

REXX言語を用いた道路橋の路面性状に関する数値データベースの作成

金沢工業大学 正会員 ○本田 秀行
金沢大学工学部 正会員 小堀 為雄

1. まえがき

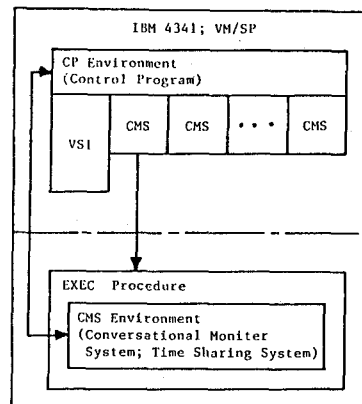
科学分野では、一般に対象とする研究分野における現象解明やその特性評価などを検討する場合、データの蓄積を図り、その基礎資料の整備を行うことが必要である。その際、資料整備において各利用者の要求を満たす現象の特性値や統計処理などの加工処理が必要である数値データベースの作成は重要なことである。

さて、道路橋の路面性状の定量的な把握は、道路橋の衝撃係数、振動軽減、疲労強度および歩行者の振動感覚などの動的応答問題、低周波空気振動や騒音などの環境問題、自動車の走行性や乗心地の問題、道路橋の健全度や路面の維持管理の問題など多岐にわたる研究分野で重要な因子となっており、データ蓄積の重要性が国内外とも指摘されている。しかし、この路面性状に関するデータを測定・蓄積しているのは非常に少なく、このために著者らは数ヶ所の研究機関に測定の実データを提供している現状である。

このことから、著者らが数年前から実施してきた道路橋の路面性状に関する実態調査^{1),2)}で得た路面凹凸のデータを基に、その数値データベースの作成を試みてきた^{3),4)}。しかしながら、この数値データベースには以下のような欠点を有している。(1) パーソナルコンピューター (TEAC製のPS-85) 用のソフトとして作成されたために内部の処理容量が極めて小さく、プログラムの拡張が限界に達していること。

(2) 8ビットを基本にした計算機であるため、検索や統計処理などの処理速度が遅く、特に最大エントロピー法によって路面凹凸の実データを用いたスペクトル解析には多大な計算時間を要すること。(3) 現在のソフトから得られるデータは、橋梁名や橋梁形式などの23の調査項目を設定しているが、主として路面性状を基にした情報である。しかしながら、道路橋の動的性状や健全度評価のためには、路面性状も含めた橋梁構造物全体の情報であると思われる。将来、このような橋梁全体の情報を多方面の研究機関に提供していくためには、大容量ハードとそれに対するソフト開発が必要になってくる。

そこで、本研究では、以上に述べたような欠点と将来への展望も含めて、参考文献4)で報告したデータベースのシステムをさらに拡張し、道路橋の縦断方向凹凸と伸縮装置部凹凸の路面性状に関する数値データベースに対して、金沢工業大学の大型計算機IBM370/4341を支援コンピューターとしたEXECプロシジャーの高度な言語であるREXX言語(再構造化拡張実行プログラム言語)を用いた汎用システムBINS (Bridge Information Network System) の構築を試みた。このBINSには、道路橋の縦断方向凹凸であるBINS1と、伸縮装置部凹凸であるBINS2の2種類のデータベースが構成されている。両データベースの内容は、データの調査方法および書式、データベースシステム、情報検索パラメーター、運用からなっている。本シンポジウムでは、特にBINS1データベースシステムの設計指針、原データファイルの作成・修正、情報検索処理や統計処理の汎用システム、出力ファイルの視覚化のための図・表の作成システムなどについて詳細に報告し、路面性状評価に対する一環した情報処理システムによって、上記の研究分野への基礎資料を供するものである。



2. CMS環境とEXEC

当大学の大型計算機IBM370を使用する場合、通常、図-1の 図-1 VM/SPの構成システム

ような実計算機（VS1）と端末によるVM環境（仮想計算機機能VM/SP）が用いられる。この端末操作はCMSでなされ、プログラム編集、コンパイル、ディバック、データ入力、実行、出力ファイルの一連の作業が行われる。このようなCMSには、利用者が頻繁に用いる手順またはコマンドをCMSに登録し、簡単なコマンドでもって一連の作業を実行させるための機能にEXECプロシジャがある。このVM/SPを使用することによって、路面性状の実態調査で得た多量の凹凸データを格納できる容量の確保が可能となる。さらに、CMSのEXECプロシジャの使用によって、データベースの作成に必要な情報検索など情報処理のシステム化も可能となる。

