンクリート舗装上のアスファルトかさ上げ舗装

路面性状の種類	表層厚 (cm)	データ数	相関係数	経年変化(=A+B×YEAR)		
				A	B	標準偏差
PRI	< 20	349	-0.449	9.028	-0.175	1.343
	> 20	246	-0.276	8.711	-0.066	0.606
クラック率(%)	< 20	349	0.365	-0.790	0.316	3.121
	> 20	246	0.321	-0.086	0.126	0.989
わだちぼれ (mm)	< 20	349	0.044	13.244	0.049	4.309
	> 20	246	-0.033	12.309	-0.057	4.611
平坦性(mm)	< 20	349	0.350	0.960	0.051	0.525
	> 20	246	0.118	1.060	0.018	0.398

表-7 自然環境によるPRIの違い

## (1) アスファルト舗装

路面性状の種類	地 域	データ数	相関係数	経年変化(=A+B×YEAR)		
				A	B	標準偏差
PRI	北 南 部 部	87	-0.016	8.240	-0.054	1.944
		430	-0.169	8.162	-0.003	0.830
クラック率 (%)	北 南 部 部	87	0.293	-0.261	0.173	4.326
		430	-0.039	0.435	-0.007	0.511
わだちぼれ (mm)	北 南 部 部	87	-0.023	12.377	-0.006	5.368
		430	0.083	16.027	0.064	6.027
平 坦 性 (mm)	北 南 部 部	87	0.112	1.894	-0.033	0.619
		430	0.880	1.806	-0.058	0.659

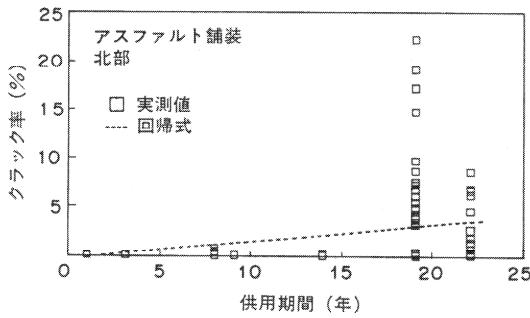
注) YEAR: 供用年数

## (2) アスファルト舗装上のアスファルトかさ上げ舗装

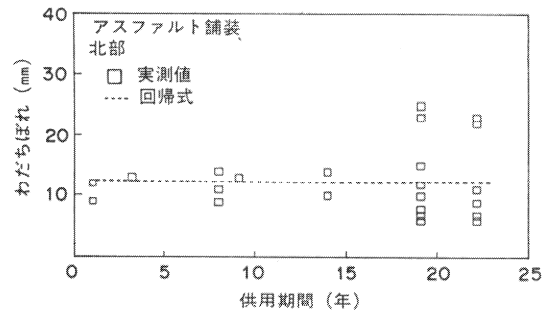
路面性状の種類	地 域	データ数	相関係数	経年変化(=A+B×YEAR)		
				A	B	標準偏差
PRI	北 南 部 部	800	0.009	8.034	0.002	0.831
		620	0.133	8.071	0.056	0.953
クラック率 (%)	北 南 部 部	800	0.181	0.038	0.038	0.641
		620	-0.153	1.155	-0.127	1.883
わだちぼれ (mm)	北 南 部 部	800	0.099	15.445	0.263	8.320
		620	0.115	10.773	0.286	5.671
平 坦 性 (mm)	北 南 部 部	800	-0.202	1.764	-0.050	0.764
		620	-0.065	1.289	-0.015	0.547

(3) コンクリート舗装上のアスファルトかさ上げ舗装

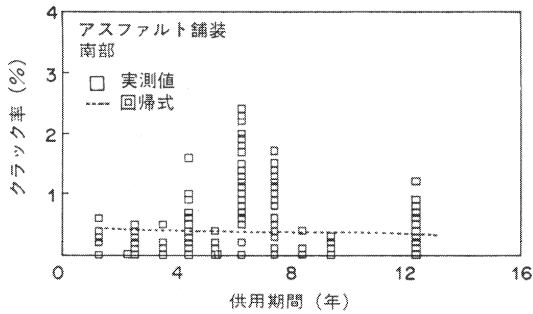
路面性状の種類	地 域	データ数	相関係数	経年変化 ( = A + B × YEAR )		
				A	B	標準偏差
P R I	北 部	263	-0.558	8.835	-0.205	1.335
	南 部	332	-0.233	8.635	-0.028	0.409
クラック率 (%)	北 部	263	0.422	-0.042	0.348	3.261
	南 部	332	0.339	-0.012	0.034	0.329
わだちぼれ (mm)	北 部	263	-0.006	14.381	-0.006	4.419
	南 部	332	0.076	11.396	0.095	4.293
平 坦 性 (mm)	北 部	263	0.587	0.657	0.080	0.480
	南 部	332	0.107	1.190	0.014	0.447



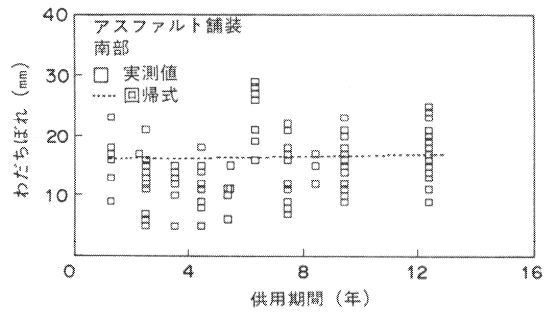
(1) 北部の場合



(1) 北部の場合



(2) 南部の場合



(2) 南部の場合

図-19 自然環境とクラック率(アスファルト舗装)

図-20 自然環境とわだちぼれ(アスファルト舗装)

傾向が明確である。クラック率の増加は北部で著しいが(図-19)、わだちぼれの増加は南部で大きいものとなっている(図-20)。これは、いうまでもなく、温度が低ければばい化傾向を示し、温度が高ければ粘性的な挙動を示すというアスファルトコンクリートの特性に他な

らない。

最後に、滑走路端部と中間部での路面性状の違いを表-8に示す。図-21にはかさ上げアスファルト舗装のわだちぼれについて示してある。アスファルト舗装、アスファルト舗装上のアスファルトかさ上げ舗装では、

表-8 滑走路の端部と中間部でのPRI

(1) アスファルト舗装

路面性状の種類	滑走路での位置	データ数	相関係数	経年変化(=A+B×YEAR)		
				A	B	標準偏差
PRI	端部	254	-0.375	8.604	-0.081	1.061
	中間部	263	0.067	7.800	0.014	1.103
クラック率(%)	端部	254	0.505	-0.805	0.219	1.990
	中間部	263	0.205	-0.004	0.065	1.645
わだちぼれ(mm)	端部	254	0.114	13.949	0.112	5.188
	中間部	263	-0.334	20.757	-0.427	6.345
平坦性(mm)	端部	254	-0.253	1.567	-0.032	0.642
	中間部	263	-0.251	1.735	-0.033	0.670

注) YEAR: 供用年数

(2) アスファルト舗装上のアスファルトかさ上げ舗装

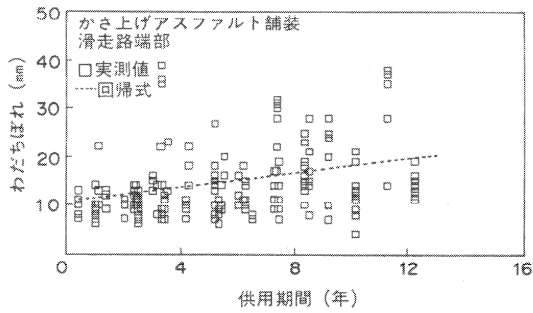
路面性状の種類	滑走路での位置	データ数	相関係数	経年変化(=A+B×YEAR)		
				A	B	標準偏差
PRI	端部	520	-0.224	8.407	-0.059	0.841
	中間部	900	0.189	7.878	0.066	0.902
クラック率(%)	端部	520	0.290	0.030	0.053	0.566
	中間部	900	-0.143	0.906	-0.089	1.630
わだちぼれ(mm)	端部	520	0.314	10.938	0.737	7.274
	中間部	900	0.072	13.681	0.212	7.735
平坦性(mm)	端部	520	-0.010	1.550	-0.003	0.827
	中間部	900	-0.242	1.539	-0.054	0.575

(3) コンクリート舗装上のアスファルトかさ上げ舗装

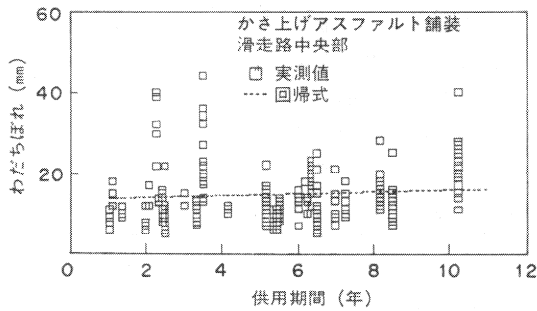
路面性状の種類	滑走路での位置	データ数	相関係数	経年変化(=A+B×YEAR)		
				A	B	標準偏差
PRI	端部	335	-0.455	8.937	-0.120	0.896
	中間部	260	-0.622	9.120	-0.225	1.246
クラック率(%)	端部	335	0.372	-0.589	0.207	1.963
	中間部	260	0.532	-0.724	0.404	2.830
わだちぼれ(mm)	端部	335	0.101	12.415	0.120	4.504
	中間部	260	0.114	11.853	0.115	4.435
平坦性(mm)	端部	335	0.300	1.019	0.039	0.472
	中間部	260	0.460	0.907	0.057	0.487

PRI,クラック率,わだちぼれのどれをみても端部のほうで路面性状の低下が著しくなっている。しかし,コンクリート舗装上のアスファルトかさ上げ舗装では,クラッ

ク率が滑走路中間部と端部で大きく逆転しているために,それがPRIに反映されてしまい,中間部のほうで低下が著しい結果となっている。



(1) 端部



(2) 中間部

図-21 滑走路の端部と中間部でのわだちぼれ(アスファルト舗装上のアスファルトかさ上げ舗装)

### 3. 米国の空港舗装の破損状況

米国の空港の舗装は Pavement Condition Index (PCI) によって評価されるようになっており、定期的に調査が実行されている。<sup>5)</sup> その調査では、舗装表面に現われてくると考えられるあらゆる形態の破損の程度を調べるとともに、それらを総括するものとして PCI を計算するようになってきている。本章では、まず 3.1 で PCI について概説し、次に 3.2 で米国内の軍用飛行場の舗装の破損状況について述べる。そして、3.3 では、PCI に及ぼす供用年数の影響について、米国内の民航空港舗装におけるデータを使用して考察する。

#### 3.1 米国における空港舗装評価法の概要

PCI を使う舗装評価法は M. Y. Shahin らによって開発されたものである。<sup>5), 6)</sup> PCI は舗装表面に現われてくる破損のひどさとその破損がみられる舗装の範囲とで計算されるようになってきている。それらの破損の形態はアスファルト舗装とコンクリート舗装で異なり、破損形態の種類は前者で 16、後者で 15 である(表-9)。アスファルト舗装での調査区画、すなわち 1 ユニットの大きさは  $50 \times 100 \text{ ft}$  の  $5,000 \text{ ft}^2$  ( $15 \times 30 \text{ m}$  の  $450 \text{ m}^2$ ) を標準とし、コンクリート舗装では 20 枚の版を 1 ユニットと

