

エジプト・アラブ共和国
水資源灌漑省

エジプト・アラブ共和国
新ダイルート堰群建設事業
詳細設計調査

報告書
(要約版)

平成 29 年 5 月
(2017 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 三祐コンサルタンツ

農村
CR(2)
17-033

はじめに

新ダイルート堰群建設事業詳細設計調査業務は 2015 年 7 月 1 日に始まり、業務履行期限である 2017 年 6 月 7 日まで 1 年 11 ヶ月間に亘り、業務前半の自然条件調査・基本設計、後半の詳細設計の二段階に分けて設計業務を遂行した。

これまでの業務遂行過程において、2016 年 7 月末に基本設計報告書を取りまとめ、2016 年 11 月には詳細設計の中間段階としてインテリム・レポートを取りまとめたが、本最終報告書は、新ダイルート堰群建設事業に係る詳細設計、設計図作成、数量計算を経て、建設工事の施工計画、工事費積算、及び入札図書（案）作成まで、詳細設計業を一貫してとりまとめたものである。

報告書のとりまとめに際しては、新たに建設される新ダイルート堰群の施工に際して、建設工事の各段階において、事業に携わる関係者が、設計理念の確認と詳細設計内容を確認することに資することを念頭において、利用者による記載内容の理解促進と利用の利便性に配慮して編集に努めた。

灌漑事業分野における本邦初の本邦技術活用条件（STEP）円借款事業の詳細設計業務に携わる機会を得たことを名誉として、この報告書が近い将来に始まると期待される新ダイルート堰群建設事業を推進する上で、高い品質の建設工事を実現する礎となることを願うものである。

最終報告書とりまとめに際して、有為な助言、コメントをいただいた独立行政法人国際協力機構 農村開発部の関係者の皆様、エジプト国水資源灌漑省の関係者の皆様に厚く御礼を申し上げます。

2017 年 5 月

要 約

1. 事業及び調査の目的

円借款事業「新ダイルート堰群設計事業」が対象とする「ダイルート堰群」（以下、本堰群）は、ナイル川中流域の全受益地に灌漑水を供給するエジプト国（以下、「エ」国）の中核的基幹水利施設である。本堰群は、ナイル川本流に建設されたイブラヒミア取水工から取水される年間 96 億 m³（ナイル川利用可能量 555 億 m³ の 17% に相当）の灌漑用水を、イブラヒミア幹線水路を介して約 60 万 ha の受益地に配水している。これらの受益地への配水は、本堰群を起点とした 7 つの幹線水路によって行われている。本堰群から分水される水路で最大規模のバハルヨセフ用水路は全長 312km におよぶ大幹線水路であり、同水路に設置されている 4 つの調整堰（ラフーン、マゾーラ、サコーラおよびダハブ堰）は我が国の無償資金協力により 1995 年から 2010 年までの間に改修された。

1872 年に建造された本堰群は、改修されずに現在も活用されているエジプト国内で最も古い堰であり、老朽化により著しく機能が低下していることから早急に改修することが求められている。また、本堰群が改修され、その機能を十分に発揮することが出来るようになれば、これまでの我が国の無償資金協力による支援との相乗効果により、ナイル川中流域の灌漑改善に大きなインパクトを与え、同地域における効率的な水資源管理を実現することが期待される。

よって、本事業の目的は、本堰群の改修により、効率的な水配分の実現を通じた上エジプト地域の農業生産の安定・向上および、地域格差是正に資することである。

2013 年 3 月に「エ」国政府から新ダイルート堰群（以下、新堰群）の建設について本邦技術活用条件（Special Terms for Economic Partnership: STEP）を適用した円借款の要請があった。その後、2014 年 5 月の JICA による審査における協議議事録（Minutes of Discussion: M/D）の調印などを経て、2015 年 3 月に円借款契約（Loan Agreement: L/A）が締結され、円借款供与による事業実施が予定されている。

本調査は、2015 年 3 月に「エ」国水資源灌漑省（Ministry of Water Resources and Irrigation: MWRI）と JICA の間で署名交換された合意議事録（Record of Discussion: R/D）に基づき、詳細設計および入札図書(案)の作成を目的として 2015 年 7 月下旬から 22 カ月間で実施したものである。

2. 堰群設計

2-1. 施設設計概要

設計に際して適用する基準は第 1 優先順位を Egyptian Code と位置づけ、Egyptian Code の不足を補うために、「エ国」内で実際の水利施設設計で利用されている設計解説書（ガイドライン）「Part No.2 Design of Hydraulic Structures, Spillways, Regulators and Barrage」を適用し、これらのコードに定めがない場合（規定されていない場合）には我が国の当該分野（灌漑分野の水利施

設に係る基準)の基準である農林水産省 土地改良事業計画設計基準「頭首工」(平成20年3月)を適用する。

新堰群の施設概要として、図2-1に計画一般図及び表2-1に施設概要表を示す。

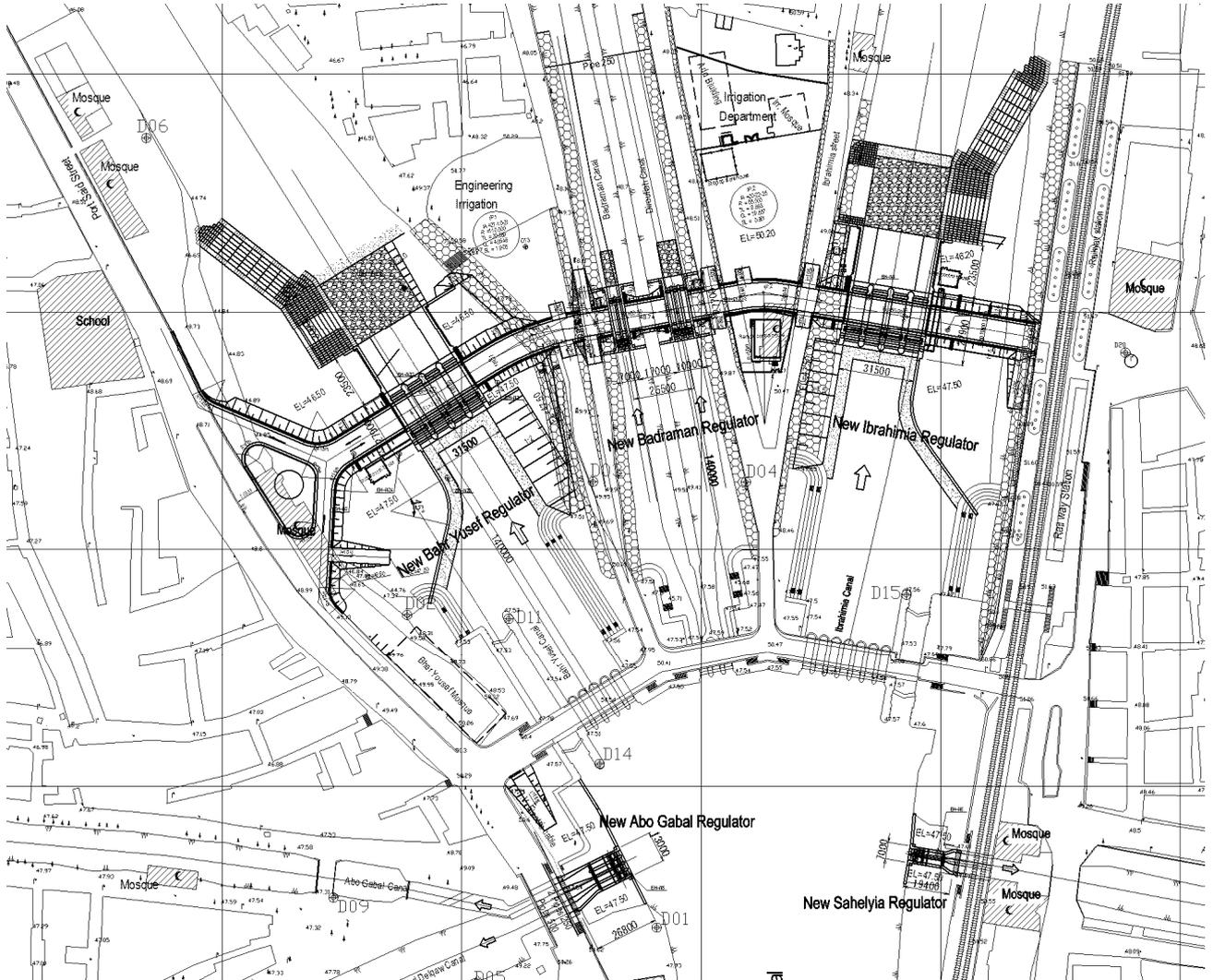


図 2-1. 計画一般平面図

表 2-1. 施設概要表

堰 名	水路名	バハルヨセフ	イブラヒミア	バドラマン		アボギャバル		サヘリア	備 考
				バドラマン	ダイリュータア	アボギャバル	イラデルガウイ		
設計最大流量		227 m ³ /s	186 m ³ /s	9 m ³ /s	12 m ³ /s	7 m ³ /s	9 m ³ /s	5 m ³ /s	Σ Qmax= 455m ³ /s
設計最小流量		33.1 m ³ /s	23.6 m ³ /s	1.2 m ³ /s	1.7 m ³ /s	0.9 m ³ /s	1.3 m ³ /s	0.6 m ³ /s	Σ Qmin= 62.4m ³ /s
上流設計高水位		EL46.30m	EL46.30m	EL46.30m	EL46.30m	EL46.30m	EL46.30m	EL46.30m	
上流設計低水位		EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	
下流設計高水位		EL45.82m	EL45.13m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	
径間長		6.00m	6.00m	2.00m	2.00m	2.00m		2.00m	
門数		4	4	2	3	4		2	
ゲート数高		EL40.00m	EL40.00m	EL43.90m	EL44.20m	EL43.60m		EL43.00m	
ゲート天端高		EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m		EL46.55m	
ゲート扉高		6.55m	6.55m	2.65m	2.35m	2.95m		3.55m	
基礎工	堰 体	場所打RC杭	場所打RC杭	直接基礎	直接基礎	直接基礎		直接基礎	
	エプロン	直接基礎	直接基礎	直接基礎	直接基礎	直接基礎	直接基礎	直接基礎	
	L型擁壁	場所打RC杭	場所打RC杭	-	-	-		-	
下流エプロン	型式	L型擁壁	L型擁壁	フルーム型式	フルーム型式	フルーム型式		フルーム型式	
	エプロン長	44.25m	44.25m	23.35m	22.77m	23.87m		16.42m	注(1)
遮水工		鋼矢板	鋼矢板	鋼矢板	鋼矢板	鋼矢板		鋼矢板	
護床工		捨石工 L=30.0m (D ₅₀ =0.40m, W ₅₀ =60kg, t=1.00m)	捨石工 L=30.0m (D ₅₀ =0.40m, W ₅₀ =60kg, t=1.00m)	捨石工 L=15.0m (D ₅₀ =0.20m, W ₅₀ =10kg, t=0.50m)	捨石工 L=15.0m (D ₅₀ =0.20m, W ₅₀ =10kg, t=0.50m)	-		-	t: 層厚 砕石層(0.10m)を含む
護岸工	下流側	自立式/控式鋼矢板護岸	自立式/控式鋼矢板護岸	自立式鋼矢板護岸	自立式鋼矢板護岸	-		-	
		フトン籠護岸	フトン籠護岸						
	上流側	控式鋼矢板護岸	自立式/控式鋼矢板護岸	自立式鋼矢板護岸	自立式鋼矢板護岸	控式鋼矢板護岸		控式鋼矢板護岸	
		練石張護岸	練石張護岸						
併設橋/管理橋		RC, 全幅=12.5m	RC, 全幅=12.5m	RC, 全幅=12.5m	RC, 全幅=12.5m	RC, 全幅=6.0m		RC, 全幅=6.0m	
ゲート設備	型式	2段式ローラーゲート	2段式ローラーゲート	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	
	開閉装置	油圧シリンダ式	油圧シリンダ式	電動ラック式	電動ラック式	電動ラック式		電動ラック式	
	開閉速度	0.3 m/min	0.3 m/min	0.3 m/min	0.3 m/min	0.3 m/min		0.3 m/min	
	材質	普通鋼、ステンレス鋼(戸当り、ボルトナット、ローラー)							
予備ゲート	1 組	1 組	2 組					注(2)	
	扉高割=1.35m&1.20m		扉高割=0.95m&0.85m						
管理棟		管理棟: RC 構造, 2 階建て、予備ゲート格納庫: RC 構造 現場操作室: RC 構造, 2 棟 (Bahr Yusef & Ibrahimia Regulator)							
水位計		2 ヶ所 (上流:1, 下流:1)	2 ヶ所 (上流:1, 下流:1)	2 ヶ所 (上流:1, 下流:1)	2 ヶ所 (上流:1, 下流:1)	3 ヶ所 (上流:1, 下流:2)		2 ヶ所 (上流:1, 下流:1)	圧力式水位計

注: (1) 小規模ゲートの下流エプロン長は、ゲート数より既設堰との接続地点までの長さを示す。

(2) 予備ゲートの1組とは、上、下流予備ゲートを表す。

2-2. 運用・維持管理計画

新堰群の運用・維持管理における概要を表 2-2 に示す。

表 2-2. 本堰群の運用・維持管理概要

運用・維持管理項目	運用・維持管理の概要
利水管理	堰群の利水管理は、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行うことが望まれる。ゲート操作は、上下流の水位に応じて所定の流量を放流するよう管理する。
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。
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、計画的に適切な管理を実施する必要がある。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。
保守管理記録	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。点検・整備等の履歴は、データベース化し、長期保存することが望ましい。
水路底高の管理	ゲート前面の堆砂は、ゲートの全閉操作に支障を与える可能性がある。従って、現行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。

2-3. 既存堰群保全対策工の提案

(1) 既存堰群保全対策工検討に当たっての前提条件および手法

既存堰群保全対策検討に当たっての前提条件は以下のとおりで、対策工検討手法として図 2-3.1 に示す「劣化曲線」を用いた検討手法を提案する。

- ① 既設ダイルート堰群は、歴史的建設物として残置する。
- ② 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。
- ③ 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。

(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

適正な保全対策工検討に当たって、過年度調査に加え、既設堰の外観調査の調査、ボーリング調査、室内試験、構造物の応力解析の実施することを提案する。

また、現状のデータに基づく可能な対策工法として以下の対策を提案する。

- ✓ 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

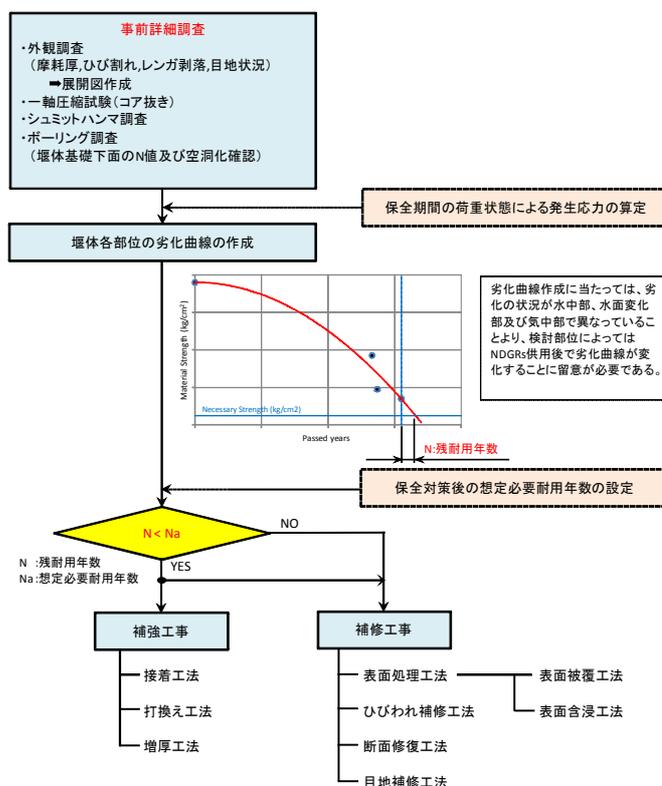


図 2-2. 保全対策工検討フロー

- ✓ 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維持
(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)
- ✓ 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の補修

2-4. 地下水解析

(1) 解析の目的

新堰群の建設に伴う水路水位の上昇で、水路に近接するモスク、駅、幹線道路などの公共施設、またマーケット、民家などへ浸潤面が拡大し、衛生環境の悪化、構造物基礎の脆弱化、浮上、基礎工劣化促進、浸食促進が懸念されている。

市街化による地下水水位上昇が顕在化している新堰群周辺地区で、本事業が地下水環境に与える影響を予測し必要な対策を検討することを目的に地下水変動予測解析を実施する。

(2) 解析の結果

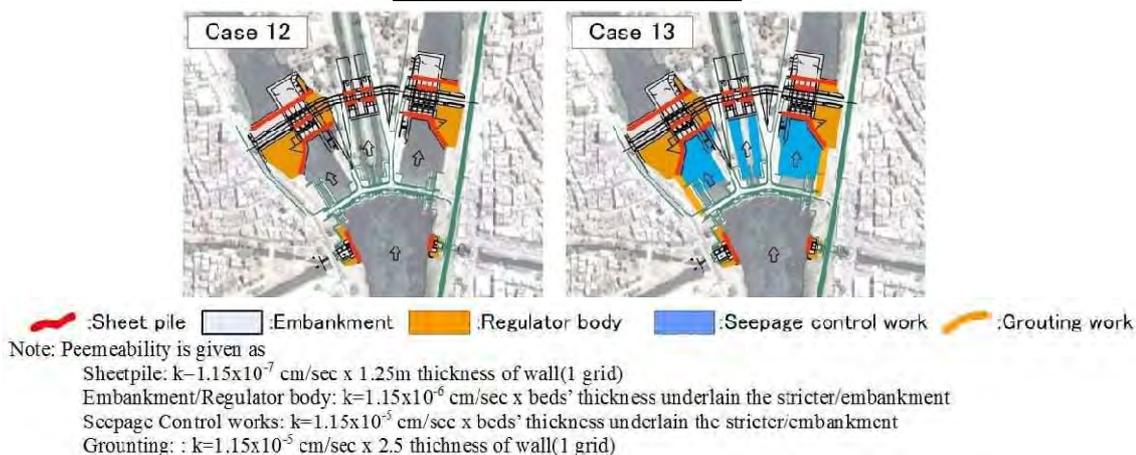
堰群設計で提案されている止水矢板工、護岸工及び盛土工の施工（ケース 12）により、建設後の地下水上昇高は水路脇で最大 0.3m 程度であり、周辺建物の地下水構造物への影響も限定的である。更なる追加止水工を実施（ケース 13）した場合でも、周辺への浸透を完全に抑制することは実質的に難しいことが解った（表 2-3 参照のこと）。よって、新堰群完成後もモニタリングを継続し、現象分析を進めることを提案する。

また、顕在化している市街化に伴う地下水上昇に対応するため、下水道施設の整備等の対応策の早期の実現が望まれる。

表 2-3. シミュレーションケース結果

ケース	シミュレーション条件					シミュレーション結果		
	水路水位	止水矢板	堰体盛土	浸透水抑制工	グラウト	地下水位上昇高	建設後影響圏	浸透量増加量
ケース 12 (D/D 計画案)	計画	○	○	×	×	0.09m	右岸 300m 左岸 270m	39 m ³ /day
ケース 13 (追加止水工)	〃	○	○	○	○	0.06m	右岸 300m 左岸 290m	33 m ³ /day

ケース別浸透流抑制工配置図



3. 統合水管理システム設計

3-1. 対象施設

灌漑用水を公平かつ適切にプロジェクト対象地区へ配水するために、灌漑用水の広域な監視の実現と適切な水配分計画の実施のための統合水配分システムを構築する。60万haという広域な地域を灌漑施設の役割や機能に基づいて分水するには、分水施設、調整堰、幹線水路、支線取水口、支線水路、末端圃場、というように、それぞれの灌漑施設が十分な機能を果たす必要がある。本プロジェクトは、新ダイルート堰群建設という一連の整備プロジェクトのもと、水資源灌漑省アシュート水配分部が責任機関である「幹線水路」までを対象とした灌漑施設をプロジェクトの対象範囲とする。水管理システムの対象となる施設として、幹線水路の基点となる取水施設、幹線水路沿いで管理上に重要な施設、幹線水路から支線水路への分水量の大きい分水工を管理対象とする。

表 3-1. 管理対象施設 (1/2)

Irrigation facilities		Name of the Target facilities		Number.	
Regulator	Bahr Yusef canal	Dahab Regulator Sakoula Regulator Mazoura Regulator	Lahoun Regulator Abo El Shekok Regulator Regulator km39	6	
	Ibrahimia canal	New Hafze Regulator Matay Regulator Maghagha Regulator	Sharahna Regulator El Gandy Regulator Ashmont Regulator	6	
Branch canal	Bahr Yusef canal	Intake	Manshat EL Dahab El Hareka El Sabaa	Quftan Wesh El-Bab EL-Giza	6
		Weir	Hassan Wasef Weir		1
		Pump	New Kamdeer P.S. New Terfa P.S. Old Terfa P.S.	Old Sakoula P.S. Mazoura P.S.(2)	5
	Ibrahimia canal	Intake	Irad El Maharak El Kosia East Hafze West Hafze Adkak	Gendia Abo Shosha EL Soultany Tansa El Mansour	10
		Weir	Serry Weir	Maghagha Weir	2
Ibrahimia main canal		Ibrahimia Head Regulator		1	
Lake		Quarun Lake		1	
Total				38	

表 3-2. 管理対象施設 (2/2)

Irrigation facilities	Name of the Target facilities		Number
Dirout Group of Regulators	Bahr Yusef Regulator Ibrahimia Regulator Irad Delgaw Regulator Abo Gabal Regulator	Badraman Regulator Dairotiah Regulator Sahelyia Regulator	7
Total			7

3-2. 中央管理システム

エジプト国内において、テレメトリー一部が主導する遠方からの水位監視の構想は、引き続き踏襲されていく予定である。遠方から幹線水路の水位、支線取水口の水位の監視、ならびに調整堰での水位から流量への換算等のデータの処理は、テレメトリー一部が構築してきたシステムを踏襲するものとする。既存の水管理システムは、GPRS 通信を利用している。アクセスポイント (APN)、GPRS 通信による TCP/IP データ伝送を実施するための施設は、水資源灌漑省が管理している。現在利用されている遠方監視システムとの統合を想定し、同じ通信方法やデータ伝送方法を使用し、同様のアクセスポイントを利用する。

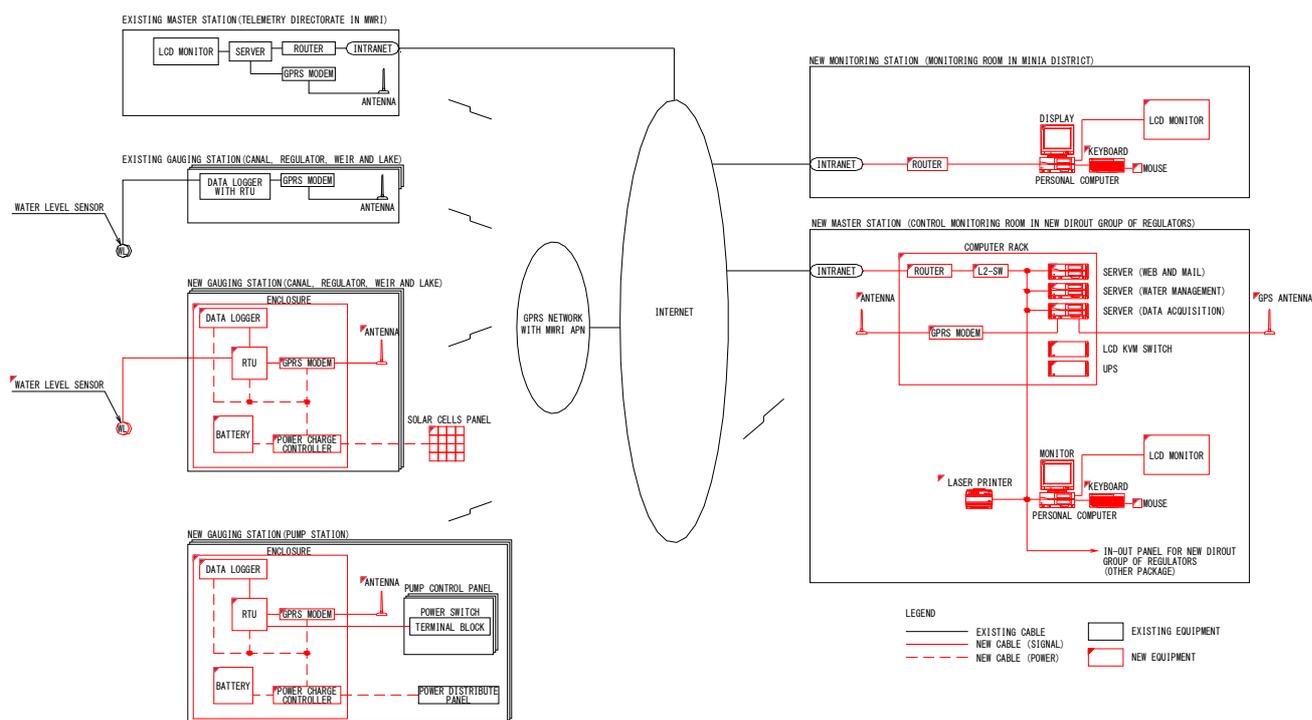


図 3-1. GPRS 通信を利用した統合水管理システム構成図

3-3. 被管理施設と中央監視施設の設計

調整堰や支線分水口に設置する水位観測局では、ゲートの上流と下流の水位を計測する。計測した水位は、将来の定量的な分水量の把握や適正なゲートの運転管理に活用する。中央管理所（監視局）は、新ダイルート堰群のコントロール棟と同じ建物内に建設し、各水位観測局での水位データを収集、記録、評価する。

表 3-3. 被管理施設（水位観測局）の構成機器

GPRS modem	Water level sensor	Protection pipe
RTU with Data logger	Enclosure	Frame of solar panel
Charge controller	Pole	Frame of enclosure
Battery	Foundation	Wiring cabel
Solar panel	Junction box	

表 3-4. 中央監視施設の構成機器

GPRS modem	Web & E-mail server	19 inch Rack
Router	KVM Switch	Monitoring terminal
L2-SW	KVM Monitor	Laser printer
Data acquisition server	Keyboard & Mouse	LCD Monitor
Water management server	UPS	

4. 施工計画

4-1. 工程計画

4-1-1. 工事概要

新堰群の建設予定地は多くの住居などが建ち並ぶ市街地地域であり、東側には鉄道が走っている。現地調査、現況調査及び建設資機材などの調査の結果を踏まえ、実態にあった施工計画を行う。

本事業は下記の2基幹事業から構成される。

- (a) ダイルート堰群を既設堰群の下流約 140m 地点に新設する事業。
- (b) 統合水管理システム構築に係る通信設備を中心とした施設整備事業。

表 4-1. 工事概要

項目	構造物
(1) ダイルート堰群新設工事	
(a) 堰群本体土木工事	6 堰の堰体新設
(b) ゲート据付工事	
①バハルヨセフ	幅 6.0 m×高さ 6.55 m, 計 4 門
②イブラヒミア	幅 6.0 m×高さ 6.55 m, 計 4 門
③アボギャバル	幅 2.0 m×高さ 2.95 m, 計 4 門
④バドラマン	幅 2.0 m×高さ 2.65 m, 計 2 門
⑤ダイルーティア	幅 2.0 m×高さ 2.35 m, 計 3 門
⑥サヘリア	幅 2.0 m×高さ 3.55 m, 計 2 門
(c) 周辺整備工事	併設橋工事、護岸工事
(d) 仮締切工事	鋼矢板一重及び二重締切工事
(2) 統合水管理システム	
(a) 幹線水路堰水管理システム	監視システム設置工事
(b) 支線水路取水口水管理システム	監視システム設置工事
(c) 統合水管理センター設立	中央監視センター建設工事

次頁より仮設平面図を示す。

4-1-2. 施工条件

新ダイルート堰群工事の行程は工事量より 51 ヶ月で計画する。

工事開始：2018 年 2 月

工事完了：2022 年 4 月

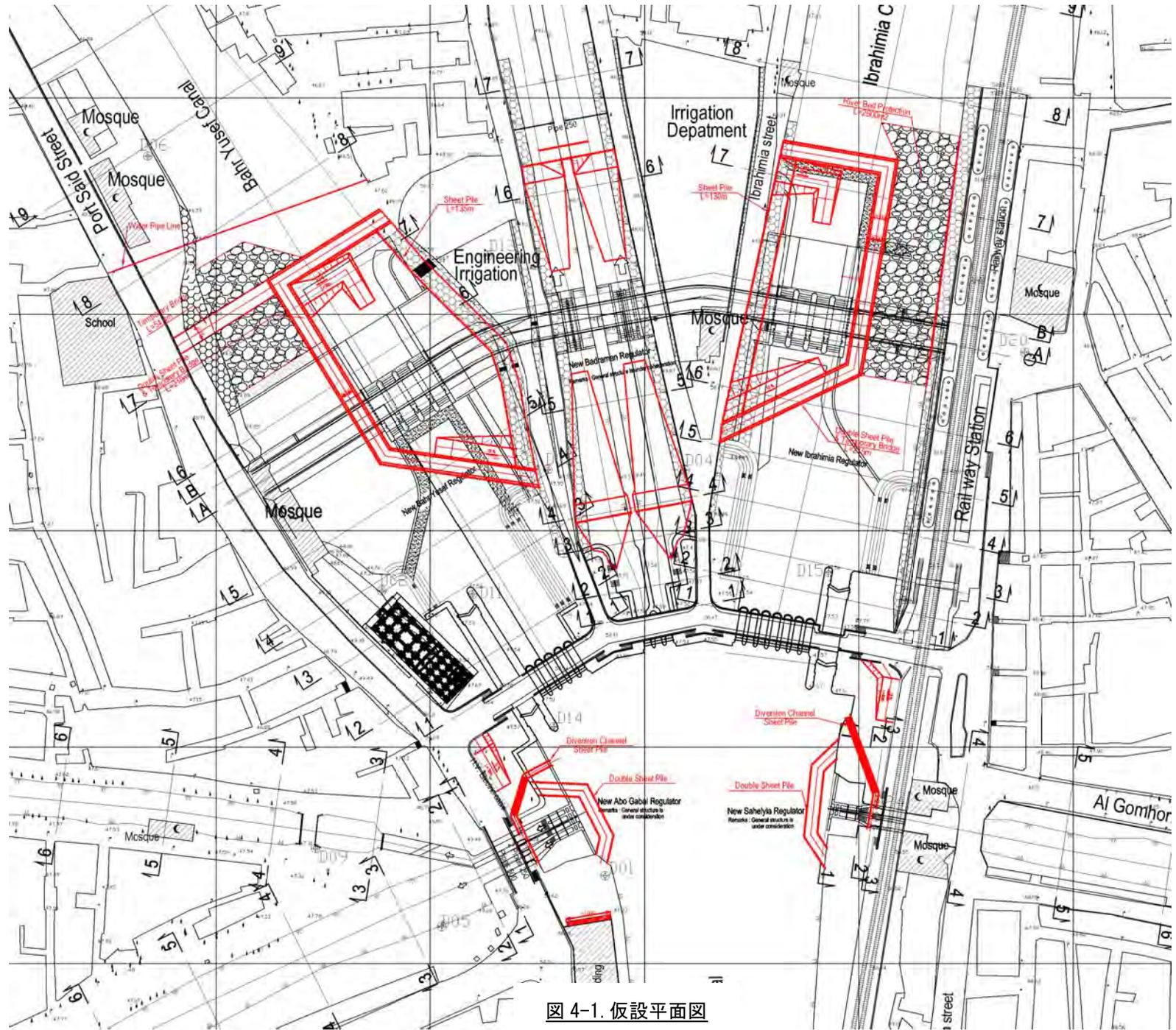


图 4-1. 仮設平面図

4-2. ダイルート堰群および水管理施設の工事

ダイルート堰群工事は、最初に下流側のバハルヨセフ堰工事、次にイブラヒミア堰工事を行い、その他のバドラマン堰、ダイルーティア堰、上流側のアボギャバル堰及びサヘリア堰工事は、バハルヨセフ堰およびイブラヒミア堰と同時施工となる。バハルヨセフ堰およびイブラヒミア堰および他の堰の施工工程は以下のとおりである。

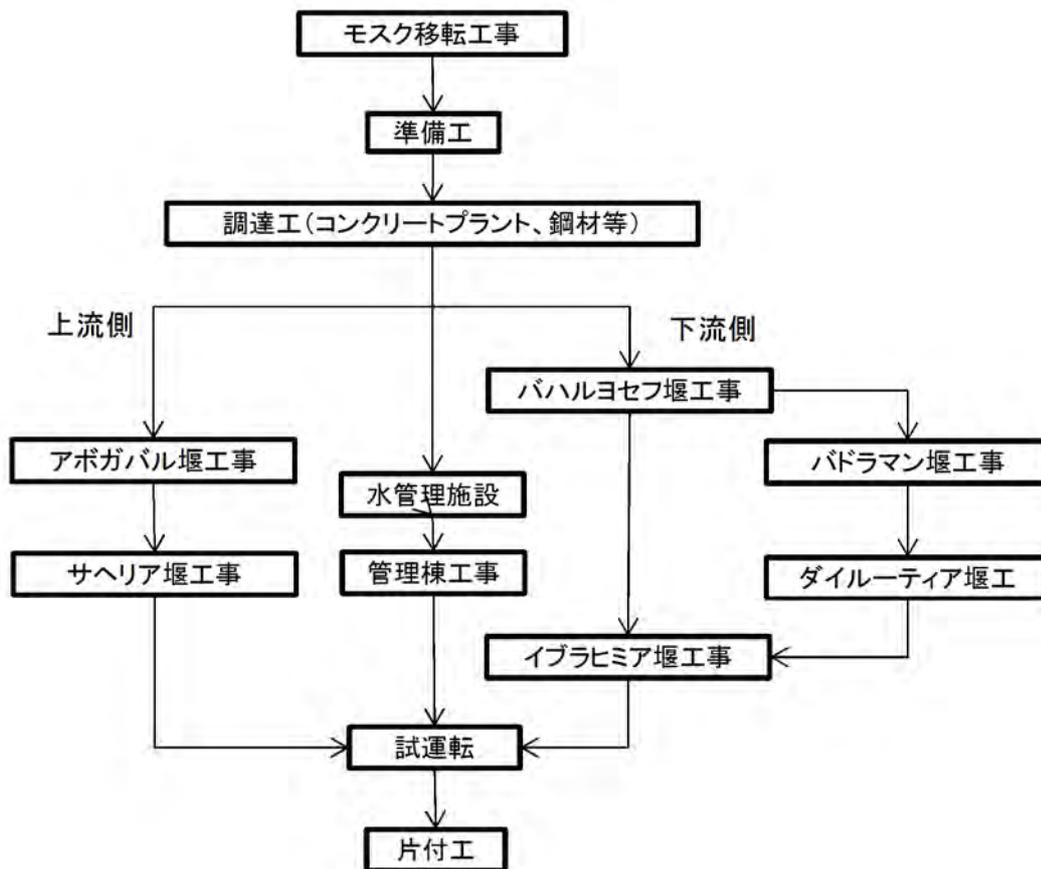


図 4-2. 各堰の工事フローチャート

準備工事 → 仮設橋 → 仮締切工 → 既設構造物撤去・場内掘削 → 基礎杭及び止水矢板 → 堰体構造物築造 → ゲート設置および試運転調整 → 仮締切撤去・通水切替 → 護岸締切堤・付帯工(道路、電気) → 全体統合試験運転・運転指導 → 片づけ・引渡
 水門機械電気設備の製作と輸送及び建築工事、護床工事などは構造物築造工事や水門据付試運転工などに並行して進められる。

4-3. 工事施工順序

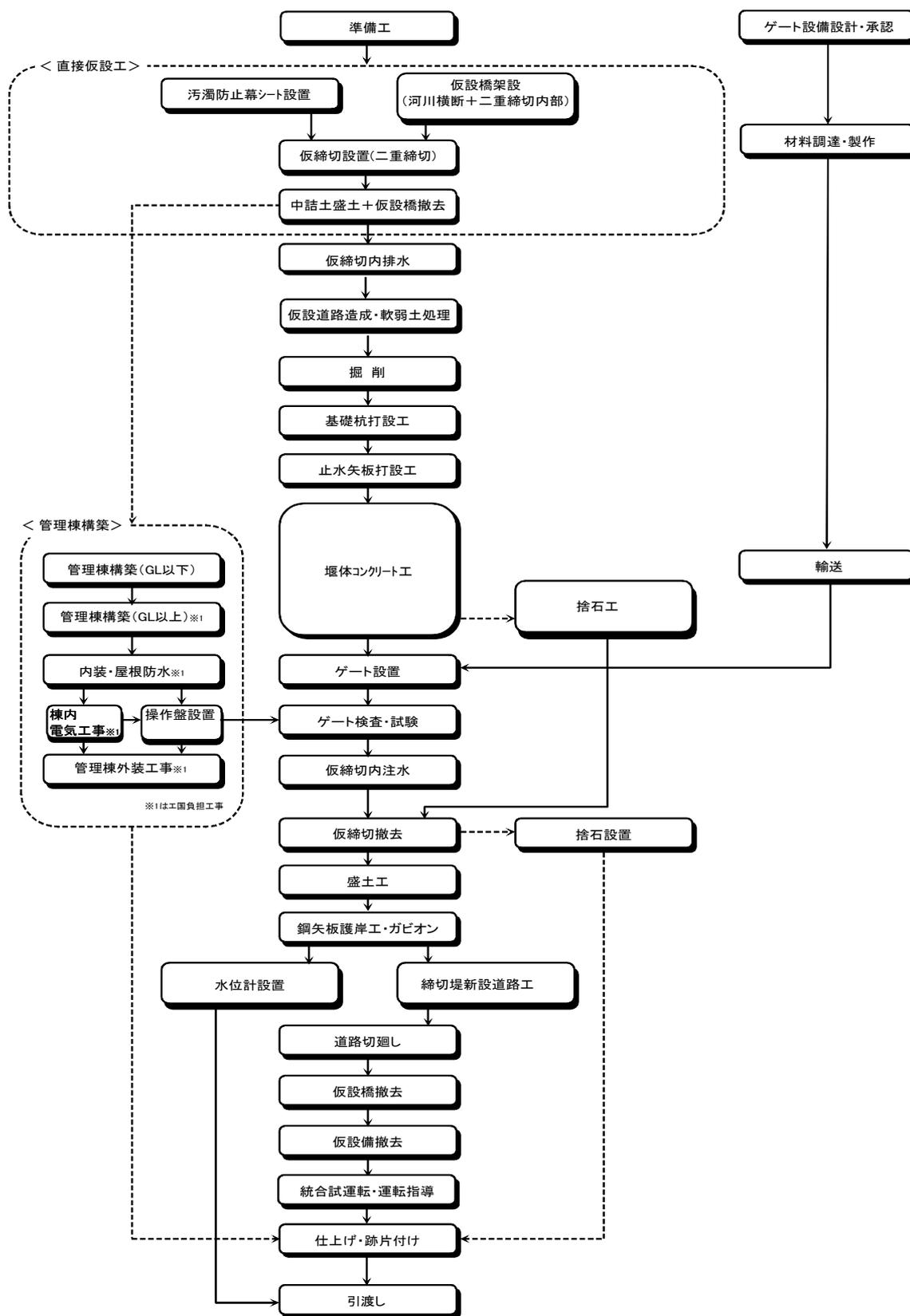


図 4-3. 全体施工フロー

4-4. 工程表

表 4-2. 全体工程表

	1年目												2年目												3年目												4年目												5年目		記事	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		51
準備・調達工																																																				
-01 準備工																																																				
-02 調達工(コンクリートプラント)																																																				
-03 調達工(鋼材 矢板(本設、仮設))																																																				
-04 調達工(水門)																																																				
クリティカルパス工事																																																				
-01 パハルヨセフ堰工事																																																				
-02 イブラヒミア堰工事																																																				
-03 統合試運転・運転指導																																																				
-04 仕上げ・片づけ・引き渡し																																																				
クリティカルパス工事詳細																																																				
パハルヨセフ堰工事																																																				
-01 準備工																																																				
-02 迂回水路浚渫・護床捨石 (t=0.5m)																																																				
-03 仮設横断橋 横断部+二重締め切り工内																																																				
-04 二重締め切り工																																																				
-05 仮設道路盛土・軟弱土処理工																																																				
-06 河川土工																																																				
-07 止水矢板																																																				
-08 基礎杭・仮設盛土撤去																																																				
-09 本体コンクリート工																																																				
-10 ゲート・開閉器設置																																																				
-11 棧橋・河川締切撤去工																																																				
-12 盛土・ギャピオン・護岸工・道路工																																																				
イブラヒミア堰工事																																																				
-01 二重締め切り工内作業構台・浚渫、捨石も含む																																																				
-02 二重締め切り工																																																				
-03 仮設道路盛土・軟弱土処理工																																																				
-04 河川土工																																																				
-05 止水矢板																																																				
-06 基礎杭																																																				
-07 本体コンクリート工																																																				
-08 扉体・開閉器設置																																																				
-09 棧橋・河川締切撤去工																																																				
-10 盛土工・ギャピオン																																																				
-11 鋼矢板護岸工																																																				
-12 道路工																																																				
-13 ローカルコントロールハウス																																																				
-14 全体試運転																																																				
-15 片づけ・引き渡し																																																				
全体工事																																																				
-01 パハルヨセフ																																																				
-02 イブラヒミア																																																				
-03 バドラマン・ダイムールティア																																																				
-04 アボギャバル・サヘリア																																																				
-05 統合試運転・指導・仕上げ・ト																																																				
建築工事																																																				
-01 モニターハウス																																																				
-02 予備ゲートハウス																																																				
-03 パハルヨセフローカルコントロールハウス																																																				
-04 イブラヒミアローカルコントロールハウス																																																				
統合水管理システム																																																				
-01 統合水管理システム																																																				

