

# AHP を援用した高架橋の橋脚形状選定

Bridge pier form selection of an elevated bridge for which AHP was used

丹羽 信弘\* 近田 康夫\*\*  
Nobuhiro NIWA and Yasuo CHIKATA

\* 中央復建コンサルタンツ株式会社 (金沢大学大学院自然科学研究科環境基盤工学専攻)

\*\* 工博、金沢大学教授、工学部土木建設工学科 (〒 920-8667 金沢市小立野 2-40-20)

It is requested that a public structure such as bridges and the elevated bridges be more accessibly excellent at the same time as more economical (cost reduction) designs. When the construction and the form are selected, the accountability of the adoption process and the judgment is requested. In this research, the AHP technique from which adoption process and a judgment standard become clear was used for evaluation of the bridge preliminary design about a bridge pier. This is utilizable as a tool which does explanation responsibility indispensable to a future construction enterprise.

**Key Words :** Formal selection, Accountability, AHP

## 1. はじめに

### 1.1 背景

従来から橋梁や高架橋の最適な支間割や構造形式の決定を行うにあたっては、①平面・縦断・横断の線形幾何条件、②地形・地盤条件、③横過周辺施設との交差近接条件、④施工制約条件等に基づき、『橋梁予備設計』と呼ばれる作業(コンサルタント業務)を行い、考えられる多数の比較検討案から最終比較案3案程度の抽出の後、概略設計を行い概算数量工事費を算出し、経済性・施工性・維持管理・景観を評価し、中でも経済性を最も重視して最終案を決定した<sup>1)</sup>。

その結果、構造上材料が最小となる寸法が選定され、構造物本体の設計が主となり架橋位置での景観には十分な配慮がなされてはいない場合が多く見られた。

一方、橋梁・高架橋といった公共構造物は、広く市民・住民の税金により建設され市民が利用するものであり、安全であることは絶対条件であるが、最近ではより経済的(コスト縮減)であると同時に利用し易く優れたデザインであることが求められ、その建設や形式選定にあたっては、その採用過程と判断についての説明責任(アカウンタビリティ)が求められる<sup>2)</sup>。

### 1.2 目的

景観デザインに優れた橋梁・高架橋を評価するにはどうすればよいのか? 景観評価には構造部材の安定度や応力度評価といった定量的な判断基準がなく、一般に定量化が困難で担当する技術者の感性に依存しているのが現状である。

最近では一部の景観に十分配慮する橋梁においては学識経験者による委員会形式での評価も行われているが、使用者である市民への説明責任としてのお墨付きの要素も否めず、いずれも個人の主観によるところが大きい。

これに対して、委員会等を設置しない一般橋梁の場

合、実際の橋梁予備設計の過程で、直接工事費(経済性)に大きく影響する支間割と上部工形式・基礎工形式については比較対象として必ず検討評価を行うが、下部工形式・形状については、橋脚の場合を例にすると上部工の桁配置と交差近接条件等の外的な制約条件により張出し式橋脚・柱式橋脚・ラーメン橋脚のいずれかの形式が決定され、上下部工一体としての景観デザインのディテールの決定は、担当する技術者の感性に依存しているのが現状である。言い換えると選定の自由度が高い部分である。

そこで本研究では、高架橋の景観に大きく影響し、選定の自由度が高い橋脚を対象に、実際の橋梁予備設計の過程において、支間割と上部工形式が最適と選定された次の段階である橋脚形状決定を対象に、その形式・形状の評価手法に、採用過程と判断基準が明確となるAHP手法を使って、評価検討を行いこれからの建設事業に欠かせない説明責任を果たすツールとして活用する。

## 2. AHP手法による評価

### 2.1 AHP手法とは

AHPとは階層型意思決定法の一つであり、幾つかの候補(代替案)の中から最良のものを選びたいという問題において、直感やフィーリングといった人の主観的評価を取り入れつつ、合理的な決定を促す手法である<sup>3)</sup>。

