

12. 基礎工の設計

12-1 基礎工法の選定

12-1-1 基礎工法選定方針

基礎工の検討は、“11. 安定構造計算”の安定計算結果を考慮して行う。安定計算では各検討ケースの地盤反力が算定されていることから、各堰群の地層条件から支持地盤の地耐力を求めて検討を行う。なお、必要な地耐力を有していない場合は、適切な基礎工法を検討する。検討は図 12-1.2 の手順にて行う。一般的に、堰の基礎工として採用される主な基礎工法は、図 12-1.1 のとおりである。

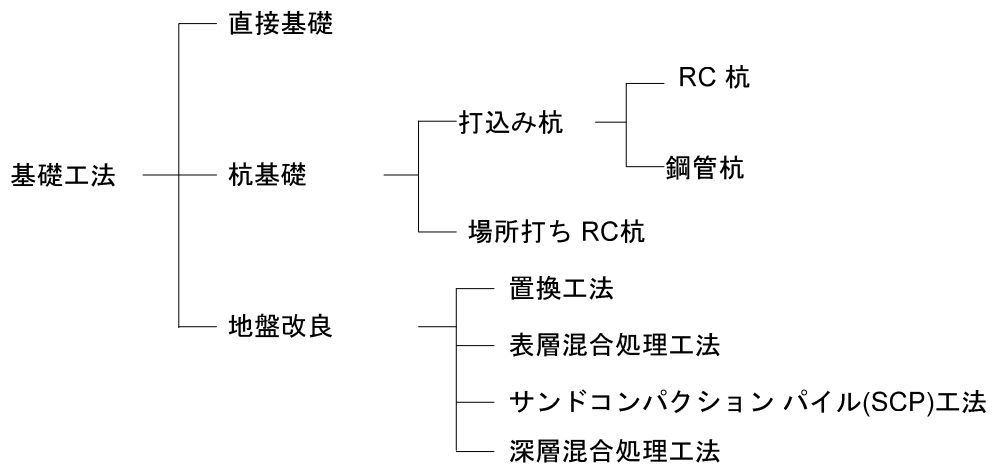


図 12-1.1 基礎工法の種類

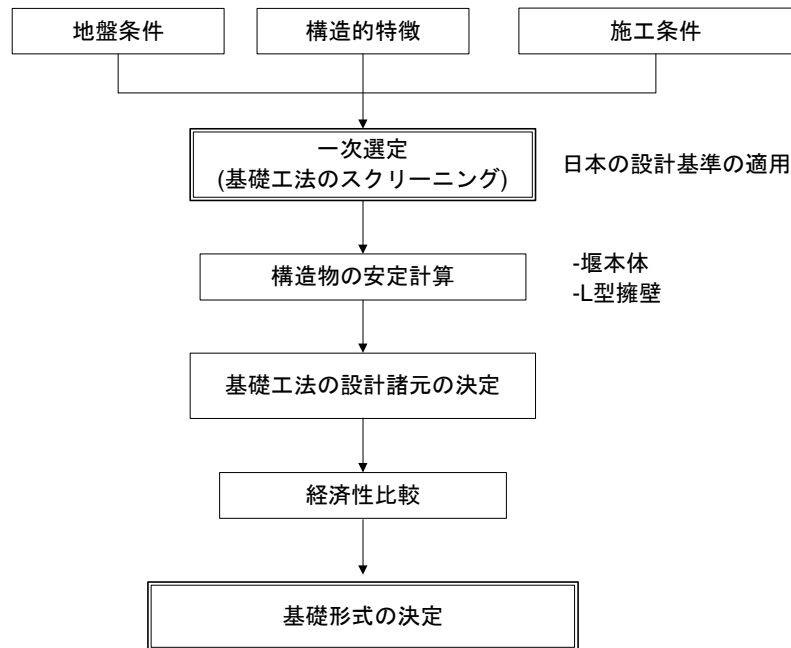


図 12-1.2 基礎工法の選定手順

なお、Egyptian Code に提示された Terzzerghi 式による地耐力の検討方法は、日本国の設計基準（道路橋示方書 下部構造編）で示される式とは係数の取り方が異なり、算定される数値は日本国の式よりも大きな値が得られる。特に砂地盤条件での地耐力の値は日本国の約7倍も開きがあり、N 値から目安的に推定される地耐力の値から鑑みても相当に過大値である（Appendix 参照）。

このような取扱い基準により大きな差が生じた許容支持力において、エジプト国内での設計実態をエジプト国のコンサルタントに聞き取りを行った結果、Egyptian Code に提示された Terzzerghi 式による地耐力の検討方法の他に、地盤沈下量の算定の両面より検討を行っていることが判明した。地盤沈下量より求まる地盤の許容支持力を算定した結果は、日本国で示されている修正 Terzzerghi 式の許容支持力とほぼ同等となることが確認された。

この結果、第19回 TAC 会議で本問題の解決を委ねられた専門技術者によるパネル会議を経て、Egyptian Code に提示された Terzzerghi 式による地耐力の検討と地盤沈下量より求まる支持力の両面より検討を行い、地盤の許容支持力を求めることが決定された。

12-1-2 基礎工法の1次選定

1次選定では、最初に各堰群において図12-1.3に示す位置のボーリングデータを評価して地耐力を求め、直接基礎の検討を行う。



図 12-1.3 評価ボーリングの位置図

(1) 許容地耐力の算定

地耐力の算定式は荷重の偏心を考慮して求められる地盤の極限支持力（修正 Terzaghi 式を基礎式）から求める、算定された極限支持力は安全率を乗じて、構造物の地盤反力を詳細する。地耐力の算定方法は以下のとおりである。

a) 地盤の許容支持力

地盤の許容支持力は、荷重の偏心を考慮して求められる地盤の極限支持力に対し下記の安全率が確保されていなければならない。

表 12-1.1 地耐力の安全率 (Egyptian code)

常 時	地 震 時
2.5	1.8

b) 地盤の極限支持力

Egyptian code による静力学公式で求められる荷重の偏心を考慮した地盤の極限支持力は次式による。

$$q_u = c \cdot N_c \cdot \lambda \cdot c \cdot i_c + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot \lambda \cdot q \cdot i_q + \gamma_2 \cdot B_e \cdot N_r \cdot \lambda \cdot r \cdot i_r$$

$$q_a = 1/n \cdot q_u$$

ここに、 q_u ; 荷重の偏心を考慮した地盤の極限支持力 (tf)

q_a ; 地盤の許容支持力 (kN/m²)

n ; 安全率 (表 12-1.1)

N_c ; $(Nq-1) / \tan\phi$

$$Nq ; e^{\pi \cdot \tan \phi} \cdot \tan^2(45 + \phi / 2)$$

$$Nr ; (Nq-1) \tan \phi$$

$$ic ; iq - (1 - iq) / (Nq - 1)$$

$$iq ; \{1 - 0.7 \cdot (H \cdot Fb / (V \cdot Fb + A \cdot c \cdot \cot \phi))\}^3$$

$$ir ; \{1 - (Hb / (Vb + A \cdot c \cdot \cot \phi))\}^3$$

$\gamma 1, \gamma 2$; 支持地盤及び根入れ地盤の単位重量 (kN/m³)

*ただし、地下水位以下では水中単位体積重量を用いる。

$\lambda c, \lambda r, \lambda q$; 表 12-1.2 参照のこと。

表 12-1.2 形状係数 (Egyptian code)

基礎底面の形状	帯状	正方形、円形	長方形、楕円形、小判形
$\lambda q, \lambda c$	1.0	1.3	$1 + 0.3 \cdot (Be/Le)$
λr	1.0	0.7	$1 - 0.3 \cdot (Be/Le)$

Be ; 荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅(m)

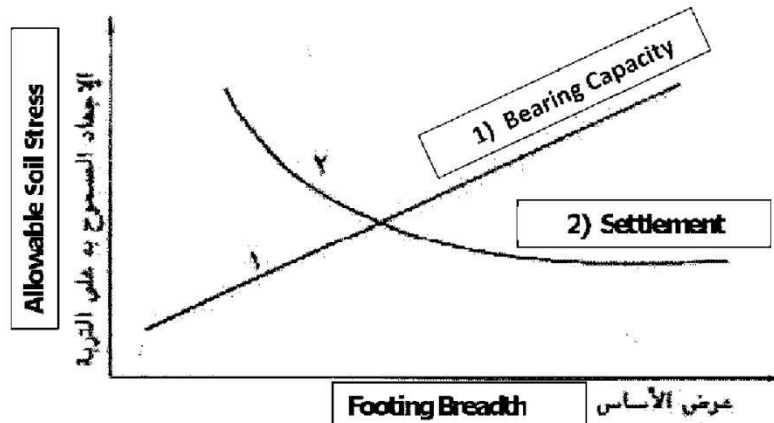
$$Be = B - 2e$$

c) 沈下量から求まる許容地耐力

沈下量から求まる地盤の許容地耐力は Egyptian code では以下のように記載されている。

1. Egyptian code における地質と基礎の設計条件

- 地質条件に基づく浅基礎の設計では、許容地耐力と沈下量のそれぞれから決定し、安全な地盤反力の算定を上記 2 つの条件から求める。
- 大規模な寸法の基礎では、設計においては沈下量の値が支配的となる。
- 下表は、基礎幅による地盤の許容地耐力と沈下量の関係を示している。



شكل (٢-٣) العلاقة بين الإجهاد المسموح به وعرض الأساس

(١) لمعامل أمان معين من فشل تربة الأساس

(٢) لمقدار معين من الهبوط

Relation between Allowable Stress & Footing Breadth

[clause 4.9.1.1]

図 12-1.4 Egyptian code による沈下量の考え方

2. 許容沈下量

全沈下量：(粘土地盤) < 100~150mm

全沈下量：(砂地盤) < 70~100mm [clause 3.2.6.6.a]

3. 許容沈下量の計算方法 (バハルヨセフ、イブラヒミア)

$$s = \sigma \left(\frac{\sigma}{Es} \right) hz$$

s : 全体沈下量 (mm)

σ : 対象層の中間の応力 (kN/m²)

hz : 各層の層厚 (m)

Es : 弾性係数 (kN/m²)

N 値からの弾性係数の推定 [clause 3.4.3.3.b]

Es= (4~12) N_{spt} の範囲で算定する。

Es= (4) N_{spt} : シルト、シルト質砂

Es= (7) N_{spt} : 細砂と中砂

Es= (10) N_{spt} : 粗砂

Es= (12) N_{spt} : 礫と砂交じり礫

hz : 各層の層厚 (m)

$$\sigma_z = q / (1+z/B) / (1+z/L) \quad [\text{clause 3.4.4.4.c.1}]$$

ここに B と L は基礎の寸法である。

d) 許容地耐力の算定結果

以上を算定した結果、各堰群の許容地耐力は表 12-1.3 のとおりである。

表 12-1.3 各堰の許容地耐力

堰名称および部位		修正テルツァーキ式による地耐力		沈下量による地耐力 (kN/m ²)	備考
		常時 (kN/m ²)	地震時 (kN/m ²)		
ハハルヨセフ堰.	堰本体 (Br.No.BH-N2D)	267.2 (Dir. F.A) 269.2 (Dir. W.A)	300.0 (Dir. F.A) 306.2 (Dir. W.A)	49.16 (採用)	Sand ground : N=6,φ=23°
	L型擁壁 (H-N2C)	19.3 (Dir. F.A) - (Dir. W.A)	24.6 (Dir. F.A) - (Dir. W.A)		
イブラヒミア堰	堰本体 (Br.No.BH-N3')	511.5 (Dir. F.A) 512.8 (Dir. W.A)	573.1 (Dir. F.A) 585.5 (Dir. W.A)	91.48 (採用)	Sand ground : N=13, φ27°
	L型擁壁 (Br.No.BH-N3)	19.3 (Dir. F.A) - (Dir. W.A)	24.6 (Dir. F.A) - (Dir. W.A)		
ハドラン堰	バドラン水路 (Br.No.BH-A1 B)	239.24 (Dir. F.A) 487.07 (Dir. W.A)	317.39 (Dir. F.A) 652.91 (Dir. W.A)	— (Clay layer)	Silty clay: N=18, φ0°
	ダイルティア水路 (Br.No.BH-A1 A)	191.36 (Dir. F.A) 309.68 (Dir. W.A)	251.30 (Dir. F.A) 417.04 (Dir. W.A)		
アバキヤハル堰	アボギャバル、イ ラテルカウイ水路 (Br.No.BH-N5)	383.69 (Dir. F.A) 415.24 (Dir. W.A)	513.37 (Dir. F.A) 570.44 (Dir. W.A)	— (Clay layer)	Silty clay: N=25, φ0°
サリア堰(Br.No.BH-N6)		223.25 (Dir. F.A) 317.02 (Dir. W.A)	286.60 (Dir. F.A) 418.43 (Dir. W.A)	— (Clay layer)	Silty clay: N=16, φ0°

Note) "Dir. F. A." は "Direction of Flow Axis"を指し流心方向を示す。 "Dir. W.A." は "Direction of Wire Axis"を指し堰軸方向を示す。

(2) 許容地耐力の評価

“11. 安定構造計算”の安定計算結果より得られた各ケースの最大地盤反力と比較すると表 12-1.4 の結果となる。大規模堰群であるバハルヨセフ堰とイブラヒミア堰は十分な地耐力を有していないため、直接基礎の採用はできない。

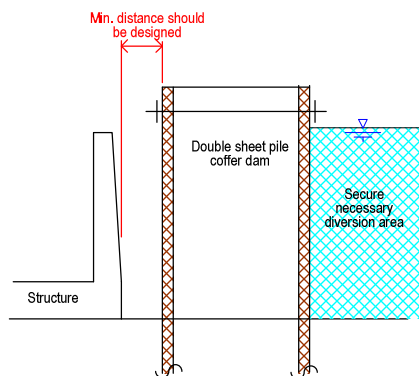


図 12-1.5 二重締切と構造物の関係

安定計算結果から把握される両堰の最大地盤反力は約 136kN/m² であるためこれを上回る地耐力が必要となるが、支持力算定式から逆算すると N 値 18 程度が 141kN/m² を期待できる地層となる。ボーリングから評価される N 値 18 程度が確認できる層は以下のようになる。

- ・バハルヨセフ：エプロン床付け面 (EL37.5m) より 10m の下層 (EL27.5m) 付近
- ・イブラヒミア：エプロン床付け面 (EL37.5m) より 4m の下層 (EL33.5m) 付近

また、バハルヨセフ堰とイブラヒミア堰の堰直下流に設置するL型擁壁の底板は、2重締切の設置範囲に懸かるため、堰エプロン側に床板を設置する構造となる。このため、壁背面からの水平作用力に対し抵抗鉛直力が小さくなり滑動や偏心量が卓越する上、地耐力を上回ることから直接基礎の採用はできない。

小規模堰群に分類される、バドラマン堰、アボギャバル堰およびサヘリア堰はN値の高い粘土層がエプロン床付け面の地層に確認でき、これらは十分な地耐力を有することから直接基礎を採用する。

以下に、各堰の地盤反力と許容地耐力の比較結果を示す。

表 12-1.4 各堰の地耐力の検討結果

常時

		地盤条件	最大地盤反力 (kN/m ²)		許容地耐力 (kN/m ²)	判定 (OK or NG)	N値	備考
バハルヨセフ	堰	砂	144.84	>	49.16	NG	6	
	L型擁壁	砂	68.53	>	19.3	NG	8	
イブラヒミア	堰	砂	144.82	>	91.48	NG	13	
	L型擁壁	砂	68.52	>	19.3	NG	9	
バドラマン	バドラマン水路	粘土	107.27	≦	239.24	OK	18	直接基礎可
	ダイルーティア水路	粘土	101.56	≦	191.36	OK	14	直接基礎可
アボギャバル	堰	粘土	106.47	≦	383.69	OK	25	直接基礎可
サヘリア	堰	粘土	141.89	≦	223.25	OK	16	直接基礎可

地震時

		地盤条件	最大地盤反力 (kN/m ²)		許容地耐力 (kN/m ²)	判定 (OK or NG)	N値	備考
バハルヨセフ	堰	砂	133.15	>	68.28 ^{note)}	NG	6	
	L型擁壁	砂	82.84	>	24.6	NG	8	
イブラヒミア	堰	砂	144.82	>	127.06 ^{note)}	NG	13	
	L型擁壁	砂	82.84	>	24.6	NG	9	
バドラマン	バドラマン水路	粘土	107.14	≦	317.39	OK	18	直接基礎可
	ダイルーティア水路	粘土	95.86	≦	251.30	OK	14	直接基礎可
アボギャバル	堰	粘土	111.44	≦	513.37	OK	25	直接基礎可
サヘリア	堰	粘土	153.67	≦	286.60	OK	16	直接基礎可

note) 沈下量計算による地震時の許容地耐力は Egyptian code の安全率より下式より推定する。

$$68.28\text{kN/m}^2 = 49.16\text{ kN/m}^2 \times 2.5/1.8, 127.06\text{kN/m}^2 = 91.48\text{ kN/m}^2 \times 2.5/1.8$$

Bahr Yusef Regulator

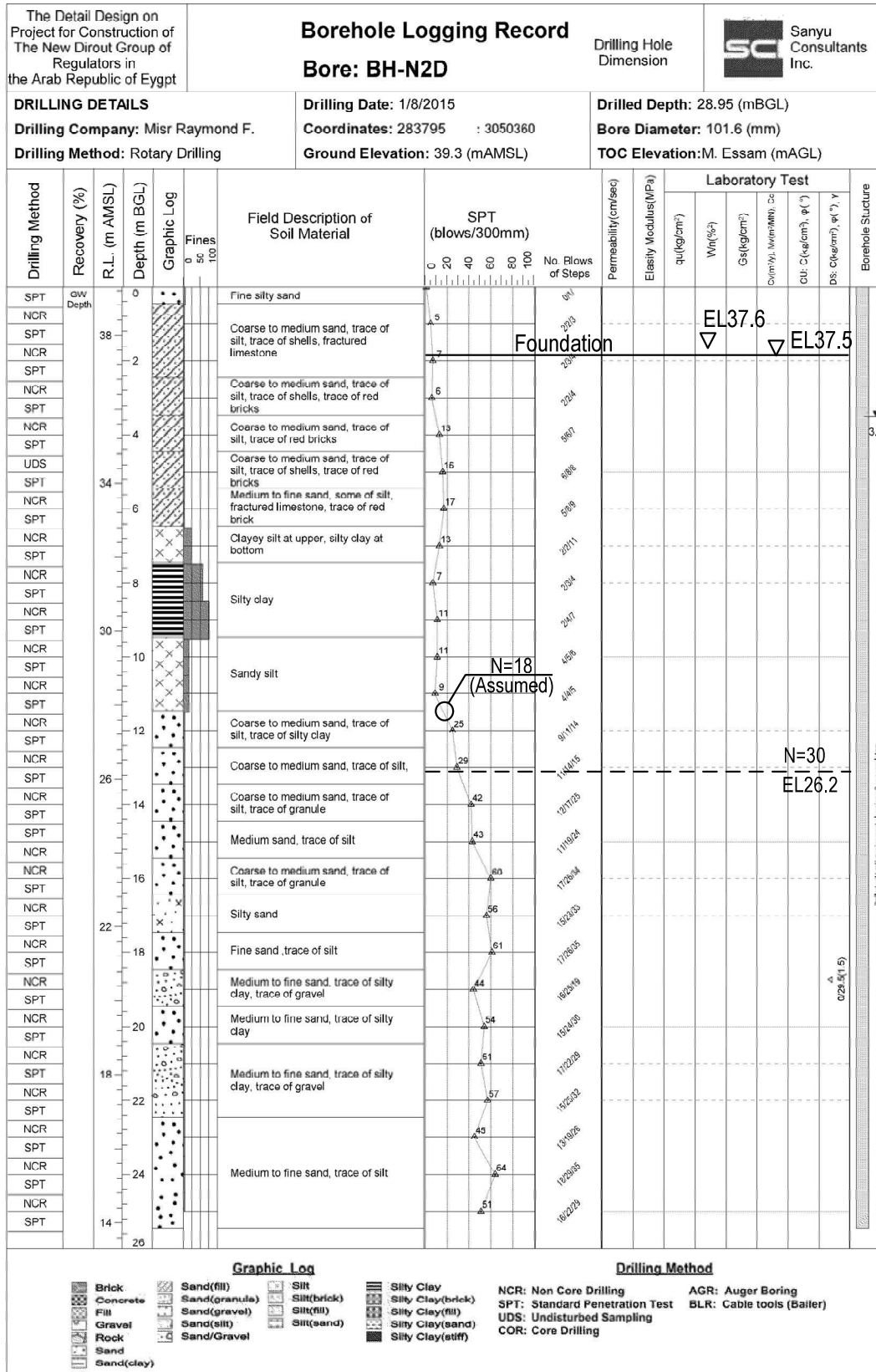


図 12-1.6 Br No. BH-2D バハルヨセフ堰

Bahr Yusef L type wall

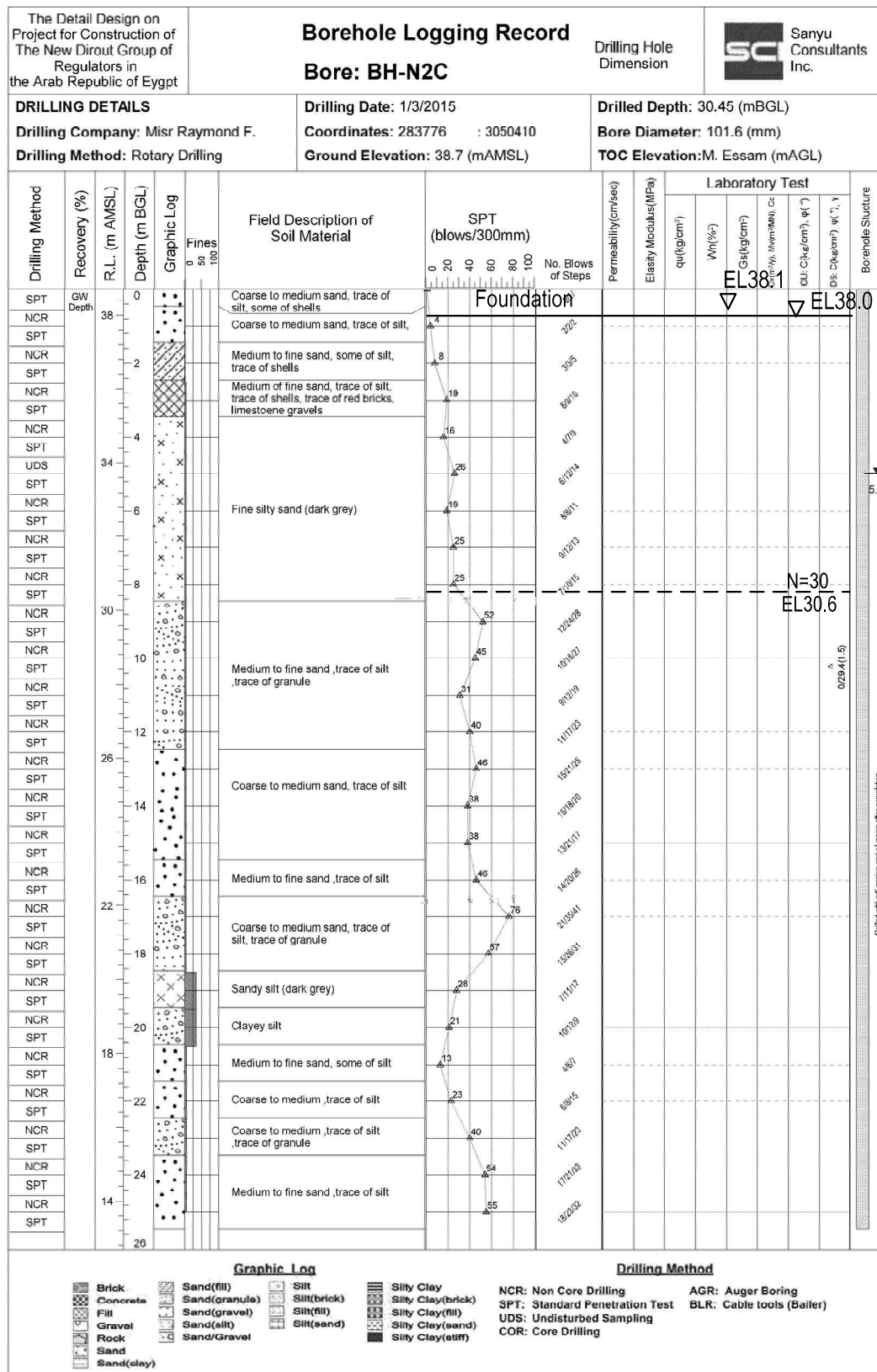


図 12-1.7 Br. No. BH-N2C バハルヨセフ堰 (L型擁壁)

Ibrahimia Regulator

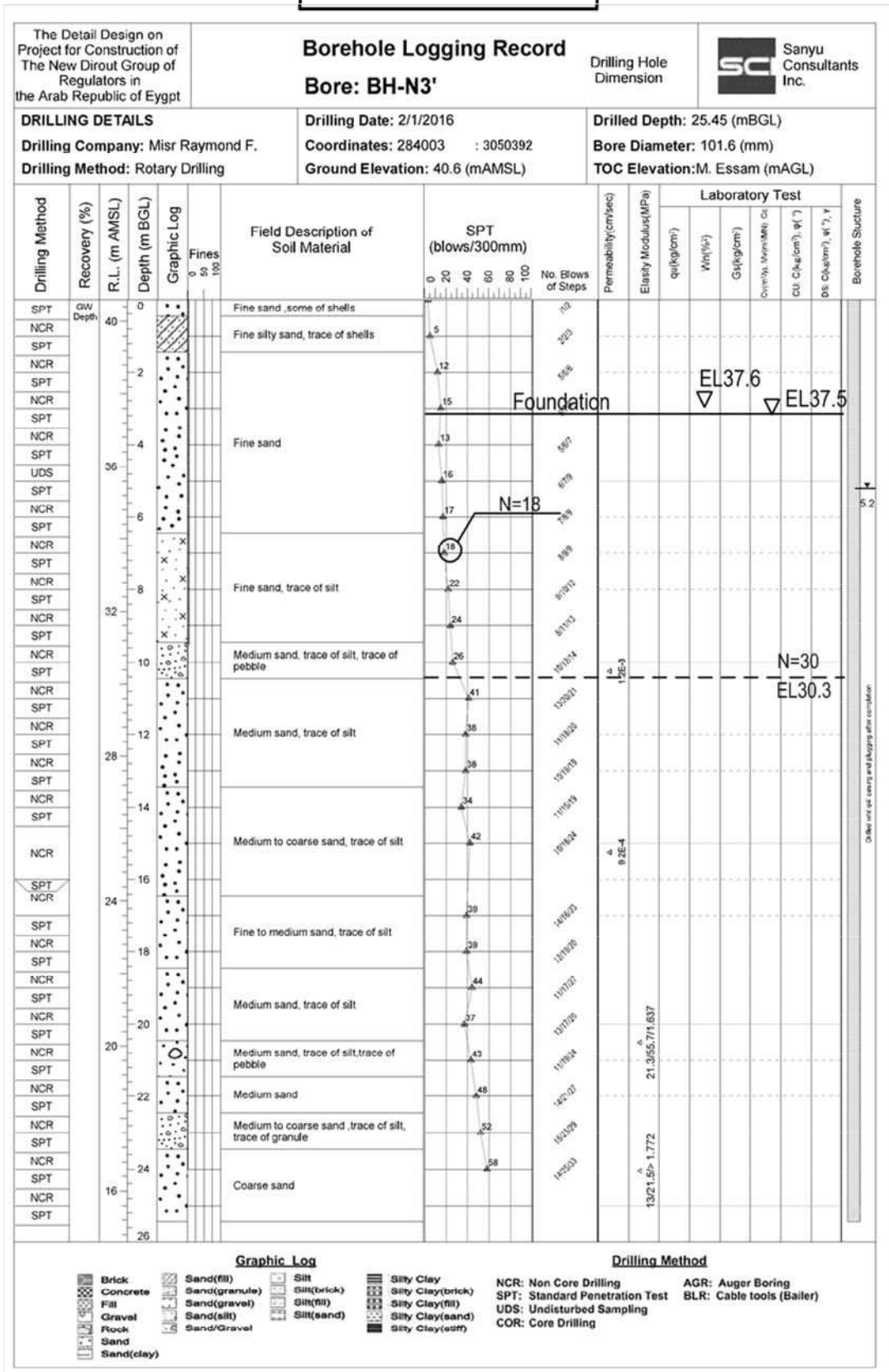


図 12-1.8 Br No. BH-N3' イブラヒミア堰

Ibrahimia L type wall

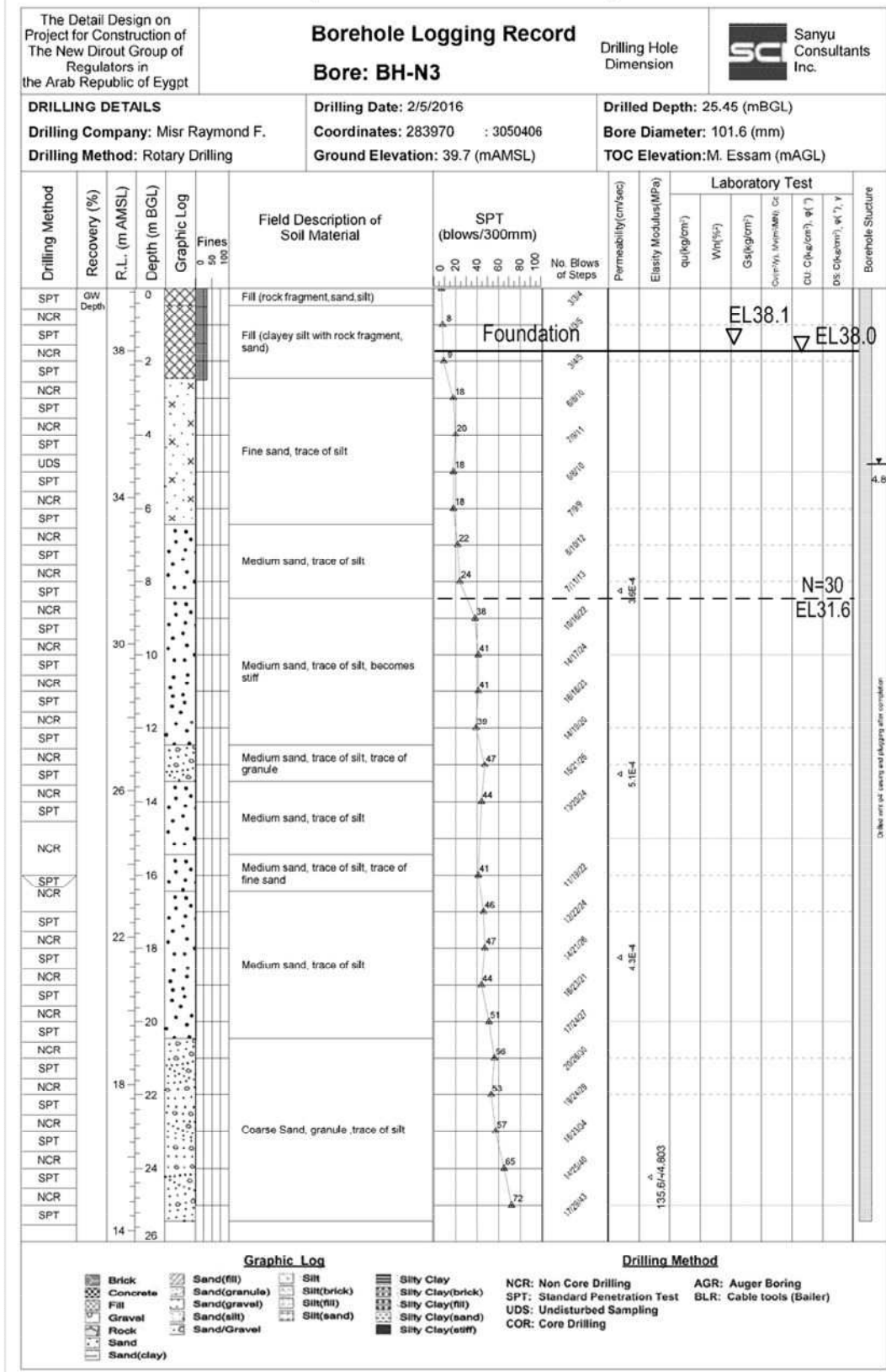


図 12-1.9 Br No. BH-N3 イブラヒミア堰 (L型擁壁)

Badraman Regulator (Badraman canal)

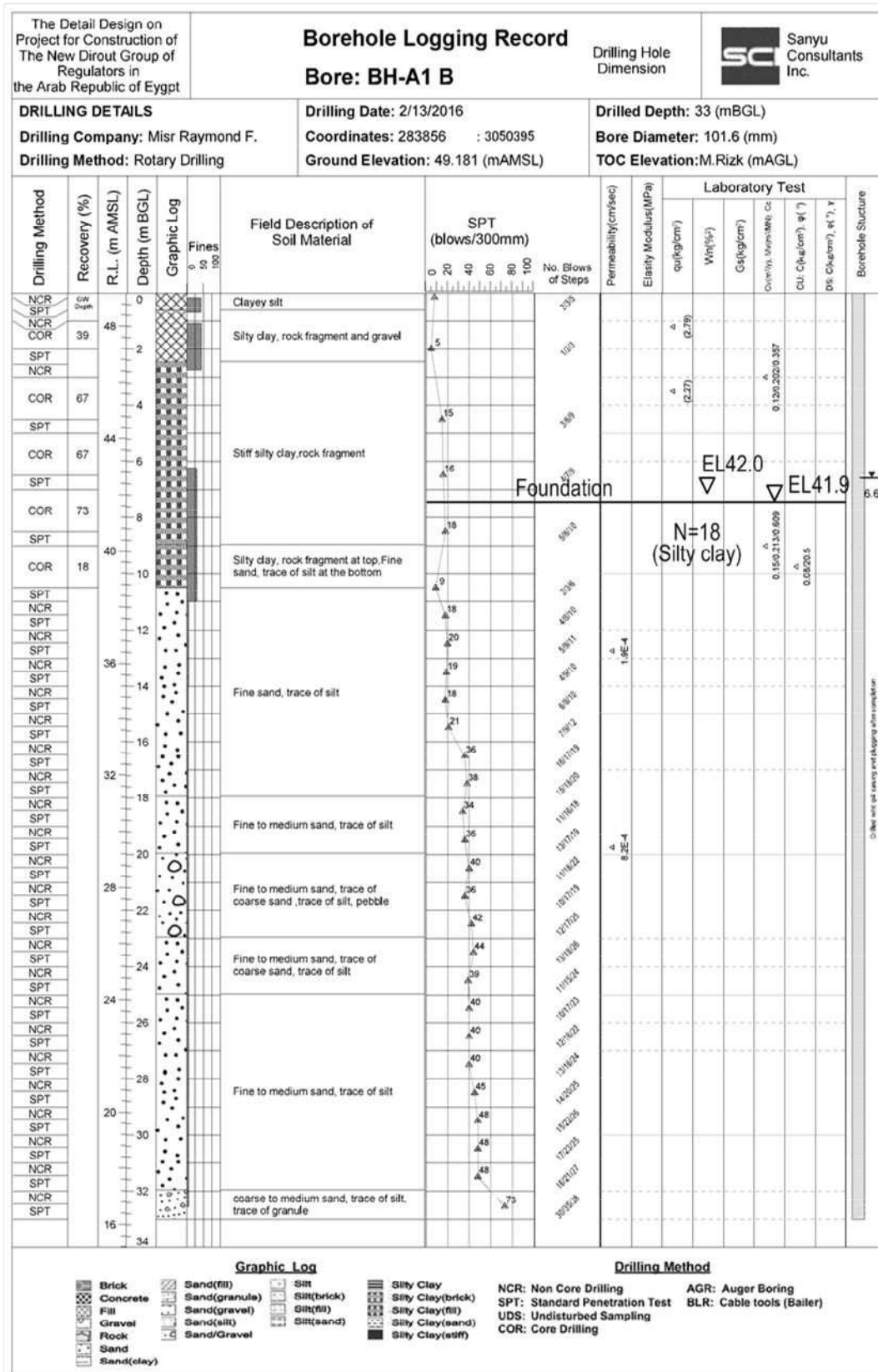


図 12-1.10 Br No. BH-A1B バドラン堰 (バドラン水路側)

Badraman Regulator (Diroutiah canal)

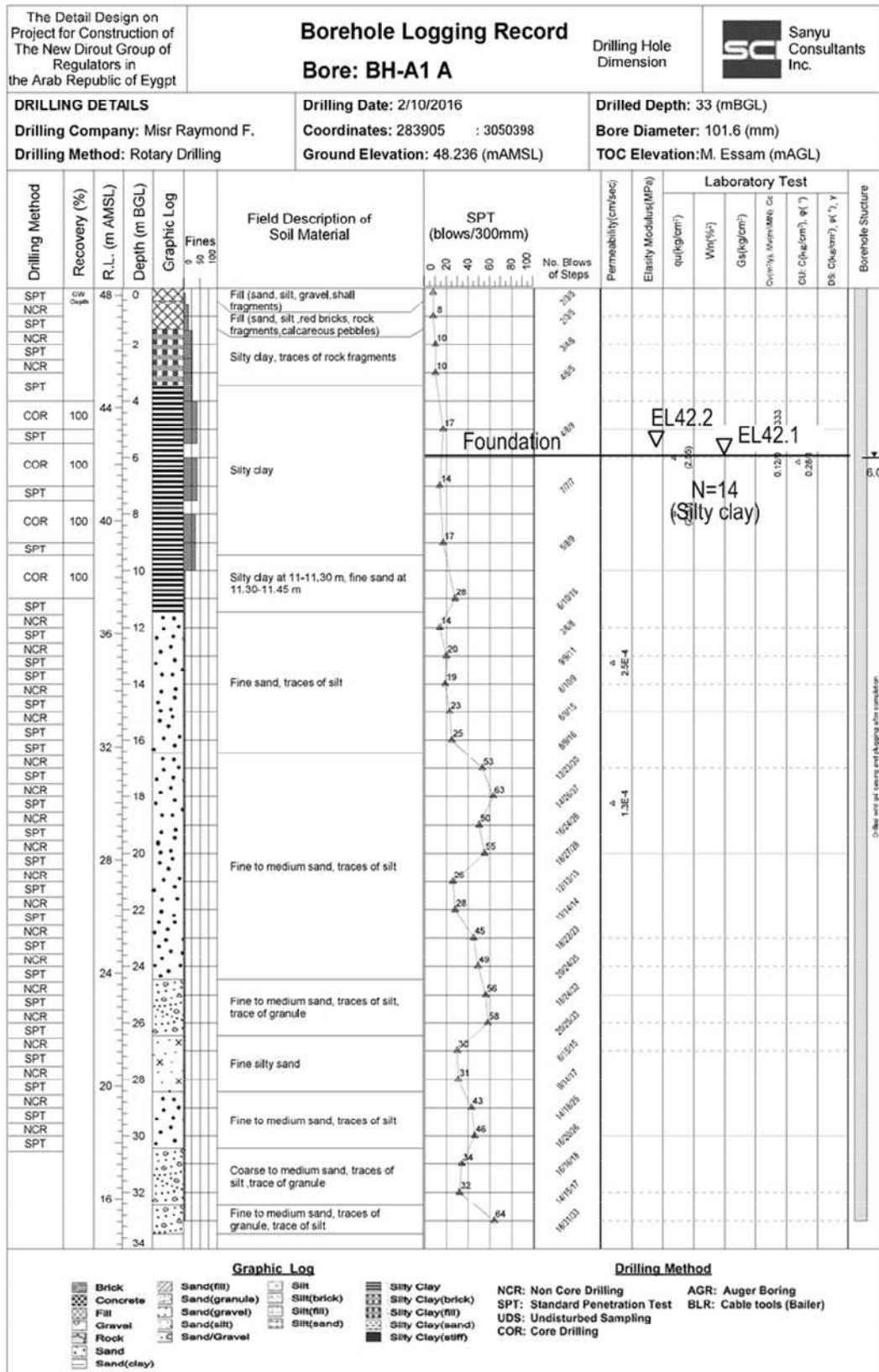


図 12-1.11 Br No. BH-A1A バドランマン堰 (ダイルーティア水路側)

