

## 流水型ダムのカートングラウチングの合理化に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 22～平 25

担当チーム：水工研究グループ（ダム構造物）

研究担当者：山口嘉一、佐藤弘行

### 【要旨】

河川環境保全の観点から洪水調節用放流設備を河床標高付近に設置することで、常時の水位上昇を抑えるとともに土砂等の流下を促進する流水型ダムの計画が増加している。流水型ダムにおいては、常時満水位(NWL)が河床標高付近に存在し、NWLからサーチャージ水位(SWL)間のアバットメント部の基礎地盤については洪水時に一時的に水浸するのみである。そのため、基礎浸透の非正常性を考慮することで、カートングラウチングの基礎浅部における改良目標値の緩和や深度（範囲）の短縮（縮小）などの合理化が行える可能性がある。ただし、合理化検討に当たっては、合理化検討が可能となる地盤条件を明確にした上で、グラウチング処理部および未処理部の透水性のばらつきが集中的な浸透の発生を引き起こす可能性についても考慮する必要がある。

平成 23 年度は、グラウチング技術指針の改訂（平成 15 年）の約 2 年前から現在までに試験湛水を行った国交省所管 78 ダムのカートングラウチングについての資料の収集を行い、カートングラウチングの合理化内容について整理を行い、流水型ダムのカートングラウチングにおいても合理化を図ることができる可能性のある項目の抽出を行った。また、空間的な相関を再現可能な透水性のばらつきが発生方法の確認とカートングラウチングの深度による影響の基礎的検討として、二次元定常浸透流解析を行い、統計的なばらつきと空間的な相関を両方保持する乱数の発生方法を提案した。

キーワード：流水型ダム、カートングラウチング、合理化

### 1. はじめに

河川環境保全の観点から洪水調節用放流設備を河床標高付近に設置することで、常時の水位上昇を抑えるとともに土砂等の流下を促進する流水型ダムの計画が増加している。

現行のダムの基礎処理、主にカートングラウチングの計画設計においては、湛水に伴う浸透現象の非正常性を考慮せず、設計上安全側の対応として定常問題として扱っている。しかし、流水型ダムにおいては、常時満水位(NWL)が河床標高付近に存在し、NWLからサーチャージ水位(SWL)間のアバットメント部の基礎地盤については洪水時に一時的に水浸するのみである。そのため、基礎浸透の非正常性を考慮することで、カートングラウチングの基礎浅部における改良目標値の緩和や深度（範囲）の短縮（縮小）などの合理化の可能性を積極的に検討し、ダムの安全性を確保した上でその建設コストの縮減を図る必要がある。ただし、合理化検討に当たっては、合理化検討が可能となる地盤条件を明確にした上で、グラウチング処理部および未処理部の透水性のばらつきが集中的な浸透の発生を引き起こす可能性についても考慮する必要がある。

平成 23 年度は、グラウチング技術指針の改訂（平

成 15 年）<sup>1)</sup>の約 2 年前から現在までに試験湛水を行った国交省所管 78 ダムのカートングラウチングについての資料の収集を行い、カートングラウチングの合理化内容について整理を行い、流水型ダムのカートングラウチングにおいても合理化を図ることができる可能性のある項目の抽出を行った。また、空間的な相関を再現可能な透水性のばらつきが発生方法の確認とカートングラウチングの深度による影響の基礎的検討として、二次元定常浸透流解析を行い、統計的なばらつきと空間的な相関を両方保持する乱数の発生方法を提案した。

### 2. カートングラウチングの基礎的資料の整理

#### 2.1 調査対象ダム

グラウチング技術指針の改訂（平成 15 年）の約 2 年前から現在までに試験湛水を行った国交省所管 78 ダムのカートングラウチングについて、基本設計会議（試験湛水）資料をもとに、合理化内容についての整理を行った。対象ダムは、表 2-1 に示す 78 ダムである。表 2-1 は、試験湛水の基本設計会議が実施された順番にダムを記載している。なお、表 2-1 に示すダムのうち、宮崎生活貯水池、小田ダム、真締川ダムの 3 ダムにつ

いてはカーテングラウチングが実施されておらず、浅虫ダムについては堤体部のカーテングラウチングが実

施されていないため、実質的には74ダムが調査対象ダムである。

表 2-1 調査対象ダム

| 整理番号 | ダム名      | 事業者  | 所在地<br>都道府県 | ダム型式      | ダム高   | 整理番号 | ダム名       | 事業者  | 所在地<br>都道府県 | ダム型式      | ダム高     |
|------|----------|------|-------------|-----------|-------|------|-----------|------|-------------|-----------|---------|
|      |          |      |             |           | (m)   |      |           |      |             |           | (m)     |
| 1    | 羽地ダム     | 沖縄総合 | 沖縄県         | ロックフィル    | 66.5  | 41   | 湯免生活貯水池   | 山口県  | 山口県         | 重力式コンクリート | 46.0    |
| 2    | 沖田ダム     | 宮崎県  | 宮崎県         | 重力式コンクリート | 36.0  | 42   | 灰塚ダム      | 中国地整 | 広島県         | 重力式コンクリート | 50.0    |
| 3    | 都川内ダム    | 佐賀県  | 佐賀県         | 重力式コンクリート | 31.5  | 43   | 益田川ダム     | 島根県  | 島根県         | 重力式コンクリート | 48.0    |
| 4    | 姉川ダム     | 滋賀県  | 滋賀県         | 重力式コンクリート | 80.5  | 44   | 山田川生活貯水池  | 広島県  | 広島県         | 重力式コンクリート | 32.1    |
| 5    | 浅虫ダム     | 青森県  | 青森県         | 重力式コンクリート | 9.0   | 45   | 滝沢ダム      | 水機構  | 埼玉県         | 重力式コンクリート | 132.0   |
| 6    | 久婦須川ダム   | 富山県  | 富山県         | 重力式コンクリート | 95.0  | 46   | 青野大師生活貯水池 | 静岡県  | 岐阜県         | 重力式コンクリート | 39.5    |
| 7    | 粟井生活貯水池  | 香川県  | 香川県         | 重力式コンクリート | 42.0  | 47   | 以布利生活貯水池  | 高知県  | 高知県         | 重力式コンクリート | 30.5    |
| 8    | 上ノ国ダム    | 北海道  | 北海道         | 重力式コンクリート | 51.3  | 48   | 梶毛ダム      | 岡山県  | 広島県         | 重力式コンクリート | 49.0    |
| 9    | 大長見ダム    | 島根県  | 島根県         | 重力式コンクリート | 71.5  | 49   | 忠別ダム      | 開発局  | 北海道         | 複合        | 86/78.5 |
| 10   | 柿崎川ダム    | 新潟県  | 新潟県         | ロックフィル    | 54.0  | 50   | 笛吹ダム      | 長崎県  | 長崎県         | 重力式コンクリート | 59.8    |
| 11   | 福智山ダム    | 福岡県  | 福岡県         | 重力式コンクリート | 64.5  | 51   | 綱木川ダム     | 山形県  | 山形県         | ロックフィル    | 74.0    |
| 12   | 小仁熊ダム    | 長野県  | 長野県         | 重力式コンクリート | 36.5  | 52   | 岩井川ダム     | 奈良県  | 奈良県         | 重力式コンクリート | 55.0    |
| 13   | 小里川ダム    | 中部地整 | 岐阜県         | 重力式コンクリート | 114.0 | 53   | 徳山ダム      | 水機構  | 岐阜県         | ロックフィル    | 161.0   |
| 14   | 宮崎生活貯水池  | 長崎県  | 長崎県         | アースフィル    | 27.0  | 54   | 大和ダム      | 鹿児島県 | 鹿児島県        | 重力式コンクリート | 45.0    |
| 15   | 川辺ダム     | 鹿児島県 | 鹿児島県        | 重力式コンクリート | 53.5  | 55   | 琴川ダム      | 山梨県  | 山梨県         | 重力式コンクリート | 64.0    |
| 16   | 大滝ダム     | 近畿地整 | 奈良県         | 重力式コンクリート | 100.0 | 56   | 中木庭ダム     | 佐賀県  | 佐賀県         | 重力式コンクリート | 69.5    |
| 17   | 世増ダム     | 青森県  | 青森県         | 重力式コンクリート | 52.0  | 57   | 但東生活貯水池   | 兵庫県  | 兵庫県         | 重力式コンクリート | 25.7    |
| 18   | 竹谷生活貯水池  | 岡山県  | 岡山県         | 重力式コンクリート | 38.0  | 58   | 笹倉ダム      | 島根県  | 島根県         | 重力式コンクリート | 36.2    |
| 19   | 四川ダム     | 広島県  | 広島県         | 重力式コンクリート | 58.9  | 59   | 真綿川ダム     | 山口県  | 山口県         | アースフィル    | 21.9    |
| 20   | 上津浦生活貯水池 | 熊本県  | 熊本県         | 重力式コンクリート | 54.0  | 60   | 伊木カダム     | 長崎県  | 長崎県         | 重力式コンクリート | 41.7    |
| 21   | 摺上川ダム    | 東北地整 | 福島県         | ロックフィル    | 105.0 | 61   | 木戸ダム      | 福島県  | 福島県         | 重力式コンクリート | 93.5    |
| 22   | 余地生活貯水池  | 長野県  | 長野県         | 重力式コンクリート | 42.0  | 62   | 高浜ダム      | 長崎県  | 長崎県         | 重力式コンクリート | 35.0    |
| 23   | 三河沢ダム    | 栃木県  | 栃木県         | 重力式コンクリート | 48.5  | 63   | 横川ダム      | 北陸地整 | 山形県         | 重力式コンクリート | 72.5    |
| 24   | 東郷生活貯水池  | 鳥取県  | 鳥取県         | 重力式コンクリート | 39.5  | 64   | 大内ダム      | 秋田県  | 秋田県         | 重力式コンクリート | 27.6    |
| 25   | 我喜屋生活貯水池 | 沖縄県  | 沖縄県         | 重力式コンクリート | 33.0  | 65   | 浄土寺川ダム    | 福井県  | 福井県         | 重力式コンクリート | 72.0    |
| 26   | 深城ダム     | 山梨県  | 山梨県         | 重力式コンクリート | 87.0  | 66   | 福富ダム      | 広島県  | 広島県         | 重力式コンクリート | 58.0    |
| 27   | つづら生活貯水池 | 長崎県  | 長崎県         | 重力式コンクリート | 21.6  | 67   | 太田川ダム     | 静岡県  | 静岡県         | 重力式コンクリート | 70.0    |
| 28   | 苦田ダム     | 中国地整 | 岡山県         | 重力式コンクリート | 74.0  | 68   | みくまりダム    | 兵庫県  | 兵庫県         | 重力式コンクリート | 26.0    |
| 29   | 鹿路ダム     | 北海道  | 北海道         | 重力式コンクリート | 48.9  | 69   | 留萌ダム      | 開発局  | 北海道         | ロックフィル    | 41.2    |
| 30   | 朝鍋ダム     | 鳥取県  | 鳥取県         | 重力式コンクリート | 45.0  | 70   | 藤波ダム      | 福岡県  | 福岡県         | ロックフィル    | 52.0    |
| 31   | 九谷ダム     | 石川県  | 石川県         | 重力式コンクリート | 75.8  | 71   | 西岡生活貯水池   | 北海道  | 北海道         | ロックフィル    | 31.0    |
| 32   | 榎谷ダム     | 北陸農政 | 福井県         | ロックフィル    | 100.4 | 72   | 大保脇ダム     | 沖縄総合 | 沖縄県         | ロックフィル    | 66.0    |
| 33   | 小山ダム     | 茨城県  | 茨城県         | 重力式コンクリート | 65.0  | 73   | 長井ダム      | 東北地整 | 山形県         | 重力式コンクリート | 125.5   |
| 34   | 石井ダム     | 兵庫県  | 兵庫県         | 重力式コンクリート | 66.2  | 74   | 砂子沢ダム     | 秋田県  | 秋田県         | 重力式コンクリート | 78.5    |
| 35   | 河平生活貯水池  | 岡山県  | 岡山県         | 重力式コンクリート | 38.5  | 75   | 志津見ダム     | 中国地整 | 島根県         | 重力式コンクリート | 81.0    |
| 36   | 小浦生活貯水池  | 長崎県  | 長崎県         | 重力式コンクリート | 28.5  | 76   | 北河内ダム     | 石川県  | 石川県         | 重力式コンクリート | 47.0    |
| 37   | 中野方生活貯水池 | 岐阜県  | 岐阜県         | 重力式コンクリート | 41.7  | 77   | 森吉山ダム     | 東北地整 | 秋田県         | ロックフィル    | 89.9    |
| 38   | 鷹生ダム     | 岩手県  | 岩手県         | 重力式コンクリート | 77.0  | 78   | 嘉瀬川ダム     | 九州地整 | 佐賀県         | 重力式コンクリート | 97.0    |
| 39   | 小田ダム     | 東北農政 | 宮城県         | ロックフィル    | 43.5  |      |           |      |             |           |         |
| 40   | 三室川ダム    | 岡山県  | 岡山県         | 重力式コンクリート | 74.5  |      |           |      |             |           |         |