5. 事業費積算

5-1. 積算条件

- (1) 積算時点 2017年1月
 (2) 入札想定時期 2018年2月
 (3) 為替レート 直近3ヶ月(2017年2月~4月)の平均値を採用

- ・米ドル対日本円 1 USD = ¥ 113.34
- ・ユーロ対日本円 1 EUR = ¥ 121.26
- ・現地通貨対日本円 1 LE = ¥ 6.49

(4) 間接工事費率

- ・土木および仮設工事にかかる間接工事費 : 直接工事費の35%を計上
- ・ゲート調達にかかる間接工事費 : ゲート調達費用の3%を計上

(5) 採用単価

- ・日本調達労務資機材：建設物価と積算資料の平均単価を採用し査定率を90%とする。両者に記載のない場合は3社見積もりとする。
- ・エジプト調達労務資機材：4社より入手した見積において平均価格を採用し、査定率は100%とする。

(6) プライスエスカレーション

- ・内貨(LC)のプライスエスカレーション率 : 累計18.9%(直近17.2%+1.0%/年)
- ・外貨(FC)のプライスエスカレーション率 : 累計4.2%(1.6%/年)

(7) 仮設鋼材の減価償却率 50%とする

5-2. 事業費積算

表 5-1 建設工事費および事業費 (1/2)

項目	単位	数量	金額			円換算金額
			US\$	LE	YEN	
I 建設工事費	LS	1	6,138,654	377,480,579	2,219,659,487	5,365,263,000
(内訳)						
A. 土木工事	L.S	1	1,422,252	213,048,447	1,870,904,765	3,414,787,000
B. 仮設工事	L.S	1	4,309,402	117,144,168	348,754,722	1,597,447,000
C. 管理棟工事	L.S	1		4,589,565		29,786,000
D. 水管理システム	L.S	1		42,698,399		277,112,000
E. 紛争裁定委員会	L.S	1	407,000			46,129,000
II コンサルティングサービス	LS	1		17,131,288	277,426,230	388,607,000
III 予備費(建設工事)	LS	1	577,647	93,785,050	208,869,958	883,006,000
(内訳)						
工事物価上昇予備費	L.S	1	257,823	71,343,829	93,225,698	585,469,000
物理的予備費	L.S	1	319,824	22,441,220	115,644,259	297,537,000
IV 予備費(コンサルティングサービス)	LS	1		4,256,269	26,105,808	53,729,000
(内訳)						
工事物価上昇予備費	L.S	1		3,237,813	11,651,902	32,665,000
物理的予備費	L.S	1		1,018,455	14,453,907	21,064,000
V 建中金利	LS	1			20,100,000	20,100,000
事業費(I~V)			6,716,301	492,653,185	2,752,161,483	6,710,705,000

表 5-2 建設工事費および事業費 (2/2)

項目	単位	数量	金額			円換算金額
			US\$	LE	YEN	
事業費 (I~V)			6,716,301	492,653,185	2,752,161,483	6,710,705,000
VI エジプト側費用(概略)	LS	1		94,821,619		615,391,000
(内訳)						
工事管理費	L.S	1		25,850,173		167,767,000
VAT	L.S	1		68,971,446		447,624,000
当初手数料	L.S	1		-		-
全体事業費 (I~VI)			6,716,301	587,474,805	2,752,161,483	7,326,096,000

表 5-3 本邦調達比率の計算 (STEP)

工事	項目	細目	単位	数量	金額	
A-11. ゲート設備工	ゲート製造	扉体	6.0×6.55	式	2.0	324,769,300
		戸当たり		式	2.0	272,305,220
		開閉装置	油圧式	式	2.0	846,320,100
	ゲート据付工	遠方監視室内機器		式	2.0	228,439,580
		ゲート機械設備据付指導		日	1,050.0	31,403,295
		ゲート電気設備据付指導		日	1,050.0	35,009,415
計					1,738,246,910	
A-12. 機械・設備経費	機械貸借料	パイプロハンマー	油圧式232KW	日	1,507.0	42,926,895
		計				
B-1. 仮締切工	二重締切鋼矢板	鋼矢板打設技能工		日	2,190.0	79,914,195
		計				
B-8. 輸送梱包費		梱包費	951.0 F/T	式	1.0	12,754,883
		船積諸掛		式	1.0	7,095,825
		海上輸送費		F/T	951.0	26,190,947
		計				
合計					1,907,129,655	

本邦調達比率

① 本体契約総額	5,365,263 千円
② 本邦調達総額	1,907,130 千円
②/① =	35.5% > 30%

6. 入札図書等（案）の作成

6-1. 入札図書等（案）作成業務に係る状況

6-1-1. 「エ国」政府の公共事業の調達に係る制度と体制

エジプト国（以下「エ国」）において公共事業の調達は、1998年の法令第89号と、その実際細目である1998年の省令1367号（通常「入札法」と呼称）による遂行を基本としており、これらの法令に基づき各々の実施機関が入札図書の作成、事前資格審査、入札の遂行と入札評価、契約交渉および契約行為を行っている。

欧州復興開発銀行（EBRD）が2013年に発行した「Public Procurement Sector Assessment – Review of Laws and Practice in the SEMED Region」における「エ国」の公共事業調達制度の評価分析によれば、透明性と効率性について一定の評価をしている反面、調達制度に係る政策立案と実施に係る単一の独立した政府機関が無いこと、また公共事業についてのクレーム処理を行う独立機関が無いことが指摘されている。

6-1-2 「エ国」の国内法と JICA 調達ガイドラインとの整合性

本詳細設計調査における入札図書等（案）作成にかかる一連の現地業務の初期段階において、上記に述べた「エ国」の入札法と JICA 調達ガイドライン（“HANDBOOK: GUIDELINE FOR PROCUREMENT UNDER JAPANESE ODA LOANS” (April 2012)）との整合性（相違点）につき確認を行った（本報告書本文第IV編の表 1-2.1 を参照）。本件については Loan Agreement に関する Minutes of Discussions (2014年5月21日付)の項目番号 4.7 において、本事業の調達においては JICA ガイドラインが用いられることは両国政府の合意事項であるが、ガイドラインに抵触しないという条件下で可能な限りこれらの相違点につき先方意向を反映させていくこととした。

6-2. 入札図書等（案）の作成

6-2-1. 入札図書等（案）の構成

本件調査業務における入札図書等（案）の作成業務の初期段階において、調達にかかる期間の短縮化を目的として本案件の調達方法を PQ と本体入札の一体型としたいとの要請が RGBS よりなされた。調査団としてはこの要請は妥当であると判断したものの、最終的には RGBS と JICA との協議／合意事項であると判断したことから分離型、一体型の双方を提示したが、協議は基本的に一体型の入札図書等（案）を用いて行った。

この点に関しては、現地調査の最終段階においても両案（分離型、一体型）の可能性とも否定されおらず将来の決定事項とされたため、本報告書においても入札図書等（案）は一体型とするものの、分離型の入札図書等（案）を別途電子データで作成、提出することとした。

6-2-2. 入札図書案（技術仕様書以外）に係るコメントと対応状況

報告書本文第IV編の表 2-2.1 に、第8次、第9次現地調査期間中に行われた入札図書等（案）についての主要な協議点を、項目、調査団からの初期提案、RGBS からのコメント、JICA エジプト事務所からの情報、第8次現地調査時点（2月24日版）の図書案の記載、その後の JICA からのコメント、第9次現地調査時点（4月24日版）の図書案の記載を項目とした表にまとめた。また、5月10日に RGBS より、5月19日に JICA よりコメントを受領したことから、双方を検討した結果の、本詳細設計調査として最終の入札図書等（案）への反映状況を報告書本文第IV編の表 2-2.2 に示した。

6-2-3. 入札図書等（案）における技術仕様書の作成

入札図書（案）のうち技術仕様書については、2017年2月からの第8次現地調査において先方と

構成および内容について協議・確認し、作成に着手した。

技術仕様書の構成は以下のとおりである。

- 1) General Provisions (総則)
- 2) General Technical Specifications (共通仕様書)
 - Civil Works (土木工事)
 - Mechanical and Electrical Works (機械・電気工事)
- 3) Particular Technical Specifications (特記仕様書)
 - Civil Works (土木工事)
 - Mechanical and Electrical Works (機械・電気工事)

なお技術仕様書の作成に当たっては、契約当事者間の公平なリスク配分に配慮すると共に、一般契約条件書 (General Conditions of Contract) の内容と整合性をとるよう留意した。

7. 環境社会配慮

2010 年における本プロジェクトの F/S 時に、EIA 報告書が作成され、これは同年にエジプト環境庁 (EEAA) に承認された。この EIA 報告書は、建設前段階で環境モニタリングの実施が必要としているが、モニタリング実施機関についての具体的な記述はなかった。この件について TAC 会議で協議が行われ、S/V コンサルタントがモニタリング実施担当機関となった。よって、現行の S/V コンサルタントの TOR にはこのモニタリングを業務として追加する必要がある。一方、建設工事中と運用期間中のモニタリングは、2014 年の M/D に基づき、それぞれ建設工事会社、水資源省が実施担当となることが確認されている。

上記環境モニタリング項目をレビューしたところ、具体的なモニタリング実施方法が明確でないものがある一方、追加が必要な項目があることが確認された。EEAA に確認したところ、EIA 報告書のレビューについては、工事内容、規模、工事の場所に変更がない場合、EIA 報告書の再作成や再承認は不要であること、必要であれば環境モニタリングの項目や方法については変更可能であること、ただし、変更とする場合にはその理由を記載する必要があるとのことであった。ただし、EIA 報告書承認の要件として、地下水位モニタリングと地下水水質モニタリングがあるため、これは必須であることが確認された。

上記に基づき、環境 WG の会議において、上記 EIA 報告書の環境評価、環境管理計画、モニタリング計画を精査し、不必要と思われる項目はモニタリング項目から除外、あるいは必要なものは別途追加するなど、変更が行われた。さらに、モニタリングの頻度、方法、サンプリングポイント、各モニタリングの実施機関についても、より具体的な記載に修正し、環境管理計画および環境モニタリング計画を最終化した。

環境社会配慮の面で留意すべき事項として、モスクの移転がある。新堰群建設地域周辺では移転が必要となるモスクが 3 基存在している。このうち、宗教省傘下のモスク 2 基は既に移転先が決定し、建設工事前に移転が実施される予定であり、水資源灌漑省傘下のモスク 1 基については、建設工事中に水資源灌漑省の敷地内に移転が実施される計画である。これらの移転計画が確実に実施されるよう働きかける必要がある。

2015 年 10 月~2017 年 4 月に実施された地下水のモニタリング結果によると、地下水位はイブラヒミア水路およびバハルヨセフ水路の水位に大きく影響を受けていると考えられる。従って、各水路内水位データの収集はもとより、表流水との交流の可能性が認められる BH-N10、BH-N11、BH-N12 および、地表から浅い位置に水頭のある BH-N13 付近の水頭変化に注目し、モニタリングを継続実施することが必要である。また、地下水の水質調査によると、一般細菌、大腸菌が検出されており、これは下水の混入による影響と考えられるため、下水処理システムの改善が求められる。

プロジェクト実施期間中、水資源灌漑省、コンサルタント、工事施工者で構成する「安全管理委員会（仮称）」を設置し、環境関係のみならず工事期間中の安全確保に関する事項を協議・審査し、承認を行う。この委員会は、中央およびダイルートの RGSB 職員、S/V コンサルタント、建設工事会社社員から構成され、主な職掌は、モニタリング監理および結果の検討・その対策の実施、ダイルート周辺の漁民に関する情報収集、周辺住民からの苦情処理、これらの報告・情報共有、などである。

8. 水理解析

8-1. 堰群背水解析

(1) 解析の目的

背水解析は、測量結果に基づくイブラヒミア幹線水路の現況断面を用いた一次元不定流解析により、新堰群地点の水位による堰上げ背水の影響範囲を計算し、イブラヒミア幹線水路の流下能力の検証を目的とする。

(2) 解析の結果

既設ダイルート堰群上流の水位上昇量 0.20 m（管理水位変更に伴う増分）の背水の影響範囲は、イブラヒミア取水工下流まで及ぶが、水位上昇量は 0.05 m と僅かである。この結果、イブラヒミア取水工のゲート操作に大きな影響は無く、イブラヒミア幹線水路の流下能力は流量変更や新ダイルート堰群の上流水位変更においても十分であると判断された。

8-2. 堰群数理解析

(1) 解析の目的

新ダイルート堰群には 5 つの堰により 7 つの幹線水路へ異なった水量を安定的かつ高精度に分水することが求められることから、新ダイルート堰群が所要機能を発揮できるか検証するため、数理解析モデルを用いて数理解析を行う。また、オーバーフローやアンダーフローなどのゲート操作に伴う新堰群周辺の数理解析結果などを踏まえ、堰周辺の土砂移動形態の傾向を分析、堰上下流の洗掘・堆砂現象の評価も行う。

したがって、前者を流況解析、後者を河床変動解析と分類する。河床変動解析では、現状で利用可能なデータを用いて実施した。解析結果を以下に示す。

(2) 解析の結果

・ 流況解析

新設 5 堰は計画流量を適正に 7 水路に配分できることを確認した。新設堰下流付近の現況水路断面におけるの最大河床流速はバハルヨセフ水路で 0.8~1.0 m/s、イブラヒミア水路で 0.8 m/s である。また、計画水路断面ではバハルヨセフ水路で 1.0 m/s、イブラヒミア水路で 0.8~1.4 m/s である。イブラヒミア堰においては、各径間での流速の分布の片寄りがあるが、許容流速 $V_a=2.00$ m/s 以下であり、大きな問題は生じないことが判った。

・ 河床変動解析

既設堰群と下流側の新堰群の間は流速の低下により堆砂傾向となる。また上流側の新堰群は取水口付近の堆砂は軽減される傾向にあるが、上流域は全体的な傾向は依然として、堆砂傾向にある。したがって、新堰群建設後においても維持管理による定期的な浚渫が必要と判断される。

8-3. 水理模型実験の総合評価

(1) 総合評価の目的

水資源灌漑省 (MWRI) が水理研究所 (HRI) に委託して実施する水理模型実験について、本調査で実施する数値シミュレーションとの整合を図るため、情報提供、助言等を実施した。なお、水理模型実験は、新ダイルート堰群周辺を対象とした3次元水理模型実験と護床工の検討を目的に新バハルヨセフ堰の1門を対象とした2次元水理模型実験が実施された。ここでは、これら2つの実験について総合評価を行う。

(2) 総合評価の結果

HRI の水理模型実験の提言に基づき設計への適用について検討した結果、これらの提言を設計に反映してとりまとめた。

3次元水理模型実験の設計への反映

3次元水理模型実験の結果から、バハルヨセフ堰下流左岸側とイブラヒミア堰下流右岸側は発生する死水域（微渦流の発生）を解消することを目的に盛土護岸の整備を行うこととした。

2次元水理模型実験の設計への反映

2次元水理模型実験の最終報告書案から、以下の設計における護床工の範囲と種類の妥当性が確認され、護床工の設置範囲とした。

1) 護床工の長さ

大規模堰（バハルヨセフ、イブラヒミア）：30 m

小規模堰（下流側：バドラマン）：15 m

小規模堰（上流側：サヘリア、アボギャバル）：不要

2) 護床工のタイプ

リップラップ

目 次

はじめに

要約

目次

略語一覧

位置図

既設ダイルート堰群外観

現場写真集

第 I 編 堰群設計

第 II 編 水管理システム

第 III 編 施工計画・積算

第 IV 編 入札図書（案）の作成

第 V 編 環境社会配慮

第 VI 編 水理解析

第 VII 編 提言

略語一覽

ADCP	: Acoustic Doppler Current Profiler
APN	: Access Point Name
ASTM	: American Society for Testing and Materials
BC	: Boundary Condition
BH	: Borehole
B/D	: Basic Design
CDSSD	: Central Directorate of Studies, Specifications and Designs
CDT	: Central Directorate for Telemetry
CDWD	: Central Directorate of Water Distribution
CRI	: Construction Research Institute
D/D	: Detailed Design
DGRs	: Dirout Group of Regulators
DO	: Dissolved Oxygen
DS	: Downstream
EBRD	: European Bank for Reconstruction and Development
EC	: Electrical Conductivity
ECRI	: Environment and Climate changes Research Institute
EEAA	: Egyptian Environmental Affairs Agency
EGSA	: Egyptian General Survey Authority
EIA	: Environmental Impact Assessment
EL	: Elevation
EMP	: Environmental Management Plan
EMoP	: Environmental Monitoring Plan
ENR	: Egyptian National Railways
FC	: Foreign Currency
FDM	: Finite Difference Method
FHT	: Falling Head Test
F/S	: Feasibility Study
GDI	: General Directorates of Irrigations
GDWD	: General Directorate for Water Distribution
GPRS	: General Packet Radio Service
GPS	: Global Positioning System
GW	: Groundwater
HAD	: High Aswan Dam
HCWW	: Holding Company for Water & Wastewater
HD	: High Definition
HPPEA	: Hydro Power Plants Executive Authority
H-Q	: Height-Quantity
HRI	: Hydraulic Research Institute
ID	: Irrigation Department
IIS	: Irrigation Improvement Sector
IMF	: International Monetary Fund
IP	: Internet Protocol
KfW	: Kreditanstalt für Wiederaufbau (German government-owned development bank)
KVM	: Keyboard, Video, Mouse

JICA	: Japan International Cooperation Agency
JIS	: Japanese Industrial Standards
L2SW	: Layer 2 Switch
LC	: Local Currency
LCD	: Liquid Crystal Display
LE	: Livre Égyptienne (Egyptian Pound)
LLT	: Lateral Load Test
MCCB	: Molded Case Circuit Breaker
MD	: Minutes of Discussion
MED	: Mechanical and Engineering Department
MEE	: Ministry of Electricity and Energy
MERE	: Ministry of Electricity & Renewable Energy
MMA	: Mathematical Model Analysis
MOT	: Ministry of Transport
MWRI	: Ministry of Water Resources and Irrigation
N	: Number of Blows (value for SPT)
NDGRs	: New Dirout Group of Regulators
NTP	: Network Time Protocol
NWRC	: National Water Research Center
ODA	: Official Development Assistance
O&M or O/M	: Operation and Maintenance
PDCA	: Plan-Do-Check-Act cycle
pH	: Potential Hydrogen
PHMT	: Physical Hydraulic Model Test
PIU	: Project Implementation Unit
PQ	: Prequalification
Q3D	: Quasi-3 Dimensional
RC	: Reinforced Concrete
RD	: Record of Discussion
RGBS	: Reservoirs and Grand Barrages Sector
RTA	: River Transport Authority
RTU	: Remote Terminal Unit
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition
SEMED	: Southern and Eastern Mediterranean
SMC	: Security Management Committee
SPT	: Standard Penetration Test
STEP	: Special Terms for Economic Partnership
TAC	: Technical Advisory Committee
TBM	: Temporary Benchmark
TCP	: Transmission Control Protocol
TDS	: Total Dissolved Solids
TSS	: Total Soluble Salts
UNESCO	: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
US	: Upstream
VAT	: Value Added TAX
VGA	: Video Graphics Array
WG	: Working Group
WL	: Water Level

単位

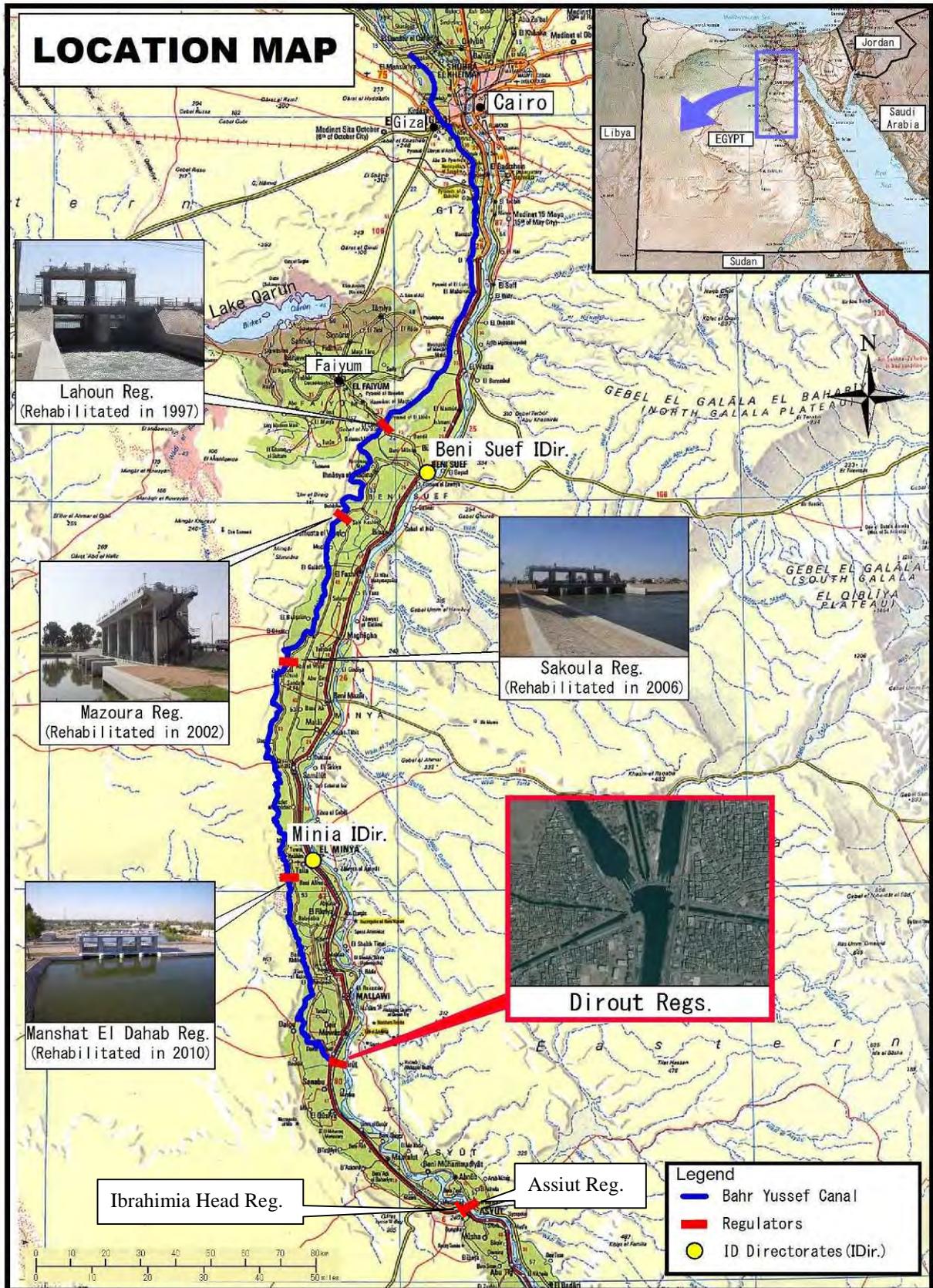
BCM	: billion cubic meter	ℓ	: liter
cm	: centimeter	lb	: pound
fed	: feddan (1fed ≐ 0.42ha)	MPa	: mega pascal
ft	: feet	m	: meter
g	: gram	MCM	: million cubic meter
ha	: hectare	min	: minute
hr	: hour	mm	: millimeter
kg	: kilogram	N	: newton
km	: kilometer	%	: percentile
kN	: kilo newton	s	: second
kV	: kilo volt	t	: ton
kVA	: kilo volt ampere		

通貨

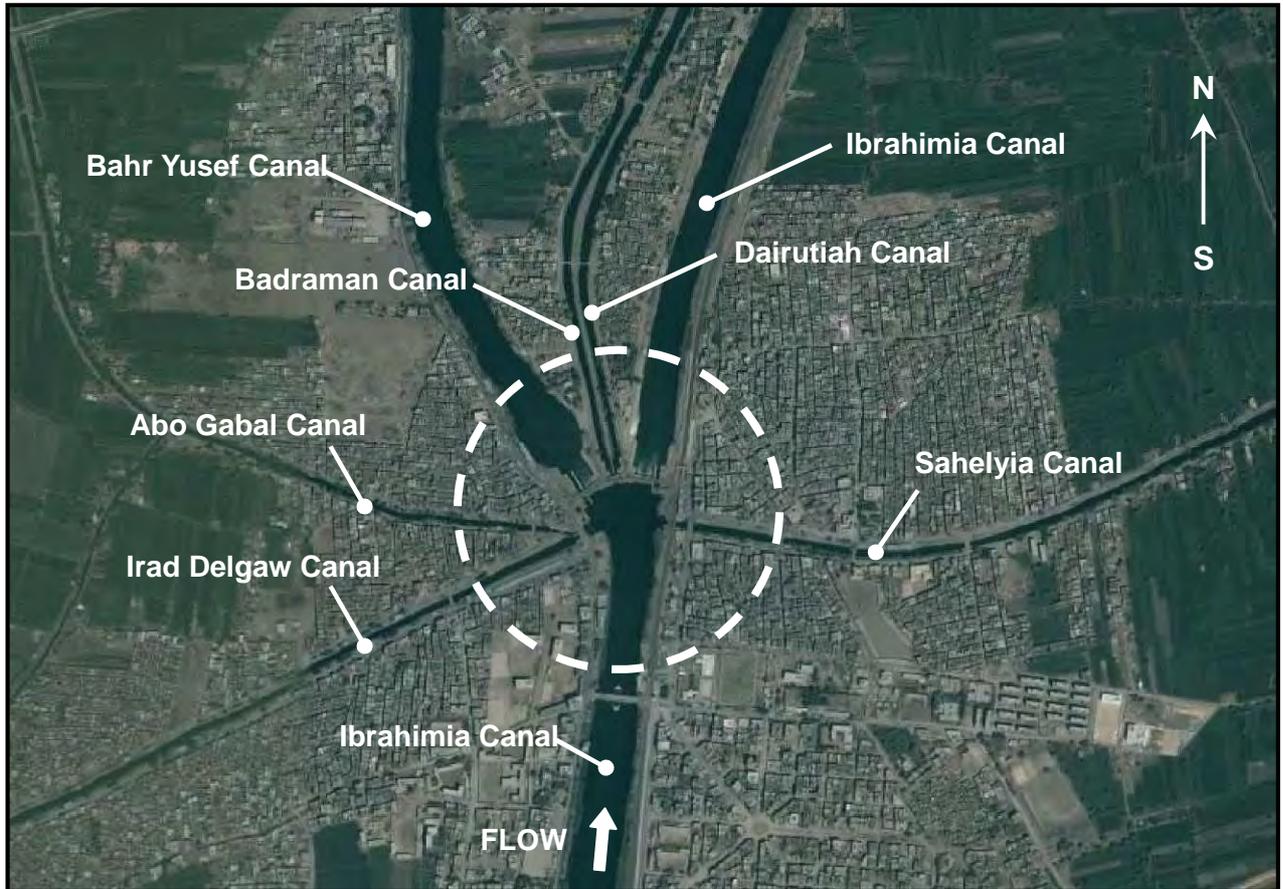
為替レート (2017年2月～4月の平均を採用)

Egyptian Pound (EGP or LE)	: 6.49 JPY/LE
Japanese Yen (JPY)	
US Dollar (USD)	: 113.34 JPY/USD
Euro (EUR)	: 121.26 JPY/EUR

位置图



既設ダイルート堰群概観



現場写真集



現況写真 1：既設バイパス堰群 - イブラヒミア堰
(下流側から望む)



現況写真 2：既設バイパス堰群 - バハルヨセフ堰
(下流側から望む)



現況写真 3：ゲート操作状況
(円滑な開閉が出来ないため丸太で押し込んでいる)



現況写真 4：堆砂土撤去状況
(既設バイパス堰群上流左岸部)



現況写真 5：鋼製越流型二段式ゲート遠景 (ダハブ堰)



現況写真 6：鋼製越流型二段式ゲート近景 (ダハブ堰)



現況写真 7：鋼矢板二重締切工法
(ダハブ堰、左岸側から臨む)



現況写真 8：鋼矢板二重締切工法
(ダハブ堰、左岸側から臨む)



現況写真 9 : TAC キックオフミーティング



現況写真 10 : 三者協定会議



現況写真 11 : 水上ボーリング実施状況



現況写真 12 : 土取場視察状況



現況写真 13 : 新ダイルート堰群石碑の設置に係る式典



現況写真 14 : JICA エジプト事務所プロジェクト視察



現況写真 15 : 大使ダイルート堰群視察

第 I 編 堰群設計

	頁
1. 設計概要	I - 1
1-1 設計条件	I - 1
1-2 設計資料	I - 4
1-3 施設概要	I - 6
2. 地形・地質概要	I - 8
2-1 地形概要	I - 8
2-2 地質概要	I - 9
2-3 ボーリング柱状図	I - 10
3. 水理計算	I - 29
3-1 目的	I - 29
3-2 水理計算（不等流計算）	I - 29
4. 堰軸位置の決定	I - 31
4-1 堰軸位置検討経緯	I - 31
4-2 堰軸位置の決定	I - 32
5. 堰型式の決定	I - 37
5-1 堰型式の決定	I - 37
5-2 ゲート形式及び巻上装置の検討	I - 37
6. 可動部径間割の決定	I - 44
6-1 大規模 2 堰群	I - 44
6-2 小規模 3 堰群	I - 48
7. 堰主要部敷高標高の決定	I - 54
7-1 可動部（ゲート部下端）敷高の決定	I - 54
7-2 ゲート天端標高及び扉高	I - 55
7-3 ゲート巻上げ時下端標高	I - 55
7-4 エプロン下流端標高	I - 56
8. 堰体の設計	I - 56
8-1 堰体の設計	I - 56
8-2 下流エプロンの設計	I - 62
9. 護床工の設計	I - 66
9-1 基本的な考え方	I - 66
9-2 護床工長の検討	I - 66
9-3 護床工型式の検討	I - 69
10. 堰柱の設計	I - 74
10-1 堰柱高さ及び厚さ等の決定	I - 74
10-2 堰柱上部構造の検討	I - 76
11. 安定構造計算	I - 77
11-1 大規模 2 堰群の安定性の検討	I - 77
11-2 小規模 3 堰群の安定性の検討	I - 87

11-3	堰群の構造計算	I-91
12.	基礎工の設計	I-128
12-1	基礎工法の選定	I-128
12-2	杭基礎（場所打ちコンクリート杭）の設計方針	I-148
12-3	杭基礎の検討結果	I-151
13.	護岸工の設計	I-156
13-1	工法の選定	I-156
13-2	鋼矢板護岸工の設計	I-156
13-3	法面護岸工の設計	I-165
14.	併設道路及び併設橋の設計	I-169
14-1	設計諸元の検討	I-169
14-2	併設橋構造設計	I-171
15.	ゲート設備の設計	I-173
15-1	扉体の構造設計	I-173
15-2	開閉装置の設計	I-178
15-3	制御装置の設計	I-181
15-4	電気設備の設計	I-187
15-5	予備ゲートの設計	I-198
16.	建築設計	I-203
16-1	管理棟の設計	I-203
16-2	現場機側操作室の設計	I-207
16-3	予備ゲート格納庫の設計	I-229
17.	付帯施設の設計	I-212
17-1	計装設備の検討	I-212
17-2	道路横断工の検討	I-213
18.	運用・維持管理計画	I-216
18-1	利水管理	I-216
18-2	土木・建築構造物の維持管理	I-217
18-3	設備機器の維持管理	I-217
18-4	保守管理記録	I-219
18-5	水路底高の管理	I-220
19.	既存堰群保全対策の検討	I-222
19-1	既存堰群保全対策検討に当たっての前提	I-222
19-2	調査結果	I-222
19-3	保全対策工案の提案	I-229
20.	地下水解析	I-234
20-1	解析の目的及び構築手順	I-234
20-2	全体（地域）モデルの構築	I-235
20-3	詳細モデルの構築	I-235
20-4	ケース別シミュレーション（ケース 11、12、13）	I-248
20-5	浸透水抑制工の評価	I-253

図番号目次

図 1-3.1	計画一般平面図	I - 6
図 2-1.1	衛星写真 (ダイルート～マラウイ)	I - 8
図 2-1.2	古地図 (1826 年作成: ダイルート～マラウイ)	I - 8
図 2-2.1	ナイル川地質縦断図 (アスワン～地中海)	I - 9
図 2-3.1	地質調査 (ボーリング孔) 位置図	I -10
図 2-3.2	地質縦断図 (バハルヨセフ堰)	I -11
図 2-3.3	地質縦断図 (バドラマン～ダイルーティア堰)	I -12
図 2-3.4	地質縦断図 (イブラヒミア堰)	I -13
図 2-3.5	柱状図 (BH-N1)	I -14
図 2-3.6	柱状図 (BH-N2)	I -15
図 2-3.7	柱状図 (BH-N2')	I -16
図 2-3.8	柱状図 (BH-N2A)	I -17
図 2-3.9	柱状図 (BH-N2B)	I -18
図 2-3.10	柱状図 (BH-N2C)	I -19
図 2-3.11	柱状図 (BH-N2D)	I -20
図 2-3.12	柱状図 (BH-N3)	I -21
図 2-3.13	柱状図 (BH-N3')	I -22
図 2-3.14	柱状図 (BH-N4)	I -23
図 2-3.15	柱状図 (BH-N4*)	I -24
図 2-3.16	柱状図 (BH-N5)	I -25
図 2-3.17	柱状図 (BH-N6)	I -26
図 2-3.18	柱状図 (BH-A1A)	I -27
図 2-3.19	柱状図 (BH-A1B)	I -28
図 3-2.1	不等流計算説明図	I -29
図 4-1.1	新堰群概略検討位置図	I -31
図 4-1.2	新堰群詳細検討位置図	I -31
図 4-2.1	計算模式図	I -33
図 5-2.1	ゲート設備の施工事例	I -38
図 7-1.1	可動部敷高標高決定説明図	I -54
図 7-2.1	ゲート天端標高および扉高決定説明図	I -55
図 8-1.1	エプロン長および堰体厚さ検討結果図 (バハルヨセフ堰)	I -58
図 8-1.2	エプロン長および堰体厚さ検討結果図 (イブラヒミア堰)	I -59
図 8-1.3	エプロン長および堰体厚さ検討結果図 (ダイルーティア堰)	I -60
図 8-1.4	エプロン長および堰体厚さ検討結果図 (バドラマン堰)	I -61
図 9-2.1	ゲート開度～流量曲線	I -66
図 9-2.2	跳水の分類	I -67
図 9-2.3	共役推進(y_2)と下流水深(y_2')の関係	I -67
図 9-2.4	護床工範囲説明図	I -68
図 9-3.1	護床工標準断面図	I -71
図 9-3.2	捨石の標準粒度分布 (HRI 提示資料)	I -72
図 10-1.1	ゲート天端標高および扉高決定説明図	I -74
図 10-1.2	大規模堰 堰柱厚さ説明図	I -75
図 10-2.1	堰柱上部 (操作台) 概要図	I -76
図 11-1.1	荷重作用図 (CASE 1, 2)	I -80
図 11-1.2	荷重作用図 (CASE 3, 4)	I -81
図 11-1.3	荷重作用図 (CASE 5, 6)	I -82
図 11-1.4	荷重作用図 (CASE 7, 8)	I -83
図 11-1.5	荷重作用図 (CASE 9, 10)	I -84

図 11-1.6	荷重作用図 (CASE 11, 12)	I-85
図 11-1.7	荷重作用図 (CASE 13)	I-86
図 11-3.1	バハルヨセフ堰とイブラヒミア堰の荷重図 (CASE1, 2)	I-94
図 11-3.2	バハルヨセフ堰とイブラヒミア堰の荷重図 (CASE3, 4)	I-95
図 11-3.3	バハルヨセフ堰とイブラヒミア堰の荷重図 (CASE5, 6)	I-96
図 11-3.4	バハルヨセフ堰とイブラヒミア堰の荷重図 (CASE7, 8)	I-97
図 11-3.5	バハルヨセフ堰とイブラヒミア堰の荷重図 (CASE9, 10)	I-98
図 11-3.6	バハルヨセフ堰とイブラヒミア堰の荷重図 (CASE11, 12)	I-99
図 11-3.7	バハルヨセフ堰とイブラヒミア堰の荷重図 (CASE13)	I-100
図 11-3.8	バドラマン堰の荷重図 (CASE1, 2)	I-101
図 11-3.9	バドラマン堰の荷重図 (CASE3, 4)	I-102
図 11-3.10	バドラマン堰の荷重図 (CASE5, 6)	I-103
図 11-3.11	バドラマン堰の荷重図 (CASE7, 8)	I-104
図 11-3.12	バドラマン堰の荷重図 (CASE9, 10)	I-105
図 11-3.13	バドラマン堰の荷重図 (CASE11, 12)	I-106
図 11-3.14	バドラマン堰の荷重図 (CASE13)	I-107
図 11-3.15	アボギャバル堰の荷重図 (CASE1, 2)	I-108
図 11-3.16	アボギャバル堰の荷重図 (CASE3, 4)	I-109
図 11-3.17	アボギャバル堰の荷重図 (CASE5, 6)	I-110
図 11-3.18	アボギャバル堰の荷重図 (CASE7, 8)	I-111
図 11-3.19	アボギャバル堰の荷重図 (CASE9, 10)	I-112
図 11-3.20	アボギャバル堰の荷重図 (CASE11, 12)	I-113
図 11-3.21	アボギャバル堰の荷重図 (CASE13)	I-114
図 11-3.22	サヘリア堰の荷重図 (CASE1, 2)	I-115
図 11-3.23	サヘリア堰の荷重図 (CASE3, 4)	I-116
図 11-3.24	サヘリア堰の荷重図 (CASE5, 6)	I-117
図 11-3.25	サヘリア堰の荷重図 (CASE7, 8)	I-118
図 11-3.26	サヘリア堰の荷重図 (CASE9, 10)	I-119
図 11-3.27	サヘリア堰の荷重図 (CASE11, 12)	I-120
図 11-3.28	サヘリア堰の荷重図 (CASE13)	I-121
図 11-3.29	各堰の構造モデル	I-122
図 12-1.1	基礎工法の種類	I-128
図 12-1.2	基礎工法の選定手順	I-128
図 12-1.3	評価ボーリングの位置図	I-129
図 12-1.4	Egyptian code による沈下量の考え方	I-130
図 12-1.5	二重締切と構造物の関係	I-132
図 12-1.6	Br No. BH-N2D バハルヨセフ堰	I-134
図 12-1.7	Br No. BH-N2C バハルヨセフ堰 (L型擁壁)	I-135
図 12-1.8	Br No. BH-N3' イブラヒミア堰	I-136
図 12-1.9	Br No. BH-N3 イブラヒミア堰 (L型擁壁)	I-137
図 12-1.10	Br No. BH-A1B バドラマン堰 (バドラマン水路側)	I-138
図 12-1.11	Br No. BH-A1A バドラマン堰 (ダイルーティア水路側)	I-139
図 12-1.12	Br No. BH-N5 アボギャバル堰	I-140
図 12-1.13	Br No. BH-N6 サヘリア堰	I-141
図 12-1.14	深層混合処理の構造概念	I-145
図 12-2.1	変位法の計算座標	I-150
図 12-3.1	バハルヨセフ堰とL型擁壁の杭配置図	I-154
図 12-3.2	イブラヒミア堰とL型擁壁の杭配置図	I-155
図 13-2.1	護岸工検討断面タイプ位置図	I-156
図 13-2.2	タイロッド式鋼矢板護岸工施工要領図	I-158
図 13-2.3	鋼矢板護岸工検討結果図 (1/3)	I-162

