

I-385

P C斜張橋の最小コスト設計におけるコスト比の影響

九州大学 正員 〇千々岩浩巳

九州大学 正員 太田俊昭

九州共立大学 正員 三原徹治

1. 緒言 P C斜張橋の設計では、主桁、P C鋼棒およびケーブルなどについて、相互に関連性のある多数の設計事項を決定しなければならない。このため、P C斜張橋の構造全体を対象とした最小コスト設計としては、斜材張力のみを設計変数とし、他の事項については仮定値を用いる方法か、フルストレス規準などによって別途決定するという近似的実用手法が提示されている¹⁾。これに対して著者らは、多くの決定すべき事項を設計変数として取扱うことにより、設計における自由度をできるだけ損なわないように、P C鋼棒の所要断面積とその配置位置を構造解析中で近似的に決定することにより²⁾、主桁プレストレス量、ケーブルの所要断面積とそのプレストレス力のみを設計変数とする最適化手法を提案し、その妥当性³⁾および各種設計条件における適用性を検討してきた。

本報告では、設計条件の変化の一例として、コスト比を変化させた場合の検討結果を示す。すなわち、主桁高および塔幅を設計パラメータとし、2種のコスト比を用いた設計結果から、本設計法³⁾の適用性を示すとともにコスト比の変化が最適値に与える影響について述べる。

2. 本設計法の概要 文献2)で述べた構造解析法により主桁内P C鋼棒量・配置位置は最小コスト設計に対する最適値あるいはその近傍値が得られるため、その他の諸値を決定する最適設計問題を以下のように定式化する。

(1)設計変数：主桁プレストレス力、ケーブル断面積、ケーブルプレストレス力

(2)制約条件：主桁の応力度、塔の応力度、ケーブルの引張応力度、設計変数の上下限値

(3)目的関数：施工費を考慮したコスト比を用いたP C斜張橋全体のコストとし、次式で表す。

$$Cost = C_{co}W_{co} + C_{ca}W_{ca} + C_{pc}W_{pc} \quad \text{-----}(1)$$

ここで、記号C, Wおよび添字CO, CA, PCはそれぞれコスト比, 重量, コンクリート, ケーブル, P C鋼棒を示す。

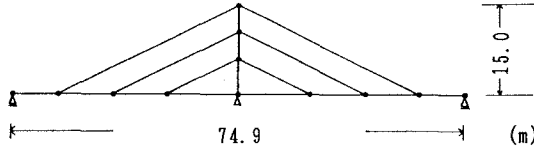
なお、最適化計算にはA D S⁴⁾内のS L Pを用い、設計変数の下限値は、P C鋼棒については主桁断面積の0.15%⁵⁾、ケーブル断面積については50cm²、ケーブルプレストレス力および主桁プレストレス力については0tfを用いた。

3. 数値計算例 コスト比が変化した場合における本設計法の適用性を検討するため、表-1に示すような2ケースについて、図-1に示す計算モデルを対象とした本設計法による設計計算を行った。なお、コンクリート材料のコストは、その施工法や配合設計等により他の材料コストに比べて一般に大きな変動を示すので、CASE1では一般的な値として文献1)でも使用されている値を用い、そのC_{co}のみを約3倍とした値をCASE2とした。まず、塔幅W(曲げ剛性)を一定(2m)として主桁高Hを0.4mから0.1m間隔に1.0mまで変化させた場合の桁高-総コスト関係を図-2に、CASE1およびCASE2の桁高-各種材料コスト率を図-3, 4にそれぞれ示す。次に、主桁高を0.7mに固定して塔幅を0.1m刻みに1.7~2.3mとした場合の塔幅-総コスト関係を図-5に示す。いずれの図においても、ある主桁高(あるいは塔幅)に対して複数のプロットがあるのは、本設計法が非線形最適化計算を行っているため得られる収束値が初期値の影響により変動することを示している。ただし、種々の初期値を与えているにも関わらず収束値の変動はCASE1, 2ともに小さく、初期値およびコスト比の変化に対する本法の適用性を認めることができる。また、図-2より、2ケースとも桁高が増加すれば総コストは単調に増加するが、その増加率はCASE2に比べCASE1の方が小さいことがわかる。この変化の違いは図-3, 4からわかるように総コストに占めるコンクリートコストの割合が大きいこととC_{co}の違いから説明でき、特にC_{co}が大きい場合には桁高を極力小さくすることにより全体的な経済性をより大きく改善されることがわかる。また、図-3, 4からP C鋼棒およびケーブルコストの総コストに占める割合(コスト率)は、C_{co}が大きいCASE2では桁

