I－248

道路橋の損傷点検の難易度に対する点検員の意識調査 ーファジィ真理値を適用したアンケートの集計ー

関西大学工学部　正会員　三上市藏　阪神高速道路公団　正会員　山口良弘
阪神高速道路管理技術センター　安藤　強　関西大学大学院　学生員　○荒東伸一

1. まえがき

構造物を的確に維持・管理していくためには，構造物の現状を正しく把握する必要がある．そこでは，点検作業を行う点検員の技能が重要となる．文献1) において，実際に点検作業を行う点検員が，個々の損傷に対して，どのような意識をもって点検作業を行っているかを調査するために，アンケートを実施した．アンケートの集計にあたっては，単純な得点付けを行った．しかし，アンケートの回答には，主観的な曖昧さが存在するので，この集計方法は必ずしも適当でない．本研究では，曖昧さを合理的に定量化するためにファジィ真理値の適用を考える[2)]．

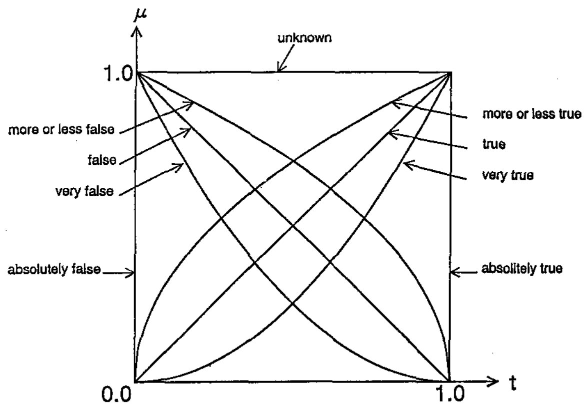
2. アンケートの内容[1)]

アンケートは，阪神高速道路公団の定期点検基準[3)]を参考にして，「鋼桁」，「床版」，「支承」，「落橋防止装置」，「伸縮継手」の5種類の構造物を対象とし，損傷度ランク判定基準に記されている合計45種類の損傷に対して「損傷発見の難易度」と「損傷度ランク判定の難易度」の2項目を，難易度(容易～困難)を5段階にわけて回答をするように求めた．

3. アンケートの集計方法

回答者は5つのカテゴリ「容易」,「やや容易」,「普通」,「やや困難」,「困難」を明確に区分しているとはいえない．回答に含まれる主観的判断によるあいまいさを処理するために，ファジィ真理値を利用する．一般に，ファジィ真理値のメンバシップ関数は図－1のように表現される[2)4)]．今回のアンケートの分析では，横軸 t は難易度を [0,1] に正規化した値とし，縦軸 μ は回答比率と考える．さらに，5つのカテゴリに対するメンバシップ関数の選び方として次の2ケースを考える．

【CASE A】「容易」，「やや容易」，「やや困難」，「困難」に対するメンバシップ関数を，それぞれ very false, more or less false, more or less true, very true と考える．「普通」のメンバシップ関数として，別のものを考える．すなわち，次式を仮定すると，図－2に示す曲線が得られる．



図－1　ファジィ真理値のメンバシップ関数

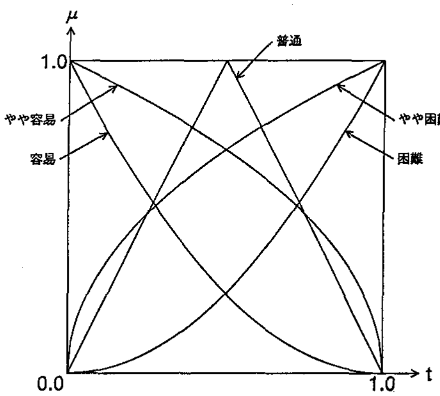
容易　：　$\mu=(1-t)^2$　$(0.0 \leqq t \leqq 1.0)$　(1)

やや容易：　$\mu=\sqrt{1-t}$　$(0.0 \leqq t \leqq 1.0)$　(2)

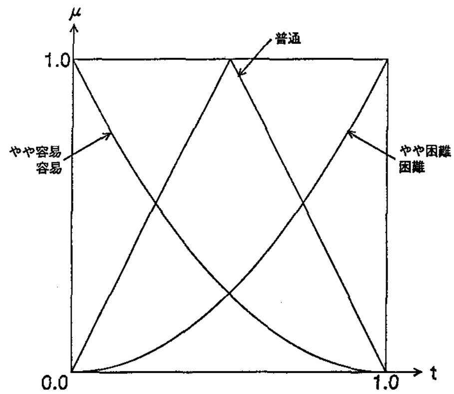
普通　：　$\mu=2t$　$(0.0 \leqq t \leqq 0.5)$,　$\mu=2(1-t)$　$(0.5 \leqq t \leqq 1.0)$　(3)

やや困難：　$\mu=\sqrt{t}$　$(0.0 \leqq t \leqq 1.0)$　(4)

困難　：　$\mu=t^2$　$(0.0 \leqq t \leqq 1.0)$　(5)