表-2 BINS1システムの検索パラメーター

ところで、データベースはその性質上利用者との対話形式が要求されることから、対話型プログラムの作成が必要となる。このことから、本研究では、FORTRAN以外の言語としてEXECプロシジャの高度な言語と呼ばれているREXX言語（Restructured Extended Executor）を使用することにした。このREXX言語はPL/Iによく似た高水準言語であるが、解釈プログラムによって実行されるのでFORTRAN、PL/Iなどのように機械語に翻訳してから実行する言語のような構文エラーなど訂正に手間取ることとはほとんどないものである。

検索パラメーター	備 考
1 橋名	
2 橋梁形式	1. ガーダー系 1) プレートガーダー (鋼) 2) RC、PC桁 (RC、PC) 3) 連続桁 (鋼) 4) 連続桁 (RC、PC) 5) 全 体 (鋼) 6) 全 体 (RC、PC) 7) 全 体 2. 非ガーダー系 1) トラス (鋼) 2) トラス (RC、PC) 3) 連続トラス (鋼) 4) 連続トラス (RC、PC) 5) 斜張橋 (鋼) 6) 斜張橋 (RC、PC) 7) 吊橋 (鋼) 8) アーチ橋 (鋼) 9) アーチ橋 (RC、PC) 10) 補剛アーチ系 (鋼) 11) 補剛アーチ系 (RC、PC) 12) ラーメン (鋼) 13) ラーメン (RC、PC) 14) 全 体 (鋼) 15) 全 体 (RC、PC) 16) 全 体 3. 全 体 1) 全 体 (鋼) 2) 全 体 (RC、PC) 3) 全 体
3 橋 格	1. 一等橋 2. 二等橋
4 橋 長	■ (■ ~ ■)
5 測定位置	1. 0.5 ■ 2. 2.0 ■
6 舗装種別	1. アスファルト 2. コンクリート
7 交通量	1. 大 2. 中 3. 小
8 平滑度パラメーター a の値	$\text{cm}^2/\text{c}/\text{m}$
9 指数 n の値	
10 $\Omega = 0.05 \text{ c}/\text{m}$ のスペクトル値	$\text{cm}^2/\text{c}/\text{m}$

表-1 調査項目

縦断方向部	伸縮装置部
1 測定データ番号	測定データ番号
2 橋梁名	橋梁名
3 橋梁形式	橋梁形式
4 橋 格	橋 格
5 橋 長	橋 長
6 幅員	幅員
7 測定センターラインからの距離	測定センターラインからの距離
8 舗装種別	舗装種別
9 床版材料	床版材料
10 床版支持構造	床版支持構造
11 架設年月	架設年月
12 調査年月	調査年月
13 測定間隔	測定間隔
14 測定データ数	測定データ数
15 通過交通量	通過交通量
16 特記事項	特記事項
17 橋梁の支間割	装置前後の支間割
18 桁間長・対傾間隔	装置下の下部構造
19 縦断勾配	装置の形式
20 平滑度パラメーター a の値	凹凸パターン
21 指数 n の値	最大凹凸値 ($y_{\max}$)
22 $\Omega = 0.05 \text{ c}/\text{m}$ のスペクトル値	標準偏差 (σ_y)
23 測定数値データ	測定数値データ

表-3 BINS2システムの検索パラメーター

検索パラメーター	備 考
1 橋名	
2 橋梁形式	1. ガーダー系 1) プレートガーダー (鋼) 2) RC、PC桁 (RC、PC) 3) 連続桁 (鋼) 4) 連続桁 (RC、PC) 5) 全 体 (鋼) 6) 全 体 (RC、PC) 7) 全 体 2. 非ガーダー系 1) トラス (鋼) 2) トラス (RC、PC) 3) 連続トラス (鋼) 4) 連続トラス (RC、PC) 5) 斜張橋 (鋼) 6) 斜張橋 (RC、PC) 7) 吊橋 (鋼) 8) アーチ橋 (鋼) 9) アーチ橋 (RC、PC) 10) 補剛アーチ系 (鋼) 11) 補剛アーチ系 (RC、PC) 12) ラーメン (鋼) 13) ラーメン (RC、PC) 14) 全 体 (鋼) 15) 全 体 (RC、PC) 16) 全 体 3. 全 体 1) 全 体 (鋼) 2) 全 体 (RC、PC) 3) 全 体
3 橋 格	1. 一等橋 2. 二等橋
4 橋 長	■ (■ ~ ■)
5 測定位置	1. 0.5 ■ 2. 2.0 ■
6 舗装種別	1. アスファルト 2. コンクリート
7 伸縮装置形式	1. 鋼製フィンガー 2. 鋼製重ね合せ 3. ゴム製 4. 盲目 5. オーバレイ
8 交通量	1. 大 2. 中 3. 小
9 最大凹凸値 ($y_{\max}$)	cm
10 標準偏差 (σ_y)	cm
11 凹凸パターン	1. A 2. B 3. C
12 装置下の下部構造	1. 橋台 2. 橋脚

