

## 報告

## [1107] RC構造物の耐用年数予測評価システム構築のための基礎的検討

正会員 ○桜井宏 北見工業大学工学部  
 正会員 鮎田耕一 北見工業大学工学部  
 正会員 佐伯昇 北海道大学工学部  
 正会員 鈴木明人 大成建設生産技術本部

## 1.はじめに

RC構造物の耐久設計、維持管理等の際にRC構造物の耐用年数を予測評価することが必要となる。これらを客観的でかつ合理的にしかも迅速に行うためにはRC構造物の耐用年数予測システムの構築が必要である。

本研究ではこれらの基礎的検討として予測評価フローと、予測評価に必要なデータベースの構造、システムの構成内容の検討を行う。耐用年数を予測評価するためには外的要因のデータ、内的要因のデータと劣化予測式が必要となる。外的要因のデータ及び内的要因としては具体的には環境条件を含む設計条件等の設計データ、コンクリートの配合強度や空気量等の施工データがある。またこれの他にRC構造物の日常の維持管理のための点検データがある。これらの項目についても検討を行う。

## 2.方法

コンクリート構造物の耐用年数評価手法に必要な検討項目をまとめる。この手順を検討し全体的なフローを作成し、図-1にRC構造物の予測評価システム検討フローを示した。手順としてはコンクリート構造物の経年変化データを調査、整理するとともに基準及び示方書等の調査を行う。これらよりデータ解析、劣化度のグレーディングの検討、評価フローの検討を行う。これらの検討の後、評価システムの構築を行い、各々の修正を行う。要求される信頼性を満足した場合、これを予測評価システムとして用いる。

