

アイランド工法による配水池築造の設計事例

中日本建設コンサルタント(株) 青山浩之

本論は、老朽化した配水池の更新工事において、アイランド工法を採用した事例に関する報告である。従来の仮設工法では施工性の低下や水密性の問題が懸念されたため、切梁を大幅に減らし、中間杭を不要とするアイランド工法を採用した。アイランド工法では、土留壁で自立させた中央部分に構造物を築造し、周辺部に斜梁を設置する。本論では、この工法の施工方法と検討事項について述べる。

Key Words : 配水池更新工事、アイランド工法、温度応力、柱列式地中連続壁

1 はじめに

本論は、老朽化した配水池の更新工事においてアイランド工法を採用した事例に関する報告である。当該工事は既設配水池を取り壊し、同位置に耐震構造の新設配水池を築造するものである。

配水池は奥行 73m×幅 147m、掘削深さが約 10m であり(図-1)、標準的な仮設工法である切梁工法を採用した場合、各種工事の施工性が大幅に低下するほか、高い水密性を求められる配水池において、中間杭の設置に伴うスラブ部材の閉塞孔増加による水密性低下が懸念された。これらの課題を解決するために、切梁の量を大幅に低減し、中間杭を必要としないアイランド工法を採用した(写真-1)。

アイランド工法とは、内側に押え盛土をして自立させた土留壁により中央部に構造物を築造し、先行築造した構造物から土留壁に向けて斜梁を設置して周辺部分の構造物を構築する方法である(図-2 の模式図を参照)。本論では、その施工方法と検討事項について述べる。

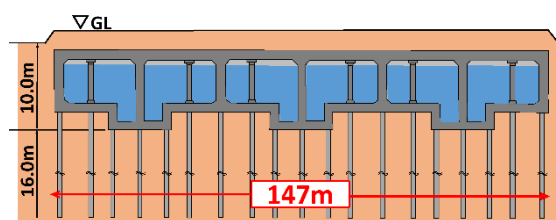


図-1 構造物の断面図



写真-1 アイランド工法適用状況

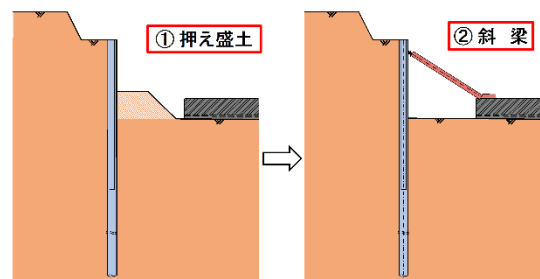


図-2 アイランド工法模式図

2. 配水池更新工事の概要

2.1 対象施設概要

本稿における配水池更新工事の対象施設概要を表-1 に示す。

2.2 新設構造物の特徴

新設する配水池は、底版厚 1.20m、外壁厚 0.70m の鉄筋コンクリート造で、基礎形式は杭基礎で杭長は 14m～18m である。上部は 1m の覆土により施設を保護する形式である。また、施設周辺には既存構造物や既存配管、鉄道が隣接している。（図-3 を参照）。

2.3 地盤条件の特徴

建設地付近の地盤状況について、地層層序のモデルを示す（図-4）。本地盤の特徴と設計上の留意点を以下に示す。

- ① 地下水位が GL-2.7m であり、10m の掘削を行う際は地下水対策が必要である。
- ② 河川成の沖積層が 20m 程度堆積しており仮設工法の計画において留意を要する。
- ③ 沖積粘性土である Ac 層は連続性がなく、不透水層としては不適である。

3. 仮設工法の検討

3.1 仮設土留めについての検討

工事の平面規模や掘削深、施工条件から仮設土留め工法を 2 つ挙げ、各工法の比較検討を行った（表-2）。

- ① 鋼矢板による締切工法+ディープウェル工法

② ECW(柱列式地中連続壁)による締切工法(下部洪積粘性土層に土留壁を根入れ)
工法比較の結果、周囲の地下水位の低下や地盤沈下への影響が少なく、経済性に優れる② ECW(柱列式地中連続壁)による締切工法（下部洪積粘性土層に土留壁を根入れ）を選定した。ECW(柱列式地中連続壁)は、杭打機に多軸オーガーを装着して掘削し、セメント系懸濁液を原位置の土砂と混合攪拌させて柱列式の連続壁体を造成する工法であり、35m～45m と大深度の壁体を構築することができる工法である。