表-9 PCIの算出に用いられる破損の種類

#### (1) アスファルト舗装

記号	説明
AC	ALLIGATOR CRACKING (亀甲状クラック)
BL	BLEEDING (ブリージング)
BC	BLOCK CRACKING (面状クラック)
C	CORRUGATION (コルゲーション)
D	DEPRESSION (局部沈下)
JB	JET BLAST (ジェットブラスト)
JR	JOINT REFLECTION CRACKING (リフレクションクラック)
LT	LONGITUDINAL AND TRANSVERSE CRACKING (線状クラック)
OS	OIL SPILLAGE (オイル洩れ)
P	PATCHING (パッチング)
PA	POLISHED AGGREGATE (骨材のポリッシング)
RW	RAVELING AND WEATHERING (ラベリング・ウェザリング)
R	RUTTING (わだちぼれ)
SV	SHOVING FROM PCC (コンクリート舗装との接合部の破損)
SL	SLIPPAGE CRACKING (せん断クラック)
SW	SWELL (膨れ上がり)

#### (2) コンクリート舗装

記号	説明
BU	BLOW-UP (ブローアップ)
CB	CORNER BREAK (隅角部の破損)
LT	LONGITUDINAL, TRANSVERSE AND DIAGONAL CRACKING (線状クラック)
DC	"D" CRACKING ("D"クラック)
JD	JOINT SEAL DAMAGE (目地材の損傷)
P	SMALL PATCHING ( $< 5 \text{ ft}^2$ ) ( $0.46 \text{ m}^2$ 未満のパッチング)
PU	LARGE PATCHING AND UTILITY CUT ( $> 5 \text{ ft}^2$ ) ( $0.46 \text{ m}^2$ 以上のパッチング)
PO	POPOUTS (ポップアウト)
PM	PUMPING (ポンピング)
SM	SCALING, MAP CRACKING AND CRAZING (スケールン等)
SE	SETTLEMENT AND FAULT (目地またはクラック部の段差)
SS	SHATTERED SLAB (縦横断クラックにより分割されたコンクリート版)
SR	SHRINKAGE CRACK (収縮クラック)
JS	JOINT SPALLING (目地部から 0.6 m 以内の破損)
CS	CORNER SPALLING (隅角部から 0.6 m 以内の破損)



している。破損のひどさ (Severity) は原則として3段階に分類される (ひどい (High), 中程度 (Medium), 軽度 (Light))。破損の範囲 (Density) は, アスファルト舗装とコンクリート舗装でその計算方法が異なり, 前者の場合は破損面積の区画面積に対する比, すなわち破損密度で表わされるようになっていいる。また, 後者では1ユニット全体のコンクリート版の数に対する破損の見られる版の数の割合である。

舗装の種類が違ってもPCIの計算方法は同じであり, 以下に示すとおりである。

- ① おおのこの破損形態につき, そのひどさと範囲を調べる。
- ② 図-22 に示すようにあらかじめ規定されている

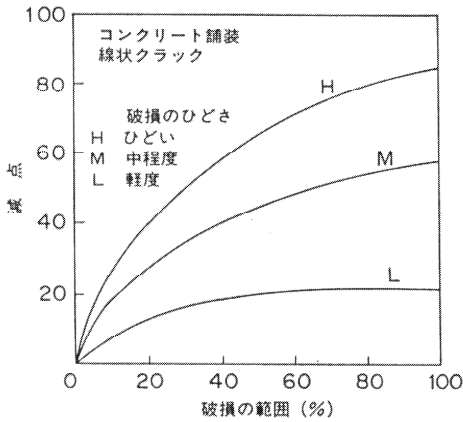


図-22 減点の例<sup>5)</sup>

維持・補修工種	PCI	評価
局 部	100	最高 (EXCELLENT)
	85	非常に良好 (VERY GOOD)
局 部 広 範 囲 全 体	70	良 好 (GOOD)
	55	普 通 (FAIR)
広 範 囲 全 体	40	劣 悪 (POOR)
	25	非常に劣悪 (VERY POOR)
全 体	10	破 壊 (FAILED)
	0	

図-23 PCIによる舗装の評価基準<sup>6)</sup>

“減点 (Deduct Value)”と破損のひどさ・範囲の関係から①に対応する減点の値を見出す。

- ③ それぞれの破損形態に対応する減点の合計値を区画内でみられた破損形態の数に応じて補正して, “補正減点 (Corrected Deduct Value, CDV)”を求めめる。

④  $PCI = 100 - CDV$ によってPCIを計算する。

⑤ 図-23に従って舗装を評価する。

参考文献5)には示されていないが, ⑤でPCIを算出した後, 必要となる維持・補修の種類が判定できるようになっている。<sup>6)</sup>すなわち, 図-23の左側に示したように, 局部的なもの, 広範囲のもの, そして全体的なもの, PCIの値に応じて維持・補修工法が決められる。

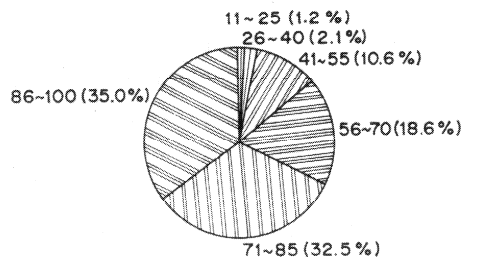
### 3.2 舗装の破損の実態

ここでは36の軍用飛行場の舗装データを解析して明らかになった事項について述べる。

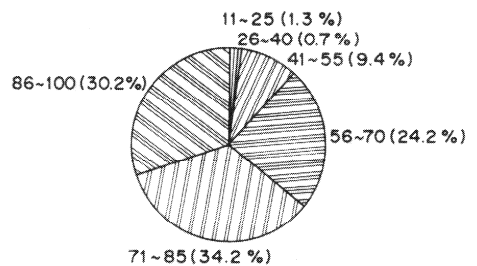
(1) アスファルト舗装<sup>7)</sup>

図-24はアスファルト舗装におけるPCIを示す。この図は施設別のPCIを示す。すなわち, 滑走路, 誘導路, エプロンでのPCIも示しているが, 施設の違いによる差はあまり見られないようである。形態別の破損の割合を示した図-25から, 空港アスファルト舗装において頻度の高い破損は面状クラック (BC), ラベリング・ウェザリング (RW), 線状クラック (LT)であることがわかる。

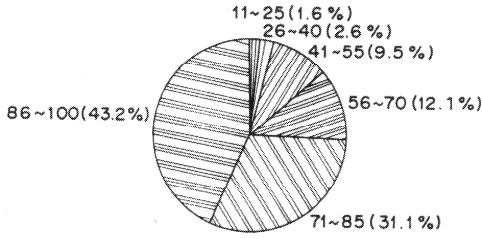
PCIとこれら3種類の破損の範囲の関係を示した図-



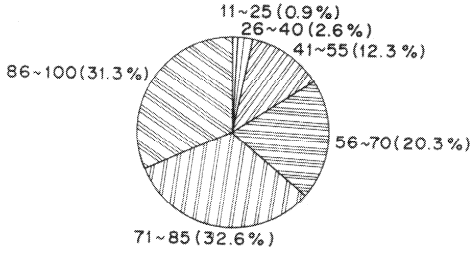
(1) 全 体



(2) エプロン

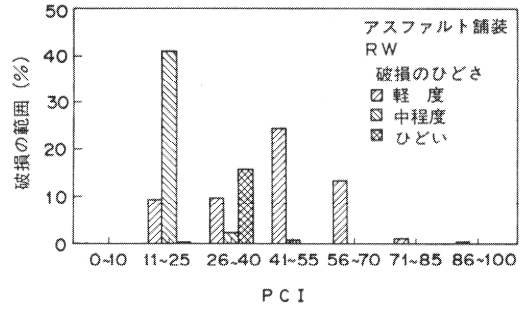


(3) 滑走路

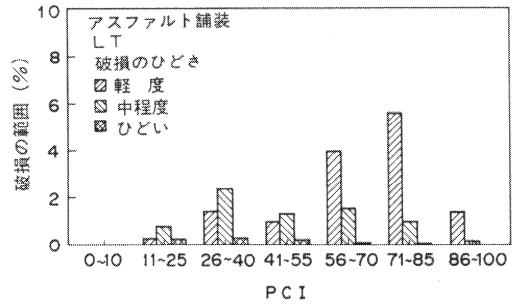


(4) 誘導路

図-24 アスファルト舗装のPCI



(2) ラベリング・ウェザリング



(3) 線状クラック

図-26 PCIと破損の関係

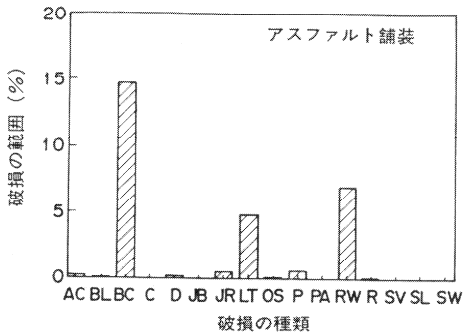
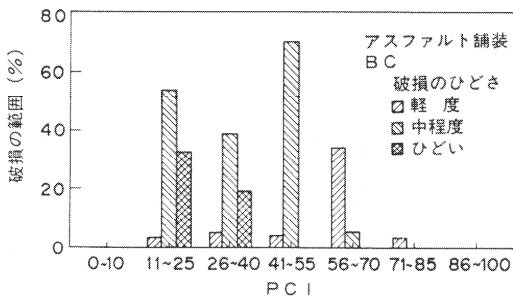


図-25 アスファルト舗装の破損の状況



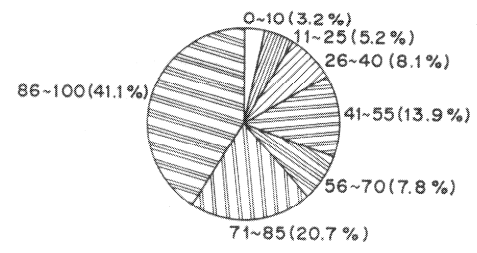
(1) 面状クラック

26からはPCIが小さくなるにつれてBCとRWの増加することがわかる。PCIが低下するにつれて、LTもやや低下する傾向が認められるが、これは、PCIが低下すれば、クラックが線状(LT)から面状(BC)へと進展するためであると考えられる。これらの主要な破損形態についてそのひどさとPCIの関係もこの図に示してあるが、PCIが減少すればLTも含めて破損はひどくなることわかる。

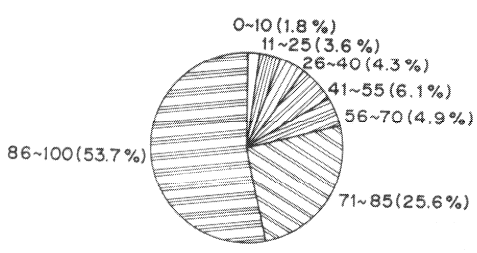
(2) コンクリート舗装

全体的に舗装の状態が良好なアスファルト舗装に比べ、コンクリート舗装のPCIは、図-27に示すように、Excellent(最高)からFailed(破壊)まで広く分散している。また、現状ではエプロンよりも滑走路や誘導路のほうが舗装の状態は悪いものとなっている。

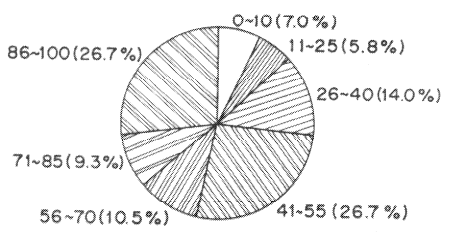
アスファルト舗装で頻度の高い破損形態は3種類と少なかったが、コンクリート舗装では様々な形態の破損がみられ、頻度の高い順に、目地材の破損(JD)、線状クラック(LT)、スケーリング等(SM)、目地部の破損(JS)となっている。これら4種類の破損を合計すると破損全体の70%を占めることがわかる(図-28)。破



