

第 5 章

洪水対策施設の計画と設計はどのように行うのか？

洪水対策施設の計画と設計はどのように行うのでしょうか？

本章では、灌漑施設を構成する2つの大きな柱である水利施設と洪水対策施設のうち、洪水対策施設の計画と設計の方法を取り扱います。PMS方式灌漑事業における洪水対策施設の目的は、灌漑施設を洪水から守ることであり、河川の治水事業を実施するわけではありません。PMS方式灌漑事業では、堤防と石出し水制を組み合わせ、以下のような条件を満足するように計画し設計します。

- ・ 堤防は、農地や住宅地および河川沿いの用水路等を、計画以下の洪水から守ることができるよう計画します。
- ・ 計画以上の洪水による越水・破堤を想定し、堤防の設置区間は最小限とし、原則として、左右岸の両方に堤防を設置することはせず、洪水流には必ず逃げ道を用意して過度に洪水位が上昇しないように計画します。
- ・ 堤防の背後地（堤内地）で過去に洪水が流れたことのある区域は、計画以上の洪水で浸水することを前提とした土地利用を行い、けっして居住地としないようにします。
- ・ 石出し水制は、堤防や河岸の洗掘を防止すると共に、河道の滯筋固定の役割を果たすように計画します。
- ・ 石出し水制の形式は、河岸浸食防止効果と、水制自身の水流に対する耐性確保の面から、半越流型の不透水制を採用します。
- ・ 石出し水制は、その損壊や周辺の浸食を継続的にモニタリングする必要がある、蛇籠や巨礫の補給等の維持管理がしやすいように計画します。
- ・ 堤防設置に伴う用地取得や水制設置に伴う流れの変化による対岸等への影響など、社会環境に十分配慮した計画とします。

洪水対策施設は、地元住民が維持管理し易く、現地調達が可能な巨礫、玉石、土、植生、蛇籠用の番線等を活用した構造とし、以下のように設計します。

- ・ 堤防は、堤内地の既存施設をできるだけ避け、滯筋に沿うようにスムーズな線形で配置します。
- ・ 堤防天端の縦断は、計画洪水位の流量に応じた余裕高を加味して設定します。
- ・ 堤防の標準断面は、堤体の安定に必要な法面勾配・形状とします。
- ・ 堤防の護岸は、河川の流水に流されず浸食されない巨礫径を計算して設計します。
- ・ 堤防の附帯施設として、植生工や排水工等についても検討します。
- ・ 石出し水制の形状（幅、高さ、勾配）は、河川幅や河道の形状、計画洪水位等の条件を基にして設計します。
- ・ 石出し水制の基礎および本体は、堤防護岸と同様、河川の流水に流されず浸食されない巨礫径を計算して設計します。
- ・ 堤防や石出し水制の設計にあたっては、河川の水の流れを妨げないよう川幅を狭めないように設計します。

次ページ以降では、これらのことを解説して行きます。

5.1 洪水対策施設の配置計画と設計フロー

5.1.1 洪水対策施設の配置計画

地元住民等と共同で策定した基本構想、河川状況および水利施設の配置計画・設計を踏まえて、PMS方式灌漑事業の洪水対策施設、すなわち、堤防および石出し水制は、以下に留意して配置計画を行う。

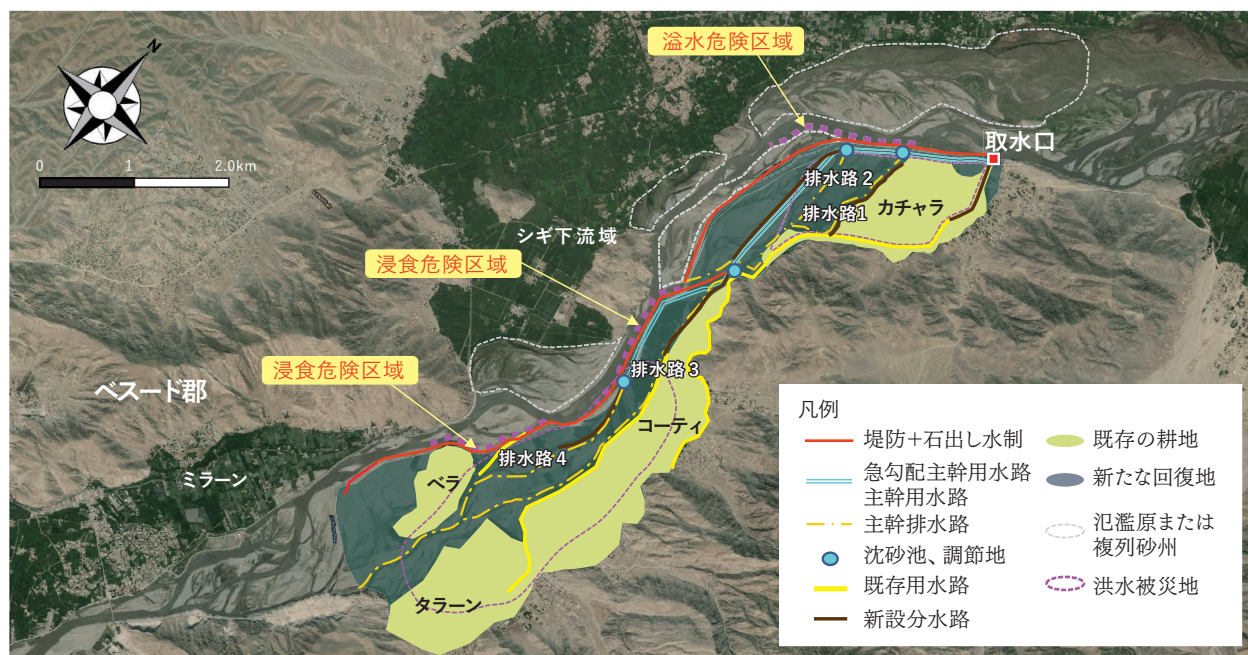


図5.1 水利施設、堤防および石出し水制の配置例²⁾

(1) 堤防の配置計画

洪水から守るべき農地や家屋、道路や水路等の既設構造物について、衛星画像や土地利用図等から把握すると共に現地調査を行い、これら堤内地資産を守るように堤防を配置する。その際、堤内地の地盤高と計画洪水位の関係を河川横断測量結果から把握する。堤内地盤高が計画洪水位よりも低い区間に堤防を配置する。河川の両岸に堤防を配置して洪水流を閉じ込めるような堤防計画は厳として避ける。片岸に堤防を計画する場合でも、その反対岸には必ず遊水地域があることを確認する。やむを得ず両岸に堤防を配置する場合は、連続堤防とはせず、霞堤などを配置して、洪水流の逃げ場所としての遊水地を確保する。

(2) 石出し水制の配置計画

河道湾曲部の外側には高速流が発生し、水衝部が洗われて浸食が生じやすく、堤防の決壊の危険性が高くなる。このような区間に石出し水制を配置する。また、洪水の流れの方向を制御して滞筋や砂州を固定する目的にも、石出し水制を配置する。河川幅に対して過度に水制長が長い場合は、必要以上に河岸から滞筋を遠ざけることとなり、対岸洗掘を招く可能性があるため、石出し水制の設置範囲や長さに配慮して配置計画を行う。

5.1.2 | 洪水対策施設の設計フロー

PMS方式灌漑事業の洪水対策施設、すなわち、堤防および石出し水制は、図5.2に示す設計フローに従って設計する。洪水対策施設の設計方法は、5.2節と5.3節に詳述する。

堤防と石出し水制の平面設計、諸元設計および縦横断設計においては、守るべき農地や住宅地および河川沿いの用水路等の位置、さらに、河川内の水利施設の洪水に対する安全性など考慮して、用地取得の制約や施工性、経済性、維持管理性に配慮した設計を行う。用地取得の可否や住民等からの要望に応じて、関係者と協議の上、必要であれば、堤防や石出し水制の配置計画等を柔軟に見直していく。

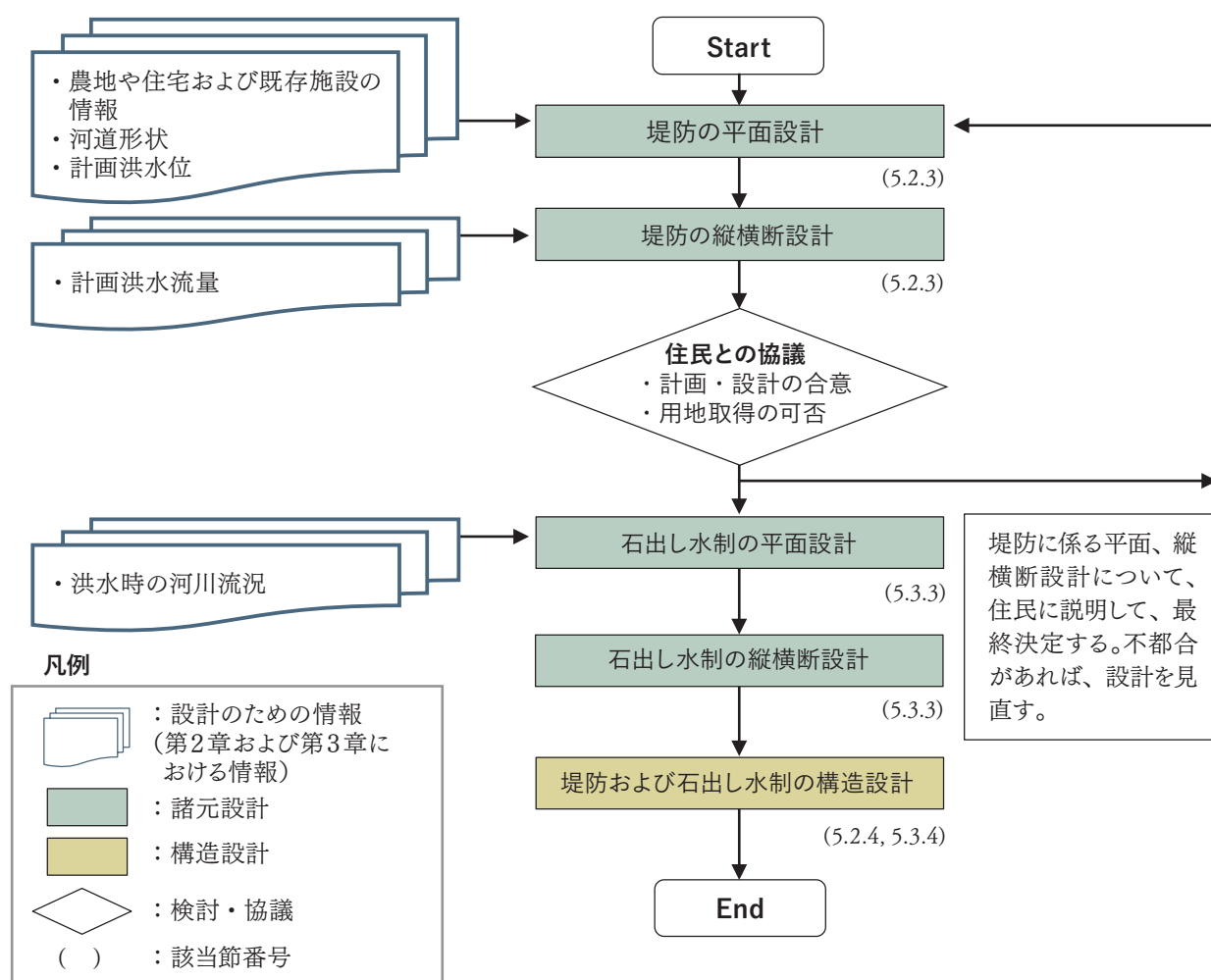


図5.2 洪水対策施設の設計手順²⁾

5.2 堤防の設計

5.2.1 | 堤防の設計基本方針

堤防は、堤内地を洪水から守るために現地発生土等で構築される盛土である。堤防の設計において、必ず守るべき重要な留意事項は、以下の通りである。また、堤防の設計手順は図5.3の設計フローに示す通りである。

- 堤防法線は、堤防の浸食などが生じる水衝部とならないように、滞筋の形状に沿ってスムーズな曲率半径を持つ線形とする。
- 堤防には、法尻洗堀による破堤を防止するために十分な根入れを確保した護岸工や根固め工を設置する。ただし、河道湾曲部のような浸食の著しい区間には石出し水制を設置する。

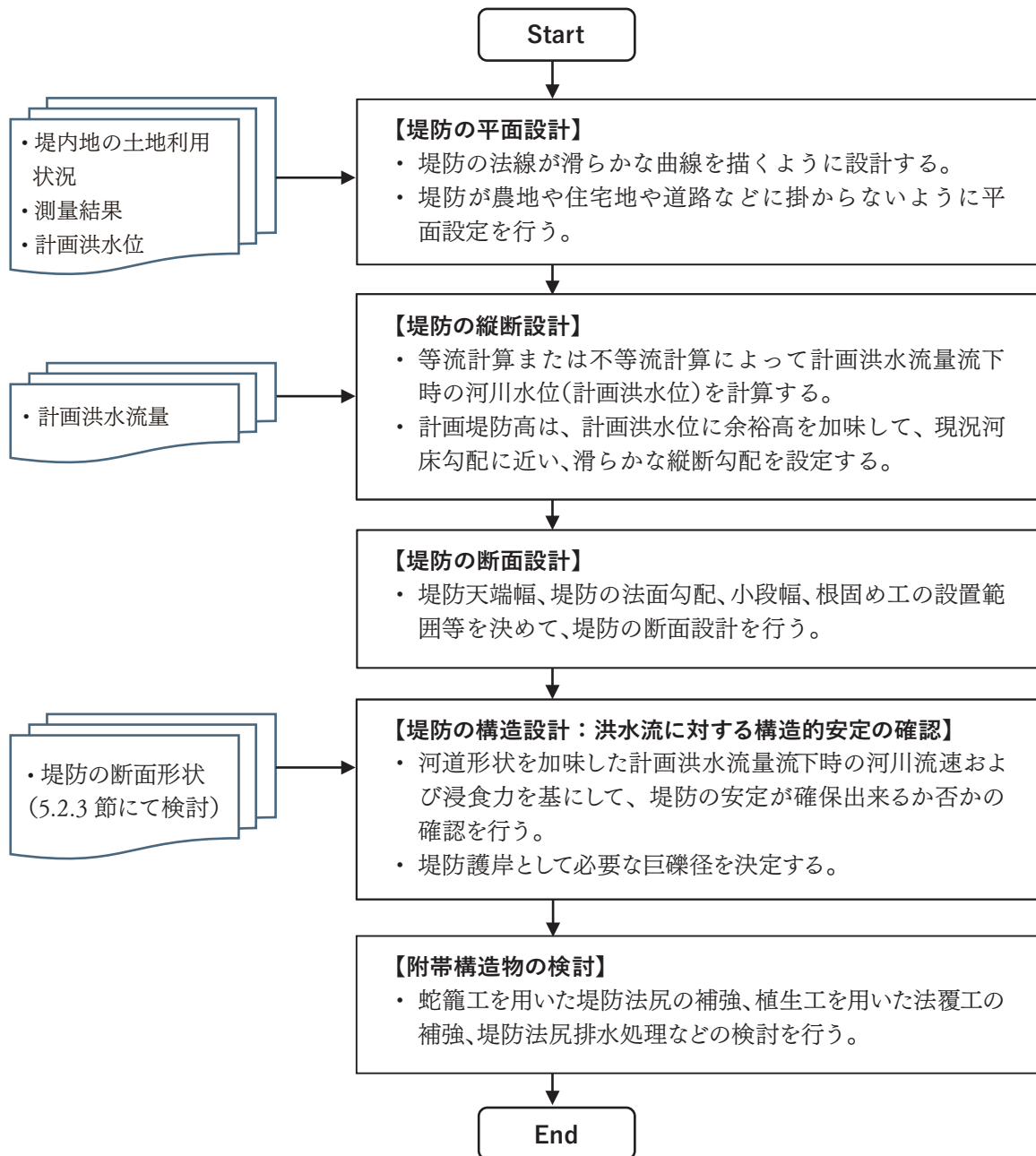


図5.3 堤防の設計手順²⁾

5.2.2 | 堤防護岸の形式と設計方針



(1) 堤防護岸の形式

堤防は、現地発生土を基本としつつ砂質土を盛り立てて載荷圧密を施しながら形成し、護岸（法覆工、根固め工等）等により浸食防止対策を行う。堤防護岸としては、コンクリート（ブロック）張り

形式が見栄え良く好まれるが、PMSの灌漑施設では、巨礫積みと蛇籠工と植生工によって護岸をし、巨礫積み根固め工による基礎を併用した形式を採用する。

両者の堤防護岸形式の特徴およびアフガニスタンでの適用性等について表5.1に比較している。巨礫積み・蛇籠工形式の護岸は、コンクリート（ブロック）張り形式と比べて費用が安価であり、アフガニスタン国内で調達可能な資材（巨礫、蛇籠用の番線）で構築可能であるため、地元住民による維持管理がし易いという特徴を持つ。

表 5.1 堤防護岸の形式比較²⁾

項 目	巨礫積み・蛇籠工形式 (PMS 灌漑施設として採用)	コンクリート張り形式 (多くの国で採用)
概要図	 写真出典1)	 写真出典：JICA
形式	<ul style="list-style-type: none"> 主に巨礫を用いた空石積みにより構築する。 	<ul style="list-style-type: none"> 現場打ちコンクリートまたはプレキャスト・コンクリートで構築する。
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 現地調達可能な資材で維持管理が可能である。 建設コストが比較的安価である。 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート構造物のため、耐久性は高い。 堤防基礎と堤体が確実に締固めされていれば維持管理の頻度は比較的少ない。
配慮を要する点	<ul style="list-style-type: none"> 石材の追加投入等の定期的な維持管理が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 破損した場合の修繕に手間を要し、住民単独ではほぼ不可能である。 建設コストが高い。
アフガニスタンでの適用性	<ul style="list-style-type: none"> 地元住民による維持管理が容易である。 多くの地域で豊富に存在する石材を使った構造物である。 既存の PMS 灌漑事業で多くの実績がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 地元住民による維持管理が困難である。 政府・ドナーによる実績がある。

