

# コンクリート構造物における劣化診断支援システム

Development of a system for evaluation of Existing concrete structures

伊代田 岳 史\*・魚 本 健 人\*\*

Takeshi IYODA and Taketo UOMOTO

## 1. はじめに

日本における経済成長が終わりを告げ、現在では新設構造物を建設するよりも、既設構造物をメンテナンスすることで、延命化させ用途する風潮が強まりつつある<sup>1)</sup>。

既設のコンクリート構造物は、立地環境や材料条件、構造形式等によって様々な劣化を受け、ひび割れや表面劣化等の劣化現象が引き起こされている。このような劣化原因により構造物自体の耐力が低下し、構造物の破壊に至るケースも少なくない。そこで、劣化している既設構造物の劣化原因を明確にし、劣化のレベルを判定する必要がある。劣化レベルを定量的に判定できれば、いつ、どの構造物に対して補修補強を行うべきかを判断することが可能となる。しかし、現在における維持管理は JR や JH 等の各機関ごとに行われており、またその多くは主に輪荷重等の物理的要因に着目しており、塩害等の化学的要因で検討している例はほとんどない。

そこで、本研究は専門家以外の人が簡易な質問に解答することで劣化原因と劣化度を判定できるシステムを構築することを目的とした。具体的に既設構造物から得られる立地条件と劣化現象を元に劣化原因の推定を行い、劣化レベルを判定するシステムの構築を試みたものである。

## 2. 劣化診断支援システムの概要

現在の維持管理は構造物を一次診断として、環境条件と目視検査によりある程度の劣化度を判定し、そこで詳細調査の必要性を判定する。もし、必要と判定されれば、二次診断として非破壊検査等を利用して劣化度の判定と劣化予測を行い、補修補強の要否判定を行うこととなる。しかし、これから訪れる修繕大国の日本においてはすべての構造物

に非破壊検査等の大がかりな検査を行うことは不可能である。そこで、環境条件と簡易な目視検査による診断で劣化原因を推定し劣化度を判定できるシステムを構築する必要がある。これが完成すれば、この結果から補修補強の要否が判定できることになる。

劣化診断支援システムは二段階に構成されており、劣化原因推定部と劣化度判定部に別れている。劣化原因推定部では既設構造物からの情報を対話型の質問形式に解答することで取り上げた劣化原因の中から可能性のあるものをすべて選出できるシステムである。一方、劣化度判定部では、劣化原因推定部で推定された劣化原因別に作成された劣化進行予測をもとに、目視検査で得られる情報より現在の劣化状況が劣化進行予測におけるどの部分であるかを判定するシステムとなっている。

劣化度の判定結果より、構造物ごとに劣化度の順位をつけることが可能となるため、補修補強を行う優先順位を決定することが可能となるのである。

## 3. 劣化原因推定

### 3.1 劣化原因推定のための知識収集

コンクリート構造物は、施工条件、環境要因（内的・外的）、構造設計、コンクリートの品質等により劣化原因を誘発し、様々な劣化現象を引き起こす。これを逆問題としてとらえれば、現時点で発生している劣化現象と環境要因を組み合わせることで劣化原因を推定できると考えた。そこで、劣化原因として、中性化、塩害、アル骨、凍害、化学的腐食、疲労、乾燥収縮、温度応力、施工不良の9つを取り上げ、これらを専門家や文献<sup>2)3)</sup>等を利用して個々に調査を行った。調査項目は1) 構造物の形態、2) 環境立地条件、3) 劣化現象（ひび割れ、表面劣化）とした。これにより得られた結果を表1に示す。ここで、表中の●は調査した劣化原因で起こりうると思われる環境または劣化現象を表している。

