

# 砂防堰堤腹付時のコンクリート品質向上のための現地試験施工について

四国山地砂防事務所 工務課 泉 佳樹

既設砂防堰堤水通し断面を切り下げて透過型に改良する場合、堤体の安定性を確保するために堰堤への腹付けコンクリートやアンカー工法等による補強を行っている。

本報告では、腹付けコンクリートによる補強を行った場合にコンクリート構造物としての一体性を損なわないよう、コンクリートの品質向上（ひび割れ防止等）に向けた試験施工を行った。

キーワード 土砂災害，ひび割れ対策，目地，混和剤

## 1. はじめに

平成25年の伊豆大島の土石流災害の流木被害等を踏まえ、平成28年4月に砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）が改訂され、土石流により土砂とともに流出する流木等を全て補足するためには、透過構造を有する施設（透過型砂防堰堤、部分透過型砂防堰堤、流木補足工等）を原則とすることとなった。

このため、既設の不透過型砂防堰堤については、流木の補足効果を高める必要があることから、流木補足工の設置を行う等の改良を行い、既設堰堤の有効活用を積極的に進めているところである。

一方で、既設砂防堰堤の水通しを切り下げて、透過型砂防堰堤に改良する際、堤体の安定条件を満足しない場合は、増厚（コンクリートによる腹付け）等により既設堤体を補強するなどの対策が必要となる。

本報告では、渋谷第2号堰堤（重信川水系表川）の改良工事において腹付けコンクリートの品質向上を目的として、コンクリートの施工条件を変えて実施した現地試験施工の調査結果を報告する。

## 2. 砂防堰堤腹付時のコンクリート品質についての分析

渋谷第2号堰堤改良の過年度工事（令和元～2年度）では、先行的に堰堤下部の一部でコンクリートによる腹付け補強を行った結果、腹付けコンクリートの中央付近に幅0.25mmのひび割れが生じた。（写真-1）また、事務所管内では8箇所腹付けコンクリートによる補強を実施しており、そのうち5箇所でひび割れが確認されているが、これらのひび割れは、既設の堰堤が拘束体になったことによる乾燥収縮ひび割れであると考えられる。

今回報告する渋谷第2号堰堤においても、同様の乾燥収縮によるひび割れが発生する可能性が高いと考えられるため、腹付けによるコンクリートの品質を向上させることを目的に試験施工を検討した。



写真-1 過年度工事で生じたひび割れ (0.25mm)

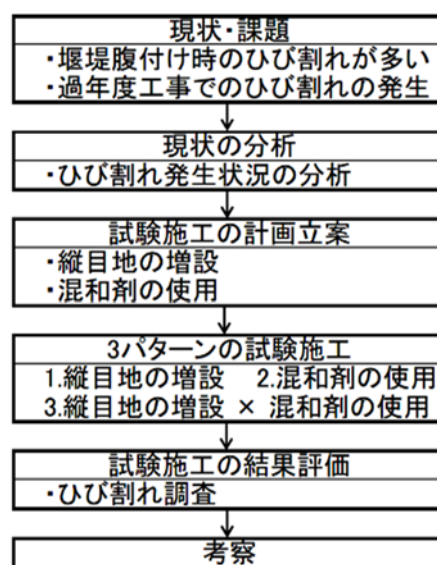


図-1 本報告の検討フロー

3. 現地試験施工の計画立案

渋谷第2号堰堤は昭和55年に建設された砂防堰堤であり、令和2年度に流木等の補足効果を向上するために鋼製スリットを設置するとともに、既設堰堤のコンクリートによる腹付け補強を行った。

補強方法は、既設堤体にコンクリートの打継増厚を行うことで堰堤断面を拡大し、堤体の安定性を確保する工法である。本工事では、透過型堰堤化に伴う安定性確保のため、堤体下流側に1.5mの腹付け補強を行った。

