

金沢大学 正員 城戸隆良
 金沢大学 正員 小堀為雄
 佐藤鉄工株式会社 砂田 誠

1. まえがき

近年、架設されてから比較的年数を経た橋梁が多くなり、また、橋梁上を通過する自動車交通量の増大、車両の大型化、その他地点環境の外的影響を受けることにより、橋梁の主要部材に経年的な損傷などが点検により少なからず見出されるようになってきている。このことから、橋梁の寿命をながらえるためには、維持管理に力を注ぐことが肝要となってきた。そして、橋梁の事故を未然に防ぐためには、点検から補修へと進む一連の維持管理システムを整えることが必要となっている。そこで、多くの橋梁を維持管理していく上で重要な健全度評価の方法と、健全度評価に大きく関与していると考えられる部位の抽出を行なうための一つの方法について、数量化手法の応用を検討したので報告する。

2. 点検調査と解析法

本研究では、定期的に行う定期点検レベルを考える。解析用データは外観視察による定期的点検により、各橋梁の主要箇所の損傷状態をチェックした結果を基に作成する。なお、解析用データの記入基準が決められており、比較的容易にデータ化が可能な場合を仮定する。解析は数量化Ⅱ類による方法を用い、間接的な評価を行う。

数量化Ⅱ類によって得られる、判別のための各ケース得点（サンプルウェイト）は、

$$y^{r(v)} = \sum_{i=1}^K \sum_{a=1}^l x_{i(a)}^{r(v)} a_{i(a)} \quad (r=1, 2, \dots, M) \quad (v=1, 2, \dots, n_p)$$

なる線形式によって得られる。ここに r はグループ番号、 v はサンプル番号である。なお、係数 $a_{i(a)}$ は実数であり、カテゴリーウェイトと呼ばれる。 i は要因、 a は範疇を示し、 x は1か0のダミー変数である。

本研究ではサンプルウェイトを求めて健全度評価を行い、カテゴリーウェイトのレンジを用いて、健全度評価に関与する部位の抽出を行う。

3. 解析結果

調査対象として、道路橋（コンクリート橋40橋、鋼橋31橋）を点検調査した結果を用いて解析を行った。具体的な評価方法は、それぞれの部位に関する点検項目について、何等問題が見られないものを「○」、将来補修が必要で今後注意を怠ってはならないものを「△」、事故の原因となりうる早急に補修の必要なものを「×」、とする3段階評価を行い、解析用データは、○、△、×を数値に置きかえて用いる。

既存橋の健全度を評価するに際して、必要となる外的基準とサンプルウェイトとの関係を求めておく必要がある。この関係を求めるために上述のように3段階評価を行ったデータと、点検結果に対して専門的な立場から総合評価として外的基準を得たものを基に、数量化Ⅱ類によって解析を行った。解析用の点検結果リストの一部を表1に示す。

まず、解析結果として、理解が容易である外的基準としてA：健全である、B：補修が必要であるの2つに大きく分類した場合には、図1のように算出したサンプルウェイトによって健全度AとBのランクがよく分離されるのが認められた。この図1を用いて、健全度が評価されていない新たな橋梁の健全度評価を行うには、評価を得ようとする橋梁の解析用データを代入してサンプルウェイトを算出すればよく、例えば、得られたサンプルウェイトとして-0.157を得た場合には図1にあてはめると健全度はAランクであると診断される。

つぎに、外的基準をA：健全である、B：軽微な補修がある、C：早急に補修の必要な箇所がある、D：

架替え,あるいは,全面的な補修が必要,の4段階に分類して解析を行った結果,最大相関比に対しての結果は図2であり,A,B,Cが分類されていない。そこで第2相関比について2次元の解析を行った結果を図3に,3次元の結果を図4に示す。図3では,B,Cが分類されていないが,図4では分類されている。このように,明確に分類されるまで多次元的に解析を進めることによって各ランク付けが可能となる。

さらに,各項目が全体の健全度に関する影響度の大きさは,算出されたカテゴリーウェイトおよびカテゴリーウェイトのレンジの大きさによって代表されることになる。その結果,1次元で健全度に大きな影響を与える項目は下部工の移動,主桁,床組などとなった。図2のようにDランクとその他のランクを分類する際に関与するものである。その他高次の場合も同様に得られる。