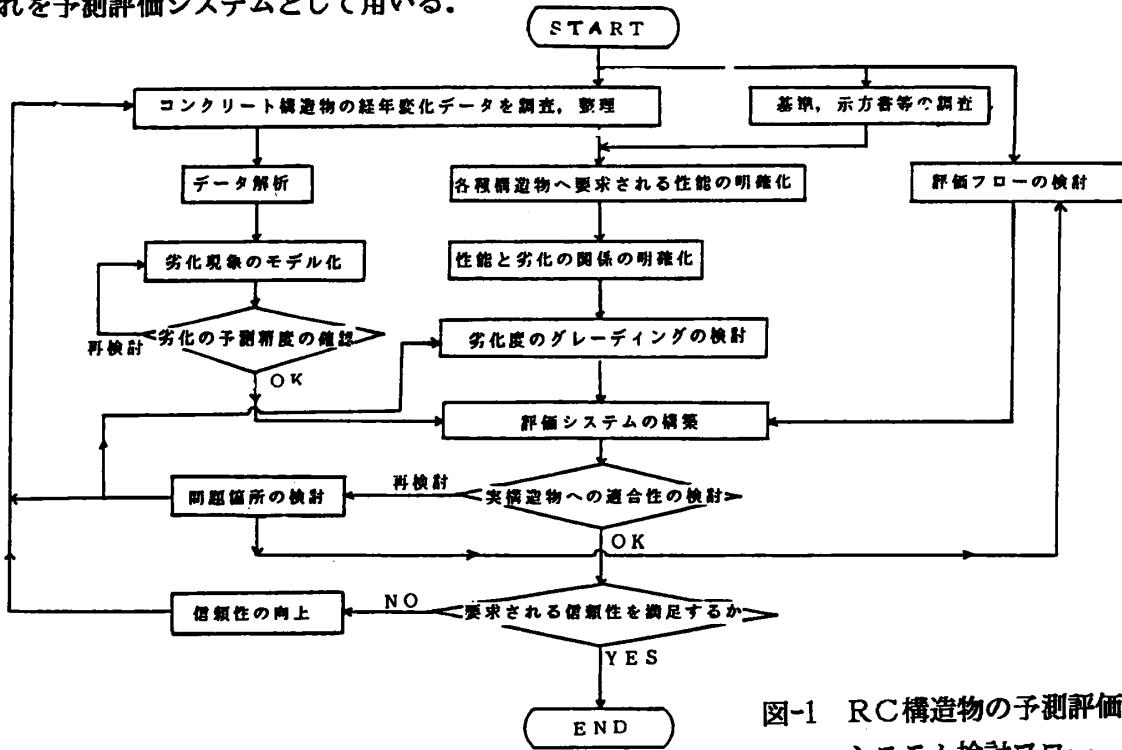


図-1 RC構造物の予測評価  
システム検討フロー

### 3. 検討

#### 3.1 RC構造物の耐用年数と劣化度予測評価及び耐久性制御フローの検討

図-2にRC構造物の耐用年数と劣化度(健全度)予測評価及び耐久性制御フローを示す。これは評価する新設あるいは既設構造物の構造物種と要求される性能、劣化外力条件、設計値、評価年数の入力を行う。これらの条件を劣化予測式から劣化指標を算定し、これらをグレーディングして項目別劣化度評価を行う。予め設定した各劣化の評価項目の許容する劣化度(許容劣化度)以内かどうかの判定を行う。これを満たしていないければ、設計値(補修、補強の際は補修・補強の設計値)を設定し直して再度判定を行う。許容劣化度以内であれば許容された劣化度を超過するまでの年数を算定し予測する。次の段階として構造物種と要求される性能により各項目の劣化度に重み付けを行い総合劣化度の評価を行う。予め設定された許容される総合劣化度(許容総合劣化度)以内でなければ、再度設計値を設定し直して判定を行う。総合劣化度が許容総合劣化度以内であれば総合劣化度を超過するまでの年数(耐用年数)の算定を行う。