なお、ひび割れ防止のための試験施工と今後の考察について、図-1の検討フローによりとりまとめた。

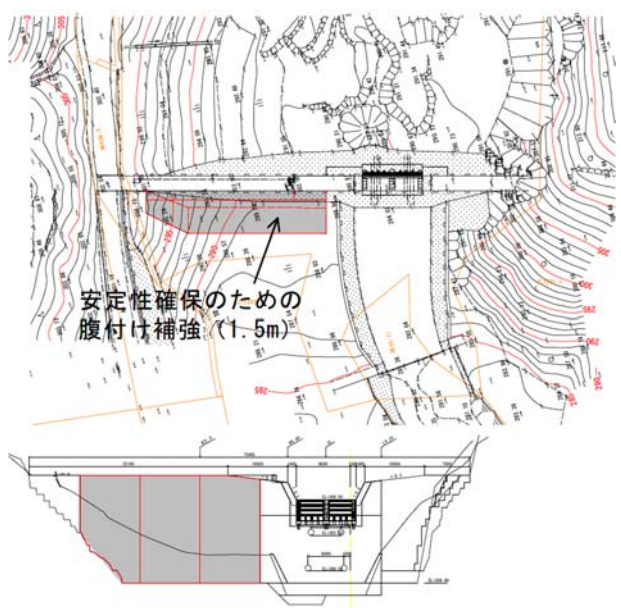


図-2 渋谷第2号堰堤腹付け補強図面

本工事の腹付け及びひび割れ対策は、図-3の手順で施工した。ひび割れ対策としては、⑥型枠目地増設、⑦混和剤使用とした。また、対策効果を比較するため、ケース①は混和剤の使用のみ、ケース②は縦目地の増設のみ、ケース③は、混和剤の使用と縦目地の増設を併用して施工した。

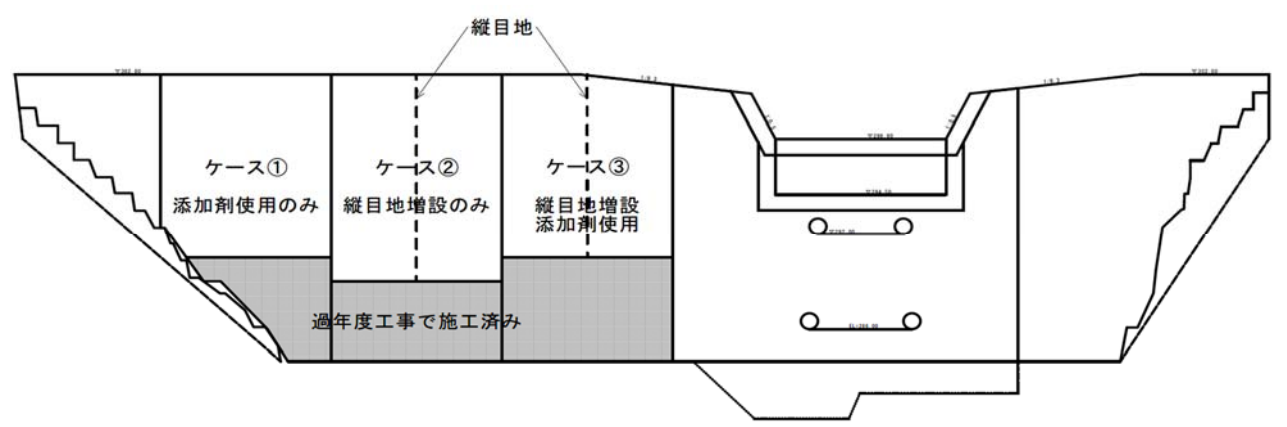
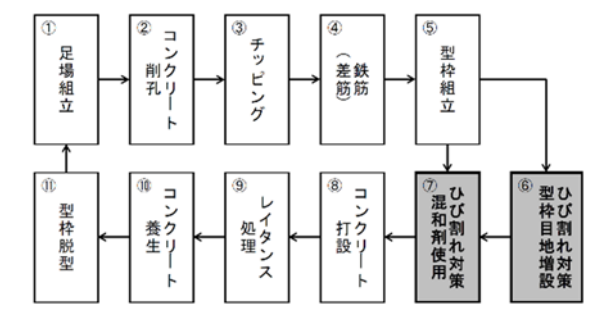


図-4 3ケースの試験施工



※ケース①で⑦、ケース②で⑥、ケース③で⑥⑦を施工する。

図-3 渋谷第2号堰堤腹付けの手順



写真-2 渋谷第2号堰堤 (改良前)

4. 現地試験施工の実施

渋谷第2号堰堤では、腹付けコンクリートのひび割れ対策として、条件の異なる3ケースで試験施工を行った。(表-1、図-4)

