

愛媛県庁 正会員○東山健二 神戸大学大学院 学生員 平田勝己
神戸大学工学部 正会員 森川英典 神戸大学工学部 正会員 宮本文穂
兵庫県土木部 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点からプレストレスを導入することの明確な利点を見いだすことはできない。しかし、死荷重および活荷重に対してプレストレスの原理を適用するならば、プレストレスト鋼構造には、①既存橋梁の補修・補強、②新設構造物の設計および架設における材料選択の自由度の拡大とその経済性の向上などといった有用性が考えられる¹⁾。そこで、本研究では単純活荷重合成桁の補強への適用に着目し、弾性範囲内での実験および解析結果を比較することにより、プレストレスト鋼桁の力学挙動と性能評価を検討するとともに、これに基づいて、プレストレス導入による既存橋梁の補強後の性能改善効果についても評価を行った。

2. 実験概要 供試体は市販のH型鋼(SS41: 200×200mm)に床版として60mm厚のモルタルを打設してスパン2.0mの単純活荷重合成桁とした。合成断面へのプレストレス導入はPC鋼棒(D種2号棒:径11mm)2本を外ケール形式で配置して行い、供試体No. 1にはPC鋼棒を配置せず供試体No. 2～No. 5に図1に示す形状でPC鋼棒を配置した。PC鋼棒の配置形状は、この他にも放物線配置等が考えられるが、実際の橋梁への適用の可否考えると、供試体No. 2およびNo. 3のクイーンポスト形式や供試体No. 4およびNo. 5のキックポスト形式が適当と考えられる。合成断面への導入プレ

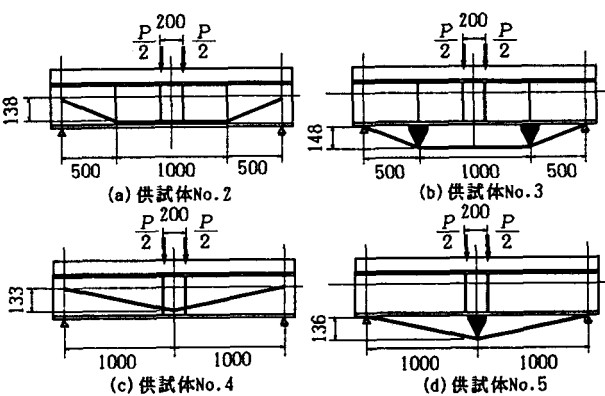


図1 各供試体の形状寸法およびPC鋼棒配置形状 (単位:mm)

ストレス力はモルタル床版上縁の引張応力が10kgf/cm²(弾性係数比8.5でのひずみ値43μ)になるように決定した。実験では、各供試体のプレストレス導入時および弾性範囲内での静的載荷時(2点載荷)におけるL/2断面のひずみ、PC鋼棒のひずみおよびL/2点のたわみ(変位)などを測定した。

3. 実験結果および考察 各供試体のプレストレス導入前後での挙動の比較は、PC鋼棒を配置しない供試体No. 1の結果を基本とせず、供試体No. 2～No. 5のそれぞれの桁のPC鋼棒配置の有無で行った。プレストレス

供試体 No.	X (tf)	ΔX (tf)		載荷荷重 (tf)
		解析値	実験値	
2	13.16	1.547	0.874	14.60
3	3.77	2.496	1.298	14.27
4	5.63	0.842	0.674	14.50
5	2.95	3.413	1.155	12.11

導入時(導入プレストレス力 X の大きさは表1 参照)におけるL/2断面のひずみ分布について、供試体No. 2、No. 3では解析値と実験値はその差が最大ひずみの8%以内におさまりほぼ一致していたが、供試体No. 4、No. 5では特にモルタル床版上縁ひずみの実験値が解析値を大きく上回った。これは、PC鋼棒の形状保持のためのナット設置用補剛材やプレートによる極端な断面形状の変化の影響であると考えられる。クイーンポスト形式の供試体No. 2、No. 3でも同様の現象が発生していたと推定できるが、ナット設置点かひずみの測定点(L/2断面)、すなわち荷重載荷時およびプレストレス導入時に最大ひずみが生じる点から離れていたためその影響が少なく、ひずみ分布に大きな乱れが生じなかったと考えられる。図2、図3にプレストレス導入後の供試体No. 2、No. 3に対する荷重載荷時(約14tf)の断面内ひずみ分布を示す。このひずみ分布においてもモルタル床版上縁の実験値が解析値を上回り、乱れが生じていたのがわかるが、実験値は解析値の直線分布にほぼ一致する結果となっている。

次に、 $\Delta X = -\delta_{01} / \delta_{11}$ (ここで、 δ_{01} :荷重による静定基本系のケール断面の相対変位、 δ_{11} :単位プレストレス力による静定基本系のケール断面の相対変位)で表される導入プレストレス力の増分 ΔX ^{1) 2)}(不静定力)は Kenji HIGASHIYAMA, Katsumi HIRATA, Hidenori MORIKAWA, Ayaho MIYAMOTO, Kazuyoshi TAKEUCHI

