

地中連続壁工に向けた試験施工について

室蘭開発建設部 沙流川ダム建設事業所 ○坂井 信行
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25m以上の地中連続壁工による止水対策を行う計画である。地中連続壁の施工にあたっては、既往調査で判明している現地地質条件より施工の確実性に課題があった。このことから、工事実施に先立ち「掘削精度の確認」、「安定液の仕様確認」、「溝壁の安定性確認」を目的とした試験施工を実施したので、その結果について報告するものである。

キーワード：基礎技術、設計・施工

1. 平取ダム左岸段丘部の概要

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（以下、Tr①）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（以下、Tr②）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（写真-1）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いる（図-2）。

2. 止水対策の必要性と対策工法の選定

左岸段丘部の堆積物の中央下部には、額平川の旧河道部が伏在し上下流方向に連続して分布している。そのため、周辺地下水位は旧河道部に沿ってやや低くなる傾向

が認められ、下流のキツネ沢や上流の宿主別川へ地下水が流下していると想定される（図-3）。このことから、洪水時の一時的な水位上昇において、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止水対策が必要と判断し、ダム工事において施工実績が多く、工法の信頼性が高い「地中連続壁工」を採用することとした。¹⁾

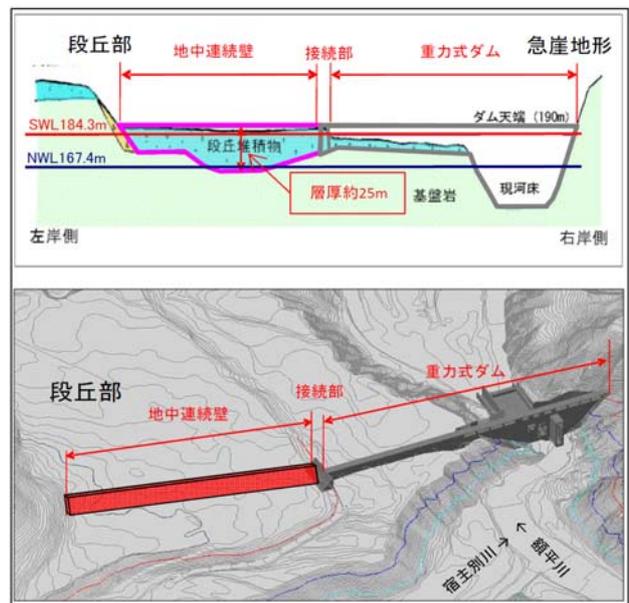


図-1 ダムサイト模式図

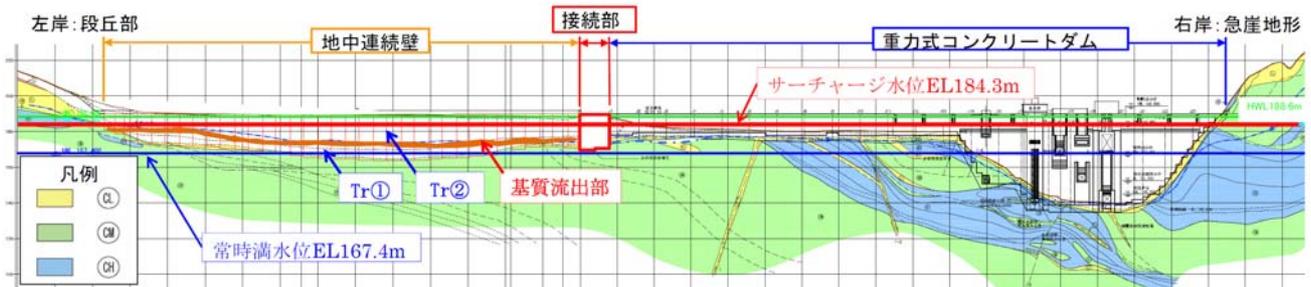


図-2 基質流失部とサーチャージ水位及び常時満水位（ダム上流面図）

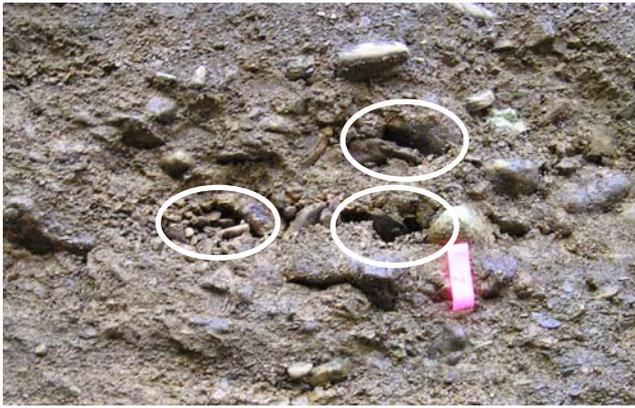


写真-1 パイプ状空隙となった「基質流出部」

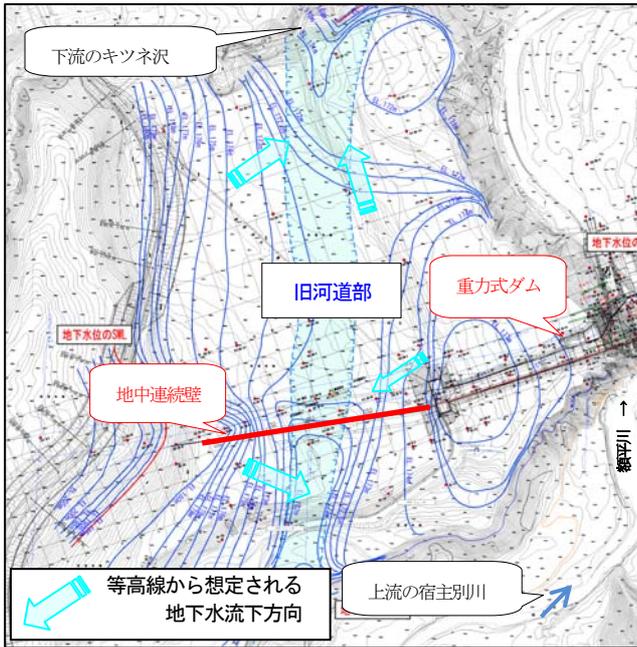


図-3 左岸段丘部の地下水位線の分布状況

3. 現地地質条件による施工上の課題

(1) 掘削精度に関する課題

Tr①には、最大径2mの礫が確認されており、礫分の多さ及び想定される巨礫の埋設状況（図-4）から、地中連続壁用バケット掘削機のみでの掘削は困難であると考え、近年他ダムでの施工実績がある「ケーシング掘削機での先行掘削+地中連続壁用バケット掘削機の併用」（表-1）による工法を採用することとした。この工法は、予めケーシング掘削機にて先行ボーリングを行い、そのボーリング孔をバケット掘削機のガイドホールとして利用することで、玉石や巨礫混じり地盤の掘削を可能とするものである。

なお、平取ダム地中連続壁では継手の形式を部分的に剛結継手としていることから、継手のかぶりを確保する

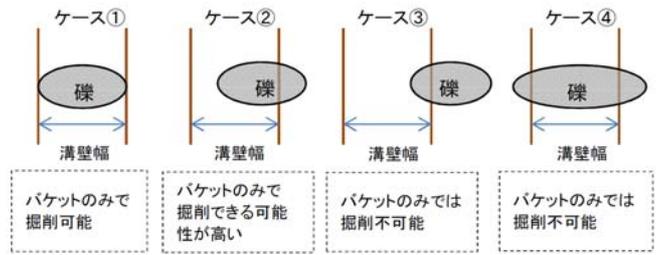


図-4 想定される巨礫の埋設状況

表-1 「ケーシング掘削機での先行掘削+地中連続壁用バケット掘削機の併用」による工法の近年の施工実績

ダム名	竣工	適用場所	対象地質	壁厚 (cm)
宮ヶ瀬ダム	2000年	貯水池上流鞍部	玉石混じり砂礫	100
余地ダム	2003年	右岸アバット〜リム部	古期礫岩層	100
忠別ダム	2006年	フィルダム本体河床部	玉石混じり砂礫	120

