

東九州自動車道 豊後津久見橋の設計・施工

オリエンタル建設㈱

正会員 ○吉村 徹

西日本高速道路㈱ 九州支社 大分工務事務所

田中 勝明

オリエンタル建設㈱・㈱安部日鋼工業JV

正会員 藤木 慶博

オリエンタル建設㈱・㈱安部日鋼工業JV

正会員 石田 真知

1. はじめに

豊後津久見橋は、東九州自動車道の津久見IC～佐伯IC結ぶ13kmの高速道路のうち、津久見ICの
大分県津久見市大字下青江に位置する6径間連続の波形鋼板ウェブPC箱桁橋であり、J R日豊本線をはじ
め高圧線、河川、国道、企業のベルトコンベア等交差物件が多数あるため、工事実施にあたっては第三者に
対する安全対策が特に必要となる工事である。本橋では、起点側に津久見ICが設置される関係より、橋梁
内で幅員が大きく変化する。この幅員拡幅に対して下床版幅を一定とし、張出し床版幅を変化させて対応し
たため、全線を通して1室箱断面で設計を行っている。本稿では、この拡幅部に対する構造検討とともに、
設計および施工の概要について報告する。

2. 橋梁概要

2. 1 橋梁諸元

橋梁概要を以下に、標準断面図を
図-1に示す。

道路規格：第1種 第2級 (B規格)

構造形式：PC 6径間連続波形鋼板
ウェブ箱桁橋

活荷重：B活荷重

平面線形：R=4600m～R=3000m～A=1000～R=1900m

縦断線形：i=1.099%～2.500%

横断線形：2.500%～3.000% (片勾配)

有効幅員：15.674m～10.020m (ランプ拡幅)

2. 2 交差条件

本工事は図-2に示すように、橋梁の上下に交差物件がある。津久見市は石灰石の産地となっており、鉾
山から採掘した石灰岩を工場へ運搬するベルトコンベアが上空 (橋梁直下) を走っているのが特徴である。

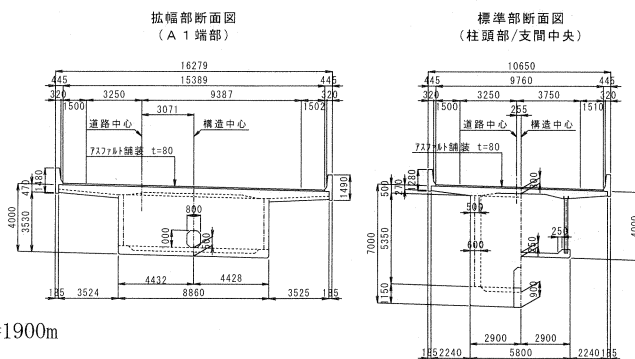


図-1 断面図

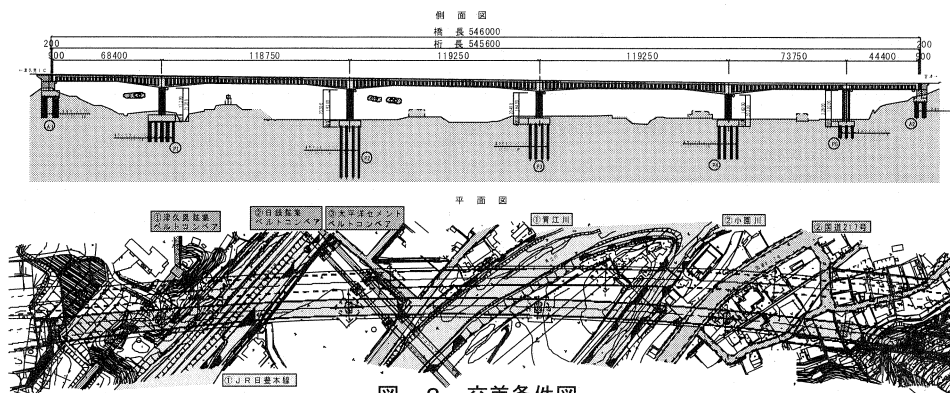


図-2 交差条件図

3. 設計について

3. 1 A1-P1 拡幅部主桁断面の検討

本橋は、P1-P2 径間の中間部から A1 側にかけて幅員が大きく拡幅する。当初設計では主桁張出し床版が標準部と拡幅部で同じ幅で設計されていた。そのため、拡幅にともなって下床版幅が広がる A1-P1 径間は 2 室箱桁断面で設計されていた。そこで、死荷重の軽減と施工性の向上を目的として、1 室箱桁断面（ボックスラーメン構造）で床版厚さ、床版横締め PC 鋼材ピッチおよび波形鋼板の計算を行ない、2 室断面での結果と経済比較を行なった。A1-P1 部を 1 室断面とする場合、拡幅開始点から P1 部までは床版幅一定とし、P1 部からは下床版幅を一定のもと張出し床版幅を変化させて幅員変化に対応する。図-3 に拡幅部構造比較図、表-1 に検討条件を示す。