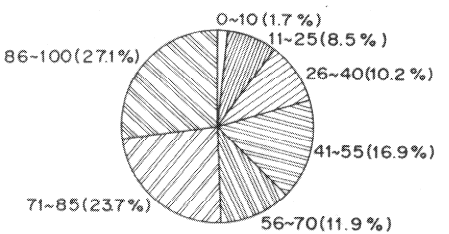
(1) 全体



(2) エプロン



(3) 滑走路



(4) 誘導路

図-27 コンクリート舗装のPCI

損の範囲は、図-29に示すように、JDを除けば、最大で50%程度である(3種類の破損のひどさの合計)。JDについては、区画内の一部にでも目地材の破損があれば、破損範囲はその算定方法上100%となるので、他の破損形態のものからやや突出している。したがって、

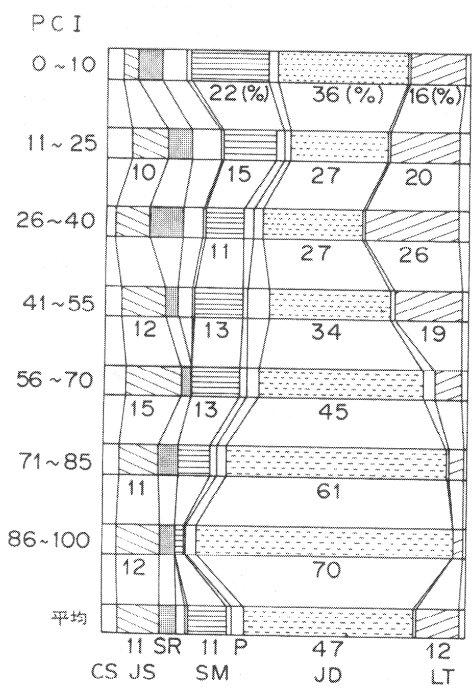
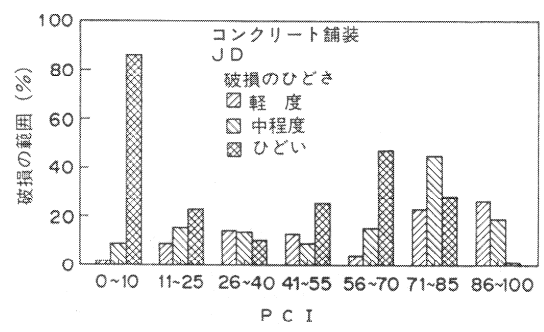
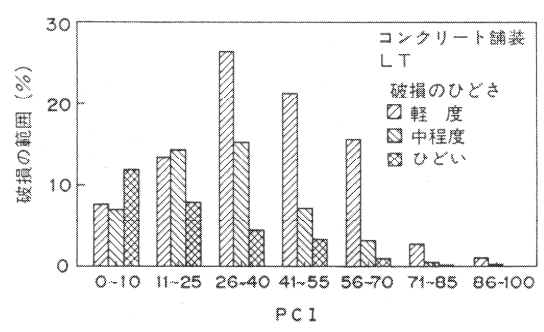


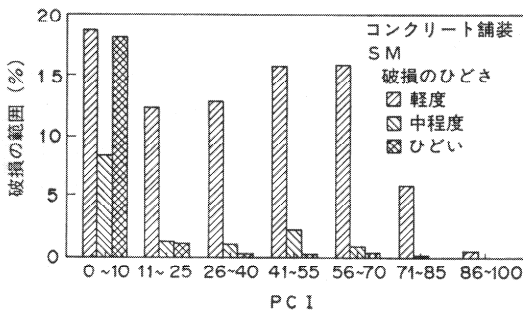
図-28 コンクリート舗装の破損の状況



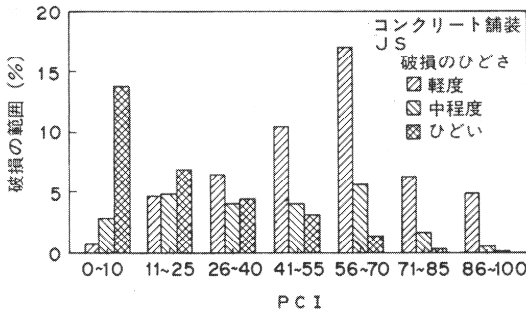
(1) 目地材の損傷



(2) 線状クラック



(3) スケーリング等



(4) 目地部から0.6 m以内の破損

図-29 PCIと破損の関係

アスファルト舗装同様、コンクリート舗装でも、発生する危険性の極めて高い破損形態はクラックであると言えよう。破損のひどさについても、アスファルト舗装と同様に、PCIが低下すれば破損のひどさも著しくなっていくことがわかる。

(3) 破損の原因

一般的に舗装に破損が生ずる原因は、交通荷重、自然環境、そしてその他に分類できるものと思われる(表-

表-10 破損の原因

(1) アスファルト舗装

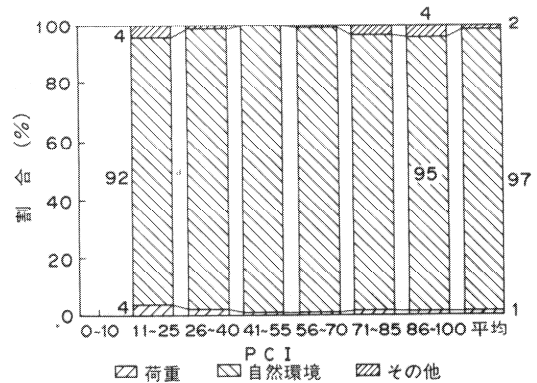
原因	記号
荷重	AC, R
自然環境	BC, JR, LT, P, RW
その他	BL, C, D, JB, OS, PA, SV, SL, SW

(2) コンクリート舗装

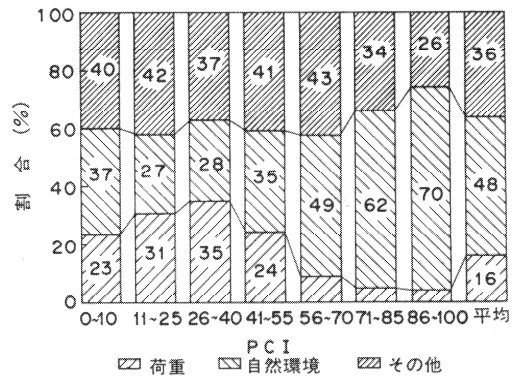
原因	記号
荷重	CB, LT, SS
自然環境	BU, DC, JD
その他	P, PU, PO, PM, SM, SE, SR, JS, CS

10)。言うまでもなく、いくつかの破損は複数の原因により生ずるが、主要なものはこの表に示したものであると考えられる。

図-30は破損原因をPCI別に示したものである。これによれば、アスファルト舗装には自然環境が主たる原因で破損が生ずると考えられるが、コンクリート舗装では複雑な原因によっているといえよう。すなわち、コンクリート舗装では、PCIが大きな間は自然環境等、荷重以外のものが舗装破損の主要な原因であるが、PCIが低下するにつれて荷重やその他のものが原因で生ずる破損も増加してくる。



(1) アスファルト舗装

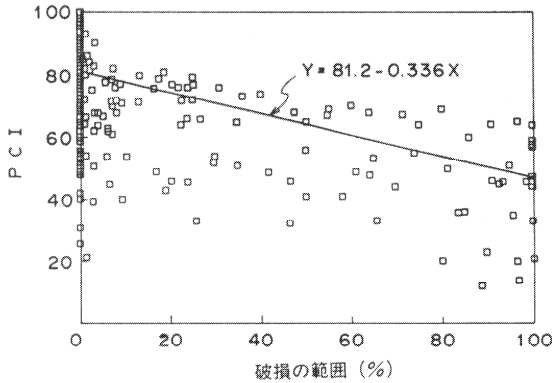


(2) コンクリート舗装

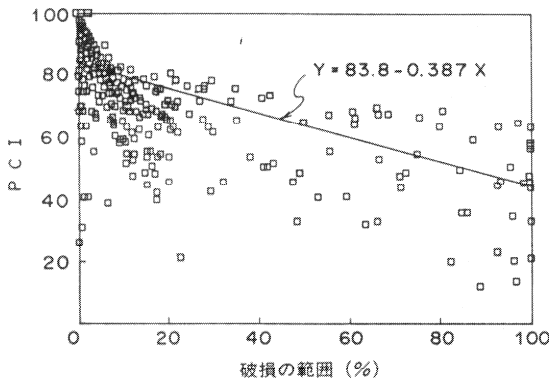
図-30 PCIと破損原因

これら主要な破損の範囲とPCIの相関性を調べたところ、アスファルト舗装では面状クラック(BC)との間に比較的高い相関性が認められた(図-31(1))。線状クラック(LT)はBCと破損原因が同じであり、LTの進行したものがBCであると考えられるので、LTを加えたBCとPCIとの相関性を調べたところ、図-31(2)

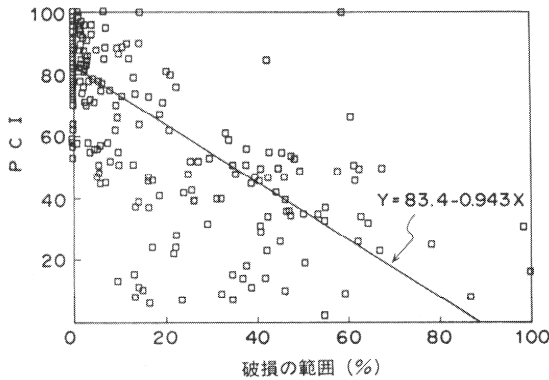
に示すように相関係数（絶対値）はBC単独の0.61から0.68へと上昇した。コンクリート舗装では、図-31(3)に示すように線状クラック（LT）とPCIの間に強い相関性が認められた（相関係数の絶対値は0.72）。



(1) アスファルト舗装，面状クラック



(2) アスファルト舗装，線・面状クラック



(3) コンクリート舗装，線状クラック

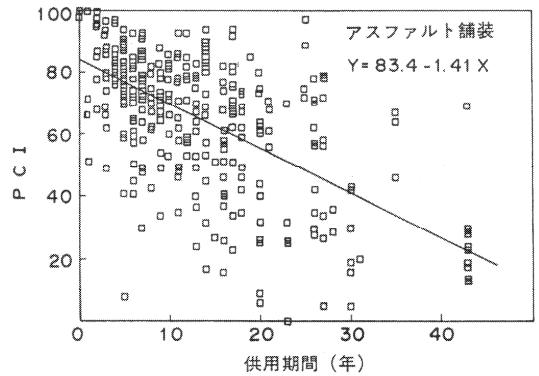
図-31 PCIと破損範囲の関係

### 3.3 供用年数がPCIに及ぼす影響

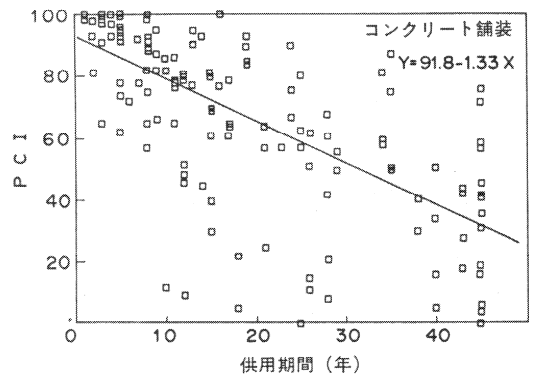
本節では、米国の民航空港の舗装調査データに基づいて、舗装の供用期間がPCIに及ぼす影響を考えることにする。調査の対象になった空港は88箇所で、四つの州にわたっている。収集したデータにはPCI、供用年数のほか、舗装構造等も含まれているため、種々の要因がPCIの経年変化に及ぼす影響について考察できた。<sup>7)</sup>