3. データの調査方法、書式および検索パラメーター

データの調査方法およびその書式には、高度の工学的判断が必要となる。本研究においては、この限りではないが、先に著者らによって提示された測定方法およびデータの書式に従って、表-1に示した調査項目を設定した。調査内容は、縦断方向部の路面凹凸(BINS1)と伸縮装置部の凹凸(BINS2)に大別される。表-1のように、両者の調査項目は1~16まで同じであるが、17から異なる。

検索パラメーターの設定には、現象解明に重要な要因の決定に対する工学的に有用な知見が必要である。本BINSシステムにおいては、著者らによる一連の研究^{1),2)}から、路面性状を評価するのに重要と思われる要因として、表-2, 3に示す検索パラメーターを設定した。表-2は縦断方向部凹凸のBINS1システムの場合であり、また表-3は伸縮装置部凹凸のBINS2システムの場合である。

4. BINS1システムの設計

(a) EXECプロシジャー：BINS

表-4はBINSシステムの主プログラムである。利用者が必要とする番号1~3をキーインすることによりプログラムが実行され、プログラムが終了するとまたこのプログラムに戻ってくる。表中の/*~*/はプログラムがREXX言語であることを示しており、注釈文にも使えるほか、プログラムとの区切りにも使用が可能である。

(b) BINS1システム

表-5は、表-4のメニュー番号1の入力によってBINS1システムが実行された場合のBINS1の主プログラムである。

図-2は、BINS1の実行中、端末画面に表示される画面の変化を示している。画面1は、表-4で記述したようにBINS1かBINS2かの表示である。画面2はBINS1を実行後、初期設定が終了した後に表示され、プログラムに何を実行させるかを決定する。次に画面3, 4または出力3が表示される。画面3には11種類の画面があり、検索処理、統計処理などのデータ加工処理に則した画面が表示される。画面4は、平滑度パラメーターa、指数n、スペクトル値 $S_r(\Omega)$ それぞれの大小並びかえを行うための表示で、上記3つの特性値の内、どれにするかを選択する。画面5は、検索処理、度数計算、並びかえの内の一つが終了後、次に何を実行するかを決定する。出力1は画面5において出力1を命令した時点でのデータ出力である。同様に出力2は、路面凹凸の生データを用いたスペクトル解析による路面凹凸のパワースペクトル密度の出力である。出力3は、度数計算後、上記3つの特性値の度数分布を出力する。出力4は、画面4の大小並びかえ計算後に、上記3つの特性値に対する計算結果を出力する。

表-4 BINSの主プログラム

```

/*****
/* BINS: BRIDGES INFORMATION
/* NETWORK SYSYTEM
/*
/*****
/* DATA BASE ON ROAD SURFACE ROUGHNESS
/* OF HIGHWAY BRIDGES
/*
/*****
KAZU=0
'CLEAR'
DO UNTIL(KAZU="")
SAY '1.BINS1'
SAY '2.BINS2'
SAY '3.EXIT'
SAY;SAY;SAY; 'HIT NUMBER'
PULL KAZU
SELECT
WHEN KAZU=1 THEN EXEC BINS1
WHEN KAZU=2 THEN DO;EXEC BINS2;EXIT;END
WHEN KAZU=3 THEN EXIT
OTHERWISE EXIT
END
END
RETURN

```

表-5 BINS1の主プログラム

```

/*****
/* BINS1 SYSTEM */
/*****
EXEC TDISK
ERASE FILIST DATA G
CALL READ
CALL MENU1
RETURN

```

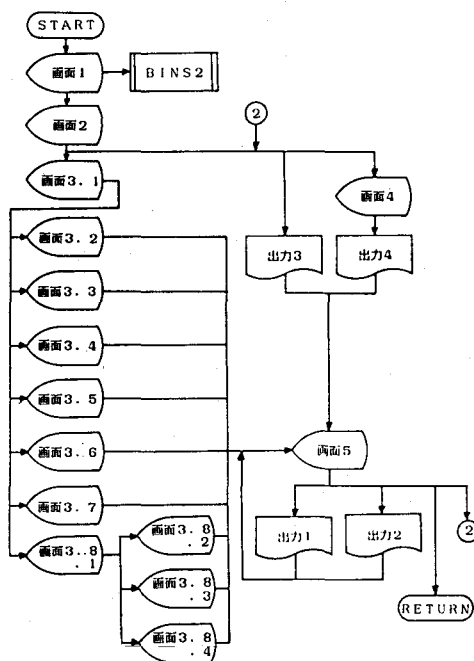


図-2 BINS1実行時の基本的な画面表示

図-3は、BINS1システムの全体図である。図-2で記述したように、画面1によってBINS1が選択された後、Key\$が1~4のキーインによって、それぞれ情報検索、度数分布、並び替え、ENDの各処理が実行される。そして、それらの各処理に則した出力が行われる。特に、表-2に示した検索パラメーターの単独、あるいは各パラメーターの組合せによる検索処理後、ある特定橋梁の路面凹凸パワースペクトル密度を求め、スペクトル密度の特性値やスペクトルの形状などを求める場合のスペクトル解析の実行も可能となっている。なお、本研究で用いているスペクトル解析については、後節で詳細に記述する。

