

# 箱型 RC 地中連続壁の施工について

## Construction report of Box type RC underground continuous wall

俵谷俊太郎\*                      大木 洋平\*  
 Shuntarou Tawaraya        Yohei Ooki  
 真田 昌慶\*\*  
 Masanori Sanada

### 要 約

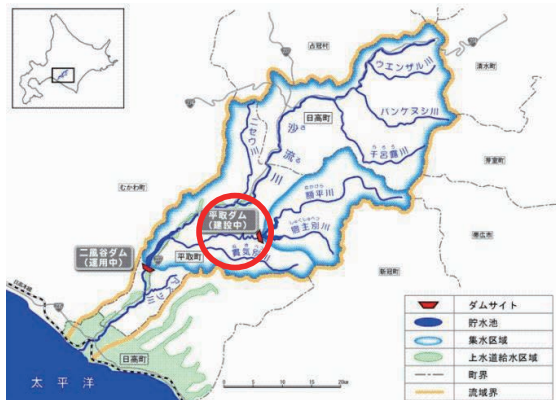
平取ダム建設箇所の地形は右岸側に発達した急崖地形、左岸側は堆積物が厚く分布する段丘となり、左右非対称の地形を形成する。左岸側の堆積物はローム質粘土が主体の砂礫層であり、部分的に空隙が密集しており洪水による水位上昇時には浸透経路となる可能性がある。このため、遮水構造としてRC地中連続壁が採用されており、右岸側の重力式コンクリートと左岸側のRC地中連続壁の接続工には「従来型端部処理工法－箱型RC地中連続壁」が採用された。本報告では箱型RC地中連続壁の施工方法と施工上の技術的課題・対策について報告する。

### 目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 構造・施工方法
- § 4. 技術的課題
- § 5. 対策・成果
- § 6. まとめ

### § 1. はじめに

平取ダムは沙流川総合開発事業の一環として建設されるものである。当該事業は沙流川に二風谷ダム（当社施工）、支川の額平川に平取ダムの2つの多目的ダムを建設し、両ダムの一体運用により流域の「洪水調節」「流水の



図一 平取ダム位置図

正常な機能の維持」「水道用水の供給」を目的としたものである（図一）。

### § 2. 工事概要

工事件名：流川総合開発事業の内  
 平取ダム堤体建設第1期～3期工事  
 発注者：国土交通省 北海道開発局  
 室蘭開発建設部 沙流川ダム建設事業所  
 工事場所：北海道沙流郡平取町字芽生地先  
 施工形態：西松・岩田地崎・岩倉  
 特定建設工事共同企業体（50：25：25）

表一 平取ダム諸元

目 的	洪水調整
	流水の正常な機能の維持 水道用水
型 式	重力式コンクリートダム
堤 高	55.0m
堤 頂 長	350.0m
堤 体 積	177,800m <sup>3</sup>
総貯水容量	45,800,000m <sup>3</sup>
有効貯水容量	44,500,000m <sup>3</sup>

平取ダム建設箇所の地形は、右岸側に発達した急崖地形、左岸側は堆積物が厚く分布する段丘となり、左右非対称の地形を形成する。段丘部は、層厚最大25mのローム質粘土を主体とする旧河道の砂礫層であり、段丘部の深度15～20m区間には、部分的に空隙が密集する基質流出部が水平に広く分布していることが認められる。基質流出部は常時満水位とサーチャージ水位の間にあり、洪水による水位上昇時には浸透経路となる可能性がある