表-1 試験施工の条件比較表

| 施工箇所 | 縦目地増設 | 混和剤使用 | 特徴          |
|------|-------|-------|-------------|
| ケース① | ×     | ○     | コンクリート収縮の低減 |
| ケース② | ○     | ×     | 外部拘束の緩和     |
| ケース③ | ○     | ○     | 上記併用        |

### (1) コンクリート混和剤の使用（ケース①）

ケース①は、混和剤FD-15（NETIS番号：KT-160012-VE）のみを使用した。試験練りが不要で配合の変更が必要ないため、コンクリートはJIS製品として使用した。収縮を低減し、ひび割れを抑制することを期待して採用した。

### (2) 縦目地の増設（ケース②）

ケース②は、1ブロックをL=5mとして縦目地を増設した。コンクリートは、1ブロックをL=10mで施工することが一般的であるが、過年度工事のひび割れ原因である乾燥収縮は、既設堰堤に外部拘束されたことにより発生した。外部拘束は、打設するコンクリートの長さ（L）と高さ（H）の比（L/H）に大きく影響し、その比が小さいほど拘束は緩和される。また、部材寸法を小さくすることで、水和熱の発生が低減することを期待して採用した。

### (3) 縦目地増設・混和剤使用（ケース③）

ケース③は、過年度工事で多くひび割れが確認された箇所であり、本工事で最もひび割れの発生が懸念されることから、縦目地の増設と混和剤を併用して施工した。縦目地の増設により、部材寸法を小さくして水和熱の発生を抑制するとともに混和剤の使用により、コンクリートの収縮を低減させる効果を期待して採用した。

表-2 ひび割れ幅調査結果（2021年9月）

| 測定箇所                   |      | 測定値（mm）     |             |            |
|------------------------|------|-------------|-------------|------------|
|                        |      | 2021. 9. 23 | 2021. 10. 4 | 2022. 4. 1 |
| ケース①<br>混和剤<br>使用のみ    | ①-8  | 0.15        | 0.15        | －          |
|                        | ①-9  | 0.15        | 0.15        | －          |
|                        | ①-13 | 0.08        | 0.15        | 0.20       |
| ケース②<br>縦目地増設のみ        |      | なし          |             |            |
| ケース③<br>縦目地増設<br>混和剤使用 |      | なし          |             |            |

※①-8、①-9は、2021年10月8日に埋戻しを実施しており、それ以降は測定していない。

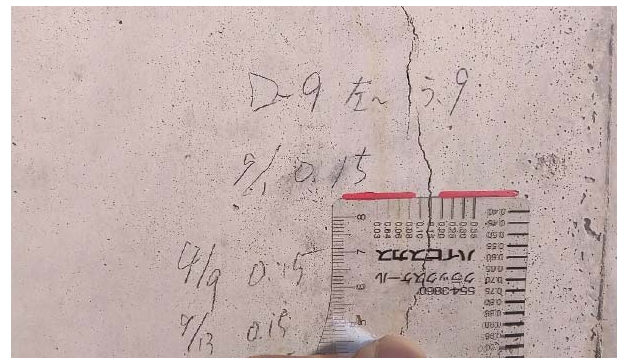


写真-3 ひび割れの様子

（①-9 0.15mm 2021年10月4日）

## 5. ひび割れ調査について

上記工法での試験施工を行い、渋谷第2号堰堤におけるひび割れ対策の効果を確認するため、工事完成後にひび割れ調査を行った。

### (1) ひび割れ調査結果について

調査の結果、混和剤のみで施工したケース①でひび割れが確認された。なお、ひび割れ幅は、①-8、①-9で最大0.15mm、①-13で最大0.20mmであった。また、ケース②、③では、ひび割れは確認されなかった。（表-2、図-6、写真-3）

### (2) その他のコンクリート品質判断項目

目視で、堰堤を確認した結果、各ケースの表面にエフロレッセンス（白華現象）、錆び汁（鉄筋の錆び）の溶出は確認されなかった。また、ケース①では、ジャンカ（コンクリートのスランプ低下が著しい場合や打設時の締固めが不十分な場合に発生する）や砂すじ（過度に締め固めた場合に発生する）などが一部で確認された。

