# FWD 試験のための動的逆解析ソフトウェア "Easy DBALM for Windows"の開発

曽根昭仁<sup>1</sup>・藤波 潔<sup>2</sup>・松井邦人<sup>3</sup>・菊田征勇<sup>4</sup>

1学生会員 東京電機大学大学院 建設環境工学専攻 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

<sup>2</sup>正会員 工修 東京電機大学 建設環境工学科(〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)
 <sup>3</sup>フェロー会員 Ph.D. 東京電機大学 建設環境工学科(〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)
 <sup>4</sup>フェロー会員 博(工) 国士舘大学 理工学部理工学科基礎理学系(〒154-8515 東京都世田谷区世田谷 4-28-1)

FWD の衝撃載荷試験機から得られるデータは、荷重と表面たわみの時系列データであることから、静的より動的に逆解析を行うのが試験法の実態に則した方法であると考える. それに基づき開発されたのが動的逆解析ソフト DBALM (Dynamic Back Analysis for Layer Moduli) である. DBALM は、元来 CUI 操作が必要な MS-DOS アプリケーションであるため、本研究では GUI を取り入れた動的逆解析ソフトの Windows 版である Easy DBALM for Windows を開発した. これにより、入力ファイルの簡素化と出力結果のビジュアル化が実現された.

Key Words : Dynamic multi-layered elastic analysis, Backcalculation, Layer moduli, FWD

## 1. はじめに

舗装の構造評価のための標準的試験機として FWD が世界的に普及している. FWD 試験データから舗装構 造評価を行う方法として, 1980 年代のたわみを直接利 用する方法から, 1990 年代には静的逆解析により舗装 を構成する各層の弾性係数を推定する方法に移行して きた. そのため多くの逆解析ソフトウェアが開発され, ソフトウェア間の比較も行われた<sup>1)-3)</sup>.

FWD 試験は衝撃載荷試験であり,時系列データを計 測できる.静的逆解析では,荷重とたわみのピーク値 だけを利用して,測定したピーク値と静的逆解析で求 めた表面たわみが一致するように舗装を構成する各層 の弾性係数を推定している.波形の情報を利用するた めには,動的逆解析が必要となる.この分野の先駆的 研究として,たとえば1994年のUzanの論文<sup>4</sup>がある が,1990年代後半から動的逆解析に関する研究が加速 度的に増えてきている<sup>2)-11)</sup>.動的逆解析はまだ開発途 上である.静的逆解析と比べ,動的逆解析にどのよう なメリットがあるのかまた,動的逆解析で何が明らか になるのか,についてまだ今後検討する必要がある. 海外において動的逆解析に関する加速度的な研究の蓄 積や PC の性能の進歩の速さを考えると,2010年代に は静的逆解析から動的逆解析に移行することが十分に 予測される.わが国でも,FWD 試験の実務者,研究者 が動的逆解析に関して議論を深めることが重要である. そのような状況を鑑み,簡易化した動的逆解析の Windows 版を開発した.

本ソフトウェアで用いている動的逆解析は、文献 9) に基づいている. 測定した衝撃荷重を用いて舗装の動 的応答解析を行い、表面たわみの解析波形が測定波形 と一致するように舗装を構成する各層の弾性係数,お よびそれに対応する減衰を推定している. この考え方 に基づき開発されたソフトウェアが DBALM (Dynamic Back Analysis for Layer Moduli) である. DBALM では 順解析に FEM を用いた動的解析を行い, 逆解析にはガ ウス・ニュートン法を用いている. FEM 解析では要素 分割を行う必要があり,舗装構造に応じて分割の仕方 を考えなければならない. また DBALM は元々CUI 操 作が必要な MS-DOS アプリケーションであるため、解 析に用いる入力ファイルは決まった形式に従ってテキ ストエディタなどを用いて個別に作成する必要がある. 解析結果もテキストベースの出力しか得られないため, 表計算ソフト等を用いてグラフ化するなどしてから最 終的な結果の判断や評価を行っている. そこで、 DBALM で必要となる要素分割操作を省略し、入力デ ータを簡略化してGUIを取り入れたWindows版のソフ

トウェアが Easy DBALM for Windows である. これに より,ユーザーはデータの入力フォーマットを知らず とも解析に必要なデータファイルの作成を簡単に行う ことができる.また,FWD から得られた実測たわみと 解析たわみの一致度合いをグラフによって瞬時に確認 することができ,動的逆解析によって得られた弾性係 数や減衰係数など解析結果の妥当性を検討する事が可 能である.