\* 北日本（支）平取ダム（出）

\*\* 土木設計部設計一課

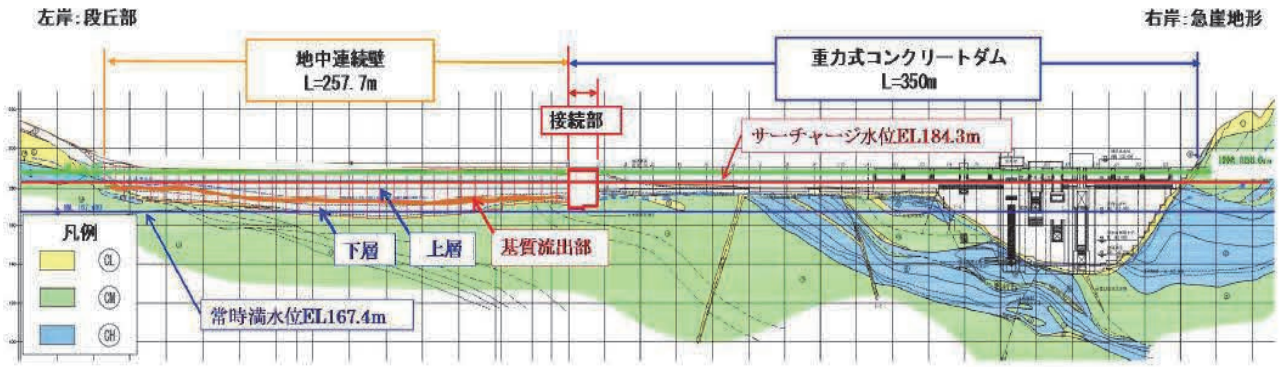


図-2 平取ダム止水対策工

ため、遮水構造として、耐久性に優れ未固結層における透水性の改良の実績が多数あり、確実な止水性が期待できる RC 地中連続壁が採用された。

RC 地中連続壁は、浸透経路の止水を目的とした遮水壁と、重力式コンクリートダムと遮水壁を接続する接続工からなる (図-2)。

接続工は「止水性を確保した接続」と「堤体の端部の基礎構造」の両方の機能を有する構造でなければならない。一般にダムの両端部は堅岩に岩着させるが、本ダム堤体の左岸側は堆積物からなる段丘であることから、コンクリート躯体による人工的なアバットを造成して堤体基礎とする必要がある。上記より、既往のダムにおいて

複数の事例がある「箱型 RC 地中連続壁」が採用された。以下に箱型 RC 地中連続壁の完成写真および寸法を示す (写真-1、図-3)。

### § 3. 遮水壁/箱型 RC 地中連続壁の構造・施工方法

箱型 RC 地中連続壁の構築は、コンクリートを一度に打設するブロック単位であるエレメントに分けられ、隣接するエレメントは、施工順序により、先行エレメント、後行エレメント、片押しエレメントに分かれる (図-4)。