表- 1 対象施設概要 一覧表

施設概要	
(1)既設築造年	大正11年(1922年)
(2)有効容量※	44,000m ³ (3池合計)
(3)施設規模	L73m×W147m×H10m
(4)構造形式	鉄筋コンクリート構造
(5)基礎形式	杭基礎(φ800既成杭,中掘杭工法)
(6)施工方法	アイランド工法
(7)土留形式	ECW工法(柱列式地中連続壁)

※既設配水池(有効容量26,200m³)を撤去して増強更新

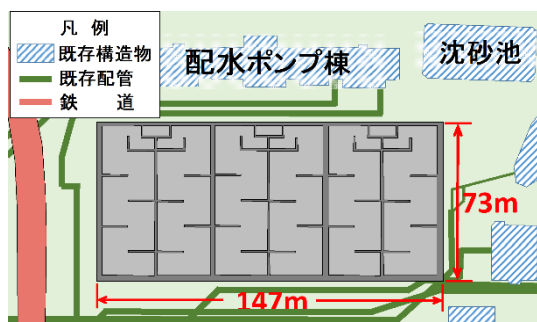


図- 3 構造物の平面形状

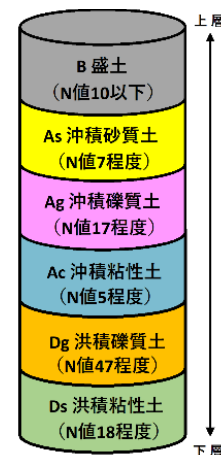


図- 4 地層層序モデル

表- 2 仮設土留め工法の比較表

仮設形式	①鋼矢板による締切工法＋ディープウェル工法	②ECW(柱列式中連続壁)による締切工法 (下部粘性土に土留壁を根入れ)
概要図		
工法概要	鋼矢板締切工法は、鋼矢板を打ち込み、土留壁を構築する工法である。 地下水対策としては、ディープウェル工法により地下水位の低下をはかる。	柱列式中連続壁締切工法は、セメントミルク注入による攪拌混合処理を行い、芯材を挿入して土留壁を構築する工法である。 地下水対策としては、層の連続性のある洪積粘性土層Dc層まで土留壁を根入れして、土留内と外部との遮水をはかる。
土留め工法	鋼矢板締切工法 (壁長16.0m)	ECW(柱列式中連続壁)による締切工法 (壁長33.0m)
地下水対策	ディープウェル工法 (φ600 L=15m 24本)	土留め工法による遮水 (土留壁を下部不透水層へ根入れ)
経済性	約19.9億円	約16.8億円
評価	ディープウェルによる周辺井戸への影響が懸念される。 施工期間が長く、地下水位低下工法の費用が割高となる。 △	地下水対策の確実性に優れる。土留壁自体の費用は上がるものの地下水位低下工法を併用しないことから経済性に優れる。 ○(採用案)

3.2 仮設支保工の比較検討

工事の平面規模や掘削深、施工条件から適用できる①切梁工法、②アイランド工法を挙げ、各工法の比較検討を行った(表-3)。

表- 3 仮設支保工の比較表

土留工法	①切梁工法	②アイランド工法
概要図		
工法概要	土留壁に作用する側圧を、切梁・腹起しなどの山留め支保工でバランスさせて支持し、根切りを進める工法。	土留壁が自立できるだけの根切りを土留壁の周囲に残し、中央部を先行して根切りし、地下躯体を構築した後、外周法面の根切り、残りの地下躯体を築造する工法。
適用性	・施工実績が多い ・信頼性が高い	・切梁工法に比べ切梁材及び、中間杭が少ない ・先行中央部の作業性がよい
問題点	・切梁材を非常に多く使用する ・中間杭の閉塞孔が多く、水密性が低下する ・大スパンの適用は変形しやすい	・底板が2段階施工となり、コンクリートの打継ぎ部の止水性、後打ち底板の温度ひび割れが懸念される ・躯体が切梁水平反力を受ける
経済性	11.2億円	0.6億円
評価	△	○(採用案)

※概要図は参考文献¹⁾より引用

工法比較の結果、切梁支保工の量を大幅に低減することができ、経済性・施工性に優れるアイランド工法を採用した。なお、底版が２段階施工となり打ち継ぎ部の水密性が懸念される問題については、以下のように対処した。

- ・底版の打ち継ぎ部には止水板を設置した。
- ・先行底版と土留壁に拘束され、温度ひび割れの発生が懸念された後打ち底版には、ひび割れ防止用の補強鉄筋等の追加を計画した。

