

構造物の形状に配慮した温度応力解析と高流動コンクリートの配合選定

国土交通省四国地方整備局那賀川河川事務所 森本 修三 白川 豪人 中山 雅登
鹿島建設(株) 正会員 ○小川 雄一郎 川中 勲 橋本 学 青山 達彦
(株)フローリック 正会員 森本 孝敏 上本 洋

1. はじめに

長安口ダムでは、洪水調整能力を増強させるため、既設堤体を切削して新たな洪水吐ゲートを2門増設する再開発事業を行っている。本工事は、堤体切削を行うための初期工事であり、ダム湖の水深34mの堤体上流面にブラケット構造の底部架台を据え付けた後、その上部に仮締切および予備ゲート等を構築する、国内初の構造を採用したダム改造工事である。

本文では、仮締切の内部に構築する予備ゲートピアについて、温度応力を低減するとともに構造物の特性を考慮した配合選定方法の詳細に加え、室内配合試験と試験施工の実績を報告する。

2. 予備ゲートピアの特徴と求められる性能

予備ゲートピアは、横2.5×縦4.0m、高さ29.6mの形状であり、高流動コンクリートで構築する。予備ゲートピアは、予備ゲートを保持する主たる構造(永久構造物)であることに加え、予備ゲート据付け時に内部への水の漏水を防ぐ機能を有することが必要である。しかし、その内部には、ピア支持桁(H700×300)や予備ゲート側部戸当り(主にC150×75)など、水平・鉛直方向に鋼材が密に配置されていることに加え、これら鋼材のベースプレートと堤体上流面の最小離隔が87mmと非常に狭い。また、予備ゲートピアは、その背面側が既設堤体に拘束された壁状構造物であることに加え、躯体幅が2.5mとなるマスコンクリートである。つまり、予備ゲートピアの高流動コンクリートには、温度応力によるひび割れに配慮した配合であることと、優れた間隙通過性と自己充填性を有することが求められる。予備ゲートピアの側面図を図-1に、断面図を図-2に示す。

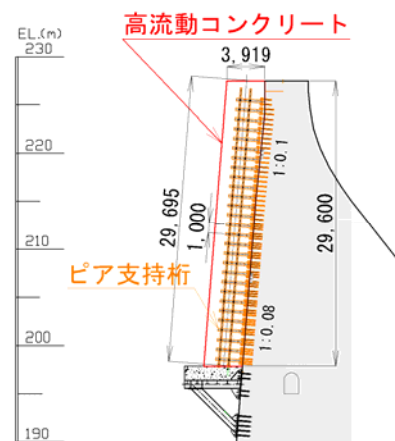


図-1 予備ゲートピア側面図

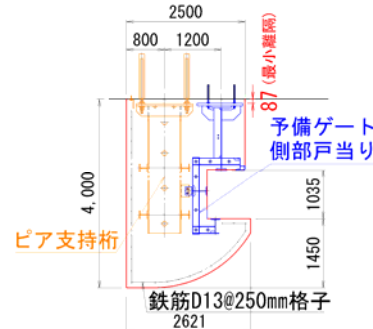


図-2 予備ゲートピア断面図

3. 温度応力解析

温度応力を低減できる最適なコンクリート配合を選定するため、3次元有限要素法による温度応力解析を行った。解析では、現場で実現可能な内容としてコンクリートの結合材の種類に着目し、表-1に示す4ケースを実施した。

有害な温度ひび割れを抑制するために着目すべき点は、部材内部の最小ひび割れ指数である。解析の結果、当該範囲の最小ひび割れ指数が最も大きいのは、普通ポルトランドセメントに膨張材を添加したケースであったことから、高流動コンクリートの配合は、これを採用した。しかし、最小ひび割れ指数の値は1.02であり、高い水密性を確

表-1 温度応力解析結果

結合材種	①普通ポルトランドセメント	②普通ポルトランドセメントと膨張材	③低熱ポルトランドセメント	④中熱ポルトランドセメントと膨張材
最小ひび割れ指数 カラー図	表面 内部 0.75	表面 内部 1.02	表面 内部 0.92	表面 内部 0.87

キーワード 高流動コンクリート、温度応力、再開発、マスコンクリート、膨張材、配合選定

連絡先 〒760-0050 香川県高松市亀井町1-3 鹿島建設(株)四国支店 TEL 087-839-3111

保するうえで十分とは言えない。この部位は、夏期に打設することから、実施工では、湛水・流水養生等の対策を行うことで、更なる温度応力対策を講じることとした。

4. 配合選定

予備ゲートピアには、狹隘部に加え、各種鋼材の下面等、コンクリート充填が困難な箇所が数多く存在する。そこで、土木学会編「高流動コンクリートの配合設計・施工指針」に従い、コンクリートの仕様を表-2のとおり設定した。