#### (1) PCIと供用期間

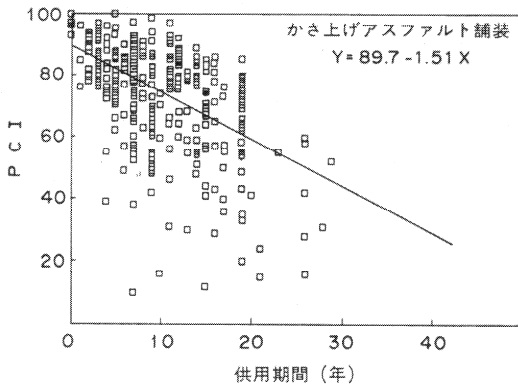
収集したPCIのデータは、アスファルト舗装（AC）、コンクリート舗装（PCC）、アスファルト舗装上のアスファルトかさ上げ舗装（OAC）、コンクリート舗装上のアスファルトかさ上げ舗装（OPCC）の4種類の舗装についてである。それぞれの舗装についてPCIと供用期間の関係を示したものが図-32であるが、わが国の空港舗装の場合と同様に、両者の間には相関性のあることが認められた。これらのデータは、ある特定の地点のPCIの経年変化ではなく、PCIと、そのPCIが得られた区画の調査時点における供用期間との関係についてのもので



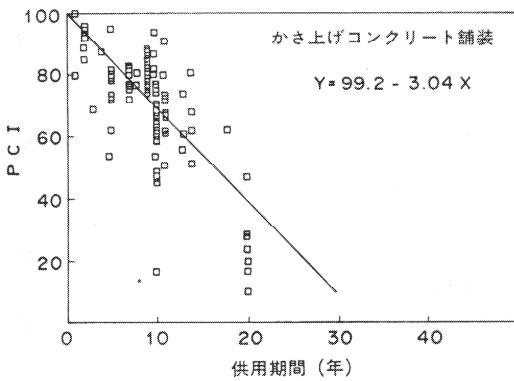
(1) アスファルト舗装



(2) コンクリート舗装



(3) アスファルト舗装上のアスファルトかさ上げ舗装



(4) コンクリート舗装上のアスファルトかさ上げ舗装

図-32 PCIと供用期間

ある。そのため、一点ごとに舗装構造、環境・交通条件が異なるので、分散は大きなものとなっている。

表-11には、図-32で示したPCIと供用期間の関係について、その相関係数、直線回帰式の係数(A:PCIの初期値、B:PCIの経年変化率)をまとめてある。コ

ンクリート舗装とアスファルト舗装ではみられる破損形態が違うため、両者で計算されるPCIの値そのものを比較することはあまり意味がないと思われる。しかし、AC、OAC、OPCCはいずれの場合も表層がアスファルトコンクリートであり、PCIの算定方法は同一となる。そこで、この3者のB係数に注目すれば、新設舗装(AC)のほうがかさ上げ舗装(OAC、OPCC)よりも小さいこと、すなわち、破損の進行は遅いことがわかる。

ここでは3者のA係数は同じ値とはなっていないが、より多くのデータが収集されれば一致するようになるものと期待される。前述のB係数の違いにはこのA係数の違いが影響しているのではないかと懸念されるので、3者のデータを一緒にした場合に直線回帰式を適用してA係数を求め、そのときのB係数をそれぞれについて求めることにした。

その結果を表-12に示す。ACとOACは逆転しているが、OPCCが最も大きなB係数を示すことは表-11の場合と同様である。これは、一般にOPCCではリフレクションクラック発生の危険性が大きいことからみて妥当な結果であると思われる。また、このOPCCに関する解析結果がわが国の空港舗装の場合と同じであることを考えれば、コンクリート舗装上のアスファルトかさ上げ舗装についてはその設計・施工法について何らかの見直しが必要であると結論付けられよう。

表-12 PCIと供用期間(初期値同一)

舗装の種類	PCI = A - B × YEAR		
	A	B	標準偏差
AC		1.614	18.14
OAC	87.56	1.350	14.34
OPCC		1.988	13.03

注) 記号は表-11と同じ

表-11 PCIと供用期間

舗装の種類	データ数	相関係数	PCI = A - B × YEAR		
			A	B	標準偏差
AC	343	-0.606	83.44	1.412	17.98
PCC	147	-0.667	91.76	1.328	20.77
OAC	384	-0.513	89.71	1.512	14.30
OPCC	120	-0.718	99.19	3.037	12.14

注) YEAR: 供用年数

AC : アスファルト舗装

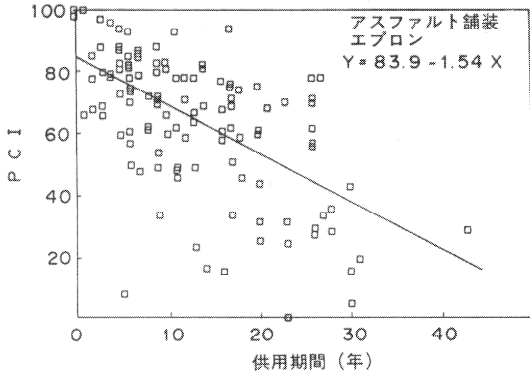
OAC : アスファルト舗装上のアスファルトかさ上げ舗装

PCC : コンクリート舗装

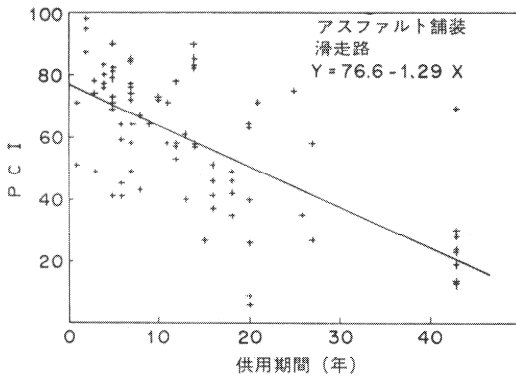
OPCC : コンクリート舗装上のアスファルトかさ上げ舗装

(2) 種々の要因がPCIの経年変化に及ぼす影響

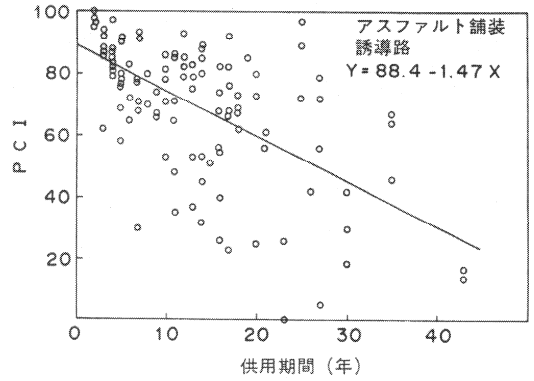
まず、PCIと供用年数の関係を施設別(エプロン、滑走路、誘導路)でみてみよう。例としてアスファルト舗装の場合を図-33に示した。PCIの経年変化率(B係



(1) エプロン



(2) 滑走路



(3) 誘導路

図-33 施設別にみたPCIと供用期間の関係

数)はエプロンで最も大きく、次に誘導路、滑走路となっており、施設の違いによる破損の進行速度に関する一般的な認識と一致しているといえよう。

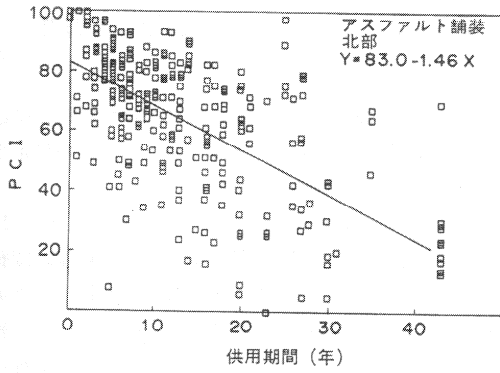
ここに図示したアスファルト舗装のみならず、他の3種類の舗装についてPCIと供用年数の関係を示したものが表-13である(PCIの初期値(A係数)を施設によらず同一とした場合)。空港舗装全体でみてもエプロンでは破損の進行が最も早いといえよう。

次に、PCIと供用期間の関係の地域差、すなわち自然環境がPCIの経年変化に及ぼす影響について調べよう。アスファルト舗装についてを図-34に示してある。調査の対象となった空港は四つの州に位置するに過ぎないため、断言はできないが、北部では南部に比べて舗装の破損が速く進行するようである。これは、アスファルト舗装の主要な破損はクラックであり、3.2で述べたように、その主な原因が自然環境の作用であることを考えれば、

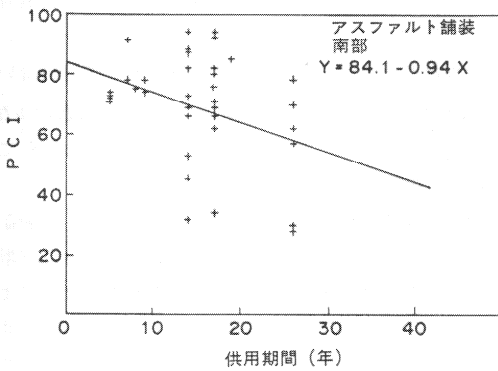
表-13 施設別のPCIと供用期間

舗装の種類	施設	データ数	相関係数	PCI = A - B × YEAR		
				A	B	標準偏差
AC	エプロン	123	-0.586	83.44	1.515	18.192
	滑走路	90	-0.689		1.573	17.213
	誘導路	120	-0.599		1.218	18.238
PCC	エプロン	67	-0.551	91.76	1.483	23.729
	滑走路	26	-0.790		1.277	17.203
	誘導路	54	-0.732		1.119	17.965
OAC	エプロン	58	-0.566	89.71	1.886	15.838
	滑走路	200	-0.486		1.586	14.512
	誘導路	119	-0.591		1.312	12.838
OPCC	エプロン	17	-0.519	99.19	3.274	17.714
	滑走路	66	-0.763		2.957	10.495
	誘導路	37	-0.746		3.047	12.507

(注) 記号は表-11と同じ



(1) 北部の場合



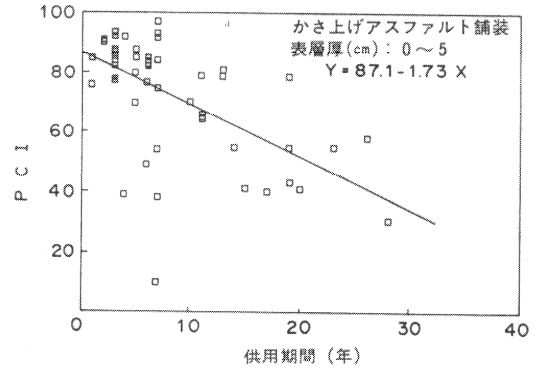
(2) 南部の場合

図-34 自然環境と PCI

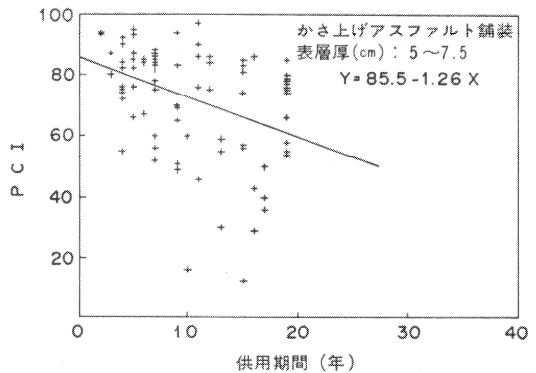
妥当なものである。

南部のデータの少ないコンクリート舗装上のアスファルトかさ上げ舗装を除いた、3種類の舗装の PCI と供用期間の関係を表-14 にまとめた。全体的にみて、表層がアスファルトコンクリートからなる舗装では、低温クラック等の発生しやすい北部で PCI の低下速度の大きいことが認められた。これは2で述べたようにわが国の空港舗装の場合と同様である。

PCI の経年変化率に及ぼす影響因子として、今回の調査データから取上げることのできる最後のものは表層の厚さである。アスファルト舗装上のアスファルトかさ上げ舗装の場合を図-35 に示した(表層厚は4つに区分してある)。この図に直線回帰式を当てはめた結果を示した表-15 からは、表層厚が増加するにつれて B 係数は減少すること、すなわち PCI の経年変化率は小さくなることわかる。この表に示した他の種類の舗装のデータか



