

(80) R=30mを有するPC連続中空床版橋の実橋試験について

ピーシー橋梁(株) 正会員 仁科 一義
 同上 小林 顕
 同上 ○正会員 浅野 真人

1. はじめに

栃代川橋は、橋梁整備事業の一環として一般県道栃代常葉線に建設された最小曲率半径R=30mを有するPC2径間連続中空床版曲線橋である。一般に、このような曲率半径の小さなプレストレストコンクリート橋の力学的挙動は直線橋に比べ複雑である。ここでは、この中空床版曲線橋のプレストレス導入時においていくつかの実橋調査、試験の機会を得たので報告する。

図-1に構造図を示す。

2. 工事概要

発注者：山梨県市川土木事務所	橋長：43.000m
工事名：栃代常葉線PC橋工事	支間：2@21.050m
工事場所：山梨県西八代郡下部町	有効幅員：9.500m
工期：平成6年12月～平成7年6月	荷重：B活荷重
構造形式：PC2径間連続中空床版曲線橋	平面線形：R=30m～A=30～R=40m
	縦断勾配：3.00% 横断勾配：6.00%

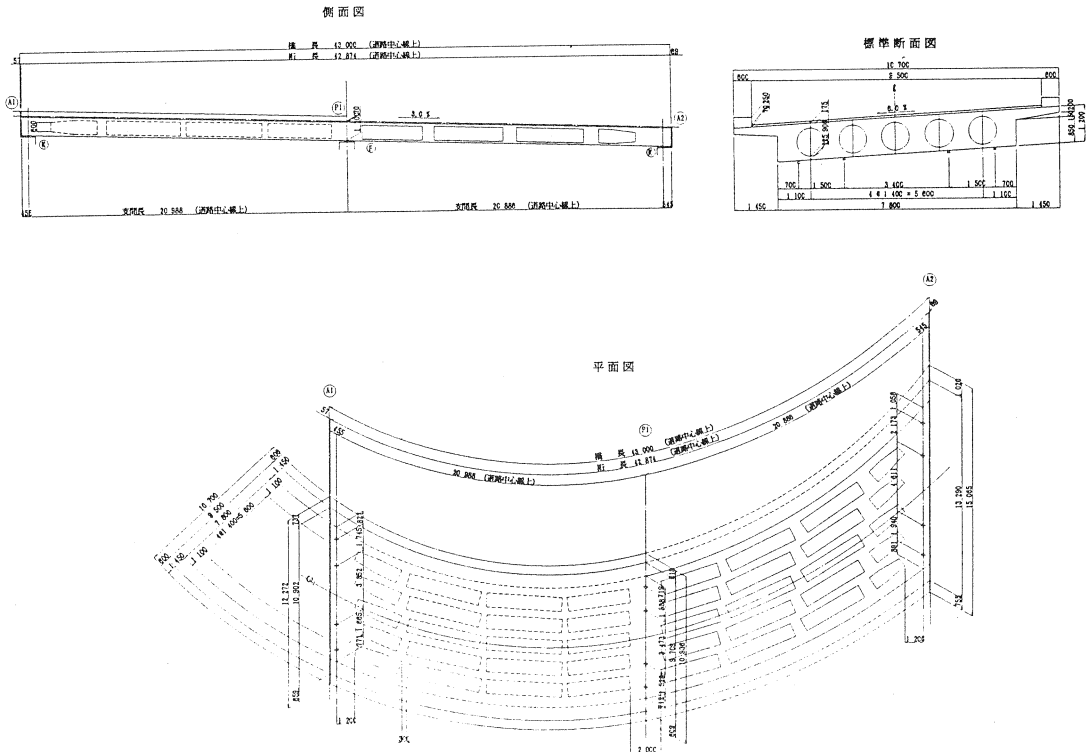


図-1 構造図

3. 実橋調査・試験

3-1 調査、試験の目的

本橋は、曲線橋かつ斜橋であり、PC鋼材として12S12.4(SWPR7A)が26本、断面図心に対し左右対象に配置してある。しかし、PC鋼材がほぼ近似の曲線配置にたいして、ボイドは直線配置されており、局部的に見れば必ずしも対象とはいえない。又、曲線橋のためPC鋼材は3次元的に曲げ上げられることより内曲側コンクリートには常に水平腹圧力が作用する。

