

AHP を用いた橋梁補修計画支援システムの構築に関する一考察

北海道大学大学院工学研究科 正 員 小幡卓司
大 成 建 設 (株) 正 員 木村竜太
北海道大学大学院工学研究科 F 会員 林川俊郎
北海道大学大学院工学研究科 F 会員 佐藤浩一

1. まえがき

我が国において、交通社会資本の整備は昭和 40 年～50 年代に数多く施されてきた。それから 30 年経過した今、橋梁構造物に着目すれば、予想外の交通量の増大、あるいは車両の大型化等の影響を強く受け、種々の損傷が数多く発生している可能性が極めて大きいと考えられる^{1),2)}。今後ますます増大するこの種の橋梁を全て掛け替えることは不可能であり、今後は維持管理を強化し必要に応じて補修を行うことにより、橋梁の長寿命化を目指すことが重要な課題になるものと考えられる。よって、橋梁の損傷度・健全度等に基づいた補修計画の意志決定が問題となることは明らかであると思われるが、特別な知識等を必要とせずとも簡便に判定が可能となるような手法を早期に確立することが新たな課題である。

このような背景のもと、数々の橋梁補修計画支援手法が提案されている^{3),4)}。一方、意志決定法の 1 つとして階層分析法 (Analytic Hierarchy Process, 以下 AHP と称す) が近年注目されている^{5),6)}。この AHP は、解決すべき問題、評価基準、代替案を基本とした階層構造に基づいて重み付けを行い、最も優先度の高い順に比較することが可能となるような手法である。そこで、本研究は、上部工に関しては合成桁橋、非合成桁橋を厳密に区別し、さらに下部工を加えた橋梁システム全体を対象として、維持補修評価における AHP の適用性について検討を加えることにより、橋梁補修計画支援システムを構築することを目的とする。具体的には、建設省土木研究所、橋梁点検要領 (案) 等^{7),8)} に基づいて AHP における階層図を作成し、アンケート調査を実施することにより各項目に対するウエイト付けを行った。さらに、実橋点検データを用いて橋梁の損傷に応じた順位を算出し、本支援システムの妥当性、有効性等に関して考察を試みた。したがって、本研究はこれらの結果を報告するものである。

2. 階層分析法と橋梁補修計画への適用

AHP は様々な問題の意志決定を行う手法のひとつである。通常、意志決定においては対象となる問題が存在し、最終的な選択となるべきいくつかの代替案、それを 1 つに絞り込むための評価基準を用いて比較を行うことにより、何らかの判断を行うものである。AHP においては、これらの「問題」・「評価基準」・「代替案」の関係を階層構造化