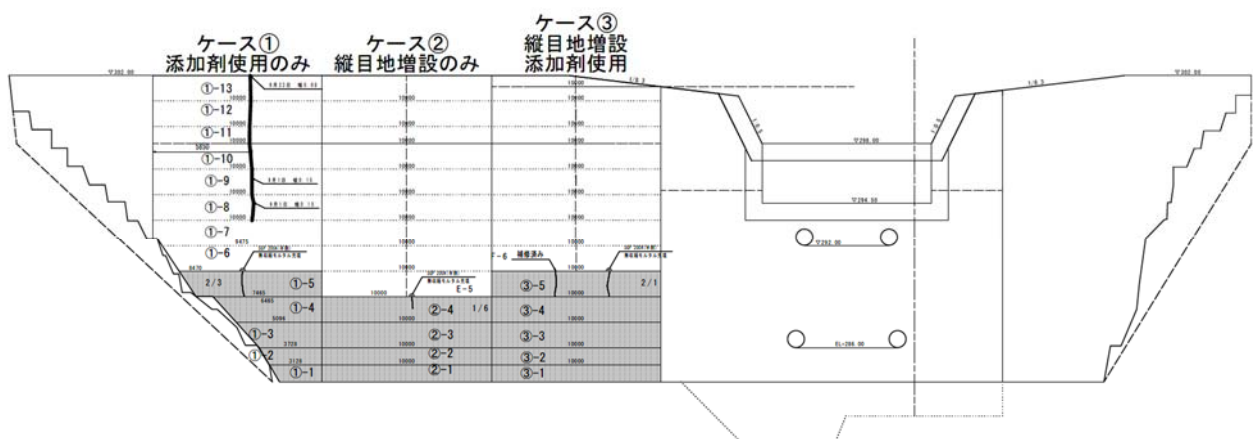


図-6 ひび割れ調査の結果





写真-4 ジャンカ（ケース①）



写真-5 砂すじ（ケース①）

### (3) 試験結果からの考察

ひび割れの発生は、様々な要因が考えられるため特定が困難であるが、セメントの水和熱が主原因で、次に乾燥収縮及び自己収縮が影響すると推定される。本工事では、①既設堰堤が拘束体になったこと、②打設したコンクリートの長さ（L）と高さ（H）の比（L/H）が大きかったこと、③打設時の気温が25℃を超えており、気象条件が高温であったことなどが原因として考えられる。また、温度差が大きいほど発生する応力が大きくなり、既設堰堤の拘束による引張強度を超える引張応力が発生したため、ひび割れが発生したと考えられる。

なお、コンクリート打設時の現場条件は、ひび割れが発生したいずれのケースともに平均気温が25℃以上の高温であったため（表-3、表-4）、暑中コンクリートを使用して施工した。なお、打設時は直射日光・風による水分の逸散を防ぐため、ブルーシートや養生用マットで覆う等の対策は行った。

表-3 打設時の気象条件

| 打込み箇所 | 打込み日      | 平均気温 | 平均湿度 | 気象条件 |
|-------|-----------|------|------|------|
| ①-8   | 令和3年8月2日  | 28℃  | 70%  | 高温   |
| ①-9   | 令和3年8月10日 | 26℃  | 76%  | 高温   |
| ①-13  | 令和3年9月13日 | 25℃  | 73%  | 高温   |

表-4 気象条件の目安

| 打込み時の気象条件 | 目安                                  |
|-----------|-------------------------------------|
| 高温        | 打設日の日平均気温が25℃以上、または打込み時点での外気温が25℃以上 |
| 低温        | 打設日の日平均気温4℃以下                       |
| 低湿        | 湿度が60%に満たないもの                       |

## 6. おわりに

今回の現地試験施工で実施した混和剤の使用と縦目地の増設による効果を比較すると、縦目地を増設して部材断面を縮小する対策が効果的であることが判明した。また、堰堤に腹付けコンクリートを施工する場合、既設堰堤が拘束体になることや気象条件等の影響により、混和剤のみではひび割れ抑制の効果が不十分になる可能性がある。本工事で行った対策以外にも、熱膨張係数の小さい骨材（石灰石など）や膨張剤、自己収縮の小さいセメント（低温ポルトランドセメント等）などを使用することで、温度ひび割れを制御できるのではないかと考えられる。

今後は、本事例のような新技術を積極的に取り入れつつ既存技術との調和を図りながら、腹付けコンクリート施工によるひび割れ抑制対策の検討を継続することが重要であると考えている。



写真-6 渋谷第2号堰堤（改良後）

### 参考文献

日本コンクリート工学会  
コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針

### 謝辞

本稿の作成にあたり、多くのご助言を頂いた方々に深謝の意を表する。