

(43) 吉田・鳴瀬川6径間連続PRCフィンバック橋の設計

J R 東日本東北工事事務所 ○初貝隆一
 J R 東日本東北工事事務所 高浜文義
 J R 東日本東北工事事務所 加藤 光

はじめに

J R 仙石線吉田・鳴瀬川橋梁は、野蒜・陸前小野間に位置し、一級河川吉田川、鳴瀬川を横断する鉄道橋である。現橋梁は、2橋梁を合わせて423m(25径間)の橋長となる上路単純鋼板桁式橋梁であり、昭和3年に当時の宮城電鉄(株)により建設された。河川改修事業の歴史は古く大正11年から実施されており、残るJ R 線橋梁部の改築が待たれていたが、本年6月に建設省とJ R 東日本において工事協定が締結され、工事着手の運びとなった。本橋梁の改築は、別線施工により行うこととし、そのルートは線路線形および河川交差条件により現橋梁から下流約200mの位置を選定した。

本文では、この橋梁に採用したわが国初となる6径間連続フィンバック橋の設計と施工計画の概要について報告する。

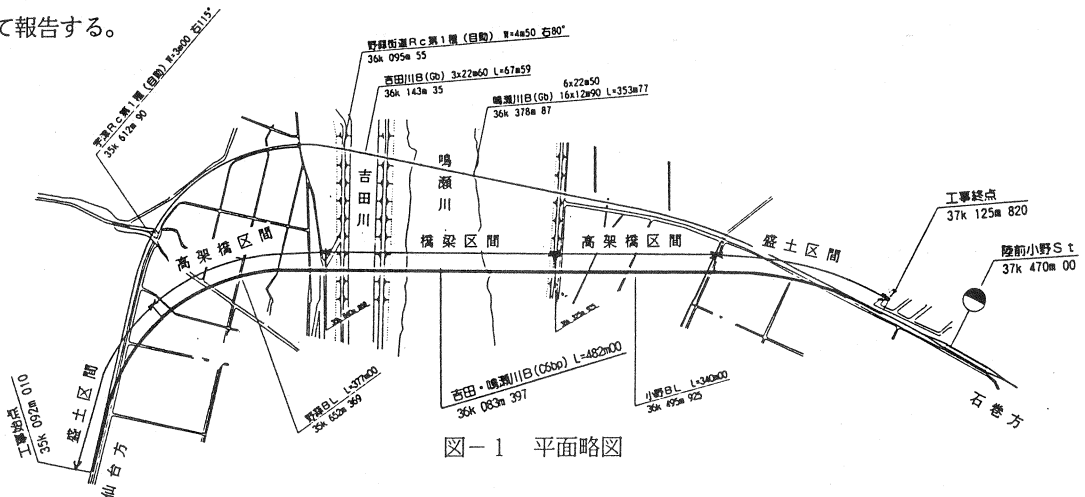


図-1 平面略図

1. 構造計画

1-1. 構造形式の選定

橋梁形式の選定は、下記に示す条件とともに、経済性、施工性、景観性を考慮し比較検討を行った。

- ①周辺道路の交差条件から決定されるレール高と河川の計画高水位より、桁高(スラブ天端から桁下端までの高さ)を2.18m以下とする。
- ②スパンは、河川の基準径間長(吉田川28.0m、鳴瀬川39.5m)以上とし、河積阻害率を5%以下とする

(1) 上部工形式

上部工形式は、下記の4案について比較した。

- ①PC下路桁(押し出し工法)案
- ②PC単純I桁(エレクションガーダ架設)案
- ③下路鋼板桁(クレーン架設)案
- ④PRCフィンバック桁(張出し工法)案