Abo Gabal Regulator

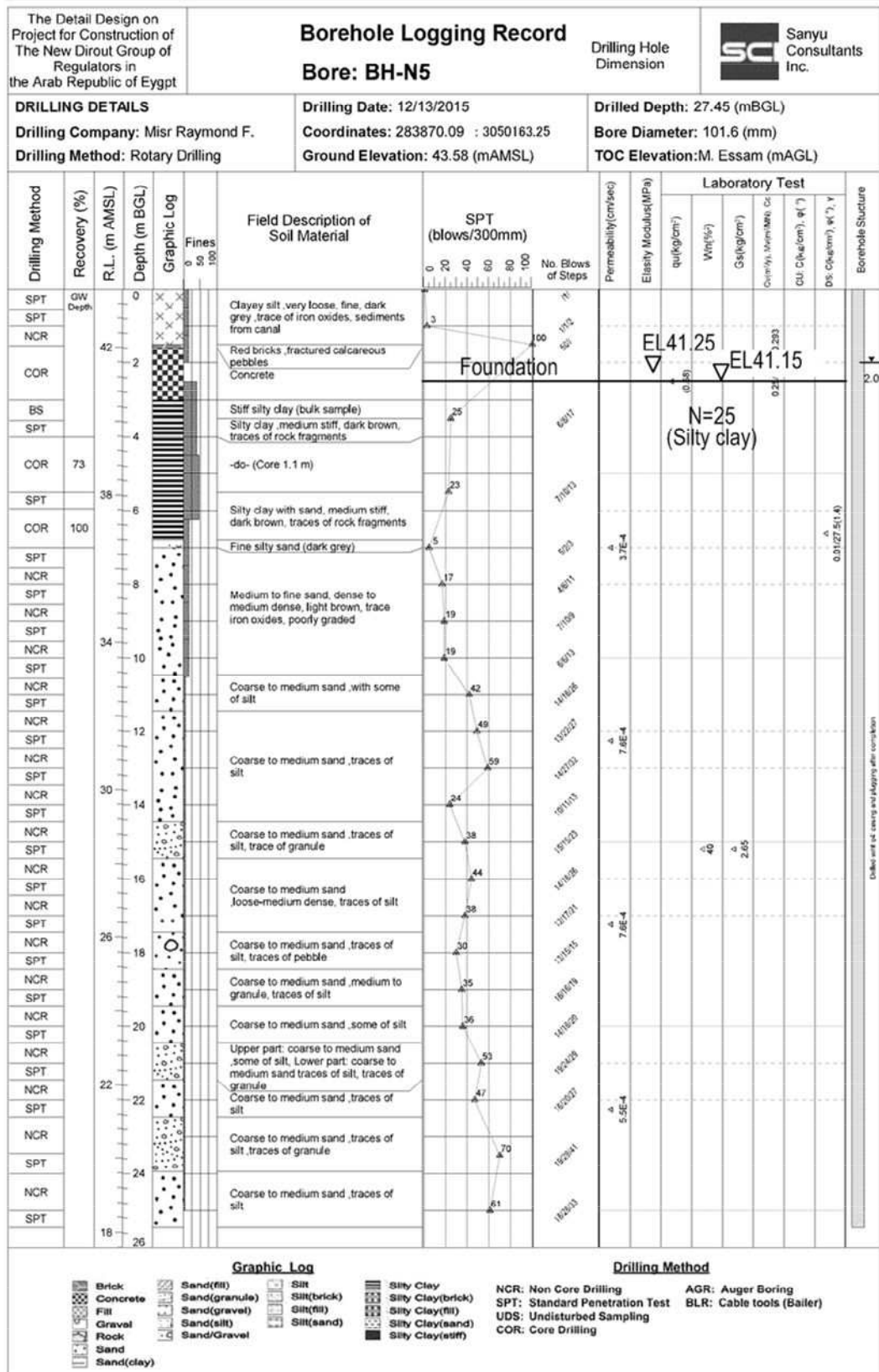


図 12-1.12 Br No. BH-N5 アボギャバル堰

Sahelyia Regulator

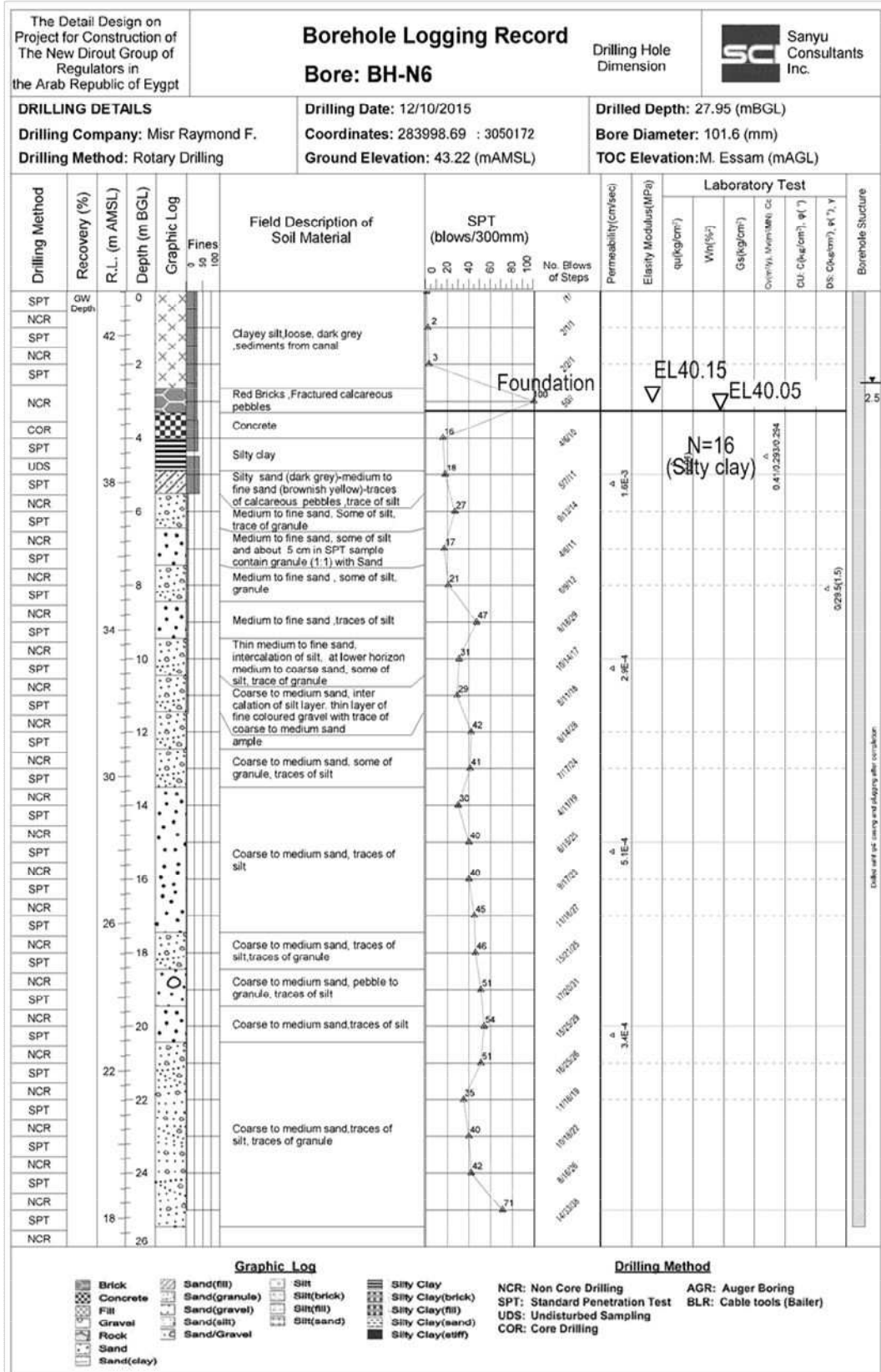


図 12-1.13 Br No. BH-N6 サヘリア堰

(3) 1次選定の検討結果

直接基礎が適用できない大規模堰群（バハルヨセフ堰とイブラヒミア堰およびL型擁壁）についてその他の工法（地盤改良工法および杭基礎工法）を検討する。なお、地盤改良工法は、検討に必要な当該堰群の地盤条件や施工条件を表 12-1.5 に示し、表 12-1.6 にて評価した結果、以下の工法の適用が考えられる。また、同様に杭基礎工法の検討に必要な当該堰群の地盤条件や施工条件を表 12-1.7 に示し、表 12-1.8 にて評価した。しかしながら、この結果に対して、エジプト国側より、プレキャストコンクリート杭（現地施工ヤード製作）を比較対象とすることを強く要望が出されたことを受け、杭基礎工法にプレキャストコンクリート杭を対象とすることを了承した。

結果、以下の工法の適用が考えられる。

検討対象となる基礎工法

- ・ 地盤改良工法：深層混合処理
- ・ 杭基礎工法：コンクリート場所打杭、鋼管杭、プレキャストコンクリート杭（現地施工ヤード製作）

表 12-1.5 地盤改良工法検討に影響する当該現場条件一覧

対象施設		バハルヨセフ堰		イブラヒミア堰	
		堰体	下流エプロン L型擁壁	堰体	下流エプロン L型擁壁
選定条件	土質および層厚	・基礎面より約4.0mが中砂～粗砂層、その下位約6.0mでシルト層が確認されている。(BH-N2D)しかし、施工範囲でのボーリング調査結果からも解るように、旧池部への残土投棄等により形成された特異な地質条件となっていることから支持層までの深さ、土層構成の変化が著しい。		・基礎面より約5.0m細砂及びシルト混り細砂 (BH-N3')	
	中間層	上層部が透水層、下部が不透水層である。	透水層と不透水層が混在しているものと推察される。	地盤改良範囲全体が透水層である。	
	支持層	砂層であり透水層		砂層であり透水層	
堤防への影響(不同沈下等)		-	-	-	-
仕 工 条 件	施工深度	約11.0m		約7.0m	
	施工工期	限られた施工工期内での施工が条件となる。比較的短い。		限られた施工工期内での施工が条件となる。比較的短い。	
	施工実績が多い	-	-	-	-
	作業空間が狭い	二重締切工内での工事であり、作業空間に制限がある。		二重締切工内での工事であり、作業空間に制限がある。	
	トラフィカビリティが悪い	施工基面でN値5以下の粘性土層の部分 (BH-N2')もあり、施工作業性に劣る。		-	-
社 会 条 件	低振動・低騒音	-	-	右岸側には、鉄道及び10mを超える高盛土護岸工があり、振動に対する配慮が必要である。	
	地下水位に対する影響	-	-	-	-
	隣接構造物に対する影響	-	-	右岸側には、鉄道及び10mを超える高盛土護岸工がある。	
	周辺地盤の変形抑制	-	-	右岸側には、鉄道及び10mを超える高盛土護岸工がある。	
工法の考課		地耐力不足による地盤の強度増加を目的に実施する。		地耐力不足による地盤の強度増加を目的に実施する。	
経済性		経済的な工法が求められている。		経済的な工法が求められている。	

表 12-1.6 採用可能な地盤改良工法検討の一覧表

● 地盤改良工法一次選定表

良工法		地盤改良			バハルヨセブ堰								イブラヒミア堰														
					堰体				L型擁壁				堰体				L型擁壁										
					置換工法	表層混合処理工法	S C P 工法	深層混合処理工法	置換工法	表層混合処理工法	S C P 工法	深層混合処理工法	置換工法	表層混合処理工法	S C P 工法	深層混合処理工法	置換工法	表層混合処理工法	S C P 工法	深層混合処理工法							
選定条件	地盤条件	土質および層厚	砂質土	10m以下	△	○	○	△	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0			
				10m以上	×	×	○	△																			
			粘性土	10m以下	○	○	△	○	1	1	0	1	1	1	0	1											
				10m以上	×	×	△	○																			
		腐植土	3m以下	○	○	×	△																				
			3m以上	×	×	△	△																				
	中間層		透水層がある	-	-	-	△																				
			不透水層がある	-	-	○	○																				
	支持層		硬い層がある	-	-	△	△																				
			透水層と見なせる	△	-	-	○																				
			不透水層と見なせる	○	-	○	○																				
	堤防への影響(不同沈下等)			○	△	△	△																				
施工条件	施工深度	3m以下	○	○	×	△																					
		3-10m	×	×	×	○																					
		10-20m	×	×	○	○																					
		20-30m	×	×	△	○																					
	施工工期	30m以上	×	×	△	○																					
		十分長い	○	○	△	△																					
		ある程度長い	○	○	○	△																					
		短い	○	○	△	○																					
施工実績が多い			○	○	△	△																					
作業空間が狭い			×	×	△	△																					
トラフィックビリティが悪い			○	○	△	△																					
環境条件	低振動・低騒音		○	○	×	△																					
	地下水に対する影響		○	○	△	△																					
	隣接構造物に対する影響		○	○	×	○																					
	周辺地盤の変形抑制		○	○	△	○																					
工法の効果	沈化促進		-	-	○	-																					
	沈化抑制		○	○	-	○																					
	強度増加		○	○	○	○																					
	盛土の安定		○	○	○	○																					
	側方流動抑制		○	○	△	○																					
液状化抑制		○	○	○	△																						
透水性低減		△	○	×	△																						
経済性			○	○	△	△	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0		
							1	2	4	0	1	2	4	0	2	3	-4	4	2	3	-4	4					

○: 適合する (1), △: 検討を要する (0), ×: 不適合となる場合がある (-2), -: 該当しない

表 12-1.7 杭基礎工法検討に影響する当該現場条件一覧

対象施設		選定条件		バハルヨセブ堰		イブラヒミア堰	
				堰体	下流エプロン L型擁壁	堰体	下流エプロン L型擁壁
地盤条件	支持層までの状態	中間層に極軟弱層がある		施工基面付近は、N値5以下の軟弱な粘性土層となっている。(Bore : BH-N ₂)			
		中間層に極硬い層がある		-			
		中間に砂礫層がある		-			
		液状化する地盤がある		-			
	支持層の状態	支持層の深度		約14.0m	約10.0m	約10.0m	約8.0m
		支持層の土質		砂 層			
		傾斜が大きいの (30° 程度以上)		-			
	支持層面の凹凸が激しい		施工範囲のボーリング調査結果からも解るように、旧池部への残土投棄等により形成された特異な地質条件となっていることから支持層までの深さ、土層構成の変化が著しい。				
	地下水の状態		-				
構造物の特性	荷重規模		鉛直荷重は普通である。鉛直荷重に対して水平荷重が小さい。	鉛直荷重は小さい。鉛直荷重に対して水平荷重が大きい。	鉛直荷重は普通である。鉛直荷重に対して水平荷重が小さい。	鉛直荷重は小さい。鉛直荷重に対して水平荷重が大きい。	
	支持形式		支持杭	支持杭	支持杭	支持杭	
	水上施工		-				
施工条件	作業空間が狭い		二重締切工内の工事であり、作業空間に制限がある。				
	斜杭の施工		-				
	有害ガスの影響		-				
	振動騒音対策		-				
	隣接構造物に対する影響		-				
			右岸側には、鉄道及び10mを「超える」高盛土護岸工があり、振動に対する配慮が必要である。				
			右岸側には、鉄道及び10mを「超える」高盛土護岸工がある。				

表 12-1.8 杭基礎工法検討に影響する当該現場条件一覧

● 杭基礎工法一次選定表

Selection condition			Pile foundation method			バハルヨセフ堰						イブラヒミア堰							
			打込み杭基礎		場所打ち杭基礎	堰体		L型擁壁		堰体		L型擁壁		打込み杭基礎		場所打ち杭基礎			
			R C 杭	鋼管杭		R C 杭	鋼管杭	場所打ち杭基礎	R C 杭	鋼管杭	場所打ち杭基礎	R C 杭	鋼管杭	場所打ち杭基礎	R C 杭	鋼管杭	場所打ち杭基礎		
地盤条件	支持層までの状態	中間層に極軟弱層がある	○	○	○	1	1	1	1	1	1								
		中間層に極硬い層がある	×	△	○														
		れき径 : 5cm以下	△	○	○														
		れき径 : 5~10cm	×	△	○														
		れき径 : 10~50cm	×	×	×														
	液状化する地盤がある	△	○	○															
	支持層の状態	支持層の深度	5m 未満	×	×	×	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	
			5~15m	○	○	△													
			15~25m	○	○	○													
			25~40m	△	○	○													
40~60m			×	○	○														
60m 以上			×	△	△														
支持層の土質		粘性土 (20 ≦ N)	○	○	○														
砂・砂れき (30 ≦ N)	○	○	○	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
傾斜が大きい (30° 程度以上)	×	○	△																
支持層面の凹凸が激しい	△	○	○	0	1	1	0	1	1										
地下水の状態	地下水位が地表面近い	○	○	○															
	湧水量が極めて多い	○	○	○															
	地表より2m以上の被圧地下水	○	○	×															
	地下水流速 3m/min以上	○	○	×															
構造物の特性	荷重規模	鉛直荷重が小さい	○	○	○				1	1	1				1	1	1		
		鉛直荷重が普通	△	○	○	0	1	1				0	1	1					
		鉛直荷重が大きい	×	○	○														
		鉛直荷重に比へ水平荷重が小さい	○	○	○	1	1	1				1	1	1					
		鉛直荷重に比へ水平荷重が大きい	×	○	○				-2	1	1				-2	1	1		
	支持形式	支持杭	○	○	○	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
摩擦杭	○	○	○																
施工条件	水上施工	水深 5m 未満	○	○	○														
		水深 5m 以上	△	○	△														
	作業空間が狭い	△	△	△	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	斜杭の施工	△	○	×															
	有害ガスの影響	○	○	○															
周辺環境	振動騒音対策	×	×	○							-2	-2	1	-2	-2	1			
	隣接構造物に対する影響	×	△	○							-2	0	1	-2	0	1			
						5	7	6	3	7	6	0	3	6	-2	3	6		

○: 適合性が高い (1), △: 適合性がある (0), ×: 適合性が低い (-2).

12-1-3 基礎工の検討結果

1 次選定の結果（鋼管杭、場所打ち杭、プレキャストコンクリート杭および深層混合処理工法）から比較対象となった基礎工法に施工性や経済性を比較し、大規模堰（バハルヨセフ堰とイブラヒミア堰およびL型擁壁）の採用する基礎工法を検討する。

深層混合処理工法は改良された地盤は上部構造物と一体化された構造体と見なされるため、改良体の下層にはこれらを指示する地耐力が必要である。一体構造物では、改良体の範囲分の高さが増すため水平力による回転モーメントが増加し、偏心荷重も増す。したがって、改良体が長期に亘って安定性を維持するためには、改良体下層の支持力が重要であることから、改良範囲は理論式による許容地耐力の評価と共に連続した支持層としての信頼性を評価に含めて検討を行う。

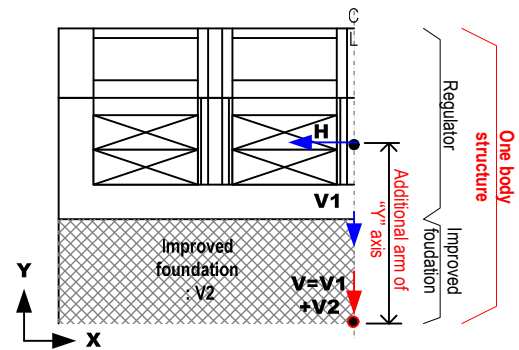
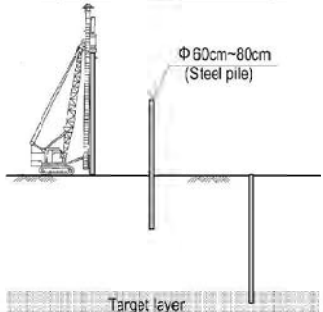
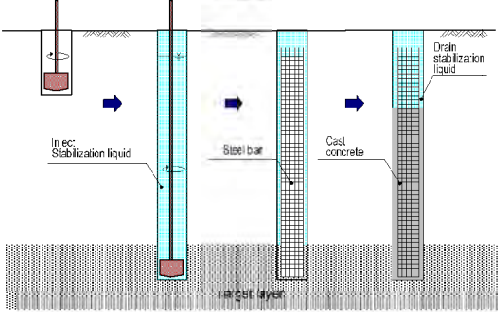
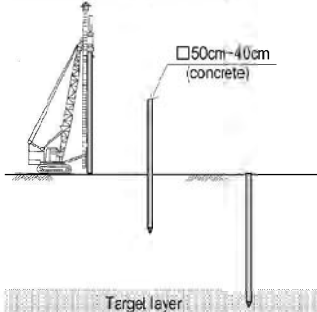


図 12-1.14 深層混合処理の構造概念

検討の結果、経済性に優れ、エジプト国内で実績の多い場所打ちコンクリート杭をバハルヨセフ堰及びイブラヒミア堰の基礎工法として採用することが第 22 回 TAC 会議で決定した。

表 12-1.9 杭基礎工法の比較表

杭基礎形式	鋼管杭 (パイプロハンマー打設)	場所打ち杭 (リバースサーキュレーション)	RC杭 (ハンマー打設)
工事方法			
概要	<p>工場で作られた鋼管杭をパイロハンマーで支持層まで打込ず。杭の先端支持力と周面摩擦力による支持力を見込むことができる。</p>	<p>掘削機によって地面を削孔し鉄筋コンクリート杭を打設する。削孔時の壁面安定は水圧あるいは安定剤により安定を図る。杭の先端支持力と周面摩擦力による支持力を見込むことができる。</p>	<p>製作ヤードで作られたコンクリート杭をハンマー打設により支持層まで打込む。杭の先端支持力と周面摩擦力による支持力を見込むことができる。</p>
1.基礎としての信頼性 (評価の凡例) E:Excelet G:Good P:Poor	<p>G: 日本では主要な工法であるが、エジプトでは事例は少ない。したがって建設工事の際には工事経験の面で注意が必要な場合がある。 E: 工場製作のため杭体の品質確保に信頼性がある。 P: 周面摩擦力がコンクリート杭より劣る。 E: 水平力に対する耐力が優れている。 G: 地中内にあるため錆の影響がない。 G: 施工時に杭反力を計測できるため実際の地耐力を確認できる。</p> <p style="text-align: right;">2points</p>	<p>E: エジプトで主要な工法であるため施工事例が多く適用の可能性が高い (騒音振動の環境面でも優位) G: コンクリートの品質は施工時に信頼性をもって確保される。 E: 周面摩擦力は3つの形式の中でもっと高く、高い安定性(支持力)を与える。 E: 鉛直力および水平力に対して信頼性が高い。 E: 杭体に錆の影響の懸念はない。 G: 地盤掘削時に実際の基礎地盤の状況を確認できる。</p> <p style="text-align: right;">3points</p>	<p>E: エジプトで主要な工法であるため施工事例が多く適用の可能性が高い P: 杭長が短い場合 (5m 以下) は製作の品質が容易であるが、長い場合は品質確保が難しい。 P: 杭体が長柱形状であるため杭の打設時に損傷しやすい。 P: 鉛直力に対して強いが、水力力に対して弱い。 E: 杭体に錆の影響の懸念はない。 G: 施工時に杭反力を計測できるため実際の地耐力を確認できる。 G: 周面摩擦力は鋼管杭より高い。</p> <p style="text-align: right;">1point</p>
2. 施工性 (評価の凡例) E:Excelet G:Good P:Poor	<p>E: 他案に比べ施工期間が短い E: 地下水位に影響を受けずに施工できる。 P: 杭体を現場に運搬する際は、杭体に損傷を与えないよう配慮が必要である。(特に長杭の場合) G: 先端支持力の効果は、先端が閉塞されることで期待されるが、期待されない場合はコンクリート注入による閉塞が必要となる。 E: 掘削 (発生) 土量が最も少なく、掘削土に対する処理が必要ない。 E: 施工時に必要となるヤードが3案の中で最小限ですむ。</p> <p style="text-align: right;">3points</p>	<p>P: 杭打設までにいくつかの段階を踏む必要があるため施工期間が長い可能性がある。 G: 安定剤液により掘削した孔壁を安定させる。地下水位が高い場合、ケーシングやスタンドパイプによる孔壁保護が必要となるため建設費が割高となる可能性がある。 E: 杭体は孔内で施工されるため、輸送による損傷等の懸念がない。 E: 掘削深度に応じた杭長の調整が容易である。 P: 泥水や掘削土の処理が必要である。 G: 施工時に必要となるヤードがRC杭より小さい。</p> <p style="text-align: right;">2point</p>	<p>P: 養生時間が必要であるため、他案と比較して施工時間を要する。また、必要な杭本数は3案中最も多い。 E: 地下水位に影響を受けずに施工できる。 P: 杭体を現場に運搬する際は、杭体に損傷を与えないよう配慮が必要である。(特に長杭の場合) E: 杭先端支持力が一般的に期待できる。 E: 掘削 (発生) 土量が最も少なく、掘削土に対する処理が必要ない。 P: 3案中最も広い施工ヤード必要となる。</p> <p style="text-align: right;">1point</p>

杭基礎形式		鋼管杭 (パイプロハンマー打設)		場所打ち杭 (リバースサーキュレーション)		RC杭 (ハンマー打設)	
3. 環境への影響 (評価の凡例) E:Excellent G:Good P:Poor		G: 杭打設中の騒音や振動が場所打ちコンクリート杭よりやや大きい。 G: 打設中の隣接構造物への深刻な影響はない。		E: 杭打設中の騒音や振動が他案に比べ最も小さい。 E: 打設中の隣接構造物への深刻な影響はない。		P: 杭打設中の騒音や振動が他案に比べ最も大きい。 P: 打設中の隣接構造物への影響に注意が必要である。	
		2points		3points		1point	
4. 経済性 基礎工事分 (通貨:円)		112,000,000 円 (比率: 1.22) Note) 資材はエジプト調達を想定		92,000,000 円 (比率: 1.00) Note) 資材はエジプト調達を想定		158,000,000 円 (比率: 1.72) Note) 資材はエジプト調達を想定	
		2points		3points		1point	
堰名称		バハルヨセフ堰	イブラヒミア堰	バハルヨセフ堰	イブラヒミア堰	バハルヨセフ堰	イブラヒミア堰
杭の詳細 (径、必要本数、 杭長)	堰本体	φ600mm L=14.0m n=108piles	φ600mm L=10.5m n=96piles	φ1000mm L=14.0m n=70piles	φ1000mm L=10.5m n=70piles	□500mm L=14.0m n=156piles	□500mm L=10.5m n=144piles
	L型擁壁	φ600mm L=8.5m n=84piles (42piles x2 locations)	φ600mm L=8.0m n=66piles (33piles x2 locations)	φ1000mm L=8.5m n=54piles (27piles x2 locations)	φ1000mm L=8.0m n=54piles (27piles x2 locations)	□500mm L=8.5m n=150piles (75piles x2 locations)	□500mm L=8.0m n=150piles (75piles x2 locations)
必要施工期間と概略工事費		1.4month 66,000,000	1.2 month 46,000,000	3.5 month 51,000,000	3.5 month 41,000,000	1.9month 88,000,000	1.9 month 70,000,000
		Total point : 9points		Total point : 11points		Total point : 4points	
評価		<ul style="list-style-type: none"> ✓利点もいくつかあるが場所打ちコンクリート杭にくらべ信頼性と経済性が劣る。 ✓更に、鋼管杭工法はエジプトでは稀であるため採用にあたり、エジプト国の業者の施工経験の視点から懸念がある。 		<ul style="list-style-type: none"> ✓多くの利点があり基礎としての信頼性も高く、環境面や経済性の面でも優位である。 ✓更に、場所打ちコンクリート杭工法はエジプトでは主要な基礎工法であるため採用にあたり、エジプト国の業者の施工経験の視点からも懸念が少ない。 		<ul style="list-style-type: none"> ✓いくつかの利点の面に関わらず、安定性に係る品質が他案より劣るため、採用に懸念がある。 	

12-2 杭基礎（場所打ちコンクリート杭）の設計方針

エジプト国における場所打ち杭の杭径は、800mm, 900mm, 1,000mm, 1,100mm および 1,200mm が扱われているが、奇数径の杭は掘削機械が限られているため調達が難しい。したがって、奇数径の杭は検討が除外し、検討対象は偶数径の 800mm, 1,000mm および 1,200mm とする。

杭の検討では Egyptian code および日本国の設計基準を考慮して検討する。以下に杭検討の荷重ケースを示すが、前述の安定計算の荷重条件に同じものである。また、検討に必要な設計基準については Egyptian code と日本国の基準を比較して示す。

(1) 荷重ケース

表 12-2.1 杭基礎設計のための荷重条件一覧表

Case	Condition	Direction	Water Level			Gate situation	Additional condition
			U.S.	WL	D.S.		
Case1	Normal	Long.	U.S.	WL47.00m	HWL	Open gate	—
			D.S.	WL47.00m	HWL		
Case2	Normal	Long.	U.S.	WL46.55m	Max. WL	Close gate	sedimentation (0.3m depth)
			D.S.	WL39.50m	Low		
Case3	Normal	Long.	U.S.	—	No WL	Open gate	—
			D.S.	—	No WL		
Case4	Normal	Lateral.	U.S.	WL46.55m	Max. WL	Open gate	—
			D.S.	WL46.55m	Max. WL		
Case5	Normal	Lateral.	U.S.	WL46.55m	Max. WL	Close gate	sedimentation (0.3m depth)
			D.S.	WL39.50m	Low		
Case6	Normal	Lateral	U.S.	—	No WL	Open gate	—
			D.S.	—	No WL		
Case7	Seismic	Long.	U.S.	WL46.55m	Max. WL	Close gate	sedimentation (0.3m depth)
			D.S.	WL39.50m	Low		
Case8	Seismic	Long.	U.S.	—	No WL	Open gate	—
			D.S.	—	No WL		
Case9	Seismic	Lateral.	U.S.	WL46.55m	Max. WL	Open gate	—
			D.S.	WL46.55m	Max. WL		
Case10	Seismic	Lateral.	U.S.	WL46.55m	Max. WL	Close gate	sedimentation (0.3m depth)
			D.S.	WL39.50m	Low		
Case11	Seismic	Lateral.	U.S.	—	No WL	Open gate	—
			D.S.	—	No WL		
Case12	Seismic	Long.	U.S.	WL46.55m	Max. WL	Open gate	—
			D.S.	WL46.55m	Max. WL		
Case13	Normal (Maintenance)	Long.	U.S.	WL46.55m	Max. WL	Maintenance gate	—
			D.S.	WL45.82,45.13m	Low		

※上流側の最大操作水位は安全側の考慮からゲート天端高とする(WL46.30 + 0.25m = EL46.55)。

※全閉状態の下流側水位はエプロン高と同じとする (EL39.5)。

(2) 杭の許容押し込み力と引抜力の評価方法

後述の計算式から計算された杭の押し込み力と引抜力は、以下の安全率を考慮する。本検討では Egyptian code の安全率とする。

表 12-2.2 許容押し込み力と引抜力の安全率

検討条件	日本基準		Egyptian code (採用)	
	押し込み力	引抜力	押し込み力	引抜力
常時	3	6	3	3
地震時	2	3	2	2

i) 許容押込み力の計算方法

杭一本当たりの杭の押込み力は以下の計算による。

日本基準

$$Ra = \frac{1}{n} (Ru - Ws) + Ws - W$$

- ここに Ra ; 杭頭で許容される杭の支持力(kN/pile)
 Ru ; 地盤から決まる杭の極限支持力 (kN/ pile)
 Ws ; 杭で置換えられる部分の土の有効重量 (kN)
 W ; 杭及び杭内部の土の有効重量 (kN)
 n ; 安全率

a. Ru : 地盤から決まる杭の極限支持力

支持力は下式による;

$$Ru = qd \cdot A + U \cdot \sum Li \cdot fi$$

- ここに Ru ; 地盤から決まる杭の極限支持力 (kN/ pile)
 A ; 杭先端面積 (m²)
 qd ; 杭先端で支持する単位面積当りの極限支持力度 (kN/m²)
 U ; 杭の周長 (m)
 Li ; 周面摩擦力を考慮する層厚 (m)
 fi ; 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度 (kNm²)

Egyptian code (採用)

$$Ra = \frac{1}{n} (Ru - P)$$

Note) 式中の各要素は日本基準に同じ

b. 杭の先端支持力の評価方法 (qd)

表 12-2.3 杭の先端支持力 (kN/m²)

		日本基準	Egyptian code
地盤条件	杭工法	場所打ち杭	場所打ち杭
	砂礫層及び砂層(N > 30)	3,000	90N (安全率込)
	良質な砂れき層(N > 50)	5,000	90N (安全率込)
	硬質粘性土層	3qu	9 C

qu : 一軸圧縮試験強度値 (kN/m²)
 N : N 値 (SPT)

C. 最大周面摩擦力の評価方法 (fi)

表 12-2.4 杭の周面摩擦力 (kN/m²)

		Japanese code		Egyptian code	
杭の打設方法 地盤条件	打込み杭	場所打ち杭	打込み杭	場所打ち杭	
	砂質土	2N (≦100)	5N (≦200)	N (安全率込)	N (安全率込)
	粘性土	C or 10N (≦150)	C or 10N (≦150)	C (≦100)	0.4C (≦100)

Note) N 値が 2 以下の地盤では週面摩擦力が期待できないため周面摩擦力を見込まないものとする。

なお、杭の許容押込み力について Egyptian code では一般的に、"地盤の破壊から求まる許容値"と"杭の沈下から求まる許容値"を比較して評価している。堰における杭一本当たりの許容沈下量は 50mm~60mm であるため、これを検討時に考慮する。

ii) 許容引抜力の計算方法

杭一本当たりの杭の引抜力は以下の計算による

日本基準

$$Pa = \frac{1}{n} Pu + W$$

- ここに Pa ; 杭頭における杭の軸方向許容引抜き力 (kN/pile)
 n ; 安全率 (表 12-2.2 を参照)
 Pu ; 地盤から決まる杭の極限引抜き力 (kN/pile)
 W ; 杭の有効重量 (kN/pile)

但し、Pa は杭本体の許容軸方向引張力を超えないこと。 "Pu"は、杭の極限支持力算定式の第 2 項により、最大周面摩擦力度に準じた取り扱いとする。

$$Pu = U \cdot \sum Li \cdot fi$$

Egyptian code (採用)

$$Pa = \frac{1}{n} Pu + P$$

iii) 杭材より決まる許容軸方向力

日本基準

$$P = \sigma \cdot A$$

- ここに P ; 杭材により決まる許容軸方向力 (N)
 σ ; 杭材の許容応力 (N/mm²)
 A ; 杭断面積 (mm²)

Egyptian code (採用 : 日本基準と同じ)

$$P = \sigma \cdot A$$

(3) 杭反力及びフーチング変位量の計算

日本基準

杭反力及び変位量の計算は変位を考慮した変位法によって行う、変位法は以下の仮定に基づく。

- ✓ 杭基礎は二次元構造物とする。
- ✓ 杭は、押込み、引抜き、曲げ共線形弾性的であるとし、杭頭における軸方向、軸直角方向、及び回転のバネ定数はそれぞれ荷重によらず一定とする。又、押込み、引抜き共同じバネ定数を用いる。
- ✓ フーチングは剛体とし、杭群の図心を中心に回転する。

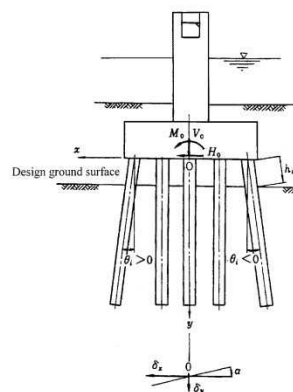


図 12-2.1 変位法の計算座標

(4) 杭体と杭配置の検討

変位法によって得られる水平力およびモーメントを杭体に作用させ、杭体の設計を行う。

Egyptian code による杭体の許容応力度は(設計ワーキンググループで確認)、表 12-2.5 に示すとおりである。

なお、杭の許容水平変位量は Egyptian code に規定されていないため、日本基準を採用し杭 1 本あたり 15mm とする。

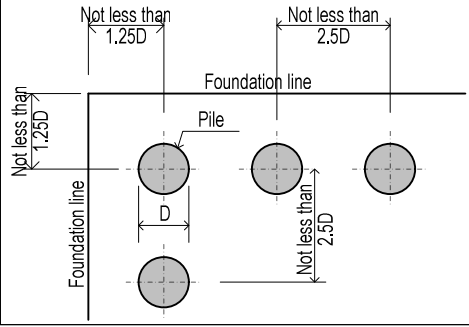
表 12-2.5 杭体の許容応力値 (Egyptian code)

杭型式	常時	地震時
場所打ち コンクリート杭	$\sigma_c: 9.5\text{N/mm}^2$ $\sigma_s: 200\text{N/mm}^2$	$\sigma_c: 10.9\text{N/mm}^2$ $\sigma_s: 230\text{N/mm}^2$

(5) 杭の配置

杭配置の定義は、縁端部や近接する杭間の相互影響を避けるため基本的に日本基準に従うものとする。なお、杭の最低間隔は Egyptian code にも一致する。下表に杭の最小間隔を示す。

表 12-2.6 杭間に必要な間隔

Japanese code	Egyptian code
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 支持杭の場合、杭間の距離は 2.5D を下回ってはならない。(←適用) ✓ 摩擦杭の場合、杭間の距離は 3.0D を下回ってはならない

12-3 杭基礎の検討結果

Egyptian code と日本基準の両者は変位法により杭基礎の設計が行われている。しかしながら日本基準の設計では Egyptian code に比べ計算方法から評価までが確立されていることから、最初に日本基準による検討から杭の本数と配置を算定する。その後、日本基準によって算定された杭本数について Egyptian code による杭の押し込み力を評価して本数を確定することとする。

以上の検討を踏まえて、各堰の採用された杭本数と杭径および杭長を表 12-3.1 に示す。なお、杭の配置図(図 12-3.1 と 図 12-3.2) および杭本数の計算比較表を表 12-3.2 と表 12-3.3 に示す。

表 12-3.1 バハルヨセフ堰とイブラヒミア堰の杭の詳細

構造物	杭本数	杭径.	杭長	備考
バハルヨセフ堰.	8x9=72	1,000mm	13.5m	場所打ちコンクリート杭
イブラヒミア堰	7x8=56	1,000mm	15.0m	同上
バハルヨセフ堰の L 型擁壁	2x8=16	1,000mm	7.5m	同上
イブラヒミア堰の L 型擁壁	2x8=16	1,000mm	7.0m	同上

表 12-3.2 バハルヨセフ堰とイブラヒミア堰の杭種の経済性比較検討

Bahr Yusef Reg

Dia pile (mm)	weir dir.	flow dir.	length (m)	Compressive(kN/pile) : normal		Stress in pile body(kN/mm2) : seismic				Dia. Steel (mm)	nos./pile	Cost(LE)
				Actual	Allowable	σ_c	σ_{ca}	σ_s	σ_{sa}			
800	10	9	14.0	1,587.25	< 1,598.97	10.15	< 10.93	108.48	< 230	φ32	17	3,758,629
1,000	8	7	16.5	2,540.21	< 2,601.60	10.17	< 10.93	122.35	< 230	φ32	20	3,460,204
1,000	9	8	13.5	1,981.25	< 1,993.31	10.67	< 10.93	174.29	< 230	φ25	14	2,855,727
1,000	10	9	12.0	1,587.37	< 1,706.45	9.58	< 10.93	175.87	< 230	φ33	11	3,372,756
1,200	7	6	17.5	3,378.20	< 3,474.82	10.69	< 10.93	158.83	< 230	φ32	16	3,105,815
1,200	8	7	14.5	2,539.51	< 2,749.67	10.51	< 10.93	219.82	< 230	φ22	15	2,922,933
1,200	9	8	12.0	1,978.99	< 2,179.94	8.31	< 10.93	169.55	< 230	φ22	14	3,107,958

Ibrahimia Reg

Dia pile (mm)	weir dir.	flow dir.	length (m)	Compressive(kN/pile) : normal		Stress in pile body(kN/mm2) : seismic				Dia. Steel (mm)	nos./pile	Cost(LE)
				Actual	Allowable	σ_c	σ_{ca}	σ_s	σ_{sa}			
800	9	8	15.0	1,980.17	< 2,029.80	10.40	< 10.93	99.49	< 230	φ32	17	3,237,118
800	10	9	12.5	1,590.93	< 1,635.84	10.77	< 10.93	126.61	< 230	φ32	8	2,649,235
1,000	7	6	19.0	3,381.66	< 3,424.72	10.85	< 10.93	116.92	< 230	φ32	23	3,167,174
1,000	8	7	15.0	2,540.71	< 2,633.03	10.24	< 10.93	126.34	< 230	φ25	11	2,365,002
1,000	9	8	12.0	1,981.55	< 2,057.73	10.21	< 10.93	168.11	< 230	φ22	11	2,375,476
1,000	10	9	10.0	1,585.93	< 1,668.96	8.13	< 10.93	133.46	< 230	φ22	11	2,507,964
1,200	6	5	21.0	4,583.53	< 4,697.98	10.23	< 10.93	118.18	< 230	φ32	30	3,307,029
1,200	7	6	15.5	3,378.49	< 3,395.82	9.36	< 10.93	124.22	< 230	φ32	15	2,753,879
1,200	8	7	12.0	2,541.10	< 2,591.17	8.72	< 10.93	149.02	< 230	φ22	15	2,497,987
1,200	9	8	9.5	1,979.09	< 2,003.85	6.78	< 10.93	115.84	< 230	φ22	15	2,593,857

L type wall - Bahr Yusef

Dia pile (mm)	weir dir.	flow dir.	length (m)	Compressive(kN/pile) : normal		Stress in pile body(kN/mm2) : normal				Dia. Steel (mm)	nos./pile	Cost(LE) (2sets)
				Actual	Allowable	σ_c	σ_{ca}	σ_s	σ_{sa}			
800	3	9	7.0	592.62	< 655.25	9.482	< 9.50	199.36	< 200	φ32	15	1,345,516
800	3	10	7.0	533.36	< 655.25	8.846	< 9.50	190.66	< 200	φ32	14	1,432,117
800	3	11	6.5	484.87	< 622.45	8.543	< 9.50	189.07	< 200	φ32	13	1,437,768
1,000	2	8	7.5	942.88	< 1,030.99	9.075	< 9.50	193.50	< 200	φ32	24	1,001,270
1,000	3	6	7.5	970.36	< 1,030.99	7.898	< 9.50	199.56	< 200	φ32	20	1,280,000
1,000	3	7	7.0	840.99	< 892.24	7.333	< 9.50	194.10	< 200	φ32	18	1,335,494
1,000	3	8	7.0	735.87	< 892.24	6.854	< 9.50	189.52	< 200	φ25	25	1,418,760
1,200	2	7	7.0	1,138.51	< 1,158.81	7.579	< 9.50	199.88	< 200	φ32	26	1,255,522
1,200	2	8	7.0	996.19	< 1,158.81	7.026	< 9.50	196.46	< 200	φ32	23	1,342,969
1,200	3	5	8.0	1,252.37	< 1,874.66	6.353	< 9.50	193.99	< 200	φ32	23	1,397,025
1,200	3	6	7.5	1,058.50	< 1,206.69	5.913	< 9.50	194.678	< 200	φ25	30	1,453,547
1,200	3	7	7.0	920.04	< 1,158.81	5.641	< 9.50	195.784	< 200	φ25	26	1,513,867
1,200	3	8	7.0	805.04	< 1,158.81	5.282	< 9.50	191.901	< 200	φ25	23	1,642,201