図-1は本ソフトウェアのサンプルとして用いている 4 層構造の舗装モデルと各層の層厚や層弾性係数の初

期値等の層特性値を示したものである.また,図-2に

解析領域における要素分割図を示した. 解析領域は水

平方向に5m, 鉛直方向に6mとし, 軸対称構造物とし

2. 解析モデル

# てこの領域を離散化して動的逆解析を行う.要素分割 は、鉛直方向に1層目を2分割、2層目を2分割、3層 目を2分割、4層目を5分割の全11分割としている. 水平方向の要素分割幅は荷重載荷点付近がもっとも小 さく、そこから離れるにしたがって要素幅が大きくな るように設定されており、分割数は全10分割である.

# 3. 本ソフトを用いた動的逆解析例

## (1) 起動画面

本ソフトを実行すると図-3のような起動画面がアニ メーション表示される.ここで、画面下の[Start] ボ タンをクリックすることによりデータの入力/読込み 画面が表示される.また、メニューバーの[終了]を クリックすると本ソフトが終了し、[ヘルプ]をクリッ クすると後述する本ソフトのヘルプ画面が表示される.





図-4 データの入力/読込み画面

(2) データの入力/読込み画面

図-4 にデータの入力/読込み画面を示した.操作方法は以下の①~⑨の通りである.なお,同図は配布予定のセットアップファイルに含まれるサンプルデータを読込んだ直後の状態である.ここで,解析モデルや層特性値等は前章で示した通りである.

- 入力データを新規作成する場合は②~⑨の手順を 行い,既存データの読込みの場合はメニューの[フ ァイル]→[既存データ読込み]をクリックする. 読み込んだデータに変更がないときは,⑦以降の 手順を実行する.ここで,読込んだ入力データを 変更する際は必要に応じて②~⑥の値を変更する.
- ② 解析タイトルを入力する.日本語での入力も可能である.(A)
- ③ 荷重[kgf]とたわみ[cm]の時刻歴データが入った外部ファイル(GAIファイル)を必要数分1個ずつフレーム内にドラッグ&ドロップして設定する.
  (B)
- ④ 時刻歴データの解析範囲を自動設定するために
  [実行] ボタンを押す.(C)
- ⑤ センサー数,載荷板半径[cm],センサー位置[cm] などの試験条件の設定値を入力する.(D)
- ⑥ 層数や各層の層特性値である層厚[cm],弾性係数 [MPa],ポアソン比,密度[kg/m<sup>3</sup>]を入力する.(Ê)
- ⑦ メニューの [ファイル] → [データ保存] をクリ ックし、入力データの保存や確定を行う.(F)
- ⑧ メニューの [実行] → [解析] をクリックして、 動的逆解析を実行する.(G)
- ⑨ 解析終了のメッセージが表示されたのを確認した
  後、メニューの[実行]→[解析結果の表示]を
  クリックして解析結果を表示させる.(⑥)



図-5 入力ファイルとフォーマット

#### (3) 入力ファイル等のフォーマット

#### a) 入力ファイルのフォーマット

データ入力画面で [データ保存] をクリックするこ とで入力ファイル (図-5) が保存時に指定したフォル ダに保存される.以下は、入力ファイルフォーマット の説明である.

- (a) (A)には解析タイトルを入力する.
- (b) Bには層数とセンサー数を1個以上の半角スペースで区切りながら入力する.
- (c) Cには使用する外部ファイル(GAIファイル)の 数を入力する.
- (d) ①には外部ファイル (GAI ファイル) を保存して あるフォルダのフルパス名を入力する.
- (e) 形にはCで設定した数分の外部ファイル(GAIフ ァイル)名を入力する。外部ファイルが複数個あ る場合は縦に並べて入力する.
- (f) PにはBで設定した層数分の層特性値を設定する. 各層の層特性値は左列から,層厚[cm],弾性係数 [MPa],ポアソン比,密度[kg/m<sup>3</sup>]の順となっている。 各特性値は1個以上の半角スペースで区切りなが ら入力する.
- (g) Gには®で設定したセンサー数分のセンサー位置
  [cm]を1個以上の半角スペースで区切りながら入力する。センサー位置の小さい順に入力する.
- (h) ①には載荷板半径[cm]を入力する.