検討の結果、経済性に最も優れており、周辺の山並みと調和した景観が期待できる6径間連続PRCフィンバック桁案を採用することとした。

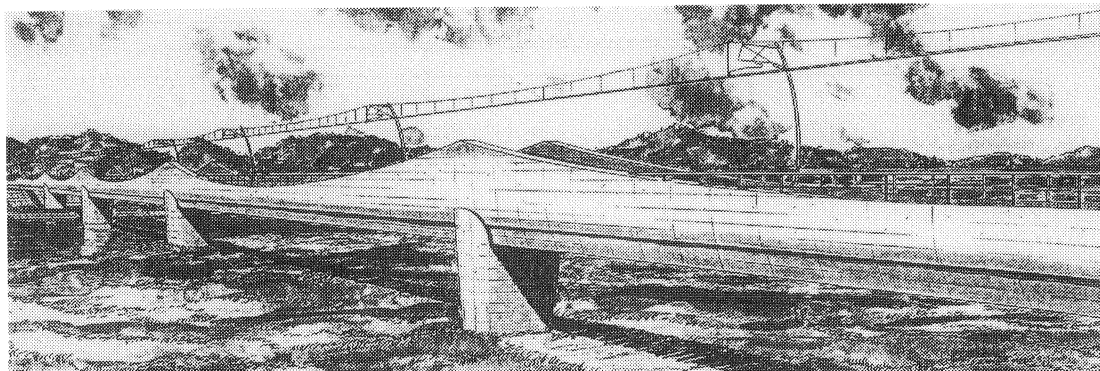


図-3 デザインイメージ

2. 設計概要

本橋梁は、桁高制約を受けるが下路桁形式にする程ではなかったために箱形桁を採用している。本橋梁の特徴は、支点部での箱形桁の桁高不足を補うために高欄部を構造部材として取り込んでいることであり、これによりPCケーブルの偏心量を大きくすることができ、桁高を小さくすることが可能となった。設計は主方向をP R C (Prestressed Reinforced Concrete)構造、横方向をR C構造とし限界状態設計法により行った。なお、桁の架設工法は、工期が短く、経済性に優れている移動架設桁を用いた張出し工法(P & Z工法)を採用することとした。

2-1. 主桁の設計

表-1に主な設計条件を示す。設計は限界状態設計法¹⁾により行い、構造解析は橋脚下端を固定とした平面骨組モデルによる。施工ステップは図-5に示すように、施工段階毎の構造系に応じて変化する架設荷重および支承条件を考慮し26ステージとした。設計計算においては、コンクリートのクリープ・乾燥収縮の影響、プレストレス力の影響および不等沈下による影響とともに構造系の変化による不静定力を考慮した。不等沈下による検討は、橋脚位置で5cm沈下するものと仮定し各橋脚位置において強制変位として順次与え、断面力は弾性的に計算した値の1/2とした。表-2にコンクリートの制限値を示す。

図-4に支点部および径間部の主桁断面の鋼材配置を示す。PC鋼材は12T15.2(SWPR7B)を使用し、支点部への配置本数は最大40本となった。

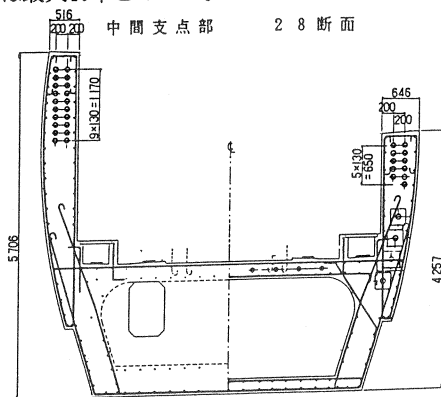


図-4 主桁断面

表-1 設計条件

橋長	488.92m
スパン割	75.8+4×85.0+71.3m
設計荷重	M-18(単線)
軌道線形	R=∞
軌道形式	ニューバラスト軌道
コンクリート	400kgf/cm ²
支承種別	ゴムシュー、滑りゴムシュー
ストッパー	ダンパー式ストッパー
PC鋼材	12T15.2(SWPR7B)
鉄筋	SD345

表-2 コンクリートの制限値

曲げ圧縮応力度	施工時	$f'_{cd} / 1.7$
	永久荷重作用時	$0.4 \cdot f'_{cd}$
曲げ引張応力度	施工時	$K_b \cdot (0.9f'_{ck})^{1/3}$
	永久荷重作用時	$K_t \cdot (0.5f'_{ck})^{1/3}$
耐久性に対するひび割れ幅		0.004 c
景観性に対するひび割れ幅		0.3 mm

f'_{cd} :設計圧縮強度, f'_{ck} :設計基準強度, c:鉄筋のかぶり
 $K_b=0.5/(h/2)^{1/3}$ ただし, $0.5 \leq K_b \leq 1.0$ ここに, h:断面高さ
 $K_t=0.6/(h/2)^{1/3}$ ただし, $0.4 \leq K_t \leq 1.0$ ここに, h:断面高さ