そこで、プレストレス導入時の変位、橋軸方向のひずみについて定量的に把握することを目的として、実橋試験を行った。

試験は、プレストレス導入直後と完成系に近い施工状況に分けて静的に行った。

1. 供試体

—調査・試験の項目—

①プレストレス導入直後の試験

- ・主版の橋軸方向のひずみ 18箇所
- ・主版の鉛直変位 15箇所、
水平変位 3箇所
- ・支点変位 12箇所

②完成後の調査

- ・主版の鉛直変位と水平変位

コンクリートの種類	普通コンクリート	セメントの種類	早強ポルトランドセメント
形状・寸法	φ10cm×20cm	コンクリートの打込日	平成7年4月7日
コンクリートの打込日	平成7年4月7日	設計基準強度	350kgf/cm ²
材齢	4日, 7日, 28日	数	9個

2. 試験結果

供試体の番号	圧縮強度 kgf/cm ²	静弾性係数 ×10 ⁵ kgf/cm ²
(材齢4日)	1	299
	2	304
	3	305
	平均	303
(材齢7日)	1	330
	2	327
	3	318
	平均	325
(材齢28日)	1	360
	2	372
	3	346
	平均	359

以下に、それぞれの試験概要と測定方法を示す。

表-1にコンクリートの特性値を示す。

表-1 コンクリートの特性値

3-2 主版の橋軸方向ひずみ

曲線橋のPC鋼材は、断面軸線とプレストレス力の圧力線が一致するように配置するのが原則であり、もしこの差が大きいと面外方向に曲げモーメントが生じ、コンクリートの剝離、ウェブのひび割れ、支承部に損傷が生ずる恐れもある。この影響を極力小さくするため、緊張は断面中央部から行き、断面の最外縁に引張応力が生じないようにした。計測方法としては、主桁の両側面に表面ゲージを設置し、各支点およびスパン内におけるプレストレスによるひずみを測定した。

測定は、緊張途中における断面の内曲側、外曲側のひずみ分布の傾向を把握することも必要と考え10段階に分けて慎重に行った。又、全ケーブル緊張1時間後についても計測した。桁端部におけるPC鋼材配置と緊張順序を図-2に示す。また、測定順序を表-2、測定位置を図-3に示す。

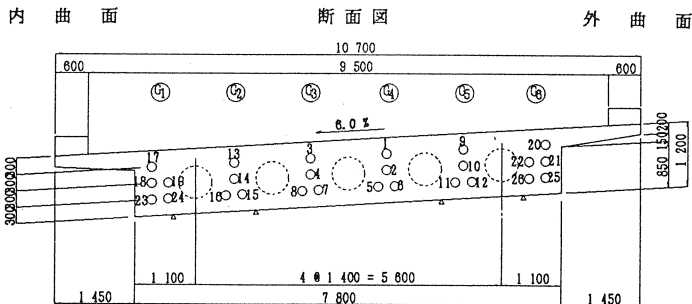


図-2 緊張順序

	0	スタート		
①	1,	2,	3,	4
②	5,	6,	7,	8
③	9,	10,	11,	12
④	13,	14,	15,	16
⑤	17,	18,	19	
⑥	20,	21,	22	
⑦	23,	24		
⑧	25,	26,	(終了)	
⑨	1時間後			

表-2 測定順序

3-3 主桁の鉛直変位、水平変位

主版の鉛直変位は、0.5mmまで読み取れるレベル計測とし、コンクリート打設直後、プレストレス導入直後、材令28日について行った。水平変位については、トランシットにて平面的な変位を測定すると共に、内曲側に水平変位計を設置してプレストレスによる平面的な影響を計測した。

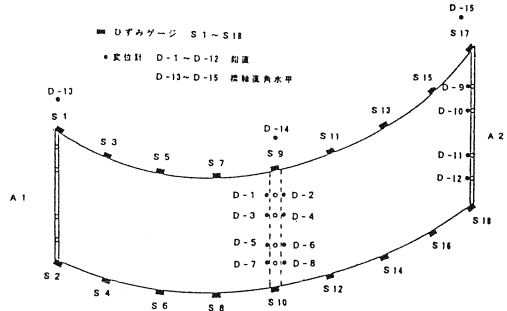


図-3 測定位置

3-4 支点変位

各支点位置におけるゴム支承の支点反力の測定は、1支承において相対する2点の鉛直変位を変位計で測定し、これを支承のばね定数により実反力を算定する方法を採用した。

図-4に示すように、A₂橋台とP₁橋脚の各支承位置に変位計を1支承あたりA₂橋台1箇所、P₁橋脚2箇所の合計12箇所設置して測定した。なお、各ゴム支承の寸法および力学的性質を表-3に示す。

