

橋梁上部工のアーチ鋼殻部に適用したコンクリートの配合検討

鹿島建設(株) 正会員 ○光山恵生 藤岡彩永佳 渡邊有寿 戸張正利
 大成建設(株) 正会員 赤松 篤
 中日本高速道路(株) 正会員 朝廣祐介 原田拓也

1. はじめに

新東名高速道路河内川橋（仮称）は、橋長約 770m の鋼・コンクリート複合バランスドアーチ橋であり、アーチスパン長約 220m は同種橋梁形式において国内最大級の規模である（図-1）。アーチ部はそのほとんどがコンクリートアーチリブであるが、アーチと橋脚の交差部（スプリング部）のみを鋼殻構造とすることで、橋脚およびアーチリブの鉄筋の干渉や、橋脚からの大規模なブラケット支保工設置といった課題を解決するなど、合理的な施工を可能としている。本稿ではスプリング鋼殻部のうち、アーチ鋼殻部に打ち込む各種コンクリートの配合選定の方針および検討結果について報告する。

2. 鋼殻構造の概要

アーチ鋼殻部の詳細および特徴を図-2、表-1 に示す。当該部位は大きく3つの区間に分かれ（区間I～III）、構造的にそれぞれ異なる特徴を有する。区間Iは、幅員 9.0m×高さ約 10.0m×最大長さ約 5.0m の全断面にコンクリートを充填する無筋の SC 構造で、形状保持の鋼材やリブが多数設けられている。区間IIは、幅員が 9.0m×高さ約 6.5m の中空のセル構造で、高さ約 0.3m の PBL（孔あき鋼板）や高さ 1.0m の形状保持用鋼製枠が設置されている。また、上フランジには PC 鋼棒に加え、鉄筋が部分的に配置された SRC+PC 構造である。区間IIIは、コンクリートアーチリブへの移行区間となり、一部は鋼殻セル構造となっているものの、大部分は型枠を用いた PC 構造で、内部に PC 鋼棒や鉄筋が全体に配置される。

3. 配合選定

3区間の特徴（表-1）を考慮して、それぞれに適したコンクリートの要求性能を整理し、配合を選定した（表-2）。

区間IおよびIIは、鋼殻構造で覆われた閉鎖空間となり、締固めができないことから、自己充填性を有する高流動コンクリートを用いることとした。この際、両区間は配筋条件や鋼殻のリブの配置が大きく異なるため、高流動コンクリートの配合設計・施工指針¹⁾（以降、高流動指針）に基づいて自己充填性ランクをそれぞれの特徴に合わせて設定した。当該コンクリートは、設計基準強度 50N/mm² の高強度コンクリートであり、温度ひび割れが懸念された。そこで、中庸熟ポルトランドセメントを用いて自己充填性ランクに応じた最小限の単位セメント量を設定するとともに、増粘剤一液型の高性能 AE 減水剤を使用して材料分離抵抗性を確保し



図-1 河内川橋（仮称）完成予想図

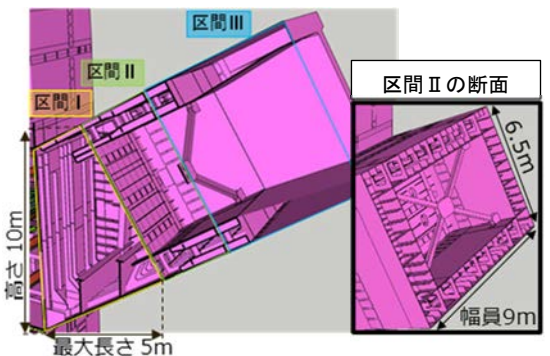


図-2 アーチ鋼殻部の詳細

表-1 アーチ鋼殻部の各区間の特徴

区間	打込み量	特徴
I アーチ鋼殻充実区間	310m ³ (2リフト打ち)	①はらみ防止横リブが配置 ②無筋の SC 構造 ③充実断面（マスコンクリート）
II アーチ鋼殻中空区間	110m ³ (1リフト打ち)	①急勾配(最大約 40°) ②鋼殻(セル) ③SRC+PC 構造 ④PBL が 50 cm 間隔に配置 ⑤上フランジに PC 鋼棒の配置 ⑥区間中央付近からアーチ先端側に軸方向鉄筋配置
III アーチ鋼板型枠区間	130m ³ (2リフト打ち)	①一部に鋼殻(セル) ②天端から打設可能 ③軸方向鉄筋およびスターアップ 配置

表-2 コンクリート配合

区間	種別	設計基準強度	W/B (%)	スラング フロー / スラング (荷卸し)	単位粗骨材 絶対容積 (m ³ /m ³)	単位量(kg/m ³)					
						水	中庸熟セメント	膨張材	細骨材	粗骨材	混和剤
I	高流動コンクリート ランク 3	50 N/m ²	41.0	SF:550mm	0.320	175	407	20	854	838	4.59
II	高流動コンクリート ランク 2		35.2	SF:650mm	0.300	175	477	20	848	786	6.71
III	普通コンクリート		41.0	SL:19cm	0.346	169	392	20	814	907	2.88

キーワード：橋梁上部工、高流動コンクリート、鋼殻構造、長距離圧送、実規模充填実験、圧送実験

連絡先：〒231-0011 神奈川県横浜市中区太田町 4-51 鹿島建設(株)横浜支店土木部 TEL045-641-8882

た。さらに、温度ひび割れに加え、自己収縮によるひび割れや鋼殻との肌離れを抑制するために膨張材を 20kg/m^3 添加した。

区間IIIについては、一部に鋼殻セル区間を有するものの、フランジ天端から打込みおよび締固めが可能であることから、荷卸し時の目標スランブが 19cm のコンクリートとした。