高流動コンクリートの自己充填性のランクは、最小離隔を考慮してランク2とし、スランプフローは65cmとした。ただし、自己充填性を高めるため、単位粗骨材絶対容積は $0.3\text{m}^3/\text{m}^3$ とした。

コンクリートの種類は、品質変動を小さくすること

を目的に併用系コンクリートを採用し、粉体には石灰石微粉末を採用した。

高流動コンクリートの配合を表-3に、選定配合にお

けるフレッシュ性状試験結果を表-4にそれぞれ示す。配合は、室内試験により選定した。試験練りでは、実際に使用する材料を使って練混ぜを行ない、所要の性状が得られる配合を選定した。また、経時変化に伴う流動性の低下の程度を確認した。これら表より、今回選定した配合は、規定のフレッシュ性状を満足することはもちろんのこと、自己充填性に優れ、経時変化のロスが小さいことが分かった。

圧縮強度は、材齢3日で所定の圧縮強度($24\text{N}/\text{mm}^2$)以上となり、材齢28日で $46.7\text{N}/\text{mm}^2$ であった(図-3)。

4. 試験施工

本施工と同一の資機材を使用し、試験施工を行った。試験施工では、予備ゲートピアの鋼材配置を模擬した型枠を2種類製作し、コンクリートを打ち込んだ。写真-1に試験施工の状況を示す。

試験施工の結果、現場周辺の実機プラントを使用しても室内試験と同様なフレッシュ性状が得られることを確認できた。また、打込み状況を確認した結果、狭い模擬鋼材を通過する際にも材料分離が生じていないことを確認できた。型枠脱型後、コンクリート表面の観察を行った結果、模擬鋼材と型枠に囲まれた狹隘部の隅々にまでコンクリートが充填されており、初期欠陥がなかったことから、本配合の選定は適切と考えられる。

5. まとめ

温度応力解析を基に結合材の種類を選定するとともに、構造物の特性を考慮してコンクリートの仕様を決定した。室内試験によって配合を選定した後、試験施工によって性能を確認した。現在、予備ゲート1門の施工を完了したが、初期欠陥や温度ひび割れは確認されていない。本文が同種の他工事の参考になれば幸いである。

表-2 高流動コンクリートの仕様

項目	規格・仕様
自己充填性ランク	ランク2
高流動コンクリートの種類	併用系高流動コンクリート
粗骨材の最大寸法	25mm
スランプフロー	$65\pm 5\text{cm}$
水セメント比	55%以下
空気量	$4.5\pm 1.5\%$
単位粗骨材絶対容積	$0.3\text{m}^3/\text{m}^3$
呼び強度	$24\text{N}/\text{mm}^2$ 以上
結合材(混和材)種	普通ポルトランドセメントと膨張材
粉体	石灰石微粉末

表-3 高流動コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	自己充填性のランク	スランプフローの範囲 (cm)	水結合材比 (%)	水粉体容積比 V_w/V_p (%)	空気量の範囲 (%)	単位粗骨材絶対容積 G_{vol} (m^3/m^3)	単位量 (kg/m^3)							混和剤	
							水	セメント	膨張材	粉体	細骨材	粗骨材		高性能AE減水剤 SP	増粘剤 VIS
							W	C	EX	LS	S	G			
55 ± 3	ランク2	65 ± 5	55	81	4.5 ± 1.5	81	165	280	20	300	761	791		$8.1(P\times 1.35\%)$	200g

EX : 石灰系膨張材
LS : 石灰石微粉末

SP : ポリカルボン酸系化合物
VIS : 天然バイオ発酵ポリマー

表-4 選定配合におけるフレッシュ性状試験結果

測定時期 規格値	スランプフロー		充填試験
	練上がり直後	静置60分後	練上がり直後
	65±5cm	目標値: 65±5cm	目標値: 300mm
試験写真および測定結果	 67.3cm (500mm到達 6.9秒)	 65.1cm (500mm到達 11.2秒)	 357mm (停止 15.9秒)

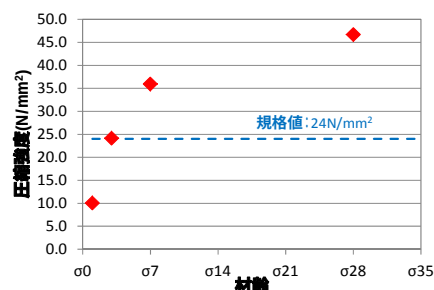


図-3 圧縮強度の試験結果



写真-1 試験施工の状況