

I - 208

プレストレッシングによる既存橋梁の補強に関する基礎的研究

神戸大学大学院 学生員○平田勝己
神戸大学工学部 正員 森川英典

神戸大学工学部 正員 宮本文穂
愛媛県 正員 東山健二
兵庫県 正員 竹内和美

1. はじめに 鋼は、引張、圧縮両方に対して大きな強度を示すため、コンクリートのように材料特性的観念からプレストリスを導入することの明確な利点を期待することは困難である。しかし、プレストリス導入を活荷重や死荷重などの外力に対して適用するならば、プレストレスト鋼構造には様々な有用性が考えられる。その有用性は、既存構造物の補修、補強、新構造物の設計および架設における材料選択の自由度拡大とその経済性の向上の2点に集約される。また、現在では、高耐久性、高強度、高弾性等といった様々な新材料が開発されており、これらの新材料を鋼棒に使用した新形式のプレストレスト鋼構造も期待することができる。プレストレスト鋼構造の利点を活用できる可能性のある対象として種々のものが考えられるが、本研究では、特に、既存橋梁の補強に着目し、プレストレスト鋼桁とプレストレスト合成桁に関する解析および室内実験を行った¹⁾結果、プレストレッシングによる既存橋梁の補強の有効性が確認されたので、実際に、2等橋から1等橋への格上げが計画されている兵庫県「御坂橋」に対してのプレストレッシングによる補強法を適用することによって性能評価を試みるものである。

2. 「御坂橋」補強計画概要 兵庫県「御坂橋」は、架設時に2等橋として設計された、1スパンの3主桁単純支持合成桁橋である。本橋には近年の交通量の増加にともない、ほぼ1等橋に相当する活荷重が載荷されていることが予想される。しかし、本橋に対する概略目視調査および補強関連実橋試験結果（静的載荷試験、トラック走行試験、モデル解析用加振実験）によると²⁾、上述のような過酷な荷重条件にも関わらず、コンクリート床版および鋼主桁とも目立った損傷は認められず、大型車通過時の振動がわずかに大きく感じられる以外はほぼ健全な状態を保持していると考えられる。このような本橋の現状を考慮して、本橋の拡幅およびプレストリス導入とコンクリート床版増厚を組合わせた1等橋への格上げが計画されている²⁾。

3. 解析モデル 「御坂橋」は3主桁の活荷重合成桁橋であるが、解析モデルとしては中主桁対象として設定し種々の解析を行った。なお、解析モデルのスパン方向の断面は一樣であると仮定した。ケーブルの配置形状は、支柱1本のキーンポスト形式、支柱2本のクイーンポスト形式および直線配置が考えられるが、今回は、耐荷力の向上およびたわみの制御に最も効果のあると考えられる³⁾クイーンポスト形

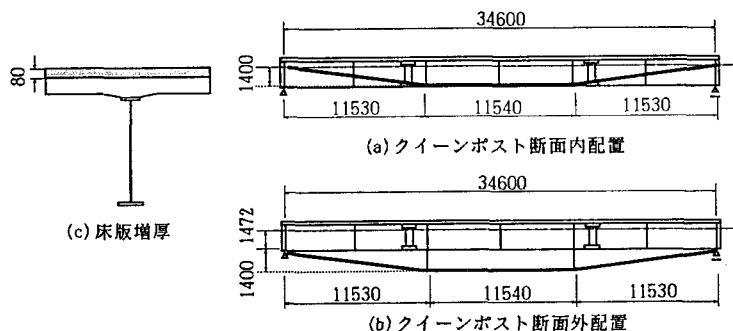


図1 「御坂橋」補強後の解析モデル（単位:mm）

式とし、ケーブルを桁の外に出さない断面内配置、ケーブルを全て桁の外に出す断面外配置の2種類のモデルについて解析を行った（図1参照）。導入プレストリス力 P は、コンクリート床版上縁の引張応力が 10kgf/cm^2 になるようにそれぞれ決定した（断面内配置 $P=144\text{tf}$ 、断面外配置 $P=35\text{tf}$ ）。また、各モデルとも径 30mm のケーブルを2本軸対称に配置するものとした。

4. 解析結果および考察 表1に補強前の桁にL-14荷重を載荷させた場合およびプレストリスを導入した桁（断面内配置、断面外配置）にL-20荷重を載荷させた場合のスパン中央における各位置での応力ならびに許容応力度（鋼材 1900kgf/cm^2 、コンクリート 85.7kgf/cm^2 ）に対する安全率を示す。また、耐荷力の補強前・後での比較のために、

