

斜張橋の主桁形式の最適化について

九州大学工学部 学生員○重留 正治

九州大学工学部 正 員 今井富士夫

九州大学工学部 正 員 太田 俊昭

1. まえがき 斜張橋は、完成系ではケーブルのプレストレス力により桁や塔に軸圧縮力が作用するので、対象とする支間によってはコンクリート構造の特性を有利に活用できる構造物といえる。しかしながら、架設系では通常張出し工法が採用されるため、施工時の張出し部は片持ち梁となり、張出し部の根元には多大な曲げモーメントが作用する。そのため、架設系ではコンクリート構造は不利となる。

最近、床版橋を対象にして開発された合成版¹⁾は、従来のRC構造と比較して剛性や耐荷力ともに優れ、加えて軽量化しうる利点を有するものである。

本報告では、斜張橋にこのような合成版構造をコンクリート構造の欠点を補う形で使用した場合の経済性を、従来のPC斜張橋や鋼斜張橋と比較することにより、論ずるものである。

2. 解析モデル 解析モデルの概要を橋長 600mを例に採り、図-1に示す。基本的な条件として、主桁の幅員は14m、下フランジ幅は12mとし、桁高は中央径間に対する比で、鋼桁では1/150、PCや合成桁では1/100とした。さらに、塔/中央径間=1/5とした。

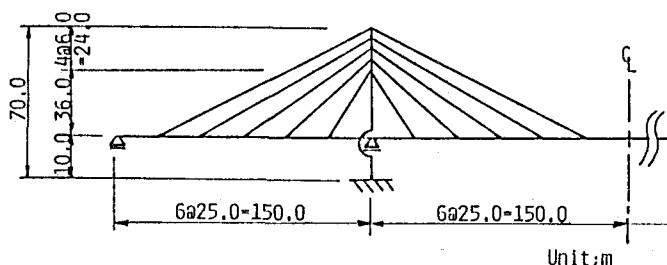


図-1 一般図

ところで、構造物の合理的な設計にはその構成材料の製作コストが重大な要因となる。ここで使用する材料の製作コストを幾つかの施工事例を参考に算出すれば、単位体積当たり、コンクリート：鋼材：PC鋼材：ケーブル=1：150：350：700となる。この結果から、斜張橋の設計ではできるだけコンクリートに比重を置いた設計が好ましいが、その場合にもケーブル負担を

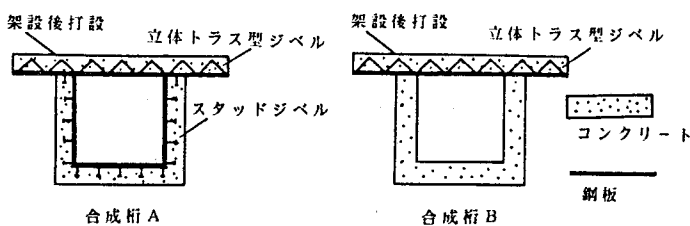


図-2 合成桁断面図

軽減できるように軽量化を図りつつ、かつPC鋼材の使用も軽減したほうが良いことが判る。

このような条件を鑑みて、図-2に示すような合成桁を考える。Aタイプはフランジ、腹板ともに合成版を用いたもので、Bタイプは上フランジのみに合成版を配置し、腹板と下フランジはRC版を用いたものである。ただし、架設系でPC鋼材の使用を避けるために、架設系では上フランジは鋼板のみとし、架設終了後、これにコンクリートを打設するものとした。

3. 解析手法 ここでは、PC、鋼そして上述した2つのタイプの合成斜張橋の合理性を最適化手法によって得られたコストで検討する。前述したように、斜張橋は架設系と完成系の2つについて満足するような設計を考える必要がある。そこでまず、架設系を考え、ケーブル定着間距離を部材長とした部材の片持ち梁に荷重としてこれの死荷重と100tonの作業車が負荷された場合のコスト最小の最適化を考えた。このときの設計変数は、鋼と合成桁では各板の板厚を、PC桁ではこれにPC鋼材量を加える。次いで、

完成系では斜張橋の系全体の最適化を架設系で得られた解を最小の制約条件として、各板厚を設計変数に行った。なお、最適化にあたっては簡単のために、テラー展開による線形化を図った。