(2) 堤防の設計方針

既存の PMS 灌漑事業における堤防の設計諸元は以下に示す通りである。堤防の構成材料および堤防の附帯施設については、以下を PMS 方式灌漑事業の標準設計とする。一方、堤防高、堤防法面勾配、堤防天端幅、堤体幅については、以下の実績諸元を参考としつつ、対象地域における計画洪水流量や計画洪水水位など、それぞれの地域の条件に応じて設計する。図5.4に堤防の標準断面図の例を示す。

- 堤防の構成材料
 - ：堤体は現地発生土の適用を基本とした砂質土を用いる。
 - ：護岸および根固め工は礫径0.5～1.5mの巨礫による空石積みまたは石

出し水制とする。

- 堤防の附帯施設 : 堤防の表法面は柳枝工・シーシャム、裏法面はシーシャムまたはユーカリを植えて樹林帯を形成して堤防を強化。
堤防の川裏法尻にはドレーン溝を設置。
- 堤防高 : 計画洪水位 + 0.5m ~ 2.5m (計画洪水流量による)
- 堤防法面勾配 : 空石積み法面の場合は、1 : 1 ~ 1 : 1.5
現地発生土を基本とした盛土法面の場合は、1 : 2.0
- 堤防天端幅、堤体幅 : 天端幅 8.0m 以上
堤体幅 12.0m ~ 15.0m

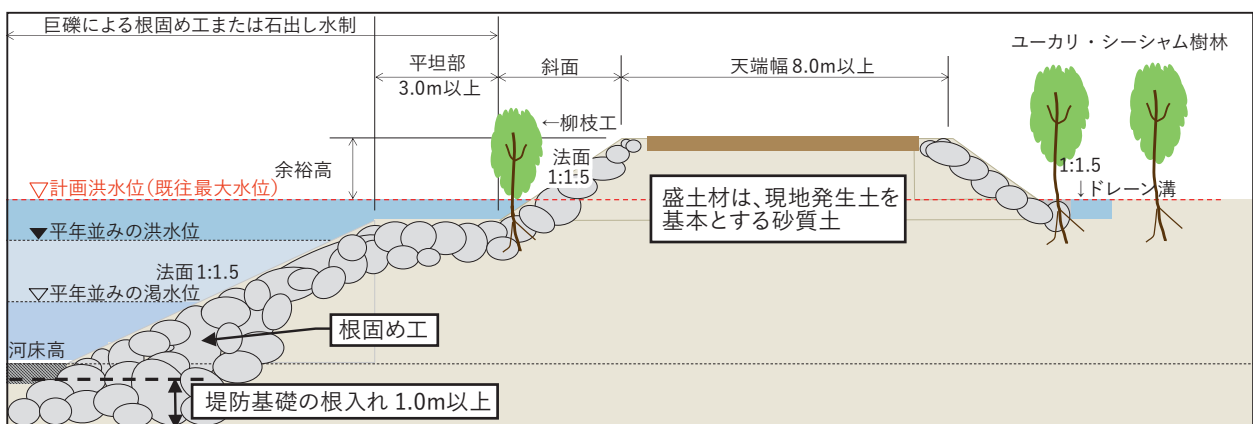


図5.4 既存のPMS灌漑事業におけるクナール川の堤防・護岸標準断面 (ベスード地区堤防の例) 2), [3]を参照]

5.2.3 | 堤防の諸元設計

(1) 堤防の平面設計

堤防平面の設計手順は次の通りである。堤防の平面線形設計のイメージを図5.5に示す。

- 1) 河川横断図に、5.2.3(3) 節で検討する堤防の標準断面を書き込み、堤防横断図(仮)を作成する。
- 2) 各堤防横断図(仮)に書き込まれた堤防天端の中心、堤防法肩および堤防法尻のそれぞれの位置を平面図にプロットする。
- 3) 平面図の各横断線上にプロットした各点を結んだ凹凸のある線を、曲率半径を持つなめらかな曲線となるように堤防の平面線形を決定する。その際、裏法尻を結んだ線が、できるだけ農地や民家や道路などと重ならないようにする。
- 4) このようにして決めた堤防法線を河川横断図に再度書き込み、堤防の横断形状および平面線形を確定する。

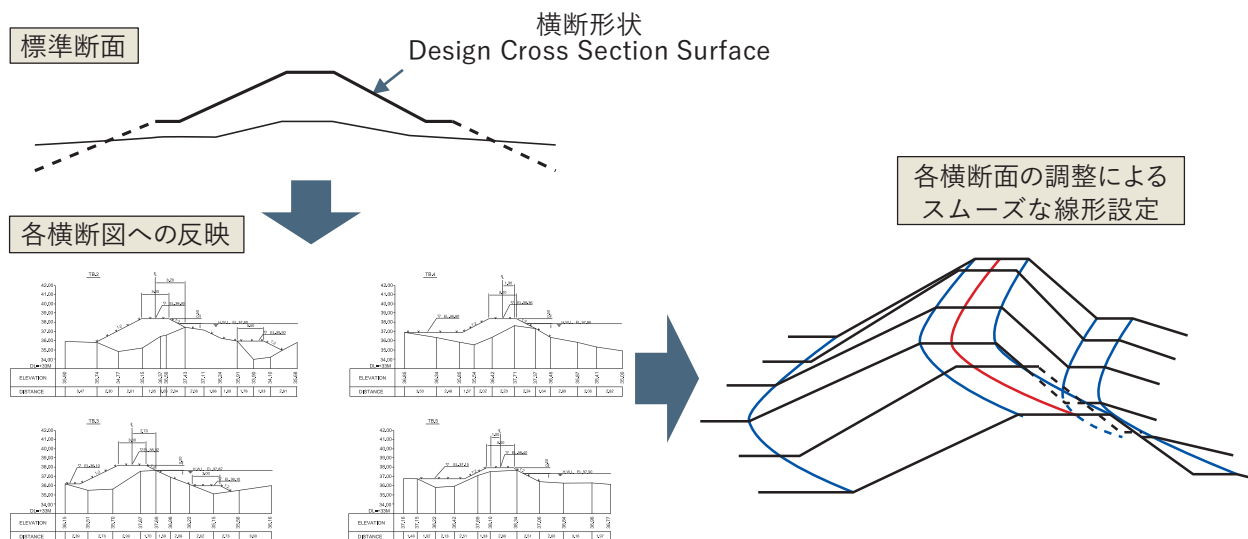


図5.5 堤防の平面線形設計²⁾

堤防の平面設計にあたっては以下の点に留意すること。

- 川幅が広く蛇行している河道区間では、**安易に川幅を狭くすることはせず**、既存の河道幅以上の幅を確保して堤防線形を設定し、河道の洪水調節効果を維持・促進する。
- 川幅が狭い場合や、洪水時にある程度の氾濫が避けられないと判断した場合は、連続堤防の一部を不連続とする霞堤を設置する。霞堤は、河道内の洪水が堤防の不連続断面から堤内地の上流側に向かってゆるやかに逆流するように設置する。
- 霞堤を計画する際の遊水エリアにおいては、遊水エリアの境界に蛇籠を積んでおく等の目印により、人を住まわせないようにする。また、遊水エリア内の耕作は許容するが、洪水が来る可能性があるという自然条件について周知しておくことが必要である。

霞堤は、下図に示すように、以下の働きを持つ。

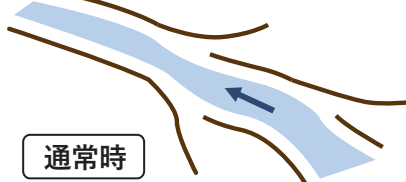
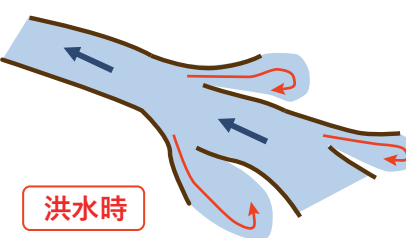
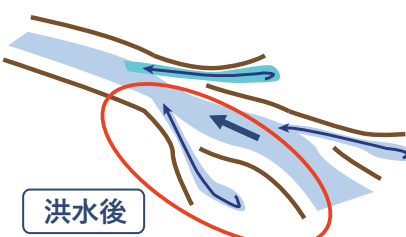
①  通常時	通常時は、低水路に河川の水が流下する。
②  洪水時	洪水調節（遊水効果）：洪水時において、開口部から一時的に洪水を堤内地側に遊水させ洪水調節効果を発揮する。
③  洪水後	氾濫水を河道に戻す：洪水時に遊水させた水や上流で破堤が発生した場合の氾濫水を河道に戻す効果を発揮する。 内水および支川排水：開口部に入る支川の排水や内水排除を行う。

図5.6 霞堤の働き²⁾

(2) 堤防の縦断設計

堤防の縦断設計は、以下の手順で行う。図5.7および図5.8参照。

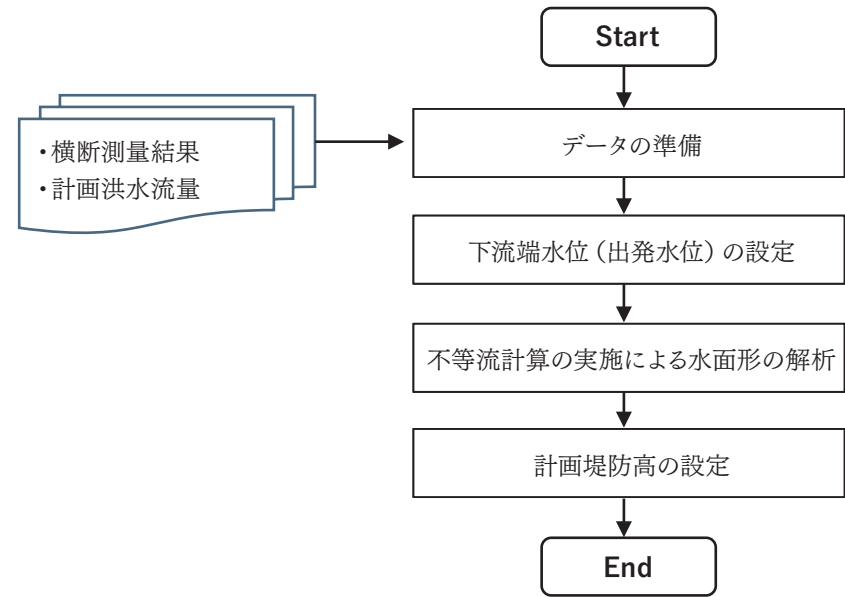


図5.7 堤防縦断の設計フロー²⁾

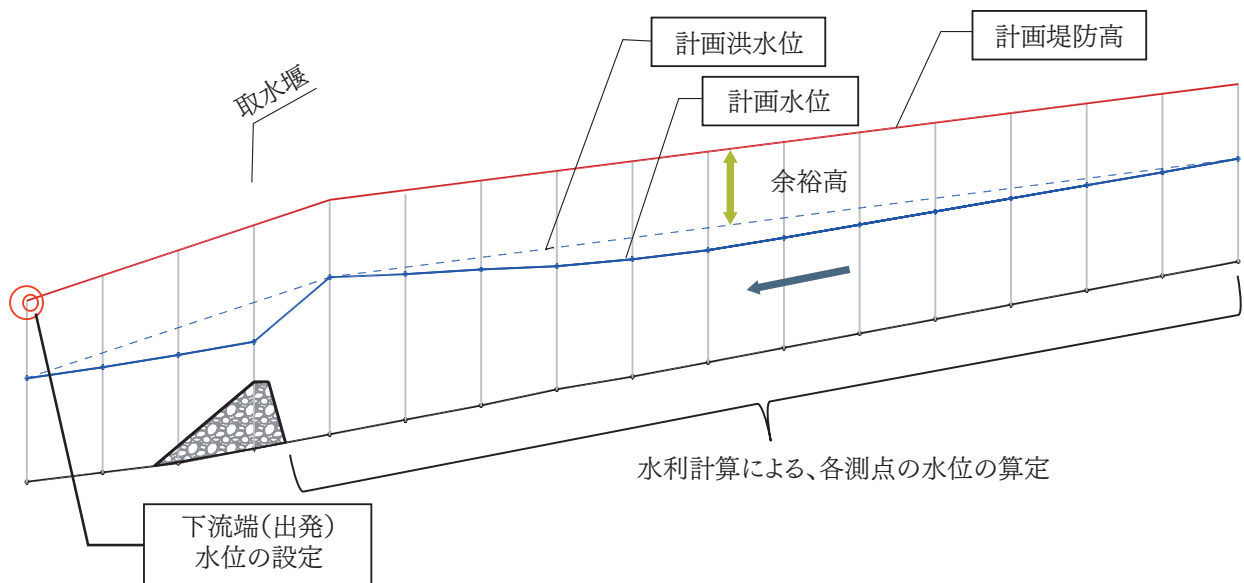


図5.8 水利計算による堤防高決定のイメージ²⁾

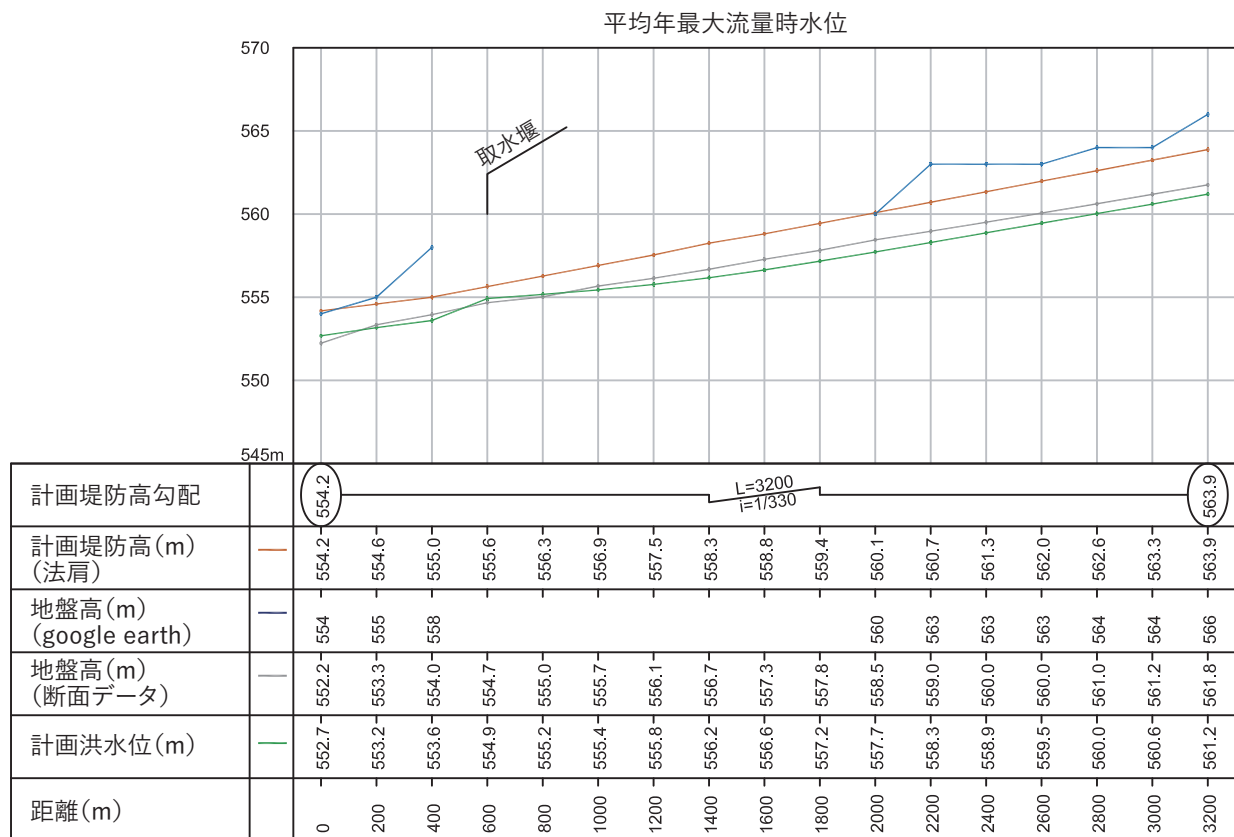
- 1) 水利計算の範囲は、取水堰地点の数百 m 下流から堰上流で洪水対策施設の設置を予定する区間までである。水利計算のために必要なデータとして、第3章により得られる河川の横断測量データ、計画洪水流量のデータを準備する。
- 2) 次に、水利計算の条件となる下流端水位を設定する。下流端水位は、取水堰地点の数百 m 下流の水位の安定している地点に設定する。これを出発地点とし、河床勾配等の情報を基に、マニング式を用いて出発水位を算定する。なお、計画洪水流量が取水堰を越流する場合において、第4章「4.2.5(4) c) 堰の水叩き直下流部における流速の計算方法」に示す完全越流となる条件に合致する場合は、第4章「4.2.4 取水堰および取水門の基本諸元の設計」に示す越流公式にて取水堰天端部での越流水位を求め、その水位を堰地点における出発水位として水利計算を行うことも可能である。
- 3) 上記の出発水位の条件で水利計算を行い、水面形の解析を行って一定間隔の測点 (Sta. No) 毎に計画洪水水位を設定する。なお、水利計算は一般的には不等流計算を用いるが、河川断面が概ね一定で河川の断面変化が少ない場合は、等流計算に拠ることもできる。また、洪水時における河道貯留効果（洪水調節効果）を見込む必要がある場合は、不定流計算を実施する。
- 4) 3) の水面形に余裕高を加味して計画堤防高を決定する。余裕高は、計画洪水流量に応じて表5.2に示す値を参考とする。

表5.2 計画洪水流量と余裕高および堤防天端幅⁴⁾

計画洪水流量 (m ³ /s)	余裕高 (m)	天端幅 (cm)
200未満	0.6	3
200以上 500未満	0.8	3
500以上 2,000未満	1.0	4
2,000以上 5,000未満	1.2	5
5,000以上 10,000未満	1.5	6
10,000以上	2.0	7

堤内地盤高が計画洪水位よりも高い場合においては、余裕高を0.6mまで減ずることができる。

- 5) 以上の情報を基に縦断図の作成を行う。堤防縦断図には、原則として、a) 計画堤防高勾配、b) 計画堤防高、c) 地盤高、d) 計画洪水位、e) 距離等を表示する。また、取水堰や取水門および支川の合流など、河川縦断方向の主要な構造物等の位置を明示する。図5.9参照。