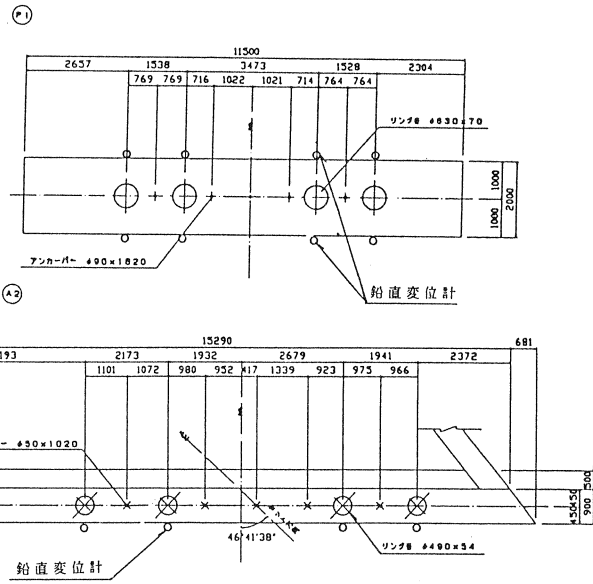


図-4 ゴム支承の変位測定位置

	最大反力 R _{max} (tf・脊)	最小反力 R _{min} (tf・脊)	支承製品寸法 a'×b'×T or φD'×T(mm)	形状係数 S	圧縮ハネ 定数Kc (tf/cm)	回転変量 δ _a e < δ _b (mm)	圧縮変量 (mm)	支圧応力度 σ _{max.o} σ _{min} (kgf-cm ²)	応力振幅 Δσ (kgf-cm ²)	縦局部 せん断歪 γ _t (%)
A1-100	67.90	39.20	φ 490 × 54	6.3	736	0.800 < 0.923		40.4 21.7	18.7	208.7
A1-101	71.20	44.40	φ 490 × 54	6.3	736	0.800 < 0.967		42.3 24.5	17.8	213.5
A1-102	94.80	55.40	φ 490 × 54	6.3	736	0.800 < 1.288		56.4 30.6	25.8	247.8
A1-103	118.40	65.30	φ 490 × 54	6.3	736	0.800 < 1.609		70.4 36.1	34.3	282.1
P1-104	174.00	106.00	φ 630 × 70	5.7	750	0.517 < 2.320		57.6 35.1	22.5	163.1
P1-105	171.50	115.80	φ 630 × 70	5.7	750	0.517 < 2.287		56.8 38.4	18.4	161.0
P1-106	201.50	143.90	φ 630 × 70	5.7	750	0.517 < 2.687		66.7 49.3	17.4	186.4
P1-107	220.10	158.70	φ 630 × 70	5.7	750	0.517 < 2.935		72.9 52.6	20.3	202.1
A2-108	80.20	51.60	φ 490 × 54	6.3	736	0.800 < 1.090		47.7 28.5	19.2	226.2
A2-109	72.70	45.30	φ 490 × 54	6.3	736	0.800 < 0.988		43.2 25.3	17.9	215.2
A2-110	89.00	49.70	φ 490 × 54	6.3	736	0.800 < 1.209		52.9 27.5	25.4	238.9
A2-111	112.20	59.20	φ 490 × 54	6.3	736	0.800 < 1.524		66.7 32.7	34.0	272.6