4. 施工実験結果

選定した高流動コンクリートについて、特に施工の難易度が高い区間IIを対象に圧送実験とモックアップ充填実験を実施した。

(1) 圧送実験

区間IIの施工では、輸送管の水平換算距離が最長で約 600m となる。そこで、圧送距離を再現した圧送実験によって、圧送前後のフレッシュ性状の変化や管内圧力の計測を行った（写真-1）。フレッシュ試験の結果を表-3に示す。圧送および時間経過に伴うスランブフロー低下は 95mm であった。さらに、管内圧力の計測を行った結果、圧力損失は $0.02\text{N/mm}^2/\text{m}$ と算出された。高流動指針における「管内圧力損失と吐出量の関係」に本実験の結果をプロットしたものを図-3に示す。選定した配合は、粉体量が同程度の高流動コンクリートの既往実績と近い結果であることが確認でき、これを実施工のポンプ機種と輸送管の選定に反映した。

(2) モックアップ充填実験

区間IIは複雑なセル構造となっており、さらに最大 40° 程度の傾斜を有しているため、未充填やエアだまりが生じることが懸念された。そこで、施工手順の確認も兼ねて当区間を実規模で再現した試験体（図-4）を用いて充填実験を行った。試験体は、勾配、コンクリートの投入孔、エア抜き孔、鉄筋およびPC鋼棒等も再現した。

ここで、スランブフローについては、当初、荷卸し時の目標値を $650\pm 50\text{mm}$ と設定したが、圧送実験により最長 600m の圧送で筒先は約 100mm 低下することが明らかとなった。この低下量を反映させて荷下し時の目標値を大きくすると材料分離の懸念があること、またさらにセメント量を増加した配合にすると温度ひび割れのリスクも大きくなることが懸念された。そこで、まずは圧送後すなわち筒先でのフローによる充填性を評価・確認することを目的に、配合はそのままに充填時のスランブフローを $550\pm 50\text{mm}$ に調整した。充填確認にはアクリル窓での目視確認と9ヶ所に設置した振動デバイスによる充填センサーを併用し、当該構造を十分に充填できることを確認した（図-5）。

5. まとめ

橋梁上部工のアーチ鋼殻部において、異なる特徴を有する3つの区間それぞれに適した配合を選定し、施工条件を模擬した圧送実験と実規模充填実験を行い、目標の性状を確保できていることを確認した。これらの結果を反映させた実施工においても、コンクリートの性状および施工性ともに良好な結果が得られ、当該部位の打設は無事完了している。

参考文献 1) 土木学会：コンクリートライブラリー136 高流動コンクリートの配合設計・施工指針 2012年版，2012。

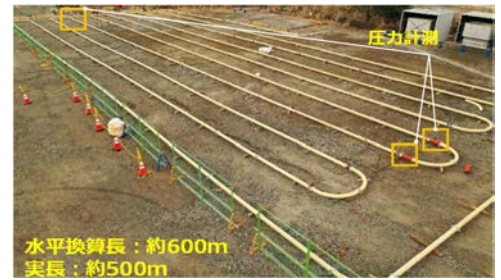


写真-1 圧送実験における配管状況

表-3 圧送実験におけるフレッシュ性状結果

試験項目	目標値 (荷卸し)	試験結果	
		荷卸し時 (圧送前)	筒先 (圧送から50分後)
スランブフロー	$650\pm 50\text{mm}$	$629\times 611\text{mm}$ 平均: 620mm	$533\times 520\text{mm}$ 平均: 525mm
空気量	$4.5\pm 1.5\%$	3.5%	3.5%
コンクリート 温度	—	23°C (外気 22°C)	27°C (外気 24°C)
充填確認 (ソック2)	充填高さ： 300mm 以上	—	325mm

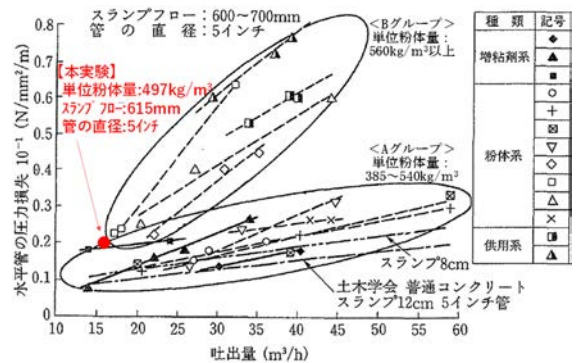


図-3 圧送時の管内圧力損失と吐出量の関係¹⁾に追記

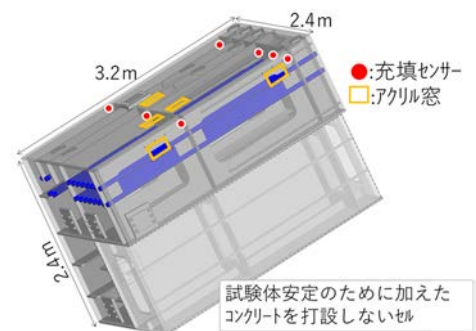


図-4 モックアップ試験体 (充填実験)



図-5 モックアップ充填実験の充填状況