

(142) 名取川橋梁の計測について

東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 ○斉藤 恭之
 東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 大庭 光商
 東日本旅客鉄道(株) 建設工事部 正会員 津吉 毅

1. はじめに

東北本線南仙台・長町間に位置する名取川橋梁は橋長 512m の大小4連の2径間連続PC斜版橋である(図-1)。主桁の断面形状はPRC下路桁であり、斜版部はPRC構造である。また上部工の施工方法は全径間場所打ち工法とし、主桁支保工の形式は河川流心部では桁式支保工を用い、河川の影響の無い部分では枠組み支保工を用いた。上・下部工事は平成4年8月～平成8年4月までに行い、橋面工事も平成10年1月に竣功した。本橋では主桁コンクリート打設時より、施工管理及び設計との整合性を確認するために、主桁・斜版の複数断面にコンクリートひずみ計等の計器を埋設して計測を行っており、現在でもその一部については継続して計測をおこなっている。本文では現在までの大斜版橋の主な計測結果を報告し、また設計値との比較を行い設計の妥当性を検証する。

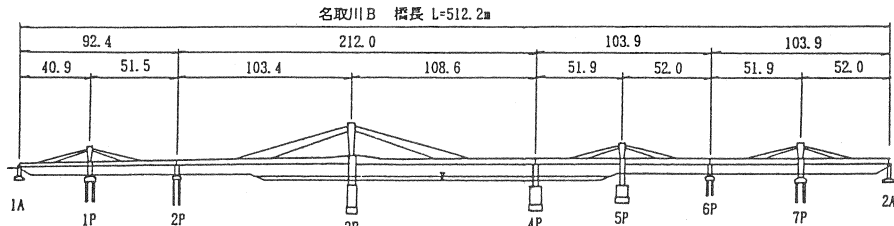


図-1 名取川橋梁全体図

2. 設計条件及び施工概要¹⁾

本橋は基本的に PRC 構造として設計しているが、長大連続桁であることから、その重要性を考慮して、橋軸方向の検討においては死荷重作用時に断面がフルプレストレスとなるようにした。また斜版部についても PRC 構造として設計しており、設計荷重作用時に曲げひびわれを許容するが、斜版が引張部材である点を考慮して、設計荷重作用時の軸引張力を打ち消すだけのプレストレスを導入することとした。表-1 に設計における応力度の制限値を示す。なお、施工時におけるクリープ・乾燥収縮の影響も考慮し、また桁の支持方式は中間支点を剛結とし、端支点を可動としている。

表-1 応力度の制限値

コンクリート圧縮応力度	死荷重時	0.4σ _{ck}
	設計荷重時	主桁 フルプレストレス 斜版 0.5σ _{ck} ^{2/3} /1.3
コンクリート引張応力度	設計荷重時	床版 0.9σ _{ck} ^{2/3} /1.3 斜版 軸圧縮力に対しフルプレストレス
	PC鋼材引張応力度	0.7σ _{pu}

次に本橋梁の施工概要を説明する(図-2)。主桁の施工はPC鋼材の定着を考慮して、最初に柱頭部付近を施工し、1次プレストレスを導入する。そして柱頭部及び主塔部の施工が終了した後、残り部分を施工し2次プレストレスを導入する。さらに斜材ケーブルを配置し、斜材1次プレストレスを導入することにより主桁自重を支持し、支保工を撤去する。次に斜版を支保工により施工し、斜材2次プレストレスを導入する。斜版支保工を撤去した後、主桁3次プレストレスを導入し、橋面工を施して施工が終了する。

3. 計測概要

計測機器は、大斜版橋(2P-3P-4P)の主桁部(A-A、D-D断面)及び斜版部(E-E断面)に埋設した。図-3に各断面における計器の取付け及び設置位置を、表-2に各部位の設計基準強度及びコンク