図5.9 堤防縦断図の例²⁾

(3) 堤防の断面設計

堤防断面の設計手順は次の通りである。

- 1) 堤防の天端幅は、工事用(維持管理用)道路としての利用を前提とすることから、片側通行で4 m 程度以上、両側通行では8 m 程度以上を確保する。

- 2) 堤防の法面勾配は、法面の安定が確保出来る勾配とする。空石積み法面では1:1.5を標準とし、盛土法面では1:2.0を標準とする。
- 3) 堤防高が高くなる場合は、法面に幅3 m以上の小段を設ける。小段の設置基準は以下を標準とする。小段を設置する目的は、上部盛土の荷重が下段の盛土に掛からないようにし、上部盛土の荷重をセットバックして法面の安定を確保することである。なお、既存のPMS灌漑事業では、平年洪水位の少し上に小段を設定している。
川表（堤外地側）：堤防高さ6 m以上の場合に天端から3～5 m降りる毎に設置
川裏（堤内地側）：堤防高さ4 m以上の場合に2～3 m降りる毎に設置
- 4) 堤体は根固め工設置部の最深河床高から最低1 mの根入れ深さを確保する。
- 5) 堤防横断図には、堤防の外形寸法、適用材料（砂質土、巨礫、植生、蛇籠工）等の基本仕様を明示する。図5.4参照。

5.2.4 | 堤防の構造設計

(1) PMS方式灌漑事業の堤防の構造的特徴

PMS方式灌漑事業の堤防の構造的特徴は次の通りである。

- 堤防本体は、現地調達可能な材料で構築し、川側に直径1 m以上の巨礫の空石積みによる捨石工を設置して根固め工とする。小段および小段上部法面は、石張りを施して堤防を補強する。写真5.1および図5.4参照。



写真5.1 連続堤防、小段および小段上部法面の空石張り工¹⁾

- 堤防の表法先部では、巨礫のみならず、写真5.2のように巨礫と蛇籠工を併用して根固め工を構築する。蛇籠工は、幅1 m×長さ2 m×厚さ1 mまたは0.6mの2種類あり、複数個連結して設置する。



写真5.2 蛇籠の併用による根固め工³⁾

- 川表側においては、堤防法面の礫石間にヤナギ等を4～5本/㎡程度の密度で密植し（植生工）、洪水時の流速を和らげるとともに護岸を補強して堤防崩壊を防ぐ。ただし、川表側の植樹においては、太く、長く根を張る植物の適用は堤体内の水みち形成の原因となるため避ける。
- 川裏側においては、ユーカリ・シーシャムを1本/㎡程度の密度で植樹して越水した水の緩流化を図る（樹林帯堤防）。ただし、築堤内部へ樹木の根が伸びると堤防の脆弱化に繋がることから、堤内地盤高よりも高い盛土部分への植樹は避ける。植樹による堤防の強化例を図5.10に示す。

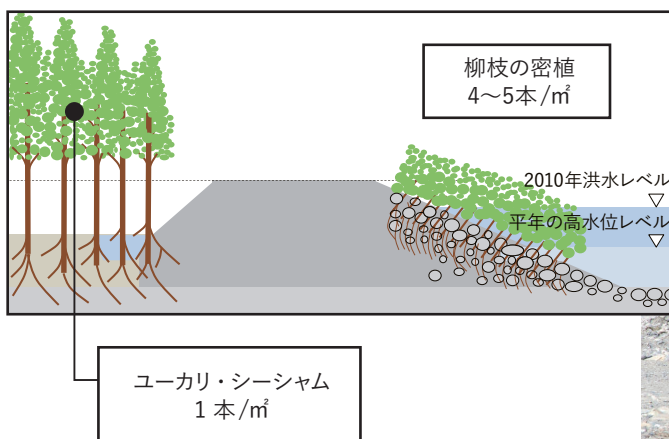


図 5.10 植樹による堤防の強化¹⁾

- 堤防天端は、工事用道路および維持管理用道路として活用する。堤防天端は、写真5.3のように工事用車両が双方向で通行できる様、2車線分の幅（約8m以上）を確保する。



写真5.3 工事用道路として堤防天端の利用¹⁾

これまでの検討で堤防形状を決定後、具体的な堤防の構造検討を行う。また堤内の水は堤防の脆弱化に繋がるため、水を速やかに排出するための堤防法尻の排水処理や、水門と堤防の取り付け構造等、別途構造検討および図面の作成を行う。

(2) 堤防における巨礫護岸の安定性検討

PMS方式灌漑事業の堤防は、巨礫空石積みの護岸工によって補強するため、河川流に対する堤防護岸の巨礫の安定性を確認して巨礫径を設計する。

堤防護岸の巨礫の安定性は、ある設計流速に対する巨礫の移動限界粒径を知ることによって検討できる。次式は、アメリカ工兵隊における捨石径の算定基準であり、部材（自然石）に作用する掃流力と部材（自然石）移動限界との釣り合いから求められた式である。堤防護岸の安定な巨礫（玉石）の径は、以下の式から求められる平均粒径以上の粒径として求められる。

$$D_m = \frac{1}{E_1 \cdot 2_g \left[\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right]} V_0^2 \dots\dots\dots (5.1) \quad 2), [5], [6] \text{を参照}$$

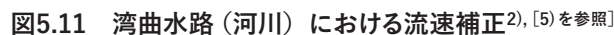
ここに、 D_m ：巨礫（玉石）平均粒径 (m)、 V_0 ：代表流速 (m/s)、 ρ_s ：石の密度 ($\text{kgf} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4$)、 g ：重力加速度 (m/s^2)、 ρ_w ：水の密度 ($\text{kgf} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4$)、 ρ_s / ρ_w ：通常2.65程度、 E_1 ：乱れの強さを表す実験係数（通常1.2）

上式は、水平面上の捨石に対して得られた式であり、斜面角度 θ の法面に捨石を設置する場合は、粒径 D_m に対して、次式より求められる斜面の補正係数 K を乗じた値 $K \cdot D_m$ を巨礫（玉石）の径とする。

$$K = \frac{1}{\cos \theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \Phi}}} \dots\dots\dots (5.2) \quad 2), [5], [6] \text{を参照}$$

ここに、 Φ ：石材料の水中安息角（自然石では 38° 程度、碎石では 41° 程度）、 θ ：斜面角度

$V_0 = \alpha \cdot V_m$ (5.3) ^{2), [5]を参照}
 湾曲河道の内側： $\alpha = 1 + B / (2 \cdot r)$ (湾曲補正のみを考慮) (5.4) ^{2), [5]を参照}
 湾曲河道の外側および湾曲下流端から川幅の2倍までの区間：
 $\alpha = 1 + \Delta Z / (2 \cdot H_d) + B / (2 \cdot r)$ (横断面補正と湾曲補正の両方を考慮) (5.5) ^{2), [5]を参照}
 ここに、 V_0 ：護岸の設計流速 (m/s)、 V_m ：河道の平均流速 (m/s)、 α ：河道の平面的な湾曲度や横断的な形状による補正係数、 B ：河道幅 (m)、 r ：曲率半径 (m)、 H_d ：設計水深 (m)、 ΔZ ：湾曲部外岸での最大洗掘深 (m) (平均河床高と最深河床高の差として求める。図5.12参照。)



石出し水制は、河岸を洗う流れを河道の中心へ変える機能を持ち、堤防護岸および滞筋や砂州の

固定を目的とする。石出し水制の設計において、必ず守るべき重要な留意事項は、以下の通りである。また、石出し水制の設計手順は図5.13に示す設計フローに示す通りである。

- 石出し水制は、上向き水制を原則とし、河岸寄りに洗掘を生じる下向き水制の適用は避ける。
- 石出し水制の長さは、河道幅に応じて適切に設定し、対岸洗掘等の影響が生じないように配慮する。

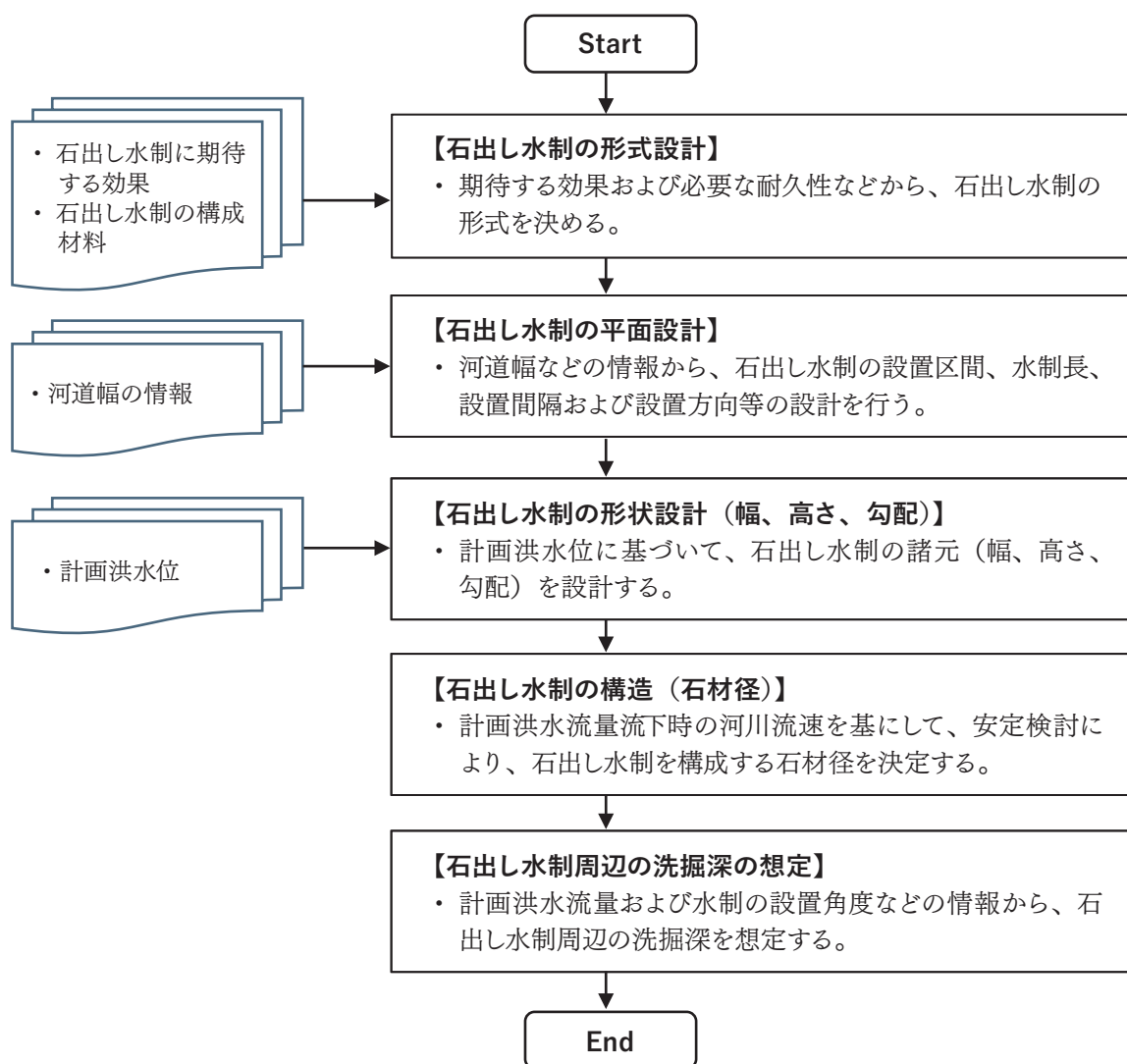


図5.13 石出し水制の設計フロー²⁾

5.3.2 | 石出し水制の形式

(1) 水制の構成材料形式

石出し水制は、堤防法尻部から河川側に巨礫を積み上げて形成し、堤防の保護と砂州の保護の役割を持つ。堤防保護の面では、河道湾曲部などで堤防法尻の浸食を防止する。砂州の保護の面では、河川流向を制御して滞筋を固定し、狭隘部や取水堰付近の河道断面を確保するなどの機能を持つ。水制の構成材料形式は、多くの国ではプレキャスト・コンクリートブロック積み形式の採用も多いが、PMS方式灌漑事業では、巨礫空石積み形式を採用する。巨礫空石積み形式の水制工は、プレキャスト

ト・コンクリートブロック積み形式に比べて比較的安価であり、アフガニスタン国内で調達可能な資材で構築可能である。そのため、地元住民による維持管理が容易である。水制工の形式比較を表5.3に示す。

表5.3 水制工の形式比較

巨礫空石積み形式 (PMS灌漑施設として採用)	プレキャスト・コンクリートブロック積み形式
 <p>写真出典¹⁾</p>	 <p>写真出典⁸⁾</p>

(2) 石出し水制の構造形式（越流型・半越流型・非越流型）

水制工の構造形式には、越流型、半越流型および非越流型があり、その特徴は表5.4に示すとおりである。PMS方式灌漑事業における石出し水制は、越流型と非越流型の中間的な機能を持つ半越流型水制を標準設計とする。半越流型の石出し水制は以下のような特徴を持っている。

- 中程度の水跳ね効果を持ち、上向き水制の取り付け部への堆砂効果と合わせて、適度な水勢低減効果と河岸浸食防止効果を発揮する。
- 水勢が水制構造体に与える影響は非越流型水制と比べてやや小さいため、水制本体への構造的な負担が軽減される。一方で、経年的には部分的な破損・流亡が発生するため、モニタリングと維持管理が必要である。

表5.4 水制工の構造形式²⁾

	越流型水制	半越流型水制 (PMS方式灌漑事業の標準設計)	非越流型水制
構造	・水制高が低く、中小洪水時に流水中に潜る	・水制高は中位であり、洪水水位が高く流量・水勢が大きい場合には越流する	・水制高が比較的高く、ある程度大きな洪水でないと潜らない ・急流部での採用が多い。
特徴	・水制高が低いため、あまり河積を侵さない ・工費が安価である	・水跳ね効果は中位であり、洪水時にもある程度の抵抗力と河岸浸食防止効果を持つ ・水勢の低減効果は中位であり、水流が構造体へ与える負担も抑制される	・水跳ね効果が高く、洪水時にも機能を発揮する ・河岸浸食防止効果が高い

	越流型水制	半越流型水制 (PMS方式灌漑事業の標準設計)	非越流型水制
配慮を要する点	<ul style="list-style-type: none"> 水跳ね効果が低いため、越流水による堤防護岸への影響が懸念される 	<ul style="list-style-type: none"> 河岸浸食防止のための水跳ね効果は非越流型よりも若干劣る 	<ul style="list-style-type: none"> 河積が狭くなり、洪水流にとって大きな障害となる 水勢が水制構造体に与える影響が大きい

なお、水制工の構造形式としては、さらに、透過型と不透過型の分類が可能であり、それらの特徴は表5.5に示すとおりである。PMS方式灌漑事業の石出し水制は、巨礫で構成するので不透過型水制である。したがって、PMS方式灌漑事業の石出し水制を構造的な特徴も含めて表現すると、半越流型の不透過型石出し水制となる。

表5.5 透過型および不透過型の水制工の特徴²⁾

	透過型水制	不透過型水制 (PMS方式灌漑事業の標準設計)
構造	<ul style="list-style-type: none"> 流水が水制内を透過する構造 緩流河川への採用例が多い 	<ul style="list-style-type: none"> 水制内に流水を透過させない構造
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 不透過型水制に比べて水制本体への衝撃が小さく、水制が破損し難い 構造が単純なため、施工が容易で安価 水制が粗度を大きくする要素となり、流速を減じて洗掘を防ぐ 	<ul style="list-style-type: none"> 透過型水制に比べて水跳ね効果が大きく、河川流の減勢効果が大きい
配慮を要する点	<ul style="list-style-type: none"> 不透過型水制に比べて水跳ね効果が小さく、河川流の減勢効果が小さい 	<ul style="list-style-type: none"> 透過型水制に比べて水制への衝撃や洗掘が大きく、水制本体の損壊を招く恐れがある
工法例	<ul style="list-style-type: none"> 杭出し、牛枠 	<ul style="list-style-type: none"> 石材やコンクリートブロック等を用いた重量物による構造とする。

(3) 石出し水制の設置方向の形式

石出し水制は、河道の湾曲部外側の水衝部に配置することが多い。石出し水制は、その水跳ね効果により、先端が洪水で洗掘されて深掘れが生じるという特徴を利用して、洪水の主流を堤防（河岸）から遠ざけて堤防（河岸）の洗掘を防止すると共に、滯筋を固定する機能を持つ。

水制工には、その設置方向によって、直角水制、上向き水制および下向き水制があり、それぞれの特徴は表5.6および図5.14に示すとおりである。河岸洗掘の防止、滯筋の固定および水制本体の安定のために、上向き水制を標準設計とする。上向きの石出し水制は、水制の先端で洗掘を生じ、堤防（河岸）取り付け部付近で土砂堆積を生じさせて、堤防（河岸）を防護する。

表5.6 水制工の設置方向による分類²⁾

	直角水制	上向き水制 (PMS方式灌漑事業の標準設計)	下向き水制
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 河川流向に対して直角に向いた形式 水制の中央付近に土砂堆積が生じる 水制先端付近に洗掘が生じる 水流は方向を変えることが少ない 	<ul style="list-style-type: none"> 上流方向に向いた形式 堤防(河岸)付近に土砂堆積が生じる 水制先端の河道中心側に洗掘が生じる 水流は河道中心に向かって方向を変える 	<ul style="list-style-type: none"> 下流方向に向いた形式 水制先端付近に土砂堆積が生じる 堤防(河岸)付近に洗掘が生じる 水流は堤防(護岸)に向かって方向を変える
利点	<ul style="list-style-type: none"> 水制長が最も短く工費が安い 水制先端部の水勢は激しくなく、先端部はそれほど洗掘されない 	<ul style="list-style-type: none"> 護岸を安定させ、新しい堤防(河岸)法線を形成する場合に最適である 水制根本下流には、堆砂を生じ易く、堤防護岸が浸食されにくい 	<ul style="list-style-type: none"> 水制先端部の水勢が小さく、先端部の洗掘は比較的小さい
配慮を要する点	<ul style="list-style-type: none"> 堤防(河岸)から離れて堆砂が発生することから、堤防(河岸)浸食防止効果は低い 	<ul style="list-style-type: none"> 水制長が長く工費が高い 水制先端部の水勢が激しく、先端部は大きな洗掘が生じやすい 	<ul style="list-style-type: none"> 水制長が長く工費が高い 水制先端部の水跳ね効果や越流水により、水制根元から下流側に洗掘を生じる

