

VI-294

砂礫層（層厚40m）地盤での柱列式連続壁（SMW工法）の施工

（株）間組 正員 小山内幸夫
 （株）間組 正員 荒川 真
 （株）間組 正員 古川 康孝

1. はじめに

札内川ダムは帯広市南西54kmの中札内村に北海道開発局が建設を進めている多目的ダムである。当ダムの河流処理は仮排水路トンネル方式が採用され、ダム上下流にそれぞれ仮締切工を施工した。一方、ダムサイトの特色として、最大深さ40mにわたって河床砂礫が堆積していることがあげられ、ダムの基礎掘削において、仮締切の法面からの地下水の浸透を防止することが重要な課題であった。本論文は、経済性・施工性から採用された地下連続壁の一つであるSMW(Soil Mixing Wall)工法の施工について記述する。又図-1, 2に仮締切概略図及び構造図を示す。

2. 工法選定の経緯

1) SMW工法の選定経緯

地下連続壁工法は、完全止水を目的とし地中に連続した壁状構造物を築造するものであり、厚い砂礫層で用いるイコス工法は施工速度が遅くかつ高価な工法である為、経済性及び施工速度が要求される仮締切の工事として、SMW工法が採用されたが、補助工法としての先行削孔が課題であった。

2) 先行削孔工法の選定経緯

SMW工法の補助として、当初ロッカー（ダブルローバー）による、先行削孔破碎が計画されたが、河床砂礫に対する施工実績の少なさ、転石による孔曲がり及びローバーのジャミングによる削孔不能、基礎地盤への着岩確認等が懸念された為、近年、単杭施工として開発された回転式ロータリードリル機（以下CD機と称す。）を検討し、下記理由より採用した。

- ①削孔径 $\phi 1000$ mmで深度80mの削孔施工実績がある。
- ②岩盤削孔が可能である（転石削孔が可能）。
- ③施工精度が良い（SMWでの垂直精度が要求される）。
- ④削孔排土による地質の把握と着岩確認が可能。
- ⑤機械がコパ外で場所をとらない（河床作業のため、洪水時の退避が容易）。
- ⑥工程に合わせ、機械台数を調整できる。

3. 地下連続壁の施工

3.1 先行削孔の施工

(1) 先行削孔の方法

SMW工法に先立ち、CD機により先行削孔（削孔径1,000mm、間隔1,100mm）

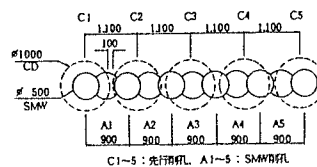


図-3 先行削孔配置図

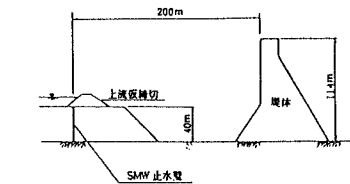


図-1 仮締切概略図

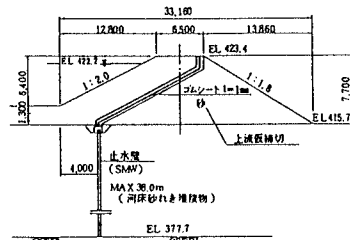


図-2 仮締切構造図

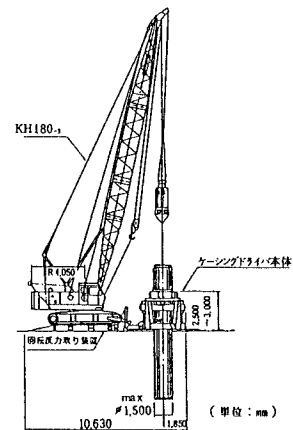


図-4 CD機施工図

を行い、削孔後均質な砂質土により置換した。（図-3，4参照）

（2）問題点と対策

CD機の削孔は孔壁保護及び孔曲がりを低減するため、一孔置きに削孔し、後にその間を削孔する手順としたが、種々の問題と対策を述べる。

①後行砂パイル施工時にボイリング現象による孔壁崩壊が生じた。対策として、水抜きせずに水中掘削を行うため、バケット重量を大きくし、水中抵抗の少ない形状に改良し施工した。

