

(83) 山形自動車道小網川橋(大型フォルパウワージェン)の施工

日本道路公団 鶴岡工事事務所

松下 雅彦

同 上

尾崎 尚

(株)富士ビー・エス

正会員 中嶋 秀幸

同 上

正会員 ○園木 哲夫

1. はじめに

小網川橋は、東北自動車道酒田線に張り出し架設工法により建設されている橋長627mの7径間連続P-Cラーメン箱桁橋である。本橋の張り出し架設では、工期短縮を目的に大型フォルパウワージェン(施工能力350tm:最大施工長5.0m)を用いて施工している。主桁コンクリートは、コンクリートポンプ車で地上より橋面上まで垂直圧送し、橋面上を定置式ポンプで水平圧送している。また、本橋の架橋地点は深い谷地形に位置し、橋脚高は最大で75mと高いことから、時間経過に伴うスランプ低下を小さくし、かつ圧送管内の圧力損失を低減し安定した圧送が出来るように、高性能減水剤を生コンプラントで添加してコンクリートを流動化している。なお、本橋の橋脚は、鋼管コンクリート複合構造であるハイブリッド形式により施工されている。本稿では、前記項目を中心に報告するものである。

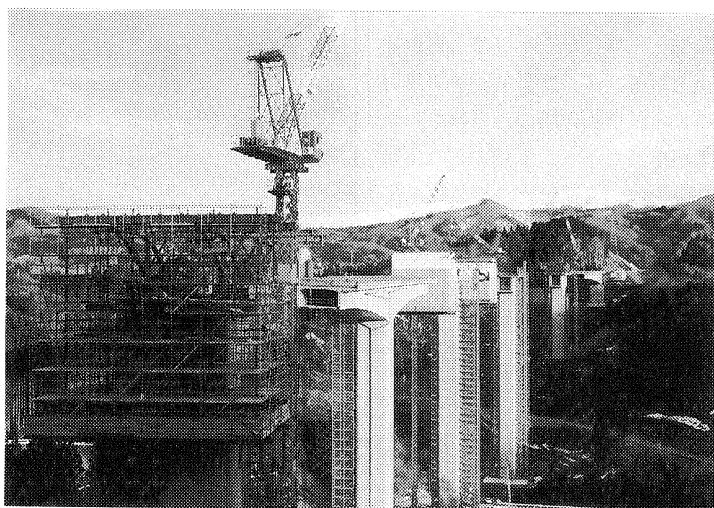


写真-1 施工状況

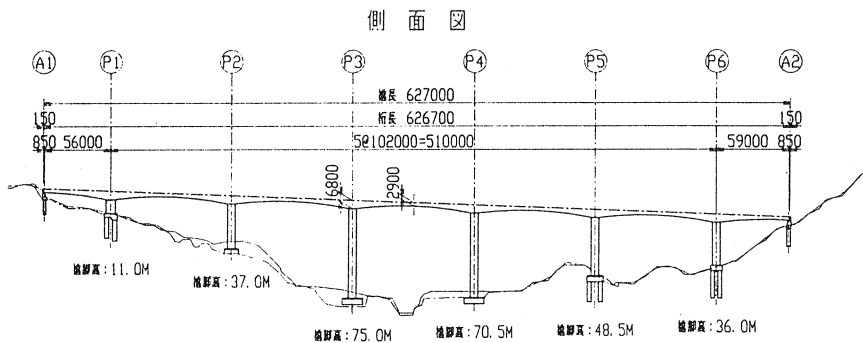


図-1 全体一般図

2. 工事概要

本橋の全体一般図を図-1に示す。工事概要を以下に示す。

事業主体：日本道路公団仙台建設局

工事名：山形自動車道 小網川橋（PC上部工）工事

表-1 主要材料

工事場所：山形県東田川郡朝日村大字大網地内

構造形式：PC7径間連続ラーメン箱桁橋

設計規格：第1種3級B（暫定2車線）

橋長：627.0m

支間：56.0+5@102.0+59.0m

有効幅員：10.0m

架設工法：大型（350TM）ワーゲンをを用いた張り出し架設工法

工期：平成9年3月4日～平成12年2月16日

コンクリート	$\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$	7,645.7m ³
型枠		23,090.5m ²
鉄筋	SD345	794.8tf
PC鋼材	縦締	12S12.7B
	横締	1S21.8(フレグラウト鋼材)
		285.8tf
		41.8tf

