

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 正会員 ○岡崎慎一郎 荒川雅生 賛助会員 我部山喜弘 竹内兼善 井藤隆志 釜床美也子
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）を過度に重視しており、設計後の形状は画一的であるために、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¹⁾。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順を提案する。この研究成果は、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・これに基づく提案システム

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²⁾。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 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索する姿勢と、同時に人間の生活空間を最大限広く、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略を図 1 に示す。このシステムに基づく、誰しもが強・用・美を満たす設計を行うことが可能となる。

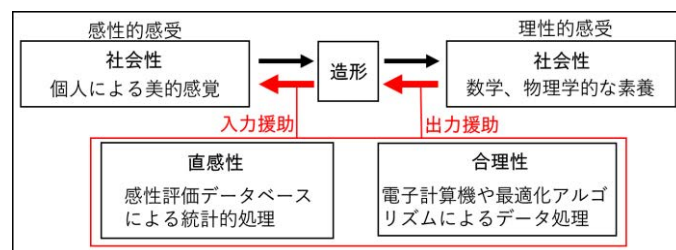


図 1 設計支援システムの概要

3. 設計支援システムの構築と実践

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、形状最適化手法を実装したソフトウェア Optishape(くいと社製)を用いて、人道橋を例題に基本モデル（表 1、図 3）を作成した。基本モデルから発展的に作成したデザインモデル（表 2、図 4）も作成した。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 3）。ここで用いたイメージ形容詞は白木ら³⁾の研究に基づき 20 例を選定し、因子に分類した（表 4）。さらに、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 種で構成され、それぞれの要素となったモデルに対する配合比率を表 5 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する。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。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（表 6）。4 項目の値が最も高かったことから、最終提案モデルとして all(AD-)モデルを選定した。ここで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ため、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。以上の手続きが本システムの概要である。

表 1 基本モデルの概要

モデルサイズ	X=65, Y=400, Z=66
メッシュ	size = 4, number=17(x) × 100(y) × 17(z)=28900
マテリアル	Concrete
拘束条件	上面：完全拘束 地面との接地面：完全拘束
荷重条件	上面：分布荷重, 水平応力 自重

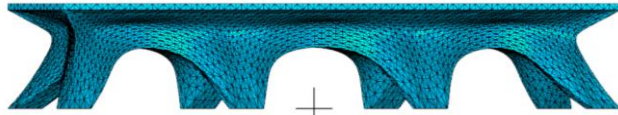


図 2 基本モデル橋梁

表 2 デザインモデルの概要

モデルサイズ	X=65, Y=400, Z=66
メッシュ	size = 4, number=17(x) × 100(y) × 17(z)=28900
マテリアル	Concrete
拘束条件	上面：完全拘束 地面との接地面：完全拘束 任意の接点：完全拘束
荷重条件	上面：分布荷重, 水平応力 自重



図 3 デザインモデル橋梁

4. 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。同時に、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することも判明した。実構造物を俯瞰すると、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的な構造物として認められている場合が多い。これらの評価をより詳細に分析し、快な印象性と不快な印象性を把握することで、より妥当なパラメータ設定が可能となると考える。

5. まとめ

ガウディ的な設計思想を反映した設計支援システムを構築することで、力学的な最適化に基づく安定性と、感性的に設定された意匠性を機械的に付与する手順を提示することができた。

表 3 感性評価試験

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 感性特徴量モデルと配合比率

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

表 6 最終提案の結果

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

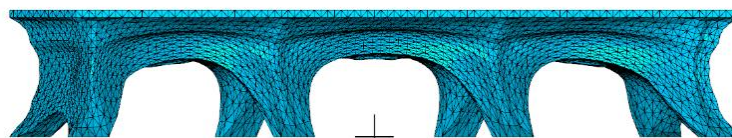


図 4 最終モデル橋梁

参考文献：1) 馬場ら：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，15，1995

2) 今井ら。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(66)，1960

3) 白木ら。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