

地中連続壁工の施工について

―試験施工結果を踏まえた本施工の状況について―

室蘭開発建設部 沙流川ダム建設事業所 ○佐々木 寛
西村 義
武井 正明

平取ダム左岸段丘部には、高透水性を示す「基質流失部」が存在しているため、最大深度 2.5 m以上の地中連続壁による止水対策を施工中である。地中連続壁の施工にあたっては、現地地質条件より安定液の逸液が懸念されたため、過年度に試験施工を行い安定液の仕様および逸液発生時の対応策を検討した。本報告は、その仕様および対策に基づき実施した本施工における、逸液の発生状況および対応策の状況について報告する。

キーワード：設計・施工、基礎技術

1. 平取ダムの概要

平取ダムは、沙流川総合開発事業の一環として、沙流郡平取町芽生地先に建設する重力式コンクリートダムで、高さ56.5m、総貯水容量45,800,000 m³、有効貯水容量44,500,000m³で、洪水調節、流水の正常な機能の維持及び水道用水の供給を目的とする多目的ダムである。

沙流川総合開発事業は、平成10年3月に完成した二風谷ダムと平取ダムの2つの多目的ダムを建設する事業で、昭和57年度に事業着手している。

平取ダムの事業については、平成19年度に付替道路の工事に着手し、堤体建設工事については平成26年度から着手しており、現在堤体建設工事等を進めているところである。

2. 地中連続壁の概要

(1) 地中連続壁の概要

平取ダムは、額平川（右岸側）と宿主別川（左岸側）の合流点に位置し、右岸側には急崖地形、左岸側には段丘部と非対称の地形を形成する（図-1）。

左岸段丘部の堆積物は、最大層厚25mの砂礫層でローム質粘土を基質とするφ5～20cm、最大径2mの円礫～亜円礫を顕著に含む下層と、φ0.5～5cmの円礫を主に含むが、所々にφ10～20cmの玉石を含む上層に区分される。また、常時満水位EL167.4mとサーチャージ水位EL184.3mの間のEL180m付近には、地下水の移動で砂礫の細粒分が流出しパイプ状空隙となった「基質流失部」が2～3mの層厚でほぼ水平に連続して存在しており、洪水時の一時的な水位上昇において、

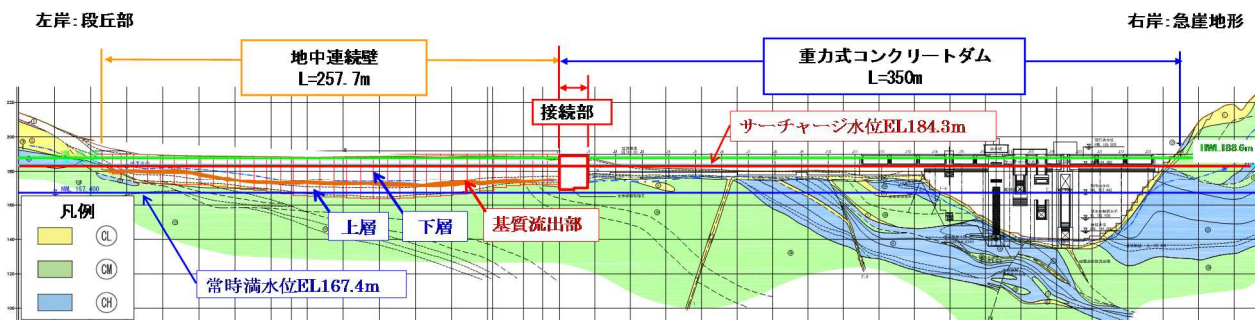


図-1 基質流出部とサーチャージ水位及び常時満水位（ダム上流面図）

基質流失部が浸透経路となりうると考えられることから、遮水対策として「地中連続壁」を採用している。

地中連続壁の構造として、浸透経路の止水性を目的とした壁形式の遮水壁とコンクリート堤体と遮水壁の接続部として箱型の基礎形式の左岸接続工（以下箱型部）の構成となっている。（図-2、3）