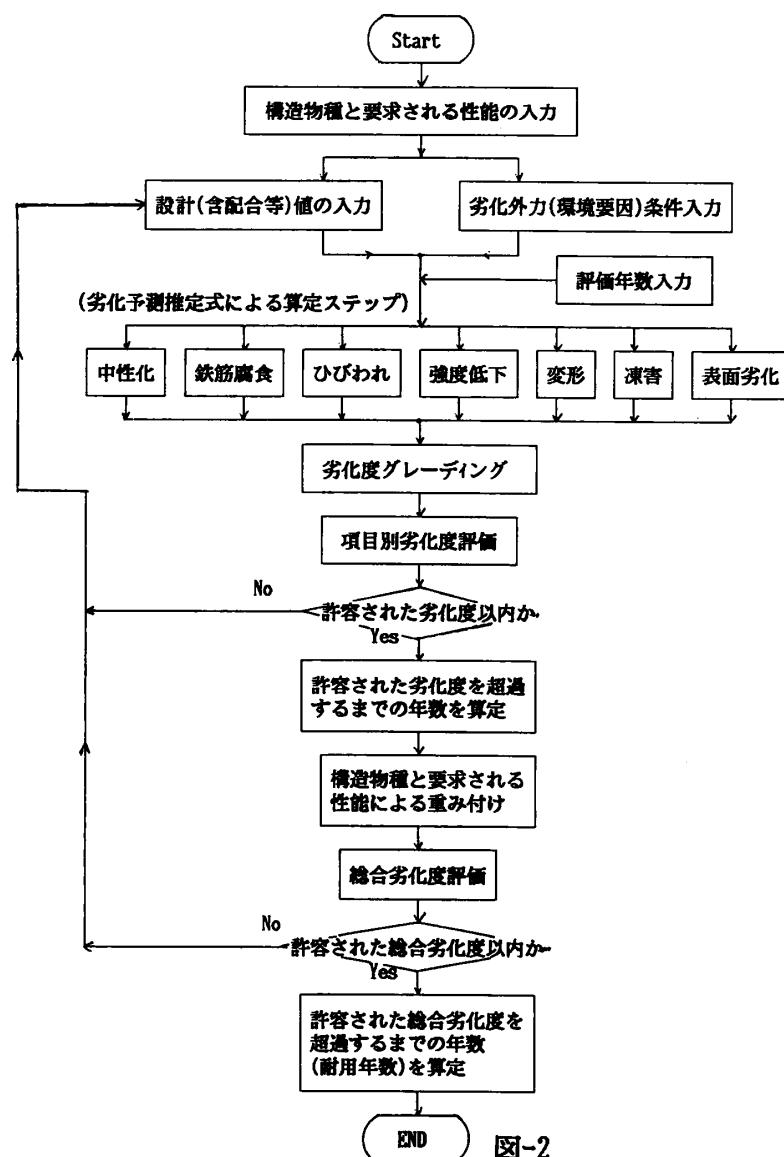


図-2  
RC構造物の耐用年数と劣化度(健全度)

予測評価及び耐久性制御フロー

### 3.2 RCの耐用年数と劣化度予測評価及び耐久性制御システムの構成

図-3に耐用年数と劣化度(健全度)予測及び耐久性制御システム(仮称 DURA CON:Durability of Concrete Evaluating and Controlling System)のブロック概念図を示す。筆者らはRCの耐用年数予測評価や健全度評価の検討を多数行ってきたが実際の構造物の設計・施工データが現存していないケースが多数あった。そのため予測評価システムと設計・施工条件推定のためのデータベース等の組み合わせられているシステムの構築の必要性があると考えられた。これらより既存構造物の設計・施工データが欠損している場合は既往の示方書や基準のデータが入っている設計・施工データベースより初期値を推定し耐用年数と劣化度予測ができるシステムを検討した。

システムの使用に際しては先ず評価する目的、対象を新設構造物か既設構造物の耐用年数及び所定の評価年数での劣化度の推定か、あるいは既設構造物の補修、補強の耐用年数かを決定し入力するメニュー等がホストコンピューター側から表示されるインターフェース部分(Duracon Interface)から起動する。条件データが不足している場合は前述の様に条件データの推定を行う。条件データを基にして図-2に示した詳細なステップで劣化度予測評価を行う。またこれらの予測は、予測誤差を含むので予め既往の構造物の維持管理データ、促進試験等の室内試験データ及び暴露実験データのデータベースを構築しておき、これらの経年変化(劣化)データより予測評価する最も近い環境条件と構造物種の劣化度予測評価による予測誤差を把握する。またこの予測誤差と先程の欠損データを推定したことによる誤差を合わせたものにより予測精度の確認を行い、条件を満足すると判断できれば、これを参考に設計や補修、補強の計画を行う。

