

I-540

橋梁の空気力学的耐風対策の視覚的特性

東京大学大学院 学生員 副島 紀代  
 名古屋大学 正会員 佐々木 葉  
 東京大学 正会員 藤野 陽三

1.はじめに：現在、ある程度規模の大きい橋梁の設計では、大別して構造・耐風・景観という3つの側面から検討がなされている。しかし現実には、これらが独立して行なわれる傾向が強くなり、3者のバランスが図りにくいという問題がある。特に、風が問題になるような長大橋では、耐風安定化の必要性から施された耐風設計によって、その橋の見た目の形に問題を生じている事例もいくつかある<sup>1)</sup>。そこで、本研究では、「耐風」と「景観」の双方から見て好ましい設計の手がかりとするために、橋本体の形状に対する視覚的影響が大きい、フェアリング・隅切りなどの空気力学的耐風対策に焦点を当て、その視覚的な特性を視覚心理実験により調べた。

2.視覚心理実験：「視覚」という心的現象を調べるため、橋の模型写真を用いた視覚心理実験を行なった。この実験で取り上げたのは、(1)斜張橋タワーの隅切り (2)桁のフェアリング の2例である。このそれぞれについて、空力特性に関係する変数(図1)を系統的に変化させた模型を何種類か製作し、写真撮影した。それをプリント版およびスライド映写によって被験者(約60名)に提示し、見え方の印象の比較を行なった。

3.タワーの隅切り率と「見えの太さ」

目的：正方形断面をもつ一本柱タワーの四隅に正方形の隅切りを施した場合の「見えの太さ」が、隅切りをしないものと比較してどう変わるかを調べる。

方法：図2のように、一辺が2.5cmの正方形断面を基本形とし、4%~20%の範囲で4%刻みで隅切りを施したものの(隅切り群)と、隅切りを施さずに一辺を2.0cm~2.5cmの範囲で0.1cmごとに变化させた断面をもつもの(比較群)の、2種類の一本柱タワーの模型を用意する。これらの模型写真(図3)を用いて、隅切り群の「見かけの太さ」が、比較群のどの模型と同じ太さに見えるかを、被験者に質問した

結果と考察：

- a)陰影の効果：図4に結果を示す。図4では、横軸がサンプルの隅切り率、縦軸が同じ太さに見えると回答された比較群の「見えの太さ」の平均値である。また、線の種類は視点の位置の違いを示す。このグラフから、視点により多少差はあるものの、概ね隅切り率0%~16%では、隅切り率が大きくなるにつれて細く見える傾向のあることがわかった。これは、隅切りによる陰影の効果であり、視点による見え方の差は、陰影の付き方による差であると考えられる。特に、このケースの場合には、隅切り率16%前後で最も細く見えるようになるという結果がでた。
- b)形の成り立ち：しかし、20%の方が16%のものより太く見えるという回答が多く(図4)、隅切り率が16%を超えると、細く見せる効果が薄くなることもわかった。これは、陰影よりも「形の成り立ち」の把握が大きく影響してくるためと推察される。ここで「形の成り立ち」とは、ある形を人が認識する際に、手がかりとするその形の構成のことである。

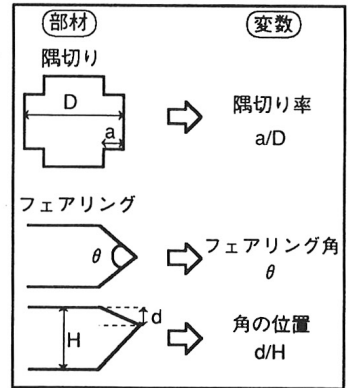


図1 部材と変数

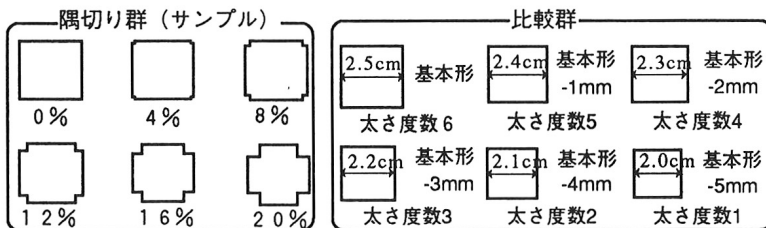


図2 タワー断面図

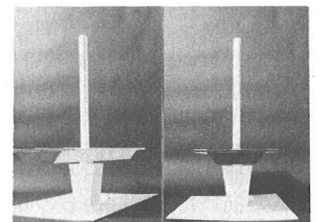


図3 模型写真の例

本実験の場合には、図5に示すように、隅切りが小さいときには、一本のタワーの四隅を削ったように見えるが、隅切りが大きくなると、一本のタワーの周りに付属物を取り付けたように見えるということが、ごてごてしたイメージを抱かせ、太さの印象に影響を与えていると考察される。

c)耐風安定性：実際の風洞実験の例では<sup>2)</sup>、隅切り10%～20% (図4の斜線部)が耐風的に良好で、本実験と照合すれば、この場合には、耐風・景観双方に好ましい隅切り率の目安としておよそ16%という値が得られる。