表-3 ゴム支承寸法および力学的性質

4. 調査、試験結果

4-1 橋軸方向のひずみ

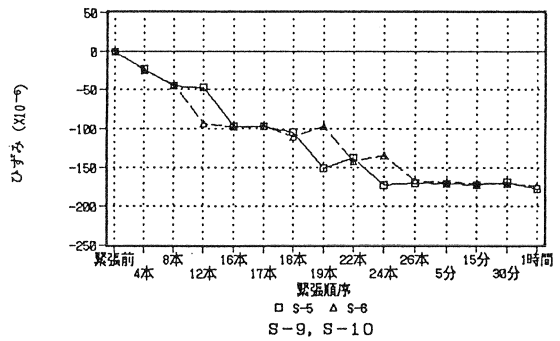
図-5は、プレストレス導入直後の各緊張段階における主版の代表的な断面の橋軸方向ひずみ分布を示している。P C鋼材の配置は、本橋の曲げモーメントと分布に対応させるため偏心配置しており、プレストレ

スによる軸力と2軸曲げが得られるが、計測位置は断面図心としている。

断面中央部の8本まで緊張した時点では、内曲側と外曲側のひずみ差はほとんどないことが分かる。12本緊張時と19本緊張時に、いずれの断面でも内曲側と外曲側にひずみ差が生じている。前者は外曲側のPC鋼材を集中的に緊張した状態で、後者は内曲側を緊張した状態である。全ケーブル26本緊張後は、内曲側と外曲側のひずみ分布はほとんど差がなく、その後1時間経過した時点でも変化はみられなかった。

図-6に、ひずみの全体分布状況を示す。図-7は、ひずみとヤング係数の関係から軸圧縮応力を求めたものである。当然のことではあるが、ひずみの分布状況と全く同様である。この応力分布から順次緊張が進むにつれて確実に軸圧縮応力が導入されていく状況が分かる。内外曲の応力差は、緊張途中で最大10 kgf/cm²、全ケーブル緊張後は、第2径間中央で3 kgf/cm²であった。図-8に、理論値と実測値の軸圧縮応力を示す。

S-5, S-6



S-9, S-10

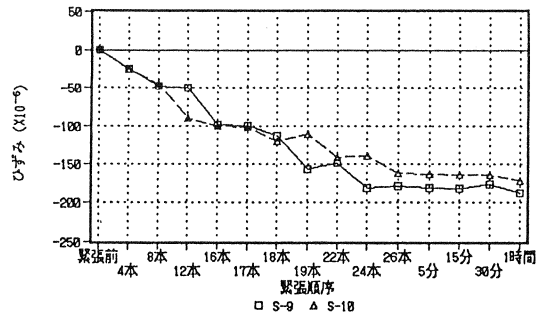
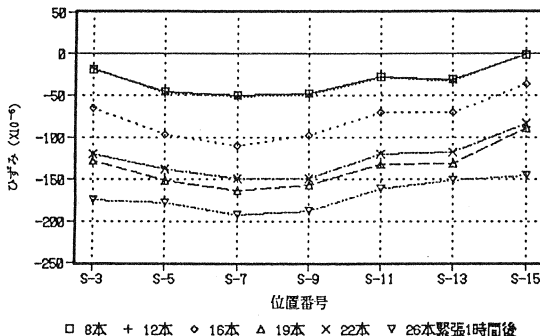


図-5 橋軸方向ひずみ-緊張順序

ひずみ分布状態その1 内曲側



ひずみ分布状態その2 外曲側

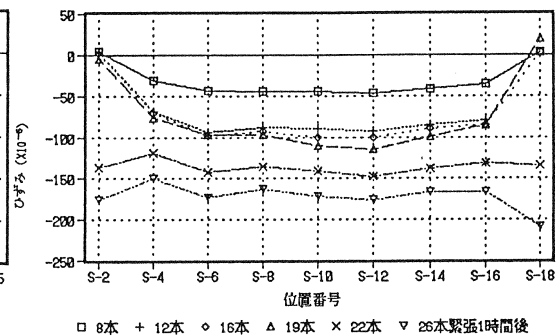
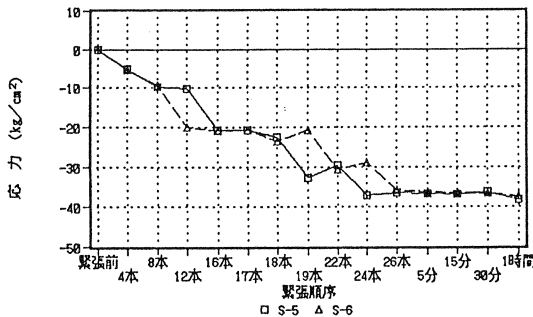


