

V-31

PRC2 室中路桁の設計・施工

JR 東日本 東北工事事務所

○正会員

坂本 渉

JR 東日本 東北工事事務所

鈴木 慎一

1. はじめに

東北本線長町駅付近では、鉄道高架化が計画されている。新高架橋の長町駅は、都市計画道路（長町折立線）と交差し、桁下空頭の制限から、2室の函型断面を有する PRC 中路桁形式の橋梁とした。本稿では、この設計・施工について報告する。

2. 設計

(1) 構造形式の選定

本橋梁は、交差道路幅員により、橋長を 55m とした。高架橋全体を低くすることは、経済的に有利となることから、線路縦断のコントロールポイントである交差道路の桁高（RL～桁下端）を極力低くする構造形式を選定する。一般に桁高を低くする形式として、PC 下路桁が選定されるが、旅客ホームを含めると、18m 程度の幅員となり、下床版厚及びウェブが大きくなる。また新幹線に近接していることから、フランジの施工が難しい。そのため、本橋梁では、箱桁と下路桁の中間的な構造の PRC 中路桁を採用した。床版の幅が広いことから、2室の箱型断面とした。図-1 に断面図を示す。

(2) 設計条件

本橋梁の設計条件を表-1 に示す。本橋梁は、桁高を抑えたために、コンクリート強度が 60N/mm^2 と高いことが特徴となっている。

主ケーブルとして、PC 鋼より線 12S15.2 (SWPR 7BL) を 1 箱桁当りウェブに 20 本、下床版に 18 本用いてプレストレスの導入を行う（図-2）。スパンが長い単純桁であるため、下床版部のスパン中央部には、多く鋼材を配置している。なお、PC 鋼材は両引き緊張とした。

設計手法は、限界状態設計法とした。線路方向は PRC 構造とし、格子解析により断面力を求めた。スパン中央部の各限界状態の計算結果を表-2 に示す。線路直角方向は RC 構造とし、腹部中心線の下端で支持された箱型ラーメン構造、中間横桁は 3 区間連続梁モデルとして、骨組解析により断面力を求めた。

3. 施工

(1) コンクリート配合計画

本橋梁は、コンクリート強度が 60N/mm^2 と高いことや、コンクリート剥落防止を目的とした短繊維混入によるスランブロスが懸念されるため、ワーカビリティを確認するために、試験練りを行った。セメントは、粘性・発熱量の抑制を考慮し、普通ポルトランドセメントとした。ここで、細骨材は、高強度でありセメント量が多いことから、アルカリ骨材反応に対してより安全性を確保するため、化学法判定で無害である砕砂を使用した。また、単位セメント量は、アルカリ総量の制限 ($R_{42} =$

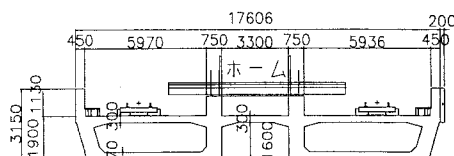


図-1 PRC 中路桁断面図

表-1 設計条件

構造形式	複線用2室PRC中路式2室箱桁
線路規格	2線線
設計速度	130km/h
設計荷重	EA-17
橋長	55.0m
強度	60N/mm ²
最大水セメント比	50%
最小かぶり	スラブ: 40mm その他: 45mm
構造種別	線路方向 PRC構造 線路直角方向 RC構造
軌道形式	弾性バラスト軌道 *凍結融解を受ける環境とする。

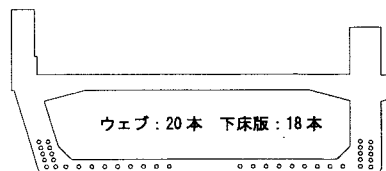


図-2 PC 鋼材配置断面図

表-2 主桁スパン中央部の
計算結果総括表

構造物係数	γ_i	1.2
設計曲げモーメント	M_d	kN-m 151815.4
設計曲げ耐力	M_{ud}	kN-m 284161.0
$\gamma_i \cdot M_d / M_{ud}$		0.64 < 1.0
荷重の組合せ	1.1(恒) + 1.2(特) + 1.1(測+動) + (車道) + (風)	
プレ導入直後線引張力	σ_a	N/mm ² 8.64
線引張力の制限値	σ_a	/ -3.8
プレ導入直後圧縮力	σ_a	N/mm ² 10.18
線圧縮力の制限値	σ_a	/ 30.0
永久的重時線引張力	σ_a	N/mm ² 23.07
線圧縮力の制限値	σ_a	/ 24.0
永久的重時線引張力	σ_a	N/mm ² -1.31
線引張力の制限値	σ_a	/ -2.7
変動荷重時PC鋼材耐力	σ_{pd}	N/mm ² 1177.2
引張力の制限値	σ_{pd}	/ 1316
曲げひびわれ幅(耐久性)		mm 0.055
曲げひびわれ幅の制限値		/ 0.31
曲げひびわれ幅(外観)		mm 0.095
曲げひびわれ幅の制限値		/ 0.30
部材係数	γ_s	1.05
構造物係数	γ_i	1.0
設計曲げ耐力	σ_{prd}	N/mm ² 49.1
設計曲げ耐力	f_{prd}	N/mm ² 101.4
$\gamma_i \cdot \sigma_{prd} / (f_{prd} / \gamma_b)$		0.484 < 1.0
設計曲げ耐力	σ_{srd}	N/mm ² 46.8
設計曲げ耐力	f_{srd}	N/mm ² 284.5
$\gamma_i \cdot \sigma_{srd} / (f_{srd} / \gamma_b)$		0.164 < 1.0