AHPの手順は大まかに分けると、次の4ステップになる。

- ① 階層化：問題を分析して階層図を作成する。
- ② 一対比較：階層図の各レベルの要素をすぐ上のレベルの各要素から見て一対比較し、一対比較行列を作成する。
- ③ 重要度の決定：各要素の一対比較行列から重要度、整合度を計算する。

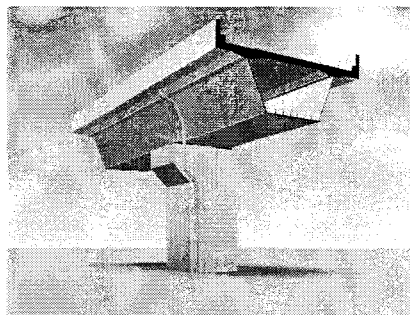


図-1 代替案① 張出し式橋脚案①

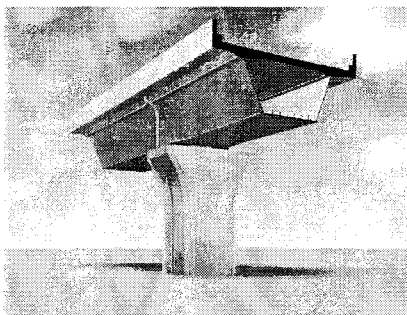


図-2 代替案② 張出し式橋脚案②

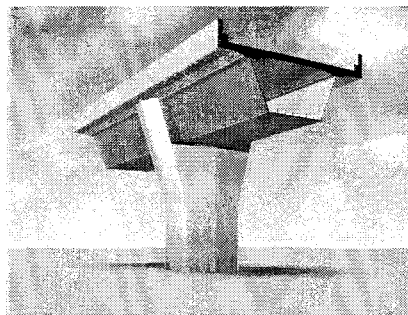


図-3 代替案③ 張出し式橋脚案③

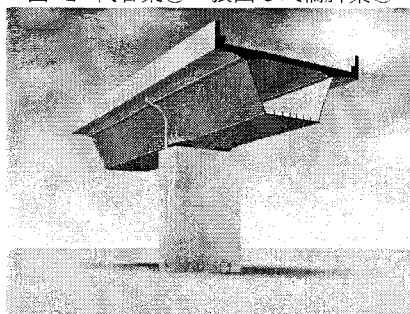


図-4 代替案④ 柱式橋脚案①

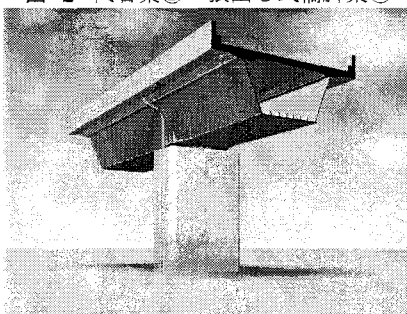


図-5 代替案⑤ 柱式橋脚案②

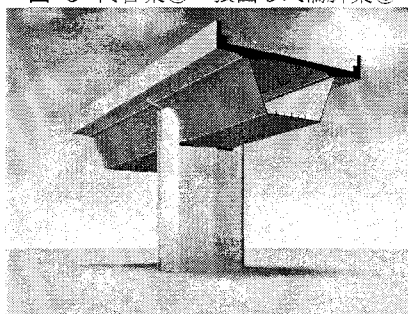


図-6 代替案⑥ 柱式橋脚案③

表-1 概算数量概算工事費・概算工期

|        | 単位               | 単価     | 張出し式橋脚① |         | 張出し式橋脚② |         | 張出し式橋脚③ |         |
|--------|------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|        |                  |        | 数量      | 工事費     | 数量      | 工事費     | 数量      | 工事費     |
| コンクリート | m <sup>3</sup>   | 13,500 | 135.8   | 1,833.3 | 143.9   | 1,942.7 | 149.4   | 2,016.9 |
| 型 枠    | m <sup>2</sup>   | 7,000  | 135.5   | 948.5   | 143.7   | 1,005.9 | 162.0   | 1,134.0 |
| 鉄 筋    | ton              | 80,000 | 8.8     | 704.0   | 9.5     | 760.0   | 10.0    | 800.0   |
| 足場工    | 掛 m <sup>2</sup> | 3,000  | 233.2   | 699.6   | 241.4   | 724.2   | 249.7   | 749.1   |
| 支保工    | 空 m <sup>3</sup> | 3,000  | 30.2    | 90.6    | 30.5    | 91.5    | 31.9    | 95.7    |
| 掘 削    | m <sup>3</sup>   | 500    | 322.1   | 161.1   | 322.1   | 161.1   | 322.1   | 161.1   |
| 埋戻し    | m <sup>3</sup>   | 1,500  | 237.4   | 356.1   | 236.7   | 355.1   | 236.7   | 355.1   |
| 残土処分   | m <sup>3</sup>   | 1,000  | 58.3    | 58.3    | 59.1    | 59.1    | 59.1    | 59.1    |
| 小 計    |                  |        |         | 4,851.5 |         | 5,099.5 |         | 5,370.9 |
| 諸経費    | 50%              |        |         | 2,425.7 |         | 2,549.7 |         | 2,685.5 |
| 合 計    |                  |        | 1.02    | 7,277.2 | 1.07    | 7,649.2 | 1.13    | 8,056.4 |
