

I-276

数量化分析Ⅰ類およびファジイ理論を用いた橋梁の洪水時安全度評価

鹿島建設 正員 谷内 茂浩
山梨大学 正員 深沢 泰晴

山梨大学 正員 杉山 俊幸
大成エンジニアリング 小松 弘文

1. はじめに

河川を取り巻く環境の変化に伴い、わが国の多くの河川はその河床低下が顕著となってきた。そして、河床低下を伴う河川中の橋梁構造物の洪水時の安全性は著しく低下していることが指摘されている¹⁾。こうした状況下において、既設橋梁・橋脚の維持管理、補修という観点からは、その洪水時の安全性にどのような要因がどの程度影響を及ぼすのかを、ある程度定量的に把握しておくことは意味のあることである。

そこで本研究では、表1に挙げられているような諸要因が、橋梁構造物の洪水時の安全性に及ぼす影響を、数量化分析Ⅰ類およびファジイ理論を用いて評価することを試みる。数量化理論だけでなくファジイ理論を導入しようとする理由は以下の通りである。数量化分析Ⅰ類においては、1つの要因の各カテゴリーに属する割合を「0」か「1」のどちらかで評価しなければならない。しかし、幾つかの要因では、どのカテゴリーに属するかを必ずしも明確にできない場合もある。

例えば、「堤防法線平面形状」という要因のカテゴリーとして「蛇行」と「屈曲」があるが、両者の区別が明瞭でないため、どちらのカテゴリーに属するかを評価するのは容易でない。そこで、こうした曖昧さをも考慮が可能なファジイ理論も導入してみようとするのである。

表1 数量化分析Ⅰ類に用いた要因（評価項目）とカテゴリー

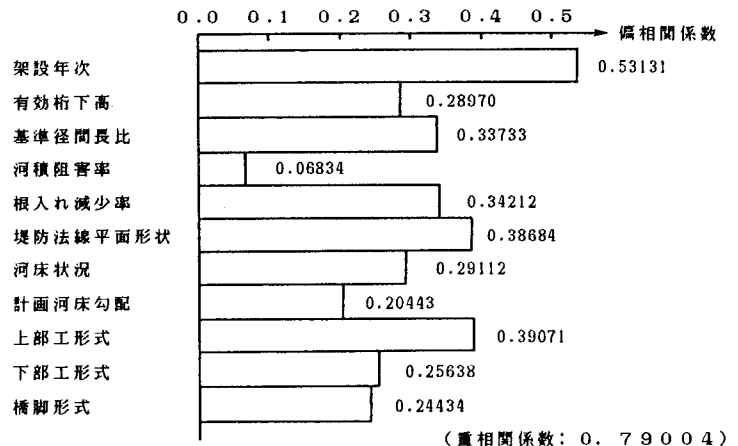
要 因	カテゴリー	要 因	カテゴリー
架設年次	昭和20年以前 昭和21年～40年 昭和41年以降	河床状況	単列 複列 その他
有効桁下高	0以下 0～余裕高 余裕高以上	計画河床勾配	1/500未満 1/500～1/100 1/100以上
基準径間長比	1.0未満 1.0以上	上部工形式	P.C.桁 トラス I桁
河積阻害率	5.0%未満 5.0%以上	下部工形式	ケーソン 直接基礎 杭基礎
根入れ減少率	20%未満 20～40% 40%以上	橋脚形式	長円式 円柱式 壁式 その他
堤防法線平面形状	直線状 蛇行 屈曲		

2. 数量化分析Ⅰ類を用いた評価

富士川水系の橋梁構造物に対して実施された現況調査項目¹⁾および建設省土木研究所によって実施された「橋脚の被災および補強工事例に関するアンケート調査」²⁾で採用された評価項目を参考にして、ここでは、洪水時の橋梁・橋脚の安全度に影響を及ぼす要因として、表1に示すような11個の要因を抽出した。また、各々の要因に対するカテゴリーは、河川管理施設構造令等を参照に、表1のように分類した。目的変数とし

ては、「推定危険度」を用いた。この「推定危険度」は、過去に落橋したことがあるか否かに重点を置き、実際に落橋したことがあるものは推定危険度の値を大きくし、落橋等被災度の軽微なものほど小さい値とし、文献1)、2)等から主観的に評価した。解析に用いたデータは、富士川水系に架かる44橋梁に、静岡県安部川および大井川水系に架かる25橋梁を加えた69橋梁である。