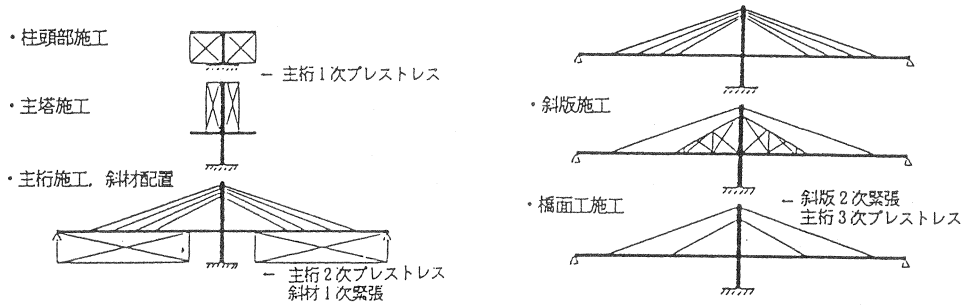


図-2 施工順序

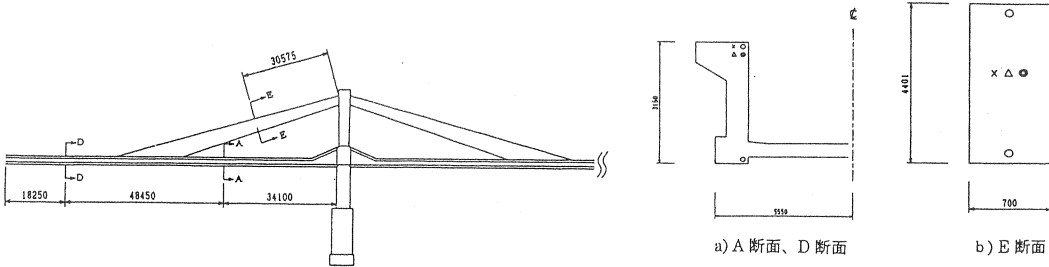
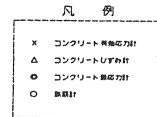


図-3 各断面の計器取付位置及び設置箇所



リートの配合を示す。
また表-3 に各断面の
使用限界状態、疲労限
界状態、終局限界状態
に対する曲げ及び軸力に

表-2 コンクリートの配合

箇所	設計基準強度 (N/mm^2)	粗骨材 最大寸法 (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)					
					C	W	s	G	混和剤	
斜版	40	20	40	48.2	413	165	811	924	6.61	
主桁	45		35	45.2	472	165	740	948	6.61	

表-3 各断面の曲げ及び軸力に対する検討結果

種別	項目	A断面	D断面	主桁部許容値	E断面	斜版部許容値	
施工時の検討 (コンクリート縁応力度)	上縁Mmax	137.4	81.5	-29.5 < σ < 223.5 (PC部材)	70.8	-27.0 < σ < 200.0 (PC部材)	
	上縁Mmin	8.1	6.2		60.7		
	下縁Mmax	81.2	52.4		111.4		
	下縁Mmin	10.8	9.7		109.7		
使用限界状態 (コンクリート縁応力度)	クリープ終了時	上縁	135.3	44.2	0.0 < σ < 180 (PC部材)	57.6	0.0 < σ < 160 (PC部材)
		下縁	75.3	39.2		66.5	
	温度変化時 (Mmax時)	上縁	132.5	21.4	-22.5 < σ < 180 (PRC部材)	34.8	-21.0 < σ < 160 (PRC部材)
		下縁	62.6	33.7		23.2	
	温度変化時 (Mmin時)	上縁	133.2	11.9		30.2	
		下縁	65.2	39.8		20.9	
	支点沈下時 (Mmax時)	上縁	133.5	19.2		34.8	
		下縁	62.7	35.1		21.2	
支点沈下時 (Mmin時)	上縁	132.1	14.1	30.2			
	下縁	65.1	38.4	22.9			
疲労限界状態 (鋼材応力度)	鉄筋	σ_s	369/4694	1464/4694	発生応力度/疲労を 考慮した許容応力	710/4694	発生応力度/疲労を 考慮した許容応力
			300/4694	901/4694		927/4694	
	P C鋼材	σ_p	79/2015	1348/1909	上段→最上段鋼材	427/1949	上段→最上段鋼材
		226/1968	646/1698	下段→最下段鋼材	841/1889	下段→最下段鋼材	
終局限界状態 (安全率)	列車荷重用時	Mmax時	1.681	1.479	F>1.0 (PRC部材)	1.837	F>1.0 (PRC部材)
		Mmin時	—	1.742		—	
	地震荷重用時	Mmax時	3.382	3.977		3.912	
		Mmin時	—	3.283		—	