L type wall - Ibrahimia

Dia pile (mm)	weir dir.	flow dir.	length (m)	Compressive(kN/pile) : normal		Stress in pile body(kN/mm2) : normal				Dia. Steel (mm)	nos./pile	Cost(LE) (2sets)
				Actual	Allowable	σ_c	σ_{ca}	σ_s	σ_{sa}			
800	3	9	6.5	568.17	< 684.15	9.424	< 9.50	185.316	< 200	φ32	17	1,341,216
800	3	10	6.5	511.35	< 684.15	9.327	< 9.50	197.787	< 200	φ32	14	1,362,997
800	3	11	6.5	464.87	< 684.15	8.809	< 9.50	191.898	< 200	φ32	13	1,437,768
1,000	2	8	7.0	827.66	< 1,480.96	7.675	< 9.50	199.042	< 200	φ32	24	939,146
1,000	3	6	7.0	936.20	< 1,480.96	8.064	< 9.50	190.875	< 200	φ32	22	1,264,796
1,000	3	7	7.0	802.46	< 1,480.96	7.563	< 9.50	196.156	< 200	φ32	18	1,335,494
1,000	3	8	6.0	712.16	< 726.90	7.459	< 9.50	197.304	< 200	φ32	17	1,318,850
1,200	2	7	6.5	1,121.57	< 1,329.64	8.004	< 9.50	198.258	< 200	φ32	28	1,226,587
1,200	2	8	6.0	997.83	< 1,069.70	7.772	< 9.50	199.189	< 200	φ32	27	1,278,857
1,200	3	5	7.0	1,251.10	< 1,905.13	6.664	< 9.50	191.900	< 200	φ32	25	1,309,795
1,200	3	6	6.5	1,073.20	< 1,329.64	6.270	< 9.50	192.222	< 200	φ32	22	1,386,235
1,200	3	7	6.0	953.49	< 1,069.70	6.180	< 9.50	196.646	< 200	φ25	31	1,429,321
1,200	3	8	6.0	834.31	< 1,069.70	5.839	< 9.50	195.440	< 200	φ25	27	1,536,095

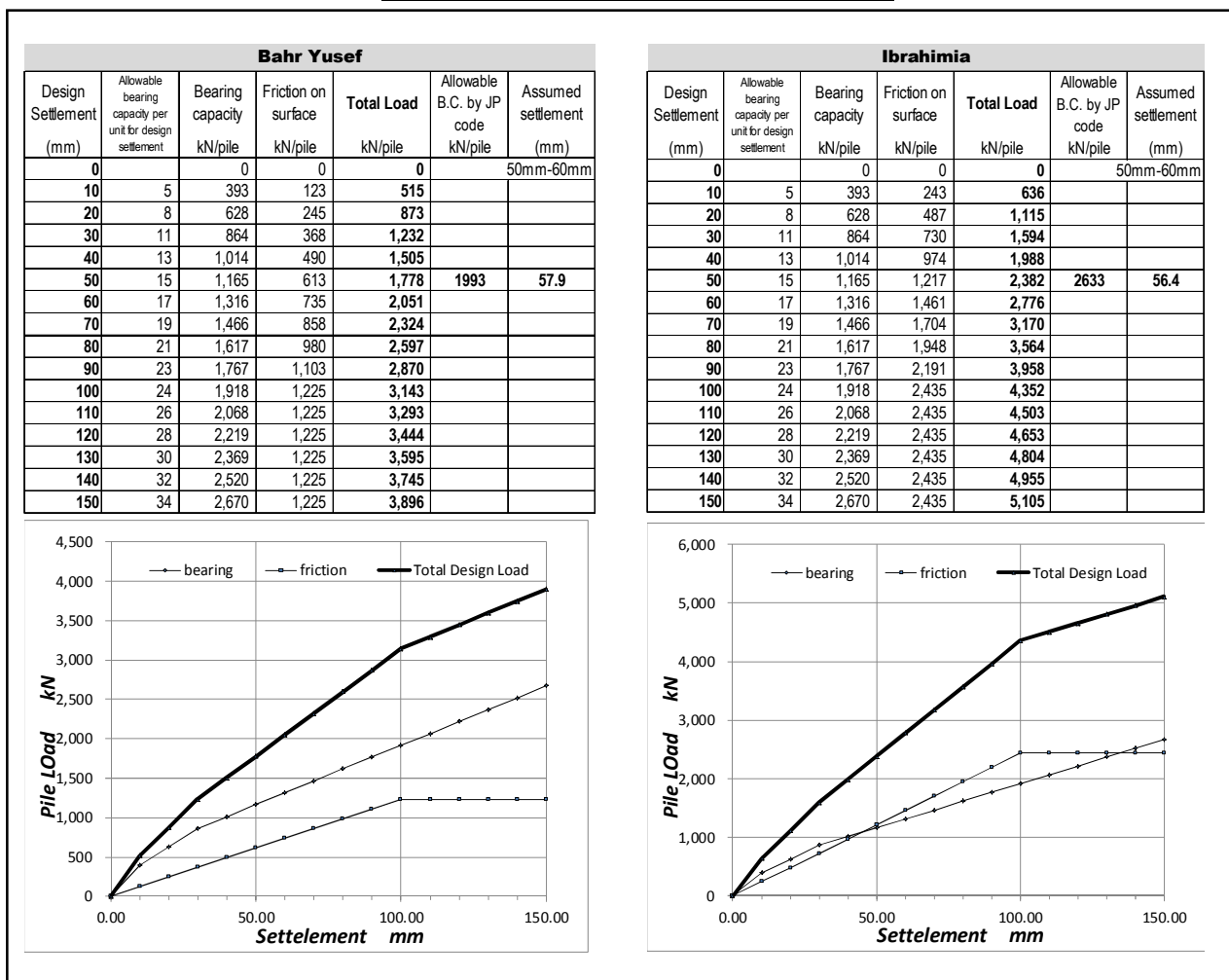
表 12-3.3 Egyptian code による杭の押し込み支持力の評価（地盤の破壊から求まる許容値”と”杭の沈下から求まる許容値”の比較）

	EGY code										
	Dia (mm)	Length (m)	Qallowable according to soil failure							Qallowable by soil failure (kN)	Qallowable by settelement (50 - 60) mm (kN)
			Bearing capacity at pile end			Pile friction capacity					
			Bearing range (m)	N ave. of Be. rabge (kN)	Qb-allowable (kN)	Friction range (m)	N ave. F ave. of Fr. rabge for SPT	safe factor	Qb-allowable (kN)		
Bahr Yusef	1,000	13.5	4.00	40.0	2,827.4	8.5	13.6	1	363.2	3191	1778 - 2051 (applied)
Ibrahimia	1,000	15.0	4.00	40.0	2,827.4	10.0	26.2	1	823.1	3651	2382 - 2776 (applied)

表 12-3.4 Egyptian code と日本基準の杭一本当たりの許容地耐力の比較と評価

	Egyptian code 沈下量評価による許容地耐力 (kN/pile)	Japanese code 地盤の崩壊評価による許容地耐力 (kN/pile)	判定・評価
ハマルヨセフ	less than 2051	1993.31(reg.), 1030.99(L type)	日本基準による許容地耐力の値はEgyptian codeで算定される”地盤の崩壊評価による許容地耐力”よりも小さく、沈下量から定まる許容値に収まっている。従って、日本基準で算定された杭配置はEgyptian codeを満たすものと評価する。
イブラヒミア	less than 2776	2,633.03(reg.), 1480.96(L type)	

表 12-3.5 許容沈下量に対する地耐力の評価



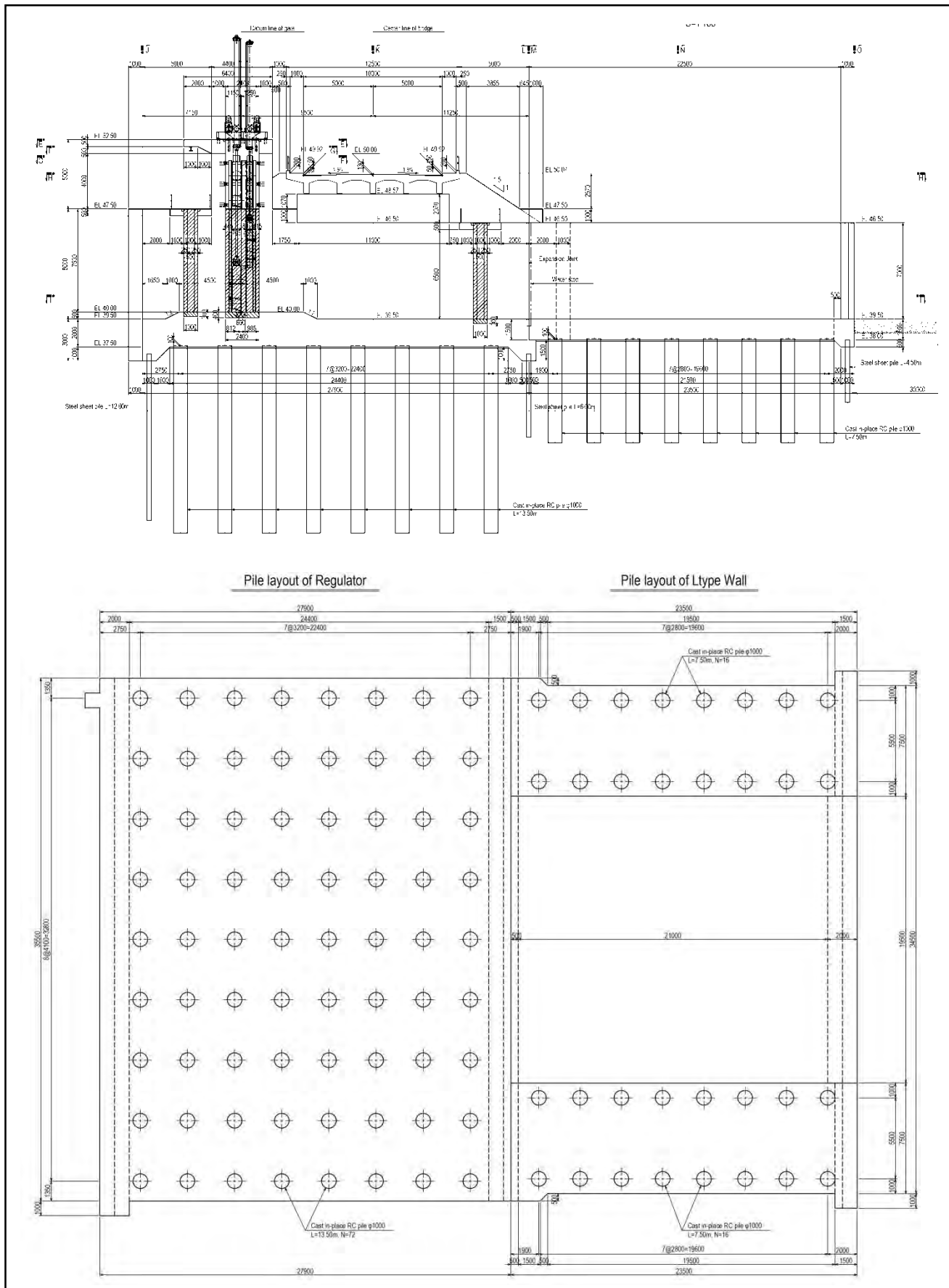


図 12-3.1 バハルヨセフ堰とL型擁壁の杭配置図

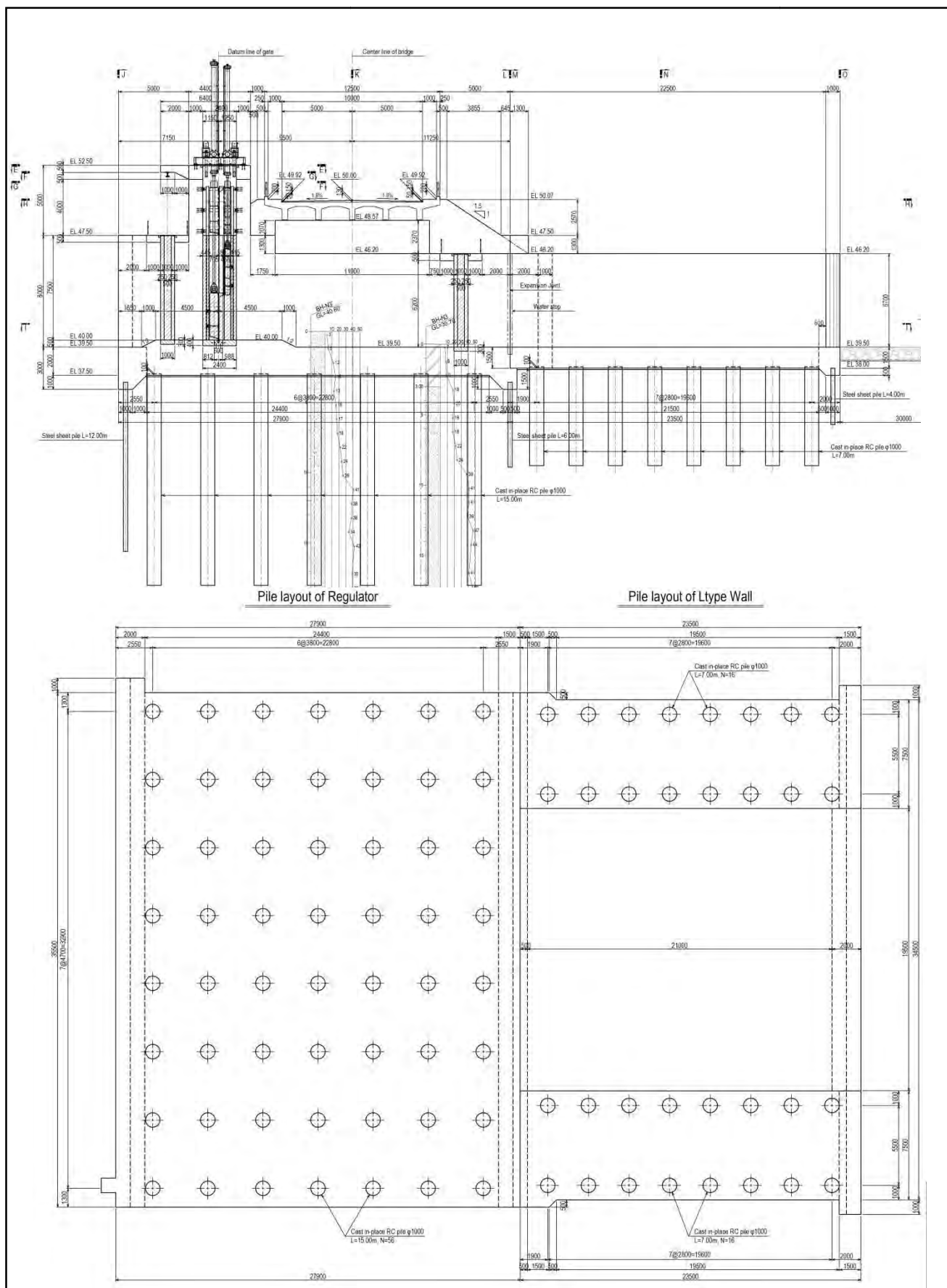


図 12-3.2 イブラヒミア堰とL型擁壁の杭配置図

13. 護岸工の設計

13-1 工法の選定

護岸工は、原則として、ドライ施工が出来ない区間については鋼矢板護岸工とし、ドライ施工が可能な範囲については法面石張り護岸工を採用する。

尚、三次元流況解析及びエ国側で実施された水理模型実験結果より、バハルヨセフ堰下流左岸及びイブラヒミア堰下流右岸において渦流の発生が確認されたため、渦流を極力解消するための対策として盛土による流路整形を図ることとなった。この盛土部における護岸工法として、後述の工法比較検討結果よりフトン箆工法の採用を決定した。

13-2 鋼矢板護岸工の設計

a) 鋼矢板護岸工形式の選定方針

鋼矢板護岸工の形式は、構造物の形状、地盤状況、施工性及び経済性等より自立式鋼矢板護岸工法を優先的に計画する。しかし、構造的に自立式鋼矢板護岸工で安全性が確保されない場合には、タイロッド式鋼矢板護岸工法を採用する。

b) 鋼矢板護岸工検討断面タイプ

鋼矢板護岸工の検討タイプは、図 13-2.1 に示す 14 タイプとする。

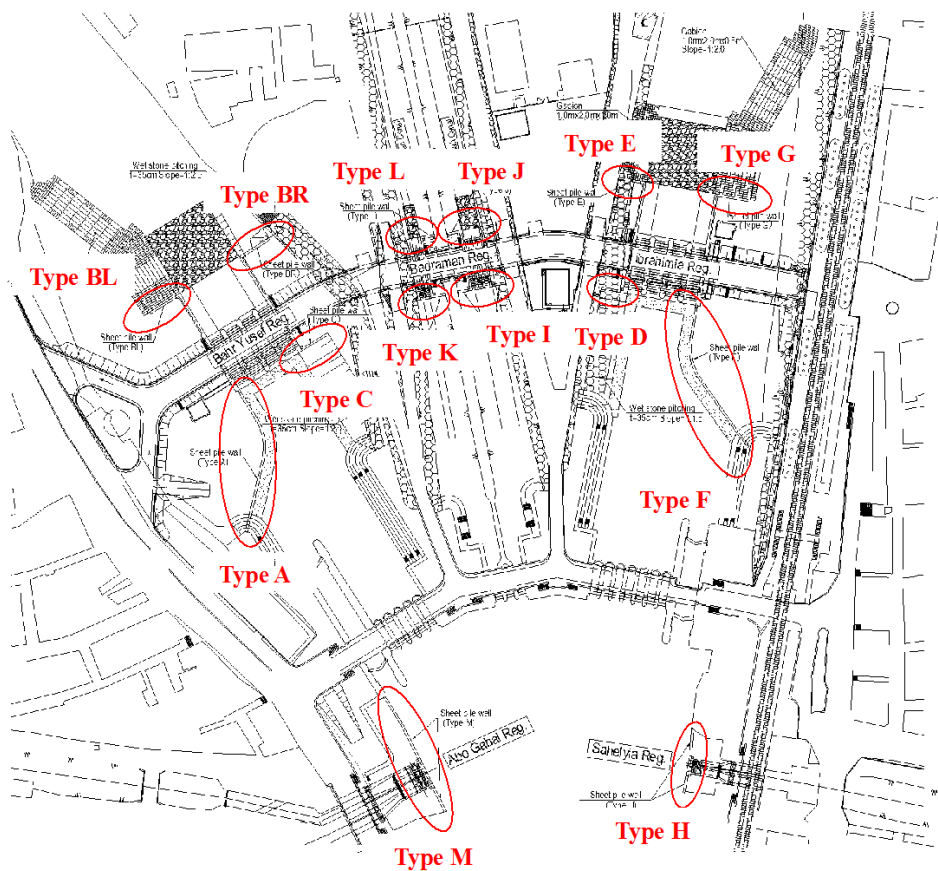


図 13-2.1 護岸工検討断面タイプ位置図

c) 鋼矢板護岸工形式及び規模

① 使用鋼材

鋼矢板護岸工に使用する鋼材（鋼矢板、溝型鋼、タイロッド等）は、資材調達調査結果を踏まえてタイロッド（付属部品含む）は日本調達、その他の鋼材はエ国で使用実績がある第三国調達材料を使用する。

鋼矢板は、世界最大の鉄鋼メーカーでルクセンブルグに本社がある ArcelorMittal 社の鋼材を採用した。使用鋼矢板の断面性能を表 13-2.1 に、鋼材規格を表 13-2.2 に示す。

表 13-2.1 鋼矢板断面性能表

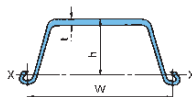


表 13-2.2 鋼材規格表

	型	幅 w mm	高さ h mm	厚さ t mm	断面積 A cm ² /m	重量		断面二次 モーメント I cm ⁴ /m	断面係数 Z cm ³ /m
						1枚当たり	1m ² 当たり		
						kg/m	kg/m ²		
鋼矢板	PU12	600	180	9.8	140.0	66.1	110	21,600	1,200
	PU18	600	215	11.2	163.0	76.9	128	38,650	1,800
	PU22	600	225	12.1	183.0	86.1	144	49,460	2,200
	PU28	600	227	15.2	216.0	101.8	170	64,460	2,840
	PU32	600	226	19.5	242.0	114.1	190	72,320	3,200
	参考(日本)	SP-IIw	600	130	10.3	131.2	61.8	103	13,000
	SP-IIIw	600	180	13.4	173.2	81.6	136	32,400	1,800
	SP-IVw	600	210	18.0	225.5	106.0	177	56,700	2,700

	規格	降伏点	引張 強さ	許容 応力度
		N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
鋼矢板	S270GP	270	410	165
	S320GP	320	440	195
	S355GP	355	480	215
	S390GP	390	490	235
	S430GP	430	510	260
参考(日本)	SY295	295	490	180
	SY390	390	540	235

② 鋼矢板護岸工の設計手法

鋼矢板護岸工の設計手法は、構造形式により異なり、その設計手法も多くの手法が提案されている。本設計においては、以下の手法により設計を行った。

- ・自立式鋼矢板護岸工：チャン（Y.L.Chang）の式
- ・タイロッド式鋼矢板護岸工：フリーアースサポート法

尚、鋼矢板の防食法については、エ国内で広く採用されている「被覆防食工法」とすることを設計WGでの協議にて確認した。よって、設計においては、鋼矢板の腐食代は考慮しない。

また、タイロッド式鋼矢板護岸工においては、盛土内に控え鋼矢板を設置することより、タイロッド式鋼矢板護岸工の構造的な安全性を確保しながらの盛土施工が必要となる。タイロッド式鋼矢板護岸の施工と盛土施工のステップを図 13-2.2 に示す。

よって、タイロッド式鋼矢板護岸工の設計は、完成系の設計と合わせて、施工時の設計として前面鋼矢板での自立状態での設計を実施し、1次盛土形状の設定を行う。

鋼矢板護岸工の検討結果を、表 13-2.3～表 13-2.5 及び図 13-2.3～図 13-2.5 に示す。

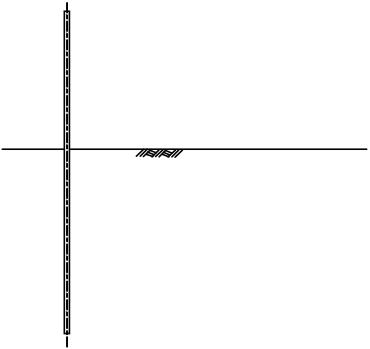
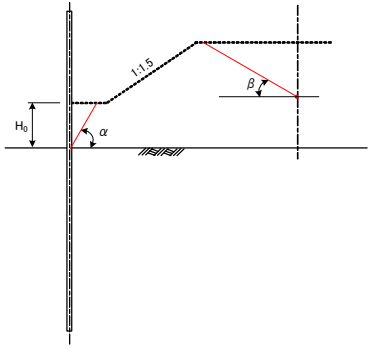
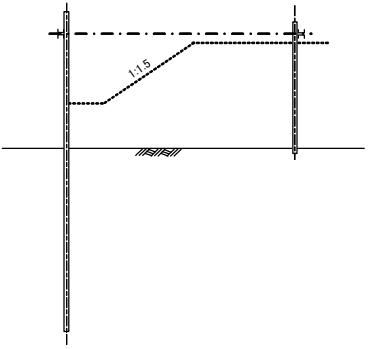
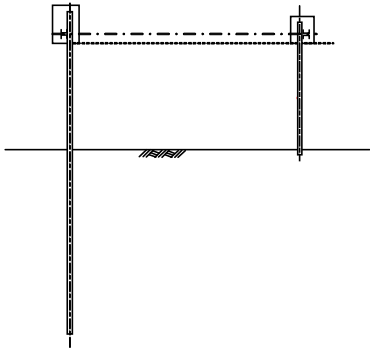
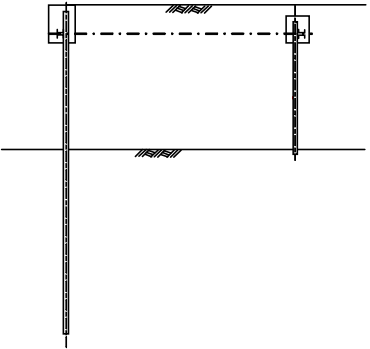
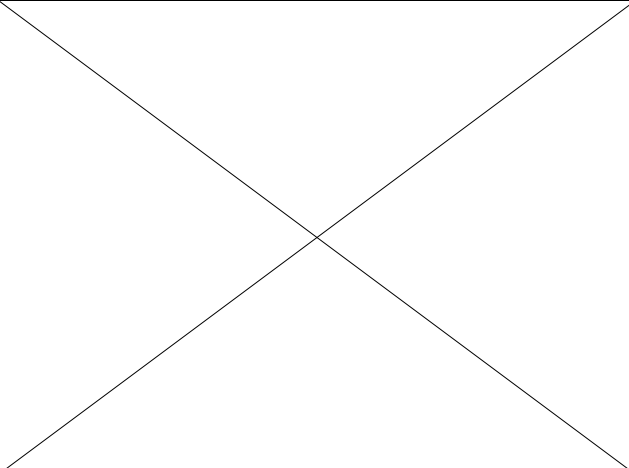
<p>Step 1</p> 	<p>Step 2</p> 
<p>● 前面鋼矢板を打設する。</p>	<p>● 1次盛土を実施する。</p> <p>盛土高さは前面鋼矢板が自立式で安全性を確保できる高さ(H_0)で主働崩壊角(α)内に更なる盛土荷重の影響が無いような形状とする。</p> <p>控え鋼矢板の受動土圧を期待するために、受働崩壊角(β)以上のレベル区間を確保する。</p>
<p>Step 3</p> 	<p>Step 4</p> 
<p>● タイロッド及び腹起し材を設置する。</p>	<p>● 2次盛土を施工し、頭部コンクリートの施工を行う。</p>
<p>Step 5</p> 	
<p>● 計画高までの盛土を施工し、完成。</p>	

図 13-2.2 タイロッド式鋼矢板護岸工施工要領図

表 13-2.3 鋼矢板護岸工検討結果一覧表 (1/3)

堰名		パハルヨセフ堰																				
TYPE		A			BL-1			BL-2			BR-1			BR-2			C-1			C-2		
延長		66.60m			6.60m			6.60m			4.80m			9.00m			3.60m			9.00m		
護岸形式		タイロッド式鋼矢板護岸			タイロッド式鋼矢板護岸			自立式鋼矢板護岸			タイロッド式鋼矢板護岸			タイロッド式鋼矢板護岸			タイロッド式鋼矢板護岸			タイロッド式鋼矢板護岸		
		常時	地震時	施工時 (H=3.00m)	常時	地震時	施工時 (H=2.00m)	常時	地震時	常時	地震時	施工時 (H=2.00m)	常時	地震時	施工時 (H=3.50m)	常時	地震時	施工時 (H=3.50m)	常時	地震時	施工時 (H=4.00m)	
前面 鋼矢板	型	PU18			PU18			PU18			PU18			PU18			PU18			PU18		
	長さ m	21.50			16.50			11.00			16.50			11.50			19.00			17.00		
	応力度 N/mm ²	157 (<165)	86 (<190)	35 (<165)	114 (<165)	60 (<190)	40 (<165)	78 (<165)	60 (<190)	114 (<165)	61 (<190)	40 (<165)	25 (<165)	17 (<190)	63 (<165)	157 (<165)	86 (<190)	48 (<165)	41 (<165)	36 (<190)	67 (<165)	
	根入れ長 m	14.20 (>14.14)			9.70 (>9.38)			7.70 (>7.47)			9.70 (>9.38)			7.20 (>6.80)			11.70 (>11.58)			12.20 (>12.10)		
	水平変位 mm			29.48 (<50.00)			32.72 (<50.00)	35.12 (<50.00)	27.70 (<75.00)			32.72 (<50.00)			32.38 (<50.00)			39.04 (<50.00)			40.56 (<50.00)	
控え 鋼矢板	型	PU12			PU12						PU12			PU12			PU12			PU12		
	長さ m	6.00			6.00						6.00			6.00			6.00			6.00		
	応力度 N/mm ²	57 (<165)	37 (<190)		42 (<165)	26 (<190)				42 (<165)	26 (<190)		17 (<165)	13 (<190)		57 (<165)	37 (<190)		27 (<165)	25 (<190)		
	根入れ長 m	5.70 (>5.43)			5.70 (>5.43)						5.70 (>5.43)			5.70 (>5.43)			5.70 (>5.43)			5.70 (>5.43)		
	水平変位 mm	8.11 (<50.00)	5.27 (<75.00)		5.93 (<50.00)	3.65 (<75.00)				5.93 (<50.00)	3.67 (<75.00)		2.43 (<50.00)	1.80 (<75.00)		8.11 (<50.00)	5.27 (<75.00)		3.86 (<50.00)	3.52 (<75.00)		
タイロッド	径 φ mm	Φ46			Φ42						Φ42			Φ25			Φ46			Φ32		
	ピッチ @ m	@2.40			@2.40						@2.40			@2.40			@2.40			@2.40		
	応力度 N/mm ²	170 (<176)	111 (<264)		150 (<176)	92 (<264)				150 (<176)	92 (<264)		173 (<176)	128 (<264)		170 (<176)	111 (<264)		168 (<176)	153 (<264)		
腹起し	材料	2×UPN-220×80			2×UPN-200×75						2×UPN-200×75			2×UPN-180×70			2×UPN-220×80			2×UPN-180×70		
	応力度 N/mm ²	139 (<140)	90 (<210)		130 (<140)	80 (<210)				130 (<140)	80 (<210)		68 (<140)	50 (<210)		139 (<140)	90 (<210)		108 (<140)	98 (<210)		
控え工設置位置	m	11.00 (>7.33)			11.00 (>7.04)						11.00 (>7.04)			6.50 (>5.59)			10.00 (>7.33)			6.50 (>5.88)		

表 13-2.4 鋼矢板護岸工検討結果一覧表 (2/3)

堰名		イブプレミア堰																		
TYPE		D-1			D-2		E-1			E-2			F			G-1			G-2	
延長		3.60m			5.40m		3.00m			1.80m			72.60m			6.60m			6.00m	
護岸形式		タイロッド式鋼矢板護岸			自立式鋼矢板護岸		タイロッド式鋼矢板護岸			自立式鋼矢板護岸			タイロッド式鋼矢板護岸			タイロッド式鋼矢板護岸			自立式鋼矢板護岸	
		常時	地震時	施工時 (H=4.50m)	常時	地震時	常時	地震時	施工時 (H=4.50m)	常時	地震時	常時	地震時	施工時 (H=3.50m)	常時	地震時	施工時 (H=3.50m)	常時	地震時	
前面 鋼矢板	型	PU18			PU12		PU12			PU12			PU18			PU12			PU12	
	長さ m	16.00			9.50		13.50			8.00			17.50			15.00			9.50	
	応力度 N/mm ²	157 (<165)	86 (<190)	79 (<165)	106 (<165)	99 (<190)	135 (<165)	74 (<190)	38 (<165)	31 (<165)	34 (<190)	157 (<165)	86 (<190)	43 (<165)	135 (<165)	75 (<190)	62 (<165)	88 (<165)	78 (<190)	
	根入れ長 m	8.70 (>8.55)			6.70 (>6.39)		7.50 (>7.44)			6.50 (>6.06)			10.20 (>9.90)			9.00 (>8.92)			7.00 (>6.17)	
	水平変位 mm			36.67 (<50.00)	48.11 (<50.00)	46.60 (<75.00)			12.26 (<50.00)	9.57 (<50.00)	10.92 (<75.00)			33.22 (<50.00)			43.37 (<50.00)	36.83 (<50.00)	33.51 (<75.00)	
控え 鋼矢板	型	PU12					PU12						PU12			PU12				
	長さ m	6.00					6.00						6.00			6.00				
	応力度 N/mm ²	57 (<165)	37 (<190)				42 (<165)	28 (<190)				57 (<165)	37 (<190)		42 (<165)	28 (<190)				
	根入れ長 m	5.70 (>5.43)					5.70 (>5.43)						5.70 (>5.43)			5.70 (>5.43)				
	水平変位 mm	8.11 (<50.00)	5.27 (<75.00)				5.97 (<50.00)	3.93 (<75.00)				8.11 (<50.00)	5.27 (<75.00)		5.97 (<50.00)	3.99 (<75.00)				
タイロッド	径 φ mm	Φ46					Φ42						Φ46			Φ42				
	ピッチ @ m	@2.40					@2.40						@2.40			@2.40				
	応力度 N/mm ²	170 (<176)	111 (<264)				150 (<176)	99 (<264)				170 (<176)	111 (<264)		150 (<176)	101 (<264)				
腹起し	材料	2×UPN-220×80					2×UPN-200×75						2×UPN-220×80			2×UPN-200×75				
	応力度 N/mm ²	139 (<140)	90 (<210)				131 (<140)	86 (<210)				139 (<140)	90 (<210)		131 (<140)	88 (<210)				
控え工設置位置	m	9.00 (>7.33)					8.00 (>6.57)						10.50 (>7.33)			9.00 (>6.57)				

表 13-2.5 鋼矢板護岸工検討結果一覧表 (3/3)

堰名		サヘリア堰			バドラマン堰(ダイルーティア)				バドラマン堰(バドラマン)				アボギヤバル堰		
TYPE		H			I		J		K		L		M		
延長		19.20m			6.60m		4.20m		6.60m		3.60m		45.00m		
護岸形式		タイロッド式鋼矢板護岸			自立式鋼矢板護岸		自立式鋼矢板護岸		自立式鋼矢板護岸		自立式鋼矢板護岸		タイロッド式鋼矢板護岸		
		常時	地震時	施工時 (H=3.50m)	常時	地震時	常時	地震時	常時	地震時	常時	地震時	常時	地震時	施工時 (H=3.40m)
前面 鋼矢板	型	PU12			PU12		PU12		PU18		PU12		PU12		
	長さ m	11.00			9.00		8.00		10.00		8.00		9.50		
	応力度 N/mm ²	93 (<165)	52 (<190)	49 (<165)	104 (<165)	71 (<190)	45 (<165)	28 (<190)	87 (<165)	59 (<190)	58 (<165)	36 (<190)	49 (<165)	28 (<190)	46 (<165)
	根入れ長 m	5.75			5.50		5.60		6.20		5.30		5.30		
		(>5.29)	(>1.58)	(>5.36)	(>5.21)	(>5.21)	(>5.21)	(>5.21)	(>6.06)	(>6.06)	(>5.25)	(>5.25)	(>1.39)	(>0.86)	(>5.23)
水平変位 mm			31.29 (<50.00)	39.00 (<50.00)	26.84 (<75.00)	12.81 (<50.00)	7.93 (<75.00)	35.12 (<50.00)	23.83 (<75.00)	18.13 (<50.00)	11.16 (<75.00)			23.16 (<50.00)	
控え 鋼矢板	型	PU12											PU12		
	長さ m	6.00											6.00		
	応力度 N/mm ²	35 (<165)	24 (<190)										25 (<165)	18 (<190)	
	根入れ長 m	5.70											5.70		
		(>5.43)	(>5.43)										(>5.43)	(>5.43)	
水平変位 mm	4.90 (<50.00)	3.34 (<75.00)										3.60 (<50.00)	2.51 (<75.00)		
タイロッド	径 φ mm	Φ42											Φ32		
	ピッチ @ m	@2.40											@2.40		
	応力度 N/mm ²	151 (<176)	103 (<264)										156 (<176)	109 (<264)	
腹起し	材料	2×UPN-180×70											2×UPN-160×65		
	応力度 N/mm ²	137 (<140)	93 (<210)										130 (<140)	91 (<210)	
控え工設置位置	m	7.50											6.50		
		(>6.14)	(>7.08)										(>5.54)	(>6.29)	

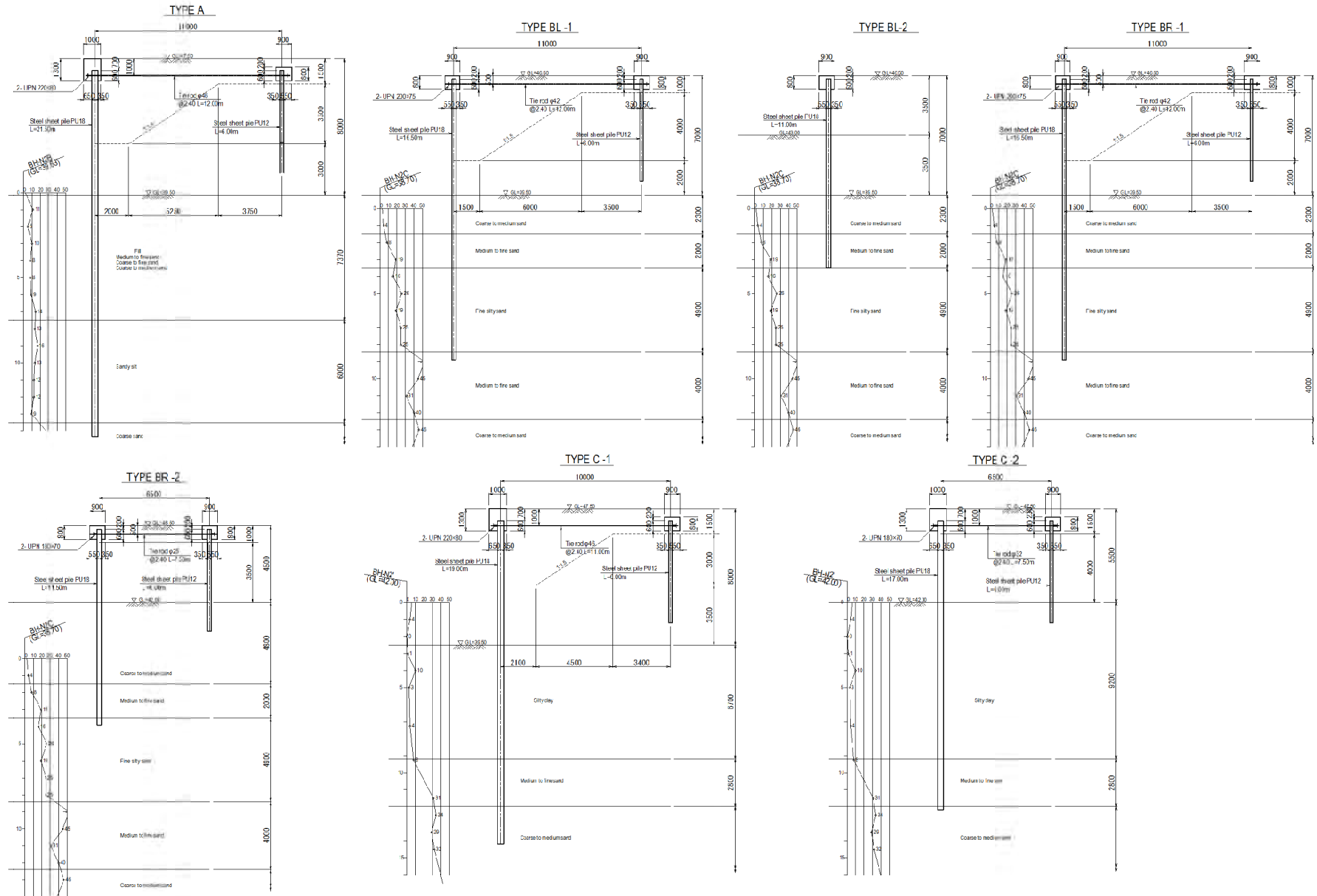


図 13-2.3 鋼矢板護岸工検討結果図 (1/3)

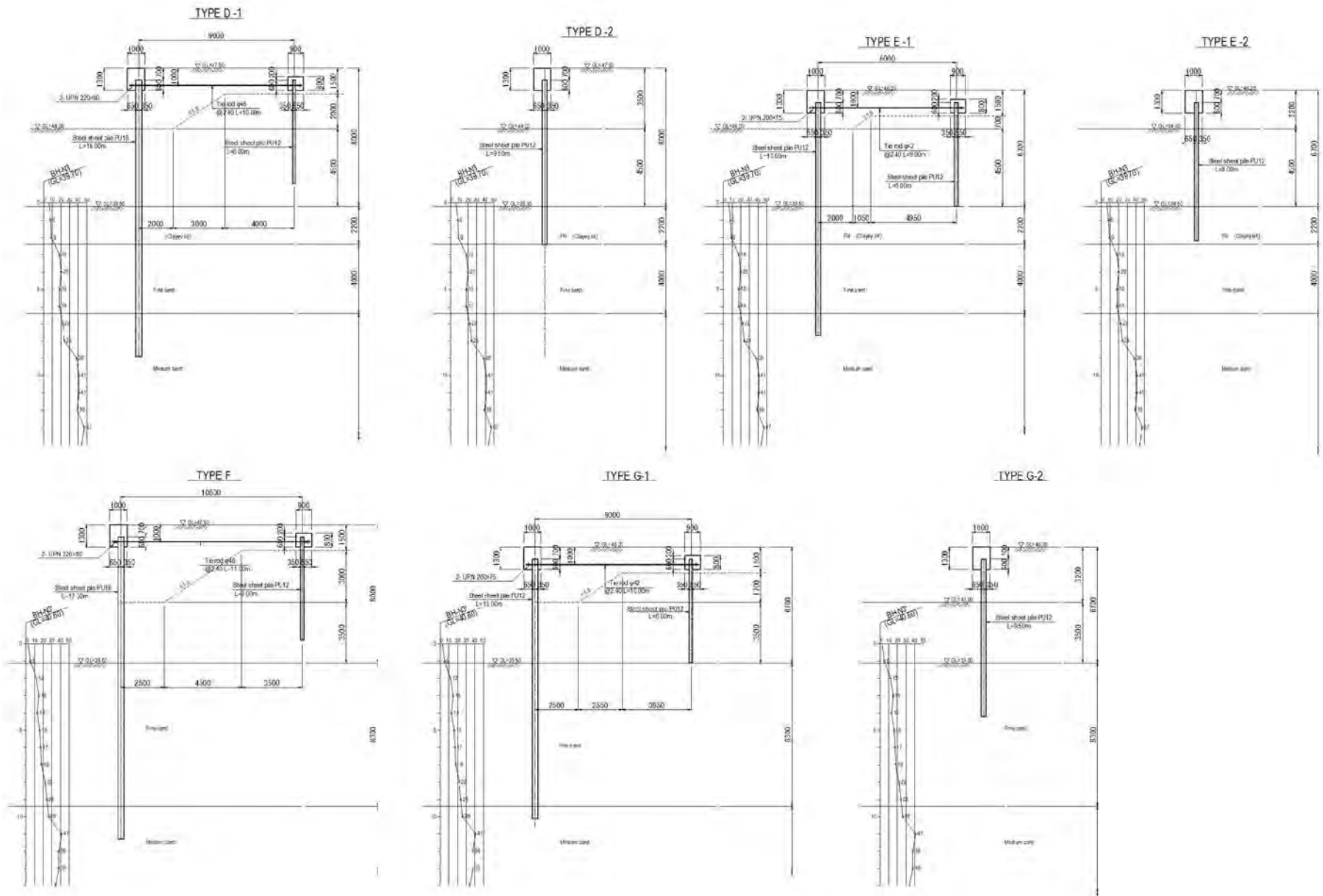


図 13-2.4 鋼矢板護岸工検討結果図 (2/3)