図-3で示した初期設定とは、BINSシステム実行に対するデータ入出力のための初期設定を行っているものである。その詳細なフローチャートを示したのが図-4である。IBM370/4341モデルにはプログラムをファイルするために2種類のディスクが用意されている。すなわち、各利用者がそれぞれ個人で所有しているAディスクと各利用者共用のTディスクである。このTディスクは一日単位ごとにディスクの中身が消去されるものである。本研究で作成したプログラムは、検索、度数、並び替えなどの各処理の実行後の結果を後日の何日も保存しておく必要がなく、またもし保存の必要性がある場合は図-2で示した各出力1~4での出力結果を保存することによって十分に対処が可能であるという考慮から、Tディスクを基本においてプログラムの実行を行っている。また、図-4では、Aディスクからの入力が2度行われている。これは、Aディスクにデータファイルを格納するとき、パンチカードによる入力も考慮したためで、1データ2レコードで1レコード80カラムとして入力されている。そして、実行とともにデータファイル

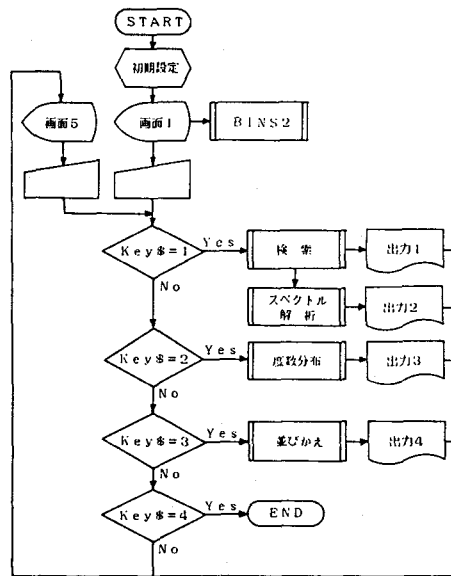


図-3 BINS1システムの全体図

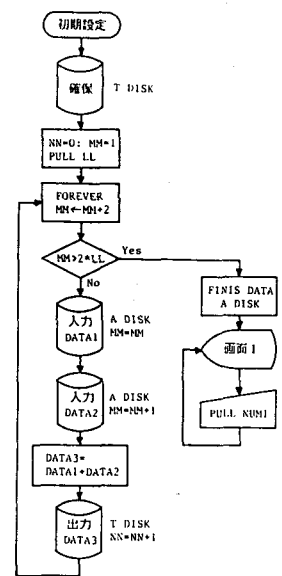


図-4 初期設定

ルの書式は、2レコードが入力後に連結され、1データ160カラムとなっている。

以上のルーチンを示したのが表-6のプログラムである。表中の下から7行目のDATA3の文と5行目のEXECIO文によって、DATA3は160カラムとして格納されている。なお、表中のMMはレコード番号を示し入力されるデータ数LLに対してレコード数は2*LL分だけあるが、その増加が2つつ増やすことで1データと対応している。また、NNは出力するレコード位置を示す番号である。

```

/*****
/*
/*****
READ:
NN=0
' CLEAR'
SAY;SAY;
SAY'HOW MANY DATA FILES? INPUT WHOLE NUMBER'
PULL LL
MM=1
DO FOREVER
IF MM>2*LL THEN LEAVE
EXECIO 1 DISKR FILIST DATA A MM
PARSE PULL DATA1
EXECIO 1 DISKR FILIST DATA A MM+1
PARSE PULL DATA2
DATA3=LEFT(DATA1,80) || LEFT(DATA2,80)
NN=NN+1
EXECIO 1 DISKW FILIST DATA G ( NN ( F (160))) '(' STRING DATA3
MM=MM+2
END
FINIS FILIST DATA A
RETURN

```

表-6 初期設定ルーチン

図-5は、統計処理のうち、路面凹凸パワースペクトル密度の特性値である平滑度パラメーター a 、スペクトルの勾配を示す指数 n 、路面周波数 $\Omega = 0.05$ のときのスペクトル値 S_r ($\Omega = 0.05$)の3つの特性値に対する度数計算の処理を示している。そして、この処理によって、それぞれ3つの特性値に対する度数分布が出力される。

本研究で作成したBINS 1システムは、対話形式のシステムとして、簡単なコマンド入力では表-2に示した検索パラメーターに対する単独、あるいは様々な組合せ検索が可能となっている。実際、どのような検索処理が行われるかのシステムを示したのが図-6である。利用者が必要とする検索情報をコマンド入力することによって、その情報と一致($V_1 = V_3$)しているものだけが配列に移され、