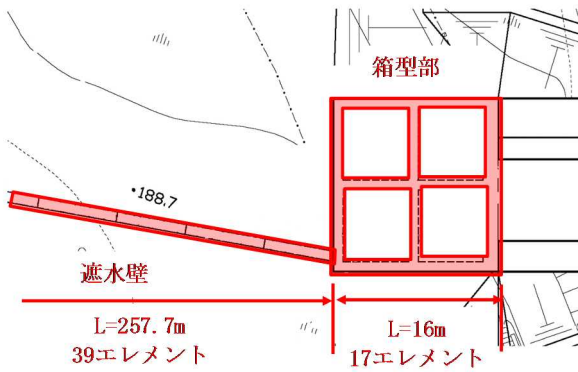


図-2 地中連続壁 平面図

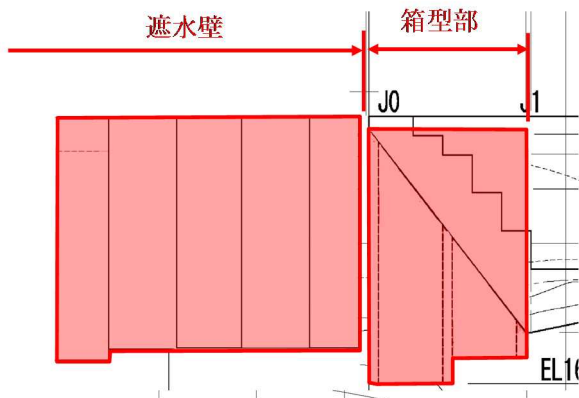


図-3 地中連続壁 断面図

(2) 地中連続壁の施工方法

地中連続壁の施工にあたっては、図-4 の手順で行っており、まずバケット式掘削機により砂礫掘削を行う（写真-1）。掘削する際には溝壁の崩壊を防ぐため、安定液を溝内に供給し一定の高さを確保する。砂礫掘削が完了後、岩盤掘削機により岩盤掘削を行う（写真-2）。掘削完了後、鉄筋籠の建込み（写真-3）を行った後コンクリート打設を行い施工が完了する。一連の作業が1エレメントあたりの作業となっており56エレメント施工する。この一連の施工の中で重要となるのが安定液の管理である。