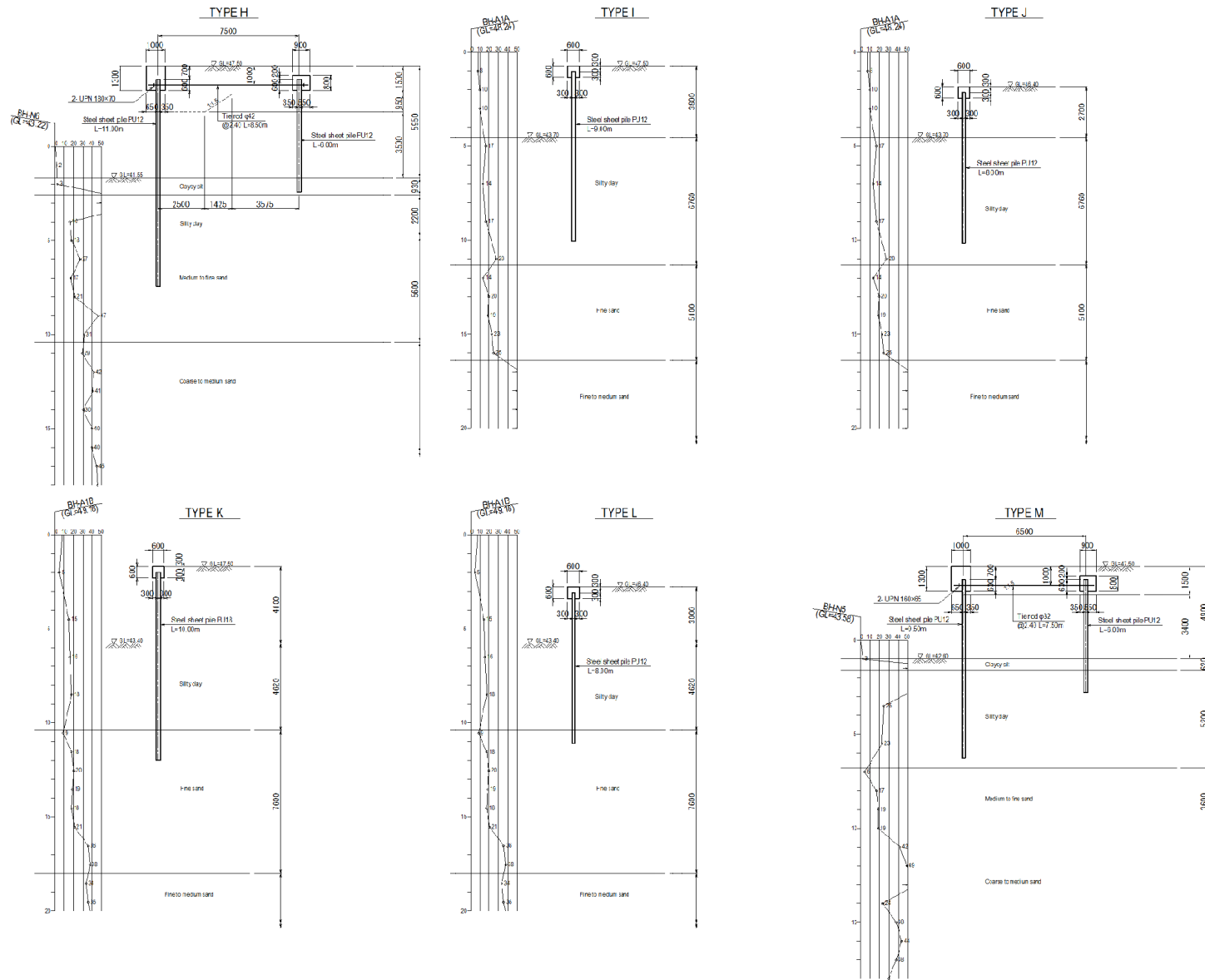


図 13-2.5 鋼矢板護岸工検討結果図 (3/3)

13-3 法面護岸工の設計

a) 練石張り護岸工

ドライ施工が可能な範囲については、ダハブ堰等で実績のある練石張り護岸工とし、残留水位の速やかな排除を目的に裏込め材及び水抜き工を設置する。

また、使用する石張り石は、単体で移動しない所要重量を確保するものとし、ハドソン公式により算定される重量以上の石材を使用する。

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H_D^3}{K_D (\gamma_r / W_0 - 1) \cot \alpha}$$

ここに W : 法面における石張り石の重量 (kN)

γ_r : 石張り石の空中単位体積重量 $\gamma_r = 26 \text{ kN/m}^3$

W_0 : 水の単位体積重量 $W_0 = 10 \text{ kN/m}^3$

α : 法面の水平面となす角度 $\alpha = 33^\circ 41' (1 : 1.5)$

K_D : 石材等の種類によって決まる係数 $K_D = 2$ とする。

H_D : 法面の前面における波高 $H_D = 0.50 \text{ m}$ とする。

$$\therefore W = 0.264 \text{ kN}$$

よって、安全を見込み石張り石の重量は、0.30kN（平均直径 30cm）程度とする。

標準断面を以下に示す。

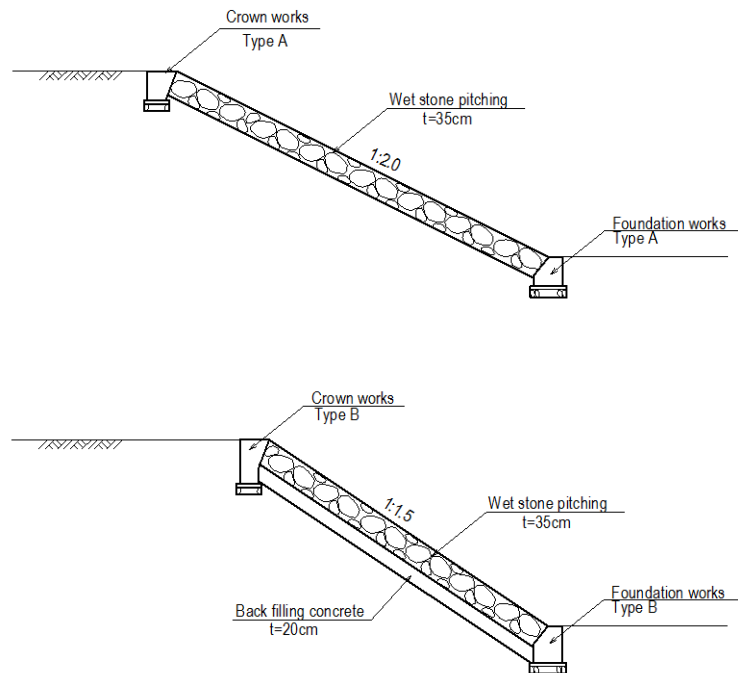


図 13-3.1 練石張り護岸工標準断面図

b) フトン籠護岸工

バハルヨセフ堰下流左岸及びイブラヒミア堰下流右岸の死水域に発生する渦流防止を目的に流路整形が行われる。これに伴う盛土及び護岸工事は、本体工事で施工される仮締切工外での工事となり、施工時の流水対策が施工条件となる。

これらのことを踏まえ、鋼矢板護岸工、練石張り護岸工、フトン籠（段積み方式、張付け方式）護岸工について比較検討（表 13-3.1～13-3.2 参照）を行い、設計WGで協議を重ねた結果、Winter Closure 期間の水位が低い条件下での施工を前提とした張付け方式（法面勾配 1 : 2.0）によるフトン籠護岸工とすることが決定され、第 25 回 TAC 会議で承認された。

以下に、フトン籠護岸工の標準断面図及び斜面の安定計算結果（ $F_s=1.648 > F_a=1.5$ ）を示す。

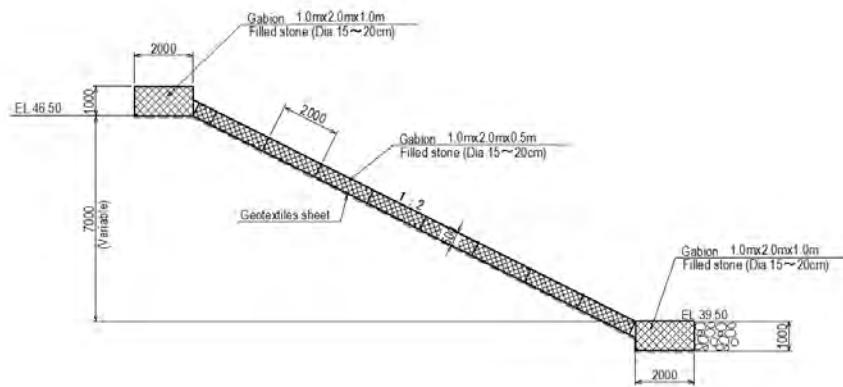


図 13-3.2 フトン籠護岸工標準断面図

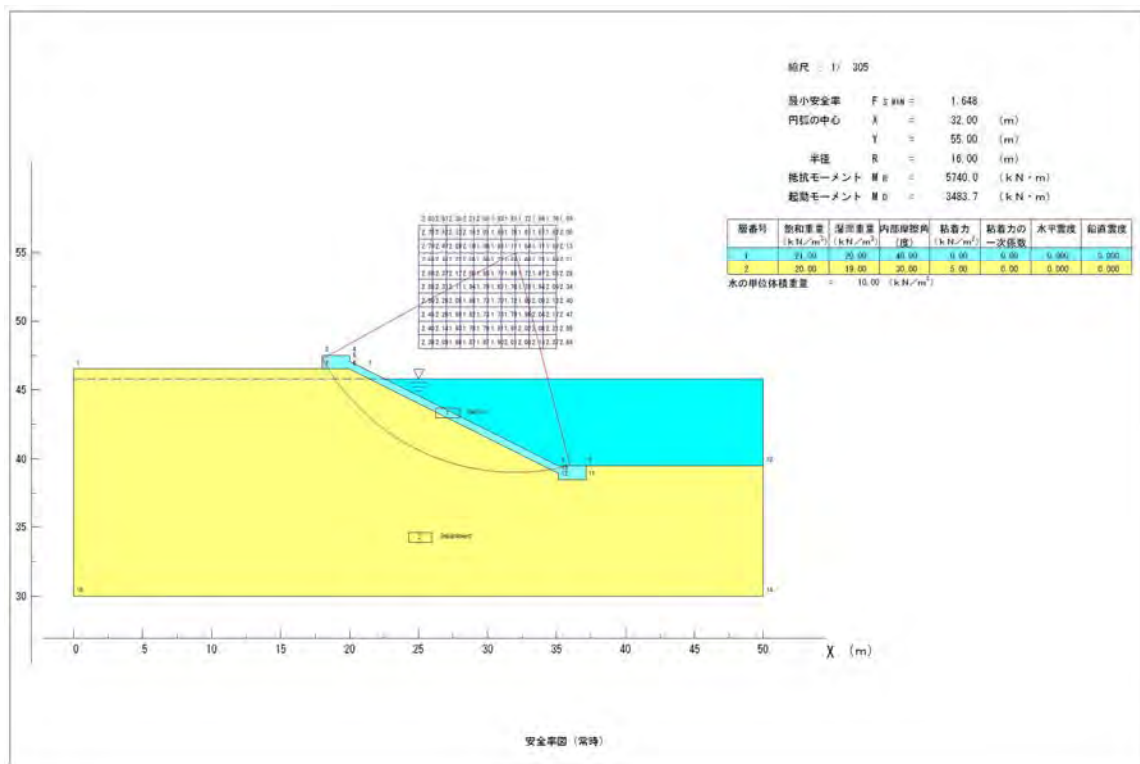


図 13-3.3 フトン籠護岸工安定計算結果図

表 13-3.1 下流護岸工構造比較検討表 (1/2)

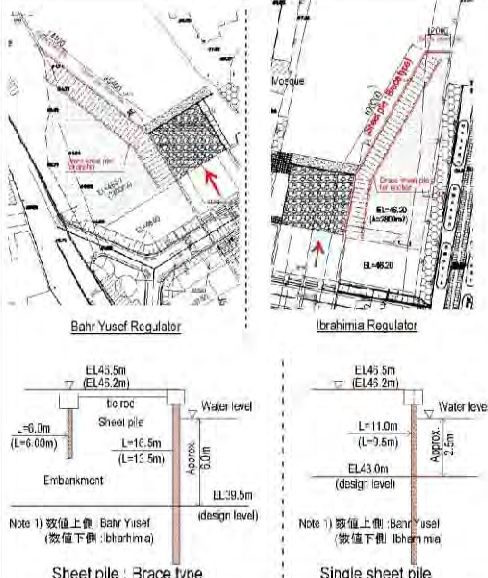
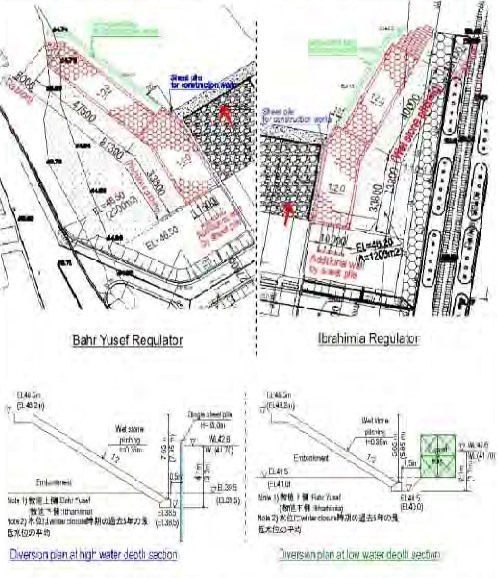
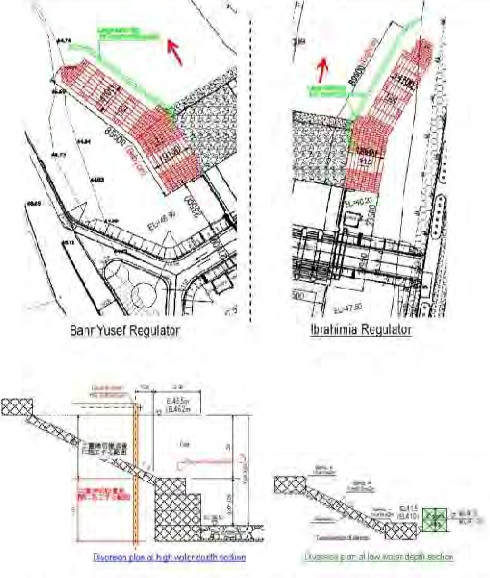
項目	Plan A : 鋼矢板護岸	Plan B : 練石張り護岸	Plan C : ふとん籠護岸
概要	 <p style="text-align: center;">Bahr Yusef Regulator Ibrahimia Regulator</p> <p style="text-align: center;">Sheet pile : Brace type Single sheet pile</p>	 <p style="text-align: center;">Bahr Yusef Regulator Ibrahimia Regulator</p> <p style="text-align: center;">Diversion plan at high water depth section Diversion plan at low water depth section</p>	 <p style="text-align: center;">Bahr Yusef Regulator Ibrahimia Regulator</p> <p style="text-align: center;">Diversion plan at high water depth section Diversion plan at low water depth section</p>
1. 水理特徴	<p>- 鋼矢板護岸は堰のソール・擁壁壁面との接続に差異が無いため、護岸形状は 3 案中最も直線形が良い。</p> <p>- 粗度係数は 3 案中最も抵抗が少ない。</p> <p style="text-align: center;">(Good)</p>	<p>- 護岸形状は比較的良好だが、練石張り護岸と堰の壁面との接続に差異がある。</p> <p>- 粗度係数は Plan A より大きい。</p> <p style="text-align: center;">(Moderate)</p>	<p>- 護岸形状は比較的良好だが、練石張り護岸と堰の壁面との接続に差異がある。</p> <p>- 粗度係数は Plan A より大きい。</p> <p style="text-align: center;">(Moderate)</p>
2. 構造特徴	<p>- 擁壁の強度として十分である。</p> <p>- 矢板表面に防錆剤塗料を塗布する必要がある。</p> <p>- 高い上水圧に抵抗するため、控え矢板が必要である。</p> <p style="text-align: center;">(Good)</p>	<p>- 擁壁の強度として十分である。</p> <p>- 錆の懸念がない。</p> <p>- 堰本体（直壁）と練石張り護岸（傾斜壁）の境界に Gap があるため Plan A よりも仕切り鋼矢板壁をバハルヨセフで 11.5m、イブラヒミアで 10.9m 延長する必要がある。</p> <p style="text-align: center;">(Good)</p>	<p>- 擁壁の強度として既ね支障ない。可塑性があるため損傷を受けやすい護岸や河床では変化形状に追随できる。</p> <p>- 防錆のためメッキ加工したものを適用する必要がある。</p> <p style="text-align: center;">(Good)</p>
3. 施工性	<p>- 施工手順は以下のとおり。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 土め撤きだしを矢板打設可能な高さまで行う。 2) 護岸線形に沿って矢板を打設し、控え矢板とタイロッドを設置する。 3) 盛土を締め固める。 <p>- 鋼矢板自体が締切の役割を果たすので、二事は水路内の水の影響を受けない。</p> <p>- しかしながら、3 案中最も工事手順が複雑である。</p> <p>- また、イブラヒミア堰では鉄道付近の鋼矢板打設は、影響を及ぼす可能性が懸念される。</p>	<p>- 施工手順は以下のとおり。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 土め撤きだしを計画高さまで行う。 2) 仮締切を行うため、鋼矢板と大型土嚢の設置を行う。 3) 工事は "winter closure" に行う必要がある。 4) 鋼矢板と大型土嚢を撤去。ただし、護岸工事後の締切用の鋼矢板の撤去は、クレーンのアーム長の制約から撤去が難しい。 <p>- 構法型式は難しくないので、コンクリート工事のため Dry works の環境を確保しなければならない。</p> <p>- 適切な仮締切工事を考慮すると、工事は "winter closure" に行う必要がある。</p>	<p>- 施工手順は以下のとおり。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 2 直締切設置期間に、堰本体の近傍部分の給水の Gabion の設置を堰工事と併せて実施する。設置高さ範囲を上図に示す。 2) 直締切撤去後は、人型土嚢を利用して施工キードを確保して残りの Gabion の護岸前部を施工する。 <p>- 大規模仮設を避けるため、施工を 2 段階に分けて行う。</p> <p>- このため鋼矢板による締切が不要である。</p> <p>- Gabion の設置・施工では、水深がそれほど深くない限り、水の影響があまりない。</p> <p>- 練石護岸と比較して施工期間が短い。</p>

表 13-3.2 下流護岸工構造比較検討表 (2/2)

項目	Plan A : 鋼矢板護岸	Plan B : 練石張り護岸	Plan C : ふとん籠護岸
		<ul style="list-style-type: none"> しかしながら、堰近傍の護岸の基礎部分と水路内水位の高低差は約 3-4m であり水圧に抵抗するため鋼矢板による縮切を採用する必要がある。なお、水位は" winter closure "時期の過去 5 年記録から把握した。 一方、堰近傍より下流では、水路床が高くなるため矢板縮切ではなく大型土嚢による縮切が可能である。 	
	(Not Good)	(Moderate)	(Good)
4. 工事期間	<p>以下の工事期間には盛土工事期間と鋼矢板コンクリートキャップの工事期間は含まれない。</p> <p>Bahr Yusef : approx. 0.8 month (approx. 95m) Ibrahimia : approx. 0.8 month (approx. 100m)</p> <p style="text-align: center;">(Good)</p>	<p>以下の工事期間には盛土工事期間は含まれない。</p> <p>Bahr Yusef : approx. 1.7 month (approx. 1,500m²) Ibrahimia : approx. 1.5 month (approx. 1,400m²)</p> <p style="text-align: center;">(Not good)</p>	<p>以下の工事期間には盛土工事期間は含まれない。</p> <p>Bahr Yusef : 0.4 month (approx. 60Cnos) Ibrahimia : 0.6 month (approx. 79Cnos)</p> <p style="text-align: center;">(Good)</p>
5. 経済性	<p style="text-align: center;">比率: 1.69 (Total : USD 1.0 million)</p> <p><u>上記費用の積算項目</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 矢板工とその他設置材料 2) 盛土工事と上運搬費用 3) 仮縮切工事 (不要) <p style="text-align: center;">(Not good : Expensive)</p>	<p style="text-align: center;">比率: 1.05 (Total : USD 0.63 million)</p> <p><u>上記費用の積算項目</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 練石護岸工とその他設置材料 2) 盛土工事と上運搬費用 3) 仮縮切工事 <p style="text-align: center;">(Good)</p>	<p style="text-align: center;">比率: 1.00 (Total : USD 0.60 million)</p> <p><u>上記費用の積算項目</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Gabion 工とその他設置材料 2) 盛土工事と上運搬費用 3) 仮縮切工事 <p style="text-align: center;">(Very Good)</p>
総合評価	Fairly Recommendable	Fairly Recommendable	Recommendable
	<ul style="list-style-type: none"> - 水理性能や構造の耐久性に支障ない。 - しかしながら、構造が複雑であること鉄道付近の鋼矢板打設に注意が必要である。 - 施工費用が 3 案中最も高い。 	<ul style="list-style-type: none"> - 水理性能や構造の耐久性に支障ない。また護岸形式として標準的な形式である。 - しかしながら工事に必要な仮縮切工は、水圧の影響を避けるため高価なものとなる。 - また、施工期間は他の案に比べ長くなり、施工可能期間である" winter closure "時期を超える。 	<ul style="list-style-type: none"> - 水理性能や構造の耐久性に概ね支障ない。また可撓性があるため損傷を受けやすい崖や河床では変形状に追随できる。 - 施工期間が 3 案中最も短く" winter closure "の期間内に済めることが可能である。 - 必要な仮縮切工は大型土嚢によるシンプルな形式で対応可能である。 - 他案と比較して施工費用が最も安価である。

14. 併設道路及び併設橋の設計

14-1 設計諸元の検討

(1) 幅員構成

F/S時のエジプト国との協議では、新ダイルート堰群の併設橋は維持管理用のみを目的とするため、Egyptian Code Regulators and Gates を参考とし有効幅員 6m を計画した。しかしながら、本件詳細設計業務では第 14 回 TAC 会議でダイルート市の今後の交通量予測に従うことが示されたことから、新ダイルート堰群のうち下流の 3 堰（バハルヨセフ堰、パドラマン堰及びイブラヒミア堰）の併設橋規模はダイルート市全体の交通量を考慮した計画とした。

交通量調査による必要な幅員は約 25m であるが（Appendix 参照）、新ダイルート堰群のうち下流の 3 堰群の規模や橋の取付も考慮して併設橋幅員は 12.5m（車道部 5.0m×2+歩道部 1.0m×2+地覆 0.25m×2）とし、残りの 12.5m 分は、別途、都市計画で考慮される道路橋が担うことで必要な幅員を確保する計画とする。

また、上流の小規模 2 堰（サヘリア堰とアボギャバル堰）の併設橋は維持管理を目的とし、併設橋幅員は全幅 6.5m（車道部 6.0m+地覆 0.25m×2）とした。

以上は第 14 回の TAC 会議で承認された。

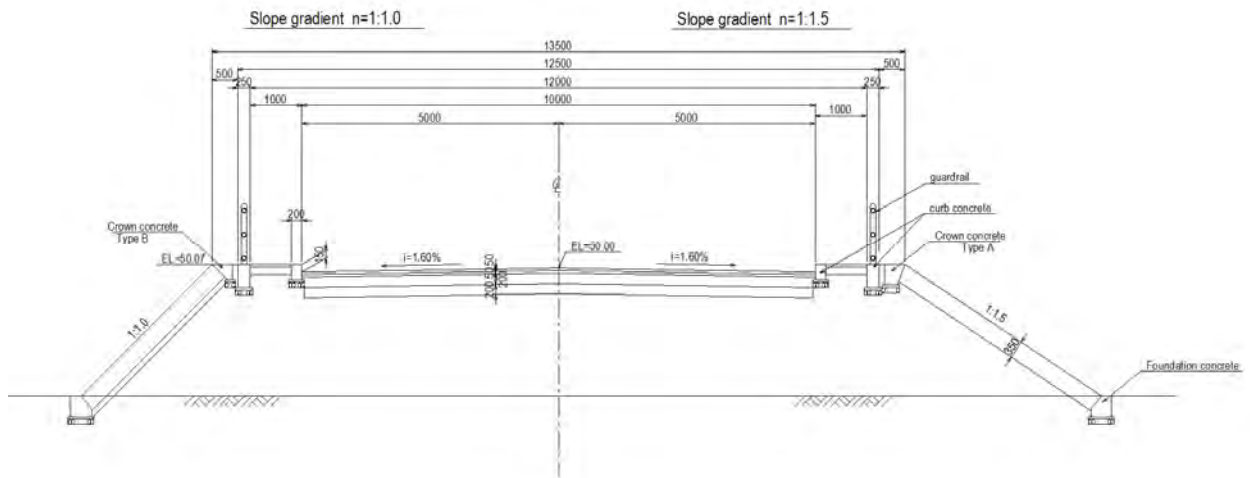


図 14-1.1 併設道路幅員構成図

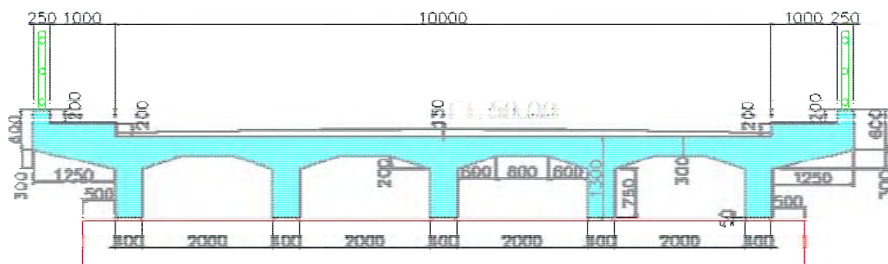


図 14-1.2 併設橋幅員構成図

(2) 設計荷重

併設橋における設計荷重は、Egyptian Code に準拠し、以下の荷重を考慮する。

表 14-1.1 設計荷重表

荷重位置	集中荷重 (車軸荷重) Q (kN)	等分布荷重 q (kN/m ²)
レーン①	300	9.0
レーン②	200	2.5
レーン③	100	2.5
その他のレーン	0	2.5
その他の範囲 (q)	0	2.5

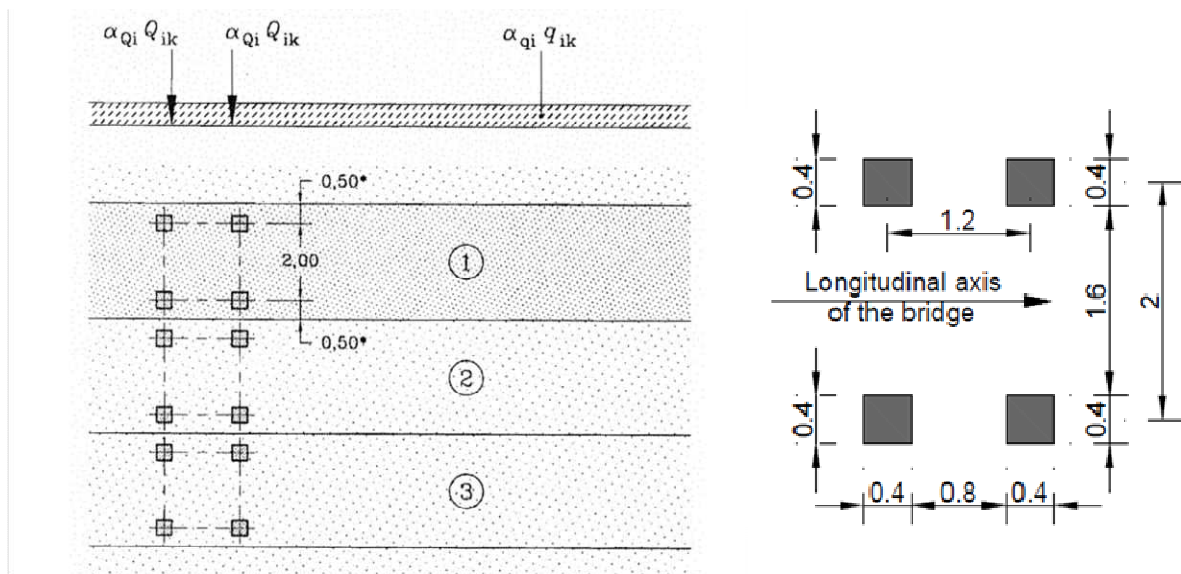


図 14-1.3 設計荷重説明図

(3) 線形計画

新ダイルート堰群の配置と併設道路の線形との関係は図 14-1.4 のとおりとする。

以下の2点については、第21回 TAC 会議にて最終確認された。

- ① バハルヨセフ堰左岸の既設国道との取合いは、既設国道の交通量を勘案して交通島を設け、併設橋への出入りを分離する。
- ② 既設堰群下流の併設道路の分界点は、イブラヒミア右岸鉄道法面までとする。

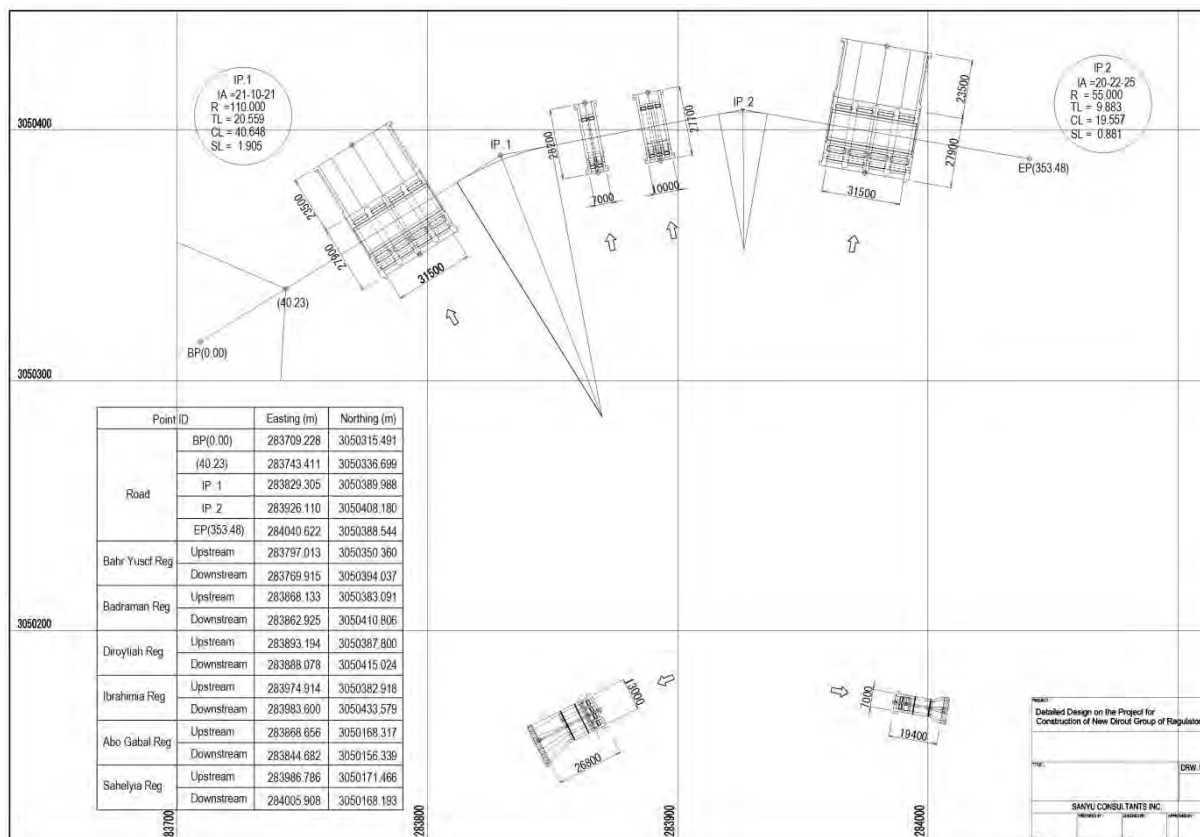


図 14-1.4 道路線形図

14-2 併設橋構造設計

併設橋の構造設計は、基本的に Egyptian Code に準拠し、Egyptian Code に規定のない項目については Eurocode 又は AASHTO に準拠した。

計算断面は、大規模堰（バハルヨセフ堰、イブラヒミア堰）、バドランマン堰（ダイルーティア）及びバドランマン堰（バドランマン）の3橋とする。図 14-2.1 に計算断面を示す。

尚、詳細な構造計算書は、Appendix 参照のこと。

橋梁名	橋種及び構造一般図
<p style="text-align: center;">大規模堰</p> <p>バハルヨセフ堰 イブラヒミア堰</p>	<p>橋種：RC 2 径間連続 5 主版桁橋× 2 橋</p>
<p style="text-align: center;">バドラマン堰</p> <p>ダイルーティア水路</p>	<p>橋種：RC 3 径間連続床版橋</p>
<p style="text-align: center;">バドラマン堰</p> <p>バドラマン水路</p>	<p>橋種：RC 2 径間連続床版橋</p>

図 14-2.1 併設橋概略図

15. ゲート設備の設計

ゲート設備は、次の事項に適合するように設計する。

- 1) 扉体が円滑かつ確実に作動すること
- 2) 必要な水密性および耐久性を有すること
- 3) 予想される荷重に対して安全であること
- 4) 操作および点検・整備が容易かつ安全に行えること

15-1 扉体の構造設計

15-1-1 設計条件

先方政府と合意したゲート設備の設計条件を次表に示す。このうち、特に留意すべき項目は下記のとおりである。

- 1) ゲートの開閉速度は、上下流の水位の急激な変化を生じさせないため 0.3m/min が一般的に用いられるが、急速閉鎖が必要な場合などには、これよりも速い開閉速度を設定したり、流量制御精度を高めるために遅い開閉速度を設定する場合もある。先方政府との協議の結果、全てのゲートの開閉速度は 0.3m/min とすることに決定した。
- 2) 扉体主要部の材質は普通鋼を基本とするが、2 段式ゲートのスキンプレート、ローラ及び戸当り金物など保守管理、補修が困難な部位及び摺動部の材質はステンレス鋼とする。
- 3) 2 段式ゲートでは、両側面、底面の 3 方向の水密のほか、下段扉体は上面にも水密ゴムが取り付けられ、摺動部の水密性も確保される。
- 4) 設計水位はゲート天端高（＝常時取水水位 EL46.30m＋余裕高 25cm）と同一とし、下流側には水位がない状態を安全上想定する。

表 15-1.1 ゲート設備の設計条件

名称	大規模堰群		小規模堰群				備考
	バハルヨセフ	イブラヒミア	バドラマン	ダイルーティア	アボギャバル	サヘリア	
ゲート形式	2段式ローゲート	2段式ローゲート	スライドゲート	スライドゲート	スライドゲート	スライドゲート	
純径間	6.00m	6.00m	2.00m	2.00m	2.00m	2.00m	
全屏高	6.55m	6.55m	2.65m	2.35m	2.95m	3.55m	
門数	4	4	2	3	4	2	
ゲート天端高	EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m	余裕高=0.25m
ゲート敷高	EL40.00m	EL40.00m	EL43.90m	EL44.20m	EL43.60m	EL43.00m	
設計水位(上流側)	EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m	
設計水深	6.55m	6.55m	2.65m	2.35m	2.95m	3.55m	
ゲート巻上時下端標高	EL47.50m	EL47.50m	EL47.50m	EL47.50m	EL47.50m	EL47.50m	HHWL+0.5m
揚程	7.50m	7.50m	3.60m	3.30m	3.90m	4.50m	
開閉速度	0.3m/min	0.3m/min	0.3m/min	0.3m/min	0.3m/min	0.3m/min	
操作方式	機側/遠隔操作	機側/遠隔操作	機側/遠隔操作	機側/遠隔操作	機側/遠隔操作	機側/遠隔操作	
開閉装置形式 (吊り本数)	油圧シリンダ	油圧シリンダ	電動ラック式 (2本吊り)	電動ラック式 (2本吊り)	電動ラック式 (2本吊り)	電動ラック式 (2本吊り)	
水密方式	3方ゴム水密	3方ゴム水密	3方ゴム水密	3方ゴム水密	3方ゴム水密	3方ゴム水密	
主要部材質	スキンプレート	ステンレス鋼	ステンレス鋼	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)
	主桁	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)
	ローラ	ステンレス鋼	ステンレス鋼	-	-	-	-
	戸当り	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼
	ボルト、ナット、ワッシャー	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼
	油圧配管	ステンレス鋼	ステンレス鋼	-	-	-	-
主桁のたわみ量	1/800	1/800	1/800	1/800	1/800	1/800	

15-1-2 扉体構造

扉体構造にはシェル構造と桁（プレートガーダ）構造があり、どちらの形式を選定するかは、径間、扉高、越流の有無等により検討する。ガーダ構造の場合、径間が長くなると水圧による水平荷重を支持する主桁の深さが大きくなり、この自重によるたわみ度を規定値内に保つためには桁の鉛直方向の剛性を高める必要が生じ不経済な設計となる。一方、シェル構造は、扉体の断面形状を構成する各部材が強度的に有効に働き、水理的にも良好な形状とすることができる。

以上のようなことから、一般にシェル構造またはガーダ構造を採用する目安は、扉高と径間の比（H/L）を用いることが多く、1/5～1/6以下の場合にシェル構造を、それ以上ではガーダ構造を採用している。

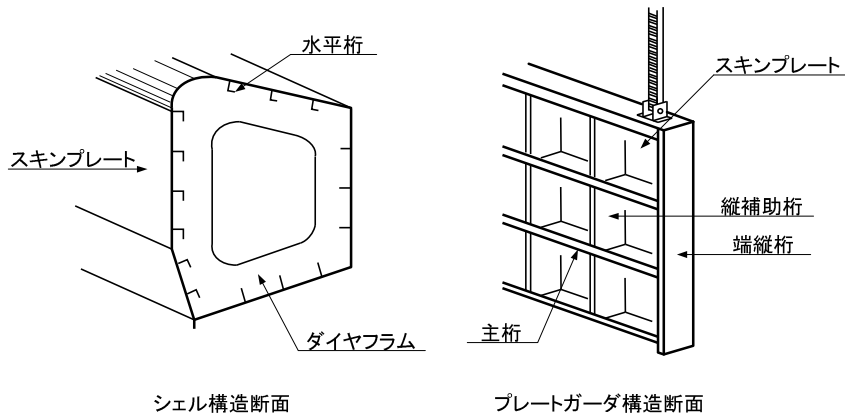


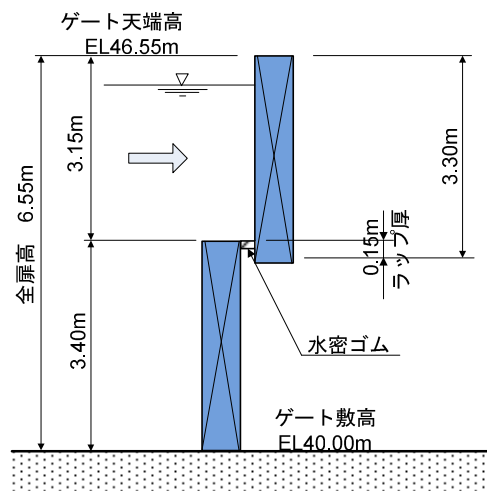
図 15-1.1 扉体構造模式図

2 段式ゲートを採用する大規模堰群の上下各々の扉高と径間比は次のとおりである。

上段扉 ; $H/L=3.30\text{m}/6.0\text{m}=1/1.82$

下段扉 ; $H/L=3.40\text{m}/6.0\text{m}=1/1.76$

従って、上段、下段扉共にプレートガーダ構造を採用する。また、小規模堰群も同様に全てプレートガーダ構造とする。なお、2 段式ゲートの上下それぞれの扉高は右図のとおりとした。両扉体の配置は、越流水の下段扉頂版上への落下を避けるため、上段扉下流方式を採用する。



6.55m+0.15m(ラップ厚) =6.70m
 6.70m/2=3.35m→3.40m(下段扉),3.30m(上段扉)

