

4. 地下ダムの建設

4-1. 地下ダム建設工法の種類

表 4.1 に、地下ダム建設工法を列挙する。

日本等では既にいくつかの地下ダムが建設されてきているが、多く用いられているのは「地中連続壁工法（例えば原位置混合攪拌工法）による止水壁工法」である。原理的に「地下ダム」は「止水壁」を地下水の貯留に利用したものであり、現地に適応した止水壁工法によって地下ダムを建設することができる。

表 4.1： 地下ダム建設工法の種類

大区分	建設工法の種類	工法・構造	特 徴
地中止水壁工法の転用	鋼矢板壁	鋼矢板の連続打設	軟弱地盤に適しているが、礫質層や基盤岩への打設は困難。
	鋼管矢板壁	鋼管矢板の連続打設	
	地下連続壁	場所打ちの鉄筋コンクリート壁	地盤条件に応じて多様な工法があるが、いずれも高度な施工機器を必要とする。
	柱列式 地下連続壁	場所打ちモルタル杭を連続させた壁	日本の宮古島の地下ダム建設で採用された工法。高度な施工機器を必要とする。
地盤改良工法の転用	グラウティング工法	断続的に掘削したボーリング孔から地盤中にモルタルを注入	宮古島の地下ダム建設でも併用された。中～小型機器を使え、適用性は広いが、遮水効果の確認がやや困難。
一般のダム建設工法の転用	コンクリートダム式工法	コンクリート製ダムを地下～半地下に構築する構造（掘削→堤体構築→埋め戻し）	堤体上部が地上に露出するような「砂防ダム式地下ダム」に適している（Kenya などに実例あり）。工事費は「アースダム式地下ダム」よりも高価となる。ただし、漏水対策が必要。また、深い掘削は工事費が過大になる。
	アースダム式工法	土製ダム（土堰堤）を地下に構築する構造	本事業で採用した工法。一般の土木工事用機器によって建設でき、施工管理も容易。ただし、漏水対策が必要。また、深い掘削は工事費が過大になる。

本事業によるナレ村での地下ダム建設は、以下の理由から、表 4.1 最下段の「アースダム式工法」を採用した。

- ① 「化石谷」の埋没深度が浅く（約 8 m）、乾季には地下水流がほとんどないことから、この工法の適用が可能と判断されたこと
- ② 高度な土木工事機器を必要とせず、ブルキナ・ファソで入手可能な機材によって建設できること
- ③ 施工機器の輸送料・使用料を含めた工事経費が最も安価であること

4-2. ナレ村に建設した地下ダムの諸元

以下、本モデル事業によってナレ村に建設した地下ダムの諸元を示す。

(1) 地下ダムの建設場所；

ブルキナ・ファソ国ナメンテンガ県ツグリ郡ナレ村クリカレ地区の「化石谷」内
 (Quartier de Kourkare, Village de Nare, Arrondissement de Tougouri,
 Province de Namentenga, Burkina Fao.)

(2) 地下ダム堤体の構造；

「アースダム式地下ダム」(図 4.1 参照)

- ・ 堤体構築深度： 深度 3.0 m～最深 11.4 m (最大堤高、8.4 m)
- ・ 堤体 (堤頂) の長さ： 216.3 m
- ・ 堤体の幅 (厚さ)： 堤体底部での幅 8.6 m、堤頂の幅 3.0 m
- ・ 堤体の体積： 7,144 m³
- ・ 堤体材料： 粘土質シルト (基盤岩強風化層)
- ・ 堤体の透水係数： 10⁻⁷～10⁻⁸ cm/sec (ごく一部で 10⁻⁶ cm/sec)。

堤体底部の上流側には、堤体底部を保護するために、幅約 3～4 m、深さ約 1.5 m の「キー」(基盤岩中に食込ませる突起状の盛土)を設けた。また、堤体頂部の直上の水準線には、透水性を良くするために、粒径がほぼ同じ大きさの礫を約 1 m の厚さで敷いた。

(3) 地下ダムの水源；

ニジェール河水系グアヤ川 (Gouaya) 支流のコロンゴ川 (Kolongo) 流域に埋没する「化石谷」内の浅層地下水

(4) 貯水規模；

- ・ 最大貯水領域： 長さ約 13.4 km、平均幅約 150 m (最小推定値)、面積約 2 km²
- ・ 貯水層の容積： 約 9,000,000 m³ (推定値)
- ・ 最大貯水量： 約 1,800,000 m³ (推定値)

(5) 工事量；

- ・ 掘削量： 土砂掘削 51,213 m³、岩盤掘削 4,377 m³、計 55,590 m³
- ・ 高密度盛土 (ダム堤体)： 7,144 m³
- ・ 中密度盛土 (堤体の前後の埋戻し)： 26,662 m³
- ・ 低密度盛土 (堤体上方の埋戻し)： 21,814 m³