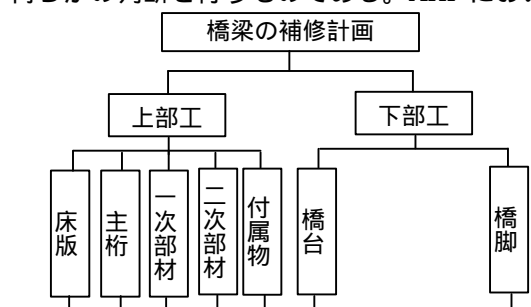


図-1 橋梁の補修計画階層図

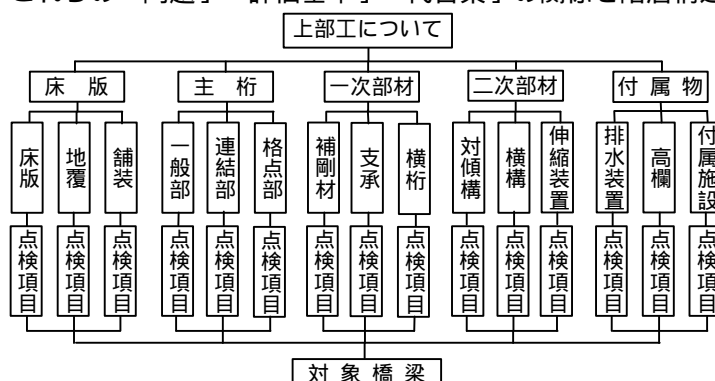


図-2 上部工全体における階層図

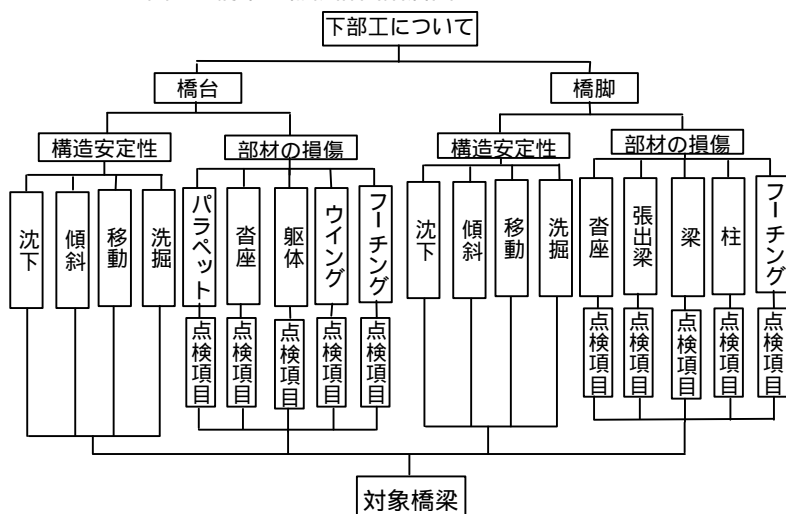


図-3 下部工全体における階層図

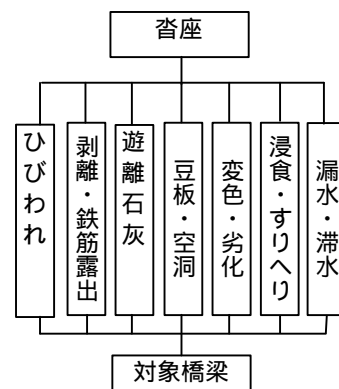


図-4 下部工沓座の親要素に関する子要素の分類

キーワード：橋梁補修計画、維持補修評価、AHP

連絡先 (〒060-8628 札幌市北区北 1 3 条西 8 丁目 TEL 011-706-6172 FAX 011-726-2296)

して取り扱う。この階層構造の各項目に対し一対比較を実施して、各々の重要度を算出し、個々の代替案における各ウエイトの積を求めることにより、比率尺度による評価を行うものである。本研究においては、まず文献 7),8)等に基づいて階層図を作成した⁹⁾。本研究は鋼桁を有する橋梁全体を対象とするため、まず図-1 に示すように上・下部工に分類し、それぞれの要素に応じた損傷の種類を、さらに細分化することにより階層図を得た。上部工における階層図を図-2 に、また、下部工全体の階層図を図-3 に、また損傷の分類の一例として、沓座の親要素に対する子要素の分類を図-4 に示す。なお、損傷の分類については、実際に橋梁点検に用いられる主な損傷を取り扱っている。本研究では、これらの階層図を基本として、後述のアンケート調査によりウエイトの算定を行うこととした。次に、AHP 適用の第 2 段階として、階層図に対応した各レベルにおける要素の一対比較値を得ることが必要である。そこで、学識経験者および橋梁設計に従事する技術者の計 32 名に橋梁の維持管理・長寿命化に関するアンケート調査を実施して、一対比較を行うための基礎的データを得た。アンケートの内容は、橋梁の長寿命化をコンセプトとして図-2～4 で示した各階層図に基づいて、各種の比較を行うものである。これらの集計方法は、AHP において一般的に定義された換算値を用い、 $a_{ij}=1/a_{ji}$ となるように数値化して全体の幾何平均を求めることでウエイトを算出している。なお、上部工に関しては、階層図そのものは同様であるが、合成桁と非合成桁に区別して 2 種類の調査を行った。

3. 解析結果とその考察

以上の手法を用いて、本研究では AHP による橋梁補修意志決定に関して解析を行った。解析対象とした橋梁は、平成 3 年度橋梁点検において損傷が発見された北海道内の主要道道 24 橋のデータを用いることとした。なお、入力に際しては階層図の損傷要素と同様の項目が存在した場合は 1、存在しない場合は 0 としてレベル 4 の各項目との積を合計することで総合ウエイトの算出を行い、損傷の程度に関しては、今回は特に考慮していない。解析結果として表-1 に総合ウエイトと順位を示す。

