

V—33 層構造解析プログラムBISARのSASへの組込みとその応用

北海道大学工学部 正会員 小笠幸雄

北海道大学工学部 正会員 上島 壮

北海道大学工学部 学生員 加藤恒太郎

1. まえがき

予想される交通の負荷によって道路構造の中に発生する応力とひずみを算出することは、道路舗装の設計における重要な1ステップであり、それを計算する有力なコンピュータプログラムの1つとしてBISAR¹⁾ (Bitumen Stress Analysis in Roads)があることは、よく知られている。しかし、計算機の操作にそれ程慣れていない舗装研究者にとっては、BISAR プログラムの有用性を理解していても、その入力および出力結果の整理に際して、計算機操作に特有の労力と知識が要求されるため、身近かなプログラムとなるには至っていない。

一方、舗装の構造設計法は従来の経験的手法にかわって多層弾性理論による設計法の実用化が図られようとしており、さらにこの流れは舗装の管理システムの開発へ進んでおり、舗装の設計を計画から維持修繕まで含めた広い概念でとらえる努力がなされている²⁾。このような昨今の動きから、層構造解析プログラムは今後ますます必要性を増すことになるであろうと思われる。

本報告はこのような現況に鑑み、BISAR プログラムをより簡便、迅速にかつより広範囲に利用できるように、著者らが作成したSAS-BISAR システムについて述べるものである。

2. 層構造解析プログラムBISAR について

層構造解析プログラムBISAR は、シェル石油、アムステルダム研究所において開発された、法線及び接線方向の表面負荷におけるLayered システムであり、現在、我が国では、CHEV 5L と並び、多くの研究機関に導入されている。

BISAR は、実際に舗装道路上を移動している車輛の応力負荷に対するひずみの応答が、ほとんど弾性範囲内であることから、舗装材料を線形弾性体とした仮定のもとに、舗装構造内の応力、ひずみの計算を行なっている。

舗装材料の力学的特性は複雑ではあるが、本プログラムにより車輛が走行している時の舗装の状態に相当する応力レベルの応力-ひずみ挙動は、およそ予測のつくものとなってきた。

3. SAS 及びSAS へのユーザープログラムの編入

SAS (Statistical Analysis System) は、米国SAS Institute 社が所有する統計用ソフトウェアである。その動作環境はIBM 360, 370シリーズ, HITAC/FACOM Mシリーズなど機種を選択するが、現在、北海道大学大型計算機センターを含め、多くの研究機関、企業等に導入されている。SAS は統計解析機能と同時にデータ管理、データ検索、レポート作成またはグラフィックス等に強力な機能をもっている³⁾⁴⁾、表形式に展開できるデータであれば、統計データでなくともこれらの機能に供することができる。また、FORTRAN 等で書かれたユーザー作成の関数、プログラム等を容易に編入できる点にも特徴がある⁵⁾。その際ユーザー作成のプログラムモジュールをあらかじめSAS 本体と結合しておく必要はなく、実行時にSAS の管理プログラムが動的にそれを取り込む方式である。

4. SAS-BISAR システムの概要

本システムは、BISAR プログラムをSAS の1プロシジャーとして起動する。BISAR の入出力は、SAS のシ

システムデータセットではなく、オリジナルの入出力に若干の修正を施したものである。

図-1に本システムの流れ図を示す。ここで図-1に示す“マクロ”とは、SAS プログラムの手続きの集合のことであり、このマクロを登録しておくことにより、その名称を入力するのみでSAS プログラムを実行させることができる。表-1に主要なマクロ名とその機能を示す。また本システムの実行手順は大きく分けて、3つのステップよりなっており、以下にその各ステップについて簡単に説明する

I. データゼネレーションステップ
BISAR 入力データを作成するステップである。
図-2は、解析条件の会話型の入力例を示すもので、例えば以下に示すように条件を入力した場合は総計20種の組合せの条件についてBISAR 入力データを作成する。
E₁ = 10,000, 20,000Kg/cm² (2レベル)
E₂ = 1,000, 2,000Kg/cm² (2レベル)
E₃ = 100,200,300,400, 500Kg/cm² (5レベル)
なお、条件のセットの数に制限はなく、また直前の入力条件をdefault として設定するなど、入力の労力、入力ミスなどに対する配慮を行っている。

