

常盤公園斜張橋の設計について

愛媛大学工学部 正会員 大久保 禎二
愛媛大学工学部 正会員 谷 脇 一弘
宇部市役所 浅原 孝治
宇部興産(株) 正会員 〇和多田康男

1. まえがき

常盤公園は山口県宇部市に位置する緑と花と野外彫刻に彩られた総合レジャーランドである。本文は、この常盤公園に今年4月に竣工した橋長156mの3径間連続鋼斜張橋の設計において、愛媛大学で開発された鋼斜張橋の最適設計システムを適用した結果について述べるものである。

2. 橋梁概要

橋 格 : 自転車歩道橋
橋 長 : 156m (35m + 85m + 35m)
活 荷 重 : 群集荷重およびT-4 荷重
幅 員 : 3.5m

3. 鋼斜張橋の最適設計システム

周知のように、斜張橋は高次の不静定構造物であるため、塔の高さ、ケーブルの主桁・塔への定着位置、ケーブル・主桁・塔の部材剛性の配分など設計上考慮すべきパラメータが非常に多く、従来の設計ではこのような設計パラメータを過去の実績や試行錯誤により決定していた。本橋の設計において適用した鋼斜張橋の最適設計システムは、設計上決定すべきパラメータのうち、主桁および塔の鋼板厚、各ケーブルの断面積、各ケーブルの主桁における定着位置および塔の高さを設計変数として取扱い、道路橋示方書に規定されている応力度の制限、細長比の制限、最小板厚など任意の制約条件のもとでその最適値を決定することができる。

4. 設計条件

本橋の最適設計において考慮した設計変数を図-1に示す。支間割は、美観、地盤条件および端支点に作用する負反力などを考慮して図-1に示す値とした。主桁の断面寸法は製作時の作業性および輸送を考慮して1.0m×2.1mとし、塔の断面寸法は製作時およびケーブル引き込み時の作業性を考慮して0.8m×0.9mとした。また、塔高は山口宇部空港の航路制限から最大17.0mとした。ケーブル段数は美観を考慮して5段とし、塔のケーブル定着間隔は引き込み時の作業性のため1.5m間隔に配置した。

設計に用いた斜張橋断面の半分に作用する荷重強度を表-1に、鋼板およびケーブルの材種、弾性係数、溶接施工性および局部座屈・疲労強度を考慮して決定した各部材の最小断面を表-2に示す。

5. 目的関数

本橋では目的関数として総製作費を考え、主桁、塔およびケーブルに対する単位体積当たりの製作費をそれぞれ590(千円/t)、610(千円/t)、3100(千円/t)と仮定した。また、設計変数として考慮していないダイヤフラム、横リブ、定着桁等の製作費は定数項として扱い、橋全体で78000(千円)とした。

6. 最適設計プロセス

(1) まず、最適設計システ

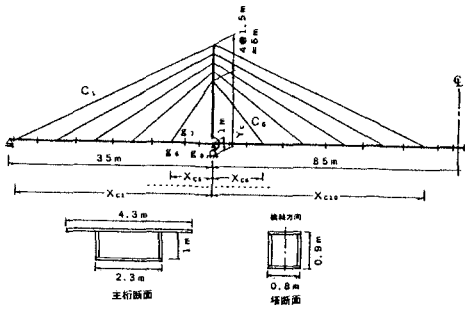


図-1 最適設計モデル

表-1 設計荷重強度 (tf/m)

死荷重	主 桁	鋼 重	0.788
		地 覆	0.210
		舗 装	0.312
		高 欄	0.050
	合 計		1.360
活荷重	主 塔		0.450
	ケーブル		0.010
	一般部		0.613
	バルコニー部		0.983

表-2 各部材要素の設計条件

要 素	材 種	E(kgf/cm ²)	最小板厚
主 桁	SS400	2.1x10 ⁴	12.7, 12.8, 9.0 ¹⁾
塔	SS400	2.1x10 ⁴	10.0, 9.0 ²⁾
ケーブル	SNPR7A	1.95x10 ⁴	970.1 ³⁾

