

1-4 連続箱桁の形に関する構造的考察

高知工科大学 学生員 ○島村 学

高知工科大学 フェロー 藤澤 伸光

橋の形と構造 古くから、構造的に合理的なものは美しいという議論がある一方、これを否定する主張もある。いずれにせよ、その是非を実証的に研究した例は少ないように思われる。橋梁では、構造が形として現れ易いことを考え、連続箱桁を例にとりて、構造合理性と形の問題について考察を試みた。

連続桁では、支点での負の曲げモーメントが大きいため、支点上で桁高を大きくする設計が一般的である。径間中央では、下フランジを曲線として中央の桁高を最も小さくする設計、あるいは径間中央のある範囲では下フランジを直線とした等断面の設計などが用いられている。この場合、橋梁全体の形状は、扁平アーチにも似た形となる。このため、構造の専門家でない一般の利用者が、連続桁をアーチと表現することも少なくない。一般に径間中央部では正の曲げモーメントが大きくなるから、これに対処するため、桁の抵抗モーメントも大きくしなければならないことは自明である。実際の設計では、フランジの板厚や鋼種を変えてこれに対処しているわけであるが、構造と形という観点からすれば、形を優先した結果、構造を覆い隠していると考えられることもできないこともない。そこで、逆に構造合理性を優先した場合にはどのような形が導かれるかを検討し、現行の設計と比較・考察することとした。

検討方法 道路橋の設計では、主載荷荷重を影響線載荷すること、桁高の変化に伴って自重も変化すること、ウェブ高には剪断力も関係することなどを考慮すると、簡単に曲げモーメント分布から構造的に合理的な形状を推定することはできない。ここでは、1箱桁橋を例にとりて、鋼種、板厚、主桁幅などを一定とし、桁高の変化だけで抵抗モーメントを変化させて、全長にわたって作用応力がほぼ許容応力に等しくなるような形を求めることとした。

表1 検討橋梁の諸元

		CASE1	CASE2	CASE3
支間長(m)		60+80+60	50+100+50	40+120+40
幅員(m)		14.8 (車道8.0+歩道2@3.0)		
鋼種		SM400	SM490	SM570
板厚	上フランジ	22	22	22
	ウェブ	22	19	19
	下フランジ	22	24	22

対象とした橋梁は、3径間連続箱桁橋である。床版は鋼床版を想定した。橋長は200mに限定し、中央径間長80m、100m、120mの3種類の径間割について検討した。計算は主桁フランジの曲げ応力、およびウェブの剪断応力だけに着目して行った。補剛材や、張り出し部を支持するブラケットなどについては、実設計例などを参考に

して重量のみ考慮したが、構造設計は行っていない。検討した橋梁の諸元を表1に示す。

作用応力が許容応力以下で、かつ許容応力にできるだけ近くするという一種の最適化問題を解くこととなるが、多変数の複雑な問題

では、局所的最適解に収束するなどの問題が生じることも少なくないので、ここでは、単純に試行錯誤的に桁高を変化させながら、ほぼ満足できる解に収束させることとした。解析は、曲げと剪断のみを考慮した骨組解析である。橋軸方向の桁高分布を入力すると、自重や断面2次モーメントなどを計算した後、主載荷荷重を影響線載荷し、着目要素の応力が最も不利になる載荷状態での応力を自動的に計算するようなプログラムを作成