# b) 外部ファイルのフォーマット

外部ファイル(GAIファイル)(図-6)はFWD 試験 機から出力される測定データから解析に用いる荷重と 表面たわみの時刻歴データを抽出したものである.こ れらのデータは入力ファイルとは別に解析前に予め外

	🖪 samplegai - ワードパッド									
	ファイル(E) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ヘルブ(H)									
	0.000	39.000	0.00100	0.00020	0.00060	0.00060	0.00040	0.00020	0.00050	1
	0.002	56.000	0.00090	0.00040	0.00050	0.00060	0.00060	0.00040	0.00040	
	0.004	58.000	0.00080	0.00020	0.00060	0.00060	0.00060	0.00040	0.00040	
	0.006	58.000	0.00090	0.00040	0.00060	0.00070	0.00060	0.00050	0.00050	
	0.008	60.000	0.00080	0.00020	0.00060	0.00070	0.00070	0.00050	0.00060	
	0.010	60.000	0.00090	0.00040	0.00060	0.00070	0.00060	0.00050	0.00060	
	0.012	60.000	0.00080	0.00050	0.00060	0.00070	0.00070	0.00050	0.00060	
	0.014	62.000	0.00080	0.00040	0.00060	0.00060	0.00060	0.00050	0.00060	
	0.016	62.000	0.00080	0.00050	0.00060	0.00060	0.00060	0.00040	0.00060	
	0.018	64.000	0.00100	0.00020	0.00050	0.00060	0.00050	0.00040	0.00050	
I.	0.020	64-000	0.00080	0.00040	0.00040	0.00080	0.00050	0.00040	0.00060	
					•					
1	0.060	2711.000	0.08790	0.05290	0.03180	0.02520	0.02040	0.01290	0.00830	
	0.062	2307.000	0.08490	0.05180	0.03160	0.02570	0.02110	0.01420	0.00970	
	0.064	1978.000	0.08020	0.04910	0.03030	0.02520	0.02110	0.01490	0.01070	
	0.066	1715.000	0.07460	0.04530	0.02830	0.02390	0.02020	0.01500	0.01130	
	0.068	1493.000	0.06860	0.04100	0.02550	0.02190	0.01870	0.01450	0.01140	
	0.070	1296.000	0.06210	0.03660	0.02240	0.01960	0.01670	0.01360	0.01110	
	0.072	1087.000	0.05570	0.03210	0.01930	0.01700	0.01450	0.01210	0.01030	
	0.074	862.000	0.04930	0.02770	0.01630	0.01430	0.01220	0.01040	0.00920	
	0.076	623.000	0.04270	0.02330	0.01340	0.01180	0.00990	0.00860	0.00800	
	0.070	373.000	0.03550	0.01070	0.01070	0.00940	0.00760	0.00600	0.00600	
	0.080	143.000	0.02790	0.01420	0.00810	0.00700	0.00550	0.00500	0.00530	

図-6 GAIファイルフォーマット



#### 図-7 解析実行中の画面

部ファイルを作成しておく必要がある.外部ファイル のフォーマットは以下の通りである.

- (a) (a) (Aには GAI ファイル名 (拡張子: gai) を入力する.
- (b) Bには測定に用いたセンサー数に応じたセンサー 位置[cm]を1個以上の半角スペースで区切りなが ら入力する.センサー位置は、載荷板から近い順 に入力する.
- (c) (Cには測定データから抽出した荷重と表面たわみの時刻歴データを入力する.各行左列から時間[s],荷重[kgf], (Bで設定したセンサー位置に応じた表面たわみ[cm]を1個以上の半角スペースで区切りながら入力する.データの抽出を開始する時刻は0s,時間間隔は2msとする.

#### (4) 解析実行

入力データの保存が終了した後、メニューバーの「実行」→「解析」を行うことで動的逆解析が開始され、 図-7の解析中のメッセージが表示される.解析が終了 することでこのメッセージは自動的に非表示となる. このメッセージが表示されている間は他の操作をしな いことに注意する必要がある.

#### (5) 解析結果の表示画面

解析が正常終了した後、メニューバーの「実行」→ 「解析結果の表示」を選択することで、図-8の解析結 果の表示画面が表示される.この画面では大きく分け て以下の3種類の結果表示が行われる.