(1) 表層が5 cm より薄い場合



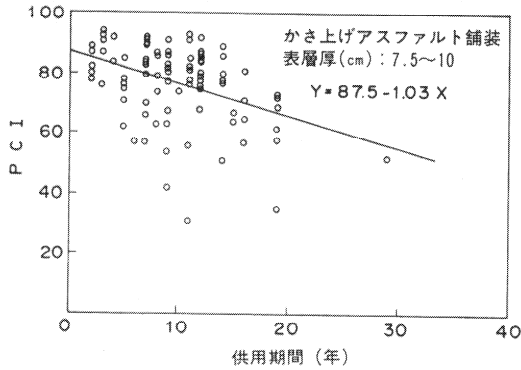
(2) 表層が5 ~ 7.5 cm の場合

表-14 自然環境と PCI

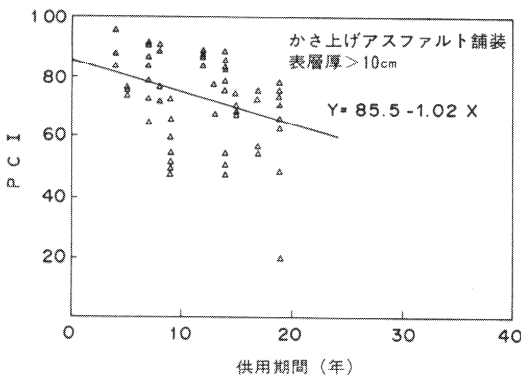
舗装の種類	地域	データ数	相関係数	PCI = A - B × YEAR		
				A	B	標準偏差
AC	北部	304	-0.632	83.44	1.480	20.151
	南部	39	-0.340		0.902	16.229
PCC	北部	143	-0.669	91.76	1.369	26.843
	南部	4	-0.829		1.868	6.981
OAC	北部	321	-0.536	89.71	1.588	16.284
	南部	63	-0.138		1.406	14.960

注) 記号は表-11 と同じ





(3) 表層が7.5～10 cmの場合



(4) 表層が10 cmより厚い場合

図-35 表層厚とPCI

らもこれとほぼ同様な傾向が認められる。また、この表層厚の違いがPCIに及ぼす影響もわが国の空港舗装でみられたものと同じ傾向にある。

表-15 表層厚とPCI

舗装の種類	舗装厚 (in)		データ数	相関係数	PCI = A - B × YEAR		
	最小	最大			A	B	標準偏差
AC	-	1.9	46	-0.598	83.44	1.493	18.717
	2	2.9	146	-0.467		1.440	16.078
	3	3.9	44	-0.899		1.451	12.962
	4	-	75	-0.510		0.995	17.026
PCC	-	8.9	56	-0.596	91.76	1.408	24.880
	9	12.9	50	-0.511		0.771	14.621
	13	-	26	-0.747		1.736	13.082
OAC	-	1.9	61	-0.594	89.71	1.923	15.570
	2	2.9	90	-0.390		1.583	16.827
	3	3.9	120	-0.389		1.217	11.031
	4	-	62	-0.333		1.329	13.682
OPCC	-	4.9	48	-0.847	99.19	3.252	10.357
	5	9.9	23	-0.486		2.506	12.369
	10	-	17	-0.257		2.507	6.854

注) 記号は表-11と同じ

## 4. PRIとPCIによる舗装評価法の比較

### 4.1 概説

空港舗装の路面性状の実態として2.ではわが国の場合、3.では米国の場合を示した。本章では、両国での路面性状評価方法の違いについて考察する。

前述のように、わが国ではPRIが、米国ではPCIが空港舗装の評価に使われており、前者では3種類の破損の状況、後者ではアスファルト舗装は16種類、コンクリート舗装は15種類の破損の状況が情報として必要である。また、アスファルト舗装のPRI算定時には路面の平坦性が必要となるが、PCIの場合には不要であるという違いもある。しかし、両者とも舗装の状態をランク分けにより判定するといった点では同じであることに着目すれば、両者を比較することは可能であろう。ただし、このようなことを目的として舗装の調査をしてはいないので、PRIとPCIの両方が算出できるデータの数は少ない。したがって、ここでは、限られたケースでの比較にならざるを得ない。

PRIは3種類の破損状況により算出する(3項目評価)のを原則としているが、アスファルト舗装の場合は平坦性を用いずにクラック率とわだちぼれの2項目だけによってPRIを計算できるようにもなっている。さらに、単項目だけによる評価方法もアスファルト舗装、コンクリート舗装の両方で用意されている。<sup>2)</sup>この方法は、PRIを計算せずに、破損の状況から補修の必要度を直接判定しようとするものである。これに対して、PCIによる評価方法ではそのような点について明らかにされておらず、全ての項目についての情報が必要となっているようである。<sup>5)</sup>このようなことを考えると、わが国の空港舗装の調査データからPCIを計算することに比べて、米国の空港舗装の調査データを使って単項目によるPRI評価をするほうが容易であろう。

そこで、4.2では米国の空港舗装の調査データを使ってPCIとPRIによる舗装評価の違いについて考察する。そして、4.3では参考文献2)で示したPRIによる空港舗装評価方法の開発時に実施した、実際の空港舗装の破損スケッチ図に基づいてPRIとPCIを計算して、両者の比較をした。

### 4.2 米国の空港舗装調査データによるPRIとPCIの比較

PCIの算定時には3.1で示したように、それぞれの破損形態につき、そのひどさと範囲を調査することになっている。これに対して、PRIによる評価法では、わだち

表-16 単項目評価の基準値<sup>1)</sup>

(1) アスファルト舗装

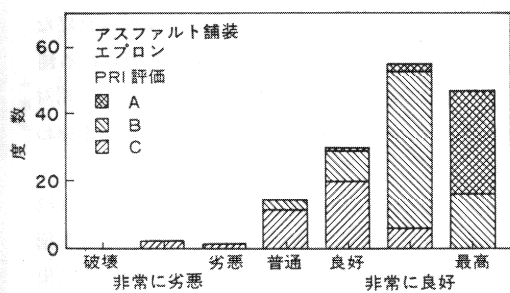
項目	舗装区域	評 価		
		A	B	C
クラック率 (%)	滑走路	0.1未満	0.1以上 6.5未満	6.5以上
	誘導路	0.9未満	0.9以上 12.7未満	12.7以上
	エプロン	1.9未満	1.9以上 17.0未満	17.0以上
わだちぼれ (mm)	滑走路	10未満	10以上 38未満	38以上
	誘導路	17未満	17以上 57未満	57以上
	エプロン	22未満	22以上 70未満	70以上
平坦性 (mm)	滑走路	0.26未満	0.26以上 3.64未満	3.64以上
	誘導路	0.91未満	0.91以上 6.57未満	6.57以上
	エプロン	1.50未満	1.50以上 8.63未満	8.63以上

注) A: 補修は必要ない  
 B: 近いうちの補修が望ましい  
 C: 早急に補修の必要がある

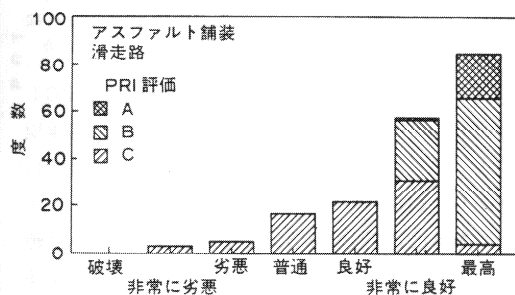
(2) コンクリート舗装

項目	舗装区域	評 価		
		A	B	C
クラック度 (cm/m <sup>2</sup> )	滑走路	0.2未満	0.2以上 5.6未満	5.6以上
	誘導路	0.6未満	0.6以上 7.6未満	7.6以上
	エプロン	1.1未満	1.1以上 11.1未満	11.1以上
目地部破損率 (%)	滑走路	0.1未満	0.1以上 1.3未満	1.3以上
	誘導路	0.1未満	0.1以上 3.2未満	3.2以上
	エプロン	0.1未満	0.1以上 5.7未満	5.7以上
段 差 (mm)	滑走路	5未満	5以上 10未満	10以上
	誘導路	5未満	5以上 12未満	12以上
	エプロン	5未満	5以上 14未満	14以上

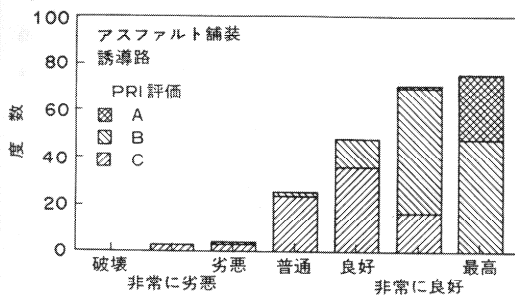
注) 記号は(1)と同じ



PCI 評価  
(1) エプロン



PCI 評価  
(2) 滑走路



PCI 評価  
(3) 誘導路

図-36 PRI と PCI の比較 (アスファルト舗装)

ぼれは最大値、クラックは範囲のみがわかればよいようになっていたので、前者についての情報は米国の空港舗装での調査データから得られない。このようなことからみて2項目によるPRI評価は不可能であるが、クラック率を使った単項目による舗装の評価は可能であろう。PCIによる評価法では、クラックについてのデータは、表-

9に示すように、亀甲状、面状、リフレクション、線状、せん断クラックの5種類があるので、PRI評価に用いるためにはそれら全部を総合しなければならない。

図-36は、PRIとPCIの比較を施設別を実施したものである。上述のようにPRIはクラックによる単項目評価である。全体的にみて、PCI評価で劣悪とされる舗装はPRI評価でも劣悪と判定され、PCI評価で良好とされればPRI評価でも良好と判定されるというように、PCIとPRIの相関性は良好である。しかし、PRIによる評価のほうがかなり厳しいものであるといえよう。それは、PCIで非常に良好と判断される舗装でも、PRIではC(早急に補修の必要がある)と判断されてしまう舗装が一部あることからわかる。特に滑走路では、PCIで良好と判断される舗装全てが、PRIではCと評価されてしまうことや、PCIで最高と評価されているにもかかわらず、PRIではCと評価される舗装も一部にあることから、PRIは極めて厳しい評価基準になっているものと考えられる。これは、AとBの境界値が滑走路とエプロン

とでは20倍程度になっていることに起因するものであろう(単項目評価の基準値を表-16に示す)。

これに対して、コンクリート舗装では、PCIとPRIを計算する際の破損データの形式がまったく異なっている。それは、前述のように、PRIでは区画面積に対する破損部分の割合を使うようになっているが、PCIではスラブ単位で破損を計算するようになっているからである。したがって、コンクリート舗装についてはPRIを算出することはもちろんのこと、単項目によるPRI評価も不可能である。

#### 4.3 破損調査スケッチ図に基づくPRIとPCIの比較

参考文献2)で示したPRIの開発過程では67箇所(舗装区画での現地調査を行なっており、その際に詳細な破損状況のスケッチをしている(図-37はその一例である))。これを使って、PRI、PCIを算定してみることとする。前述のように、アスファルト舗装ではわだちぼれについての測定方法がPRIとPCIによる評価法で異なっているため、このスケッチ図からPCIの算定に用いる情報を得ることはできない。そこで、PRI、PCIの両者とも、わだちぼれがないものとして計算した。それに対して、コンクリート舗装では問題なくPRIとPCIが計算できた。

アスファルト舗装、コンクリート舗装でのPRIとPCI

の関係を図-38(1)、(2)に示す。データ数が十分とはいえないので断定はできないが、両者の相関性は良好なようである。ただし、PCIで30~40と評価される舗装も、PRIではほぼ0に近いものと評価されるなど相対的にみれば、PRIの方が厳しい評価になっていると思われる。