\*東京大学生産技術研究所 第5部

\*\*東京大学国際・産学共同研究センター

表 1 調査結果のまとめ

		中性化	塩害	凍害	アルカリ	乾燥収縮	温度応力	疲労	化学腐食	施工不良
構造の形態	土木構造物	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	建築物	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	鉄筋コンクリート	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	無鉄筋コンクリート			●	●	●	●	●	●	●
	下水道・温泉施設								●	
地条件 環境立	大断面構造物						●			
	塩害危険区分		●							
	凍害危険区分			●						
	水分供給が豊富	●	●	●	●					
表面ひび割れ	交通量が多い	●						●		
	亀甲状			●	●					
	格子状							●		
	軸方向				●					
	鉄筋方向	●	●					●	●	
	微細な網目状						●			
	不規則な微細					●	●			
	隅角部等の斜め					●		●		
コールドジョイント									●	
表面の劣化	錆汁	●	●						●	
	豆板									●
	骨材露出								●	
	漏水			●				●		
	白色ゲル				●					
	剥落	●	●					●		
	スケーリング			●					●	
変色								●		
遊離石灰					●		●			



写真 1 診断する構造物の写真

3.2 劣化原因推定手法

表 1 で示したすべて調査項目について考えられるすべての組み合わせを作った。つまり、調査項目がその劣化原因ではおこりうることはないとは確信できる場合にはその劣化原因を消去するといった方法で推定することになる。これにより劣化原因の推定は上からの質問に回答することで劣化原因を絞っていくことになる。しかし、本システムは非専門家においても診断できることが必要と考えたので写真等を導入してビジュアル的にわかりやすいものとした。

4. 劣化原因推定例

劣化原因推定例として一例を示す。写真 1 は東大生研のとある場所の写真である。この写真と立地環境を入力項目として劣化原因の推定を行う。

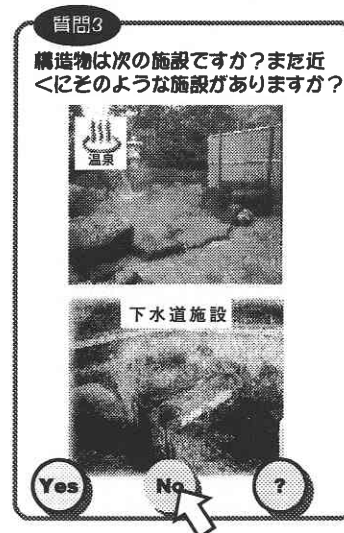


図 1 立地環境調査質問項目 (その 1)

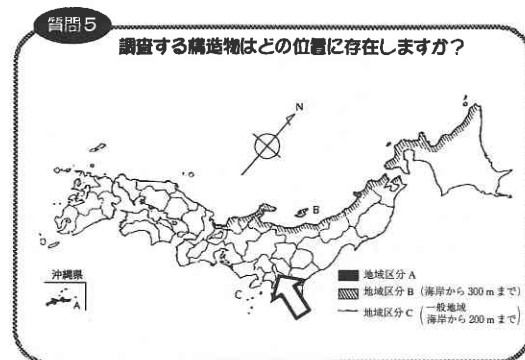


図 2 立地環境調査質問項目 (その 2)

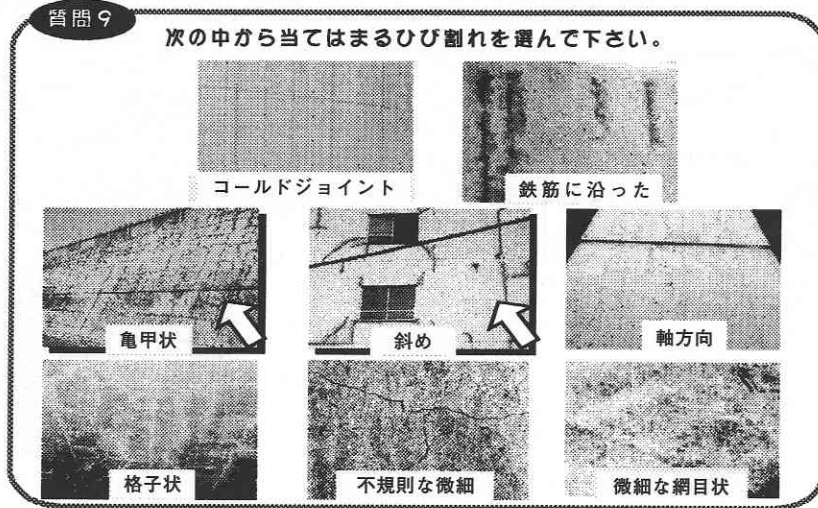


図 3 劣化状況調査 (ひび割れ)

