

# コンクリート構造物の診断における臨床学的方法論の適用

コンクリート研究室 新田 晟也  
指導教官 下村 匠

## 1 はじめに

平成 26 年より、5 年に 1 度の点検が義務化された。点検によって得られた結果をもとに、構造物の健全度の判定を行うことは国土交通省において定められており、コンクリート診断士などの専門家が診断を行っている。しかし、50 年経過構造物の増加に伴い、一般の土木技術者においても点検・診断を行わなければならないのが現状である。医療では、医師の経験と知識から構築されたアルゴリズムによって診断を行っており、コンクリート構造物の診断に生かすことができるのではないかと考えた。そこで、本研究では、医療における診断方法をコンクリート構造物の診断に適用し、コンクリート構造物に生じる変状から劣化現象、健全度判定を行うことのできる診断システムの構築と実構造物に対する実用性の検討を目的に、劣化現象のメカニズムの整理と問診票の作成を行った。

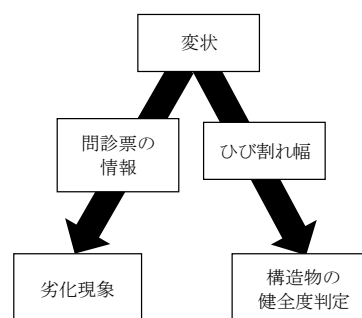


図 1 診断システムの全体構成



図 2 塩害によって生じた変状

## 2 診断システムの構築

### 2-1 診断システムの全体構成

診断システムの全体構成を図 1 に示す。

構造物に生じた変状から、劣化現象と構造物の健全度を評価するためのシステムである。

### 2-2 変状の選定

構造物には各劣化現象によって様々な変状が生じる。塩害によって発生する変状を図 2、ASR によって発生する変状を図 3 に示す。どちらもひび割れが構造物に生じており、コンクリート構造物に最も顕著に表れる変状であるひび割れを本研究における変状と限定する。



図 3 ASR によって生じた変状

### 2-3 健全度評価における検討

コンクリート構造物にひび割れが生じた場合の構造物の健全度評価は、一般の土木技術者においても測定が容易であるひび割れ幅を用いる。

コンクリートのひび割れ調査、補修、補強指針によって制定されている基準を参考とし、表1のように評価基準を設定した。

表1 ひび割れ幅による健全度判定

	健全度 II 進展期	健全度 III 加速期	健全度 IV 劣化期
ひび割れ幅	0.2mm 未満	0.2mm 以上 0.5mm 未満	0.5mm 以上

### 2-4 劣化現象の整理

本研究では、ひび割れを生じさせる劣化現象として、中性化、塩害、凍害、ASR、乾燥収縮、水和熱、地震、不同沈下、疲労について推定を行う診断システムとした。

各劣化現象がひび割れを発生させるメカニズムを整理するとともに、医療における問診票を構造物に適用し、各劣化現象をまとめた。図4に塩害がひび割れを生じさせる場合のメカニズムを示し、図5に塩害の場合の問診票を示す。

### 2-5 構築結果

ひび割れ幅による健全度判定と各劣化現象のひび割れ発生メカニズム、問診票をまとめて診断システムを構築する。問診票による情報から診断フローに用いるフィルターを選定し、各劣化現象を推定するために用いた。

図6に完成した診断システムを示し、図7にフィルターの詳細を示す。

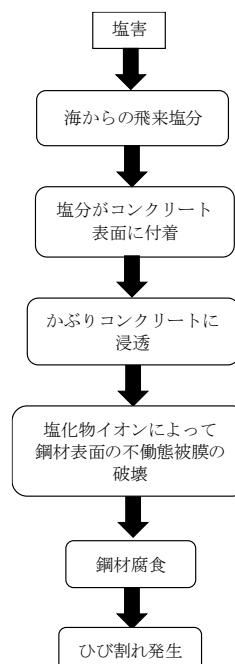


図4 塩害のひび割れ発生メカニズム

	劣化機構	
問診票	塩害	
構造形式	-	
劣化部材	-	
地域	積雪寒冷地	
周辺環境	飛来塩分 凍結防止剤	
ひび割れパターン	直線状	○
	主鉄筋に沿った	○
	主鉄筋に対して直角	-
	亀甲状	-
	網の目状	-
	斜め	-
	錆汁	○
	鋼材の露出がある剥落	○
	エフロレッセンス	-
	地震の履歴	-

図5 塩害の場合の問診票

### 3 実構造物に対する実用性の検討

#### 3-1 診断システムのプログラム化

診断システムは、フローチャートによる判定であるため、実構造物には実用しにくい。そのため、ユーザーフォームによってプログラム化し、対話形式の診断プログラムを作成し、実用性の検討に用いた。

#### 3-2 実用性の検討

本研究では、コンクリート診断士試験合格指南 2012 年版に記載されている実構造物の診断例を、診断システムの実用性検討に用いる。本書においてはコンクリート診断士が実際に診断を行い、試験によって得られた詳細な情報を元に劣化現象を特定、今後の補修に対する意見が述べられており、作成した診断システムの診断結果と、コンクリート診断士によって診断された結果に対しての比較検討を行う。また、診断プログラムが人によって診断結果が異なるか検討をするために、本研究室の修士学生 8 名に各 Case における診断を行っていただいた。