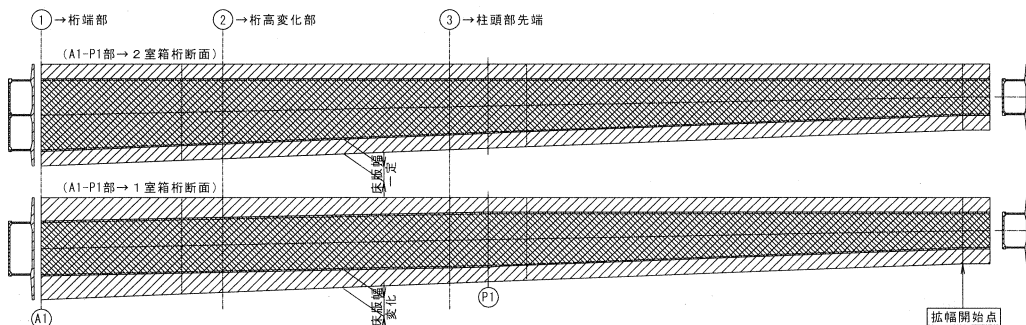


図-3 A1-P1 径間比較構造図

表-1 検討条件 (A1-P1)

断面形式	2 室箱桁	1 室箱桁
上床版厚	$t_u=300\text{mm}$	$t_u=320\text{mm}$
横締めPC鋼材	1S21.8 ctc 500	1S28.6 ctc 500
波高	$d=220\text{mm}$	$d=220\text{mm}, 330\text{mm}$
ラングプレート	SM400	SM490Y

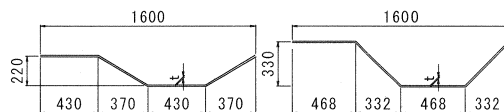


図-4 波板形状 (波高 220mm, 330mm)

表-2 1 室箱桁断面における接合部の応力度検討結果

				単位	検討断面					
					d=220mm			d=330mm		
					①	②	③	①	②	③
応力度照査 上床版	設計荷重作用時 ($\tau_a \leq 120$)	水平せん断力による溶接部のせん断応力度	τ_1	N/mm^2	39.8	33.4	59.4	39.2	30.7	58.5
		首振りモーメントによる溶接部のせん断応力度	τ_2	N/mm^2	95.0	84.5	85.0	76.3	71.3	65.0
		合成応力度の照査			0.74	0.57	0.75	0.51	0.42	0.53
	終局荷重作用時 ($\tau_y \leq 205$)	判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK
		水平せん断力による溶接部のせん断応力度	τ_1	N/mm^2	72.6	71.0	105.6	71.5	65.2	104.0
		首振りモーメントによる溶接部のせん断応力度	τ_2	N/mm^2	215.3	215.6	203.8	168.9	176.5	156.1
応力度照査 下床版	設計荷重作用時 ($\tau_a \leq 120$)	合成応力度の照査			1.23	1.23	1.25	0.80	0.84	0.84
		判定			NG	NG	NG	OK	OK	OK
		水平せん断力による溶接部のせん断応力度	τ_1	N/mm^2	43.2	33.5	66.0	42.5	30.8	65.0
	終局荷重作用時 ($\tau_y \leq 205$)	首振りモーメントによる溶接部のせん断応力度	τ_2	N/mm^2	30.8	37.7	44.7	21.0	24.3	30.9
		合成応力度の照査			0.20	0.18	0.44	0.16	0.11	0.36
		判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK
応力度照査 下床版	設計荷重作用時 ($\tau_a \leq 120$)	水平せん断力による溶接部のせん断応力度	τ_1	N/mm^2	78.7	71.3	117.4	77.5	65.5	115.6
		首振りモーメントによる溶接部のせん断応力度	τ_2	N/mm^2	69.2	64.0	101.9	41.4	41.3	67.6
		合成応力度の照査			0.26	0.22	0.58	0.18	0.14	0.43
	終局荷重作用時 ($\tau_y \leq 205$)	判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK
		水平せん断力による溶接部のせん断応力度	τ_1	N/mm^2	78.7	71.3	117.4	77.5	65.5	115.6
		首振りモーメントによる溶接部のせん断応力度	τ_2	N/mm^2	69.2	64.0	101.9	41.4	41.3	67.6