検索が行われるようになって

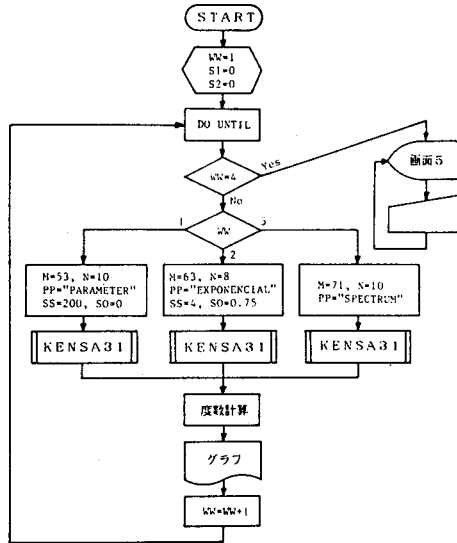


図-5 度数分布のフローチャート

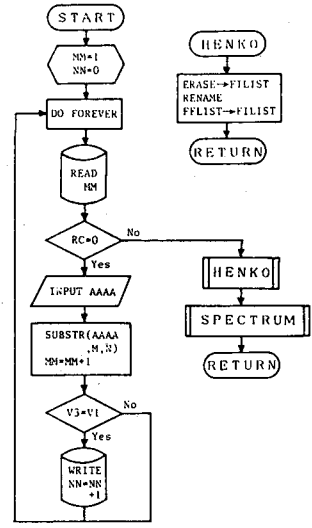


図-6 検索のフローチャート

図中のHENKO処理は、

検索処理を行う場合、ファイル名を固定すると検索前後のデータに混乱が生じるため、検索前のデータ(FILIST)を検索後に別のファイル名(FLLIST)に変更することを示している。

以上の検索処理部のプログラムを示したのが表-7である。表中、9行目のRCは戻りコードで常に値は0であるが、プログラムにエラーが発生した場合、エラーの種類によってはその値が0でなくなる。この場合、読み込みデータがなくなったのに入力を行うためRCの値が変わり、LEAVEが評価される。また、11行目のAAAAは読み込みデータ名であり、そのデータの中のMカラム目からNカラムのデータを V_3 という名前の変数に入力している。そして、13行目によって、検索パラメーター V_1 と V_3 が一致する場合にTディスクに出力される。その場合のデータ数はNNとして増加される。以上のような処理によって、様々な組合せ検索が実施される。

図-7 検索処理部のプログラム

```

/*****
/*
/*****
KENSAKU:
MM=1
NN=0
DO FOREVER
EXECIO 1 DISKR FILIST DATA G MM
IF RC=0 THEN LEAVE
PULL AAAA
V3=SUBSTR(AAAA,M,N)
MM=MM+1
IF V3=V1 THEN DO
NN=NN+1
EXECIO 1 DISKW FFLIST DATA G ( NN ( F (160))) '(FINIS' STRING AAAA
END
END
CALL HENKO
CALL SPECTRUM
RETURN
/*****
/*
/*****
KENSA21:
MM=1
NN=0
DO FOREVER
EXECIO 1 DISKR FILIST DATA G MM
IF RC=0 THEN LEAVE
PULL AAAA
VV=SUBSTR(AAAA,M,N)
MM=MM+1
IF VV=1 | VV=3 THEN DO
NN=NN+1
EXECIO 1 DISKW FFLIST DATA G ( NN ( F (160))) '(FINIS' STRING AAAA
END
END
CALL HENKO
CALL SPECTRUM
RETURN

```

5. 路面凹凸のパワースペクトル密度

道路橋の路面凹凸の性状は、走行車両による道路橋の動的応答問題、路面の維持修繕など多岐にわたる研究分野で重要な因子となっている。この路面凹凸の性状については、路面を平均値0の定常ランダムガウス過程とみなして、不規則振動解析からパワースペクトル密度で表わす方法が一般的である。いま、路面凹凸のパワースペクトル密度を $S_r(\Omega)$ とすると、通常の走行速度の自動車振動に影響する周波数範囲において、一般に $S_r(\Omega)$ は指数関数に近似され、式(1)のように表わされることが確認されている¹⁾。

$$S_r(\Omega) = a\Omega^{-n} \quad (1), \quad S_r(\Omega) = \Delta l P_m / \left| 1 + \sum_{k=1}^m \gamma_{mk} \exp(i2\pi\Omega k \Delta l) \right|^2 \quad (2)$$