4.桁のフェアリングと「見えの厚さ」：隅切りの場合と同様に実験を行なった結果、フェアリングの角の位置や大きさによって桁側面の陰影(濃淡や面積の割合)が変化し、桁の視覚的特性に影響を与えることがわかった。

a)角の位置を変えた場合：角が最下部あるいは最上部にあるとき、桁側面の陰影のコントラストがなく一様なため、厚く見える。また、角が中央より上の場合、桁側面の影の面積が大きくなるため、薄く見える(図6)。

b)フェアリング角の大きさを変えた場合：角度が小さいほど薄く見える傾向がある。これは、角度が小さいと、桁側面の下側に濃い影ができ、陰影のコントラストが強くなるためと推察される(図7)。しかし、この場合は、フェアリングの角度の変化にともなう張り出し量の変化が別のパラメータとして影響したために、視点によって見え方がかなり違ってくることも明らかになった。

5.まとめ：以上から、橋梁本体の形態の操作によって耐風安定化を図る空気学的耐風対策には、部材を細く見せる、または薄く見せるという景観的な効果があるということが示された。こうした景観効果を活かして、耐風的に見ても好ましい橋梁設計を行なうためには、空気学的に安定な橋梁部材の形態を、陰影の効果(影の面積比・コントラスト)、および形の成り立ちの面から評価して最適なものを決めていくことが有効であると考えられる。本研究で扱ったのは、隅切りを施した一本柱タワーおよびフェアリング付きの桁という、橋梁の耐風設計の面から見れば極限られた部分であるが、今後の課題として、橋梁部材に対する他の空気学的耐風設計の方法(フラップ・フレクター・スリットなど)について同様の検討を行ない、適用範囲の拡大を図るとともに、本研究で示された定性的な傾向の実証性を高める研究が期待される。また、この視覚的特性と耐風安定性から見たデータとの整合性の検討や、さらには耐風性だけでなく構造との関係をも考察できれば、橋梁設計がより体系化されると考えられる。

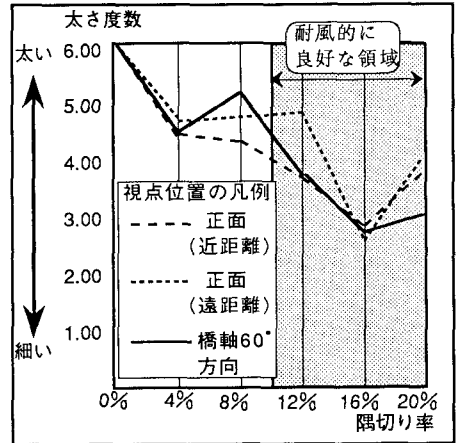


図4 隅切り率と見えの太さ

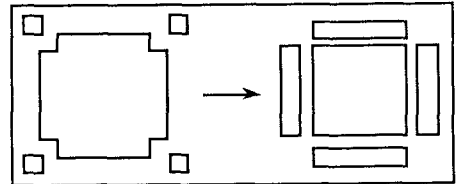


図5 「形の成り立ち」の把握

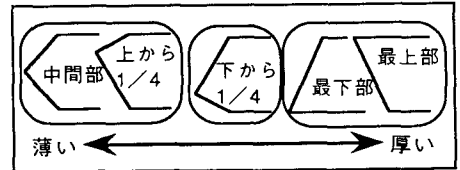


図6 角の位置による「見えの厚さ」の違い

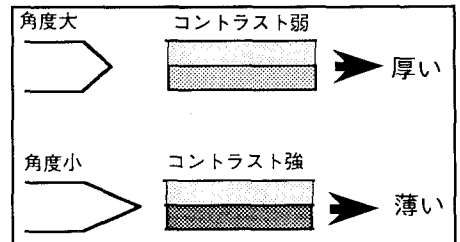


図7 角の大きさによる「見えの厚さ」の違い

参考文献

1) 土木学会関西支部共同研究グループ：耐風・構造特性および景観から見た橋梁の幾何学形態に関する研究  
 2) 白石、藤沢、石田、斉藤：斜張橋の塔(一本柱)の耐風性の改善法について；土木学会第42回年次学術講演会 I-322