図-8 解析結果の表示画面

ファイル(ビ) 編集(ビ) 書末(ビ) 未示(ビ) へルブ(ビ)        3      0.07407        4      4      0.22222        5      5      0.14815        6      0.37037      7        7      0.11111         荷重分担比率合計=      1.00000      *******        注解析計算回数=      11      ******        计算終了時(逆解析計算回数=      11      回数=        方      5      0.0481        5      0.0481      6        7      0.01111        荷重分担比率合計=      1.00000        *******      逆解析計算回数=      11        7      0.01111        7      7      0.0111        7      11      回目、、センサ位置での表面たわみ (測定値mと計)        7/7      時刻      前点番号        5      11      10        7      0.055      50.06830      0.04570        8      0.05570      0.0570      0.03570        11      11<01      11        25      0.04630      0.04280      0.04280        9      0.55      0.00680      0.05290	📙 sample.def - 大王帳									
3      3      0.07407        4      4      0.22222        5      5      0.14815        6      6      0.37037        7      7      0.11111        荷重分担比率合計=      1.00000        ****** 逆解析:      11      回 設計変数の変化率が収束条件(0.001未満)を満たした(終了)*        逆解析計算回数=      11 ******* 収束した!!!      (判定条件: 評価関数の変化率 <= 0.001) **	ファイルビ	) 編集(E)	書式(◎	) 表示(⊻)	ヘルプ(円)					
******      逆解析:      11 回 設計変数の変化率が収束条件(0.001未満)を満たした(終了)*        逆解析計算回数=      11 ******      収束した!!(判定条件:評価関数の変化率 <= 0.001) **	3 4 5 6 7 荷重	包分担比率	3 4 5 6 7 容合計:	0.074 0.222 0.148 0.370 0.111 = 1.000	07 22 15 37 11 00					
C25年71日 第回数 - 11 *********************************	****** 逆解析: 11回 設計変数の変化率が収束条件(0.001未満)を満たした(終了) *									
ステップ      時刻      節点番号        s      ms      1m      1c      9m      9c      11m      11c        25      0.048      48.      0.05570      0.05408      0.02630      0.02650      0.01170      0.01435      0.00        26      0.050      50.      0.06690      0.05575      0.03873      0.01620      0.01435      0.01        27      0.052      52.      0.07630      0.07584      0.04630      0.04277      0.02090      0.02215      0.01        28      0.054      54.      0.08320      0.08346      0.04630      0.04771      0.02547      0.01        28      0.055      56.      0.08705      0.08805      0.05020      0.05055      0.02847      0.01        20      0.056      56.      0.08730      0.08809      0.05290      0.05138      0.03007      0.02        31      0.060      60.      0.08790      0.04530      0.04753      0.03300      0.02860      0.02        32      0.066      66.      0.07460      0.04730<	2000年4月 計算終	計算回数 了時(逆	_= 11	***** 収. 算回数=	第072 11 11 回目)	<ul><li>(利定条)</li><li>、センサ</li></ul>	+: 評価判 位置での表	数の変化2 長面たわみ	≤ <- 0.00	と計算
33 0.070 70. 0.04270 0.04371 0.02330 0.02327 0.01340 0.01335 0.01	7597° 25 26 27 28 30 31 32 33 34 35 36 37 38 38 39	時刻 S 0.048 0.050 0.052 0.054 0.056 0.058 0.060 0.062 0.066 0.066 0.066 0.066 0.066 0.066 0.067 0.072 0.074 0.076	ms 48. 50. 52. 56. 58. 62. 64. 66. 68. 70. 72. 74. 76.	節点番号 Im 0.05570 0.06690 0.06690 0.08750 0.08750 0.08910 0.08910 0.08490 0.08490 0.08490 0.07460 0.07460 0.06860 0.06210 0.04230 0.04270	1c 0.05408 0.06575 0.07584 0.08346 0.08305 0.08349 0.08349 0.07428 0.07428 0.07428 0.06822 0.065205 0.05591 0.04382 0.04371	$\begin{array}{c} 9m\\ 0.02630\\ 0.03370\\ 0.0460\\ 0.05200\\ 0.05290\\ 0.05180\\ 0.04530\\ 0.04100\\ 0.04100\\ 0.03210\\ 0.02770\\ 0.02330\end{array}$	$\begin{array}{c} 9_{C} \\ 0.02956 \\ 0.03653 \\ 0.04277 \\ 0.05233 \\ 0.05233 \\ 0.05199 \\ 0.05026 \\ 0.04753 \\ 0.04416 \\ 0.04466 \\ 0.03665 \\ 0.03284 \\ 0.02207 \end{array}$	11m 0.01170 0.02530 0.02530 0.03860 0.03180 0.03180 0.03160 0.02830 0.02550 0.02240 0.01930 0.01630 0.01340	11c 0.01435 0.02215 0.02547 0.02970 0.02960 0.02960 0.02960 0.02696 0.02498 0.02281 0.02281 0.01825 0.01593	0.00 0.01 0.01 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02