2.2 調査対象ダムの型式

図 2-1 に、調査対象 78 ダムの、型式別のダム数を示す。調査対象ダムのうち、重力式コンクリートダムが 63 基 (80.8%)、ロックフィルダムが 12 基 (15.4%)、アースフィルダムが 2 基 (2.6%)、複合ダムが 1 基 (1.3%)、となっており、重力式コンクリートダムの割合が大きくなっている。

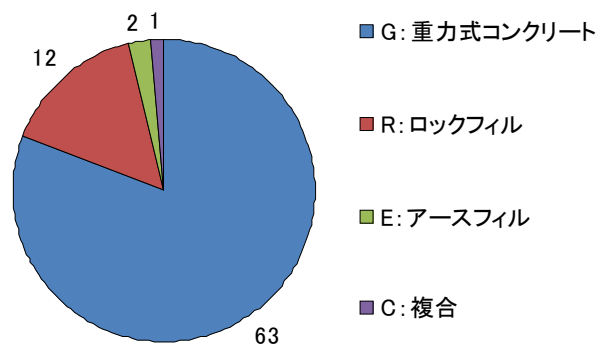


図 2-1 調査対象ダムの型式別ダム数 (全 78 ダム)

表 2-2 調査対象ダムのカーテングラウチングの適用指針と計画および施工仕様の変更

| 整理番号 | ダム名  | ダム型式 | ダム高 (m) | 適用指針      |     |           | 計画の変更           |         |       |        |       | 施工仕様の変更 |        |         |        |         |        |       |
|------|------|------|---------|-----------|-----|-----------|-----------------|---------|-------|--------|-------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|-------|
|      |      |      |         | 実施設計 (当初) | 着手時 | 変更時 (施工中) | 1 施工範囲          | 2 改良目標値 | 3 孔間隔 | 4 追加基準 | 5 その他 | 1 注入圧力  | 2 配合切替 | 3 水押し試験 | 4 注入材料 | 5 追加・省略 | 6 延伸基準 | 7 その他 |
| 1    | 羽地   | R    | 66.5    | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         | 3     |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 2    | 沖田   | G    | 36.0    | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 | 1       |       |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 3    | 都川内  | G    | 31.5    | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         |       |        | 4     |         | 2      |         |        |         |        |       |
| 4    | 姉川   | G    | 80.5    | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         |       |        |       |         |        | 5       | 1      |         |        |       |
| 5    | 浅虫   | G    | 9.0     |           |     |           | 堤体部カーテングラウチング無し |         |       |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 6    | 久婦須川 | G    | 95.0    | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         |       |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 7    | 粟井   | G    | 42.0    | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         | 3     |        |       |         | 2      |         |        | 5       | 6      | 7     |
| 8    | 上ノ国  | G    | 51.3    | 旧指針       | 旧指針 | -         | 1               | 3       |       |        |       | 1       | 2      | 3       | 4      | 5       |        |       |
| 9    | 大長見  | G    | 71.5    | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         |       |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 10   | 柿崎川  | R    | 54.0    | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         |       |        | 5     |         |        |         |        |         |        |       |
| 11   | 福智山  | G    | 64.5    | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         |       |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 12   | 小仁熊  | G    | 36.5    | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 | 2       | 3     |        |       | 1       | 2      | 3       |        | 5       |        | 7     |
| 13   | 小里川  | G    | 114.0   | 旧指針       | 旧指針 | -         | 1               |         |       |        |       |         |        | 3       |        |         |        |       |
| 14   | 宮崎   | E    | 27.0    |           |     |           | カーテングラウチング無し    |         |       |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 15   | 川辺   | G    | 53.5    | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         |       |        |       |         | 1      | 2       | 3      | 4       |        | 7     |
| 16   | 大滝   | G    | 100.0   | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         |       |        |       |         |        |         | 3      |         |        |       |
| 17   | 世壇   | G    | 52.0    | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         | 3     |        |       | 1       | 2      | 3       |        |         |        | 7     |
| 18   | 竹谷   | G    | 38.0    | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         |       |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 19   | 四川   | G    | 58.9    | 旧指針       | 旧指針 | -         | 1               |         |       |        |       |         |        |         | 4      |         |        | 7     |
| 20   | 上津浦  | G    | 54.0    | 旧指針       | 試行案 | -         |                 | 2       |       |        |       | 1       |        |         |        |         |        | 7     |
| 21   | 摺上川  | R    | 105.0   | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         |       |        |       |         |        |         |        | 5       |        |       |
| 22   | 余地   | G    | 42.0    | 旧指針       | 旧指針 | 試行案       |                 | 2       | 3     |        | 5     |         | 2      |         |        |         |        | 7     |
| 23   | 三河沢  | G    | 48.5    | 旧指針       | 旧指針 | -         | 1               |         |       |        |       |         | 1      | 3       |        |         |        |       |
| 24   | 東郷   | G    | 39.5    | 旧指針       | 旧指針 | 試行案       | 1               | 2       | 3     |        |       | 1       | 3      |         |        |         |        |       |
| 25   | 我喜屋  | G    | 33.0    | 旧指針       | 試行案 | -         |                 | 2       | 3     |        |       | 1       | 3      |         |        |         |        |       |
| 26   | 深城   | G    | 87.0    | 旧指針       | 旧指針 | 試行案       |                 | 2       |       | 4      |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 27   | つづら  | G    | 21.6    | 旧指針       | 試行案 | -         | 1               | 2       | 3     |        |       | 1       | 2      | 3       |        |         |        |       |
| 28   | 苦田   | G    | 74.0    | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         |       |        |       |         |        |         |        | 5       |        |       |
| 29   | 庶路   | G    | 48.9    | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         |       |        |       | 1       | 3      |         |        |         |        |       |
| 30   | 朝鍋   | G    | 45.0    | 旧指針       | 新指針 | -         | 1               | 3       |       |        |       | 1       | 2      |         |        |         |        | 7     |
| 31   | 九谷   | G    | 75.8    | 旧指針       | 旧指針 | 試行案       |                 | 2       | 3     |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 32   | 榎谷   | R    | 100.4   | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         |       |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 33   | 小山   | G    | 65.0    | 旧指針       | 新指針 | -         | 1               | 2       |       |        | 5     |         |        |         | 4      |         |        |       |
| 34   | 石井   | G    | 66.2    | ?         | ?   | 試行案       | -               |         |       |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 35   | 河平   | G    | 38.5    | 旧指針       | 試行案 | 新指針       | 1               | 2       | 3     |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 36   | 小浦   | G    | 28.5    | 旧指針       | 試行案 | -         |                 | 1       | 2     | 3      |       | 1       | 2      |         |        |         |        |       |
| 37   | 中野方  | G    | 41.7    | 旧指針       | 試行案 | 新指針       | 1               | 2       | 3     |        |       | 1       | 3      |         |        |         |        |       |
| 38   | 鷹生   | G    | 77.0    | 旧指針       | 試行案 | 新指針       | 1               | 2       | 3     | 4      |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 39   | 小田   | R    | 43.5    |           |     |           | カーテングラウチング無し    |         |       |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 40   | 三塞川  | G    | 74.5    | 旧指針       | 旧指針 | 新指針       | 1               | 2       | 3     |        |       | 1       |        |         |        |         |        |       |
| 41   | 湯免   | G    | 46.0    | 旧指針       | 新指針 | -         |                 | 2       |       |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 42   | 灰塚   | G    | 50.0    | 旧指針       | 試行案 | -         | 1               | 2       |       |        |       | 1       | 3      |         | 5      |         |        |       |
| 43   | 益田川  | G    | 48.0    | 旧指針       | 試行案 | -         |                 | 2       | 3     |        |       |         |        |         |        | 6       | 7      |       |
| 44   | 山田川  | G    | 32.1    | 旧指針       | 試行案 | -         |                 | 1       | 2     | 3      |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 45   | 滝沢   | G    | 132.0   | 旧指針       | 試行案 | -         |                 | 1       | 2     | 3      |       | 1       | 3      |         | 5      |         |        |       |
| 46   | 青野大師 | G    | 39.5    | 旧指針       | 旧指針 | 試行案       |                 | 2       | 3     |        |       | 1       | 2      | 3       |        |         |        | 7     |
| 47   | 以布利  | G    | 30.5    | 旧指針       | 試行案 | -         |                 | 2       | 3     |        |       | 1       | 3      |         |        |         |        |       |
| 48   | 梶毛   | G    | 49.0    | 旧指針       | 新指針 | -         |                 | 1       | 2     | 3      |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 49   | 忠吹   | C    | 86/78.5 | 旧指針       | 旧指針 | -         |                 |         |       |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 50   | 笛吹   | G    | 59.8    | 旧指針       | ?   | 試行案       | 1               | 2       | 3     |        |       |         | 2      | 3       | 5      | 7       |        |       |
| 51   | 綱木川  | R    | 74.0    | 旧指針       | 旧指針 | 試行案       | 1               | 2       | 3     |        |       | 1       | 3      |         | 5      |         |        |       |
| 52   | 岩井川  | G    | 55.0    | 旧指針       | 新指針 | -         |                 |         | 3     |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 53   | 徳山   | R    | 161.0   | 試行案       | 新指針 | -         | 1               | 2       | 3     |        |       | 1       | 2      | 3       | 4      | 5       | 7      |       |
| 54   | 大和   | G    | 45.0    | 旧指針       | 新指針 | -         |                 | 1       | 2     | 3      |       | 1       |        |         |        |         |        |       |
| 55   | 琴川   | G    | 64.0    | 旧指針       | 新指針 | -         |                 | 1       | 2     | 3      |       | 1       | 2      | 3       |        |         |        | 7     |
| 56   | 中木庭  | G    | 69.5    | 旧指針       | 新指針 | -         |                 | 1       | 3     |        |       | 1       | 3      |         |        |         |        |       |
| 57   | 但東   | G    | 25.7    | ?         | 新指針 | -         |                 |         |       |        |       |         | 2      |         |        |         |        |       |
| 58   | 笹倉   | G    | 36.2    | ?         | 新指針 | -         |                 |         |       |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 59   | 真綿川  | E    | 21.9    |           |     |           | カーテングラウチング無し    |         |       |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 60   | 伊木力  | G    | 41.7    | ?         | 新指針 | -         |                 | 1       | 3     |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 61   | 木戸   | G    | 93.5    | 旧指針       | 試行案 | -         |                 | 1       | 2     | 3      |       |         |        |         | 4      |         |        |       |
| 62   | 高浜   | G    | 35.0    | ?         | 新指針 | -         |                 | 2       |       |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 63   | 横川   | G    | 72.5    | ?         | 新指針 | -         |                 |         |       |        | 5     | 1       | 2      | 3       |        |         |        |       |
| 64   | 大内   | G    | 27.6    | ?         | 新指針 | -         |                 | 2       |       |        |       |         | 1      | 2       | 3      |         |        |       |
| 65   | 浄土寺川 | G    | 72.0    | 旧指針       | 新指針 | -         |                 | 2       | 3     |        |       |         |        |         |        |         |        |       |
| 66   | 福富   | G    | 58.0    | 旧指針       | 新指針 | -         |                 | 1       | 2     | 3      |       |         | 2      | 3       | 4      |         |        |       |
| 67   | 太田川  | G    | 70.0    | 旧指針       | 新指針 | -         |                 | 2       | 3     |        |       | 1       | 2      |         |        |         |        |       |
| 68   | みくまり | G    | 26.0    | ?         | 新指針 | -         |                 |         | 3     |        | 5     | 1       |        |         |        |         |        |       |
| 69   | 留萌   | R    | 41.2    | 旧指針       | 新指針 | -         |                 | 1       | 3     |        |       | 1       | 2      | 3       |        |         |        |       |
| 70   | 藤波   | R    | 52.0    | ?         | 新指針 | -         |                 | 1       | 2     | 3      |       |         |        |         |        | 5       |        |       |
| 71   | 西岡   | R    | 31.0    | 新指針       | -   | -         |                 |         | 3     |        |       | 1       | 2      |         |        |         |        |       |
| 72   | 大保脇  | R    | 66.0    | 新指針       | -   | -         |                 |         |       |        | 5     | 1       | 3      |         | 5      | 7       |        |       |
| 73   | 長井   | G    | 125.5   | 旧指針       | 新指針 | -         |                 | 1       | 2     | 3      | 4     |         | 2      | 3       | 5      | 7       |        |       |
| 74   | 砂子沢  | G    | 78.5    | 旧指針       | 新指針 | -         |                 | 1       | 2     | 3      |       |         | 2      |         | 5      | 7       |        |       |
| 75   | 志津見  | G    | 81.0    | ?         | 新指針 | -         |                 |         |       |        | 5     | 1       | 3      |         |        |         |        |       |
| 76   | 北河内  | G    | 47.0    | ?         | 新指針 | -         |                 | 1       | 3     |        |       |         | 3      |         |        |         |        |       |
| 77   | 森吉山  | R    | 89.9    | 旧指針       | 新指針 | -         |                 | 2       | 3     |        |       | 1       | 3      |         | 5      |         |        |       |
| 78   | 嘉瀬川  | G    | 98.0    | ?         | 新指針 | -         |                 |         | 3     |        |       | 1       | 2      | 4       |        |         |        |       |

