

報告 劣化診断支援システムを使用した多摩川橋梁調査報告

横澤 祐希^{*1}・佐藤 貴則^{*1}・加藤 佳孝^{*2}・魚本 健人^{*3}

要旨：膨大な社会資本ストックを効率的に維持管理するためには、構造物の現状を簡易に把握することが必要不可欠となる。このような状況に対して、著者らは劣化診断支援システムの開発をこれまでに実施してきた。本報告では、開発したシステムの診断結果に及ぼす検査者の影響、および診断結果の妥当性の検証を行った。さらに、複数の構造物を実際に調査し、収集した構造物の診断結果データベースの活用方法に関する検討を行った。

キーワード：劣化診断支援システム, 橋梁調査, 再劣化

1. はじめに

我が国では高度経済成長期において、膨大な社会資本整備を実施したため、供用開始後約 50 年を迎えようとする構造物が膨大に存在している。このような現状に対して、構造物の効率的な維持管理を目指して様々な研究開発が行われている。著者らはこれまでに民間会社と共同で「劣化診断支援システム」を開発してきた¹⁾。本システムは、目視検査ベースの情報を活用して、構造物の劣化原因、劣化度の判定を行う事ができ、システムへの入力に関しても、診断に関する高度な技術がなくても入力を可能とするようなインターフェースを構築している。今後、構造物の点検において本システムを活用していく事を想定すると、当然、複数の人間によって実施される事が想定される。このような状況でシステムに要求される性能としては、診断結果が入力者に依存しない事が挙げられる。

本報告では、複数の構造物の診断調査を実施し、多摩川に架かる橋梁の中で特徴的な変状を紹介するのに加え、開発したシステムの検証として同一の橋梁を対象とした場合の検査者の影響を検討した。さらに、得られた結果から本システムの妥当性の検証、および収集した構造物の診断結果データベースの活用方法に関する検

討を行った。

2. 出力結果の妥当性の検討

以下において、複数の人間による出力結果の差異、劣化原因候補の妥当性、さらに劣化度の妥当性を検討した。(1)では a を、(2)と(3)ではある川にかかる 1937 年竣工の橋梁 b を対象とした。

2.1 複数の人間による出力結果の差異

この橋梁 a は、海沿いにある 1966 年竣工の高架橋であり、PC 桁を採用している。海岸線からの距離は 30~50m 程度であり、非常に苛酷な環境にある。この橋梁 a を本システムを用い大学院生 2 名によって調査し、診断結果が互いに合

表-1 診断結果が合致した割合

	桁 A	桁 B	桁 C	桁 D	桁 E
変状原因候補 1	67%	76%	53%	60%	72%
変状原因候補 1or2	72%	93%	70%	65%	81%
変状原因候補 1or2or3	84%	95%	73%	79%	81%

*1 東京大学 工学系研究科 社会基盤学専攻 (正会員)

*2 東京大学 生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター 講師 博士(工学) (正会員)

*3 東京大学 生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター 教授 工博 (正会員)

致した割合を表-1に示す。変状原因候補1とは、変状診断の結果、数ある変状原因のうちの第一候補を示したものである。

桁A～Eにおいて双方の変状原因候補1のみを照合すると65%程度の合致率であるが、第一～第三原因候補まで合わせて照合すると82%程の高い合致率を示す。よって、複数の人間によって入力されても、第三原因候補まで考慮すればある程度同じ結果を得られる事が確かめられた。

2.2 劣化原因候補の妥当性

橋梁bはこの地域の重要な幹線道路であったため最近まで一日約8万台の交通量が発生した事、またピーク時には1000m以上の渋滞となった事を考えると、過積載の大型車が上下線で重なり、橋梁が長時間に渡り過大に荷重された事が予想される。さらに戦前の竣工であるため、長い間過酷に使用されてきたと思われる。

実際の劣化状況を写真-1に示す。このひび割れがコンクリートの圧縮側にまで進展していないので、曲げによる縁応力が起因のひび割れである事が予想される。

以上の事を考えると、本システムによる診断結果として、荷重に関係した劣化原因、即ち過大荷重や疲労がまず挙げられるべきである。

そこで、この橋梁を診断したところ、表-2の結果となった。ここで表の中の点数とは、各部位における劣化の種類や程度から算出される値で、この値が高いほど、劣化原因で可能性が高い、確からしい事を表す。

