

(140) 高性能軽量骨材コンクリートを用いた 11 径間連続 PC 橋の設計

東日本旅客鉄道 (株)                   ○田附 伸一  
 東日本旅客鉄道 (株)                   小泉 一人  
 東日本旅客鉄道 (株)                正会員 津吉 毅  
 八千代エンジニアリング (株)       正会員 渡辺 真澄

1. はじめに

東北新幹線盛岡・八戸間建設工事は、2003 年に開催されるアジア冬期競技大会に伴い 2002 年の開業に向け、日本鉄道建設公団 (以下、公団と略す) が建設主体となり、平成 3 年 9 月より施工が進められている。当社は公団の委託により、東北新幹線 527km980m 付近の岩手県沼宮内地区において、延長 395m の桁式高架橋建設工事の設計・施工監理をしており、現在工事の最盛期を迎えている。図-1 に高架橋一般図を示す。

本高架橋は、在来線 (東北本線) 及び国道の上空を立体交差するものである。施工性の向上、工期の短縮、経済性等の諸条件から、上部工は高性能人工軽量骨材 (以下、軽量骨材と略す) の使用とともに、外ケーブル方式を用いて 1 ブロック 35m に及ぶ 11 径間連続大ブロック押出し工法を採用しているのが特徴として挙げられる。

使用する軽量骨材は、RC、PC 構造物等の大規模化、軽量化を目的として開発されたもので<sup>1)</sup>、従来の軽量骨材に比べて大幅に低い吸水率と小さい比重を実現し、従来の軽量コンクリートより高強度のコンクリートを製造できることが特徴である。また、外ケーブル方式を採用することで、部材厚さを低減するとともに保守・維持管理の作業性の向上を図っている。

本稿は粗骨材に軽量骨材を使用し、外ケーブル方式を採用した 11 径間連続の PC 橋梁の設計について報告するものである。

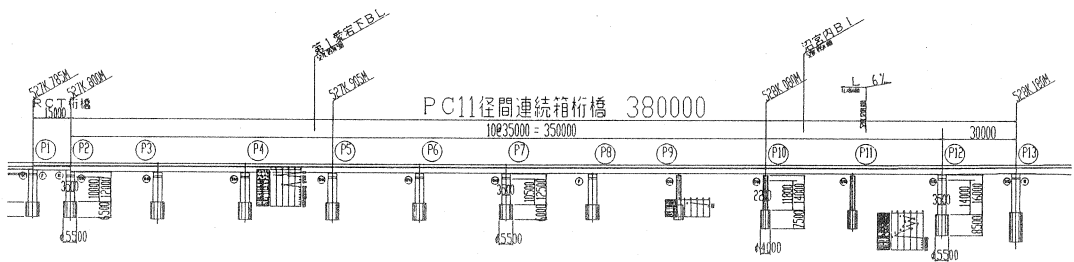


図-1 高架橋一般図

2. 高性能人工軽量骨材の材料特性値

前述したように本高架橋は、上部工のコンクリート粗骨材に軽量骨材を使用していることから、設計上想定するコンクリートの単位容積質量を  $1.8\text{t/m}^3$ 、鉄筋コンクリートの単位容積質量を  $2.0\text{t/m}^3$  としている。単位容積質量が軽減されたことで、普通コンクリートの場合と比較して桁重量を約 22% 軽減し、使用する PC 鋼材量も約 20% 低減することができた。これにより、下部工にかかる荷重の負担が軽減されている。

「鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物」<sup>2)</sup> (以下、RC 標準と略す) では、骨材の全部を軽量骨材とした場合の材料特性値が示されている。本高架橋の上部工は、粗骨材のみに軽量骨材を使用した第 I 種軽量コンクリートであるため、材料特性値は RC 標準よりも大きな値であると推定されるが、設計段階では詳細な特性値の確認が得られていないことから、RC 標準の材料特性値を適用することとした。設計に用いたコンクリート材料特性値を表-1 に示す。

RC 標準から、設計におけるコンクリートの曲げ強度、引張強度、付着強度および支圧強度の特性値を普

通コンクリートの70%で計算しているため、スターラップ等の鉄筋量を増やすことが必要となり、1m<sup>3</sup>あたりで13%程度の増となった。普通骨材の内ケーブル方式と軽量骨材の外ケーブル方式を使用した場合の数量比較を表-2に示す。