表1に併記するように、実験値が解析値より大きくなる傾向がみられ、この原因はサドル部、定着部の摩擦の影響と考

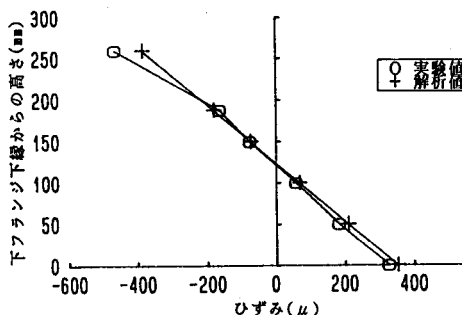


図2 載荷時のL/2断面のひずみ分布
(供試体No. 2, 7°プレスト導入後)

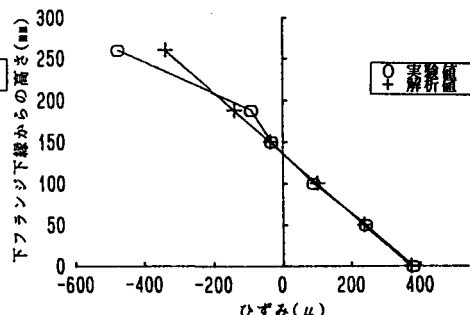


図3 載荷時のL/2断面のひずみ分布
(供試体No. 3, 7°プレスト導入後)

えられる。また、L/2点のたわみ量に着目したたわみの制御効果(7°プレスト導入前のたわみに対する制御の比, 単位: %)を実験値と解析値と比較したものを表2に示すが、両者の値はよく一致しているといえる。その制御効果の大きさは、キーンポスト形式よりクイーンポスト形式の方が大きく、断面外配置より断面内配置の方が大きい結果となった。以上の結果よりケーブル(PC鋼棒)の配置形状は、性能改善の面からクイーンポスト形式の方が効果的であるといえる。

表2 たわみの制御効果の比較

供試体 No.	たわみの制御(%) 解析値	実験値	載荷荷重 (tf)
2	38.3	40.8	14.60
3	21.7	20.2	13.55
4	19.7	20.4	11.03
5	12.2	12.3	11.08

4. 既存橋梁への適用における性能評価 兵庫県土木部では現在、単純活荷重合成桁橋「御坂橋」(二等橋)の拡幅工事に伴う一等橋への格上げに、プレストレスト鋼構造の適用を計画している。この計画では、主桁自体の剛性を大きくするため同時にコンクリート床版の増厚も行われる³⁾。「御坂橋」に対して、外ケーブル設置および床版増厚を行った場合の性能を評価するために、「御坂橋」の中主桁に外ケーブルとしてクイーンポスト形式でPC鋼材(径30mm)を2本設置し、コンクリート床版の増厚を行った場合を想定した解析モデルを用いて種々の検討を加えた。表3および表4に、補強後の耐荷力(抵抗モーメント)の変化の解析結果を示す。ここでは耐荷力の補強前・後での比較のために、L/2断面内の最大応力度が許容応力度に達する活荷重モーメント M_L を耐荷力と定義した。表3、表4に示す通りプレストレスト導入による耐荷力の向上は、断面内配置、断面外配置についてそれぞれ1.47倍、1.72倍となり、さらに床版増厚後でそれぞれ1.90倍、1.74倍に向上する。断面内配置に関しては、プレストレスト導入のみで1.43倍(一等橋の条件)を上回っているが、余裕がほとんどないため床版増厚を行った方がよいと考えられる。一方、7°プレストレスト導入後の桁の固有振動数は、7°プレストレスト力による軸力を受けるため補強前に比べて低下する結果となっている。

また、床版の増厚により桁の剛性は増加しているが、それにとまう死荷重の増加効果の方が大きいため、増厚後の固有振動数も増厚前に比べて低下していることがわかる。

表3 補強後の性能比較(断面内配置)

補強前	耐荷力 M_L (tf·m)	258.5
	1-1次固有振動数(Hz)	2.97
X導入後 (146tf)	耐荷力 M_L (tf·m)	379.4
	M_L 作用時 ΔX (tf)	10.2
	耐荷力の向上(倍)	1.47
	たわみの制御(%)	45.8
	1-1次固有振動数(Hz)	2.93
増厚床版 打設後 (80mm)	耐荷力 M_L (tf·m)	492.5
	M_L 作用時 ΔX (tf)	12.2
	耐荷力の向上(倍)	1.91
	たわみの制御(%)	40.5
	1-1次固有振動数(Hz)	2.76

表4 補強後の性能比較(断面外配置)

補強前	耐荷力 M_L (tf·m)	258.5
	1-1次固有振動数(Hz)	2.97
X導入後 (35.9tf)	耐荷力 M_L (tf·m)	443.5
	M_L 作用時 ΔX (tf)	23.2
	耐荷力の向上(倍)	1.72
	たわみの制御(%)	23.9
	1-1次固有振動数(Hz)	2.96
増厚床版 打設後 (80mm)	耐荷力 M_L (tf·m)	450.8
	M_L 作用時 ΔX (tf)	22.1
	耐荷力の向上(倍)	1.74
	たわみの制御(%)	18.8
	1-1次固有振動数(Hz)	2.78

5. まとめ ①ケーブルを配置して7°プレストレスト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ケーブルを配置する形状は、クイーンポスト形式が本研究で検討した範囲内では最も有効である。③サドル近傍の断面に応力の乱れが起るため、何らかの照査法の確立が望まれる。④7°プレストレスト導入および床版増厚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と考えられる。

【参考文献】 1) M. S. Troitsky: Prestressed Steel Bridges Theory And Design, Van Nostrand Reinhold Company, 1990 2) 宮本、森川、平田: 7°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 3) 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