### 2.3. 準拠しているグラウチング指針の変遷

調査対象ダムでは、基礎処理計画を立案した当時の基準に従い、ダムの形式、規模、基礎岩盤の性状に応じて基礎処理計画がなされている。そして、基準の改訂に伴う新基準に適合する見直しや、新しい調査・施工情報に基づいたグラウチングの合理化が行われている。基礎処理計画の見直しは、グラウチング技術指針改訂と連動して実施されていることが多い。グラウチング技術指針は次の三段階に区分できる。

- ①S58.11 グ라우チング技術指針 同解説<sup>2)</sup> (以下、旧指針)
- ②H14.4 グ라우チング技術指針 (案) 同解説<sup>3)</sup> (以下、試行案)
- ③H15.4 グ라우チング技術指針 同解説<sup>1)</sup> (発刊はH15.7) (以下、新指針)

表 2-2 に、各ダムのカーテングラウチングの当初計画、着手時および施工中の変更時におけるグラウチング基準が上記の①から③のどの基準に従っているのかを記載した。また、表 2-3 に、グラウチング技術指針の変遷と準拠しているダムの数を整理した。表 2-3 を見ると、調査対象ダムにおいては、当初 (実施設計) は旧指針に準拠してカーテングラウチングの計画・設計が行われているダムが多いが、その後のグラウチング技術指針の改訂に伴い、試行案や新指針に準拠してカーテングラウチングの設計・施工が実施されたダムが多いことがわかる。

表 2-3 調査対象ダムのカーテングラウチングの準拠指針

|              | 当初の準拠基準 |   |     |    | 最終的な準拠基準 |   |     |    |
|--------------|---------|---|-----|----|----------|---|-----|----|
|              | G       | R | その他 | 計  | G        | R | その他 | 計  |
| 旧指針          | 51      | 7 | 1   | 59 | 18       | 4 | 1   | 23 |
| 試行案          | 0       | 1 | 0   | 1  | 17       | 1 | 0   | 18 |
| 新指針          | 0       | 2 | 0   | 2  | 27       | 6 | 0   | 33 |
| 不明           | 11      | 1 | 0   | 12 | 0        | 0 | 0   | 0  |
| カーテングラウチングなし | 1       | 1 | 2   | 4  | 1        | 1 | 2   | 4  |

※G：重力式コンクリートダム、  
R：ロックフィルダム  
その他：アースダム、複合ダム

### 3. カーテングラウチングの合理化内容の整理結果

平成 23 年度の検討結果から、カーテングラウチングの合理化内容は、大きく計画変更と仕様変更の 2 つに分類することができる。計画変更については、施工範囲の変更、改良目標値の変更、孔間隔の変更、追加基準の変更などがあり、仕様変更については、注入圧力

の変更、配合切替の変更、水押し試験の変更、注入材料の変更、注入の追加・省略基準の変更、延伸基準の変更などがある。表 2-2 には、これらの合理化内容について各ダムのカーテングラウチングで実施された合理化項目も示している。表 2-2 では、例えば、整理番号 1 の羽地ダムにおいては、計画の変更に関する「3 孔間隔」に関する合理化が実施されていることを示している。なお、表 2-2 の合理化内容は、収集した資料において確認された項目であるため、他の合理化が実施された可能性もある。

日本において建設されたあるいは計画中の流水型ダムは重力式コンクリートダムが多い。また、重力式コンクリートダムとロックフィルダムでは、カーテングラウチングの改良目標値が異なることが容易に推定でき、カーテングラウチングの合理化内容もダムの形式により異なることが想像されるため、ここでは型式毎にカーテングラウチングの合理化内容を整理した。

#### 3.1 重力式コンクリートダム

表 3-1 から表 3-4 は、重力式コンクリートダムにおいて実施された合理化内容についての抜粋である。表 3-1 は旧指針に準拠したダム、表 3-2 は試行案に準拠したダム、表 3-3 と表 3-4 は新指針に準拠したダムと、準拠した指針毎に分類したうえで、カーテングラウチングの合理化項目を整理した。なお、表 3-3 と表 3-4 は、一つの表にすると別ページに別れるために、あらかじめ別の表として示している。

表 3-1 から表 3-4 の整理内容から、計画変更および仕様変更について、特徴的な合理化内容を箇条書きで列挙することとする。

##### 3.1.1 計画変更

図 3-1 に、計画変更の内容と実施したダム数を示す。なお、図 3-1 では、実施したダムを準拠した基準で分類して示している。図 3-1 を見ると、計画変更においては、施工範囲、改良目標値、孔間隔の変更に関する合理化が実施されているダムが多く、試行案あるいは新指針に準拠してカーテングラウチングを実施したダムにおいて合理化が実施された場合が多いことが分かる。

##### ① 工範囲 (28 事例)

- ・リムカーテングラウチング範囲、リムカーテングラウチング深度 (延長) の施工範囲を変更した事例が多い。旧指針から新指針の改訂に伴い、リムカーテングラウチング範囲の決定水位が変更されたことから、地下水位とサーチャージ水位から常時満水位に変更した事例がある (つづらダム、河平ダム、小浦

ダム)。

- ・リムカーテングラウチング端部のファンカーテングラウチングを省略した事例がある(四川ダム、北河内ダム)。
- ・施工範囲とは直接は関係ないが、リムトンネルを廃止し、明り施工に変更した事例がある(東郷ダム)。

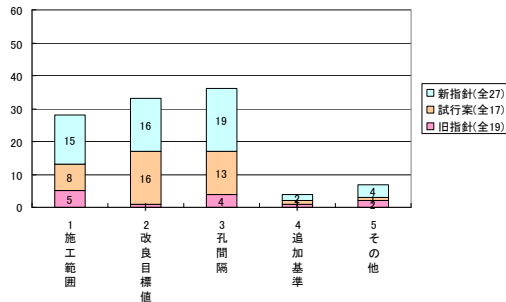


図 3-1 計画変更の内容と実施した重力式コンクリートダム数 (準拠基準で分類)

②改良目標値 (33 事例)

- ・旧指針においては、ほとんどのダムが全域において一律の改良目標値を設定しているが、小里川ダムと川辺ダムでは一部改良目標値を変更している。
- ・試行案、新指針に準拠したダムにおいては、多くのダムで深度別に改良目標値を設定している。
- ・新指針に準拠したダムには、リム部の改良目標値を緩和しているダムもある(小山ダム、三室川ダム)。
- ・着岩部の改良目標値は、全 62 事例中 2 事例(浄土寺川ダムで 5Lu、中野方ダムで 3Lu)以外、全て 2Lu に設定されている。
- ・表 3-5 に、改良目標値と規定孔の孔間隔を示した。改良目標値が 10Lu に設定されているのはダム高以深の改良目標が多い。

表 3-5 改良目標値と孔間隔

| 改良目標値 | 孔間隔(m) |     |     |     |     | 備考                   |
|-------|--------|-----|-----|-----|-----|----------------------|
|       | 1.0    | 1.5 | 2.0 | 3.0 | 6.0 |                      |
| 2 Lu  | 1      | 37  | 1   | 26  |     | @1.0m: 上ノ国、@2.0m: 四川 |
| 3 Lu  |        | 1   |     |     |     | @1.5m: 中野方           |
| 5 Lu  |        | 13  |     | 28  | 1   | @6.0m: 嘉瀬川           |
| 6 Lu  |        |     |     |     | 1   | @6.0m: 小山            |
| 10 Lu |        | 5   |     | 17  |     |                      |

③孔間隔 (36 事例)

- ・孔間隔変更が多く見られるが、多くは 1.5m 規定 3 次孔から 3.0m 規定 2 次孔への変更である。
- ・表 3-5 を見ると、孔間隔が 1.5m と 3m のデータがほぼ同数となっており、通常パイロット孔間隔が 12m

であることから、規定 2 次孔と規定 3 次孔のダムが多くなっていることがわかる。

④追加基準 (4 事例)

- ・4 次孔以降緩和追加孔基準を採用した事例がある(長井ダム)。
- ・2~3Lu の連続時の追加孔は省略した事例がある(鷹生ダム)。

⑤その他 (7 事例)

- ・コンソリを充分施工したため補助カーテンを省略した事例がある(姉川ダム)。
- ・監査廊から上流フーチングに施工位置を変更した事例がある(志津見ダム)。

3.1.2 仕様変更

図 3-2 に、仕様変更の内容と実施したダム数を示す。なお、図 3-2 では、実施したダムを準拠した基準で分類して示している。図 3-2 を見ると、仕様変更においては、注入圧力、配合切替、水押し試験の変更に関する合理化が実施されているダムが多い。また、3.1.1 で示した計画変更の場合とは異なり、旧指針に準拠してカーテングラウチングの施工が行われたダムにおいても、仕様変更の合理化が実施されているダムが比較的多い。

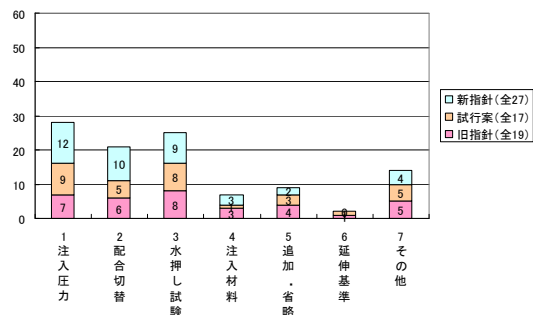


図 3-2 仕様変更の内容と実施した重力式コンクリートダム数 (準拠基準で分類)

①注入圧力 (28 事例)

- ・高圧化した事例が 6 事例ある(上津浦ダム、三河沢ダム、東郷ダム、我喜屋ダム、朝鍋ダム、嘉瀬川ダム)。
- ・低圧化した事例が 16 事例ある(姉川ダム、川辺ダム、世増ダム、庶路ダム、以布利ダム、灰塚ダム、青野大師ダム、中野方ダム、三室川ダム、琴川ダム、中木庭ダム、横川ダム、大内ダム、太田川ダム、みくまりダム、志津見ダム)。

②配合切替 (21 事例)

- ・高濃度化した事例が 17 事例ある(上ノ国ダム、川辺ダム、青野大師ダム、横川ダム、など)。

- ・低濃度化した事例が2事例ある（但東ダム、福富ダム）。
- ③水押し試験（25事例）
  - ・注入圧力変更による圧力段階変更を実施した事例が多い。
  - ・無段階水押し試験を実施した事例が2事例ある（大滝ダム、長井ダム）。
- ④注入材料（7事例）
  - ・超微粒子セメントを使用した事例が6事例ある（上ノ国ダム、四川ダム、木戸ダム、小山ダム、福富ダム、嘉瀬川ダム）。
- ⑤追加・省略（9事例）
  - ・チェック孔の注入を省略した事例が2事例ある（滝沢ダム、笛吹ダム）。
  - ・3次孔の省略基準を設定していた事例が2事例ある（苫田ダム、長井ダム）。
- ⑥延伸基準（2事例）
- ⑦その他（14事例）

### 3.2 ロックフィルダム

調査対象ダムのうちロックフィルダムは12ダムと少ないが、以下のようなカーテングラウチングの合理化が実施されていた。図3-3にロックフィルダムの計画変更と実施ダム数、図3-4にロックフィルダムの仕様変更と実施ダム数を、準拠した基準に分類したうえで示す。