図1 各要因の偏相関係数



各々の要因が橋梁の洪水時安全度に及ぼす影響の度合を表す偏相関係数を各項目に対して示したのが図1である。偏相関係数の大きい要因ほど影響の度合が大きいのであるが、図1より、架設年次・上部工形式・堤防法線形状・根入れ減少率・基準径間長比の順に洪水時の安全性に影響を及ぼすことがわかる。予想通り、架設年次の古い橋梁ほど危険であるという結果が得られている。しかし、「架設年次」と「根入れ減少率」との間にはある程度の相関があると考えられることや、直観的には「上部工形式」が洪水時の流出・倒壊にさほど影響しないのではないかと考えられ、さらに多くのデータを用いて解析することが必要である。

3. ファジィ理論を用いた評価

本研究では、Blockley 表2 基本的ルール

が示している手法³⁾を用い、①要因の良否、②各要因が橋梁の洪水時安全度に及ぼす影響の大きさ、③橋梁の安全度の度合いの3つの評価パラメータを設定し、表2に示すような基本的ルールを

評価パラメータ①	評価パラメータ②	評価パラメータ③
大きい	良い 標準的 悪い	安全であるだろう 安全か安全でないかのどちらか 安全であらう 安全でない(危険である)だろう 安全であるが、特に安全であるわけでもない 安全でない(危険である)が、特に安全でないわけではない
中ぐらい	良い 標準的 悪い	安全であるだろう 安全か安全でないかのどちらか 安全であらう 安全でない(危険である)だろう 安全であるが、特に安全であるわけでもない 安全でない(危険である)が、特に安全でないわけではない
小さい	評価パラメータ②が良くても標準的でも悪くても、安全度にはあまり関係ない	

作成して、諸々の要因が橋梁の洪水時安全度に及ぼす影響度の評価を試みた。具体的には、個々の要因が橋梁の洪水時安全度に及ぼす影響の大きさを表すメンバーシップ関数を求めることになる。なお、数量化分析Ⅰ類の場合に取り上げた11個の要因のうち、上部工形式・下部工形式・橋脚形式の3要因は、評価項目として「良い」「悪い」といった判定が不可能であるため、残りの8個の要因に着目して解析を行った。

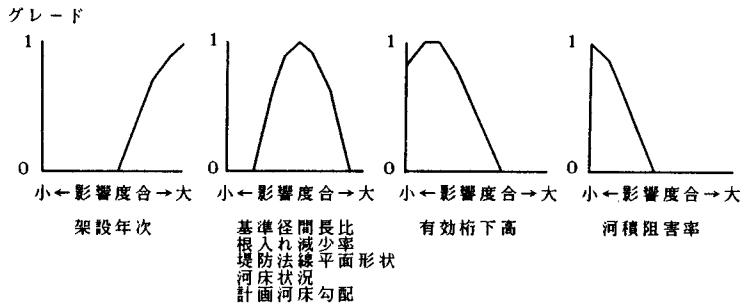


図2 「各要因が橋梁の洪水時安全度に及ぼす影響」に関するメンバーシップ関数

得られた結果を示したのが図2である。これより、架設年次の影響度は相対的に大きく、有効桁下高や河積阻害率の影響は小さいことがわかる。この結果は、数量化分析Ⅰ類を用いた場合とほぼ一致している。

既設橋梁の洪水時安全度を評価する場合に、ここで得られた「橋梁の洪水時安全度に及ぼす影響の大きさ」に関するメンバーシップ関数をあらかじめ与えておけば、評価の対象となる橋梁の各要因の良否に関するメンバーシップ関数のみを主観的に与えることにより評価が可能となる。

4. まとめ

数量化分析Ⅰ類およびファジィ理論を用いて、橋梁の洪水時の安全性に影響を及ぼす要因をある程度定量的に把握することを試みた。そして、架設年次や堤防法線形状・根入れ減少率等の要因の影響度合が大きいことが明かとなった。こうした手法が、実用に供するには、より多くのデータを収集し、精度の向上を図らねばならないが、今後既設橋梁の洪水時安全度を評価していく上での一つのアプローチになり得るといえる。なお、ここで用いた2つの手法は、各々の手法の持つ欠点を互いに補い合うものであり、併用していくのが望ましいと考えている。

参考文献) 1) 深沢他：河床低下と橋脚・橋梁の安全性に関する考察——富士川水系を対象としたケーススタディ——、土木学会誌、1988年5月号。 2) 土木研究所河川研究室：橋脚による局所洗掘の予測と対策に関する水理的検討、土研資料第1797号、昭和57年3月。 3) D.I. Blockley: Predicting the Likelihood of Structural Accidents, Proc. Instn. Civ. Engrs, Dec. 1975.