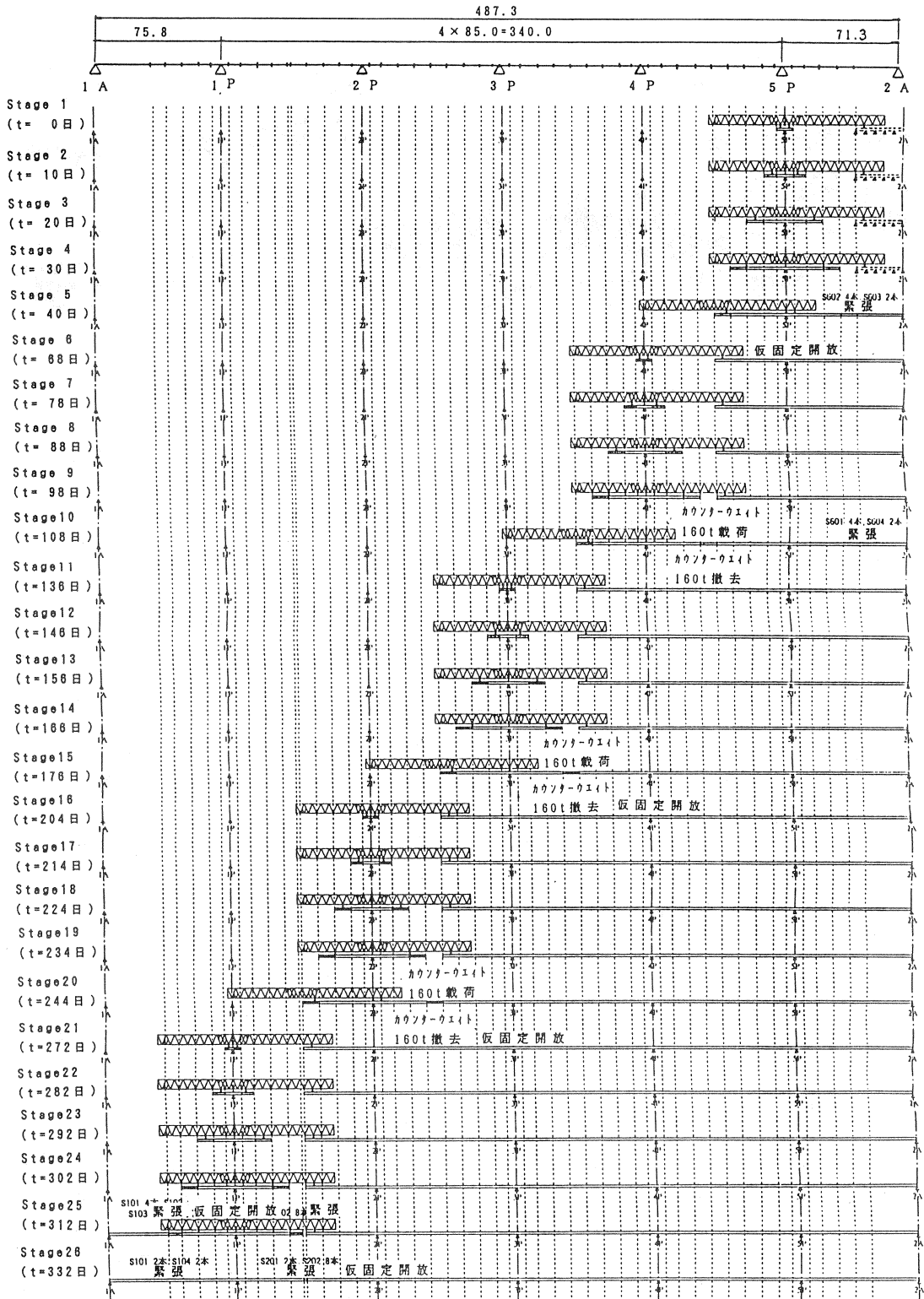


図-5 施工ステップ

2-3. 計算結果

表-3に安全度総括表を示す。

表-3 安全度総括表

		単位	横 断 面									
			8	23	36	48	60	72	84	96	108	
形状	断面	b (Dx)	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066	
		H	2,780	5,680	2,780	5,068	2,780	5,680	2,780	5,680	2,780	
	鉄 筋	種 類	種・ピッチ	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			上 縦	種・ピッチ	16R250	16R250	16R250	16R250	16R250	16R250	16R250	16R250
		本 数	本 数	14	14	14	14	14	14	14	14	14
			鉄 筋 量	ca ³	27.804	27.804	27.804	27.804	27.804	27.804	27.804	27.804
		下 縦	種・ピッチ	16R250	16R250	16R250	16R250	16R250	16R250	16R250	16R250	16R250
			本 数	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	鉄 筋 量	ca ³	79.440	79.440	79.440	79.440	79.440	79.440	79.440	79.440	79.440	
	PC鋼材	種 類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
本 数		20	36	10	40	8	8	40	6	—		
PC鋼材量	ca ³	332.880	599.184	166.440	665.760	133.152	665.760	133.152	665.760	99.864		
許 容	設計曲げモーメント M _d	tf・m	8459	-24117	1687	-22849	2409	-22804	2466	-22705	1639	
	設計曲げ耐力 M _{ud}	tf・m	10162	-37805	2153	-39220	4031	-39718	4031	-39715	2012	
	γi・M _d /M _{ud}	—	1.00	0.77	0.94	0.69	0.72	0.69	0.73	0.69	0.98	
	コンクリートの耐力	プレストレス導入直後 (無張力時)	上 縦	kgf/cm ²	112/-25	14/-25	33/-25	-8/-25	-23/-25	-8/-25	-23/-25	-8/-25
			下 縦	kgf/cm ²	-6/-25	1/-25	30/-25	111/-25	50/-25	111/-25	62/-25	111/-25
