

戦-29 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。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定常性を考慮せず、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)の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、基礎浸透の非定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 22 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 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った。また、調査対象ダムのうち、試験湛水時に比較的漏水量が多かったダムを抽出し、その原因の分析を行い、カートングラウチングの合理化にあたっての注意点の考察を行った。

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定常性を考慮せず、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)の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、基礎浸透の非定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 22 年度は、グラウチング技術指針の改訂（平成 15 年）¹⁾の約 2 年前から現在までに試験湛水を行った 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った。また、調査対象ダムのうち、試験湛水時に比較的漏水量が多かったダムを抽出し、その原因の分析を行い、カートングラウチングの合理化にあたっての注意点の考察を行った。

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 78 ダムのカートングラウチングについて、基本設計会議資料をもとに、調査時および施工時の地質図・岩級区分図・ルジオンマップ、計画図、実績図、超過確率図などについて基礎的な整理を行った。対象ダムは、表-1 に示す 78 ダムである。なお、表-1 に示すダムのうち、浅虫ダム、宮崎生活貯水池）、小田ダム、真締川ダムの 4 ダムについてはカートングラウチングが実施されていない。

表-1 調査対象ダム

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

2.2 調査対象ダムの型式

図-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。

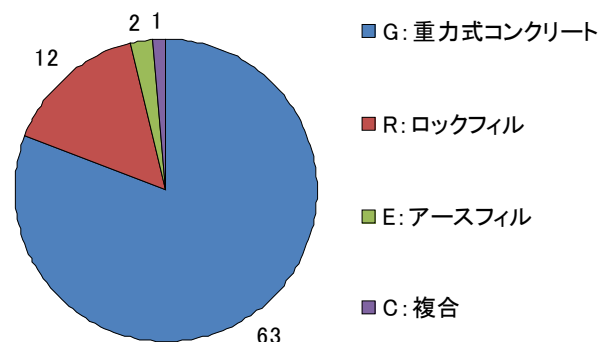


図-1 調査対象ダムの型式別ダム数 (全 78 ダム)

2.3 カルテ形式による調査ダムの概要整理

調査対象ダムの収集した資料から、調査時および施工時の地質図・岩級区分図・ルジオンマップ、計画図、実績図、超過確率図などを整理した。この整理では、調査対象ダムの資料が膨大なものであったため、各ダムの基本諸元、地質情報、基礎処理情報の概要について、次の項目をカルテ形式でわかりやすく整理した。

【ダム基本諸元】

ダム名

所在地、河川名、ダム型式

ダム高、堤頂長、堤体積、堤頂標高、基礎標高

堤体法勾配、堤頂幅

貯水池諸元（設計洪水、サーチャージ水位、常時満水位、最低水位、総貯水容量等）

【地質情報】

構成地質、地質概要、透水特性

【基礎処理情報】

（カーテン、コンソリデーション、ブランケットグラウチングについて）

改良目標値

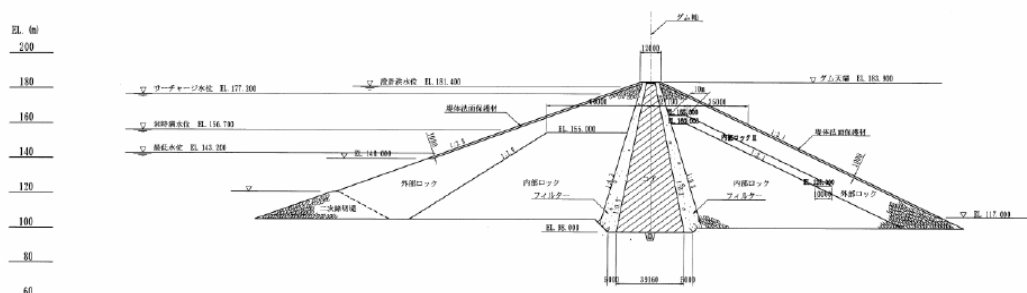
孔配置、施工深度、施工時期

注入材料、注入圧力、最大注入速度、配合切替基準
追加基準、延伸基準、省略孔基準

カルテ形式の整理の一例として、森吉山ダムの整理内容を表－1 から表－3 および図－2 に示す。

表－1 カルテ形式の整理内容の一例（ダム基本情報について）

項 目	内 容
【ダム基本情報】	
ダム名	森吉山ダム
所在地	左岸 秋田県北秋田市森吉 左岸 秋田県北秋田市根森田
河川名	米代川水系小又川
ダム形式	中央コア型ロックフィルダム
ダム高	89.90m
堤頂長	786.00m
堤体積	5,850,000 m ³
堤頂標高	183.90m
基礎標高	94.00m
堤体法勾配	上流 1:2.8 下流 1:2.1
堤頂幅	12.0m
貯水池諸元	設計洪水位 : HWL. 181.40 サーチャージ水位 : SWL. 177.20 常時満水位 : NWL. 156.70 夏季制限水位 : 最低水位 : LWL. 143.20 総貯水容量 : 78,100,000 m ³

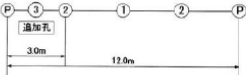


図－2 カルテ形式の整理内容の一例（ダム基本情報について）

表-2 カルテ形式の整理内容について（地質情報）

項 目	内 容
【地質情報】	
構成地質	ダムサイトの地質は、新第三紀中新世の桐内層で石英安山岩～安山岩質火山礫凝灰岩を主体とし、泥岩、安山岩溶岩および粗流玄武岩等から構成される。
地質概要	ダムサイトの地質は、新第三紀中新世の桐内層で石英安山岩～安山岩質火山礫凝灰岩を主体とし、泥岩、安山岩溶岩および粗流玄武岩等から構成され、傾斜 10° ～30° で上流方向へ傾斜している。凝灰岩（塊状部）、安山岩、粗流玄武岩は堅硬である。ダムサイト左岸尾根部・右岸傾斜面に分布するチョコタフ、ダム軸下流に分布する泥岩（凝灰岩と互層）、ダムサイト下流部・中流右岸等に分布する軽石凝灰岩はスレーキング性が著しい。
透水特性	調査時には、CM 級以上の岩盤は、基本的に透水性が小さく（概ね 5Lu 以下）、左岸リム部、河床部、右岸高標高部の「高角度割れ目と薄いゾーン」は、高透水部を想定していたが、グラウチング施工時の透水試験の結果、高透水部の連続性はなく、全体に低透水であることを確認した。