#### 3.2.1 計画変更

- ①施工範囲（4事例）
  - ・深度、リムカーテングラウチング範囲を削減した事例がある（留萌ダム）。
  - ・深部の改良目標値の緩和に伴い、高透水部の施工範囲を最大でダム高程度までに変更した事例がある（藤波ダム）。
- ②改良目標値（4事例）
  - ・着岩部の改良目標値は、全12事例中3事例（摺上川ダム、徳山ダムで2Lu、栢谷ダムで3Lu）以外、5Luである。
- ③孔間隔（7事例）
  - ・規定孔1.5m間隔から3.0m間隔へ変更している事例が多い。
- ④追加基準（0事例）
- ⑤その他（3事例）
  - ・3次孔省略基準を設定している事例がある。

#### 3.2.2 仕様変更

- ①注入圧力（6事例）
  - ・高圧化した事例が2事例ある（綱木川ダム、西岡ダム）。
  - ・低圧化した事例が3事例ある（留萌ダム、大保脇ダム、森吉山ダム）。
- ②配合切替（3事例）
  - ・高濃度化した事例が2事例ある（徳山ダム、留萌ダム）。
  - ・低濃度化した事例が1事例ある（西岡ダム）。
- ③水押し試験（5事例）
  - ・注入圧力変更による圧力段階を変更した事例が多い
  - ・無段階水押し試験を実施した事例が1事例ある（森吉山ダム）。
- ④注入材料（1事例）
  - ・超微粒子セメントを使用した事例が1事例ある（徳山ダム）。
- ⑤追加・省略（6事例）
  - ・追加基準を緩和した事例が2事例ある（藤波ダム、大保脇ダム）。
  - ・省略基準を設定した事例が2事例ある（森吉山ダム、摺上川ダム）。
  - ・チェック孔の注入省略を実施した事例が2事例ある（大保脇ダム、徳山ダム）。
- ⑥延伸基準（0事例）
- ⑦その他（2事例）

- ①注入圧力（6事例）
  - ・高圧化した事例が2事例ある（綱木川ダム、西岡ダム）。
  - ・低圧化した事例が3事例ある（留萌ダム、大保脇ダム、森吉山ダム）。
- ②配合切替（3事例）
  - ・高濃度化した事例が2事例ある（徳山ダム、留萌ダム）。
  - ・低濃度化した事例が1事例ある（西岡ダム）。
- ③水押し試験（5事例）
  - ・注入圧力変更による圧力段階を変更した事例が多い
  - ・無段階水押し試験を実施した事例が1事例ある（森吉山ダム）。
- ④注入材料（1事例）
  - ・超微粒子セメントを使用した事例が1事例ある（徳山ダム）。
- ⑤追加・省略（6事例）
  - ・追加基準を緩和した事例が2事例ある（藤波ダム、大保脇ダム）。
  - ・省略基準を設定した事例が2事例ある（森吉山ダム、摺上川ダム）。
  - ・チェック孔の注入省略を実施した事例が2事例ある（大保脇ダム、徳山ダム）。
- ⑥延伸基準（0事例）
- ⑦その他（2事例）

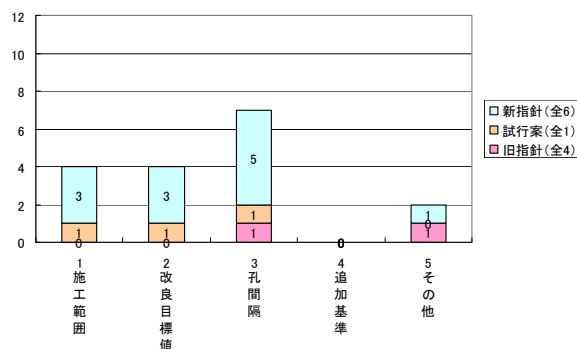


図3-3 計画変更の内容と実施したロックフィルダム数（準拠基準で分類）

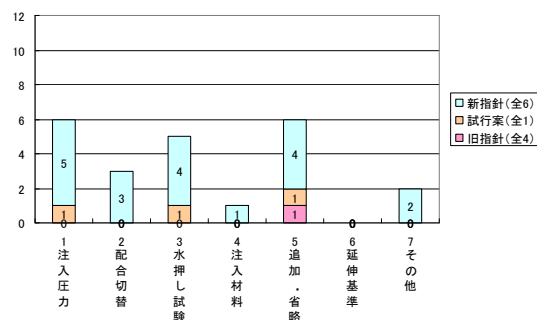


図3-4 仕様変更の内容と実施したロックフィルダム数（準拠基準で分類）

表 3-1 重力式コンクリートダムのカーテングラウチングの合理化内容の概要 (旧指針に準拠した 18 ダム)

| 整理番号 | ダム名  | 改良目標値   |        |        |         |     |      | 孔配置  |      |              |      |      |      |                  |      |      |      |        |        | 計画の変更   |        |        |   |   |    |        |          |         |   | 施工仕様の変更   |  | 備考                              |                        |        |
|------|------|---------|--------|--------|---------|-----|------|------|------|--------------|------|------|------|------------------|------|------|------|--------|--------|---------|--------|--------|---|---|----|--------|----------|---------|---|---|--|---------------------------------|------------------------|--------|
|      |      | 着岩 (Lu) | 2Lu 範囲 | 5Lu 範囲 | 10Lu 範囲 | その他 | 間隔 1 | 列数 1 | 次数 1 | 範囲 1         | 間隔 2 | 列数 2 | 次数 2 | 範囲 2             | 間隔 3 | 列数 3 | 次数 3 | 範囲 3   | 1 施工範囲 | 2 改良目標値 | 3 追加基準 | 4 追加基準 | 5 その他   | 変更内容要旨  | 記事 | 1 注入圧力 | 2 配合切替試験 | 3 水押し試験 | 4 注入材料  | 5 追加省略  | 6 延伸基準                                   |                                 | 7 その他                  | 変更内容要旨 |
| 2    | 沖田   | 2       | 全域     |        |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域           |      |      |      |                  |      |      |      | 1      |        |         |        |        | 改良範囲の基準   | 地下水位は低いが、岩盤が堅硬で透水性が低いため計画通り   |    |        |          |         |   |   |  |                                 | 全項目変更なし                |        |
| 3    | 都川内  | 2       | 全域     |        |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域           |      |      |      |                  |      |      |      |        |        |         | 4      |        | 一部追加判定対象次数を変更した最終次数孔→チェック孔                            |   | 2  |        |          |         |   |   |  | 開始配合1:10を省略<br>最大注入量2800L→3200L | 試験施工の結果変更              |        |
| 4    | 姉川   | 2       | 全域     |        |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域           |      |      |      |                  |      |      |      |        |        |         |        |        | 補助カーテン省略  | コンソリデーショングラウチングを十分施工したため  | 1  |        |          |         |   |   |  | 注入圧力低減                          | 限界圧力が多発のため             |        |
| 6    | 久婦須川 | 2       | 全域     |        |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域           |      |      |      |                  |      |      |      |        |        |         |        |        | 計画通り、*補助カーテン実施L=15m                                   |   |    |        |          |         |   |   |  | 全項目変更なし                         | 堤内に転流時、漏水のため透部のリグラウチング |        |
| 7    | 粟井   | 2       | 全域     |        |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域           |      |      |      |                  |      |      |      |        |        |         | 3      |        | 深部規定孔@1.5m→@3.0m                                      | 先行施工した左岸リムの改良効果を見て注入圧力の高い4stは深は規定2次孔とし、3次孔は追加孔とした。  | 2  |        | 5        | 6       | 7   | 配合切替 規定量の増量、<br>注入中断基準、再注入パイロット孔延伸基準の追加                                       | 先行施工グラウチングの結果から変更                        |                                 |                        |        |
| 8    | 上ノ国  | 2       | 全域     |        |         |     |      | 1    | 単列   | 3            | 全域   |      |      |                  |      |      |      | 1      |        |         | 3      |        | 施工範囲  | 右岸リムで地下水位の高いことを確認<br>各項目の見直し検討はしているが、大きな変更はない   | 1  | 2      | 3        | 4       | 5   | 超微粒子セメント使用 (改良剤)<br>高濃度配合の増量<br>断層部の注入圧力見直し (限界圧力に応じ)                         | 超微粒子セメント                                 |                                 |                        |        |
| 9    | 大長見  | 2       | 全域     |        |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域           |      |      |      |                  |      |      |      |        |        |         |        |        | 左岸ファンカーテンにパイロット孔を追加配置<br>右岸ファンを法尻位置に変更 (足場削減)         |   |    |        |          |         |   |   |  | 施工仕様の変更はない                      |                        |        |
| 11   | 福智山  | 2       | 全域     |        |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域           |      |      |      |                  |      |      |      |        |        |         |        |        | 地下水位低下に伴う施工範囲の拡張                                      |   |    |        |          |         |   |   |  | 比較表に全項目変更なし                     |                        |        |
| 12   | 小仁熊  | 2       | 全域     |        |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域           |      |      |      |                  |      |      |      | 2      | 3      |         |        |        | 透水係数との関連で緩和   | 河床～右岸アバット部および右岸リム部の一部領域で、改良目標値2Luの達成が困難となった。<br>小川層礫岩および中粒砂岩に透水係数とルジオン値の関係を求めた。                   | 1  | 2      | 3        | 5       | 7   | 最大注入量3000L→4000L<br>10Lu以下の場合初期配合1:15<br>【その他】<br>注入速度、昇圧速度、変位量規制、完了基準、同時注入規制 |  |                                 |                        |        |
| 13   | 小里川  | 2       | 0.8H   | H      |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 一般部          | 1.5  | 2列千鳥 | 3    | 右岸リム             |      |      |      | 1      |        |         | 5      |        | リム範囲の延長<br>右岸リムマサ部 2列配置<br>カーテンの一部深度変更                | 1次掘削後地下水位の低下があったためリム範囲延長<br>限界圧力のない25Lu箇所の改良が困難な場合に備え、厚みを確保できる2列千鳥配置に変更<br>パイロット孔により高透水ゾーンを把握したため |    |        |          |         | 3   | 透水水押し圧力：限界圧力判定のため細かく設定  | 右岸深部高透水ゾーンありマサ                           |                                 |                        |        |
| 15   | 川辺   | 2       | 堤体部    |        | 左岸止水工部  |     | 1.5  | 単列   | 3    | 堤体透部<br>右岸リム | 3    | 単列   | 2    | 河床20m～<br>右岸10m～ | 3    | 単列   | 2    | 左岸止水工部 |        |         |        |        | ダム左岸の旧河床を埋めた溶岩部の止水計画 (地中連続壁+グラウチング、トンネル置換) が特徴となっている。 | 1   | 2  | 3      | 4        | 7       | 注入材料 (ベントナイト混和を廃止)<br>境界層を低圧に変更<br>地中壁下部で、圧力低減と高濃度に変更<br>注入速度6→4L/min/m | 非溶結<br>トンネル置換、地中連続壁   |  |                                 |                        |        |
| 16   | 大滝   | 2       | 全域     |        |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域           |      |      |      |                  |      |      |      |        |        |         |        |        |   |   | 3  |        |          |         |   | 無段階水押し：試験施工後、10～19BL、23BL、43、44BLで実施。   | ダム技術No.1160&Aを受けて<br>斜め補助カーテン            |                                 |                        |        |
| 17   | 世増   | 2       | 全域     |        |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 一般部          | 3    | 単列   | 2    | 河床深部<br>3st～     |      |      |      |        |        |         | 3      |        | 3次孔は2ステージまでとした  | テストブロックの結果、想定より難透水が判明<br>15～24BL規定孔見直し  | 1  | 2      | 3        |         | 7   | 断層部注入仕様の設定<br>・注入圧力低減<br>・水押し圧力段階を細かく<br>・注入量4000→3000L<br>・注入速度4→2L/min/m    | 断層対策                                     |                                 |                        |        |
| 18   | 竹谷   | 2       | 全域     |        |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域           |      |      |      |                  |      |      |      |        |        |         |        |        |   |   |    |        |          |         |   |   |  |                                 |                        |        |
| 19   | 四川   | 2       | 全域     |        |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 左右岸          | 2    | 単列   | 2    | 河床部              |      |      |      | 1      |        |         |        |        | 左岸リム端部ファンカーテン省略                                       | パイロット孔の地下水位が計画時点より高かった。<br>超微粒子セメント、ステージ長の変更により目標を達成できた。  |    |        |          | 4       |   | 7   | リム部1st5次孔以降<br>・ステージ長1.9m<br>・超微粒子セメント使用 | マサ対策                            |                        |        |
| 23   | 三河沢  | 2       | 全域     |        |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域           |      |      |      |                  |      |      |      | 1      |        |         |        |        | 施工深度変更 (延伸)   | パイロット孔P1からP15の結果により施工深度を見直した。<br>左岸深部、右岸深部新たな透水部が確認されたため  | 1  |        | 3        |         |   | 1stの注入圧力を高圧変更<br>0.3→0.5MPa   | 1st注入圧力を変更し5次孔以降の追加が減少                   |                                 |                        |        |
| 28   | 菅田   | 2       | 全域     |        |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域           |      |      |      |                  |      |      |      |        |        |         |        |        |   |   |    |        |          | 5       |   |   | 3次孔省略基準                                  |                                 |                        |        |
| 29   | 底路   | 2       | 全域     |        |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域           |      |      |      |                  |      |      |      |        |        |         |        |        |   |   |    | 1      | 3        |         |   |   | 注入圧力低減 最大2.0→1.0MPa                      | 岩盤破壊を懸念                         |                        |        |

