

ファジィ真理値による鋼橋疲労損傷に関するアンケートの集計

関西大学工学部 正会員 三上市藏 東京工業大学工学部 正会員 三木千壽
関西大学大学院 学生員 土田貴敬 日本電気 正会員 原田芳信

1. まえがき (財)高速道路技術センターでは、高速道路橋梁の点検マニュアルを作成するため、橋梁の健全度評価及び補強方法に関する調査研究委員会において、点検のための調査部材や着目位置別の重要度係数を決定する基礎資料を得ることを目的として、専門家に対するアンケート¹⁾を1988年に実施した。このアンケート結果に対して、専門家の回答に含まれるあいまいさを処理するためにファジィ真理値²⁾の適用を試みた。この手法はエキスパート・システム構築の際に問題となる知識獲得のために有効であろう。

2. アンケートの内容 鋼橋の場合、プレートガーダー橋、箱桁橋、トラス橋が対象とされ、部材（主桁、主構、横桁、縦桁、連結板など）と着目位置（支間部、接合部、床版部など）に対して、損傷が生ずると思わ

表-1 鋼橋における損傷の種類と概要

損傷種類	損 傷 の 概 要
イ 腐食	塗膜が劣化し、錆汁、孔食、欠食等がみられる状態。
ロ きれつ	鋼材に生じる疲労きれつ。
ハ 破断	疲労きれつ異常な力で断面が破断している状態。
ニ 変形	曲がりや座屈などの変形がみられる状態。
ホ ゆるみ	H、T、Bやリベットがゆるみ正常な機能を失っている状態。
ヘ 脱落	H、T、Bやリベットが抜け落ちている状態。
ト 接合不良	床版はフランジの接合面が離れていたり、ボルトやリベット連結部に腐すきがみられる状態。
チ 漏水・滲水	部材の欠損部から雨水が浸透していたり、漏水が箱断面内部に貯っている状態。
リ 異常音	部材のきしみ音や、接合面のたたき音、きしみ音が発生している状態。
ヌ 異常振動	通常振動が発生しない部位に振動が生じている状態。

表-2 損傷発生 の 推定 と 損傷 の 重要度 に関する調査項目

現在の損傷状況		将来の損傷発生予想		損傷の重要度	
記号	項 目	記号	項 目	記号	項 目
A	現在、損傷が多く発生している	1	将来、損傷が多く発生すると思われる	イ	重大な損傷である
B	現在、損傷の発生は少ない	2	将来、損傷の発生は少ないと思われる	ロ	重大な損傷につながるおそれがある
C	現在、損傷の発生は極めて少ないか、または全くない	3	将来、損傷の発生は極めて少ないか、または全くないと思われる	ハ	軽微な損傷である
X	無回答	4	無回答	ニ	無回答

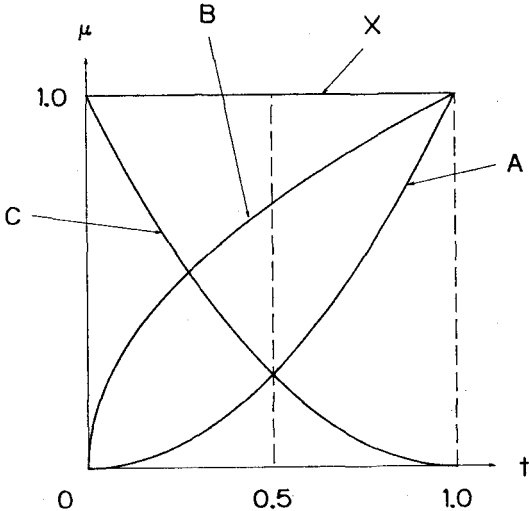


図-1 ファジィ真理値に関するメンバシップ関数

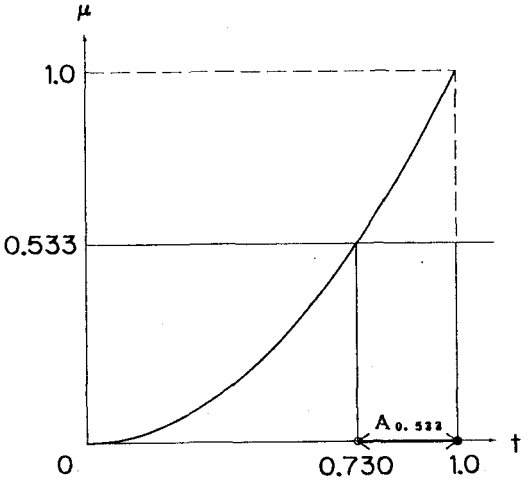


図-2 メンバシップ関数のαカット

Ichizou MIKAMI, Chitoshi MIKI, Takanori TSUCHIDA and Yoshinobu HARADA

れる部材・部位が選ばれた。専門家はこの各部材・部位において、表-1に示す損傷の種類に対して、3つの調査項目「現在の損傷状況」、「将来の損傷発生予想」および「損傷の重要度」に関する見解を求められた。回答には表-2に示す3つのカテゴリ（A～C、1～3、イ～ハ）を選択する形でなされた。ただし、無回答はカテゴリX、4、ニとした。表-3はアンケート結果の一例であるが、表中の上段の数字は各カテゴリの回答者数である。