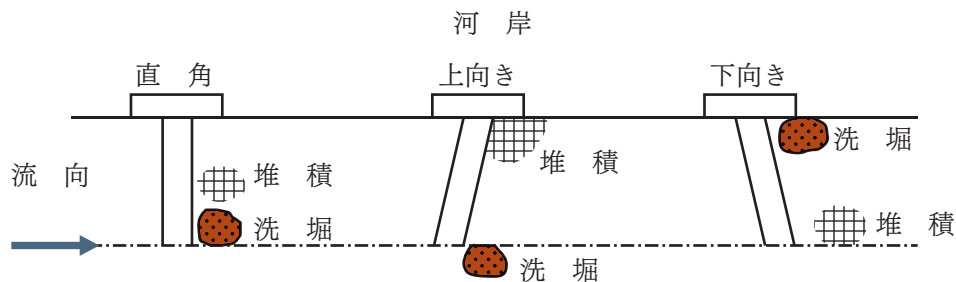


図5.14 水制工の設置方向と洗掘・堆積の特徴²⁾, [7]を参照]

(4) かぎ型水制

特に河川の流れが激しく、著しい浸食を受ける区間では、出来るだけ早急に河岸浸食を食い止め、浸食対策を重点化するための方法として図5.15に示す「かぎ型水制」を適用する。「かぎ型水制方式」は、不透過・半越流型水制の一種である。水制の形状をかぎ型とすることで、水制間の土砂が流出し難くなり、堤防法尻の洗掘を防ぐことができる。

PMS方式灌漑事業における石出し水制の形式および諸元の設計方針と諸元設計をまとめると表5.7の通りである。図5.16～図5.18に石出し水制の平面図および断面図・正面図の例を示す。

表5.7 石出し水制の設計方針と諸元設計²⁾

項目	設計方針	PMS方式灌漑事業における 水制の諸元設計	
		標準設計として 適用できる諸元	地域の条件に応じて 設計を行う諸元
構成材料	計画洪水流量流下時の掃流力において安定を確保できる巨礫径を確保する。	—	石出し水制：礫径0.5m～1.5mの巨礫による空石積みで構成。
構造形式	河岸浸食防止効果と、水制本体の水流に対する耐性確保の面から、半越流型の不透過水制とする。	半越流型の不透過石出し水制	—
設置方向	土砂堆積による堤防（河岸）の保護と水制先端の洗堀による滞筋の固定を目的として、上向き水制とする。	上向き水制：河道断面方向から5～15°上向きに設置	—
長さ と 設置間隔	水制長は、堤防設計後の川幅（洪水期の洪水流下幅）の10%以下程度を目安とする。 水制設置間隔は、水制長の2～4倍、高さの10～30倍を目安として調整する。	—	既存のPMS灌漑事業（クナール川）では以下の仕様を適用している。 長さ15～20mの水制を50～100mの間隔で設置。 長さ5～10mの水制を25～50mの間隔で設置。
天端幅	計画洪水時の水深に応じて以下の幅を確保する。 洪水水深5m以内：2.0m 洪水水深5～10m：4.0m 洪水水深10m以上：6.0m *但し、洪水時平均流速2m/s以下	—	既存のPMS灌漑事業では3mが多い。
天端高さ	平年並みの洪水位の20～30cm程度上の高さを目安とする。	—	既存のPMS灌漑事業では3～4mが多い。
断面勾配	河川縦断方向の水制断面勾配は、堤防の法面勾配と同程度の勾配とする。	空石積み法面：1：1.5	—
長さ方向の 勾配	堤防（河岸）への水勢を減ずるために、河川横断方向に向かって1/20～1/100の下り勾配とする。	河川流心に向かって下り勾配	—
水制基礎の 根入れ深さ	現況河床高から最低1mの根入れ深さを確保する。	—	根入れ深さ最低1m確保を基本としつつ、検討を行う。

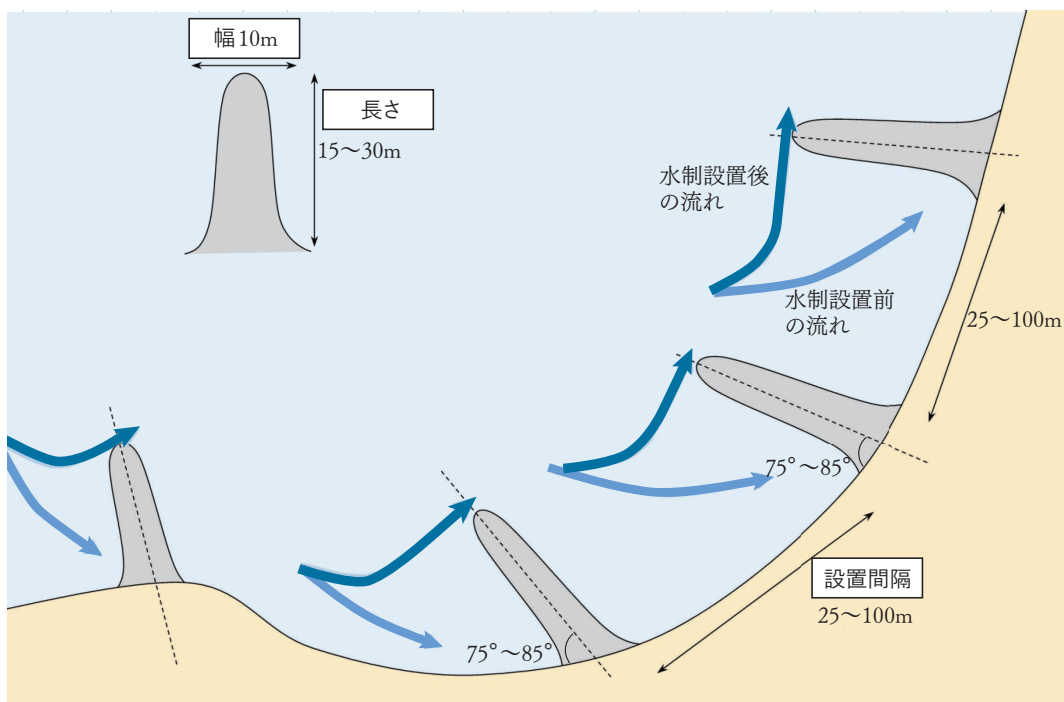


図5.16 石出し水制平面図の例³⁾

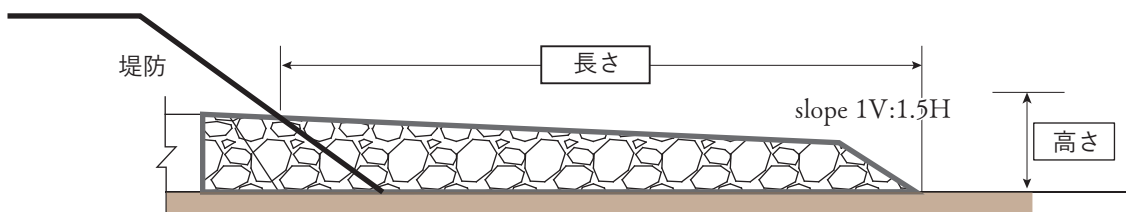


図5.17 石出し水制断面図の例¹⁾

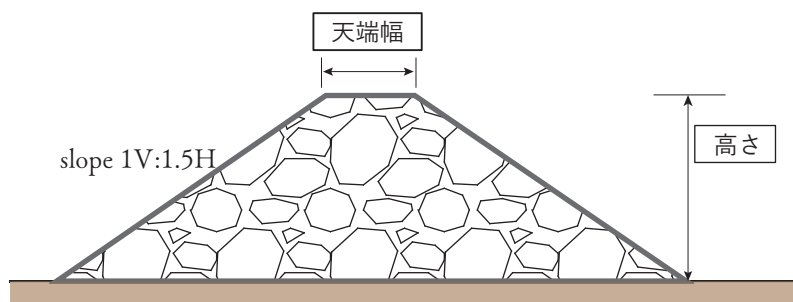


図5.18 石出し水制正面図の例¹⁾

5.3.4 | 石出し水制の構造設計

(1) 石出し水制の構造的安定検討

石出し水制を構成する巨礫の洪水流に対する安定は、堤防の護岸設計と同様である。「5.2.4(2) 堤防における巨礫護岸の安定性検討」参照。

(2) 石出し水制周辺の洗掘深の想定

石出し水制の基礎となる地層や河床材料によっては、設置した巨礫直下の基礎が大きく洗掘され

る場合がある。石出し水制の根入れは、現況の最深河床から最低1mの根入れ深さを確保する必要があるが、これ以上の深い洗掘が生じる場合は、ある程度将来的な洗掘を見越して深めの基礎を構築しておき、巨礫補給の維持管理頻度を抑制する必要がある。したがって、以下を参考として、石出し水制の根入れ深さは、想定される洗掘深より大きな根入れ深さを確保する必要がある。

水制周りの洗掘深は、図5.19に示す水制の設置角度 θ と洗掘深の関係（出典：『日本の水制』山本晃一著）により、以下のグラフを用いて求めることが出来る。洗掘深は、上向き角度： θ および単位幅流量： q が大きくなるほど大きくなる。

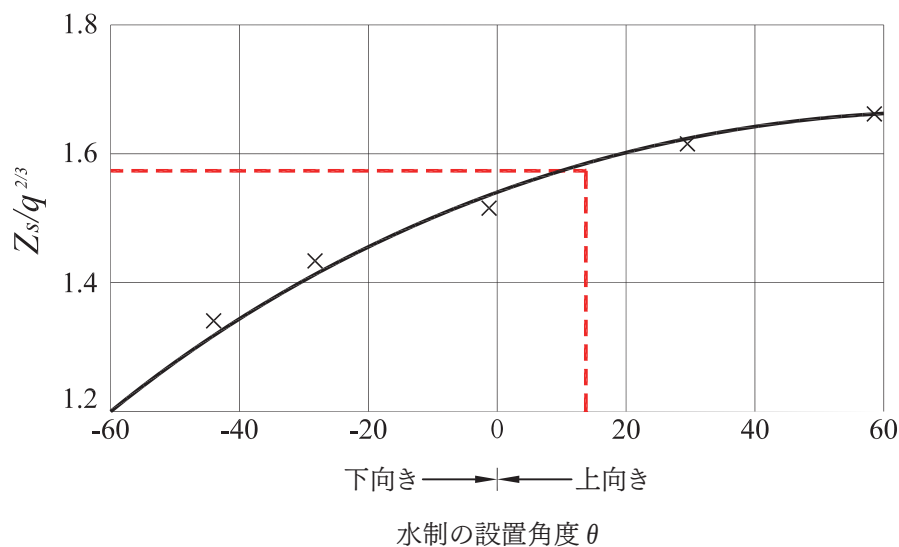


図5.19 水制の向きと単位幅流量、洗掘深の関係^{2), [7]を参照}

既存のPMS灌漑事業におけるミラーン堰付近の水制の想定洗掘深の計算例は以下の通りである。水制は、上流向きに $5^\circ \sim 15^\circ$ の角度で設置するため、図5.19より、 $Z_s/q^{2/3}=1.57$ となる。これにより、以下の計算で水制周りに3.5m程度の洗掘を乗じることが想定され、定期的な石材の補給を要するため、所々に石材を備蓄しておく。

単位幅流量： $q = Q \div B = 2,050 \div 600 = 3.42 \text{ m}^3/\text{s}$

$Z_s = 1.57 \times q^{2/3} = 1.57 \times 3.42^{2/3} = 3.53 \text{ m}$

ここで、 Q ：洪水流量 (m^3/s)、 q ：単位幅流量 (m^3/s)、 B ：河道幅

図5.20に示すように、施工後の継続的な観察による維持管理と石材の補給を行う。

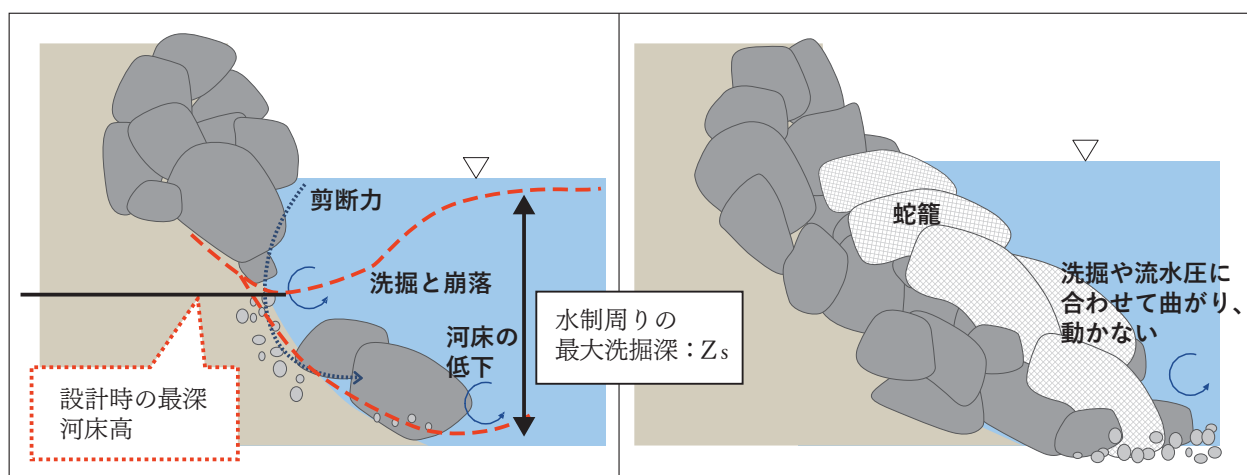


図5.20 継続観察による巨礫の補給と蛇籠の応用^{1), 3)}

第 6 章

PMS方式灌漑施設はどのように施工するのか？

PMS方式灌漑施設の施工監理と建設工事では、 どのような事に気をつけなければならないのでしょうか？

建設に必要な資材は、セメントや鉄筋等の一般建設資材の他、堰や水制工の構築に必要な巨礫や玉石、および主幹用水路の護岸に用いる蛇籠工の番線などです。また、施設の建設には、ダンプトラックやバックホウ等の重機が必要であり、これらを準備する必要があります。

建設工事には、労働力が必要です。PMS方式灌漑事業では、近隣住民、特にPMS方式灌漑事業の受益農民の協力が不可欠です。そのためには、自治組織や地元首長などの協力が必要です。PMS方式灌漑事業は、地元住民と共に、治安と安全を確保しながら、一定品質の灌漑施設の建設を行っていく事業であり、建設工事を通じた能力向上によって、地元住民の技術力を高め、将来の灌漑施設の維持管理を担う人材を育てていく事業でもあります。

このようにして、PMS方式灌漑施設の品質を確保し、工事の進捗を管理し、必要であれば設計図面を修正して工事を行い、最終的な施工図面などを作成します。また、適切な予算管理も重要な項目です。

次ページ以降では、これらのことを解説していきます。

6.1 施工監理と建設工事の準備

6.1.1 事業実施体制および工事実施体制の構築

(1) 事業実施体制の構築

アフガニスタンにおいてPMS方式灌漑事業を実施し普及していく場合、ドナーまたは政府独自の資金を使って、アフガニスタン政府が事業実施者となって、PMS方式灌漑事業を実施していくことが想定される。その場合、PMS方式灌漑事業の実施体制は、図6.1に示すとおりである。

通常の灌漑事業の実施体制と異なるのは、本ガイドラインに示されたPMS方式灌漑事業の本質が広く普及するまでの間、本事業に精通した「PMS方式灌漑事業アドバイザリーチーム」を置き、政府担当者、コンサルタント会社および施工会社に対して、PMS方式灌漑事業の基本構想・計画立案・設計・施工監理・運営維持管理の実施を指導することにある。アドバイザリーチームは、当初はPMSの技術者が中心となると考えられるが、政府技術者およびPMS方式灌漑事業を実施する地域の技術者の能力開発を通じて、徐々に、PMS方式灌漑事業を指導できる技術者を増やしていく必要がある。

事業実施者は、「PMS方式灌漑事業アドバイザリーチーム」と共に、地域社会と協議しながら、基本構想を策定する。そして、コンサルタント契約を請け負ったコンサルタントとともに、受益農民と協働し、施設計画設計、事業実施計画および施工管理を行う。施設計画においては用地取得の可否・計画設計内容の合意等、住民との協議が必要となる。更に、施工会社と契約して近隣住民等を雇用して建設工事を実施する。工事実施中は、労働者または職人として建設工事に従事する周辺住民の能力開発を行い、工事終了後は、一定期間、水利用者組合（WUA）または灌漑組合（IA）による灌漑施設の運営・維持管理を支援する。

工事中の進捗管理や技術的な確認はコンサルタント会社と施工会社間で行われるが、必要に応じて事業実施者およびアドバイザリーチームと合同協議を行う。また、アドバイザリーチームは、事業実施者と協議の上、コンサルタント会社および施工会社に対して直接指導する。

図6.1の例は、設計と施工が分離した入札形態を想定した一例であるが、事業実施者とコンサルタント会社および施工会社との間の入札・契約方式には、他にも「設計・施工一括発注方式」や「総合評価落札方式」といった形態が存在する。これらの形態は、工期の短縮やコスト縮減が見込まれる一方で、自然条件や社会条件に変化が生じた場合に設計と施工の間の責任分担が不明確になる等の課題も含んでおり、それぞれの入札・契約形態の長所・短所を吟味して決定を行う必要がある。