図 13-2.4	鋼矢板護岸工検討結果図 (2/3)	I-163
図 13-2.5	鋼矢板護岸工検討結果図 (3/3)	I-164
図 13-3.1	練石張り護岸工標準断面図	I-165
図 13-3.2	フトン籠護岸工標準断面図	I-166
図 13-3.3	フトン籠護岸工安定計算結果図	I-166
図 14-1.1	併設道路幅員構成図	I-169
図 14-1.2	併設橋幅員構成図	I-169
図 14-1.3	設計荷重説明図	I-170
図 14-1.4	道路線形図	I-171
図 14-2.1	併設橋概略図	I-172
図 15-1.1	扉体構造模式図	I-175
図 15-1.2	2 段式ゲートの扉高	I-175
図 15-2.1	ラック式開閉装置	I-178
図 15-2.2	油圧ユニット構成図	I-179
図 15-3.1	操作制御概念図	I-181
図 15-3.2	監視制御システム構成図	I-182
図 15-3.3	堰操作室の最小配置計画	I-185
図 15-4.1	予備発電機外形図	I-191
図 15-5.1	小規模堰における予備ゲート設置方法	I-198
図 15-5.2	大規模堰における予備ゲート設置方法 (上流側)	I-198
図 15-5.3	大規模堰における予備ゲート設置方法 (下流側)	I-198
図 15-5.4	リフティングビーム	I-198
図 15-5.5	大規模堰上流側予備ゲートの最大高さ	I-199
図 16-1.1	建設予定地の状況	I-203
図 16-1.2	管理棟の配置図	I-203
図 16-1.3	管理棟立面図	I-205
図 16-1.4	管理棟の間取り図	I-206
図 16-2.1	機側操作室の配置	I-207
図 16-2.2	バハルヨセフ堰側配置検討図	I-208
図 16-2.3	中型トラックの旋回軌跡図	I-208
図 16-2.4	イブラヒミア堰側配置検討図 管理棟の配置	I-208
図 16-3.1	予備ゲート搬出入方法の検討図	I-210
図 16-3.2	予備ゲート格納庫内の配置計画図	I-211
図 17-1.1	水位計設備位置図	I-212
図 17-2.1	カルバート断面形状	I-214
図 17-2.2	カルバート内油圧配管図	I-214
図 17-2.3	縦断方向のスパン割	I-214
図 17-2.4	荷重の組み合わせ図	I-215
図 18-3.1	扉体の吊り込み方法 (小規模堰)	I-219
図 18-3.2	小規模堰の戸当り構造	I-219
図 18-5.1	水路底管理標高説明図	I-221
図 18-5.2	堰群周辺水路底管理標高	I-221
図 19-3.1	保全対策工検討フロー	I-229
図 20-1.1	モデル構築の手順	I-235
図 20-2.1	グリッド分割 (地域モデル)	I-236
図 20-2.2	モデル解析領域の地表面標高	I-236
図 20-2.3	モデル境界条件 (MODFLOW パッケージ)	I-237
図 20-2.4	モデル解析領域の地表被覆区分	I-238
図 20-2.5	透水係数の分布	I-240
図 20-2.6	地層区分別の透水係数	I-240
図 20-2.7	検証地点 (モニタリング井戸)	I-241

図 20-2.8	水路水位及び地下水頭の変動 (2015年9月～2017年2月)	I-242
図 20-2.9	地域モデル (現況ケース) の水頭分布	I-245
図 20-3.1	詳細モデルグリッド	I-246
図 20-3.2	水頭分布 (CASE 10)	I-247
図 20-4.1	水頭分布 (CASE 11)	I-250
図 20-4.2	水頭分布 (CASE 12)	I-251
図 20-4.3	水頭分布 (CASE 13)	I-252
図 20-5.1	水頭上昇予測 (CASE 11, Nm層)	I-253
図 20-5.2	水頭上昇予測 (CASE 12, Nm層)	I-254
図 20-5.3	水頭上昇予測 (CASE 13, Nm層)	I-254
図 20-5.4	水頭 (深度 3m) の拡大域	I-256

表番号目次

表 1-1.1	設計流量	I-1
表 1-1.2	設計水位	I-2
表 1-2.1	エジプシャンコードの構成	I-4
表 1-3.1	施設概要表	I-7
表 2-2.1	洪水堆積物の特徴	I-9
表 3-2.1	不等流計算結果	I-30
表 4-2.1	下流 140m と下流 150m 案の比較検討結果	I-34
表 5-2.1	大規模堰群の形状寸法	I-37
表 5-2.2	小規模堰群の形状寸法	I-37
表 5-2.3	1枚ゲートと2段式ゲートの比較 (1/2)	I-39
表 5-2.4	1枚ゲートと2段式ゲートの比較 (2/2)	I-40
表 5-2.5	2段式ゲートの開閉装置形式比較	I-41
表 5-2.6	小規模堰群のゲート形式比較	I-42
表 5-2.7	開閉装置形式の選定	I-43
表 6-1.1	水理計算条件	I-44
表 6-1.2	大規模堰の径間割	I-45
表 6-1.3	大規模堰群の径間割比較 (当初)	I-46
表 6-1.4	大規模堰群の径間割検討結果 (最終)	I-47
表 6-2.1	小規模堰群の下流水路水理条件	I-48
表 6-2.2	小規模堰群の径間割検討結果 (1/2)	I-50
表 6-2.3	小規模堰群の径間割検討結果 (2/2)	I-51
表 6-2.4	小規模堰群の径間割	I-52
表 6-2.5	小規模上流2堰径間割追加検討表	I-53
表 7-1.1	可動部敷高標高一覧表	I-54
表 7-2.1	ゲート扉高算定表	I-55
表 8-1.1	ブライのCとレーンの重みつきクリープ比C'	I-57
表 8-2.1	下流エプロン構造比較表 (1/3)	I-63
表 8-2.2	下流エプロン構造比較表 (2/3)	I-64
表 8-2.3	下流エプロン構造比較表 (3/3)	I-65
表 9-2.1	護床工長の決定 (バハルヨセフ堰、イブラヒミア堰)	I-68
表 9-2.2	護床工長の決定 (バドラマン堰)	I-68
表 9-3.1	捨石重量及び大きさを決定するための流速	I-70
表 9-3.2	Isbash method (Isbash 1936)による捨石重量	I-70
表 9-3.3	U.S. Geological Survey method (Blodgett 1981)による捨石重量	I-71
表 9-3.4	USBR (1936)による捨石重量	I-71
表 9-3.5	Osama (1995)による捨石重量	I-71
表 9-3.6	護床工材料の構成と設置目的	I-72

表 9-3.7	護床工材料の粒度分布	I-72
表 10-1.1	堰柱高さ算定表	I-74
表 11-1.1	大規模堰群の安定計算条件	I-77
表 11-1.2	安定計算の照査項目	I-78
表 11-1.3	単位体積重量	I-78
表 11-1.4	土圧係数	I-78
表 11-1.5	ゲート重量表	I-78
表 11-1.6	管理橋重量表	I-78
表 11-1.7	安定計算結果一覧表	I-87
表 11-2.1	小規模堰群の安定計算条件	I-88
表 11-2.2	安定計算の照査項目	I-88
表 11-2.3	ゲート重量表	I-89
表 11-2.4	管理橋重量表	I-89
表 11-2.5	安定計算結果一覧表 (バドラマン堰：バドラマン水路側と ダイルーティア水路側)	I-90
表 11-2.6	安定計算結果一覧表 (アボギヤバル堰)	I-91
表 11-2.7	安定計算結果一覧表 (サヘリア堰)	I-91
表 11-3.1	コンクリートの許容圧縮応力度 (Egyptian Code)	I-92
表 11-3.2	コンクリートのせん断許容応力度 (Egyptian Code)	I-92
表 11-3.3	現場打ちコンクリートの適用区分	I-92
表 11-3.4	鋼矢板の許容応力度	I-93
表 11-3.5	鉄筋の許容応力度	I-93
表 11-3.6	バハルヨセフ堰の構造計算結果	I-123
表 11-3.7	イブラヒミア堰の構造計算結果	I-124
表 11-3.8	バドラマン堰の構造計算結果	I-125
表 11-3.9	アボギヤバル堰の構造計算結果	I-126
表 11-3.10	サヘリア堰の構造計算結果	I-127
表 12-1.1	地耐力の安全率 (Egyptian Code)	I-129
表 12-1.2	形状係数 (Egyptian Code)	I-130
表 12-1.3	各堰の許容地耐力	I-132
表 12-1.4	各堰の地耐力の検討結果	I-133
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	I-142
表 12-1.6	採用可能な地盤改良工法検討の一覧表	I-143
表 12-1.7	杭基礎工法検討に影響する当該現場条件一覧	I-143
表 12-1.8	採用可能な杭基礎工法検討の一覧表	I-144
表 12-1.9	杭基礎工法の比較表	I-146
表 12-2.1	杭基礎設計のための荷重条件一覧表	I-148
表 12-2.2	許容押し込み力と引抜力の安全率	I-148
表 12-2.3	杭の先端支持力 (kN/m ²)	I-149
表 12-2.4	杭の周面摩擦力 (kN/m ²)	I-149
表 12-2.5	杭体の許容応力値 (Egyptian code)	I-151
表 12-2.6	杭間に必要な間隔	I-151
表 12-3.1	バハルヨセフ堰とイブラヒミア堰の杭の詳細	I-151
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	I-152
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)	I-153
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	I-153
表 12-3.5	許容沈下量に対する地耐力の評価	I-153
表 13-2.1	鋼矢板断面性能表	I-157
表 13-2.2	鋼材規格表	I-157

表 13-2-3	鋼矢板護岸工検討結果一覧表 (1/3)	I-159
表 13-2-4	鋼矢板護岸工検討結果一覧表 (2/3)	I-160
表 13-2-5	鋼矢板護岸工検討結果一覧表 (3/3)	I-161
表 13-3-1	下流護岸工構造比較検討表 (1/2)	I-167
表 13-3-2	下流護岸工構造比較検討表 (2/2)	I-168
表 14-1.1	設計荷重表	I-170
表 15-1.1	ゲート設備の設計条件	I-174
表 15-1.2	構造用鋼材の許容応力度	I-177
表 15-1.3	鋳鋼品、炭素鋼の許容応力度	I-178
表 15-1.4	接合用鋼材の許容応力度	I-178
表 15-2.1	油圧式開閉装置の配置比較表	I-180
表 15-3.1	主な状態表示項目	I-183
表 15-3.2	主な故障表示項目	I-183
表 15-3.3	遠方操作設備の構成	I-184
表 15-3.4	情報処理機能一覧	I-186
表 15-4.1	設備容量の算定	I-187
表 15-4.2	受電設備の構成	I-187
表 15-4.3	予備発電機対象負荷出力	I-190
表 15-4.4	予備発電機容量の計算	I-190
表 15-4.5	燃料タンク必要量	I-191
表 15-5.1	予備ゲートの設計条件	I-200
表 15-5.2	小規模堰群用予備ゲートの比較結果	I-201
表 15-5.3	大規模堰群用予備ゲートの比較結果	I-202
表 16-1.1	各室の概略面積	I-205
表 16-3.1	予備ゲートの規格と数量	I-209
表 16-3.2	予備ゲート搬出入方法の比較	I-209
表 17-1.1	主な水位計の種類と仕様	I-213
表 17-2.1	ボックスカルバートの構造計算結果	I-215
表 18-1.1	ゲートの操作条件	I-216
表 18-1.2	下流水位によるゲート開度の試算	I-216
表 18-3.1	点検の種類と周期	I-218
表 18-3.2	整備の内容と周期	I-218
表 18-4.1	保守管理記録の推奨される保存期間	I-220
表 18-5.1	仮締切工の設計地盤高	I-220
表 18-5.2	新堰群完成後の水路底管理標高	I-221
表 19-1.1	ダイルート堰群の補修・改修の年代記	I-222
表 19-2.1	過年度調査結果(1/3)	I-223
表 19-2.2	過年度調査結果(2/3)	I-224
表 19-2.3	過年度調査結果(3/3)	I-225
表 19-2.4	Delta Barrage 現地調査結果	I-226
表 19-2.5	保全対策事例写真(1/2)	I-227
表 19-2.6	保全対策事例写真(2/2)	I-228
表 19-3.1	既存堰群保全対策の提案	I-230
表 19-3.2	必要となる調査の提案	I-232
表 20-2.1	地下水モデル境界条件	I-237
表 20-2.2	深度別透水係数 (平均値)	I-240
表 20-2.3	境界条件と MODFLOW パッケージの種類	I-241
表 20-2.4	観測開始からの最高/最低水位および時期	I-242
表 20-2.5	モデル検証データ (13 モニタリング地点、2016 年 7 月 27 日記録)	I-243
表 20-2.6	帯水層定数の検証結果要約	I-243
表 20-2.7	検証地点の観測値と計算結果の比較	I-244

表 20-3.1 現況モデルの収支概要表	I-246
表 20-4.1 シミュレーションケース条件表	I-248
表 20-5.1 浸透水抑制工の比較表	I-255

第 I 編 堰群設計

1. 設計概要

1-1 設計条件

(1) 設計流量

新ダイルート堰群の設計最大流量は、第 6 回の TAC 会議で以下を決定した。流量は F/S 時に設定された流量を基本とし、エジプト側が提示した将来の水需要を考慮した。このため、新イブラヒミア堰の設計流量は F/S 時の $161.6\text{m}^3/\text{s}$ を変更し $186\text{m}^3/\text{s}$ とした。設計流量を表 1-1.1 に示す。また、仮設計画における設計流量はエジプト側より提示された値を採用した。

表 1-1.1 設計流量

堰名	水路名	設計最大流量 Qmax (m ³ /s)	設計最小流量 Qmin (m ³ /s)	仮設時流量 Qtem (m ³ /s)	備考
イブラヒミア堰	イブラヒミア	186	23.6	162	
バハルヨセフ堰	バハルヨセフ	227	33.1	185	
バドラマン堰	バドラマン	9	1.2	6	
	ダイルーティア	12	1.7	10	
アボギャバル堰	アボギャバル	7	0.9	2	
	イラドデルガウイ	9	1.3	6	
サヘリア堰	サヘリア	5	0.6	3.5	

(2) 設計水位

新ダイルート堰群の上流水位（既設堰群上流位置）は、堰群に発生する異常水位と常時水位について考慮し、以下のとおりとすることが第 6 回 TAC 会議で決定された。

既設ダイルート堰群の改修図面（1962 年頃）では、計画高水位（H.W.L）47.00m が示されている。これはアスワンハイダム建設前の自然洪水に備えた設計水位であるため、現在の自然洪水が発生しない状況下では考慮の必要はない。しかしながら、現在の運用においても上流のイブラヒミア取水工（巻頭の位置図を参照）の作動不良等による万一の過剰流入等の状況を想定した場合、安全上の水位を考慮する必要がある。よって、既設堰群の計画高水位 47.00m を異常高水位（H.H.W.L）とする。

また、設計高水位（H.W.L）も既設堰群と同様の水位とし WL46.30m とする。

下流水位は、エジプト側（MWRI, CDWD）から提示された下流水路設計水位とする。各水路現況断面では流下能力が不十分（参考 1-1.1：バハルヨセフ及びイブラヒミア水路における現況「H～Q 曲線」参照のこと。）で別事業として行われる下流水路改修を前提とした水位であることに留意が必要である。

各水路の設計水位一覧を表 1-1.2 に示す。

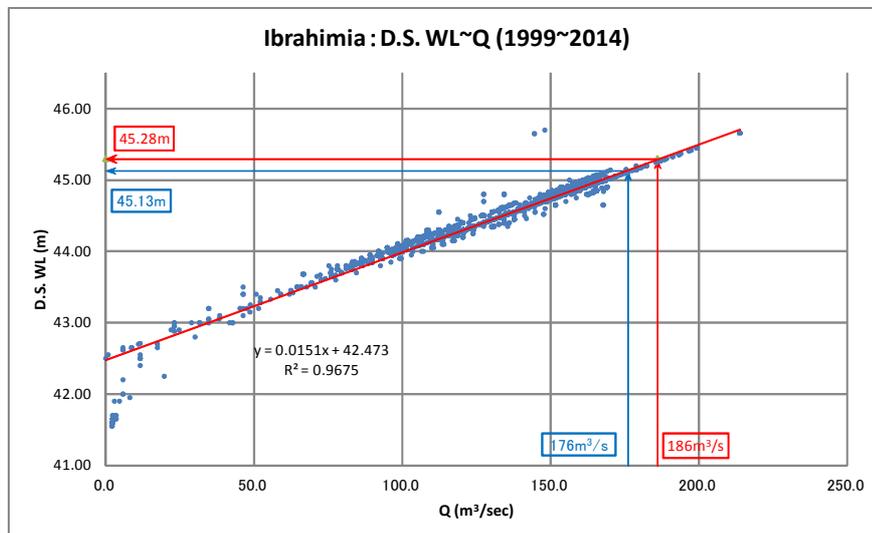
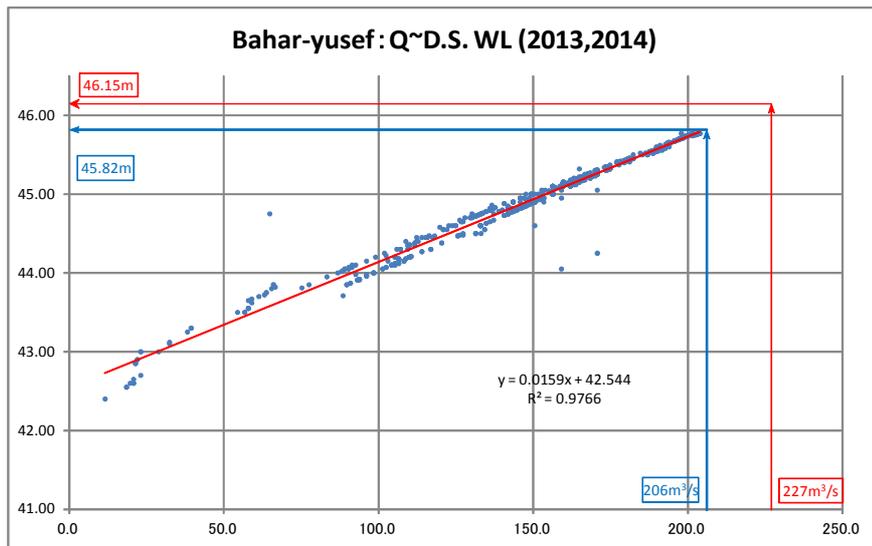
表 1-1.2 設計水位

堰名	水路名	上流異常 高水位 US.HHWL (m)	上流設計 高水位 US.HWL (m)	上流設計 低水位 US.LWL (m)	上流異常 低水位 US.LLWL (m)	下流設計 高水位 DS.HWL (m)
イブラヒミア堰	イブラヒミア	47.00	46.30	45.90	—	45.13
バハルヨセフ堰	バハルヨセフ	47.00	46.30	45.90	—	45.82
バドラマン堰	バドラマン	47.00	46.30	45.90	—	45.90
	ダイルーティア	47.00	46.30	45.90	—	45.90
アボギャバル堰	アボギャバル	47.00	46.30	45.90	44.30	45.90
	イラデルガウイ	47.00	46.30	45.90	44.30	45.90
サヘリア堰	サヘリア	47.00	46.30	45.90	44.30	45.90

注 1：上流水位とは既設堰群上流部水位を示す。

注 2：上流異常低水位は、上流 2 堰（アボギャバル堰、サヘリア堰）で Winter closure 明けに取水可能とする水位として、近年 5 ヶ年の実績より設定した水位（参考 1-1.2 参照のこと）である。

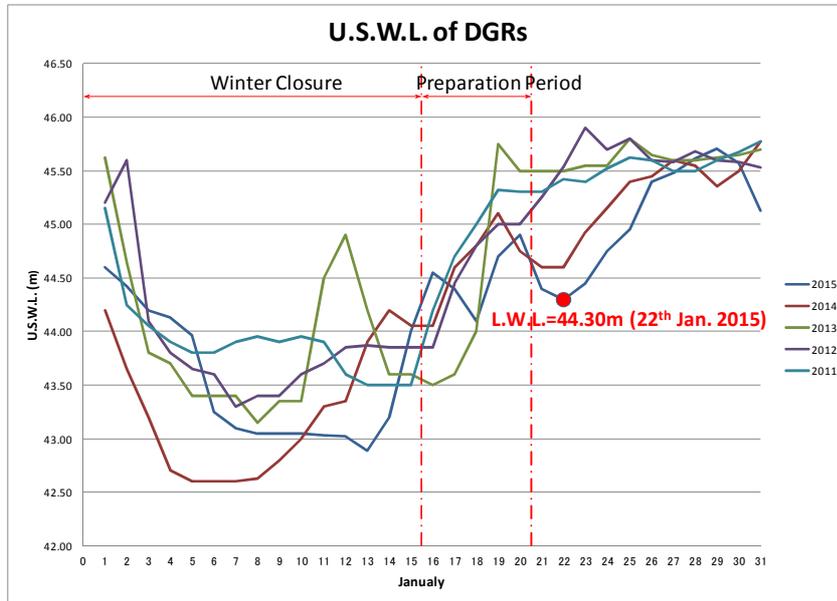
参考 1-1.1：バハルヨセフ、イブラヒミア水路現況「H~Q 曲線」



参考 1-1.2 : 上流異常最低水位の設定

Winter Closure 明けの既設ダイルート堰群上流における最低水位 (2011~2015 ; 5 ヶ年) を対象とする。尚、既往最低水位は、新ダイルート堰における異常最低水位として位置づける。

US.LLWL=44.30m (22th January 2015)



(3) 付帯施設の配置

F/S 時点で、合意を得ることができなかった舟通しの設置及び小水力発電施設の設置について、関係機関との協議により設置しないことで合意を得ることができた。

① 舟通しの設置について

既設ダイルート堰群のバハルヨセフ堰とイブラヒミア堰には舟通しが併設されている。両舟通しは現在利用されていない。F/S 時のエジプト国との協議では、新ダイルート堰群のうち新バハルヨセフ堰は舟通しの設置不要との結論から設置していない。一方、新イブラヒミア堰では必要とのエジプト側の見解から設置する計画としていた。

しかしながら、本件詳細設計業務では MWRI と河川運輸を管轄する RTA との協議結果から新イブラヒミア堰にも舟通しを設置しないことが決定された (第 7 回 TAC 会議で報告)。

② 小水力発電施設の設置について

小水力発電は、新ダイルート堰群が有する水位差 (有効落差) では発電効果を得られないことをエジプト国と協議し F/S 時に設置しない方針が示された。本件詳細設計業務では水資源灌漑省 RGBS と再度、小水力発電が発電効果を得られないことを確認し設置しない方針とした (第 6 回 TAC 会議)。なお、水資源省は水力発電を管轄する MERE に新ダイルート堰群は小水力発電の設置しない結論を通達した。

1-2 設計資料

エジプト国において、水資源灌漑省のもとで、灌漑事業を進める上で事業計画を策定し、設計を経て具体的に建設する水利施設は、エジプシャンコードが定める基準を守ることを求められる。水資源・灌漑（Water Resources and Irrigation Works）を主題とする事業計画についての基準であるエジプシャンコードは、NWRC が基準の制定に責任を有している。当該分野のエジプシャンコードは下記の構成内容である。

表 1-2.1 エジプシャンコードの構成

Egyptian Code	Chapter
Operation of the Irrigation and Drainage Network part 1	1. Irrigation of the Agricultural Land
	2. Drainage of the Agricultural Land
Operation of the Irrigation and Drainage Network part 2	3. Horizontal expansion
	4. Water Resources Development
	5. Maintenance Work
	6. Hydrology Torrents Management
	7. Survey Works
Civilian Facilities on Irrigation and Drainage part 1	1. Irrigation Networks Lining
	2. Water Installations Intersecting
	3. Outfalls
	4. Weirs
	5. Regulators (Barrage) and Gates
	6. Dams
	7. Sluice gates Navigation
	8. Hydroelectric Power Plants
Civilian Facilities on Irrigation and Drainage part 2	9. Pump Stations
	10. Wells
	11. Bridges
	12. Tunnels
Irrigation and Drainage Mechanical works	1. Pumps
	2. Internal Combustion Engines
	3. Transmission and Power rate
	4. Valves and Gates
	5. Mechanical, Chemical and Cathodic Protections
	6. Selection and Testing of Materials
	7. Mechanical Equipment for Maintenance of Water Ways
	8. Advance for Irrigation Equipment
	9. Monitoring Water Quality in Streams Equipment
Irrigation and Drainage Electrical works	1. Electric Stations
	2. Electric Transformers and Accessories
	3. Keys, Electrical Connection and Electrical Fittings
	4. Circles and Control Devices in Electric Motors
Irrigation and Drainage Electrical works	5. Terms Implementation of Electric Works
	6. Power Supply Emergency Systems
	7. Grounding
	8. Irrigation Equipment Powered by Electricity

Egyptian Code	Chapter
Shore Protection Techniques	1. Natural Factor Affecting the Costal and Beach Areas
	2. Research Studies, Field work, Hydraulic Models and
	3. Facilities, Shore Protection Plan and its Impact on the
	4. Designer Protection
	5. Shore Protection and Maintenance Facilities

新ダイルート堰群建設事業詳細設計調査を行うに際して適用する基準は第1優先順位を Egyptian Code と位置づけ、同コードに定めがない場合（規定されていない場合）には我が国の当該分野（灌漑分野の水利施設に係る基準）の基準である農林水産省 土地改良事業計画設計基準「頭首工」（平成20年3月）を適用する。（「頭首工設計基準」と称する）

Egyptian Code 「Civilian Facilities on Irrigation and Drainage part 1」の Chapter 5 Regulators (Barrage) and Gates は、下記の項目から成り立っている。

- 5-1 Definition
- 5-2 Gate Types
- 5-3 Mutual affect between the Hydraulic Structure and Water Channel
- 5-4 Regulator Design
- 5-5 Gates
- 5-6 References

我が国で適用されている「頭首工設計基準」は、設計の細部にわたり設計理論、設計手法、設計例が述べられているが、Egyptian Code では、例えば堰の水理設計で重要な規定である許容最大流速について、わずか10行に満たない記述があり、下記の3段階に分類して規定しているだけである。

小規模堰	1 – 1.5 m/sec
大規模堰	1.5 – 2 m/sec
ナイル本川堰	2.5 – 3.5 m/sec

このため、新ダイルート堰群建設事業詳細設計調査業務では、この規定不足を補うために、「エ国」内で実際の水利施設設計で利用されている設計解説書(ガイドライン)「Part No.2 Design of Hydraulic Structures, Spillways, Regulators and Barrage」の準用について RGSB から申し入れがあったので、基本設計段階の水理諸元決定に際しては、①Egyptian Code を第1優先基準とし、規定に不足がある場合には、②設計解説書（テキスト）を適用することを原則とする。

1-3 施設概要

施設概要として、図 1-3.1 計画一般図及び表 1-3.1 施設概要表を示す。

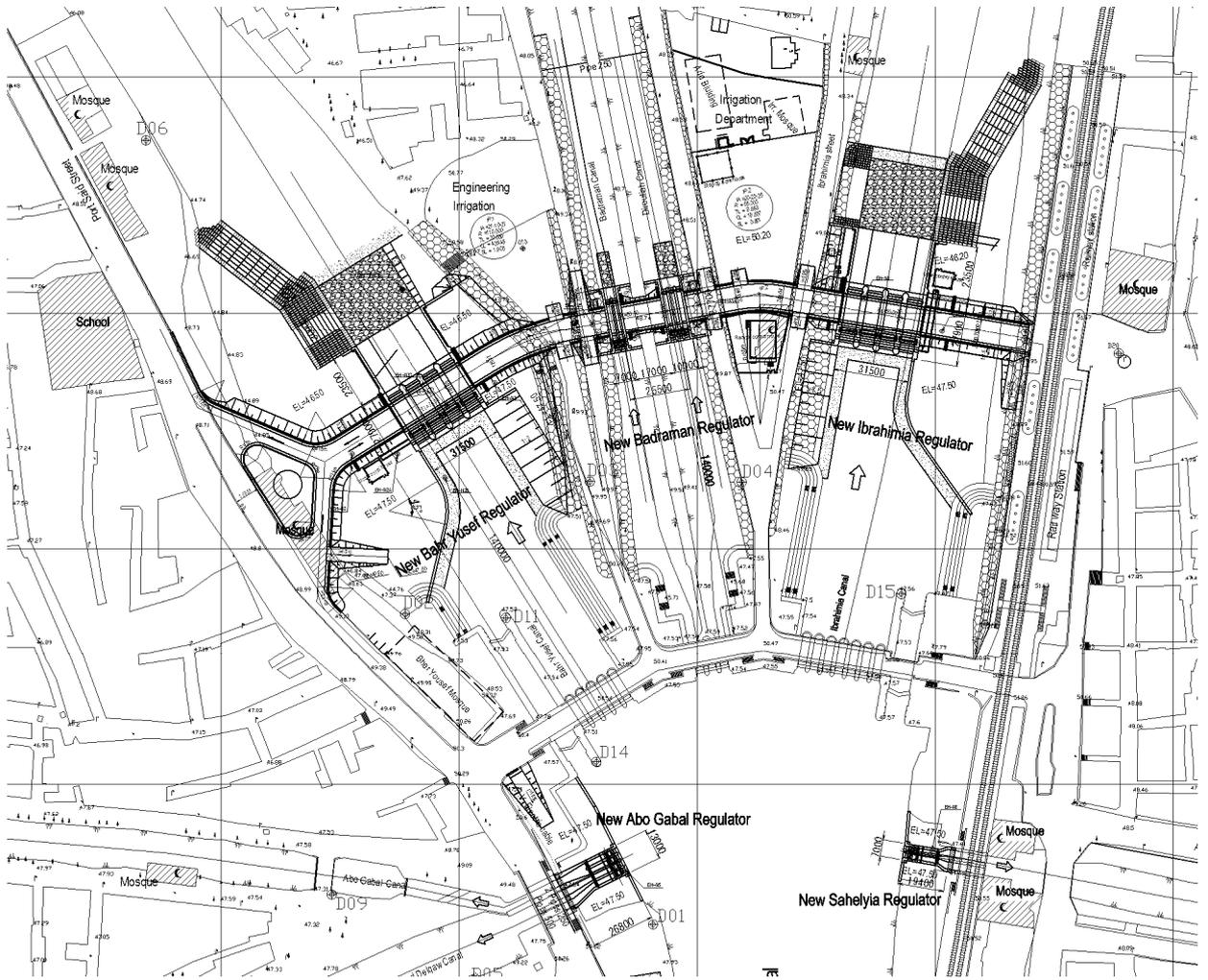


図 1-3.1 計画一般平面図

表 1-3.1 施設概要表

堰名	水路名	パハルヨセフ	イブラヒミア	バドラマン		アボギヤバル		サヘリア	備考
				バドラマン	ダイリュータア	アボギヤバル	イラデルガウイ		
設計最大流量		227 m ³ /s	186 m ³ /s	9 m ³ /s	12 m ³ /s	7 m ³ /s	9 m ³ /s	5 m ³ /s	Σ Qmax= 455m ³ /s
設計最小流量		33.1 m ³ /s	23.6 m ³ /s	1.2 m ³ /s	1.7 m ³ /s	0.9 m ³ /s	1.3 m ³ /s	0.6 m ³ /s	Σ Qmin= 62.4m ³ /s
上流設計高水位		EL46.30m	EL46.30m	EL46.30m	EL46.30m	EL46.30m	EL46.30m	EL46.30m	
上流設計低水位		EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	
下流設計高水位		EL45.82m	EL45.13m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	EL45.90m	
径間長		6.00m	6.00m	2.00m	2.00m	2.00m		2.00m	
門数		4	4	2	3	4		2	
ゲート敷高		EL40.00m	EL40.00m	EL43.90m	EL44.20m	EL43.60m		EL43.00m	
ゲート天端高		EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m		EL46.55m	
ゲート扉高		6.55m	6.55m	2.65m	2.35m	2.95m		3.55m	
基礎工	堰体	場所打RC杭	場所打RC杭	直接基礎	直接基礎	直接基礎		直接基礎	
	エブロン	直接基礎	直接基礎	直接基礎	直接基礎	直接基礎	直接基礎	直接基礎	
	L型擁壁	場所打RC杭	場所打RC杭	-	-	-		-	
下流エブロン	型式	L型擁壁	L型擁壁	フルーム型式	フルーム型式	フルーム型式		フルーム型式	
	エブロン長	44.25m	44.25m	23.35m	22.77m	23.87m		16.42m	注(1)
遮水工		鋼矢板	鋼矢板	鋼矢板	鋼矢板	鋼矢板		鋼矢板	
護床工		捨石工 L=30.0m (D ₅₀ =0.40m, W ₅₀ =60kg, t=1.00m)	捨石工 L=30.0m (D ₅₀ =0.40m, W ₅₀ =60kg, t=1.00m)	捨石工 L=15.0m (D ₅₀ =0.20m, W ₅₀ =10kg, t=0.50m)	捨石工 L=15.0m (D ₅₀ =0.20m, W ₅₀ =10kg, t=0.50m)	-		-	t: 層厚 砕石層(0.10m)を含む
護岸工	下流側	自立式/控式鋼矢板護岸	自立式/控式鋼矢板護岸	自立式鋼矢板護岸	自立式鋼矢板護岸	-		-	
		フトン籠護岸	フトン籠護岸						
	上流側	控式鋼矢板護岸	自立式/控式鋼矢板護岸	自立式鋼矢板護岸	自立式鋼矢板護岸	控式鋼矢板護岸		控式鋼矢板護岸	
		練石張護岸	練石張護岸						
併設橋/管理橋		RC, 全幅=12.5m	RC, 全幅=12.5m	RC, 全幅=12.5m	RC, 全幅=12.5m	RC, 全幅=6.0m		RC, 全幅=6.0m	
ゲート設備	型式	2段式ローラーゲート	2段式ローラーゲート	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	
	開閉装置	油圧シリンダ式	油圧シリンダ式	電動ラック式	電動ラック式	電動ラック式		電動ラック式	
	開閉速度	0.3 m/min	0.3 m/min	0.3 m/min	0.3 m/min	0.3 m/min		0.3 m/min	
	材質	普通鋼、ステンレス鋼(戸当り、ボルトナット、ローラー)							
予備ゲート	1組	1組	2組				2組		注(2)
	扉高割=1.35m&1.20m			扉高割=0.95m&0.85m					
管理棟	管理棟: RC 構造, 2 階建て、予備ゲート格納庫: RC 構造								
	現場操作室: RC 構造, 2 棟 (Bahr Yusef & Ibrahimia Regulator)								
水位計	2ヶ所 (上流:1, 下流:1)	2ヶ所 (上流:1, 下流:1)	2ヶ所 (上流:1, 下流:1)	2ヶ所 (上流:1, 下流:1)	2ヶ所 (上流:1, 下流:1)	3ヶ所 (上流:1, 下流:2)		2ヶ所 (上流:1, 下流:1)	圧力式水位計

注: (1) 小規模ゲートの下流エブロン長は、ゲート敷より既設堰との接続地点までの長さを示す。

(2) 予備ゲートの1組とは、上、下流予備ゲートを表す。

2. 地形・地質概要

2-1 地形概要

ナイル谷は、始新世に堆積した石灰岩台地がナイル川の浸食・運搬・堆積作用の影響を受け形成された河川地形であり、谷中央の氾濫平野には肥沃なナイルシルトが広がる。

バハルヨセフ水路はダイルート堰群から分岐する幹線水路であるが、1826年に製作された古地図によると、旧バハルヨセフ川は現ダイルート市の北約2.7kmに位置するダイルート・エルシャリフ市付近を流下していたことが確認されている（図 2-1.1、図 2-1.2）。これが1872年のダイルート堰群計画により、旧バハルヨセフ川をイブラヒミア幹線水路の分水路として流用するため、現堰群より旧バハルヨセフ川との連結点付近において掘削および埋戻しが大規模に実施されたことが推定される。



図 2-1.1 衛星写真（ダイルート～マラウィ）

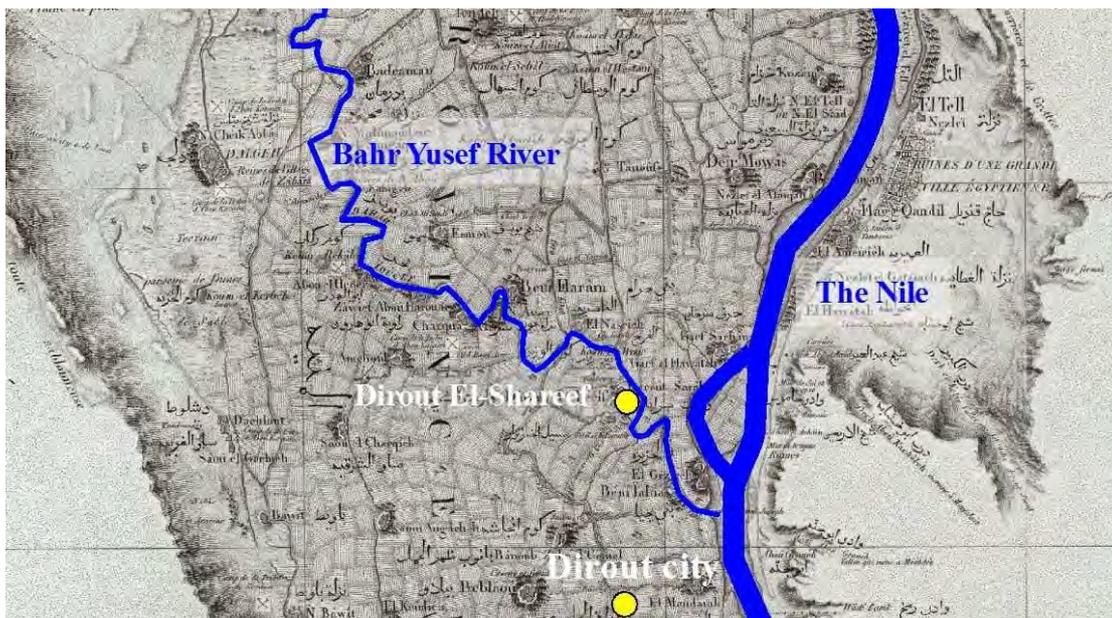


図 2-1.2 古地図（1826年作成：ダイルート～マラウィ）

（出典: Carte tipographique de l'Egypte et de plusieurs parties des pays limitrophes 1826）

2-2 地質概要

調査域周辺は石灰岩台地が 15km~20km に渡り下刻された浸食谷にあたり、両岸には時代の異なる河岸段丘が発達する。新旧の河岸段丘群をつくる洪水堆積物は河床下部に連続するが、調査域を含む現在のナイル流路付近においては沖積統に覆われる。これらの層構成は、第四紀の海水準変動による河川動水勾配の変化と、地殻変動によるナイル川の河道の変化に由来するもので、図 2-2.1 に示す通り、これまでの研究より、調査域の上層は沖積統~後期更新統の Neo-Nile 堆積物、下部層となる中期更新統の洪水堆積物は Pre-Nile 堆積物に対比される (Rushdi 1993)。表 2-2.1 にこれら堆積物の特徴を示す。

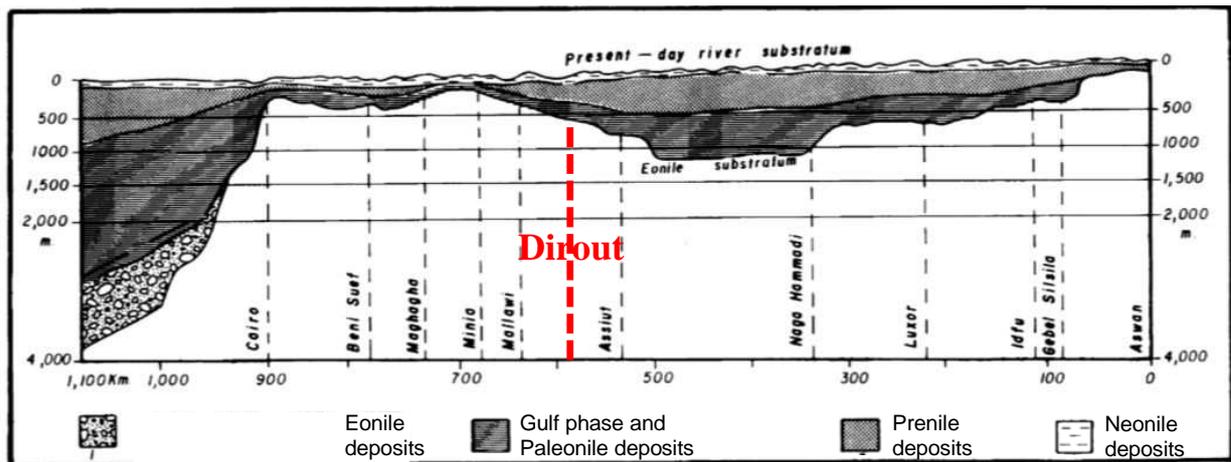


図 2-2.1 ナイル川地質縦断図 (アスワン~地中海)

(Source: The River Nile, Said 1993)

