

Abstract

Optimal Analysis on the Cost of Labor Saving Design of Steel Bridges

KOKUBO Sachie

In recent years, cost saving is in great demand for public works, not excepting the design of steel bridges. For the design of steel bridges, the guideline was proposed in 1995, which aims at the reduction of manufacturing cost. The objective of “Guideline” type design is to reduce the total cost, considering the balance of the material cost and fabrication cost. The basic concept of this design is to reduce the cost of both welding and assembling costs at the sacrifice of slight increase in material cost, by enlarging the segment size with identical cross section. However, the effectiveness of “Guideline” design is not proved numerically. The effectiveness of “Guideline” design is examined through various trial designs in this study, and the perspective on steel bridge design in future is also discussed.

Object of design in this study is the outer girder of a three span continuous plate girder bridge. In addition to the design of “Guideline” type bridge, two more types are designed to assess the cost of “Guideline” design. One is the conservative design aiming at minimizing steel weight, and the other is proposal design without stiffeners.

Two design methods are employed for the same design condition: (1) a method utilizing numerical optimization tool and (2) a conventional design method performed manually. The objective function in the optimization is the sum of the material cost and fabrication cost.

The results of these design clarify that “Guideline” design can be effective for the reduction in total cost, though it is difficult to reach the optimum design because the total cost is very sensitive to uniformly decided section size.

The design method utilizing optimization is helpful to reduce the cost. One of the interesting findings obtained from the optimization is the significant effect of the spacing of vertical stiffener on the cost. The result of optimization suggests that wider spacing may reduce the cost, though further study is necessary to use this design practically.

Keyword: optimal analysis, plate girder, cost minimum design, fabrication cost, “Guideline” type design

論文要旨

鋼橋の省力化設計のコストに対する最適化解析

Optimal Analysis on the Cost of Labor Saving Design of Steel Bridges

社会基盤工学コース

1045031 小窪 幸恵

1 研究背景と目的

鋼橋設計においてもローコスト化の必要性が高まる中、「ガイドライン型設計」という鋼橋設計が提案されている。ガイドライン型設計は、1部材1断面、小型材片数の削減などの工場製作における手間を削減することにより、材料費 + 製作費のコスト削減を目的とした設計である。板継ぎ溶接の手間を省くなど、若干の鋼重増と引き換えに製作費を下げることによって全体コストの低下を図るものである。ガイドライン型設計法は時代を反映した設計法のように思われるものの、数値的根拠は必ずしも明らかでなく、実際どの程度ローコスト化が図れるのかといったことは定かでない。

そこで本論文では、ガイドライン型設計に対し最適化手法を用いて数値的評価を行う。最適化手法を用いる理由は、従来、設計者が下していた決定に数値的根拠を与えるためであると同時に、材料費 + 製作費のコストミニマムという目的を明確にするためである。これらの断面決定と積算という評価関数によってガイドライン型設計の合理性を検討し、ガイドライン型設計の更なるローコスト化の余地と、今後の鋼橋の合理化設計について考えることが本研究の目的である。

2 研究手順

本研究では、ある一つの設計条件に対して、最適化手法を用いた設計と従来の設計法との二つの設計を行う。最適化設計を用いた設計では、原則として鋼材費 + 材料費を目的関数とした。設計対象は、主桁一本とし、その他部材は考慮しない。本研究では、桁の形状により3タイプの設計に分け各々独立に検討を加えた。これら3タイプの設計とは、第一に、フランジの断面変化が多い標準設計(設計 A)で、第二に、本論文の検討対象であるガイドライン型設計(設計 B)、そして第三に、ガイドライン型設計よりもさらに省力化をめざした提案設計(設計 C)である。なお、ガイドライン型設計については、最適化の目的関数を鋼材費のみとした設計 B' も行った。