#### 3-3 診断結果の比較

コンクリート診断士の診断結果と比較する。比較表を表 2 に示す。コンクリート診断士と異なる診断結果を黄色で表した。

表 2 より、Case1, Case2, Case3 においてはコンクリート診断士の診断結果と同じ判定を行うことができた。劣化現象についてはすべて同じ診断結果となったが、健全度のグレード判定では結果が異なるケースがあった。ひび割れ以外の変状が生じていない場合において、ひび割れ幅のみで健全度を表しているため、コンクリート診断士との判定が異なると考えられる。

Case3 ではひび割れ形状に対して直線状

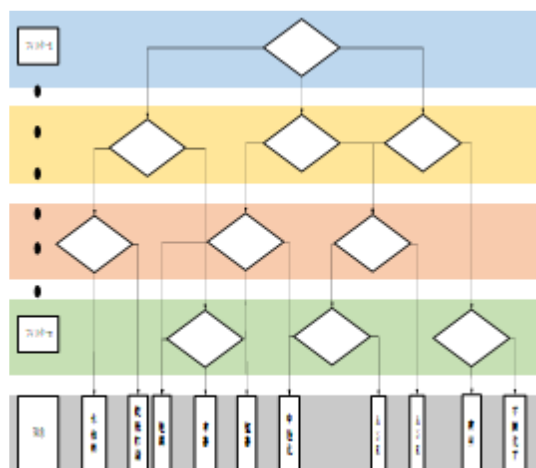


図 6 診断システムの構築結果

フィルター
ひび割れ形状
ひび割れ方向
ひび割れの規則性
ひび割れに伴う変状
ひび割れに伴う変状
構造形式
周辺環境
地震履歴
劣化部材

図 7 フィルターの詳細

であると思ひ診断を進める場合と、網の目状であると思ひ診断を進める場合の 2 パターン存在したが、どちらも診断結果は疲労と推定された。ひび割れ形状は各劣化現象に対して特徴があり、複数のひび割れが生じている場合に使用者の見方で異なる分岐に進む場合がある。しかし、どの形状を選択した場合においても劣化機構のメカニズムに対して診断プログラムを作成しているため、同様の診断結果を示すことができたと考えられ、単独の劣化現象に対しては実用性があるといえる。

Case4, Case5 はどちらも複合劣化の実例であった。Case4 では凍害と塩害の複合劣

化が生じている場合であり，診断プログラムではどれも疲労という結果になった．ひび割れ形状が主鉄筋方向に生じているが，ひび割れ面からはエフロレッセンスが溶出している．構造物に剥落が生じているが，鋼材の露出を伴う剥落ではなく凍害特有のスケーリングに近い，表面上の剥落である．作成した診断プログラムでは，複合劣化のメカニズムは考慮できていないことが分かる．塩害では，主鉄筋方向のひび割れに対して鋼材の露出を伴わない剥落が起きた場合に，鋼材腐食による主鉄筋方向のひび割れでなく，単純な主鉄筋方向のひび割れであり，コンクリート表面が剥落していることから，床版下面の疲労による変状と間違えた診断を行った．複合劣化に対しては，各劣化機構のメカニズムから複合劣化に対するメカニズムを推定し，臨床学的方法論を適用することによって診断プログラムに反映することができるのではないかと考え，今後詳細に検討する必要がある．

		コンクリート診断士による結果		診断プログラムの結果
Case1	劣化機構	ASR		ASR
	グレード判定	II		II
Case2	劣化機構	水和熱		水和熱
	グレード判定	III		III
Case3	1	劣化機構	疲労	疲労
		グレード判定	III	II
	2	劣化機構	疲労	疲労
		グレード判定	III	II
Case4	1	劣化機構	凍害 塩害	疲労
		グレード判定	III	IV
	2	劣化機構	凍害 塩害	疲労
		グレード判定	III	IV
	3	劣化機構	凍害 塩害	疲労
		グレード判定	III	IV
	4	劣化機構	塩害 凍害	疲労
		グレード判定	III	IV
Case5	1	劣化機構	ASR 凍害 塩害	ASR
		グレード判定	III	II
	2	劣化機構	ASR 凍害 塩害	ASR
		グレード判定	II→III	II
	3	劣化機構	ASR 凍害 塩害	疲労
		グレード判定	II→III	II

表 2 診断結果の比較

#### 4 まとめ

本研究により得られた知見を以下に示す．

- 1) コンクリート診断士と同様の診断結果を得ることで，診断システムの実用性を確かめるとともに，複数名が同じ構造物に対して同判定を行うことによって診断プログラムの使用性も認めることができた．
- 2) 複合劣化による劣化機構の変状が複数同時に作用している場合においてもコンクリート診断士の判定と同様の結果が得られるように劣化メカニズムと診断項目の検討を再度行う必要がある．