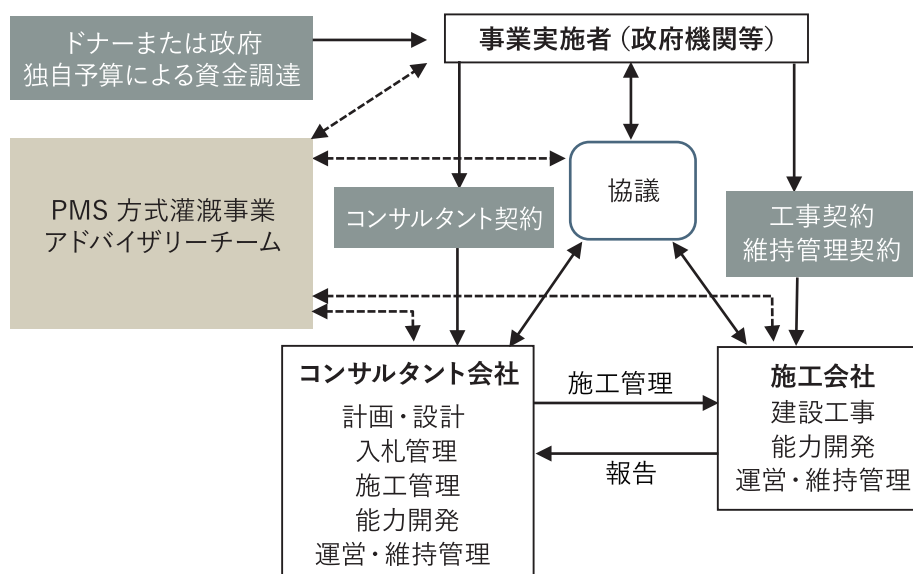


図6.1 今後の事業実施体制構築の例（事業実施者が政府機関の場合）²⁾

（2）工事实施体制の構築

工事实施体制は、一般的には、請け負った施工会社およびコンサルタント会社が決めるが、PMS方式灌漑事業は、工事において現地発生材料を多用し、工事従事者（受益農民）の能力開発を行い、工事終了後は住民による運営・維持管理をサポートしなければならない。そこで参考として、総責任者（中村哲医師が務められた）を中心としたPMSによる灌漑事業の標準的な工事实施体制を図6.2に示す。

総責任者は、事業実施に当たって、問題・課題を解決し、進捗を管理し、事業の円滑な実施に責任を持つと共に、事業担当者や作業員の能力開発および安全教育を行う。総責任者の下、本部に技術責任者と調達、工事監理、会計の担当者を置き、現場事務所にも事務員を配置する。各現場には、責任者として現場主任を置き、工種毎に職工長と現場監督を置いて作業員を指導し工事を指示する。熟練作業員として、石工、蛇籠組工などを配置する。併せて、重機や車両の運転、操作および修理のための要員を配置する。また、状況によっては警備員を雇用する。

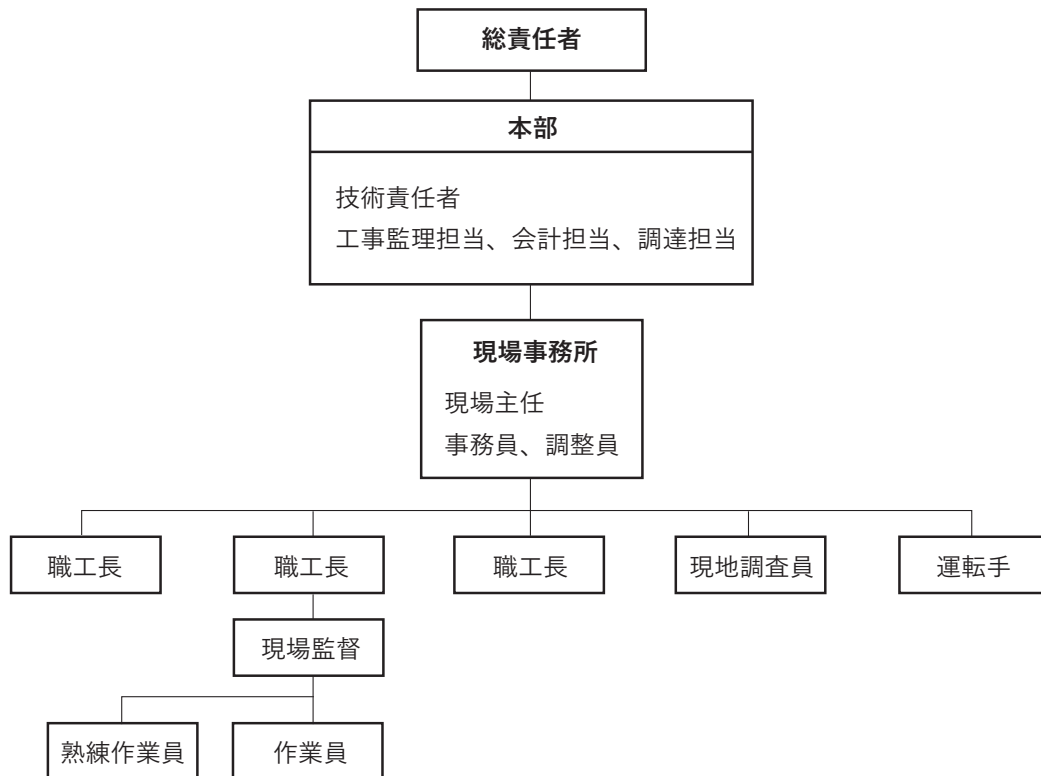


図6.2 PMS方式灌漑事業の標準的な工事実施体制²⁾

図6.2に示したそれぞれの担当の役割は次の通りである。

- 総責任者：事業全体の統括を行い、事業推進における諸問題に対応する。
- 技術責任者：プロジェクトが円滑に進捗するように調達指示、予算処理、技術指導などを行う。可能な限り、各担当者、現場主任と連携して工事の進捗を確認する。
- 現場主任：現場での工事に関わる責任者である。進捗管理、安全管理、環境整備などの業務をおこなう。
- 事務員：現場事務所において、会計、総務等の業務を行う。
- 調整員：現場事務所において、調達、渉外等の業務を行う。
- 職工長：工事における各工種の責任者である。現場主任の指示の下、進捗管理、安全管理、環境整備などの業務をおこなう。
- 運転手・整備士：重機や車両等の操作・運転および整備を行う。工事期間中は常時雇用とする。
- 現場監督：職工長と連携を取りながら、現場作業員に指示を与え、直接工事を管理する。
- 熟練作業員（熟練工）：石工、蛇籠組工、配筋工など専門的技術を持った作業員であり、一般の作業員を指導する。

これまでPMSが実施してきた灌漑事業であるマルワリードⅡ事業、ミラーン事業、カシコート事業、における人員数および工事費の実績を、参考として表6.1に示す。現場主任は工事規模によって1名から2名、職工長は6名から8名を配置している。工事費は、1) 建設資機材、2) 建設重機

等のレンタル費用、3) 工事に直接携わる作業員の賃金、4) 技術責任者、調達担当者、会計担当者、運転手等のスタッフ賃金、5) 事務機器費用、6) 備品・消耗品費などから構成され、これらの費用を積算して工事費を算定している。

表6.1 既往のPMS灌漑事業における人員数および工事費の実績¹⁾

事業名	マルワリードⅡ事業	ミラーン事業	カシコート事業
期間	2016年10月～ 2018年9月	2014年10月～ 2016年9月	2012年10月～ 2014年9月
月数	24	24	24
事業費 (USD)	3,343,945	3,371,980	3,110,116
延べ作業員 (人工)	76,500	63,300	98,000
作業員 (MAX ; 人 / 日)	137	140	194
単純作業員 (labors at working site)	60	60	120
熟練作業員 (skilled labors at working site)	60	60	40
蛇籠組作業員 (skilled labors at jakago workshop)			20
水門コントロール作業員 (labors of water control at watergate)	9	6	2
石工 (special skilled labors at working site (mason))	8	8	6
現場監督 (supervisors)	6	6	6

6.1.2 | 施工工程計画の立案

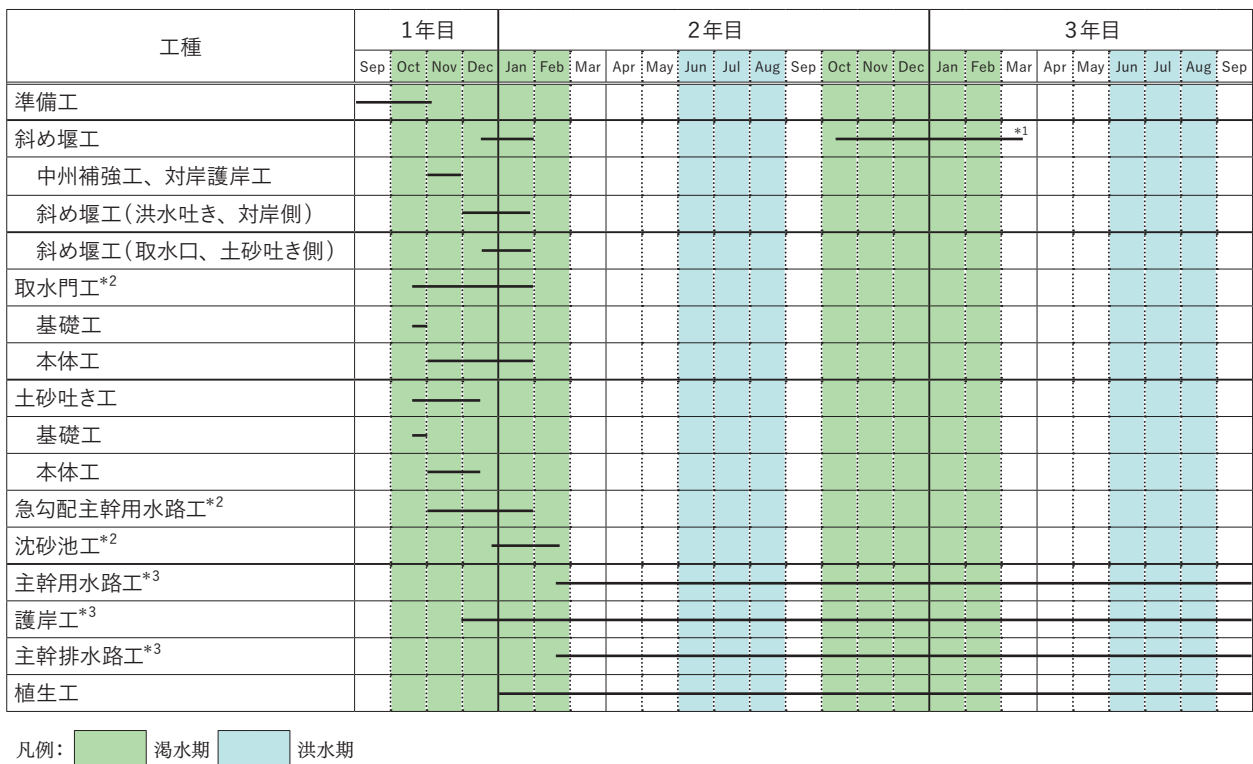
PMS方式灌漑施設の施工内容は、準備工、斜め堰工、取水門工、土砂吐き工、急勾配主幹用水路工、沈砂池工、主幹用水路工、護岸工、主幹排水路工、植生工等で構成される。

PMS方式灌漑事業における施工工程は、灌漑事業の規模により異なるが、1つの事業における取水堰の建設工事は2年程度での完成を目標とする。より長期となると予想される工事は、工事区間を分割するなどして、できるだけ2年以内の完成を目指す。施工工程計画の立案に当たっての留意点は次のとおりであり、PMS方式灌漑事業の一般的な施工工程は図6.3に示す通りである。

- 洪水期と渇水期で水位・流量変動が大きい河道内の工事および支川（ワジ）内の工事は、流れの影響を受ける工種とそれほど影響を受けない工種に分け、大きな影響を受ける工種については、渇水期に施工するように計画し、洪水期の前に確実に工事が完了できるように余裕を持った工程とする。
- 取水堰は、河川を横断する構造物であり、渇水期に施工する。初年度の渇水期に総工事の6割以上を施工し、次年度の渇水期に完了する。
- 取水門、土砂吐きおよび土砂溜めの施工は、コンクリート打設を伴うため、仮締め切り堤を構築してドライ施工とし、初年度の渇水期に完成させる。
- 主幹用水路や沈砂池および主幹排水路など、内陸部での工事は、通年施工が可能である。

- 小規模な堰や取水門の灌漑事業であれば、極力1年間の工事で早期運用を目指す。比較的大規模工事で工事期間が複数年に及ぶ場合は仮取水を行って、工事期間中でも灌漑用水の供給が途絶えないように配慮する。
- 工事実施前に、巨礫、玉石、蛇籠用番線、鉄筋、セメントなどの資材、ダンプトラックやバックホウなどの重機、および、現場労働者や職人などの人材について、工事期間を通じて十分に確保できるかどうかを確認する。
- 工事期間中の治安対策について、自治組織や受益農民などと協議し十分な対策をとる。
- 工事期間中の労働災害に配慮し、十分な安全対策をとる。
- 工事開始時に着工式、工事完了時に完工式を実施する。これらの式典には州知事や灌漑局の職員の参加もあり、地域の一体感とオーナーシップへの期待が高まるとともに、式典の日程を明らかにすることで工事への士気が高まる。

マルワリードⅡ事業の例では、1年目の渇水期に取水門を完成させるため、一日当たり作業員137名とスタッフ50名が働き、重機等も一日当たり20台が稼働した。また、堰高1.35m、堰石張り面積10,500㎡の巨礫積み斜め堰の石材運搬に累計3,000～4,000台、1kmの護岸・水制の施工に1,000～1,500台のダンプトラックを投入した。



- *1 堰は必ず観察を必要とし、洪水期を経て、2年目の改修をもって竣工とする。
 *2 送水を急ぐ場合は取水門、急勾配主幹水路、沈砂池の下部が完成次第、通水が可能。
 *3 主幹用水路工、護岸工、主幹排水路工の施工期間は工事規模により、大きく異なる。

図6.3 PMS方式灌漑事業の施工工程例²⁾

6.1.3 | 建設資機材の調達・準備

PMS方式灌漑事業における主な建設資機材は次の通りである。必要な建設資材の品質、形状、必要量などや、必要な機材の種類と台数を積算し、以下のようにして建設資機材を調達・準備する。

- 大型石材（巨礫や玉石）および土砂・築堤土：巨礫や玉石および土砂・築堤土は現地調達を基本とする。建設工事位置の周辺を調査して石材の賦存量を把握し、運搬ルートを確認する。
- 巨礫の調達においては工期内の必要輸送量を予測し、ダンプの「1日輸送台数」を決めておき、現場で積載量を監視する。また、必ず巨礫の備蓄を現場付近に置き、緊急事態に備える。ここで、巨礫がない地域では、玉石を中詰め材とした蛇籠を用いるなどの工夫を行う。
- 蛇籠工の番線：蛇籠工の番線は、今のところ主として近隣国からの輸入となる。PMS方式灌漑事業においては、パキスタンのラホールにおいて良質な番線の購入実績がある。
- 一般建設資材：一般的な建設資材（セメント、モルタル、砂、鉄筋、碎石、型枠、土嚢袋等）は、主要な近郊都市から調達可能である。PMS方式灌漑事業では主にジャララバードで購入実績がある。鉄筋コンクリートによるビル建築や橋梁建設などを行っている都市では、一般建設資材の流通があり入手可能である。
- 建設機材：建設機材としては、重機（バックホウ、ブルドーザー、転圧機、ダンプトラック）およびコンクリートミキサーが必要である。

6.1.4 | 品質管理、設計変更および竣工図

施工時の品質管理については、以下を基本とする。

- 建設資材および建設機材は、良質なものを使用する。
- 盛土の施工は、30cm程度の厚さ毎に盛土材を敷き均して締め固めを行う。
- 盛土の基礎が軟弱な場合は、現地発生材を主体とする良質な砂質土に置き換える。
- 取水門、土砂吐き、および土砂溜めなどのコンクリート構造物の基礎は、基礎地盤の巨礫層を確認した上で、その巨礫層まで玉砂利層を厚くコンクリート化し（0.5m以上）、その上に厚さ40cm以上の堅固な鉄筋コンクリート底版を構築する。軟弱地盤がある場合は、取り除いて良質な砂質土に置き換える。
- 設計コンクリート強度（曲げ圧縮強度）、基準スランプを守る。
- コンクリートの打設は、気温4℃～38℃で行う。高温、低温時は出来るだけ避ける。
- コンクリートの養生期間は、3週間以上とする。コンクリートテストピース1週間強度が設計強度以上の場合は、型枠を外しても問題ない。
- 鉄筋は、設計規格の製品を使用する。鉄筋の使用前に外観検査を行う。
- 施工後に見えなくなる部分については、設計通りの出来形となるよう細心の注意を払って施工する。見えなくなる部分としては、構造物基礎、取水堰袖部の砂州（地山）貫入部、護岸の裏込め等が挙げられる。

工事の開始前には、設計図を基として、現場状況に合致するように施工図(Shop Drawing)を作成する。設計時と施工時で現場状況に変化が生じ、工事数量に変更が生じる場合は、設計変更を経て、

現場状況に応じた施工図を作成する。また、工事の過程で生じた変更を全て反映した図面として竣工図 (As Built Drawing) を作成する。竣工図は、工事の最終的な出来形を示すものであり、将来的な施設の改修等が生じた際に重要な情報となる。

6.1.5 | 原価管理

コラム6-1：主幹用水路の工事

基礎地盤の確認不足による水路床の崩壊。基礎がなかったのだ。60人も人が居た現場である。人間の目は外観にだまされやすいのだ。



写真 主幹用水路床の崩壊¹⁾

工事が予算内に完了するように、以下のように原価管理を行う。

- 予算計画の策定：着工前に、確保された事業費に対して目標原価の計画を立てる。
- 予算と実績原価のモニタリングと対比：工事の進捗途中において、予算に対してどの程度原価が発生しているかをモニタリングし、予算と実績原価を対比して、もし原価が予算をオーバーしている場合は、工事現場での改善を検討する。改善策としては、工事手順の見直しによる待ち時間の削減や作業の平滑化、ワークロードと人員および建設機材のバランスの調整等があり、一定工事量に対する人件費や建設機材レンタル料の縮減等が挙げられる。
- 建設資材調達費や建設機材レンタル料の適正さの確認：建設資材の外部購入費および建設重機のレンタル費用等について、適正価格を把握しておき、購入額や発注額が予算をオーバーしている場合は、他の調達先を検討する等の原価管理を行う。

