

コンクリート橋診断エキスパートシステムの実用化に関する一考察

神戸大学工学部 正会員 宮本文穂 神戸大学工学部 正会員 西村 昭
 神戸大学大学院 学生員 木村英幸 神戸大学工学部 学生員 〇益成一郎
 兵庫県土木部 正会員 本庄敬選

1. まえがき 本研究は、既存コンクリート橋の耐用性診断を行うことを目的として開発した「コンクリート橋診断エキスパートシステム」¹⁾の実用化にあたって、架設後60年を経過したRC橋に対する試験対象スパン選定の際に本システムを適用し、その診断結果を目視調査及び現場試験による耐用性評価結果と比較することにより、本システムの実用性を検討したものである。

2. 試験対象橋梁の概要 今回試験対象とした「中井橋」は、昭和3年架設の10径間RC単純T桁橋²⁾である。本橋の姫路側4スパンは主桁端部に荷重分配横桁が設置され、補強がなされているが、竜野側3スパンは構造系の大幅な変更無しにほぼ架設当時の状態で供用されてきたと考えられる。現場試験では、試験工程の関係上姫路側から3スパン目(H3)と4スパン目(H4)のどちらかと竜野側1スパン目(T1)とを比較することにより、横桁の補強の影響を明らかにすることとなった。概略目視調査によると、スパンH3及びH4では、砂目などの施工不良箇所がみられ、特にスパンH3では施工不良が原因と考えられるコンクリートの浮き及びこれによる鉄筋の露出が多く、曲げひびわれも他のスパンに比べ多くみられた。一方、スパンT1では、遊離石灰をともなった腐食ひびわれに加えて、支点付近で斜ひびわれがみられたことから、せん断耐荷力の低下が予想された。

3. 試験対象スパンの選定とシステムの実用性

架設後設置された横桁の影響を明らかにするためには、姫路側より選定するスパンと竜野側スパンとはほぼ同程度の健全度を有する必要がある。そこで、本システムを適用することにより、試験対象スパンの選定を客観的、合理的に行うことを試みることにによって実用性を検討する。システムへの入力データとしては、各スパンのひびわれ状況とともに腐食進行性を考慮するために環境条件等も入力した。入力した初期データ及び各スパンのひびわれ状況等に関する入力データの一例を表1,2に示す。これらのデータを対話形式で入力した結果、本システムが推論した過程及び最終診断結果を表3にまとめて示す。これより、「設計」及び「供用状態」の評価値は、これらの影響要因である適用示方書、交通量等がどのスパンにおいても同じであるため、全く同じ結果となっている。また、「施工」の評価値より、スパンT1及びH4ではmoderateを高く支持しているのに対し、スパンH3ではslightly dangerと評価していることから、スパンH3は他のスパンに比べて施工状態が悪いことが分かる。さらに、各ひびわれに対する評価を

表1 「中井橋」初期入力データ

橋名	橋長	橋幅	架設箇所	工場地区
中井橋	107.92m	2m	姫路側	幹線道路
主桁	3本	5m	幅員	されていない
主桁スパン	10.8m	3本	勾配	小さい
床版	1.55m	3本	路面	あな
床版厚	17.7cm	3本	路面の平坦性	多
橋形式	60年	3本	交通量	少ない
断面	単純橋型	3本	大振高橋	断面小さい
支保等	大正15年	3本	排水	あり
示方書	1等級	3本	管	なし
等級		3本	豆板・ポップアウト	一部で発生

表2 ひびわれ状況に関する入力データの一例

	入 力 項 目	スパンT1	スパンH3	スパンH4
曲 げ	ひびわれ状況	少ない	多い	少ない
	最大ひびわれ幅	0.2mm	0.4mm	0.2mm
	遊離石灰	少し発生	少し発生	少し発生
	コンクリートの欠落	なし	なし	なし
せん断	ひびわれ状況	多い	少ない	少ない
	最大ひびわれ幅	0.4mm	0.2mm	0.2mm
	遊離石灰	少し発生	少し発生	少し発生
	コンクリートの欠落	なし	なし	なし
腐 食	ひびわれ状況	多い	多い	少ない
	最大ひびわれ幅	3.0mm	3.0mm	0.3mm
	遊離石灰	かなり発生	かなり発生	少し発生
	コンクリートの欠落	かなり発生	かなり発生	少し発生
	鉄筋の錆及び露汁	かなり発生	かなり発生	なし

Ayaho MIYAMOTO, Akira NISHIMURA, Hideyuki KIMURA, Ichiro MASUNARI, Yoshikazu HONJYO