表 2-2.1 洪水堆積物の特徴

地層年代 (階)	特徴 (層相・分布)
Neo-Nile	更新世後期~完新世 (40 万年前~現代) にかけての堆積物と考えられ、現在の河道による堆積層を指す。海進・海退期に観察される堆積サイクル毎に α Neonile (40~20 万年前)、 β Neonile (20~7 万年前)、 γ Neonile (2.1~1.2 万年前)、 δ Neonile (約 1 万年前~現代) と区分され、主に洪水堆積物 (ナイルシルト層、砂層、稀に礫層や砂丘由来の砂層を挟在する) から構成される。
Pre-Nile	更新世中期 (80~40 万年前) の堆積物と考えられ、主に河川の運搬による砂層に、砂丘由来の砂層が挟在する。エチオピア由来の軟体動物門の化石が確認されていることから、ナイル川はこのころから流域面積を広げたと考えられる。非常に厚い砂層を形成し、デルタ地域のみならず、上エジプト地域においても広く確認される。

2-3 ボーリング柱状図

基本設計の基礎地盤情報に関する「新ダイルート堰群建設事業詳細設計調査（地質調査）」の調査結果のうち、調査位置図およびボーリング柱状図を以下に示す（各位置における調査結果の詳細は、別冊「現地調査報告書」を参照）。

a) 調査位置図

調査は 15 箇所 of ボーリング調査からなり、堰軸下の土層変化を把握し、原位置試験、室内土質試験により各土層の土質常数を明らかにし、各構造物設計（堰体工、基礎工、護岸工、仮設工等）に資することを目的とした。地質調査（ボーリング孔）位置図を図 2-3.1 に示す。

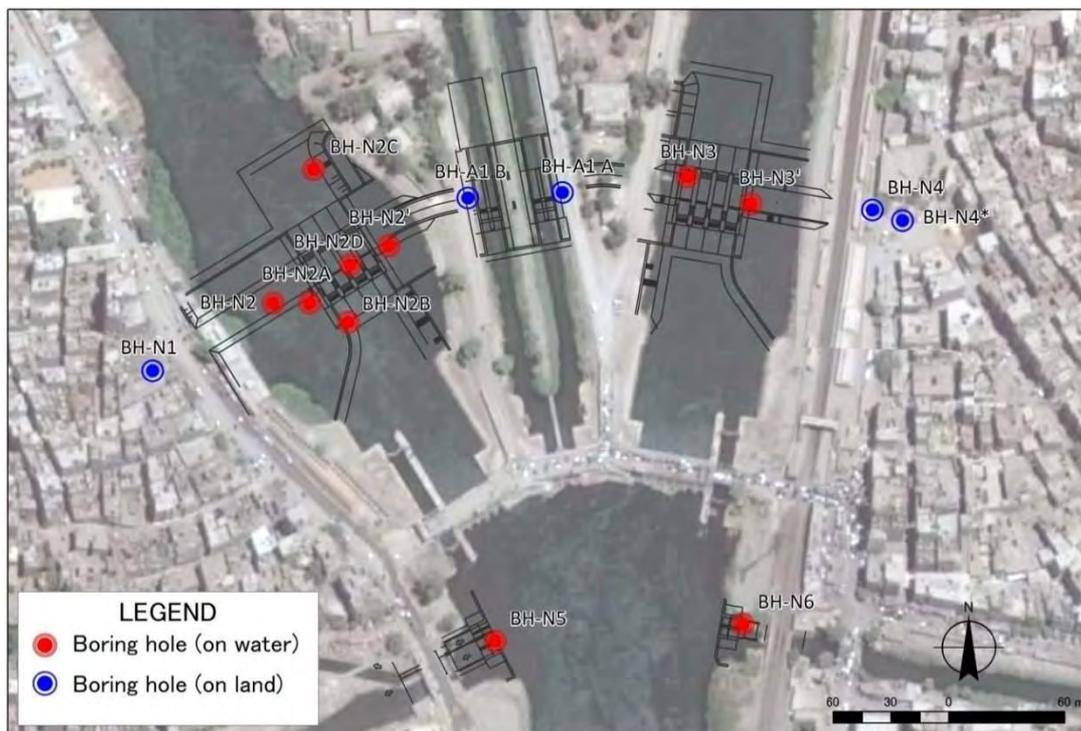


図 2-3.1 地質調査（ボーリング孔）位置図

b) ボーリング柱状図

新バハルヨセフ堰～新イブラヒミア堰間の地質縦断図および SPT 試験結果を図 2-3.2～図 2-3.4 に、各調査地点の柱状図を図 2-3.5～図 2-3.19 に示す。計画地の地質構成（層相）は、上位に 10m 程度のシルト層があり、下位に向かいシルトから砂層へ、さらに孔底付近で細礫または中礫を挟む粗砂とへ漸移する。上層のシルト層はその層相から、最も新しい γ または δ -Neo-Nile 部層（または γ -Neo-Nile シルト）に対比可能であり、下位に続く砂層～礫層は後期更新世以降の海進に伴う Neo-Nile 層の堆積シーケンス と看做される。

なお、バハルヨセフ堰下にはこの Neo-Nile 層を切り、埋める形で、レンガ片などを含む軟弱層（未固結シルト～粘土、埋戻し土）が認められる。これらは、何れも最下部の未固結の貝殻混じりシルト層により、上・下 2 層に区分される。

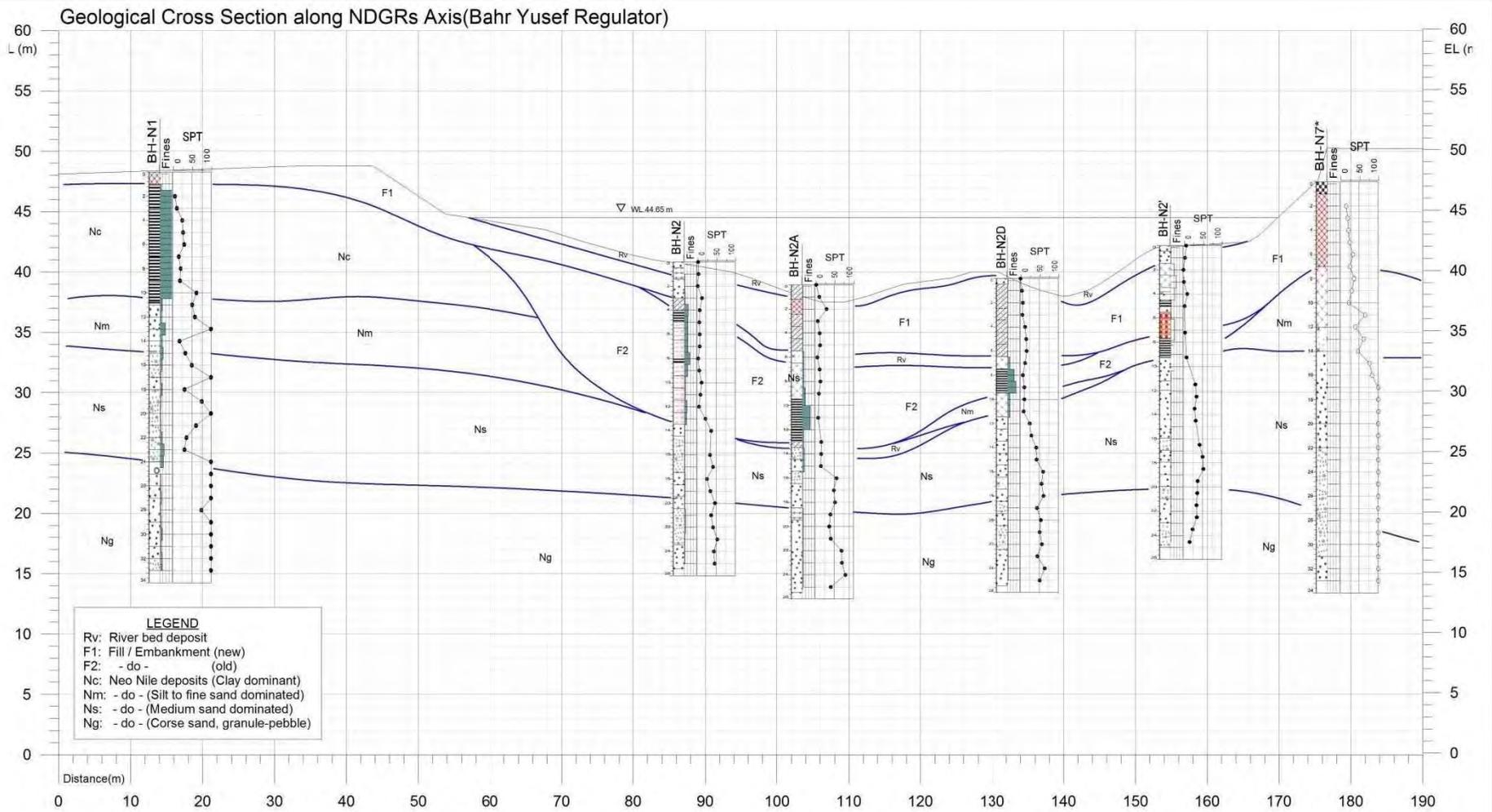


図 2-3.2 地質断面図 (バハルヨセフ堰)

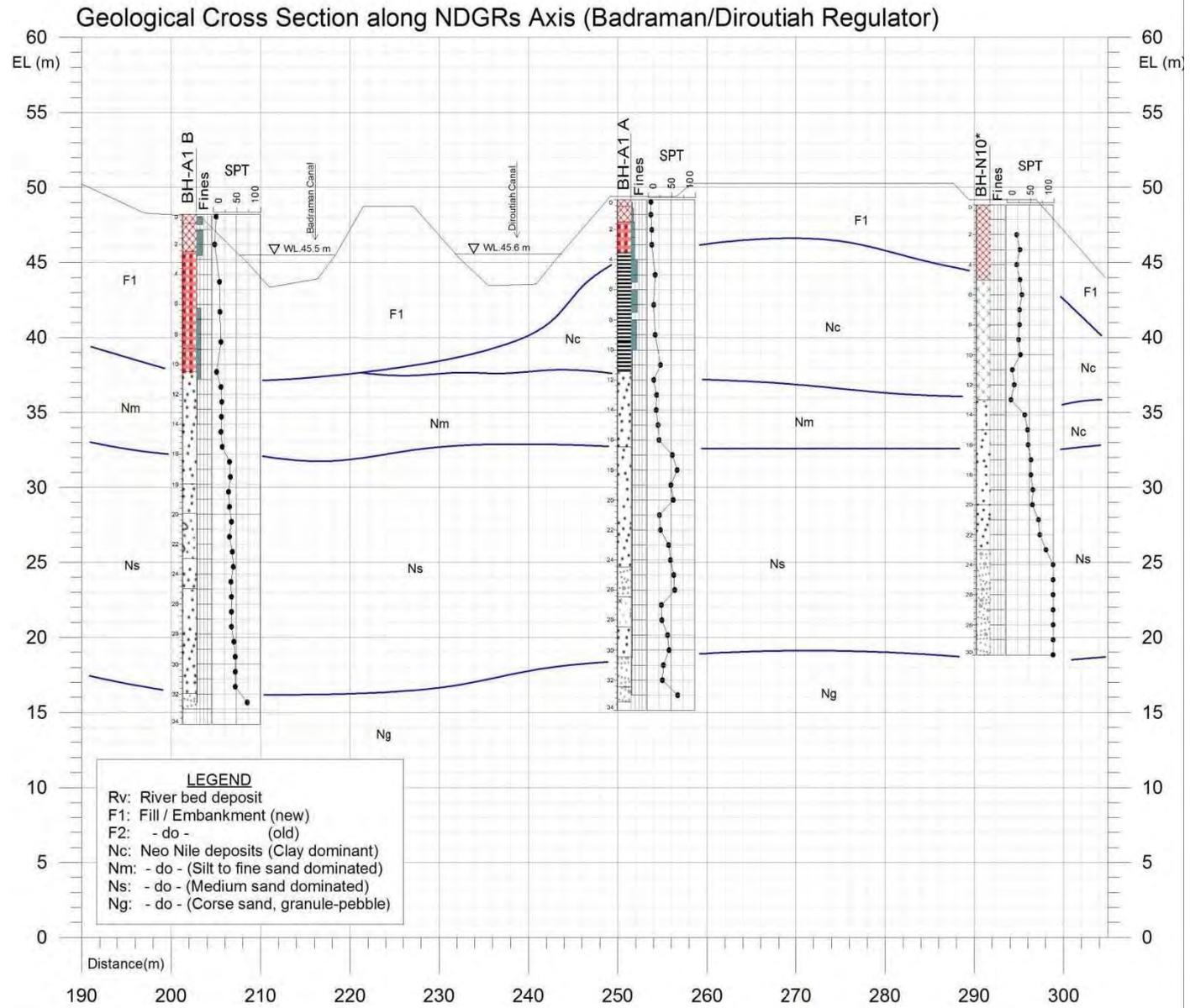


図 2-3.3 地質断面図 (バドラマン～ダイルーティア堰)

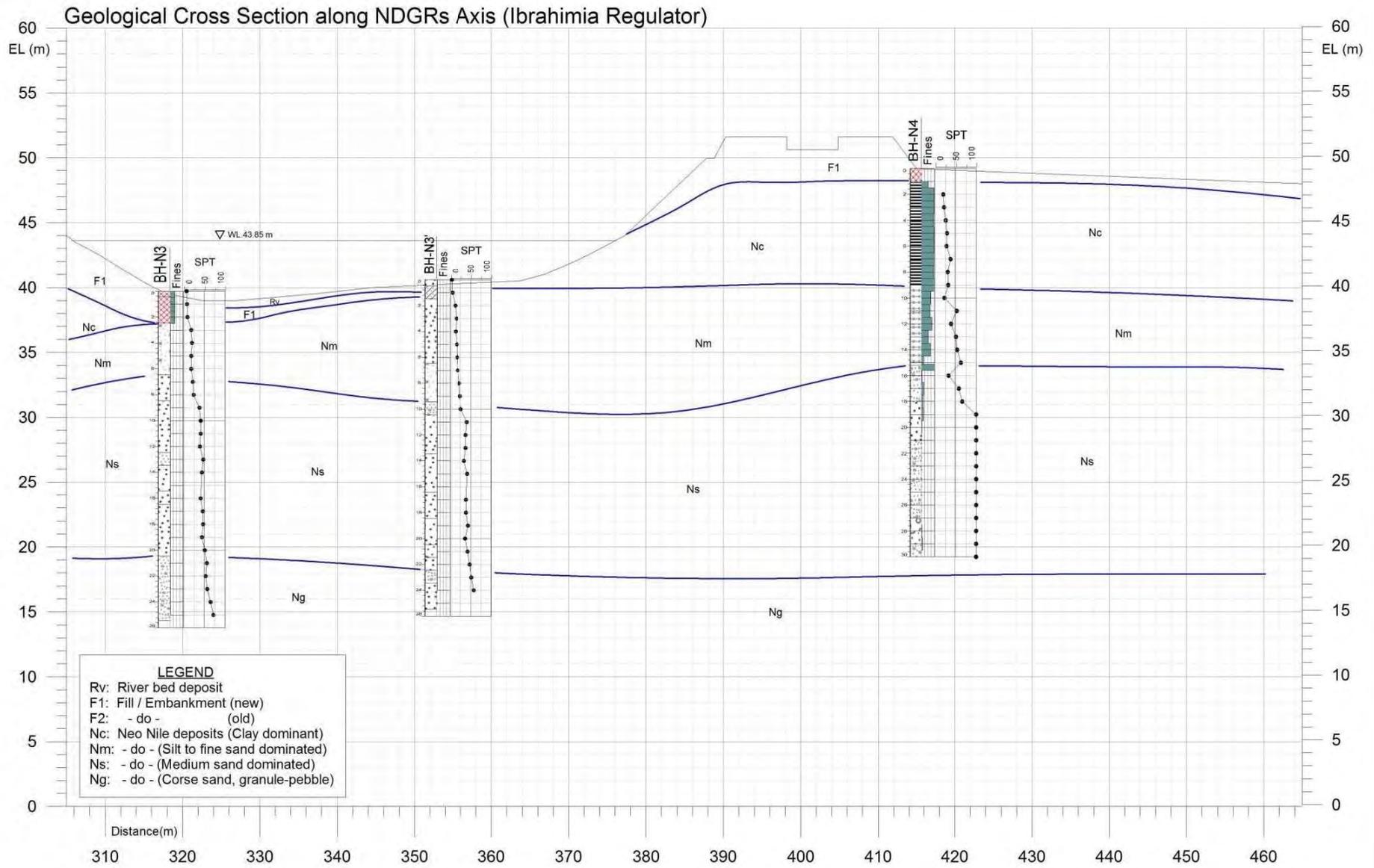


図2-3.4 地質断面図 (イブラヒミア堰)

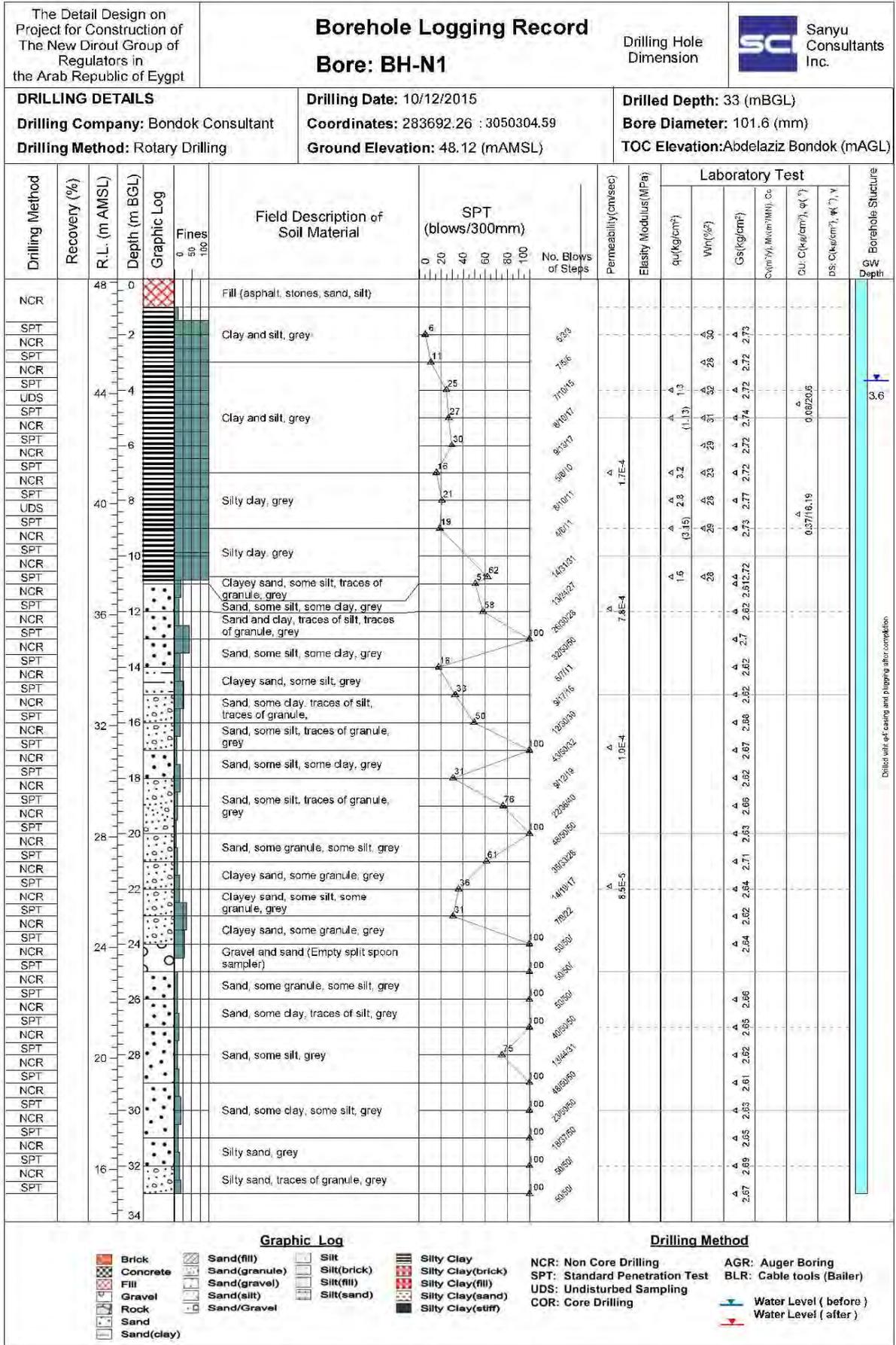


図 2-3.5 柱状図 (BH-N1)

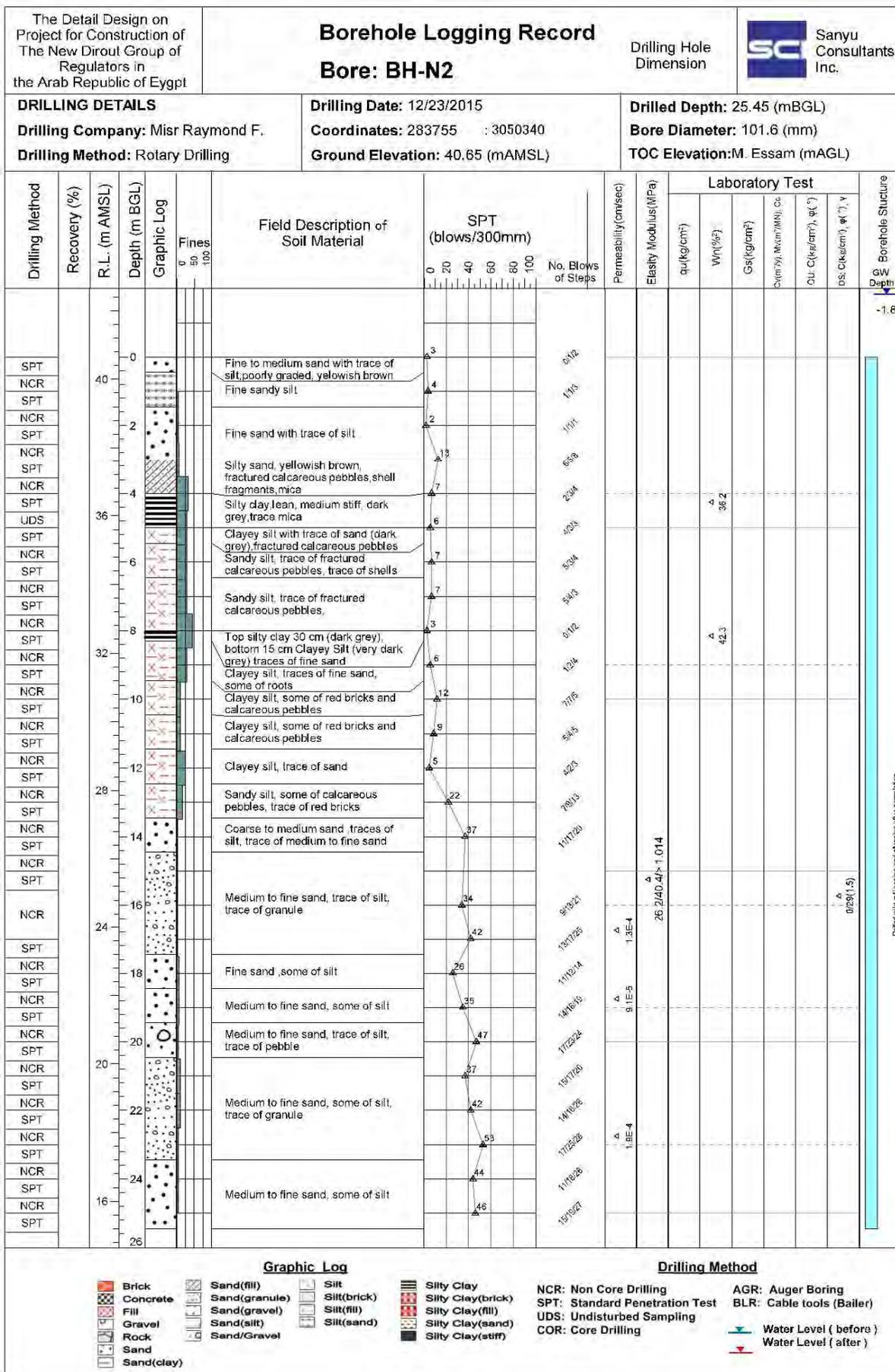


図 2-3.6 柱状図 (BH-N2)

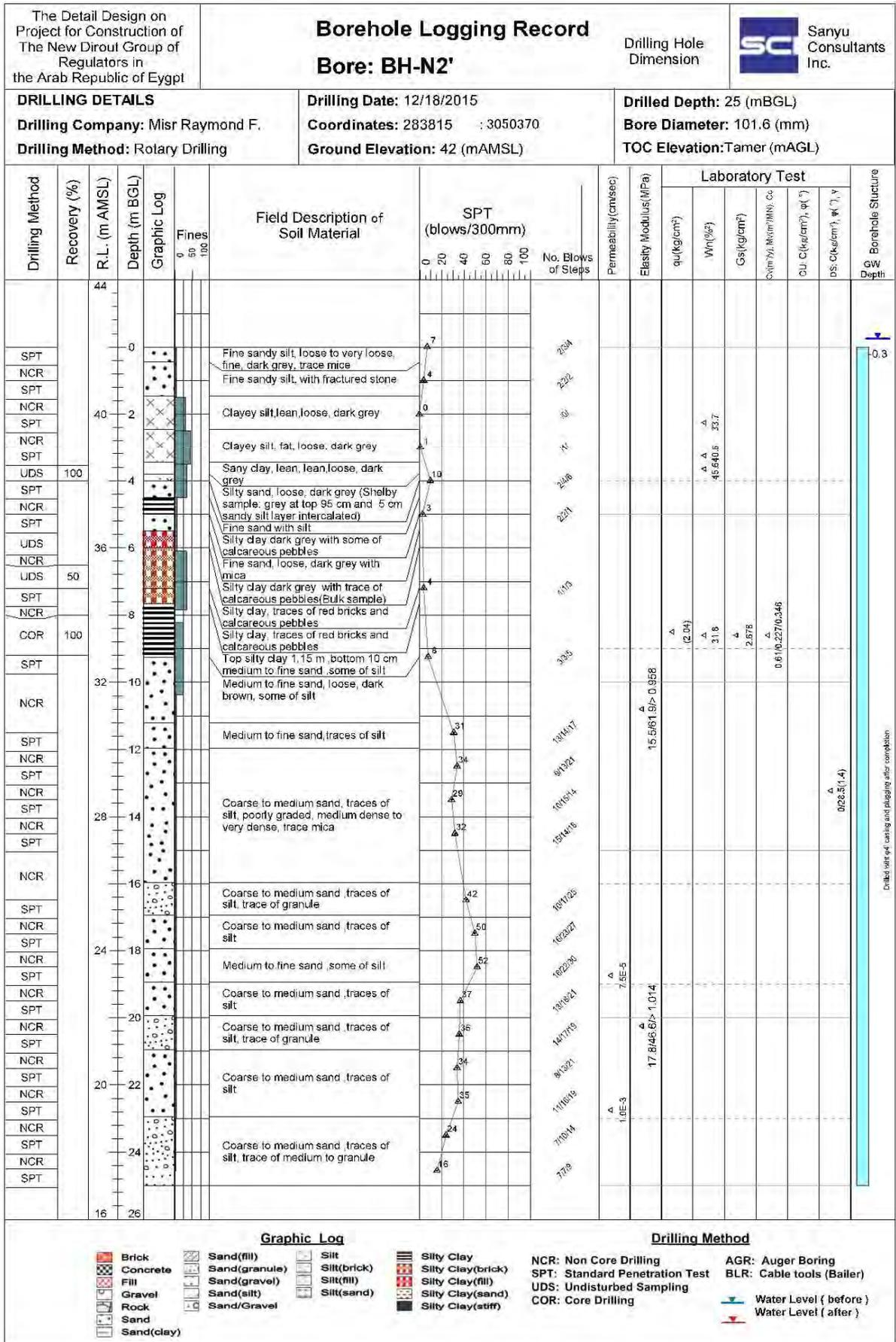


図 2-3.7 柱状図 (BH-N2')

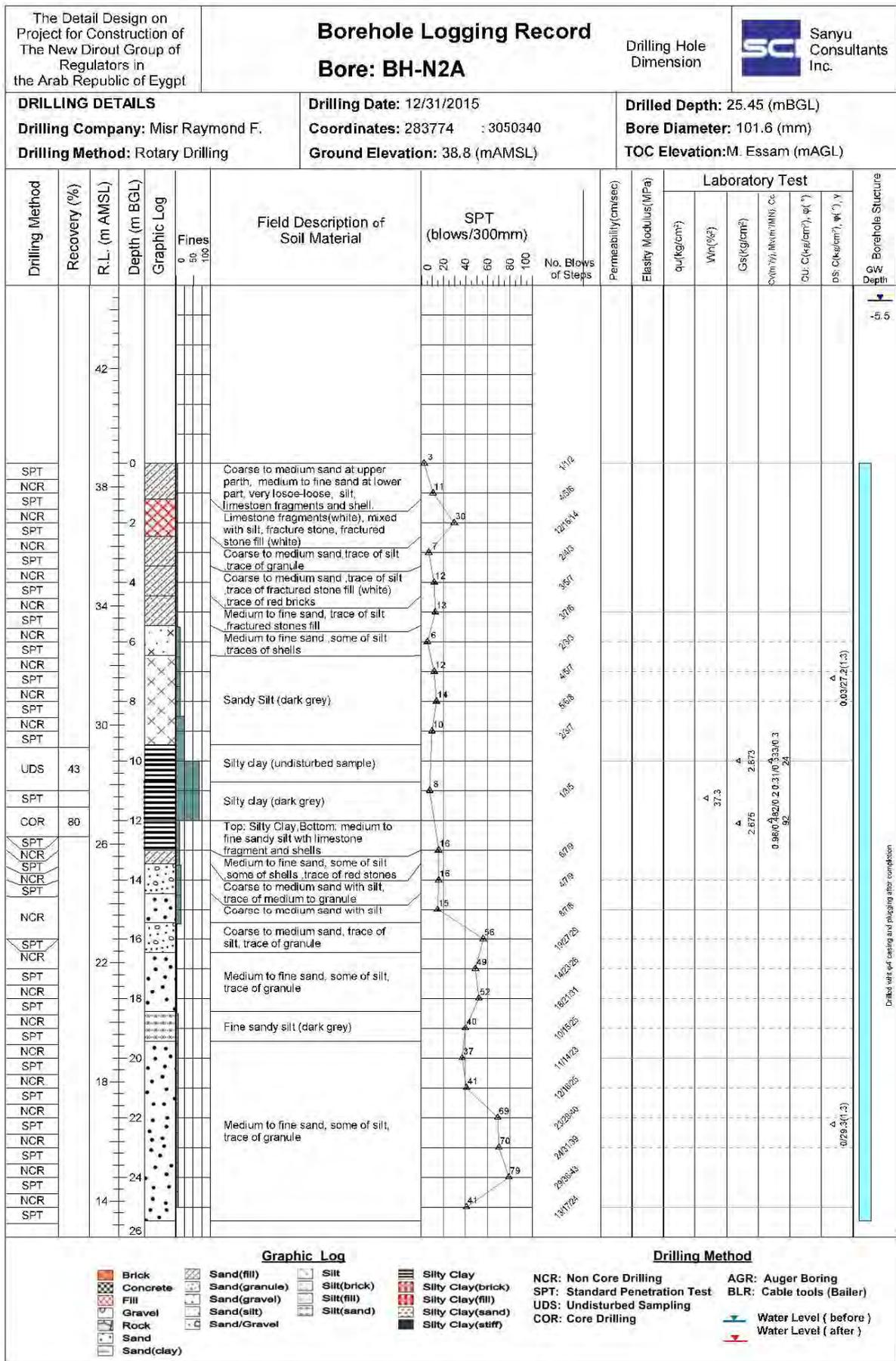


図 2-3.8 柱状図 (BH-N2A)

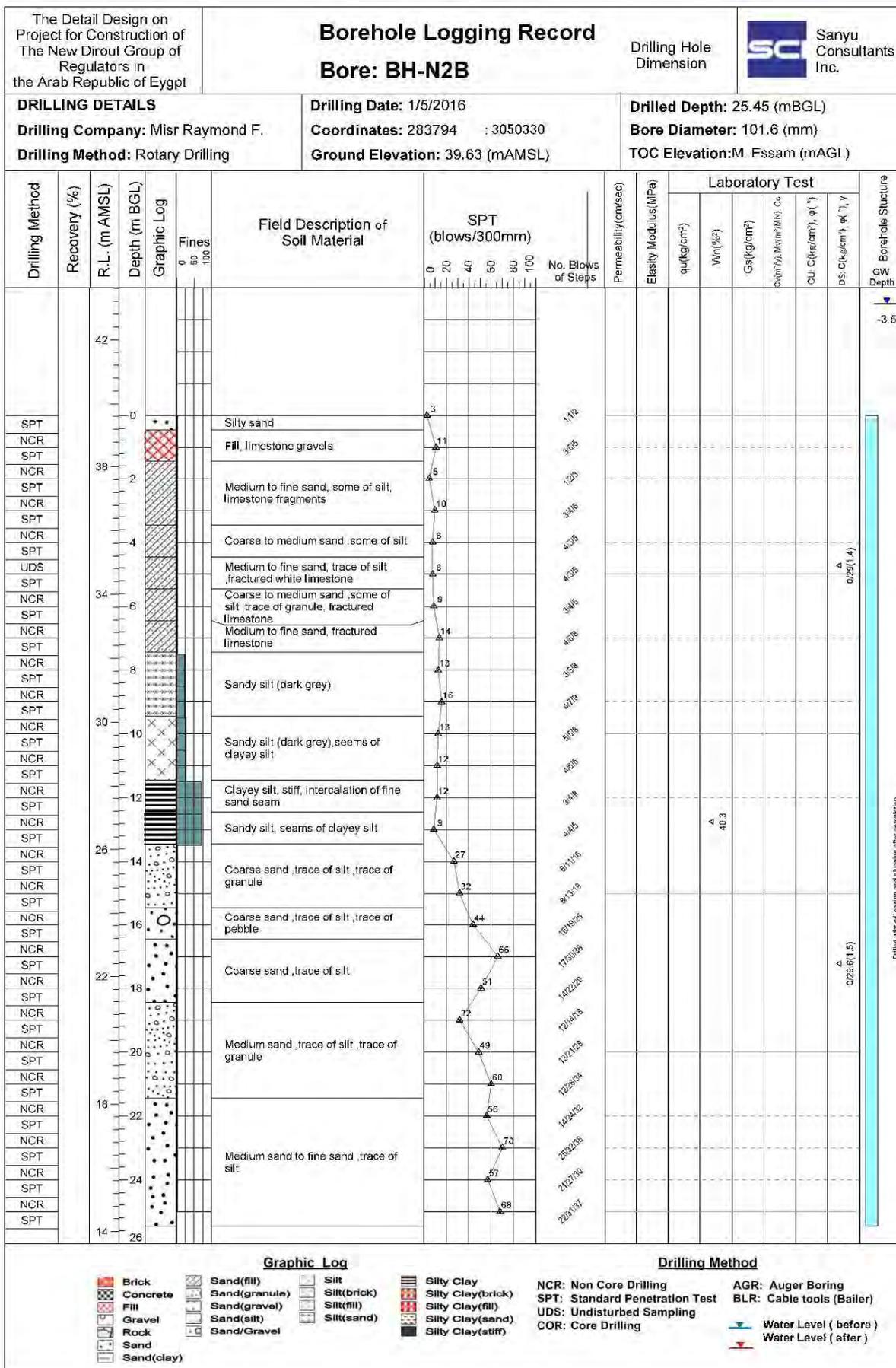


図 2-3.9 柱状図 (BH-N2B)

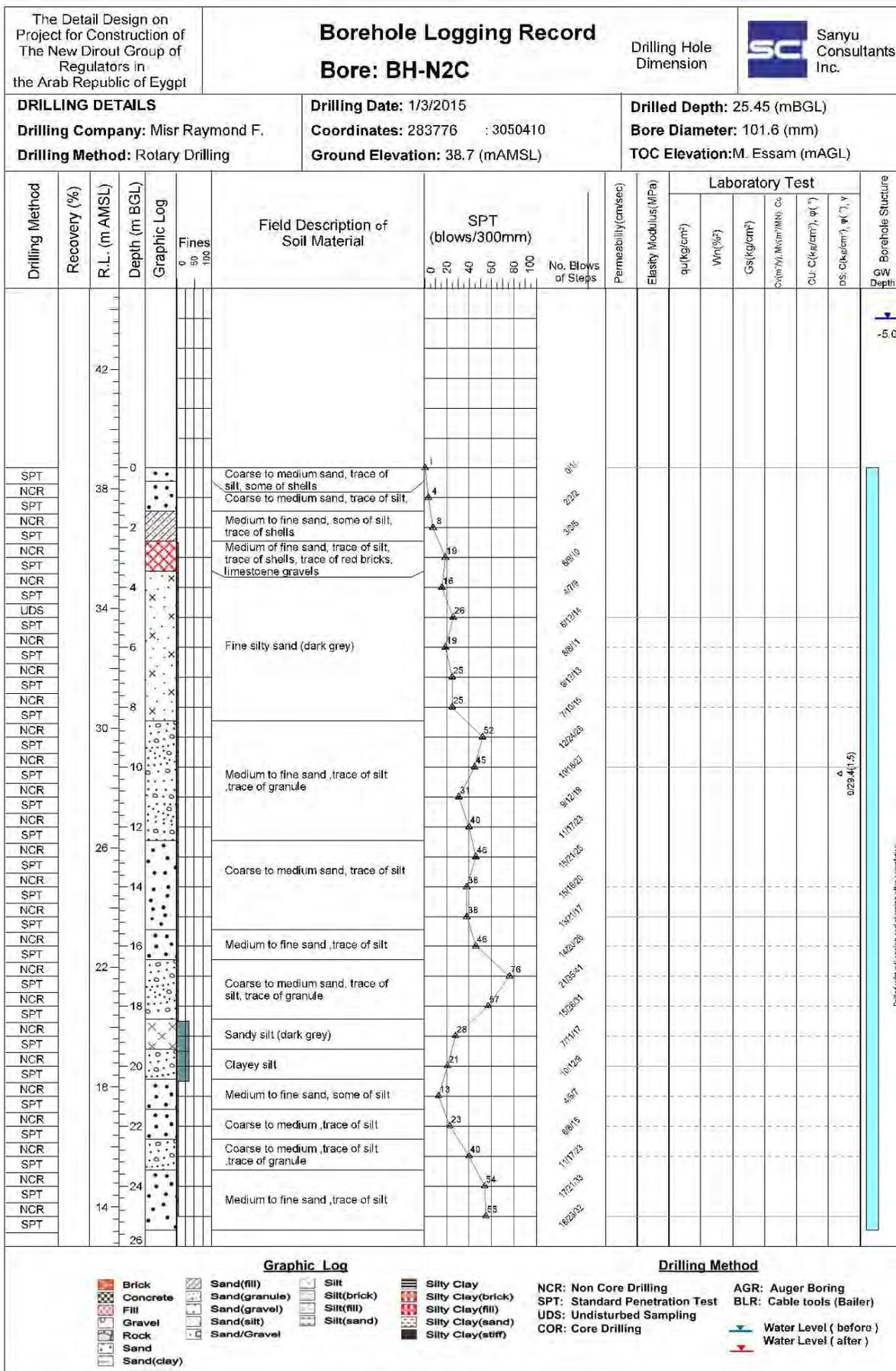


図 2-3.10 柱状図 (BH-N2C)

