

## 安全性と意匠性を同時に充足する設計支援システムの構築

香川大学 学生会員 ○橋本 悠 非会員 我部山 喜弘 正会員 岡崎 慎一郎 非会員 井藤 隆志  
香川大学 非会員 荒川 雅生 釜床 美也子 竹内 謙善 株式会社くいと 非会員 石井 恵三

### 1. はじめに

土木構造物の理想的なデザインは、強・用・美の三つの要素から立脚するという考え方がある。一方で、我が国では概ね強（構造安全性）と用（施工性）を過度に重視しているため、形状は画一的となり、意匠性に乏しい場合が多い。これは20世紀初頭にRC構造が実現したことを契機に、材料に経済的なフォームを与えようとした潮流から、構造主義的なデザインとなり建築意匠から離脱し公共性の高いデザインが行われるようになったことに起因する<sup>1)</sup>。しかし近年では、都市の構造物に地域性や快適性を求める声が高まっているが、土木に関する設計者の多くは意匠的な素養を有するとは限らず、社会的な要請に応えることが現状で困難である。

本研究は、土木構造物に対して美（意匠性）を機械的に付与する方法を提案する。土木・建築におけるデザインと芸術や感性工学など様々な分野から「美」を考察した。さらに、人間の創造的活動の過程を示し、「美」の創造方法論として整理することで、アントニオ・ガウディによる『力学的に最適化された形状は自然的で美しい』という設計思想を、美に関する共通項として見出した。この視座に基づき、構造設計において形状最適化を援用することで、機械的に意匠性を付与できる手法を提案した。この研究の成果は、次世代のCAD（Computer Aided Design）システムの実現に大きく寄与するものとする。

### 2. ガウディ作品にみられる設計思想

アントニオ・ガウディが構造物を設計する際に最も重要としていたのは自然を師とする姿勢である。<sup>2)</sup>自然に存在する構造は機能的でありながら、力学的にも無駄のない形状をしており、そこに美しさを見出していた。ガウディはこの自然的な構造物を設計するために3つの思想を柔軟に利用していたと考えられる。それは、社会性、合理性、直感性である。社会性は従来工法や、地場の材料のような地域性や文化性を重視する態度であり、合理性は力学的な最適形状を探求する姿勢と、同時に人間の生活空間を広く、また、機能的に確保しようとする姿勢である。直感性では、ガウディ自身が自然から感性的に得る学びを造形に反映させようとした。

このような設計思想を反映した設計支援システムの概念を図1に示す。このシステムに基づくと、誰しものが強・用・美を満たす設計を行うことが可能となる。図2に、本研究で作成したシステムの概略を示す。

### 3. 設計支援システムの構築

本システムは力学的合理性を充足する設計を基本とするため、形状最適化手法を用いて、人道橋を例題に基本モデルを作成した。この形状を図3に示す。さらに、基本モデルから発展的に作成したデザインモデル形状の例を図4に示す。次に、デザインモデルの形状と感性評価値の関連を得るため感性評価実験を実施した（表1）。ここで用いたイメージ形容詞は白木ら<sup>3)</sup>の研究を基に20例を選定し、因子に分類したものを表2に示す。この結果から意匠性パラメータとして用いるための感性特徴量モデルを作成した。このモデルは全8種であり、それぞれの要素となったモデルと配合比率を表3に示す。最後に、基本モデルに感性的意匠性を付与した提案モデルを作成した。

### 4. 感性評価実験と最終提案モデルの作製

提案モデルの意匠性を評価するため、感性評価試験を行った。その概要を表4に示す。提案モデルと基本モデルの感性評価値の差分により、付与した意匠性に対する評価を定量化した。結果を表5に示す。美的調和性の評価の高さと、その他の評価がどの提案モデルよりも高かったことから最終提案モデルとしてall(AD-)モデルが選定された。また、意匠性の付与により、力学的な安定性が幾分か消失された可能性がある。再度、形状最適化を実施することにより、最終的な形状を決定した。

キーワード 土木デザイン, 美, 形状最適化, 感性特徴量

連絡先 〒761-0396 香川県高松市林町2217-20 香川大学 創造工学部 TEL 087-864-2015

5. 考察

感性評価実験から印象性と美しさには強い負の相関があることが統計的に明らかになった。しかし、最終提案モデルのように芸術的意匠性と美的調和性の評価値が向上するような意匠も存在していることがわかった。確かに、印象的でありながら美しい構造物は実存しており、それらはランドマークとして認められている場合が多い。つまり、これらの評価を分析し、快な印象性と不快な印象性を明らかにすることで、より妥当性のあるパラメータを設定できる可能性があると考えられる。

参考文献

- 1) 馬場俊介ら. 18世紀～20世紀前半における土木構造物の使用の変遷. 土木史研究, 第15号, 1995.6
- 2) 今井兼次ら. アントニオ・ガウディの研究(第二報)ガウディの造形的基盤となれる構造について. 日本建築学会論文報告集, 第66号, 1960.10
- 3) 白木渡ら. アーチ橋の感性データベースの構築とその景観評価への応用. 構造工学論文集, Vol.45A, 1999.3