検討断面は、A1-P1 径間で 3 断面を抽出した (図-3 ①, ②, ③断面参照)。2 室から 1 室断面になるため、波形鋼板と床版の接合部に発生する首振りモーメントが増加し、標準波高である 220mm では接合部の設計で許容値を満足しなかった。そこで、既往の設計実績¹⁾を考慮し、波高を 330mm として検討を行なった。

図-4に波高220mmおよび330mmの鋼板形状を示し、表-2に1室断面における接合部の検討結果を示す。

以上のように、床版厚さ、鋼材および波形鋼板の各部材を決定し、A1-P1 径間に着目した場合で、①コンクリート②型枠③鉄筋④PC鋼材⑤波形鋼板の5項目を2室断面と1室断面で経済比較した。その結果、1室断面の方が経済的となったため、本橋ではA1-P1 径間に1室箱桁断面を採用することとした。

3.2 主方向の設計

主桁の設計は、平面骨組モデルを用い、外ケーブルを部材評価して行った。外ケーブルは、定着部およびディビエータ部において、仮想部材により主桁と結合されているものとした。ディビエータ部は両端固定部材として軸方向剛性を無限大、曲げ剛性を微小値として解析を行った。断面力は、平面骨組解析によってクリープ解析を含む施工段階毎に算出し、ねじりモーメントについては任意格子解析より算出した。本橋では主方向はPC構造、横方向(床版)はPRC構造として設計を行っている。

3.3 波形鋼板の設計

前述したように、本橋A1-P1 径間では、拡幅変化に1室箱桁断面で対応できるように、波形鋼板ウェブの波高を330mmとして横方向の剛性を向上させたタイプの鋼板を採用している。

波形鋼板ウェブ橋の場合、主桁に作用するせん断力に対しては、波形鋼板だけではなくコンクリート床版も一部分担するが、一般的には波形鋼板のみでせん断力を受け持つとして設計を行なっている。本橋においても、波形鋼板が全てのせん断力を負担するとしてウェブ厚を決定した。この結果、作用せん断力およびねじりモーメントによるせん断応力度を考慮した本橋のウェブ厚はA1-P1 径間(波高330mm)では10~17mm、その他の径間(波高220mm)では9~16mmとなった。

4. 施工について

4.1 柱頭部の温度測定

マスコンクリートとなる柱頭部の温度応力解析の妥当性を検証するため、P3柱頭部においてコンクリート打設時の温度測定を行った。測定はひび割れ発生が懸念される第2ロット打設時に行った(全3ロット施工)。計算温度履歴と実測温度履歴を図-5に示す。図-5より実測値は最高温度、温度履歴ともにほぼ計算値どおり値を示した。施工後の経過観測においても懸念されたひび割れについては発生していない。

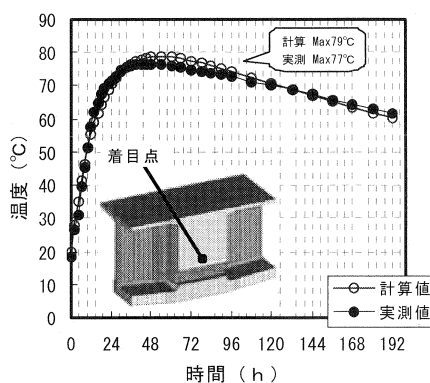


図-5 P3柱頭部における計算温度履歴と実測温度履歴の比較

4.2 グラウトの施工

1) グラウトの充填確認

本橋では、張出ケーブル(12S15.2mm)と外ケーブル(19S15.2mm)でグラウト施工を行っている。グラウトの充填確認は、西日本高速道路㈱発行の構造物施工管理要領に基づき、張出ケーブルについては内部センサーを用いた施工時の充填確認(その都度実施)と、硬化後の非破壊検査(未実施)を行う予定である。外ケーブルについては、シース内の充填が目視で確認できるシースを使用し充填確認を行っている。

2) グラウトタイプの選定

グラウト施工に先立ち、理論注入圧を計算しグラウトタイプ(粘性)の選定と注入方法の計画を行った。張出ケーブルは橋面上でのグラウト作業となり、ステップバイステップ方式(注入口のほかに中間注入口を設け、注入作業の段階に応じて順次注入口を移動していく方法)の採用が比較的容易なため、高粘性タイプ(混和剤:GF1720)とした。外ケーブルはケーブル長が長く、桁内での作業となりステップバイステップ方式の採用が容易でないと判断し、注入圧の小さい超低粘性タイプ(混和剤:ハイジェクターAD-1)とした。外ケーブルを片押しした場合の圧力損失計算結果を表-3に示し、各粘性タイプの標準配合を表-4に示す。