表-3 カルテ形式の整理内容について（基礎処理情報（カーテングラウチング））

項 目	内 容																																													
【基礎処理情報】																																														
●カーテン																																														
改良目標値	0～H/2 : 5Lu H/2～ : 10Lu H:ダム高																																													
孔配置	孔間隔 3.0m 単列 規定 2 次孔 																																													
施工深度	調査時の改良目標値以上の箇所を包括する範囲 パイロット孔 : 45m (H/2) ～70m 一般孔 : 20m～70m																																													
施工時期	堤体部 : 堤体盛立 15.0m 以上																																													
[注入仕様]																																														
注入材料	高炉セメント B 種																																													
注入圧力	<table border="1"><thead><tr><th>ステージ</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6～</th></tr></thead><tbody><tr><td>注入圧力 (MPa)</td><td>0.3</td><td>0.5</td><td>0.7</td><td>0.8</td><td>0.9</td><td>1.0</td></tr></tbody></table> 透水試験時に降伏圧力 (PQ 曲線の折角 45°) が確認された場合、注入圧力は降伏圧力+0.1MPa とする。ただし、降伏圧力+0.1MPa ≤ 0.3MPa となる場合、最低注入圧力 0.3MPa とする。	ステージ	1	2	3	4	5	6～	注入圧力 (MPa)	0.3	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0																															
ステージ	1	2	3	4	5	6～																																								
注入圧力 (MPa)	0.3	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0																																								
最大注入速度	4L/min/m																																													
配合切替基準	<table border="1"><thead><tr><th>配合</th><th>Lu<10</th><th>10 ≤ Lu < 20</th><th>20 ≤ Lu</th><th>リーク発生</th></tr></thead><tbody><tr><td>1:8</td><td>400L</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>1:6</td><td>400L</td><td>400L</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>1:4</td><td>400L</td><td>400L</td><td>400L</td><td>-</td></tr><tr><td>1:2</td><td>600L</td><td>600L</td><td>400L</td><td>-</td></tr><tr><td>1:1.5</td><td>600L</td><td>600L</td><td>600L</td><td>400L</td></tr><tr><td>1:1</td><td>1,600L</td><td>2,000L</td><td>2,600L</td><td>800L</td></tr><tr><td>1:0.8</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>2,800L</td></tr><tr><td>計</td><td>4,000L</td><td>4,000L</td><td>4,000L</td><td>4,000L</td></tr></tbody></table>	配合	Lu<10	10 ≤ Lu < 20	20 ≤ Lu	リーク発生	1:8	400L	-	-	-	1:6	400L	400L	-	-	1:4	400L	400L	400L	-	1:2	600L	600L	400L	-	1:1.5	600L	600L	600L	400L	1:1	1,600L	2,000L	2,600L	800L	1:0.8	-	-	-	2,800L	計	4,000L	4,000L	4,000L	4,000L
配合	Lu<10	10 ≤ Lu < 20	20 ≤ Lu	リーク発生																																										
1:8	400L	-	-	-																																										
1:6	400L	400L	-	-																																										
1:4	400L	400L	400L	-																																										
1:2	600L	600L	400L	-																																										
1:1.5	600L	600L	600L	400L																																										
1:1	1,600L	2,000L	2,600L	800L																																										
1:0.8	-	-	-	2,800L																																										
計	4,000L	4,000L	4,000L	4,000L																																										
追加基準	改良目標値 5Lu ゾーン ① 最終孔が 10 ルジオンを超える場合 ② 隣接する最終孔がともに 5 ルジオン以上の場合 ③ 各施工ゾーン内の最終次数孔で改良目標値以下のステージが 85%以上の場合 改良目標値 7Lu ゾーン ④ 最終孔が 10 ルジオンを超える場合 ⑤ 隣接する最終孔がともに 7 ルジオン以上の場合 ⑥ 各施工ゾーン内の最終次数孔で改良目標値以下のステージが 85%以上の場合																																													
延伸基準	① 最終ステージが改良目標値を超える場合パイロット孔を延伸して改良目標値以下を確認する。 ② 一般孔は、パイロット孔により改良深度を決定し、延伸しない。																																													
省略孔基準																																														

3. カートングラウチングの合理化内容の整理

調査対象ダムでは、その当時の基準に従い、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応する見直しや、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。

調査対象ダムの基礎処理計画および施工仕様の変遷などの合理化項目を、表-4 として一覧表に整理した。

なお、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²⁾

②H14.4 グ라우チング技術指針 (案) 同解説³⁾

③H15.4 グ라우チング技術指針 同解説¹⁾

(発刊は H15.7)

表-4 の一覧表の整理においては、計画および施工の合理化項目について、計画についてはグラウチング技術指針の改訂時期と、調査対象ダムの資料から読み取れるカートングラウチングの施工時期、計画作成、変更時期を整理し、施工については施工仕様の変更内容について一覧表に記載した。

表-4 の一覧表から、調査対象ダムのカートングラウチングの合理化内容については、大きく以下の計画変更と仕様変更の2つに分類することができる。

3.1 計画変更

調査対象のダムのカートングラウチングの着手時期は、平成 10 年から平成 19 年にわたり、約 10 年近い隔たりがある。また完了時期も同様に、平成 11 年から平成 21 年の約 10 年にわたっている。

多くのダムは、当初は昭和 58 年 11 月の旧グラウチング技術指針に基づいて調査・設計が進み、平成 14 年 4 月のグラウチング技術指針 (案) (新指針案)、平成 15 年 4 月のグラウチング技術指針 (新指針) により計画を見直している。

表-4 によると、計画変更にかかる合理化内容として、以下の事項が上げられる。

①「改良目標値の変更緩和

深部方向の改良目標値を緩和 (旧指針：基礎岩盤一律の設定→新指針：深度ゾーン別に設定)。

②リム範囲の変更緩和

基準水位の見直し等：旧指針ではサーチャージ水位と地下水位、難透水性ゾーンの交点までとされていたが、新指針では常時満水位+ α と地下水位、あるいは水理地質構造的な難透水部まで等と変更されている。

③カーテン深度の変更緩和

深部の改良目標値緩和に伴う施工深度の緩和、施工ブロック毎に深度設定 (隣接ブロックとの深度急変許容)。

④補助カーテンの廃止

⑤孔配置の変更

⑥規定次数の緩和

全深度を通じての場合と深部のみの場合がある。

なお、追加基準については、既に、①全体の基準、②最大値の基準、③連続の基準の3原則による追加基準の設定が確立しているため、改良目標値の変更に伴う変更が多い。

3.2 仕様変更

表-4 によると、主な仕様変更にかかる合理化内容は以下の通りである。

① 注入圧力

注入圧力変更の場合、水押し、透水圧力も連動して変更となる。

限界圧力の発生によって注入圧力を下げるケースが多い。

深部については圧力を上げる場合と下げる場合がともにある。

② 配合切替

各ダムで当初配合切替が微妙に異なり、かなり多様である。

透水性の低い箇所ほど薄い配合から開始し、同一配合で 400~800 リットル程度注入を続け、注入の完了の見通しがない場合、一段濃い配合に切り替えるという点などは、共通するところも多い。

仕様変更事項としては、C:W=1:2 と 1:1 の間に 1:1.5 を加えたり、1:1 の後に 1:0.8 を加えるなどの変更と初期配合の変更点などがある。

③ 注入材料

改良目標値の達成が難しい場合に超微粒子セメントに変更しているダムもある。

④ 注入省略基準

注入省略基準は当初から規定されることが少ないため、ルジオン値、水押し最大流量により注入省略基準が追記されるケースがある。

⑤ 0st 注入基準

リム部でサーチャージ水位以深が施工 (改良) 範囲となっているものの、リークなどによりグラウチング効果に問題がある場合、その上位の 0st 注入が必要となり、仕様変更している例がある。