PRIによる評価では、補修の必要性は施設別に3段階に分けるようになっているが、PCIによる評価でも舗装を7段階に分類するようになっている。それらの結果を対比して示したのが図-39、40である(それぞれアスファルト舗装、コンクリート舗装)。図-38から想像されたように、PCIに比べてPRIによる方法が厳しいものとなっていることがわかる。また、PRIによるものを施設別でみれば、やはり滑走路に対する要求が厳しいものとなっていることがわかる。

次に4.2でみたような単項目によるPRI評価とPCIによる評価の違いをみることにしよう。図-41は単項目評価(クラック)によるもので、アスファルト舗装の場合を示している。図-39と比べてわかるように、3項目をつかったPRI評価法に比べて、単項目による評価法のほうが厳しい基準となっている。これは、後者には単項目だけを使うことに大きな危険があるとみているためであろう。

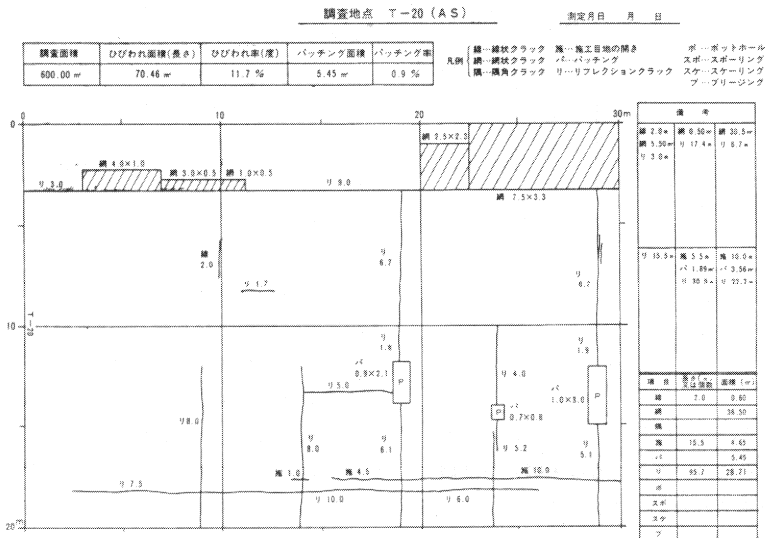
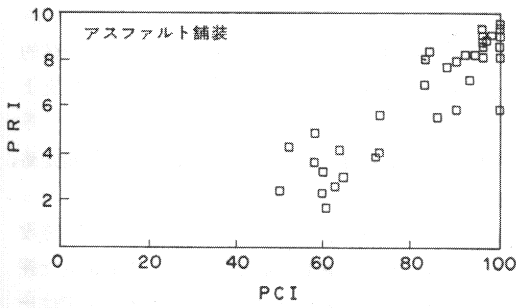
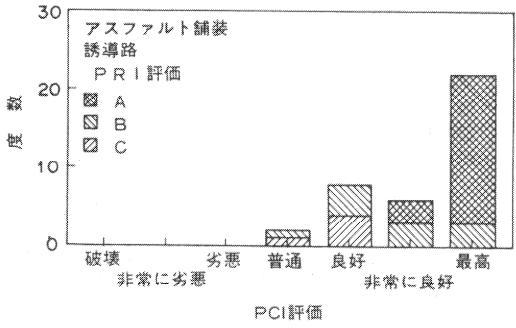


図-37 破損調査結果の例

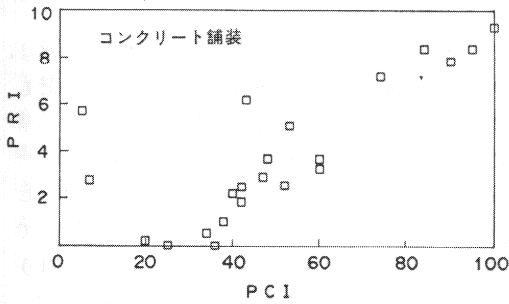


(1) アスファルト舗装



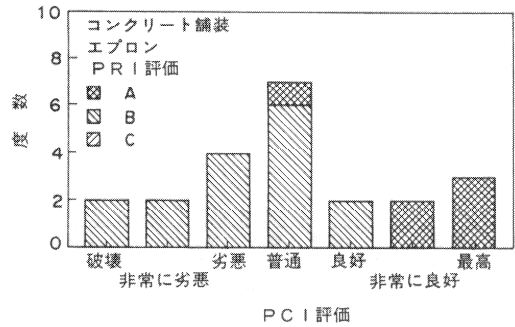
(3) 誘導路

図-39 PRIとPCIによる評価(アスファルト舗装)

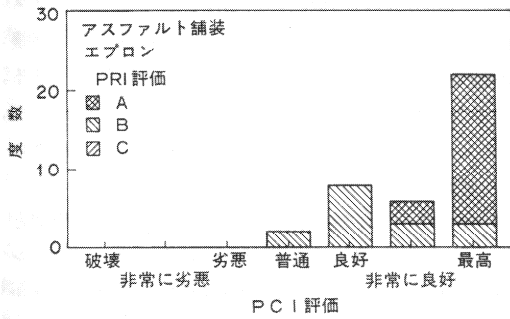


(2) コンクリート舗装

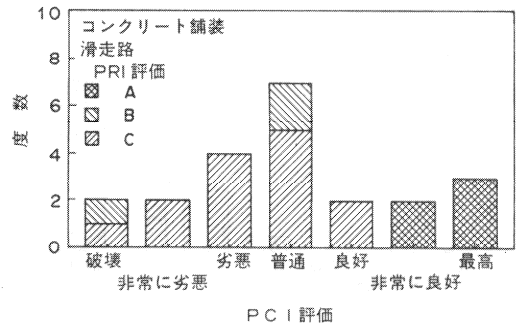
図-38 PRIとPCIの関係



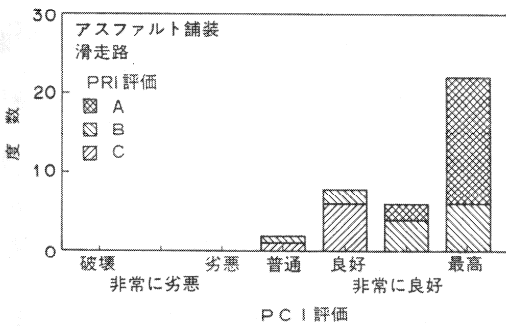
(1) エプロン



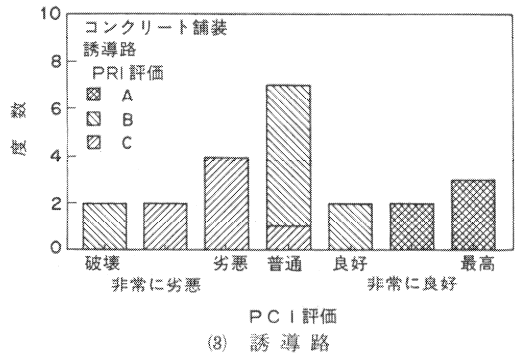
(1) エプロン



(2) 滑走路

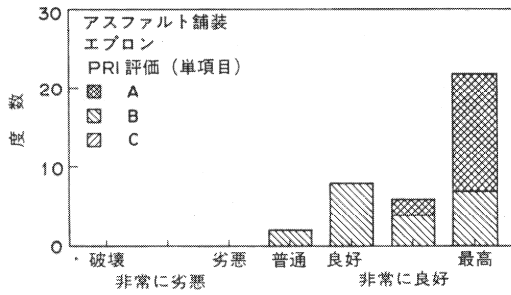


(2) 滑走路

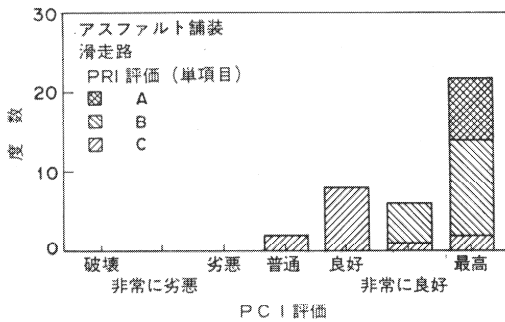


(3) 誘導路

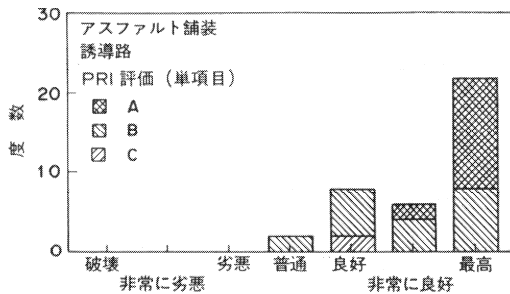
図-40 PRIとPCIによる評価(コンクリート舗装)



(1) エプロン



(2) 滑走路



(3) 誘導路

図-41 単項目による PRI 評価と PCI 評価 (アスファルト舗装)

## 5. 結 論

設計, 施工, 補修, 路面性状等, 空港舗装に関する広範なデータを一元的に管理することを目的として, 空港舗装データベースシステムが開発された。これにより今までに蓄積されたデータのうち, 路面性状に関するものを使って, PRI によって評価されているわが国の空港舗装の路面性状についてまとめると以下のようになる。

1) アスファルト舗装はコンクリート舗装よりも PRI では 1 以上大きくなっている。しかし, 補修の必要性を

3 段階に分ける際の基準値が異なるために最終的にはかなりの部分で補修は必要ないと評価されるので, 全体的に見てわが国の空港舗装は良好さを保っているといえよう。

2) 施設別で見れば, アスファルト舗装では, 滑走路, 誘導路, エプロンの順に PRI の値は小さなものとなっている。補修の必要性を判定する PRI の基準値が施設によって異なるため, 補修の必要性に関する最終的な評価ではあまり差はみられなくなるものの, 誘導路では一部で早急に補修が必要であると判断される区域も見受けられる。また, コンクリート舗装では施設による差はあまりみられない。

3) PRI の経年変化の割合を舗装の種類別で見れば, コンクリート舗装上のアスファルトかさ上げ舗装で最も大きく, 次にアスファルト舗装, そしてアスファルト舗装上のアスファルトかさ上げ舗装の順となっている。

4) 各種要因が路面性状の経年変化に及ぼす影響としては, 表層厚の違いでは薄いほうが, 自然環境の違いでは北部のほうが, そして滑走路内の位置では端部のほうが, それぞれ変化速度は大きいものとなっている。

米国の空港舗装は PCI を使って評価するようになっている。今回収集した資料を解析して, 以下のような結果が得られた。

1) 全体的にみれば舗装の状態は良好であるが, アスファルト舗装に比べ, コンクリート舗装は最高から破壊までその状態が広く分散しているというのが現状である。また, アスファルト舗装には施設の違いはみられないが, コンクリート舗装ではエプロンよりも滑走路や誘導路のほうが状態は悪い。

2) アスファルト舗装, コンクリート舗装とも破損としてはクラックの発生する危険性が最も大きい, コンクリート舗装では目地での破損も見られる。アスファルト舗装の破損は自然環境の作用によるものが多いと考えられるのに対し, コンクリート舗装では複雑な原因により破損が生ずる。

3) 供用期間が PCI に及ぼす影響を舗装の種類別で見れば, コンクリート舗装で最も小さいことがわかる。また, コンクリート舗装上のアスファルトかさ上げで最も大きくなっている。

4) PCI の経年変化の割合を施設の違いで見ればエプロンでのものが最も大きい。また, 自然環境の違いでいえば北部が, 表層の違いでいえば薄い方が, 変化率は大きい。

種々の破損が生じている舗装に対して PRI と PCI を計算して, 両者を比較した結果, 以下の点が明らかにな

った。

1) PCIによる評価とクラック率だけを使ったPRIの単項目評価は相関性がいいものの、後者の方がかなり厳しい評価になっている。これは、わだちぼれがないとして行なった通常のPRI評価の場合でも同様である。