		永久荷重作用時	上 縦	kgf/cm ²	109/-11	5/-11	24/-11	24/-11	-5/-11	23/-11	-5/-11	25/-11
	下 縦	kgf/cm ²	-6/-11	73/-11	16/-11	62/-11	29/-11	62/-11	27/-11	62/-11	17/-11	
	PC鋼材の耐力	プレストレス直後	kgf/cm ²	11000/13300	10281/13300	10629/13300	10155/13300	10797/13300	10155/13300	10797/13300	10155/13300	10629/13300
			実験荷重作用時	kgf/cm ²	11094/13300	9171/13300	11764/13300	8847/13300	10528/13300	8848/13300	10631/13300	8820/13300
		繰越	kgf/cm ²	1439/3500	-737/3500	2360/3500	-635/3500	874/3500	-651/3500	995/3500	-649/3500	2893/3500
ひびわれの検計	耐久性	ひびわれ幅 W ₁	mm	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		ひびわれ幅の制限値 W _{1l}	mm	0.224	0.248	0.224	0.248	0.224	0.224	0.248	0.248	
	外 観	ひびわれ幅 W ₂	mm	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.001	
		ひびわれ幅の制限値 W _{2l}	mm	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	
	片断荷重によるたわみ量	mm	59/108	0/108	64/121	0/121	61/121	0/121	61/121	0/121	61/121	
線 形	PC鋼材	設計実効応力度 σ _{rd}	kgf/cm ²	935	245	1647	200	703	198	793	198	
		設計実効耐力 f _{rd}	kgf/cm ²	1594	1800	1697	1846	1689	1846	1689	1851	
	鉄 筋	γi・σ _{rd} /(f _{rd} /γ _d)	—	0.59	0.14	0.97	0.11	0.42	0.11	0.47	0.11	
		設計実効応力度 σ _{rd}	kgf/cm ²	1020	325	2036	275	767	273	866	273	
		設計実効耐力 f _{rd}	kgf/cm ²	2968	2968	2968	2968	2968	2968	2968	2968	
γi・σ _{rd} /(f _{rd} /γ _d)	—	0.34	0.11	0.69	0.09	0.26	0.09	0.29	0.09	0.85		