ここに、 Ω は路面周波数、 a は路面の平坦性を表わす平滑度パラメーター、そして n は周波数によるパワーの分布を示す指数である。本研究で作成したBINS1システムでのスペクトル解析は、式(2)に示す最大エントロピー法(MEM)の推定式によってパワースペクトル密度を求めている。ここに、 γ_{mk} は予測誤差フィルター、 P_m は予測誤差の分散、 Δl はデータ間隔である。このMEMは非線形推定法といわれ、一般に高速フーリエ変換法(FFT法)よりも演算時間を要するが、スペクトルの分解能や安定性に関してBlackman-Tukey法(B-T法)やFFT法のいずれよりも優れており、特にデータ数が少ない場合でも分解能のよい安定したスペクトルを与える特徴を有している。しかし、予測誤差フィルターの項数 m に対する理論的な決定法がないのが欠点である。そのため、項数 m については、二、三のデータに対して、スペクトル密度の面積とデータの分散とができるだけ近い値となるような項数を求めた結果、データ数を N とすると、 $m \approx (2.0 \sim 2.5) \sqrt{N}$ となったので、 $2\sqrt{N}$ を採用している。

検索処理後、以上のようなスペクトル解析によって、ある特定橋梁の路面凹凸に対するパワースペクトルが求まり、スペクトルの特性値やスペクトルの形状などの情報が得られる。

表一8 組合せ検索の出力例

NO.	NAME OF BRIDGE	TYPE	PAVEMENT	DATE
1	MAMEDAOHHASHI	PLATE GIRDER	(STEEL) ASPHALT	1980.06
2	MAMEDAOHHASHI	PLATE GIRDER	(STEEL) ASPHALT	1980.06
3	SHIRAMINEOHHASHI	PLATE GIRDER	(STEEL) ASPHALT	1980.09
4	MAMEDAOHHASHI	PLATE GIRDER	(STEEL) ASPHALT	1981.06
5	SHIRAMINEOHHASHI	PLATE GIRDER	(STEEL) ASPHALT	1981.08
6	MAMEDAOHHASHI	PLATE GIRDER	(STEEL) ASPHALT	1982.06
7	SHIRAMINEOHHASHI	PLATE GIRDER	(STEEL) ASPHALT	1982.08
8	MAMEDAOHHASHI	PLATE GIRDER	(STEEL) ASPHALT	1983.6
9	TANIIGOUKYOU	PLATE GIRDER	(STEEL) ASPHALT	1983.7
10	TANIIGOUKYOU	PLATE GIRDER	(STEEL) ASPHALT	1983.7

6. 運用例

以上に記述したようなBINS1システムを用いて、路面の情報に関するデータベースの運用例を以下に示す。

表一8は、橋梁が一等橋、橋梁形式が鋼製プレートガーダー、路面がアスファルト舗装の3つの検索パラメーターによる組合せ検索を行った出力例である。表中のDATEは路面の測定年月である。

この表では10橋分ほどリストアップされていないが、ENTERキーのコマンド入力によって、つぎつぎに検索処理に該当する橋梁数だけ、10橋づつ出力される。もし、利用者が出力された橋梁の詳細情報を知りたい場合は、その橋梁名に該当するNo.をキーインすれば詳細情報が出力されるようになっている。

表一9は、表一8に示されている大豆田大橋のNo.8をキーインした場合の

詳細情報である。調査項目が1~23にわたって、橋梁構造の特性も含めた路面性状に関する情報が示されている。調査項目18のREMARKは、路面の地域性も考慮するためのもので、この場合は冬期間中に走

INPUT NUMBER OR HIT ENTER KEY

表一9 大豆田大橋の詳細情報

```

1.DATA NO ==>85          2.BRIDGE'S NAME ==>MAMEDAOHHASHI
3.TYPE OF BRIDGE ==>PLATE GIRDER (STEEL)
4.DETAILS OF TYPE ==>PLATE GIRDER BRIDGE
5.CLASS OF BRIDGE ==>1
6.TOTAL LENGTH OF SPANS ==>148.0(METER)
7.CLEAR WIDTH ==>13.3(METER)
8.DISTANCE FROM CENTER LINE ==>2.0(METER)
9.PAVEMENT ==>ASPHALT
10.MATERIALS ==>RC
11.SUPPORTED SYSTEM ==>MAIN GIRDER
12.CONSTRUCTED DATE ==>1976.12  13.MEASURED DATE ==>1982.06
14.MEASURED DISTANCE ==>20 (CENTI METER)
15.NUMBER OF DATA ==>741  14.VALUE OF TRAFFIC==>LARGE
17.RATIO OF SPANS ==>14 + 4 @ 30 + 14
18.REMARK ==>CHAIN & SPIAKE
19.PANEL LENGTH ==>4.9
20.LONGTUDINAL SLOPE ==>
21.PARAMETER (A) ==>0.00708
22.EXFONENTIAL (N) ==>2.059
23.SPECTRUM VALUE AT 0.05 ==>3.380