3. 大型フォルバワーゲンをを用いた張り出し架設の問題点

フォルバワーゲン施工の問題点として、メインジャッキ下反力による斜引張方向のひびわれの発生が指摘される。本橋の張り出し架設では、工期短縮を目的に大型フォルバワーゲンをを用いることで、ワーゲン重量及びブロック延長によるコンクリート重量の増加によりコンクリート打設時のメインジャッキ下ウェブ付近の斜引張応力度が増加することが予測できることから、ウェブ付近の上床版にケーブルを配置した。そこで、上床版配置のプレストレスが有効であるかの確認を行うためにFEM解析を行った。以下に、FEM解析結果を示す。

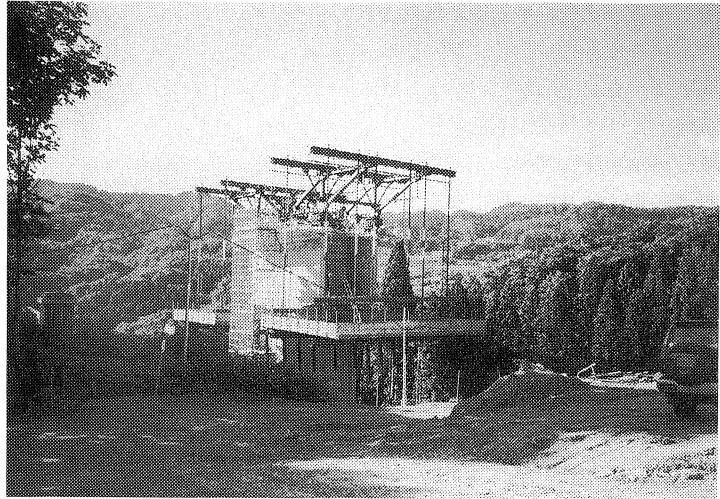


写真-2 大型フォルバワーゲン

M解析を行った。以下に、FEM解析結果を示す。

3-1 荷重の算出

①大型フォルバワーゲン重量

- ・ワーゲン本体重量 83.0tf
- ・型枠重量 12.5tf
- ・足場重量（作業台敷板含む）26.2tf
- ・合計 121.7tf

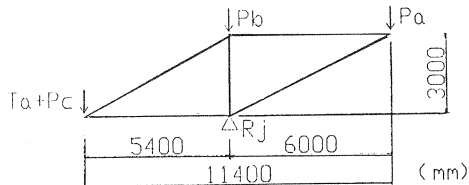


図-2 ワーゲントラス骨組図

表-2 ワーゲントラスに作用する荷重

②主桁コンクリート打設時に作用する荷重

図-2、表-2に示す数値によりメインジャッキ荷重・アンカー鋼棒引抜荷重を計算すると以下の様になる。

T_a （アンカー鋼棒引抜荷重）= 58.96tf

R_j （メインジャッキ荷重）= 141.47tf

	P_c		P_b		P_a	
トラス自重	W1/4	1.4	W1/2	2.8	W1/4	1.4
屋根自重			W2-1	1.48	W2-2	1.78
上部前方横梁					Raa	52.25
上部後方横梁			Rba	15.61		0.21
前面斜材・ステー			W3-1	1.2	W3-2	
駆動装置	W5	0.59	W4	2.3		
後方車輪自重						
メインジャッキ自重			W6	0.62		
アンカージャッキ自重	W7	0.87				
合計		2.86		24.01		55.64