図-6 緊張による橋軸方向ひずみ分布

S-5, S-6



S-9, S-10

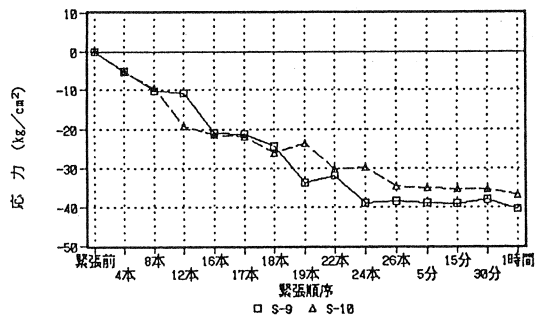


図-7 橋軸方向力-緊張順序

実測値/理論値の平均値は、0.965で実測の方がわずかではあるが低い値となっている。これは、プレストレス導入時のヤング係数が実測の方がやや低いこと、および測定誤差が考えられるが、その差は3.5%であり、理論値と実測値はほぼ一致していると考えられる。また、中間支点上の軸圧縮応力は、中空断面としての理論値に近い値であった。

4-2 主版の鉛直変位、水平変位

図-9は、プレストレス導入直後の鉛直たわみの理論値と実測値を示したものである。なお、全プレストレス力の60%緊張時点で各支付付近の型枠、支保工を脱型し、拘束による変形への影響を極力小さくなるように配慮した。全体の傾向としては、プレストレス導入直後の軸圧縮応力が理論値に比べ実測値の方が平均3.5%小さいにもかかわらず、たわみ性状は実測値の方が大きい。また、内曲側より外曲側の方がやや大きな値を示しているが、主版中心では、理論値と実測値はほぼ同様な傾向であった。

プレストレス導入時の橋台、橋脚位置での主版の水平変位を図-10に示す。

主版の図心付近のPC鋼材を緊張している段階では、ほとんど水平変位は生じていない。図心から離れるにつれて、橋台位置で外曲側に最大1.5mm、内曲側に2.2mm水平変位が生じたが、全ケーブル緊張後は、主版の水平変位はほとんどなかった。なお、橋脚位置では、いずれの緊張段階においても変位は生じていない。

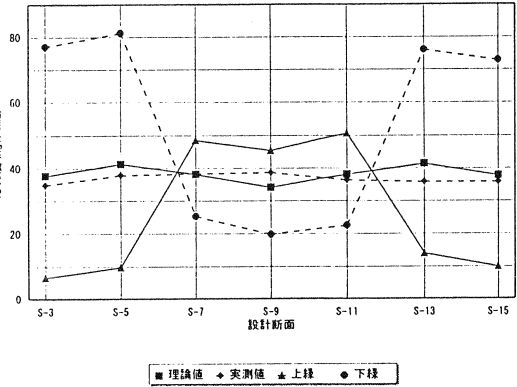


図-8 導入直後のプレストレスの比較

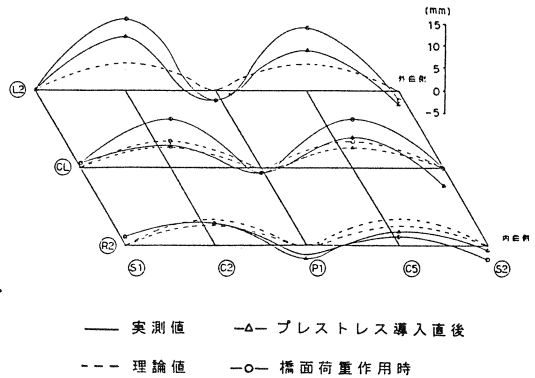


図-9 主版の鉛直たわみ

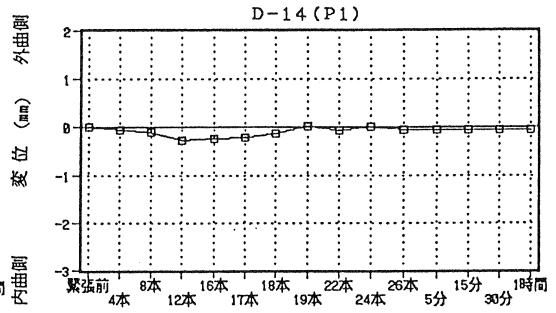
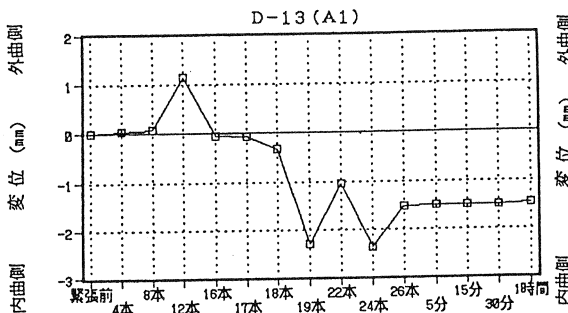