表 3-2 重力式コンクリートダムのカーテングラウチングの合理化内容の概要 (指針案に準拠した 17 ダム)

| 整理番号 | ダム名  | 改良目標値   |                 |                       |                     |     |      |      |      |          |      | 孔配置     |                  |            |      |      |      |      |        |         |        | 計画の変更 |        |        |       |        |          |         | 施工仕様の変更 |         | 備考 |        |  |  |  |  |  |       |
|------|------|---------|-----------------|-----------------------|---------------------|-----|------|------|------|----------|------|---------|------------------|------------|------|------|------|------|--------|---------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|----------|---------|---------|---------|----|--------|--|--|--|--|--|-------|
|      |      | 着岩 (Lu) | 2Lu 範囲          | 5Lu 範囲                | 10Lu 範囲             | その他 | 間隔 1 | 列数 1 | 次数 1 | 範囲 1     | 間隔 2 | 列数 2    | 次数 2             | 範囲 2       | 間隔 3 | 列数 3 | 次数 3 | 範囲 3 | 1 施工範囲 | 2 改良目標値 | 3 追加基準 | 4 その他 | 5 追加基準 | 6 追加基準 | 7 その他 | 1 注入圧力 | 2 配合切替試験 | 3 水押し試験 | 4 注入材料  | 5 追加・省略 |    | 6 延伸基準 | 7 その他  | 変更内容要旨   | 記事   | 備考   |  |       |
| 20   | 上津浦  | 2       | H/4             | H/2                   | H/2~                |     | 3    | 単列   | 2    | 一般部      | 1.5  | 複列 2列   | 3                | 左岸 縦み部     |      |      |      |      | 2      |         |        |       |        |        |       |        | 1        |         |         |         |    |        |  | 注入圧力の低減(真岩1.5→1.0MPa)<br>透水圧力: 全st 1.0MPaまで昇圧                                  |  |  |  |       |
| 22   | 余地   | 2       | H/4             | H/2~                  | 3-4Lu<br>~H/2       |     | 3    | 単列   | 2    | 一般部      | 1.5  | 単列      | 3                | 左岸 リム部     |      |      |      |      | 2      | 3       | 5      |       |        |        |       |        | 2        |         |         |         |    |        |  | 配合切替1:0.8追加<br>左岸部の最大注入量20,000L (開口割裂対応)<br>岩盤変位計測の廃止<br>右岸止水連続壁部 二重管→通常工法     |  |  |  |       |
| 24   | 東郷   | 2       | 河床部<br>リム部      | 斜面部<br>3st~           | 3Lu<br>斜面部<br>1-2st |     | 1.5  | 単列   | 3    | 一般部      |      |         |                  |            |      |      |      | 1    | 2      | 3       |        |       |        |        |       | 1      | 3        |         |         |         |    |        | 右岸リム部1stの5次孔以降の注入圧力を0.3→0.4MPaに変更                      | 難改良部の改良効果を高める  |  |  |  |       |
| 25   | 我喜屋  | 2       | 1/2H            | H                     | H以深                 |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域       |      |         |                  |            |      |      |      |      | 2      | 3       |        |       |        |        |       | 1      | 3        |         |         |         |    |        | 注入圧力を高圧に変更(30%程度)                                      | 先行右岸リムの状況により注入圧力を高めた   |  |  |  |       |
| 26   | 深城   | 2       | H/4             | H/2                   | H                   |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域       |      |         |                  |            |      |      |      |      | 2      | 4       |        |       |        |        |       |        |          |         |         |         |    |        | H14.4試行案により施工途中に変更                                     |  |  |  |  |       |
| 27   | つづら  | 2       | P1~P16          | P16~P23               | P23~                |     | 3    | 単列   | 2    | 全域       |      |         |                  |            |      |      |      | 1    | 2      | 3       |        |       |        |        |       | 1      | 2        | 3       |         |         |    |        | 配合切替1:0.8を追加<br>リム部0st注入仕様<br>水押し試験に降圧段階追加             | 試験施工時に改訂   |  |  |  |       |
| 31   | 丸谷   | 2       | H/4<br>河床<br>右側 | H/2                   | H/2~                |     | 1.5  | 単列   | 3    | 河床<br>右側 | 3    | 単列      | 2                | 斜面<br>右側   |      |      |      |      | 2      | 3       |        |       |        |        |       |        |          |         |         |         |    |        |  | 異なる指針適用箇所混在<br>従来指針: @1.5m規定3次孔<br>新指針: @3.0m規定2次孔                             | 右岸リム、河床部は従来指針適用<br>2Lu 全域 孔間隔3.0m 単列 規定2次孔         | 従来指針: 河床部、右岸リム<br>新指針: その他   |  |       |
| 34   | 石井   | 2       | H/4             | H/2<br>最低<br>水位<br>以上 | H/2~<br>目標<br>なし    |     | 3    | 単列   | 2    | 一般部      | 3    | 上流<br>側 | 補助<br>カテナ        | 河床<br>15m  |      |      |      |      |        |         |        |       |        |        |       |        |          |         |         |         |    |        |  | H/2以深は改良目標値を設定していない  | 治水専用ダム<br>新指針適用                                    |  |  |       |
| 36   | 小浦   | 2       | H/4             | H/2                   | H                   |     | 3    | 単列   | 2    | 全域       |      |         |                  |            |      |      |      | 1    | 2      | 3       |        |       |        |        |       | 1      | 2        |         |         |         |    |        | >50Lu初期配合1:2、1:0.8追加<br>限界圧力発生時=注入圧力リム部0st注入           |  | マサ部: 連続壁、置換コンクリ                                    |  |  |       |
| 47   | 以布利  | 2       | H/2             | H                     |                     |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域       | 3    | 単列      | 補助<br>カテナ<br>1st |            |      |      |      |      | 2      | 3       |        |       |        |        |       |        | 1        | 3       |         |         |    |        |  | 2Lu→深度別(2.5Lu)<br>@1.5m規定3次孔→@3.0m規定2次孔  | 試行案に合わせて見直し  | 限界圧力が小さいため注入圧力を下げた   |  |       |
| 42   | 灰塚   | 2       | H/4             | H/2                   | H                   |     | 3    | 単列   | 2    | 全域       |      |         |                  |            |      |      |      | 1    | 2      |         |        |       |        |        |       | 1      | 3        | 5       |         |         |    |        | 施工範囲: 改良目標値に応じた<br>見直した計画仕様が記載されている<br>断層、シームを伴う箇所の孔配置 | 2Lu→深度別(2.5, 10Lu)   | 試行案に合わせて見直し<br>見直した計画仕様が記載されている<br>断層、シームを伴う箇所の孔配置 | 限界圧力発生による低Lu<br>多注入の防止<br>岩盤に適した効率的な注入   |  |       |
| 43   | 益田川  | 2       | H/2             | H                     |                     |     | 3    | 単列   | 2    | 一般部      | 6    | 単列      | 1                | 斜面<br>4st~ |      |      |      |      | 2      | 3       |        |       |        |        |       |        |          |         |         |         |    |        |  | 2Lu→深度別(2.5Lu)<br>@1.5m規定3次孔<br>→アバウト部は@6.0m規定1次孔                              | 試行案に合わせて見直し<br>カーテングは新指針適用協議後施工                    | 施工時期河床部埋体10m→6m<br>に緩和<br>同時注入規制6m→10m   | カバー条件は転流による<br>水没のため<br>同時注入規制はコンソリ<br>河床部試験施工より | 流水型ダム |
| 44   | 山田川  | 2       | H/4             | H/2                   | H                   |     | 3    | 単列   | 2    | 全域       |      |         |                  |            |      |      |      | 1    | 2      | 3       |        |       |        |        |       |        |          |         |         |         |    |        |  | 深さの見直し<br>2Lu→深度別(2.5, 10Lu)<br>@1.5m規定3次孔→@3.0m規定2次孔                          | 試行案に合わせて見直し<br>左岸リムの深さが浅くなった。                      |  |  |       |
| 45   | 滝沢   | 2       | H/4             | H/4~                  |                     |     | 1.5  | 単列   | 3    | H/4      | 3    | 単列      | 2                | H/4~       |      |      |      | 1    | 2      | 3       |        |       |        |        |       | 1      | 3        | 5       |         |         |    |        |  | 深さの見直し<br>2Lu→深度別(2.5Lu)<br>補助カーテング省略<br>H/4~: @1.5m→@3.0m                     | 試行案に合わせて見直し  | 注入圧力を地質、岩級別に<br>変更<br>チェック孔注入省略(Luで設<br>定)                                       | 割裂注入状況、限界圧力<br>状況から注入圧力を低減<br>(最大3.0→2.5)        |       |
| 46   | 青野大師 | 2       | H/2             | H                     |                     |     | 3    | 単列   | 2    | 全域       |      |         |                  |            |      |      |      |      | 2      | 3       |        |       |        |        |       |        | 1        | 2       | 3       |         |    |        |  | 2Lu→深度別(2.5Lu)<br>@1.5m規定3次孔→@3.0m規定2次孔  | 試行案に合わせて見直し  | 注入圧力の低減<br>Pc発生時の注入圧力=規定<br>圧力<br>再注入時の開始配合を高濃<br>度に<br>施工条件: 10→7(変位<br>小)      |  |       |
| 50   | 笛吹   | 2       | H/4             | H/2                   | H                   |     | 1.5  | 単列   | 3    | H/4      | 3    | 単列      | 2                | H/4~       |      |      |      | 1    | 2      | 3       |        |       |        |        |       | 2      | 3        | 5       |         |         |    |        |  | リム削減<br>2Lu→深度別(2.5, 10Lu)<br>深度別に<br>@1.5m規定3次孔、@3.0m規定2次<br>孔、<br>@6.0m規定1次孔 | 試行案に合わせて見直し<br>施工途中で改良目標値、孔配置の変更                   | 配合1:1.5追加<br>透水圧力低減(注入×<br>0.8)<br>静水圧透水試験(火山礫凝灰<br>岩)<br>リム部0stの実施<br>チェック孔注入省略 | 火山礫凝灰岩で透水係数<br>限界圧力の透水性把握                        |       |
| 61   | 木戸   | 2       | H/4             | H/2                   | H                   |     | 3    | 単列   | 2    | 全域       |      |         |                  |            |      |      |      | 1    | 2      | 3       |        |       |        |        |       |        |          | 4       |         |         |    |        |  | 深さ<br>深度別改良目標値<br>@3.0m規定2次孔   | 試行案に合わせて変更   | 超微粒子セメントを使用  | 注入効果が得られない場合                                     |       |