ことを目的に最終掘削精度の許容値（最大誤差）は40mm（図-5）としている。しかし、前述の平取ダム左岸段丘部の地質条件から、掘削精度を許容値内に収めることが課題である。

(2) 安定液の仕様に関する課題

地中連続壁を施工する際は、掘削溝にベントナイト、分散剤、増粘材を一定の配合で溶解させたベントナイト安定液等を充填することにより安定液の液圧が溝壁を保持するものである。しかし、透水係数が高い砂礫地盤などでは泥膜が形成されずに逸液し、液面低下を引き起こすことにより溝内の液圧を保持することが困難となり溝壁面の崩壊を招くことがある。一般に地盤の透水係数と逸液速度については図-6のような関係があり、逸液が予想される場合は逸液しにくい安定液配合を計画したり、必要に応じて地盤改良などの対策を実施する。³⁾

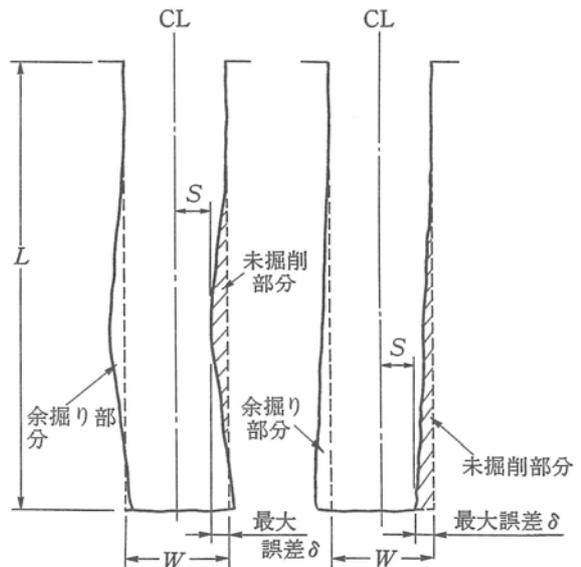


図-5 鉛直精度³⁾

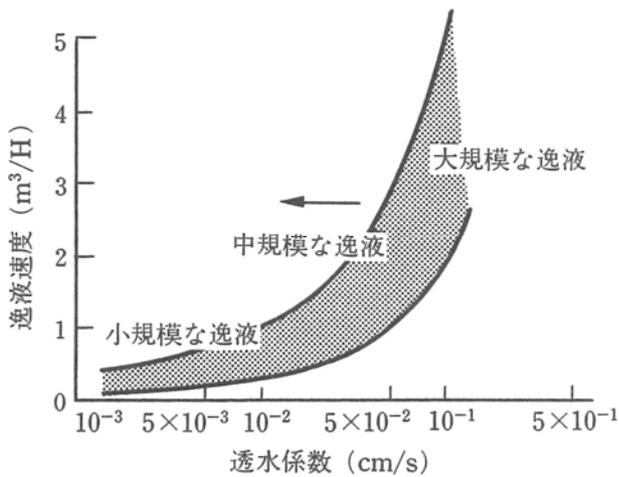


図-6 地盤の透水係数と逸液速度²⁾

平取ダム左岸段丘部には「基質流出部」が存在すること及び繰り返し揚水試験時のパイピング状況より、 $1 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^0 \text{ cm/s}$ の透水性を示す部分も存在することがわかっていることから、想定した安定液配合で泥膜を形成できるか課題であり、逸液の状況によっては地盤改良が必要となることも想定される。

(3) 溝壁の安定性に関する課題

一般に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しやすい¹⁾とされている。平取ダムでは地中連続壁と重力式ダムの接続部に箱形地中連続壁の施工を計画しているが(図-7)、前述のとおりφ5~20cm、最大径2mの円礫~亜円礫を含む砂礫層に隅角部を設けることから崩壊しやすいと考えられる。