表-4 調査対象ダムのカートングラウチングの合理化内容

整理番号	ダム名	所在地	ダム型式	ダム高 (m)	主たる地質構成	基本設計 計画 年月	カートン施工時期			計画作成・変更時期等			計画の原通しについて			カートン施工仕様の変更		記事	記 事
							着手	完了	変更 (当初設計)	変更 (1)	変更 (2)	原通し 項目番号	原通し項目番号等 1.施工範囲の原通し 2.改良目標値の原通し 3.規定孔間隔の原通し 4.追加変更の原通し 5.その他	記 事	施工仕様変更項目	記 事			
1	羽塘ダム	沖縄県	R	66.5	緑色片岩 千枚岩	H13.3							3	・規定4次孔→規定2次孔 (パイロット孔間隔16m)	計測施工を省略し、4次孔を規定孔から追加孔に変更した。			変更についての記載なし 計測施工で施工仕様確認	
2	沖田ダム	富山県	G	36.0	砂岩 頁岩	H13.5	H11.12	H13.3					1	・改良範囲の基準	地下水位は低い。岩盤が堅硬で透水性が低いとの計画通り			比較表に全項目変更なし	
3	都内内ダム	佐賀県	G	31.5	古第三紀 砂岩 玄武岩の貫入	H13.6	H12.4	H13.3					4	・一部追加判定対象を新規に変更した 最終改良孔→チャエツク孔	土留、ダムセメンテーションにより、尾根帯で採用	配合切替		計測施工の結果1：10を省略 最大注入量2800L→3200L	
4	錦川ダム	滋賀県	G	80.5	中生代 粘板岩 砂岩	H13.6	H10.1	H12.11					5	・補助カートン省略	コンクリートジョイントラウチングを十分施工したため	注入圧力		膨張圧力の発生が多く、膨張圧を下げた。	
5	浅虫ダム	青森県	G	3.0	新第三紀 頁岩 炭化岩類 黒板岩の貫入	H13.7	H11.9	H11.11							沖積層や地盤中を流れる地下水は地盤中の布設水として利用されることから、地下水を遮断しない構造とする必要があった。			当ダムは、杭基礎工による完全遮水を行わないダムであることから、漏水量計による観測は行わない。ただし、漏水試験中のみ垂直圧力計を用いて浸透流量を観測することとする。	低層部ダム 堤体側力カートンなし 左右岸斜面のみ
6	久保須川ダム	富山県	G	95.0	中生代花崗岩 新第三紀安山岩の貫入	H13.8	H10.9	H13.5							・計画通り、*補助カートン省略L=15m			比較表に全項目変更なし と記載されている。 リグラウチングあり	場内に貯留時、漏水のため、一部のリグラウチング
7	栗井生活貯水池	香川県	G	42.0	和泉層群 砂岩 頁岩互層	H13.8	H10.11	H13.4					3	・密部規定孔@1.5m→@3.0m	先行施工した左岸リムの改良効果のみで注入圧力の高い4次孔は規定2次孔とし、3次孔は追加孔とした。	配合切替、注入中断基準、再注入、透水性		パイロット孔の透水性基準を加えた。	
8	上ノ国ダム	北海道	G	51.3	白亜紀 チャート 粘板岩 砂岩互層	H13.10		H13.9	H7				1	施工範囲	右岸リムで地下水位の高いことを確認し、各項目の原通し検討しているが、大きな変更はない	施工時期、孔配置、孔要、密部注入材、配合切替、改良目標、透水性等圧力、		透水性粒子セメント	
9	大長見ダム	鳥取県	G	71.5	古第三紀 火山凝結 花崗岩	H13.12		H13.6							左岸ファンカートンにパイロット孔を追加配置 右岸ファンを基準位置に変更（足場側側）	施工仕様の変更はない			
10	柿崎川ダム	新潟県	R	54.0	新第三紀 砂岩 頁岩 帯状層	H14.5		H13.6					5	・3次孔省略基準	3次孔のうち、3ステージ以降に深において、対象ステージの左右に隣接するパイロット孔～2次孔におけるルシオン値がいずれも5以下の場合、そのステージ以降を省略する。				
11	湯沢山ダム	福岡県	G	64.5	古生代 凝結岩 ホルンフェルス	H14.6		H13.3							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	

[illegible]

[illegible]

整理番号	ダム名	所在地	ダム型式	ダム高 (m)	主たる地質構成	基本設計計画年度	カーテン施工時期		計画作成・変更時期等				計画の見直しについて				カーテン施工仕様の変更		記事
							着手	完了	実施(当初設計)	変更(1)	変更(2)	見直し項目番号	見直し項目番号	記事	施工仕様変更項目	記事			
32	樹谷ダム	福井県	R	100.4	中生代砂岩・粘板岩、チャート	H16.9							見直し項目番号 1. 施工計画の見直し 2. 改良目標値の見直し 3. 規定目録の見直し 4. 追加基準の見直し 5. その他						
33	小山ダム	茨城県	G	85.0	白亜紀花崗閃緑岩	H16.9	H16.6				1, 2, 5	・一律2Lu→3Ln別に2Lu、8Lu ・リム削減	深部80は浸透流解析により決定 地下水位調査により、右岸計画範囲でサッチャー水位以上の地下水位を確認したため、153m→38mに改訂	4次孔以降で超微粒子セメントを使用。					
34	石井ダム	兵庫県	G	66.2	白亜紀花崗閃緑岩と頁岩層	H16.9	H16.6						H/2以降は改良目標値を設定してない					海水専用ダム新設計適用	
35	河平生活貯水池	岡山県	G	38.5	白亜紀流紋岩類	H16.9					1, 2, 3	・左岸リム削減 ・2Lu→深部別 2, 5Lu ・@1.5m規定3次孔→@3.0m規定2次孔	当初、地下水位とサッチャー水位の交点を範囲としていたが、左岸部で新設計に合わせて見直し、地下水位と常時湛水の交点まで変更した。 右岸部は常時湛水以上に10Lu以上が確保するため、サッチャー水位と離達水ゾーンまでとした。 最終計画は右岸リム試験施工を反映						
36	小満生活貯水池	長崎県	G	28.5	古第三紀新第三紀凝灰岩	H16.10	H16.8	H15.3改訂	H15.8新設計		1, 2, 3	・左岸リム削減 ・2Lu→深部、ゾーン別 (2.5, 10Lu) ・@1.5m規定3次孔→@3.0m規定2次孔	新設計に合わせて見直し、右岸計画範囲は地下水位とサッチャー水位と交わる範囲から常時湛水位と交わる水位とすることにより、延長を49mから20mに短縮。	初期配分 0.4t注入、配分切替後も圧力・境界圧が常時の注入圧力			マヤ部：連続湛、連続コンクリ		
37	中野方生活貯水池	岐阜県	G	41.7	白亜紀流紋凝灰岩	H16.11	H16.9				1, 2, 3	・右岸リム削減 ・2Lu→深部別 3, 5Lu ・@1.5m規定3次孔→@3.0m規定2次孔	新設計に合わせて見直し、右岸リムは右岸深部まで常時湛水部が見ていた、深部までとした。	注入圧力 (湛水・水押し)			H15.7開始H16.9完了		
38	鹿生ダム	岩手県	G	77.0	白亜紀安山岩類、堆積岩類、凝灰岩	H17.1	H16.12	H13.6	H14.7	H15.7	1, 2, 3, 4	・リム削減 ・2Lu→深部別 (2.5, 10Lu) ・深部規定孔 1.5m→@3.0m ・2～3Luの連続時の追加は省略する ・凝灰岩部で間隔短縮とする	H14.7以降 新設計に合わせて見直し 常時湛水以上の層部では改良目標値を5Lu、@3m規定2次孔に削減 試験施工結果による変更						
39	小田ダム	宮城県	R	48.5	新第三紀堆積岩類、第四紀火砕流堆積物	H17.1					5		コア部に分布する亀ノ口層は変形に富み、堆積荷重によりカーテンクラックが断層が露出される恐れがあるため、カーテンクラウチングは実施しない。	コアソールの書写簿を厚くし、堤内水圧平ラフソールの断層、左右岸地山プラインゲット上を。				カーテンなし	
40	三釜川ダム	岡山県	G	74.5	白亜紀流紋岩類	H17.3	H16.12	H14.9	H16.1		1, 2, 3	・右岸リム削減 ・2Lu→深部別 2, 5Lu ・堤体は以下を除く箇所 @1.5m→@3.0m	右岸リム部には湛水初年度が期待できる断層が分布し、これより山頂のパイロット孔の水位上昇を確認した。	注入圧力、延伸基準			H12左岸リム着手 H14.2打設開始 H16.1完了		
41	湯免生活貯水池	山口県	G	46.0	中生代安山岩類、変成岩類	H17.3	H16.11				2	・2Lu→深部別 (2.5, 10Lu)	新設計に合わせて見直し						