| 工 期    | 日                |        | 1.23    | 98      | 1.29    | 103     | 1.39    | 111     |

|        | 単位               | 単価     | 柱式橋脚① |         | 柱式橋脚② |         | 柱式橋脚③ |         |
|--------|------------------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
|        |                  |        | 数量    | 工事費     | 数量    | 工事費     | 数量    | 工事費     |
| コンクリート | m <sup>3</sup>   | 13,500 | 138.4 | 1,868.4 | 147.0 | 1,984.5 | 142.4 | 1,922.4 |
| 型 枠    | m <sup>2</sup>   | 7,000  | 136.9 | 958.3   | 147.1 | 1,029.7 | 160.3 | 1,122.1 |
| 鉄 筋    | ton              | 80,000 | 9.0   | 720.0   | 9.8   | 784.0   | 9.4   | 752.0   |
| 足場工    | 掛 m <sup>2</sup> | 3,000  | 215.2 | 645.6   | 223.5 | 670.5   | 229.0 | 687.0   |
| 支保工    | 空 m <sup>3</sup> | 3,000  | 0.0   | 0.0     | 0.0   | 0.0     | 0.0   | 0.0     |
| 掘 削    | m <sup>3</sup>   | 500    | 322.1 | 161.1   | 322.1 | 161.1   | 322.1 | 161.1   |
| 埋戻し    | m <sup>3</sup>   | 1,500  | 237.0 | 355.5   | 236.0 | 354.0   | 236.4 | 354.6   |
| 残土処分   | m <sup>3</sup>   | 1,000  | 58.8  | 58.8    | 59.9  | 59.9    | 59.4  | 59.4    |
| 小 計    |                  |        |       | 4,767.7 |       | 5,043.7 |       | 5,058.6 |
| 諸経費    | 50%              |        |       | 2,383.8 |       | 2,521.8 |       | 2,529.3 |
| 合 計    |                  |        | 1.00  | 7,151.5 | 1.06  | 7,565.5 | 1.06  | 7,587.8 |
| 工 期    | 日                |        | 1.00  | 80      | 1.06  | 85      | 1.16  | 93      |

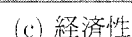
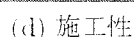
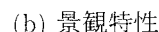
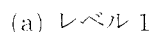
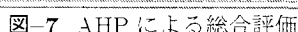


図-8 代替案の重み付け

- ④ 総合的重要度の計算：各要素の重要度をまとめ、総合的な重要度を計算する。

## 2.2 評価項目の階層化

評価項目の階層化にあたっては、土木学会土木構造物設計ガイドライン<sup>4)</sup>の階層図を参考に行った。

- ① 目的 (レベル 1)：バランス良い橋脚形状
- ② 要求機能 (レベル 2)：経済性、安全性、使用性、施工性、景観特性。このうち、安全性は現行の設計基準類を満足しており同評価、使用性は必要条件であり同評価となることから評価項目から除外する。
- ③ 代替案の評価 (レベル 3)

