

北陸産分級フライアッシュを用いた砂防堰堤の施工と温度解析

石川県土木部 正会員 ○津田 誠
北陸電力(株)土木部 久保 哲司

金沢大学理工研究域 正会員 鳥居 和之
富山県立大学工学部 正会員 伊藤 始

1. はじめに

石川県では安山岩などの火山岩類は重要な骨材資源である。一方で安山岩や流紋岩でのアルカリシリカ反応が発生し、フライアッシュ（以下FAと略す）はその抑制に有効であることが報告されている。¹⁾

東日本大震災以降、原子力発電所の多くは運転停止となり、そのため、県内にある石炭火力発電所はフル稼働を続けている。地産地消及び環境への負荷軽減並びに現在の社会情勢から発電所より排出される FA と地元の火山岩類を骨材としたコンクリートを用いることは重要である。

本稿では、火力発電所にて原料炭の選別と、サイクロンで分級化する工程により、製造された高品質のFAを用いたコンクリートを砂防堰堤にて施工し、それらのスランプロスや空気量の減少の状況、発熱量及び温度応力について検証した結果を報告する。

2. 北陸産分級 FA の概要

FA はこれまで品質のばらつきから、使用が敬遠されてきた。今回、供給側である火力発電所にて、FA の原料炭をオーストラリア産の2~3種の JIS 灰製造が可能な原粉に選別し、サイクロンで分級化し、JIS I 種に近い状態で安定した FA を製造する技術を導入した。

3. 堰堤の概要及び温度計測方法

今回施工した堰堤は図-1 に示すとおり、水通しまでの高さが 8.5m の重力式で、コンクリート体積は約 1,500 m³である。施工は残存型枠を用い、1 リフト高は 0.8~1.5m で堤体底部の厚さは 7.25m である。今回の施工は 12 月のため表-1 に示す、標準配合と冬期補正とした配合の両方とし、FA 置換率は 15.2%、呼び強度は 21N/mm²とした。

堰堤の施工ステップごとの発熱量と温度応力を調査する目的で図-2 に示す箇所に熱電対を設置し、逐次計測を行った。

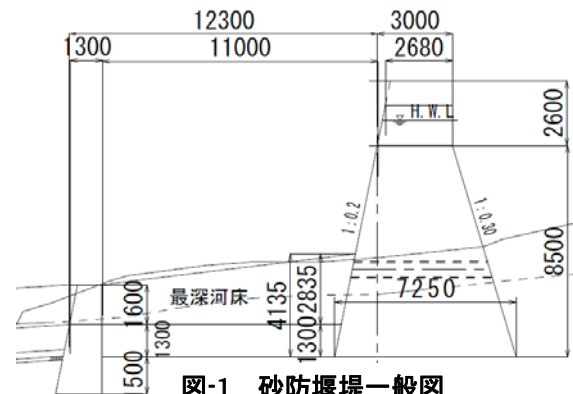


图-1 砂防堰堤一般图

表-1 配合表

配 合 表 (kg/m ³)					
セメント	混和材 フライッシュ	水	細骨材	粗骨材	混和剤
208	36	142	763	1134	2.44
水結合材比 58.2% 細骨材率40.4%					

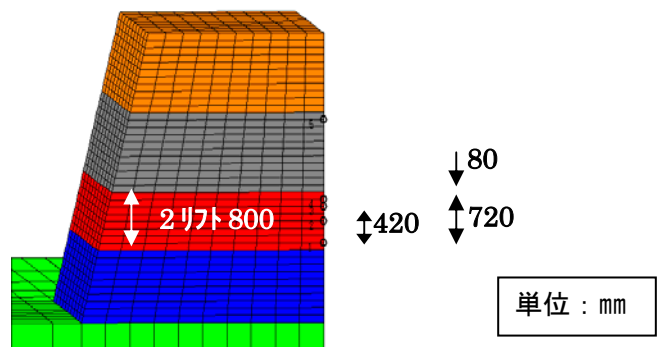


図-2 温度計測位置図

表-2 スランプ・空気量の変化

	打設日時	天候	気温	試験時期		時刻	スランブ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (℃)
2 リフト目	12月10日 9:10～ 14:48	晴れ	2～ 4℃	一 台 目	製造時	8:27	8.5	7.0	10.0
					荷卸時	9:10	5.5	4.9	9.0
				最 終 車	製造時	14:05	10.0	7.1	10.0
					荷卸時	14:25	6.5	4.5	12.0
					終了時	14:48	6.5	3.5	12.0
3 リフト目	12月17日 8:03～ 11:37	曇り	3～ 8℃	一 台 目	製造時	7:35	9.5	8.2	10.0
					荷卸時	8:03	6.0	5.3	9.0
				最 終 車	製造時	10:53	9.5	8.5	11.0
					荷卸時	11:24	5.5	5.0	11.0
					終了時	11:37	6.5	4.1	11.0

キーワード フライアッシュ, 分級, ASR, 砂防堰堤, 温度応力, ひび割れ指数

連絡先 〒927-1213 石川県珠洲市野々江町シの部 32 石川県奥能登土木総合事務所珠洲土木事務所 TEL 0768-82-2165

4. 結果及び考察

4. 1 スランプロス及び空気量

表-2 に練り混ぜ直後工場にて採取したコンクリートと現場での荷卸し時点でのスランプ及び空気量を示す。コンクリート製造工場から現場までの運搬時間は 20~30 分で、スランプ、空気量とも減少幅は比較的大きい結果となったが、打設日ごとの減少量はほぼ同じであった。FA の品質が高いレベルにて一定であったためと考えられる。