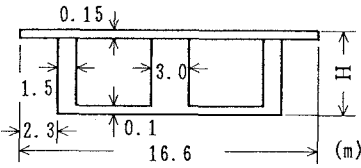
高に関わらずほぼ一定とみなせるが、CASE1では桁高が大きくなるとケーブルに関して減少傾向を、P C 鋼棒に関して増加傾向をそれぞれ認めることができる。さらに、図-5より塔の曲げ剛性は総コストに対して大きな影響を与えないことから塔については動的解析や美観等により検討しなければならないことがわかる。

4. 結 言 本数値計算結果より得られた事項を列挙すると次のようになる。①本設計法の異なる初期値およびコスト比に対する良好な適用性を確認することができた。②コスト比は、総コストに影響を与えるが、なかでも桁高の変化に対する総コストの変化率に大きな影響を及ぼしていることが確認された。

(a)



(b)



(c)

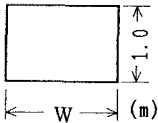


図-1

(a) 解析モデル

(b) 主桁断面

(c) 塔断面

表-1 コスト比

CASE	C_{CO}	C_{PC}	C_{CA}
1	0.084	1.10	2.00
2	0.264	1.10	2.00

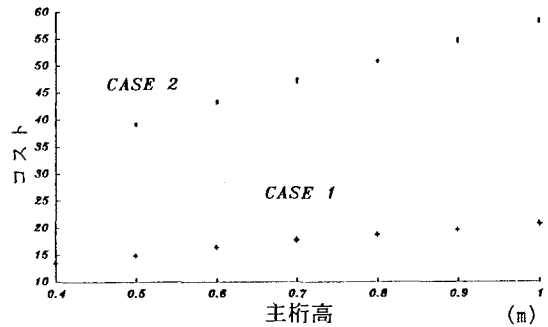


図-2 桁高-総コスト

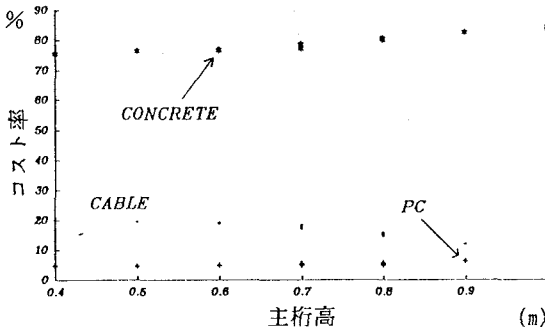


図-3 桁高-各種材料コスト率(CASE1)

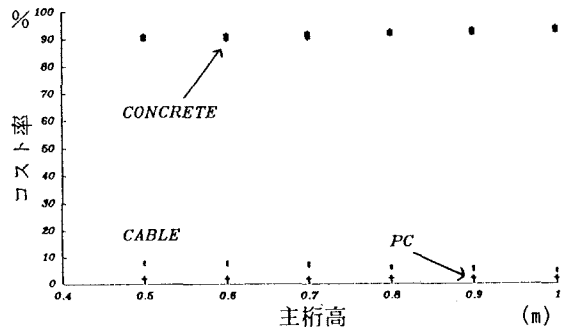


図-4 桁高-各種材料コスト率(CASE2)

参考文献

- 1) 小林ら: P C 斜張橋のコスト最小設計, 第45回年講, 第 I 部, 1990. 9.
- 2) 千々岩ら: P C 斜張橋の最適設計のための構造解析法に関する一考察, 第45回年講, 第 I 部, 1990. 9.
- 3) 千々岩ら: P C 斜張橋の最適設計について, 平成2年度西部支部, 1991. 3.
- 4) Vanderplaats, G. N. et. al.: A General-Purpose Optimization Program for Engineering Design, Computers and Structures, Vol. 24, 1986.
- 5) 日本道路協会: 道路橋示方書, 1990. 2.

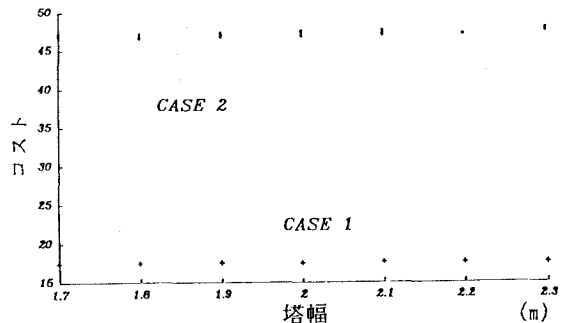


図-5 塔幅-総コスト