3. アンケートの分析方法 回答者数には、回答者の主観的判断によるあいまいさが含まれているため、ファジィ真理値を利用し、特定の部材、部位における各種の損傷の発生に関する知識の真理値を求めた。図-1に示すようにカテゴリA、B、C、Xのファジィ真理値のメンバシップ関数を仮定する。

たとえば、現在の損傷状況に関するカテゴリAの回答比率 P_A が0.533であるなら、メンバシップ関数を α カット³⁾すると図-2に示すようなクリスプ集合 $(0.730, 1.000]$ が得られる。これは「カテゴリAの回答者が考えている損傷発生に関する真理値のあいまいさを示す範囲」とみなすことができる。カテゴリB、C、Xに対しても同様の処理を行い、式(1)により真理値 t を集計する。

$$t = \sum_{i=A, B, C, X} P_i t_i \quad (1)$$

ただし、 t_i はカテゴリ i のメンバシップ関数を P_i で α カットした場合の中央値である。式(1)で得られた真理値を表-3の下段に示す。

表-3において、損傷部材「支間部の主桁下フランジ」、損傷種類「腐食」の場合、各カテゴリにはそれぞれ回答者数(8,5,1,1)が得られている。この場合の真理値は0.705となり、専門家がこの部材の腐食が高い頻度で発生していると考えていることがうかがわれる。

この方法によって求めた真理値をいかに利用するかについては講演当日に述べる。

表-3 アンケート集計結果【プレートガーダー橋/現在の損傷状況】

対象	プレートガーダー橋(1)・1	損 傷 の 種 類							
種別	現在の損傷状況(1)	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ	ト	
部 材	部 材 ・ 部 位	数	数	数	数	数	数	数	数
主 桁	支間部	① 下フランジ	8 5 1 1	0 2 12 1	0 1 12 2	1 7 6 1			
			0.705	0.143	0.142	0.433			
		② 下フランジ板間ぎ接部	8 3 2 2	0 4 10 1	0 1 13 1				
			0.674	0.237	0.097				
		③ ウェブ	5 5 4 1	1 3 10 1	1 2 11 1	0 10 5 0			
			0.546	0.240	0.196	0.552			
		④ ウェブ板間ぎ接部	4 5 4 2	0 3 10 2	0 2 12 1	0 5 9 1			
			0.519	0.232	0.143	0.286			
		⑤ 下フランジ-ウェブ接部	6 5 2 2	0 4 10 1	0 3 11 1				
			0.621	0.237	0.190				
		⑥ 上フランジ-ウェブ接部	4 7 2 2	1 6 8 0	1 4 9 1				
			0.595	0.346	0.286				
主 桁	支間部	⑦ 垂直補剛材下端部	6 5 2 2	2 3 9 1	0 3 11 1				
			0.621	0.296	0.190				
		⑧ カバープレート溶接部	6 4 3 2	0 4 10 1	0 2 12 1				
			0.591	0.237	0.143				
		⑨ 上フランジ	4 6 4 1	0 2 12 1	0 1 13 1	0 9 11 1			
			0.532	0.143	0.097	0.190			
		⑩ 上フランジ板間ぎ接部	4 6 3 2	0 2 12 1	0 1 13 1				
			0.556	0.143	0.097				
		⑪ 新加物等取り付け部の溶接部	7 4 2 2	2 5 7 1	1 6 7 1	1 5 8 1			
			0.645	0.383	0.381	0.332			
接合部	① H. T. B. リベット		7 5 2 1	4 8 2 1	5 9 1 0	1 6 7 1	6 6 3 0	4 10 1 0	2 8 4 1
			0.636	0.620	0.696	0.381	0.514	0.708	0.531
床版部	① 床版と上フランジ接合部		7 7 1 0		2 7 6 0				3 9 3 0
			0.701		0.449				0.608

【凡例】

A	B	C	X
Fuzzy			

A : 現在、損傷が多く発生している。 C : 現在、損傷の発生は極めて少ない、または全くない。
B : 現在、損傷の発生は少ない。 X : 無回答。

- 1) 岡高速道路技術センター：橋梁の健全度評価及び補強方法に関する調査研究(その2)報告書、1989.2.
- 2) 永本：ファジィ論理とファジィ推論，数理学，No.284，1987.2.
- 3) 寺野・浅居・菅野：ファジィシステム入門，オーム社，1987.