

I-355

目で見る力学とその構造美観について

(株) 北日本ソイル研究所 正員 中村作太郎

1. まえがき

構造物の美観は、その内面に秘められた力学的美と外面に広がる景観的美より構成されており、その内外のバランスのとれていることが重要であると思う。

景観美は視覚心理学の分野で、風景との対話が大事であり、春夏秋冬の季節の変化、国々の地域環境変化等について吟味・研究するほか、民族の生活環境、宗教の違いについても考慮しなければならない。また力学的美としては、力学的安定性の美と力学的経済性の美に分けることが出来よう。力学的安定性の美は構造物全体としての安定美であり、力学的経済性の美はむだな材料を省く節約理論に立つ美のことである。

これらの力学的美を基本として、目で見える構造美観について論述する。

2. 目で見る土木力学^D

(1) 樹木の太さ

樹木の太さは根本に近いほど太く、上に行くほど細くなっている。それは風や地震の荷重が側方から働いたとき、樹木はその荷重に耐えなければならないからである。図-1のとおり、水平荷重 W が働いたとき、樹木には曲げモーメントが作用する。樹木の a, b, c 点に $Wh, W(2h), W(3h)$ が働き、これらに耐えられるように根元に近いほど太くなっているのである。

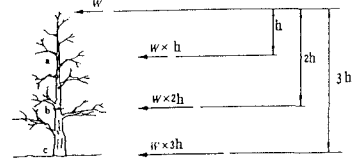


図-1 樹木と荷重

(2) 植物の中空および節の力学的効果

各種の植物を見ると、枝、幹、茎に中空のものが多く、その断面の多くは円形、三角形、四角形、五角形などの閉合断面からなっていることがわかる。竹や麦の中空断面のもののほか、大根、菜種、そらまめなどの中空でないものでも、中は太抵軟かい髓で満されており、動物の骨も内部は流動物からなっている。図-2は断面積等しく、同じ材料で作った4種類一円形充実断面、正方形充実断面、円形中空断面、正方形中空断面の片持梁の自由端に、集中線载荷した自由端のたわみを比較したものである。この場合正方形中空断面、円形中空断面の有利なことが理論解析および実験解析の結果より認められた。

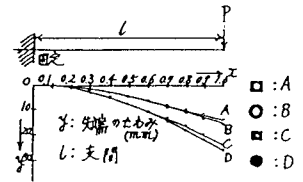


図-2 断面形の異なる数種の片持梁(等断面)のたわみ比較

(3) 石積工

人類がその歴史の中で感動したものに石積工がある。エジプトのピラミッドを始めとして、スペインのサグラダ・ファミリア聖堂、古代メーソンリー・アーチ橋、万里の長城等がある。

図-3, 4, 5 はそれらの実例であり、その中で特に図-5は施工の失敗例と見ることも出来ると思う。不安定な構造体に真の美観は得られないからである。

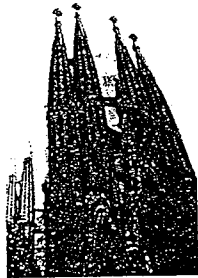


図-3 サグラダ・ファミリア聖堂(スペイン)



図-4 メーソンリー・アーチ橋

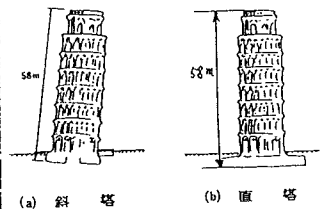


図-5 ピサの斜塔と直塔(想像)

(4) 基本的な桁の曲げ現象

図-6はスパンの中央に集中線荷重を受けた梁の断面係数を示したものであるが、その曲げ現象を見る力学として、光弾性実験による等色線縞模様、等傾線等で示すと、図-7, 8, 9 のとおりとなる。

表-1 各種の断面形よりなる梁の断面係数 (cm^3)

形	大きさ (cm)	断面積 (cm^2)	断面係数 (cm^3)
a	幅20高さ10	200	333
b	幅10高さ20	200	666
c	直径16	201	402