さらに、このシステムは竣工年を入力するようになってきているが、この項目のみを2004年と意図的に操作し再度診断すると、疲労、断面不足、過大荷重における変状原因の点数が図-1中の様に顕著に変化する。これは、異なる構造物の間でひび割れの入り方が同様な場合、竣工から長期間経過したものの方は上載荷重に起因する劣化の可能性が大きいという事が、診断プログラムに反映されている事を示す。

以上より、これらの検討の範囲内ではあるが、推定される劣化原因候補は概ね妥当であるとい



写真-1 桁の下面に見られるひび割れ

表-2 橋梁bの変状原因診断結果

	変状原因	変状部位の割合	点数
変状原因候補1	断面不足	91%	4.0～20
	過大荷重		
変状原因候補2	疲労	74%	2.2～9.0
変状原因候補3	乾燥収縮	47%	1.0～5.0

える。

2.3 劣化度の妥当性

本システムでは劣化原因に加えて劣化度を算定する事が出来る。出力としては、以下の4段階で表示される。

- 無：劣化なし
- 1：軽微劣化（定期点検で監視を続ける）
- 2：劣化している（継続的な監視が必要）
- 3：著しい劣化（早急に対応が必要）

橋梁bの劣化度を図-2に、図中左の「著しい劣化」部分の写真を写真-2に、右の「劣化して

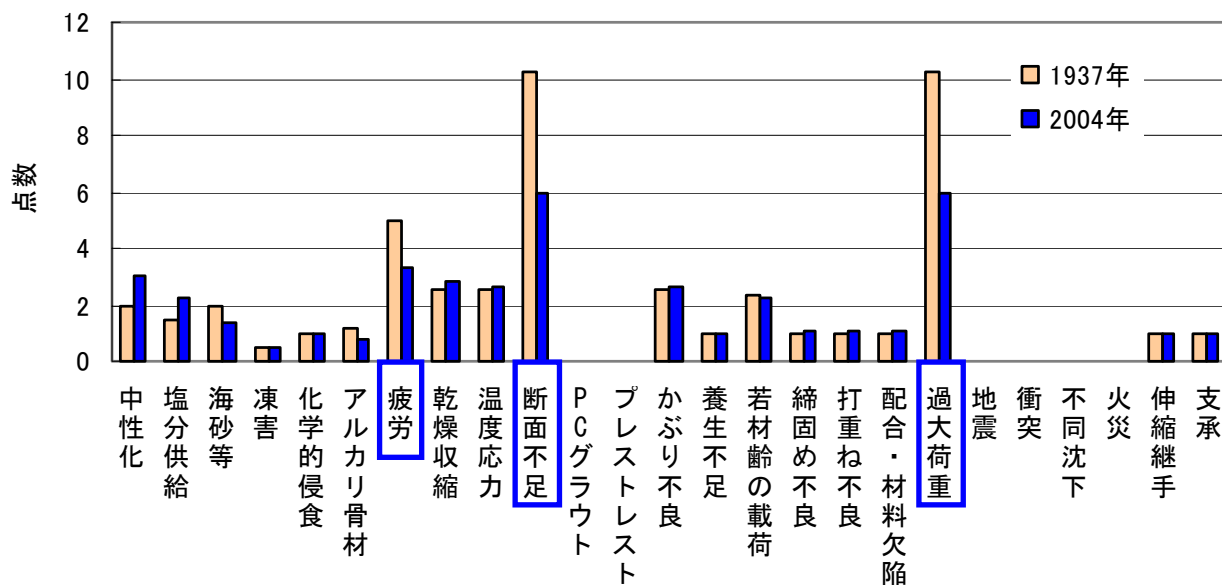


図-1 竣工年を変化させた場合変状原因診断結果に及ぼす影響



写真-2 1行目の劣化部位



写真-3 2行目の劣化部位

いる」部分の写真を写真-3に示す。前者は大きく断面欠損しさらに剥落する可能性があるのに対し、後者は0.2mm程度のひび割れが存在する程度である。よって、劣化度の算定も妥当であると言える。

3. 調査について

3.1 調査概要

表-3、表-4は、事前調査の結果多摩川にか

かる橋梁を橋梁形式別、使用目的別に分けたものである。全61橋のうち、代表的な橋梁、また斜張橋や鋼アーチ橋などの本システムではサポートされていない橋梁、谷間で河川敷から詳細を確認できない橋梁を除き、17橋(c~s)について劣化診断を行った。

