

打設間隔を短縮して試験施工した砂防堰堤垂直壁の温度応力解析とモニタリング

大日コンサルタント (株) 正会員 ○町 勉

大日コンサルタント (株) 深見 秀隆

国土交通省四国地方整備局四国山系砂防事務所 伊藤 誠記

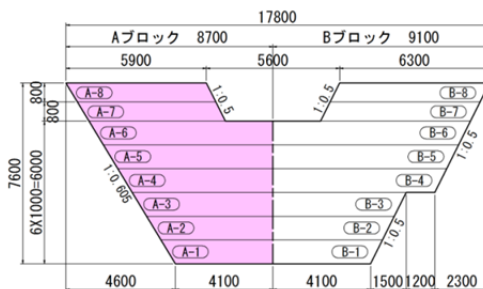
国土交通省四国地方整備局四国山系砂防事務所 有田 由高

国土交通省四国地方整備局四国山系砂防事務所 岡田 浩孝

1. 目的

砂防堰堤では、生コンクリートの打設間隔を規定する基準として、土木工事共通仕様書第8編（砂防編）には、「旧コンクリートの材齢が、1.0m 以上～1.5m 未満のリフトの場合は中3日に達した後新コンクリートを打ち継がなければならない。」との記載があり、砂防工事の生産性向上のボトルネックとなっている。

このため、本研究では、砂防堰堤工事の生産性向上を目的として、土石流が直接衝突しない垂直壁において、打設間隔を短縮した場合の試験施工を行い、温度応力解析とモニタリングにより、温度ひび割れへの影響について考察した。

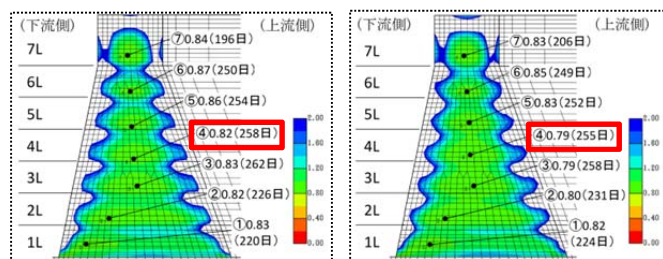


正面図

図-1 砂防堰堤垂直壁のリフト割図

2. 事前の検討

検討は、ウルシ谷砂防堰堤第一垂直壁のAブロックを対象とした。リフト割を図-1に示す。試験施工にあたっては、夏期施工を想定した事前の検討を行い、打設間隔を2日とした場合の温度ひび割れに対する危険性が、従来（打設間隔3日）と同程度となる対策として散水養生を行うこととした。



(a) 中3日、湛水+養生マット (b) 中2日、散水養生

図-2 ひび割れ指数最小値のコンター図

事前の検討結果として、ひび割れ指数最小値のコンター図を図-2に示す。4Lの堤体中央部では、打設後約250日経過後にひび割れ指数が従来と同程度の0.8を示した。なお、温度応力解析では、3次元FEM「ASTEA-MACS」を用い、21-5-40BBの示方配合を考慮し、「2016年制定 コンクリート標準示方書」¹⁾による基本的な物性と「マスコンクリートのひび割れ制御指針2016」²⁾による断熱温度上昇式を与えた。

3. モニタリング計画

モニタリング計画を図-3に示す。堤体温度は、広く温度分布を計測するため、2L～6Lの表面部と内部の2箇所とした。強度特性とひずみの計測は、ひび割れ指数が最小値を示した4Lを対象とした。強度試験は、温度追従養生装置を使用し、実構造物と同じ温度条件で水中養生した供試体を用いて、圧縮強度、割裂引張強度、静弾性係数試験を行った。ひずみは、4Lの表面部と中央部に対して埋込み型ひずみ計をx, y, zの3方向に設置し、埋込み型ひずみ計にて計測したひずみ（全ひずみから温度ひずみを控除したひずみ）から、無応力計にて計測した自己収縮ひずみを差し引くことで有効ひずみを算出した。

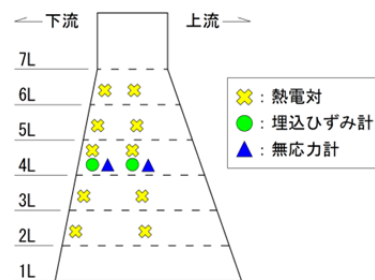


図-3 モニタリング計画

キーワード 砂防堰堤, 試験施工, 打設間隔, 温度応力解析, 温度ひび割れ, モニタリング

連絡先 〒500-8384 岐阜市藪田南 3-1-21 大日コンサルタント(株) TEL 058-271-2508

4. 強度特性試験結果

コンクリートの打設日、打込み温度、外気温の計測結果を反映した 4L 中央の解析結果（評価式による推定値）と計測結果との対比を図-4 に示す。圧縮強度は、解析が計測よりも低めの値を示し、引張強度は、解析と計測が概ね一致したため、強度の評価式は妥当であることを確認した。また、静弾性係数は、解析が計測よりも高めの値を示し、応力の解析値が安全側になることから、静弾性係数の評価式は安全側であることを確認した。