本研究では、最適化手法を用いた設計とあわせて、従来設計者が行っている一般的設計手順でも断面決定を行った。最適解の位置付けを確認するためである。以

上の設計結果を積算という評価関数に通すことにより、コスト構造を比較検討する。

3 試設計結果と考察

表 3-1 積算結果

	従来設計			最適化設計			
	設計 A	設計 B	設計 C	設計 A	設計 B	設計 B'	設計 C
主桁鋼材費	3,026,755	3,314,293	5,424,191	3,396,767	3,927,834	3,411,871	5,127,282
補剛材鋼材費	416,457	383,766	0	192,126	211,943	182,813	0
製作費	2,867,434	2,650,312	1,884,213	2,061,753	1,999,556	1,901,542	1,665,024

表 3-1 と図 3-1 に本研究における設計の積算結果を示す。従来の手順による設計を従来設計、コストを目的とした最適化手法による設計を最適化設計とする。この結果より得られた結論は次の通りである。

最適設計 B は最適設計 A よりもコスト高となるものの最適設計 B' ではローコスト化を実現しており、ガイドライン型設計の省力化によるコスト削減の効果を示した。しかし、最適設計 B > 最適設計 A の関係から分かるように、ガイドライン型設計は、桁全長における寸法が統一される分、その統一寸法の全体コストへの影響が大きい。よって、設計における決定の一つ一つがコストに大きく影響し、相互作用のおこりやすい設計であることも示された。

ガイドライン型設計は、その理念は有効なものであるが、鋼材費と製作費は互いに複雑に関係するため、全体としてコストミニマムな設計をなすのは極めて難しい作業と言える。現状では、ガイドライン型設計を行っても必ずしもローコストになるとは限らない。省力化によって確実にローコスト設計を実現するためには、更なる研究が必要であると思われる。

最適化手法を用いた設計は従来設計よりもコストを下げる事ができる。しかし、最適化の条件の取り方や設計手順によってはコストミニマムな結果を得ることは難しく、最適化手法のみで桁全体のコストミニマムを一度に図ることは困難である。最適化手法は、有能な技術者の判断とあわせて使用することによってその効果が発揮されると思われる。

鋼材費 + 製作費のコストミニマムという目的に対して、補剛材の設計が大きな問題の一つであることが明らかになった。図、表からも分かるように、最適化設計における補剛材鋼材費は、従来設計によるものの半分程度である。最適化設計では、従来

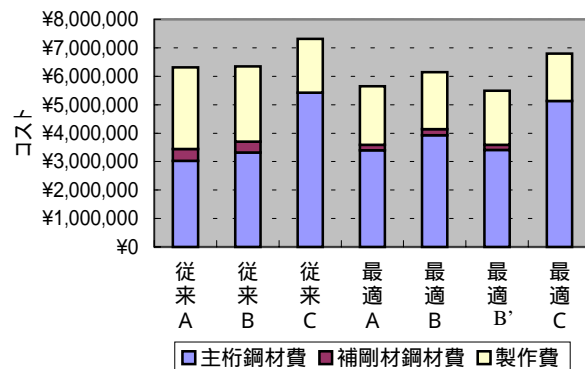


図 3-1 積算結果

設計に比べ垂直補剛材間隔が広く決定されたため、補剛材鋼材費の削減につながった。従来設計では、後座屈強度を期待して垂直補剛材間隔が狭く決定されたと推測されるが、最適化設計による結果も、道路橋示方書を満たす範囲にあり、少なくとも本研究範囲では実現可能な設計案である。ローコスト化に対する今後の研究により、補剛材設計に新しい手法が導入されるならば、フランジの1部材1断面化というような現行の提案よりも大幅なコスト削減がなされる可能性があると思われる。

本研究で扱ったコストは、さまざまな要素からなり複雑な性質を持つ。本研究において考慮しきれなかった問題は多く、より現実的なコスト体系による研究が必要であると思われる。必要なコストに対する積算体系を、できるだけ単純な形で整えておくことは、今後の合理化設計のコスト構造の明確化に欠かせないものである。