(6) 使用機器；

- ・ ブルドーザー： 2～3 台
- ・ バックホー： 1～2 台 (パワーシャベル)
- ・ トラック： 2～3 台 (ダンプカー)
- ・ 転圧機： 1～2 台 (コマツ JV100)

(7) 施工期間；

1997 年 11 月 15 日～1998 年 6 月末

ただし、上記の施工期間中に他の実証試験施設も建設しており、地下ダム建設自体に要した期間は約 4.5 ヶ月であった。

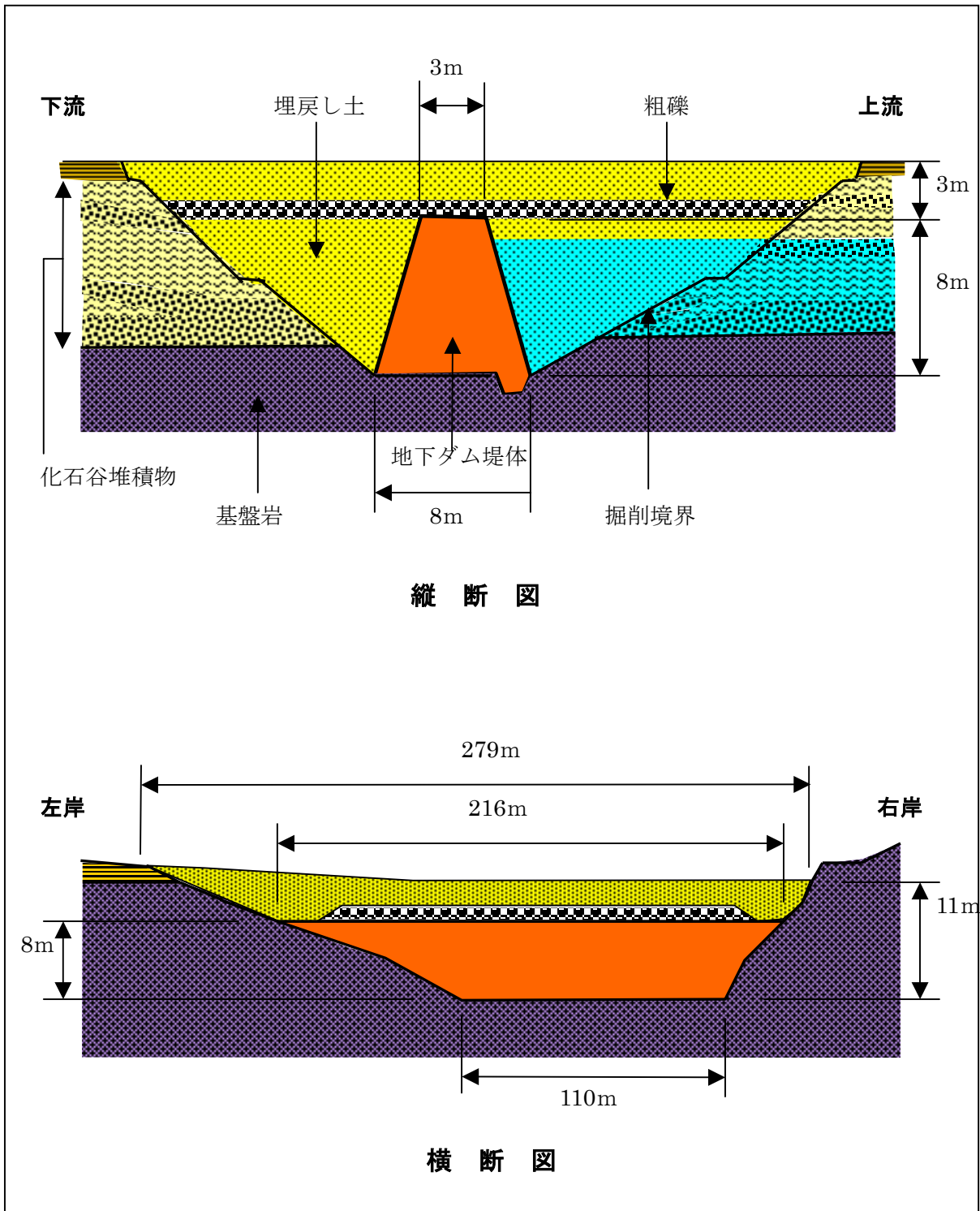


図 4.1 : 地下ダムの構造概略図

4-3 地下ダム建設工事の概要

(1) 掘削工事；

地下ダム堤体の規模（長さ、幅、深度）よりも大幅に領域を拡げて掘削する必要がある。また、工食用道路のための掘削も必要である。

ナレ村の地下ダムの場合、次の掘削規模になった。

- ・ 掘削領域の長さ： 307.1 m（工食用道路のための掘削部分を含む）
- ・ 掘削領域の幅： 最大 50 m
- ・ 掘削深度： 最大 12.9 m
- ・ 掘削総量： 55,590 m³