表1 スパコン中央断面各部応力および耐荷力の向上

	新床版上縁		旧床版上縁		上フランジ*		下フランジ*		耐荷力の向上
	応力(kgf/cm ²)	安全率	応力(kgf/cm ²)	安全率	応力(kgf/cm ²)	安全率	応力(kgf/cm ²)	安全率	
補強前 (L-14荷重)	—	—	-25.1	3.41	-1779.4	1.07	1621.9	1.17	—
断面内配置 P=144tf(L-20)	—	—	-34.0	2.52	-1888.5	1.01	1235.0	1.54	1.29
断面外配置 P=35tf(L-20)	—	—	-31.2	2.75	-1822.6	1.04	1577.7	1.20	1.54
断面内配置 +増厚P=144tf	-38.9	2.20	—	—	-1852.8	1.03	1363.3	1.39	1.87

スパコン中央断面内での最大応力度が許容応力度に達する活荷重モメントMを耐荷力と定義し、M(補強後)/M(補強前)の値を桁の耐荷力の向上として表1に併記する。表1より、断面内配置、断面外配置ともにL-20荷重を載荷させても応力的にはほぼ満足な値を示すが、断面内配置の場合、上フランジの応力度の安全率が1.01となっており十分な補強効果が得られているとはいえない。また、耐荷力の向上は断面内配置および断面外配置でそれぞれ1.29倍、1.54倍となっている。静的な耐荷力のみを考える場合での1等橋への格上げは、耐荷力を単純に約1.43倍にすればよいことを考えると、断面外配置の場合は十分にこの値を満足するが、断面内配置の場合は不十分な値となっており、このことから補強効果が不足していることがわかる。以上より、断面内配置の場合、2等橋から1等橋への格上げを行うにはプレストレスの導入だけでは不十分であると考えられるので、コンクリート床版の増厚(増厚8cm)を同時に採用するとして解析を行った。なお、コンクリート床版の増厚はプレストレス導入後に行うものとする。これは、増厚を先行するとプレストレス導入時の制約(床版上縁の引張応力10kgf/cm²)が厳しくなるためである。その結果、表1に併記するように、コンクリート床版増厚をプレストレス導入と併せて行くと、補強前とほぼ同等の安全率が得られ、耐荷力の向上も1.87倍と1等橋への格上げとして十分な結果となる。また、

表2 スパコン中央たわみの制御

	プレストレスによる そり(cm)	荷重による たわみ(cm)	合計 (cm)
補強前 (L-14荷重)	—	2.63	2.63
断面内配置 P=144tf(L-20)	3.56	3.75	0.19
断面外配置 P=35tf(L-20)	2.47	3.75	1.28
断面内配置 +増厚P=144tf	3.04	2.78	-0.26

表3 固有振動数

	補強前	断面内配置	断面外配置	断面内+増厚
固有振動数	2.97Hz	2.93Hz	2.96Hz	2.76Hz

活荷重による桁のたわみ(スパコン中央)は、それぞれのモデルについて、作用する荷重が大きくなったにもかかわらず補強前に比べ小さな値となっておりたわみが制御されているといえる。これは、プレストレス導入によるそりが荷重によるたわみを打ち消すからである(表2参照)。一方、表3に示すようにプレストレス導入後の桁の固有振動数はプレストレスによる軸力を受けるために補強前に比べわずかに低下する結果となっている。また、コンクリート床版の増厚を行った場合も、増厚により桁の換算剛性は増加しているがそれにとまなう死荷重の増加のほうが大きいので、増厚後の固有振動数も増厚前に比べ1割程度低下する結果となっている。

5. まとめ ①外ケーブルを配置してプレストレスを導入することにより既存橋梁の弾性範囲が拡大し、耐荷力を向上させることおよびたわみの制御が可能である。②ケーブルの配置形状は、大きな偏心を与えることのできる断面外配置が効果的である。③プレストレス導入とコンクリート床版増厚を併せて行くと耐荷力の向上およびたわみの制御に対してより効果的である。④プレストレス導入による軸力およびコンクリート床版増厚による死荷重の増加により桁の固有振動数が低下する傾向があるため、振動対策が必要となる場合がある。

【参考文献】1)東山:プレストレスト鋼橋の力学挙動と性能評価に関する研究, 神戸大学卒業研究, 1993. 3 2)神戸大学工学部土木工学科橋梁研究室:兵庫県「御坂橋」補強関連調査実験計画書, 1992. 11 3)宮本, 森川, 平田:プレストレスト鋼桁の静的・動的挙動と補修・補強への適用に関する研究, 建設工学研究所報告第34号, 1992. 12