経済性： 事業費、ライフサイクルコスト

施工性： 工期の短縮、工事安全性

景観特性： 上部工とのバランス、力強さ、繊細さ、安定感、周辺との調和

AHP 手法による評価にあたっては、AHP 支援ソフトウェア Choice Navigator を用いて分析した<sup>5)</sup>。

## 2.3 代替案

今回比較対象とした高架橋橋脚は、都市内に建設される連続高架橋の橋脚形状で、既に橋梁予備設計においてスパン割および形式比較検討により上部工には鋼連続開断面箱桁橋が採用されており、ここでは次のステップとしての橋脚形状の決定を目的に代替案を作成した。橋脚の代替案をそれぞれ図-1～図-6 に示す。

図-1～図-3 は RC 張出し式橋脚タイプ、図-4～図-6 は RC 柱式橋脚タイプをベースとした。

図-1 は従来から標準設計タイプとして多数建設されてきた標準矩形タイプの張出し式橋脚案、図-2 は図-1 に対して柱側面にスリットを設け排水管を隠すとともに、梁下および柱コーナー部にサークルハンチを設けた張出し式橋脚案、図-3 は図-2 を更に発展させ扁平八角形の柱断面とするとともに沓隠し壁を設けた案である。

同様に図-4 は標準矩形タイプの柱式橋脚案。図-5 は図-4 に対して柱側面にスリットを設け排水管を隠すとともに、柱コーナー部をサークルハンチにより面取りした案。図-6 は図-5 をさらに発展させ扁平八角形断面とするとともに沓隠し壁を設けた案である。各案の概算工事費と概算工期を表-1 に示す。表からは張出し梁がなく支保工が不要となる代替案④の柱式橋脚案①が経済性的にも施工性の面からも優れている。

## 2.4 結果の考察

Choice Navigator を使った AHP 手法による総合評価結果を図-7 に示す。一対比較にあたっては、次の考えで行った。

- 橋脚形状に限っては都市内という立地条件から景観特性を評価。図-8(a)
- 景観特性では人目につくことから、周辺との調和（異物を隠す）を評価。図-8(b)
- 初期コストよりもライフサイクルコストを評価。図-8(c)
- 施工性はいずれも特殊な構造でなく、経済性、景観特性に比べ低い評価。図-8(d)
- 工期短縮よりも工事安全性を評価。図-8(d)

図-7 より、経済性:施工性:景観特性の重み付けは 5.5:1.0:3.5 となり、総合評価結果では僅差ではあるが、最も経済的な代替案①ではなく代替案⑥の柱式橋脚案③が最も評価される結果となった。

## 3. あとがき

これからの建設事業では、種々の意思決定段階において説明責任を果たすことが欠かせない。ここではそのためのツールとしての AHP 手法の可能性を検討するために、高架橋の橋脚形状決定を対象に、その形式・形状の評価と採用過程への適用を試みた。

事例の評価過程から、相反する経済性(コスト増加)と景観特性への配慮との判断経緯が第3者にも明確な形で提示できることが示せた。つまり、AHP 手法は従来の橋梁予備設計で行っていた○△×評価に比べて、採用過程と判断基準が明確であり、説明責任を果たす上での有効な手段となりうることが示された。

示した事例での評価は、一橋梁設計エンジニアの評価に基づくものであったが、今後、他の橋梁設計エンジニア、発注者、一般市民を対象に、代替案評価の重み付けについてアンケートを実施してデータの蓄積と分析を行うことで、最終的には経済性、施工性、景観特性の重み付けの変化による効用分岐点が明確になると考えられる。

## 参考文献

- 1) 建設省近畿地方建設局、土木設計業務等共通仕様書、1999.4
- 2) 建設省、公共事業の説明責任（アカウンタビリティ）向上行動指針、1999.2
- 3) 木下栄蔵、わかりやすい意思決定論入門—基礎からファジイ理論まで—、近代科学社、1996.9
- 4) 土木学会、環境負荷低減型土木構造物設計ガイドライン、2001
- 5) 加藤直孝、AHP Choice Navigator 操作マニュアル、2000.1