図 15-1.2 2 段式ゲートの扉高

15-1-3 設計荷重

扉体の設計には、自重のほか、静水圧、堆砂による土圧、波圧、浮力、地震時動水圧、温度変化による影響等を適宜組み合わせて考慮する。

(1) 静水圧

静水圧は、扉体との接触面に対して垂直に作用するものとし、次式により計算する。

$$P = W_o h_o$$

ここに、P: 静水圧 (kN/m²)

W_o: 水の単位体積重量 (kN/m³)

h_o: 扉体の直上流における水位に波浪高さを加えた水位から静水圧を求めようとする点までの水深 (m)

(2) 堆砂による土圧

堆砂による土圧は鉛直方向にあっては堆泥の水中における重量をとるものとし、水平方向にあっては次式によって計算する。

$$P_e = C_e W_1 d$$

ここに、P_e: 扉体との接触面の任意の点における水平方向泥圧 (kN/m²)

C_e: 泥圧係数 (C_e=0.3-0.6)

W₁: 堆泥の水中における単位体積重量 (kN/m³)

d: 堆泥面から接触面上の任意の点までの深さ (m)

堆泥は、泥土の粒子が水中に浮遊しているのではなく、堆泥の空隙を水が満たし、一体となっている状態にあるので、堆泥の水中における単位体積重量は次式で示される。

$$W_1 = W - (1-v) W_o$$

ここに、W₁: 堆泥の見かけ上の単位体積重量 (kN/m³)

v: 堆泥の空隙率 (0.30-0.45)

W_o: 水の単位体積重量 (kN/m³)

(3) 風による波浪高

波を受ける上流面が鉛直に近い場合は、S.M.B法 (Sverdrup-Munk-Bretschneider) により波高を計算する。

$$h_w = 0.00086 V^{1.1} F^{0.45}$$

ここに、h_w: 全波高 (m)

F: 対岸距離 (m)

V: 風速 (10分間の平均) (m/s)

(4) 地震による波浪高

地震による波浪高は、次式により算出する。

$$h_e = \frac{k \cdot \tau}{2\pi} \sqrt{g \cdot H}$$

ここに、h_e: 半波高 (m)

k: 設計震度

τ: 地震周期 (s)

g: 重力の加速度 (=9.8m/sec²)

H: 設計水位から基礎面までの高さ (m)

(5) 地震時動水圧

扉体に作用する動水圧はウエスターガード (Westergard) の式による。

$$p_d = \frac{7}{8} W_0 k \sqrt{Hh}$$

- ここに、Pd：地震時動水圧 (kN/m²)
- W₀:水の単位体積重量(kN/m³)
- k: 設計水平震度
- H: 設計水位から基礎面までの高さ(m)
- h:設計水位から任意の点までの深さ(m)

15-1-4 許容応力度

扉体・戸当り・固定部に用いられる JIS 規格材料の許容応力度は次表に示す値とする。ただし、修理用予備ゲート及び据付架台に用いる許容応力度は、以下の数値に 1.5 を乗じて補正する。JIS 規格以外(BS、DIN、ASTM 等) の材料を使用する場合は、別途検討する。

表 15-1.2 構造用鋼材の許容応力度

(単位:N/mm²)

種類	鋼種		SM490		SMA490	
	SS400, SM400, SMA400		厚さ≤40mm	>40	厚さ≤40mm	>40
1.軸方向引張応力度 及び曲げ引張応力度	120		160		180	
2.軸方向圧縮応力 圧縮部材 l: 部材の有効座屈長 (mm) r: 部材の総断面の断面二次半 径(mm) 圧縮添接材	$\frac{l}{r} \leq 20: 120$ $20 < \frac{l}{r} \leq 93: 120 - 0.75(\frac{l}{r} - 20)$ $93 < \frac{l}{r}: \frac{1,000,000}{6,700 + (\frac{l}{r})^2}$		$\frac{l}{r} \leq 15: 160$ $15 < \frac{l}{r} \leq 80: 160 - 1.12(\frac{l}{r} - 15)$ $80 < \frac{l}{r}: \frac{1,000,000}{5,000 + (\frac{l}{r})^2}$		$\frac{l}{r} \leq 14: 180$ $14 < \frac{l}{r} \leq 76: 180 - 1.33(\frac{l}{r} - 14)$ $76 < \frac{l}{r}: \frac{1,000,000}{4,500 + (\frac{l}{r})^2}$	
3.曲げ応力度 桁の引張縁 桁の圧縮縁 Aw:腹板の総断面積(mm ²) Ac: 圧縮フランジの総断面積 (mm ²) l: 圧縮フランジの固定点間距 離(mm) b: 圧縮フランジ幅(mm) $K = \sqrt{3 + \frac{Aw}{2Ac}}$ 圧縮フランジがスキンプレー ト等で直接固定された場合	120 $\frac{l}{b} \leq \frac{9}{K}: 120$ $\frac{9}{K} < \frac{l}{b} \leq 30: 120 - 1.1(K\frac{l}{b} - 9)$ ただし $\frac{Aw}{Ac} < 2$ の場合、 K = 2 とする	左記 の0.92 倍	160 $\frac{l}{b} \leq \frac{8}{K}: 160$ $\frac{8}{K} < \frac{l}{b} \leq 30: 160 - 1.6(K\frac{l}{b} - 8)$ ただし $\frac{Aw}{Ac} < 2$ の場合、 K = 2 とする	左記 の0.94 倍	180 $\frac{l}{b} \leq \frac{7}{K}: 180$ $\frac{7}{K} < \frac{l}{b} \leq 27: 180 - 1.9(K\frac{l}{b} - 7)$ ただし、 $\frac{Aw}{Ac} < 2$ の場合、 K = 2 とする	左記 の 0.95 倍
4.せん断応力度	70		90		105	
5.支圧応力度	180		240		270	

表 15-1.3 鋳鋼品、炭素鋼の許容応力度

(単位: N/mm²)

種類		軸方向 引張応力度	軸方向 圧縮応力度	曲げ応力度	せん断 応力度	支圧応力度
鋳鋼品	SC450	110	110	110	65	165
	SC480	120	120	120	70	180
	SCW410	120	120	120	70	180
機械構造用炭素鋼	S20C	120	120	120	70	180
	S25C	130	130	130	75	195
	S35C	150	150	150	85	225
	S45C	170	170	170	95	255

表 15-1.4 接合用鋼材の許容応力度

(単位: N/mm²)

種類	鋼種	SS400, SM400		SM490	
		厚さ≤40mm	>40	厚さ≤40mm	>40
ボルト		SS400, S20C		S35C	
1. せん断応力度	仕上げボルト	75		100	
	アンカボルト	50		65	
2. 支圧応力度	仕上げボルト	180	左記の 0.92倍	230	左記の 0.94倍

15-2 開閉装置の設計

15-2-1 開閉荷重

開閉荷重は、次の項目を安全側に組み合わせて計算する。

1)扉体可動部重量、2)支承部摩擦力、3)水密ゴム摩擦力、4)堆泥による摩擦力、5)浮力、6)上下方向水理力、7)その他の荷重

扉体可動部重量には、ラック棒等、開閉装置の負荷となるものの重量を加えるものとする。ただし、自重降下の計算を行う時には、扉体自重のみを考慮する。

15-2-2 ラック式開閉装置

小規模堰群に用いるラック式開閉装置は、ラック棒、スタンド(架台)、開閉機、機側操作盤、ラック棒継手から構成される。開閉機は、動力部、減速部、動力伝達部、駆動部、手動装置、開度計及び保護装置から成り、ラック棒とともに我が国では標準化されている。

ラック棒は、ゲート開時には引張力、ゲート閉時には圧縮力が作用するので、強度計算は引張応力度、圧縮応力度及び座屈応力度について行うものとする。

なお、ラック式と同様に小形水門扉で用いられる開閉装置形式に、扉体と開閉装置をスクリュースピンドルで連結したスピンドル式がある。小規模堰群のゲート設備を日本以外から調達する場合は、要求される機器仕様を満足する限り、スピンドル式等の開閉装置も適用可能とする。

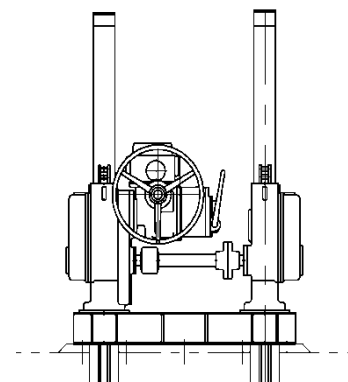


図 15-2.1 ラック式開閉装置

15-2-3 油圧式開閉装置

油圧式開閉装置は、油圧シリンダ、油圧ユニット、機側操作盤、開度計、保護装置、保守管理設備等から成る。油圧ユニットは、油圧ポンプ、電動機、制御弁、油タンクなどで一体に構成したものであり、油圧シリンダを正常に作動させるための油圧力の発生及び制御を行うものである。

(1) 油圧ユニットの台数

油圧式開閉装置では、複数のゲートで油圧ユニットを共有することが可能である。河川の洪水処理や災害防止上重要なゲート設備等では、油圧ユニットの故障により複数のゲートが操作不能となる危険性があるため、ゲート1門毎に油圧ユニットを設けることが必要とされる。本施設は灌漑用水路上に設けられた可動堰で、流下量はナイル川からの分水地点に設けられたイブラヒミア取水工により制御されることや、堰上流に余水放流施設が設けられているため、求められる防災上の役割は大きくはないと言える。従って、大規模2堰各々4門のゲートに対して1台ずつの油圧ユニットを設けることで合意が得られた。

なお、開閉用予備動力として自家発電機を設けるほか、油圧ユニット内には予備の油圧ポンプを備え、油圧回路の二重化を図ってゲートの開閉操作の信頼性を確保する。

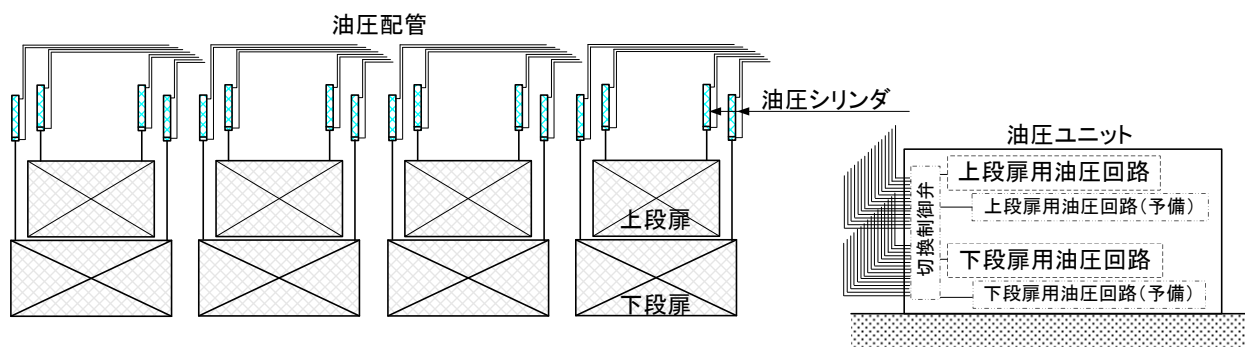


図 15-2.2 油圧ユニット構成図

(2) 油圧機器の配置

油圧機器の配置方法として、以下の3案を検討した。

A案:油圧ユニットを遠隔操作室内に配置し、遠隔操作室から監視制御を行う。



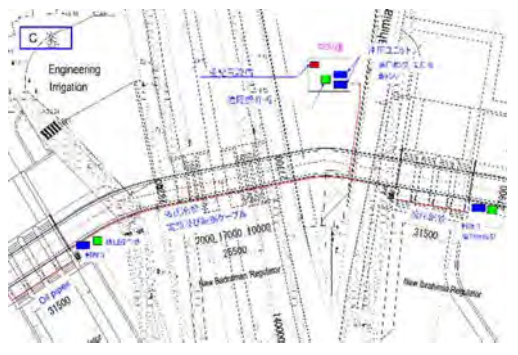
B案:2堰に隣接して油圧ユニットを配置し、機側操作及び遠隔操作を行う。

C案:油圧発生装置のみを遠隔操作室内に配置し、堰地点には切り換え制御弁のみを配置する。

A、B案とC案の大きな違いは、油圧ユニットから各ゲートに至る油圧配管の本数にあり、C案では4つのゲート分の配管を共有し、堰地点において各シリンダへ分岐させる。

先方政府との協議の結果、堰地点で機側操作を行えることが大原則であり、堰に隣接して開閉装置室を設け、そこに油圧ユニットを配置するB案を採用することで合意した。なお、既存のイブラヒミア取水工でも同様の構成である。

表 15-2.1 油圧式開閉装置の配置比較表

		A 案	B 案	C 案
略 図				
主 な 機 器 構 成	管理棟	1) 受配電設備 2) 油圧ユニット (油圧ポンプ、電動機、油タンク、制御弁) 3) 遠隔操作盤	1) 受配電設備 2) 遠隔操作盤	1) 受配電設備 2) 油圧ユニット (油圧ポンプ、電動機、油タンク) 3) 遠隔操作盤
	管理棟 ～堰	油圧配管 (32本×2施設分)	電源ケーブル、制御ケーブル	1) 油圧配管 (2本×2施設分) 2) 電源ケーブル、制御ケーブル
	堰	1) 油圧配管 2) 油圧シリンダー	1) 油圧ユニット (油圧ポンプ、電動機、油タンク、制御弁) 2) 機側操作盤 3) 油圧配管 4) 油圧シリンダー	1) 制御弁 2) 機側操作盤 3) 油圧配管 4) 油圧シリンダー
長 所		1) 殆どの機器が管理棟内に配置され集中管理が行われるので、機器の保守点検及び防犯対策等の面で優れている。 2) 油圧配管は油圧発生装置から各アクチュエータ(油圧シリンダー)まで1対1で分かれて接続しているため、万一油漏れ等が生じたとしても、全門の操作が不能になる危険性は低い。	1) 管理棟内の設置スペースが最も小さい。 3) 油圧配管は油圧発生装置から各アクチュエータ(油圧シリンダー)まで1対1で分かれて接続しているため、万一油漏れ等が生じたとしても、全門の操作が不能になる危険性は低い。 2) 機側操作及び遠隔操作が可能である。	1) 油圧配管の本数が少ないので、併設道路に沿った布設はA案よりも容易である。 2) 堰地点への機器配置に必要なスペースはB案よりも小さく、保守管理も容易である。 3) 機側操作及び遠隔操作が可能である。
短 所		1) 配管数が多く、延長も長いので、配管方法と布設場所には検討を要す。 2) 管理棟内の設置スペースが最も広くなる。 3) 機側操作ができない。	1) 油圧ユニットを屋外に露出して設置することは、気象条件への対応や防犯対策上望ましくない。堰地点にも機側操作室を建設して、屋内に設置することが必要である。	1) 万一主配管にトラブルが発生した場合、全門が操作不能となる危険性を有する。

15-3 制御装置の設計

15-3-1 制御方式

ゲートの操作は、開閉装置の至近距離で手動操作が行える機側操作設備をすべての設備において具備するものとし、複数の施設を集中的に管理するために遠方操作設備を設ける。

操作制御設備の概念図を下図に示す。

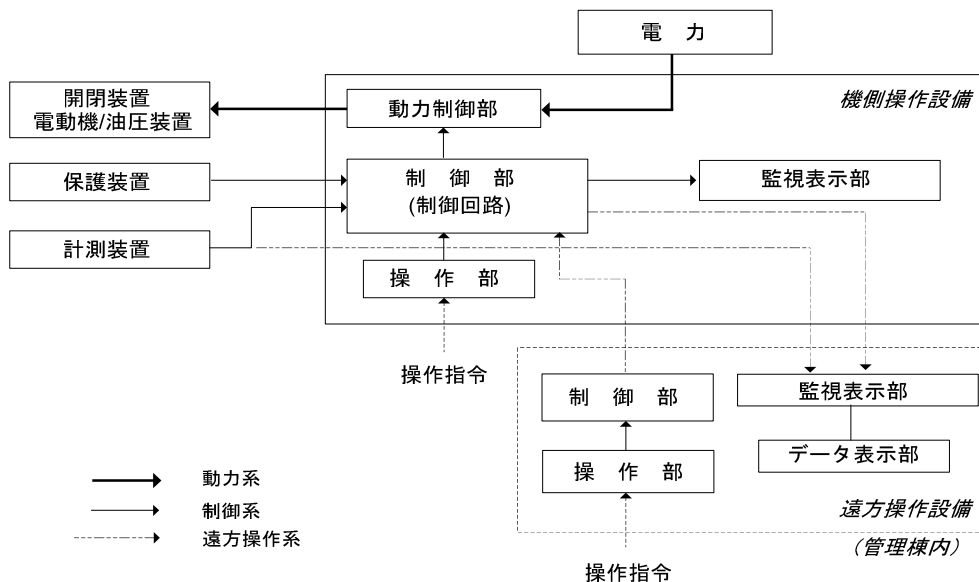


図 15-3.1 操作制御概念図

ゲートの操作機構は機側操作が基本となるものであり、その中で手動操作は自動制御系より優先できる機構とする。遠方からの操作はゲートや開閉装置を直接、目視で監視することが困難であるため、ゲート開度・ゲート動作状態および水位情報等が監視できる環境を整備し、CCTV 等は先方政府の希望により設けない。また、ゲートの制御方式は、設定流量を維持し、流量または流量の変化幅に応じて追値制御を行う方式とする。

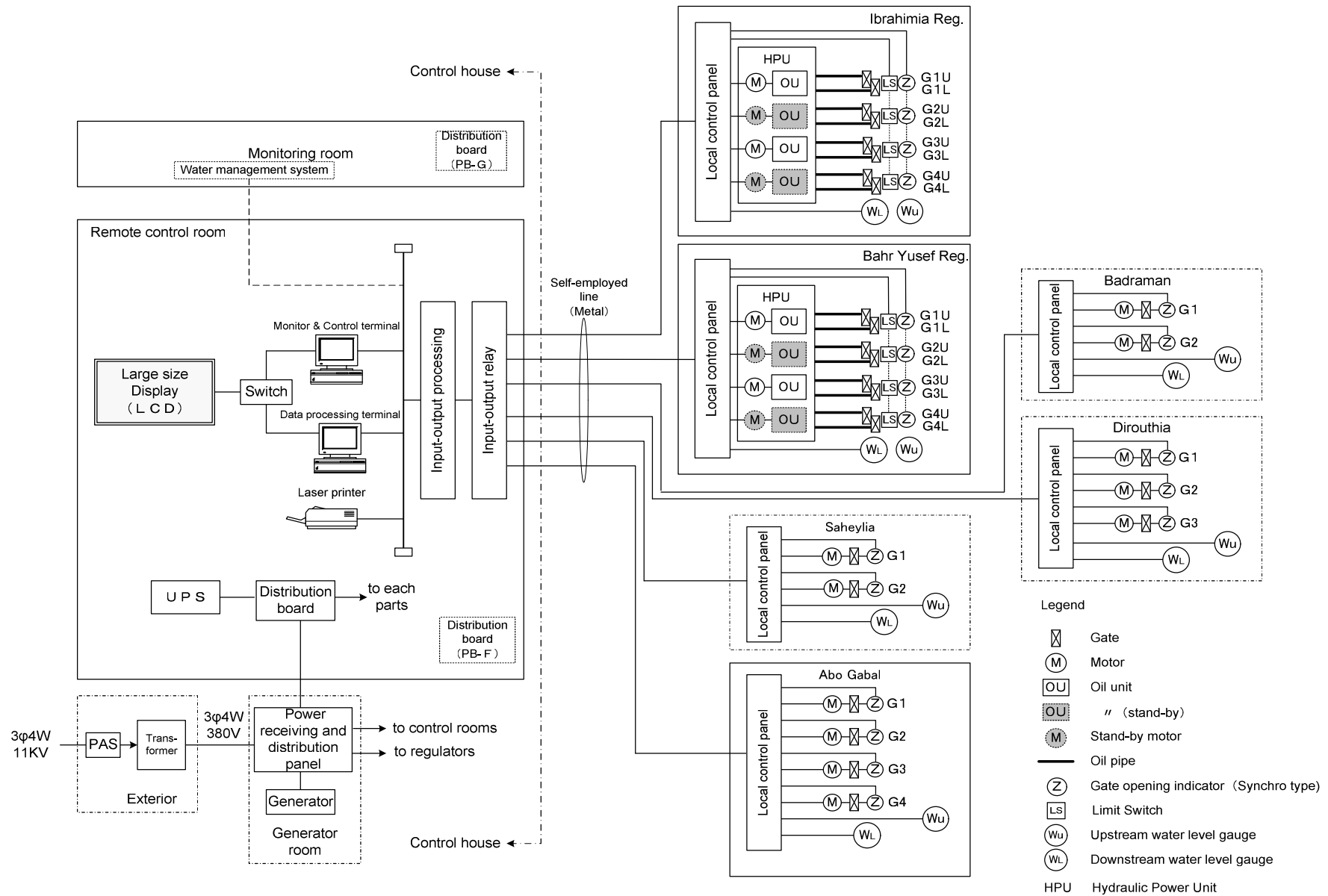


図 15-3.2 監視制御システム構成図

15-3-2 機側操作設備

機側操作盤は、ゲートを運転する操作部、運転状態を監視する表示部、運転制御する制御部、電源を受ける電源部で構成し、ゲートの操作が的確かつ簡単にでき、誤動作が起きない構造とする。遠方操作よりも機側操作を優先させるため、機側と遠方操作の切替スイッチを設けるほか、電動機用 MCCB をトリップさせ、確実にゲートを停止させる非常停止機能を備える。

最小限必要な状態表示項目、故障表示およびブザー警報は下表のとおりである。また、遠方との受け渡し情報は次のとおりとする。

- 1)制御信号：遠方からの開閉指令等の制御信号
- 2)非常停止信号：遠方からの非常停止信号
- 3)状態監視信号：機側からのゲートの動作状態監視情報
- 4)計測情報：機側からの開度、電流や油圧等の計測情報
- 5)動作中信号；機側からのゲート動作中信号

表 15-3.1 主な状態表示項目

表示項目	状態表示の内容	電動式	油圧式	備考
電 源	動力電源通電中	○	○	
機 側	機側操作盤の操作スイッチを機側を選択したとき	○	○	
遠 方	機側操作盤の操作スイッチを遠方を選択したとき	○	○	
↑	扉体が開動作中	○	○	
↓	扉体が閉動作中	○	○	
全 開	扉体が全開位置で停止	○	○	
全 閉	扉体が全閉位置で停止	○	○	
油圧ポンプ運転	油圧ポンプ運転中		○	
油圧確立	油圧ポンプ運転状態で油圧確立スイッチ ON		○	

表 15-3.2 主な故障表示項目

故障表示項	検出方法	電動式	油圧式	操作員の対応方法
漏 電	漏電リレー	○	○	漏電箇所を調査し原因究明後復旧
3E 動作	3Eリレー(欠相、反相、過電流)	○	○	原因究明後リセットボタンで復帰
MCCB トリップ	MCCBがトリップした時	○	○	原因調査
非常上限	リミットスイッチ	○		全開リミットを調査
開 過トルク	リミットスイッチ	○		一旦閉操作し原因調査
閉 過トルク	リミットスイッチ	○		一旦開操作し原因調査
油圧異常	圧力スイッチ		○	原因究明後再起動
油面低下	フロートスイッチ		○	油漏れ箇所整備、給油
油温異常	温度スイッチ		○	原因究明後、作動油の冷却

15-3-3 遠方操作設備

遠方操作設備では、水門扉の状態表示、異常および警報表示、操作の開始および停止、警報確認およびリセットの機能を担う。機側操作と遠方操作の切替は、機側操作盤に設けたスイッチにより選択するが、遠方操作途中で機側操作に切り替えた場合は、直ちに開閉動作を停止する。また、遠方操作系が故障の場合でも、ゲートの操作は機側操作盤で確実にできる構造とする。

管理室内に設置する遠方操作設備は、次の機器より構成される。

表 15-3.3 遠方操作設備の構成

機器名	主な機能
データ処理装置	各施設のデータ編集、演算、ファイル、表示・記録、警報及び制御処理を行う。
監視操作端末	パソコンの施設制御画面から、マウス操作などによりゲートの遠方操作を行う。
プリンタ	日報、月報、操作記録等の帳票作成するほか、モニター画面のハードコピー印刷を行う。
入出力処理装置	データ処理装置と入出力中継装置を介して接続されるゲート機側盤、計測装置の計測・監視・制御信号の受け渡し、入力信号の平滑化、スケール変換、データチェック等の処理、ゲートに対する操作処理を行う。
入出力中継装置	機側操作盤、計測装置などの現場機器と、入出力処理装置との間で計測、監視、制御信号の受渡し、外線からの誘導雷から機器を保護するために誘導サージ吸収、信号絶縁（アナログ回路）を行う。
UPS	商用電源のもつ各種の外乱（瞬時停電、電圧変動、周波数変動、波形歪、高周波ノイズなど）を吸収し、無停電で安定した電力（定電圧、定周波数）を供給するものである。
耐雷トランス	外部引込電源線から侵入してくる誘導雷（外来サージ）からシステムを構成する各種電子機器を保護する。

遠方操作設備は、管理棟内の堰管理室に配置する。機器の保守点検などに必要な間隔を考慮すると、次図に示す広さが最低限必要である。

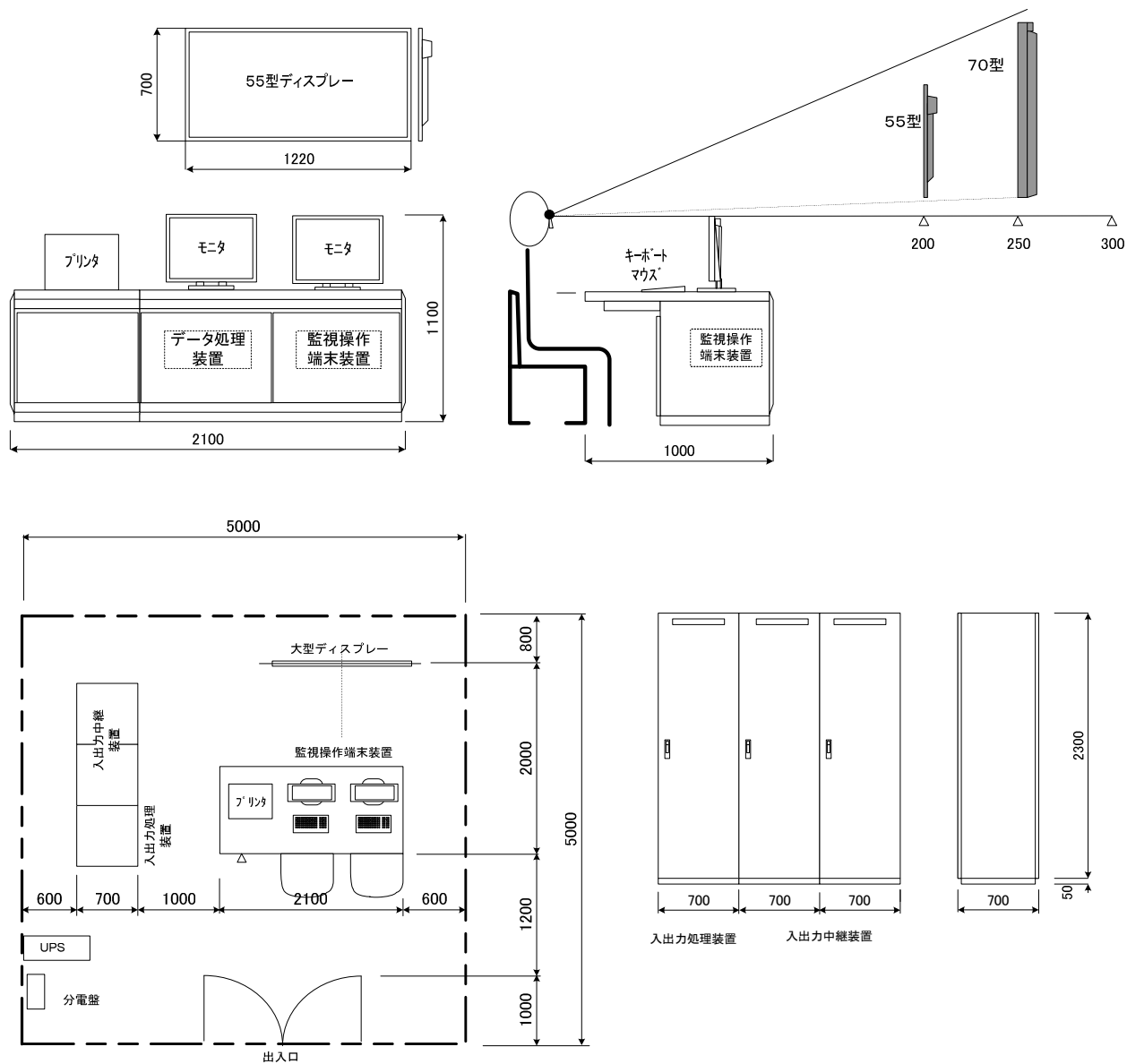


図 15-3.3 堰操作室の最小配置計画

15-3-4 情報処理設備

管理棟管理室内のデータ処理装置は、処理機能のすべてのソフトウェアを搭載し、実行する。操作端末装置は、堰の操作・監視に関するソフトウェアを搭載し、データ処理装置停止時には操作端末にてデータの入力、演算、状態監視、ファイル処理等の基本機能をバックアップするものとする。

ソフトウェアによる主たる処理機能は以下のとおりである。

表 15-3.4 情報処理機能一覧

項目	概略機能
システム管理	1.プログラム管理（初期起動・停止・動作情報送受信） 2.共有領域メモリ管理 3.RAS（Reliability Availability Serviceability）管理 4.時刻・スケジュール管理 5.シーケンス処理 6.事象（警報・通報）処理 7.二重化管理
演算処理	1.堰諸量入力 (1)水位（上流水位、下流水位） (2)ゲート開度 (3)ゲート状態 2.演算処理 (1)計測値のスケール変換 (2)堰流量算出（H-Z-Q テーブルまたは計算式） (3)目標開度試算（H-Z-Q テーブルまたは計算式） 3.集計処理 (1)日集計（水位、流量） (2)月集計（水位、流量）
状態監視・警報処理	1.上限値、下限値の判定処理（異常判定、警報、正常復帰） 2.機器異常（異常検知、警報、正常復帰）
ディスプレイ表示処理	1.メニュー表示 2.表（数値）表示：最新データ、履歴データ、日報・月報記録、操作記録 3.トレンドグラフ表示：水位-流量関係 4.模式図画面：施設状況図 5.設定画面：定数設定、データ修正、時刻設定等 6.遠方操作画面
記録処理	1.日報・月報記録 2.操作記録
ファイル処理	1.マスタファイル 2.外部記録保存ファイル 3.データ補填処理
操作処理 （ゲートの遠方操作）	1.制御出力（オン・オフ、設定値、出力形態）

15-4 電気設備の設計

15-4-1 受電設備

受電設備は、ゲート設備の動力用負荷に対する容量を確保するほか、管理棟における管理用負荷を含めた負荷設備全体に対して十分な機能を発揮できる容量を確保する必要がある。

現場は市街地にあり商用電源を引き込むことが可能である。受電電圧は負荷容量から 11kV とし、動力用電圧は 3 相 4 線式 380V 級、管理用電圧は単相 220V または 100V 級とする。変圧器の容量は負荷の合計より 100kVA とする。

表 15-4.1 設備容量の算定

負荷名	単機容量 (kw)	台数	電圧 (V)	効率	力率	負荷容量 (kVA)	備 考
1. 3相							
パハルヨセフ	11.00	2	380	0.85	0.9	28.76	油圧ポンプ
イブラヒミア	11.00	2	380	0.85	0.9	28.76	油圧ポンプ
バドラマン	0.65	2	380	0.85	0.9	1.70	電動モーター
ダイルーティア	0.65	3	380	0.85	0.9	2.55	電動モーター
アボギヤバル	1.00	4	380	0.85	0.9	5.23	電動モーター
サヘリア	1.40	2	380	0.85	0.9	3.66	電動モーター
計						70.65	
2. 単相							
照明	0.40	6	210	1.00	0.9	2.67	パハルヨセフ、イブラヒミア用
機側操作盤							
パハルヨセフ	1.30	1	100	1.00	0.9	1.44	
イブラヒミア	1.30	1	100	1.00	0.9	1.44	
バドラマン	0.80	1	100	1.00	0.9	0.89	
ダイルーティア	1.05	1	100	1.00	0.9	1.17	
アボギヤバル	1.30	1	100	1.00	0.9	1.44	
サヘリア	0.80	1	100	1.00	0.9	0.89	
油圧ユニット	2.00	2	210	0.85	0.9	5.23	
【管理棟】							
制御機器	5.00	1	100	1.00	0.9	5.56	
空調	2.00	1	210	0.85	0.9	2.61	
屋内照明	2.00	1	210	1.00	0.9	2.22	
計						25.57	
総計						96.22	

負荷容量(kVA)=定格出力(kW)/効率/力率

受電設備は次の機器より構成される。

表 15-4.2 受電設備の構成

機器名	主な機能
引込変圧器盤	3 相 4 線 11kV を受電し、3 相 4 線 380V に降圧する変圧器及び開閉器類を収容する。
受配電盤	3 相 4 線 380V を受電し、3 相 3 線 380V 及び単相 380V/220V/110V の電力を供給する。また、停電時には商用から非常用発電装置に切り替えて負荷に無停電の電力を供給する。
気中負荷開閉器	高圧引込回線に設ける開閉器で、電力会社と需要者側の区分開閉器として使用する。柱上に設置し、手動開閉操作を行う。また、地絡保護機能を有する。

15-4-2 予備発電機

予備発電機は、原動機と発電機が一体となった構造で、商用電源が停電となった場合、ゲート設備の基本機能を維持するために必要な動力設備や付帯する管理設備等の電源を確保するためのものである。騒音防止の観点からキュービクル式とし、省スペースの面から燃料タンク搭載形を推奨する。

ゲート設備は5堰合計15門であるが、現状の操作頻度（手動式）、操作不能に陥った場合の受益地へ与える影響の大きさを考慮すると、停電時にも全門を同時に稼働させるだけの電源容量を確保する必要性は小さいと言える。従って、放流量の大きいバハルヨセフ堰、イブラヒミア堰のどちらかのゲートを1門ずつ、小規模水門においてはいずれかのゲートを1門ずつ操作できる電源が確保されれば十分であると考えられる。また、夜間でも管理棟内において操作管理ができるよう、室内照明が機能することを条件として以下に試算を行った。

(1) 発電機出力

発電機容量は、以下のPG1～PG3のうちで最も大きい計算値を基に選定する。

- i) 定常時負荷容量に対する容量 (PG1)
- ii) 過渡時最大電圧降下による容量 (PG2)
- iii) 過渡時最大短時間耐量による容量 (PG3)
- iv) 高調波負荷や単相負荷を含む場合の容量 (PG4)

i) 全負荷定常運転に必要とする容量 PG1

$$PG1 = \Sigma Po / (\eta * \Phi) \times \alpha \times Sf \text{ (kVA)}$$

ΣPo : 全負荷出力の総和 (kW)

η : 効率 (0.85)

Φ : 力率 (0.8)

α : 総合需要率 (0.9)

Sf : 不平衡負荷による係数 (スコット結線変圧器を使用する場合は1.0とする)

$$Sf = 1 + 0.6 \times \Delta P / \Sigma Po$$

ii) 許容電圧降下から必要とする容量 PG2

$$PG2 = Pm \times \beta \times C \times Xd \times (1 - \Delta E) / \Delta E \text{ (kVA)}$$

Pm : 始動容量が最大となる電動機出力 (kW)

β : 最大容量の1kwあたりの始動kVA

C : 始動方式による係数

Xd : 発電機定数 (0.25)

ΔE : 許容電圧降下 (0.25)

iii) 最大容量の電動機を最後に始動するために必要な容量 PG3

$$PG3 = (fv1 / \gamma g) \times \{ (\Sigma Po - Pm) \times (\alpha / \eta \Phi) + Pm \times \beta \times C \}$$

fv1 : 負荷投入減少係数

γg : 発電機の瞬時過負荷耐量 (1.5)

ΣPo : 定常負荷出力の総和 (kW)

Pm : 始動容量が最大となる電動機出力 (kW)

α : 総合需要率 (0.9)

η : 効率 (0.85)

Φ : 力率 (0.8)
 β : 最大容量の 1kw あたりの始動 kVA
 C : 始動方式による係数

iv) 許容逆相電流から必要とする容量 PG4

$$PG4 = (1/KG1) \times \{ (0.432R)^2 + (1.23 \Delta P)^2 \times (1 - 3U + 3U^2) \}^{1/2} \text{ (kVA)}$$

KG1 : 発電機の許容逆相電流による係数 (0.15)

R : 発電機対象の高調波負荷出力の総和 (kW) 高調波負荷がない時は R=0

U : 単相負荷不均衡係数

$$U = (A - C) / (A + B - C), A \geq B \geq C$$

各相間に単相負荷出力値 A, B, C (kW)

$$\Delta P = A + B - 2C$$

(2) 原動機出力

発電設備の原動機容量は、次の各式により算出した容量のうち、最も大きい容量以上とする。

i) 全負荷定常運転に必要な容量 PE1

$$PE1 = PG \times \Phi_g / \eta_g \times 1.36 \text{ (PS)}$$

PG : 発電機出力 (kVA)

η_g : 発電機効率

Φ_g : 発電力率 (0.8)

ii) 最大容量の電動機を最後に始動するために必要な容量 PE2

$$PE2 = fv2 \{ 0.75 / \eta'g \} \times (\Sigma Po - Pm) \times (\alpha / \eta L) + Pm \times \beta \times C \times \Phi_s / (\varepsilon \times \eta'g) \} \times 1.36$$

fv2 : 負荷投入減少係数

$\eta'g$: 発電機の過負荷効率 (規約効率の 95%)

ΣPo : 定常負荷出力の総和 (kW)

Pm : 始動容量が最大となる電動機出力 (kW)

α : 総合需要率 (0.9)

ηL : ベース負荷の総合効率 (0.85)

ε : 原動機の無負荷自投入許容量

β : 最大容量の 1kw あたりの始動 kVA

C : 始動方式による係数

Φ_g : 始動容量が最大となる電動機の始動力率 (かご型 : 0.4、巻き線型 : 0.8)

iii) 瞬時過負荷耐量より定まる容量 PE3

$$PE3 = fv3 / (\eta'g \times \gamma) \times \{ (\Sigma Po - Pm) \times (\alpha / \eta L) + Pm \times \beta \times C \times \Phi_s \} \times 1.36$$

fv3 : 負荷投入減少係数

$\eta'g$: 発電機の過負荷効率 (規約効率の 95%)

γ : 発電機の瞬時過負荷耐量 (1.1)

ΣPo : 定常負荷出力の総和 (kW)

Pm : 始動容量が最大となる電動機出力 (kW)

α : 総合需要率 (0.9)

ηL : ベース負荷の総合効率 (0.85)

β : 最大容量の 1kw あたりの始動 kVA

C：始動方式による係数

Φ_g ：始動容量が最大となる電動機の始動力率（かご型：0.4、巻き線型：0.8）

表 15-4.3 予備発電機対象負荷出力

負荷名	容量 (kw)	台数	非常用発電機			備考
			実働容量 (kw)	対象 台数	対象 容量 (kw)	
1. 3相						
パハルヨセフ	11.00	2	11.00	2	22.00	油圧ポンプ
イブラヒミア	11.00	2	11.00			油圧ポンプ
バドラマン	0.65	2	0.65			電動モーター
ダイルーティア	0.65	3	0.65			電動モーター
アボギャバル	1.00	4	1.00			電動モーター
サヘリア	1.40	2	1.40	1	1.40	電動モーター
計					23.40	
2. 単相						
照明	0.40	6	0.40			パハルヨセフ, イブラヒミア用
機側操作盤						
パハルヨセフ	1.30	1	1.30	1	1.30	
イブラヒミア	1.30	1	1.30	1	1.30	
バドラマン	0.80	1	0.80			
ダイルーティア	1.05	1	1.05			
アボギャバル	1.30	1	1.30			
サヘリア	0.80	1	0.80	1	0.80	
油圧ユニット	2.00	2	2.00	2	4.00	
【管理棟】						
制御機器	5.00	1	5.00	1	5.00	
空調	2.00	1	2.00			
屋内照明	2.00	1	2.00	1	2.00	
計					14.40	
総計					37.80	

表 15-4.4 予備発電機容量の計算

発電機容量

区分	係数及び諸量									発電機容量 (kVA)
	ΣP_o	η	Φ	α	Sf					
PG1	37.8	0.85	0.8	0.8	0.000					0.0
PG2	Pm	β	C	Xd	ΔE					59.4
	11.0	7.2	1.0	0.25	0.25					
PG3	fv1	γg	ΣP_o	Pm	α	η	Φ	β	C	73.8
	1.0	1.5	37.8	11.0	0.8	0.85	0.8	7.2	1.0	
PG4	KG1	R	ΔP	U						0.0
	0.15	0	0	0						

原動機容量

区分	係数及び諸量										容量 (PS)
	PG	ηg	Φg								
PE1	75	0.857	0.8								95.2
PE2	fv2	$\eta' g$	ΣP_o	Pm	α	ηL	β	C	Φ_s	ϵ	45.7
	1	1.5	37.8	11	0.8	0.857	7.2	1	0.4	1.00	
PE3	fv3	$\eta' g$	ΣP_0	Pm	α	ηL	β	C	Φ_s	γ	46.7
	1	1.5	37.8	11	0.8	0.857	7.2	1	0.4	1.10	

上表の計算結果より、予備発電機の発電機容量は 75kVA、ディーゼル機関の原動機は 95.2PS (=71.7kw) 以上の仕様を満足する機種を選定する。

(3) 燃料タンク容量

燃料消費量 F は次式により求める。

$$F = b \times PS / r$$

ここに、b:燃料消費率 (=0.22kg/PS・h)