3. 光計測とその構造美観

構造美観は視覚神経が主流で、目で見える応用力学と考えられるが、光計測法としては、一般の一次元的測定法、ホログラフ干渉法、スペツクル干渉法などのほか、光弾性法(1816年よりの発達)、モアレ法等がある。

最近は電子計算機技術の進歩により、精彩な画像処理も可能となつたので、ログラフ干渉縞、スペツクル干渉縞、モアレ縞、光弾性等色線縞および等傾線等の読みに熟達、精通し、内面の力学的美観を即座に感じとらなければならぬ。

図-10は傾いた格子によるモアレ縞で、図-11はフイゾー干渉計による形状測定干渉縞であり、図-12は格子投影型モアレトポグラフィの測定縞である。図-13はモアレ法による変形測定縞で、図-14は二種類のローゼ桁模型の光弾性実験による等色線縞模様である。これらの縞模様を上手に読みとることによつて、力学的バランスのとれた美観のある構造体を見出すことが可能である。

4. あとがき

土木力学は土木工事の施工に密着して発達して来たもので、目で見える力学として、安定、不安定を基本として、内に秘められた力学的バランスを構造美の対象としなければならない。また景観美は何んといつても風景が基本であり、風景との対話が大事である。

なお、本論文をまとめるにあたり、下記文献に負うところ大きく、それぞれの著者に対し、感謝の意を表する次第である。

文 献

- 1) 田中輝彦：土木への序章—いつも通る路、渡る橋、鹿島出版(1988)。
- 2) 谷田貝豊彦：応用工学—光計測入門、丸善(株)(1989)。
- 3) 東山魁夷：風景との対話、新潮社(1990)。

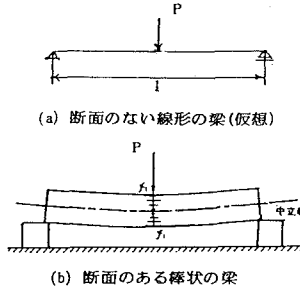


図-6 垂直集中荷重を受ける基本的な梁

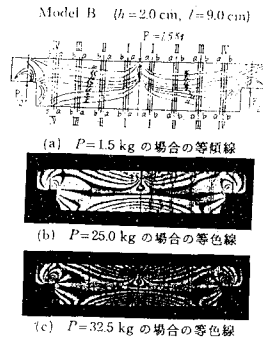


図-8 中央点集中線荷重を受ける模型桁Bの等傾線および等色線

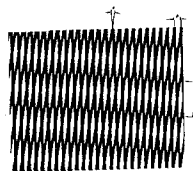


図-10 傾いた格子によるモアレ縞

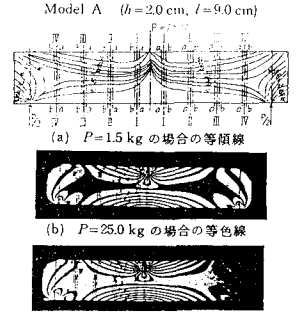


図-7 中央点集中線荷重を受ける模型桁Aの等傾線および等色線

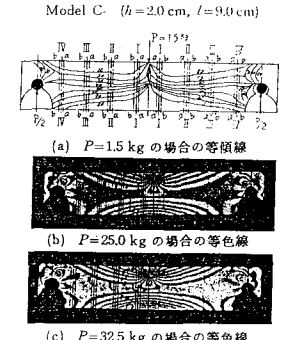


図-9 中央点集中線荷重を受ける模型桁Cの等傾線および等色線



図-11 フイゾー干渉計によるシリコンウエハの形状測定縞図

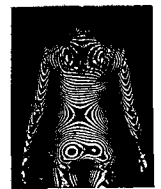


図-12 格子投影型モアレトポグラフィの測定縞(測定例)

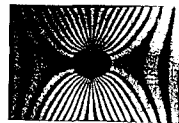
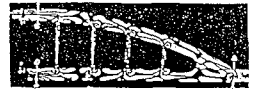


図-13 有孔帯板のモアレ法による一軸引張り測定縞図



(a) 模型1の等色線縞模様(応力解析用、図面8-3342)



(b) 模型11の等色線縞模様(応力解析用、図面8-3342)

図-14 ローゼ桁の光弾性実験による等色線縞模様図