1) 主桁の上、下フランジ、腹板の最小板厚(mm)
2) 塔のフランジ、腹板の最小板厚(mm)
3) ケーブルの最小断面積(mm²)

ムによる解の最適性を検証するため、次の3つの異なる初期値からケーブル配置、塔高、断面寸法を設計変数として最適化を行った。

- ① 塔高を上限値の17mとし、ケーブル配置が放射型に近い形状(図-2(a))
- ② 塔高を10mとし、ケーブル配置がハープ型に近い形状(図-2(b))
- ③ 塔高を15mとし、ケーブル定着位置を端支点に集中させたケーブル配置が塔に関して非対称な形状

(図-2(c))

これらの初期値に対する最適解を図-3に示す。この結果より明らかなようにいずれの初期値に対してもケーブル配置および総製作費は完全に一致しており、この最適設計システムにより全域的な最適解が得られていることがわかる。

(2) つぎに、(1)の結果および美観を考慮して側径間と中央径間のケーブル配置を図-4(STEP-2)のように左右対称とし、ダイヤフラム間隔の制限により定着間隔を6mに固定して再度最適化を行った。その結果、塔高は(1)とほぼ同じ6.89mとなり、総製作費は1.2%の増加となった。

(3) (2)の結果より塔高は7m程度がもっとも経済的となるが、さらに美観を考慮して図-4(STEP-3)のように塔を14mとして最適化を行った。その結果、主桁、塔およびケーブルいずれも最小断面となり、製作費は(1)と比較して4.9%、(2)と比較して3.6%の増加となるが、(3)のケーブル配置が最も望ましいものと判断した。また、(3)で決定した設計諸元について、温度変化、風、地震に対する照査を行った結果、十分安全であることを確認している。

7. おわりに

鋼斜張橋の最適設計システムを用いた常盤公園斜張橋の設計についてその概要を述べたが、上記の最適設計システムにより種々の設計条件に対する最適解がきわめて理論的かつ厳密に求められ、設計者が実設計において決定すべき事項に対する正確な判断資料が得られた。これにより、施工性や美観を考慮しながら数種の代替案に対する経済性の評価が簡単に行え、従来の設計と比較してきわめて短時間に、かつわずかな労力で鋼斜張橋の最適設計を行うことができた。

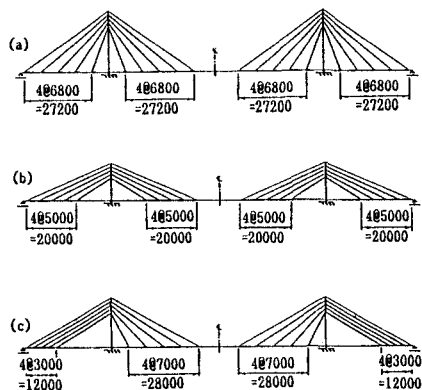


図-2 異なる3つの初期値

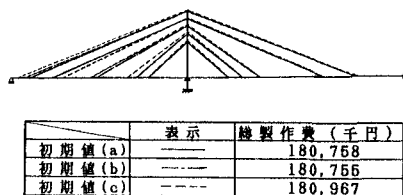


図-3 異なる3つの初期値に対する最適解の比較

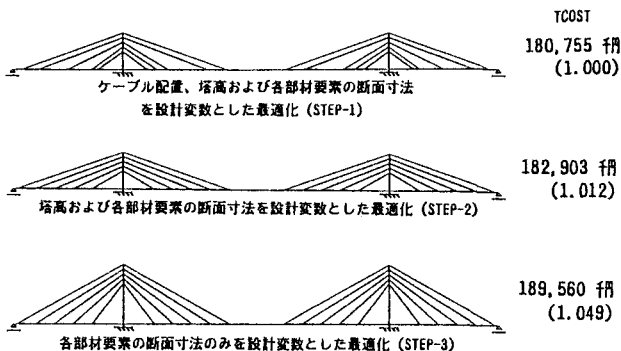


図-4 最適設計プロセス