写真-1 バケット式掘削機での掘削状況



写真-2 岩盤掘削機での掘削状況



写真-3 鉄筋籠の建込み状況

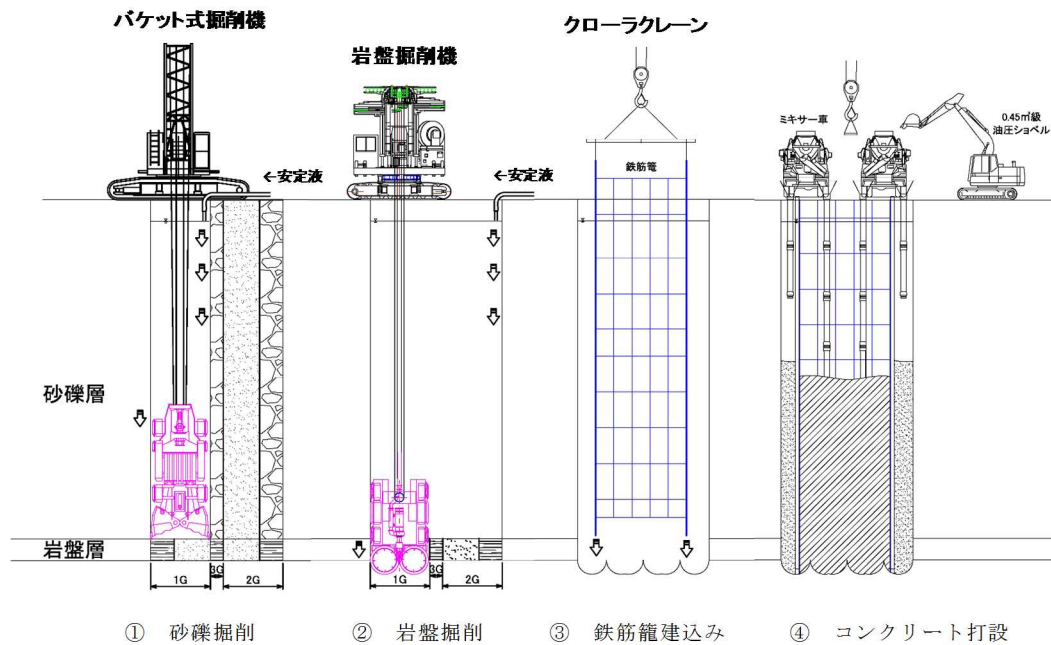


図-4 地中連続壁 施工手順 (1エレメントあたり)

(3) 安定液の目的及び仕様

安定液の主な使用目的は、溝壁の崩壊防止である。地中連続壁の掘削は地盤を垂直に掘削するため、溝壁は常に崩壊する恐れがある。安定液はこの対策として用いられる(図-5)。

機能としては、溝壁から地盤内に浸透して土粒子に付着し、壁面には難透水性の泥膜(マッドフィルム)を形成させることにより、地盤の崩壊と透水性を減少させる。壁面を不透水性にし、地下水位との水頭差を保つことで、溝壁内の安定液圧を有効に作用させる。その安定液圧が壁面に作用する水圧等に抵抗させることで、溝壁の崩壊を防ぐ機能を持たせている。

安定液の仕様としてはベントナイトを主材とし、分散剤、粘性剤で構成されている。

(4) 安定液の逸液

溝壁内の安定液圧を有効に作用させるため安定液を所定の高さ以上に保つことは、溝壁の安定を確保するうえで最も重要である。掘削地盤が砂礫層の場合、安定液が多量に浸透して急激に水位が低下すると、地下水位との水頭差が確保できなくなるため、溝壁の崩壊をまねく恐れがある。

平取ダムでは、左岸段丘部の堆積物に基質流失部が認められており、周辺地盤より透水性が高いことから、安定液が多量に浸透する逸液が懸念された。そのため安定液が所定の高さを確保できるかが課題であり、逸液を極力少なくできる方法を検討する目的で試験施工を行った。