対する検討結果を示す。計測は主桁コンクリート打設時(H7. 2)より開始し、上部工完成時(H8. 2)まで自動計測を行い、その後、橋面工施工前(H9. 11)、施工後(H10. 2)に手動計測を行った。表-4に各施工ステップの実施工日及びそれに対応した各断面の材齢を示す。ただし材齢についてはコンクリート打設後、出力結果が安定した時の値を初期値とした。

表-4 各施工ステップと材齢

ステップ No.	作業内容	施工日	材齢(日)		
			A-A断面	D-D断面	E-E断面
1	主桁2次ケーブル緊張(1)	H7. 5. 17	4	4	—
2	斜材1次ケーブル緊張(1)	H7. 5. 20	7	7	—
3	主桁2次ケーブル緊張(2)	H7. 5. 23	10	10	—
4	斜材1次ケーブル緊張(2)	H7. 5. 24	11	11	—
5	主桁2次ケーブル緊張(3)	H7. 5. 25	12	12	—
6	斜材1次ケーブル緊張(3)	H7. 5. 26	13	13	—
7	主桁支保工撤去	H7. 6. 25	43	43	—
8	斜版支保工設置	H7. 9. 1	110	110	—
9	斜版コンクリート打設	H7. 12. 5	205	205	—
10	斜材2次ケーブル緊張	H7. 12. 18	219	219	3
11	斜版支保工撤去	H7. 12. 19	220	220	4
12	主桁3次ケーブル緊張	H7. 12. 20	221	221	5
—	橋面工施工前	H9. 11. 11	913	913	697
—	橋面工施工後	H10. 4. 10	1063	1063	847
—	クリープ終了時	—	20000	20000	20000

注) ・材齢はA・D断面ではH7. 5. 13を、E断面ではH7. 12. 15を0としている
またクリープ終了時の材齢は設計値である。

4. 計測結果

ひずみ計および無応力計の計測データは初期値測定時の温度を基準として、計器とコンクリートの線膨張係数差による温度補正を行った。コンクリートの線膨張係数は各断面の無応力計から得られたひずみと温度変化をプロットし、その回帰直線の傾きから求めた(表-5)。

また有効応力計による応力測定値をひずみに変換する際のヤング係数は、主桁部は $E_c = 3.2 \times 10^5$ (kgf/cm²)、斜版部は $E_c = 3.1 \times 10^5$ (kgf/cm²)とした。図-5~7に各断面における弾性ひずみ・乾燥収縮ひずみ・クリープひずみの計測結果及び弾性ひずみ