表-1 に着目すると、1 位の i 橋は上部工においてウエイトの比較的高い床版全体に損傷が発生し、なおかつ下部工には洗掘が生じているため、最も大きい総合ウエイトが得られている。また、それぞれ 2、4 位の l,k 橋においては、主桁全体に腐食が及んでいることから、腐食単体としてのウエイトそのものは比較的低いものの、主桁全体に腐食が進むことによって多数の要素が総合ウエイトに加算され、結果的に評価が大きくなったと考えられる。また、高欄等の付属物における損傷を主に有する d,s 橋等は、先述の橋梁より順位が低くなるのは容易に理解できる。以上より、各橋梁が有する損傷状態から検討を加えれば、極めて明確な順位付けがなされていると判断でき、本研究の解析結果はほぼ妥当であると思われる。また、具体的な数値で重要度を計算できることから、単なる順位のみならず、各順位間の差がどの程度であるかを容易かつ簡便に検討することが可能である。これは、評価の過程あるいは判断基準等を明確にする必要性を有する際に大きな効力を発揮すると考えられ、したがって、このような橋梁補修計画における意志決定支援のための AHP の適用は、極めて高い可能性を有するものと判断される。

4. あとがき

以上のように、本研究は橋梁の補修計画における意志決定支援の一手法である AHP の適用性、有効性等を検討することを目的として、鋼桁橋の補修計画における損傷度評価に関する階層図を構築し、アンケート調査による一対比較の結果から実橋の点検データに対する損傷度の評価を行ったものである。

まず、AHP における階層図の構築ならびに各項目間の一対比較に関しては、橋梁設計技術者等からの情報を収集することにより、ある程度容易にこれらの構築が可能であることが判明した。したがって、本手法は比較的高い汎用性を有するものと推定される。

次に解析結果からは、上・下部工を含めた橋梁システム全体に対する評価にもかかわらず、実橋点検データに対して妥当と考えられる順位付けが得られた。一般に、上部工・下部工のような、構造特性あるいはその性質が異なる構造物を総合的に評価することは困難であると思われるが、AHP においては妥当な階層図、あるいはウエイト付けがなされれば、十分に有効な解析が可能であると判断される。また、具体的な重要度が数値で示されることから、評価の過程、あるいは判断基準等を明確にする必要性が大きいと考えられる橋梁補修計画における意志決定支援問題に対しては、極めて高い可能性を有するものと考えられる。よって、階層図の設定やウエイトの算定方法等に改善の余地はあるものの、このような問題に対する AHP の適用性は非常に優れているものと思われる。

【参考文献】1) 西川和廣：道路橋の寿命と維持管理，土木学会論文集，No.501/I-29，pp.1-10，1994. 2) 鋼構造委員会 鋼橋の余寿命評価小委員会：鋼橋の劣化現象と損傷の評価，土木学会論文集，No.501/I-29，pp.21-36，1994. 3) 中村秀治，松浦真一，寺野隆雄，篠原靖志：水力鋼構造物の寿命予測エキスパート・システムとその適用，土木学会論文集，第 374 号/I-6，pp.513-521，1986. 4) 古川浩平，古田均，仁多和英：一対比較法の最適耐震設計への応用に関する研究，土木学会論文集，第 368 号/I-5，pp.393-400，1986. 5) 木下栄蔵：わかりやすい意志決定論入門-基礎からファジィ理論まで-，近代科学社，1996. 6) 刀根薫：ゲーム感覚意志決定法-AHP-入門，日科技連出版社，1990. 7) 北海道開発局道路維持課：道路橋の点検および補修・補強設計施工要領（案），1998. 8) 建設省土木研究所：橋梁点検要項（案），土木研究所資料，第 2651 号，1998. 9) 小幡卓司，木村竜太，林川俊郎，佐藤浩一：AHP を用いた橋梁補修計画支援システムの構築に関する一考察，土木学会北海道支部論文報告集，第 57 号，pp.178-181，2001.

表-1 総合ウエイト、順位-

順位	橋梁	ウエイト	順位	橋梁	ウエイト
1	i	0.0868	13	f	0.0276
2	l	0.0782	14	j	0.0268
3	w	0.0773	15	p	0.0266
4	k	0.0682	16	h	0.0254
5	x	0.0539	17	u	0.0244
6	r	0.0528	18	a	0.0206
7	c	0.0436	19	e	0.0169
8	n	0.0429	20	m	0.0147
9	g	0.0429	21	o	0.0145
10	b	0.0376	22	d	0.0144
11	q	0.0362	23	s	0.0059
12	t	0.0281	24	v	0.0036