PS:機関の出力 (PS)

r:燃料油の比重 (軽油=0.83)

表 15-4.5 燃料タンク必要量

燃料消費率 b (kg/PS・h)	機関の出力 PS (PS)	燃料油の比重 γ	燃料消費量 F (リットル/hr)	連続運転時間 t (時間)	必要タンク容量 T (リットル)	備考
0.22	100	0.83	27	2	53	
0.22	100	0.83	27	6	159	
0.22	100	0.83	27	12	318	
0.22	100	0.83	27	24	636	

一般に頭首工施設の場合、2 時間以上運転可能とする場合が多いため、上表の計算結果によれば 53 リットル以上の燃料タンクが必要である。

参考に、以上の条件を満足する予備発電機の機種のを挙げる。燃料タンクを内蔵しており、その容量は 225 リットルである。

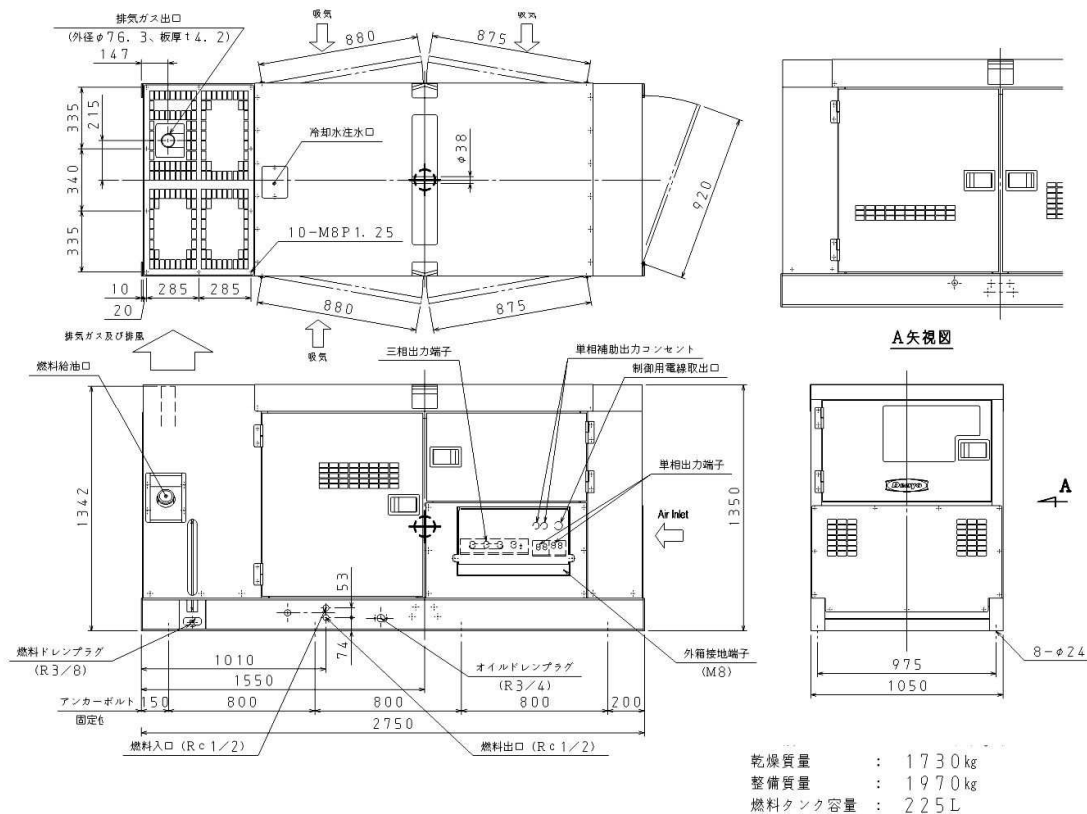


図 15-4.1 予備発電機外形図

15-4-3 電気設備機器仕様

電気設備機器の主な仕様は以下を想定している。

I. 管理棟内監視操作設備

1. データ処理装置(FA パソコン)

1) パソコン本体

a)主メモリ	1GB 以上
b)ハードディスク(HDD)	160GB×2 以上(RAID1 以上)
c)光学ドライブ	DVDドライブ相当
d)入出力インターフェース	RS-232C、USB、LAN インターフェース
e)RAS 機能	標準装備
2)LCD モニタ	24 型以上
3)キーボード、マウス	付属
4)基本ソフトウェア(OS)	リアルタイム OS (UNIX もしくは Windows 系)
5)電 源	AC100V±10V
6)構 造	縦型、又はラックマウント
7)設 置	専用デスクへ搭載、本体はデスク下部へ収容、ディスプレイは卓上設置

2. 監視操作端末(FA パソコン)

1) パソコン本体

a)主メモリ	1GB 以上
b)ハードディスク(HDD)	160GB×2 以上(RAID1 以上)
c)光学ドライブ	DVDドライブ相当
d)入出力インターフェース	RS-232C、USB、LAN インターフェース
e)RAS 機能	標準装備
2)LCD モニタ	24 型以上
3)キーボード、マウス	付属
4)基本ソフトウェア(OS)	リアルタイム OS (UNIX もしくは Windows 系)
5)電 源	AC100V±10V
6)構 造	縦型、又はラックマウント
7)設 置	専用デスクへ搭載、本体はデスク下部へ収容、ディスプレイは卓上設置

3. LBP(レーザープリンタ)

1)記録方式	電子写真記録方式又は半導体レーザー+乾式電子写真方式
2)印 字 色	カラー1677 万色程度
3)用 紙	A3、B4、A4、B5、A5
4)インターフェース	LAN 1 ポート
5)給紙ユニット	2 セット(A4(B5)、A3(B4))
6)電 源	AC100V±10V

4. 入出力処理装置

1) 構成

a)処理部	
b)入出力部	接点入出力部、デジタル入出力部 アナログ入出力部、シリアル入出力部、
c)ネットワーク部、	
d)電源部	

2) 入出力インターフェース

a) 入出力中継装置	接点、デジタル、アナログ
b) データ処理装置	LAN(FA-LAN)
3) 電 源	AC100V±10V
4) 構 造	屋内自立形構造

5. 入出力中継装置

1) 構成

a) 監視入力部

接点入力部

無電圧接点

b) 計測入力部

アナログ入力部

DC4~20mA

アイソレータ(ISO)

入出力間の絶縁

c) SPD(避雷器)

計測用

接点用

d) 制御出力部

接点出力部

無電圧/有電圧接点(開/閉、運転/停止等)

e) 電源部

2) 受渡し条件(外部機器)

a) 監視信号

無電圧接点(容量 DC110V50mA)

b) アナログ信号

DC4~20mA

c) 制御出力信号

無電圧接点又は有電圧接点(容量 DC110V50mA)

3) 電 源

AC100V±10V

4) 構 造

屋内自立形構造

6. スイッチングハブ(OA-LAN)

1) 構 造

デスクトップ形

2) 通信速度

10Mbps/100Mbps/1000Mbps

3) 準拠規格

IEEE802.3 10BASE-T

IEEE802.3u 100BASE-TX

IEEE802.3ab 1000BASE-T

4) ポート数

10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T 8ポート以上

5) 電 源

AC100V±10V

7. UPS(汎用)

1) 定 格

連続

2) 冷却方式

自然空冷又は強制冷却

3) 運転方式

商用同期常時インバータ給電方式(無瞬断切替)

4) 定格出力容量

3kVA

5) 交流入力

a) 相 数

単相2線

b) 電 圧

100V±10V 又は 200V±20V

c) 周 波 数

50/60Hz±5%

6) 交流出力

a) 相 数

単相2線

b) 電 圧

100V

c) 電圧精度

定格電圧±3%以内

d) 周 波 数

50Hz

e) 蓄電池規格

小型シール形鉛蓄電池

f) 停電補償時間

10分間

8. 耐雷トランス

1) 定 格

連続

2) 入力電源

a) 相 数

単相2線

b) 電 圧

100V 又は 200V

3) 出力電源

a) 相 数

単相2線

b) 電 圧

100V 又は 200V

4) 周波数	50Hz
5) 変圧比	1:1 又は 2:1
6) 容量	
a) 単相2線	5kVA
7) 冷却方式	乾式自冷
8) 電圧変動率	3%以下(3kVA 以上)
9) サージ耐圧	10kV 1.2/50 μ S
10) サージ移行率	平衡:-40dB 以下, 不平衡:-20dB 以下

9. 機器用分電盤

1) 構造	屋内壁掛型
2) MCCB	3P50AF \times 2 2P30AF \times 10 程度

II. 受変電設備

1. 引込変圧器盤

(1) 盤仕様	
1) 形式	屋外閉鎖自立型(前後扉)
(2) 盤内取付器具	
1) 変圧器	
a) 種類	乾式モールド変圧器
b) 容量	100kVA
c) 相数	3 相
d) 電圧	一次 11kV 二次 380V-210V
e) 周波数	50Hz
f) 形式	盤内収容(屋内式)
g) 冷却方式	ダイヤル温度計(警報接点付)
2) 断路器(DS)	
a) 定格電圧	11kV
b) 定格電流	200A
c) 定格短時間耐電流	12.5kA
d) 操作方式	フック棒操作方式
3) MCCB	4P225AF 1 個

2. 受配電盤

(1) 盤仕様		
1) 形式	屋内閉鎖自立型(前面扉)	
(2) 盤面取付器具		
1) 交流電圧計	1 個	
2) 交流電流計	10 個	
3) 電圧切替スイッチ(VS)	1 個	
4) 電流切替スイッチ(AS)	10 個	
5) 表示灯(SL)	1 式	
6) 切替スイッチ	2 個(自動-手動、商用-発電機)	
7) 押しボタンスイッチ	5 個(運転、停止、リセット、警報停止,故障復帰)	
8) その他必要なもの	1 式	
(3) 盤内取付器具		
1) MCCB	4P225AF	2 個
2) MCCB	4P50AF	1 個
3) MCCB	4P30AF	1 個
4) MCCB	3P75AF	2 個
5) MCCB	3P50AF	6 個
6) MCCB	3P30AF	2 個

7)MCCB	2P30AF	9 個
8) 1Φトランス		1 個
容量	1KVA 380V/100V	
9)MC	4 極相当	1 個
10)漏電リレー		9 個
11)CT		9 個
12)その他必要なもの	1 式	

3. 非常用発電装置

(1)発電機

1)相数	三相 4 線式
2)周波数	50Hz
3)出力	80kW
4)電圧	200-400/220-440V
5)力率	0.8(遅れ)

(2)ディーゼルエンジン

1)形式	直接噴射式・過給機付
2)回転速度	1500rpm
3)燃料	軽油
4)燃料タンク(内蔵)	225L
5)燃費	9.6/13.5L/h(50%負荷/75%負荷)

(3)その他

1)騒音値(1m)	70dB(A)
-----------	---------

4. 発電機盤

(1)構造

屋内自立型

(2)構成

1)交流電圧計	2 台
2)交流電流計	1 台
3)周波数計	1 台
4)制御部	1 式
5)自動電圧調整器	1 式
6)直流電源装置 (バッテリー含む)	1 式
7)MCCB	1 式
8)その他必要なもの	1 式

5. 気中負荷開閉器(PAS)

1)操作方式	手動操作式
2)定格電圧(使用電圧)	11kVA
3)定格周波数	50Hz
4)定格電流	400A
5)方向性の有無	有、無
6)定格短時間耐電量	12.5kA
7)VT	内蔵
8)外筐材質	鋼板製
9)耐塩害の種類	耐重塩
10)付属品	地絡継電器、収容箱
11)オプション	過電流検知(OCR)及び蓄勢による主回路の遮断

III. ゲート機側設備

1. ゲート機側盤(電動ラック式)

(1)対象ゲート

ゲート形式	電動ラック式	
ゲート数(n)	バドラマン	2 門(0.65kW×2) n=2
	ダイルーティア	3 門(0.65kW×3) n=3
	アボギヤバル	4 門(1.00kW×4) n=4
	サヘリア	2 門(1.40kW×2) n=2
(2) 盤仕様		
1) 形式	屋外閉鎖自立型(前面扉)	
(3) 盤面取付器具		
1) 交流電圧計	1 個	
2) 交流電流計	n 個	
3) 開度指示計	n 個	
4) 表示灯(共通)	1 式	
5) 表示灯(ゲート毎)	n 式	
6) 押釦スイッチ	n×3(開閉停止)	
7) 押釦スイッチ	3 個(リセット、警報停止、故障復帰)	
(4) 盤内取付器具		
1) MCCB	3P50AF	1 個
2) MCCB	3P30AF	n 個
3) MCCB	2P30AF	5 個
4) 1Φトランス	1 個(1KVA 380V/200V)	
5) 1Φトランス	1 個(1KVA 380V/100V)	
6) 1Φトランス	1 個(0.5KVA 100V/100V)	
7) MC	n 組(開、閉)	
8) 漏電リレー	2 個	
9) 3E リレー	n 個	
10) CT	n 個	
11) コンデンサ	n 個	
12) シンクロ電流変換器(SI)	n 個	
13) 補助リレー	1 式	
14) その他必要なもの	1 式	
2. ゲート機側盤(油圧シリンダ式)		
(1) 対象ゲート		
ゲート形式	油圧シリンダ式	
ゲート数	バハルヨセフ	上段 4 門(油圧ポンプ 11kW) 下段 4 門(油圧ポンプ 11kW)
	イブラヒミア	上段 4 門(油圧ポンプ 11kW) 下段 4 門(油圧ポンプ 11kW)
(2) 盤仕様		
1) 形式	屋内閉鎖自立型(前面扉)	
(3) 盤面取付器具		
1) 交流電圧計	1 個	
2) 交流電流計	2 個	
3) 開度指示計	8 個	
4) 水位指示計	2 個	
5) 集合表示灯(共通)	1 式	
6) 集合表示灯(ゲート毎)	8 式	
7) 切替スイッチ	3 個(自動-手動、上段/下段:現用-予備)	
8) 押釦スイッチ	4 個(上段/下段ポンプ 運転-停止)	
9) 押釦スイッチ	8×3(ゲート:開-閉-停止)	
10) 押釦スイッチ	3 個(リセット、警報停止、故障復帰)	
(4) 盤内取付器具		
1) MCCB	3P50AF	2 個
2) MCCB	3P30AF	2 個

3) MCCB	2P30AF	3 個
4) 1Φトランス	1 個 (1KVA 380V/200V)	
5) 1Φトランス	1 個 (1KVA 380V/100V)	
6) 1Φトランス	1 個 (0.5KVA 100V/100V)	
7) MC	4 個	
8) 漏電リレー	3 個	
9) 3E リレー	4 個	
10) CT	4 個	
11) コンデンサ	4 個	
12) シンクロ電流変換器 (SI)	n 個	
13) 補助リレー	1 式	
14) その他必要なもの	1 式	

3. 分電盤(イブラヒミア、バハルヨセフ堰機側操作室内)

- | | |
|---------|-------------------------|
| 1) 構造 | 屋内壁掛型 |
| 2) MCCB | 2P50AF×1
2P30AF×5 程度 |

15-5 予備ゲートの設計

15-5-1 設置方法

予備ゲートは複数の扉体に分割し、管理棟近くの格納庫に保管しておく。予備ゲート使用時には、格納庫から目的の堰地点までトラックで運搬し、トラッククレーン等を用いて設置・撤去を行うものとする。また、角落しの設置・撤去には、作業を容易にするため自動着脱式のフックを備えたリフティングビームを用いる。

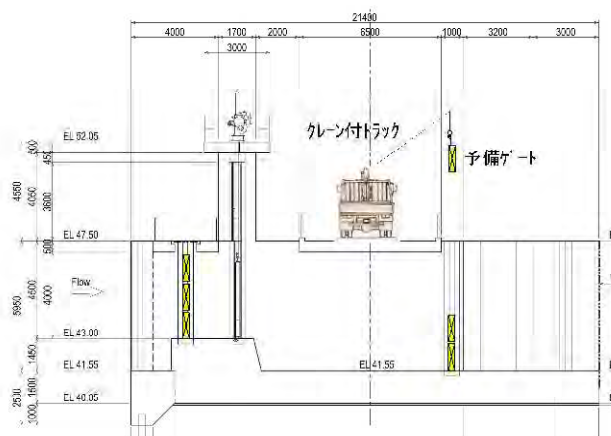


図 15-5.1 小規模堰における予備ゲート設置方法

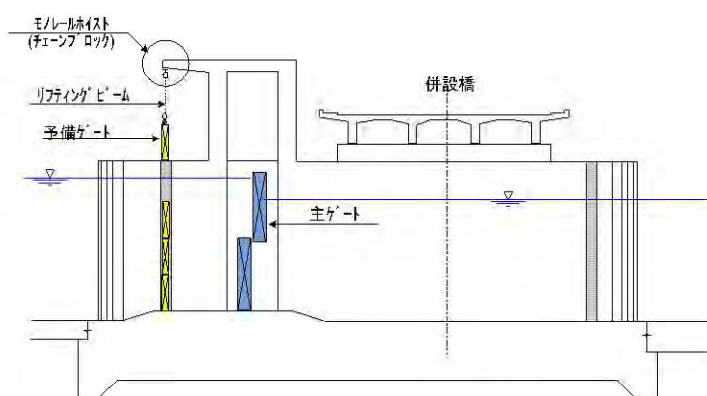


図 15-5.2 大規模堰における予備ゲート設置方法
(上流側)

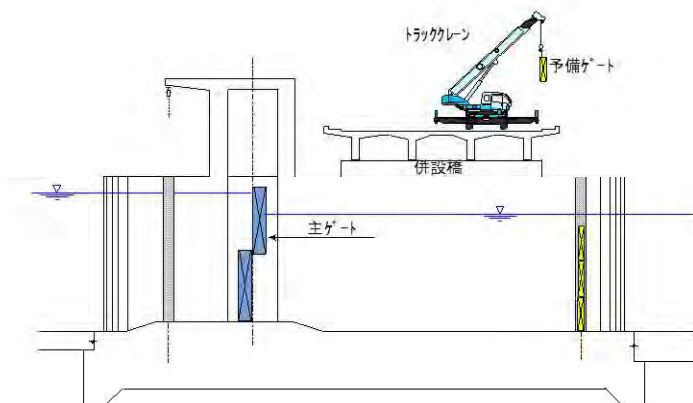


図 15-5.3 大規模堰における予備ゲート設置方法
(下流側)

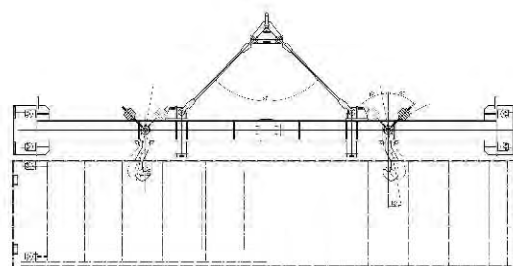


図 15-5.4 リフティングビーム

15-5-2 予備ゲートの分割数

(1) 検討方針

- 1) 小規模堰用及び大規模堰用の2種類の予備ゲートを計画する。
- 2) 予備ゲートは、トラッククレーン等で設置・撤去ができるよう上下方向に分割する。
- 3) 予備ゲートは等しい高さで分割することを基本とし、大規模堰群、小規模堰群において、上流用及び下流用、更には上下方向にも取替え可能な構造とする。
- 4) 分割した1枚の扉体の高さは5cm単位で設計する。
- 5) 大規模堰用の扉体の高さは、右図に示すように堰柱の高さから制限を受けるため、リフティングビームの大きさも考慮し、およそ1.4m以内となるように分割する。

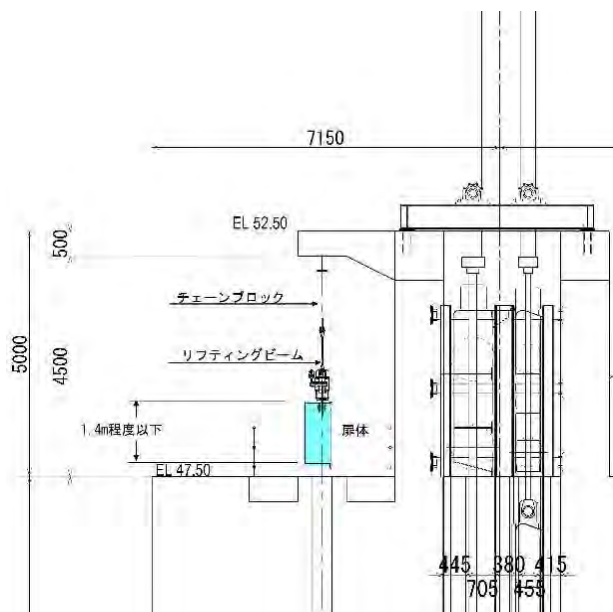


図 15-5.5 大規模堰上流側予備ゲートの最大高さ

その他、堰毎の必要高さ等の基本条件は表 15-5.1 に示すとおりである。

(2) 検討結果

上記の条件に基づき、幾つかの分割数について比較を行った。設計水位から決まる必要高さが堰毎に異なることから、特に小規模堰用の予備ゲートの場合は必要な枚数が異なり、余剰高さが生じる場合がある。この余剰高さが全体として最小となる分割方法が経済的に最も優れていると判断できる。

検討の結果は、表 15-5.2 及び表 15-5.3 に示すとおりである。

表 15-5.1 予備ゲートの設計条件

名称	大規模堰群		小規模堰群				備考	
	バハルヨセフ	イブラヒミア	バドラマン	ダイルーティア	アボギャバル	サヘリア		
ゲート形式	スライドゲート	スライドゲート	スライドゲート	スライドゲート	スライドゲート	スライドゲート		
予備ゲート数(セット) ¹⁾	1	1	2					
純径間	6.00m	6.00m	2.00m	2.00m	2.00m	2.00m		
上流側	設計水位	EL46.30m	EL46.30m	EL46.30m	EL46.30m	EL46.30m	EL46.30m	NWL
	ゲート敷高	EL40.00m	EL40.00m	EL43.90m	EL44.20m	EL43.60m	EL43.00m	
	必要高さ	6.55m	6.55m	2.65m	2.35m	2.95m	3.55m	余裕高=0.25m
下流側	設計水位	EL45.82m	EL45.13m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	
	ゲート敷高	EL39.50m	EL39.50m	EL43.40m	EL43.70m	EL42.75m	EL41.55m	
	必要高さ	6.57m	5.88m	2.75m	2.45m	3.40m	4.60m	余裕高=0.25m
吊上げ方法	上流側	チェーンブロック	チェーンブロック	トラッククレーン	トラッククレーン	トラッククレーン	トラッククレーン	
	下流側	トラッククレーン	トラッククレーン	トラッククレーン	トラッククレーン	トラッククレーン	トラッククレーン	
水密方式	3方ゴム水密	3方ゴム水密	3方ゴム水密	3方ゴム水密	3方ゴム水密	3方ゴム水密	3方ゴム水密	
主要部材質	スキンプレート	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	
	主桁	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	普通鋼(圧延鋼)	
	サイドローラ	ステンレス鋼	ステンレス鋼	-	-	-	-	
	戸当り	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	
	ボルト、ナット、ワッシャー	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	
主桁のたわみ量	1/600	1/600	1/600	1/600	1/600	1/600		

注意: 1) 1セットとは、同一径間の上流側及び下流側の予備ゲートを合わせた1組のことを言う。

表 15-5.2 小規模堰群用予備ゲートの比較結果

	バドラマン		ダイルーティア		アボギャバル		サヘリア		合計	概略重量
	上流側	下流側	上流側	下流側	上流側	下流側	上流側	下流側		
純径間	2.00m									
必要高さ	2.65m	2.75m	2.35m	2.45m	2.95m	3.40m	3.55m	4.60m		
扉体1枚の高さ	1.55m									
必要な扉体数	2	2	2	2	2	3	3	3	6	
合計高さ	3.10m	3.10m	3.10m	3.10m	3.10m	4.65m	4.65m	4.65m		
必要高に対する余剰高	0.45m	0.35m	0.75m	0.65m	0.15m	1.25m	1.10m	0.05m	4.75m	
扉体1枚の高さ	1.15m									
必要な扉体数	3	3	3	3	3	3	4	4	8	
合計高さ	3.45m	3.45m	3.45m	3.45m	3.45m	3.45m	4.60m	4.60m		
必要高に対する余剰高	0.80m	0.70m	1.10m	1.00m	0.50m	0.05m	1.05m	0.00m	5.20m	
扉体1枚の高さ	0.95m									
必要な扉体数	3	3	3	3	4	4	4	5	9	
合計高さ	2.85m	2.85m	2.85m	2.85m	3.80m	3.80m	3.80m	4.75m		
必要高に対する余剰高	0.20m	0.10m	0.50m	0.40m	0.85m	0.40m	0.25m	0.15m	2.85m	
扉体1枚の高さ	0.95m (0.85m)*									310(290)kg
必要な扉体数	3	3	3	3	4	4	4	5	9	
合計高さ	2.75m	2.75m	2.75m	2.75m	3.70m	3.70m	3.70m	4.65m		
必要高に対する余剰高	0.10m	0.00m	0.40m	0.30m	0.75m	0.30m	0.15m	0.05m	2.05m	

* () 内の数値は1枚の非定形扉体の高さを示している。ただし、この扉体も他の扉体と相互に交換可能である。

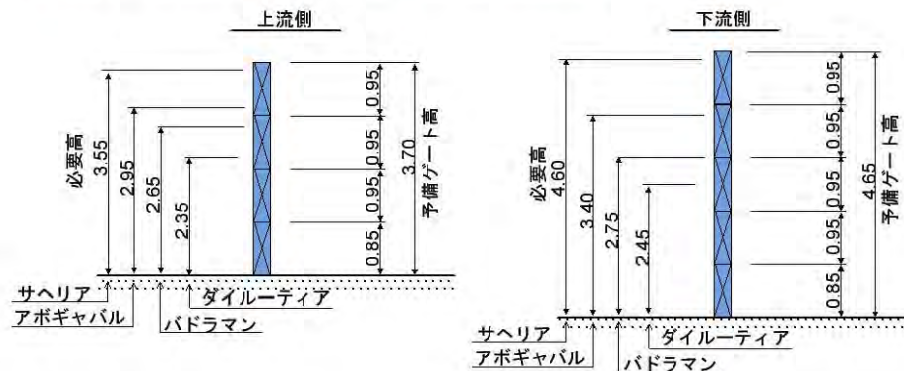
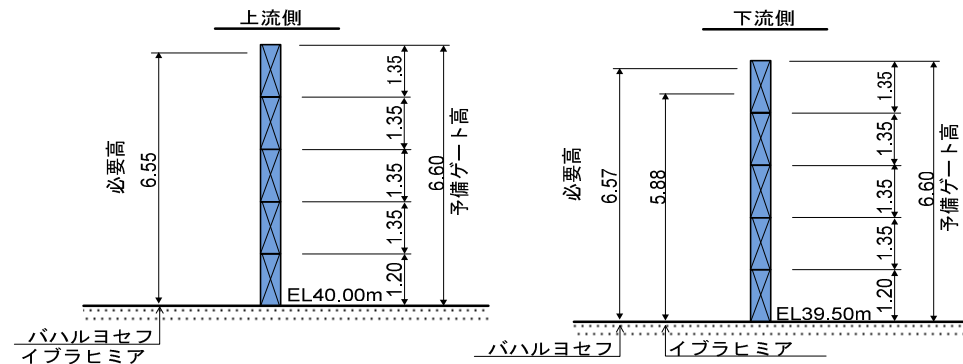


表 15-5.3 大規模堰群用予備ゲートの比較結果

	バハルヨセフ		イブラヒミア		合計	概略重量	
	上流側	下流側	上流側	下流側			
	純径間	6.00m					
必要高さ	6.55m	6.57m	6.55m	5.88m			
オプション-1	扉体1枚の高さ	1.35m					
	必要な扉体数	5	5	5	5	20	
	合計高さ	6.75m	6.75m	6.75m	6.75m		
	必要高に対する余剰高	0.20m	0.18m	0.20m	0.87m	1.45m	
オプション-2	扉体1枚の高さ	1.10m					
	必要な扉体数	6	6	6	6	24	
	合計高さ	6.60m	6.60m	6.60m	6.60m		
	必要高に対する余剰高	0.05m	0.03m	0.05m	0.72m	0.85m	
オプション-3	扉体1枚の高さ	0.95m					
	必要な扉体数	7	7	7	7	28	
	合計高さ	6.65m	6.65m	6.65m	6.65m		
	必要高に対する余剰高	0.10m	0.08m	0.10m	0.77m	1.05m	
オプション-1A (採用案)	扉体1枚の高さ	1.35m (1.20m)*					2.2(2.1) ton
	必要な扉体数	5	5	5	5	20	
	合計高さ	6.60m	6.60m	6.60m	6.60m		
	必要高に対する余剰高	0.05m	0.03m	0.05m	0.72m	0.85m	

* ()内の数値は1枚の非定形扉体の高さを示している。ただし、この扉体も他の扉体と相互に交換可能である。



16. 建築設計

16-1 管理棟の設計

(1) 建設予定地

管理棟の建設用地は、新バドラマン堰と新イブラヒミア堰との間にある現在の事務所およびモスク付近である。新設される道路を挟んで、北側に約2500m²、南側に約900m²の広さが確保され、既存の建物は建設工事開始までにエジプト政府により移設、撤去される。

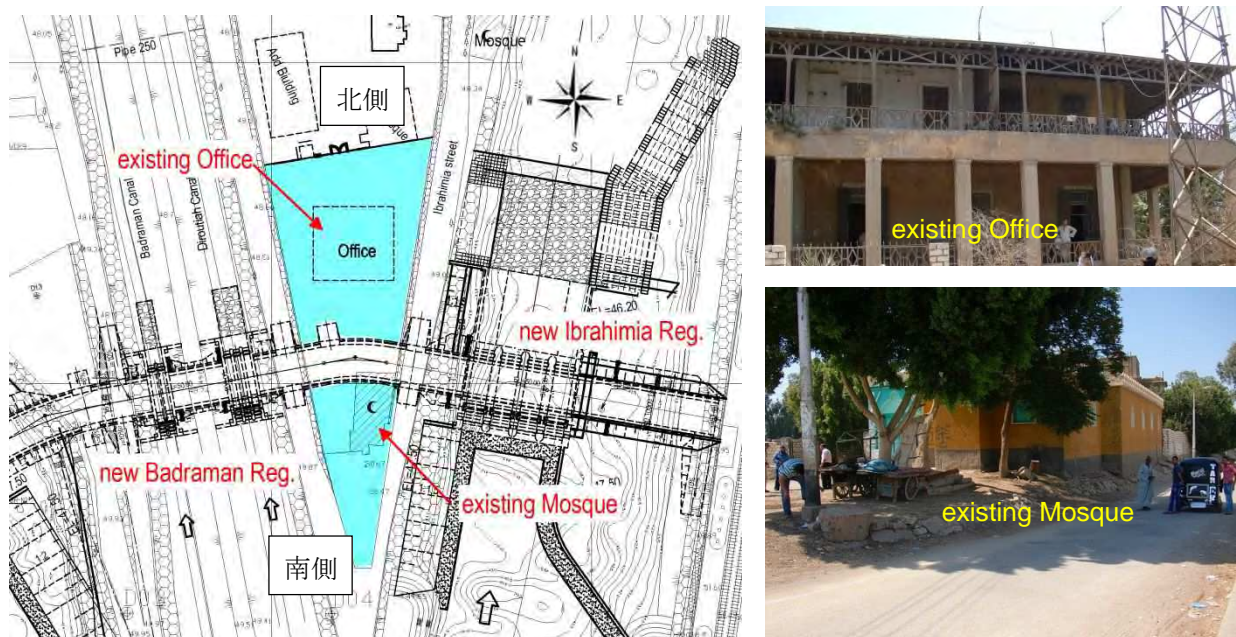


図 16-1.1 建設予定地の状況

(2) 配置計画

上記の建設用地に、管理棟1棟のほか、予備ゲートの格納庫および駐車場を配置する。

管理棟の建築面積は、おおよそ200m²と想定されることから、北側、南側のどちらにも配置可能であるが、新設される堰群（バハルヨセフ、バドラマン、イブラヒミア堰）のゲート設備や水位状況を上流側から目視確認できる南側の用地に建設することが管理上有利である。予備ゲート格納庫は、建築面積自体は150m²程度であるが、予備ゲート搬出入のためにクレーンや大型トラックが進出するための用地が同時に必要となるため、管理棟とともに南側の用地に配置することは困難である。従って、予備ゲート格納庫は北側の用地に建設することとし、残りの敷地は車両の通行および駐車スペースとして利用する。

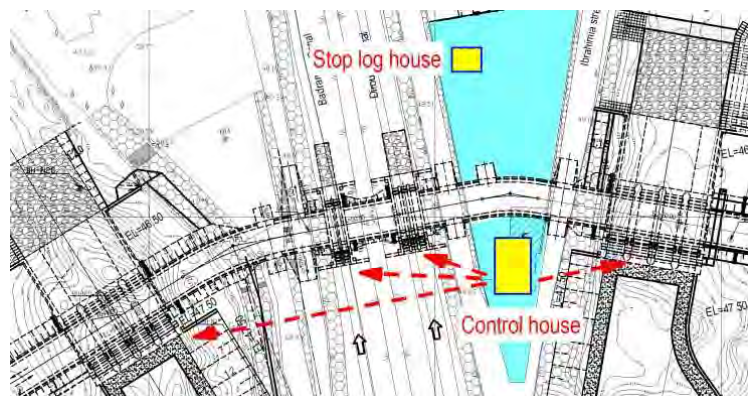


図 16-1.2 管理棟の配置図

(3) 間取計画

管理棟内には、ダイルート堰群の管理室のほか、統合水管理のための監視室を設けることとし、職員は常駐しない。その他構成する各室は、以下に示す通りであるが、各室の特性、機能等から間取りを決定する。また、敷地面積に対する必要な部屋面積および異なる2つの組織が利用する点を考慮して2階建てとする。

1) 電気室

受配電設備及び予備発電設備を収納する部屋である。商用電源の引込み、予備発電機の燃料補給や維持管理の利便性を考慮し、1階南側に配置する。

2) 堰管理室

特にバハルヨセフ、イブラヒミア堰のゲート設備や上流水位の目視による監視が可能な2階南側に配置する。また、部屋の周囲にバルコニーを設置し、屋外からの監視も可能な構造とする。

3) 水管理監視室

水管理システム等を配置し、監視を行うことから、1階事務室に隣接した位置に配置する。

4) 事務室

統合水管理およびダイルート堰群管理各々の組織のための事務室を1階と2階に設ける。職員が日常の執務を行う部屋であるので、1階玄関あるいは階段近くに配置する。

5) 会議室

会議や見学者への説明等に使用する。会議室に必要な面積と他の部屋の間取りとの関係より2階に配置する。

6) トイレ、洗面所

職員および来訪者の利用を考慮して男女別とし、1階と2階それぞれに設ける。

7) 倉庫

書類や備品等の保管、サーバーの配置のため、1階と2階のそれぞれに設ける。

以上のほか、更衣室、給湯室、受付・守衛室、休憩室、シャワー室などの設置が考えられたが、協議の結果、いずれも不要とされた。

(4) 各室面積

各室の面積は、執務する職員数、設置する設備機器の大きさと配置、保守点検に必要な通路幅および全体の間取り配置等を考慮の結果、下表のとおりとすることに決定した。

表 16-1.1 各室の概略面積

室名	計算式	備考
1 F		
水管理監視室	5.75 × 6.50 = 37.38	
電気室、自家発電室	5.75 × 3.90 = 22.43	
事務室	6.90 × 4.40 = 30.36	
倉庫	2.95 × 3.90 = 11.51	
WC	3.85 × 3.90 = 15.02	小計 116.68
廊下、階段	3.20 × 10.50 = 33.60	
〃	7.00 × 2.00 = 14.00	
	小計 164.3	m ²
2 F		
堰管理室	5.75 × 10.50 = 60.38	
事務室	3.10 × 4.40 = 13.64	
会議室	7.00 × 4.40 = 30.80	
倉庫	2.95 × 3.90 = 11.51	
WC	3.85 × 3.90 = 15.02	小計 131.34
廊下、階段	10.25 × 2.00 = 20.50	
〃	3.20 × 3.90 = 12.48	
	小計 164.3	m ²
	合計 328.6	m ²
交通部分		80.58 32.5%
部屋面積		248.02

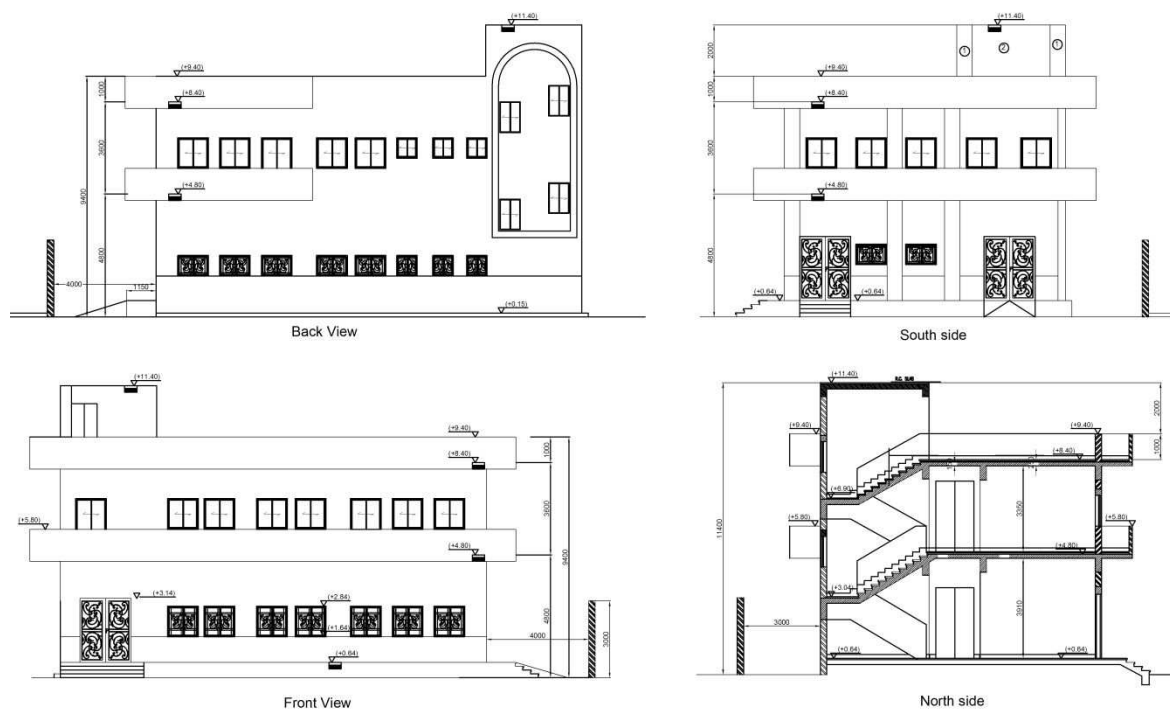
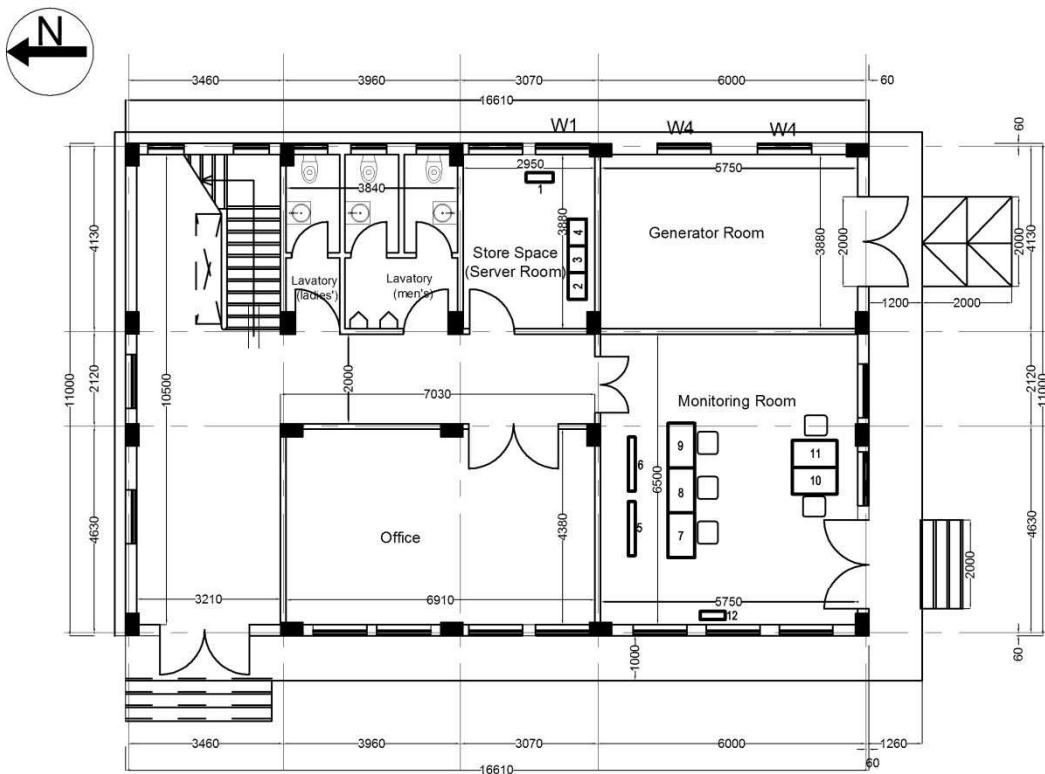
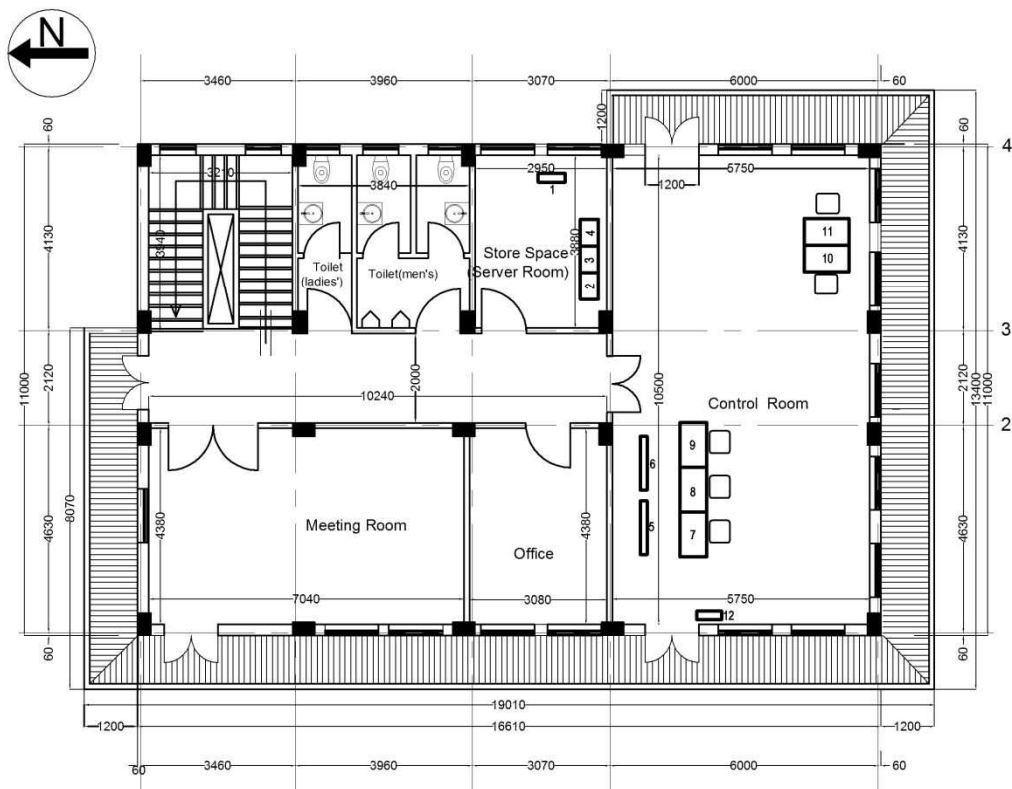