整理 番号	ダム名	所在地	ダム 型式	ダム高 (m)	主たる 地質構成	基本設計 年度	カーテン施工時期		計画作成・変更時期等			計画の見直しについて				カーテン施工仕様の変更			記 事
							着手	完了	実施 (当初) 設計	変更 (1)	変更 (2)	見直し 項目番号	見直し項目番号	記 事	施工仕様変更項目	記 事			
42	灰塚ダム	広島県	G	50.0	白亜紀 安山岩質凝灰岩層	H17.6		H16.12	S58	H11	H14 新指針案	1,2	・施工範囲：改良目標値に応じた設定 ・2Lu→深層別 (2.5, 10Lu) ・③1.5m規定3次孔 →③3.0m規定2次孔 →アバット部分は③6.0m規定1次孔	新指針案に合わせて見直し 見直した計画仕様を記載されている 断面、シームを伴う箇所の孔配直 変更。	注入圧力 (遠水・水押し) 配合切替 注入圧力 注入圧力 0Luの注入者調整追加	深いスレージで試験圧力に 注入圧力だったのを同一に した。 深いスレージで注入圧力 を下げた。 分散プラント用配合表に 変更。 0Luの注入者調整追加			
43	益田川ダム	鳥取県	G	48.0	古第三紀 安山岩類 凝結凝灰岩層	H17.8	H14.12	H16.12	H12.3	H14.9	H15.1 H16.1	2,3	・2Lu→深層別 (2.5Lu) ・③1.5m規定3次孔 →③3.0m規定2次孔 →アバット部分は③6.0m規定1次孔	新指針案に合わせて見直し 新指針案は新指針適用後施工 カーテンは新指針適用後施工	施工時期、配合切替調整、 同時注入規制、延滞調整	施工時期開始H14.7打設開始 H16.8打設終了 カーテン H15.4～H16.12 10mに変更。			
44	山田川 生活貯水池	広島県	G	32.1	白亜紀 黒雲母花崗岩層	H17.8	H15.4	H16.6				1,2,3	・深さの見直し ・2Lu→深層別 (2.5, 10Lu) ・③1.5m規定3次孔→③3.0m規定2次孔	新指針案に合わせて見直し 左岸リムの深さが深くなった。					
45	滝沢ダム	埼玉県	G	132.0	中生代 チャート、粘 土質凝灰岩層	H17.8		H17.5				1,2,3	・深さの見直し ・2Lu→深層別 2.5Lu ・補助カーテン者 ・H/4～：③1.5m→③3.0m		バック、遠水調整圧力、 注入圧力、注入者 調整追加。	エキスパンション→エ ア 地質別に圧力設定 チャート層の注入者調整 を追加。			
46	青野大師 生活貯水池	岐阜県	G	39.5	第三紀 石英安山岩	H17.8	H15.11 グラウ チング 工機不 明	H17.2				2,3	2Lu→深層別 (2.5Lu) ③1.5m規定3次孔→③3.0m規定2次孔	新指針案に合わせて見直し	注入圧力 (遠水・水押し) 配合切替時の状況による再 注孔	注入圧力下げている。			
47	以布利 生活貯水池	高知県	G	30.5	四万十 層凝灰岩 含礫泥岩層	H17.9	H15.1	H16.6				2,3	・2Lu→深層別 (2.5Lu) ・③1.5m規定3次孔→③3.0m規定2次孔	新指針案に合わせて見直し	注入圧力 (遠水・水押し) 注入圧力を小さいため注 入圧力を下げた。				
48	梶毛ダム	広島県	G	49.0	黒雲母花崗岩層	H17.9	H15.6	H16.7		H15.3	H15.8 H16.2	1,2,3	・2Lu→2Lu程度 ・リムグラウチング調整 ・リム断面はパイロット孔の結果により 見直したものの。	下記3箇の見直し ①H15.4指針改訂に沿って見直し ②指定孔深層調整、リム調整 ③調整部の見直し 施工断面はパイロット孔の結果により 見直したものの。					
49	忠別ダム	北海道	C	86/78.5	新第三紀 安山岩類 第四紀花崗岩 層	H18.1	H10.1	H16.12										フィル部：連続壁あり	
50	笛吹ダム	長崎県	G	59.8	新第三紀 玄武岩類	H18.2		H17.8				1,2,3	・リム調整 ・2Lu→深層別 (2.5, 10Lu) ・③1.5m規定3次孔、③3.0m規定2次孔、 ③6.0m規定1次孔	新指針案に合わせて見直し 施工途中で改良目標値、孔配直の変更	配合切替、0st仕様、注入圧 力、遠水水押し圧力	C：w=1：1.5を追加等 0st注入			
51	緒水川ダム	山形県	R	74.0	新第三紀 凝灰岩 凝結凝灰岩層	H18.5	H12.9	H18.1		H14.2	H15.4	1,2,3	・補助カーテンの廃止 ・5Lu→深層別 (5, 10Lu) ・2列→単列→新2列	H14.4指針案改訂により施工途中に改 更 H14.2 改良目標値の変更、補助カー テンの廃止 H15.4 孔配直の変更 H17.7 追加調整にセメント量を追加	施工時期、遠水水押し圧 力、注入圧力、 圧力を上げた。	H12～H17施工 H14.2改良目標値調整 H15.4孔配直調整			

管理番号	ダム名	所在地	ダム形式	ダム高 (m)	主たる地質構成	基本設計 社会協定 年月	カーテン施工時期		計画作成・変更時期等			計画の見直しについて				カーテン施工仕様の変更			記 事
							着手	完了	実施 (当初) 設計	変更 (1)	変更 (2)	見直し 項目番号	見直し項目番号 1.施工範囲の見直し 2.改良目録順の見直し 3.規定孔間隔の見直し 4.追加基準の見直し 5.その他	記 事	施工仕様変更項目	記 事			
52	岩井川ダム	奈良県	G	55.0	白亜紀 縞雲片岩帯層	H18.7		H17.12			3	H/4以上深： ①4.5m規定3次孔→⑧8.0m規定2次孔	新指針（H15.4）に合わせて見直し H/4以下深では1.5m規定3次孔→③3.0m 規定2次孔 工事内容、改良効果解析してその後の 施工に反映した		変更仕様の記載がない。 る。	基礎処理H16.5～H17.12			
53	徳山ダム	岐阜県	R	161.0	濃衣岩 燐灰岩互層 チャート 粘板岩	H18.7		H18.4			1, 2, 3	・深差別 2.5Lu→2.5, 10Lu ・深差別に -H/4: ⑧3.0m規定2次孔 H/4:- ⑩12.0mバイロット孔のみ	水理地質構造補正時から変更	水押し圧力、配合切替、注 入材料、Ott仕様、注入省略	無段階水押しの実施。 切替量を少なくする。 超微粒子セメントを利用。				
54	大和ダム	鹿児島県	G	45.0	白亜紀 凝灰岩質互層	H18.8		H17.11	H15.2 着手前		1, 2, 3	・リム削減 ・2Lu→深差別 2.5, 10Lu ・補助カーテン省略 ・種別カーテン省略	新指針に合わせて変更 施工に当た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、その結果その後の施工に 反映させ、効果的かつ経済的な工事の策 定に努めた。			H16.3台車リムより着手			
55	琴川ダム	山梨県	G	64.0	第三紀 花崗閃緑岩	H18.8			H12.5		1, 2, 3	・リム削減 ・2Lu→深差別 2.5, 10Lu ・補助カーテン省略 ・2列規定3次孔→単列規定2次孔	新指針に合わせて変更						
56	中木庭ダム	佐賀県	G	69.5	第三紀 安山岩類 第四紀 玄武岩類	H18.8		H18.2	H12.11 施工当 初		1, 3	・リム削減 ・補助カーテン省略 ・規定3次孔→規定2次孔	新指針により施工当初に見直し						
57	但東 生活貯水池	兵庫県	G	25.7	古第三紀 粗粒黒雲母花 崗岩	H18.10	H17.9	H18.7							配合切替	開始配合を1段遅く変更。			
58	管倉ダム	島根県	G	36.2	中生層 白亜紀 花崗岩	H18.12	H17.8	H18.9											
59	英神川ダム	山口県	E	21.9	白亜紀 花崗岩	H18.12	H18.6	H18.1			5		亀裂性の箇所に補強工を施工	2～Lu地盤までのコアレス方式 を採用 カーテングラウチングは行わない					
60	伊木カラム	長崎県	G	41.7	新第三紀～第 四紀 安山岩流岩 凝灰岩堆積岩	H18.12		H18.9			1, 3	・施工範囲 ・@1.5m規定3次孔→@3.0m規定2次 孔	岩道分布範囲の変遷に含まれる 諸般施工による						
61	木戸ダム	福島県	G	93.5	白亜紀 花崗岩	H19.2	H14.3	H18.6			改訂後	改訂前	・深差別 ・深差別改良目録通 ・@3.0m規定2次孔	新指針に合わせて変更	注入材料	超微粒子セメントを利用。 用。			
62	高浜ダム	長野県	G	335.0	寒武世層 泥質片岩 砂質片岩	H19.3	H18.4	H18.12			2	・H/2～H：5Lu以下→2Lu以下	対象数量が少ないため						