4. 解析結果 橋長 600mの架設系の解析結果を表-1に示す。なお、PC桁の架設系でのPC鋼材は、固定端では上フランジの上縁に、自由端では桁の中立軸上に配置した。表中、*は最小厚である。表から明らかなように、PC桁では上縁部のコンクリート引張応力を抑えるために、かなりのPC鋼材を必要とし、そのため、下フランジの板厚も大きくなっているが、他の部分や他の桁についてはほぼ最小板厚で架設系は設計できることが判る。

架設系で得られた結果を制約条件として解析した完成系でのコスト比較を図-3に示す。図はPC斜張橋に対する各橋の比を表している。橋長が 200mではPC桁が完全に優位だが、橋長の増大に伴い各桁のコスト比は減少し、合成桁Bは 600mでPCとほぼ等しくなり、800mではPC桁が最も不利となっている。なお、PC斜張橋の桁の最小厚は14cmとしたが、地震外力などを考慮すれば、20~25cmになることが既設のPC斜張橋例が考えられる。その場合には、合成斜張橋の優位性はさらに増すことが予想される。この点については、今後検討していく予定である。

図-4は、PC桁と合成桁Bの系全体のコストに対して主桁、塔、ケーブルのコストが占める割合を示したものである。合成Bの斜張橋は、橋長の増大に伴い、ケーブルコストは増加し、桁コストは減少する傾向が顕著であるが、PC斜張橋ではその傾向は同様ではあるが、400mを越えるとケーブルは70%、桁は25%程度にほぼ収束するようである。

〈参考文献〉

- 1) 太田 他：第42回年講、1-157、1987
- 2) 小林 他：土木学会西部支部講演集、1-12、1987

表-1 架設系の最適解 (Unit: kg, cm)

	PC桁	鋼桁	合成桁-A	合成桁-B
コンクリート上フランジ厚	16.0*	-	-	-
コンクリート下フランジ厚	23.8	-	12.0*	14.0*
コンクリートウェブ厚	14.0*	-	12.0*	14.0*
鋼上フランジ厚	-	1.2*	0.80*	0.80*
鋼下フランジ厚	-	1.1	0.45*	-
鋼ウェブ厚	-	0.9*	0.45*	-
PC鋼材断面積	251.7	-	-	-
固定端上縁応力	10.3	1019	1370	1253
固定端下縁応力	-77.4	-1316	-103	-96
自由端上縁応力	-38.1	0.0	0.0	0.0
自由端下縁応力	-38.1	0.0	0.0	0.0

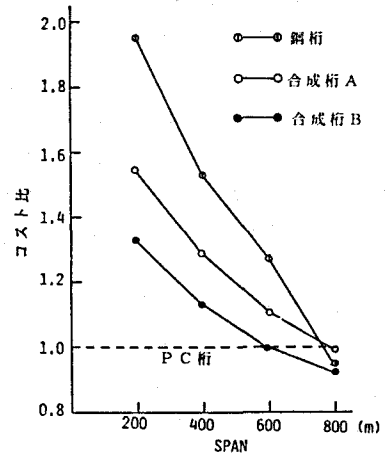


図-3 PC桁に対する各主桁形式のコスト比

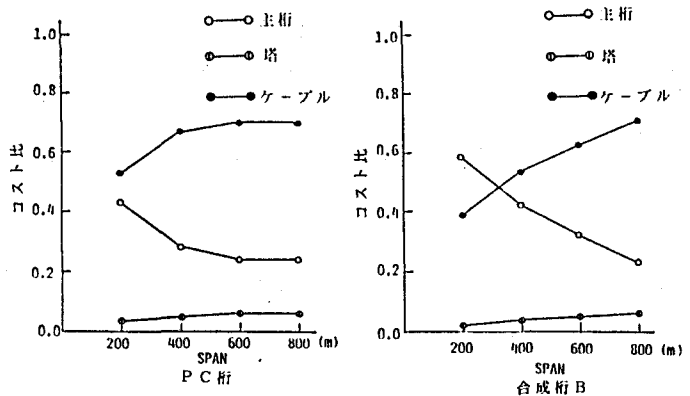


図-4 全構造に対する各構成要素のコスト比