図－2　メンバシップ関数【CASE A】



図－3　メンバシップ関数【CASE B】

【CASE B】回答者が5つのカテゴリを区分するのは困難で，むしろ3つのカテゴリに対する回答とみなす方が精度が良くなるとも考えられる．そこで，「やや容易」と「容易」，「やや困難」と「困難」を同一の回答として扱い，「容易＋やや容易」，「やや困難＋困難」に対するメンバシップ関数をそれぞれ very false, very true とし，図－3に示す曲線を用いる．

鋼桁の部材のわれに関する「損傷発見の難易度」【CASE A】を例にアンケートの集計方法を示す．回答数と比率が表－1のように得られたとする．カテゴリ「容易」の回答比率 P_A が0.194でなので，メンバシップ関数を回答比率 P_A で α カット[2]すると，α レベル集合として [0.000, 0.559) が得られる．これは，カテゴリ「容易」と考えた回答者が考えている「損傷発見の難易度」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「容易」の代表値 t_A としては，得られたクリプス集合の中央値をとることにする．

表－1　鋼桁の部材のわれに関する「損傷発見の難易度」【CASE A】

	回答者数	比率 ①	α－レベル集合	代表値 ②	比率×代表値 ①×②
容易	7	0.194	[0.000, 0.559)	0.280	0.054
やや容易	5	0.139	[0.000, 0.981)	0.490	0.068
普通	15	0.417	(0.208, 0.792)	0.500	0.208
やや困難	8	0.222	(0.049, 1.000]	0.525	0.117
困難	1	0.028	(0.167, 1.000]	0.583	0.016
合計	36	1.000	――――	――	0.464

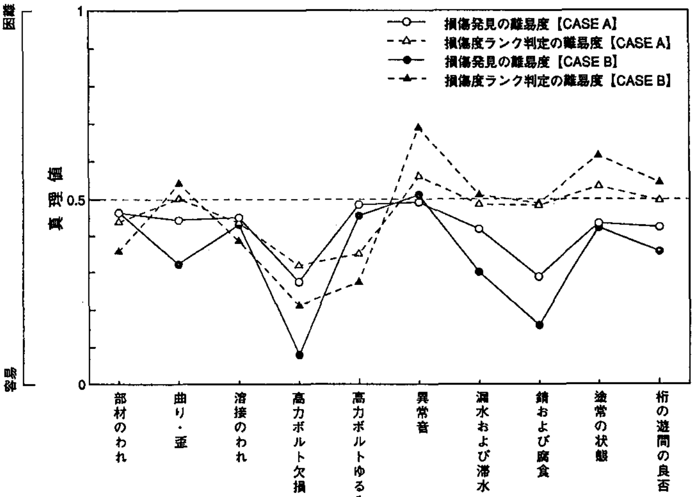
4. アンケートの集計結果

鋼桁の各損傷に対する「損傷発見の難易度」，「損傷度ランク判定の難易度」に関する集計結果を図－4に示す．

「損傷発見の難易度」に関しては，【CASE A】によると，真理値が0.5を超える損傷がなく，全体的に損傷の発見が容易と回答されている．【CASE B】によると，『異常音』の真理値が0.5以上であり，損傷の発見が比較的困難と回答されている．【CASE A】【CASE B】ともに，『高力ボルト欠損』と『錆および腐食』の真理値が低く，損傷の発見が容易と回答されている．

「損傷度ランク判定の難易度」に関しては，【CASE A】，【CASE B】ともに，『曲り・歪』，『異常音』および『塗膜の状態』の真理値が0.5以上であり，損傷度ランクの判定が比較的困難と回答されている．また，『高力ボルト欠損』と『高力ボルトゆるみ』の真理値は低く，損傷度ランクの判定が容易と回答されている．

【CASE A】のメンバシップ関数を用いると，損傷間の難易度にあまり差が現れない．そのため，難易度の差を的確に掴みにくくなっているが，本来はこのメンバシップ関数が最も良いと考えられる．しかし，【CASE B】のメンバシップ関数を用いると損傷間で真理値の差が大きくなり，発見や判定が容易か困難かどちらかの結果を得たい場合には有効である．



図－4　鋼桁の各損傷に対するアンケート集計結果

5. あとがき

点検員が損傷の発見・判定をどのように考えているかを知るためのアンケート結果に対して，回答に含まれる主観的曖昧さを，ファジィ真理値を適用することで，合理的に定量化することができた．

参考文献

1) 三上・山口・中村・北岸・荒東：道路橋における損傷点検の難易度に関する点検員の意識調査，鋼構造シンポジウム，日本鋼構造協会，1993.7.
2) 三上・三木・土田・風間：ファジィ真理値を用いた知識獲得手法－鋼橋損傷に関するアンケートの整理－，構造工学論文集，Vol.37A, 1991.3.
3) 阪神高速道路公団：道路構造物の点検標準（土木構造物編），1992.4.
4) 水本：ファジィ論理とファジィ推論，数理科学，No.284，1987.2.