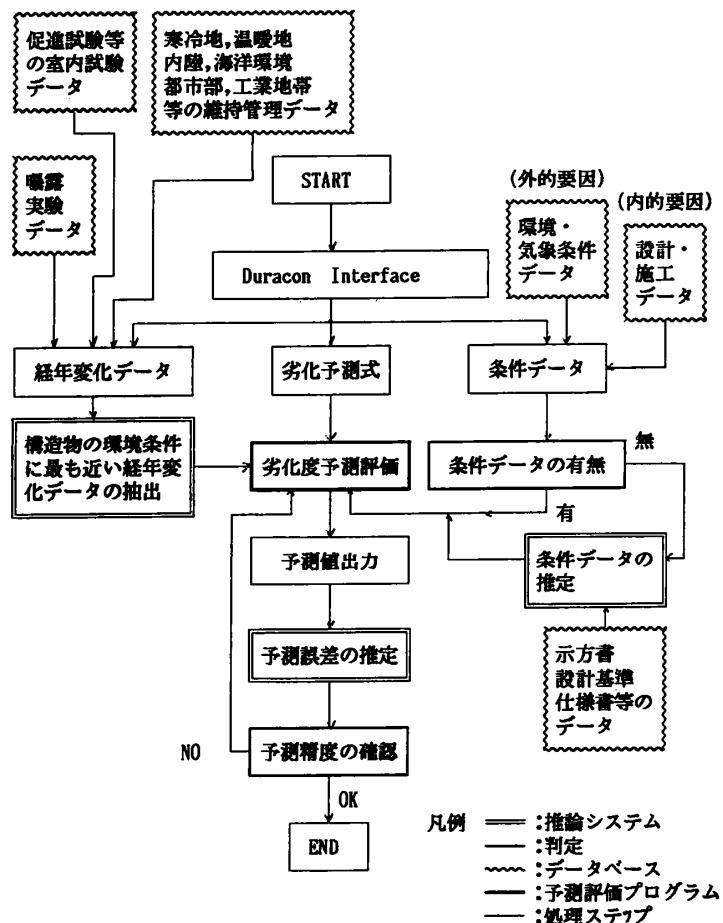


図-3 耐用年数と劣化度(健全度)予測及び耐久性制御システムのブロック概念図

### 3.3 本システムに必要なデータベースの種類と構成

本システムに必要なデータベースの種類と構成を図-4に樹木図として示した。データベースの構成は先ず評価するRC構造物のデータを保存(登録)する予測評価条件データベースと、誤差の推定や欠損した初期条件の推定や既往の予測評価例を記憶するための知識データベースからなる。その主なデータの種類を図中に示した。

表-1に環境・気象条件(外的要因)データベースと設計・施工条件データベース(外的要因)の主なデータの項目を示した。さらに詳細な予測が必要の際は要因が多い精度の高い予測式を用いるためデータの項目を増やす。

表-2に経年変化(劣化)データベースの劣化の主な項目とそれを記録する際の劣化指標を示した。なお、構造物種、要求される性能、管理者により点検や測定する項目に差があり、また最近測定機器の進歩が著しく測定する劣化指標等に違いがあるため、これらの間を換算したり補間したりする方法の検討と計算プログラムが必要である。これらの機能をインターフェイスに持たせる必要がある。