橋梁における調査範囲は、河川敷や堤内地から見える橋台、橋脚、桁を調査範囲とした。鉄

道橋で鋼桁の場合は、桁の調査は省略した。工事中でバリケードがなされている所や川の水が流れている上の部分は省略した。

調査に必要とした時間は、事前調査では河口から小河内ダムまでの全 61 橋に 3 日、また本調査では 17 橋に 14 日を費やした。

本調査対象の橋梁では、全部で 224 径間ある

が、そのうち 124 径間が調査範囲である。よって、鉄道橋又は道路橋、橋長、現場までの距離の違いはあるものの、平均して 1 日 8~9 径間を調査したこととなる。

表-3 形式別橋梁分布

コンクリート		鋼				斜張橋
RC	PC	ガーダー		アーチ	トラス	
		I型	箱型			
3	6	15	16	10	7	4

表-4 使用目的別橋梁分布

道路	鉄道	水道	送電
41	16	3	1

3.2 調査結果

以下に 17 橋の中から特徴的な変状を紹介する。

(1) c 橋の大型トラック衝突跡

写真-4 は PC 床版橋の床版下面部位であるが、ここに大型トラックの荷台天端が衝突した物と思われる跡が残っている。このため、PC のシース管や鋼棒が破断、露出している。

(2) d 橋の剥離部分

写真-5 は RC 床版橋であり、過密配筋によりかぶり部分を十分に締固める事が出来なかったと思われ、かぶりが所々剥離している。これは、前後の陸上ラーメン高架橋まで及ぶ。

(3) e 橋梁橋脚の侵食

橋脚はそれほど傷んではないが、橋脚基礎

RCT	支点部	1/4支間部	支間中央部	1/4支間部	支点部	見上げ
地覆・高欄	劣化している	劣化している	劣化している	劣化している	劣化なし	
	見えない	見えない	見えない	見えない	見えない	
張出し床版	劣化している	劣化なし	劣化なし	劣化している	劣化している	張
	劣化している	劣化している	劣化している	劣化している	劣化なし	5
	劣化している	劣化している	劣化している	劣化している	劣化している	幅
	劣化している	劣化している	劣化している	劣化なし	劣化している	1
	劣化している	劣化している	劣化している	劣化している	劣化している	張
	劣化している	劣化している	劣化している	劣化している	劣化している	5
張出し床版	著しい劣化	劣化なし	劣化している	著しい劣化	劣化している	端横桁以外の横桁
	見えない	見えない	見えない	見えない	見えない	
地覆・高欄	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	

図-2 劣化度の算定



写真-4 c 橋床版下面部位



写真-5 d 橋剥離部分

が激しく痛んでいる。全体的にかぶりが残っておらず、数多くの鉄筋が剥き出しである。この様子を写真-6 に示す。なお、写っている部分は下流側の面である。

(4) f 橋梁橋脚のひび割れと上下のずれ

橋脚の多くはレンガ、石積みとコンクリート



写真-6 e 橋梁橋脚基礎



写真-8 吹付けコンクリートの剥離



写真-7 f 橋梁橋脚

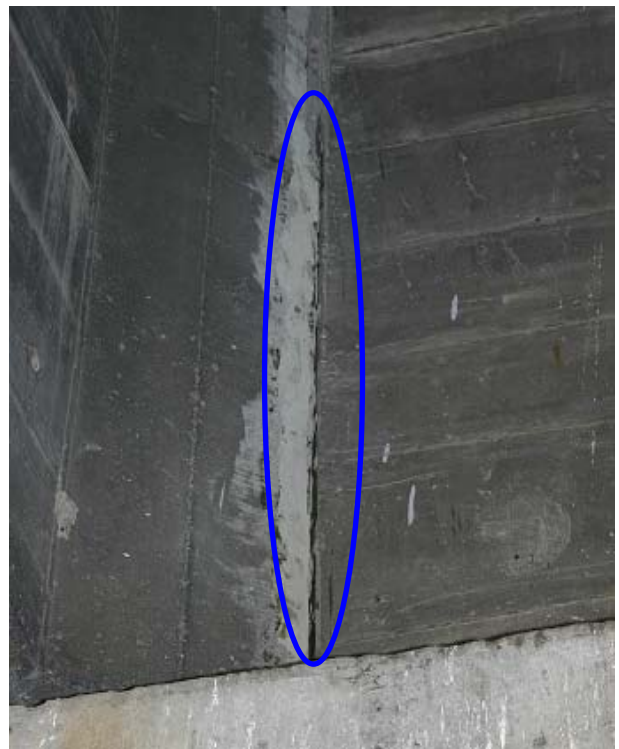


写真-9 完全に補修していない事例

からなるが、幾つかはコンクリートのみで出来ているものもある。写真-7の橋脚は、下部と上部のコンクリートがずれ、又鉛直、水平方向にひび割れが多くある。上下で分離しているわけではないので、上部を打ち込む時に型枠支補工がずれたものと思われる。