2) PRIは施設別に基準値が定められているので、エプロンや誘導路に比べ、滑走路に対する評価がより厳しいものとなっている。したがって、PCIとの比較でも、滑走路ではPRIによるもののほうが極めて厳しくなってしまう。

## 6. あとがき

本資料は、空港舗装管理システムの重要な部分を構成する供用性や破損の将来予測方法を確立するための第一ステップとして位置付けられる。これらの予測方法を信頼性のあるものとするためには、ここで取上げた自然環境、表層厚等の他に、交通量等のデータも新たに収集して、それが路面性状の経年変化に及ぼす影響を調べることが必要であろう。

本資料のとりまとめに際しては、土質部滑走路研究室の佐藤勝久室長から終始適切な助言をいただいた。本研究により得られた大きな成果である空港舗装データベースの開発には、当時土質部主任研究官であった福手勤氏（現在関西国際空港株式会社）が当初当られた。なお、わが国の空港舗装に関するデータは、東京、大阪の両地方航空局が実施した空港舗装路面性状調査の結果を使用させていただいた。また、米国の空港舗装についてのデータは米国陸軍工兵隊水路実験場（U.S. Army, Corps of Engineers, Waterways Experiment Station (WES)）のA.J. Bush, III氏に提供していただいた。ここに記して感謝いたします。本文中の3.ならびに4.では昭和61年度科学技術パートギャランティ研究員としてWES滞在中に得られた研究成果の一部を使用した。

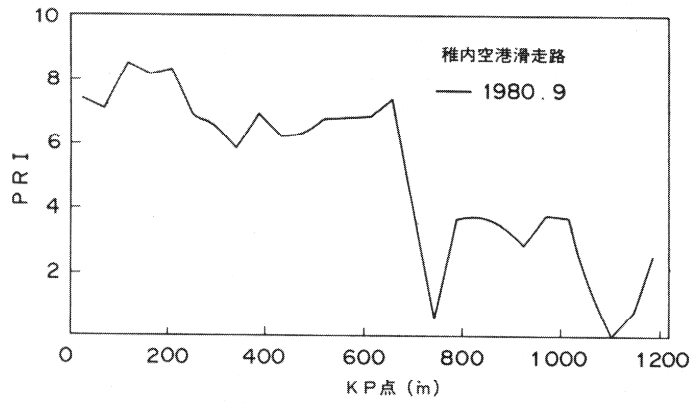
（1988年9月30日受付）

- 4) 八谷好高, 佐藤勝久, 深海正彦, 田中孝士: 空港舗装データベースシステムの開発, 第21回空港土木工事報告会資料, 1986, 13 p.
- 5) US Army Engineer, Waterways Experiment Station: Condition Survey Procedures, 1985, 49 p.
- 6) Shahin, M.Y., S.D. Kohn: Airfield Pavement Performance Prediction and Determination of Rehabilitation Needs, Proceedings, Fifth International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavement, 1982, pp. 637 - 652.
- 7) 八谷好高, A.J. Bush, III: 空港アスファルト舗装の破損と供用性の実態, 土木学会第43回年次学術講演会講演概要集(第5部), 1988, pp. 122 - 123.

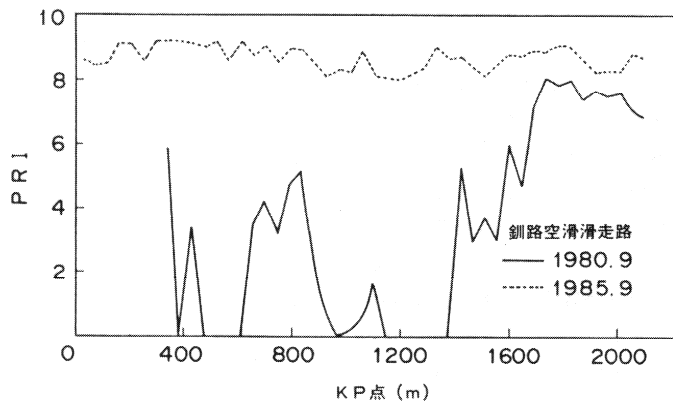
## 参考文献

- 1) 運輸省航空局: 空港舗装補修要領(案), 1984, 95 p.
- 2) 福手勤, 佐藤勝久, 八谷好高, 山崎英男: 路面性状による空港舗装の供用性評価, 港湾技研資料, No. 414, 1982, 20 p.
- 3) 八谷好高, 佐藤勝久, 田中孝士: コンクリート舗装構造の非破壊評価法の開発 - フォーリングウェイトデフレクトメータによる -, 港湾技術研究所報告, 第26巻, 第2号, 1987, pp. 465 - 492.