写真-1 箱型 RC 地中連続壁完成写真

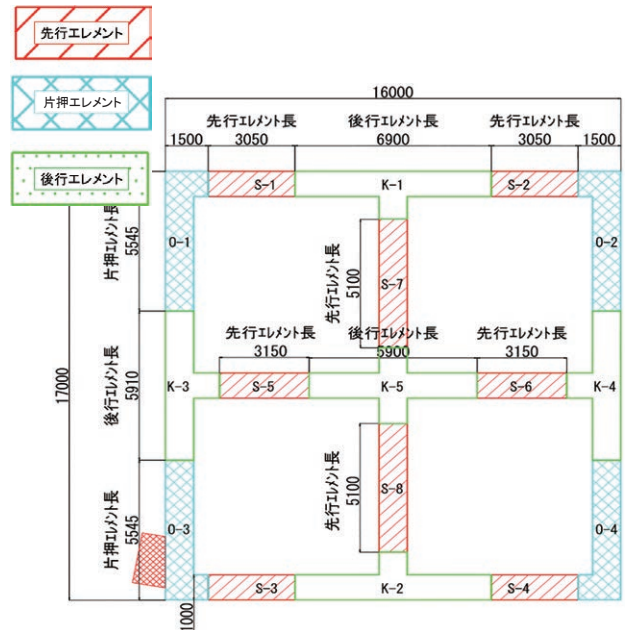


図-4 エレメント割付図

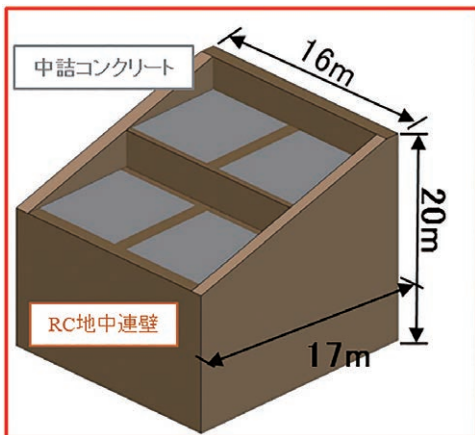


図-3 箱型 RC 地中連続壁寸法

#### 3-1 掘削工

掘削工において、RC 地中連続壁は、遮水性確保のため土砂掘削後に下部の岩盤掘削も行う。

土砂掘削範囲において、事前の調査ボーリングにより、掘削する砂礫層に約 2.0 m 程度の巨礫がある事が確認された。巨礫があると掘削できない懸念があった。

バケット式掘削機 (MEH) のバケット幅は 1 m のため、予め全旋回掘削機 (CD) を用いた先行ボーリングを 1.5 m ピッチで施工し巨礫を破碎する。また先行ボーリング

を行うことで岩盤の深さも確認できた。

先行ボーリング箇所は碎石で埋戻し、その後 MEH により土砂掘削を行う。掘削時は安定液を注入し、掘削溝内を安定液で満たすことで、壁面の安定を確保する。

土砂掘削完了後、水平多軸回転式岩盤掘削機 (BMX) による岩盤掘削を行う。岩掘削工は、岩級区分が CM 級 (砂質泥岩系) となる岩盤に 1.0 m 以上の根入れ長を確保する必要がある。掘削完了後、鉄筋籠の建込みを行い、コンクリート打設を行い施工が完了する。以上の一連の作業が 1 エlement 当たりの作業となる。

1 エlement 当たりの施工フローを図-5 に示す。

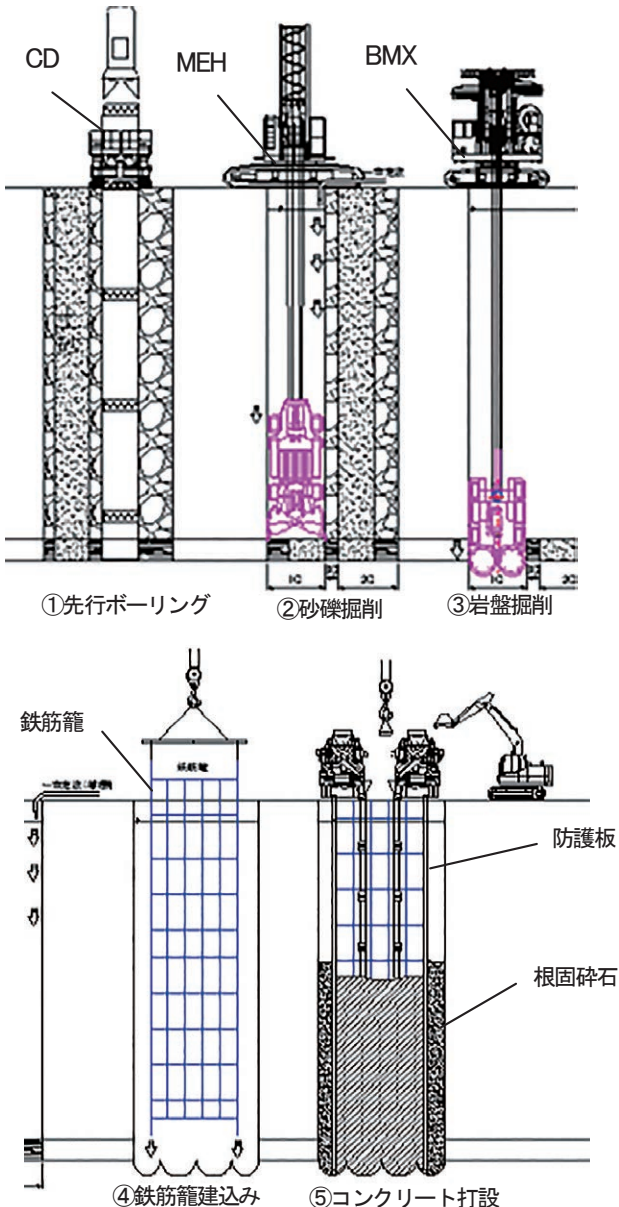


図-5 RC 地中連続壁 施工フロー図

### 3-2 継手工

箱型 RC 地中連続壁は、各Element間が一体構造として機能し、作用する応力、モーメントを伝達できる構造にするとともに、永久構造物として必要な耐久性を有する必要があるため、継手構造として以下に示す「剛結

