

PC斜張橋の張出し施工時斜材張力及び主桁プレストレスの決定法

神戸大学工学部 正 員 宮本 文穂 神戸大学工学部 正 員 森川 英典
住友建設㈱ 正 員 玉置 一清 ㈱神戸製鋼所 ○正 員 神田 正夫

1. はじめに PC斜張橋は、設計自由度が大きく、またその施工法も多様性に富み、施工時に関する設計作業の設計全体に占める割合は非常に大きなものとなる。そこで、本研究では、PC斜張橋の張出し施工時における設計因子の中でも特に重要である斜材調整力決定法に最適化手法を導入し、斜材緊張回数の制約を設けるなど種々の検討を行い、施工時における合理的な設計手法についての考察を行った。

2. 施工時の斜材張力決定法 施工中の応力状態を最良なものとするためには、施工段階毎に、全ての斜材を調整し直すのがよいが、施工の手間やコストの面から考えると斜材緊張回数は、できるだけ少ない方が好ましい。実橋で施工されている方法としては、(1)新丹波大橋などに見られる主桁張出し時に最外縁斜材を1次緊張する1回調整法と、(2)呼子大橋などに見られる主桁張出し時に最外縁斜材を1次緊張し、更にすぐ内側の斜材を2次緊張する2回調整法がある¹⁾。(1)の方法では、斜材調整力の決定に解体計算を用いるので、斜材調整量は最終施工系に制約され設計者が自由に選択する余地はない。これに対し、(2)の方法では、設計者が1次緊張量を自由に決定することができる。したがって、(2)の方法については、最適化手法を導入することが可能である。具体的には、対象となる施工系（最終施工系は除く）において、自由に決定できる最外縁斜材調整力を設計変数とし、最終施工系の制約を受ける他の斜材の調整力については、次式のように最外縁斜材調整力の関数として表す。

$\{PL'\} = \{PF\} + [GP] \{PL\}$ ----- (1) ここで、 $\{PL\}$: 各施工段階毎の最外縁斜材調整力、 $\{PL'\}$: 最終施工系によって制約を受ける最外縁斜材以外の斜材調整力、 $[GP]$: 最外縁斜材に単位張力を与えて求めた $\{PL'\}$ の影響行列。

次に、最適化基準は、次式に示すように主桁の曲げモーメントによるひずみエネルギーを目的関数とし、これを最小化するものとした²⁾。

$$U = \int_0^L \frac{M^2}{2EI} dx \rightarrow \min \text{ ----- (2)}$$

ここで、 $\{M\} = \{M_0\} + [M_s] \{P\}$; $\{M_0\}$: 斜材調整力がゼロの時に死荷重によって部材両端に生じるモーメント、 $[M_s]$: 単位斜材調整力による部材両端に生じるモーメントの影響行列、 $\{P\}$: 斜材調整力。

ただし、本最適化基準は、カティヤノの第2定理より、斜材定着点の鉛直方向変位を最小とし、曲げモーメントを連続桁によるものに近似させることを意味するものである。また、最適化の対象とする施工系として、①斜材定着時、②中間張出し時、③主桁張出し時の3つの場合を考え、各々の特性を調べた。さらに、1回調整法、2回調整法の他に施工段階毎に全ての斜材張力を調整する毎回調整法による解析も行い、結果の比較・検討を行った。

3. 主桁プレストレスの決定法 施工時の設計においては、死荷重による断面応力度に対して、主桁内にPC鋼材を配置し、このプレストレスによる応力度と自重及び斜材調整力による応力度との合成応力が許容値以下に収まるように主桁プレストレスと斜材調整力は決定される。ここでは、斜材調整力を決定した後に、それを補うものとして主桁プレストレス量を決定する。この主桁プレストレス量を最小とする、即ち、断面力を良好な状態にする斜材調整法が最良な手法であると考えられる。

4. モデルへの適用と考察 対象橋梁としては、PC斜張橋の長大化という観点から、マルチプル形式であるモデルを用いた。このモデルは、橋長174m、スパン86.3m、主塔橋脚高88.6mの2径間連続PC斜張橋である。本橋は斜材が7.0m間隔で左右対称に定着されたマルチプル形式で、桁高が1.6mと小さくなっている。図1 a), b)は、最適化施工系を①・②・③とした場合の施工途中段階での主桁張出し前後における主桁の曲げモーメントと鉛直変位分布の相違を示したものである。これより、最適化対象施工系に①斜材定着時を選べば、主桁張出し時

