

1. はじめに

平成7年に旧建設省より発表された「鋼道路橋ガイドライン（案）」（以下、ガイドライン型）は、多少の鋼重増加と引き換えに工場製作の手間を省くことにより、全体的なコストの削減を目的とした設計案である。ガイドライン型は、省力化設計という新しい考え方を示したものであるとして評価されるが、そのコスト削減効果の定量的根拠は必ずしも明らかでない。そこで、本研究では、ガイドライン型の合理性を最適化手法を用いて検討した。

2. 検討手順

最適設計は、数値解析ソフト MATLAB の非線形最適化ツールを用いて行った。得られた解の妥当性を確認するため、一般的な設計手順による設計、すなわち理論式から初期値を求め、応力等を照査しながら断面決定を行う設計（以下、一般設計と呼ぶ）もあわせて行った。

また、ガイドライン型の合理性を検討するための比較対象として、従来行われていた鋼重を最小とする設計（以下、従来型と呼ぶ）も実施した。ガイドライン型がフランジ幅を統一することにより板継溶接の手間を省き、輸送限界ぎりぎりのブロックとすることで省力化を図っているのに対し、従来型では細かいブロック割によってできるだけ作用力に応じた断面構成としている。

3. 設計条件と設計範囲

「ガイドライン型設計の適用上の考え方と標準図集」

1) 記載の3径間連続非合成桁（37m+55m+37m）の外桁一本を設計対象とした。横構・対傾構の設計は省いた。桁は上下対称断面とし、現行の一般的な設計に倣って桁全長にわたって桁高は一定とした。使用鋼材はSM490YB材とし、板厚は40mmを上限とした。

図1に、曲げモーメントとせん断力の分布、および従来型（左側）、ガイドライン型（右側）のブロック割を示す。

4. 評価関数

鋼材費と製作費をもって合理性を評価する。鋼材費は市場単価より1tあたり¥113,085とした。製作費については、工場製作のみを対象として鋼橋積算基準²⁾に基づいて算定した。具体的には全体製作工数に直接労務単価を乗じて求める。本設計条件における全体製作工数は式(1)で与えられる。Y1は加工組立工数、Y2は溶接工数、Y3は仮組立工数、 δ は平均支間長による補正率で本設計では3%である。労務単価としては、H13年度公共工事設計労務単価の溶接工の全国平均基準額¥18,358を用いた。

$$\text{製作工数} \quad Y = \{Y1 + Y2 + Y3\} \times (1 + \delta) \quad \text{..... (1)}$$

5. 最適設計の設計手順

図2に示した最大9個の変数を設計変数とした。制約条件としては、道路橋示方書を参考に応力度、板厚、補剛材間隔、補剛材寸法と剛度、フランジ有効幅の制限を条件とし、適宜風荷重の影響を考慮した。目的関数として鋼材費+製作費を最小とする場合、鋼材費のみを最小とする場合の2ケースの設計を行った。

桁全体の費用の最小化を図るには、各ブロックの断面寸法全てを設計変数とする必要があり、計算が極め

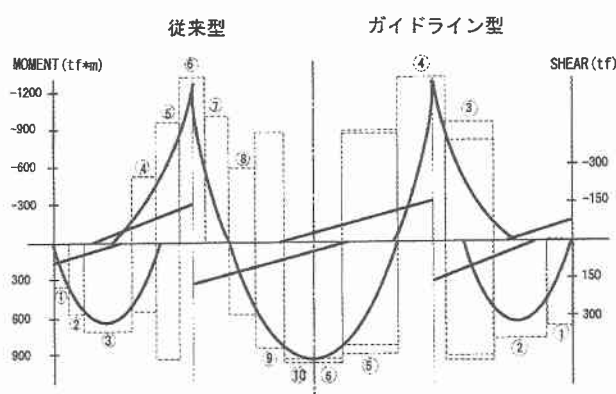


図1 曲げモーメント・せん断力分布図とブロック割

て煩雑となり収束性などの問題を招く虞がある。このため、本研究では便宜的に次のような手順で設計した。まず各ブロック毎に、独立に最適断面を決定する。次に得られた桁高に対して、ブロック長を重みとする加重平均を求め、これを桁全体の統一桁高（ウェブ高）とする。このウェブ高を除く8個の設計変数に対してブロック毎に最適設計を行う。なお、ガイドライン型では、ウェブ高に加えウェブ厚・フランジ幅も統一の値を用いるが、これらに対する設計手順も同様である。なお、本設計条件では曲げモーメント最大位置において極端に大きなフランジ幅となるため、このブロックのみ統一フランジ幅を用いないこととした。表1に各設計の名称と、上記の手順で定めた統一寸法を示す。