継手」が採用された (図-6)。

剛結継手形式は、接合鋼板 (仕切板) 方式とし、構造鉄筋の継手は、仕切り版を挟んだ水平鉄筋の重ね継手である。

継手構造は仕切板を介しているため、仕切板とコンクリートとの接合面に作用するせん断力に対し、コンクリート部材としてのせん断抵抗力を期待できない。そのため、接合面は面外せん断力を十分に伝達する接手構造とすることがあり、仕切板に水平鉄筋を貫通させて補強鋼材とする「シアコネクタ」を設けるものとする。

接続工は、中詰コンクリートにより止水効果を期待できることから、継手部に止水板は設置しない。

先行Element打設時に、埋め戻す碎石によって継手部が損傷しないように、継手部周辺を鋼材で取り囲む防護板を設ける。なお、防護板は後から引き抜くことが出来る構造とする。

遮水壁の継手に求められる機能は、止水性が得られる構造であること、永久構造物として必要な耐久性を有すること、耐水圧性があること、地震時等に発生する箱型 RC 連続壁と遮水壁の異なる変位に対して損傷しにくく、または補修による機能回復が可能であることである。以上の条件から、継手を剛結としない型式 (フリー継手) が採用された。また、確実な止水を行うため Z 型ステンレス止水板が採用された (写真-2)。

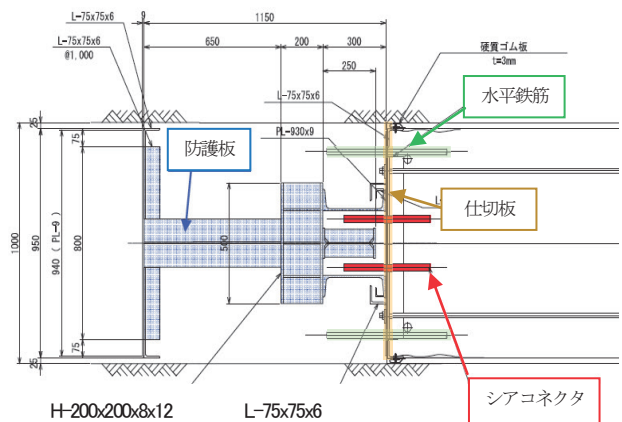


図-6 継手構造詳細図 (箱型地中連壁)

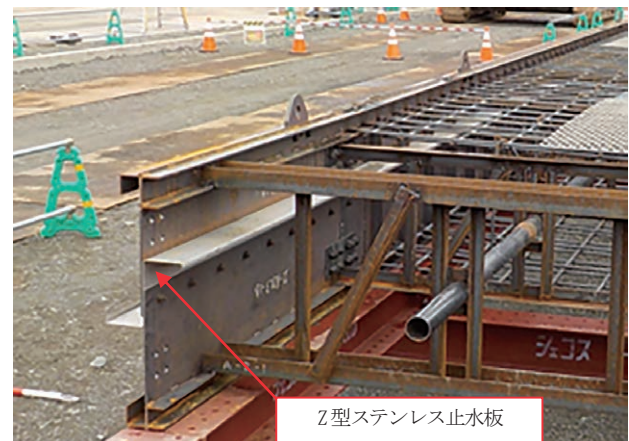


写真-2 継手構造詳細図 (遮水地中連壁)

§ 4. 技術的課題

(1) 掘削精度に関する課題

RC 地中連続壁の構築において、掘削出来形は RC 地中連続壁の完成形状に直結するため、掘削工における掘削精度が重要となる。しかし、下層部付近では図-7 のような礫分の分布状況から、掘削溝壁の崩壊などが生じ、掘削幅が侵されることが懸念された。また、掘削溝が曲がり始めた後も継続して掘削すると、曲がりが大きくなる傾向があり、修正が困難となることから、掘削途中段階での掘削精度の確認も重要となる。以上より、掘削工における掘削精度の管理が課題となった。