表-1 コンクリート材料特性値

項目	単位	軽量コンクリート	普通コンクリート	備考	
圧縮強度	$f'_{ck}$	N/mm <sup>2</sup>	39.2	39.2	
弾性係数	$E_c$	kN/mm <sup>2</sup>	18.6	30.4	
ポアソン比	$\nu$	—	0.2	0.2	
せん断弾性係数	$G_c$	kN/mm <sup>2</sup>	11.2	18.2	$E_c/2(1+\nu)$
乾燥収縮	$\epsilon'_{cs}$	$\times 10^{-6}$	150	150	
クリープ係数	$\phi$	—	2.0	2.6	※75%
線膨張係数	$\beta$	$\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$	10	10	
曲げ強度	$f_{bk}$	N/mm <sup>2</sup>	3.3	4.8	※70%
引張強度	$f_{tk}$	N/mm <sup>2</sup>	1.9	2.6	※70%
付着強度	$f_{bck}$	N/mm <sup>2</sup>	2.3	3.2	※70%
支圧強度	$f'_{ak}$	N/mm <sup>2</sup>	27.4	39.2	※70%

※鉄道構造物設計標準・同解説 コンクリート構造物により軽量コンクリートの値は普通コンクリートの値を低減して適用している。

表-2 数量比較

項目	単位	軽量コンクリート (外ケーブル方式)	普通コンクリート (内ケーブル方式)	記事	
コンクリート	m <sup>3</sup>	3,272	3,372		
鉄筋	t	391(120kg/m <sup>3</sup> )	357(106kg/m <sup>3</sup> )	SD345	
PC鋼材	$\phi 32$	t	110	158	SBPR930/1180
	19S15.2	t	65.1	72.4(12S15.2)	SWPR7BL
	1S28.6	t	15.0	15.8(1S21.8)	SWPR19・床板部のみで比較

### 3. 外ケーブル方式

一般的な外ケーブル方式の利点として、①部材厚さを薄くでき軽量化が可能となる②PC鋼材配置等の施工性の向上が図られる③PC鋼材のメンテナンス等の維持管理が比較的容易である等が挙げられる。

本高架橋に外ケーブル方式を採用することで、前述の利点が活かされ工期の短縮が図られている。内ケーブル方式と外ケーブル方式のウェブ部材厚さの比較を図-2に示す。

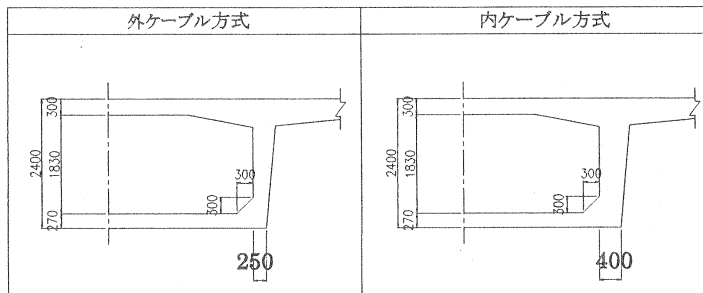


図-2 ウェブ部材厚さの比較

### 4. 主方向の設計

#### (1) 架設時の検討

押し出し工法は、鋼材をコンコルダントに配置する必要があるため、上床版および下床版への配置が基本と

なる。そこで、鋼材の継手部が比較的コンパクトなφ32の鋼棒を使用している。

施工時においてブロック継ぎ目位置では全圧縮となるように、その他の位置では部材寸法の影響を考慮した曲げ引張強度以下となるようにした。斜め引張に対しては、その応力度を材料係数 $\gamma_c=1.0$ とした場合の普通コンクリートの設計引張強度×70%としてコンクリート部材だけで負担し、せん断鋼棒を配置しないこととした。図-3に架設時の応力状態を示す。横軸に示した橋脚番号は、完成時に各橋脚上に位置する断面を表しており、その断面で生じる最大・最小応力度を示した。

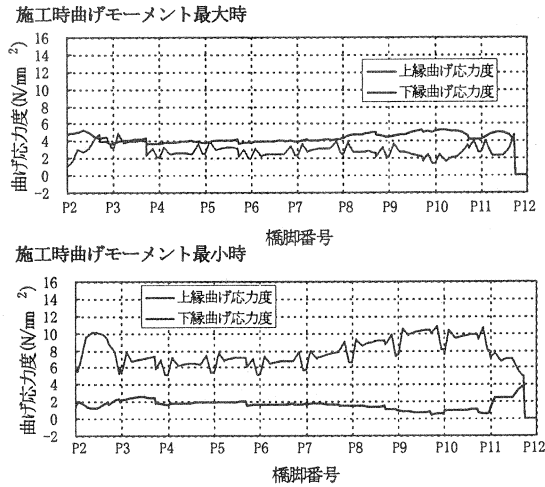


図-3 架設時応力状態

押し出し架設作業はP13橋脚からP2橋脚方向に向けて行う。P12~P13付近は支保工を組立てて、作業ヤードとして使用することから、P12~P13にかけては架設時の応力状態がゼロになる。

(2)完成時の検討

本高架橋では、完成時に作用する荷重に対して外ケーブル方式で対応することにより、主桁のさらなる軽量化を図っている。曲げ応力度の制限値はPC構造であることから、永久荷重時では引張を発生させないと