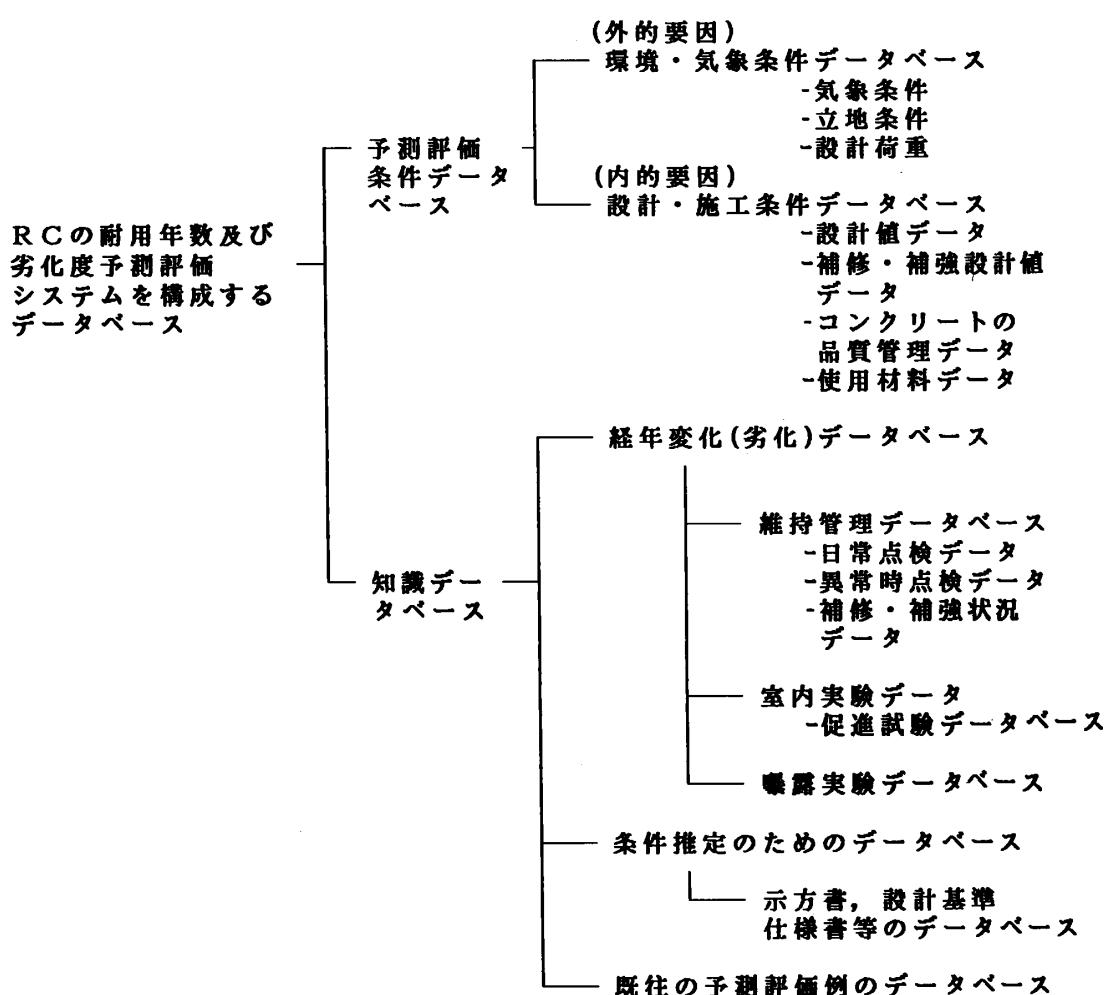


図-4 本システムに必要なデータベースの種類と構成の樹木図

表-1 環境・気象条件(内的要因)データベースと設計・施工条件データベース(外的要因)の主なデータの項目

要因	記号: パラメータ (単位)	要因	記号: パラメータ (単位)
外的要因	t: 供用年数 (年)	内的要因	M/C: 水セメント比 (%)
	L: 海岸からの距離 (m)		UC: 単位セメント量 (kg/m³)
	Co: 飽和塩分濃度 (wt%)		UW: 単位水量 (kg/m³)
	TC: 温度変化量 (°C)		R: セメント種類 AE材種類 骨材種類
	S: 接触水の硫酸塩濃度		RU: セメントに対する骨材中のNa, O (%)
	N: 年凍結融解回数 (回)		RG: 反応性骨材混合率 (%)
	W: 鹿水の補給係数		AE or NonAE: AE剤の有無
	D: かぶり深さ (mm)		DC: コンクリートの拡散係数 (cm/s)
	fs: 鉄筋の応力度 (kgf/cm²)		α: セメントの種類と養生条件により決まる係数
	σ: コンクリートの応力度 (kgf/cm²)		K: 表面強度低減率
設計的要因	B: 注1)		γ: ワーカビリチの指標の指標 ( $\gamma=1$ )
	A: 注1) (cm)		x: 中性化深さ (mm)
	b: 断面の幅 (mm)		P: 腐食面積率 (%)
	h: 部材の全高 (mm)		ひびわれ等
	nh: 鉄筋の本数 (本)		
	φ: 鉄筋径 (mm)		
	fc: コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)		
	fct: コンクリートの引張強度 (kgf/cm²)		
	fb: コンクリートの鉄筋との平均付着強度 (kgf/cm²)		
	Ec: ヤング係数 (kgf/cm²)		
材料的要因	φ: クリープ係数		
	fc: コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)		
	fct: コンクリートの引張強度 (kgf/cm²)		
	fb: コンクリートの鉄筋との平均付着強度 (kgf/cm²)		
	Ec: ヤング係数 (kgf/cm²)		
	φ: クリープ係数		
	fc: コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)		
	fct: コンクリートの引張強度 (kgf/cm²)		
	fb: コンクリートの鉄筋との平均付着強度 (kgf/cm²)		
	Ec: ヤング係数 (kgf/cm²)		