表-5 各断面の線膨張係数

	線膨張係数 ($\mu/^\circ\text{C}$)
A-A断面	8.47
D-D断面	8.21
E-E断面	8.51

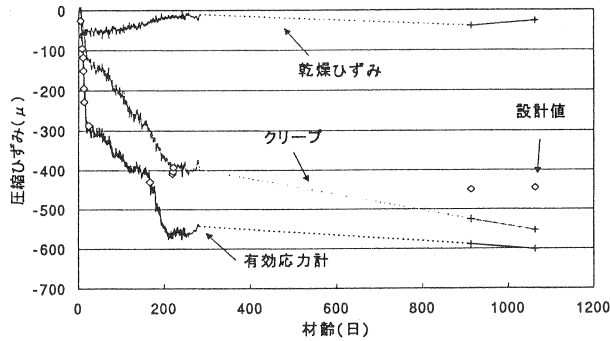


図-5 A断面計測結果

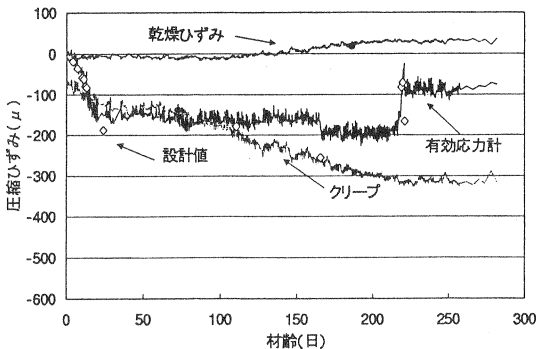


図-6 D断面計測結果

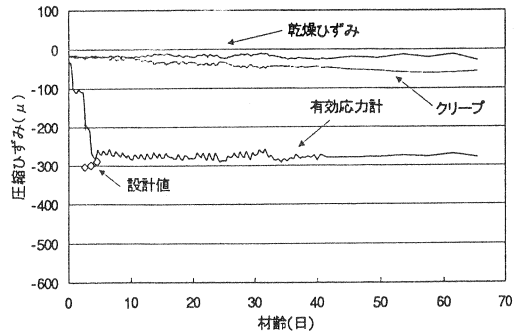


図-7 E断面計測結果

の設計値を示す。ただし E 断面の材齢については表-4 に示す初期値を用いている。ここで用いている弾性ひずみは有効応力計の計測値から変換したものであり、乾燥収縮ひずみは無応力計の計測値である。またクリープひずみはひずみ計の計測値から弾性ひずみと無応力計の計測値を差し引いたものである。弾性ひずみの設計値については、各施工段階毎のコンクリート応力度を変換した値をプロットした。なお、D 断面(主桁部)及び E 断面(斜版部)における橋面工施工前後(H9.11・H10.4)のデータは不安定な挙動を示したため、ここではその結果を省略した。また A 断面での点線は自動計測終了時(上部工完成時)から橋面工施工前までの期間を表している。

弾性ひずみの実測値は、D 断面・E 断面の設計値と比較的によく対応している。これより斜版には所定のプレストレスがほぼ導入されたものと思われる。一方、A 断面ではステップ9の2次斜ケーブル張緊(斜版プレストレス導入)前まではおおむね一致しているが、その後はステップ12まで逆向きの挙動を示している。なお表-6に施工ステップ毎の各断面弾性ひずみの実測値と設計値の比較を示す。ただし、前述したように本橋はPRC構造であるが、永久荷重時にフルプレストレスにしていることもあり、表-6に示す値は全断面有効とした応力から求めたひずみであり、鉄筋反力等は考慮していない。

乾燥収縮ひずみは主桁に関して、非常に小さい値を示している。斜版に関しても20 μ 程度と同様に小さい値を示している。次にクリープひずみであるが、図-8にA断面でのクリープひずみの弾性ひずみに対する比(クリープ係数)の経時変化を示す。ただしD断面は弾性ひずみの値が小さいのでクリープ係数を求めるとバラツキが大きいため、またE断面は長期的には計器の信頼性が低いためここでは省略した。これから単純にA断面のクリープ係数の値を論じることができないが、主桁部のA断面では0.7~0.9程度である。

4. おわりに

名取川橋梁における計測データについて結果をとりまとめて報告した。その結果、初期施工時における有効応力は主桁、斜版とも設計値とほぼ対応していることがわかったが、長期的には計器の不都合からとらえきれていない。しかしながら、今後とも計測を続け、機会があればまた報告したいと考えている。

[参考文献]

- 1) 石橋・大庭・竹内：PC斜版橋の計画と設計，橋梁 VOL.25 No.7 1989

表-6 各断面の弾性ひずみの計測値と設計値

施工ステップ	A-A断面		D-D断面		E-E断面	
	計測値	設計値	計測値	設計値	計測値	設計値
1	18.6	25.3	20.7	19.4	—	—
2	74.7	94.4	36.8	35.9	—	—
3	116.2	116.6	58.8	58.4	—	—
4	148.5	150.0	60.6	61.9	—	—
5	187.3	193.4	75.8	80.6	—	—
6	208.4	227.5	82.0	82.8	—	—
7	292.2	286.6	150.7	187.5	—	—
8	320.0	281.9	175.4	178.8	—	—
9	440.3	429.4	209.8	255.3	—	—
10	558.2	409.1	79.8	82.2	200.7	303.4
11	557.7	402.8	83.5	70.9	269.3	299.3
12	561.2	392.5	102.1	166.3	268.4	288.7
—	589.0	449.4	—	200.3	—	229.8
—	600.9	445.0	—	184.1	—	223.4
—	—	422.8	—	141.9	—	211.1

注) 計測値、設計値とも単位は μ 。

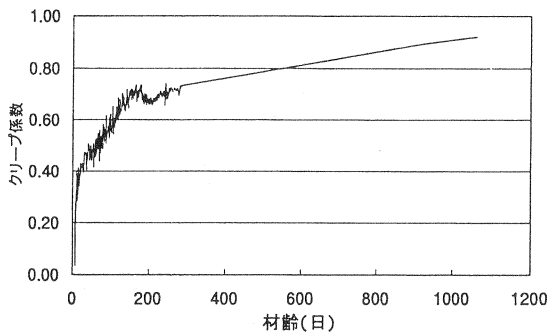


図-8 A断面クリープ係数の経時変化