表 3-3 重力式コンクリートダムのカーテングラウチングの合理化内容の概要（新指針に準拠した 27 ダムのうち 12 ダム）

| 整理番号 | ダム名 | 改良目標値   |           |                  |                   |     |      |          |      |               |      | 孔配置      |      |                 |      |      |      |      |        |         |        | 計画の変更  |   | 施工仕様の変更 |        |        |        |        |        |  | 備考   |                                   |        |
|------|-----|---------|-----------|------------------|-------------------|-----|------|----------|------|---------------|------|----------|------|-----------------|------|------|------|------|--------|---------|--------|--|---|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--|-----------------------------------|--------|
|      |     | 岩岩 (Lu) | 2Lu 範囲    | 5Lu 範囲           | 10Lu 範囲           | その他 | 間隔 1 | 列数 1     | 次数 1 | 範囲 1          | 間隔 2 | 列数 2     | 次数 2 | 範囲 2            | 間隔 3 | 列数 3 | 次数 3 | 範囲 3 | 1 施工範囲 | 2 改良目標値 | 3 追加基準 | 4 その他  | 5 変更内容要旨  | 6 記事    | 1 注入圧力 | 2 水圧試験 | 3 水圧試験 | 4 注入材料 | 5 追加省路 | 6 延伸基準   |  | 7 その他                             | 変更内容要旨 |
| 30   | 朝鍋  | 2       | H/4       | H/4~             |                   |     | 1.5  | 単列       | 3    | 全域            |      |          |      |                 |      |      |      | 1    | 3      |         |        | 5st以上で高圧注入により規定3次→規定2次<br>リム範囲削減<br>一部 規定3次孔→規定2次孔   | 高圧注入の試み<br>地下水位の再観測により、右岸リム延長、左岸リム短縮<br>コア観察による改良効果の確認  | 1       | 2      |        |        |        |        |  | パイロット孔、1次孔5st以深で高圧注入<br>注入総量通常2400→3000L、<br>高圧2400→4000Lに変更 | パイロット孔、1次孔5st以深で限界圧力の2~3倍の高圧注入を実施 |        |
| 33   | 小山  | 2       | ~7st      |                  | 6Lu<br>8st~<br>リム |     | 1.5  | 2列<br>千鳥 | 3    | 一般部           | 3    | 2列<br>千鳥 | 2    | リム部             |      |      |      | 1    | 2      |         | 5      | 一律2Lu→ゾーン別に2Lu、6Lu<br>リム削減   | 深部6Luは浸透流解析により決定<br>地下水位再観測により、右岸計画範囲でサーチャージ水位以上の地下水位を確認したため、右岸リム範囲を159m→39mに短縮   |         |        | 4      |        |        |        |  | 4次孔以降で超微粒子セメントを使用。   | マサ化による難改良部に適用<br>（コンソリでの検討から）     |        |
| 35   | 河平  | 2       | H/2       | H/2~             |                   |     | 3    | 単列       | 2    | 1-2st         | 6    | 単列       | 1    | 3st-            |      |      |      | 1    | 2      | 3       |        | 左岸リム削減<br>2Lu→深度別 2、5Lu<br>1.5m規定3次孔→3.0m規定2次孔   | 当初、地下水位とサーチャージ水位の交点を範囲としていたが、左岸部で新指針に合わせて見直し、地下水位と常時満水の交点までと変更した。<br>右岸部は常時満水以上に10Lu以上が残るため、サーチャージ水位と難透水ゾーンまでとした。<br>最終計画は右岸リム試験施工を反映 |         |        |        |        |        |        |  |  |                                   |        |
| 37   | 中野方 | 3       |           | H/4~             | 3Lu<br>~H/4       |     | 1.5  | 単列       | 3    | H/4           | 3    | 単列       | 2    | H/4~            |      |      |      | 1    | 2      | 3       |        | 右岸リム削減<br>2Lu→深度別 3、5Lu<br>1.5m規定3次孔→3.0m規定2次孔   | 新指針に合わせて見直し<br>右岸リムは右岸端部まで難透水部が浅いため、端部までとした。  | 1       | 3      |        |        |        |        | 深部注入圧力低減2.0→1.2MPa   | 施工実績から岩盤特性を考慮  |                                   |        |
| 38   | 鷹生  | 2       | H/4       | H/2<br>NW以上      | H                 |     | 1.5  | 単列       | 3    | H/4           | 3    | 単列       | 2    | H/4~<br>NW以上    |      |      |      | 1    | 2      | 3       | 4      | ・リム削減<br>・2Lu→深度別 (2.5, 10Lu)<br>・深部規定孔@1.5m→@3.0m<br>・2~3Luの連続時の追加は省略する<br>・斑レイ岩部で面側追加とする | H14.7以降 新指針に合わせて見直し<br>常時満水以上の標高では改良目標値を5Lu、@3m規定2次孔に削減<br>試験施工結果による変更  |         |        |        |        |        |        |  |  |                                   |        |
| 40   | 三堂川 | 2       | 堤敷部       | リム部              |                   |     | 1.5  | 単列       | 3    | LWL以下<br>-3st | 3    | 単列       | 2    | 左記以外            |      |      |      | 1    | 2      | 3       |        | ・右岸リム削減<br>・2Lu→深度別 2、5Lu<br>・堤敷LWL以下を除く箇所<br>@1.5m→@3.0m                                  | 右岸リム部には遮水効果が期待できる断層が分布し、これより山側のパイロット孔の水位上昇を確認した。  | 1       |        |        |        |        |        | 深部注入圧力低減2.0→1.2MPa   | 試験施工で注入圧力以下の限界圧力を確認  |                                   |        |
| 41   | 湯免  | 2       | H/4       | H/2<br>河床<br>H/4 | H                 |     | 1.5  | 単列       | 3    | 一般部           | 1.5  | 複列<br>2列 | 3    | 河床<br>H/4       |      |      |      |      |        |         | 2      | ・2Lu→深度別 (2.5, 10Lu)   | 新指針に合わせて見直し   |         |        |        |        |        |        |  |  |                                   |        |
| 48   | 樫毛  | 2       | 全域        |                  |                   |     | 1.5  | 単列       | 3    | 1st           | 3    | 単列       | 2    | 2st以深           |      |      |      | 1    | 2      | 3       |        | ・2Lu→2Lu程度<br>・リムグラウチング削減  | 下記3回の見直し<br>①H15.4指針改訂に沿う見直し<br>②規定孔深度縮減、リム削減<br>③弱層部の見直し<br>施工範囲はパイロット孔の結果により見直ししたもの。  |         |        |        |        |        |        |  |  |                                   |        |
| 52   | 岩井川 | 2       | H/4       | H/4~             |                   |     | 1.5  | 単列       | 3    | H/4           | 3    | 単列       | 2    | H/4~            |      |      |      |      |        |         | 3      | H/4以深：<br>@1.5m規定3次孔→@3.0m規定2次孔  | 新指針 (H15.4) に合わせて見直し<br>H/4以深では1.5m規定3次孔→@3.0m規定2次孔<br>施工実績、改良効果解析してその後の施工に反映した。  |         |        |        |        |        |        | 不明<br>(変更仕様のみ記載)   |  |                                   |        |
| 54   | 大和  | 2       | 堤敷<br>1st | H/2              | H                 |     | 1.5  | 単列       | 3    | H/4           | 3    | 単列       | 2    | H/2             | 6    | 単列   | 1    | H    | 1      | 2       | 3      | ・リム削減<br>・2Lu→深度別 2、5, 10Lu<br>・補助カーテン省略   | 新指針に合わせて変更<br>施工に従って随時施工データを解析・評価し改良範囲、施工仕様について適宜見直しを行い、その結果をその後の施工に反映させ、効果的かつ経済的な工事の遂行に努めた。  | 1       |        |        |        |        |        |  |  |                                   |        |
| 55   | 琴川  | 2       | H/4       | H/2              | H                 |     | 3    | 単列       | 2    | 一般部           | 1.5  | 単列       | 3    | 右岸<br>斜面<br>・リム |      |      |      | 1    | 2      | 3       |        | ・リム削減<br>・2Lu→深度別 2、5, 10Lu<br>・補助カーテン省略<br>・2列規定3次孔→単列規定2次孔                               | 新指針に合わせて変更  | 1       | 2      | 3      |        |        |        | 注入圧力低減 (2.5→1.5MPa)<br>規定注入量増 (3000→4000L)<br>変位規制緩和 (左岸リム部) |  |                                   |        |
| 56   | 中木庭 | 2       | H/2       | H                |                   |     | 3    | 単列       | 2    | 全域            |      |          |      |                 |      |      |      | 1    | 3      |         |        | ・リム削減<br>・補助カーテン省略<br>・規定3次孔→規定2次孔   | 新指針により施工当初に見直し  | 1       | 3      |        |        |        |        | 泥岩部の注入圧力低減   |  |                                   |        |

表 3-4 重力式コンクリートダムのカーテングラウチングの合理化内容の概要（新指針に準拠した 27 ダムのうち 15 ダム）

| 整理番号 | ダム名  | 改良目標値   |        |        |         |     |      |      | 孔配置  |                |      |          |      |            |      |      |      |               | 計画の変更  |         |       |        |  | 施工仕様の変更   |            | 備考 |        |         |        |         |   |   |                             |
|------|------|---------|--------|--------|---------|-----|------|------|------|----------------|------|----------|------|------------|------|------|------|---------------|--------|---------|-------|--------|--|---|------------|----|--------|---------|--------|---------|---|---|-----------------------------|
|      |      | 着岩 (Lu) | 2Lu 範囲 | 5Lu 範囲 | 10Lu 範囲 | その他 | 間隔 1 | 列数 1 | 次数 1 | 範囲 1           | 間隔 2 | 列数 2     | 次数 2 | 範囲 2       | 間隔 3 | 列数 3 | 次数 3 | 範囲 3          | 1 施工範囲 | 2 改良目標値 | 3 孔間隔 | 4 追加基準 | 5 その他  | 変更内容要旨  | 記事         |    | 1 注入圧力 | 2 水押し試験 | 3 注入材料 | 4 追加・省略 | 5 延伸基準  | 6 その他   | 変更内容要旨                      |
| 57   | 但東   | 2       | H/2    | H      |         |     | 3    | 単列   | 2    | 全域             |      |          |      |            |      |      |      |               |        |         |       |        |  |   |            | 2  |        |         |        |         |   | 開始配合を低濃度に変更 (1:10追加)                          | Ce/Luが低く、5Lu以下の改良が進みにくいため   |
| 58   | 笹倉ダム | 2       |        |        |         |     | 3    | 単列   | 2    | 一般部            | 1.5  | 2列<br>干渉 | 3    | 右岸部        | 1.5  | 単列   | 3    | 右岸部           |        |         |       |        |  |   |            |    |        |         |        |         |   |   |                             |
| 60   | 伊木力  | 2       | H/2    | H/2~   |         |     | 3    | 単列   | 2    | 全域             |      |          |      |            |      |      |      | 1             | 3      |         |       |        | ・施工範囲<br>・@1.5m規定3次孔→@3.0m規定2次孔  | 溶岩流分布範囲の実態に合わせる試験施工による  |            |    |        |         |        |         |   |   |                             |
| 62   | 高浜   | 2       | H/2    | H/2~   |         |     | 3    | 単列   | 2    | 全域             |      |          |      |            |      |      |      | 2             |        |         |       |        | ・H/2~H: 5Lu以下→2Lu以下  | 対象数量が少ないため改良目標値変更   |            |    |        |         |        |         |   | 全項目変更なし                                       |                             |
| 63   | 横川   | 2       | H/3    | 2H/3   | H       |     | 1.5  | 単列   | 3    | H/3            | 3    | 単列       | 2    | H/3~       |      |      |      |               |        |         |       |        |  |   | 1          | 2  | 3      |         |        |         | 注入圧力低減 (2.0→1.5MPa)<br>初期配合の高濃度化 (1:8廃止、規定量3000→4000L、大量注入仕様1:0.75)   | 試験施工を踏まえ変更規定量中実績から検討                          |                             |
| 64   | 大内   | 2       | 10m    | 20m    | 20m~    |     | 1.5  | 単列   | 3    | 10m            | 3    | 単列       | 2    | 10m~       |      |      |      | 2             |        |         |       |        | ・2Lu→深度別 (2.5, 10Lu)   | 新指針に合わせて変更  | 1          | 2  | 3      |         |        |         | 右岸リムで限界圧力の発生が多いため<br>初期配合条件の単純化<br>注入時間の増大を懸念   |   |                             |
| 65   | 浄土寺川 | 5       |        | H/2    | H/2~    |     | 3    | 単列   | 2    | 全域             |      |          |      |            |      |      |      | 2             | 3      |         |       |        | ・2Lu→深度別 (5, 10Lu)<br>・@1.5m→@3.0m (2次孔)<br>・補助カーテン部実施                       | 新指針に合わせて変更<br>コンソリ施工時にリークがあったため   |            |    |        |         |        |         |   |   |                             |
| 66   | 福富   | 2       | H/4    | H/2    | H       |     | 3    | 単列   | 2    | 全域             |      |          |      |            |      |      |      | 1             | 2      | 3       |       |        | ・リム削減<br>・2Lu→深度別 (2.5, 10Lu)<br>・@1.5m規定3次孔→@3.0m規定2次孔                      | 新指針に合わせて変更  |            | 2  | 3      | 4       |        |         | 水押し試験圧力段階3→5段階<br>初期配合を低濃度1:10→1:12<br>超微粒子セメント使用 (開始配合1:14)  | 限界圧力を厳密に把握のため<br>左岸斜面部での難改良性から配合、材料を変更        |                             |
| 67   | 太田川  | 2       | H/4    | H/2    | H       |     | 3    | 単列   | 2    | 一般部            | 1.5  | 単列       | 3    | 左岸<br>高透水部 |      |      |      | 2             | 3      |         |       |        | ・2Lu→深度別 (5, 10Lu)<br>・左岸高透水部@3.0m (2次孔)<br>→@1.5m (3次孔)<br>・補助カーテン省略        | 新試行案に合わせて見直し  | 1          | 2  |        |         |        |         | 注入圧力を低減<br>配合切替の同一配合3000L注入   | 右岸アバットでの試験施工<br>低限界圧力<br>配合切替時の急閉塞に対処         |                             |
| 68   | みくまり | 2       | H/3    | H      | H~      |     | 3    | 単列   | 2    | 全域             |      |          |      |            |      |      |      |               |        |         |       |        | ・@1.5m規定3次孔→@3.0m規定2次孔   | 水理地質構造の検討<br>試験施工ブロックの結果  | 1          |    |        |         |        |         | 注入圧力の低減<br>(4stで深0.2MPa減)   | 改良進みやすいため、低圧で基礎岩盤の破壊を抑制                       |                             |
| 73   | 長井   | 2       | H/2    | H/2~   |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | H/2            | 3    | 単列       | 2    | H/2~       |      |      |      | 1             | 2      | 3       | 4     |        | ・リム深度<br>・2Lu→深度別 (2, 5Lu)<br>・改良目標値5Luゾーン<br>@1.5m→@3.0m<br>・4次孔以降緩和追加基準を採用 | 新試行案に合わせて見直し<br>計画の目標値を達成できずに緩和追加基準   |            | 2  | 3      | 5       | 7      |         | 低濃度重視 (少注入傾向)<br>高濃度1:1.5、1:0.75の追加 (効率化)<br>2st一括注入実施<br>省略基準 (深部)<br>Ce量による追加基準緩和<br>無段階水押し試験施工<br>施工条件15m→10m<br>1:1.5配合追加、高濃度重視、規定量5000Lに変更<br>1Lu以下の注入省略 | 花崗岩マサを含まず改良<br>に対し、基準緩和                       |                             |
| 74   | 砂子沢  | 2       | H/4    | H/2    | H       |     | 3    | 単列   | 2    | 全域             |      |          |      |            |      |      |      | 1             | 2      | 3       |       |        | ・深度 リム範囲<br>・2Lu→深度別 (2.5, 10Lu)<br>・@1.5m規定3次孔→@3.0m規定2次孔                   | 新試行案に合わせて見直し  | 2          |    |        | 5       | 7      |         |   |   |                             |
| 75   | 志津見  | 2       | H/4    | H/2    | H       |     | 3    | 単列   | 2    | 全域             |      |          |      |            |      |      |      |               |        |         |       |        |  |   |            | 1  | 3      |         |        |         |   | 深部の注入圧力低減2.0→1.5MPa                           | 低Lu多注入、注入中断多発を懸念            |
| 76   | 北河内  | 2       | H/4    | H/2    | H       |     | 1.5  | 単列   | 3    | 全域             | 3    | 単列       | 2    | H/4~       |      |      |      | 1             | 3      |         |       |        | ・右岸リムファンカーテン省略<br>・左岸高透水ゾーン以外@1.5m→@3.0m                                     |   |            |    | 3      |         |        |         |   | 凝灰岩部深部の注入圧力低減 (2.0→1.0MPa)                    |                             |
| 78   | 嘉瀬川  | 2       | H/4    | H/2    |         |     | 1.5  | 単列   | 3    | 未風<br>化透水<br>帯 | 6    | 単列       | 1    | 左岸<br>変質帯  | 0.75 | 単列   | 4    | 風化<br>透水<br>帯 |        |         |       |        |  | ・未風化透水帯→@1.5m規定3次<br>・左岸変質帯→1次孔2st10mのみ<br>施工<br>・チェック孔省略<br>・風化透水帯→@0.75m規定4次孔 | 試験施工による見直し | 1  | 2      | 4       |        |         |   | 注入圧力の上昇 (1.5→2.0MPa)<br>低濃度配合重視<br>超微粒子セメント使用 | 試験施工から、難改良箇所<br>の効率的注入を目指した |