図 16-1.3 管理棟立面図



Central Monitoring House for Integrated Water Management
Ground Floor



Control House for New Dirout Group of Regulators
First Floor

図 16-1.4 管理棟の間取り図

(5) 防災設備

1) 消防用設備

火災警報設備を各部屋に設けるほか、消火器具を各階に設置するものとする。なお、後述する現場機側操作室および予備ゲート格納庫にも消防用設備は設置する。

2) 避雷設備

建物の高さが10m程度であること、建設予定地域での落雷の発生頻度を考慮し、避雷設備は設けないものとする。

16-2 現場機側操作室の設計

(1) 操作室の大きさ

バハルヨセフ堰およびイブラヒミア堰については、堰に隣接した場所に機側操作盤とともに油圧ユニットを収納する建築物を設け、機器を風雨等から保護するとともに操作室内からゲートの操作が安全確実にできるようにする。操作室の大きさは、油圧ユニット、機側操作盤の配置とこれらの操作、点検・整備、取替え作業などを考慮して決定する。

油圧ユニットの正面から壁または他の機器までの間隔は100cm以上、正面以外の3面は、タンクの清掃、機器の点検等を考慮して60cm以上離す。裏面からの点検が不要な場合でも、再塗装作業を考慮し、60cm以上の空間を確保することとする。機側操作盤も同様に、正面は100cm、盤の正面以外の周囲には60cm以上の空間を確保する。

想定される油圧ユニットおよび別置き油圧タンク、機側操作盤の大きさより配置を検討した結果、下図のように室内寸法7.5m×6.5mと決定する。

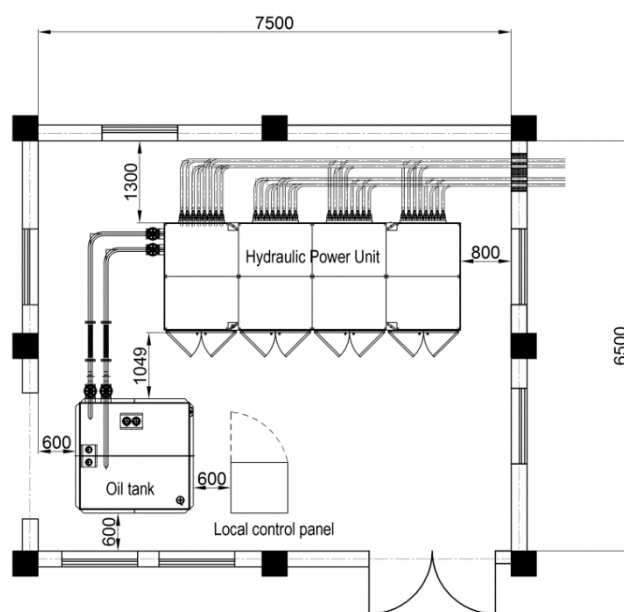


図 16-2.1 機側操作室の配置

(2) 建設位置の決定

1) バハルヨセフ堰

機側操作室は、操作室から油圧シリンダに至る油圧延長をできるだけ短くし、かつゲートの状態を目視で確認しながら操作が行えるよう、堰の上流側に設置を計画する。

バハルヨセフ堰上流部は、左岸側に鋼矢板壁護岸により広い平坦な敷地が創設される一方、右岸側は操作室を建設するだけの十分な用地が確保できない。従って、上流左岸側に機側操作室を建設することとする。なお、左岸上流部は予備ゲートの搬出入のために、最大積載量4ton程度のトラックが端部堰柱付近までバックで進入することとなる。このため、トラックの走行軌跡を考慮し、堰柱側面から15m離れた位置に建設を計画する。また、開閉装置を設置する堰柱頂部へ至る昇降階段は、予備ゲー

トの搬出入を行う側とは反対の右岸側に設置する。



図 16-2.2 バハルヨセフ堰側配置検討図

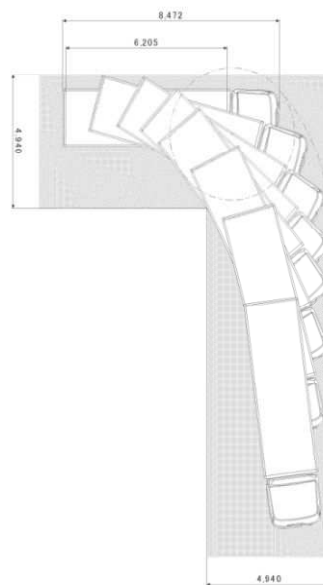


図 16-2.3 中型トラックの旋回軌跡図

2) イブラヒミア堰

バハルヨセフ堰と同様の考え方で、広い敷地が作られ、管理上も都合のよい右岸上流側に機側操作室を設置することが望ましい。しかしながら、国有鉄道線路に並走するアクセス道路は、今後エジプト政府側において計画設計されることとなっており、下図破線のようなルートが想定されている。このため、予備ゲート搬出入のためのトラック進入路を考慮してバハルヨセフ堰と同様の位置に管理室を設置すると、道路計画路線となる可能性が高い。また、アクセス道路（路面標高EL.50.0m前後）から左岸側敷地（EL47.50m）への進入路も設置されるため、右岸上流側への管理室設置は維持管理用車両の通行にも支障となる。以上により、先方政府との協議の結果、イブラヒミア堰の機側操作室は、右岸下流側に設置することとなった。

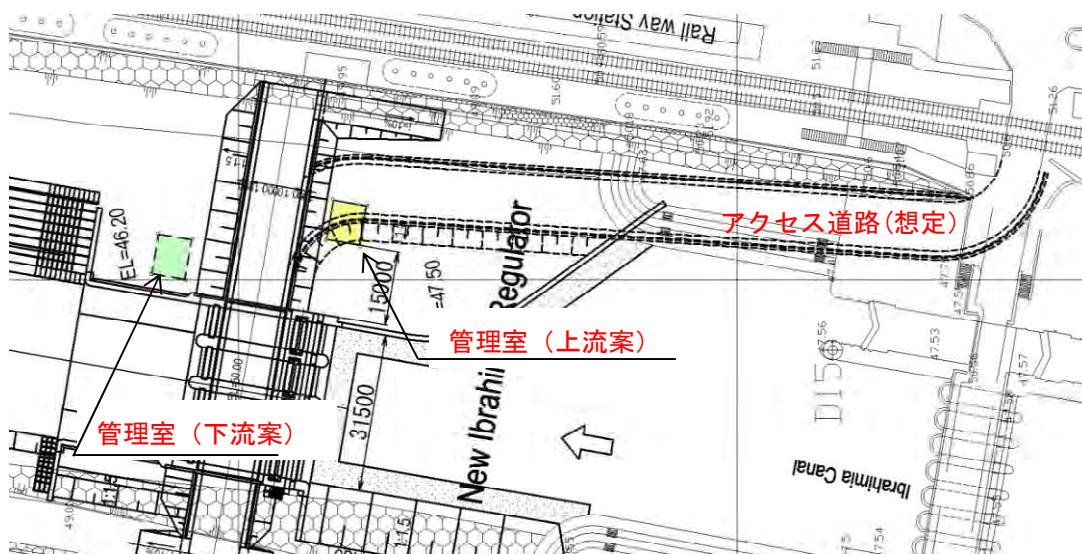


図 16-2.4 イブラヒミア堰側配置検討図 管理棟の配置

16-3 予備ゲート格納庫の設計

(1) 保管設備

予備ゲートのサイズ、分割数は前述の検討の結果、以下のとおりとなった。これらを上屋を設けずに屋外で保管する方法もあるが、ゲートを長期間良好な状態に維持し、主ゲート補修時にいつでも支障なく使用できるよう屋内にて保管することが望ましい。また、運搬車両への積み込み、積み卸しを補助する装置を建物内に備えておけば作業が容易となる。

表 16-3.1 予備ゲートの規格と数量

	小規模堰用		大規模堰用		備考
	Type A	Type B	Type A	Type B	
純径間	2.00m	2.00m	6.00m	6.00m	
扉高	0.85m	0.95m	1.20m	1.35m	
製作個数	4	14	4	16	
概略重量					
扉体1枚当り	291.4 kg	311.1 kg	2074.5 kg	2214.6 kg	
リフティングビーム	252.5 kg		911.7 kg		

(2) 搬出入方法の検討

予備ゲートの搬出入の方法として以下の2案を提案した結果、経済性および作業用機械の調達の難易の点より B 案が採用された。

表 16-3.2 予備ゲート搬出入方法の比較

項目	A 案	B 案
搬出入方法	台車に設置した手動走行装置を操作して台車を屋外に出し、トラッククレーン等で運搬車両に積み込む。	屋内の天井に配置したレールと手動式のチェンブロックを用いて扉体を吊上げ移動させて、倉庫内で運搬車両に積み込む。
保管方法	扉体を一定間隔で直立させておくための格納架台上に複数枚ずつ固定し、台車上に架台ごと載せて保管する。	扉体を一定間隔で直立させておくための格納架台上に複数枚ずつ固定し保管する。
建物の大きさ	予備ゲート保管分のみのスペースで良いため B 案よりは小さく、高さも低くて済む。 15m×16m 程度	車両進入のためのスペースが必要であり、A 案よりは広さも高さも大きくなる。 15m×20m 程度(1段積みの場合)
経済性	格納台車および走行用のレール設備を含めると B 案よりもやや高価となる。	建屋自体の建設費はやや大きいですが、付属設備も含めると安価となる。
その他特記事項	25t 吊り程度のトラッククレーンの使用が前提となるが、その調はコスト的にも容易ではない。	扉体1枚ずつ移動させて積み込むので作業性は劣るが、大型のクレーン等は不要である。

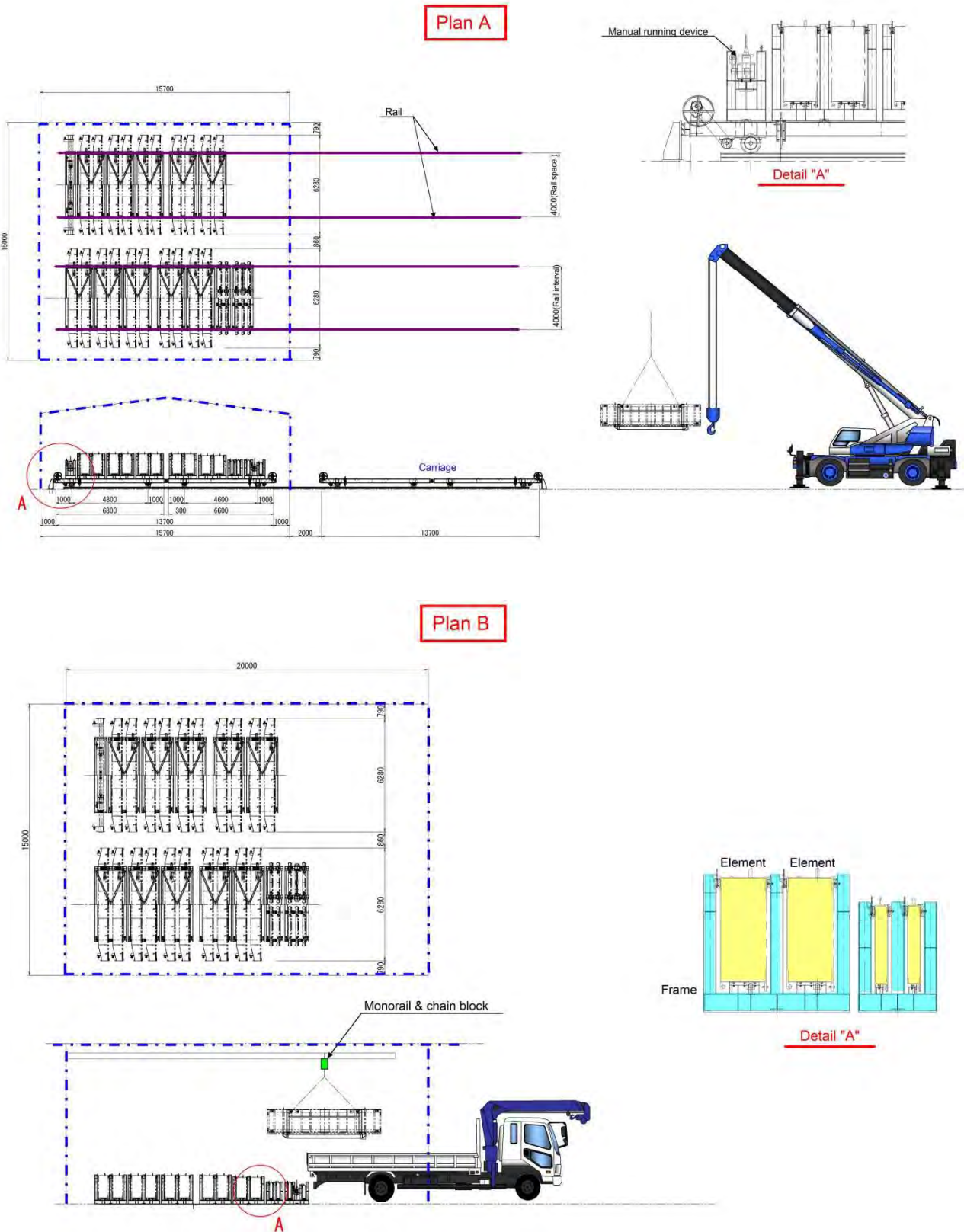


図 16-3.1 予備ゲート搬出入方法の検討図

(3) 形状寸法の検討

可能な限り建屋面積を小さくするため保管方法を検討した結果、小規模堰用、大規模堰用の扉体をそれぞれ2段重ねとして、下図のとおりと決定した。内部での作業用の余裕幅を考慮し、内寸で13.0m×10.9m=141.7m²である。前述のとおり、管理棟とは道路を挟んで反対側の北側用地に建設する。

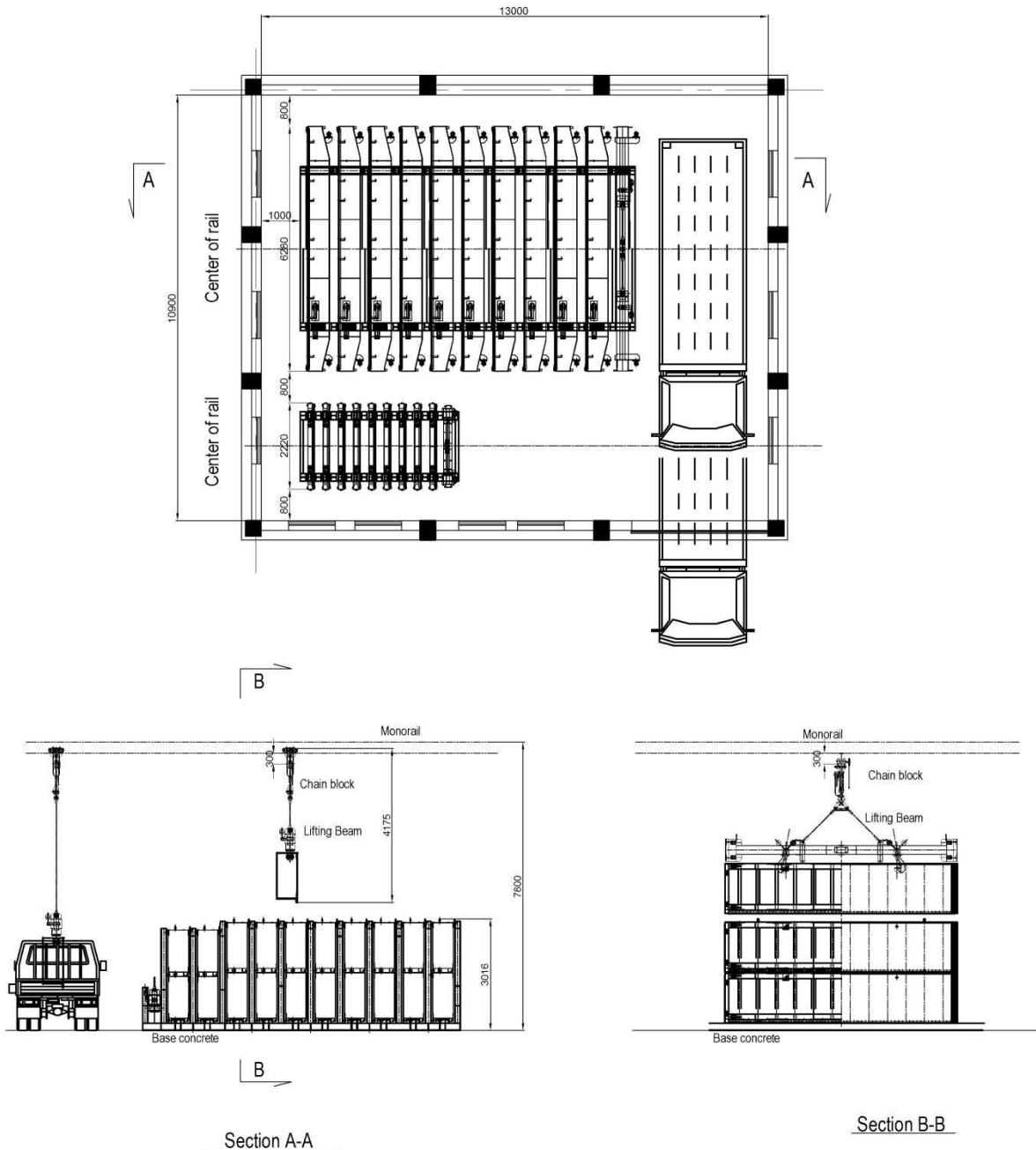


図 16-3.2 予備ゲート格納庫内の配置計画図

17. 付帯施設の設計

17-1 計装設備の検討

建設する堰群には流水管理を適切に行うために水位計を設ける。

(1) 形式の選定

水位計には、検出機構により幾つかの種類があるが、測定の精度や設置の容易さ等より、圧力式水位計を推奨する。

(2) 設置位置

堰の水位管理、流量算定を行うためには、ゲート開度に加えて堰の上下流の水位を把握する必要がある。このため、堰（水路）毎に2箇所ずつ合計13箇所設置することとする。設置場所は、取水や上流からの流入水による水位の影響のない場所、風波の影響のない場所で管理上の都合の良い場所とし、下図の位置を提案する。なお、水中の浮遊塵芥、泥土の影響や流木などによる損傷を防止するため、計器は保護管内に設置する。また、水位記録の点検のため、量水標を併設する。

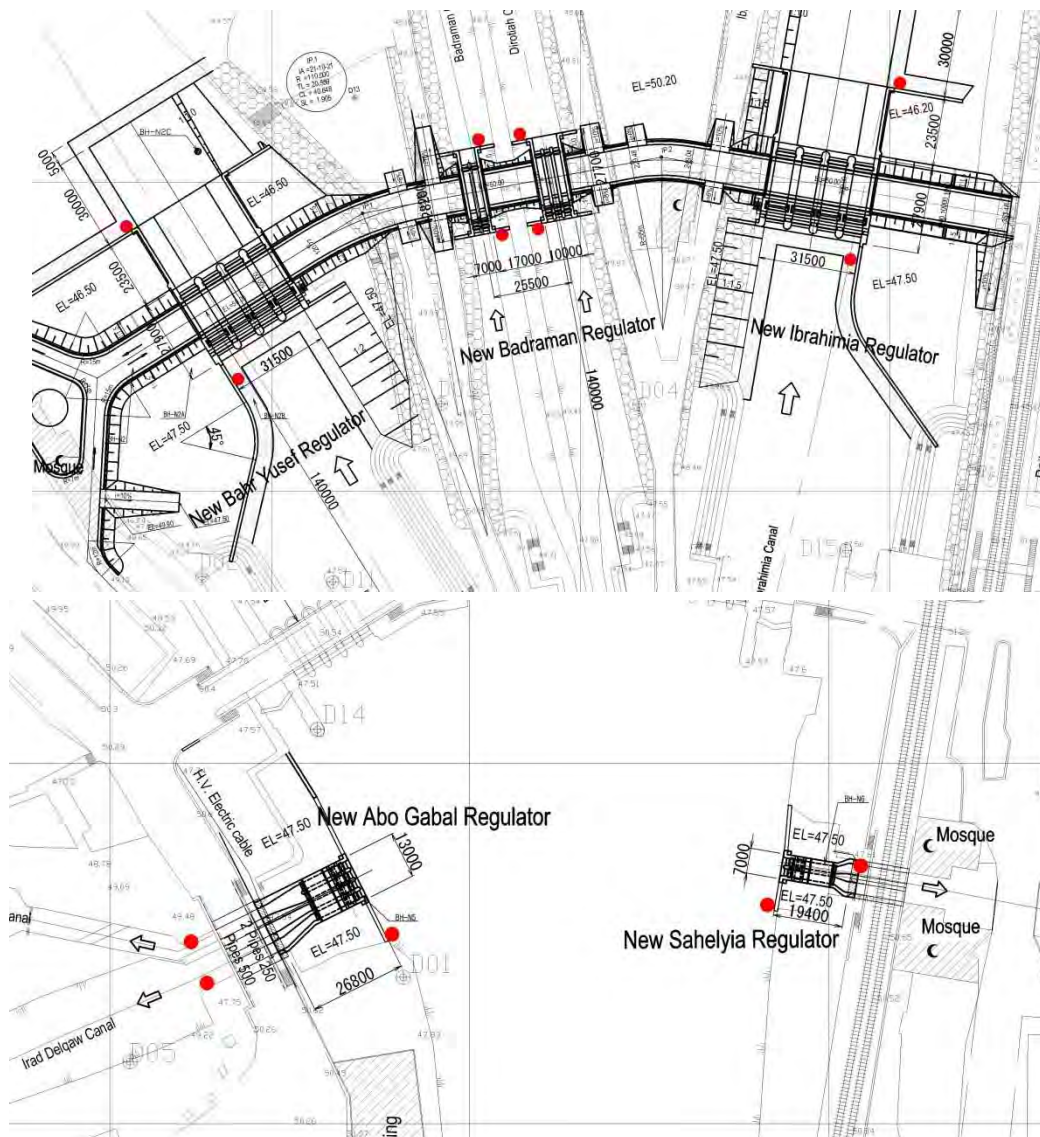


図 17-1.1 水位計設置位置図

表 17-1.1 主な水位計の種類と仕様

形式	フロート式	圧力式 (水晶式)	超音波式
概要	水位の上下動をフロートとカウンタウエイトのバランスに直結したプーリ位置の回転角により水位を測定する。	水中に圧力検出器を設け、圧力変化を電気信号に変え、水位換算する。	超音波を水面に向け発射し、その反射された音波を受けるまでの時間を測定して水位に換算する。
構成図			
測定範囲と精度	±1cm (0-10m) シャフトエンコーダ	±0.01%xFull Scale (±1cm /0-100m)	±1cm (0-10m)
電源	不要	必要	必要
機器の条件	-10℃～40℃	検出器: -10℃～70℃ 変換器: -10℃～50℃:	送受波器: -20℃～70℃ 変換器: -10℃～40℃:
出力信号	デジタル	アナログまたはデジタル	アナログまたはデジタル
特徴	1)連続測定 2)観測井筒の傾斜取付は不可 3)観測井筒の上には、保守用として水位計室を通常設ける。	1) 測定精度が高い 2)連続測定が可能 3) 検出器は動水で流されないよう保護管を取り付ける。 4)観測井筒の傾斜取付は可能	1)連続測定が可能 2)送受波器は水面に向けて鉛直方向に取り付ける。 3) やや高価な設備となる。

17-2 道路横断工の検討

イブラヒミア堰の現場機側操作室は堰の下流側に配置することとなったため、油圧シリンダと現場操作室内部に設置する油圧発生装置（油圧ユニット）を接続する外部油圧配管は、道路を横断する必要がある。

油圧配管は、河床内を横断する場合等で地中配管とする以外は、保守点検および安全性を考えピット内に収納することが原則である。地中埋設やコンクリート内直接埋設では、万一油漏れ等の事故が発生してゲートの開閉に支障が生じた場合には、配管を掘り出し、復旧する必要があるが、工事に伴う交通への影響、復旧までに要する期間を考えると望ましくない。従って、道路横断部はカルバート構造物を建設して、その内部に配管することとする。

(1) 断面形状

カルバートの内空高さは、保守点検のために人が入るため、1.8m以上を確保する。カルバート内部に配置する油圧配管は、呼び径32Aのステンレス鋼管が合計32本であり、サポート鋼材を用いて一定の間隔にて固定する計画である。下図のような配管部分の専有面積および保守点検作業のための空間を考慮し、カルバートは内空高さ1.8m、内空幅1.8mの断面形状とし、鉄筋コンクリート構造とする。

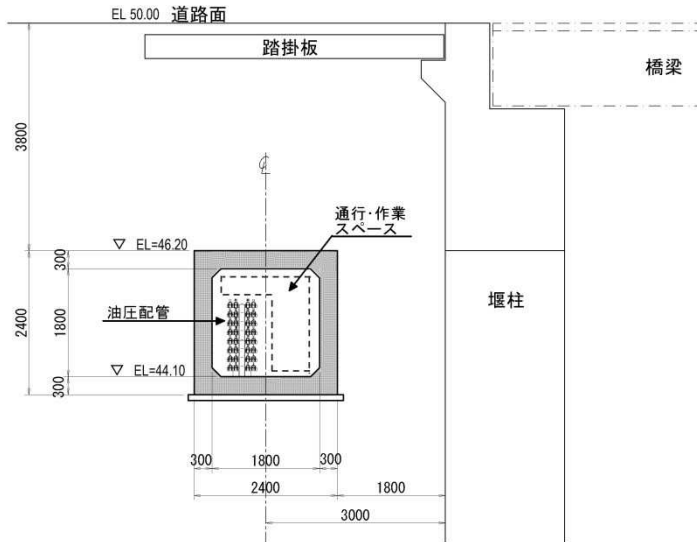


図 17-2.1 カルバート断面形状

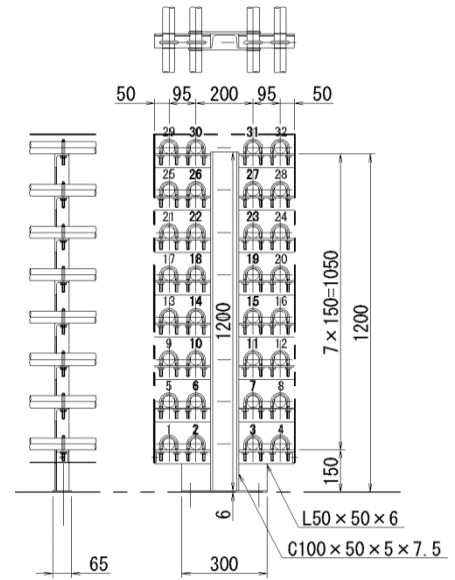


図 17-2.2 カルバート内油圧配管図

カルバート天端標高は、現場管理室を建設する下流側の地盤標高に一致させてEL.46.20mとする。道路横断位置は、堰に近いほど配管延長が短くなり経済的に有利となるが、施工時の型枠、足場設置のスペースを考慮し、カルバート中心位置を堰柱壁面から3.0m離れた位置とする。

(2) スパン割

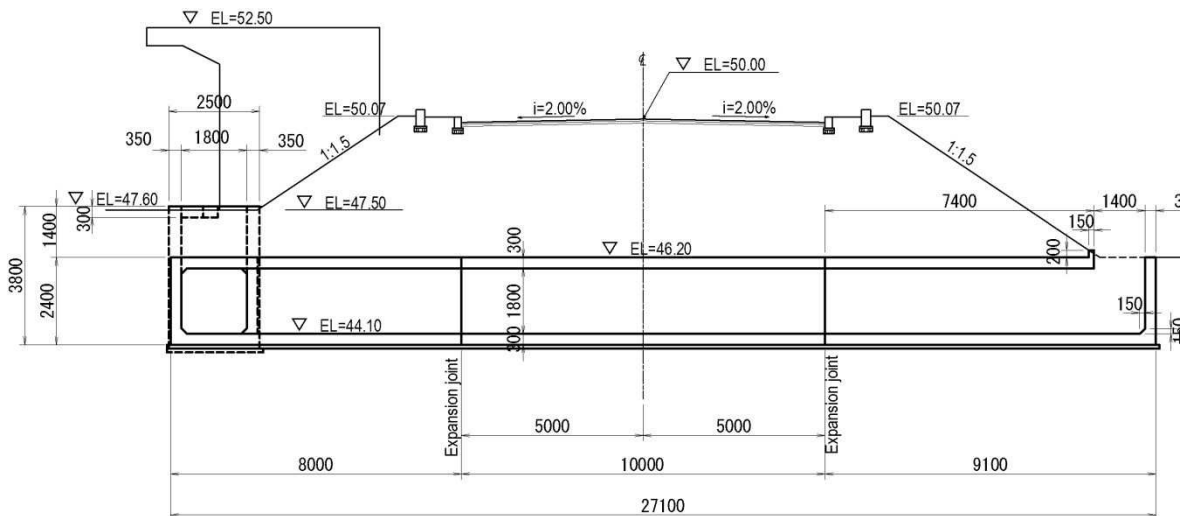


図 17-2.3 縦断方向の-span割

カルバート縦断方向の延長は30m近くになるため、施工後の乾燥収縮や不同沈下等の影響から本体の損傷を防止する目的で、継手を設けて分割する。継手の位置は、道路中央部付近を避け、図のように10m程度の長さで3分割することとする。継手部には伸縮材を用い、不同沈下に対応するためダウエルバー方式を採用する。

(3) 構造設計

ボックスカルバートの設計に用いる荷重としては、自重、鉛直土圧、水平土圧、活荷重、水圧を考慮する。断面力の計算に用いる荷重の組合せは、下記の2通りについて計算を行い、各点の曲げモーメントおよびせん断力の大きい方の値を用いる。

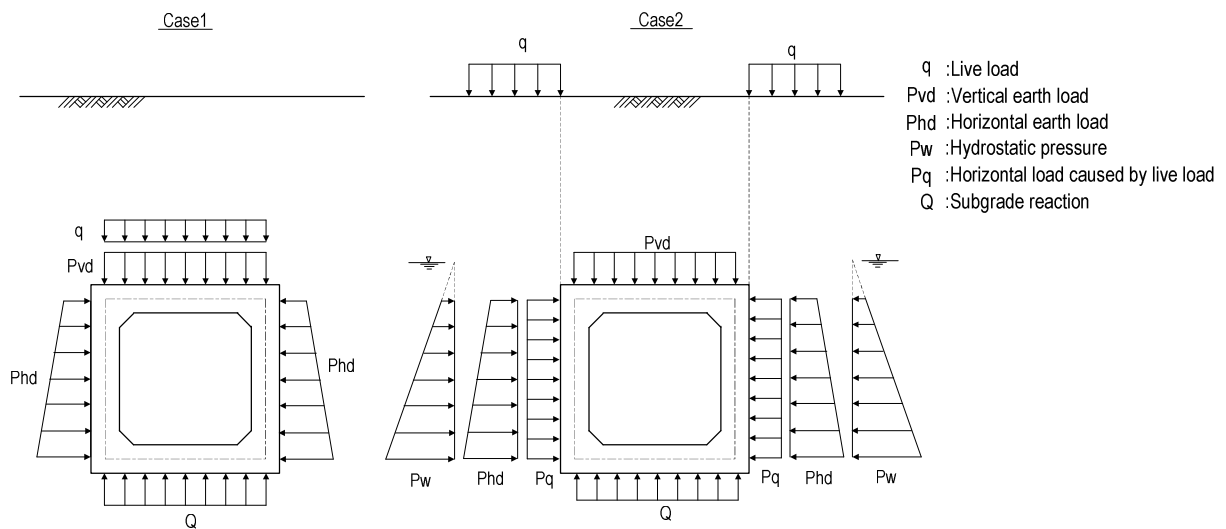


図 17-2.4 荷重の組み合わせ図

仮定した断面における構造計算の結果を次表に示す。

表 17-2.1 ボックスカルバートの構造計算結果

照査位置			側壁			頂版		底版		備考
			中央 内側	下端 外側	上端 外側	中央 内側	端部 外側	中央 内側	端部 外側	
曲げモーメント	M	(kNm)	5.628	27.967	23.851	24.541	23.550	27.866	27.460	
軸力	N	(kN)	88.083	94.882	81.101	42.081	42.081	52.419	52.419	
せん断力	S	(kN)	-	41.231	35.989	-	58.887	-	67.746	
部材高	h	(m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
有効高	d	(m)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	
配筋			D16@200	D16@200	D16@200	D16@200	D16@200	D16@200	D16@200	
圧縮応力度	σ_c	(N/mm ²)	0.65	4.60	3.92	4.27	4.09	4.81	4.75	
(許容値)	σ_{ca}	(N/mm ²)	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	
引張応力度	σ_s	(N/mm ²)	1.87	91.89	78.26	103.12	98.01	110.40	112.43	
(許容値)	σ_{sa}	(N/mm ²)	200	200	200	200	200	200	200	
せん断応力度	τ	(N/mm ²)	-	0.21	0.18	-	0.29	-	0.34	
(許容値)	τ_a	(N/mm ²)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	

18. 堰群の運用・維持管理

18-1 利水管理

堰群の利水管理は、作物の種類、作付面積、作付時期等受益地の営農計画等を基本として年間利水計画を作成し、堰群上下流の利水管理者や関係機関等との連携を密にして行うことが望まれる。

実際のゲート操作は、下表の堰群の設計水力条件の範囲内で、上下流の水位変動に応じて所定の流量を放流するよう管理する。

表 18-1.1 ゲートの操作条件

堰名	水路名	設計最大 流量(m ³ /s)	上流設計 高水位(m)	上流設計 低水位(m)	下流設計 高水位(m)
Bahr Yusef		227.0	46.30	45.90	45.82
Ibrahimia		186.0	46.30	45.90	45.13
Badraman	Badraman	9.0	46.30	45.90	45.90
	Diroutiah	12.0	46.30	45.90	45.90
AboGabal	AboGabal	7.0	46.30	45.90	45.90
	Iraddelgaw	9.0	46.30	45.90	45.90
Sahelyia		5.0	46.30	45.90	45.90

例として、上流水位が一定の場合、下流水位の変化による設計最大流量の放流に必要なゲート開度（全門同一開度で操作したと仮定）を試算した。放流に当たってのゲート操作は、可能な限り下流水路に著しい水位変動が生じないように、また、流心が片寄って護岸や護床工等に洗掘が生じないように、開扉順序や1回の操作による開度量に留意する。

表 18-1.2 下流水位によるゲート開度の試算

名称	放流量 (m ³ /s)	純径間 (m)	門数	ゲート数高 (m)	上流水位 (m)	上流水深 (m)	下流水位 (m)	下流水深 (m)	ゲート開度 (m)	流出形態
Bahr Yusef	227.0	6.00	4	40.00	46.30	6.30	45.82	5.82	3.45	もぐり
							45.60	5.60	2.99	もぐり
							45.40	5.40	2.71	もぐり
							45.20	5.20	2.48	もぐり
							45.00	5.00	2.30	もぐり
Ibrahimia	186.0	6.00	4	40.00	46.30	6.30	45.13	5.13	2.09	もぐり
							44.80	4.80	1.86	もぐり
							44.60	4.60	1.75	もぐり
							44.40	4.40	1.65	もぐり
							44.20	4.20	1.55	もぐり
Badraman	9.0	2.00	2	43.90	46.30	2.40	45.90	2.00	0.97	もぐり
							45.60	1.70	0.74	もぐり
							45.30	1.40	0.60	自由
Diroutiah	12.0	2.00	3	44.20	46.30	2.10	45.90	1.70	0.85	もぐり
							45.30	1.10	0.57	自由
AboGabal	7.0	2.00	2	43.60	46.30	2.70	45.90	2.30	0.84	もぐり
							45.60	2.00	0.65	もぐり
							45.00	1.40	0.43	自由
Iraddelgaw	9.0	2.00	2	43.60	46.30	2.70	45.90	2.30	1.02	もぐり
							45.60	2.00	0.78	もぐり
							45.00	1.40	0.56	自由
Sahelyia	5.0	2.00	2	43.00	46.30	3.30	45.90	2.90	0.66	もぐり
							45.60	2.60	0.51	もぐり
							45.00	2.00	0.37	もぐり

18-2 土木・建築構造物の維持管理

施設の機能を将来にわたり長期間確保するため、状態監視や補修を適切に行うことが重要である。推奨される点検内容や頻度を以下に示す。

(1) 点検

定期点検は、施設の状態の変化の有無、また、変化のある場合はその程度及び推移の監視を行うものであり、目視や観測機器を用いた計測によって、毎月1回程度行うことが望ましい。常時水没しているエプロン等の点検は、年1回のWinter closureの期間中に行うことを基本とし、点検の結果は記録、保管してその活用を図る。

一般に構造物の接合点、断面変化点、護岸工端部に変化が生じることが多く、特に次の事象に注意して点検を行う。

- 1) 変形
堰柱、堰体、床版、エプロンの沈下
- 2) 摩耗
堰体、床版、エプロンの摩耗の発達の状態
- 3) コンクリート表面のひび割れ
堰体、床版、エプロンのひび割れの有無と発達の状態
- 4) 漏水
コンクリートの継目、エプロン先端等からの漏水の有無と量の変化
- 5) 洗掘
護床工、エプロンの洗掘の有無と発達の状態
- 6) 障害物
放流及び操作上支障となる堆積物、流木、その他障害物の有無

(2) 補修

点検の結果、異常が認められた場合は、必要に応じて詳細な調査を行い、原因の究明と補修の必要性を検討する。補修が必要と判断された場合は、構造物の損傷の程度に応じて補修方法及び時期を選定して実施する。

18-3 設備機器の維持管理

観測設備、機械設備、電気設備等の設備機器は、土木構造物と組み合わせられて堰の機能発揮及び機能維持に大きく影響するため、計画的に適切な管理を実施する必要がある。一般的なゲート設備の維持管理の流れは、点検→整備→実操作のサイクルを繰り返し、経年劣化が進んだ場合などには、必要に応じて機器等の整備や装置の更新等の対応を行う。

(1) 点検

点検とは、設備の異常・損傷の発見、機能の良否の判定などを行う作業であり、遠方操作を含めた設備全体のシステムとしての総合的な点検も計画的に行う。

表 18-3.1 点検の種類と周期

点検の名称	点検周期	点検内容
運転時点検	操作時	放流・取水等の運転・操作開始時の障害の有無、運転・操作中および終了時の異常の有無や変化等の状況確認、動作確認を行うもので、原則としてゲートの運転・操作の都度行う。
日常点検	1日または 1ヶ月未満	設備を常時運転可能な状態に維持するため、初期段階の損傷発見に重点を置き、目視、触診、テストハンマーにて各機器の作動状況、破損、ボルト・ナットのゆるみ等を確認する。
定期点検	3,6ヶ月または 数年毎	詳細な各部の点検および計測を専門技術者により実施するものであり、各部への給油、部品取替え等の軽微な整備も併せて行われる場合がある。

(2) 整備

整備とは、設備や機器の故障、損傷、疲労、劣化等への対応及びこれらの予防のために、または点検の判定結果に基づいて設備の機能維持のために行うもので、部品交換や修理などの作業である。定期整備は、主として工具、機械・器具等を用いて行い、大規模堰群（油圧シリンダ式ローラゲート）と小規模堰群（電動ラック式スライドゲート）を対象とした主な整備内容と推奨される周期を次表に示す。