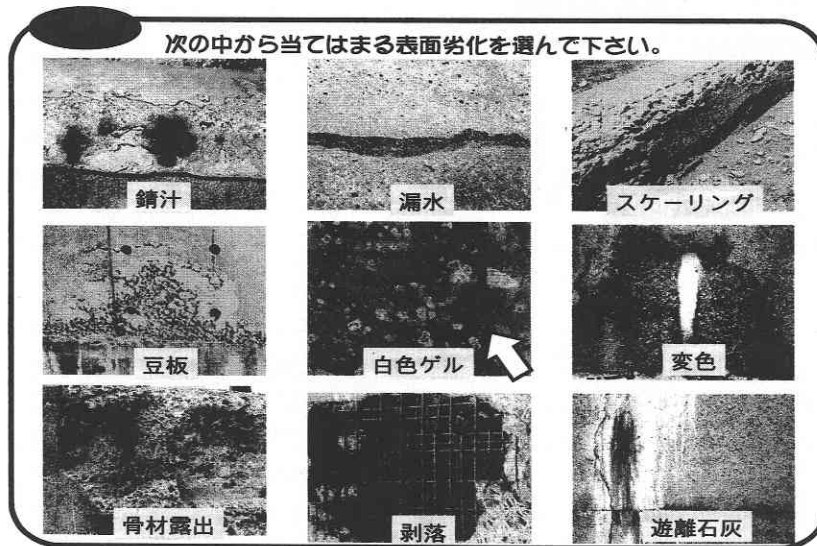


図 4 劣化状況調査 (表面劣化)

立地環境調査は図 1, 2 に示すように、構造物の立地位置や近くの環境（温泉や下水道施設の有無）を調査するものである。質問には簡単に解答できるように簡単に選択できるように作成した。また、簡易な目視検査で評価できるようひび割れと表面劣化に関しては図 3, 4 に示すように見受けられる現象を選択するようにした<sup>4)</sup>。

構造物の立地環境としては特別な施設が近づくなく、また塩害や凍害等の危険地域には当てはまらない。またこの写真からひび割れとして亀甲状と斜めひび割れが選択でき、表面劣化としては白色ゲルが選択できる。これらを総合的に判断するとこの構造物はアルカリ骨材反応と乾燥収縮による劣化が起こっていると判定できる。

### 5. 劣化度判定の基礎

劣化原因推定において推定された原因ごとにその原因別の劣化度を考える必要がある。そのためには劣化原因別に劣化の進行を予測する必要がある。筆者らは前報<sup>5)</sup>により劣化進行予測のための耐力計算手法を構築し、各原因別（塩害、中性化、化学的腐食）の耐力低下を鉄筋腐食に注目して表現した。

この理論を配力筋をもつ構造物に拡張し、それぞれ主鉄筋、配力筋を別々に取り扱うこととして計算を行った結果を図 5 に示す。これによると、配力筋方向に先に腐食ひび割れが発生し、その後主鉄筋方向にひび割れが発生すると