(5) 吹付けコンクリートの剥離

写真-8はg橋梁橋脚の補修でワイヤーメッシュの上からモルタルが吹き付けられ補修されているものであるが、これが剥離しメッシュが錆びている。

(6) 幅の広いひび割れを補修していない

写真-9に示すh橋梁の縦桁と横桁の間や床版と縦桁の間には、幅の広い明らかなひび割れが補修されずに残っている。

(7) ガーダー橋梁のひび割れ

この形式のRC床版では、総じて橋軸直角方向にひび割れが目立ち、そこに遊離石灰が析出しているものが多数である。写真-10に示す通り、短い間隔に数本存在することも稀ではない。

4. 本システムの活用事例

高度経済成長期に造られた膨大な社会資本をいかに効率的に維持管理するかを目的に本システムは開発された。出力結果は、主に変状原因



写真-10 I橋 RC床版のひび割れ

と劣化度であるが、以下では劣化度の活用事例を考えた。

4.1 補修の優先順位の決定

市民生活の中で最も依存性の高い橋梁や、大地震等で使用不可になった場合に甚大な影響を及ぼす橋梁は優先的に点検、補修をするべきである。よって市民の依存性や災害時における必要性がそこまでは及ばないが、数的に大部分を占め依存性、影響力が拮抗している橋梁の優先度をいかに決め効率的に補修していくかが重要である。この問題に本システムが活用出来る。

例えば、依存性が同程度の橋梁 i, j の補修を計画する場合、これらの調査をした後に、劣化度を算定する。図-3、図-4 は、それぞれ i 橋、j 橋の劣化度の算定図を表す。i 橋は j 橋に比べて多くの部位で「著しい劣化」の劣化度=3 である。よって、劣化が著しい i 橋から補修に取り掛かるのがよい。

次に、変状原因診断機能を使い、変状原因候補と確からしさを表すその点数を考慮して、それらの原因を除去するといった補修の計画を立てるのが最も効果的ということが出来る。

5 まとめ

本報告では、多摩川に架かる橋梁を例とし、

見えない	見えない	見えない	見えない	見えない
見えない	見えない	見えない	見えない	見えない
著しい劣化	著しい劣化	著しい劣化	著しい劣化	著しい劣化
劣化している	劣化している	劣化している	劣化している	劣化している
床版-A2	床版-B2	床版-C2	床版-D2	床版-E2
床版-A3	床版-B3	床版-C3	床版-D3	床版-E3
劣化している	劣化している	劣化している	劣化している	劣化している
劣化している	劣化している	著しい劣化	著しい劣化	著しい劣化
劣化している	劣化している	劣化している	劣化している	劣化している
見えない	見えない	見えない	見えない	見えない
劣化している	劣化している	劣化している	劣化している	劣化している

図-3 i橋の劣化度

劣化なし	劣化なし	劣化している	劣化なし	劣化なし
見えない	見えない	見えない	見えない	見えない
劣化している	劣化している	劣化している	劣化なし	劣化なし
床版-A1	床版-B1	床版-C1	床版-D1	床版-E1
床版-A2	床版-B2	床版-C2	床版-D2	床版-E2
床版-A3	床版-B3	床版-C3	床版-D3	床版-E3
床版-A4	床版-B4	床版-C4	床版-D4	床版-E4
劣化している	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし
劣化している	劣化している	劣化している	劣化なし	劣化している
見えない	見えない	見えない	見えない	見えない
劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし	劣化なし

図-4 j橋の劣化度

本システムの診断結果について検討した。その結果、複数の人間による出力結果の差異はそれほど大きくない事や、また主な出力結果である変状原因候補と劣化度の算定は、概ね妥当である事が示された。また、同一河川に架かる橋でも、今回の調査結果で得られたように劣化状況は様々であり、本システムのような簡易に情報を収集できるツールを用いて、既存構造物の劣化状況を収集し、今後の維持管理に資する資料として蓄積していくことが重要である。

参考文献

- 1) 金田尚志・魚本健人：コンクリート構造物の劣化診断プログラムの開発(1),生産研究, Vol.55, No.4, 2003