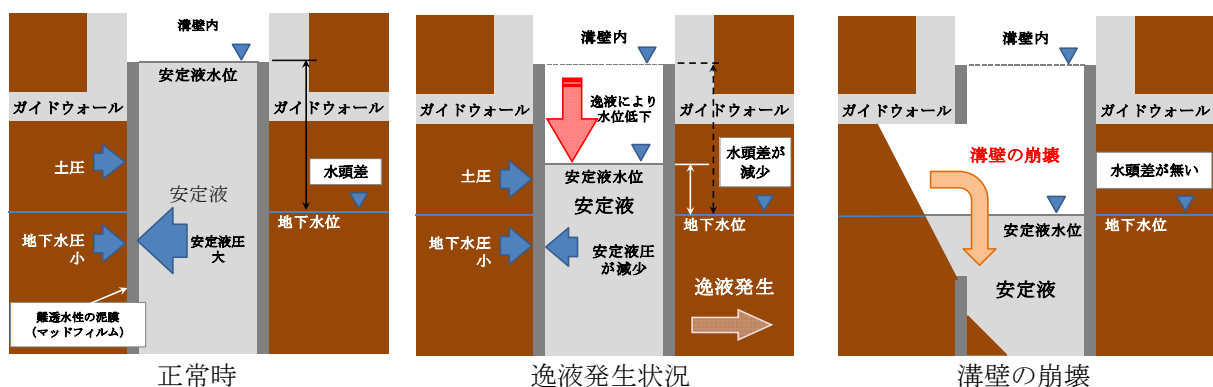


図-5 安定液および逸液状況 概念図

3. 試験施工及び結果

安定液の配合については、文献⁴⁾による標準配合を参考に表-1の最低値で設定し、掘削深度1m毎に水位低下量を測定することで逸液量を算出した。当初より段丘部が高透水性であることが確認されていたため、試験施工の計画段階から文献⁴⁾を参考に、 $2.5\text{m}^3/\text{h}$ 以上の逸液が発生した場合は、地盤中の空隙を間詰める目的として山砂による埋め戻しを行い、また、 $1.0\text{m}^3/\text{h}$ 以上 $2.5\text{m}^3/\text{h}$ 未満の逸液の際は、土粒子間隙を間詰める目的として逸液防止材を投入することとした。

試験施工では、 $2.5\text{m}^3/\text{h}$ 以上の逸液が発生した箇所において、山砂で埋め戻し(写真-4)を行った結果、逸液量が $0.1\text{m}^3/\text{h}$ 未満まで低減した。 $1.0\text{m}^3/\text{h}$ 以上 $2.5\text{m}^3/\text{h}$ 未満の逸液が発生した箇所では、板状逸液防止材及び繊維状逸液防止材をそれぞれ1%の割合で投入したところ $0.4\sim 0.5\text{m}^3/\text{h}$ に低減した。

以上の結果より、逸液が生じるものの、逸液防止材の投入や山砂での埋め戻しを行うことで、地盤改良などの補助工法等対策を実施することなく施工可能であることが確認された。

よって、本施工においても標準配合の最低値を設定することとした(表-1)。

また逸液対策として試験結果を踏まえた対応フロー(図-5)を作成し施工管理を行うことにした。



写真-4 山砂投入状況

表-1 平取ダム安定液配合

	ベントナイト	増粘剤	分散剤	逸液防止材
標準配合	80~120	1~3	2~3	—
平取ダム配合	80	1	2	必要に応じて

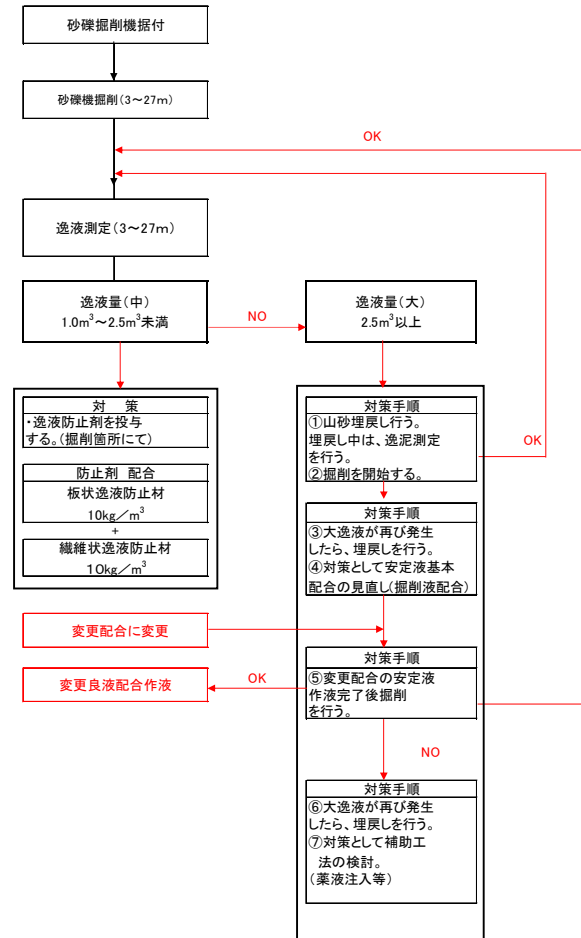


図-5 逸液対応フロー

4. 本施工での逸液状況及び逸液対策について

(1) 逸液状況および対策の効果

本施工での逸液状況を表-2に示す。これまで24エレメントの施工を完了しているが、 $2.5\text{m}^3/\text{h}$ 以上の逸液は54回発生している。図-5の逸液対応フローに基づき山砂による埋戻しを行い再掘削した結果、 $0.0\sim 1.1\text{m}^3/\text{h}$ まで低下した。また最大 $27\text{m}^3/\text{h}$ の逸液についても山砂で埋戻しを行い $0.5\text{m}^3/\text{h}$ まで減らすことができた。