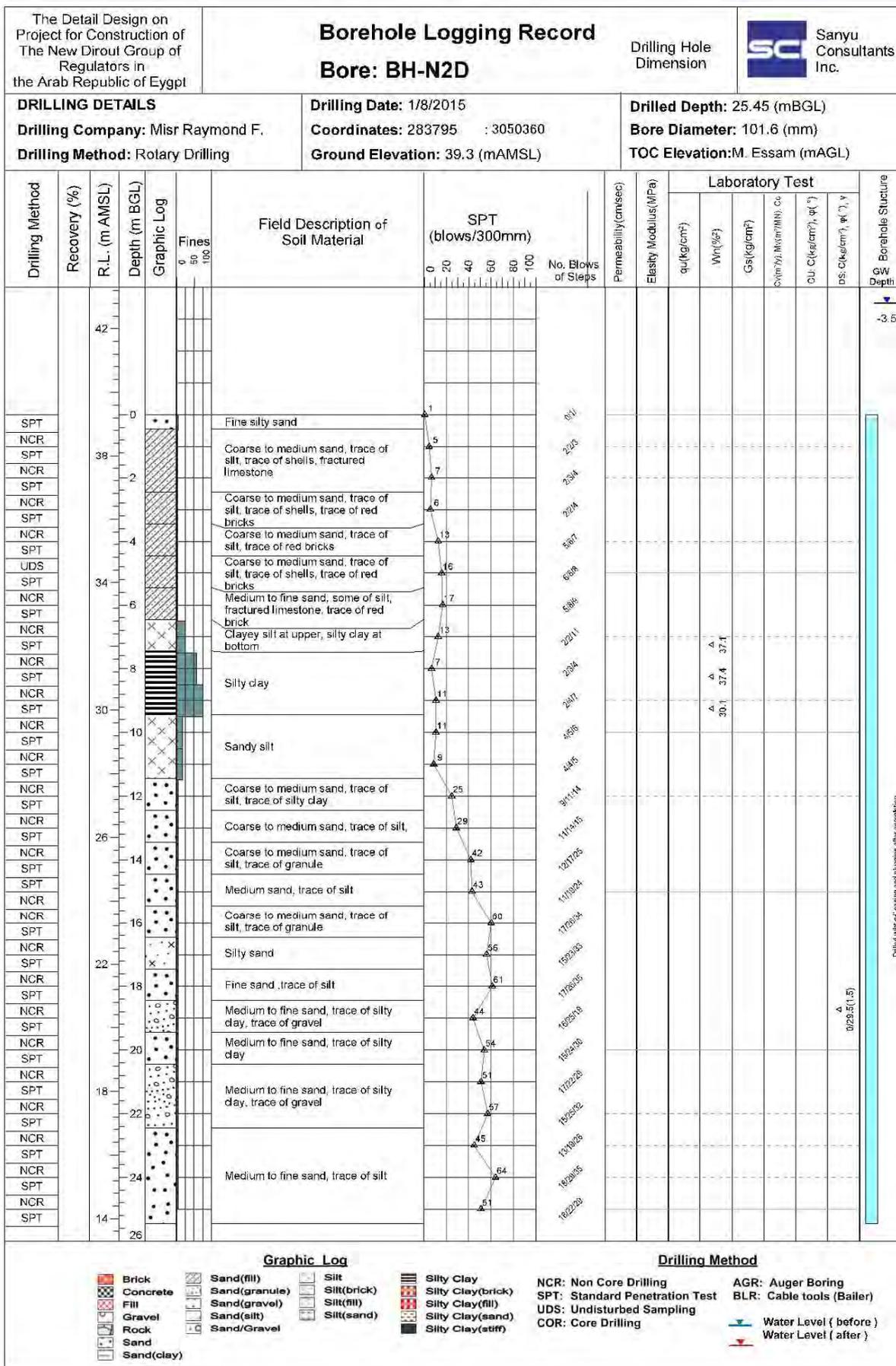


図 2-3.11 柱状図 (BH-N2D)

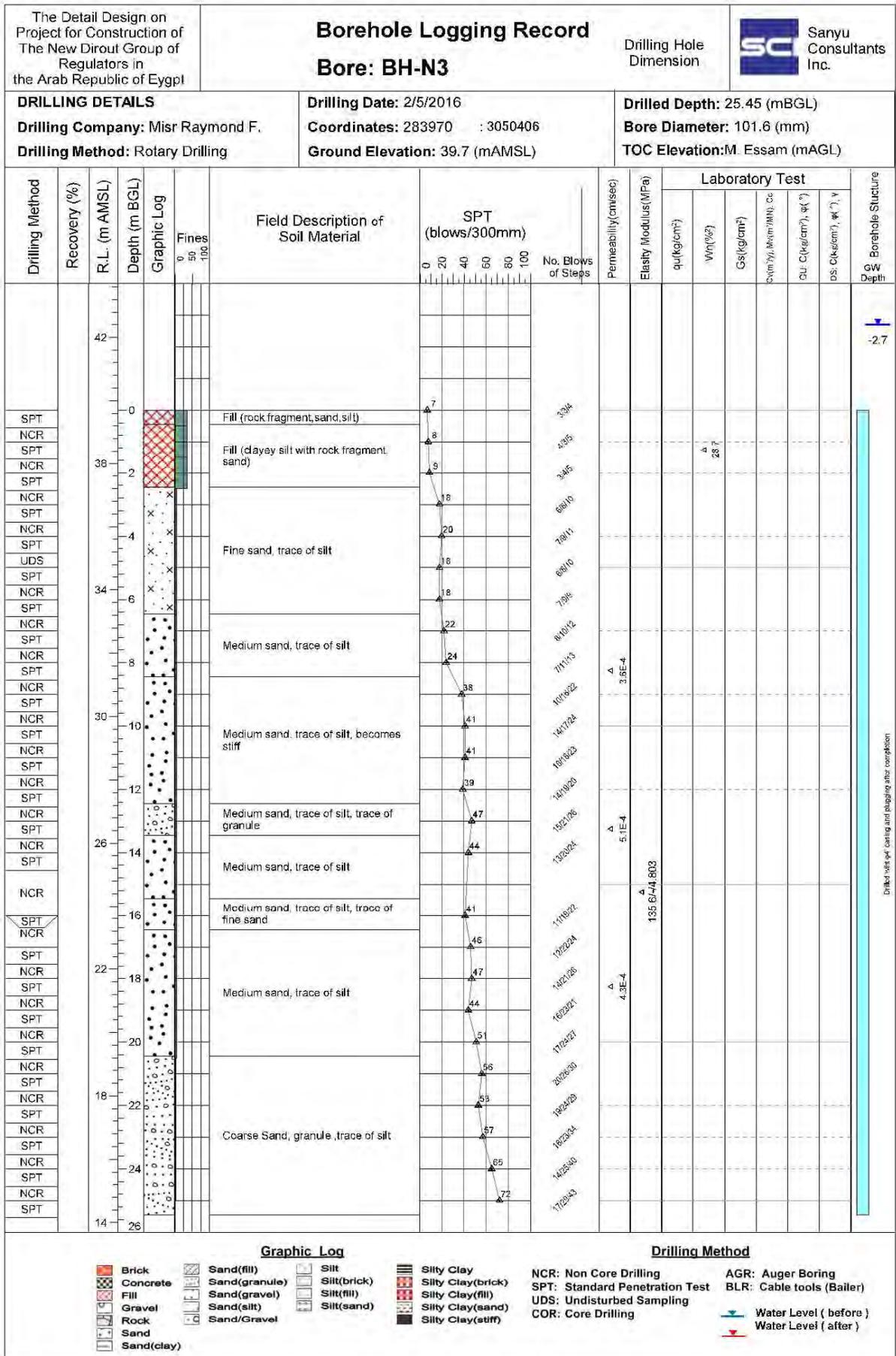


図 2-3. 12 柱状図 (BH-N3)

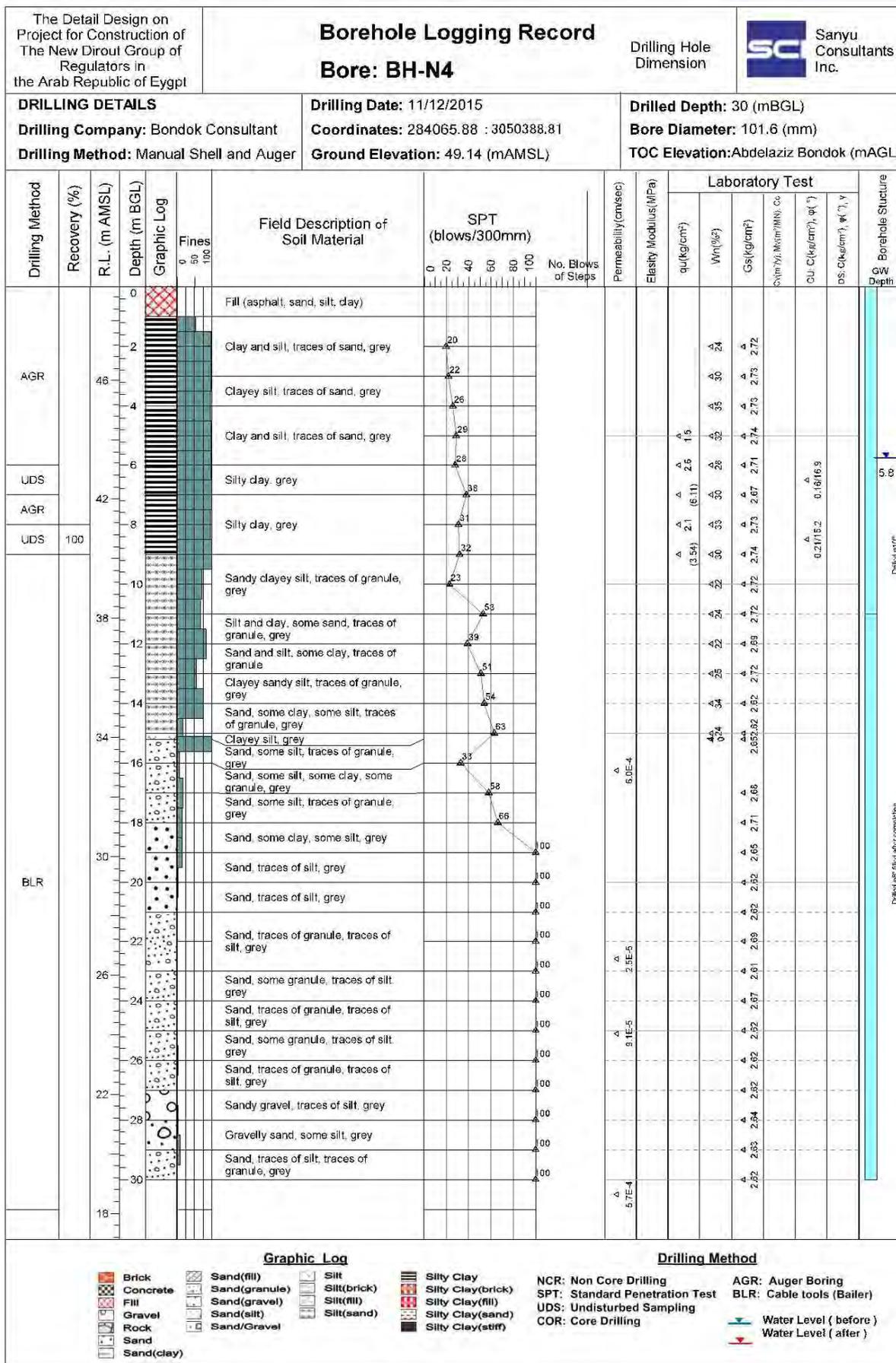


図 2-3. 14 柱状図 (BH-N4)

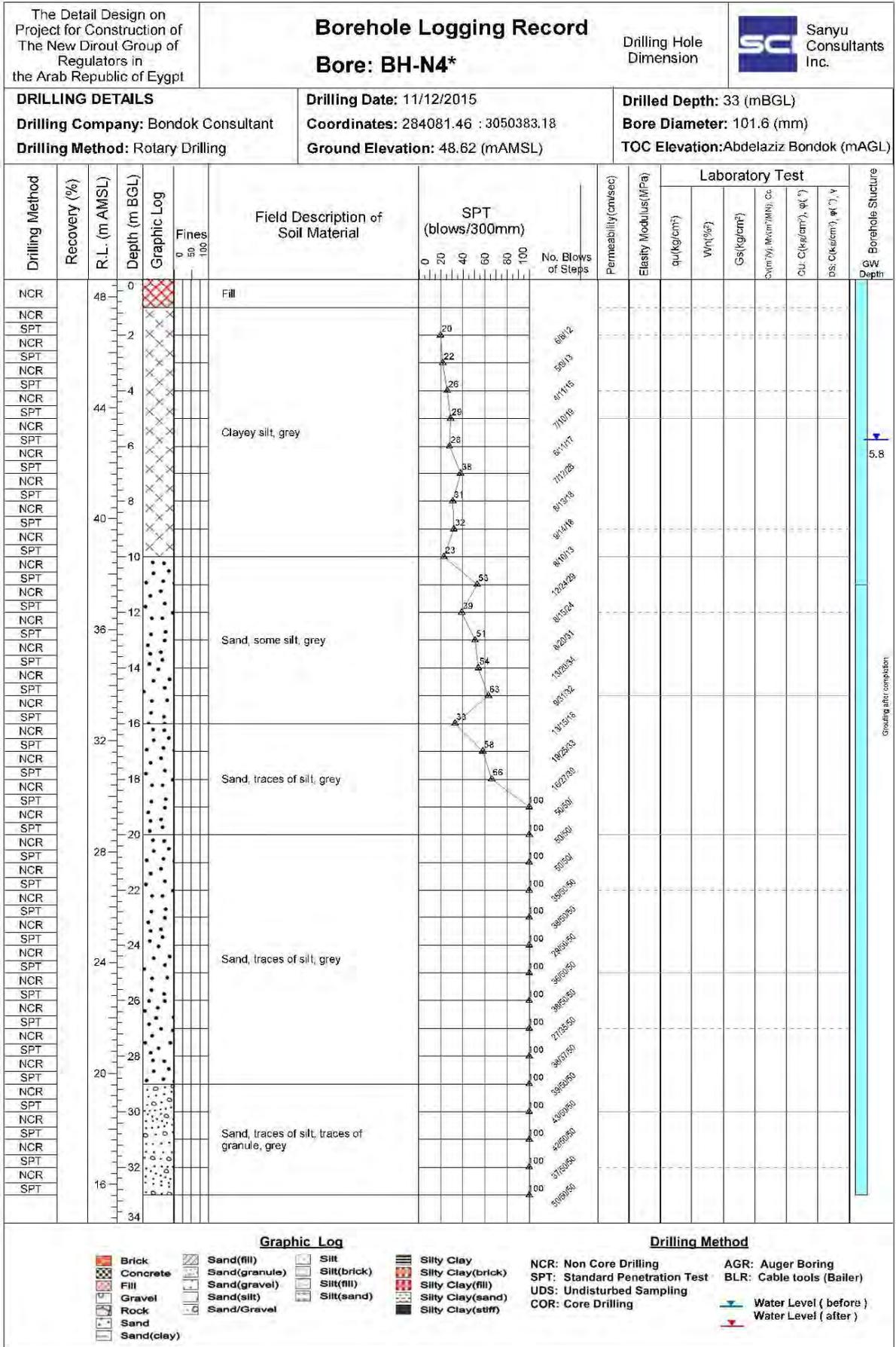


図 2-3.15 柱状図 (BH-N4*)

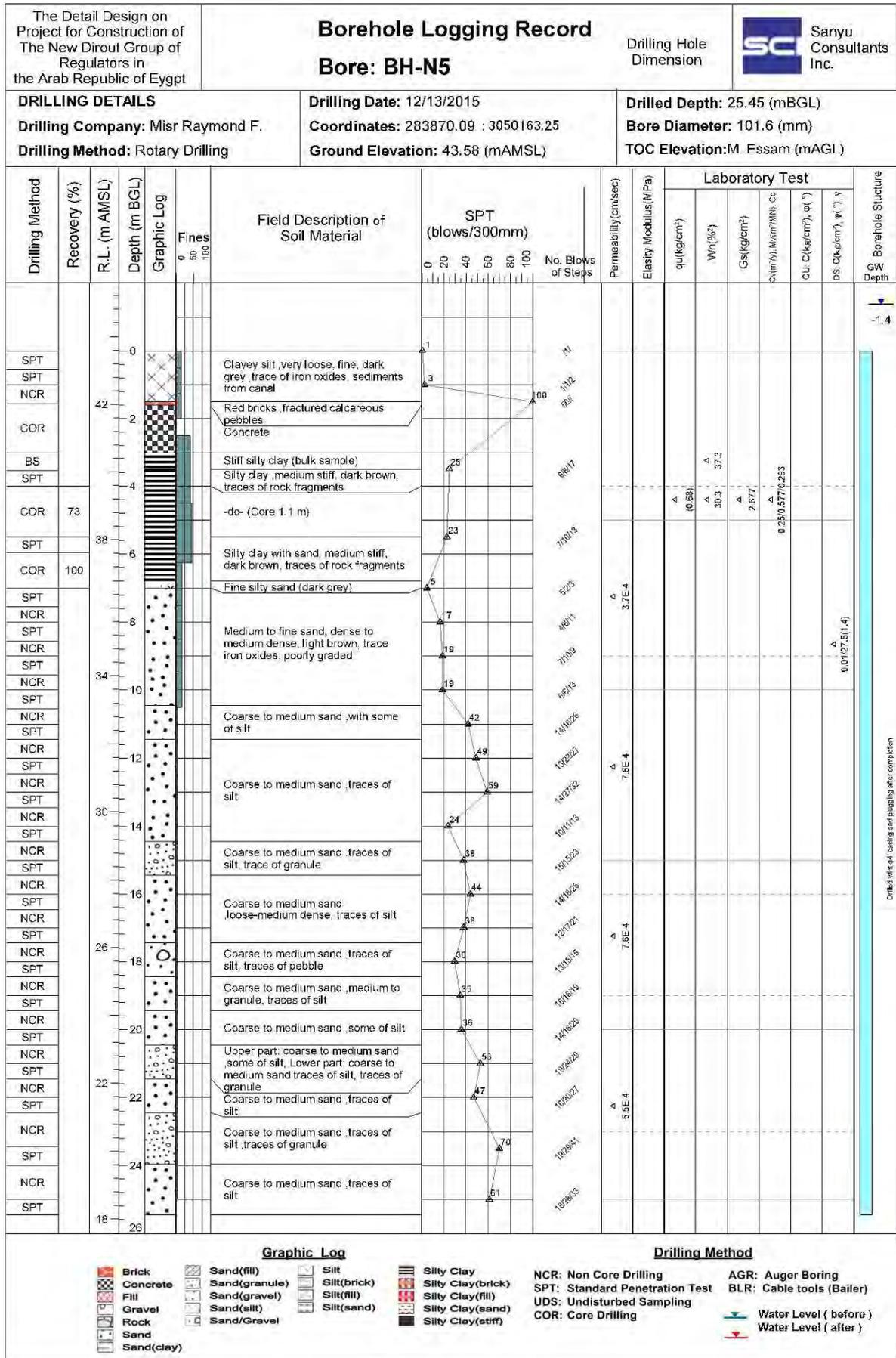


図 2-3.16 柱状図 (BH-N5)

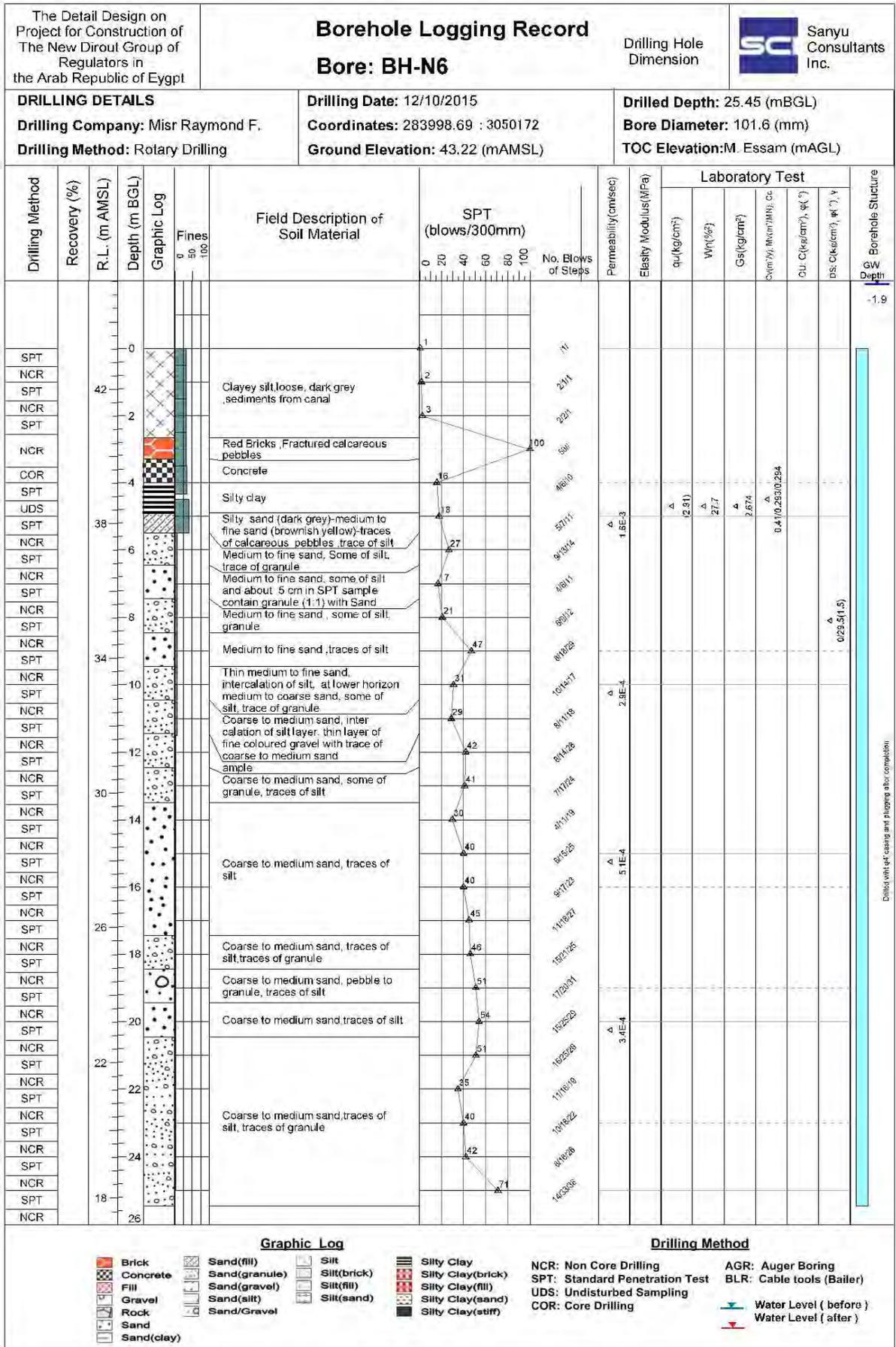


図 2-3.17 柱状図 (BH-N6)

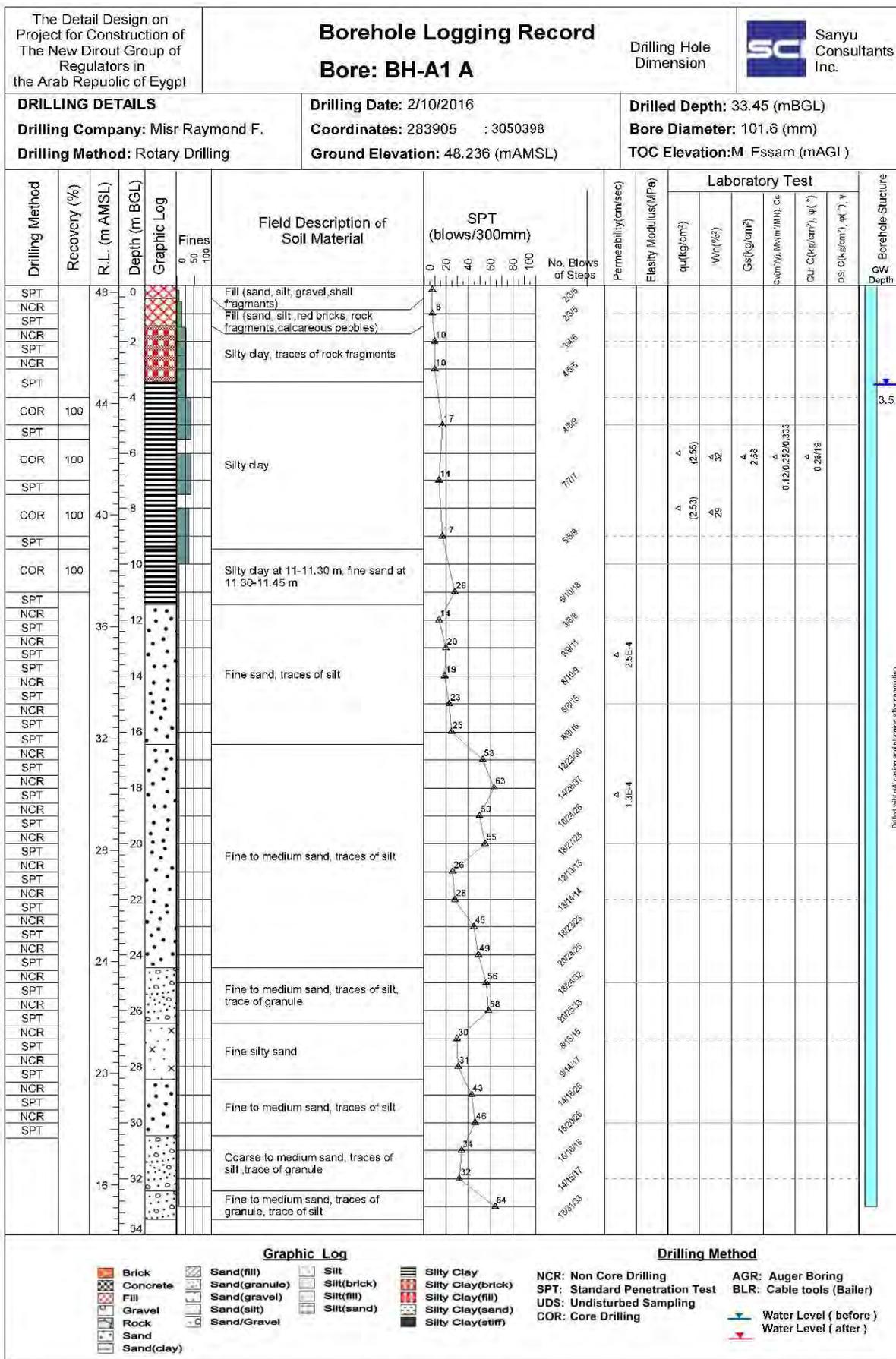


図 2-3. 18 柱状図 (BH-A1A)

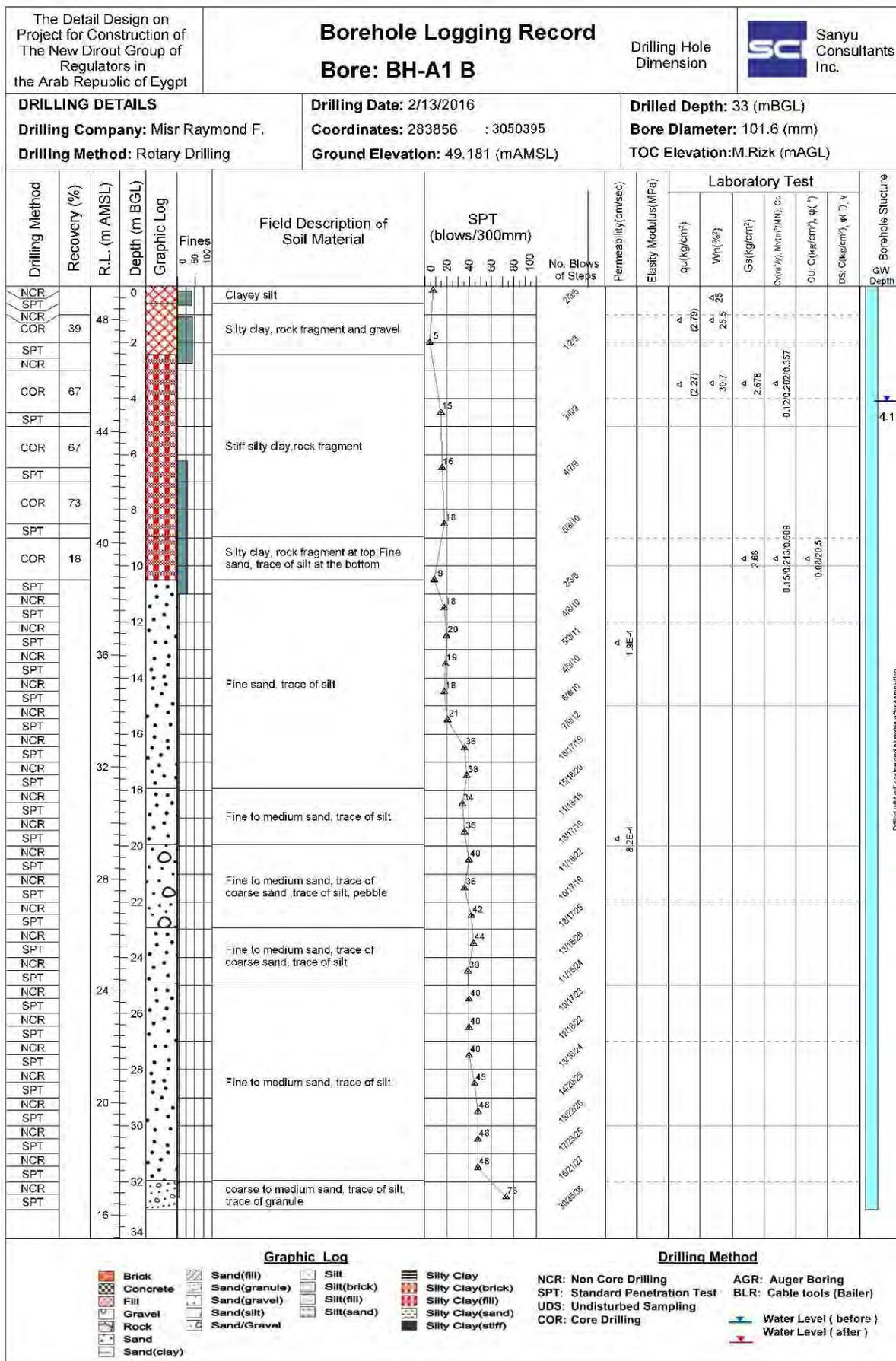


図 2-3.19 柱状図 (BH-A1B)

3. 水理計算

3-1 目的

新堰の設置に伴う各水路区間において、設計条件として与えられた有効利用可能水頭（上流設計高水位 US.HWL-下流設計高水位 DS.HWL）での水路流下能力の検証を目的に不等流計算を実施する。

検証方法は、設計最大流量 Q_{max} を下流設計高水位 DS.HWL で流下させた場合に、上流設計高水位 US.HWL 以下となることを確認する。

3-2 水理計算（不等流計算）

(1) 計算手法

不等流の水面追跡は、不等流の基礎方程式を解くか又は逐次計算法及び図解法によって求められる。

この場合の計算は、既知の点を始点として常流の場合は上流へ、射流の場合は下流へ向かってそれぞれ計算を進める。

逐次計算法は、既知点から順次次の点の水深を仮定し、ベルヌーイ(Bernoulli)の定理を適用してエネルギーの照合を行いつつ計算を進める方法であり、任意断面で常流、射流の区別なく、また、摩擦以外の損失も計算できる等メリットが多く、電子計算機を使用して最も広く行われている方法である。

水路を適当な計算区間に分割して、境界条件が与えられた地点から、区間ごとにベルヌーイの定理が成立するように順次水面形を求める方法である。図 3-2.1 の I、II 断面にベルヌーイの定理を適用すると、下式を得る。

$$h_1 + \frac{\alpha \cdot v_1^2}{2g} + z_1 + h_f = h_2 + \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2g} + z_2$$

$$h_f = \frac{Q^2 \cdot l}{2} \left(\frac{n_1^2}{R_1^{4/3} A_1^2} + \frac{n_2^2}{R_2^{4/3} A_2^2} \right)$$

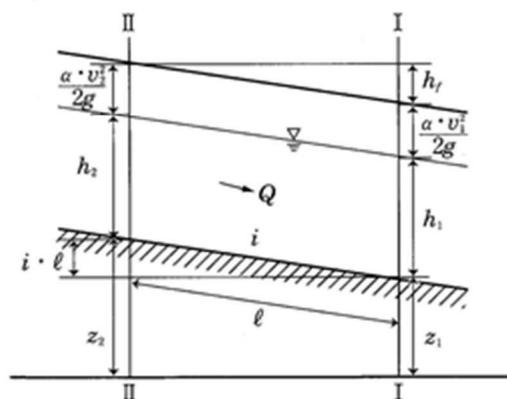


図 3-2.1 不等流計算説明図

z : 基盤面から水路底までの高さ (m)

h : 水深 (m)

Q : 流量 (m^3/s)

v : 流速 (Q/A) (m/s)

i : 水路底勾配

h_f : I、II断面で生じた水頭損失 (m)

l : I、II断面区間の斜距離 (m)

R : 径深 (m)

A : 通水断面積 (m²)

n : 粗度係数

g : 重力の加速度 9.8 (m/s²)

α : エネルギー補正係数

添字 1、2 : それぞれ断面 I、II のものであることを示す。

I断面のエネルギー線の高さが与えられた時、これにI、II断面間の水頭損失を加えたものがII断面のエネルギー線の高さになるように、II断面の水深を計算して求める。

(2) 計算結果

不等流計算による上流必要水位の検討結果を表 3-2.1 に示す。

表 3-2.1 不等流計算結果

堰名 水路名	ハ ^o ハルヨセフ	イ ^o ラヒミフ	ハ ^o トラマン		ア ^o ギ ^o ハ ^o ル		サ ^o ハ ^o リア
			ハ ^o トラマン	ダ ^o イル ^o テ ^o イ ^o	ア ^o ギ ^o ハ ^o ル	イ ^o ラ ^o テ ^o ル ^o ガ ^o ウ	
Qmax	227 m ³ /s	186 m ³ /s	9 m ³ /s	12 m ³ /s	7 m ³ /s	9 m ³ /s	5 m ³ /s
DS. HWL	45.82 m	45.13 m	45.90 m	45.90 m	45.90 m	45.90 m	45.90 m
上流必要水位	46.00 m	45.22 m	45.96 m	45.95 m	45.94 m	45.95 m	45.93 m
US. HWL	< 46.30 m	< 46.30 m	< 46.30 m	< 46.30 m	< 46.30 m	< 46.30 m	< 46.30 m
判定	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

4. 堰軸位置の決定

4-1 堰軸位置検討経緯

(1) F/S 時における新堰群位置の検討

2010年に実施したF/Sでは、新堰群の位置を以下のとおり概略検討および詳細検討の二段階に分けて検討された。

1) 1st Step: 概略検討

大局的な視点から、以下の3案について比較検討した。

- A案: 既存堰補修案
- B案: 上流新設案
- C案: 下流新設案

概略検討の結果、新堰群はC案（下流新設案）が適切であると判断された。

2) 2nd Step: 詳細検討

概略検討結果に基づき、以下の点に留意して詳細位置の検討を行った。

- 周辺の土地利用状況に留意し、新堰群建設用地が十分に確保されること。
- 分水堰としての機能を効果的に発揮すると共に、維持管理が容易に行えること。
- 新堰群建設により既存堰に影響を及ぼさないこと。
- 上流側に位置するサヘリアおよびアボギヤバル堰では堆砂により取水障害が生じているため、これを避ける位置を選定すること。

以上に配慮し、以下の3案について比較検討を行った。

C-1案: 既存堰群から約100m下流位置。
なお、サヘリアおよびアボギヤバル堰は既存堰の前面位置。

C-2案: 既存堰群から約140m下流位置。
なお、サヘリアおよびアボギヤバル堰は既存堰の前面位置。

C-3案: 既存堰群から、バハルヨセフおよびバドラマン堰は600m下流位置、イブラヒミア堰は1,000m下流位置。なお、サヘリアおよびアボギヤバル堰は既存堰の前面位置。

上記3案の比較検討結果を次ページに要約する。(○印: 利点、×印: 欠点)

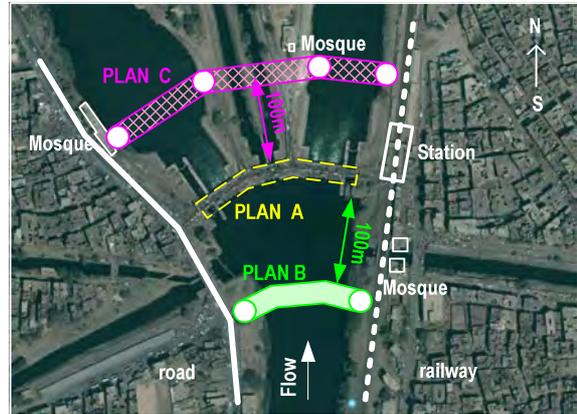


図 4-1.1 新堰群概略検討位置図



図 4-1.2 新堰群詳細検討位置図

C-1 案: 下流約 100m 位置

- 新堰群の分水機能および構造安定性、並びに施工性が優れている。
- × 一方、バハルヨセフおよびイブラヒミア堰の施工時に設置する仮締切が既存堰群に抵触し、舟通しやエプロンの取り壊しが生じる。(これは、既存堰群を歴史的建造物として保存する先方機関の意向に反するものである。)

C-2 案: 下流約 140m 位置 (採用案)

- C-2 案と同様に、新堰群の分水機能および構造安定性、並びに施工性が優れている。
- 更に、バハルヨセフおよびイブラヒミア堰の施工時に設置する仮締切が既存堰群に抵触しない。

C-3 案: 下流約 600 - 1,000m 位置

- 140m よりも更に下流の位置を選定する場合、民家の密集地域を避けるため下流約 600 ~1,000m 位置となる。
- × 堰に設ける管理橋の線形が不連続となるため各堰への往来に時間を要し、維持管理が煩雑になる。
- × 各新堰が上流の分水地点 (既存堰) から遠いため、各新堰のゲート操作の影響が時間差で相互作用し、水変動による不安定な湛水面が形成される。そのため、ゲート操作の困難が懸念されると共に、安定的な分水が出来ない。
- × 更に、既存堰群の下流 140m位置よりも下流では、用水路の周辺標高が下がる傾向にあるため、新堰から分水地点までの湛水に対して用水路堤防の嵩上げが必要となり、建設費の増大と周辺環境への悪影響が生じる。

3) F/S 時の結論

詳細検討の結果、新堰群は既存堰群の約 140m 下流 (ただし、サヘリアおよびアボギャバル堰は既存堰の前面位置) に建設することが適切であると判断され、2010 年 3 月 30 日に TAC で承認された。

(2) 基本設計段階における追加検討要請

本「詳細設計調査」の基本設計段階において、WG 内での協議を進める中、エジプト側 WG メンバーから、施工時における既存堰群に対する影響等を勘案した下流 150m 案が提示された。調査団は、この提案を受け、F/S 時に承認された既存堰群の 140m 下流案と 150m 下流案の追加比較検討を実施することを了承した。

4-2 堰軸位置の決定

追加検討結果より、新堰群は既存堰群の 140m 下流 (ただし、サヘリアおよびアボギャバル堰は既存堰の前面位置) に建設することが妥当であると第 6 回 TAC 会議で決定された。

1) 既存堰群に対する影響

新堰群の建設期間中に既存堰群の基礎に与える影響として、既存堰群底面から施工ヤードへのパイピングおよび浸透が懸念される。しかしながら、これらは止水堤防 (仮締切) として鋼矢板二重締切工法を採用し、必要な根入れ長 (深) を確保することにより防ぐことが出来る。なお、日本の設計基準によれば、浸透に対する安全性は次式で検討される。

$$F = L1/h1 \text{ and } L2/h2 \geq Fs$$

ここに、

L1, L2: 浸透路長

h1: 水深

h2: 水面から施工ヤードまでの距離

F: 安全率

Fs: 必要安全率

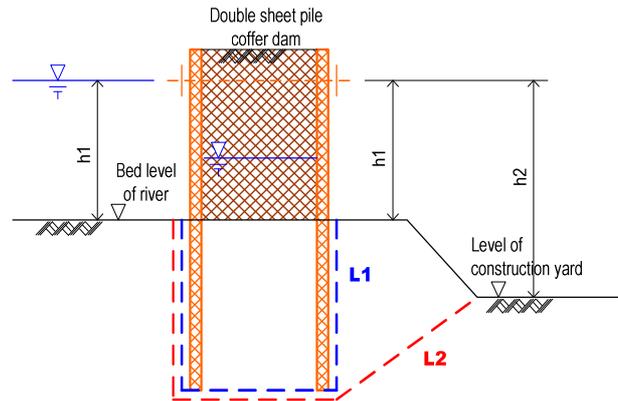


図 4-2.1 計算模式図

我が国の無償資金協力事業によりバハルヨセフ用水路沿いに整備された 4 つの堰の施工においても仮締切として二重鋼矢板締切工法が採用されたが、パイピングや浸透などは認められていない。また、仮締切はそれぞれ既存堰に隣接して設けられたが、既存堰の安定性にはなんら影響を及ぼさなかった。

従って、新堰群を建設することにより既存堰群にパイピングや浸透などの悪影響を及ぼさないものと考えられる。しかしながら、施工期間中の既存堰群の安定性をモニターする予定である。

2) 地下水に与える影響

F/S 時に採用された下流 140m 案 (Plan 1) と新たに提案された下流 150m 案 (Plan 2) を周辺の地下水に与える影響を比較検討した結果、堰群上流の湛水域が小さい下流 140m 案が下流 150m 案よりも影響が少ないことから、下流 140m 案が有利であると判断される。

3) 総合評価

地下水に与える影響以外の項目について比較検討した結果は表 4-2.1 の一覧表に示すとおりであるが、下流 140m 案が下流 150m 案よりも総合的に優れている。