3.3 切梁水平反力を躯体で受けるための対処方法

切梁水平反力を躯体で受けるための対処方法は、アイランド工法を適用する上で最も注意が必要な点である。今回施設においては、最深部の掘削深度はピット部で 10.0m 程度であり、斜梁から伝達される切梁水平反力は約 300kN と大きい。そのため、切梁水平反力を先行築造した躯体で受け持ち、構造体に影響を及ぼさないような計画を立案する必要がある。上記に対して、切梁水平反力を負担できるだけのアンカーボルトを先行築造した底版に埋め込み(図-5), 切梁を受けるピースを固定した(写真-2, 3)。切梁撤去後はアンカーボルトの頂部を切断し、防水塗装を行い、平滑な状態に復旧した。



写真-2 切梁を受けるピース



写真-3 アンカーボルトの埋め込み

4. その他の検討事項

4.1 土留め工法における弾塑性解析の適用

ピット部については 10m に近い掘削となること、近接して既設構造物があり地盤変位を正確に把握する必要があることから、弾塑性解析を適用して土留め計算を行った。弾塑性解析においては土留壁を有限長の弾性梁、地盤を弾塑性床、支保工を弾性支承としてモデル化し、逐次解析により側圧状況や変形・応力状況の評価を行い安全性を確認した。

本論では、掘削深が約 10m となるピット部の掘削断面の検討結果を代表例として示す。解析対象断面は先行構築した底版と外周部の ECW 工法土留壁の間に切梁支保工（斜梁）を設置し、ピット部の深い掘削部分には親杭横矢板土留めを設置して土留めの変形量を抑制する断面計画とした。弾塑性解析の結果、最大変位は、最終掘削時の深度 10.5m の位置で 177mm という結果であった(図-6)。この変形状況を勘案して土留壁と構築する構造物の設計離隔は 200mm を確保した。

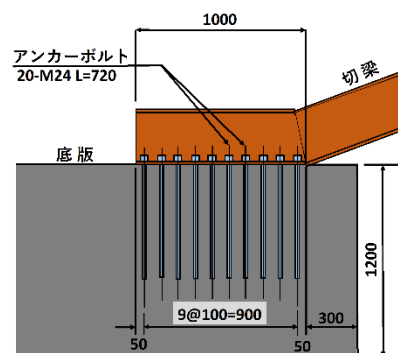


図-5 切梁の躯体固定部の詳細図

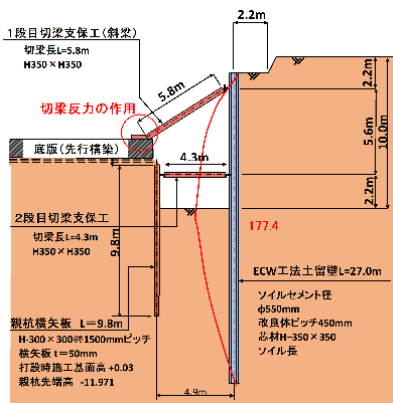


図-6 解析対象断面と仮設部材諸元

4.2 効率的な施工手順の検討

今回の施工では、3 池構成である配水池を構築するという特性を考慮し、左右の配水池を同時に構築した後に中央の底版を構築する効率的な施工ステップを採用した (STEP1～STEP3)。また、斜梁設置のために先行してアイランド底版全体を構築することから、底版上に仮栈橋を設置する方式を採用した (STEP4～STEP6)。

底版構築後は、壁・柱、頂版の順に躯体を構築した。(図-7)