③プレストレスによる荷重

本橋では、縦締めケーブルに12S12・7Bを配置している。有効緊張応力は、設計計算書より107.558kgf/mm²であり、有効緊張力は以下の通りである。

$$P = A_p \times \sigma_p \div 1000 = 127.405 \text{ tf}$$

3-2 検討断面

ウェブに配置された巻き下げのカンチレバーケーブルの配置がなく、プレストレスによる鉛直分力が見込めない図-3の断面について検討する。

3-3 FEM解析条件

- ・コンクリート強度 $\sigma_{ck}' = 40 \text{ N/mm}^2$
- ・ヤング係数 $E_c = 3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$
- ・ポアソン比 $= 1/6$
- ・荷重
 メンジャッキ : $W_1 = 141.470 \text{ tf}$
 プレストレス : $W_2 = 127.405 \text{ tf}$
- ・解析CASE
 CASE-1 : プレストレスを考慮しない場合
 CASE-2 : プレストレスを考慮する場合

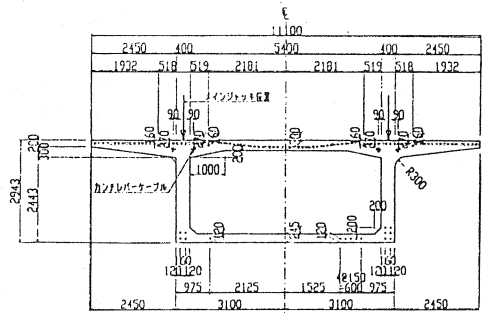


図-3 FEM検討断面

3-4 解析結果

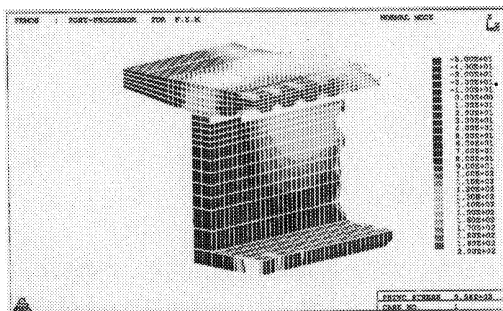
図-4に示すFEM解析結果よりウェブ付近に生じる最大主応力(斜引張応力度)は、表-3の様になる。

表-3 FEM解析結果

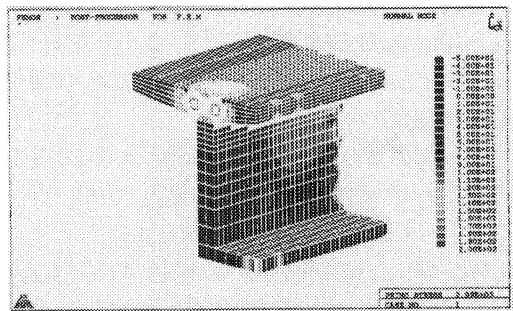
	斜引張応力度
CASE-1	-1.5 ~ -1.7 N/mm ²
CASE-2	-1.1 ~ -1.3 N/mm ²

以上の結果から、プレストレスを考慮した際に軸力方向に配置されたプレストレスが斜引張応力度を緩和していることが解る。

また、現場施工中の観察結果においても、ひびわれの発生は認められなかった。



・CASE-1



・CASE-2

図-4 FEM解析結果

4. 高橋脚におけるコンクリート打設

本橋における、コンクリートの打設方法及びコンクリートの性能を以下に示す。

4-1 コンクリート

本橋では、安定した圧送が出来る様に、高性能AE減水剤を生コンプラントで添加してコンクリートを流動化している。配合は、設計基準強度40N/mm²、スランプ値12±2.5cm、空気量4.5±1.5%である。示方配合を表-4に示す。