II. BISAR 計算ステップ
第Iステップで作成した入力データでBISAR を実行し、その出力結果をSAS データベースに保存するステップである。なお出力結果をFORTRAN 等で読むための文字形式の解析用データとして保存することも可能である。

III. データ解析ステップ
第IIステップで保存された出力データ一覧より解析に必要なデータを選択し希望する様式で一覧表を作成したり、種々のグラフを描くステップである。出力データは、SAS 言語を用いて定められた変数名により、種々の操作を行うことが可能となるが、選別、作表、作図のために、いくつかのマクロを用意している。表-2、図-3に作表、作図の例を示す。

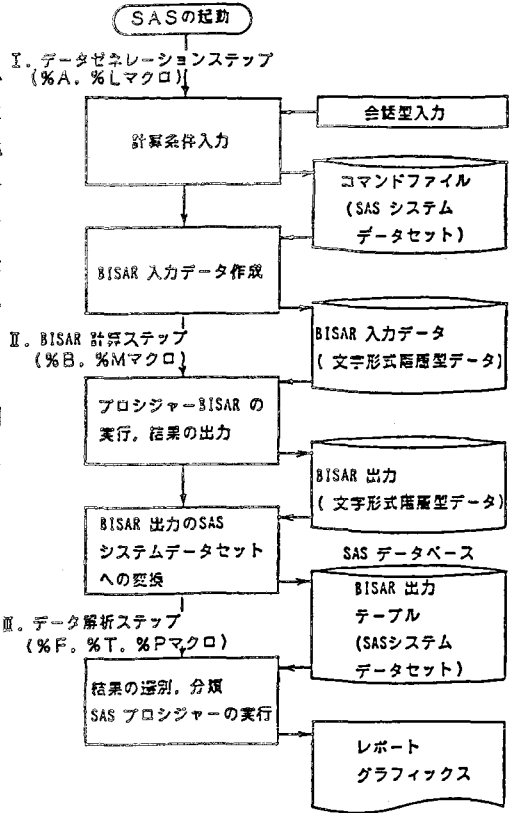


図-1. 本システムの流れ図

表-1. 主要なマクロ名とその機能

%A	BISAR 入力データの作成
%L	入力条件のリスト表示
%B	BISAR の実行と出力データの保存
%M	出力データの要約の表示
%F	出力データの選別
%T	希望する様式での一覧表の作成
%P	グラフの作成

```

528?%A
コウソウハ ナンソウデスカ ? : レイ 3
3
タイ 1 ソウ タンセイケイスク(KG/CM2)ハ ? : レイ 10000,20000,30000
10000 20000
タイ 1 ソウ ホアソンヒハ ? : レイ 0.35
0.35
タイ 1 ソウ アツミ(CM)ハ ? : レイ 10,20,30
  
```

図-2. 入力方式

表-2. 出力結果一覧表の例

Obs	E1	E2	E3	AZ	AY	DEPTH	SXX	SYX	SZZ
1	10000	1000	100	0	0	13	1.19300	2.347	-1.0330
2	10000	1000	200	0	0	15	1.03500	2.187	-1.0720
3	10000	1000	300	0	0	15	0.94530	2.096	-1.0990
4	10000	1000	400	0	0	13	0.88500	2.034	-1.1210
5	10000	1000	500	0	0	15	0.84120	1.990	-1.1380
6	10000	2000	100	0	0	13	0.10210	1.166	-1.2720
7	10000	2000	200	0	0	15	0.07771	1.142	-1.2990
8	10000	2000	300	0	0	15	0.05982	1.124	-1.3200
9	10000	2000	400	0	0	15	0.04609	1.110	-1.3370
10	10000	2000	500	0	0	15	0.03522	1.100	-1.3520
11	20000	1000	100	0	0	13	2.53800	3.770	-0.7971
12	20000	1000	200	0	0	13	2.21900	3.448	-0.8338
13	20000	1000	300	0	0	15	2.04100	3.267	-0.8601
14	20000	1000	400	0	0	15	1.92100	3.145	-0.8805
15	20000	1000	500	0	0	15	1.83400	3.057	-0.8971
16	20000	2000	100	0	0	15	1.34600	2.502	-1.0060
17	20000	2000	200	0	0	15	1.19300	2.347	-1.0330
18	20000	2000	300	0	0	15	1.10100	2.253	-1.0540
19	20000	2000	400	0	0	15	1.03500	2.187	-1.0720
20	20000	2000	500	0	0	15	0.98520	2.136	-1.0870
21	10000	1000	100	0	0	13	1.19300	2.347	-1.0330
22	10000	1000	200	0	0	15	1.03500	2.187	-1.0720
23	10000	1000	300	0	0	15	0.94530	2.096	-1.0990
24	10000	1000	400	0	0	15	0.88500	2.034	-1.1210
25	10000	1000	500	0	0	15	0.84120	1.990	-1.1380