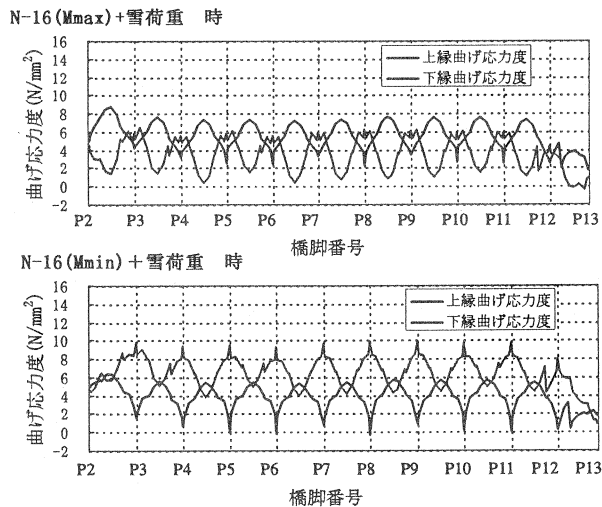


図-4 完成時の応力状態

ともに、変動荷重時では部材寸法の影響を考慮した設計引張強度 ( $0.8\text{N/mm}^2$ ) 以下となるようにした。斜め引張に対しては架設時と同様に、せん断鋼棒の配置は行わないこととした。図-4に完成時(変動荷重時)の応力状態を示す。

(3) 有効係数の検討

軽量骨材を使用したコンクリートと普通コンクリートとを比較した場合、軽量コンクリートのヤング係数  $E_c$ 、クリープ係数  $\phi$  が小さいため、有効プレストレス力は普通コンクリートより小さくなる。

本高架橋に使用した軽量コンクリートにおいても、従来の軽量コンクリートと同様に普通コンクリートより小さい値であったが、有効係数で3%と影響の少ない結果となった。

表-3に普通コンクリートと軽量コンクリートの有効係数等の比較を示す。

表-3 有効係数比較

	ヤング係数比 ( $n_p$ )	コンクリートのヤング係数 ( $E_c$ )	PC鋼材のヤング係数 ( $E_p$ )	クリープ係数 ( $\phi$ )	収縮ひずみ ( $\epsilon'_{cs}$ )	導入直後の引張応力度 ( $\sigma_{pt}$ )	導入直後のコンクリート圧縮応力度 ( $\sigma'_{cpt}$ )	永久荷重時のコンクリート圧縮応力度 ( $\sigma'_{cdp}$ )	引張応力度の減少量 ( $\sigma_{pcS}$ )	有効係数 ( $\eta$ )
普通コンクリート	6.45	30.4kN/mm <sup>2</sup>	196kN/mm <sup>2</sup>	2.6	150×10 <sup>-6</sup>	624.6N/mm <sup>2</sup>	3.44N/mm <sup>2</sup>	2.79N/mm <sup>2</sup>	123.9N/mm <sup>2</sup>	0.78
軽量コンクリート	10.53	18.6kN/mm <sup>2</sup>		2.0		615.4N/mm <sup>2</sup>	3.39N/mm <sup>2</sup>	2.79N/mm <sup>2</sup>	143.0N/mm <sup>2</sup>	0.75

5. おわりに

11 径間連続 PC 箱桁における高性能人工軽量骨材の使用、外ケーブル方式の採用による設計上の要点をまとめると以下ようになる。

- ①高性能人工軽量骨材の使用により、桁重量の約22%の軽量化が実現し、使用PC鋼材量を約20%低減することができた。
- ②軽量コンクリートの材料特性が、普通コンクリートの70%となることから、使用鉄筋量は普通コンクリートに比べて1m<sup>3</sup>あたりで13%程度多くなった。
- ③ヤング係数、クリープ係数が普通コンクリートよりも小さいため、有効係数も小さくなるが、その値は3%程度と影響の少ない結果となった。

高性能人工軽量骨材を使用することで桁重量の軽減が図られる反面、材料特性値が設計に大きく影響する。最近の研究<sup>2)</sup>では、PC部材のせん断特性を70%とするのは過小評価であるとの報告もある。今後、軽量コンクリートを活用した合理的なコンクリート構造物を設計する上で、模型実験等により材料特性を把握する必要があると考える。

本高架橋の上部工は、今年9月頃に施工を予定しており、軽量骨材コンクリートのポンプ打設試験やPC定着部実験を基に安全確実な施工を目指して鋭意進めているところである。

参考文献

- 1)岡本, 早野, 柴田: 超軽量コンクリート, コンクリート工学, Vol36, No.1, pp.48-52, 1998.1
- 2)鉄道総合研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, pp.58-59, 1992.11
- 3)前掘, 岡本, 濱田他: 高性能軽量コンクリートを用いたPC部材の耐せん断特性, 土木学会第54回年次学術講演会, V-154, pp.308-309, 1999.9