研 究 速 報

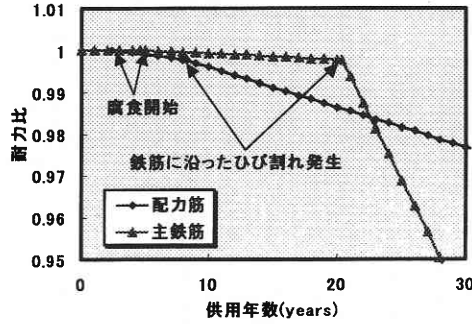


図5 配力筋を持つスラブの耐力低下

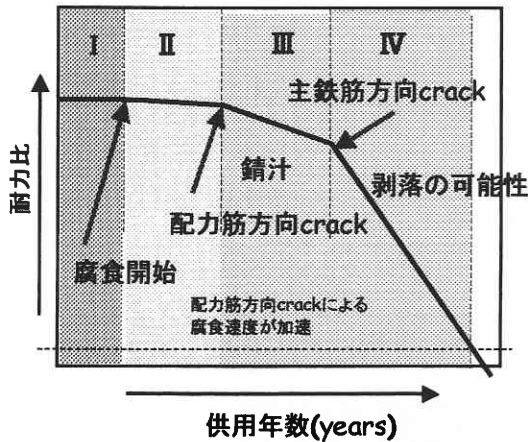


図6 鉄筋腐食における劣化度判定手法

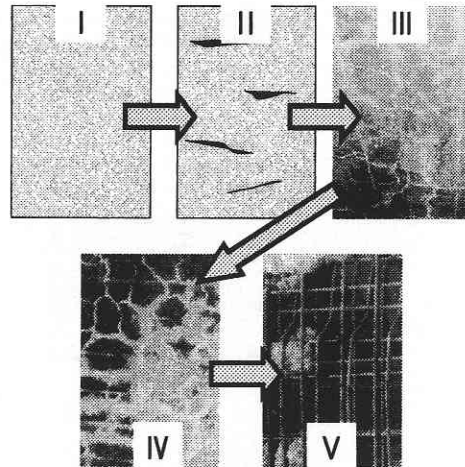


図7 疲労による劣化度判定手法

6. ま と め

本研究により得られた結果を以下に示す。

- (1) 構造物の診断において構造物の立地環境と簡易な目視検査による劣化現象を入力項目とする劣化原因推定システムを構築した。これを利用することで、専門家以外の人が劣化原因を推定することが可能となった。今後これを利用して、劣化構造物の調査を行えばデータベースの作成が容易にできる。
- (2) 簡易な調査方法である目視検査による劣化度の判定手法を提案した。

今後は多くの劣化構造物を調査しデータベースを作成するとともにシステムの拡張を行う必要がある。また、正確な劣化進行過程を確立するためにより精度の高い劣化モデルを構築する必要があると考える。そして、初期の欠陥を考慮できるシステムに拡張する必要がある。

(1999年10月8日受理)

参 考 文 献

- 1) JCI：コンクリート構造物のリハビリテーション研究委員会報告書，1998.10.
- 2) たとえば 岸谷孝一，西澤紀昭他編：コンクリート構造物の耐久性シリーズ，技報堂出版.
- 3) 日本コンクリート工学協会：コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針.
- 4) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の劣化および補修事例集.
- 5) 伊代田岳史，魚本健人：コンクリート構造物の劣化原因別劣化進行予測システムの構築，生産研究投稿中.

いう二段階のひび割れ発生を示すことが分かった。また、配力筋方向のひび割れは耐力的には大きな影響を及ぼさないことも確認できた。これよりこのひび割れを発見することで劣化度を判定できるのではないかと考えた。

本研究における鉄筋の腐食に注目した劣化度のランク分けを図6に示す。これによれば、配力筋方向のひび割れ、錆汁の流出、主鉄筋方向のひび割れ、剥落等を目視検査することで劣化度を判定することが可能であることが分かる。

また、疲労による劣化の進行に関しては図7のように解明されているため、これを利用することで劣化度を判定することが可能である。

このようにして、ひび割れや表面劣化の様子により劣化度を判定できると考えられる。今後はコンクリートの劣化に注目して凍害、アル骨等の劣化の進行過程を解明することで、劣化度の判定が可能となると考えられる。一方、初期に発生する温度応力や施工不良、長期耐久性に影響を及ぼすと考えられる乾燥収縮ひび割れ等がどの程度影響を及ぼすのかを解明することでより詳細な劣化度判定手法を構築することが可能であると考えられる。