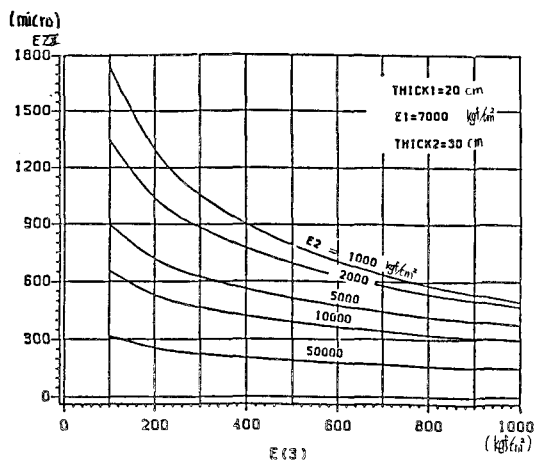


図-3. グラフィックスの例

5. 解析例

BISAR を使用した種々の層構造解析は、諸外国をはじめ我が国でも多くの研究機関で数多く手掛けているところであるが、ここで、本システムによる解析例を示す。なお、今回の解析例では、実際の道路での実測データとの照合は行っており、あくまで仮定条件下における理論解析である。

＜解析例＞

図-4 に示すような入力条件下において、層構造解析を行い、その出力結果をグラフに表示した。

図-5 は、夏季のアスファルト舗装 ($E1 = 7,000 \text{ Kg/cm}^2$) を想定し、舗装体を B-B 断面で切ったときの応力 (S_{ZZ}) の分布状態を等応力線で表したものであり、図-6 は、冬季のアスファルト舗装 ($E1 = 100,000 \text{ Kg/cm}^2$) を想定し、 $C_2 - C_2$ 断面で切ったときのひずみ (E_{YY}) の分布状態を等ひずみ線で表わしたものである。

また、図-7 は夏季のアスファルト舗装の表面の垂直変位を立体的に示したものである。

なお、当条件における荷重は、後輪が複輪 2 軸の大型車の片側 (後輪 4 輪) を考えたものであり、構造は路床の CBR が 6%、下層路盤が 25cm のクラッシャーラン、上層路盤が 15cm の A s 安定処理、そして 5cm の基層、5cm の表層と考えたものである。これは、設計交通量 C の断面設計に相当するものである。