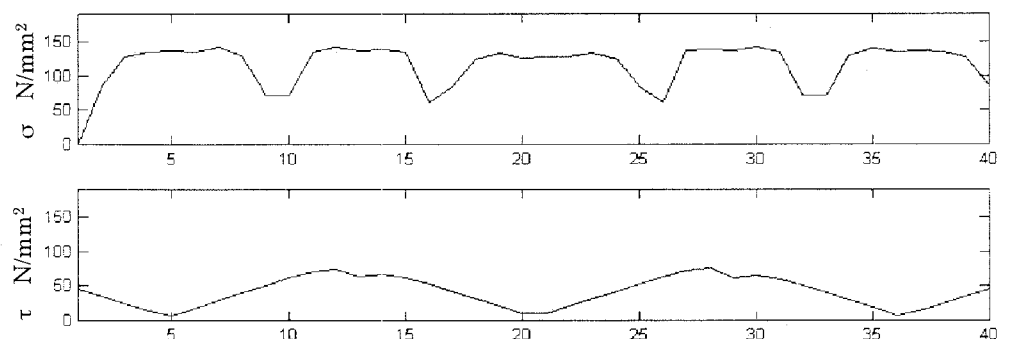


図1 最大応力分布の例 CASE1

して、解析を行った。

解析結果 解析結果の例を図1に示す。図の横軸は、解析モデルの要素番号、縦軸は応力の絶対値である。図から支点付近、および径間中央付近の曲げ応力 σ は、ほぼ許容応力 140N/mm^2 となっていることが分かる。両端、および中間の4箇所では曲げ応力の低下が見られる。これは、支点付近の負曲げから径間中央の正曲げへと曲げモーメントの符号が変わる部分であるが、影響線载荷の影響で0とはならない。また、この付近では相対的に剪断応力が大きいので、桁高も極端には小さくできない。図2が求められた桁高分布の例である。また、図3に、中央径間 120m (CASE3) の場合の結果を用いて、3次元モデルを作成した結果を示す。

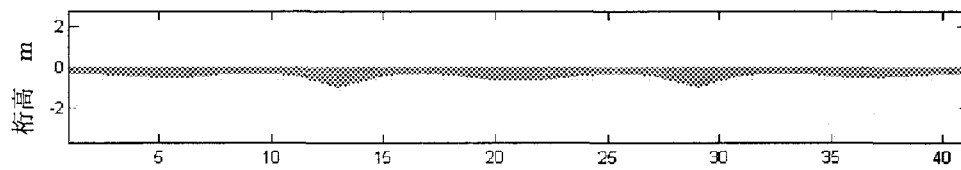


図2 桁高分布の例 CASE1



図3 解析結果に基づいた3次元モデル CASE3

結論 図3より、限定された意味ではあるが構造合理性を優先した場合に得られる形は、橋としてあまり馴染みのない形であることが分かる。試みに、数人の被験者にこの形を見せた結果、いずれも美しいとは言えないという反応であった。

自然界に存在する形は、多かれ少なかれ構造合理性を有するものと考えられる。また、人がそれを美しいと感じることも少なくない。今回の検討結果は、一見、これと矛盾しているようにも思われるが、おそらく人工構造物である橋に関しては、橋とはこういう形のものという先入観があるためではないかと考えられる。構造的に合理的で、かつ美しいと感じさせる橋を作るためには、単純に構造合理性を追求するのではなく、人が橋に対して持つ潜入感を考慮した工夫が必要なのであろう。図4は、このような工夫のひとつとして、ケーブル

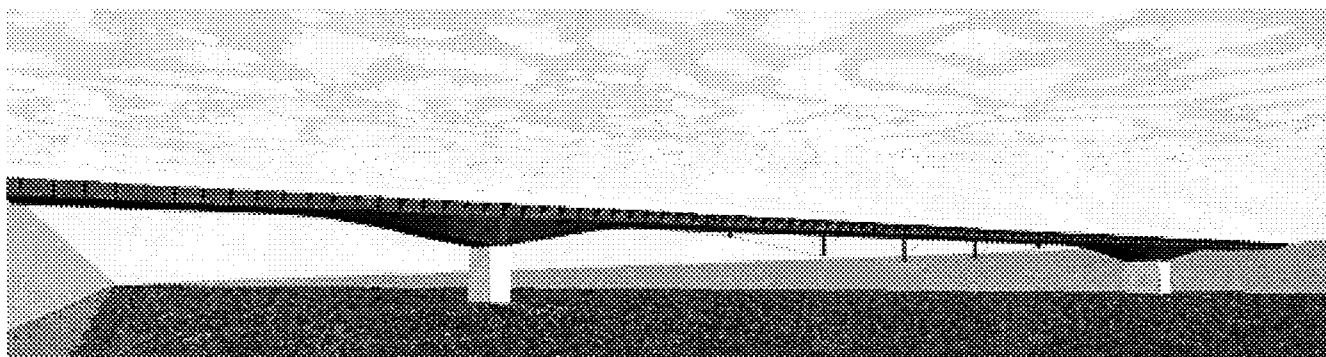


図4 ケーブル併用連続桁

で引張力を負担させることによってスパン中央部の桁高を減じた橋梁である。細部の設計には様々な問題もあるだろうが、構造と形というテーマに対するひとつの方向を具体的に示すものとして、提示した。