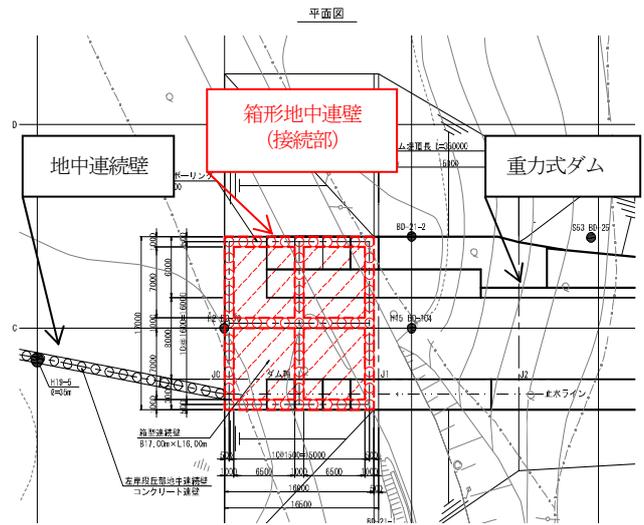


図-7 平取ダム 箱形地中連続壁

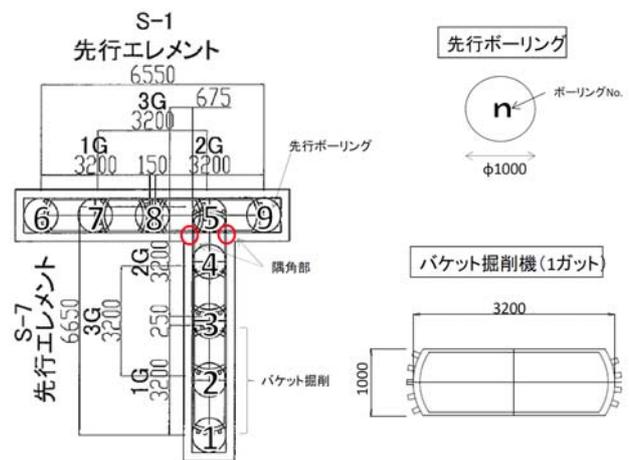


図-8 試験施工形状

表-2 平取ダムにおける安定液配合 (kg/m³)

	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

4. 試験施工及び結果

平取ダムでは「3. 現地地質条件による施工上の課題」を踏まえ「掘削精度の確認」、「安定液の仕様確認」、「溝壁の安定性確認」を目的とした試験施工を実施することとした。なお、試験施工の形状については、隅角部の溝壁安定性も確認できる配置とし箱形地中連続壁隅角部を再現した形状とした(図-8)。また、安定液の配合については砂礫層における安定液の標準配合²⁾を参考に、いずれも最低値で確認することとした(表-2)。

(1) 掘削精度の確認

掘削精度の確認では、ケーシング掘削機での掘削後、地下連続壁用バケット掘削機(砂礫部)で掘削し、掘削精度が許容値である40mm以内かを確認することとした。なお、掘削精度については、余掘り部分については確実に“かぶり”が確保されることから対象とせず、未掘削部分についてのみ掘削精度(最大誤差)の対象とするこ

ととした(図-5)。

ケーシング掘削機による先行ボーリングの際、9孔中2孔、計5箇所巨礫に当たり、その一部を切り出した(写真-2)。その後、地下連続壁用バケット掘削機(砂礫部)での掘削後に、超音波測定器にて掘削精度を計測した結果、最も大きい誤差でも35mmであり(図-9)、掘削精度の許容値である40mm以内だったことから、所要の掘削精度を確保できた(表-3)。

(2) 安定液の仕様確認

安定液については、掘削深度1m毎に液面低下量を測定し逸液量を算出することとした。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、計画段階から2.5m³/h以上の逸液が発生した場合の対策として、初