#### 4. 流水型ダムにおけるカートングラウチングの合理化についての提案

3章において、近年建設されて既設ダムのカートングラウチングの合理化内容について整理を行った。流水型ダムの特徴を考慮したうえで、これらの合理化内容を、流水型ダムのカートングラウチングの設計・施工に適用することで、多くの合理化が実施できると考える。

カートングラウチングの設計・施工を考える上での流水型ダムの特徴としては以下の項目が考えられる。

##### ①通常の貯水位は低い

流水型ダムは通常は水を貯めないため、通常の貯水位である常時満水位は河床標高付近にある。

##### ②貯水時は非定常性が強い

流水型ダムは通常は水を貯めないが、洪水時には貯水位の上昇・下降速度が速く、非定常性が強い。

##### ③リム部およびアバット部は通常は貯水の影響を受けない

①とも関係があるが、流水型ダムにおいては、リム部やアバット部は通常は貯水の影響を受けず、洪水時に一時的に貯水の影響を受けるだけである。

以上の流水型ダムの特徴をふまえて、3章において整理した既設ダムのカートングラウチングの合理化内容について、流水型ダムにも適用性が高い合理化内容を抽出すると、以下のような合理化内容をあげることができる。以下、箇条書きで列挙する。

#### 4.1.1 計画変更

##### ①施工範囲

- ・リムカートングラウチング範囲、リムカートングラウチング深度の施工範囲の変更・縮小。
- ・リムカートングラウチング端部のファンカートングラウチングの省略・短縮。
- ・アバット部の深部の施工範囲の変更・縮小。
- ・河床部深部の施工範囲の変更・縮小。

##### ②改良目標値

- ・リム部の深部の改良目標値の緩和、さらにはリム部の着岩部の改良目標値の緩和も考えられる。
- ・アバット部深部の改良目標値の緩和、さらにはアバット部着岩部の改良目標値の緩和も考えられる。
- ・河床部深部の改良目標値のさらなる緩和。

##### ③孔間隔

- ・リム部あるいはアバット部の規定孔間隔の拡大。
- ・深部の規定孔間隔の拡大。

##### ④追加基準

- ・改良目標値を若干上回る孔が連続したような場合の追加孔基準の緩和などが考えられる。

#### 4.1.2 仕様変更

##### ①注入圧力

- ・孔間隔を拡大した場合、限界圧力が高い時には、注入圧力を高圧化して注入量の増加を図ることが考えられる。
- ・初期透水性が低い場合、あるいは孔間隔が狭い場合には、注入圧力を低圧化することが考えられる。

##### ②配合切替

- ・リム部の深部あるいはアバット部の深部においては、上下流方向の水みちとなる可能性がある高透水部の改良のため、全体的に高濃度配合に移行することなどが考えられる。

##### ④注入材料

- ・前年度の検討により、花崗岩系のダムにおいては、基礎浅部において、高角度亀裂あるいはマサを挟在する低角度亀裂において漏水が問題となる事例があり、このようなダムにおいては超微粒子セメントを施工当初から活用することが考えられる。

##### ⑤追加・省略

- ・規定孔回数においても、リム部の深部やアバット部の深部においては、省略基準を満たした孔を省略することも考えられる。
- ・ルジオン値が小さいステージにおいて、セメントミルクの注入省略を積極的に実施することが考えられる。なお、流水型ダムのカートングラウチングの合理化を考えるにあたっては、通常の貯水ダムと同様、ダム基礎岩盤の水理地質構造などを踏まえてダムの安全性を確保する必要があるとともに、現状では試験湛水により堤体および基礎地盤などの安全性を確認する必要があることに留意する必要がある。

#### 5. 透水性の空間的相関およびカートングラウチングの深度の影響に関する二次元定常解析による基礎的検討

本研究では、ダム基礎岩盤の透水性のばらつきを考慮したうえで、非定常浸透流解析を行い、カートングラウチングの施工範囲や改良目標値の合理化について検討を実施する予定になっている。そこで、その前段階として、空間的な相関を再現可能なばらつきの発生方法の確認、およびダム基礎の透水性の空間的な相関が浸透特性に及ぼす影響の基礎的検討として、二次元定常の浸透流解析によりカートングラウチングの施工深度による影響の基礎的な検討を行った。

##### 5.1 解析条件

解析モデルは図5-1に示すとおり、ロックフィルダム

コア部および基礎岩盤を模擬したものである。基礎岩盤は4m×4mの正方形要素に分割した。基礎岩盤の透水係数は対数正規分布に従うと仮定し、その平均はm/s単位の常用対数で-5、標準偏差σは常用対数で0.3、1.2と変化させて乱数を発生させた。標準偏差については、既設ダムのカーテングラウチングのパイロット孔におけるルジオン値の標準偏差を参考に、ばらつきが小さい場合と大きい場合の2種類設定した<sup>4)</sup>。また、地球統計学のシミュレーション手法である Sequential Gaussian Simulation (SGS)<sup>5)</sup>を用いて、空間的な相関性を有する乱数を発生させた。空間的な相関性については、等方的な場合(水平・鉛直方向の相関距離30m)、異方的な場合(水平方向の相関距離150m、鉛直方向の相関距離20m)についてそれぞれ乱数を発生させた。コア、カーテングラウチングおよびブランケットグラウチングの透水係数は、それぞれ $1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ 、 $2 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ 、 $5 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ で一定の値とした。グラウチングについては、グラウチング未施工、ブランケットグラウチングを施工しかつカーテングラウチングの深度52mおよび100mの場合を想定した。表5-1に解析ケースを示す。表5-1のCase2-1-C0、Case2-2-C0およびCase2-3-C0のケースについて、1 realizationの基礎岩盤部2875要素の透水係数の頻度分布の例を図5-2に、空間分布を図5-3上段にそれぞれ示す。図5-2を見ると、概ね想定した頻度分布が得られている。表5-1の各ケースについてそれぞれ100回のシミュレーションを行った。図5-4に、Case2-2-C0とCase2-3-C0の水平x方向、鉛直y方向のバリオグラム(ある特定の距離に存在するデータの分散を示す)の100realizationsの平均を示すが、概ね想定した相関距離のところでバリオグラムが1になっており、空間的な相関を考慮したダム基礎岩盤の透水性のばらつきの発生方法としては良好な結果が得られた。

コア部および基礎岩盤を模擬したものである。基礎岩盤は4m×4mの正方形要素に分割した。基礎岩盤の透水係数は対数正規分布に従うと仮定し、その平均はm/s単位の常用対数で-5、標準偏差σは常用対数で0.3、1.2と変化させて乱数を発生させた。標準偏差については、既設ダムのカーテングラウチングのパイロット孔におけるルジオン値の標準偏差を参考に、ばらつきが小さい場合と大きい場合の2種類設定した<sup>4)</sup>。また、地球統計学のシミュレーション手法である Sequential Gaussian Simulation (SGS)<sup>5)</sup>を用いて、空間的な相関性を有する乱数を発生させた。空間的な相関性については、等方的な場合(水平・鉛直方向の相関距離30m)、異方的な場合(水平方向の相関距離150m、鉛直方向の相関距離20m)についてそれぞれ乱数を発生させた。コア、カーテングラウチングおよびブランケットグラウチングの透水係数は、それぞれ $1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ 、 $2 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ 、 $5 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ で一定の値とした。グラウチングについては、グラウチング未施工、ブランケットグラウチングを施工しかつカーテングラウチングの深度52mおよび100mの場合を想定した。表5-1に解析ケースを示す。表5-1のCase2-1-C0、Case2-2-C0およびCase2-3-C0のケースについて、1 realizationの基礎岩盤部2875要素の透水係数の頻度分布の例を図5-2に、空間分布を図5-3上段にそれぞれ示す。図5-2を見ると、概ね想定した頻度分布が得られている。表5-1の各ケースについてそれぞれ100回のシミュレーションを行った。図5-4に、Case2-2-C0とCase2-3-C0の水平x方向、鉛直y方向のバリオグラム(ある特定の距離に存在するデータの分散を示す)の100realizationsの平均を示すが、概ね想定した相関距離のところでバリオグラムが1になっており、空間的な相関を考慮したダム基礎岩盤の透水性のばらつきの発生方法としては良好な結果が得られた。

### 5.2 解析結果

図5-3に、乱数の発生方法の違いによる透水係数分布、流速分布の一例を示す。図5-3を見ると、透水係数分布に空間的な相関がある場合、特に異方的な相関がある場合には、流速分布に選択的な浸透が発生している。

カーテングラウチングの深度を変化させた時の、透水係数分布、流速分布の例を図5-5に示す。図5-5の透水係数分布は、カーテングラウチングの深度以外と同じ透水係数分布である。図5-5を見ると、カーテングラウチングの深度が深くなるにつれて、カーテングラウチング施工深度までの流速が小さくなるとともに、ダム基礎岩盤内全体の流速が小さくなる傾向にある。