図-9 def ファイル

- (a) へには解析タイトルの下に、計算の収束までに要した反復計算回数、計算の収束状況の目安となる評価関数、各層の弾性係数と減衰係数(工学・SI単位系)が表示される.
- (b) ⑧にはセンサー位置ごと(色で区別)の測定たわみ(実線)と解析たわみ(マーカー)の一致度合いを示すグラフが表示される(縦軸:たわみ [μm],横軸:計測時間[ms]).
- (c) ©には弾性係数や減衰係数など解析結果の収束状況の詳細が表示される.

# (6) 解析後の出力ファイル

解析終了後,入力データが保存されているフォルダ 内に def ファイルと res ファイルの2つの解析結果ファ イルが出力される.これらのファイルには図-8の解析 結果の詳細が記載されている.

📄 sample.res - メモ帳		_ 🗆 ×
ファイル(E) 編集(E) 書式(Q) 表示(V) ヘルプ(H)		
no 節点番号 荷重分担比率		-
1 1 0.00000		
2 2 0.07407		
3 3 0.0/40/		
4 4 0.22222		
5 5 U.14815		
7 7 7 0.11111 荷香公坦比索会計= 1,00000		
19里方担比率合計- 1.00000   単位はkaf・s/cm kaf/cm^2		
	C4 F1	F2
0 0.30000E+02 0.20000E+01 0.10000E+01	0.30000E+00 0.600000E+05	0.40000E+C
1 0.33000E+02 0.22000E+01 0.11000E+01	0.27000E+00 0.540000E+05	0.36000E+C
2 0.36300E+02 0.24200E+01 0.12100E+01	0.24300E+00 0.486000E+05	0.32400E+C
3 0.38057E+02 0.26609E+01 0.13310E+01	0.21870E+00 0.442898E+05	0.29160E+C
4 0.37635E+02 0.26127E+01 0.12626E+01	0.19893E+00 0.428710E+05	0.27019E+C
5 0.37613E+02 0.26097E+01 0.12487E+01	0.19840E+00 0.422469E+05	0.25961E+C
6 0.37529E+02 0.25996E+01 0.12361E+01	0.19524E+00 0.413987E+05	0.24825E+C
7 0.37422E+02 0.25870E+01 0.12288E+01	0.19216E+00 0.404981E+05	0.23806E+U
8 0.37464E+02 0.25922E+01 0.12314E+01	0.19280E+00 0.408428E+05	0.24206E+U
9 0.37452E+02 0.23807E+01 0.12306E+01 10 0.97456E+02 0.95019E+01 0.12900E+01	0.10200E+00 0.407740E+00	0.24090E+U
11 0 27455E+02 0 25010E+01 0 12209E+01	0.19269E+00 0.407742E+05	0.24127E+C
No C1 C2 C23010E-01 0.12300E-01	CA F1	F2
田位(tkef.s/cm_kef/cm^2	04 EI	LL
***** 逆解析: 11 回 設計変数の変化率が収す	東条件(0.001未満)を満たした (	終了) *****
入力データファイル名:sample.dat		
入力測定データファイル名:		
1: sample.gai		
Antotakak =1 // Tatatel		
***** 計昇时间: 37.0002 秒 *****		_
1		•
<u></u>		

図-10 res ファイル

a) def ファイル

図-9 に示した def ファイルには、以下の内容が記載 されている.また、図-8の解析結果画面にある測定た わみと計算たわみの一致度合いのグラフはこのファイ ルのデータに基づき作成している.

- (a) 各センサー位置の表面たわみ(測定値と解析値)
- (b) 載荷板中心位置における鉛直方向のたわみ
- (c) 舗装表面における水平方向に沿った鉛直たわみ
- (d) 各節点における変位の時刻歴
- b) res ファイル

図-10に示した res ファイルには以下の内容が表示されている.また、本ファイルの内容は、図-8の解析結果面面にある解析結果の収束状況と同じものである.