掘削総量は、地下ダム堤体の体積の 7.8 倍であった。

この掘削工事においては、次のような問題に対処しなければならなかった。

- ① 掘削工事は「化石谷」内の地下水が減少する乾季に行ったが、「化石谷堆積物」の中位の砂質層や基盤岩との境界部から湧水が生じ、対処に苦慮した。地下ダム建設は浅層地下水の流路に建設されるため、工事中にこのような湧水が生じる可能性は高く、施工時期、施工方法に十分配慮する必要がある。
- ② 「化石谷」の埋没構造は、掘削工事の結果、右岸側は事前調査の推定どおりであったが、左岸側は事前調査で推定していた位置よりも外側まで「化石谷」が広がっていることが明らかとなった。一般に、必ずしも事前調査は完全とは限らないため、施工管理に経験豊富な地質技術者が加わることが重要である。

(2) 堤体の構築；

地下ダムの堤体材料には、建設位置から約 300 m 離れた箇所の基盤岩風化層（粘土質シルト）を使用した。

堤体構築工事に先立ち、堤体材料を用いて盛土・転圧方法の試験を行い、以下の盛土の品質管理基準を作成した。

- ・ 1 回の盛土巻き出し厚： 30 cm
- ・ 1 回の盛土仕上がり厚： 25 cm
- ・ 盛土転圧回数： コマツ JV100 転圧機を使用して 6 往復
- ・ 盛土前含水比： 最適含水比 ±1%
- ・ 施工後の盛土の乾燥密度： 最大乾燥密度の 90%以上
- ・ 盛土後の盛土の透水係数： 10⁻⁵ cm/sec 以下

「化石谷」の基盤岩まで掘削した後、上記の品質管理基準に基づいて堤体の盛土工事を行った。この盛土工事の過程で以下の品質試験を実施した。

- ・ 盛土材料の含水比試験： 52 層、計 130 点
- ・ 盛土の乾燥密度試験： 52 層、計 130 点
- ・ 盛土の透水係数測定： 12 層、計 38 点

盛土の品質試験結果は良好であり、全て管理基準に合格した。盛土の透水係数は、基準値を十分に満足する 10⁻⁷~10⁻⁸ cm/sec（38 試験中 2 点のみ 10⁻⁶ cm/sec）のオーダーとなった。

なお、漏水を防ぐため、地下ダムの堤体の裾や底部は、「化石谷」の基盤岩に食込ませて構築する必要がある。

ところで、上述のように、堤体材料には地下ダム建設位置から約 300 m 離れた場所の基盤岩風化層（粘土質シルト）を用いた。しかし、建設位置の掘削土（化石谷堆積物）も、堤体材料として使用できた可能性がある。地下ダム建設位置の掘削土を堤体材料として使用すれば、地下ダム建設によって「荒らされる土地」を減らすことができる。今後の「アースダム式地下ダム」の建設に際しては、このような観点からも、地下ダム建設位置の地盤性状を詳

細に調査することが望ましい。

(3) 掘削土の埋戻し；

地下ダム堤体の構築と並行して、堤体の前後へ掘削土の埋戻しを行なった。埋戻し部分もコマツ JV100 転圧機で転圧を行なったが、転圧回数は 3 往復とした。

堤体頂部の水準まで埋戻した後、透水性を良くするため、粒径がほぼ同じ大きさの礫を約 1 m の厚さで敷いた。その後、再び掘削土の埋戻しを行った（転圧回数は 3 往復）。

堤体材料を他の場所から採取したため、埋戻し後、堤体の体積にほぼ等しい掘削土が残ったが、この残土は堤体材料採取場所の埋戻しに使用した。

(4) 施工後の処理；

埋戻し工事の完了後、工事跡の地形はほぼ工事前の状態に復旧されたが、自然植生の復旧が遅く、工事後約 2 年間は裸地状態となっていた。家畜による食害の可能性があったため、2001 年（平成 13 年度）、工事跡地に金網フェンスを設置し、この中にアカシア・セネガルを植樹した。活着率は約 60%であったが（2002 年 1 月時点）、自然植生も多数生育し、工事跡地は低木林の状況を呈している。

写真 4.1 : 地下ダム建設工事 (1)



写真 4.2 : 地下ダム建設工事 (2)



写真 4.3 : 地下ダム建設工事 (3)



写真 4.4 : 地下ダム建設工事 (4)