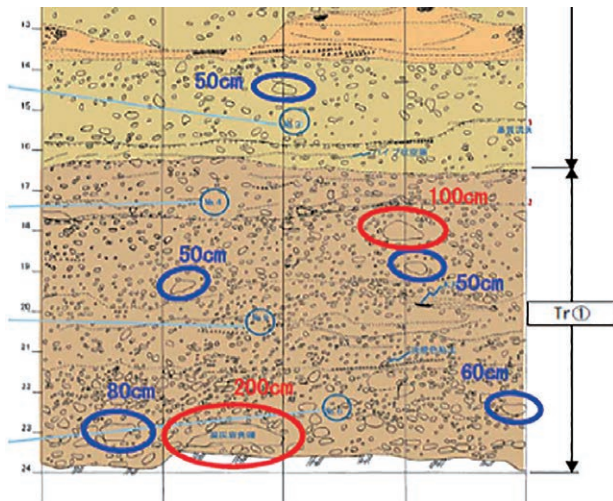


図-7 豎坑のスケッチ (下層部)

(2) 安定液の逸液に対する課題

溝壁内の安定液を有効に作用させるため、安定液を地下水位以上の高さに保つことは、溝壁の安定を確保するうえで最も重要である。

平取ダムでは、左岸段丘部の堆積物に基質流出部が確認されており、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。逸液が起ると、地下水位との水頭差が確保できなくなり、溝壁の崩壊をまねく恐れがある。よって、逸液発生時の対策方法を事前に確立する必要があった。

(3) 箱型 RC 地中連続壁隅角部の溝壁の崩壊のトラブル

箱型 RC 地中連続壁の後行エレメント (右岸上流部) において、土砂掘削完了後、岩掘削に入るために掘削機 (BMX) を配置したところ、配置基盤のコンクリート作業床に大きなひび割れが生じ、ガイドウォールに最大 80 mm の沈下が発生したため、作業を中止し掘削機械を退避した。