6.1.6 | 工事の安全対策

工事中の主な労働災害には、1) 建設機械の稼働に関連した人身事故、2) 部材加工作業等による自らの負傷、3) 資機材等の落下や下敷きでの負傷、4) 足場、法面等からの落下事故、などがある。このような労働災害に十分注意して安全対策を行う。主な安全管理・安全対策は以下の通りである。

- 事故対策および安全管理に関わる監視指導・啓蒙を行う安全管理責任者を任命する。
- 安全管理責任者は、工事責任者、現場責任者と連絡を密にとって事故予防を図ると共に、事故発生時の緊急対応体制を整備しておく。
- 工事期間中、日々の安全管理・確認を行う。
- スタッフや作業員に対して、定期的に安全管理教育を行う。
- 降雨時や低気温時に事故が発生し易く、特に洪水期の河道内工事では、河川水位が高く、現場の足場状況が悪いので細心の注意を払う。また、熱中症にも注意が必要である。

過去のPMS灌漑事業の工事においては、作業中に1名が心筋梗塞で亡くなっているが、工事中の安全管理を徹底しているため、工事中の不慮の事故による死亡例はない。しかし、水路関連工事において、負傷者は多数発生しており、安全管理教育など十分な対策が必要である。なお、工事完成後に、サイフォンで、落下や溺れによる事故が発生しているので、防護網の設置等の対策が必要である。

6.1.7 | 治安の確保

現在のアフガニスタンの治安状況を考えた場合、工事期間中の治安対策は重要である。PMS方式灌漑事業は、地域社会や地域住民との共同事業という性格を持っているため、治安対策として、軍隊や警察および私的な治安部隊などは、原則として用いない。その代わりに、地域社会全体からの理解を得、地域社会や地域住民の協力の下で、工事中の治安を確保することを原則とする。そのために、地元社会や地元政府と次のような連携を行っていく。

- 灌漑事業受益地および周辺地域の自治組織・首長・住民に対して、灌漑事業の目的や内容を説明して理解を得ると共に、地元社会との連携なしには、PMS方式灌漑事業は成立しないことを理解してもらう。
- 地元住民が職工や労働力として有給で工事に参加し、技術教育を受けて土木技術を習得し、工事完了後は、灌漑施設の維持管理の担い手となることを理解してもらい、了承を得る。
- その上で、灌漑事業受益地および周辺の地域社会が協力して、事業期間中の治安の維持に当たることを了承してもらう。
- また、地元政府に対しても同様に、PMS方式灌漑事業の目的や内容を説明して理解を得ると共に、工事期間中の治安の確保について協力を要請する。
- 工事開始時に着工式、工事完了時に完工式を実施する。これらの式典には州知事や灌漑局の職員の参加もあり、地域の一体感とオーナーシップへの期待が高まるとともに、式典の日程を明らかにすることで工事への士気が高まる。
- 更に、工事で不利益を被る可能性のある人々に対しても、PMS方式灌漑事業の目的や内容を丁寧に事前説明し、合意形成と十分な補償を行う。

6.1.8 | 地元農民および工事従事者の能力開発

地元住民による工事への参加は、PMS方式灌漑事業においては重要な意味をもっている。地元住民が、工事期間中に有給で工事に参加することによって生活を安定させて技術を習得し、工事完了後に灌漑施設の維持管理グループの中核メンバーとなることが期待される。

このような工事期間中の能力開発には以下の2つがある。

- 工事に直接従事して受ける実地訓練 (On-The-Job Training)：現場作業員、職工・熟練作業員および技術者を対象として、現場で手足を動かしながら現場作業を習得する。また、人から人への技術の伝承も促進していく。
- 研修施設での定期的な教育・訓練 (Training)：主とし職工・熟練作業員や技術者を対象として、現場技術や職能の更なる訓練や、技術者のための計画・設計技術の教育を実施する。

また、PMS方式灌漑事業においては、様々な背景を持つ人たちが、一つの目的をもって一緒に働き続けることによって、連帯感を形成していくことも期待できる。PMS方式灌漑事業の重要な成果の一つが「**地域社会の連帯感形成**」であることを、中村哲医師の言葉を借りて、コラム6-2に示しておく。

コラム6-2：働く人々（中村医師の言葉）

- 仕事を支える大きな柱の一つは、何百人にもおよぶ作業員や運転手たちの士気と忍耐である。
- 働く人々は、技術的には職工というべきで、往時の「素人集団」というイメージはなくなる。
- 働くことでまとまってきた集団は、血縁・地縁を超え、地域で重きを成す実力部隊になっていく。
- 分業は当然あるが、同一作業員が鉄筋加工、型枠作り、組立作業、蛇籠生産、コンクリート打設、何でもこなす。
- 機械が故障すればシャベルを振るい、シャベルが折れれば手でもやる。車が止まれば歩けばよい。これがPMSの流儀である。



写真 中村医師が重きを置いていた現場で働く人々¹⁾

6.1.9 | 仮設工事の計画と実施

工事を行う上で、工事車両の交通路確保、河川内工事ヤードのドライ化が必要となる。主な仮設工は次の通りである。これらの写真を写真6.1～写真6.4に示す。

- 仮設道路：工事車両通行のための道路であり、最小幅4.0m、対向通行の場合は幅8.0m以上が必要となる。堤防天端は、仮設道路として兼用することが一般的である。
- 仮設橋：施工ヤードまで行くのに河川や水路等を横断する場合は仮設橋を設置する。水路を横断する場合は、コンクリート管を並べ、土のうや盛土を行い、その上部を通行することが多い。取水門横に設置される土砂吐きは、木材をわたすことで堰建設時や改修時の仮設橋となる。
- 仮締め切り：取水門や土砂吐き、土砂溜め等、コンクリート構造物の施工のため仮設堤防（遮水壁）で工事ヤードを囲い、ポンプアップでドライ環境を形成する。
- 仮設水路：水路等を締め切って工事を行う場合に、用水の供給を途切れさせないために仮設水路を設ける。仮設水路の流下断面は、基本的に現況水路の断面積程度を確保する。



写真6.1 仮設道路兼用の堤防の例（ミラーン）¹⁾



写真6.2 仮設橋の例（カマⅡ）¹⁾



写真6.3 仮締め切り（遮水壁、カマⅠ）¹⁾



写真6.4 仮設水路（ミラーン）¹⁾

6.2 取水堰と取水門の施工監理

6.2.1 取水堰と取水門の施工手順

取水堰と取水門の施工内容は、準備工、仮設工、取水堰本体工、土工、基礎工、護岸工および設備工である。取水堰と取水門について、その全体配置イメージは図6.4に示すとおりであり、概略の施工手順は、既存のPMS灌漑事業のイメージ写真と共に、図6.5に示すとおりである。



注：() は、図 6.5 における各施工工程の番号を示す。

図6.4 取水堰と取水門の全体配置イメージ（カマⅡ事業）¹⁾



(1) 準備工：取水堰と取水門の縦断的な位置を決める（カマⅠ堰）



(2) 準備工：取水堰と取水門の横断的な位置を決める（カマⅠ堰）



(3) 対岸補強・護岸工：対岸取水堰袖部（砂州への取り付け部）の補強を先行して行う（カマⅠ堰）



(4) 仮設工：取水門と土砂吐き、土砂溜めの建設予定地を囲うように円形の仮締め切り堤を施工（マルワリードⅡ堰）



(5) 取水門・土砂吐きおよび土砂溜め本体の施工：基礎工、本体工、設備工、護岸工、水叩工を施工（マルワリードⅡ堰）



(6) 土砂吐きに仮設橋を設置：取水堰本体工事の建設重機通行のために仮設橋を設置（マルワリードⅡ堰）



(7) 仮設工の撤去：取水門と土砂吐きを施工した後、仮締め切り堤を撤去して取水門と土砂吐きに通水する（カマⅠ堰）



(8) 取水堰本体の構築：両岸からの巨礫の積み増しによって取水堰本体を構築する（カマⅠ堰）



(9) 水位の低い渇水期に洪水吐きを設置する（カマⅡ堰）



(10) 巨礫積み斜め堰の完成：取水堰による水位上昇で安定した取水が可能となる（カマⅠ堰）



(11) 設備工の機能確認：取水門や土砂吐きの堰板や巻き上げ機等の機能確認を行う（カシコート堰）



(12) 施工完了（カマⅡ堰）

図6.5 取水堰と取水門の施工手順¹⁾

6.2.2 | 取水堰の施工監理

巨礫積み斜め堰の施工監理は、以下に留意して実施する。ここでは、既存のPMS灌漑事業における取水堰の施工位置を図6.6に示すとともに、施工イメージ写真を用いて説明する。



注：() は、各施工工程の番号を示す。

図6.6 巨礫積み斜め堰の施工位置図²⁾

(1) 巨礫積み斜め堰の配置



写真6.5 巨礫積み斜め堰の配置（マルワリードⅡ堰）¹⁾

：2018年10月16日

- 取水門側の堰本体は、土砂吐きを設置するため、堰長が短く縦断勾配は急傾斜となる。
- 取水門対岸側の堰本体に緩やかな傾斜を持たせて洪水吐きを配置し、洪水時に多量の流水が取水門に向かわないようにする。
- 取水門対岸側の砂州・河岸部への堰取り付け部は、できるだけ緩やかな勾配にし、洗堀防止のために巨礫を敷き詰める。
- 取水堰建設では膨大な量の巨礫を運搬するので、堰上には石材輸送路を確保する。

(2) 巨礫積みの施工



写真6.6 巨礫積み作業における高さ目印の石（カマI堰）¹⁾

：2018年10月29日

- 図面に従って各区画の高さを正確に測る。
- 現場監督が計画高さに目印をつけ、運転手が目印を見ながら巨礫を下ろして積んでいく。
- 堰水叩き部の石材は、15cm程度の段差をつけながら階段状に積んで行く。
- 石材は、流水圧で流れにくくするため、巨礫の長辺方向が流下方向になるように積んで行く。

(3) 間詰め石の敷設



写真6.7 間詰め石の敷設状況（カマI堰）¹⁾

：2018年10月31日

- 巨礫の間に、大粒径の玉石と砂利（間詰め石）を手作業で詰めていく。

(4) 取水堰上への仮設道路の敷設



写真6.8 取水堰上への仮設道路の敷設（カマI堰）¹⁾

：2018年10月31日

- 間詰め石を詰めた巨礫の上に、比較的に細かい砂利を敷設し、建設重機のトラフィカビリティを確保する。
- 仮設道路を構築しながら、順番に次の区画の堰を構築する。

(5) 巨礫積み斜め堰本体の構築



写真6.9 河川中心方向に向かう巨礫積み状況（カマI堰）¹⁾

：2018年10月31日

- 堰の巨礫積み作業は、兩岸から河川中心方向に、少しずつ広げていく。
- 細かな石積み作業は人力により行う。

(6) 洪水吐きの構築



写真6.10 洪水吐きにおける流下状況（カマI堰）¹⁾

：2018年12月24日

- 洪水吐きの両壁は特大の巨礫を並べ、河川の流水で崩れることの無いよう、頑丈に構築する。
- 渇水時に取水位を確保するために、洪水吐きを塞ぐ必要が出てきた場合は、巨礫と巨礫の間（洪水吐き断面）に玉石を間詰めする。「4.2.5 (1) 巨礫積み斜め堰の横断設計」参照。
- 洪水時には流水を逃がし、堰体にかかる圧力を軽減する。

(7) 砂州の保護における柳枝工の配列



写真6.11 砂州の保護のための蛇籠工と粗朶（柳枝）柵工の状況（ミラーン）¹⁾

：2015年10月22日

- 砂州の保護のために敷設される蛇籠工と粗朶（柳枝）柵工の様子。河川の流れ方向に直角に敷いた蛇籠工の周辺に「コの字型」に列を作って柳枝工を植える。

(8) 砂州の保護における柳枝工の施工



写真6.12 柳枝の固定状況（ミラーン）¹⁾

：2015年10月22日

- 幹の太い柳枝を蛇籠工にしっかり結わえて固定し、細い枝を編み込むように重ねる。各柳枝の根元は0.6～1.0mを砂利層の中に埋め込む。
- 柳枝の高さは、洪水時の予想水深より高く保つ。

(9) 取水堰の完成



写真6.13 取水堰完成状況（カマI堰）¹⁾

：2018年12月1日

- 取水堰完成後の流下水により、堰体表面の仮設道路用の砂利は流され、巨礫の石畳が姿を現す。
- 取水門の対岸側の河岸・砂州に貫入接続した堰体を長く緩やかにすることで、接合部の洗掘を抑制する。
- 巨礫積み斜め堰によって広く浅い流れを形成し、河流中心寄りに緩やかな傾斜の洪水吐きを造成することで、川の流れが安定する。

6.2.3 | 取水門の施工監理

取水門の施工監理は、以下に留意して実施する。ここでは、既存のPMS灌漑事業における二重堰板式取水門の施工位置を図6.7に示すとともに、施工イメージ写真を用いて説明する。



注：() は、各施工工程の番号を示す。

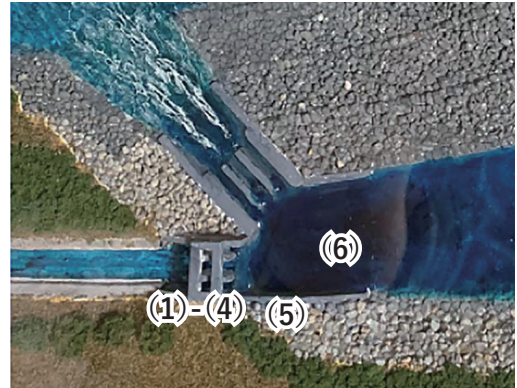


図6.7 取水門の施工位置図²⁾

(1) 直接基礎



写真6.14 厚さ0.5m以上の直接基礎を構築（ミラン取水門）¹⁾

：2014年11月24日

- 取水門下部の底版の基礎は、巨礫層まで掘り、玉砂利層（通常0.5m以上）にセメントを流し込んだ直接基礎とする。
- セメントが、玉砂利層に均一に混ざるようにバックホウで攪拌し、平たく整形する。
- 仮締め切りをした上で、河川からの浸透水があるため排水ポンプを使ってドライ施工しながら建設を進める。

(2) 基礎コンクリート底版



写真6.15 レンガによる型枠（マルワリードⅡ取水門）¹⁾

：2016年11月8日

- 玉砂利層にセメントを流し込んだ直接基礎の上にレンガで縁取り、コンクリートの型枠代わりとする。
- 厚さ40cm以上の鉄筋コンクリート床を打設する。
- 鉄筋コンクリート底版は、水門の上部構造と連続した構造とする。

(3) 門柱配筋と仮締め切り



写真6.16 取水門の門柱の配筋状況と仮締め切りによるドライ施工
(カシコート取水門)¹⁾ : 2012年11月4日

- 取水門の門柱の配筋および戸溝（堰板をはめこむ溝）を垂直に立てる。

(4) 堰板を挿入する戸溝の構造



写真6.17 取水門の門柱の構造配筋状況と戸溝の設置
(カシコート取水門)¹⁾ : 2012年11月15日

- 堰板を挿入する戸溝は、厚さ6mmの鉄板を加工し、底版基礎の鉄筋と溶接して強度を高める。

(5) 取水門上流側の取り付け部のコンクリート護岸



写真 6.18 コンクリート護岸の配筋状況 (カシコート取水門)¹⁾
: 2012年11月7日

- 激しい流水圧がかかる取水門直上流側は、大きな円形のコンクリート護岸とし、鉄筋コンクリート壁とする。
- 特に下段は激しい洗掘が発生するため、堅固な護岸構造とする。
- 取水門と上流護岸との接合部は特に強固に施工を行う。

(6) 取水門と土砂吐き間に土砂溜め設置

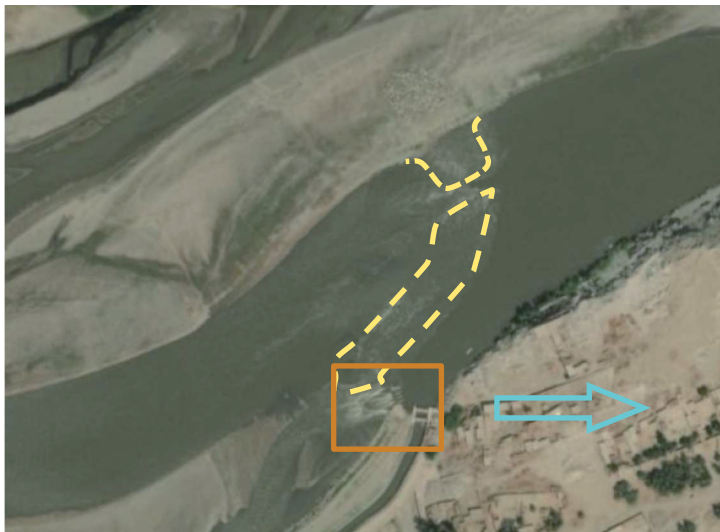


写真 6.19 取水門と土砂吐き、土砂溜めの施工状況（カマI取水門）¹⁾
：2019年1月22日

- 取水門と土砂吐きは、鉄筋コンクリート護岸にて連結し、一体構造とする。
- 取水門と土砂吐きの間の護岸は、流水に対して円滑な曲面形状とする。
- 土砂吐きの上流部は、鉄筋コンクリート・ライニングによる土砂溜めを設置し、門柱基礎と土砂吐き基礎を洗掘から防止する。
- 土砂溜めは、土砂吐き側に勾配を付けることで排砂を促す。

6.2.4 | 土砂吐きの施工監理

土砂吐きの施工監理は、以下に留意して実施する。ここでは、既存のPMS灌漑事業における土砂吐きの施工位置を図6.8に示すとともに、施工イメージ写真を用いて説明する。