```

行車両がスパイクタイヤやタイヤチ
エンを装備することを示している。

図-7は、データ数123に対し
て、路面の平坦性を表わす平滑度パ
ラメーターaの度数分布を求めた出
力例である。aの分布は指数分布に
近く、平均値は名神高速道路で測定
された値の約1.7倍となっている。

また、図-8は、路面周波数による
パワーの分布を示す指数nの度数分
布である。その分布は、近似的に正
規分布と言えそうである。平均値の
1.89を見ると、一般路面での値
が2前後であることから、道路橋の
路面は一般路面よりもその値は若干
小さいことがわかる。

図-9は、検索処理後、ある特定
橋梁（E橋梁）の縦断方向の路面凹
凸を示している。図からもわかるよ
うに、路面凹凸を測量用レベルで測
定した場合、橋梁の縦断勾配も同時に
測定される。このことから、仮定した
放物線と測定値との差の二乗和が最小
になるような縦断の放物線勾配を求め
て、凹凸値からこの縦断勾配を差し引
いた値を凹凸の変動成分のデータとし
た場合を示したのが図-10である。
局所的な段差などが見られ、路面不整
が顕著であることがわかる。

以上に示したE橋梁に対する路面凹
凸の生データを用いて、式（2）に示
したMEMの推定式から路面凹凸のパ
ワースペクトル密度を求めたのが図-
11である。図中の横軸は路面周波数
で、縦軸はスペクトル密度である。ま
た図中の実線は図-9に示した路面凹
凸を用いたスペクトル密度であり、ま

た破線は図-10に示した縦断勾配を除去した路面凹凸を用いて計算したものである。周波数が0.2c/m付近を境にして、縦断勾配を除去した分だけ低周波域においては両スペクトルに相違が見られるが、高周波数域においてはほとんど差異はない。また、周波数が0.5c/m、波長に直すと $\lambda = 2\text{m}$ が卓越していることもわかる。この $\lambda = 2\text{m}$ の波長は、荷物が載荷された大型ダンプトラックや大型貨物トラック、および大型バスなどの固有周波数に近いことから、それらの走行車両と路面凹凸とが共振し、路面には過大な