掘削溝の状態を確認するため超音波検査を行ったところ、左岸側ガイドウォール直下部に最大 80 cm の崩壊が確認された (図-8, 図-9)。

一般に RC 地中連続壁の施工にあたっては、隅角部を設ける場合は、崩壊が発生しやすいとされているため、過

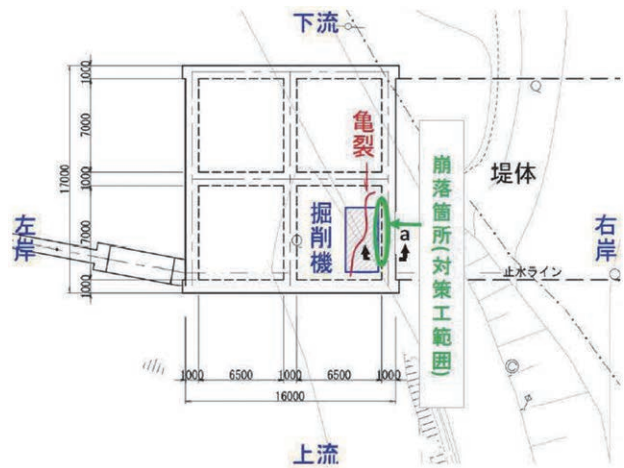


図-8 溝壁崩落位置平面図

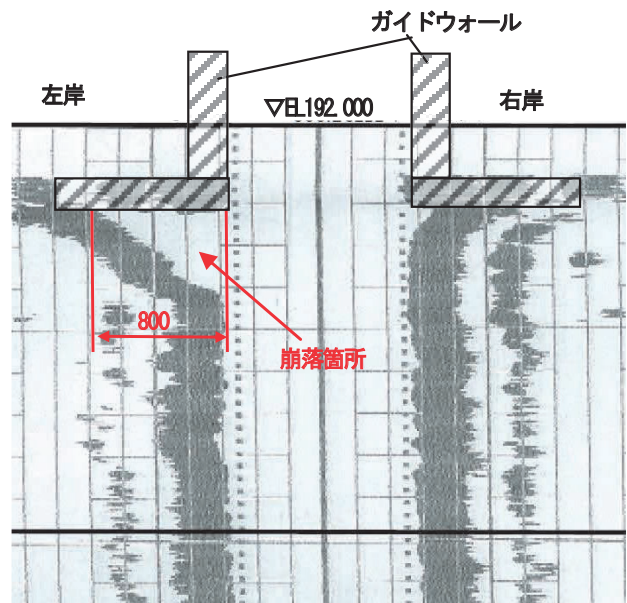


図-9 溝壁崩落位置断面図 (a-a 断面)

年度に隅角部の安定性における試験施工を実施していた。試験施工においては、部分的に 20 cm 程度の深掘れが確認されたものの、その後の経過観察で崩壊が発生しなかったことから、隅角部であっても溝壁が崩壊することなく施工できるという結果であった。

§ 5. 対策・成果

5-1 対策

(1) 掘削精度に対する対策

掘削精度の管理は、超音波測定器を用いた。この測定器の原理は、超音波送受信センサーを掘削溝内に降ろしていき、溝壁面に向けて発信した超音波の反射時間から距離を算出するものである。その際、重機の振動により超音波が正確に反射しない恐れがあるため、一時掘削を中断する必要がある。

測定は、掘削深さ 10 m 毎および土質の変化点毎に実施した。また、平面的な回転を修正するため、先行ガッ

トでは両端 2 箇所、後行ガットでは中央 1 箇所測定した(図-10、写真-3)。掘削完了後は、検尺による出来形確認のほか、超音波測定器による出来形測定を実施した。出来形測定は、各エレメントの施工幅を 2~3 箇所で行った。当施工における掘削精度の許容値は最大変位は 40 mm であるが、図-11 のように設計断面を侵すような場合は、断面を確保するために再掘削を行うものとした。

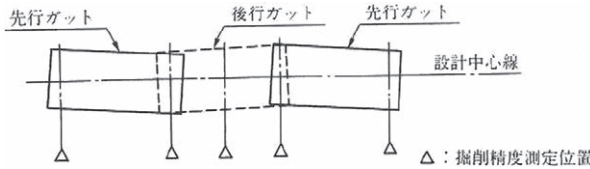


図-10 掘削精度確認位置図



写真-3 超音波溝壁測定器

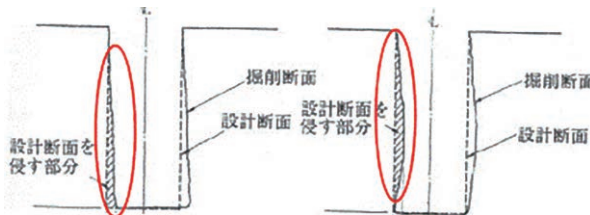


図-11 掘削断面確保の対応

(2) 安定液の逸液に対する対策

安定液の逸液防止対策を検討するため、試験施工を実施した。安定液の配合については、既往の文献<sup>1)</sup>での標準配合の最低値で設定し(表-2)、掘削深度 1 m 毎に水位低下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<sup>2)</sup>を参考に、逸液量に応じ、以下の通り逸液防止剤を投入することとした。

- 逸液量 2.5 m<sup>3</sup>/h 以上の場合、地盤中の空隙を間詰めする目的として山砂による埋戻しを行う。
- 逸液量 1.0 m<sup>3</sup>/h 以上 2.5 m<sup>3</sup>/h 以下の場合、土粒子間隙を間詰めする目的として、板状逸液防止剤及び繊維状逸液防止剤を使用する。

試験施工では、2.5 m<sup>3</sup>/h 以上の逸液が発生した箇所において、山砂で埋戻しを行った結果、逸液量が 0.1 m<sup>3</sup>/h 未満まで低減した。1.0 m<sup>3</sup>/h 以上 2.5 m<sup>3</sup>/h 以下の逸液が発生した箇所では、板状逸液防止剤及び繊維状逸液防止剤をそれぞれ 1% の割合で投入したところ、逸液量は