図-10 橋軸直角方向水平変位

4-3 支点変位 (支点反力)

表-4は、P₁橋脚上の各支承反力である。実測値の鉛直変位の値は、主版の変形に伴う回転の影響(0.9mmと仮定)を考慮して修正してある。理論値、実測値の傾向はねじりの影響により内曲側で小さく、外曲側で大きな値となっている。

なお、修正前の鉛直変位の実測値は理論値と差があり、このことは、測定の方法、ゴム支承のばね定数の評価、プレストレスおよび2次力の影響が要因と考えられる。

A₂橋台は、データ不良のため表より外してある。

	理論値		実測値		実測値 理論値 (%)
	鉛直変位(mm)	反力(tf)	鉛直変位(mm)	反力(tf)	
S1	1.04	77.7	0.93	69.8	89.8
S2	1.21	91.0	1.28	96.0	105.4
S3	1.71	128.4	1.74	130.5	101.6
S4	1.85	138.8	1.93	144.7	104.3

表-4 プレストレス導入時の反力

5. おわりに

今回の、いくつかの実橋調査、試験を行った結果、力学的挙動が複雑なPC中空床版曲線橋の性状を、ある程度把握することができ、一応の成果が得られた。

以下に主な成果を考察する。

- ① プレストレス導入による橋軸方向のひずみは、本橋のような現場打コンクリートの場合、緊張途中において、断面軸線とプレストレスの圧力線に差が生じ、内曲側と外曲側にわずかなひずみ差が生じたが、全ケーブル緊張後はほとんど影響がないことがわかる。
- ② たわみ性状については、ヤング係数、その他の要因のため実測値の方が大きい値となっている。また、曲線橋のため外曲側は、ねじりの影響を受け内曲側よりも大きな値を示しているが、主版中心では理論値と実測値は、ほぼ同様の傾向であった。
- ③ プレストレス導入直後の主版の水平変位(平面的な移動)は、図心付近のPC鋼材を緊張している段階では、ほとんど生じていない。
緊張が図心から離れるにつれて、桁端部で最大2.2mmの水平変位が生じたが、全ケーブル緊張後は、主版の水平変位はほとんど生じていないことが確認された。
- ④ 支点反力の実測値は、ねじりの影響により内曲側で小さく、外曲側で大きな値を示しており、傾向としては理論値とほぼ同様であったが値については、理論値にやや差が生じていた。これは、測定方法、バネ定数の評価、プレストレス等の影響が原因と思われる。

本橋の調査、試験の範囲で、厳しい道路線形や過酷な施工環境においてもPC橋は、十分適用が可能であることが確認された。

今後、このような実橋試験データを蓄積するとともに、FEM解析などにより、より詳しく検討する必要があると考えられる。

最後に、本橋の施工ならびに実橋試験の機会を与えて下さった山梨県市川土木事務所、ならびに関係各位に深く感謝する次第です。

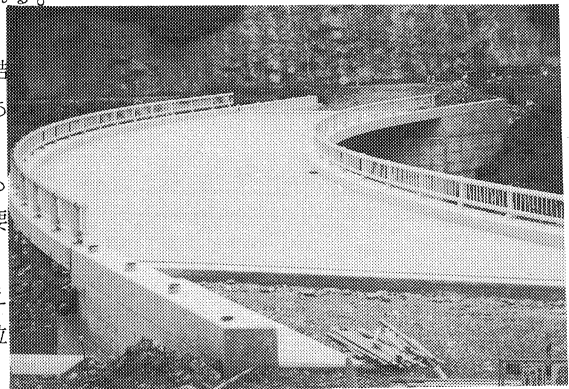


写真-1 完成写真