$1.0\text{m}^3/\text{h}$ 以上 $2.5\text{m}^3/\text{h}$ 未満の逸液については43回発生しており、板状逸液防止材及び繊維状逸液防止材を使用後、 $0.0\sim 1.0\text{m}^3/\text{h}$ 未満まで低下した。 $1.0\text{m}^3/\text{h}$ 未満については掘削を継続し、随時水位低下量を測定し施工した。なお、図-5に記載の③以降の対策手順を行うまでには今のところ至っていない。

以上により試験施工時で設定した平取ダム配合お

よび逸液対策については、本施工においても有効性が確認できた。

表-2 逸液状況

逸液量	回数	対策方法	対策後逸液量
1.0~2.5	43	逸液防止材	0.0 ~ 1.0
2.5~5.0	48	山砂	0.0 ~ 1.1
5.0~10.0	4	山砂	0.0 ~ 1.0
10.0~	2	山砂	0.5 ~ 1.0

(2) 逸液対策に要する時間

溝壁保持のため、安定液を所定の高さ以上に保つ必要があるが、逸液が発生した場合、逸液量が低減するまで掘削作業を中断することとなる。施工における逸液発生回数および逸液が低減し掘削が再開できるまでに要した時間(以下逸液対応時間)を表-3、4に示す。

逸液発生回数および逸液対応時間について、箱型部は施工を進めるにしたがって減少傾向が見られた。この要因として、図-6に示すように先に施工したエレメントの安定液が掘削壁面から地盤内に浸透し次の施工エレメントまで到達したため、地盤内の透水性が減少したことから、壁面にマッドフィルムが形成しやすくなったと推測される。

遮水壁部においても、図-7に示すとおり先行したエレメントの安定液が影響する範囲については、箱型部同様逸液発生回数および逸液対応時間の減少傾向が見られているが、安定液の影響範囲が及ばなかったと見られる先行エレメントは減少傾向が見られなかった。

表-3 箱型部 逸液対応時間

施工順序	掘削箇所	発生回数	逸液対応時間
		(回)	(h)
①	S-2	10	26.6
②	S-4	5	21.5
③	O-2	4	2.6
④	O-4	2	1.4
⑤	S-6	0	0.0
⑥	S-7	3	1.2
⑦	K-4	2	2.1
⑧	S-1	1	1.3
⑨	K-1	0	0.0
⑩	S-8	0	0.0
⑪	S-5	0	0.0
⑫	S-3	0	0.0

表-4 遮水壁 逸液対応時間

施工順序	掘削箇所	発生回数	逸液対応時間
		(回)	(h)
①	A-2	5	29.8
②	A-3	6	9.1
③	B-1	5	7.2
④	B-2	1	0.4
⑤	A-4	12	40.2
⑥	B-3	2	2.5
⑦	A-5	9	16.8
⑧	B-4	5	4.8
⑨	A-6	8	21.6
⑩	B-5	2	1.9
⑪	A-7	14	25.0
⑫	B-6	2	0.8

