

被覆型CSGの施工について



所属名：殿ダム工事事務所
発表者：岩田 輝貴

1. 殿ダムの概要

殿ダムは鳥取県東部千代川支川袋川上流の鳥取市国府町殿地先に特定多目的ダムとして建設する、堤高75m、堤頂長294m、堤体積約200万m³の中国地方整備局管内の直轄事業としては初のロックフィルダムである。

2. 殿ダム上流仮締切の概要

上流仮締切の施工はダム本体工事着手の前提となる工事であり、堤外仮排水路及び付替水路と合わせて、本川袋川及び支川神護川の流水を転流させるという役割を持っている。

本・支川の転流から本体工事着手までの概念は以下の図-1に示すとおりである。

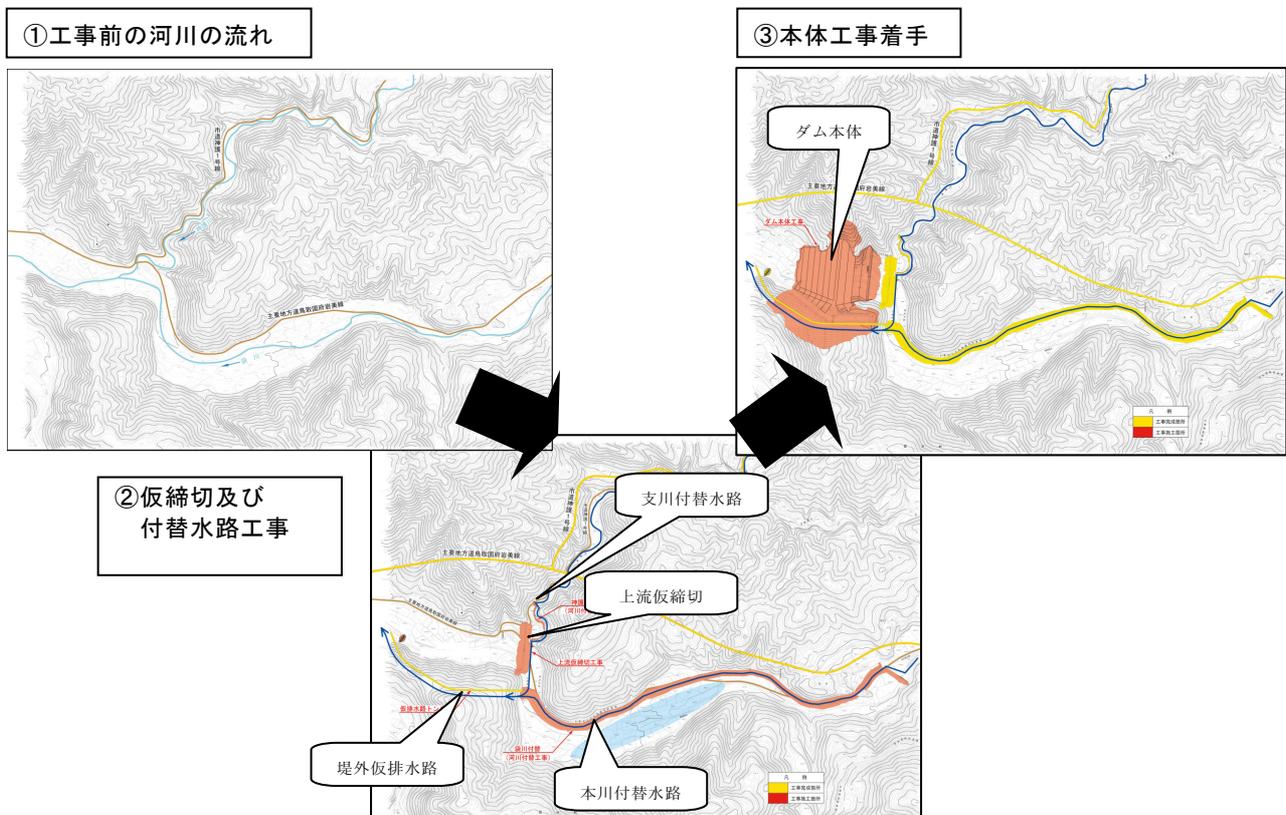


図-1 流水転流→本体工事着手までの流れ

3. 上流仮締切の配置検討

フィルダムにおいては、仮締切の構成材料として土質材料を利用してフィルダム本体の一部にすることが多い。このダム本体の一部となる仮締切造成中に越水破壊のリスクを軽減するために、上流へ1次仮締切を設けることとなる。