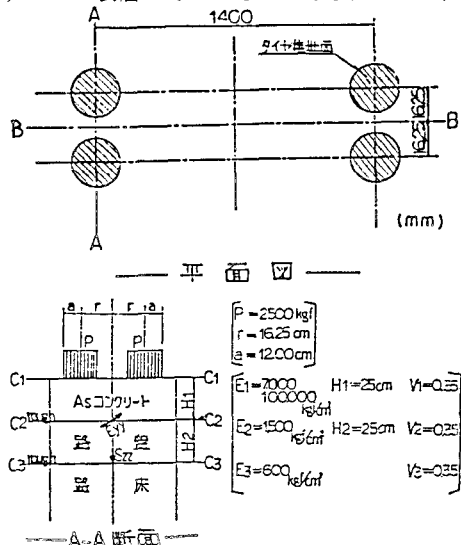


図-4. 入力条件

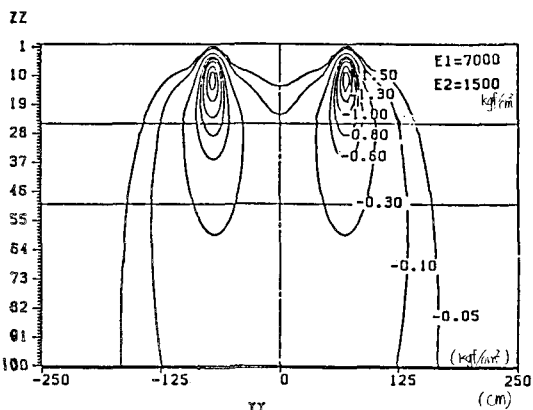


図-5. B-B 断面等応力 (S_{ZZ}) 線図

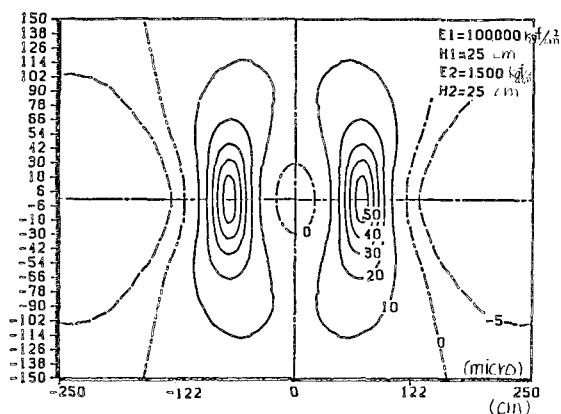


図-6. $C_2 - C_2$ 断面等ひずみ (E_{yy}) 線図

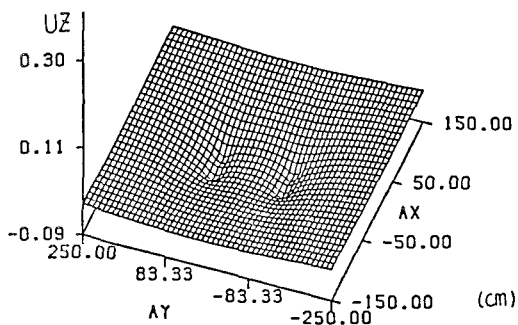


図-7. 舗装表面変位量の立体図

6. あとがき

本報告は、SAS-BISAR システムを利用した、BISAR プログラムのより合理的な活用法と、その活用例について述べたものであるが、本システムにより、BISAR プログラムの入力方法に関する知識がなくとも、BISAR プログラムを使用した種々の層構造解析が、短時間でこなせるようになるものと思われる。

また本システムは、今後、SAS の機能を使用していくことによって、舗装の管理システムを含めたより汎用性のあるものにしていくことも可能となろう。当面の問題としては、材料、荷重、気象条件の本システム入力条件への組込みであり、また疲労寿命や永久変形予測における本システムの利用であろう。また実際の道路で測定される種々の実測データ及び実験室で測定可能なデータと当システムとのドッキングも今後の重要な課題と思われる。

なお本研究は、菅原照雄教授の指導のもとに、北海道大学大型計算機センターのHITAC-M280II を利用して行なったものである。コンピュータプログラムBISAR は北海道大学道路工学講座が1972年12月に、Shell Research B.V. より使用のライセンスを得たものである。また本研究は、昭和59年度文部省科学研究費補助金（一般研究B）の交付を受けて実施したものである。

参考文献

- 1) Computer Program BISAR, Layered Systems Under Normal and Tangential Surface Loads.
Koninklijke/ Shell Laboratorium, Amsterdam.
- 2) 西沢典夫, 「舗装設計」アスファルト 137, P.40~50.
- 3) SAS. User's Guide : Basics 1982 Edition, SAS. Institute.
- 4) SAS/GRAPH User's Guide 1981 Edition, SAS. Institute.
- 5) SAS. Programmer's Guide 1981 Edition, SAS. Institute.