0.4~0.5 m<sup>3</sup>/h に低減した。

以上の結果より、逸液が生じるものの、逸液防止剤の投入や山砂の埋戻しを行うことで、施工が可能にな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。

また、試験施工の結果をもとに、本施工における逸液対応フローを作成し、施工管理を行うこととした(図-12)。

表-2 平取ダム標準配合

	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

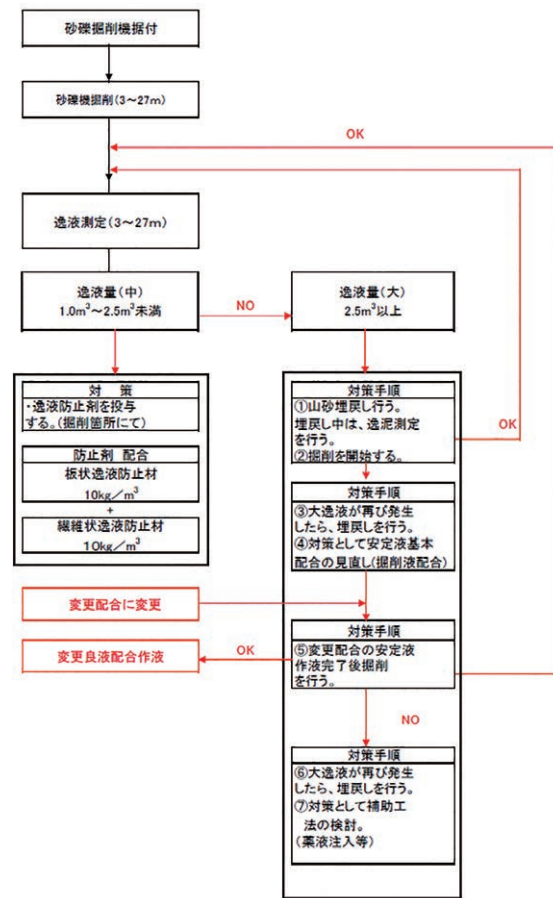


図-12 逸液対応フロー図

(3) 箱型 RC 地中連続壁隅角部の溝壁の崩壊に対する対策

溝壁の崩落箇所では掘削機の作業床に敷鉄板を二重に敷設して上載荷重の分散を図った。また、連壁構築幅 1.0 m を確保するため、切梁(パイプサポート)を設置し、施工再開後は沈下量、構築幅を測定しながら作業を実施した。

また、以降のエレメントの施工において、溝壁の崩壊が発生した場合に、ガイドウォールの沈下および構築幅の減少が生じないように、隅角部の崩落箇所および先行エレメントの 4 箇所、ガイドウォールの底板までの高さをコンクリート打設して一体化を図った(図-13)。

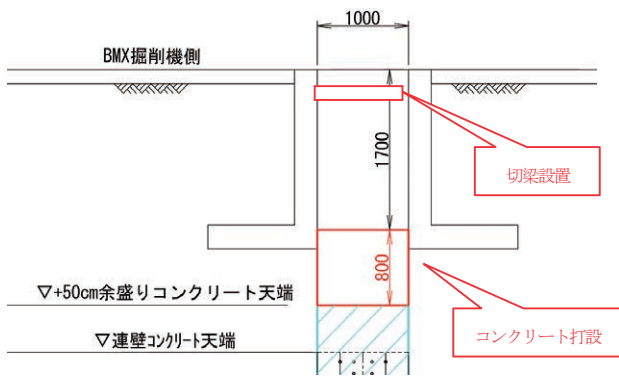


図-13 コンクリート補強箇所断面図

5-2 成果

(1) 掘削精度の対策に対する成果

土砂掘削および岩掘削において、各エレメントにおける掘削途中段階での超音波測定機による精度確認を行ったことで、掘削完了後の出来形は図-14のように、砂礫の崩壊や転石等による余掘り箇所はあったものの、掘削機械のズレによる出来形不足は無く、全てのエレメントで掘削精度が確保された。