殿ダムにおいては、1次仮締切を設けた場合、2次仮締切との高低差（2.9m）が低いこと、CSG工法を採用することにより越流に対して安全であり、経済性、仮締切施工工期の短縮の面で有利な1, 2次仮締切併用方式を採用することとした。（図-2, 3参照）

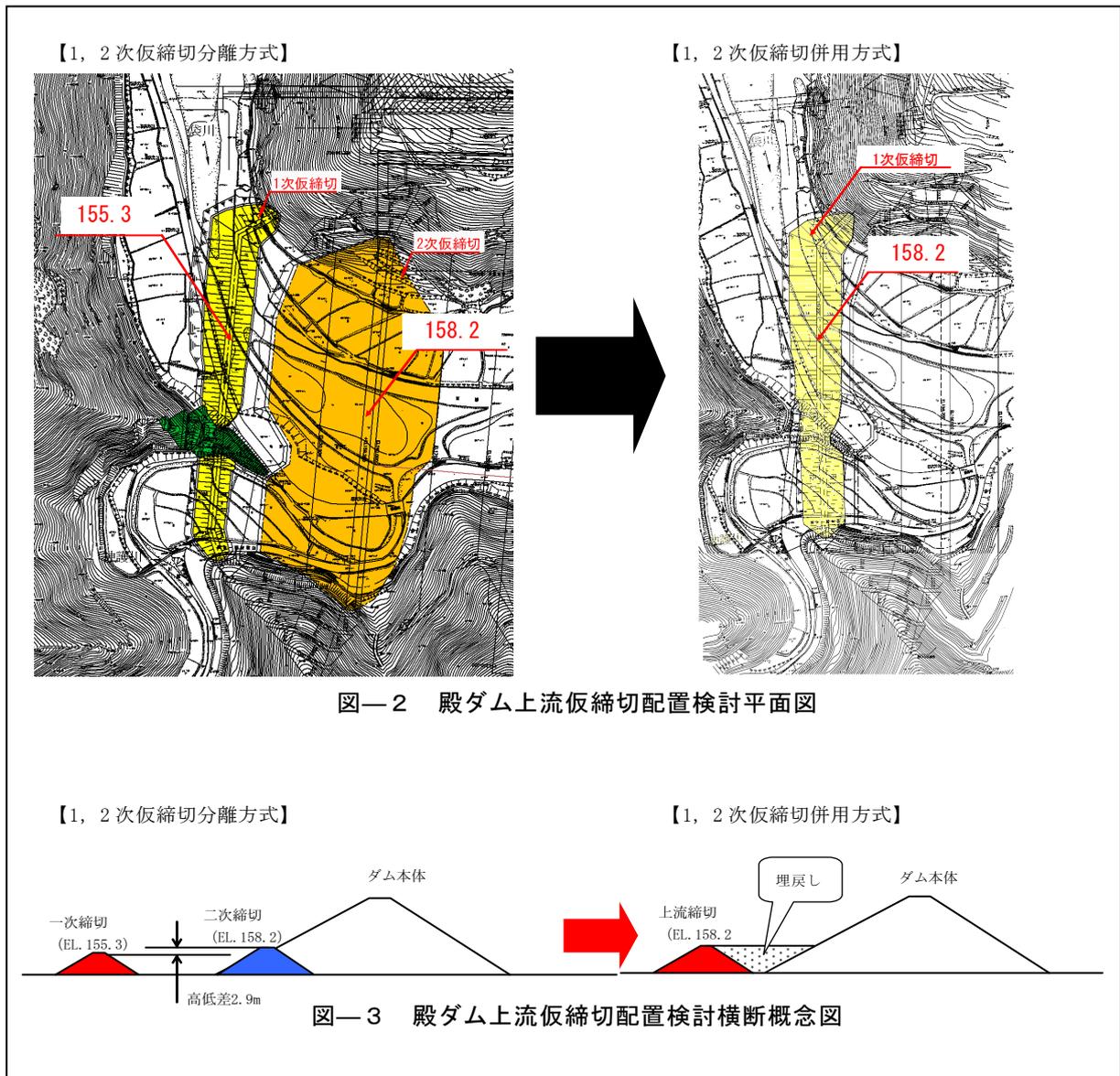


図-2 殿ダム上流仮締切配置検討平面図

図-3 殿ダム上流仮締切配置検討横断概念図

また、1, 2次仮締切併用方式を採用することにより上流締切とダム本体との間は、堤体材料運搬路造成のために埋戻しをする計画とした。

このため、堤体材料としては使用できないダム本体基礎掘削の廃棄岩を発生する箇所の近傍で効率的かつ有効に利用することにより、ダム本体工事においてもコスト縮減及び工期短縮が可能な上流仮締切配置計画とすることが出来た。

4. 上流仮締切の型式

仮締切の型式は従来、重力式コンクリートダム型式及び盛土型式（フィルタイプ）が多く施工されていたが、近年ではコスト縮減・掘削残土等を有効利用出来るという観点からCSG型式が採用されている。

殿ダムの仮締切の型式選定に当たっては、重力式コンクリートダム、フィルダム、一般的CSG、改良型CSGの4タイプを比較して選定しており、各型式の特徴は以下の表-1のとおりである。