写真2 ケーシング掘削機にて切り出した巨礫の一部

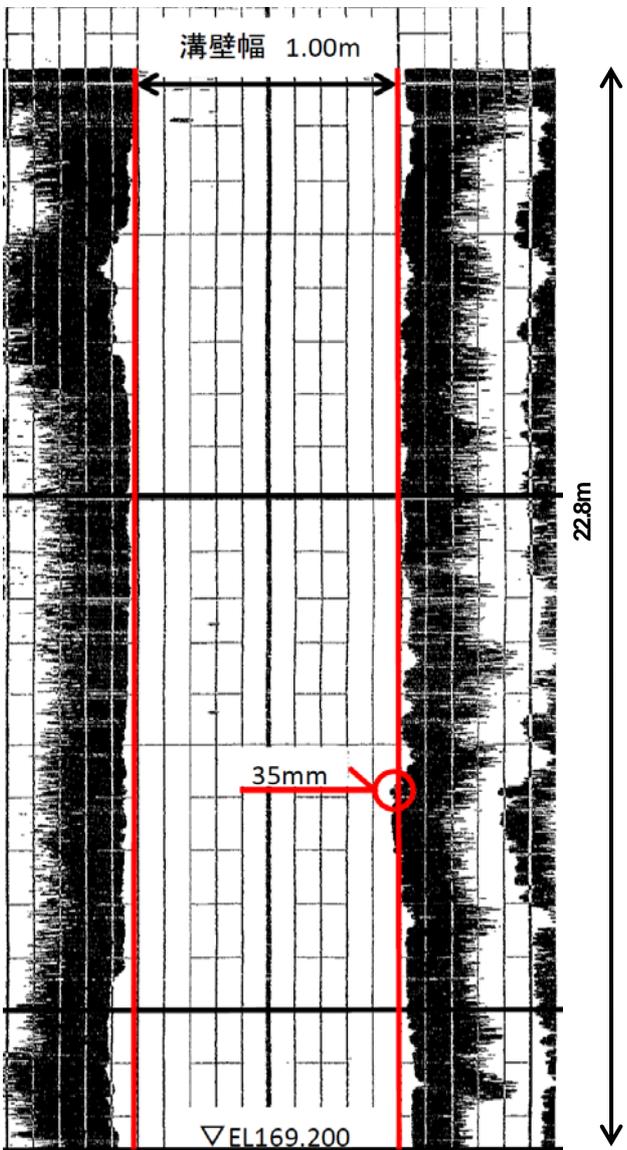


図9 超音波測定器による掘削精度確認 (最大誤差)

めに山砂埋戻しを実施し、逸液量が $0.1\text{m}^3/\text{h}$ 未満に低減した後再掘削し、再び $2.5\text{m}^3/\text{h}$ 以上逸液した場合は安定

表-3 掘削精度

先行B 孔N.O.	巨礫① (mm)	巨礫② (mm)	巨礫③ (mm)	バケット掘削精度(誤差)						
				エレメント	1ガット	2ガット	3ガット			
1	巨礫無し			S-7	0mm	X	X			
2	"									
3	520×330	800×320	600×290					0mm	X	35mm
4	巨礫無し									
5	600×350	510×220		S-1	0mm	X	X			
6	巨礫無し									
7	"							10mm	X	0mm
8	"									
9	巨礫無し			X	X	X				

液配合を変更(特殊増粘剤の添加等)する計画とした。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、逸液防止材を投入することとし施工した。

その結果、部分的に $2.5\text{m}^3/\text{h}$ 以上の逸液が発生し、山砂で埋め戻しを行い逸液量が $0.1\text{m}^3/\text{h}$ 未満になり再掘削が可能となった。 $1.0\text{m}^3/\text{h}$ 以上 $2.5\text{m}^3/\text{h}$ 未満の逸液の際には、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 $0.4\sim 0.5\text{m}^3/\text{h}$ に減少した(表-4)。なお、いずれの場合も、対策後に同じ箇所で逸液量が増加することはなく、掘削を終了することができた。

