

I-70

施工手順を考慮したプレストレスト合成桁橋の力学的性能評価と設計

神戸大学大学院 学生員 鄭 勝仁 神戸大学大学院 学生員 松本隆史
カイヤマグチ 正 員 原田照男 山口大学工学部 正 員 宮本文徳

1. まえがき これまでの著者らの研究では、 P レストレス導入工法を既設合成桁橋の補強方法の一つとして適用を検討してきた。その結果、本工法の適用により補強目的を十分に満足させることが可能であることを解析的に明らかにしている¹⁾。本研究では、これらの結果に基づき新設合成桁橋を対象に施工段階で P レストレスの導入を数段階に分けて行うことでより合理的に桁断面を活用することを目的とし、その力学的性能を評価することを試みている。さらに、施工手順を考慮した設計フローを提案し、それに基づいた合成桁橋の試設計を行っている。

2. 2段階プレストレス導入の概念 既設合成桁を P レストレス導入工法で補強する場合、主桁に負の曲げモーメントが作用しコンクリート床版上縁の引張応力度が導入 P レストレス力の制約条件となり効率のよい補強効果が望めないと考えられる。そこで新設 P レストレスト合成桁を考えた場合、この問題点を改善する手段としてここでは、施工進行に従って P レストレスの導入を2段階で実施することを考えた。すなわち、1回目の導入はコンクリート床版打設前の鋼桁に対して行う。2回目の導入は P レストレスト鋼桁にコンクリート床版を打設後の合成断面に対して行う。図-1は、以上を説明した P レストレス導入段階における桁断面応力の分布を示した概念図である。

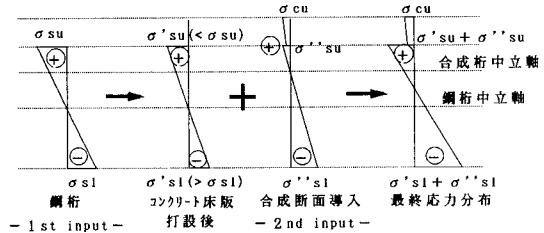


図-1 2段階Psによる桁断面応力分布図

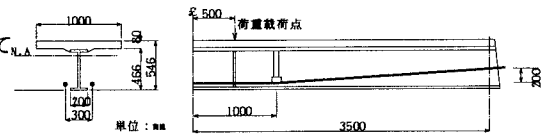


図-2 解析モデル

表-1 耐力比較（解析値）

	降伏耐力力[tf]	終局耐力力[tf]	導入ΣPs[tf]
「外ケーブル無し」	37.30(1.00)	49.60(1.00)	—
「1回導入法」	54.00(1.45)	79.10(1.59)	47.60
「2段階導入法」	70.90(1.90)	83.20(1.68)	112.60

次に、上述した「2段階導入法」と合成断面への「1回導入法」さらに「外ケーブル無し無し」の桁3者を解析的に比較した結果を表-1に示す。なお、図-2は解析モデルを示しており、また外ケーブルは断面内配置としている。表-1から分かるように降伏耐力力は、「1回導入法」「2段階導入法」が「外ケーブル無し」と比較してそれぞれ1.45倍、1.90倍となっている。この違いは、「1回導入法」では導入力の制約条件をコンクリート床版上縁許容引張応力度が 20kgf/cm^2 のみに設定しており¹⁾、「2段階導入法」では導入力を下フランジの面外座屈と鋼桁の横倒れ座屈として、コンクリート床版上縁許容引張応力度が 20kgf/cm^2 の3点を考慮した制約条件の範囲内を最大限に利用していることに起因するものと考えられる。

と比較してそれぞれ1.45倍、1.90倍となっている。この違いは、「1回導入法」では導入力の制約条件をコンクリート床版上縁許容引張応力度が 20kgf/cm^2 のみに設定しており¹⁾、「2段階導入法」では導入力を下フランジの面外座屈と鋼桁の横倒れ座屈として、コンクリート床版上縁許容引張応力度が 20kgf/cm^2 の3点を考慮した制約条件の範囲内を最大限に利用していることに起因するものと考えられる。

3. パラメータ解析 ここでは、降伏耐力力:Py、曲げ剛性:EIに着目し、主桁断面形状のそれらへの影響をパラメータ解析結果から考察する。まず、コンクリート床版・鋼桁断面積比:Ac/Asについては、Acが増すほどPyの向上

度がAc/As=9あたりをピークに低下する傾向にある。これは、Ac/As>9以上では死荷重の大半を占める床版重量の影響が大きくなるためと考えられる。一方、EIについてはそれとは逆に床版部の断面2次モーメント:Icが増大することによる右上がりの単調的な増加

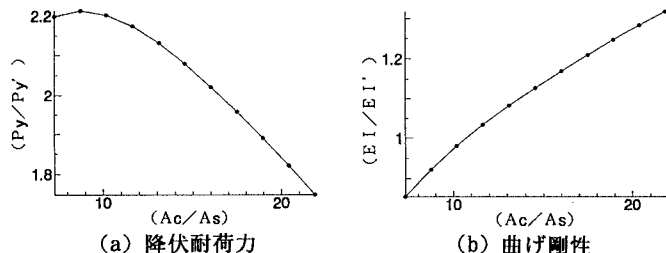


図-3 Ac/Asの影響

の傾向を示す。このことから、 A_c の合成桁断面に占める割合が大きければ、降伏耐荷力の向上度としては小さいが、その分変形抵抗が大きくなるといった断面特性が考えられる(図-3参照)。次に、鋼桁の非対称度: A_{fu}/A_{fl} については、傾向的に A_c/A_s の場合と同様で、