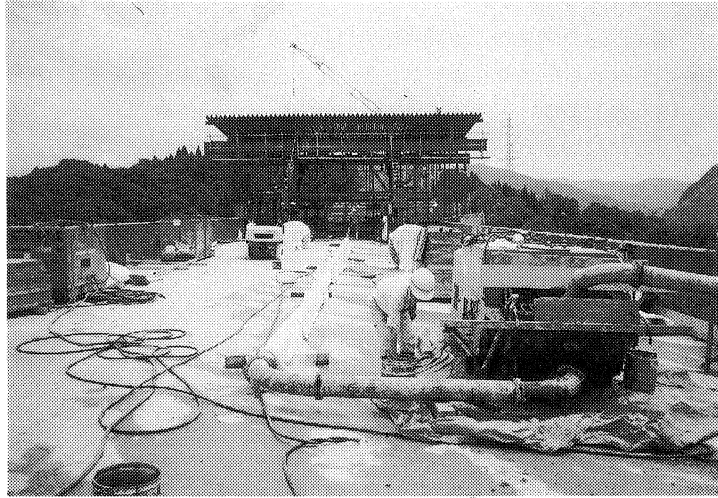


写真-3 コンクリート打設状況(定置式)

表-4 示方配合

水セメント比	細骨材率	単位量(kgf/m ³)				
		水	セメント	細骨材	粗骨材	高性能AE減水材
(%)	(%)	W	C	S	G	
35.0	33.2	158	452	556	1142	4.52

4-2 打設方法

橋脚下にコンクリートポンプ車(吐出量:10~74m³/h, コンクリートピストン全面最大圧力7.04MPa)を配置して、橋面上まで昇降設備に固定した150A配管で垂直圧送し橋面上を写真-1に示す定置式ポンプで水平圧送し打設している。なお、垂直圧送距離は最長82.0m、水平圧送距離は、51.0mである。以下に、コンクリートポンプの選定について記す。

表-5 ポンプ配管の水平換算(150A配管)

		水平換算長	
垂直管	82.0m	5.0m/m	410m
ベンド管	4本	6.0m/本	24m
水平管			20m
		ΣL = 454m	

・最大圧送負荷の算定及び実績

表-5の結果より、最大圧送負荷は次式により求める。

$$P_{max} = (\text{水平管} 1.0\text{m 当たりの管内圧力損失}) \times (\text{水平換算距離})$$

$$= 0.0147 \times 454 = 6.68 \text{ MPa}$$

よって、最大圧送負荷が6.68MPa以上の能力を有するコンクリートポンプを選定する。本橋における使用コンクリートポンプの能力は、最大で7.04MPaである。なお、水平管1.0m当たりの管内損失は、普通コンクリート(粗骨材の最大寸法が20~25mmの場合)の標準値0.00735(吐出量:20m³/h)を早強コンクリートの粘性を考慮し2倍の割り増しを行い0.0147と定めた。表-6に示す様にコンクリート打設時のコンクリートポンプの吐出圧力の平均が4.72MPaとなることから、実際の損失は、次式により算出する。

$$(\text{実施工の水平管} 1.0\text{m 当たりの損失}) = 4.72 \text{ MPa} \div 454 \text{ m} = 0.0104$$

以上の結果より、実施工においての管内の損失は、普通コンクリートの標準値より1.41の割り増しとなっている。このことから、同条件のコンクリート打設では、12.6mまでの垂直圧送が可能であると推察出来る。

4-3 コンクリート圧送によるコンクリートの性能変化

表-6には、コンクリートの荷下ろし箇所及び、定置式ポンプ中継箇所でのスランプ・空気量・コンクリート温度・コンクリートポンプの吐出圧力の測定結果を示す。スランプは、2.0cm低下し、空気量は、0.5%増加した。また、コンクリートの骨材分離は、観察されなかった。