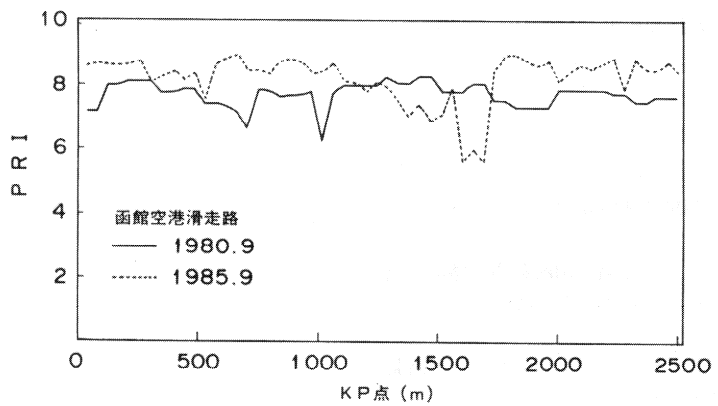
付録 第2種空港滑走路のPRI分布



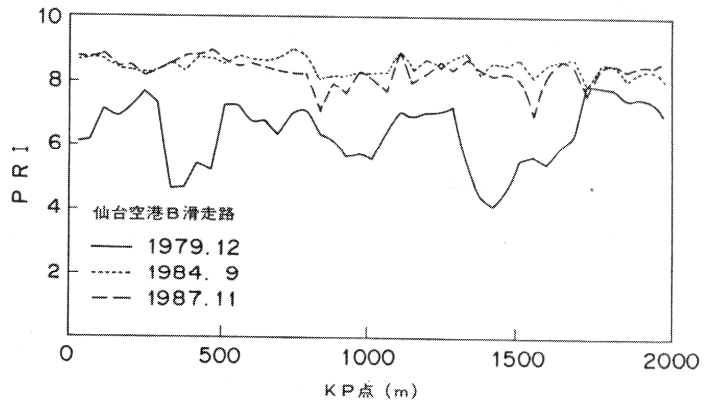
付図-1 稚内空港滑走路



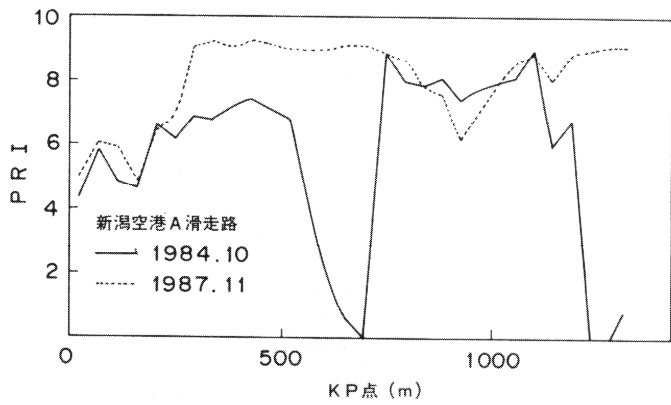
付図-2 釧路空港滑走路



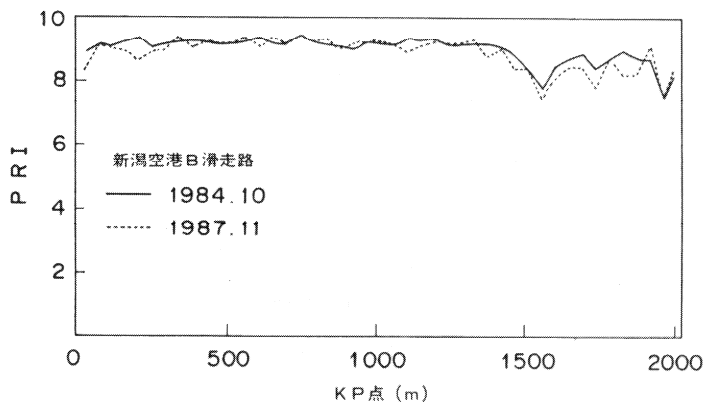
付図-3 函館空港滑走路



付図-4 仙台空港B滑走路

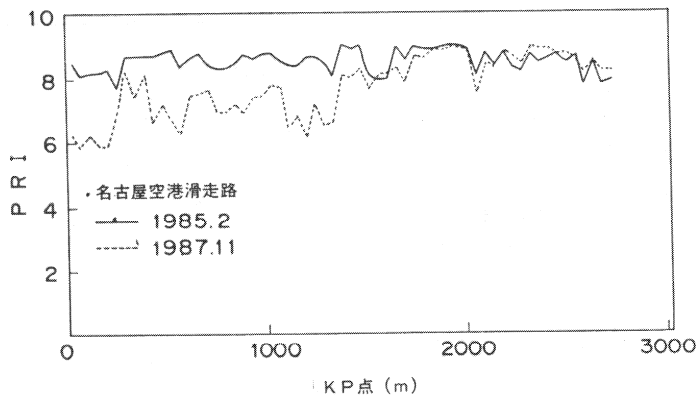


付図-5 新潟空港A滑走路

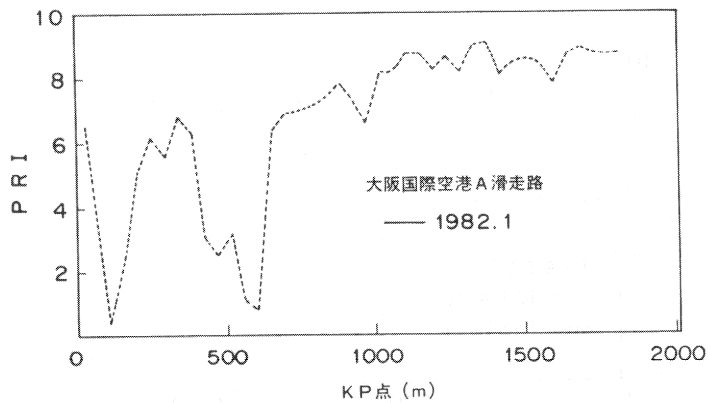


付図-6 新潟空港B滑走路

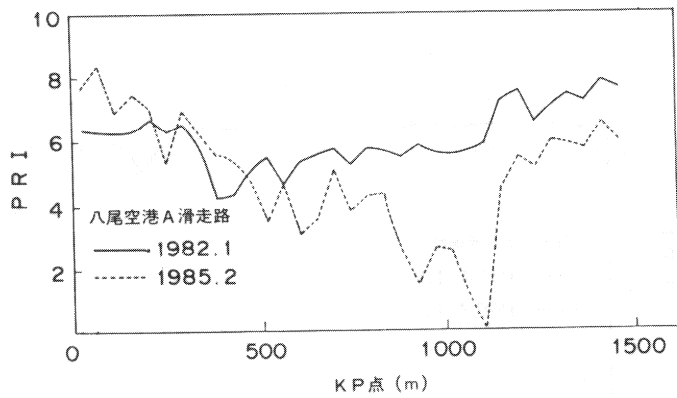




付図-7 名古屋空港滑走路

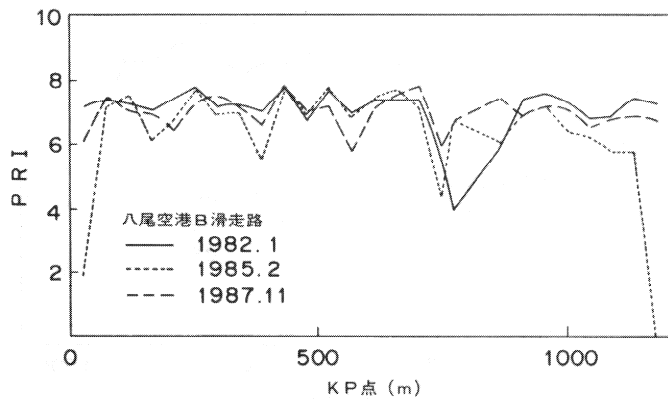


付図-8 大阪国際空港\* A滑走路

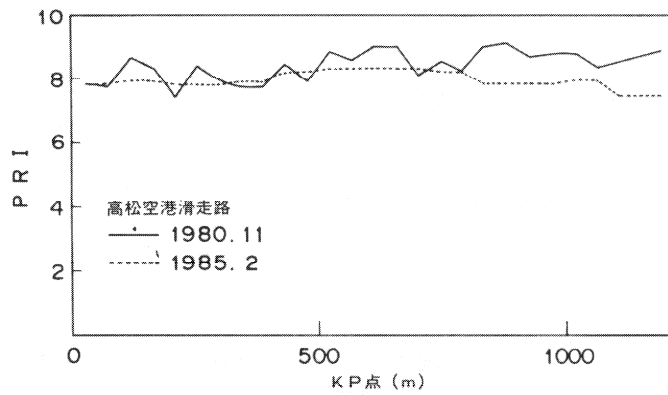


付図-9 八尾空港A滑走路

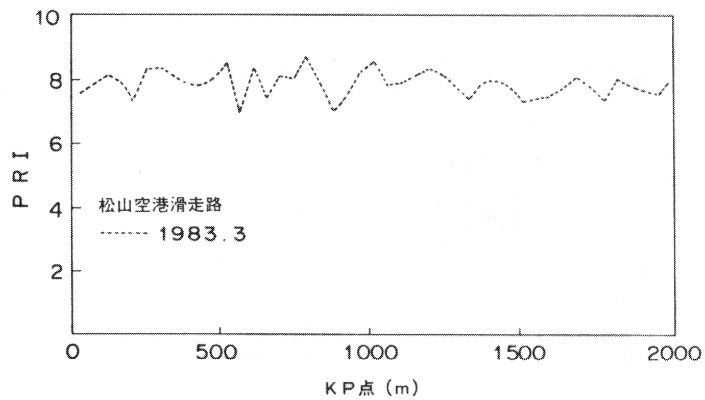
\* 第1種空港



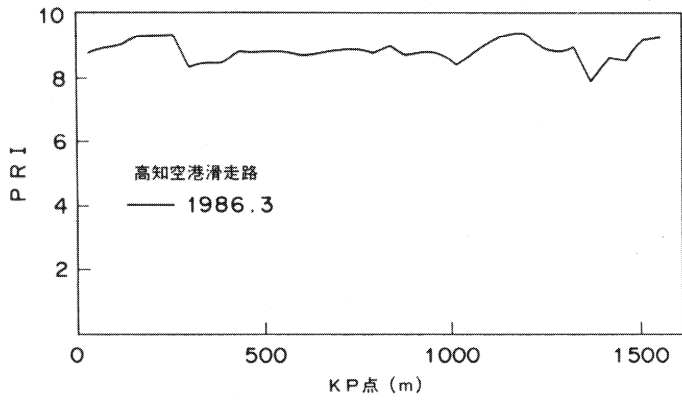
付図-10 八尾空港B滑走路



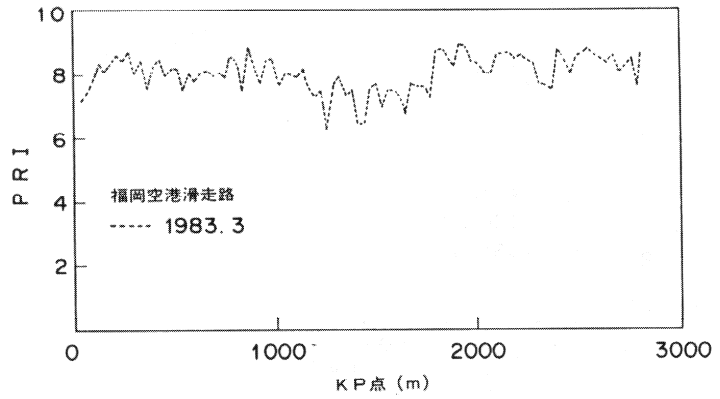
付図-11 高松空港滑走路



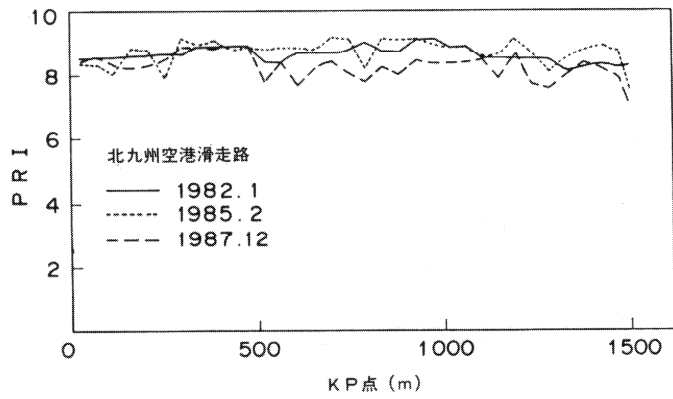
付図-12 松山空港滑走路



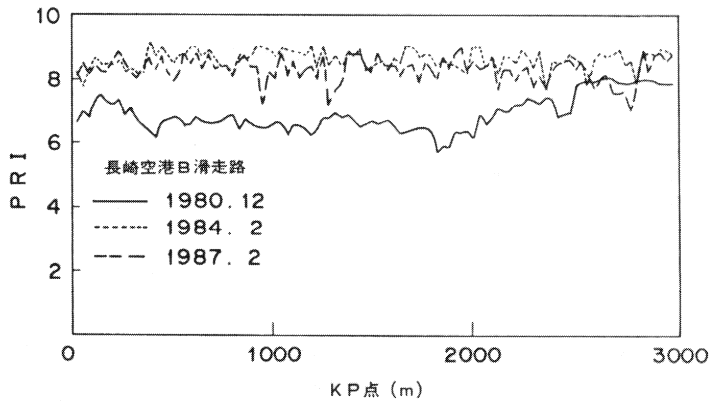
付図-13 高知空港滑走路



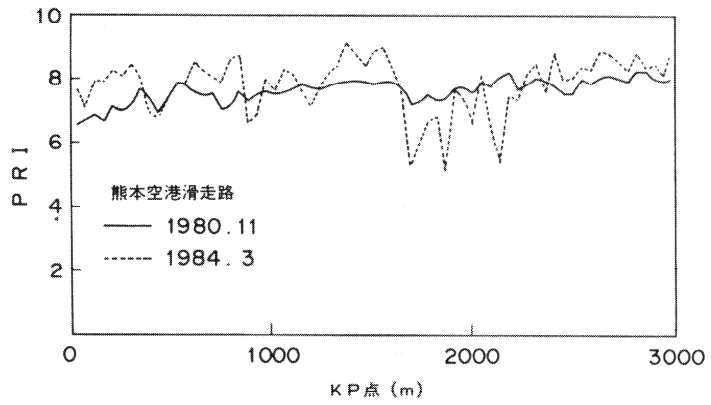
付図-14 福岡空港滑走路



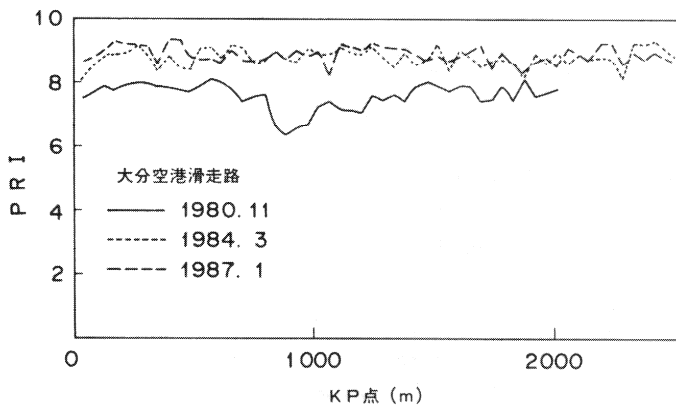
付図-15 北九州空港滑走路



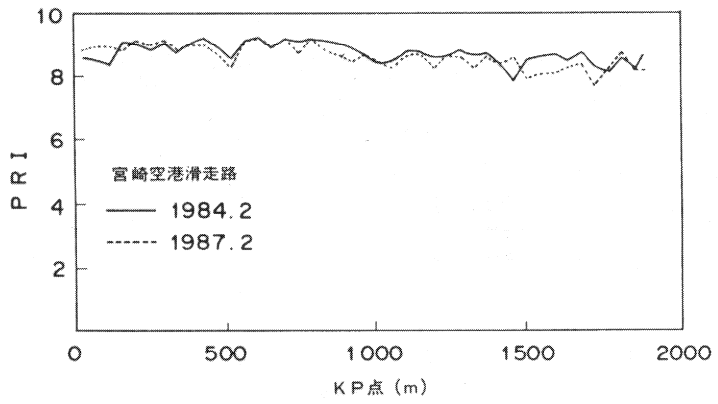
付図-16 長崎空港B滑走路



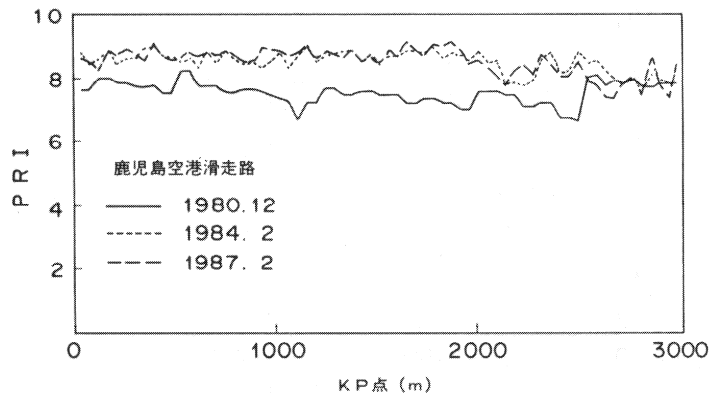
付図-17 熊本空港滑走路



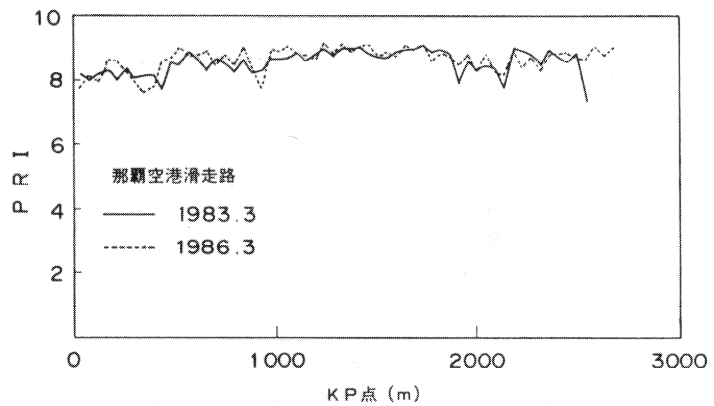
付図-18 大分空港滑走路



付図-19 宮崎空港滑走路



付図-20 鹿児島空港滑走路



付図-21 那覇空港滑走路

港湾技研資料 No. 634

1989・3

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所  
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 東京プリント

Published by the Port and Harbour Research Institute  
Nagase, Yokosuka, Japan.