注：() は、各施工工程の番号を示す。

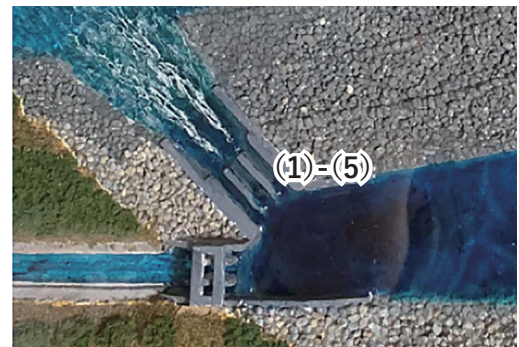


図6.8 土砂吐き門の施工位置図²⁾

(1) 直接基礎



写真6.20 厚さ0.5m以上の直接基礎を構築
(マルワールドⅡ堰土砂吐き)¹⁾ : 2016年10月17日

- 土砂吐き下部の底版の基礎は、巨礫層まで掘り、玉砂利層（通常厚さ0.5m以上）にセメントを流し込んだ直接基礎とする。
- セメントが、玉砂利層に均一に混ざるようにバックホウで攪拌し、平たく整形する。

(2) 底版および門柱の配筋



写真6.21 底版と門柱の配筋状況（カマⅠ堰土砂吐き）¹⁾
: 2018年12月25日

- コンクリート打設作業は、コンクリートミキサー車を複数並べ、人海戦術でフル回転して作業を行う。

(3) 配筋の詳細



写真6.22 底版と門柱の配筋状況の詳細（カマⅠ堰土砂吐き）¹⁾
2018年12月24日

- 配筋は、設計図面通りの鉄筋径と間隔で施工する。
- 鉄筋表面の泥等の付着物を取り除いて配筋を行う。
- 鉄筋の継ぎ足し長や定着長を十分に確保する。

(4) 堰板の着脱試験



写真 6.23 堰板の着脱試験状況 (マルワリードⅡ堰土砂吐き) ¹⁾
: 2019年1月22日

- 土砂吐きの堰板は、着脱可能な幅2.2m×高さ20cmの堰板を採用する。



鉄板補強による堰板の写真
: 2017年3月9日

(5) 土砂吐き下流部の護床工



写真 6.24 土砂吐き下流部の護床工 (カマⅡ堰土砂吐き) ¹⁾
: 2018年1月17日

- 土砂吐き下流に巨礫による護床工を形成し、水勢による川底の洗掘を防ぐ。
図4.30, P180 参照。
- 水叩きコンクリートと護床工の間は、隙間を開けず接合させる。

(6) 土砂吐き下流部の水叩きおよび護床工を形成

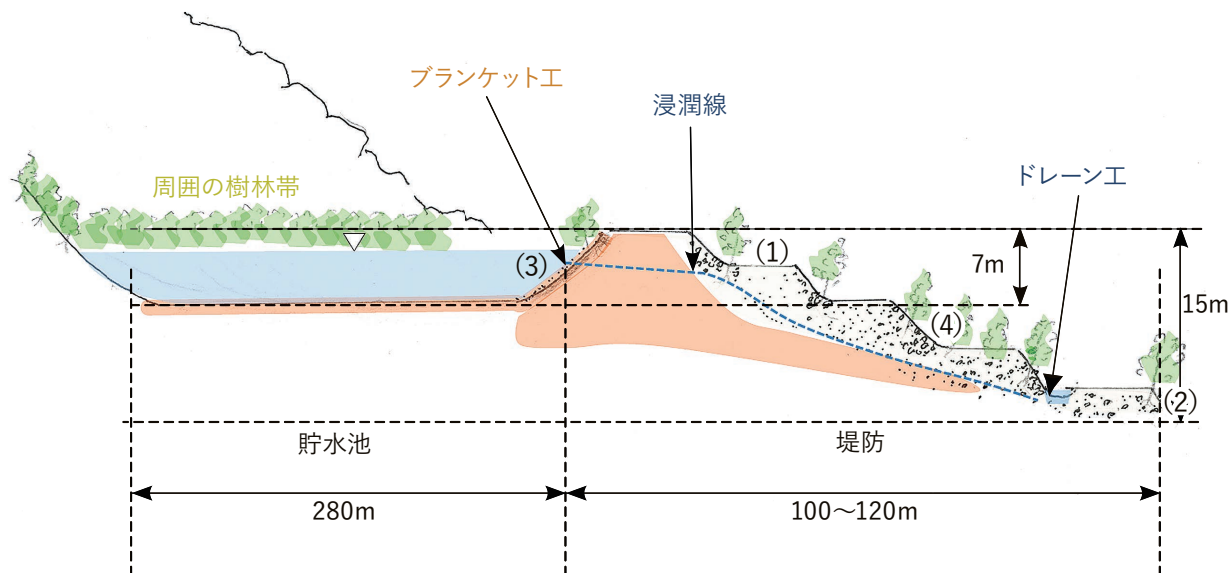


写真 6.25 土砂吐き下流部に水叩きおよび護床工を形成
(カマⅡ堰土砂吐き) ¹⁾: 2019年2月12日

- 水叩き下流部の護床工は、取水堰本体下流水叩き部の端部と同様の位置まで設置する。

6.3 貯水池の施工監理

貯水池の施工監理は、以下に留意して実施する。ここでは、既存のPMS灌漑事業における貯水池の施工位置を図6.9に示すとともに、施工イメージ写真を用いて説明する。



注：() は、各施工工程の番号を示す。

図6.9 貯水池の施工位置図 2), [3]を参照

(1) 築堤



写真6.26 築堤における重機、ダンプおよび作業員の状況（マルワリード主幹用水路Q2池）¹⁾：2009年5月6日

- 築堤は、盛土材の積み込み、運搬、舗装用ローラーによる転圧・締め固めという工程で行う。
- 30cm 毎の盛土に伴う各段のステップは最終的に一枚の斜面に仕上げる。
- 貯水池の築堤区間は全体が幅広い谷を成し、盛土量が多いため、施工区間を複数箇所（3ヵ所程度）に分けると共に、掘削機、ローダーおよびダンプの組み合わせを3組程度に分けて作業を進める。

(2) 漏水対策-1



写真6.27 築堤盛土斜面下（写真左下）に、滲出した水で湿地帯が形成（マルワリード主幹用水路Q2池）¹⁾：2009年6月28日

- 築堤盛土の最下段は、法尻土留めおよび盛土内浸潤線の低下を目的として、砂利による小段を形成する。

(3) 漏水対策-2



写真6.28 ブランケット敷設工事状況（マルワリード主幹用水路Q2池）¹⁾：2009年7月15日

- 築堤盛土は原則現地発生材を利用するが、盛土の止水性を確保するため、貯水池盛土の表法（貯水池側の法面）には不透水性のシルト質粘土のブランケットを敷きつめる。

(4) 漏水対策-3

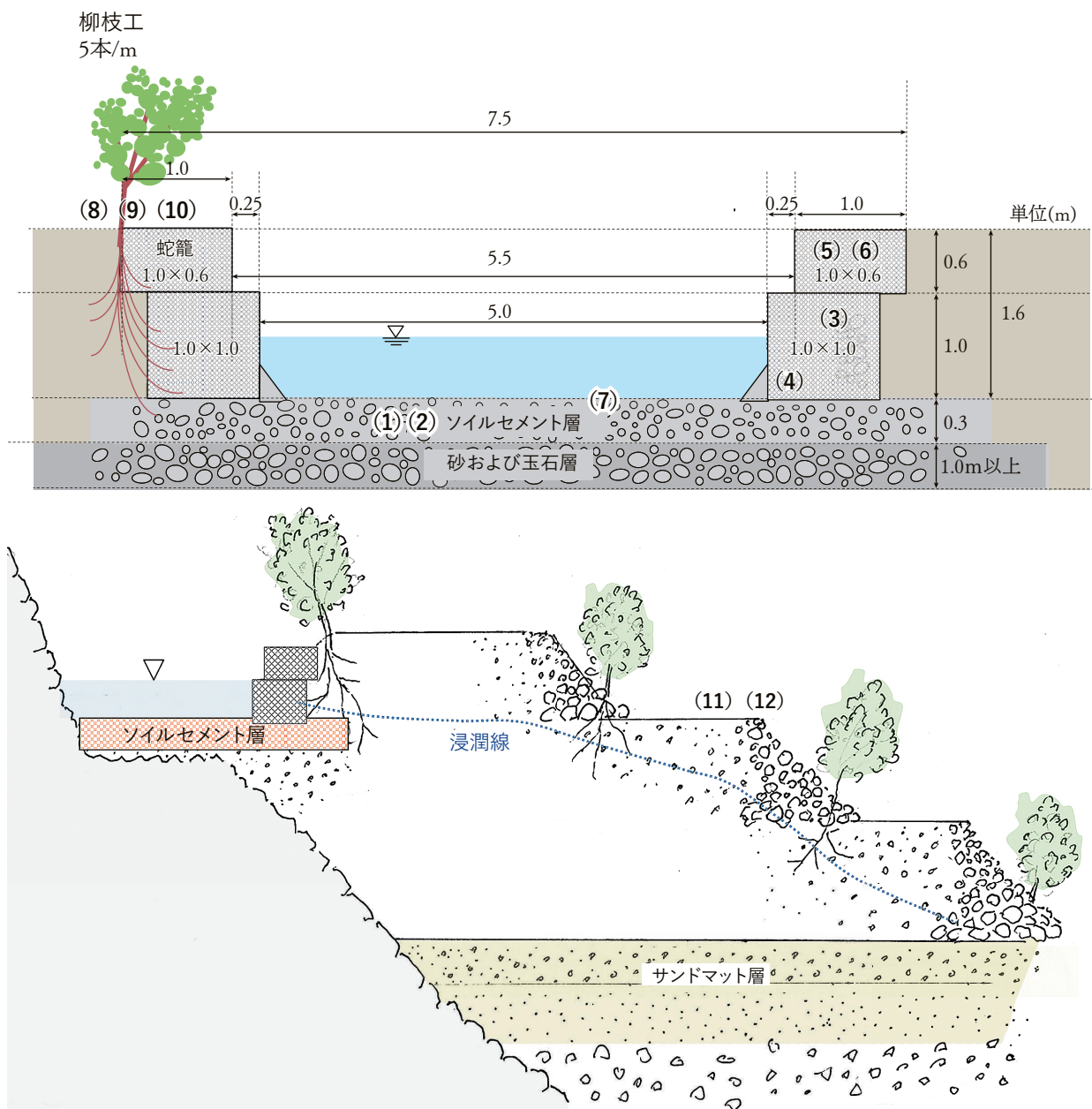


写真6.29 ユーカリによる貯水池堤防裏法の強化（マルワリード主幹用水路Q2池）¹⁾：2011年9月19日

- 盛土最下段に接する自然地盤には、根腐れのしないユーカリを植えて、貯水池堤防裏法を強化する。

6.4 主幹用水路および柳枝工の施工監理

主幹用水路および柳枝工の施工監理は、以下に留意して実施する。ここでは、既存のPMS灌漑事業における主幹用水路および柳枝工の施工位置を図6.10に示すとともに、施工イメージ写真を用いて説明する。



注：() は、各施工工程の番号を示す。

図6.10 主幹用水路の施工位置図 2), [3]を参照]

(1) 用水路床部のソイルセメント・ライニング工事中



写真6.30 用水路床部のソイルセメント・ライニング工事中
(マルワリードⅡ主幹用水路)¹⁾ : 2017年8月27日

- 主幹用水路床部は、現地盤のシルトや細砂を砂利に置換し、30cm前後の深さでソイルセメント・ライニングを施工する。
- その後、時間を置かず十分に締め固めを行う。

(2) 用水路床部のソイルセメント・ライニング工事ほか



写真6.31 用水路床部のソイルセメント・ライニング
(ミラーン主幹用水路)¹⁾ : 2014年12月11日

- 局所的な急勾配区間は流速が速くなるので、落差工を設けて水路勾配を一定に保ったり、ライニング施工時に石やレンガを使って凹凸をつけ、粗度を増して流れを緩やかにするなど、主幹用水路床部を保護する。
- 主幹用水路勾配は、100m毎に15cmの標高差となるよう、測量機器による高さ管理を行って施工する。

(3) 蛇籠敷設-1



写真6.32 蛇籠の製作および敷設状況(下段)(マルワリードⅡ主幹用水路)¹⁾ : 2016年12月18日

- 主幹用水路側岸の下段における蛇籠の敷設状況。
- 蛇籠を据える基礎(床付)面の状況を確認しながら蛇籠を敷設する。
- 灌漑を急ぐ場合は、蛇籠下段を敷設し、隅角にソイルセメントを充填した後送水を始める。

(4) 主幹用水路隅角部におけるソイルセメント充填



写真6.33 用水路隅角部におけるソイルセメント充填
(マルワリードⅡ主幹用水路)¹⁾ : 2016年12月24日

- 主幹用水路の隅角部は、より滑らかなソイルセメントを充填し、粗度を低減して流速を増し、主幹用水路隅角部への土砂堆積を防ぐ。また、浸透損失を抑えられる。

(5) 蛇籠敷設-2



写真6.34 蛇籠の製作および敷設状況 (上段) (マルワリードⅡ主幹用水路)¹⁾ : 2019年4月8日

- 主幹用水路側岸の上段における蛇籠の敷設状況。
- 蛇籠工背面の裏込め土に緩みが無いことを確認しながら蛇籠を敷設する。

(6) 蛇籠工による主幹用水路護岸の積み増し



写真6.35 蛇籠工による主幹用水路護岸の積み増し状況
(マルワリードⅡ主幹用水路)¹⁾ : 2018年7月19日

- 主幹用水路の縦断勾配は原則として一定とするが、岩盤の出現等で一部縦断勾配を緩やかにせざるを得ない場合は、その区間の設計水深を大きくする必要があり、蛇籠工を積み増して主幹用水路護岸とする。

(7) 主幹用水路床部のパイピング発生



写真6.36 主幹用水路床部のパイピング発生状況
(マルワリード主幹用水路FG区)¹⁾ : 2020年4月6日

- 主幹用水路内からの水の滲み出しに加え、近傍の調節池からの漏水、河川沿いの主幹用水路における河川水の上昇時の水の浸透、主幹用水路脇に土手がある場合の土手斜面からの雨水の流れ込み等により、主幹用水路底部にパイピングが発生する場合がある。

(8) 主幹用水路沿いの柳枝工の準備



写真6.37 柳枝工植樹前の畝造り (シギ主幹用水路)¹⁾
: 2015年1月29日

- 主幹用水路の蛇籠工護岸の背面に埋め戻されたシルトと砂の混合土に、畑の畝造りの要領で、1メートル毎に区画を作る。
- 区画を設けることで、水やりした水が区画内に残るようにする。

(9) 柳の植樹



写真6.38 用水路沿いの植樹状況 (マルワリードⅡ主幹用水路)¹⁾
: 2017年6月12日

- 区画内に、一定の密度 (1m²で10本～12本) で柳を植樹する。
- 植樹後に、水やりをひたすら繰り返すことで活着率を高める。
- 水やりは、ポンプを使わず、バケツで灌水し、活着率を向上させる。ポンプは維持手間がかかる上、しばしば土砂を洗い流してしまうからである。

(10) 柳枝工の生育状況の確認



写真 6.39 植樹後 3～4 ヶ月を経た柳枝工（ミラーン主幹用水路）¹⁾
：2015年9月21日

- 夏の水やりを根気よく行うことで、半年程度で柳は活着する。

(11) 盛土上用水路脇および法面における植樹



写真6.40 盛土上用水路脇および法面の植樹状況
（マルワリード主幹用水路FG区）¹⁾：2010年3月28日

- 水路脇の植樹は、ヤナギの他、土手造成部分では、やや乾燥に強い木を植樹する。
- 植樹はクワを主として、オリーブ、ビエラ等を植樹する。

(12) 盛土上主幹用水路の漏水対策



写真6.41 盛土上に構築された用水路と石出し水制
（マルワリード主幹用水路FG区）¹⁾：2008年3月24日

- 湿地帯上の高盛土に主幹用水路を構築する場合、最初に軟弱な基礎地盤の厚さ1.0-1.5mを砂利と良質土で置換し（サンドマット工法）、その上部に盛土を行う。
- 盛土最下段法尻には、漏水対策としてドレーン工を施す。
- 用水路近傍に河川があり、分流が迫る恐れがある場合は、石出し水制を設け、河道を遠ざける。

コラム6-3：施工後の経年変化例¹⁾

a) 主幹用水路の経年変化例：施工から1年半～3年半後



造成から1年半が経過。主幹用水路沿いのヤナギ（上段）は1.0～1.5mに成長。2段目・3段目のクワは幼木を移植したばかり。2007年4月28日



造成から3年半が経過。クワが2～2.5mに成長して活着。ヤナギは4m前後に成長。2009年4月9日

b) 盛土水路区間の経年変化例：造成中～施工4年後



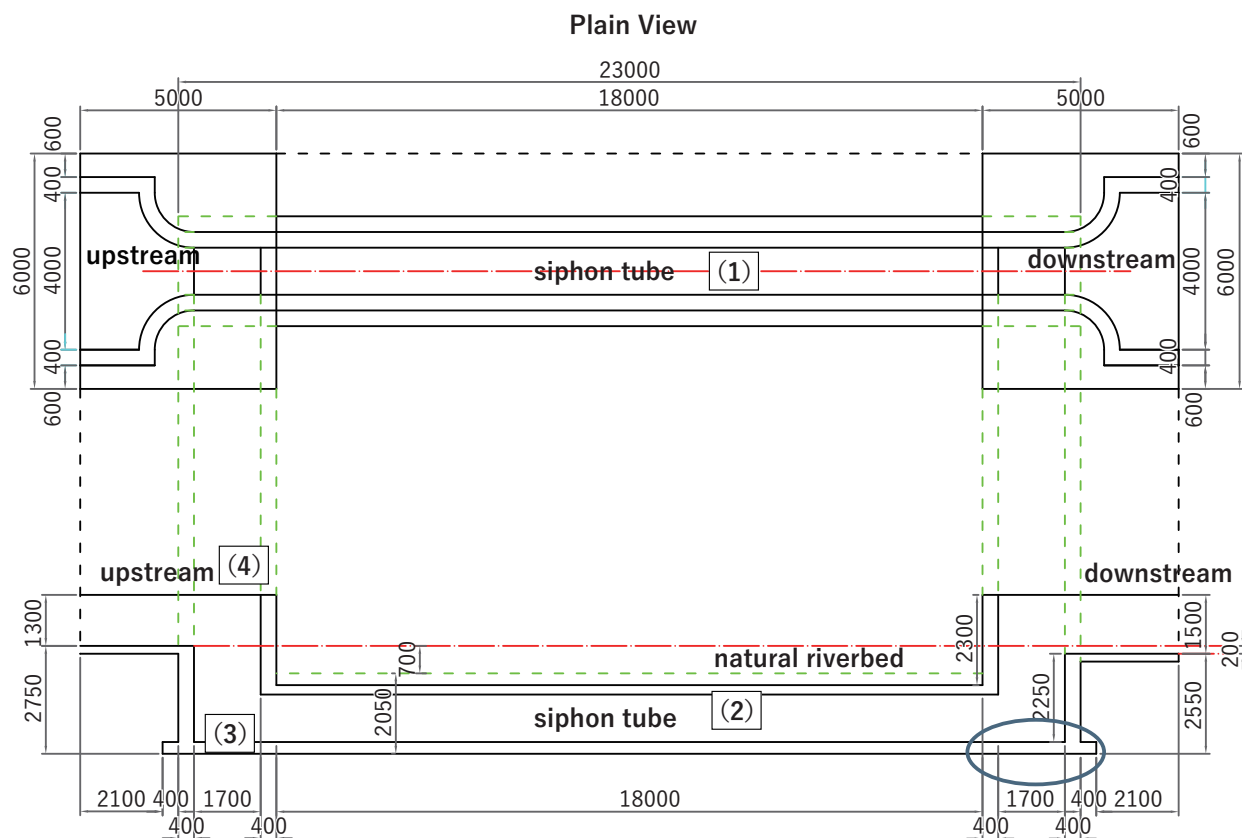
造成中の盛土水路。左手が岩盤、右手に湿地帯が見える。2005年2月27日



造成から4年を経過した同地点。2009年5月10日

6.5 サイフォンの施工監理

サイフォンの施工監理は、以下に留意して実施する、ここでは、既存のPMS灌漑事業におけるサイフォンの設計例を図6.11に示すとともに、施工イメージ写真を用いて説明する。