- (a) 動的逆解析で求めた減衰係数(工学単位・SI単位)
- (b) 動的逆解析で求めた弾性係数 (工学単位・SI 単位)
- (c)繰り返し計算回数や計算の途中経過

## (7) ヘルプ画面

図-11 は本ソフトのヘルプ画面である. ヘルプ画面 は各操作画面におけるメニューバーの「ヘルプ」→「マ ニュアル」から表示することが可能である. 本ヘルプ には,逆解析に関する説明,各操作手順や外部ファイ ル(GAI ファイル)の詳細な作成方法等,参考として サンプルファイルに用いている解析モデルや入力ファ イルのフォーマットと解析後に出力される結果ファイ ルの詳細な内容等が記載されている.

# 5. まとめ

本研究では、動的逆解析ソフト DBALM の Windows 版である Easy DBALM for Windows を開発した.本ソ フトの開発により、入力データの作成から動的逆解析



の実施,解析結果の出力までが一連の作業となりスム ーズな操作環境を提供することができた.そして,本 ソフトを利用する際に発生していた入力データ作成時 のケアレス・ミスが大幅に軽減され,複数のソフトを 行き来しながら利用する様な複雑な作業からも解放さ れる.また,解析結果の収束状況や測定たわみと解析 たわみの一致度合いが解析直後に他のソフトを用いな くても確認できることから,解析結果の検討と評価が 速やかに行えるようになった.

本ソフトの更なる使い易さや機能の向上を目指して、 より多くのユーザーからの意見を求めるべく、ホーム ページ(http://www.matsui.g.dendai.ac.jp)にて一般公開 予定である.

#### 参考文献

- Strategic Highway Research Program: Layer Moduli Backcalculation Software, P-651, National Science Foundation, Oct. 1993.
- Van Deusen, D.A.: Selection of Flexible Pavement Backcalculation Software for the Minnesota Road Research Project, Minnesota Office of Transportation, 1996.
- Back-Calculation of Layer Parameters for LTTP Test Sections, Vol.2: Layered Elastic Analysis for Flexible and Rigid Pavements, Publication No. FHWA-RD-01-113, 2002.10.
- Uzan, J.: Dynamic Linear Back Calculation of Pavement Material Parameters, Journal of Transportation Engineering, ASCE, Vol. 120, No.1 pp. 109-126, January/February 1994.
- 菊田征勇,松井邦人:マトリックス縮小化を用いた時間 領域における舗装構造の逆解析,土木学会論文集, No.577/V-34, pp.77-85, 1997.
- Kang, Y.V.: Multifrequency Back-Calculation of Pavement Layer Moduli, Journal of Transportation Engineering, ASCE, Vol.124, No.1, pp.73-81, 1998.

- Al-khoury, R.A., Scarpas, C.K. Kasbergen, C. and Blaauwendraad, J. : Spectral Element Technique for Efficient Parameter Identification of Layered Media. Part II: Inverse Calculation, International Journal of Solids and Structures, Vol.38, pp.8753-8772, 2001.
- Guzina, B.B. and Osburn, R.H.: Effective Tool for Enhancing Elastostatic Pavement Diagnosis, Transportation Research Record, 1806, pp.30-37, 2002.
- 菊田征勇, MAINA James, 松井邦人, 董勤喜: 複数の時 系列データを用いた舗装構造の動的逆解析, 土木学会論 文集, No.760/V-63, pp.223-230, 2004.5.
- 10) Chatti, K., Ji, Y.G and Harichandran, R.S.: Dynamic Time Domain Backcalculation of Layer Complex Moduli and Thickness in Asphalt Concrete Pavements, National Research Council, Transportation Research Record, 1869, 2004.
- Ji, Y., Wang, F., Luan, M. and Guo, Z.: A Simplified Method for Dynamic Response of Flexible Pavement And Application in Time Domain Backcalculation, the Journal of American Science, 2(2), pp.70-81, 2006.

# DEVELOPMENT OF DYNAMIC BACKCALCULATION SOFTWARE "Easy DBALM for Windows" FOR FWD TESTS

# Akihito SONE, Kiyoshi FUJINAMI, Kunihito MATSUI and Yukio KIKUTA

Data obtained from a FWD test are time series of loading and surface deflections at several locations, since it is an impulsive test. Thus dynamic backcalculation is more suitable than static one because the former conforms to a nature of the test. The software based on the concept is called DBALM (Dynamic Backcalculation for Layer Moduli). DBALM, which was originally based on MS-DOS command line interface, has been revised and simplified by implementing GUI. The windows version of DBALM is called "Easy DBALM for Windows". This development has brought simplification of input data and visualization of output.