

I - 773

拡張カルマンフィルタ有限要素を用いた板構造物の劣化の同定

○日本大学 学生会員 増田崇治
日本大学 正会員 塩尻弘雄
日本大学 正会員 鈴村順一

1. 目的

既設構造物の合理的な保守・補修にあたってその劣化度の合理的、効率的な検査法の確立が望まれている。既設構造物に対しては、損傷を与えることなく内部状況を判断する非破壊検査が望ましい。ここでは床板等の板構造物の物性を変位計測により求めることとする。同定の方法として拡張カルマンフィルタによる方法は、数多く行われており収束性・計算精度など安定した手法であるといえる。また、有限要素法は対象領域が複雑な形状や境界条件でも計算可能である。そこで、拡張カルマンフィルタに板構造物の有限要素法を組み込み（EKFEM）、板構造物の物性の同定を行うものとし観測点配置、荷重載荷点選択等を変化させ、それらの同定結果への影響について検討する。

2. EKFEMの定式化

有限要素法はミンドリンの板理論を適用した、8節点アイソパラメトリック要素である。積分点は 2×2 の4点を用いた。

同定問題に関する拡張カルマンフィルタの基本式は以下のように示される。

$$\begin{aligned} \{x_{t+1}\} &= \{x_t\} \\ \{y_t\} &= \{h_t(\{x_t\})\} + \{v_t\} \end{aligned}$$

ただし、 $\{x_{t+1}\}$ ：状態ベクトル($n \times 1$)、 $\{y_t\}$ ：観測ベクトル($p \times 1$)、 $\{v_t\}$ ：ガウス白色観測ノイズ($p \times 1$)、 $\{h_t(\{x_t\})\}$ ：観測関数($p \times 1$)とする。本研究における状態ベクトルは材料物性であるヤング率とポアソン比である。

非線形関数 $\{h_t(\{x_t\})\}$ が滑らかであるという仮定のもとで、以下のような感度行列 $[H_t]$ を得る。

$$[H_t] = \left[\frac{\partial h_t}{\partial x_t} \right] = [K]^{-1} \left(\frac{\partial}{\partial X_i} [K] \right) [K]^{-1} \{F\}$$

3. 同定計算

観測量を静的変位とし、EKFEMによる状態量の同定を行う。対象板構造物（コンクリート床板）については図-1に示されるようなモデルを採用する。このモデルは幅6mスパン長24mの道路橋床板を想定し、周囲を鉛直方向固定とした。内部を9個のブロックに分割し、各ブロック内の材料物性は均一とした。

ブロック1	○荷重点1	ブロック4	○荷重点4	ブロック7	○荷重点7
ブロック2	○荷重点2	ブロック5	○荷重点5	ブロック8	○荷重点8
ブロック3	○荷重点3	ブロック6	○荷重点6	ブロック9	○荷重点9

図-1 モデルのメッシュ図

観測量はあらかじめ状態量を表-1のようにし、各荷重による静的変位を順解析により計算された値を用いた。また、同定計算における初期値は構造物の物性が未知であることという仮定より構造物の作成時の設

計基準強度（ヤング率； 280000kg/cm^2 、ポアソン比；0.22）に当たる値を全ブロックに与えた。同定計算は観測点数9点、荷重を9パターン（各パターンごとの荷重は集中荷重を1点）、（図-1）を総合的に評価するに行った。

表-1 材料物性値

ブロック番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ヤング率 (kg/cm^2)	250000	230000	250000	230000	170000	230000	250000	230000	250000
ポアソン比	0.2200	0.2400	0.2200	0.2400	0.2600	0.2400	0.2200	0.2400	0.2200

収束計算の結果を表-2 および図-2, 3 に示す。

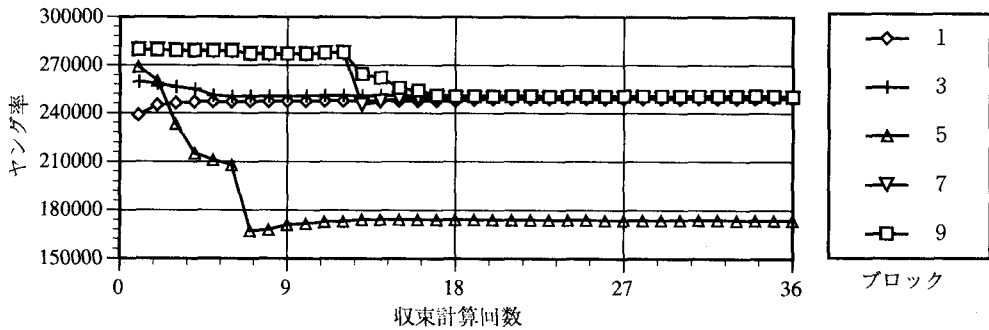


図2 ヤング率の収束状況 1

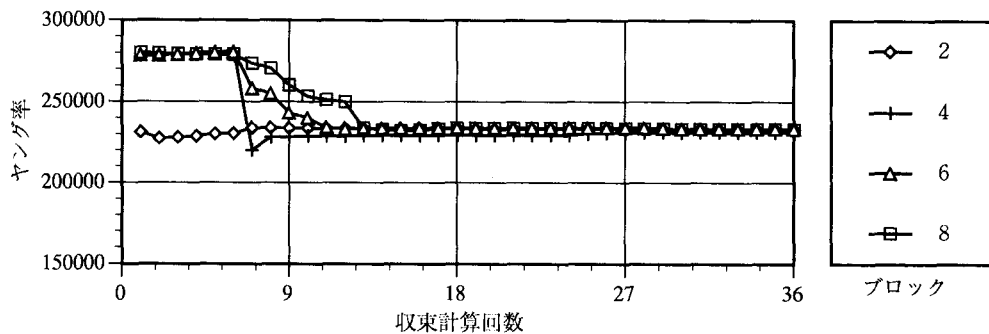


図3 ヤング率の収束状況 2

表-2 材料物性同定結果

ブロック番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ヤング率 (kg/cm^2)	249884	233098	250484	232257	173368	233378	250225	232981	250482
ポアソン比	0.2180	0.2210	0.2184	0.2164	0.2227	0.2171	0.2184	0.2215	0.2185

以上の計算の結果からヤング率については、ほぼ正解値に収束している。ポアソン比についてはあまり正解値には近づかないが、板理論による解析においては全体剛性への影響の度合いが低いいため、実際の使用においては問題にはならないと考えられる。

4. 結論

EKFEMによる板構造物の物性の同定は、荷重パターンを総合的に評価することにより有効であることを確認した。

参考文献

村瀬他 「パソコンによる計算力学 順・逆解析」 森北出版株式会社 1990年7月

下関他 「PC9801 有限要素法プログラミングの実際 [I]」 日刊工業新聞社 1984年4月