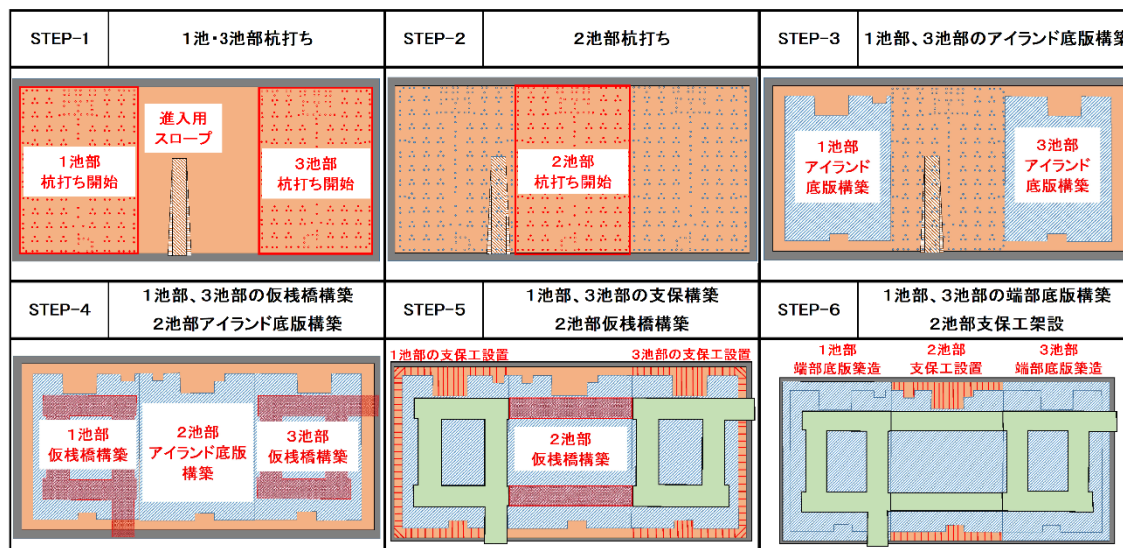


図- 7 底版構築までの施工ステップ (平面図)

5. アイランド工法を適用した場合の留意事項

アイランド工法を適用した場合の留意事項とその解決策を以下に示す。

① 底版上への仮栈橋の設置

構造物築造用の重機のアクセスを確保するため、仮栈橋の設置が必要である(写真-4)。仮栈橋の支柱は通常地盤に根入れする事が多いが、今回の計画ではアイランド底版を先行して構築することから、底版上に設置する計画とした。

② 長い斜梁への棚杭の設置

斜梁が長くなる場合、切梁の座屈を起こすため、斜梁の中間に棚杭を設けて座屈防止を図った(写真-5)。



写真- 4 底版上への仮栈橋の設置



写真- 5 長い斜梁への棚杭の設置

③ 外周底版コンクリート打設時の温度応力ひび割れの防止

アイランド工法で先行構築し、その後に施工する外周底版は、単独で後打ちコンクリートの打設を行うこととなるが、範囲が限定されており拘束度が高いことから温度応力ひび割れの発生が懸念された。この防止策として、3次元温度応力解析を行い、ひび割れ防止用の補強鉄筋の追加等を計画した(図-8)。

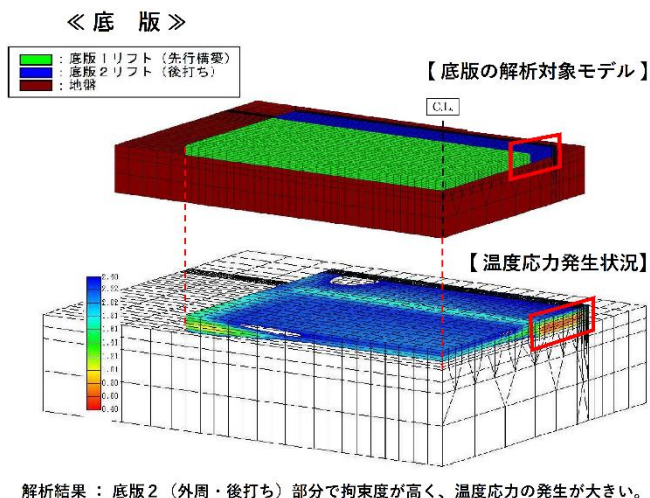


図- 8 3次元温度応力解析の模式図

6. おわりに

○アイランド工法のメリット

- ・切梁の干渉が少ないため、掘削や躯体構築時の作業効率が向上する。
- ・先行構築躯体の底版から斜梁を伸ばすので、切梁が短くなり変形を生じにくい。
- ・切梁が短くなり、土留資材が少なくなることから、一般的な切梁工法よりも支保工のコストが少なくできる。

○アイランド工法の留意点

- ・底版の施工が2段階になるため、硬化したコンクリートの後に新しいコンクリートを打設する「打ち継ぎ」が必要となり、水槽構造物では温度応力ひび割れ対策が必要である。
- ・斜梁及び仮栈橋の支柱を新設する底版躯体に固定するため、仮設材撤去後の復旧を慎重に行う必要がある。
- ・掘削範囲が狭く、深い根切りが必要な現場では先行躯体の範囲が狭く、アイランド工法のメリットが小さい。

○所感

『アイランド工法』は、掘削面積が広ければ広いほど利点が活かされ、大規模な掘削の現場に適した工法であり、経済性の向上、省人化・省力化の期待できる技術である。一方で大規模な土木施設においては採用事例も少ないことから、本論で示した留意事項に注意して採用することが望ましい。

参考文献

- 1) 日本道路協会 (1999) : 道路土工 仮設構造物工指針, pp. 94-109.
- 2) 日本建築学会 (2017) : 山留設計施工指針, pp. 26-29.
- 3) 日本水道協会 (2012) : 水道施設設計指針