注1) B: 中立軸と鉄筋の中心間の距離に対する中立軸と引張縁との距離の比、はりでは約1.2  
 A: 鉄筋と対称をなす引張側コンクリートの断面積を鉄筋の数で除したもの  
 \* コンクリートの圧縮強度より算定

表-2 表経年変化(劣化)  
データベースの劣化の  
主な項目と劣化指標

評価項目	I. 选定された劣化指標	
	指標	現象
a. 中性化	X (mm)	① 中性化 ② 鋼筋の腐食による現象
b. 鉄筋腐食	P (%)	① 中性化による現象 ② ひびわれによる現象
c. ひびわれ	Hmax (mm)	① 鉄筋の応力によるひびわれ ② 乾燥収縮・温度収縮によるひびわれ ③ アルカリ骨材反応によるひびわれ
d. 強度低下	SN (%)	① 鋼筋強度の喪失による低下 ② 硬化による低下
e. 变形	E (%)	① クリープによる変形 ② 乾燥収縮・温度収縮による変形
f. 塗装害	DN (%)	① 塗装剥離
g. 表面劣化	H (mm)	① 硬化による表面劣化

### 3.4 本予測評価システムの構築のためのソフト及び機器

本システムでは第一の条件として既往のRC構造物の調査データと今後入手できるデータのデータベース化が可能なようにデータの蓄積及び解析部分のソフトにSAS(Statistical Analysis System)を使用する。予測評価の客観性を持たせるとともに入力データに不足なものが有っても、推定でき、また蓄積されているデータの中で最も近い環境条件で同様な構造物種の経年変化データから推定できるように人工知能システムを使用する。人工知能システムに使用する言語は、劣化の算定を行うプログラム部分のFortran言語と連動が比較的容易であるProlog言語を使用する。したがって本システムはこれらを一括して取り込むため大型計算機システム(HITAC M680またはM682のVos.3)を使用する。さらにユーザーが本システムをRC構造物の健全度評価に利用することにより入力データが蓄積され、さらに予測精度が向上するシステムとするために、ユーザーがどこにいても本システムの利用を可能とするためにNTT回線でモ뎀によるパソコン端末を用いたネットワークしたオンラインシステムとする。

### 4.まとめ

RC構造物の耐用年数予測及び劣化度評価システム構築のための基礎的検討を行った結果以下の点が重要である事が認識された。

- 1) 耐用年数及び劣化度の予測評価プロセスを明確に客観的に示すこと。
- 2) 予測評価の際、条件データに欠損データある場合も、人工知能等の利用によりデータベースから検索して補間し誤差を認識したうえで予測不能なケースを少なくすることが可能であること。
- 3) 予測精度を把握し、これを向上させるためには経年変化(劣化)データの蓄積とさらに環境条件と構造物種によるデータの分類を行い条件に応じてこれらを適用すること。

### 謝辞

本研究に際し、御指導を頂いた北海道大学藤田嘉夫教授、北見工業大学林正道学長に感謝いたします。また御協力を頂いた大成建設(株)佐々木誠氏、小山氏他及び小沢コンクリート工業(株)の各位、北見工業大学技官岡田氏に感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 桜井宏、青木俊彦、百崎和博、鈴木明人:コンクリート構造物の経年変化推定のためのデータの解析に関する検討及び考察、第8回コンクリート工学年次講演会論文集、pp.221-224、1986
- 2) 桜井宏、鮎田耕一、鈴木明人、百崎和博、佐伯昇、藤田嘉夫:RC構造物の耐久性設計及び寿命予測のための経年変化データの解析及び検討、コンクリート構造物の耐久性設計及び寿命予測に関するシンポジウム論文集、pp.23-30、1988
- 3) 桜井宏、鮎田耕一、鈴木明人、岡田包儀:コンクリート構造物の耐用年数評価手法に関する検討、土木学会第44回年次学術講演会概要集5、pp.724-726、1989