整理番号	ダム名	所在地	ダム型式	ダム高 (m)	主たる地質構成	基本設計年度月	カーテン施工時期		計画作成・変更時期等			計画の見直しについて				カーテン施工仕様の変更			記事
							着手	完了	実施 (当初)設計	変更 (1)	変更 (2)	見直し項目番号	記事	施工仕様変更項目	記事				
63	横川ダム	山形県	6	72.5	中生層と中生代の花崗岩類	H19.6	H16.9	H18.9				5		水理地質構造の再検討 試験掘削工 本施工時の仕様の調整	注入圧力（透水、水押し）、配管切替、初期割合の調整実施化、同時注入調整、岩盤劣化時の処理	MaxP=2.0MPa→1.5MPa 開始割合を一途縮くし、総注入量を増やす。	横計のフローあり		
64	大内ダム	秋田県	6	27.6	グリーンタフ地帯 礫状泥岩	H19.9	H17.10	H18.12				2	・2LU→深奥別（2.5, 10U） ・2LU→深奥別（2.5, 10U） ・e1.5m→e3.0m（2次孔） ・補強カーテン一部実施	新指針に合わせた変更	注入圧力（透水、水押し）、配管切替、注入中断	右岸リムで隔壁圧力の発生が多いため圧力を下げる。 ルジオン初期割合条件の特許化。（3段階から2段階へ）			
65	浄土寺川ダム	福井県	6	72.0	白亜紀凝灰岩類 第四紀火山岩類	H20.1	H18.8	H19.11	H19.4	H15.4	2, 3	・2LU→深奥別（5, 10U） ・e1.5m→e3.0m（2次孔） ・補強カーテン一部実施	新指針に合わせた変更	コンソリ施工時にリークがあったため					
66	稲富ダム	広島県	6	58.0	白亜紀黒雲母花崗岩類	H20.8	H19.3	H19.12	改訂後		1, 2, 3	・リム割戻 ・2LU→深奥別（2.5, 10U） ・e1.3m固定3次孔→e3.0m固定2次孔、	新指針に合わせた変更						
67	太田川ダム	静岡県	6	70.0	古第三紀砂岩類 中石炭系粘板岩類 砂岩頁岩類	H20.9		H13.8	H15.4	H19.2	2, 3	・2LU→深奥別（5, 10U） ・左岸深部@3.0m（2次孔）→@1.5m（3次孔）、 ・補強カーテン省略	新指針案に合わせて見直し	注圧力、配管切替	右岸アバットでの試験施工から隔壁圧力対応で見直しを要する。 注入機組の条件の詳細を加える。				
68	みくら里ダム	兵庫県	6	26.0	中古生層粘板岩チャート砂岩	H20.9	H19.3	H19.11			3, 5	・@1.5m幅固定3次孔→@3.0m幅固定2次孔	水理地質構造の特設試験掘削ブロックの設置	注入圧力	深部の圧力を下げる				
69	留蔵ダム	北海道	R	41.2	第三紀細粒砂岩	H20.10	H16.8	H19.10	H13.10		1, 3	・深奥、リム範囲の削減 ・リムトーンネル→明り ・深部埋込孔	新指針案に合わせて見直し	透水水押し圧力、注入圧力、配管切替	開始割合 1：10→1：8				
70	藤波ダム	福岡県	R	52.0	第三紀火山岩類	H20.12	H16.7	H20.5			1, 2, 3	新指針に基づき見直し ・T5層の施工範囲をダム頂までとした ・改良目標値を深度方向に緩和して利用する計画。浅層のない左岸部分のみがカーテンの対象。 ・規定孔@1.5m→@3.0m	孔透水性の約1層の上に不透水性のT5層があり、約1層目の地下水位は低下している。浅層を自然のフラングメントとして利用する計画。浅層のない左岸部分のみがカーテンの対象。	左岸リム周辺の日磨減非経過差43%と低いこと、貯水池内に連続しないための問題などがないと判断。	カーテンH16.7~H20.5洪水吐 コンソリなし				
71	西園生活貯水池	北海道	R	31.0	第三紀火山砕屑岩類	H21.1	H19.7	H20.6			3	・施工の進捗に応じて各ゾーン毎に見直しの見直しを実施	水理地質構造の特設試験掘削工	初期割合と注入圧の検討	初期割合：1：8と1：6を比較し、1：8を採用				
72	大俣湖ダム	沖縄県	R	66.0	四方十千林帯緑色岩	H21.2	H15.7	H17.8				5	・カパーロック5m→2m	施工範囲、孔配置は随時見直しの予定	注入材料、透水水押し圧力、注入圧力	超微粒子セメントの使用、岩盤劣化の見直しを実施。			
73	長井ダム	山形県	6	125.5	白亜紀花崗岩類	H21.7	H14.9	H19.8	H11.11改訂前	H15.7改訂後	1, 2, 3, 4	・リム深奥 ・2LU→深奥別（2.5U） ・改良目標値(50cm)→ ③ 1.5m→@3.0m ・4次孔以降縦断追加標準を採用	新指針案に合わせて見直し 計画の日磨減率を確認できずに縦断追加標準	注入材料、配管切替	本配合の事項（小注入導入）を変更： 0.75の追加（加重化） 2か一接注入標準 全給養液（注養） 全給養液保持の試験掘削工				

整理番号	ダム名	所在地	ダム型式	ダム高 (m)	主たる地質構成	基本設計年度 社会通年	カーテン施工時期		計画作成・変更時期等			計画の見直しについて			カーテン施工仕様の変更			記 事
							着手	完了	実施 (当初) 設計	変更 (1)	変更 (2)	見直し 項目番号	見直し項目番号	記 事	施工仕様変更項目	記 事		
74	砂子沢ダム	秋田県	6	78.5	第三紀 緑色凝灰岩 石英岩層	H21.8	H18.6	H20.4	改訂前	改訂後		1, 2, 3	・ 深部 リム範囲 ・ 2Lu→深部別 (2.5, 10Lu) ・ ◎1.5m規定3次孔→◎3.0m規定2次 孔	新指針案に合わせて見直し	施工時期、配合切替、注入 省略	10以下の注入省略		
75	志津見ダム	島根県	6	81.0	第三紀 石見花崗岩類	H21.8		H21.6				5	・ 施工位置 ・ 掘削部→上流フーチング		注入圧力 (透水、水押し)	深部の圧力を下げる		
76	北河内ダム	石川県	6	47.0	新第三紀 玄武岩凝灰岩	H21.11	H19.7	H21.5				1, 3	・ 右岸リムファンカーテン省略 ・ 左岸高透水性ゾーン以外0.5m→◎3.0 m		透水水押し試験圧力	凝灰岩部の深部の圧力を 下げた		
77	森吉山ダム	秋田県	R	89.9	新第三紀 石炭安山岩～ 安山岩質火山 凝灰岩	H21.11	H15	H19	H13.3 改訂前	改訂後		2, 3	・ 5Lu→深部別 (5, 7Lu) ・ 補助カーテン停止 ・ 規定3次孔→規定2次孔	新指針案に合わせて見直し	注入圧力 (透水、水押し) 追加省略量等の設定	深部の圧力を下げる 無腐蝕水押し (水押し安定時間経過後) 2st→3st注入量等 省略量 (深部)		
78	常瀬川ダム	佐賀県	6	98.0	中生代 花崗岩	H22.9	H20	H22.8		第1～2 次試験 施工 H20年度	本施工	3	左岸化透水帯→◎1.5m規定3次 左岸変質帯→1次孔2st10mのみ施工 チェンク孔省略 ・ 左岸化透水帯→◎0.75m規定4次孔	試験施工による見直し	注入圧力 配合切替 注入材料	地質ゾーン別に試験施工を 実施し、注入圧力、配合切替 を最適化する。風化透水帯では 小シフォン管により超微粒子 セメントを使用。		

4. 抽出ダムのカートングラウチングに関する資料の詳細整理

4. 1 詳細整理対象ダムの抽出

調査対象ダムのうち、試験湛水時に漏水量が比較的多かったなどの課題が確認できた 8 ダムを表-5 に示す。

表-5 試験湛水時に漏水量が多かったなど課題が確認できたダム

ダム名	ダム型式	基礎岩盤の分類
A	重力式コンクリートダム	白亜紀花崗閃緑岩
B	重力式コンクリートダム	白亜紀花崗閃緑岩
C	重力式コンクリートダム	白亜紀黒雲母花崗岩
D	重力式コンクリートダム	第三紀花崗閃緑岩
E	重力式コンクリートダム	白亜紀花崗岩
F	重力式コンクリートダム	白亜紀流紋岩類、第四紀火山岩類
G	重力式コンクリートダム	白亜紀花崗岩
H	重力式コンクリートダム	白亜紀花崗岩