表 4-2.1 下流 140m 案と下流 150m 案の比較検討結果

検討項目	Plan 1: 下流 140m 案	Plan 2: 下流 150m 案
位置図		
1. 水理特性	<p>- 新堰群の上流には湛水域が形成されるため、上流側の流速は下流側よりも遅くなることから、高速流によって既存堰に与える影響は生じない。</p> <p style="text-align: right;">Point: 2</p>	<p>- Plan 1 と同様。</p> <p style="text-align: right;">Point: 2</p>
2. 地下水	<p>- 新堰群の上流に形成される湛水域が周辺の地下水位に影響を及ぼす。(解析結果は添付図に示す。)</p> <p>- Plan 2 に比べ湛水域が小さいため、Plan 2 よりも影響は少ない。</p> <p style="text-align: right;">Point: 2</p>	<p>- 新堰群の上流に形成される湛水域が周辺の地下水位に影響を及ぼす。(解析結果は添付図に示す。)</p> <p>- Plan 1 に比べ湛水域が大きいため、Plan 1 よりも影響が大きい。</p> <p style="text-align: right;">Point: 1</p>
3. 施工	<p>- 止水堤防（仮締切）として鋼矢板二重締切工法を採用することにより浸透対策を講じる。</p> <p style="text-align: right;">Point: 2</p>	<p>- 止水堤防（仮締切）として鋼矢板二重締切工法を採用することにより浸透対策を講じる。</p> <p>- Plan 1 よりも下流側に位置することから、止水堤防延長が Plan 1 よりも最低で 20m (=10m×2、バハルヨセフおよびイブラヒミア) 長くなり、コスト高に繋がる。</p> <p style="text-align: right;">Point: 1</p>

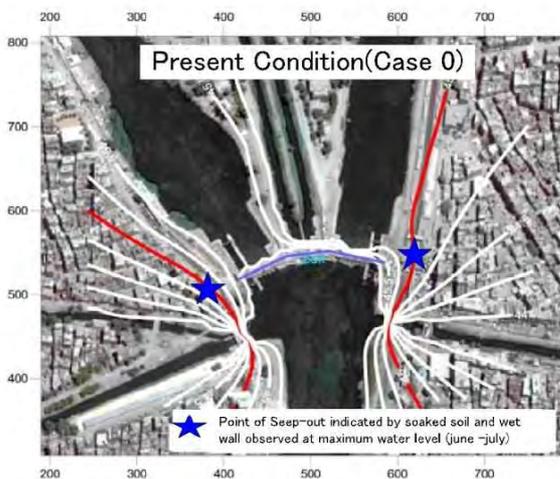
4. 周辺環境	<ul style="list-style-type: none"> - 施工ヤード内に位置する2ヶ所のモスクを移転する必要がある。 - 止水堤防がバハルヨセフ用水路下流右岸側の灌漑局敷地に隣接する地区に影響を及ぼす恐れがある。 <p style="text-align: right;">Point: 1</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 施工ヤード内に位置する2ヶ所のモスクを移転する必要がある。 - 止水堤防がバハルヨセフ用水路下流右岸側の灌漑局敷地に隣接する地区に影響を及ぼす恐れがあり、その面積はPlan 1よりも広い。 <p style="text-align: right;">Point: 0</p>
5. 総合評価	<p style="text-align: center;">Total point : 7</p> <p style="text-align: center;">適切</p> <ul style="list-style-type: none"> - 両案に水理的特性の差はほとんど無く、また、共に既存堰群に与える影響は殆ど無い。しかしながら、Plan 2に比べ止水堤防規模が小さく、その結果、Plan 2よりも工事費を低く抑えることが出来る。 - <u>新堰群は既存堰群の140m下流に設けるものとする。</u> <p style="text-align: center;">(採用案)</p>	<p style="text-align: center;">Total point : 4</p> <p style="text-align: center;">不適切</p> <ul style="list-style-type: none"> - 両案に水理特性の差はほとんど無く、また、共に既存堰群に与える影響は殆ど無い。しかしながら、Plan 1に比べ止水堤防規模が大きく、その結果、工事費がPlan 1よりも高くなる。

※1) 各項目のポイントは比較検討案の数を考慮し、最高2点とする。

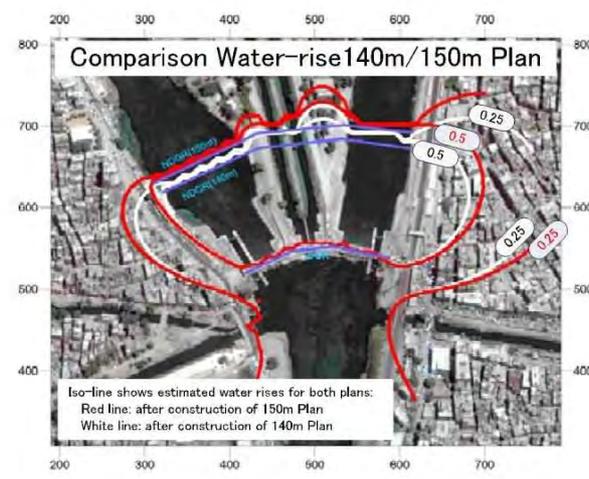
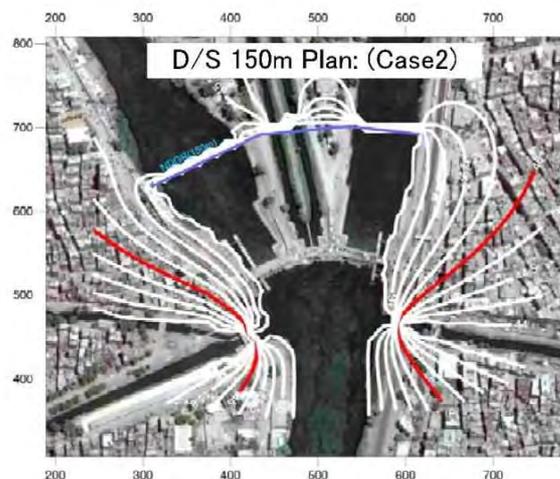
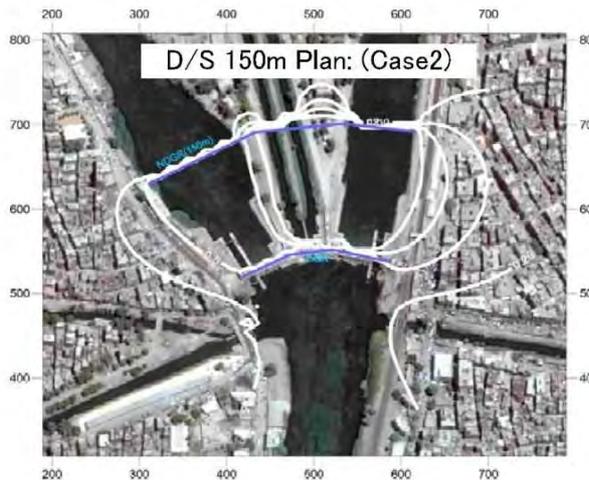
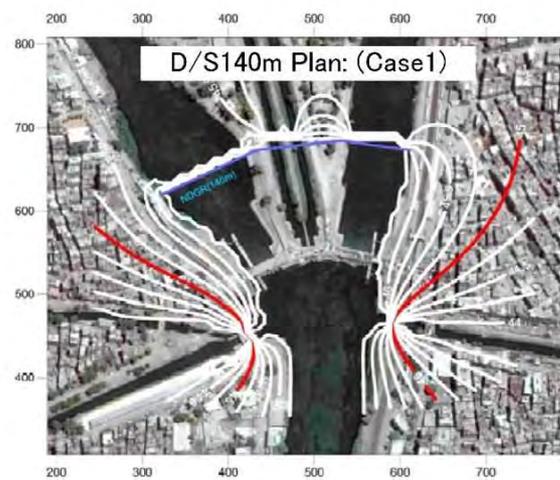
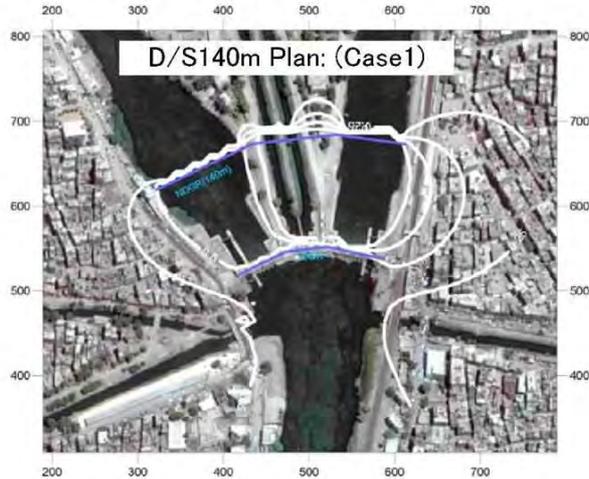
※2) 項目毎の重み付けは行わないものとする。

● 添付資料: 地下水に与える影響

Estimated Water Head (ELm)
 (at present condition, after construction
 of D/S140m & 150m Plan)



Estimated Water Rise (m)
 (after construction of D/S 140m & 150m
 Plan and thier Comparison)



5. 堰型式の決定

5-1 堰型式の決定

堰形式には、岩盤の上に直接築造するフィックス型と透水性地盤上に築造されるフローティング型に区分される。本各堰位置の地質構造は砂質地盤又は粘性地盤で構成されているため、各堰の堰形式はフローティング型となる。

フローティング型の堰設計においては、堰体基礎面の安定性やパイピング及び下流河床洗堀等の問題が生じるために、十分な検討が必要である。

5-2 ゲート形式及び巻上装置の検討

5-2-1 形状寸法

設計対象のゲート設備の形状寸法は堰本体の水理設計、構造設計の結果に基づき下記の通りとする。大規模堰群全 8 門、小規模堰群全 11 門から構成される。

表 5-2.1 大規模堰群の形状寸法

堰名	バハルヨセフ	イブラヒミア
純径間	6.00m	6.00m
扉高	6.55m	6.55m
扉体面積	39.3m ²	39.3m ²
ゲート敷高	EL40.00m	EL40.00m
ゲート天端高	EL46.55m	EL46.55m
門数	4	4

表 5-2.2 小規模堰群の形状寸法

堰名	サヘリア	バドラマン		アボギヤバル	
	サハヤ	ダイリュティア	バドラマン	イトデルカウイ	アボギヤバル
純径間	2.00m	2.00m	2.00m	2.00m	2.00m
扉高	3.55m	2.35m	2.65m	2.95m	2.95m
扉体面積	7.10m ²	4.70m ²	5.30m ²	5.90m ²	5.90m ²
ゲート敷高	EL43.00m	EL44.20m	EL43.90m	EL43.60m	EL43.60m
ゲート天端高	EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m	EL46.55m
門数	2	3	2	2	2

5-2-2 大規模堰群のゲート形式

(1) 構造形式

バハルヨセフ堰およびイブラヒミア堰は、ダイルート堰群全体の約 90%の流量を制御する重要な施設であり、ゲートの適切な選定が堰群全体の機能や将来の維持管理に大きく影響する。ゲート形式は一般に、ゲートの動き、扉体構造、放流方式や開閉機形式等により様々に分類できるが、両堰の規模、我が国およびエジプト国内の実績や信頼性等より、上下開閉式のローラゲートが適していると言える。ナガハマディ堰(ゲート純径間 17m×高さ 13.5m×7 門)や建設中のアシュート堰(ゲート純径間 17m×高さ 9.6m×8 門)ではラジアルゲートが採用されているが、いずれもナイル川本川

を横断する堰のゲートであり、ダイルート堰群とは規模や機能が異なる。近年改修されたイブラヒミア取水工（ゲート純径間 5m×高さ 5m×9 門）はローラゲートである。



図 5-2.1 ゲート設備の施工事例

（左からアシュート堰（ラジアルゲート）、イブラヒミア取水工（ローラゲート）、ダハブ堰（越流型 2 段式ローラゲート））

ローラゲートを 2 段に組み合わせた越流型 2 段式ローラゲートは、流量や水位調節が容易であることから、これまで無償資金協力事業により整備されたバハルヨセフ水路の 4 堰で採用され、バハルヨセフ堰およびイブラヒミア堰においても、同形式を採用することが STEP として合意されている。

本「詳細設計調査」においては、越流型 2 段式ローラゲートの一般的な特徴に加えて、両堰群の設計流量や上下流の水位条件下における放流特性を 1 枚扉式のローラゲートと詳細比較検討（表 5-2-3、5-2.4 参照のこと。）を実施し、2 段式ゲートを用いて流量に応じて越流放流と下端放流を切り換えて制御を行う方式が、精度の高い安定した分水管理を行う上で最も優れていることを検証した。その結果、第 10 回 TAC 会議(2016 年 1 月 31 日および 2 月 7 日開催)において越流型 2 段式ローラゲートの優位性を再確認した。

(2) 開閉装置形式

無償資金協力事業により整備された 4 堰の開閉装置形式は、日本では一般的な電動ワイヤロープウインチ式である。一方、近年エジプト国内で整備されたイブラヒミア取水工、ナガハマディ堰およびアシュート堰ではいずれも油圧シリンダ式が採用されており、中～大規模堰では油圧駆動による技術が主流となりつつある。

従って、2 段式ゲートにおいても適用が可能な電動ワイヤロープウインチ式と油圧シリンダ式（ワイヤロープ式および直結式）の 3 タイプについて比較（表 5-2.5 参照のこと。）を行った。いずれの形式にも利点があるが、特に将来の維持管理性や景観性を重要視して評価を行った結果、油圧シリンダ式（直結式）が最も適していると判断され、第 10 回 TAC 会議において合意した。

表 5-2.3 1 枚ゲートと 2 段式ゲートの比較 (1/2)

(1/2)

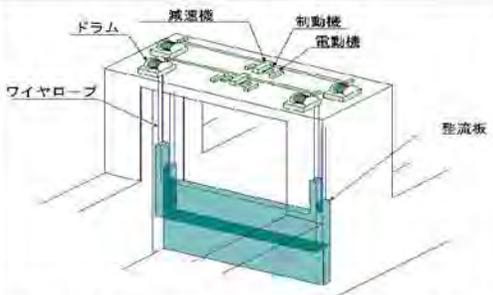
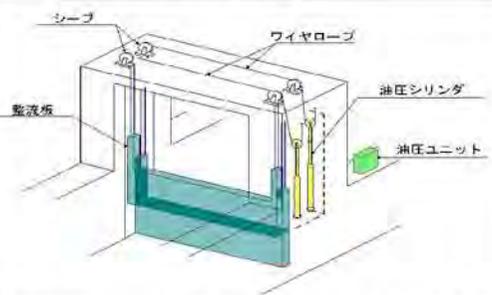
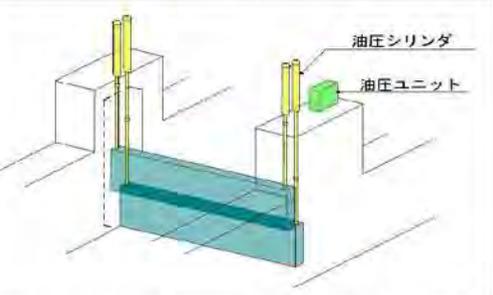
項目		1枚ゲート (下端放流制御)		2段式ゲート				
				(越流制御)		(オリフィス放流制御)		
概略図								
構造的特徴		1) 1枚の扉体から成り、扉体は鋼製桁に支えられたスキンプレートにより水圧に抵抗する。 2) 扉体の厚さは下端から上端まで一定であり、主桁の配置は変化する。		1) 上端扉、下端扉の2枚の扉体より構成される。各々の扉体は鋼製桁に支えられたスキンプレートにより水圧に抵抗する。 2) 一般に上段扉に作用する水圧は下段扉よりも小さいため、扉体の厚さは上段扉の方が小さくなる。 3) 上段扉の扉高は、水深の半分程度とする。		1) 上端扉、下端扉の2枚の扉体より構成される。各々の扉体は鋼製桁に支えられたスキンプレートにより水圧に抵抗する。 2) 一般に上段扉に作用する水圧は下段扉よりも小さいため、扉体の厚さは上段扉の方が小さくなる。		
特徴		1) 上下流の水位条件により、自由流出と潜り流出とに分けられる。 2) 越流式に比べ、ゲート開度に対する放流量の変化は大きい。このため、精度の高い放流量制御能力の点では、越流式に劣ると言える。 3) ゲート下端からの高速流により、エプロンコンクリートが摩耗し		1) 水位とゲート開度により、完全越流と潜り越流とに分類される。 2) ゲート開度に対する放流量変化が小さいため、下端放流式に比べて、精度の高い流量管理が可能である。 3) 目的によっては、ゲート下端からの放流を行うこともできる。		1) ゲート開度に対する放流量の変化は、越流式よりも大きい。 2) 目的によっては、ゲート下端からの放流を行うこともできる。		
木理特性		自由流出	潜り流出	完全越流	潜り越流	自由オリフィス放流	不完全オリフィス放流	完全オリフィス放流
流れの形態		$Q = CaB(2gh_0)^{3/2}$ Q: 流量 (m ³ /s) C: 流量係数 a: ゲート開度 (m) B: 径間幅 (m) h ₀ : 上流水深 (m)	$Q = C_1 aB(2gh_0)^{1/2}$ Q: 流量 (m ³ /s) C ₁ : 流量係数 a: ゲート開度 (m) B: 径間幅 (m) h ₀ : 上流水深 (m)	$Q = CBh^{3/2}$ Q: 流量 (m ³ /s) C: 流量係数 B: 径間幅 (m) h: 越流水深 (m)	$Q = CBh_1(h_1 - h_2)^{1/2}$ Q: 流量 (m ³ /s) C: 流量係数 B: 径間幅 (m) h ₁ , h ₂ : 水深 (図参照) (m)	$Q = 2/3 CB(2g)^{1/2} (H_2^{3/2} - H_1^{3/2})$ Q: 流量 (m ³ /s) C: 流量係数 B: 径間幅 (m) H ₁ , H ₂ : 水深 (図参照) (m)	$Q = CaB(2gH)^{1/2}$ Q: 流量 (m ³ /s) C: 流量係数 a: ゲート開度 (m) B: 径間幅 (m) H: 水深 (図参照) (m)	$Q = CaB(2gH)^{1/2}$ Q: 流量 (m ³ /s) C: 流量係数 a: ゲート開度 (m) B: 径間幅 (m) H: 水位差 (m)
		<ul style="list-style-type: none"> 流量 Q は h₀ と a の関数である。 最小ゲート開度は、自励振動を防止するため、10cm とする (10cm 以下では振動が発生しやすい)。 	<ul style="list-style-type: none"> C₁ が 3 つの変数 (h₁, h₂, a) に左右されるため、安定した放流量制御は困難である。 自由流出と潜り流出との境界も明白ではない。 	<ul style="list-style-type: none"> 流量 Q は越流水深 h のみにより算定される。従って、物理的に優れた条件であり、放流量制御は最もシンプルであると言える。 放流量制御精度の点でも最も優れる。 	<ul style="list-style-type: none"> 流量 Q は h₁ と h₂ の関数である。 完全越流と潜り越流の境界ははっきりしている。 	<ul style="list-style-type: none"> 流量 Q は H₁ と H₂ (または H₁ と a) の関数である。 最小ゲート開度は、自励振動を防止するため、10cm とする (10cm 以下では振動が発生しやすい)。 	<ul style="list-style-type: none"> 流量 Q は H (下流側縮流部からの水深) により決まる。 完全放流と不完全放流との境界付近の流量は、どちらの算定式を用いるかにより一致しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 流量 Q は H (H₁ と H₂ の水位差) と a の関数であり、この条件では比較的安定している。

表 5-2.4 1 枚ゲートと 2 段式ゲートの比較 (2/2)

(2/2)

項目	1枚ゲート (下端放流制御)		2段式ゲート	
			(越流制御)	(オリフィス放流制御)
一般的水理特性 の比較	<p>単位幅当りのゲート開度と流量との関係を、下端放流制御(自由流出)、越流制御(完全越流)、オリフィス放流制御(自由オリフィス流出)の3ケースについて検証した。</p> <p>右図で明らかなように、越流制御の場合が同一ゲート開度に対する放流量が最も小さくなる。すなわち、越流制御が他の放流制御方式に比べて優れていると言える。</p>			
水理特性				
パナルヨセフ堰における水理検証結果	<p>ゲート開度によらず、下流水深が高いために常に潜り流出となる。</p> <p>ゲート開度0.1mの場合の最小流量は10m³/s程度である。</p> <p>流量が150m³/sを越え、ゲート開度が変化しても流量は殆ど変化しなくなる。</p>		<p>完全越流と不完全越流との境界は、開度 2.10m付近である。</p> <p>流量 110m³/s以下では、制御精度の点で越流制御は下端放流制御に比べて優れている。</p> <p>上段扉と下段扉のゲート開度により、越流放流と下端放流を適宜組み合わせれば、精度の高い放流量制御が可能となる。</p>	
開閉装置	1)油圧シリンダ式、ワイヤロープ式のどちらも採用可能である。		1)油圧シリンダ式、ワイヤロープ式のどちらも採用可能である。 2)フックタイプを採用した場合は1組の開閉装置だけで開閉が可能である。 3)スライド式2段ゲートの場合は、上下段それぞれを開閉する2組の開閉装置が必要である。ゲート全開時の堰柱の高さを低くすることができる。	
維持管理性	1)定期的な点検や整備は、ゲートを引き上げた状態である程度可能である。		1)定期的な点検や整備は、ゲートを引き上げた状態である程度可能である。 2)1枚扉式に比べると、点検整備の箇所数は多い。	
総合評価	7方向の水路に、精度よく安定して分水を行うことが新ダイルート堰群に求められる主要な機能であるが、この点で越流制御方式に比べるとやや劣る。		7方向の水路に、精度よく安定して分水を行うことが新ダイルート堰群に求められる主要な機能であり、この点で最も優れている。	
	△		◎	
			×	

表 5-2.5 2 段式ゲートの開閉装置形式比較

	電動ワイヤロープウインチ式		油圧シリンダ式			
			ワイヤロープ式	直結式		
概略図						
主な特徴	<ol style="list-style-type: none"> 1) 締切力が必要とする場合を除いて、あらゆる揚程、荷重に対し広く採用されている。 2) ワイヤロープ掛け数とドラムの数の組合せにより、いくつかの形式に分けることができる。 3) 2段式ゲートの場合は、ワイヤリングと開閉装置の配置がやや複雑となる。 4) 開閉力により扉体を押し下げることができない。 		<ol style="list-style-type: none"> 1) 扉体は油圧シリンダの伸縮によりワイヤロープを介して開閉する。 2) シープ(滑車)とワイヤリングにより、油圧シリンダを扉体から離れた場所に配置することもできる。 3) 開閉装置全体としては、やや複雑な機構、配置となる。 4) 構造上、高揚程、大荷重のゲートには適さない。 5) 開閉力により扉体を押し下げることができない。 		<ol style="list-style-type: none"> 1) 油圧シリンダロッドが扉体に直結しており、油圧力により開閉する。 2) 本形式は、特に高圧ゲートで広く採用されている。 3) 特に正確な開度調整が必要な場合、開閉装置の設置スペースが限られている場合に有利な形式である。 4) 扉体を引き上げるだけでなく、開閉力により押し下げことも可能である。 	
主要設備構成	扉体 (J2延鋼材) ロープ 水密ゴム	扉体 (J2延鋼材) ロープ 水密ゴム	扉体 (J2延鋼材) ロープ 水密ゴム	扉体 (J2延鋼材) ロープ 水密ゴム		
	戸当り(ステンレス鋼)	戸当り(ステンレス鋼)	戸当り(ステンレス鋼)	戸当り(ステンレス鋼)		
	開閉装置 シープ 制動機 ワイヤロープ 電動機 軸受 クラッチ(切替装置) 減速機	開閉装置 シープ ワイヤロープ 油圧ポンプ バルブ 軸受 シリンダ(ステンレス鋼) シリンダパッキン	開閉装置 油圧ポンプ バルブ 軸受 シリンダ(ステンレス鋼) シリンダパッキン			
土木構法	扉体の両端にワイヤロープを保護し、振動を防止するための整流板が必要なため、堰柱の高さはその分だけ高くなる。	+	扉体の両端にワイヤロープを保護し、振動を防止するための整流板が必要なため、堰柱の高さはその分だけ高くなる。	+	シリンダロッドはステンレス製で、しかも十分な剛性があるため、整流板で保護する必要はない。このため、堰柱の高さを低く抑えることができ、構造的にもシンプルとなる。	++
放流制御性	2段式ゲートの場合は、感流と下端放流の両方の制御が可能である。	+	2段式ゲートの場合は、感流と下端放流の両方の制御が可能である。	+	2段式ゲートの場合は、感流と下端放流の両方の制御が可能である。	+
開閉装置の配置	機器が多いため、開閉装置の配置に広いスペースが必要である。	+	構成機器の配置には自由度が高い。	++	構成機器が少ないため、それほど広い設置スペースは不要である。	+++
維持管理性	1) 必要な点検整備箇所が最も多い。	+	1) 必要な点検整備箇所はやや多い。 2) 油漏れは十分に監視し、避けなければならない。作動油とパッキンのメンテナンスが重要である。	+	1) 機械式に比べると、必要な点検整備項目は少ない。 2) 油漏れは十分に監視し、避けなければならない。作動油とパッキンのメンテナンスが重要である。	+
景観性	堰柱が高い上、開閉装置構成機器が多いため、景観に与える影響は大きい。	+	油圧シリンダ式直結式に比べると堰柱高さは高くなるため、景観性はやや劣る。	++	堰柱高さが最も低く、開閉装置もコンパクトであるため、周辺環境に与える影響は最も小さい。	++
開閉装置の概算費用 (ゲート寸法: B=8m x H=6.55m)	2.1 百万ドル/門	+	1.8 百万ドル/門	++	1.5 百万ドル/門	+++
推奨案					◎	

注) +++: 優れている ++: やや優れている +: 普通

5-2-3 小規模堰群のゲート形式

(1) 構造形式

小規模堰群は、サヘリア、バドラマン、アボギヤバル堰から構成され、サヘリア堰を除く2堰はそれぞれ2つの水路に分水される。いずれも設計流量が $10\text{m}^3/\text{s}$ 程度と小さく、純径間 2.0m 、高さ 3.0m 程度で、扉体面積 10m^2 以下の小型水門に分類される。適用可能なゲート構造は、上下に開閉するスライド形式及び扉体に取り付けられたピンを中心に回転させて開閉するヒンジ形式（起伏ゲート）に大別することができる。大規模堰群と同様に2段式ゲートを採用することも不可能ではないが、流量が小さく、精度や操作性の点で大きな優位性を持たないため検討から除外する。

両形式の得失を比較検討（表 5-2.6 参照のこと。）した結果、経済性や維持管理の容易性に優れるスライドゲートを採用することを提案し、第 11 回 TAC 会議にて承認された。起伏ゲートは、越流により水位や流量を調節するので管理はしやすいが、エジプト国内での実績がないことなどから推奨されない。なお、ラック棒の本数は、開閉時の揺れ防止を考慮して2本吊を提案し、第 22 回 TAC にて承認された。

表 5-2.6 小規模堰群のゲート形式比較

ゲート形式	スライドゲート	起伏ゲート
開閉装置形式	電動ラック式／電動スピンドル式	油圧シリンダ式
概略図		
主な特徴	<ol style="list-style-type: none"> 1)扉体に取り付けたスピンドル棒またはラック棒を機械的に起動し開閉を行う。 2)大形水門または高揚程の場合には、構造強度、機械効率の点で欠点があるので適さない。 	<ol style="list-style-type: none"> 1)扉体下部に支承ピンを設置しピンを中心に回転する。 2)トルク軸式は扉体下部に鋼管を配し、これに縦桁を片持ち式の取り付け構造である。シリンダピット内の油圧シリンダの伸縮により鋼管（トルクチューブ）を回転させて開閉する。
放流制御方法	下端放流のみ	越流放流のみ (高精度の流量管理が可能)
土木構造	<ol style="list-style-type: none"> 1)扉体を鉛直に引き上げるため、堰柱および開閉装置を配置するためのスラブが必要となる。 2)堰柱や開閉装置が周辺景観にやや影響を及ぼす。 	1)地上部に堰柱が突出しないため、現状の景観にマッチする。
維持管理性	<ol style="list-style-type: none"> 1)ゲートを引き上げられるため、維持管理作業は容易である。 2)日本では規格化、ユニット化された開閉装置が広く流通している。一方、装置の内部の点検や部品の交換などは困難である。 3)可動部の潤滑油給油が主な維持管理作業である。 4)ゲートの開閉により浮遊ゴミの排除は難しい。 	<ol style="list-style-type: none"> 1)漏油対策が重要である。 2)扉体は常時水没しているので、扉体や水密部の点検の際には、予備ゲートを設置してドライな状態とする必要がある。 3)ゲート操作により浮遊ゴミを排除することが容易にできる。 4)土砂の流入を防止する点で優れている。
概算コスト比率	1.0	2.0
扉体総面積	51m^2	61m^2
評価	採用	放流量制御特性には優れるが、本形式はエジプト国内では一般的ではない上、スライドゲートに比べて高価である。

(2) 開閉装置形式

スライド形式の開閉装置の形式は、構造が単純で保守管理が容易であること、閉塞時に押付けが可能であること、自重降下が可能であることなどよりラック式が最も適している。ラックの本数は、純径間や扉体の縦横比などにより選定されるが、WGでの協議の結果、開閉操作時の安定性の高い2本吊り方式を採用することに決定した。

表 5-2.7 開閉装置形式の選定

ゲート形式	ゲート規模	開閉装置形式	
		ラック式	ワイヤロープウインチ式
ローラゲート	小形ゲート	○	△
	中形ゲート	○	○
	大形ゲート	△	○
スライドゲート		○	×

注) ○：使用することが適当な形式
 ×：使用することが不適当な形式
 △：場合によっては使用することが適当な形式

出典:水門・樋門ゲート設計要領(案)

6. 可動部径間割の決定

可動部径間割の検討に当たっては、流量規模の異なる大規模堰2堰群（バハルヨセフ堰、イブラヒミア堰）と小規模3堰群（サヘリア堰、バドラマン堰、アボギャバル堰）に区分して検討を行う。

6-1 大規模2堰群

(1) 検討手順

以下の手順により、径間幅と径間数の組合せについて複数案の比較検討を行った。

1) 径間幅、径間数の仮定

ガイドライン「Part No.2 Design of Hydraulic Structures Spillways, Regulators and Barrage」において、幹線水路上に建設する規模の大きな堰の径間幅は4～6mとされている。一方、F/S時の検討結果やバハルヨセフ水路下流既設堰の実績（我が国の無償資金協力事業で整備されたダハブ堰ほか）では8mが選定されている。従って、1径間当りの開口幅4、5、6、7及び8mの場合について、それぞれの径間数（等径間幅）を仮定した。なお、先方政府との協議により、ゲートのうち1門が操作不能になった場合の危険分散およびバハルヨセフ水路とイブラヒミア水路の重要性を鑑み、最低径間数は3とすることとなった（第10回TAC会議）。

2) 水理計算（不等流計算）の実施

上記で仮定した新堰の流下断面に対し、新堰直下流の現況水路断面を始点とした不等流計算を行い、ゲート全開状態での設計最大流量の流下能力を検証した。計算始点水位は、R G B S水配分局が定めた下流側の最高水位とした。

表 6-1.1 水理計算条件

	バハルヨセフ堰	イブラヒミア堰
設計流量	227m ³ /s	186m ³ /s
計算始点水位	45.82m	45.13m
設計上流水位	46.30m	46.30m

3) 水理的判定

既設堰上流での計算水位が設計取水水位（WL46.30m）以下であれば、設計流量の通水に支障はないと判断できる。その他、Egyptian Codeに規定された条件を満足することを確認した。以下に照査すべき条件を示す。

➤ Check 1: 設計流量の流下能力

既設堰上流地点での計算水位 ≤ WL46.30m

➤ Check 2: 許容流速

$$2 V_{DS} < V_r < 3 V_{DS}$$

ここに、 V_r : 堰地点の流速 ($V_r=1.00 \sim 2.00$ m/s)

V_{DS} : 下流側流速 (m/s)

➤ Check 3: 流下断面

$$(A_{DS} - A_r) / A_{DS} \leq 40\%$$

ここに、 A_r : 堰開口部の流積 (m²)

A_{DS} : 堰下流側の流積 (m²)

➤ Check 4 : 最大許容堰上げ高 (h)

$$h = \frac{V_{US}^2}{2gC^2} \left(\left(\frac{A_{US}}{A_r} \right)^2 - 1 \right) \leq 10 \text{ cm}$$

- ここに、
 V_{US} : 堰上流側の水路流速 (m/s)
 A_{US} : 堰上流側の流積 (m²)
 A_r : 堰開口部の流積 (m²)
 C : 開口幅による係数
 g : 重力の加速度 (=9.8m/s²)

4) 総合評価

上記の水理的条件を満足する径間幅、径間数の組合せについて、主要土木工事およびゲート設備の概算工事金額を算出して経済性を比較したほか、操作性、維持管理性等を含めた総合的な検討を行った。

(2) 検討結果

径間幅 4~8m までの比較検討の結果、バハルヨセフ堰、イブラヒミア堰ともに、純径間 5.0m×5 門、6.0m×4 門、8.0m×3 門の 3 案が最終的に選考の対象となった。

経済性（工事費）の観点からは純径間を 8m とする案が最も優れる。また、堰柱数が少ないことから堰全体の幅が最も小さくなり、施工時の占有面積を縮小できる点でも有利であった。しかしながら、エジプト国内の主要水路に建設する堰では、無償資金協力事業で整備されたダハブ堰などの 4 堰を除き、大規模なものでも 4~6m である。このため、操作性や維持管理性の点から既往の実績を重視したいとの「エ」国側の強い要望を踏まえ、経済的には 2 番目に有利な純径間を 6m とする案をバハルヨセフ堰、イブラヒミア堰ともに採用することが第 10 回 TAC 会議にて決定された。

表 6-1.3 は、F/S 時の結果を検証する意味も踏まえ、Egyptian Code の適用を受けないものとして行った当初の比較検討結果である。また、表 6-1.4 は、先方との協議の末、最終的な議論の対象となり、上記 TAC において承認された検討結果である。表 6-1.2 に大規模堰の径間割を示す。

表 6-1.2 大規模堰の径間割

	バハルヨセフ堰	イブラヒミア堰
径間長	6.00m	6.00m
門 数	4 門	4 門
ゲート敷高	EL.40.00m	EL.40.00m

表 6-1.3 大規模堰群の径間割比較 (当初)

純径間(m)		4.00		5.00		6.00		7.00		8.00		
全扉高(m)		6.55		6.55		6.55		6.55		6.55		
バハルヨセフ堰	水理計算	径間数	7	8	6	7	5	6	4	5	3	4
		上流側水位(m)	46.32	46.30	46.31	46.30	46.31	46.29	46.32	46.30	46.35	46.30
		判定(≤46.30m)	NG	OK	NG	OK	NG	OK	NG	OK	NG	OK
	略図											
	堰全幅(m)	51.90		52.60		52.50		49.00		43.50		
イブラヒミア堰	水理計算	径間数	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
		発生流速(m/s)	4.01	2.67	3.21	2.14	2.67	1.78	2.29	1.52	2.00	1.34
		判定(≤3.0m/s)	NG	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	略図											
	堰全幅(m)	20.40		23.40		18.50		20.50		22.50		
流量調整のしやすさ、精度	低 ゲート開度に対する放流量が小さいため、流量管理は煩雑である		低		低		低		高 ゲート開度に対する放流量が大きいため、流量管理が容易である			
維持管理の容易性	低 点検整備項目が多い		低		低		低		高 点検整備項目が少ない			
施工性 (*1)	低 仮締切の切換えを伴うため、工期が延びる		低		低		低		高 仮締切の切換えが不要であり、工期の短縮が可能			
経済性 (*2)	低 土木工事及びゲート設備工事の数量が多い		低		低		低		高 土木工事及びゲート設備工事の数量が小さい			
		バハルヨセフ	イブラヒミア	バハルヨセフ	イブラヒミア	バハルヨセフ	イブラヒミア	バハルヨセフ	イブラヒミア	バハルヨセフ	イブラヒミア	
躯体のコンクリート量(m ³)		11,600	4,700	11,200	5,200	11,000	4,100	9,900	4,400	8,600	4,600	
杭本数		520	220	500	230	500	190	450	200	390	210	
ゲート設備総重量(ton)		570	220	580	250	550	190	490	200	420	210	
土木工事費(百万ドル)		6.9	2.9	6.7	3.1	6.6	2.5	5.9	2.6	5.2	2.8	
ゲート設備費(百万ドル)		13.1	4.9	12.2	5.3	11	3.7	9.5	3.8	8.1	4.1	
合計工事費(百万ドル)		20.0	7.8	18.9	8.4	17.6	6.2	15.4	6.4	13.3	6.9	
(比率)		27.8 (1.38)		27.3 (1.35)		23.8 (1.18)		21.8 (1.08)		20.2 (1.00)		
推奨案										◎		

注意:

*1: 本項目はバハルヨセフ堰に関してのみの評価である。イブラヒミア堰に関しては、大きな優劣の差は生じない。

*2: 土木工事及びゲート設備費の合計金額での比較であり、仮設工事等は含まない。

表 6-1.4 大規模堰群の径間割検討結果(最終)

(a)パハルヨセフ堰		(設計流量 = 227 m ³ /s 下流側最高水位= 45.82m)			
純径間(m)		5.00	6.00	8.00	備考
必要径間数(エジプシャンコート)		5	4	3	
概算 水理計算	径間数	5	4	3	
	上流計算水位 WL. (m)	45.99	46.00	46.01	≦計画取水水位(=46.30m) (流入損失係数=0.2)
採用径間数		5	4	3	最小径間数=3
堰柱を含む全幅 (m)		38.0	35.5	33.0	
概算数量	躯体コンクリート量(m ³)	8,200	7,500	6,600	
	杭本数	370	340	300	
	橋面積(m ²)	380	355	330	RC橋、有効幅員=10m
	ゲート設備重量(ton)	432	392	353	予備ゲート(1セット=2ペア分)含む
概算工事費	主要土木施設(百万ドル) (a)	5.2	4.7	4.2	躯体および杭基礎
	ゲート設備(百万ドル) (b)	9.0	7.7	6.4	製作据付費、予備ゲート製作費含む
	(a) + (b)	14.2	12.4	10.6	
	比率	(1.15)	(1.00)	(0.85)	
判定			採用		
(b)イブラヒミア堰		(設計流量 = 186 m ³ /s 下流側最高水位= 45.13m)			
純径間(m)		5.00	6.00	8.00	備考
必要径間数(エジプシャンコート)		5	4	3	
概算 水理計算	径間数	5	4	3	
	上流計算水位 WL. (m)	45.22	45.22	45.22	≦計画取水水位(=46.30m) (流入損失係数=0.2)
採用径間数		5	4	3	最小径間数=3
堰柱を含む全幅 (m)		38.0	35.5	33.0	
概算数量	躯体コンクリート量(m ³)	8,200	7,500	6,600	
	杭本数	370	340	300	
	橋面積(m ²)	380	355	330	RC橋、有効幅員=10m
	ゲート設備重量(ton)	432	392	353	予備ゲート(1セット=2ペア分)含む
概算工事費	主要土木施設(百万ドル) (a)	5.2	4.7	4.2	躯体および杭基礎
	ゲート設備(百万ドル) (b)	9.0	7.7	6.4	製作据付費、予備ゲート製作費含む
	(a) + (b)	14.2	12.4	10.6	
	比率	(1.15)	(1.00)	(0.85)	
判定			採用		
パハルヨセフ+イブラヒミア(百万ドル)		28.4	24.8	21.2	
コスト比率		(1.15)	(1.00)	(0.85)	

6-2 小規模3堰群

(1) 検討手順

小規模堰群は、サヘリア、バドラマン、アボギャバル堰から構成され、サヘリア堰を除く2堰はそれぞれ2つの水路に分水される。小規模堰群については、以下の手順により径間長（開口幅）と門数の組合せを検討した。その結果を後述の(2)検討結果に示す。

しかし、サヘリア堰、アボギャバル堰の上流2堰については、新たな水理条件をエジプト側より提示されたため、追加検討結果を(3)に示す。

1) 下流水路断面、水理条件の設定

測量横断面に基づき堰に接続する下流水路の等流計算を行い、流積や流速などの水理条件を設定した。

表 6-2.1 小規模堰群下流水路水理条件

堰名称	サヘリア	バドラマン		アボギャバル	
	サヘリア	ダイリュエティア	バドラマン	イラドデルガウイ	アボギャバル
設計流量 (m ³ /s)	5.0	12.0	9.0	9.0	7.0
設計水位 (m)	45.90	45.90	45.90	45.90	45.90
水路敷高 (m)	43.80	43.50	43.25	43.25	43.60
水深 (m)	2.10	2.40	2.65	2.65	2.30
水路底幅 (m)	6.00	9.00	5.00	5.00	6.00
法勾配 1:N	1.0	1.5	1.5	1.5	1.0
流積 (m ²)	17.01	30.24	23.78	23.78	19.09
粗度係数	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
水路底勾配	0.00005	0.00007	0.00007	0.00007	0.00007
平均流速 (m/s)	0.30	0.40	0.39	0.39	0.37
設計断面					