高粘性タイプの場合はほとんどのケーブルでステップバイステップ方式の採用が必要となった。また, 最大注入圧を OTP401 ケーブルで比較してみると高粘性型の場合 1.642Mpa に対し超低粘性型では 0.358Mpa となりその差は歴然である。なお, OTP401 ケーブルの施工実績は 0.2~0.3Mpa であった。

4. 3 上げ越し管理

波形鋼板ウェブ橋の上げ越し計算は, 波形鋼板ウェブ自体のせん断変形や構造軸線変化をいかに評価するかがその精度に影響してくる。本橋では片側最大張出長さが約 6 0m と比較的大きいため, 諸条件の差異による誤差が懸念されたが, 現在のところほぼ設計値どおりに推移している。

図-6 に, P 4 橋体の最大張出しブロックでの打設時のたわみと P3-P4 径間閉合時の外ケーブル緊張によるたわみの計算値と実測値の比較結果を示す。

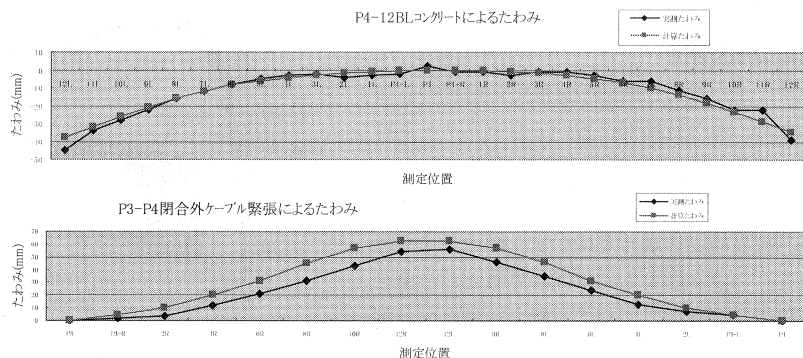


図-6 施工時の計算たわみと実測たわみの比較

5. おわりに

本橋は, 平成20年3月の竣工を目指して施工を進めている。本稿が同種橋梁の設計・施工の参考となれば幸いである。最後に, 本橋の設計・施工に関し, ご指導ご協力頂きました関係者各位に深く感謝の意を表します。



写真-1 全景 (平成19年5月)

参考文献

- 1) 西澤ほか：広幅員に対応した波形鋼板ウェブ箱桁橋の設計～第二東名 中一色川橋（下り線）～：第14回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp. 221-224, 2005. 11.

表-3 外ケーブルを片押しした場合の圧力損失計算結果

		各部材長						圧力損失				照査	
		高低差 (m)	排出 グラウト ホース φ19	シース φ100	注入 グラウト ホース φ19	ポンプ ホース φ25.4	排出 グラウト ホース φ19	シース φ100	注入 グラウト ホース φ19	高低差 注差	累計 (Mpa)	ポンプ ホース (Mpa)	累計 (Mpa)
高粘性	OTS601	2.18	1.500	46.700	1.500	30.000	0.099	0.163	0.099	0.041	0.403	0.690	1.093
	OTP501	3.12	1.500	120.500	1.500	30.000	0.099	0.422	0.099	0.059	0.879	0.690	1.369
	OTP401	3.42	1.500	197.000	1.500	30.000	0.099	0.690	0.099	0.065	1.062	0.690	1.642
	OTP301	3.44	1.500	242.470	1.500	30.000	0.099	0.849	0.099	0.065	1.113	0.690	1.802
		各部材長						圧力損失				照査	
		高低差 (m)	排出 グラウト ホース φ19	シース φ100	注入 グラウト ホース φ19	ポンプ ホース φ25.4	排出 グラウト ホース φ19	シース φ100	注入 グラウト ホース φ19	高低差 注差	累計 (Mpa)	ポンプ ホース (Mpa)	累計 (Mpa)
超低粘性	OTS601	2.18	1.500	46.700	1.500	30.000	0.023	0.023	0.023	0.041	0.110	0.150	0.260
	OTP501	3.12	1.500	120.500	1.500	30.000	0.023	0.060	0.023	0.059	0.165	0.150	0.315
	OTP401	3.42	1.500	197.000	1.500	30.000	0.023	0.099	0.023	0.065	0.208	0.150	0.358
	OTP301	3.44	1.500	242.470	1.500	30.000	0.023	0.121	0.023	0.065	0.232	0.150	0.382

表-4 グラウトの標準配合 (1m³ 当り)

	セメント kg	水 kg	混和剤 kg	W/C %	備考
高粘性型	1359	571	13.6	42.0	GF-1720
超低粘性型	1416	552	28.3	39.0	ハイシユクターAD1