注：() は、各施工工程の番号を示す。

○：理想的には、サイフォン立坑底部に泥溜めを設けることが望ましい。

図 6.11 サイフォンの設計例¹⁾

(1) サイフォン位置の設定



写真6.42 サイフォン施工前の状況（マルワリード用水路、ガンベリ洪水路）¹⁾：2012年4月10日

- 土石流や洪水流の流下痕跡を調査し、サイフォンの設置箇所および設置区間を確認する。
- サイフォンの立坑位置および地下管渠の線形上に目印を置き（石や杭）、工事前に建設対象の構造物の位置を確定する。

(2) サイフォンの施工



写真6.43 サイフォン施工状況
(マルワリード用水路、ガンベリ洪水路)¹⁾ : 2012年10月24日

- 施工中の洪水流の流下に備え、周りを土手で固める。また、サイフォンの埋設管長は、施工区間を分割し、一区間終わる毎に埋め戻す。

(3) サイフォンの立坑構築-1



写真6.44 サイフォン立坑基礎の施工状況
(マルワリード用水路、ガンベリ洪水路)¹⁾ : 2012年4月10日

- サイフォンの立坑構築においては、沈下防止のための基礎工事が重要である。
- 砂利層などの支持層を確認するために、試掘を行う。
- 砂利層にセメントを流し込んで堅固な直接基礎とし、更に40cm厚の鉄筋コンクリート底版を設置して、立坑の基礎とする。

(4) サイフォンの立坑構築-2

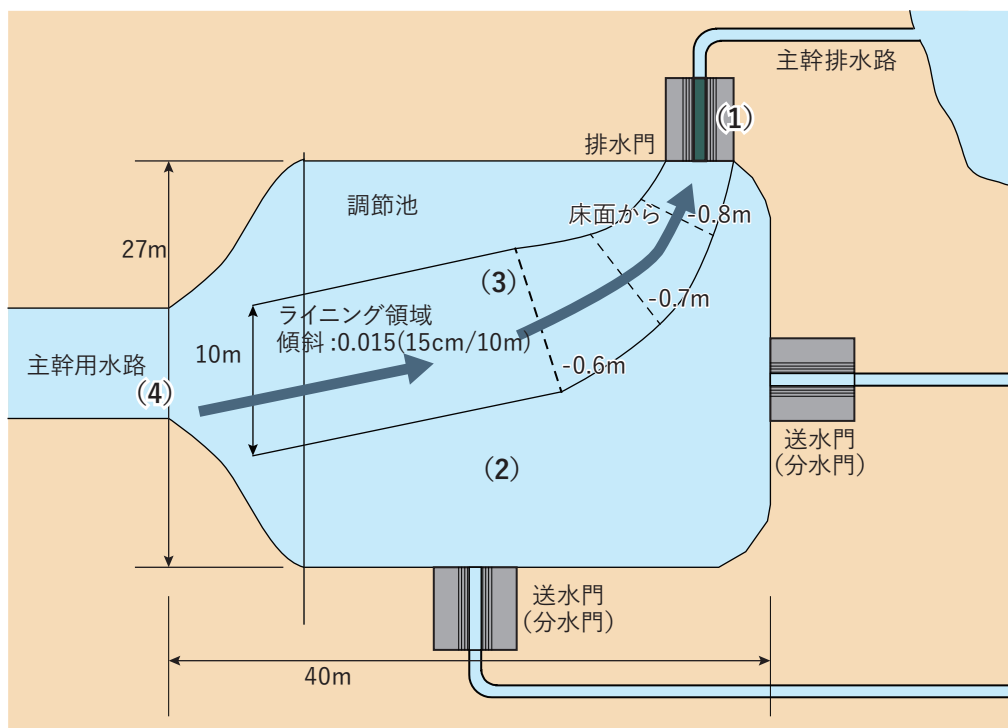


写真6.45 サイフォンの安全対策工 (マルワリードⅡ用水路)¹⁾
: 2018年6月30日

- サイフォン立坑内への子供などの転落事故防止のため、立坑天端に防御網を設置する。

6.6 沈砂池の施工監理

沈砂池の施工監理は、以下に留意して実施する。ここでは、既存のPMS灌漑事業における沈砂池の施工例を図6.12に示すとともに、施工イメージ写真を用いて説明する。



注：() は、各施工工程の番号を示す。

図6.12 沈砂池の施工位置図²⁾、³⁾を参照

(1) 排水門部の施工



写真6.46 排水門部における落差の状況 (ミラーン) ¹⁾

：2015年2月7日

- 排水門の敷高は、沈砂池床面高および送水門敷高より50cm～1m低く設定し、排砂効果を高める。
- 排水門はスライドゲートとし、池内の底水を土砂とともに排出する。
- 排水門の底面と排砂路の接続部は、間詰めをし、段差が生じないように施工を行う。

(2) 沈砂池床面の造成

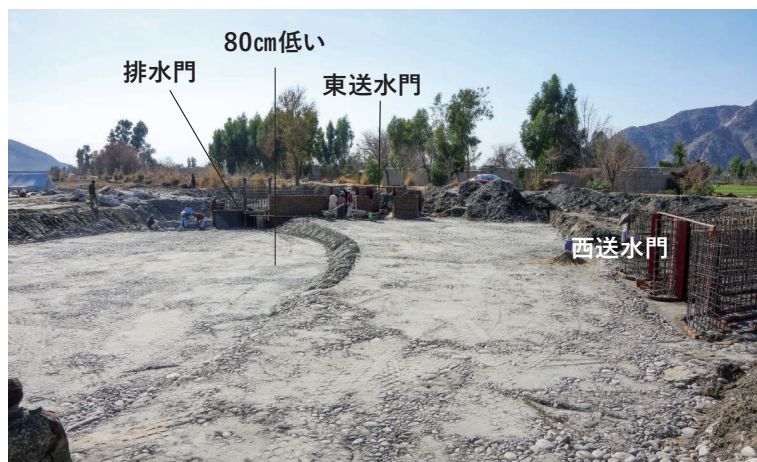


写真6.47 沈砂池床面の施工状況 (ミラーン) ¹⁾
: 2015年1月29日

- 池床面レベルと同レベルで堰板式送水門を設置する。
- 沈砂池内の床面には、排水門に繋がる排砂路を設ける。
- 排砂路の床面は、排砂効果を高めるために、排水門敷高に向かってスロープを設ける。
- スロープの施工に際し、勾配が設計通りとなるように高さ管理を行う。

(3) 排砂路のライニング施工



写真6.48 排砂路のコンクリート・ライニングの施工 (ミラーン) ¹⁾
: 2015年2月7日

- 沈砂池内の排砂路は、排水門までコンクリート・ライニングを施し、粗度を小さくして排砂効果を高める。
- ライニングに当たっては、コンクリートを均一な厚さで打設を行う。

(4) 沈砂池の完成

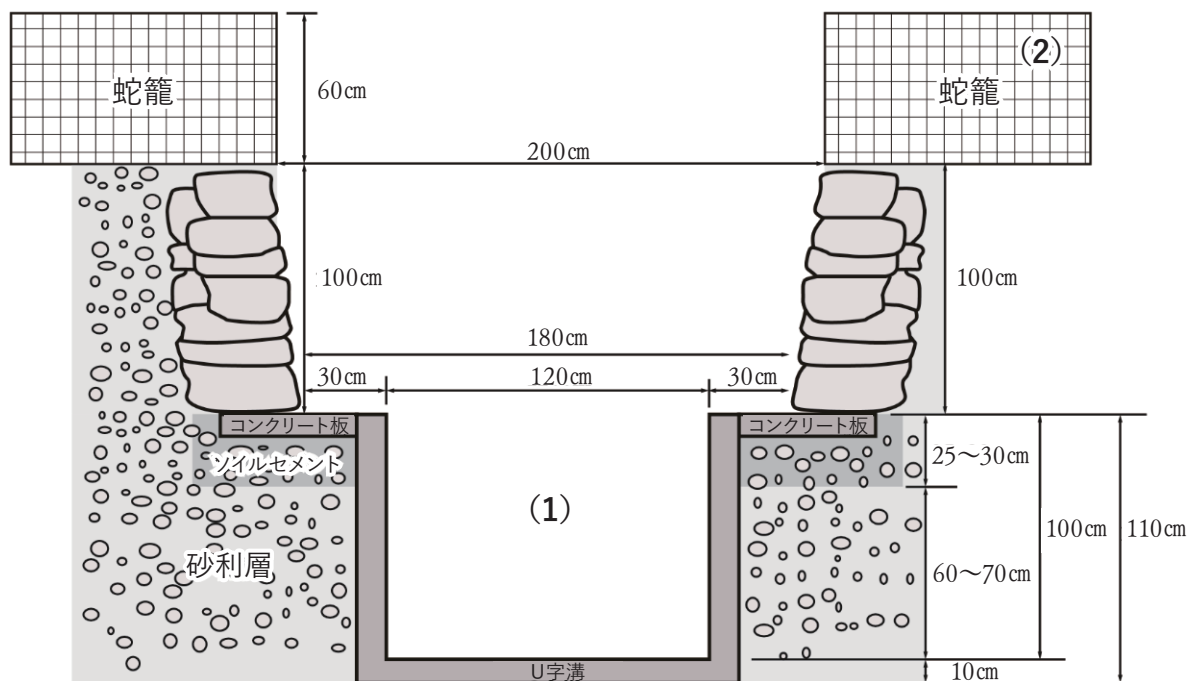


写真6.49 沈砂池形状の工夫 (ミラーン) ¹⁾
: 2015年2月12日

- 沈砂池規模を流向方向に長く取りすぎると排砂路床面勾配が緩くなり土砂排出がしにくくなるため、沈砂池の形状は長辺40～50m、短辺30～40m程度に仕上げる。

6.7 主幹排水路の施工監理

主幹排水路の施工監理は、以下に留意して実施する。構造は場所によって様々だが、ここでは、既存のPMS灌漑事業におけるプレキャストU型水路構造の主幹排水路の設計例を図6.13に示すとともに、施工イメージ写真を用いて説明する。



注：() は、各施工工程の番号を示す。

図6.13 主幹排水路（プレキャストU型水路構造）の設計例²⁾、³⁾を参照]

(1) 主幹排水路におけるU字溝の設置



写真6.50 主幹排水路におけるU字溝の設置状況
(ガンベリ主幹排水路)¹⁾：2016年7月23日

- 現況地盤面から2.0～2.5m掘り下げ、軟弱地盤があれば、U字溝の基礎として0.5m程度は砂利層で置換する。
- U字溝はクレーンで吊り上げて設置する。

(2) 主幹排水路上部の土留めの施工

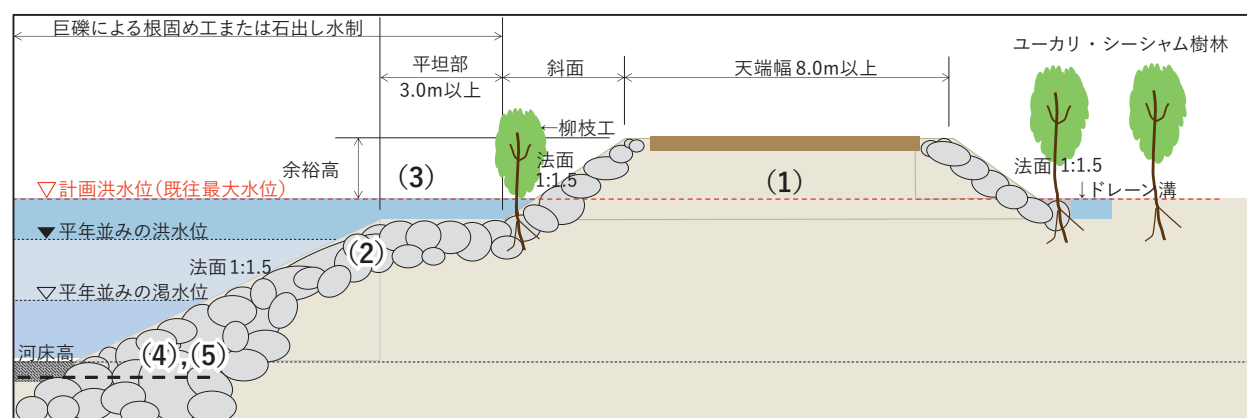


写真6.51 主幹排水路上部の土留めの施工状況
(ガンベリ主幹排水路)¹⁾ : 2017年9月28日

- U型水路の上部は、蛇籠工を設置して土留めを行う。蛇籠工背面の裏込め土は、緩みが無いように、確実に締め固める。

6.8 堤防・石出し水制の施工監理

堤防・石出し水制の施工監理は、以下に留意して実施する。ここでは、既存のPMS灌漑事業における堤防・石出し水制の施工例を図6.14に示すとともに、施工イメージ写真を用いて説明する。



注：() は、各施工工程の番号を示す。

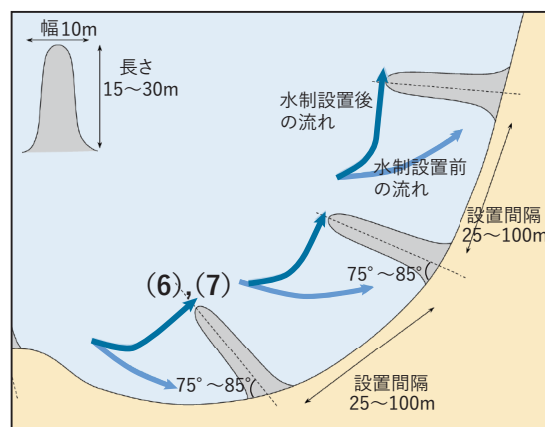


図6.14 堤防・石出し水制の施工例(2),(3)を参照

(1) 堤防本体の築造



写真6.52 盛土材巻き出し転圧状況 (ベスード護岸) ¹⁾
: 2010年10月13日

- 堤防天端は、工事用道路および工事完了後の管理用道路として使用する。
- 透水性の低いシルトを砂利と混合して築堤していく。
- 厚さ30cm毎に巻き出した盛土材の転圧・締め固めを行う。
- 川側法面は、激しい流水圧に耐えられるように巨礫で被覆する。

(2) 堤防の捨石工



写真6.53 堤防の川側法面の捨石工の状況 (ベスード護岸) ¹⁾
: 2011年6月18日

- 小段を設けた上下2段の捨石工。両段ともに巨礫で厚く被覆する。
- 下段の捨石工は、堤防を洗掘から守る根固め工の役割を持ち、一定間隔で設置される石出し水制と連続させる。

(3) 植生工による堤防の保護



写真6.54 植生工による堤防の保護状況 (ベスード護岸) ¹⁾
: 2012年10月24日

- 川側法面にヤナギやシーシャムを植樹して水の流れから堤防を守る。
- 堤防下段のヤナギの密植は、根固め工と一体となって堤防を保護する。

(4) 石出し水制基礎部の施工



写真6.55 石出し水制基礎部施工状況（ミラーン）¹⁾
：2014年10月22日

- 石出し水制の基礎を構成する堤防の根固め部を構築するため、ダンプカーにて巨礫の巻き出しを行う。

(5) 石出し水制構築における石材投入



写真6.56 石出し水制構築における石材投入の状況
（ミラーン護岸始点から数百m）¹⁾ ：2015年2月12日

- 河道の湾曲部外側など、流れが最も激しい区間は、十分な量の石材を投じて、厚く深い基礎を構築する。
- 1ヵ所の石出し水制の構築には、ダンプトラック数十台分の巨礫の投入が必要となる。

(6) 石出し水制群の構築



写真6.57 石出し水制群の構築状況（ミラーン）¹⁾
：2015年1月24日

- 堤防に沿って、一定間隔で、石出し水制を構築することで、堤防法尻の洗掘防止効果を発揮する。
- 石出し水制の天端から転圧を行い、水制を構成する空石積みを締め固めて河床面の下に根入れを確保する。
- 水制構築時に水制天端にダンプトラックが複数回往來することで締め固めが促進される。

(7) 石出し水制の効果



- 半越流型不透過石出し水制は、河川の激流を河岸から遠ざける効果を発揮する。

写真6.58 最も浸食が激しい河道湾曲部の石出し水制の設置部における流れの状況（ミラーン）¹⁾：2015年4月20日