2) 径間幅、径間数の仮定

ガイドラインによれば、支線水路や分水路に建設される中小規模の堰の開口幅は一般に3m以下とされる。従って、開口幅は3mを最大として50cm単位で検討した。また、万一の故障等に対する危険分散および定期的な維持管理作業時の機能維持のため、最小門数は2門とすることがエジプト国側から提示されたため、これを満たす計画とした（第11回TAC会議）。

3) 水理的判定

不等流計算による設計流量の流下能力照査のほか、Egyptian Codeに規定された条件を満足することを確認した。

➤ Check 1: 設計流量の流下能力

新堰上流地点での計算水位 ≤ WL46.30m

➤ Check 2: 許容流速 (Vr)

$$2 V_{DS} < V_r < 3 V_{DS}$$

ここに、Vr: 堰地点の流速 (Vr=1.00 ~ 1.50 m/s)

V_{DS}: 下流側流速 (m/s)

➤ Check 3: 開口幅の目安

$$B2 = (0.6 \sim 1.0) \times B1$$

ここに、B1:水路底総幅 (m) , B2:堰柱間の総開口幅 (m)

➤ Check 4: 最大許容堰上げ高 (h)

$$h = \frac{V_{US}^2}{2gC^2} \left(\left(\frac{A_{US}}{A_r} \right)^2 - 1 \right) \leq 10 \text{ cm}$$

$$\text{または } h = \alpha\beta \frac{V_{DS}^2}{2g}$$

ここに、 V_{US} : 堰上流側の水路流速 (m/s)

A_{US} : 堰上流側の流積 (m²)

A_r : 堰開口部の流積 (m²)

C: 開口幅による係数

α 、 β : 係数

V_{DS} : 堰下流側の水路流速 (m/s)

g: 重力の加速度 (=9.8m/s²)

4) 総合評価

上記の水理的条件を満足する径間幅、径間数の組合せについて、主要土木工事およびゲート設備の概算工事金額を算出して経済性を比較したほか、操作性、維持管理性等を含めた総合的な検討を行った。

(2) 検討結果

下記の3ケースについて水理的照査および概算工事費の比較を行った。

- ①CASE 1A ; 径間長 1.5m と 2.5m を組合せた場合
- ②CASE 1B ; 径間長 2.0m と 2.5m を組合せた場合
- ③CASE 1C ; 径間長を 2.0m とした場合

CASE 1A~1C の検討結果を集約したものが次頁に示す比較一覧表 (表 6-2.2、6-2.3 参照のこと) である。

3案の概算工事費には大きな差は見られない。このため、補修用予備ゲート1種類を共用できる、すなわち全ての径間長が 2.0m となる CASE 1C を最適案として選定し、第12回 TAC 会議にて決定された。

表 6-2.2 小規模堰群の径間割検討結果 (1/2)

		サヘリア		バドラマン		アボギャバル		(1/2)
堰名称		サヘリア		バドラマン		アボギャバル		概略コスト比率とコメント
水路名		サヘリア		ダイリュエティア		イラデルガウイ		
設計流量 (m ³ /s)		5.0		12.0		9.0		最も経済的な案である。 -2種類の子備ゲートが必要。 (1.5mx2.45m, 2.5mx2.65m)
純径間×門数		1.50m × 2Vents		2.50m × 2Vents		2.50m × 2Vents		
ゲート高		Hgate=2.30m		Hgate=2.65m		Hgate=2.45m		
流積		Ar=4.95m ² (<5.61)		Ar=10.00m ² (>9.98)		Ar=9.00m ² (>7.83)		
流速		Vr=1.01m/s (1.0<Vr<1.5)		Vr=1.20m/s (1.0<Vr<1.5)		Vr=1.00m/s (1.0<Vr<1.5)		
水路幅比率 (B1:水路 B2:堰)		B2/B1=0.67 (0.6~1.0)		B2/B1=0.67 (0.6~1.0)		B2/B1=1.20 (0.6~1.0)		
堰上げ高		h=9.6cm (<10cm)		h=9.9cm (<10cm)		h=6.8cm (<10cm)		
堰の横断面								
躯体コンクリート量(m ³)		772.2		669.5		1250.1		
橋面積(m ²)		-		100		-		
扉体面積合計(m ²)		6.9		13.25		12.25		
土木工事(百万ドル)		0.28		0.31		0.46		
ゲート設備(百万ドル)		0.08		0.15		0.14		
予備ゲート(百万ドル)								
合計(百万ドル)				1.97				
コスト比率=1.00								
CASE1B: 2種類の径間幅の組合せ (2.0m x 2.5m) スライドゲート (下流放流式)		2.00m × 2Vents		2.50m × 2Vents		2.00m × 2Vents		コストはCASE1Aとほぼ同じである。 -2種類の子備ゲートが必要。 (2.0mx2.65m, 2.5mx2.65m)
純径間×門数		2.00m × 2Vents		2.50m × 2Vents		2.00m × 2Vents		
ゲート高		Hgate=1.90m		Hgate=2.65m		Hgate=2.40m		
流積		Ar=5.00m ² (<5.61)		Ar=10.00m ² (>9.98)		Ar=7.00m ² (<7.83)		
流速		Vr=1.00m/s (1.0<Vr<1.5)		Vr=1.20m/s (1.0<Vr<1.5)		Vr=1.29m/s (1.0<Vr<1.5)		
水路幅比率 (B1:水路 B2:堰)		B2/B1=0.83 (0.6~1.0)		B2/B1=0.67 (0.6~1.0)		B2/B1=1.00 (0.6~1.0)		
堰上げ高		h=7.2cm (<10cm)		h=9.9cm (<10cm)		h=12.0cm/0.7cm ※		
堰の横断面								
躯体コンクリート量(m ³)		886.8		669.5		1256.0		
橋面積(m ²)		-		100		-		
扉体面積合計(m ²)		7.6		13.25		9.6		
土木工事(百万ドル)		0.33		0.31		0.46		
ゲート設備(百万ドル)		0.09		0.15		0.11		
予備ゲート(百万ドル)								
合計(百万ドル)				2.00				
コスト比率=1.02								

注：() はエジプシャンコードによる必要値を示す。

※は堰上げ高 $h=\alpha\beta^2/2g^2$ による計算値

為替レート: \$1=JPY121.93

表 6-2.3 小規模堰群の径間割検討結果 (2/2)

堰名称		サヘリア		パドラン		アボギャバル		概略コスト比率 と コメント		
		サヘリア		ダイリュエティア	パドラン	イラデルガウイ	アボギャバル			
設計流量 (m ³ /s)		5.0		12.0	9.0	9.0	7.0	採用		
純径間×門数		2.00m × 2Vents		2.00m × 3Vents	2.00m × 2Vents	2.00m × 2Vents	2.00m × 2Vents			
ゲート高		Hgate=1.90m		Hgate=2.35m	Hgate=2.65m	Hgate=2.40m	Hgate=2.40m			
流積		Ar=5.00m ² (<5.61)		Ar=10.20m ² (>9.98)	Ar=8.00m ² (>7.83)	Ar=7.00m ² (<7.83)	Ar=7.00m ² (>6.30)			
流速		Vr=1.00m/s (1.0<Vr<1.5)		Vr=1.18m/s (1.0<Vr<1.5)	Vr=1.13m/s (1.0<Vr<1.5)	Vr=1.29m/s (1.0<Vr<1.5)	Vr=1.00m/s (1.0<Vr<1.5)			
水路幅比率 (B1: 水路 B2: 堰)		B2/B1=0.83 (0.6~1.0)		B2/B1=0.89 (0.6~1.0)	B2/B1=1.00 (0.6~1.0)	B2/B1=1.00 (0.6~1.0)	B2/B1=0.83 (0.6~1.0)			
堰上げ高		h=7.2cm (<10cm)		h=9.5cm (<10cm)	h=9.0cm (<10cm)	h=12.0cm/ 0.7cm ※	h=6.7cm (<10cm)			
堰の横断面							コストはCASE1Aとほぼ同じである。 - 予備ゲートは1種類でよい。 (2.0mx2.65m)			
躯体コンクリート量(m ³)		886.8		830.2	621.7	1256.0			コスト比率=1.05	
橋面積(m ²)		-		125.0	87.5	-				
扉体面積合計(m ²)		7.6		14.1	10.6	9.6		9.6		
土木工事(百万ドル)		0.33		0.39	0.29	0.46				
ゲート設備(百万ドル)		0.09		0.16	0.12	0.11		0.11		
予備ゲート(百万ドル)				0.01						
合計(百万ドル)				2.07						

注：() はエジプシャンコードによる必要値を示す。

※は堰上げ高 $h=a\beta V^2/2g$ による計算値

為替レート: \$1=JPY121.93

(3) 追加検討結果

設計 WG にて上流 2 堰 (サヘリア堰、アボギャバル堰) について、新たに提示された水理条件は、以下のとおりである。

- ① 既往最低水位時において、最小流量を取水可能な水理構造とすること。
- ② サヘリア堰及びアボギャバル堰の敷高を既設敷高と同標高とすること。

これらの水理条件を加味し、Egyptian Code を極力準拠する径間長、門数、ゲート敷高の組合せについて検討した結果が表 6-2.5 である。この結果については、第 19 回 TAC 会議直後の関係者会議により決定された。

この結果、小規模堰の径間割は、表 6-2.4 のとおり決定した。

表 6-2.4 小規模堰群の径間割

堰名	サヘリア堰	バドラマン堰		アボギャバル堰	
水路名	サヘリア	ダイルティア	バドラマン	イトデルカウ	アボギャバル
径間長	2.00m	2.00m	2.00m	2.00m	2.00m
門数	2門	3門	2門	2門	2門
ゲート敷高	EL.43.00m	EL.44.20m	EL.43.90m	EL.43.60m	EL.43.60m

表 6-2.5 小規模上流 2 堰径間追加検討表

Regulator Name			New Sahelyia								New Abo Gabal																		
Canal Name			Sahelyia								Irad Delgaw				Abo Gabal														
Width and number of vents			2.00m × 2Vents				1.50m×2Vents				2.00m × 2Vents		1.50m × 2Vents		2.00m × 2Vents		1.50m × 2Vents												
			2Vents Open	1Vent Close	2Vents Open	1Vent Close	2Vents Open	1Vent Close	2Vents Open	1Vent Close	2Vents Open	1Vent Close	2Vents Open	1Vent Close	2Vents Open	1Vent Close													
Apron level	EL. (m)		43.00								43.60				43.60														
Max. design discharge (m³/s)			5.0								9.0				7.0														
U.S.W.L.			46.30								46.30				46.30														
D.S.W.L.			45.90								45.90				45.90														
Gate height			3.55								2.95				2.95														
Regulator	Flow area	Ar (m²)	11.60	5.80	8.70	4.35	9.20	4.60	6.90	3.45	9.20	4.60	6.90	3.45															
	Velocity	Vr (m/s)	0.43	0.86	0.57	1.15	0.98	1.96	1.30	2.61	0.76	1.52	1.01	2.03															
	Width	B2 (m)	5.00	2.00	4.00	1.50	5.00	2.00	4.00	1.50	5.00	2.00	4.00	1.50															
Canal	Flow area	Ac (m²)	16.56	16.56	16.56	16.56	23.40	23.40	23.40	23.40	19.09	19.09	19.09	19.09															
	Velocity	Vc (m/s)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.39	0.39	0.39	0.39	0.37	0.37	0.37	0.37															
	Width	B1 (m)	4.50	4.50	4.50	4.50	3.30	3.30	3.30	3.30	6.00	6.00	6.00	6.00															
Egyptian code	Check 1	2 < Vr/Vc < 3	Vr / Vc	1.42	NG	2.83	OK	1.89	NG	3.78	NG	2.50	OK	5.01	NG	3.34	NG	6.68	NG	2.06	OK	4.12	NG	2.74	OK	5.49	NG		
		Vr = 1.00~1.50m/s	Vr	0.43	NG	0.86	NG	0.57	NG	1.15	OK	0.98	NG	1.96	NG	1.30	OK	2.61	NG	0.76	NG	1.52	NG	1.01	OK	2.03	NG		
	Check 2	0.6 < B2/B1 < 1.0	B2 / B1	1.11	NG	0.44	NG	0.89	OK	0.33	NG	1.52	NG	0.61	OK	1.21	NG	0.45	NG	0.83	OK	0.33	NG	0.67	OK	0.25	NG		
Check 3	$h = Vc^2 / (2gC^2) \times ((Ac/An)^2 - 1) \leq 10cm$		0.73	OK	5.03	OK	1.84	OK	9.48	OK	6.33	OK	28.80	NG	12.16	NG	52.10	NG	3.43	OK	16.83	NG	6.90	OK	30.72	NG			
	$h = \alpha \times \beta \times Vc^2 / (2g) \leq 10cm$		0.18	OK	0.40	OK	0.29	OK	0.45	OK	0.61	OK	0.81	OK	0.71	OK	0.86	OK	0.47	OK	0.69	OK	0.58	OK	0.74	OK			
Min. design discharge (m³/s)			0.6								1.3				0.9														
U.S.W.L.			44.30								44.30				44.30														
D.S.W.L.			44.22								44.08				44.29														
Regulator	Flow area	Ar (m²)	4.88	2.44	3.66	1.83	1.92	0.96	1.44	0.72	2.76	1.38	2.07	1.04															
	Velocity	Vr (m/s)	0.12	0.25	0.16	0.33	0.68	1.35	0.90	1.81	0.33	0.65	0.43	0.87															
	Width	B2 (m)	5.00	2.00	4.00	1.50	5.00	2.00	4.00	1.50	5.00	2.00	4.00	1.50															
Canal	Flow area	Ac (m²)	3.76	3.76	3.76	3.76	5.98	5.98	5.98	5.98	4.63	4.63	4.63	4.63															
	Velocity	Vc (m/s)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.24	0.24	0.24	0.24	0.19	0.19	0.19	0.19															
	Width	B1 (m)	4.50	4.50	4.50	4.50	3.30	3.30	3.30	3.30	6.00	6.00	6.00	6.00															
Egyptian code	Check 1	2 < Vr/Vc < 3	Vr / Vc	0.75	NG	1.51	NG	1.01	NG	2.01	OK	2.84	OK	5.67	NG	3.78	NG	7.56	NG	1.68	NG	3.35	NG	2.24	OK	4.47	NG		
		Vr = 1.00~1.50m/s	Vr	0.12	NG	0.25	NG	0.16	NG	0.33	NG	0.68	NG	1.35	OK	0.90	NG	1.81	NG	0.33	NG	0.65	NG	0.43	NG	0.87	NG		
	Check 2	0.6 < B2/B1 < 1.0	B2 / B1	1.11	NG	0.44	NG	0.89	OK	0.33	NG	1.52	NG	0.61	OK	1.21	NG	0.45	NG	0.83	OK	0.33	NG	0.67	OK	0.25	NG		
Check 3	$h = Vc^2 / (2gC^2) \times ((Ac/An)^2 - 1) \leq 10cm$		-0.08	OK	0.28	OK	0.01	OK	0.65	OK	3.77	OK	16.36	NG	7.03	OK	29.42	NG	0.52	OK	2.94	OK	1.15	OK	5.45	OK			
	$h = \alpha \times \beta \times Vc^2 / (2g) \leq 10cm$		(0.05)	OK	0.06	OK	0.00	OK	0.09	OK	0.26	OK	0.32	OK	0.29	OK	0.33	OK	0.10	OK	0.18	OK	0.14	OK	0.19	OK			
Available water level (Non-uniform flow)			$\leq 44.30m$			44.22	OK	44.23	OK	44.23	OK	44.24	OK	44.10	OK	44.20	OK	44.12	OK	44.33	NG	44.30	OK	44.31	NG	44.30	OK	44.33	NG
【Japanese code】 0.6 ≤ Intake velocity (Vi) ≤ 1.0			Vi (m/s)	0.38	NG	0.76	OK	0.51	NG	1.01	NG	0.83	OK	1.67	NG	1.11	NG	2.22	NG	0.65	OK	1.30	NG	0.86	OK	1.73	NG		

CS-I

コンクリート・レボート 第 I 編 堰設計

7. 堰主要部敷高標高の決定

7-1 可動部（ゲート部下端）敷高標高の決定

新設堰位置における水路計画が無いことより、可動部敷高標高は、堆砂等の影響によりゲートの完全かつ安全な操作に支障を与えることが無いように、新設堰位置及び現況河床高を勘案して決定を行う。

新設堰位置は、流向に直角方向に設けられる既設堰上流のアボギヤバル堰およびサヘリア堰と、水路内に設けられる既設堰下流のバハルヨセフ堰、バドラマン堰（バドラマン、ダイルーティア）およびイブラヒミア堰に区分される。

既設堰上流部に設置される堰は、エジプト国側より強い要望のあった条件、つまり、異常最低水位（US.LLWL）において設計最小流量（ Q_{min} ）が取水可能とする可動部敷高標高とする（6-2(3)参照のこと。）。また、エプロン標高は、接続する既設エプロン敷高に合わせるものとする。また土砂の流入を防止するため、上流現況河床高は、可動部敷高標高より 1.0m 以上上げ、上流エプロン標高（EL.1）以下とする（表 7-1.1 および図 7-1.1 を参照）ように浚渫を行うこととする。

既設堰下流部に設置される堰は、エプロン標高を現況河床高程度し、不測の堆砂等を考慮して可動部敷高を 0.50m 上げ越しする。

以上の方針に基づき、各堰の可動部敷高標高を表 7-1.1 のとおりとする。

表 7-1.1 可動部敷高標高一覧表

堰位置	堰名	現況河床高 GL. (m)	エプロン標高 EL. 1 (m)*1	可動部敷高 標高 EL. 2 (m)*1
既設堰 上流	アボギヤバル	43.0±	42.75	43.60
	サヘリア	44.0m±	41.55	43.00
既設堰 下流	バハルヨセフ	38.5~39.5	39.50	40.00
	バドラマン	43.0±	43.40	43.90
	ダイルーティア	43.5±	43.70	44.20
	イブラヒミア	39.5±	39.50	40.00

*1) 図 7-1.1 を参照。

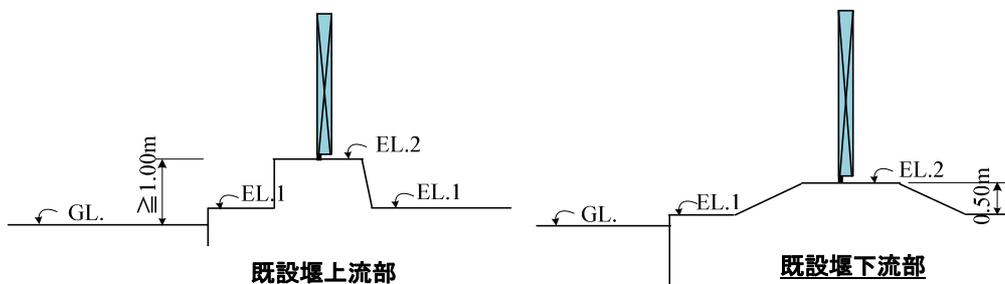


図 7-1.1 可動部敷高標高決定説明図

7-2 ゲート天端標高および扉高

ゲート天端標高は、上流設計高水位（US.H.W.L.46.30m）に余裕高（Fb=0.25m）を加えた標高（EL.46.55m）とする。

- ・ 上流設計高水位： US.H.W.L.= 46.30m
- ・ 余裕高： Fb = 0.25m （Egyptian Code “第3編 第5章 Regulators and Gates”）
- ・ ゲート天端標高： $EL.3 = US.H.W.L.46.30m + 0.25m$
= EL. 46.55m

各堰のゲート扉高は、ゲート天端標高－可動部敷高標高として決定する（表 7-2.1 参照）。

表 7-2.1 ゲート扉高算定表

堰名	ゲート天端標高 EL. 3	可動部敷高標高 EL. 2	ゲート扉高 H (m)	備考
バハルヨセフ	46.55m	40.00m	6.55m	2段ゲート
イブラヒミア	46.55m	40.00m	6.65m	2段ゲート
サヘルリア	46.55m	43.00m	3.55m	1段ゲート
ダイルーティア	46.55m	44.20m	2.35m	1段ゲート
バドラマン	46.55m	43.90m	2.65m	1段ゲート
アボギャバル	46.55m	43.60m	2.95m	1段ゲート

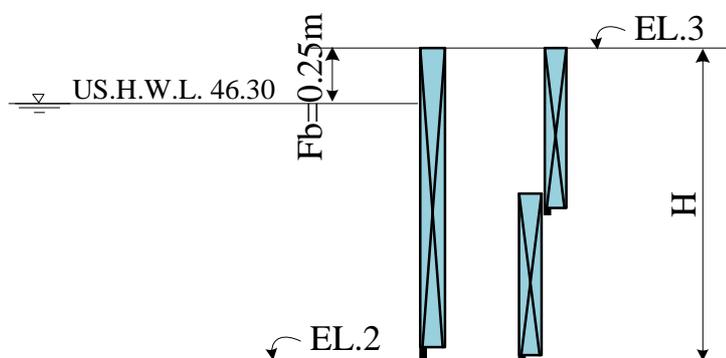


図 7-2.1 ゲート天端標高および扉高決定説明図

7-3 ゲート巻上げ時下端標高

ゲート巻上げ時のゲート下端標高は、上流異常高水位（US.H.H.W.L.47.00m）に対して余裕高（0.50m）を加えた標高（EL.47.50m）とする。

- ・ 上流異常高水位： US.H.H.W.L. = 47.00m
- ・ 余裕高： Fb = 0.50m （Egyptian Code “第3編 第5章 Regulators and Gates”）
- ・ ゲート巻上げ時下端標高：

$$EL.4 = US.H.H.W.L.47.00m + 0.50m = EL.47.50m$$

7-4 エプロン下流端標高

エプロン下流端標高は、将来の河床低下を十分考慮して決定し、堰の長期的な安定を確保する必要がある。

本設計においては、各堰の下流水路底高が計画下流エプロン敷高より高くなっていることより、各堰のエプロンをレベルに設定しても、堰の長期的な安定に問題ないものと判断される。

よって、前述の項にて、設定したエプロン標高 (EL.1) をエプロン下流端標高とする。

8. 堰体の設計

8-1 堰体の設計

各堰の形式は、基礎地盤が砂質地盤またはシルト、粘土質地盤であるためフローティングタイプの堰である。

フローティングタイプ堰のエプロン長と堰体厚さは、Egyptian Code “第3編 第5章 Regulators and Gates” および “Part No.2 Design of Hydraulic Structures Spillways Regulators Barrage” に準拠して行う。

(1) 下流エプロン長

下流エプロン長は、ブライ (Bligh) の式より求める。

$$L_s = 0.61 \times C \times \sqrt{H}$$

ここに、 L_s : 下流エプロンの長さ (m)

C : ブライの係数

H : 上下流最大水位差 (m)

(2) 浸透路長の検討

パイピング防止のためには、堰基礎面に沿う浸透路の長さ (クリープの長さ) を確保することが必要となる。確保すべき浸透路長は、①ブライ (Bligh) の方法および②レーン (Lane) の方法の二つの方法で求めた値の内大きい値を採用する。

①ブライ (Bligh) の方法

$$S' \geq C \times \angle H$$

ここに、 S' : 堰基礎面に沿って測った浸透路長 (m)

C : ブライの係数

$\angle H$: 上下流最大水位差 (m)

②レーン (Lane) の方法

$$L' \geq C' \times \angle H$$

ここに、 L' : 堰基礎面に沿って測った浸透路長 (m)

C' : レーンの重みつきクリープ係数

ΔH : 上下流最大水位差 (m)

表 8-1.1 ブライの C とレーンの重みつきクリープ比 C'

基礎地盤	C : Bligh	C' : Lane
細 砂	15	7
重粘土	4	1.8

(3) 堰体厚さ

中間および下流エプロンの厚さは、揚圧力のバランスにより求める。

$$t = 1.3 \times \frac{\Delta H - H_f}{\gamma - 1} - \frac{H_u \times t_0}{S + t_0}$$

ここに、 t : 検討地点の必要エプロン厚さ (m)

ΔH : 上下流最大水位差 (m)

H_f : 検討地点までの浸透水の損失水頭 (m)

γ : 堰およびエプロンの材料の単位体積重量 (kN/m^3)

1.3 : 安全率

H_u : 中間堰柱の高さ (m)

t_0 : 中間堰柱の厚さ (m)

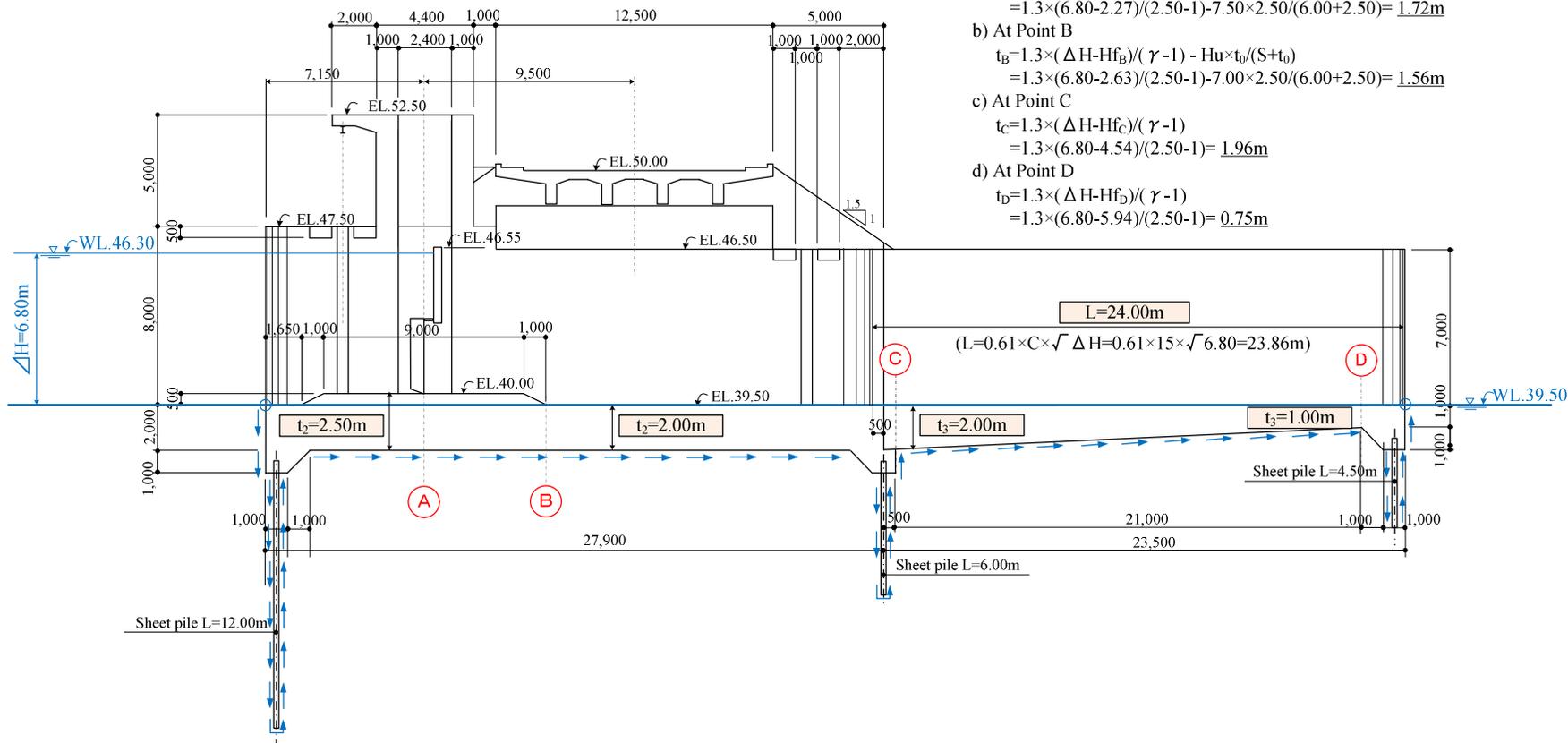
S : 径間長 (m)

(4) 検討結果

検討結果を図 8-1.1～図 8-1.4 に示す。

尚、サヘリア堰およびアボギャバル堰については、既設堰に接続することより検討を省略する。

Results of Hydraulic Design —Bahr-Yusef Reg.—



(3) Thickness of apron

Lost water head at Point A : $H_{fA} = \Delta H \times L_A / \Sigma L = 6.80 \times 34.15 / 102.40 = 2.27\text{m}$
 Lost water head at Point B : $H_{fB} = \Delta H \times L_B / \Sigma L = 6.80 \times 39.65 / 102.40 = 2.63\text{m}$
 Lost water head at Point C : $H_{fC} = \Delta H \times L_C / \Sigma L = 6.80 \times 68.40 / 102.40 = 4.54\text{m}$
 Lost water head at Point D : $H_{fD} = \Delta H \times L_D / \Sigma L = 6.80 \times 89.40 / 102.40 = 5.94\text{m}$

- a) At Point A
 $t_A = 1.3 \times (\Delta H - H_{fA}) / (\gamma - 1) - H_u \times t_0 / (S + t_0) = 1.3 \times (6.80 - 2.27) / (2.50 - 1) - 7.50 \times 2.50 / (6.00 + 2.50) = 1.72\text{m}$
- b) At Point B
 $t_B = 1.3 \times (\Delta H - H_{fB}) / (\gamma - 1) - H_u \times t_0 / (S + t_0) = 1.3 \times (6.80 - 2.63) / (2.50 - 1) - 7.00 \times 2.50 / (6.00 + 2.50) = 1.56\text{m}$
- c) At Point C
 $t_C = 1.3 \times (\Delta H - H_{fC}) / (\gamma - 1) = 1.3 \times (6.80 - 4.54) / (2.50 - 1) = 1.96\text{m}$
- d) At Point D
 $t_D = 1.3 \times (\Delta H - H_{fD}) / (\gamma - 1) = 1.3 \times (6.80 - 5.94) / (2.50 - 1) = 0.75\text{m}$

(1) Design creep length

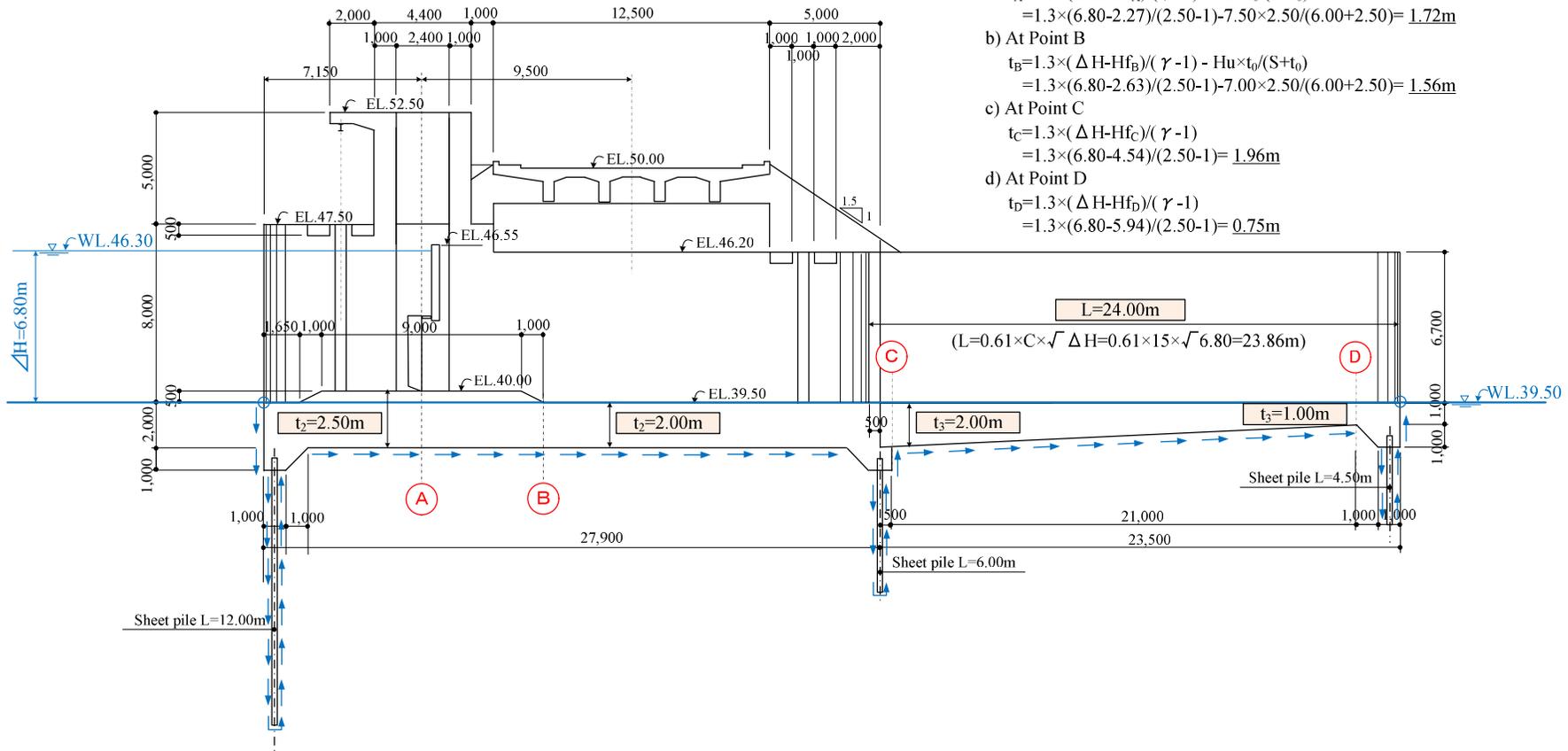
Horizontal creep length : $\Sigma H = 27.90 + 23.50 = 51.40\text{m}$
 Vertical creep length : $\Sigma V = 3.00 + 11.5 \times 2 + 1.00 + 1.00 + 5.50 \times 2 + 1.00 + 1.00 + 4.00 \times 2 + 2.00 = 51.00\text{m}$
 Design creep length : $\Sigma L = \Sigma V + \Sigma H = 102.40\text{m}$

(2) Piping

a) Bligh method : $S' = C \times \Delta H = 15 \times 6.80 = 102.00\text{m}$
 $\leq S = \Sigma L = 102.40\text{m}$ (OK)
 b) Lane method : $L' = C' \times \Delta H = 7 \times 6.80 = 47.60\text{m}$
 $\leq L = \Sigma V + 1/3 \Sigma H = 51.00 + 1/3 \times 51.40 = 68.13\text{m}$ (OK)

図 8-1.1 エプロン長および堰体厚さ検討結果図 (バハルヨセフ堰)

Results of Hydraulic Design —Ibrahimia Reg.—



(3) Thickness of apron

Lost water head at Point A : $H_{fA} = \Delta H \times L_A / \sum L = 6.80 \times 34.15 / 102.40 = 2.27\text{m}$
 Lost water head at Point B : $H_{fB} = \Delta H \times L_B / \sum L = 6.80 \times 39.65 / 102.40 = 2.63\text{m}$
 Lost water head at Point C : $H_{fC} = \Delta H \times L_C / \sum L = 6.80 \times 68.40 / 102.40 = 4.54\text{m}$
 Lost water head at Point D : $H_{fD} = \Delta H \times L_D / \sum L = 6.80 \times 89.40 / 102.40 = 5.94\text{m}$

- a) At Point A
 $t_A = 1.3 \times (\Delta H - H_{fA}) / (\gamma - 1) - H_u \times t_0 / (S + t_0)$
 $= 1.3 \times (6.80 - 2.27) / (2.50 - 1) - 7.50 \times 2.50 / (6.00 + 2.50) = 1.72\text{m}$
- b) At Point B
 $t_B = 1.3 \times (\Delta H - H_{fB}) / (\gamma - 1) - H_u \times t_0 / (S + t_0)$
 $= 1.3 \times (6.80 - 2.63) / (2.50 - 1) - 7.00 \times 2.50 / (6.00 + 2.50) = 1.56\text{m}$
- c) At Point C
 $t_C = 1.3 \times (\Delta H - H_{fC}) / (\gamma - 1)$
 $= 1.3 \times (6.80 - 4.54) / (2.50 - 1) = 1.96\text{m}$
- d) At Point D
 $t_D = 1.3 \times (\Delta H - H_{fD}) / (\gamma - 1)$
 $= 1.3 \times (6.80 - 5.94) / (2.50 - 1) = 0.75\text{m}$

(1) Design creep length

Horizontal creep length : $\Sigma H = 27.90 + 23.50 = 51.40\text{m}$
 Vertical creep length : $\Sigma V = 3.00 + 11.5 \times 2 + 1.00 + 1.00$
 $+ 5.50 \times 2 + 1.00 + 1.00 + 4.00 \times 2 + 2.00 = 51.00\text{m}$
 Design creep length : $\Sigma L = \Sigma V + \Sigma H = 102.40\text{m}$

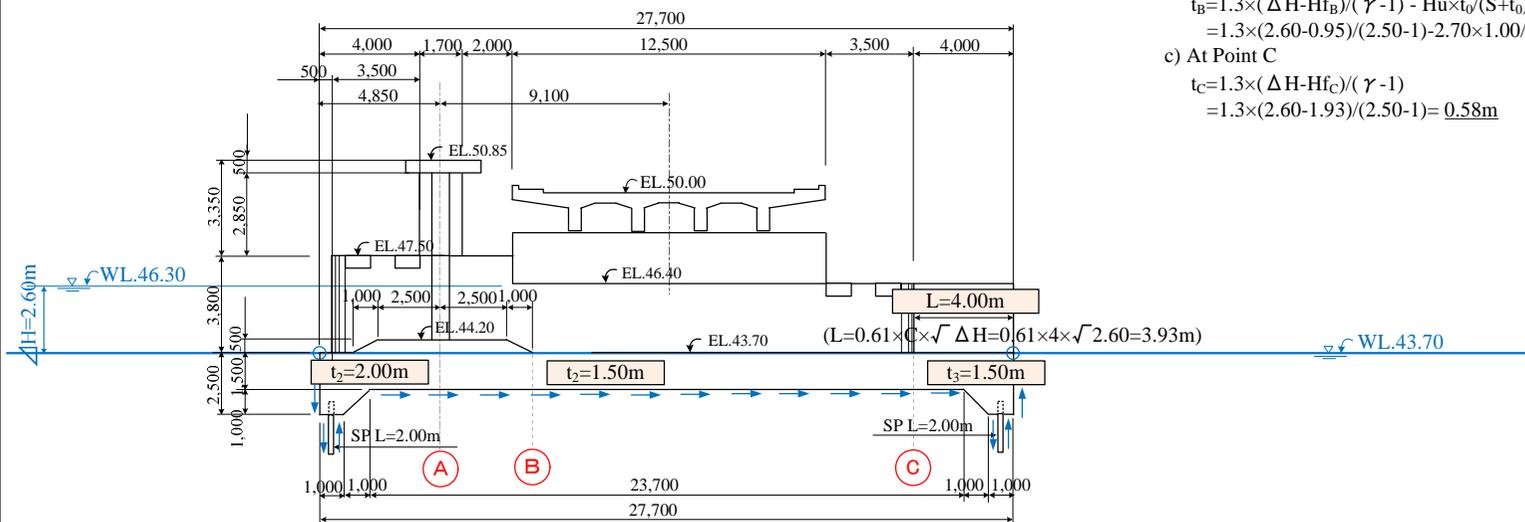
(2) Piping

a) Bligh method : $S' = C \times \Delta H = 15 \times 6.80 = 102.00\text{m}$
 $\leq S = \Sigma L = 102.40\text{m}$ (OK)
 b) Lane method : $L' = C' \times \Delta H = 7 \times 6.80 = 47.60\text{m}$
 $\leq 1.5 \Sigma V + 1/3 \Sigma H = 51.00 + 1/3 \times 51.40 = 68.13\text{m}$ (OK)

図 8-1.2 エプロン長および堰体厚さ検討結果図 (イブラヒミア堰)

Results of Hydraulic Design —Diroutiah Reg.—

09- I



(3) Thickness of apron

Lost water head at Point A : $Hf_A = \Delta H \times L_A / \sum L = 2.60 \times 11.35 / 40.70 = 0.73\text{m}$

Lost water head at Point B : $Hf_B = \Delta H \times L_B / \sum L = 2.60 \times 14.85 / 40.70 = 0.95\text{m}$

Lost water head at Point C : $Hf_C = \Delta H \times L_C / \sum L = 2.60 \times 30.20 / 40.70 = 1.93\text{m}$

a) At Point A

$$t_A = 1.3 \times (\Delta H - Hf_A) / (\gamma - 1) - H_u \times t_0 / (S + t_0) = 1.3 \times (2.60 - 0.73) / (2.50 - 1) - 3.30 \times 1.00 / (2.00 + 1.00) = \underline{0.52\text{m}}$$

b) At Point B

$$t_B = 1.3 \times (\Delta H - Hf_B) / (\gamma - 1) - H_u \times t_0 / (S + t_0) = 1.3 \times (2.60 - 0.95) / (2.50 - 1) - 2.70 \times 1.00 / (2.00 + 1.00) = \underline{0.53\text{m}}$$

c) At Point C

$$t_C = 1.3 \times (\Delta H - Hf_C) / (\gamma - 1) = 1.3 \times (2.60 - 1.93) / (2.50 - 1) = \underline{0.58\text{m}}$$