Ayaho MIYAMOTO, Hidenori MORIKAWA, Kazukiyo TAMAKI, Masao KANDA

にモーメントが負の領域で大きく変化し、主桁のたわみは常に計画線よりも下方で変位するが、③主桁張出し時を選べば斜材定着時にモーメントは正の領域で大きく変化し、主桁のたわみは計画線よりも上方で変位するという全く逆の形を示すことがわかる。一方、これらの中間の形となる②中間張出し時を最適化対象とした場合、主桁を計画線の上・下で変位させることになり、その分モーメントの変化を緩和するという有利な結果が得られた。次に、図2 a), b)にそれぞれ1回調整法及び2回調整法を用いた場合の最終施工系での主桁プレストレスによる軸力分布を示す。これらの結果からわかるように1回調整法の場合、主桁先端の鉛直方向変位が大きく変位することによって主桁端部に多くのプレストレス量を必要とする。これに対して2回調整法の場合、主桁全域にわたってプレストレス量は平均的な分布を示す。このことは、施工段階においても斜材張力を最適化する効果は大きいことを示している。また、2回調整法において最適化対象施工系を変化させることにより、完成系での必要プレストレス量との関係性を考慮して、主桁上縁・下縁のプレストレス量の比率を適切に決めることが可能であるといえる。また図3は、1回調整法・2回調整法および毎回調整法を用いた場合のPC鋼材量を比較したものである。この結果から、2回調整法は毎回調整法に比べても大きく劣ることはないといえる。

5. まとめ 斜材緊張回数は橋梁の規模や形状にもよるが、経済性を考慮すると2回ぐらいが有利であるといえる。また、今回用いたような左右対称の橋梁の場合は、最適化の対象とする施工系を、中間張出し時とするのが最適であるといえる。

参考文献 1)箕作、他：工事報告、プレストレストコンクリート、Vol.29, 2) 古川、他：プレストレストコンクリート斜張橋の最適斜材張力決定法に関する研究、土木学会論文集、第374号、pp503～512、1986.11

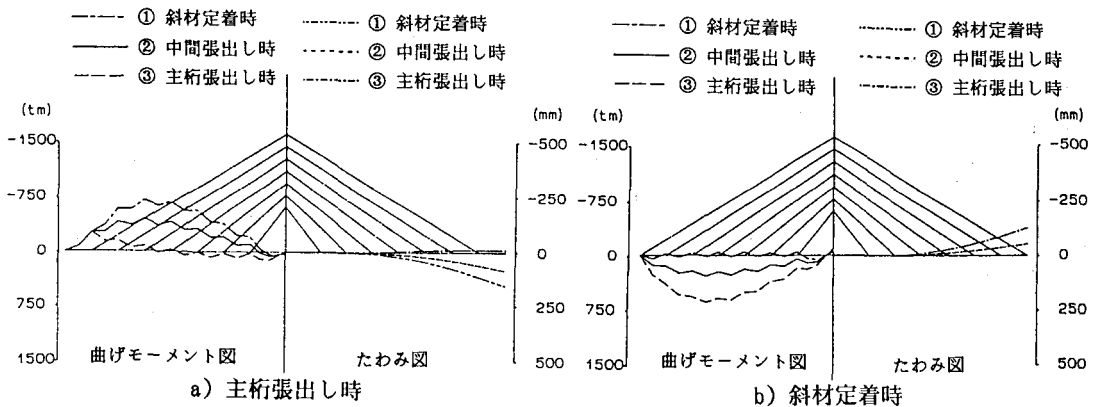


図1 施工途中段階での曲げモーメント・鉛直変位分布

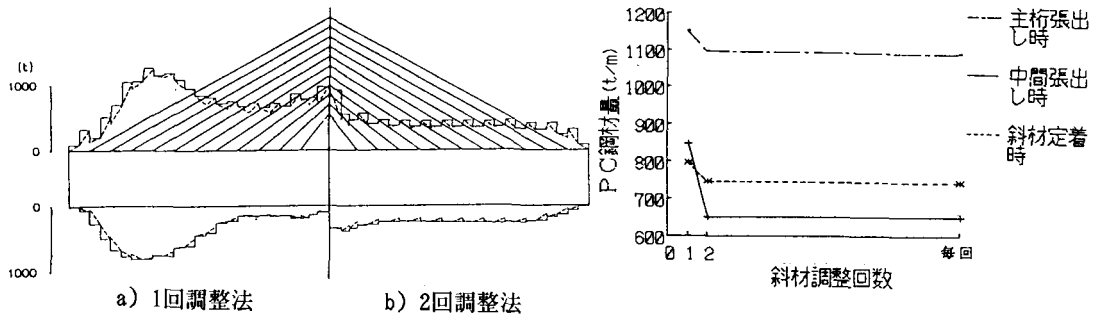


図2 主桁プレストレスによる軸力分布

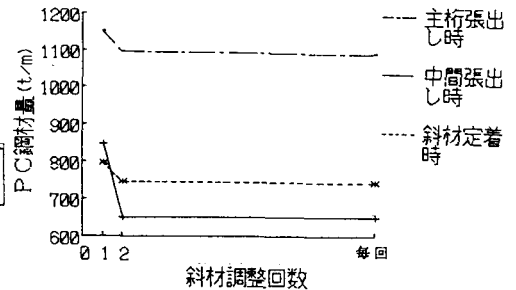


図3 斜材緊張回数とPC鋼材量