表 18-3.2 整備の内容と周期

整備 周期	項 目		整備内容
	区 分	対 象	
3年	開閉装置	小規模堰群	ラック（スピンドル）のグリース取替
		全施設	軸継手のグリース取替
5年	扉 体	大規模堰群	給油装置のグリース取替え及び分解整備
	開閉装置	大規模堰群	油圧ユニットの各機器の分解点検 油圧ユニットの作動油取替およびタンク内清掃
		小規模堰群	開閉機の分解点検 減速機の潤滑油取替
10年	扉 体	大規模堰群	ローラ、シーブの分解点検
		全施設	塗替塗装（8～10年程度） 水密ゴムの交換（10～15年程度）
	開閉装置	大規模堰群	油圧ユニットの各機器の分解整備 油圧シリンダの分解点検
		小規模堰群	開閉機の分解整備
		全施設	軸継手、軸受類及び開度計の分解点検整備

注) 10年周期の整備内容は、5年周期の整備内容も包含して行われる。

(3) ゲート扉体の更新方法

小規模堰の軽構造部のゲート戸当りは、将来の水密ゴムの取替えや扉体端部の点検、整備の際に扉体を取り出せるよう、取り外し可能な構造とする。

大規模堰では、門柱部が4本柱タイプであるので、主ローラ等の扉体端部の点検や整備は、扉体を引き上げた状態で行うことが可能である。将来、設備の更新や大規模な修繕等の必要性が生じた場合には、頂版部より油圧シリンダ、架台、扉体の順で大型クレーンを用いて取り外しを行う。



図 18-3.1 扉体の吊り込み方法 (小規模堰)

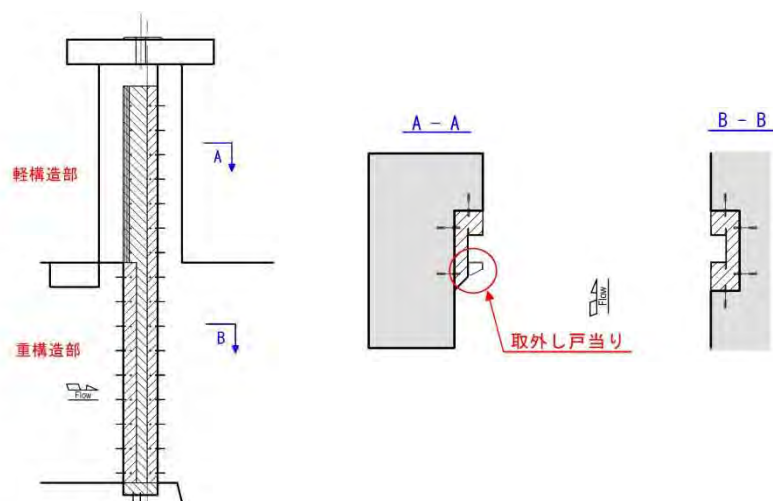


図 18-3.2 小規模堰の戸当り構造

18-4 保守管理記録

設備機器の点検、整備を行うには、それらの構造、規格、仕様や取り扱いを理解して状態を判断する必要がある。そのため、設備機器の完成図書や取扱説明書を整理保管して、いつでも利用できるようにしておくことが重要である。また、点検・整備の記録は、単に結果の記録のみならず、当該設備・機器等の経時変化の把握および将来の変化・予測など、施設の長期的保守管理計画の資料として活用すべきである。従って、点検・整備等の履歴が長期にわたり把握できるよう、データベース化し電子媒体を利用し保存することが望ましい。

表 18-4.1 保守管理記録の推奨される保存期間

項目	種別	保存期間	摘要
完成図書	新設、更新	永年	仕様書、設計計算書、設計図面、 施工管理記録等
施工写真		永年	施工途中、完成時
点検記録	日常点検	1年	
	運転時点検	3年	
	定期点検(年)	5年	
整備記録	整備履歴簿	永年	
	定期整備	5年	
操作記録等	操作記録	永年	異常・特殊な事象を明記
	故障履歴簿	永年	

18-5 水路底高の管理

ダイルート堰群では、毎年1月の数週間はWinter closure 期間が設けられ、取水を停止して水路内に堆砂した土砂の除去が行われている。新ダイルート堰群完成後は、新堰群と現堰群との間も含めて、土砂の堆積や洗掘による水路高の変動が予想される。水路高の過度な変化は、堰本体や接続する護岸工の安定性、円滑なゲート操作にも影響する恐れがあるため、適切な管理が必要である。以下に施工期間中および将来の管理方針について述べる。

(1) 新ダイルート堰群建設工事期間中

新堰群建設工事は、鋼矢板等を用いた仮締切工を設置して行う計画である。仮締切工は、測量結果に基づく現況地盤高において安定性が保たれるように設計しているため、仮締切工周辺地盤を工事期間中に浚渫することは避けなければならない。なお、鋼矢板二重締切工の設計上の地盤高は次のとおりとしている。

表 18-5.1 仮締切工の設計地盤高

位置	二重締切工 設計地盤高
バハルヨセフ堰	EL 39.00m
イブラヒミア堰	EL 39.00m
アボギャバル堰	EL 43.00m
サヘリア堰	EL 43.00m

(2) 新ダイルート堰群運用開始前および将来の維持管理

ゲート前面の堆砂は、ある程度の量であればゲート操作（下端放流）により排除することが可能であるが、ゲート敷に残った土砂はゲートの全閉操作に支障を与える可能性がある。従って、これまでと同様に年に一回は堆砂状況を把握し、堰周辺の地盤高がゲート敷高以下となるように管理することが望ましい。一方、過度に浚渫して地盤高が大きく低下すると、堰本体や接続する鋼矢板護岸工の安定性に影響する。このため、堰の構造高さや護岸工の設計地盤高に基づき、下表に示す標高の範囲内で管理することが必要である。

表 18-5.2 新堰群完成後の水路底管理標高

位置	EL.(A) (m)	EL.(B) (m)	EL.(C) (m)	EL.(D) (m)	管理標高	
					上限値 (m)	下限値 (m)
バハルヨセフ堰及び イブラヒミア堰	40.00	39.50	36.50	39.50	40.00	39.50
アボギャバル堰	43.60	42.75	40.25	42.60	43.60	42.60
サヘリア堰	43.00	41.55	39.05	41.55	43.00	41.55

注: EL.(A);ゲート敷高
EL.(D);護岸工の設計地盤標高

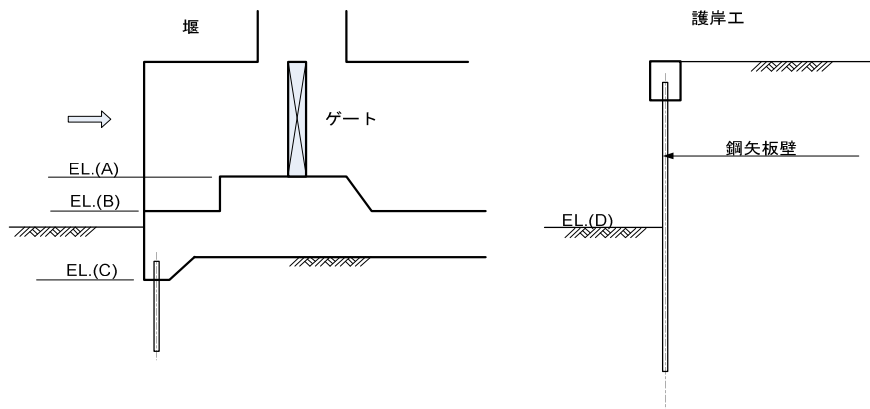


図 18-5.1 水路底管理標高説明図

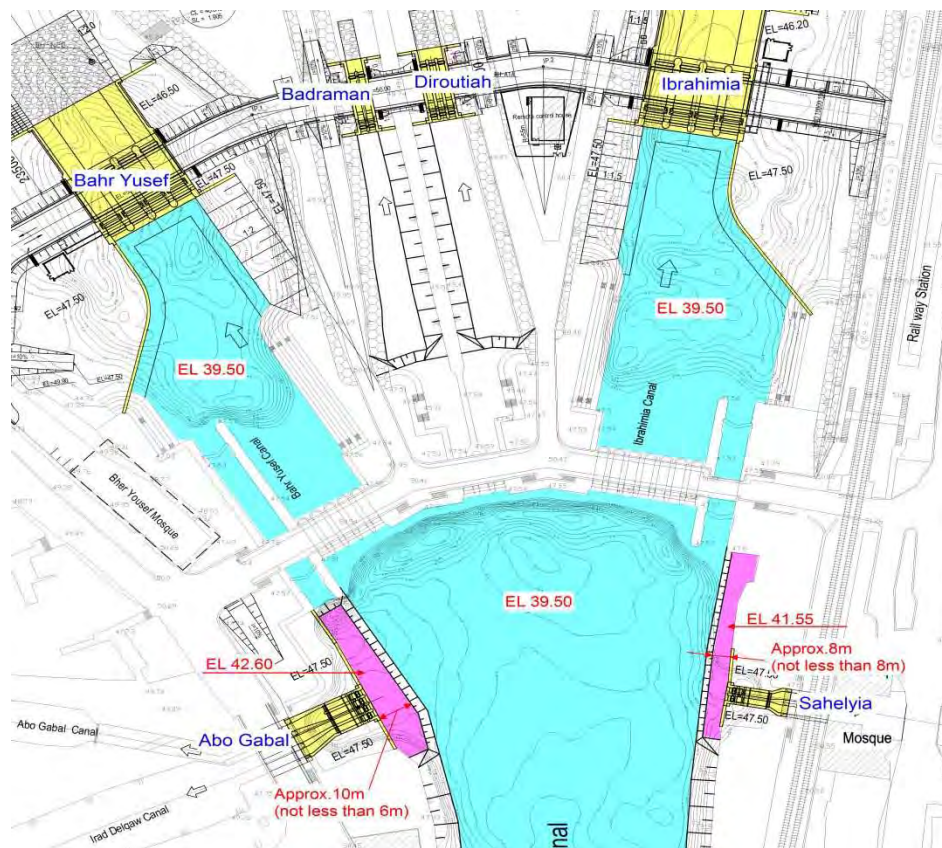


図 18-5.2 堰群周辺水路底管理標高

19. 既存堰群保全対策の検討

19-1 既存堰群保全対策検討に当たっての前提

既設のダイルート堰群は、1872年に建設され145年経過した灌漑水利施設であり、表19-1.1に示すように、エ国においても建設年代が古く、補修や一部改修を行いながらも現役で運用されている。

今回、上エジプト農村地域の農業を支える持続性ある水資源の確保と供給を目的に実施されるダイルート堰群の更新事業により、既設ダイルート堰群の灌漑水利施設としての機能は、喪失することとなる。

しかし、エ国側の強い要望により、既設ダイルート堰群を連絡橋としての継続的な利用や歴史的な灌漑水利施設として残置することが求められている。

本章では、既設ダイルート堰群を残置するに当たっての補修・補強対策工法について、既存の調査結果を踏まえて提案を行う。

表 19-1.1 ダイルート堰群の補修・改修の年代記

1870	1872	Construction of the regulators was completed		1861:Delta Barrage
1880			1881	
1890			Silt clearance (Canal dredging)	
1900	1900	Remodeling work		1902:Aswan Dam
	1907			Asyut Brrage Zefta Brrage
1910	1910	Foundation Treatment (Cement grouting)	1912	1906:Esna Barrage
1920				
1930	1935	Abo Gabal intake regulator was constructed		1930:Naga Hammady Barrage 1935:(Delta Barrage)
1940				
1950				
1960	1962	Improvement work ・Extension of apron of Ibrahimia ・Driven wooden sheet pile ・Protection of the canal bed		
1970				1971:High Aswan Dam
1980				1994:(Esna Barrage)
1990				
2000	2001	Maintenance of regulator (Gates,Chains,etc.)	Canal dredging	2008:(Naga Hammady Barrage)
2010				
2020	2022	[NDGRs] Completion of the construction		

対策工法を提案するに当たっての前提条件として、以下の内容が設計WGにて確認された。

- 既設ダイルート堰群は、歴史的建設物として残置する。
- 灌漑水利施設機能を喪失させることより、ゲート設備は、撤去又は全開状態維持とする。
- 連絡橋としての機能は、一部維持するものの、大型車両等の交通制限を行う。

19-2 調査結果

(1) 過年度調査結果

F/Sにて報告されている既存ダイルート堰群の補修・補強対策工法検討に関わる調査結果を整理すれば表19-2.1～3のとおりである。

調査及び試験内容は以下のとおりである。

- ・ 外観調査
- ・ 潜水調査（水中カメラ撮影）
- ・ 一軸圧縮試験（堰表面部及び深部）
- ・ 堰体内透水試験
- ・ 堰体内ポーリング調査

表 19-2.1 過年度調査結果(1/3)





調査名	調査結果	備考
外観調査	<ul style="list-style-type: none"> ● 水面より上方では、小範囲のレンガや石の欠け落ちや、最大 2mm のレンガのひび割れが確認された。これらの劣化は、長期に亘る応力の影響ではなく、一時的な衝撃力による破損や施工当初に生じた不具合と考えられる。(写真 -1 参照のこと) ● 水面より下面では、ゲート直下の堰側面のレンガの摩耗抜け落ちが見られた。特に、目視確認されたイブラヒミア堰の右岸から堰側面は、30cm (目測) 程度の著しい摩耗が確認された。レンガの摩耗の進行過程では、レンガ自体の摩耗もあるが、レンガ周囲のモルタルが先行して摩耗するため、モルタルが欠落した時点で大きくレンガ抜け落ちてゆくことが繰り返される。したがって、今後の摩耗の進行は、加速度的に拡大して行くことが懸念される。(写真 -2 参照のこと) ● イブラヒミア堰、バドラマン堰、バハルヨセフ堰の上流側堰柱表面は石材で保護されているが、石材間を密着させるために、現代のモルタルとは異なり、石灰岩を細かく砕き、細砂を水で練合わせた古代モルタルが使用されているが、このモルタル部の抜け落ちが見られた。特に、水面付近では、水面の上下変動によるモルタルの洗い流しを受けやすい環境にある。抜け落ちの深さは不明であるが、モルタルの欠落は堰柱の崩壊の要因となることが懸念される。(写真 -3 参照のこと) 	 <p>写真-1 イブラヒミア堰</p>  <p>写真-2 イブラヒミア堰右岸から6門目</p>  <p>写真-3 バハルヨセフ堰</p>
潜水調査	<p>バハルヨセフ堰の右岸側から 2 番目のベント内 (図-1 参照のこと) およびイブラヒミア堰の右岸側から 5 番目のベント内 (図-2 参照のこと) について潜水扶による調査 (水中カメラ撮影) を実施。(2010 年 1 月 2 日~4 日実施)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● バハルヨセフ堰とイブラヒミア堰ではレンガ及び石材を接着するモルタル分が流失している。モルタル分の流失は、構造物としての一体性を損なわせる他、レンガや石材の抜け落ちを増長することが懸念される。 ● バハルヨセフ堰とイブラヒミア堰のエプロン表面には、1962 年の補修により、コンクリートが打設されていたが、コンクリート分が摩耗し流失していた。特にバハルヨセフ堰では、鉄筋のみが残っており、当時の補修効果は失っていると判断される。 	 <p>図-1 バハルヨセフ堰</p>

表 19-2.2 過年度調査結果(2/3)

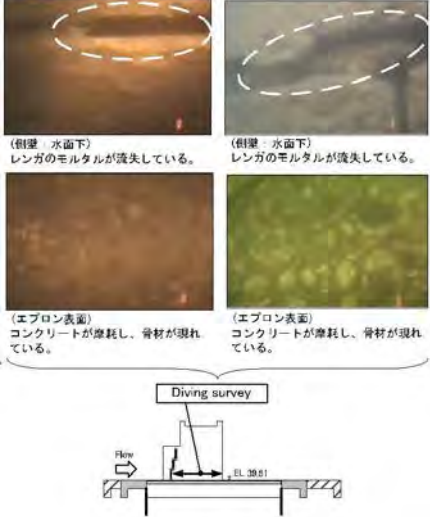
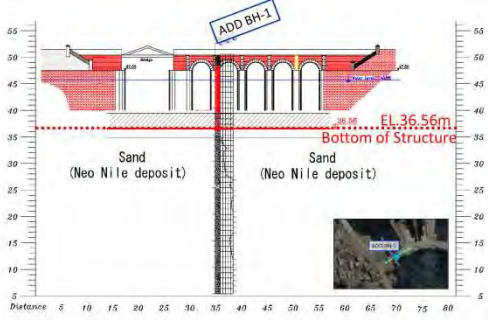
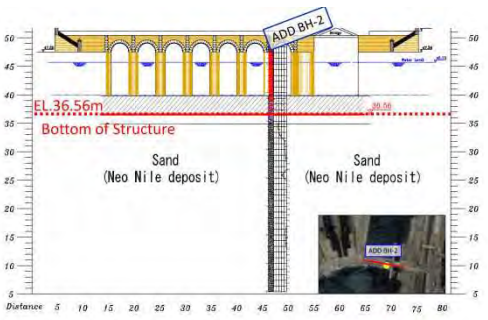
調査名	調査結果	備考																																		
潜水調査	<p>また、イブラヒミア堰では、コンクリート中の骨材(10cm~20cm)が著しく露呈しており、補修当時の施工厚さは確保できていないと思われる。なお、図面で確認される両堰のエプロンのコンクリートの打設厚は、バハルヨセフでは約 25cm、イブラヒミア水路では約 55cm である。</p> <p>以上の調査内容から、当時実施されたエプロンの補修は、ダイルート堰群の上流水位を上げたことに伴うエプロンの補強・拡張工事であったと思われるが、ゲート直下のエプロン補強対策は、ほぼ効果を失っていると判断される。したがって、今後の摩耗拡大が懸念される。</p>	 <p>図-2 イブラヒミア堰</p>																																		
一軸圧縮試験	<p>●堰表面部の一軸強度</p> <p>堰表面から深度 50cm 付近から採取したコアの一軸圧縮強度試験の結果から、「エ」国で必要とされるレンガ建造物の耐久強度である 70kg/cm²~80kg/cm² (Egyptian Code for the Design and Implementation of brick and buildings ECP 204-2005) を下回っていることが確認された。レンガの築造技術は古く当時においても今日と同様な施工技術を有していたと想像されることから、現行の基準強度が目安となると考えられる。したがって、堰表面部付近では、長期間の外気による風化の影響により強度低下を受けていると考えられ、既存堰体を補強改修して供用を続ける場合には留意する必要がある。各堰の一軸圧縮強度は表-1 のとおりである。</p> <p>●堰体深部の一軸強度</p> <p>既設堰群の深部の一軸圧縮強度試験は、本調査時(2009年)と2006年にCRIにより実施されたデータがある。これらの一軸試験結果を整理すれば、表-2,3 のとおりである。</p>	<p>表-1 堰表面部の一軸圧縮強度</p> <table border="1" data-bbox="943 1088 1445 1249"> <thead> <tr> <th>堰名</th> <th>試験値 (kg/cm²)</th> <th>標準値 (kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>バハルヨセフ</td> <td>21</td> <td rowspan="3">70~80</td> </tr> <tr> <td>イブラヒミア</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>バドラマン</td> <td>13.7</td> </tr> </tbody> </table> <p>表-2 堰基礎深部の一軸圧縮強度</p> <table border="1" data-bbox="943 1350 1445 1543"> <thead> <tr> <th>堰名</th> <th>2006年 試験値平均 (kg/cm²)</th> <th>2009年 試験値平均 (kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>バハルヨセフ</td> <td>38.2</td> <td>26.1</td> </tr> <tr> <td>イブラヒミア</td> <td>38.9</td> <td>26.3</td> </tr> <tr> <td>バドラマン</td> <td>38.7</td> <td>10.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>表-3 堰基礎深部の一軸圧縮強度</p> <table border="1" data-bbox="943 1644 1445 1836"> <thead> <tr> <th>堰名</th> <th>2006年 試験値平均 (kg/cm²)</th> <th>2009年 試験値平均 (kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>バハルヨセフ</td> <td>40.7</td> <td>80.3</td> </tr> <tr> <td>イブラヒミア</td> <td>39.6</td> <td>72.3</td> </tr> <tr> <td>バドラマン</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>	堰名	試験値 (kg/cm ²)	標準値 (kg/cm ²)	バハルヨセフ	21	70~80	イブラヒミア	24	バドラマン	13.7	堰名	2006年 試験値平均 (kg/cm ²)	2009年 試験値平均 (kg/cm ²)	バハルヨセフ	38.2	26.1	イブラヒミア	38.9	26.3	バドラマン	38.7	10.0	堰名	2006年 試験値平均 (kg/cm ²)	2009年 試験値平均 (kg/cm ²)	バハルヨセフ	40.7	80.3	イブラヒミア	39.6	72.3	バドラマン	—	—
堰名	試験値 (kg/cm ²)	標準値 (kg/cm ²)																																		
バハルヨセフ	21	70~80																																		
イブラヒミア	24																																			
バドラマン	13.7																																			
堰名	2006年 試験値平均 (kg/cm ²)	2009年 試験値平均 (kg/cm ²)																																		
バハルヨセフ	38.2	26.1																																		
イブラヒミア	38.9	26.3																																		
バドラマン	38.7	10.0																																		
堰名	2006年 試験値平均 (kg/cm ²)	2009年 試験値平均 (kg/cm ²)																																		
バハルヨセフ	40.7	80.3																																		
イブラヒミア	39.6	72.3																																		
バドラマン	—	—																																		

表 19-2.3 過年度調査結果(3/3)

調査名	調査結果	備考																		
堰体内透水試験	<p>堰体内の透水試験は、堰体内部のひび割れ状況を把握するために、2006年にCRIにおいても実施されており、これらの試験結果を含めてまとめると、表-4のとおりである。</p> <p>既往の文献によれば、一般的な普通レンガの透水値は10^{-6}cm/sec (E-06)であるが、これと比較して既設堰群の透水値は10倍から100倍程度の透水性が確認されている。</p> <p>特に、上記の透水値の傾向として、基礎部の透水値よりも堰柱部の透水値が約1.2~1.6倍であり、やや高めの傾向を示している。すなわち、堰柱部では水位変動による乾湿の影響を受けやすいこと、更に透水性を示すレンガ材質が水分吸収を増徴するため、堰柱部での劣化進行が早まっていると思われる。この劣化進行の傾向は、コア採取による一軸圧縮試験による強度値の傾向と一致しており、堰柱部のレンガの劣化進行の懸念と共にモルタルの密着性の低下が懸念される。</p>	<p>表-4 堰体内透水試験</p> <table border="1" data-bbox="943 454 1444 712"> <thead> <tr> <th>堰名</th> <th>位置</th> <th>2006年 透水値 平均 (cm/s)</th> <th>2009年 透水値 平均 (cm/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">バハルヨセフ</td> <td>堰柱</td> <td></td> <td>1.01E-04</td> </tr> <tr> <td>基礎</td> <td>0.725E-04</td> <td>0.843E-04</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">イブラヒミア</td> <td>堰柱</td> <td></td> <td>1.13E-04</td> </tr> <tr> <td>基礎</td> <td></td> <td>1.12E-04</td> </tr> </tbody> </table>	堰名	位置	2006年 透水値 平均 (cm/s)	2009年 透水値 平均 (cm/s)	バハルヨセフ	堰柱		1.01E-04	基礎	0.725E-04	0.843E-04	イブラヒミア	堰柱		1.13E-04	基礎		1.12E-04
堰名	位置	2006年 透水値 平均 (cm/s)	2009年 透水値 平均 (cm/s)																	
バハルヨセフ	堰柱		1.01E-04																	
	基礎	0.725E-04	0.843E-04																	
イブラヒミア	堰柱		1.13E-04																	
	基礎		1.12E-04																	
堰体内ボーリング調査	<p>バハルヨセフ堰及びイブラヒミア堰の堰体内部の劣化状況及び基礎の状況を詳細に把握することを目的に、堰体を貫通するボーリング調査が実施された。(2009年12月実施)</p> <ul style="list-style-type: none"> 堰体内部の劣化状況については、一軸圧縮試験結果及び堰体内透水試験結果に示すとおりである。 1900~1911に実施されたとするグラウト工事の痕跡を明確に確認することはできなかった。また、バハルヨセフ堰堰体基礎下面に、N値13,15の中砂が分布しており、イブラヒミア堰と比べ、基礎地盤として劣っていることが判明した。(図-3,4参照のこと) 	 <p>図-3 バハルヨセフ堰</p>  <p>図-4 イブラヒミア堰</p>																		

(2) 本調査における入手資料など

本調査において、既設ダイルート堰群の保全対策の検討に資することを目的に、RGSB内の関係部局からの聞き取り調査、現地調査（Delta Barrage）及び保全対策事例資料を入手した。

Delta Barrage への現地調査結果を表19-2.4に、入手した保全対策事例の資料（写真）を表19-2.5～6に示す。

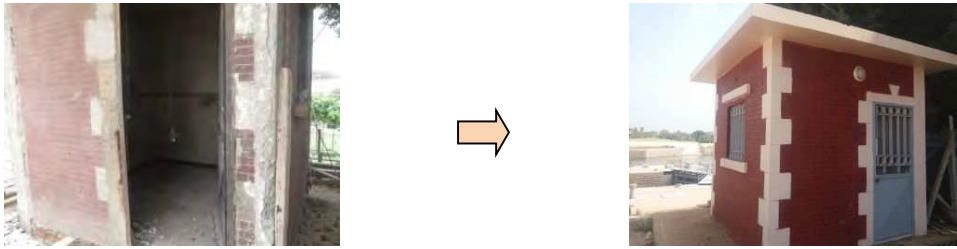
表 19-2.4 Delta Barrage 現地調査結果

<p>旧 Delta Barrage は、現在 Ministry of Antiques により補修工事中である。 新 Delta Barrage が建設された1939年以降、堰としての機能を喪失させ、通行を歩行者、自転車、バイクに制限している。堰の入り口には、堰を管理する職員が配置されている。</p>	
<p>現地調査写真</p>	
1	 <p>旧堰の東側門塔 交通制限を行うためのフェンスや車止めブロックが設置されている。 門塔の表面は、修復がなされている。</p>
2	 <p>旧堰の西側門塔 門塔の修復は、まだ実施されていない。</p>
3	 <p>全てのゲートは、全開状態で維持されている。また、開閉装置も現場に残されたままとっている。 堰柱の表面は、レンガと同色のモルタルで被覆されている。</p>
4	 <p>堰上の道路は、過去の車両通行によるものと思われる損傷が残されている。</p>
5	 <p>コンクリート高欄部のモルタル補修跡で、一部モルタルが剥離している。 職員からの聞き取りによれば、モルタル補修後約10年である。定期的にこのような補修工事を実施しているとのこと。</p>

表 19-2.5 保全対策事例写真(1/2)

No.	保全対策事例写真	
1	ゲートの補修	 <p>(補修前) → (補修後)</p>
2	護岸工の補修	 <p>(補修前) → (補修後)</p>
3	鋼製橋梁の補修	 <p>(補修前) → (補修後)</p>
4	開閉装置の補修	 <p>(補修前) → (補修後)</p>

表 19-2.6 保全対策事例写真(2/2)

No.	保全対策事例写真	
5	点検歩廊の補修	 <p data-bbox="504 647 608 674">(補修前)</p> <p data-bbox="1110 647 1214 674">(補修後)</p>
6	ゲート操作室の補修	 <p data-bbox="517 990 620 1016">(補修前)</p> <p data-bbox="1145 990 1249 1016">(補修後)</p>
7	フェンス、高欄の補修	 <p data-bbox="376 1321 480 1348">(補修前)</p> <p data-bbox="667 1352 770 1379">(補修後)</p> <p data-bbox="919 1321 1023 1348">(補修前)</p> <p data-bbox="1249 1361 1353 1388">(補修後)</p>
8	その他	 <p data-bbox="440 1796 627 1823">(照明柱の塗装)</p> <p data-bbox="995 1796 1310 1823">(点検及び作業用ゴンドラ)</p>

19-3 保全対策工案の提案

(1) 評価手法の提案

既設ダイルート堰群の保全対策工を決定するに当たっては、以下の項目に留意し図 19-3.1 の保全対策工案の検討フローに準じた検討を実施することを提案する。

- ① 現況の灌漑水利施設としての機能を喪失させる、つまり、適切な配水を行うためのゲート操作を行わないことから、上下流方向の水圧荷重、水位差に伴う揚圧力及び局所的な高流速の発生等が大幅に軽減されるとともに、既設ゲート下流も高水位（WL.46.30m 程度）に維持される。
- ② 併設橋においては、大型車両等の交通制限を行うことにより、堰体への負荷が軽減される。
- ③ 歴史的建設物として今後残置するために、景観的な配慮が求められる。

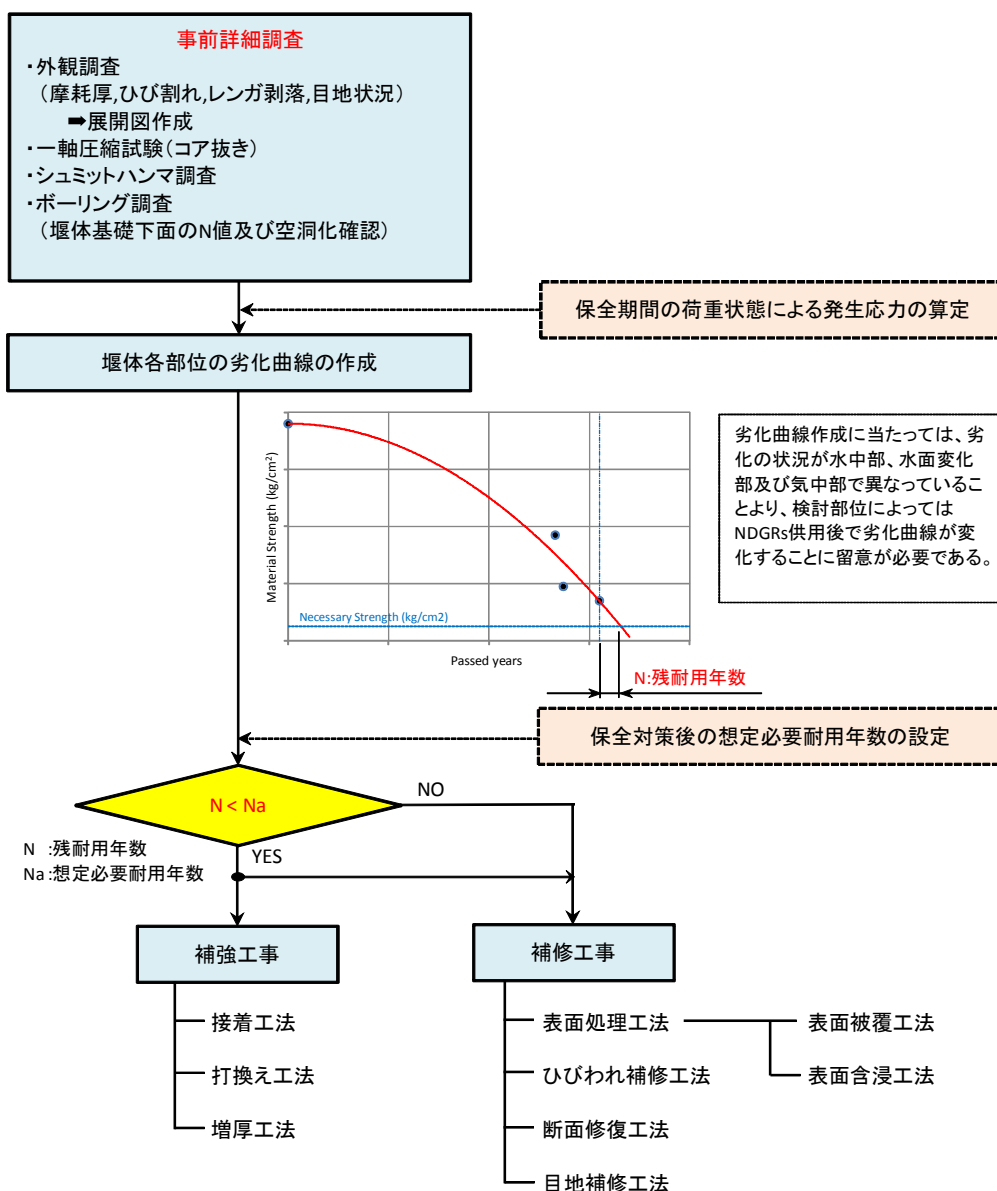


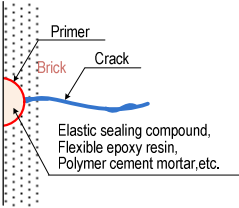
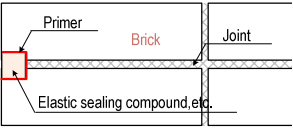
図 19-3.1 保全対策工検討フロー

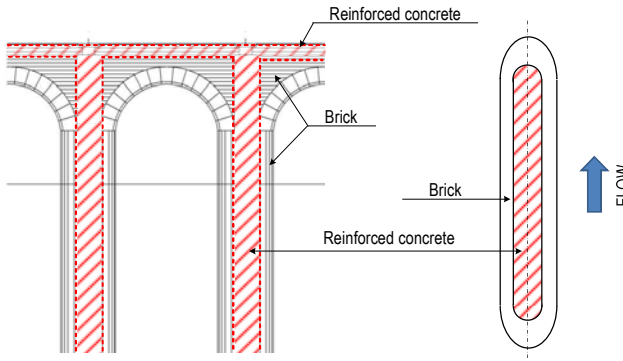
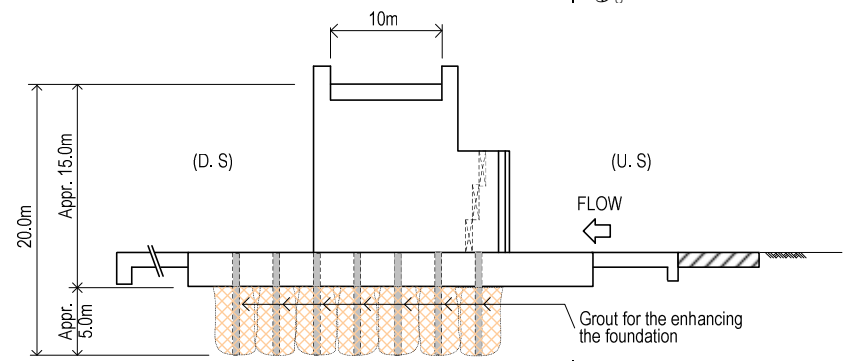
注) 劣化曲線は F/S に示されるが、追加調査を実施した場合は、得られたデータにより劣化曲線の精度を更新して評価すべきである。

既存堰群保全対策検討に当たっての前提条件及び過年度調査等を踏まえ、現時点での想定される既存堰群の保全対策として表 19-3.1 を提案する。

尚、対策工決定に当たっては、前述のフローに準じ、詳細調査、詳細構造解析に基づくとともに、経済性、施工性、対策の確実性及び維持管理性を総合的に勘案することが望まれる。

表 19-3.1 既存堰群保全対策の提案

保全対策		対策内容	課題等
条件変更	✓ ゲート設備の保存	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ゲート扉体を全開状態で固定し、現位置で保存する。巻上装置も同様とする。 	保存するに当たって、ゲート設備の整備（塗装等）の必要検討が必要である。
	✓ 通行車両制限	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 通行車両を Delta Barrage と同様に歩行者、自転車、バイクに制限する。 ▶ よって、左右岸併設橋出入口部に車止めブロック（石材）を設置する。 	NDGRs 建設後、併設道の供用開始後の対策となる。
補修工法	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ひび割れ補修 ✓ 目地補修 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 堰体に使われているレンガの劣化は、ひび割れや目地材（モルタル）部での乾湿の繰り返しによるものと想定される。 ▶ よって、堰体の劣化を抑制するためには、ひび割れ補修及び目地補修が不可欠である。 ▶ また、ひび割れ補修及び目地補修に使用する材料は、レンガとの接着性、追従性及び耐摩耗性に優れるとともに、耐候性、景観性（外観の変化）に優れた材料とする。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>ひび割れ補修</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>目地補修</p> </div> </div>	ひび割れや目地材の欠落部が非常に多い場合には、表面処理工法（表面含浸工法）と併用して、躯体内部への乾湿の影響を抑制することも考えられる。
	✓ 断面修復	<ul style="list-style-type: none"> ▶ レンガが剥落しているヶ所を既設レンガと違和感のない材料で修復を行う。 ▶ 潜水調査で確認されたエプロンの鉄筋露出部について、コンクリートによる断面修復を行う。尚、NDGRs 供用後は、現状のような高流速は発生しないが、既設コンクリートとの一体性を確保するために差し筋を施工する。 	保全対策に当たっては、歴史的建設物を朽ちた状態も含めて保全する考え方もある。よって、レンガの剥落に対する断面修復については、要検討と考える。

保全対策	対策内容	課題等
<p>補強工法</p> <p>✓ 打換え工法</p>	<p>➢ 構造的に補強工が必要となった場合には、以下のような広義の打換え工法を提案する。</p> <p>➢ 堰柱幅 1.85m の中に鉄筋コンクリート柱を築造し、構造荷重をこの鉄筋コンクリート柱に負担させる。この結果、レンガ部材は、自重による圧縮応力のみが発生することになる。</p> 	<p>詳細な構造解析（三次元有限要素法解析等）による、発生応力確認が必要である。</p> <p>施工に当たっての既設レンガ部材への影響（振動等）についての検討が必要である。</p>
<p>その他</p>	<p>➢ ボーリング調査により、基礎面に空洞が確認された場合には、グラウトによる充填を行う。</p> <p>➢ グラウトの本数や注入圧力は、既設構造物の基礎地盤や基礎床板の強度により決定される。</p> 	<p>既設のレンガ強度とグラウトの注入圧力を検討するため、構造物の応力照査が必要である。</p>

(2) 現状のデータに基づく必要な調査と可能な対策工法の提案

保全対策の詳細を確定するために必要な調査と入手可能な現状のデータ（2010年）に基づく実施すべき保全対策を以下に示す。

調査の提案

- ✓ 現状の既設堰群の状態を詳細評価するために、各堰柱に2か所のボーリング調査を実施する。各ボーリングの孔内における現場透水試験および供試体に対する一軸圧縮試験による強度確認を行う。
- ✓ 得られた試験データは過去の試験データと比較・評価を行う。また入手データを含めて施設の劣化状況を評価し、劣化曲線による施設の余寿命評価の精度向上を行う。

- ✓ 3次元有限要素法は既設堰群の現状の構造評価に有効と思われる。その際、本解析の経験を有する団体の支援を受けることが望ましい（例えばエジプト国 NWRC のCRIは 2006年に既設堰群の3次元有限要素法による解析を実施している）。

表 19-3.2 必要となる調査の提案

調査項目	内容
既設堰の外観調査	<ul style="list-style-type: none"> • 水位の低下する winter closure の時期（12月～1月）に全体の外観調査を実施する。 • 特に通常は水面下で目視の難しい箇所、エプロンや堰柱付け根付近の状況に注意して調査を行う。
ボーリング調査	<ul style="list-style-type: none"> • 各堰柱に2本のボーリング孔を施工する。1本は透水試験とコアリング用とし、もう一つは SPT と室内試験のためのサンプリング用とする。 • なお、ボーリングコアは 86mm 以上とする。 • 以下に、調査イメージを示す。 <div data-bbox="271 801 1396 1433" style="text-align: center;"> <p>Boring works</p> <p>Boring hole no.1 for Permeability test and coring L=approx. 25m (D. S.)</p> <p>Boring hole no.2 for SPT and sampling L=approx. 25m (U. S.)</p> <p>● : 2 Permeability test in the regulator body □ : 3 Samples : Unconfined Compression test at each samples in the laboratory</p> <p>(Foundation above)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coring at each 1 meter of borehole • 1 Permeability test (sandy layer) • Standard Penetration Test at each 1 meter of borehole • Unconfined Compression, if find the clayey layer • 4Samples = 2 samples x 2 kinds (sandy and clayey) • Laboratory Test (4 samples) Specific Gravity Natural Water Contents Grain Size Atterberg Limits (Liquid Limits & Plastic Limits) <p>(Foundation below)</p> <p>Approximately 15.0m</p> <p>Approximately 10.0m</p> <p>25.0m</p> </div>
室内試験	<ul style="list-style-type: none"> • ボーリングコアからサンプリングした供試体（全4供試体）に対して次の試験を実施する。一軸圧縮試験（レンガ部：上図指定箇所、および基盤面下の粘土層）、密度試験、含水比試験、粒度試験、Atterberg 限界試験
構造物の応力解析	<ul style="list-style-type: none"> • 一軸圧縮試験で得られたレンガの耐力を評価した上で、有限要素法による構造解析を行う。 • 検討ケースは、以下が想定される。 <ol style="list-style-type: none"> ① ゲート全開放+現状の交通量 ② ゲート全開放+交通制限後の交通量 ③ ゲート全開放+交通制限後の交通量+堰補強工事（補強を行った場合）

現状のデータに基づく可能な対策工法の提案

- ✓ アボギャバル堰とサヘリア堰を除く既設堰群への荷重負荷を軽減するために通行制限を実施すべきである。可能な通行対象は、歩行者、小型車両およびバイクとすることが望ましい。特に小型車両やバイクは速度制限を定めておく必要がある。

- ✓ また、既設堰群の基礎床板に作用する揚圧力を軽減するために既設ゲートは全開状態としておくべきである。既設堰群のゲート操作は不要となるため常時全開としても運用の支障は生じない。なお、既設ゲートを全開にする前に、堆砂土砂の浚渫作業の実施が必要である。（「18-4 水路底高の管理」の参照のこと。）
- ✓ 2010年当時の調査で把握されている目立った損傷個所であるレンガの摩耗や抜け落ち、およびバハルヨセフ堰とイブラヒミア堰のエプロンの洗掘は補修を実施すべきである。これらの補修工事は、水位の低下する winter closure の時期（12月～1月）であっても適切な仮締切が必要である。
- ✓ 基礎地盤及び堰体の補強は、ボーリング調査と3次元有限要素法による評価を行って確定すべきである。