形式	重力式コンクリートダム	盛土（フィルタイプ）	CSG工法	改良型																																																																																																																																																																																				
概要図																																																																																																																																																																																								
形状	天端幅 : 1.0m 上流面勾配 : 鉛直 下流面勾配 : 1:0.65 遮水・越水対策 : 不要	天端幅 : 4.0m 上流面勾配 : 1:2.0 下流面勾配 : 1:2.0 遮水・越水対策 : 全面に布製型枠コンクリート	天端幅 : 4.0m 上流面勾配 : 1:0.8 下流面勾配 : 1:0.8 遮水・越水対策 : 不要	天端幅 : 4.0m 上流面勾配 : 1:0.8 下流面勾配 : 1:0.8 遮水・越水対策 : 不要																																																																																																																																																																																				
特徴その他	<ul style="list-style-type: none"> 基礎はCL級岩盤に着岩する。 耐越水性が高い。 生コンクリート打設のため、現地材料は利用しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 上流端は遮水のためCL級岩盤に着岩する。 均一材（ロックI材）で盛り立て、遮水・越水対策として全面に布製型枠コンクリートを敷設する。 堤敷が広く、設置するのは袋川・神護川の合流部の地山の大きな改変を伴う。 仮締切施工中の出水に対しては弱い。 	<ul style="list-style-type: none"> 基礎は変形性の少ないCL級岩盤に着岩する。 耐越水性が高い。 CSGの母材としては、強度発現できる仮排水路トンネル掘削ズリを利用する。 	<ul style="list-style-type: none"> ロック材をCSG材で被覆させることにより、材料の有効利用を図る。 中詰材は、既往二次仮締切構造の変更により余った部分（約14,000m³）のロックI材とロックI材の余裕分を当てるものとする。 																																																																																																																																																																																				
施工性	特に問題なし（実績多数）	特に問題なし（実績多数）	特に問題なし（実績あり）	CFRD工法に近い。 CSGともたれ擁壁として施工した事例もある。																																																																																																																																																																																				
工期	<ul style="list-style-type: none"> 掘削工 14,600÷1,000m³/日^{※1}=15日、15日×19日/月=0.8ヶ月 コンクリート打設 18,000m³÷300m³/日^{※1}=60日、60日×19日/月=3.1ヶ月 <p>計 3.9ヶ月</p>	<ul style="list-style-type: none"> 掘削工 47,000÷1,000m³/日=47日、47日×19日/月=2.5ヶ月 盛土工 84,000÷1,624m³/日^{※1}=52日、52日×19日/月=2.7ヶ月 布製型枠工 12,000÷500m²/日^{※2}=24日、24日×19日/月=1.3ヶ月 <p>計 6.5ヶ月</p>	<ul style="list-style-type: none"> 掘削工 16,000÷1,000m³/日=16日、16日×19日/月=0.9ヶ月 CSG工 60,000÷400m³/日=150日、150日×19日/月=7.9ヶ月 <p>（バックホウ混合：2箇所を混合することも可能）</p> <p>計 8.8ヶ月（自走式混合機の場合4.6ヶ月） （自走式混合機 800m³/日^{※3}=73日、73日×19日/月=3.8ヶ月）</p>	<ul style="list-style-type: none"> 掘削工 29,500÷1,000m³/日=30日、30日×19日/月=1.6ヶ月 CSG工 19,800÷400m³/日=50日、50日×19日/月=2.6ヶ月 <p>中詰材 15,100m³</p> <p>計 4.2ヶ月</p>																																																																																																																																																																																				
材料	生コンクリート利用のため、現地材料利用せず。本体工事への影響はない。	盛土材料（ロックI）が84,000m ³ と多く、材料運搬計画に示されるロックIの余裕分86,893m ³ をほとんど利用することとなり、本体盛土工事に影響を及ぼす。	CSG量が60,000m ³ で必要母材量は約54,000m ³ と多く、材料運搬計画にある掘削工からの22,000m ³ では不足する。このため、他工種で発生する材料で補填する必要が生じ、本体盛土工事に影響を及ぼす。	CSG量は仮排水路トンネル掘削ズリで賄える。 中詰め材は、満足する賦存量がある。																																																																																																																																																																																				
経済性	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>単位</th> <th>数量</th> <th>単価 (千円)</th> <th>直接工事費 (百万円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>土砂掘削</td> <td>m³</td> <td>11,000</td> <td>1.8</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>岩掘削</td> <td>m³</td> <td>4,000</td> <td>3.5</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>CSG</td> <td>m³</td> <td>—</td> <td>4.5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>コンクリート</td> <td>m³</td> <td>18,000</td> <td>30.0</td> <td>540</td> </tr> <tr> <td>盛土</td> <td>m³</td> <td>—</td> <td>3.0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>布製型枠</td> <td>m²</td> <td>—</td> <td>13.0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>CSG配合試験</td> <td>一式</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>合計(千円)</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>574</td> </tr> </tbody> </table> <p>(100%)</p>	項目	単位	数量	単価 (千円)	直接工事費 (百万円)	土砂掘削	m ³	11,000	1.8	20	岩掘削	m ³	4,000	3.5	14	CSG	m ³	—	4.5	0	コンクリート	m ³	18,000	30.0	540	盛土	m ³	—	3.0	0	布製型枠	m ²	—	13.0	0	CSG配合試験	一式	—	—	0	合計(千円)	—	—	—	574	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>単位</th> <th>数量</th> <th>単価 (千円)</th> <th>直接工事費 (百万円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>土砂掘削</td> <td>m³</td> <td>28,000</td> <td>1.8</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>岩掘削</td> <td>m³</td> <td>19,000</td> <td>3.5</td> <td>67</td> </tr> <tr> <td>CSG</td> <td>m³</td> <td>—</td> <td>4.5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>コンクリート</td> <td>m³</td> <td>—</td> <td>30.0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>盛土</td> <td>m³</td> <td>84,000</td> <td>3.0</td> <td>252</td> </tr> <tr> <td>布製型枠</td> <td>m²</td> <td>12,000</td> <td>13.0</td> <td>156</td> </tr> <tr> <td>CSG配合試験</td> <td>一式</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>合計(千円)</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>525</td> </tr> </tbody> </table> <p>(91%)</p>	項目	単位	数量	単価 (千円)	直接工事費 (百万円)	土砂掘削	m ³	28,000	1.8	50	岩掘削	m ³	19,000	3.5	67	CSG	m ³	—	4.5	0	コンクリート	m ³	—	30.0	0	盛土	m ³	84,000	3.0	252	布製型枠	m ²	12,000	13.0	156	CSG配合試験	一式	—	—	0	合計(千円)	—	—	—	525	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>単位</th> <th>数量</th> <th>単価 (千円)</th> <th>直接工事費 (百万円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>土砂掘削</td> <td>m³</td> <td>13,000</td> <td>1.8</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>岩掘削</td> <td>m³</td> <td>3,000</td> <td>3.5</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>CSG</td> <td>m³</td> <td>60,000</td> <td>4.5</td> <td>270</td> </tr> <tr> <td>コンクリート</td> <td>m³</td> <td>—</td> <td>30.0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>盛土</td> <td>m³</td> <td>—</td> <td>3.0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>布製型枠</td> <td>m²</td> <td>—</td> <td>13.0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>CSG配合試験</td> <td>一式</td> <td>1</td> <td>1,800</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>合計(千円)</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>306</td> </tr> </tbody> </table> <p>(53%)</p>	項目	単位	数量	単価 (千円)	直接工事費 (百万円)	土砂掘削	m ³	13,000	1.8	23	岩掘削	m ³	3,000	3.5	11	CSG	m ³	60,000	4.5	270	コンクリート	m ³	—	30.0	0	盛土	m ³	—	3.0	0	布製型枠	m ²	—	13.0	0	CSG配合試験	一式	1	1,800	2	合計(千円)	—	—	—	306	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>単位</th> <th>数量</th> <th>単価 (千円)</th> <th>直接工事費 (百万円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>土砂掘削</td> <td>m³</td> <td>29,500</td> <td>1.8</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>中詰材</td> <td>m³</td> <td>15,100</td> <td>3.0</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>CSG</td> <td>m³</td> <td>19,800</td> <td>4.5</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>コンクリート</td> <td>m³</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>盛土</td> <td>m³</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>布製型枠</td> <td>m²</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>CSG配合試験</td> <td>一式</td> <td>1</td> <td>1,800</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>合計(千円)</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>190</td> </tr> </tbody> </table> <p>(33%)</p>	項目	単位	数量	単価 (千円)	直接工事費 (百万円)	土砂掘削	m ³	29,500	1.8	53	中詰材	m ³	15,100	3.0	45	CSG	m ³	19,800	4.5	89	コンクリート	m ³	—	—	0	盛土	m ³	—	—	0	布製型枠	m ²	—	—	0	CSG配合試験	一式	1	1,800	2	合計(千円)	—	—	—	190
項目	単位	数量	単価 (千円)	直接工事費 (百万円)																																																																																																																																																																																				
土砂掘削	m ³	11,000	1.8	20																																																																																																																																																																																				
岩掘削	m ³	4,000	3.5	14																																																																																																																																																																																				
CSG	m ³	—	4.5	0																																																																																																																																																																																				
コンクリート	m ³	18,000	30.0	540																																																																																																																																																																																				
盛土	m ³	—	3.0	0																																																																																																																																																																																				
布製型枠	m ²	—	13.0	0																																																																																																																																																																																				
CSG配合試験	一式	—	—	0																																																																																																																																																																																				
合計(千円)	—	—	—	574																																																																																																																																																																																				
項目	単位	数量	単価 (千円)	直接工事費 (百万円)																																																																																																																																																																																				
土砂掘削	m ³	28,000	1.8	50																																																																																																																																																																																				
岩掘削	m ³	19,000	3.5	67																																																																																																																																																																																				
CSG	m ³	—	4.5	0																																																																																																																																																																																				
コンクリート	m ³	—	30.0	0																																																																																																																																																																																				