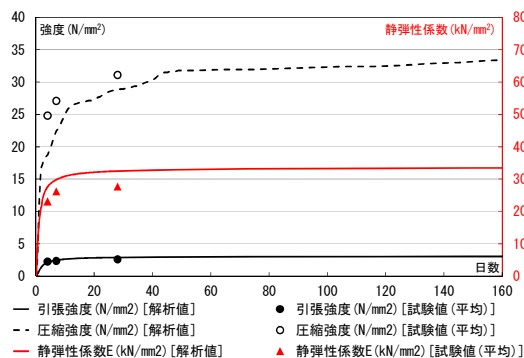


図-4 圧縮強度・割裂引張強度・静弾性係数

5. 堤体温度の温度フィッティング解析

フィッティング解析の基本ケースとして、コンクリートの打設日、打込み温度、外気温の計測結果を反映した温度解析の結果、材齢初期は解析と計測が比較的一致するが、堤体の温度が低下していく過程で差異が生じることがわかった。今回は、ひび割れ指数が最小値を示すのが打設後約 250 日経過後であるため、温度低下の過程のフィッティングを試みた。

フィッティング解析では、堤体温度に影響する表-1 の項目に対し、「マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016」で示される標準値の範囲内で熱特性値の変更を行った。堤体温度のフィッティング後は、図-5 に示すように、最高温度到達以降において堤体温度がよく合致する結果となった。

表-1 フィッティング解析における熱特性値

項目	標準値	フィッティング前	フィッティング後
コンクリートの熱伝導率 (W/m・℃)	2.6~2.8	2.7	2.6
コンクリートの比熱 (kJ/kg・℃)	1.05~1.26	1.15	1.26
コンクリート表面の熱伝達率 (W/m²・℃)	5~14	14	8
下流側埋設型枠の熱伝達率 (W/m²・℃)	—	8	6

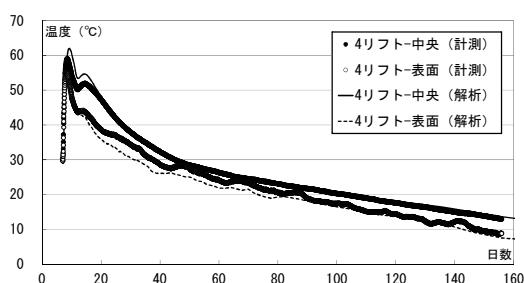


図-5 堤体温度フィッティング後の温度履歴

6. 有効ひずみの解析値と計測値の対比

有効ひずみの解析値と計測値の対比を図-6 に示す。解析値は、堤体温度フィッティング後の応力解析結果である。x 軸（ダム軸）方向は、中央部、表面部ともに、圧縮側で推移する傾向が解析値と計測値で合致する。y 軸（上下流）方向は、解析では表面部が材齢 32 日以降に引張ひずみに転じるが、計測では転じていない。z 軸（鉛直）方向は、解析では中央部が最高温度到達時以降にひび割れ限界ひずみ（引張強度を有効ヤング係数で除した値）を超える引張ひずみが推移するが、計測では圧縮ひずみが推移する。

以上より、解析では水平方向のひび割れの危険性が高くなるが、計測結果からはひび割れの危険性が低いことを確認した。なお、現時点において実構造物にひび割れの発生は認められていない。

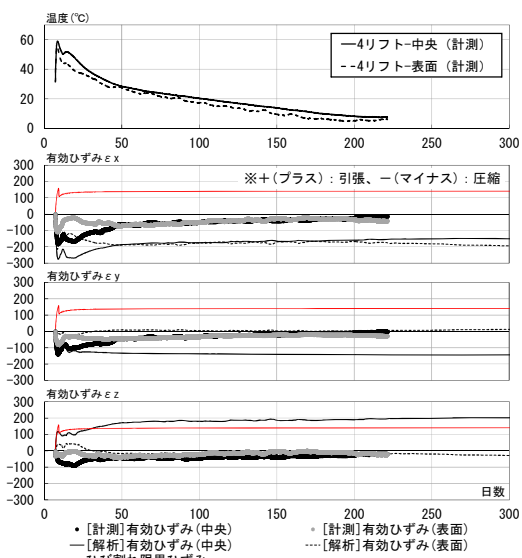


図-6 堤体温度および有効ひずみの対比

7. 結論

砂防堰堤垂直壁において、ひび割れ指数最小値が従来の打設間隔で施工した場合と同程度となるように、養生方法変更等の対策を実施した上で打設間隔を短縮した結果、解析は温度ひび割れを安全側に評価しており、実構造物では温度ひび割れの危険性が低いことを有効ひずみの結果と経過観察から確認した。

謝辞 株式会社田邊所長の多大なるご協力と岐阜大学森本名誉教授の貴重なご指導を賜り、感謝の意を表す。

【参考文献】 1)土木学会「2017 年制定 コンクリート標準示方書」

2)日本コンクリート工学会「マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016」