比較すると、「鉄筋の腐食ひびわれ」は、スパンT1及びH3ではdangerがかなり確定的に支持されており、腐食ひびわれによる損傷の進行が非常に著しいことが分かる。一方、スパンH4では、moderateとslightly dangerをほぼ同程度に支持している。「曲げひびわれ」については、スパンT1及びH4ではslightly safeをかなり高く支持しており、スパンH3でもmoderateとなっていることから各スパンともほぼ安全であるといえる。「せん断ひびわれ」については、スパンH3とスパンH4ではslightly safeと評価されているが、スパンT1ではslightly dangerとなっており、スパンH3、H4に比べてせん断ひびわれによる損傷が進行していると考えられる。これらの評価は、ほぼ目視調査による結果と一致している。次に、総合評価である「主桁耐荷性」、「主桁耐久性」及び「主桁耐用性」についてみると、スパンT1とスパンH3ではslightly danger=1.0という確定的な評価になっているのに対し、スパンH4では、これらのすべての項目について、moderateよりやや安全側の評価となっている。以上の結果より、スパンH3とスパンH4を比較すると、スパンH3の方がスパンT1の健全度に近いと考えられるため、スパンH3を試験対象スパンとすることに決定した。なお、別途実施した現場非破壊試験²⁾による断面諸量の推定結果(表4)を見るとスパンT3の中桁の値が小さくなっている以外は大きな差はみられないことから、スパンT3の損傷程度はスパンH1と同様であると考えられ、システムの診断結果と一致している。

4.まとめ 本システムはプロトタイプの段階であるが、目視調査程度のデータから各スパンの健全度の差を的確に判定することが可能であると言える。しかし、データを入力する際に、入力者の主観により出力結果が大きく異なること、また、総合判定結果にみられるように、本来あいまいさを持っているものが、結合数が多くなると確定的な値になってしまうという問題がある。従って、実用化にあたっては、主観的あいまいさの取り扱いについてさらに検討する必要があると考える。

参考文献 1)西村他：コンクリート橋管理支援システムの開発、土木学会第43回年講、1988.10 2)宮本他：既存コンクリート橋の安全性評価と補修・補強に関する一考察、平成元年度土木学会関西支部年講、1989.5

表3 システムによる診断結果

	判定項目	safe	slightly safe	moderate	slightly danger	danger	fuzziness
ス	設計	0.312	0.481	0.202	0.026	0.000	0.397
	施工	0.013	0.175	0.675	0.134	0.004	0.233
	供用状態	0.511	0.455	0.034	0.000	0.000	0.178
バ	曲げひびわれ	0.130	0.723	0.147	0.001	0.000	0.083
	せん断ひびわれ	0.000	0.004	0.359	0.838	0.000	0.048
	鉄筋の腐食ひびわれ	0.000	0.000	0.000	0.011	0.989	0.001
T1	主桁の全体的損傷	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
	主桁耐荷性	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
	主桁耐久性	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
	主桁耐用性	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
ス	設計	0.312	0.461	0.202	0.026	0.000	0.397
	施工	0.002	0.030	0.216	0.583	0.170	0.289
	供用状態	0.511	0.455	0.034	0.000	0.000	0.178
バ	曲げひびわれ	0.000	0.015	0.838	0.347	0.000	0.038
	せん断ひびわれ	0.017	0.565	0.405	0.013	0.000	0.115
	鉄筋の腐食ひびわれ	0.000	0.000	0.000	0.011	0.989	0.001
H3	主桁の全体的損傷	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
	主桁耐荷性	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
	主桁耐久性	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
	主桁耐用性	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
ス	設計	0.312	0.461	0.202	0.026	0.000	0.397
	施工	0.089	0.283	0.485	0.157	0.005	0.443
	供用状態	0.511	0.455	0.034	0.000	0.000	0.178
バ	曲げひびわれ	0.130	0.723	0.147	0.001	0.000	0.083
	せん断ひびわれ	0.017	0.565	0.405	0.013	0.000	0.115
	鉄筋の腐食ひびわれ	0.000	0.013	0.487	0.499	0.000	0.034
H4	主桁の全体的損傷	0.000	0.138	0.862	0.001	0.000	0.002
	主桁耐荷性	0.000	0.191	0.809	0.000	0.000	0.001
	主桁耐久性	0.000	0.288	0.712	0.000	0.000	0.001
	主桁耐用性	0.000	0.088	0.912	0.000	0.000	0.000

表4 現場試験結果の一例

	構造パラメータ	理論値	推定値
ス パ ン	断面2次モーメント ($\times 10^6 \text{ cm}^4$)	主桁A	10.79
		主桁B	7.17
		主桁C	10.79
		床版	1.63
	T1 せん断係数($\times 10^5 \text{ kgf/cm}^4$)	2.40	1.90
	誤差 $\Sigma \text{ Err}^2$		0.068
ス パ ン	断面2次モーメント ($\times 10^6 \text{ cm}^4$)	主桁A	10.7
		主桁B	7.0
		主桁C	10.7
		床版	1.2
	H3 横桁	0.1	0.1
H3	せん断係数($\times 10^5 \text{ kgf/cm}^4$)	2.4	1.9
	誤差 $\Sigma \text{ Err}^2$		0.10