②CD機の後行砂パイル削孔時での転石の噛み合いによる削孔不能に対しては、別途ハンマーによる打撃により転石を破砕した。

③砂礫層が卓越している部分での、砂礫の噛み合わせによる削孔不能に対しては、ケーシングの径をφ1500で一次削孔し、その後φ1000mmを用いて、周辺摩擦力を低下させることにより、施工を進めた。

3.2 SMW工法の施工

SMW工法は、特殊多軸オーガを用いて削孔すると同時にオーガ先端よりセメントミルクとベントナイトの混合液を吐出させ、原位置土と混合・攪拌し、壁体を築造する工法である。この際のセメント系懸濁液の配合は、攪拌後の原位置土による室内一軸圧縮試験及び透水試験から定めた。図-5，6に、水セメント比と圧縮強度及び透水係数の関係、表-1に懸濁液の配合を示す。また、止水壁に要求される品質の目標値を次のように定めた。

①目標一軸圧縮強度 $qu \geq 5 \text{ kgf/cm}^2$

②改良目標透水係数 $k \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$

4. 効果の確認

4.1 効果確認試験の概要

止水壁の要求品質としては、①壁体自体の強度、遮水性、

②止水壁全体による遮水性がある。ここでは、前者をミクロ試験、後者をマクロ試験として確認した。

4.2 ミクロ試験

一軸圧縮強度・室内透水試験（変水位法）は各々GL-5、-15mより採取した試料で行い、表-2，3の結果を得た。その結果、一軸圧縮強度及び透水係数ともに目標値を十分満足していることがわかった。

又、現位置透水試験はSMW工法により施工された止水壁に、深度15mのボーリングを行い、そのボーリング孔に加圧しながら実施し、表-4の結果を得た。こちらからも目標値を満足していることがわかる。

4.3 マクロ試験

止水壁の上下流での透水性を確認するためのマクロ試験（揚水試験）では、透水係数 $6.35 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ が得られ、止水壁全体の遮水性も確認された。

表-2 一軸圧縮試験結果

地点	深度 (m)	圧縮強度 (kgf/cm^2)
Na 3 6	5.0	18.6
	15.0	18.7
Na 4 4	5.0	22.5
	15.0	28.7
Na 5 5	5.0	20.8
	15.0	21.4
Na 7 0	5.0	13.6
	15.0	17.0
Na 9 2	5.0	17.6
	15.0	17.6
Na 1 0 7	5.0	23.1
	15.0	23.1

以上の結果により、過去において施工例のない砂礫層での先行削孔併用SMW工法の止水目的での適用性について大きな指標を得ることができた。

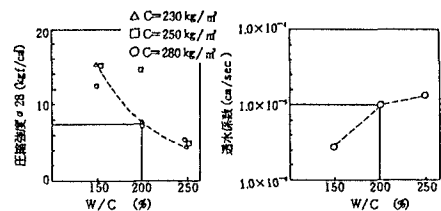


図-5 W/Cと圧縮強度の関係

図-6 W/Cと透水係数の関係

表-1 セメント系懸濁液配合

（改良土1m³あたり、（ ）は補正後）

セメント	ベントナイト	水	水セメント比
250 kg	15 kg	500 ℓ (375 ℓ)	200 % (150 %)

表-3 室内透水試験結果

位置	採取深度 (-5m)	採取深度 (-15m)
Na 9 2	9.56×10^{-6}	8.00×10^{-6}
Na 1 0 7	8.35×10^{-6}	4.65×10^{-6}
Na 1 9 0	2.98×10^{-6}	
平均	6.96×10^{-6}	6.33×10^{-6}

単位: cm/sec

表-4 現位置透水試験結果

孔番	透水量 (cm^3/sec)	透水係数 (cm/sec)	備考
22	4.9	2.1×10^{-4}	透水係数算定式 $k = \frac{Q}{2\pi H L} \ln \frac{L}{r}$ Q: 4-11/1注入量 H: 水頭差 L: 孔長 r: 試験孔の半径
36	8.5	3.6×10^{-4}	
44	7.3	3.1×10^{-4}	
70	3.4	1.6×10^{-4}	
92	4.7	2.1×10^{-4}	
107	6.8	3.1×10^{-4}	
137	6.6	2.6×10^{-4}	
152	5.1	2.2×10^{-4}	
190	1.9	2.0×10^{-4}	