表-5 の各ダムについては、試験湛水時に以下のような課題が確認されている。

① A ダム

河床部 No. 38 ドレーン孔から最大 37.63L/min の漏水があり、断層粘土の流出も確認された。代替孔を施工し、左岸部に追加コンソリデーショングラウチングを実施した。

② B ダム

河床部 No. 38 ドレーン孔からの漏水は最大 14L/min で多くはなかったが、クロスギャラリーにある基礎排水孔で最大 215L/min、堤体下流に設置されたドレーン孔で最大 432L/min となった。排水ボーリングにより下流地下水位を約 10m 低下させたところ、上記の各孔からの漏水量はほぼ半減した。

③ C ダム

右岸河床部 U24 ドレーン孔から最大 49.95 L/min の

漏水があった。漏水量が多かったのはこの 1 孔だけで、この孔の揚圧力は低かった。

④ D ダム

右岸部 14-3 ドレーン孔から最大 23.8L/min の漏水があった。問題視されたのはこの 1 孔だけである。該当箇所は高透水路であった。

⑤ E ダム

河床部 9BL のドレーン孔から最大 49.9 L/min の漏水があった。この孔では揚圧力も高い状態であった。

⑥ F ダム

右岸部のドレーン孔から最大 39.6 L/min の漏水があった。問題視されたのはこの 1 孔だけである。

⑦ G ダム

河床部付近を中心に、ドレーン孔からの漏水量が 20L/min 超過する孔が 7 孔確認されている。二次転流時から漏水の増加が確認され、基礎排水孔周辺の対策グラウチングを実施し、現在通廊からの補強カートングラウチングを施工中である。継目漏水も多く、下流継目排水孔の追加等を行っている。

⑧ H ダム

二次転流において、最深河床部の基礎排水孔の漏水が増加し、10L/min 超過孔が 4 孔、最大 40L/min が確認された。

表-5 の 8 ダムのうち、7 ダムが花崗岩類を基礎岩盤としている。花崗岩類は堅岩部においてはダム基礎の浸透流の経路として問題にならないほど透水性が低いことから、浸透経路としては風化部、変質部、ジョイント、割れ目、断層などの不連続面とおおよびそれら周辺の風化部、変質部が考えられる。

以下に、H ダムにおける詳細調査の結果をとりまとめる。

表-6 詳細調査箇所

番号	基礎排水孔名	基礎排水孔の位置		最大漏水量
1	14-D001	河床	最低水位以下	12L/min
2	17-D002	河床	最低水位以下	17L/min
3	18-D001	河床	最低水位以下	15L/min
4	19-D001	河床	最低水位以下	40L/min
5	20-D002	河床	最低水位以下	7.5L/min