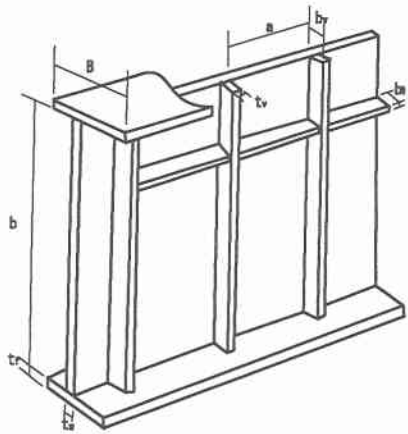


表1 最適化設計概要

タイプ	設計名	目的関数	統一寸法
従来型	設計 A	鋼材＋製作	$b=2\ 2\ 5$
	設計 A'	鋼材	$b=2\ 1\ 4$
ガイド ライン型	設計 B	鋼材＋製作	$B=5\ 7, b=2\ 1\ 9, t_w=1.1$
	設計 B'	鋼材	$B=6\ 5, b=2\ 2\ 1, t_w=1.1$

フランジ幅 B フランジ厚 t_f
ウェブ高 b ウェブ厚 t_w
垂直補剛材間隔 a
垂直補剛材幅・厚 b_v, t_v
水平補剛材幅・厚 b_h, t_h

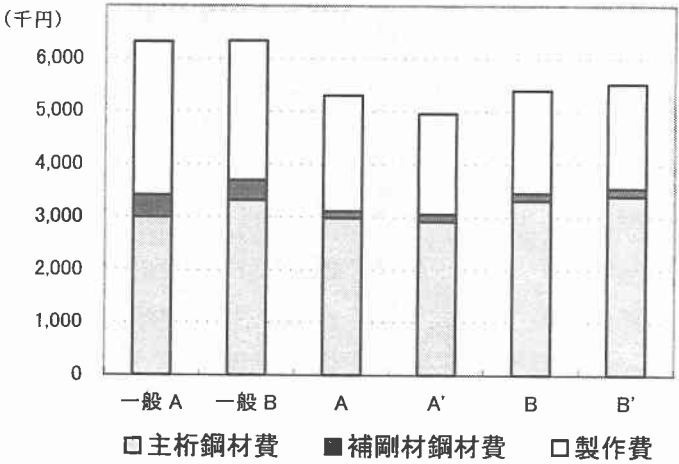
図2 設計変数

6. 結果と考察

図3に決定断面における積算結果を示す。なお、この値は桁半分の金額である。図左側の2設計は一般設計における従来型（A）とガイドライン型（B）である。全ての最適化設計の費用は、一般設計の値以下であり、ほぼ妥当な結果と言えよう。

図3において、鋼材費＋製作費を目的関数とした設計 A は鋼材費のみを目的関数とした設計 A'よりもコスト高となっているが、これは、最適化では隣接するブロック間の板継溶接を考慮せず、最終積算結果にこの費用を加算したためである。しかし、このことを考慮しても、ガイドライン型の積算結果は、従来型と大差ないか若干高目のように思われる。

図3から分かるように、本研究におけるガイドライン型の設計結果では、鋼材費の増加に見合う製作費の削減が実現されていない。この原因として、評価関数として使用した積算の問題が考えられる。本研究で使用した工場製作費の積算は、材片数と材片重量による加工組立の手間（Y1）と、溶接による手間（Y2）と、全部材数と重量による仮組立の手間（Y3）からなっており、鋼重増加は、少なくとも定性的には、製作費をも増加させる体系となっている。また、横構や対傾構など、製作に手間を要する細部を省略しているため、相対的に鋼材費に対して製作費が低いことも、ガイドライン型に対して不利な結果を与えたものと思われる。



7. 結論

本研究で実施したような単純化されたモデルに対する設計では、ガイドライン型の合理性を正確に評価することは難しい。実際の設計、製作の実情を反映できる、より精密なモデルを用いる必要がある。

同時に、手間を省くことによって全体コストを下げるというガイドライン型の特徴を活かすためには、積算体系も新しい設計に対応したものに変えていくことが肝要のように思われる。

参考文献

1) 社) 日本橋梁建設協会：ガイドライン型設計適用上の考え方と標準図集，1998．10
2) 建設省都市局，建設省道路局：鋼橋積算基準，平成8年3月