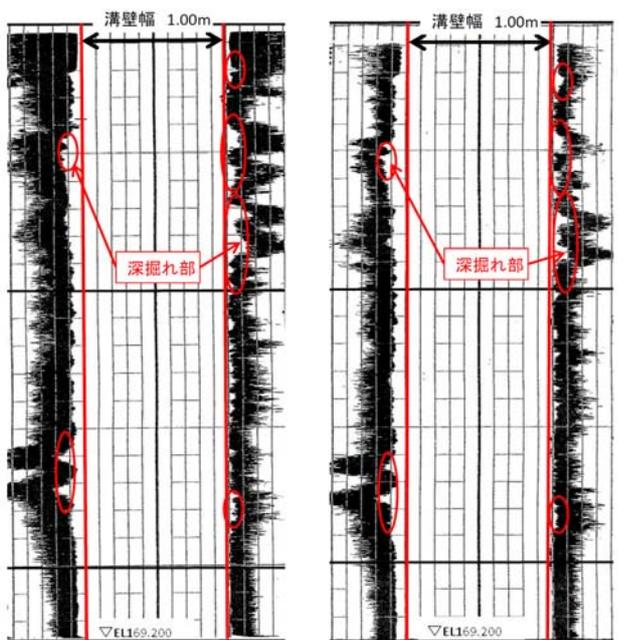
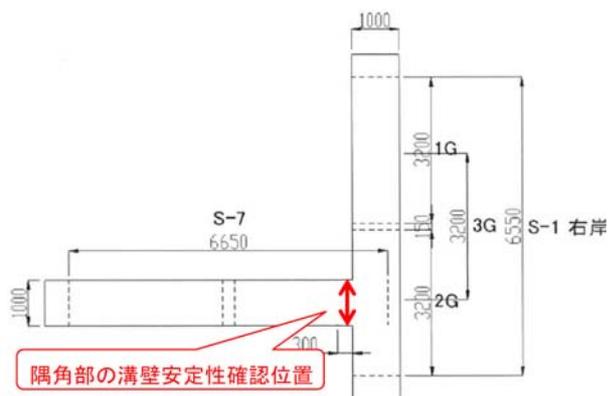
以上の結果より、平取ダム左岸段丘部の地質の一部においては逸液が生じるものの、逸液防止材の投入や山砂での埋め戻し・再掘削により、地盤改良などの対策を実施することなく施工可能であることが確認された。

(3) 溝壁の安定性確認

隅角部の安定性については、掘削直後に実施した超音波測定の結果、部分的に20cm弱の深掘れが確認された。そのため、深掘れに起因する溝壁崩壊につながることを懸念されたことから経過観察を行うこととし、16時間後に同位置で再測定を行った(図-10)。その結果、溝壁は掘削直後から変化が見られないことから、時間経過とともに深掘れに起因する溝壁崩壊につながることは無かった。以上の結果より、隅角部であっても溝壁が崩壊することなく施工できることが確認された。

表-4 逸液量と対策内容及び効果 (S-7エレメント 2ガット部)

深度 (GL - m)	逸液量 (m^3/h)	対策内容	対策後 (m^3/h)
10	2.5	山砂埋め戻し(4.0m^3)	0.1
15	9	山砂埋め戻し(8.0m^3)	0.1
19	1.9	板状逸泥防止材 1% 繊維状逸泥防止材 1%	0.5
22.8	2.1	板状逸泥防止材 1% 繊維状逸泥防止材 1%	0.4



溝壁の余堀れ状況(掘削直後) 溝壁の余堀れ状況(掘削16h後)
 図-10 隅角部超音波測定結果 (掘削直後と16h後の比較)

5.まとめ

今回の試験施工により、「3.現地地質条件による施工上の課題」について、以下の点が確認できた。

- ・「ケーシング掘削機での先行掘削+地中連続壁用バケット掘削機の併用」による工法で掘削精度を許容値内に収めることが可能である。
- ・一般に高透水層での地中連続壁の施工にあたっては、逸液しにくい安定液配合を計画したり、必要に応じて地盤改良等の対策を実施する必要がある³⁾が、「基質流出部」のある高透水層であっても安定液を標準配合とし、山砂埋戻しを行うことにより掘削が可能である。
- ・隅角部であっても溝壁が崩壊することなく施工可能である。

今後は試験施工で得られた知見をもとに、約260mに及ぶ地中連続壁工を施工する予定である。

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-
- 2) 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-”
- 3) 総合土木研究所 “わかりやすい地中連続壁工法”
- 4) 地中連続壁基礎協会 “地中連続壁基礎工法 施工指針 (案) ”