4. あとがき

本報告は,適切なチェックリストを作成し,それを基に点検したデータから,比較的簡単な解析用データに再編して,多くの橋梁の健全度評価を解析的に行う方法について検討を示した。その結果,点検において主観的判断に頼る部分があり,完全ではないにしても,今後より明確な基準,十分な知識を基にした信頼性の高い判断基準を確立することによって,健全度評価が,専門的知識に乏しい者でも,本手法の応用によって比較的容易に行えることが認められた。しかし,その評価を行うに足るデータとして,点検に対する豊富な知識を持って行った点検データと,その点検データを基に信頼するに足る健全度評価を行ったデータが多数準備されていることが必要である。本報告は比較的簡単に項目と評価を扱って解析を行ったが,実用面に適用していくには,適宜改良が必要であり,さらに解析的に補修の必要な部位の抽出が行えるように検討を加える必要がある。また,点検によって得られた多くの貴重な1次データを,有効に解析用のデータに変換し,評価まで容易に行えるようにしていくこと,および,多くの点検された橋梁の中でどの橋梁が大きな問題点を持ち,または,多くの問題点を持っているかを比較検討できるようにしていくことも必要である。

参考文献 1) 河口至商:多変量解析入門Ⅱ,森北出版,昭和57-10

2) 白石・古田・杉本:数量化理論の構造物の健全度評価への応用,第29回構造工学シンポジウム

3) 城戸・小堀:既存橋の点検と1次診断について,中部支部発表会,1-32,昭和58-2

表1 コンクリート橋の解析用の点検結果リスト

橋梁番号	上部工							下部工				耐震構造	健全度評価		
	橋面舗装	地覆高欄	床版	床組	主構	支承	伸縮装置	排水装置	塗装	河床洗掘	橋体移動			構造的安定性	
1	○	○	△	○	○	○	○	△	-	○	○	△	○	○	A
2	○	△	△	○	△	△	△	△	-	○	○	○	○	△	B
3	△	△	△	○	○	△	○	○	-	○	○	○	○	△	B
4	△	△	△	○	△	×	△	×	-	○	○	○	○	×	C

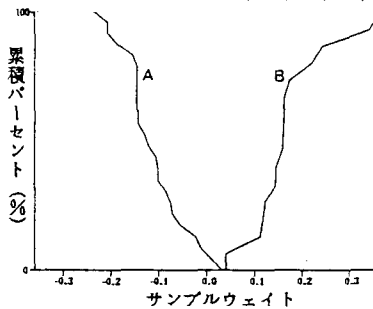


図1 2つの外的基準の場合の累積パーセント図(コンクリート橋)

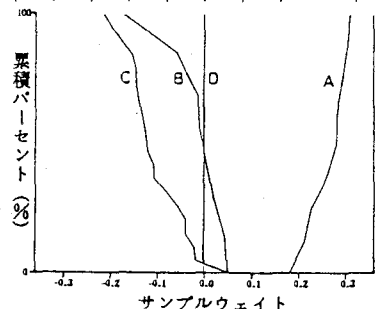


図3 4つの外的基準の場合の累積パーセント図(コンクリート橋)「2次元」

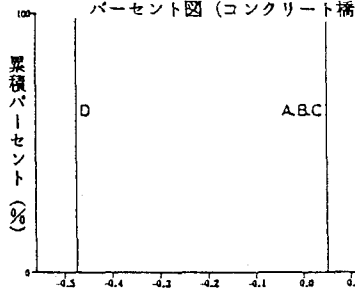


図2 4つの外的基準の場合の累積パーセント図(コンクリート橋)「1次元」

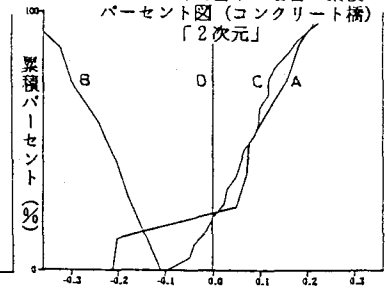


図4 4つの外的基準の場合の累積パーセント図(コンクリート橋)「3次元」