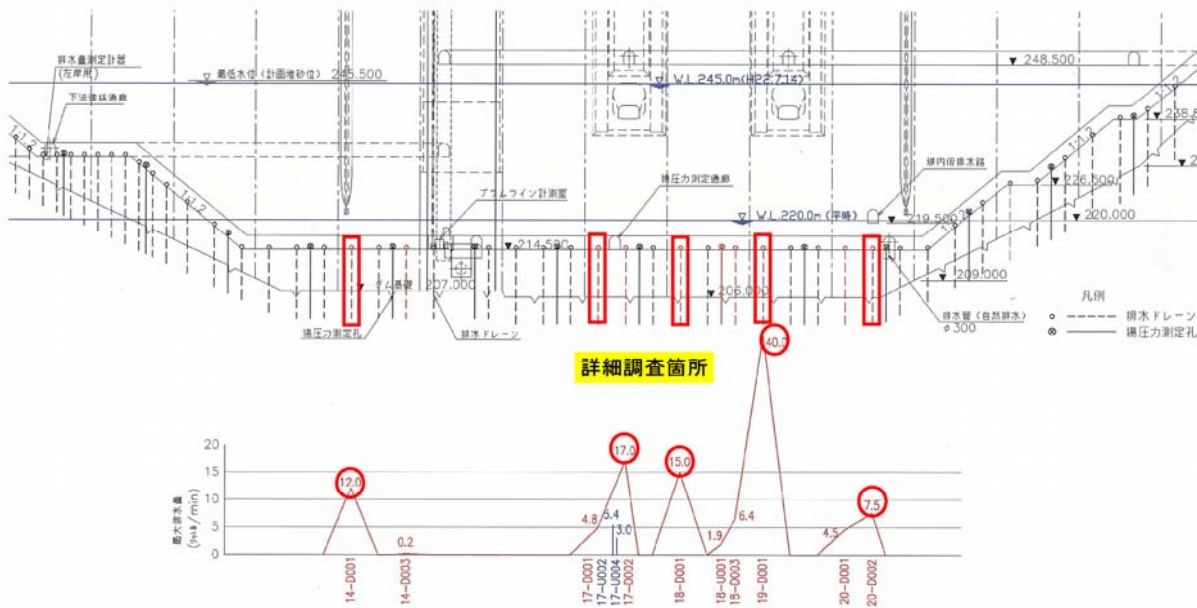


図-3 詳細調査箇所の位置と最大漏水量

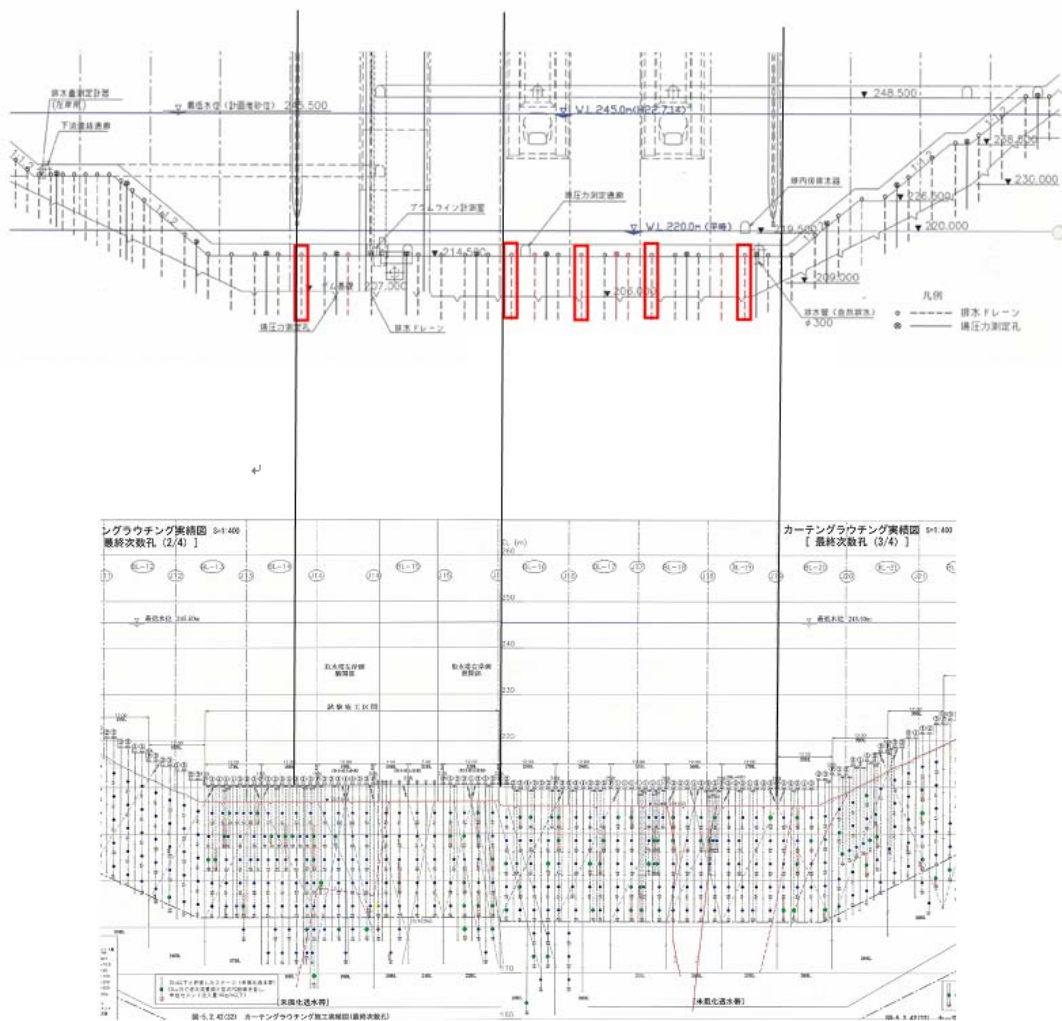


図-4 詳細調査箇所の位置とカートングラウチングの施工状況（最終次数孔）

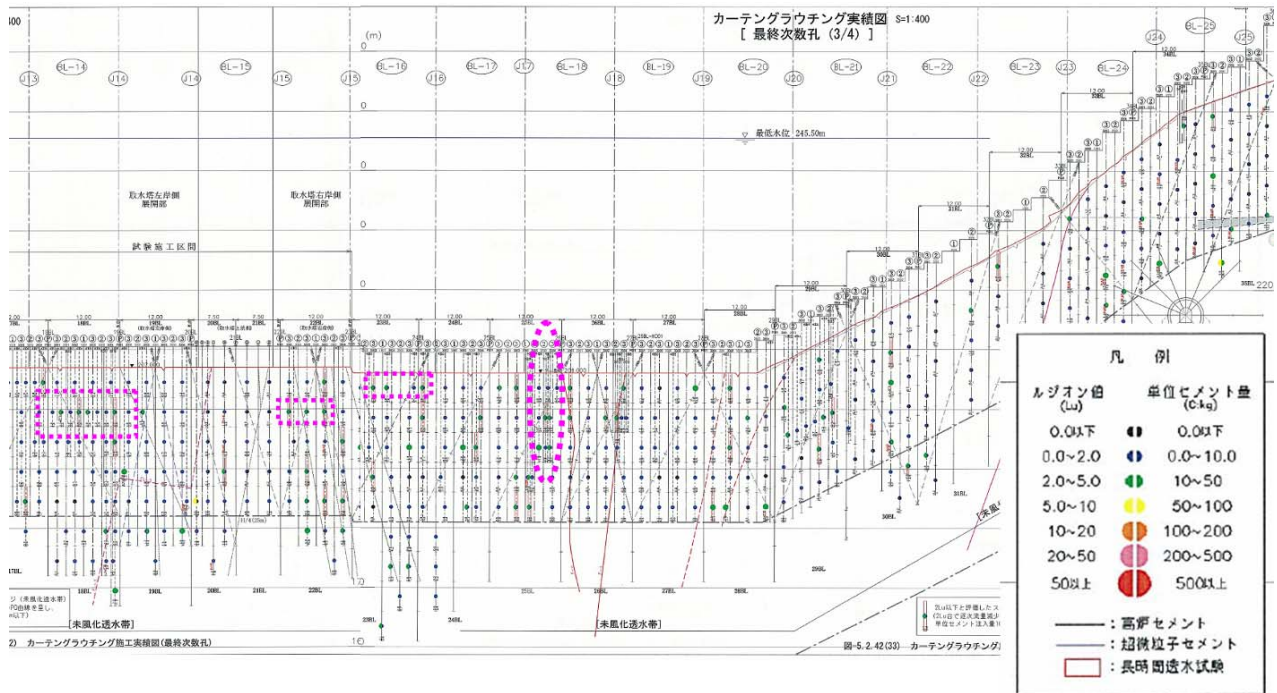


図-5 詳細調査箇所のカーテングラウチングの施工状況（最終次数孔）の拡大図

4. 2 Hダムの詳細調査

4.2.1 詳細調査の内容

基礎排水量の多い箇所について、その要因調査のため、地質図・ルジオンマップ・基礎掘削図のスケッチの分析、追加ボーリング孔からの透水試験・トレーサー試験などの調査が実施され、その結果を踏まえて追加グラウチングが実施されている。表-6の5箇所が比較的漏水量の多い箇所であり、以後詳細調査箇所と呼ぶ。

詳細調査箇所について、基本設計会議資料等から、地質的特徴、カーテングラウチングの実績、施工仕様を整理した。特に、カーテングラウチングの計画、施工仕様の合理化との関係で整理した。図-3に詳細調査箇所の位置と最大漏水量、図-4に詳細調査箇所のカーテングラウチングの施工状況（最終次数孔）、図-5にその拡大図を示す。

図-5を見ると、詳細調査箇所付近においては、第2、第3ステージ付近で2~5Lu程度の箇所が残されている。これは施工中に、改良目標値を2Luから2Lu程度に緩和したことにも関係している可能性がある。

4.2.2 計画変更による合理化内容

Hダムでは、長時間水押・透水試験を実施し、P-Q曲線が逐次流量減少型であれば標準的な水押しルジオン値の2.9Luは長時間透水試験時の2.0Lu未満に相当するとして改良目標値を緩和している。図-6に通常