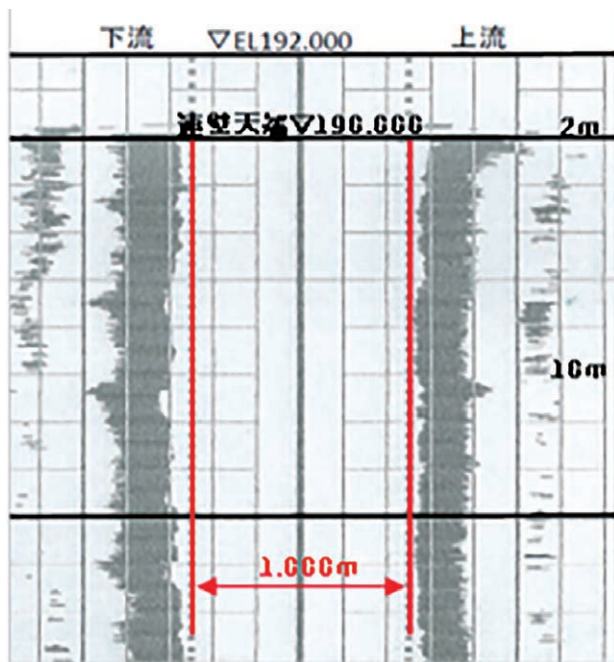


図-14 超音波測定出来形 (A-1-1 G)

(2) 安定液の逸液に対する成果

箱型 RC 地中連続壁のエレメントにおける逸液対策の実施表を表-3に示す。1.0 m<sup>3</sup>/h 以上 2.5 m<sup>3</sup>/h 以下の逸液は計 14 回発生したが、板状逸液防止剤及び繊維状逸液防止剤を使用後、逸液量は 0.6~1.0 m<sup>3</sup>/h まで低減した。

2.5 m<sup>3</sup>/h 以上の逸液は計 11 回発生したが、図-12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、0.8~2.1 m<sup>3</sup>/h まで低減した。逸液最大量は 10.0 m<sup>3</sup>/h であったが、山砂の投入により、1.6 m<sup>3</sup>/h まで低減することができた。1.0 m<sup>3</sup>/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-12に記載の③以降の対策手順を行うところまでの逸液は発生しなかった。

表-3 箱型地中連壁 逸液対策実施表

逸液量 (m <sup>3</sup> /h)	回数 (回)	対策方法	対策後逸液量 (m <sup>3</sup> /h)
1.0~2.5	14	逸液防止剤	0.6~1.0
2.5~5.0	11	山砂	0.8~2.1
5.0~10.0	1	山砂	1.6

(3) 箱型 RC 地中連続壁隅角部の溝壁の崩壊に対する対策の成果

溝壁の崩壊対策後、崩壊箇所の再掘削を実施したが、崩壊の拡等は生じず掘削を完了した。

また、以降の隅角部の掘削では、先行エレメント施工時にガイドウォールまでのコンクリートを打設したことにより、後行施工時での溝壁崩壊および沈下、掘削幅の減少は発生せず、箱型 RC 地中連続壁を構築することができた。

§6. まとめ

(1) 掘削精度

- 掘削工において、超音波測定機による施工段階での精度確認を実施することで、掘削出来形を確保できた。
- 施工段階における超音波測定機による精度確認の際は、一度掘削作業を中断する必要がある。
- 超音波測定機を用いて出来形管理を行い、掘削における余掘り形状等が把握することにより、その後のコンクリート数量を事前に算出できるとともに、設計変更時の数量の根拠ともなった。

(2) 安定液の逸液

- 本施工において安定液の逸液が懸念されていたため、事前に試験施工を行い、結果をもとに設定した標準配合・施工フローを有効に機能させることにより工程通り施工を行うことができた。

(3) 箱型 RC 地中連続壁隅角部の崩壊

- 過年度の試験施工時に溝壁の崩壊は確認されていない中で想定外溝壁の崩壊によるガイドウォールの沈下が生じたが、切梁、コンクリート打設などの対策により、出来形を確保できた。

参考文献

- 地中連続壁基礎協会、地中連続壁基礎工法 施工指針 (案)
- 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)