		単位	横 断 面									
			3	21	46	50	70	74	94	98	118	
形状	断面	b (Dx)	1,452	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066	
		H	2,780	5,305	5,305	5,305	5,305	5,305	5,305	5,305	5,305	
	鉄 筋	種 類	種・ピッチ	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			上 縦	種・ピッチ	022R125 2R	019R125 2R	019R125 2R	019R125 2R	019R125 2R	019R125 2R	019R125 2R	019R125 2R
		本 数	本 数	185.808	91.680	91.680	91.680	91.680	91.680	91.680	91.680	91.680
			鉄 筋 量	ca ³	185.808	91.680	91.680	91.680	91.680	91.680	91.680	91.680
		下 縦	種・ピッチ	022R250 2R	019R125 2R	019R125 2R	019R125 2R	019R125 2R	019R125 2R	019R125 2R	019R125 2R	019R125 2R
			本 数	185.808	91.680	91.680	91.680	91.680	91.680	91.680	91.680	91.680
	鉄 筋 量	ca ³	185.808	91.680	91.680	91.680	91.680	91.680	91.680	91.680		
	許 容	設計せん断力 V _{cd}	tf	655	-1253	1123	1113	-1079	1110	-1081	1092	-1100
コンクリートのせん断耐力 V _{cd}		tf	156.2	96.5	96.2	101.4	101.4	101.4	101.4	101.4	97.2	
γt・V _d /V _{cd} <1, 0を満足する鉄筋量 A _{s2}		ca ²	81.264	52.830	41.243	40.718	37.411	40.729	37.943	39.385	39.66	
設計斜め圧縮破壊耐力 V _{ucd}		tf	1768	2536	2536	-2537	2536	2536	2536	2536	2536	
γi・V _d /V _{ucd}		—	0.44	0.59	0.53	0.53	0.51	0.53	0.51	0.52	0.52	
使用	斜め引張応力の検計	設計せん断力 V _d	tf	401.9	-631.3	633.4	630.4	-630.5	630.4	-630.5	630.4	-630.5
			斜め引張応力度 σ ₁	kgf/cm ²	-8/-22	-5/-22	-5/-22	-6/-22	-6/-22	-6/-22	-6/-22	-6/-22
	実験荷重作用時	設計せん断力 V _d	tf	501.7	-1247	1142	1108	-1101	1108	-1102	1092	-1116
			斜め引張応力度 σ ₁	kgf/cm ²	-16/-21	-2/-21	-2/-21	-1/-21	-1/-21	-1/-21	-1/-21	-1/-21
	せん断ひびわれの検計	永久荷重による設計せん断力 V _{pd}	tf	447.8	-915.4	807.2	800.2	-794.2	795.9	-767.1	780.7	-812.2
			実験荷重による設計せん断力 V _{rd}	tf	590.7	-905.9	1013.7	1005.9	-1000.0	1001.7	-734.0	986.6
		コンクリートのせん断耐力 V _{cd}	tf	221.7	143.8	143.2	143.8	143.8	143.8	143.8	143.8	141.3
			永久荷重時の斜め引張力の制限値を満足する鉄筋量 A _{s2}	ca ²	143.905	35.680	19.487	13.918	14.194	13.778	12.830	15.701
	スライプの設置	視方向の計算 A _{s1}	ca ²	63.552	63.552	63.552	63.552	63.552	63.552	63.552	63.552	63.552
			A _s =max(A _{s2} , A _{s3})+1/2・A _{s1}	ca ²	175.681	84.606	73.034	72.494	69.187	72.524	69.719	71.161
鉄 筋		せん断耐力 V _{pd}	tf	1246	1258	1258	1258	1258	1258	1258	1258	
		γi・V _d /V _{pd}	—	0.50	0.61	0.49	0.49	0.45	0.46	0.46	0.47	
片断荷重時のスタースラップの応力度 σ _{ppd}		kgf/cm ²	775	389	213	152	155	150	140	171	195	
線 形	永久荷重による設計せん断力 V _{pd}	tf	458.8	1034.5	935.2	902.2	895.1	901.8	896.7	885.7	911.2	
		実験荷重による設計せん断力 V _{rd}	tf	142.9	212.5	206.5	205.7	205.9	205.8	205.5	205.9	
	設計実効応力度 σ _{rd}	kgf/cm ²	241	603	578	567	566	567	565.4	566	570	
		設計実効耐力 f _{rd}	kgf/cm ²	1803	172	924	977	988	978	985.5	1002	961
γi・σ _{rd} /f _{rd}	—	0.13	0.78	0.63	0.58	0.57	0.58	0.57	0.56	0.59		