4. 2 発熱量及び温度応力

表-3 に解析条件を示す。図-3,4 よりコンクリート中の温度は地表面の影響を受けない中心部分で材齢 2 日目にて 15℃を超えたが、リフトを上げる前までは、それ以上の増加は見られなかった。リフト上面に近い部分(リフト天端から 80 mm 箇所)では外気温の影響を受け、温度上昇が 10℃に収まり、上のリフト打設時、温度が上昇する結果となった。

図-5 にひび割れ指数分布を示す。指数は打設から 1 か月間における最小値を示す。ひび割れ指数が 1.0 と下回る箇所が底版と表面で見られたが、全体としては 1.4 以上のひび割れ指数を確保することができた。また、実構造物を調査した結果、有害なひび割れは見られなかった。

5. 結論

コンクリート運搬時のスランプロス及び空気量の減少は見られるが、FA の品質が高いレベルで一定であるため、荷卸し時点でのコンクリートの品質のばらつきは少なかった。

発熱量と温度応力の計測、解析結果、発熱量は抑えられ、ひび割れ指数を確保することができた。また、実構造物では有害なひび割れはなかった。

6. おわりに

今回最初のコンクリート打設時に作業員の方には FA 混和とは伝えずに、あとで施工状況の聞き取り調査を行った。結果、従来の BB と違和感なく施工できたとし、粘性の増加により、材料分離、ブリージングが少なく、仕上げも容易との回答を得た。

今後暑中での施工等さらなる検討を行い、FA を用いたコンクリートの利用拡大に努めていきたい。

参考文献

- 1) 「北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会」報告書 H24.3

表-3 温度解析条件表

		2リフト (リフト高 800mm)		2リフト 変更条件	3リフト (リフト高1100mm)
温度条件	打込み日			12/10 15:00	12/17 12:00
	打込み温度	T0	℃	6.9	11.8
	単位セメント量(F量含む)	C	kg/m ³	244	239
	フライアッシュ量	F	kg/m ³	36	35
	終局断熱温度上昇量	K	℃	40.81	39.26
熱伝達境界	温度上昇速度	α	—	0.282	0.272
	型枠面	熱伝達率	η	W/m ² ℃	6
	外気温	Tair	℃	実測値	
	コンクリート 上面	熱伝達率	η	W/m ² ℃	0~2日:5 2日以降:14
	外気温	Tair	℃	実測値	
力学物性	地盤底部	固定温度	Tbot	℃	14.6
	ヤング係数	Ec	N/mm ²	圧縮強度より算定	
	引張強度	ft	N/mm ²	圧縮強度より算定	
	ポアソン比	ν	—	0.2	
	線膨張係数	α	1/℃	10×10^{-6}	
圧縮強度 の発現	初期クリープ	ϕ	—	有効弾性係数法	
	設定条件	—	—	現場採取時の圧縮強度データ	
	3日			11.3	10.5
	7日			18.5	19.4
	28日			27.9	28.4
地盤条件	弾性係数	Er	N/mm ²	500.0	

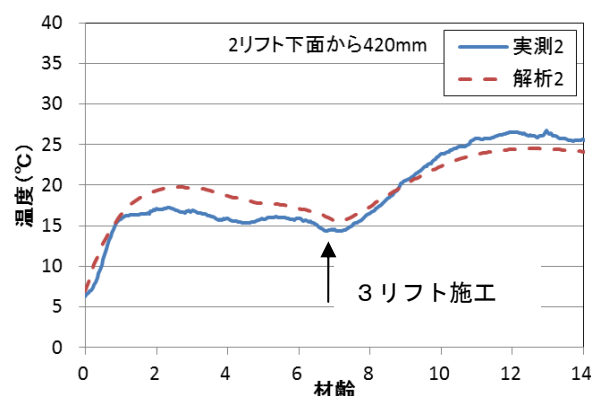


図-3 温度履歴図(リフト中心部)

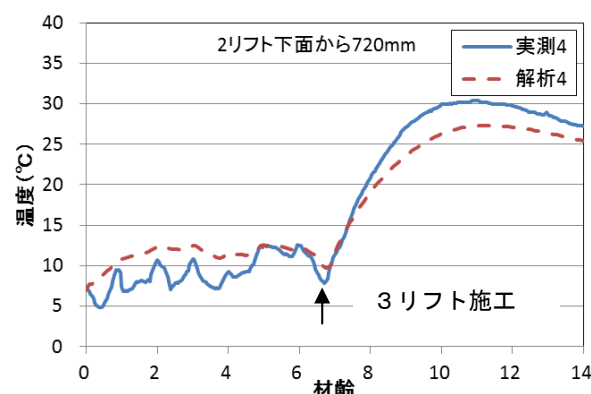


図-4 温度履歴図(リフト上面部)

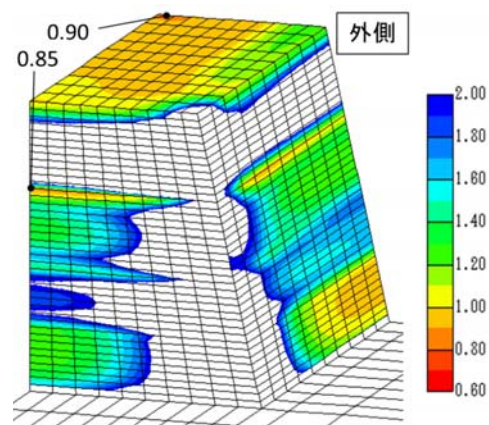


図-5 ひび割れ指数分布図