の水押・透水試験と、長時間水押・透水試験結果の関係を示す。図-6の結果もふまえ、以下のように改良目標値が変更されている。

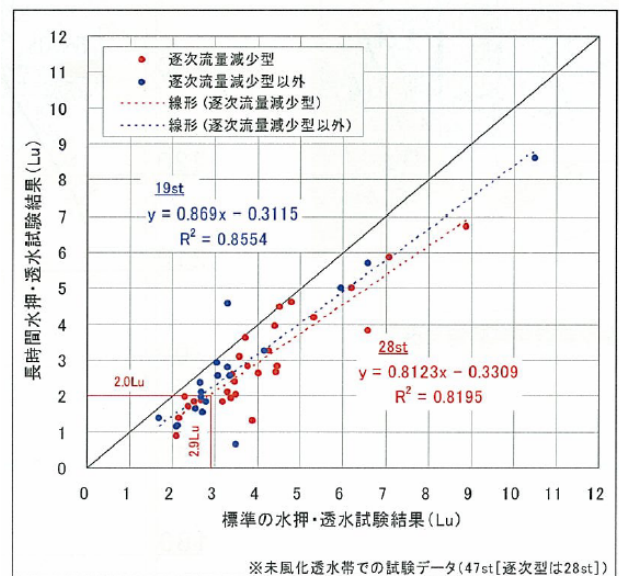


図-6 通常の水押・透水試験と長時間水押・透水試験結果

表-7 主な仕様変更点

試験施工（当初）の注入仕様					本施工区間の注入仕様							
規定孔	・1次孔（1次孔の改良効果確認を目的に、試験施工は当初2次孔を規定孔として実施）				規定孔	・3次孔						
孔配置	・基本孔配置 6.0m間隔×1列				孔配置	・基本孔配置 1.5m間隔×1列						
ステージ長	・5.0m/st				ステージ長	・5.0m/st						
施工方法	・パイロット孔間（12m）を施工ブロックとし、中央内挿法で施工する。				施工方法	・パイロット孔間（12m）を施工ブロックとし、中央内挿法で施工する。						
せん孔径	・φ40mm、φ60mm、φ80mm、φ100mm、φ120mm、φ150mm、φ200mm、φ250mm、φ300mm、φ350mm、φ400mm、φ450mm、φ500mm、φ550mm、φ600mm、φ650mm、φ700mm、φ750mm、φ800mm、φ850mm、φ900mm、φ950mm、φ1000mm				せん孔径	・φ40mm、φ60mm、φ80mm、φ100mm、φ120mm、φ150mm、φ200mm、φ250mm、φ300mm、φ350mm、φ400mm、φ450mm、φ500mm、φ550mm、φ600mm、φ650mm、φ700mm、φ750mm、φ800mm、φ850mm、φ900mm、φ950mm、φ1000mm						
せん孔角度	・φ40mm、φ60mm、φ80mm、φ100mm、φ120mm、φ150mm、φ200mm、φ250mm、φ300mm、φ350mm、φ400mm、φ450mm、φ500mm、φ550mm、φ600mm、φ650mm、φ700mm、φ750mm、φ800mm、φ850mm、φ900mm、φ950mm、φ1000mm				せん孔角度	・φ40mm、φ60mm、φ80mm、φ100mm、φ120mm、φ150mm、φ200mm、φ250mm、φ300mm、φ350mm、φ400mm、φ450mm、φ500mm、φ550mm、φ600mm、φ650mm、φ700mm、φ750mm、φ800mm、φ850mm、φ900mm、φ950mm、φ1000mm						
改良目標値	・2Lu				改良目標値	・2Lu程度						
配合切替	配合切替					配合切替						
	配合 (C：W)	切替え注入量			切替配合 (C：W)	配合 (C：W)	切替え注入量		切替配合 (C：W)			
		Lu<5	5≤Lu<10	10≤Lu			Lu<5	5≤Lu				
	1:10	600	-	-	1:8	1:10	800	-	1:8			
	1:8	600	600	-	1:6	1:8	800	800	1:6			
	1:6	600	600	600	1:4	1:6	800	800	1:4			
	1:4	600	600	600	1:2	1:4	400	600	1:2			
	1:2	600	600	800	1:1	1:2	400	400	1:1			
	1:1	-	600	1,000	-	1:1	-	400	-			
	計	3,000	3,000	3,000	-	計	3,000	3,000	-			
混和剤	Ce×0.25%			-	混和剤	Ce×0.25%			-			
注入圧力	ステージ				注入圧力	ステージ						
	最大注入圧力	0.3	0.5	0.7		1.0	1.2	1.5	最大注入圧力	0.5	0.7	1.0
・限界圧力が確認できた場合、注入圧力＝限界圧力+0.1MPa					・限界圧力が確認できた場合、注入圧力＝限界圧力+0.1MPa							

表-8 追加調査結果による漏水原因の評価

BL-14(14-D001) - 当該孔ではトレーサーを検出できず、<u>浸透経路は不明である。</u> - 他の基礎排水孔と比較すると水温が 2～3℃程度低く、<u>浸透経路が深い</u>か、<u>地下水が排水量の</u> <u>一部ないしは大半を占めている可能性が考えられる。</u> - 透水要因は開口気味の低角度の割れ目である。 - 調査孔の注入による排水量低減傾向は確認できない。
BL-17(17-D002) - トレーサー試験・区間排水量計測結果から BL17-02 孔で浸透経路の一部を捉えている可能性が高いと評価する。 - 当該箇所には、透水性が比較的高い上下流に連続する割れ目（N37E80E）が存在し、カーテングラウチング・コンソリデーショングラウチング施工後も透水部が残存している可能性があること確認している。 - 透水要因は開口気味の低角度の割れ目である。 - 調査孔の注入で排水量が低減しており、調査孔周辺への対策工配置が有効であると評価する。
BL-18(18-D001) - トレーサー試験・区間排水量計測結果から BL18-01-2～3st で浸透経路の一部を捉えている可能性が高いと評価する。 - BL18-01-3st でトレーサーを検出しており、初期透水性が比較的高くカーテングラウチングで比較的多くの追加孔を要した F-e 断層左岸側が浸透経路の入り口となっている可能性がある。 - 透水要因はマサ化を伴う高角度の割れ目である。 - 調査孔の注入で排水量が低減しており、調査孔周辺への対策工配置が有効であると評価する。
BL-19(19-D001, 18-D003) - トレーサー試験・区間排水量計測結果から BL19-01 孔・BL19-02 孔ともに浸透経路の一部を捉えている可能性が高いと評価する。 - BL19-02-2st で区間排水量が多く、F-d 断層または断層周辺が浸透経路となっている可能性が高いと考える。 - 透水要因はマサ化を伴う高角度の割れ目と開口気味の低角度の割れ目である。 - 調査孔の注入で排水量が低減しており、調査孔周辺への対策工配置が有効であると評価する。
BL-20(20-D002) - トレーサー試験・区間排水量計測結果から BL20-01-1～2st で浸透経路の一部を捉えている可能性が高いと評価する。 - 透水要因は開口気味の低角度の割れ目である。 - 調査孔の注入で排水量が低減しており、調査孔周辺への対策工配置が有効であると評価する。

- ・最終次数孔において逐次流量減少型の 2.1～2.9Lu(Ce=10 kg/m 以下)は、改良目標値 2Lu に達したものと評価する。
- ・最終次数孔において逐次流量減少型の 2.1～2.9Lu は、改良範囲の非超過確率が 85%以下の時は、確率を上げるための追加の対象とする。
- ・最終次数孔において 2.1～2.9Lu で単位セメント注入量が 10 kg/m 以下 (P-Q 曲線のタイプにかかわらず) の場合は、改良範囲の非超過確率 85%以下の時は、確率を上げるための追加の対象とする。

また、試験施工の結果をふまえ、規定次数孔が 1 次孔から 3 次孔に変更されている。

4.2.3 仕様変更による合理化内容

詳細調査箇所においては、試験施工が実施されており、規定孔次数の変更とともに、注入圧力の高圧化、水セメント比 1:10 の追加による配合の低濃度化により、改良効果が向上したため、当初仕様から仕様変更が実施されている。主な仕様変更点を表-7 に示す。

4.2.4 追加調査による漏水の原因調査

試験湛水時にドレーン孔からの漏水が比較的多かったため、詳細調査箇所付近の追加調査が実施されている。追加調査の主な内容は以下の通りである。

(1) 既往グラウチングの検証

基礎掘削面のスケッチに走向傾斜が記載されている割れ目を整理し、①改良が不十分である可能性の割れ目の抽出、②鉛直施工で捉えきれない割れ目の抽出を実施している。

その結果、規定孔および追加孔によって捉えきれない割れ目や改良が不十分な割れ目が存在し、これらの割れ目は排水量の多い箇所付近に連続する可能性が高いものが多く、これらの残置が漏水が多い要因である可能性が高いとしている。

(2) 追加調査孔による基礎排水孔調査

排水量の多かった詳細調査箇所の基礎排水孔の上流側に追加調査孔を施工している。主な調査項目は、①区間排水量の計測、②水押し試験、③トレーサ試験、である。調査終了後はパッカー方式によるグラウチングを実施している。

以上の追加調査結果は、表-8 のように整理されており、漏水の主な原因は、開口気味の低角度割れ目およびマサ化を伴う高角度割れ目とされている。

5. まとめ

平成 22 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 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った。また、調査対象ダムのうち、試験湛水時に比較的漏水量が多かったダムを抽出し、その原因の分析を行い、カートングラウチングの合理化にあたっての注意点の考察を行った。以下にその結果をまとめる。

(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、流水型ダムのカート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思われる。なお、流水型ダムの合理化の検討にあたっては、通常の貯水ダムと同様に、貯水時のダムの安全性を確保する必要があり、今年度の検討で得られた以下の点などに注意する必要がある。

(2) 調査対象の 78 ダムのうち、試験湛水時に漏水量が比較的多かったダムは 8 ダムと、調査対象ダムの約 1 割程度であった。この 8 ダムのうち 7 ダムは花崗岩を基礎岩盤としているダムであった。これらのダムについて、漏水の要因となる可能性がある項目について詳細調査を行ったところ、特にグラウチングにより透水性の改良が困難と考えられる浅部の花崗岩の開口低角度割れ目や、マサを挟在する高角度割れ目などが要因である可能性が高いことがわかった。

今後は、さらに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の整理を実施するとともに、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、流水型ダムのカート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。

RESEARCH ON RATIONALIZATION OF CURTAIN GROUTING FOR DRY DAMS

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 collect the technical documents concerning the curtain grouting of 78 dams which constructed after 2001 when grouting standards had been revised. The technical documents are organized from the view point of curtain grouting, and we extracted the many rationalization points of design and execution of curtain grouting in 78 dams. 8 dams had some troubles of leakage from drain hokes installed in the dam foundations during first impounding, and geology of 7 dam sites is granite. We carry out the detailed survey of the technical documents of these 8 dams, and we find that we must pay attention to the low angle cracks and high angle crack with decomposed granite in the shallow parts of foundation where grouts cannot to be injected effectively.

Key words : dry dam, curtain grouting, rationalization.