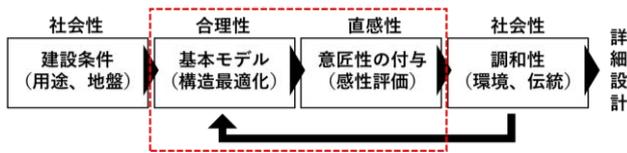


図1 ガウディ的設計思想によるシステムの概念図

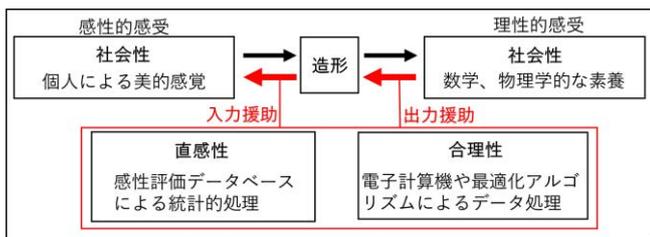


図2 設計支援システムの概略

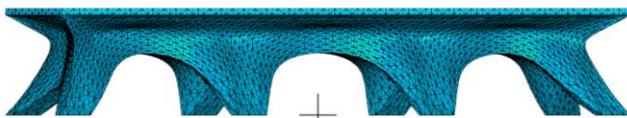


図3 基本モデル (No. 1-2)

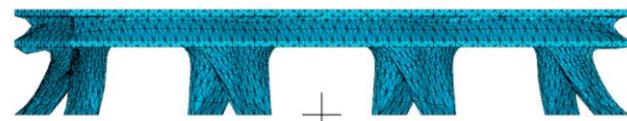


図4 デザインモデル例 (No. 1-10)

表1 感性評価実験の概要

| 項目      | 数量  | 備考   |
|---------|-----|--|
| イメージ形容詞 | 20個 | 既往研究を基に、橋梁の評価において影響の強い因子を抽出し、そこに直感的な形容詞を足した。               |
| 評価モデル   | 28個 | 基本モデル1種、デザインモデル13種と従来型モデル14種を作成した。                         |
| 被験者     | 85名 | 香川大学創造工学部建築・都市環境コースの学生を対象とした。(1年生47名, 3年生38名)              |
| 実験方法    |     | PC上に映し出されたモデルの画像を見せ、その画像から受ける印象をイメージ形容詞によって5段階評価する方法で実施した。 |

表2 イメージ形容詞と因子分類

| 因子分類   | イメージ形容詞 | 因子分類 | イメージ形容詞 | 因子分類 | イメージ形容詞 |
|--------|---------|------|---------|------|---------|
| 美的調和性  | 快適な     | アート性 | 個性的な    | 力動感  | 丈夫な     |
|        | 洗練された   |      | 遊び心のある  |      | 重量感のある  |
|        | 美しい     |      | 実用的な    | 自然重視 | 安定感のある  |
|        | 上品な     |      | 印象的な    |      | モダンな    |
|        | 好ましい    |      | ソフトな    |      | 都会的な    |
| 調和のとれた | 直線的な    | 直感性  | 可愛い     |      |         |
|        |         |      |         |      | 格好いい    |

表3 感性特徴量モデルの要素モデルと配合比率

| 感性的意匠性      |      | 要素モデル   |         | 配合比率 |      |
|-------------|------|---------|---------|------|------|
|             |      | 負       | 正       | 負    | 正    |
| 直感的意匠性 (ID) | 可愛い  | No.1-5  | No.1-11 | 0.55 | 0.43 |
|             | 格好いい | No.1-13 | No.1-3  | 0.45 | 0.57 |
| 自然的意匠性 (ND) | 自然な  | No.1-12 | No.1-6  | 0.42 | 0.45 |
|             | モダンな | No.1-7  | No.1-5  | 0.58 | 0.55 |
| 調和的意匠性 (HD) | 実用的な | No.1-13 | No.1-8  | 0.59 | 0.57 |
|             | ソフトな | No.1-15 | No.1-4  | 0.41 | 0.43 |
| 芸術的意匠性 (AD) | 印象的な | No.1-8  | No.1-9  | 0.47 | 0.52 |
|             | 直線的な | No.1-10 | No.1-14 | 0.53 | 0.48 |

表4 感性評価実験の概要

| 項目      | 数量  | 備考   |
|---------|-----|--|
| イメージ形容詞 | 10個 | 感性的意匠性パラメータに用いた8種と美的調和性に含まれる2種を選択した。                       |
| 評価モデル   | 14個 | 基本モデル1種と感性特徴量モデル8種、提案モデル4種、分析用モデル1種を作成した。                  |
| 被験者     | 77名 | 香川大学創造工学部建築・都市環境コースの学生を対象とした。(1年生44名, 3年生33名)              |
| 実験方法    |     | PC上に映し出されたモデルの画像を見せ、その画像から受ける印象をイメージ形容詞によって5段階評価する方法で実施した。 |

表5 提案モデルと基本モデルの感性評価値の差

| 全体       | 美的調和性  | 直感的意匠性 | 自然的意匠性 | 調和的意匠性 | 芸術的意匠性 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| all(2r)  | 0.036  | -0.004 | 0.010  | -0.017 | 0.013  |
| all(AD-) | 0.036  | 0.005  | 0.013  | -0.003 | 0.016  |
| all(AD+) | -0.156 | -0.161 | -0.153 | -0.191 | 0.201  |
| rec-1    | -0.075 | -0.075 | -0.094 | -0.104 | 0.145  |

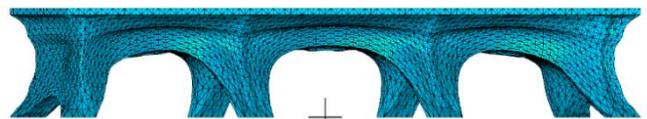


図5 最終提案モデル