表-6 コンクリートポンプ圧送によるコンクリートの性能変化

打設箇所	気温(°C)	ミキサ車	生コンクリート試験値									コンクリートポンプ圧力(MPa)	
			スランプ(cm)			空気量(%)			コンクリート温度(°C)			油圧圧力	理論吐出圧力
			荷下し箇所	横面	差	荷下し箇所	横面	差	荷下し箇所	横面	差		
P3・9BL	25	1	13.0	11.5	-1.5	4.8	5.1	0.3	21.0	23.0	2.0	20.6	4.68
		2	13.5	11.0	-2.5	4.7	5.2	0.5	21.0	23.0	2.0	20.1	4.57
		3	13.0	11.0	-2.0	4.3	5.0	0.7	22.0	24.0	2.0	21.1	4.80
		4	13.5	11.5	-2.0	4.5	5.1	0.6	21.0	23.0	2.0	20.6	4.68
		5	13.5	11.0	-2.5	4.4	5.0	0.6	22.0	24.0	2.0	20.6	4.68
P3・11BL	28	1	13.0	11.0	-2.0	4.6	5.0	0.4	22.0	25.0	3.0	20.6	4.68
		2	13.0	11.5	-1.5	4.5	5.1	0.6	21.0	24.0	3.0	21.1	4.80
		3	12.0	10.5	-1.5	4.7	5.2	0.5	22.0	24.0	2.0	20.6	4.68
		4	13.0	11.0	-2.0	4.6	5.1	0.5	21.0	25.0	4.0	21.1	4.80
		5	12.5	10.0	-2.5	4.3	5.0	0.7	22.0	24.0	2.0	21.1	4.80
			合計		-20.0	合計		5.4	合計		24.0	合計	47.17
			平均		-2.0	平均		0.5	平均		2.4	平均	4.72

5. 鋼管コンクリート複合構造形式橋脚における柱頭部の施工

本橋は、橋脚の構造形式が図-5に示す様な鋼管コンクリート複合構造であるハイブリッド形式により施工されている。また、橋脚高が最大で7.5mと高いことからブラケット支保工を採用した。ブラケットの橋脚との固定は、写真-4に示す様にPC鋼棒(φ32)とアンカープレートを用いた。PC鋼材の埋込長は350mmである。なお、コンクリートの円錐形破断については、引き抜きせん断にて、検討を行った。

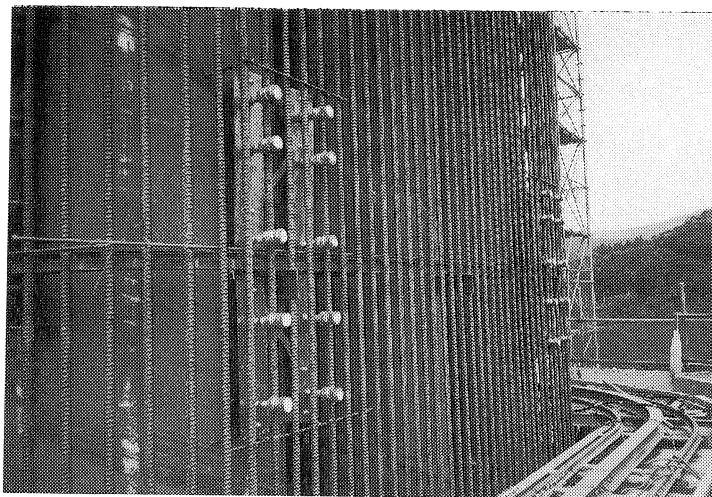


写真-4 柱頭部ブラケットPC鋼棒配置

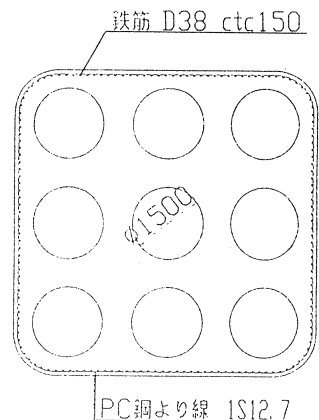


図-5 橋脚断面図

6. おわりに

本橋は、平成11年7月現在、橋体工の施工を完了し橋面工の施工中である。近年、施工機械の大型化・橋梁の高築化が進むなか、本橋の施工実績及び本報告が参考となれば幸いである。最後に、本橋の施工にあたり多大なる御指導・御協力をいただいた関係者各位に対し、深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書（設計編、施工編），1996