図5-1の解析モデルの堤高は100mとしている。図

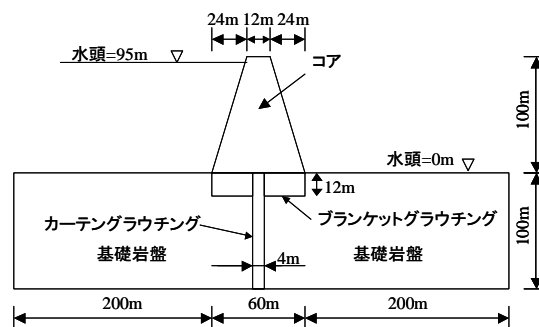


図5-1 解析モデル

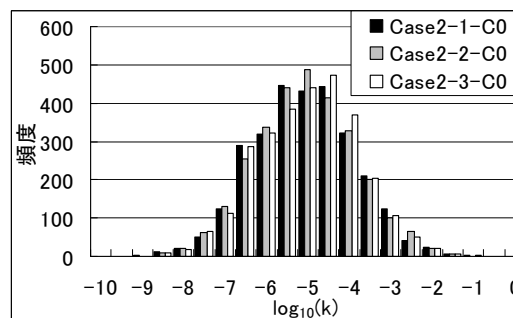


図5-2 基礎岩盤の透水係数の頻度分布の一例 (単位はm/s)

表5-1 解析ケース

| #case        | 分布     | 標準偏差 | 空間的相関      | カーテングラウチング |
|--------------|--------|------|------------|------------|
| Case1-1-C0   | 対数正規分布 | 0.3  | なし         | なし         |
| Case1-2-C0   |        | 0.3  | 等方         | なし         |
| Case1-3-C0   |        | 0.3  | 異方         | なし         |
| Case1-1-C52  |        | 0.3  | なし         | あり(深度52m)  |
| Case1-2-C52  |        | 0.3  | 等方         | あり(深度52m)  |
| Case1-3-C52  |        | 0.3  | 異方         | あり(深度52m)  |
| Case1-1-C100 |        | 0.3  | なし         | あり(深度100m) |
| Case1-2-C100 |        | 0.3  | 等方         | あり(深度100m) |
| Case1-3-C100 |        | 0.3  | 異方         | あり(深度100m) |
| Case2-1-C0   |        | 1.2  | なし         | なし         |
| Case2-2-C0   |        | 1.2  | 等方         | なし         |
| Case2-3-C0   |        | 1.2  | 異方         | なし         |
| Case2-1-C52  |        | 1.2  | なし         | あり(深度52m)  |
| Case2-2-C52  |        | 1.2  | 等方         | あり(深度52m)  |
| Case2-3-C52  |        | 1.2  | 異方         | あり(深度52m)  |
| Case2-1-C100 | 1.2    | なし   | あり(深度100m) |            |
| Case2-2-C100 | 1.2    | 等方   | あり(深度100m) |            |
| Case2-3-C100 | 1.2    | 異方   | あり(深度100m) |            |

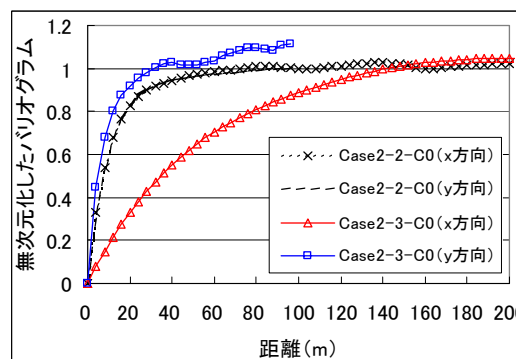


図5-4 Case2-2-C0とCase2-3-C0のx方向とy方向のバリオグラム (100realizationsの平均)

5-5(c)はカートングラウチングの深度が 100m であり、5-5(a)のカートングラウチングの深度が 0m のケースと比較すると、図 5-5(c)の基礎岩盤内の流速はかなり小さくなっている。一方、図 5-5(b)はカートングラウチングの深度が堤高の約 50%のケースであるが、5-5(a)のカートングラウチングの深度が 0m のケースと比較すると、図

5-5(b)の流速分布はカートングラウチング周辺の流速が小さくなっているとともに、全体的に基礎岩盤浅部の流速は小さくなっているが、逆にカートングラウチング未施工部の深部においては流速が大きくなっている箇所もある。

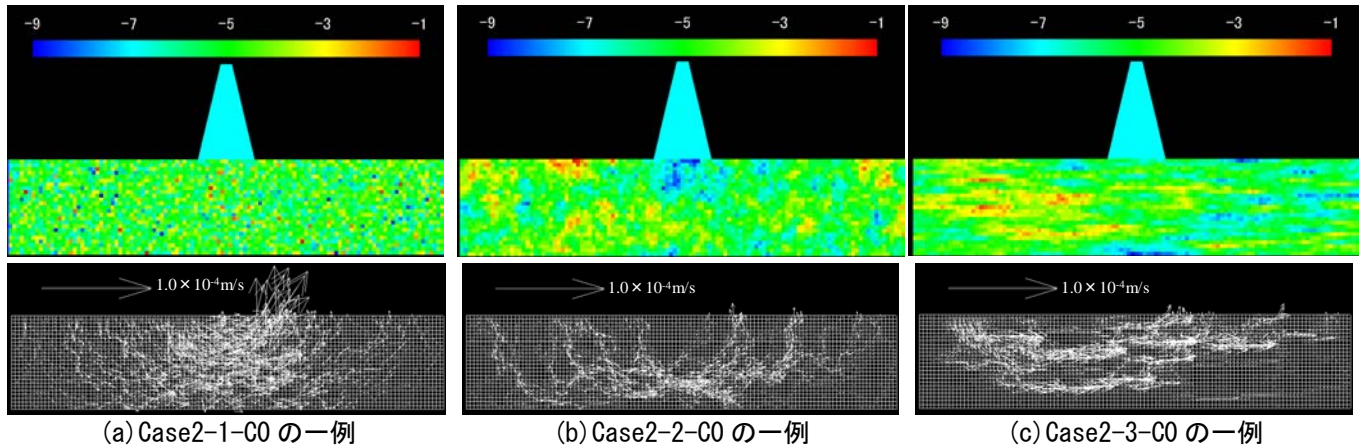


図 5-3 乱数の発生方法の違いによる浸透特性の変化  
(上段：透水係数分布、下段：流速分布)

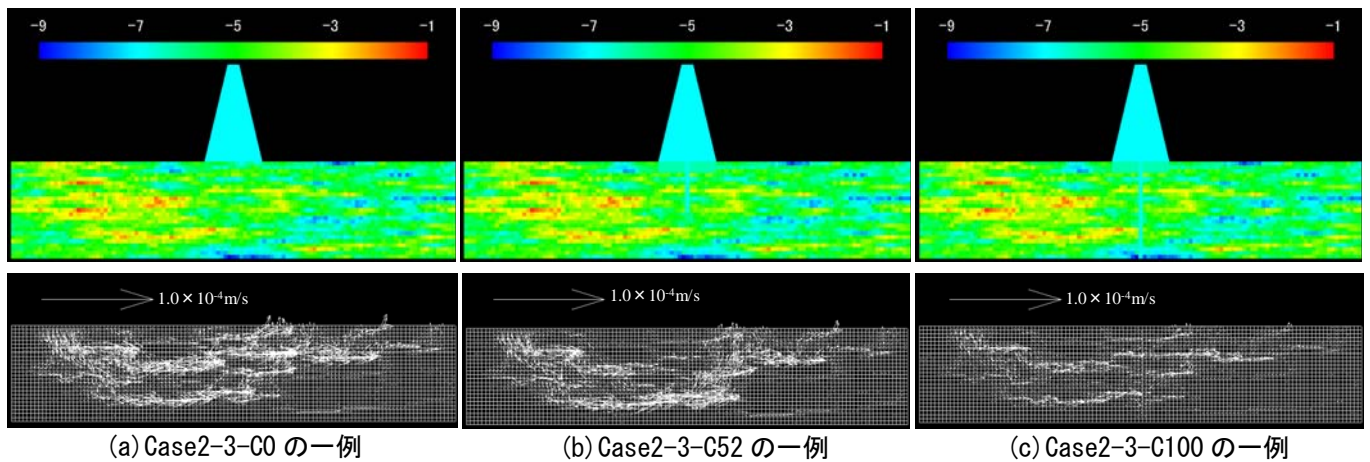


図 5-5 カートングラウチングの深度による浸透特性の変化  
(上段：透水係数分布、下段：流速分布)

## 6. まとめ

平成 23 年度は、グラウチング技術指針の改訂（平成 15 年）の約 2 年前から現在までに試験湛水を行った国交省所管 78 ダムのカートングラウチングについての資料の収集を行い、カートングラウチングの合理化内容について整理を行い、流水型ダムのカートングラウチングにおいても合理化を図ることができる可能性のある項目の抽出を行った。また、空間的な相関を再現可能な透水性のばらつきが発生方法の確認とカー

ティングラウチングの深度による影響の基礎的検討として、二次元定常浸透流解析を行った。以下に、本年度の成果をまとめる。

- (1) 本研究の調査により、平成 15 年のグラウチング技術指針の改訂後に試験湛水を実施したダムにおいては、大きく分けて計画変更と仕様変更によりカートングラウチングの合理化が実施されていることがわかった。これらの合理化内容を整理し、流水型ダムに積極的に活用することで、流水型ダムの

カーテングラウチングの合理化をかなり図ることが可能になると考えられる。

- (2) 既設ダムのカーテングラウチングの合理化項目から、流水型ダムの特徴をふまえたうえで、流水型ダムのカーテングラウチングにも適用可能と考えられる合理化内容について整理した。流水型ダムのカーテングラウチングの合理化を考えるにあたっては、貯水ダムと同様、ダム基礎岩盤の水理地質構造などを踏まえてダムの安全性を確保する必要があるとともに、現状では試験湛水により堤体および基礎地盤などの安全性を確認する必要があることに留意する必要がある。
- (3) 空間的な相関を再現可能なばらつきの発生方法の確認、およびダム基礎の透水性の空間的な相関が浸透特性に及ぼす影響の基礎的検討のため、カーテングラウチングの施工深度を変えて二次元定常の浸透流解析を実施した。その結果、統計的なばらつきと空間的な相関を両方保持する乱数の発生方法を提案できた。

今後は、透水性の統計的・空間的ばらつきを考慮した非定常浸透流解析により、流水型ダムのカーテングラウチングの合理化の検討を実施していく予定である。

#### 参考文献

- 1) (財) 国土開発技術センター発行、建設省河川局開発課監修：グラウチング技術指針・同解説、1983年11月。
- 2) 国土交通省河川局治水課：グラウチング技術指針(案)・同解説、2002年4月。
- 3) (財) 国土技術研究センター編集：グラウチング技術指針・同解説、大成出版社、2003年7月。
- 4) 佐藤弘行、山口嘉一：地盤統計学を用いたダム基礎岩盤の透水性分布推定、土木技術資料、Vol.43、No.3、pp.30-35、2001。
- 5) Clayton V. Deutsch & Andre G. Journel : GSLIB, Geostatistical Software Library and User's Guide, Second Edition, 369p., 1998.

## RESEARCH ON RATIONALIZATION OF CURTAIN GROUTING FOR DRY DAMS

**Budgeted :** Grants for operating expenses  
General account

**Research Period :** FY2010-2013

**Research Team :** Hydraulic Engineering Research Group  
(Dam and Appurtenant Structure Research Team)

**Author :** YAMAGUCHI Yoshikazu  
SATOHI Hiroyuki

**Abstract:** The number of construction plans of dry dams which do not impound the water except during the flood are increasing from the viewpoint of the river environmental preservation. The present standards for foundation treatment and grouting do not consider the effects of the change of water level of reservoir on unsteady seepage in dam foundation, and these design standards are thought to stand on the safety side. But as for the dry dams, the NWL (Normal Water Level) is almost at the riverbed and there is almost no water from the NWL to SWL (Surcharge Water Level) except during flood control. We can rationalize the design and execution of curtain grouting for dry dams if we consider and evaluate the unsteady seepage due to the impounding water level on the safety of dry dams.

In this fiscal year, we collected the technical documents concerning the curtain grouting of 78 dams which constructed after 2001 when grouting standards was revised. From technical documents, we extracted the many rationalization points in design and execution of curtain grouting in 78 dams. Based on the results, we proposed possible rationalization items of curtain grouting for dry dams in consideration of characteristics of dry dams. We conducted Monte-Carlo simulation of two dimensional steady seepage analysis to investigate the influences of spatial variations of permeability and the depth of curtain grouting. We could generate random numbers for permeability coefficients keeping statistical and spatial variations accurately.

**Key words :** dry dam, curtain grouting, rationalization.