2.5kg/m³)より、471kg/m³以下とし、ワーカビリティを考慮して、スランブ 17cm 程度、スランブフロー 30cm 程度を目標とした。

これらを踏まえ、強度・ワーカビリティを考慮して、単位セメント量・細骨材率の検討を行った(表-3)。単位セメント量を 448kg/m³に抑えた配合 No①では、材料分離を起こした。そのため、材料分離を解消する目的で、s/a を増加させ、配合 No②を試みたが、目標スランブフローに対し不足となった。そこで、流動性を確保するため、配合 No③は、高性能 AE 減水剤の投入量を 2.1%に増加させた。高性能 AE 減

水剤の添加量が 2.0%を超えるため、パイプレータを挿入し、分離抵抗性を目視により確認した結果、材料分離が見られた。そこで、材料分離に配慮して、単位セメント量を 470kg/m³とし検討した結果、配合 No④では、スランブが大きくなり、中路桁の施工性を確保することが困難であるため、高性能 AE 減水剤の添加量を減らした配合 No⑤とし、目標スランブ・スランブフローを確保した。

(2) 打設方法の検討

打設手法について、3 案(1 回打設・上下 2 分割打設・鉛直 3 分割打設)で検討を行った。(表-4)

結果、3 回目打設部について、外部拘束による水平方向のひび割れが中間スラブに生じることが想定されたが、第 2 案に比べひび割れ発生位置を制御でき、ひび割れが発生した場合、防水工の処置が可能であるとして第 3 案を選定した。なお、3 回目打設部分については、ひび割れを抑えるために、膨張材を使用することとした。打設回数別の配合を表-5 に示す。また、高欄とウェブが一体構造となり、下床版接続部へのコンクリート充填が課題であったため、ウェブに用いるパイプレータは、構造の形状に合わせる様に塩ビパイプを弓状に折り曲げ、その中に入れるように改良した(写真-1)。施工の結果、改良パイプレータにより、コンクリートの下床版からの噴出しも良好で、確実なコンクリート充填が出来ていた(写真-2)。

4. おわりに

高強度コンクリートのワーカビリティ確保が難しいなか、コンクリート配合・打設方法について、様々な検討を行い、良好な施工性を確保した。3 回目に打設したスラブ部についても有害なひび割れは見られず、対策が有効であったと思われる。今後の高強度コンクリート施工の参考となれば幸いである。

表-3 単位セメント量・細骨材率の検討

配合条件		単位量(kg/m ³)							AE減水剤
配合No	W/C (%)	s/a (%)	W	C	S	G	PVA	EXP	(%)
①	33	45	148	448	795	988	0.975	—	1.8
②	33	45.9	148	448	811	972	0.975	—	1.9
③	33	45.9	148	448	811	972	0.975	—	2.1
④	33	45	155	470	779	967	0.975	—	1.7
⑤	31	45	146	470	790	980	0.975	—	1.3

試験値結果		単位量(kg/m ³)				ワーカビリティ
配合No	温度℃	スランブ cm	スランブフロー cm	空気量 (%)	ワーカビリティ	
①	21	19.5	33.5×29	4.7	材料分離	
②	21	18	27×27	4.9	良好・硬め	
③	21	21	41×39	4.2	パイプレータ挿入による材料分離	
④	20	20.5	33×28.5	5.8	良好	
⑤	18	17.5	30.5×32	4.4	良好	

表-4 コンクリート打設方法の検討

打設条件	☆設計打設速度 ☆ポンプ車配置可能数	上床版:25m ² /h 他:10m ² /h 8台	鉛直3分割打設(第3案)		
打設手法	1回打設(第1案)		水平2分割打設(第2案)		2回目
					2回目
打設数量	938m ³		1回目:488m ³ 2回目:451m ³	1回目:462m ³ 2回目:436m ³ 3回目:39m ³	
メリット	・打ち継ぎ目が生じない ・外部拘束によるひび割れが生じない		・施工性が最も良い ・高流動コンクリートを使用しない (コンクリートの品質向上)	・施工性が比較的良い ・ひび割れが致命的な箇所発生しない	
デメリット	・90分以内での打ち継ぎが不可能 ・高欄とウェブが一体構造となるため、下床版接続部の施工が難しい		・打ち継ぎ目が生じる ・打ち継ぎ目に対して、直角方向に外部拘束によるひび割れが生じる	・打ち継ぎ目が生じる ・3回目に打設する部分について、外部拘束による水平方向のひび割れが生じる ・高欄とウェブが一体構造となるため、下床版接続部の施工が難しい	
デメリット対策	・パイプレータの改良		・膨張剤の使用	・膨張剤の使用 ・パイプレータの改良	
総合評価	×		×	○	

表-5 打設回数別のコンクリート配合

打設 回数	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					AE減水剤 (%)	
			W	C	S	G	PVA		
1・2回目	31	45	146	470	790	980	0.975	—	1.3
3回目	31	45	146	470	790	980	0.975	30	1.3

*PVA: 合成短繊維(RECS100L)
高活性AE減水剤(スルホノール)
高活性AE増水剤(SRP-BSV)

※PVA:合成短繊維(REGS100L)
EXP:膨張材(エクスパン)
高性能AE減水剤(SP-8SV)



写真-1 改良
パイプレータ



写真-2 下床版からの噴出し状況