盛土	m ³	84,000	3.0	252																																																																																																																																																																																				
布製型枠	m ²	12,000	13.0	156																																																																																																																																																																																				
CSG配合試験	一式	—	—	0																																																																																																																																																																																				
合計(千円)	—	—	—	525																																																																																																																																																																																				
項目	単位	数量	単価 (千円)	直接工事費 (百万円)																																																																																																																																																																																				
土砂掘削	m ³	13,000	1.8	23																																																																																																																																																																																				
岩掘削	m ³	3,000	3.5	11																																																																																																																																																																																				
CSG	m ³	60,000	4.5	270																																																																																																																																																																																				
コンクリート	m ³	—	30.0	0																																																																																																																																																																																				
盛土	m ³	—	3.0	0																																																																																																																																																																																				
布製型枠	m ²	—	13.0	0																																																																																																																																																																																				
CSG配合試験	一式	1	1,800	2																																																																																																																																																																																				
合計(千円)	—	—	—	306																																																																																																																																																																																				
項目	単位	数量	単価 (千円)	直接工事費 (百万円)																																																																																																																																																																																				
土砂掘削	m ³	29,500	1.8	53																																																																																																																																																																																				
中詰材	m ³	15,100	3.0	45																																																																																																																																																																																				
CSG	m ³	19,800	4.5	89																																																																																																																																																																																				
コンクリート	m ³	—	—	0																																																																																																																																																																																				
盛土	m ³	—	—	0																																																																																																																																																																																				
布製型枠	m ²	—	—	0																																																																																																																																																																																				
CSG配合試験	一式	1	1,800	2																																																																																																																																																																																				
合計(千円)	—	—	—	190																																																																																																																																																																																				
総合評価	<ul style="list-style-type: none"> 経済性で4案中最も劣る。 施工工期はCSGより短い。 <p>△</p>	<ul style="list-style-type: none"> 施工スペースが限られ、新たな掘削等が生じる。 経済性、施工工期でもCSG案に劣る。 <p>×</p>	<ul style="list-style-type: none"> 工期はバックホウ混合では非洪水期間での施工完了が難しいので、自走式混合機の利用を考案する。 ただし、CSGの母材量が仮排水路掘削ズリ分では不足するので、構造を工夫する必要がある。 <p>△～×</p>	<ul style="list-style-type: none"> CSG母材の量、中詰材の量とも満足し、経済性でも4案中、最も有利となる。 <p>◎</p>																																																																																																																																																																																				