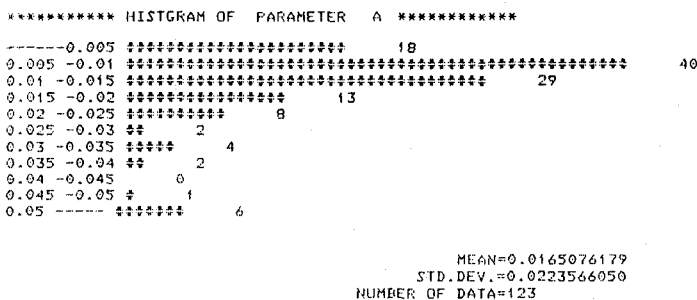


図-7 平滑度パラメーターaの度数分布

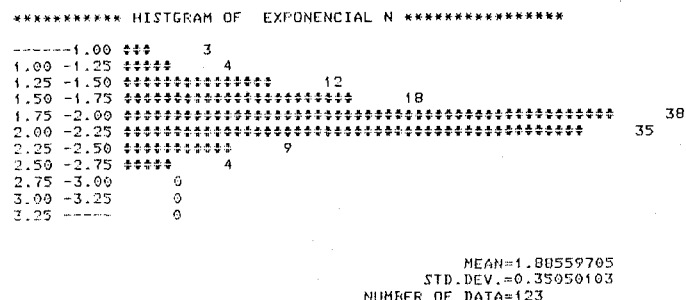


図-8 指数nの度数分布

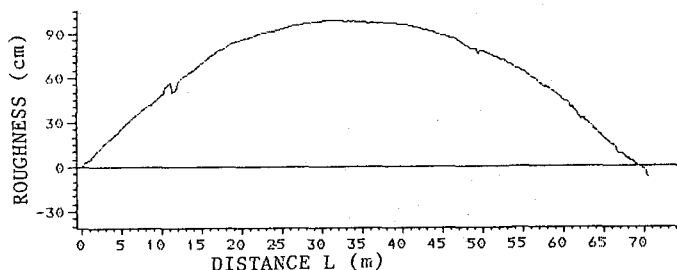


図-9 E橋梁の縦断方向の路面凹凸

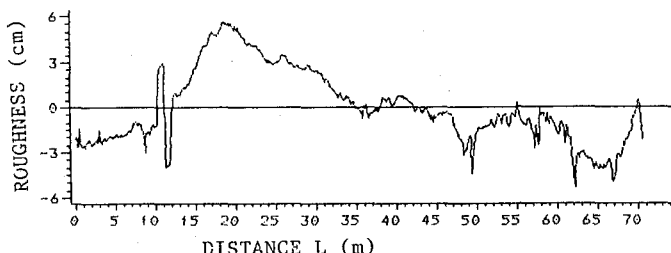


図-10 縦断勾配を除去したE橋梁の路面凹凸

動的輪荷重が作用することも考えられる。その結果、橋梁の動的影響も過大になるとと思われる。

図-12は、著者らの道路橋の路面性状に関する実態調査¹⁾に基づき、ISOの評価基準に対応した路面状態の各カテゴリーを作成したものであり、路面凹凸パワースペクトル密度の平滑度パラメータ a 値による路面状態の評価図である。図中の◎は、図-11の実線で示したE橋梁のスペクトル密度を式(1)の指数関数に近似して求めた平滑度パラメータ $a=0.0956 \text{ (cm}^2 \text{ / (m/c))}$ と $S_r (\Omega=1/2\pi)=3.38 \text{ (cm}^2 \text{ / (c/m))}$ の関係をプロットしたものである。E橋梁の路面状態のカテゴリーはD、すなわちPoor (悪い) の状態であることがわかる。従って、この評価図から、路面の維持修繕に関する一つの情報が得られることになる。

図-13は、表-8、9で検索された大豆田大橋に対する路面凹凸のパワースペクトル密度の経年変化を示している。この図では、データ不足から、経年変化の定量的な把握は困難であるが、今後のデータ蓄積から経年変化が評価されるものと思われる。

最後に、BINSシステムの作成に御協力いただいたセンチュリーリサーチセンター(株)の白樫一郎氏(当時金沢工大学生)と金沢工業大学計算機センターの家中善也氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) 本田・城戸・梶川・小堀：道路橋の路面凹凸パワースペクトル密度に関する調査，土木学会論文報告集第315号，昭和56年11月。
- 2) 本田・梶川・小堀：道路橋の伸縮装置部の凹凸性状，土木学会論文報告集第324号，昭和57年8月。
- 3) 本田・梶川・小堀：道路橋の路面性状に関する数値データベースの書式案，第38回土木学会年次学術講演会講演概要集，1-261，昭和56年。
- 4) 本田・小堀：道路橋の路面性状に関する数値データベースのシステム，土木学会第9回電算機利用に関するシンポジウム講演概要，昭和59年10月。

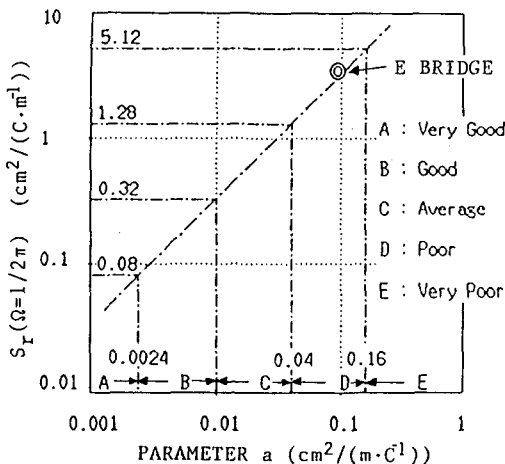


図-12 a 値による路面状態の評価図

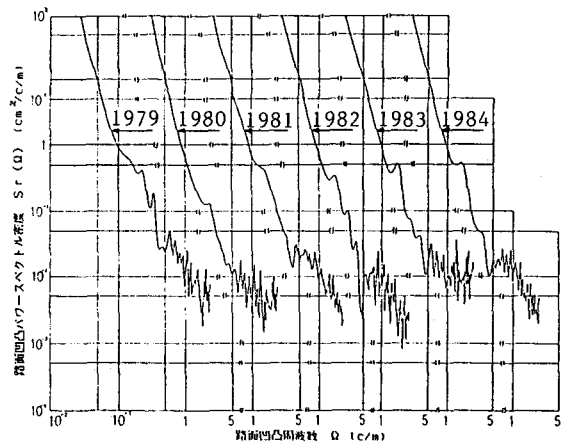
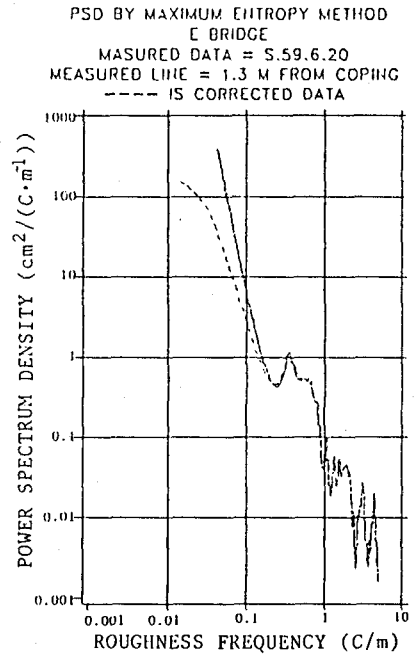


図-13 大豆田大橋の路面凹凸パワースペクトル密度の経年変化