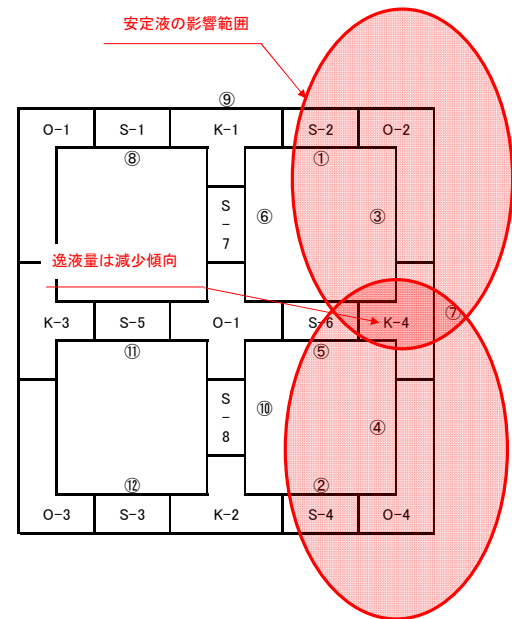


図-6 箱型部の施工順序及び影響イメージ図

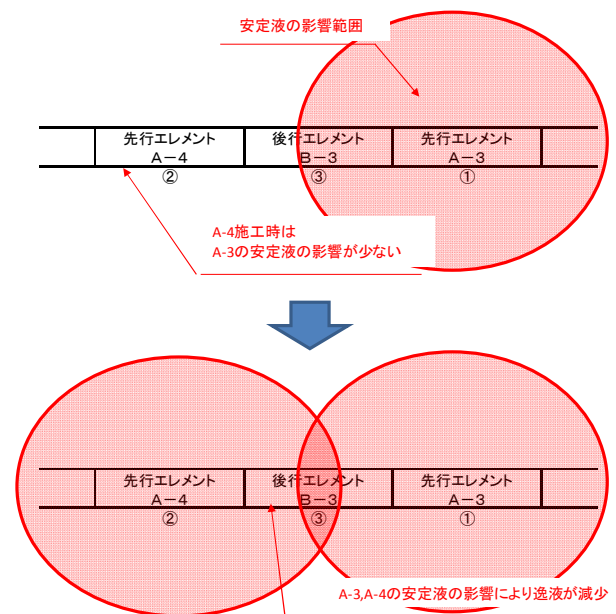


図-7 遮水壁の施工順序及び影響イメージ図

次に、逸液量の違いにより逸液対応時間に違いがあるか整理した結果を表-5に示す。結果は、逸液に対応する時間は最大15.8時間程度要した箇所もあったが、山砂での対応は概ね3時間程度、逸液防止材での対応は概ね1時間程度であった。

表-5 1回当たりの逸液対応時間

逸液量 (m ³ /h)	回数	逸液対応時間(h)		
		最小値	最大値	平均
1.0~2.5	43	0.3	3.5	0.8
2.5~5.0	48	0.3	15.8	3.2
5.0~10.0	4	0.5	2.8	1.5
10.0~	2	2.2	2.3	2.3

5. まとめ

本施工において発生した逸液に対する対応をまとめると以下のとおりである。

- 1) 本施工において試験施工時に設定した配合及び逸液対策で有効性が確認できた。
- 2) 箱型部は、安定液の影響により逸液発生頻度は減少しているが、遮水壁については、安定液の影響範囲が及ばなかったと見られる先行エレメントは逸液発生頻度の減少は見られなかった。なお、後行エレメントについては箱型部同様減少傾向であった。
- 3) 逸液に対応する時間は、山砂での対応は概ね3時間程度、逸液防止材での対応は概ね1時間程度であった。

6. あとがき

来年度は主に遮水壁の施工となるため、引き続き逸液対策を実施し、事業の進捗を図っていく。

参考文献

- 1) 三上紘輝、土門文之、宮下綾太 平取ダム左岸段丘部における止水対策について-地中連続壁工法の採用-、第57回技術研究発表会 2014.2
- 2) 坂井信行、西村義、武井正明 地中連続壁に向けた試験施工について、第58回技術研究発表会 2015.2
- 3) 総合土木研究所 “地中連続壁基礎工法ハンドブック-施工編-”
- 4) 総合土木研究所 “わかりやすい地中連続壁工法” 地中連続壁基礎協会“地中連続壁基礎工法 施工指針(案)”