表—1 殿ダム上流仮締切比較検討表

殿ダムでの採用に当たっては、耐越水性、材料量の節約、経済性において最も優れる「改良型（被覆型CSG堰堤）」を採用することとした。

今回採用したCSG型式とは、施工箇所近傍で得られる材料に水とセメントを混合して転圧する工法である。

特にフィルダムの上流仮締切は本体工事中の安全性を考慮すると、コンクリートダムより上流仮締切の規模が大きくなるので、大規模な上流仮締切の施工には有利となる。

また、今回の上流仮締切は「3. 上流仮締切の配置検討」にて述べた様に一次仮締切に二次仮締切分の高さを付加する事により、堤体取込式の二次仮締切を削減、更に仮締切堤体を全てCSG材料で構成するのではなく、中詰め材をCSGで被覆することにより、型式の見直しと併せたコスト縮減額は約370百万円とすることが可能となった。

5. 上流仮締切の施工

上流仮締切の施工は、請負者の技術提案等を踏まえたうえ、最も合理的な施工方法として以下に示す手順を採用した。

- ①移動式自破砕式によるCSG用骨材の製造
- ②金網（エキスパンドメタル）型枠の設置
- ③簡易プラントミキサーによるCSGコンクリートの製造
- ④10tダンプによる打設箇所へのCSG搬入
- ⑤CSG打設（1層75cm〔撒きだし厚25cm×3層、11t振動ローラで3往復〕）
- ⑥養生
- ⑦中詰材の施工（1層75cm〔撒きだし厚25cm×3層、11t振動ローラで4往復〕）

（1m³当り）

セメント（高炉B）	水	母材（5mm未満）	母材（5mm以上150mm以下）	摘要
60kg	80kg	118 kg	2,242 kg	$\sigma 28=1.5\text{N/mm}^2$ 以上

表—2 CSG標準配合

当初、CSGコンクリートの製造については、スケルトン付きバックホウ攪拌による製造を計画していたが、混練り効果の高い装置である簡易プラントミキサーを用いることによりCSGコンクリートの品質のムラを無くし、均一な品質のCSGコンクリートの製造が可能となり、で今回の上流仮締切の品質向上に大きく寄与できたと考えられる。

また、型枠近傍や現地盤との境界付近は大型の振動ローラによる十分な締固めを行うことが困難であるため、1t型手押しローラーを基本として施工を行った。



写真①：簡易プラントミキサーによるCSGコンクリート製造状況



写真②：CSGコンクリート打設の施工状況

6. まとめ

今回、殿ダムの上流仮締切工事においては上流仮締切堤体全量をCSG材料とするのではなく、現地発生土を中詰め材として使用することとなり、事業全体での残土処理量の軽減及び施工コストの縮減を図れる事が出来た。

引き続き今年度からのダム本体工事の本格着手を行っており、ダム本体工事においても更なる施工の合理化及びコスト縮減を目指します。