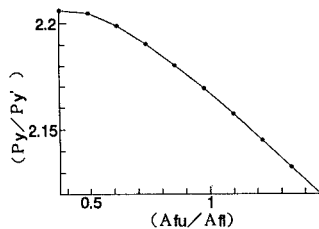


図-4 A_{fu}/A_{fl} の影響

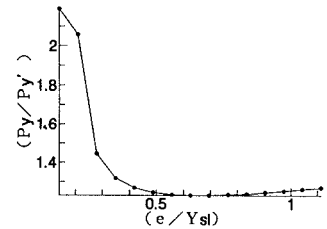


図-5 e/Y_{sl} の影響

P_y については上フランジ断面面積: A_{fu} の増加に伴い向上度は低下し、反対に A_{fl} の増加に伴いEIの向上度は高まる傾向にある(図-4参照)。ウェブ高・スパン比: H_w/L についても、 L に対して H_w を高く設定する程 P_y , EIが単調的に上昇する。一方、外ケーブル配置形状に関しては、図-5にプロットしたような傾向を示す。これより、ケーブル配置形状が直線状($e=0$ の時直線配置)に近い程 P_y の向上度は高いが、桁端定着位置を変動させずにケーブルの桁下方向への張出し量だけを大きくする($e>0$ の時)程、向上度はある値付近に収束する傾向にある。

4. 設計フローと試設計 パラメータ解析結果に基づいてプレストレスト合成桁の降伏耐荷力を設計荷重とした新設プレストレスト合成桁(以下「PST合成桁」)の設計を行う場合の手順を図-6に示す。なお、ケーブル配置形式はケーブルを主桁中間の2箇所曲げ上げるクローズド形式とした。まず、桁端ケーブル固定部を鋼桁中立軸位置以下とし、主構造に対する補強の目標値の設定を行い、桁下クリアランスの制約条件からケーブル配置形状が決定される。次に、制約条件のもと導入プレストレス力 P_1, P_2 を決定しそれに伴ってケーブル材料および断面積を決定する。決定された各値を用いて解析を行い、所定の目標が達成されるようこの過程を繰り返す。

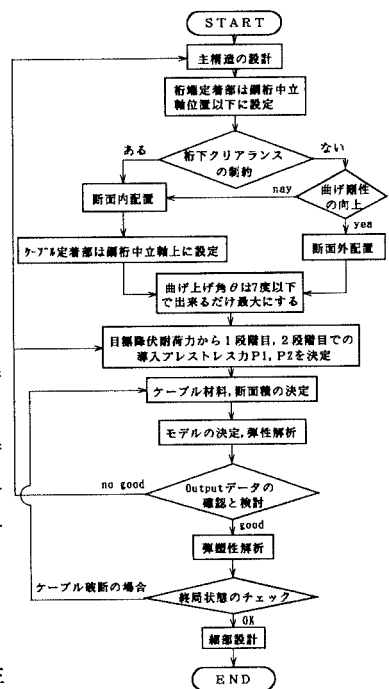


図-6 設計フロー

上述した設計フローに従って、PST合成桁の設計例としてスパン=34.6mの実橋主桁ケーブルの試設計を実施した。ケーブル補強前の主構造の各耐荷力は、解析値からそれぞれ $P_y=17.47$ [tf]、 $P_u=38.64$ [tf]となっている。また、EIについては 3.77 [tf/cm]である。この主構造の降伏耐荷力を3.30倍、つまり P_y を約58[tf]を設計荷重として導入プレストレス力 P_1, P_2 を決定した。設計したPST合成桁のスパン中央断面と、同じ降伏耐荷力を有する普通合成桁の中央断面の形状を比較した図を図-7に示し、それぞれの耐荷力特性を比較した値を表-2に示している。それらから分かるようにPST合成桁は普通合成桁と比較して、終局耐荷力が1.74倍となっている。また、断面各部位の寸法が抑えられているため主構造の単位長重量が約25%程軽量化されている。しかしEIが約50%程と低く、たわみ量が大きな力学特性を有すると考えられる。

5. まとめ

解析結果に基づき、プレストレス導入による新

表-2 耐荷力特性の比較

	P_y [tf]	P_u [tf]	(EI) [tf/cm]	単位長重量[tf/m]	備考
普通合成桁	58.14	92.07(1.00)	9.40(1.00)	1.51(1.00)	
PST合成桁	160.22(1.74)	4.42(0.47)	1.13(0.75)	25%減	

設橋梁の降伏耐荷力向上を目的とした新設橋設計の手順を提案し、それに従って実際に降伏耐荷力の向上を試み本工法の適用を解析的に検討した。その結果、プレストレス導入の効果は認められたが、曲げ剛性が十分に満たされないことが分かった。従って今後この結果を踏まえて検討していく。(a)普通合成桁 (b) PST合成桁

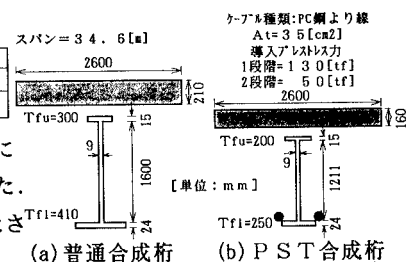


図-7 断面形状の比較

【参考文献】1)平田,宮本,鄭:プレストレス導入による合成桁の性能改善と補強設計,土木学会第49回年次学術講演会,1994.9