(1) Design creep length

Horizontal creep length : $\sum H = 27.70\text{m}$

Vertical creep length : $\sum V = 2.50 + 1.5 \times 2 + 1.00 + 1.50 \times 2 + 2.50 = 13.00\text{m}$

Design creep length : $\sum L = \sum V + \sum H = 40.70\text{m}$

(2) Piping

a) Bligh method : $S' = C \times \Delta H = 4 \times 2.60 = 10.40\text{m}$

$\leq S = \sum L = 40.70\text{m}$ (OK)

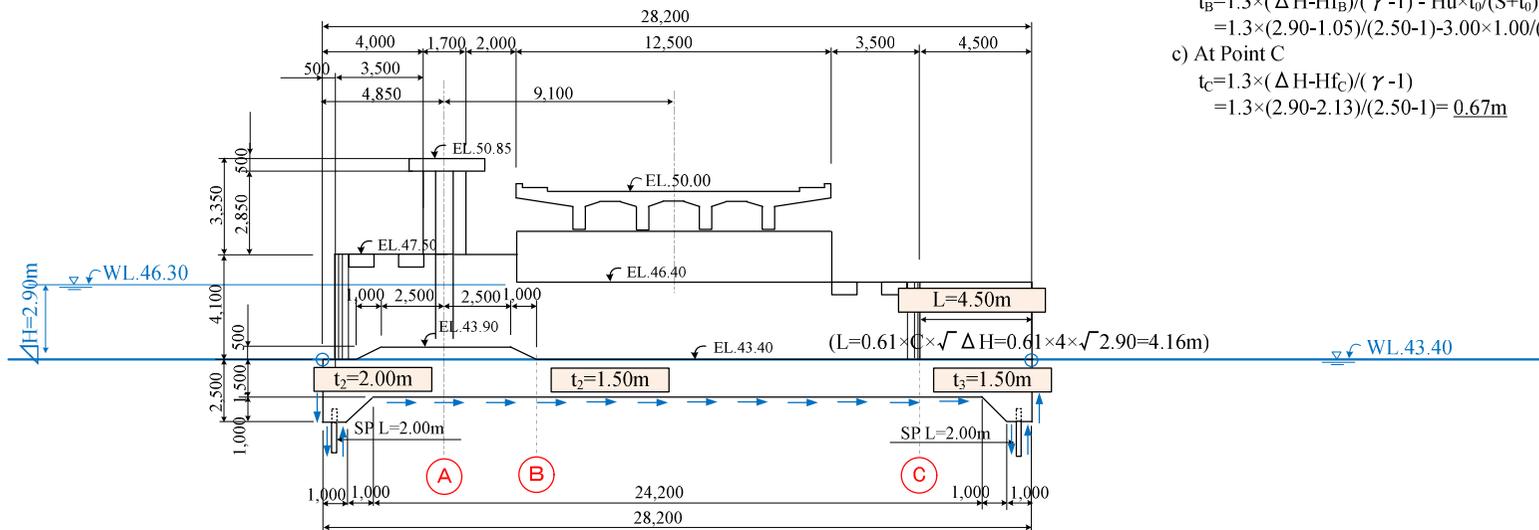
b) Lane method : $L' = C' \times \Delta H = 1.8 \times 2.60 = 4.68\text{m}$

$\leq L = \sum V + 1/3 \sum H = 13.00 + 1/3 \times 27.70 = 22.23\text{m}$ (OK)

図 8-1.3 エプロン長および堰体厚さ検討結果図 (ダイヤルティア堰)

Results of Hydraulic Design — Badraman Reg. —

I 9- I



(3) Thickness of apron

Lost water head at Point A : $Hf_A = \Delta H \times L_A / \Sigma L = 2.90 \times 11.35 / 41.20 = 0.80\text{m}$

Lost water head at Point B : $Hf_B = \Delta H \times L_B / \Sigma L = 2.90 \times 14.85 / 41.20 = 1.05\text{m}$

Lost water head at Point C : $Hf_C = \Delta H \times L_C / \Sigma L = 2.90 \times 30.20 / 41.20 = 2.13\text{m}$

a) At Point A

$$t_A = 1.3 \times (\Delta H - Hf_A) / (\gamma - 1) - H_u \times t_0 / (S + t_0) = 1.3 \times (2.90 - 0.80) / (2.50 - 1) - 3.60 \times 1.00 / (2.00 + 1.00) = \underline{0.62\text{m}}$$

b) At Point B

$$t_B = 1.3 \times (\Delta H - Hf_B) / (\gamma - 1) - H_u \times t_0 / (S + t_0) = 1.3 \times (2.90 - 1.05) / (2.50 - 1) - 3.00 \times 1.00 / (2.00 + 1.00) = \underline{0.60\text{m}}$$

c) At Point C

$$t_C = 1.3 \times (\Delta H - Hf_C) / (\gamma - 1) = 1.3 \times (2.90 - 2.13) / (2.50 - 1) = \underline{0.67\text{m}}$$

(1) Design creep length

Horizontal creep length : $\Sigma H = 28.20\text{m}$

Vertical creep length : $\Sigma V = 2.50 + 1.5 \times 2 + 1.00 + 1.00 + 1.50 \times 2 + 2.50 = 13.00\text{m}$

Design creep length : $\Sigma L = \Sigma V + \Sigma H = 41.20\text{m}$

(2) Piping

a) Bligh method : $S' = C \times \Delta H = 4 \times 2.90 = 11.60\text{m}$

$\leq S = \Sigma L = 41.20\text{m}$ (OK)

b) Lane method : $L' = C' \times \Delta H = 1.8 \times 2.90 = 5.22\text{m}$

$\leq L = \Sigma V + 1/3 \Sigma H = 13.00 + 1/3 \times 28.20 = 22.40\text{m}$ (OK)

図 8-1.4 エプロン長および堰体厚さ検討結果図 (バドラマン堰)

8-2 下流エプロンの設計

大規模堰（バハルヨセフ堰、イブラヒミア堰）には、堰体と別構造で下流エプロンが設置される。下流エプロンの形状は、純底版長が 31.50m と幅広で、堰体と異なり中間に側壁を有しない U 型形状である。

この U 型形状について、エジプト側より側壁及び底版の一体構造としてのフルーム構造とすることが要望された。このため、構造的、施工的な課題及び基礎工法との組合せの比較検討（表 8-2.1 参照のこと。）を実施し、第 22 回 TAC 会議により L 型擁壁＋杭基礎工法の構造を採用することが承認された。

表 8-2.1 下流エプロン構造比較表 (1/3)

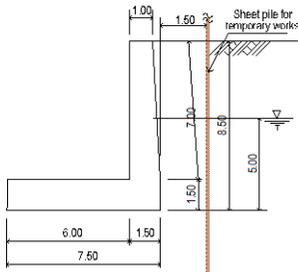
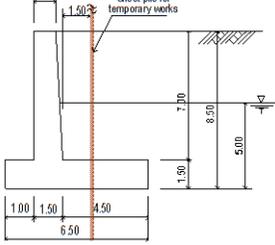
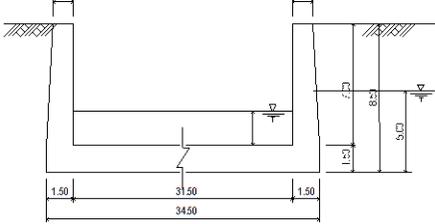
型 式	L 型擁壁	逆 T 式擁壁	フルームタイプ (直接基礎)
構造概要			
直接基礎における安定性 ・活動に対して ・偏心に対して	<p>水平力が卓越しているため、安定性が確保されない。</p> <p>1) 常時： $Fs = 0.504 < 1.5$ ……NG $e = 1.256 > 1.250 = B/6$ … NG</p> <p>2) 地震時： $Fs = 0.442 < 1.15$ ……NG $e = -0.688 < 2.500 = B/3$ …OK</p> <p style="text-align: center;">(×)</p>	<p>活動、偏心に対する安全性は確保される。</p> <p>1) 常時： $Fs = 1.606 > 1.5$ ……OK $e = 0.773 < 1.083 = B/6$ …OK</p> <p>2) 地震時： $Fs = 1.653 > 1.15$ ……OK $e = 0.647 < 2.167 = B/3$ …OK</p> <p style="text-align: center;">(○)</p>	<p>構造的に対称形で、水平力が相殺されるために、安全性は確保される。</p> <p style="text-align: center;">⇒OK</p> <p style="text-align: center;">(○)</p>
直接基礎における支持力に対する安全性	<p>構造の偏心により、地盤反力が許容支持力以上となり、直接基礎は採用できない。別途、基礎工が必要となる。</p> <p>1) 常時： $q = 68.53 \text{ kN/m}^2 > \text{range out}$ ……NG (6.85 tf/m²)</p> <p>2) 地震時： $q = 82.84 \text{ kN/m}^2 > \text{range out}$ ……NG (8.28 tf/m²)</p> <p style="text-align: center;">(×)</p>	<p>構造の偏心により、地盤反力が許容支持力以上となり、直接基礎は採用できない。別途、基礎工が必要となる。</p> <p>1) 常時： $q = 215.20 \text{ kN/m}^2 > \text{range out}$ ……NG (21.5 tf/m²)</p> <p>2) 地震時： $q = 239.49 \text{ kN/m}^2 > \text{range out}$ ……NG (23.95 tf/m²)</p> <p style="text-align: center;">(×)</p>	<p>バハルヨセフ堰では、地盤反力が許容支持力以上となるが、イブラヒミア堰では許容支持力以下となる。</p> <p>1) 常時： $q = 50.18 \text{ kN/m}^2 > 49.16 \text{ kN/m}^2$ ……NG $< 91.48 \text{ kN/m}^2$ ……OK (5.02 tf/m² > 4.92 tf/m²) (< 9.15 tf/m²)</p> <p>*) 上段 : バハルヨセフ堰 下段 : イブラヒミア堰</p> <p style="text-align: center;">(△)</p>

表 8-2.2 下流エプロン構造比較表 (2/3)

型 式		L 型擁壁	逆 T 式擁壁		フルームタイプ (直接基礎)	
配筋計画 注) 市場性より使用鉄筋は、Φ25mm 以下とした。		1) 側壁 : φ 22@200mm 2) 底板 : φ 25@200mm ⇒応力的に許容値以下となる → OK (○)	1) 側壁 : φ 22@200mm 2) 底板 : φ 25@200mm ⇒応力的に許容値以下となる → OK (○)		1) 側壁 : φ 22@200mm 2) 底板 : φ 25@100mm ⇒底板中央部において、最大配筋計画 (φ 25@100mm) で許容応力度を満足しない → NG (×)	
側壁	B , H, d (mm)	1000 , 1500, 1430	1000 , 1500, 1430		1000 , 1500, 1430	
	M (kN・m)	377.19 (37.72tf・m)	377.19 (37.72tf・m)		376.66 (37.67tf・m)	
	N (kN)	0.00	0.00		0.00	
	S (kN)	165.19 (16.52tf・m)	165.19 (16.52tf・m)		183.82 (18.38tf・m)	
	配筋計画	φ 22@200mm	φ 22@200mm		φ 22@200mm	
	σ c / σ ca (N/mm2)	2.05 < 9.50 ← OK (20.5kgf/cm2 < 95kgf/cm2)	2.05 < 9.50 ← OK (20.5kgf/cm2 < 95kgf/cm2)		2.15 < 9.50 ← OK (20.5kgf/cm2 < 95kgf/cm2)	
	σ s / σ sa (N/mm2)	144.64 < 200.0 ← OK (1446.4kgf/cm2 < 2000kgf/cm2)	144.64 < 200.0 ← OK (1446.4kgf/cm2 < 2000kgf/cm2)		144.85 < 200.0 ← OK (1448.5kgf/cm2 < 2000kgf/cm2)	
τ c / τ ca (N/mm2)	0.116 < 0.7 ← OK (1.16kgf/cm2 < 7.0kgf/cm2)	0.116 < 0.7 ← OK (1.16kgf/cm2 < 7.0kgf/cm2)		0.129 < 0.7 ← OK (1.29kgf/cm2 < 7.0kgf/cm2)		
底板	B , H, d (mm)	1000 , 1500, 1430	1000 , 1500, 1430		1000 , 1500, 1430	
	M (kN・m)	377.19 (37.72tf・m)	(前 趾) -92.65(9.27tf・m)	(後 趾) 377.19 (37.72tf・m)	(底板端部) 376.67(37.67tf・m)	(底板中央) -6192.41(619.24tf・m)
	N (kN)	0.00	0.00		0.00	
	S (kN)	205.68 (20.57tf・m)	181.61 (18.16tf・m)	183.69 (18.37tf・m)	796.257 (79.63tf・m)	0.00
	配筋計画	φ 25@200mm (鉄筋径はフルームタイプと同径とする)	φ 25@200mm (鉄筋径はフルームタイプと同径とする)	φ 25@200mm (鉄筋径はフルームタイプと同径とする)	φ 25@100mm	φ 25@100mm
	σ c / σ ca (N/mm2)	1.93 < 9.50 ← OK (19.3kgf/cm2 < 95kgf/cm2)	0.47 < 9.50 ← OK (4.7kgf/cm2 < 95kgf/cm2)	1.93 < 9.50 ← OK (19.3kgf/cm2 < 95kgf/cm2)	2.15 < 9.50 ← OK (21.5kgf/cm2 < 95kgf/cm2)	24.07 > 9.50 ← NG (240.1kgf/cm2 > 95kgf/cm2)
	σ s / σ sa (N/mm2)	111.77 < 200.0 ← OK (1117.7kgf/cm2 < 2000kgf/cm2)	27.45 < 200.0 ← OK (274.5kgf/cm2 < 2000kgf/cm2)	111.77 < 200.0 ← OK (1117.7kgf/cm2 < 2000kgf/cm2)	144.85 < 200.0 ← OK (1448.5kgf/cm2 < 2000kgf/cm2)	941.62 > 200.0 ← NG (9416.2kgf/cm2 > 2000kgf/cm2)
τ c / τ ca (N/mm2)	0.144 < 0.7 ← OK (1.44kgf/cm2 < 7.0kgf/cm2)	0.127 < 0.7 ← OK (1.3kgf/cm2 < 7.0kgf/cm2)	0.129 < 0.805 ← OK (1.3kgf/cm2 < 8.05kgf/cm2)	0.557 < 0.7 ← OK (5.6kgf/cm2 < 7.0kgf/cm2)	—	

表 8-2.3 下流エプロン構造比較表 (3/3)

型 式	L型擁壁	逆T式擁壁	フルームタイプ (直接基礎)
施工への影響	<p>施工（二重締切工）への影響は無いが、杭基礎が必要となる。</p> <p style="text-align: center;">(○)</p>	<p>後趾が二重締切工と競合する。このため、必要な後趾長を確保すれば、仮廻し水路の流積が狭窄され、仮廻し水路の流速が早くなる。</p> <p style="text-align: center;">(×)</p>	<p>広幅形状のために、底版の鉄筋量が多くなり、底版厚さが大きくなる。このため、基礎面が深くなり、二重締切規模が大規模となる。</p> <p>底版厚さを厚くすれば、温度ひび割れの対策が必要となる。</p> <p>さらに、底版厚さが厚くなることにより、地盤反力が大きくなり、許容支持力を満足しない。</p> <p style="text-align: center;">(×)</p>
総合評価 直接基礎の可能性	<p>直接基礎は、採用できない。</p> <p>しかし、適切な基礎工を採用することにより合理的な設計となる。</p> <p>バハルヨセフ堰及びイブラヒミア堰の下流エプロン構造として、L型擁壁が最も適している。</p> <p style="text-align: center;">(採用)</p>	<p>L型擁壁と同様に直接基礎は、採用できない。</p> <p>後趾の影響で、施工時の仮廻し水路における許容流速を満足することができない。</p> <p>バハルヨセフ堰及びイブラヒミア堰の下流エプロン構造として逆T式擁壁は、採用できない。</p>	<p>バハルヨセフ堰は、直接基礎を採用できない。</p> <p>イブラヒミア堰は、支持力の面から直接基礎の採用が可能であるが、底版に極端に大きなモーメントが発生し、構造的な問題がある。</p>

参考) バットレスタイプの擁壁は、底版長が短くなるものの許容支持力が小さい本条件のような個所では適さない。一般的に、バットレスタイプの擁壁は、1) 擁壁高 10m を超えるような場合、2) 後趾に高盛土の荷重が作用する場合に採用される。

9. 護床工の設計

9-1 基本的な考え方

護床工は、堰下流部に発生する高流速の流れの減勢と局所洗掘の防止を目的に設置する。

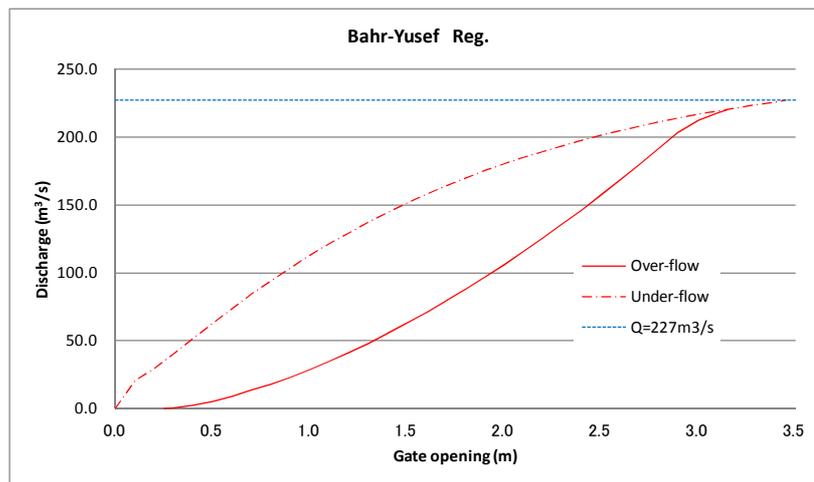
基本的な考え方としては、堰を流下した高流速の流れがもつエネルギーを護床工の抵抗によって漸次減勢し、護床工の下流部分の流速をこれに続く下流水路の流速と等しくすることである。これは、土砂の移動限界を超えた流れでは流砂の連続性があり、水路底の平衡が保たれることを前提としている。

9-2 護床工長の検討

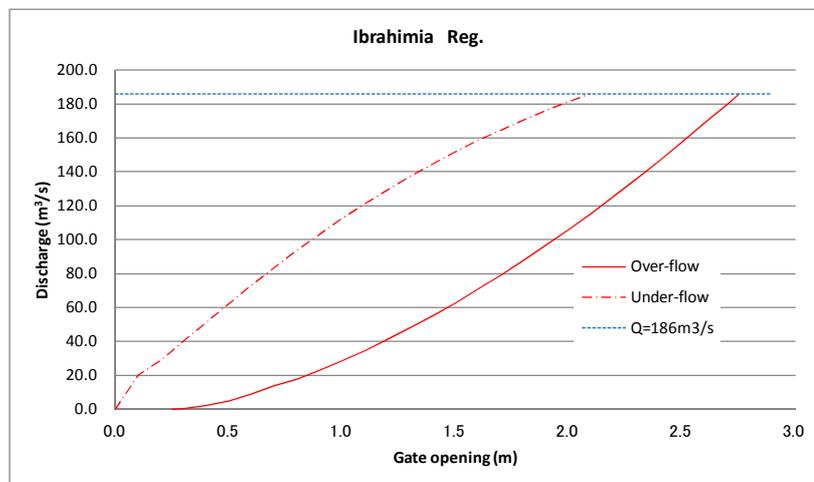
(1) 大規模堰ゲート操作の概要

バハルヨセフ堰のゲート操作は、大流量時アンダーフロー（潜り流出）による操作が必要となるが、それ以外はオーバーフロー（完全越流）での操作が可能である。

一方、イブラヒミア堰については、全流量範囲においてオーバーフロー（完全越流）操作が可能となる。（図9-2.1 参照のこと。）



バハルヨセフ堰



イブラヒミア堰

図 9-2.1 ゲート開度～流量曲線

(2) 跳水のタイプ

ゲート下流に発生する跳水には、共役水深(y_2)と下流水位(y_2')との関係より図 9-2.2 に示す三つのケースに分類される。

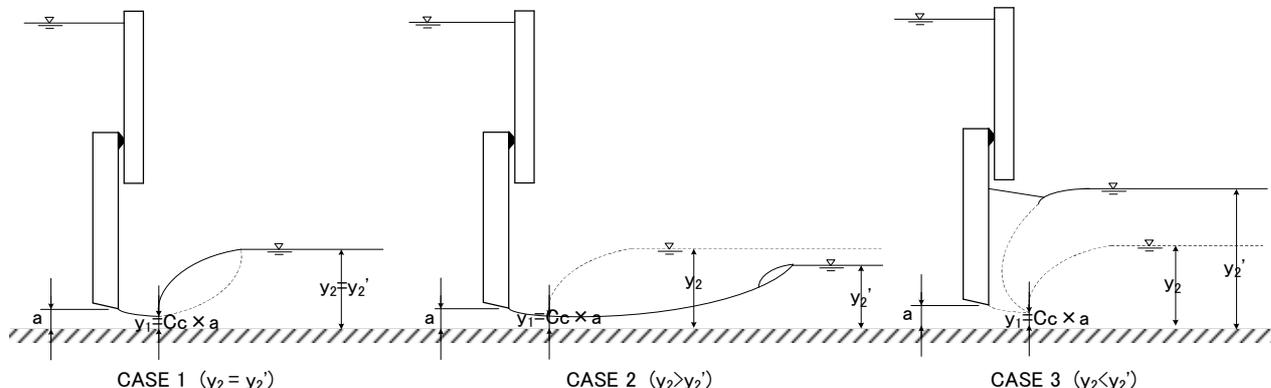
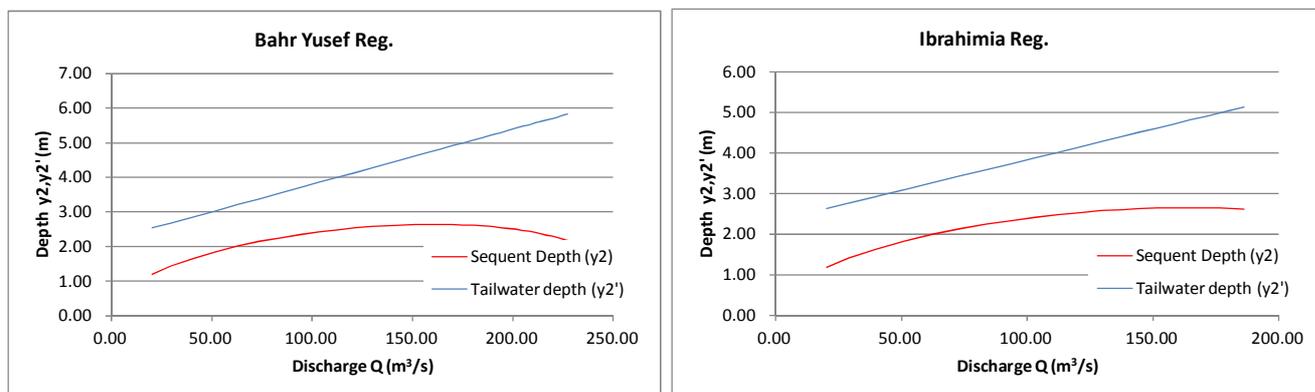


図 9-2.2 跳水の分類

本検討では、維持管理上のゲート上流の堆積土砂排除操作を考慮して、アンダーフロー操作におけるゲート下流の流れについて検討を行う。

検討結果を図 9-2.2 に示すゲート下流縮流水深 y_1 に対する共役水深 y_2 と堰下流の $H \sim Q$ 曲線より求めた下流水深 y_2' との関係をもとめると図 9-2.3 のとおりで、下流水深 y_2' が全ての流量時において、共役水深 y_2 を上回る結果となった。(跳水ケース：CASE 3)



バハルヨセフ堰

イブラヒミア堰

図 9-2.3 共役水深 (y_2) と下流水深 (y_2') の関係

これは、ゲート下流の流れが、露出射流や露出跳水を起こすことなく、潜りの状態となっていることを示す。

(3) 護床工長さの検討

前述のゲート下流の流れの状況より判断すれば、バハルヨセフ堰及びイブラヒミア堰の下流エプロン内において、ゲート流出の影響は消失し、安定した流れとして下流水路に流出するものと考えられる。

よって、減勢工機能としての護床工長さではなく、下流水路への取付けを重視した護床工長さとして決定する。

日本においては、数多くの実績より下流水路との取付け長さとして、設計水深 (H)の3～5倍程度が推奨されている。よって、本堰では安全側の値として5倍程度を考慮し、バハルヨセフ堰、イブラヒミア堰とも、下流エプロンより 30m 区間に護床工を配置する。

表 9-2.1 護床工長の決定 (バハルヨセフ堰、イブラヒミア堰)

	下流設計水位 DS.HWL	下流エプロン敷高 EL end	設計水深 H	護床工長 (3~5 H)
バハルヨセフ堰	45.82 m	39.50 m	6.32 m	18.96~31.60m ➔ 30.00m
イブラヒミア堰	45.13 m	39.50 m	5.63 m	16.89~28.15m ➔ 30.00m

(4) 護床工長さの検討 (バドラマン堰)

バドラマン堰の護床工長さも、前述の大規模堰における護床工長さ決定根拠と同様に下流エプロン水深 (H)の3～5倍程度を確保する。

表 9-2.2 に示す通り、バドラマン及びダイルーティアともに、15m の護床工を配置する。

表 9-2.2 護床工長の決定 (バドラマン堰)

	下流設計水位 DS.HWL	下流エプロン敷高 EL end	設計水深 H	護床工長 (3~5 H)
バドラマン	45.90 m	43.40 m	2.50m	7.50~12.50m ➔ 15.00m
ダイルーティア	45.90 m	43.70 m	2.20 m	6.60~11.00m ➔ 15.00m

【参考：日本における護床工範囲の標準】

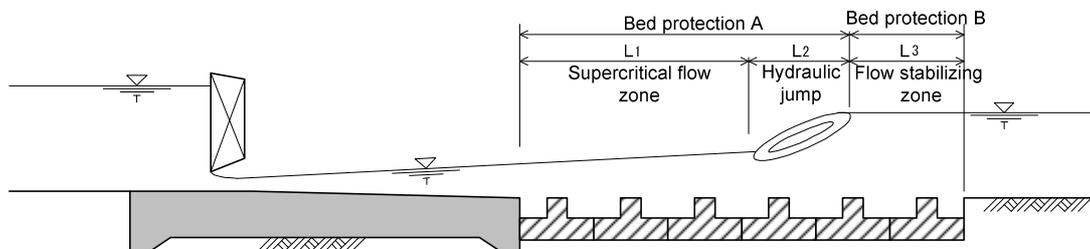


図 9-2.4 護床工範囲説明図

9-3 護床工型式の検討

(1) 捨石重量算定のための適用公式

数多くの研究機関、研究者が、流れの状況に応じた捨石重量の算定式を提案している。

ここでは、比較的流れの状況が緩やかな場合にも適応可能な次の四つの算定式を用いて流速に対する必要重量を推定する。

● Isbash method (Isbash 1936)

$$V = C \times \left[2 \times g \times \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \right]^{0.5} \times (D_{50})^{0.50}$$

$$D_{50} = \left[\frac{8 \times W_{50}}{\pi \gamma_s} \right]^{1/3}$$

- ここに、 V : 平均流速 (ft/s)
 C : C=0.86
 g : 重力加速度 (g=32.2 ft/s²)
 γ_s : 石材重量 ($\gamma_s=137$ lb/ft³)
 γ_w : 水重 ($\gamma_w=62.5$ lb/ft³)
 D₅₀ : 捨石の平均径 (ft)
 W₅₀ : 捨石の平均重量 (lb)

● U.S. Geological Survey method (Blodgett 1981)

$$D_{50} = 0.01 V^{2.44}$$

$$D_{50} = \left[\frac{8 \times W_{50}}{\pi \gamma_s} \right]^{1/3}$$

- ここに、 V : 平均流速 (ft/s)
 γ_s : 石材重量 ($\gamma_s=137$ lb/ft³)
 γ_w : 水重 ($\gamma_w=62.5$ lb/ft³)
 D₅₀ : 捨石の平均径 (ft)
 W₅₀ : 捨石の平均重量 (lb)

● USBR 1936

$$D_{50} = (V_b / 3.88)^2$$

$$D_{50} = \left[\frac{8 \times W_{50}}{\pi \gamma_s} \right]^{1/3}$$

Where;

- V_b : Near bed velocity at 0.9d (m/s)
 γ_s : Weight of riprap ($\gamma_s=2,200$ kg/m³)
 D₅₀ : Average diameter of a riprap (m)
 W₅₀ : Average weight of a riprap (kg)

● Osama 1995

$$D_{50} = (Vb / 4.3)^2$$

$$D_{50} = \left[\frac{8 \times W_{50}}{\pi \gamma_s} \right]^{1/3}$$

Where;

- Vb : Near bed velocity at 0.9d (m/s)
- γ_s : Weight of riprap ($\gamma_s=2,200 \text{ kg/m}^3$)
- D_{50} : Average diameter of a riprap (m)
- W_{50} : Average weight of a riprap (kg)

(2) 捨石重量及び大きさを決定するための流速

捨石重量及び大きさを決定するための流速は、計画平均流速に対して水路内流速のバラツキやゲートメンテナンス時の流速の増加を加味し、計画平均流速に対して 1.5~2.0 倍程度の流速を考慮する。

表 9-3.1 捨石重量及び大きさを決定するための流速

	流量 Qmax (m ³ /s)	流積 A (m ²)	流速 V (m/s)	捨石設計のための流速 (1.5~2.0 V) 採用
バハルヨセフ	227	151.68	1.50	2.25~3.00 ➡ 2.50
イブラヒミア	186	135.12	1.38	2.07~2.76 ➡ 2.50
バドラマン	9	10.00	0.90	1.35~1.80 ➡ 1.50
ダイルーティア	12	13.20	0.91	1.37~1.82 ➡ 1.50

(3) 捨石重量の検討

前述の算定式により求めた捨石重量は、表 9-3.2~表 9-3.5 に示すとおりである。これらの結果から分かるように、提案式により大きな差があるが、各堰の捨石重量及び大きさを以下のとおりとする。

- ・バハルヨセフ, イブラヒミア : $D_{50}=0.40\text{m}$ $W_{50}=60\text{kg}$
- ・バドラマン, ダイルーティア : $D_{50}=0.20\text{m}$ $W_{50}=10\text{kg}$

表 9-3.2 Isbash method (Isbash 1936)による捨石重量

Va		C	γ_s (lb/ft ³)	γ_w (lb/ft ³)	D ₅₀		W ₅₀	
(m/s)	(ft/s)				(m)	(ft)	(kg)	(lb)
0.50	1.64	0.86	137	62.5	0.01	0.05	0.00	0.01
1.00	3.28	0.86	137	62.5	0.06	0.19	0.17	0.37
1.50	4.92	0.86	137	62.5	0.13	0.43	1.89	4.17
2.00	6.56	0.86	137	62.5	0.23	0.76	10.64	23.45
2.50	8.20	0.86	137	62.5	0.36	1.18	40.58	89.45
3.00	9.84	0.86	137	62.5	0.52	1.71	121.16	267.11

表 9-3.3 U.S. Geological Survey method (Blodgett 1981)による捨石重量

Va		γ_s (lb/ft ³)	D ₅₀		W ₅₀	
(m/s)	(ft/s)		(m)	(ft)	(kg)	(lb)
0.50	1.64	137	0.01	0.03	0.00	0.00
1.00	3.28	137	0.06	0.18	0.15	0.32
1.50	4.92	137	0.15	0.49	2.84	6.26
2.00	6.56	137	0.30	0.99	23.32	51.41
2.50	8.20	137	0.52	1.70	119.43	263.30
3.00	9.84	137	0.81	2.65	453.65	1000.14

表 9-3.4 USBR1936 による捨石重量

Vb (m/s)	γ_s (kg/m ³)	D ₅₀ (m)	W ₅₀ (kg)
0.50	2,200	0.02	0.00
1.00	2,200	0.07	0.25
1.50	2,200	0.15	2.88
2.00	2,200	0.27	16.20
2.50	2,200	0.42	61.79
3.00	2,200	0.60	184.50

表 9-3.5 Osama1995 による捨石重量

Vb (m/s)	γ_s (kg/m ³)	D ₅₀ (m)	W ₅₀ (kg)
0.50	2,200	0.01	0.00
1.00	2,200	0.05	0.14
1.50	2,200	0.12	1.56
2.00	2,200	0.22	8.74
2.50	2,200	0.34	33.35
3.00	2,200	0.49	99.58

(4) 護床工型式

第 22 回 TAC 会議にて招集された水理解析 WG と設計 WG との合同会議により、前述までの捨石重量(W₅₀)大きさ(D₅₀)に加え、護床工型式として吸出し防止シート+フィルター材 (砕石 : 0.10 ~ 0.20m) + 捨石 (2~3×D₅₀) の構成とする下図の護床工標準断面図が了承された。

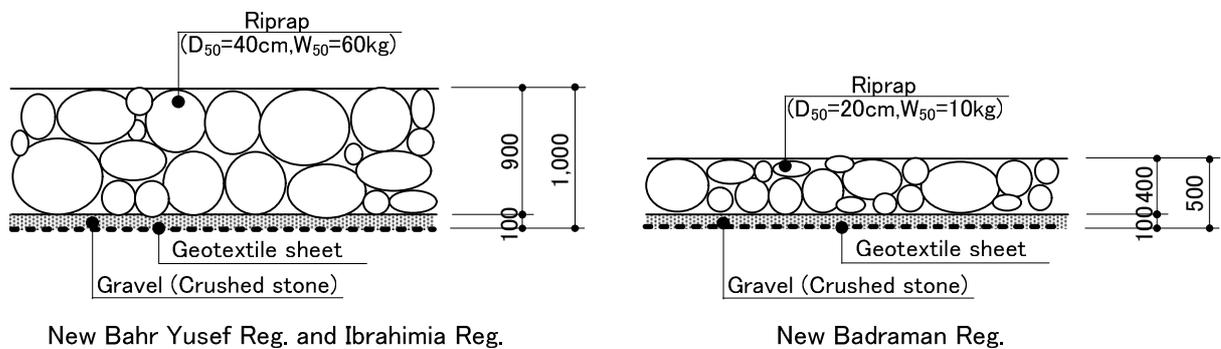


図 9-3.1 護床工標準断面図

【参考：石材の粒度分布の算定】

護床工材料の構成と設置目的は、表 9-3.6 のとおりである。

表 9-3.6 護床工材料の構成と設置目的

材 料	設置目的	備 考
捨石	堰下流部に発生する高流速の流れの減勢と局所洗堀の防止を目的に設置する。	Bahr Yusef, Ibrahimia Reg. : D ₅₀ =40cm Badraman Reg. : D ₅₀ =20cm
砕石	吸出し防止シートの破損防止を目的に捨石とのクッション材として設置する。	
吸出し防止シート	現況河床材料の吸出しを防止し、河床低下の抑制を図る。	
現況河床材料	—	Fine sand D ₁₅ =0.14mm, D ₅₀ =0.23mm, D ₈₅ =0.37mm

護床工に使用する各石材の仕様について、各石材の設置目的及びエ国水理研究所 (HRI) より提示された「Standard Gravel Curve」に基づき検討を行う。

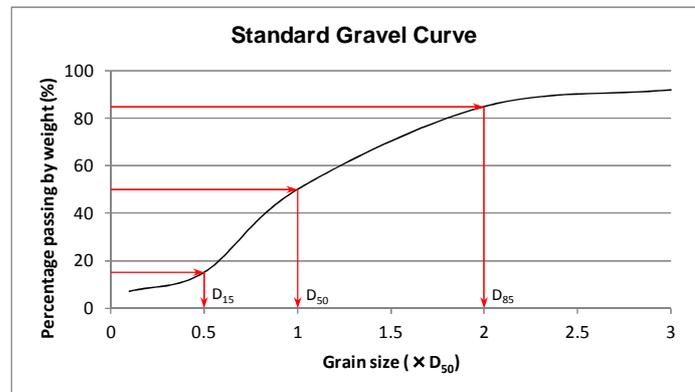


図 9-3.2 捨石の標準粒度分布 (HRI 提示資料)

捨石の下部に設置する砕石は、捨石のクッション材としての機能を有することを目的に設置されることより、水理的な仕様を要求されるものではない。

しかし、長期的に安定した状態を確保するためには、捨石からの吸出しに対して十分な大きさを有することが求められ、パイピングに有効な粒径を有する砕石規模とする。よって、砕石の仕様は、次式を満足する粒度構成する。

$$\frac{\text{フィルタ材料の 15\%粒径}}{\text{フィルタで保護される材料の 85\%粒径}} < 5 \quad \dots\dots\dots (\text{パイピング則})$$

表 9-3.7 護床工材料の粒度分布

	バハルヨセフ,イブラヒミア堰			バドラマン堰		
	捨石(cm)	砕石(cm)	備考	捨石(cm)	砕石(cm)	備考
D ₁₅ (=0.5D ₅₀)	20	1.25	20/5.0=4 < 5 (OK)	10	1.25	10/5.0=2 < 5 (OK)
D ₅₀	40	2.5		20	2.5	
D ₈₅ (=2.0D ₅₀)	80	5.0		80	5.0	

● 下流エプロン下面現況河床材料

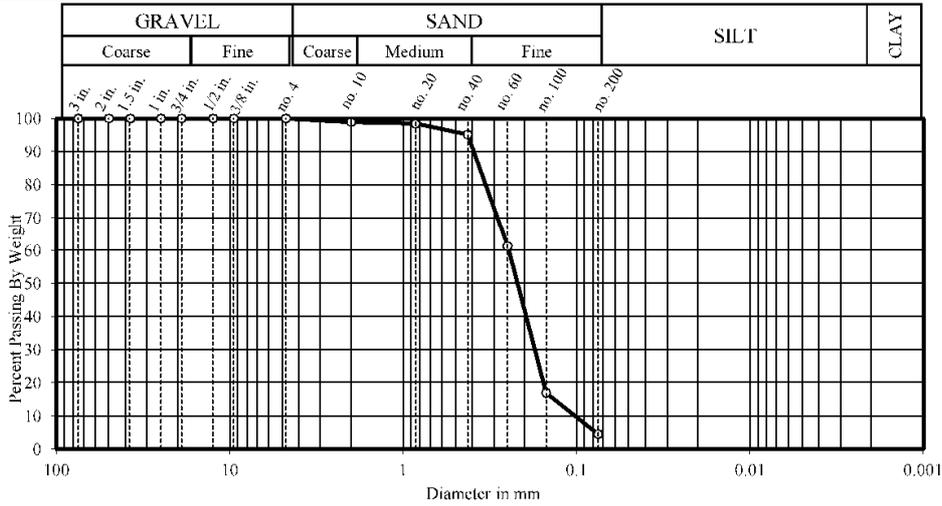


CLASSIFICATION OF SOILS
(ASTM D-2487)

Job No. : MY- 1098
 Client : SANYU CONSULTANTS INC.
 Project : New Dirout Grup of Regulators
 Location : Dirout, Egypt

Borehole No. : N 2'
 Sample No. : D 1 + D 2
 EL.38.05m~EL.39.50m

1. GRAIN SIZE DISTRIBUTION (ASTM D 422)



Sieve Size (mm)	3 in.	2 in.	1.5 in.	1 in.	3/4 in.	1/2 in.	3/8 in.	no. 4	no. 10	no. 20	no. 40	no. 60	no. 100	no. 200			
% Passing	100	100	100	100	100	100	100	100.0	98.9	98.4	95.1	61.2	16.9	4.5			
Effective Diameter (D_{10})	: 0.108			D_{30} (mm) : 0.180			D_{60} (mm) : 0.247			Uniformity coefficient (C_u) : 2.283							
Description	: SP									Coefficient of curvature (C_c) : 1.204							
% gravel	0.00			% sand			95.52			% silt		4.48		% clay		0.00	

Percent passing by weight	Grain size (mm)	Remarks
15%	D_{15} : 0.139	
50%	D_{50} : 0.225	
85%	D_{85} : 0.373	

10. 堰柱の設計

10-1 堰柱高さ及び厚さ等の決定

(1) 堰柱高さ

堰柱の高さは、ゲート巻上げ時下端標高(EL.4)に巻上げ時ゲート高(h)、余裕高(Fb)および頂版厚(t)を加算して決定する（表 10-1.1 参照）。

$$\begin{aligned} \text{堰柱天端標高 (EL.5)} &= \text{ゲート巻上げ時下端標高(EL.4)} + \text{巻上げ時ゲート高(h)} \\ &\quad + \text{余裕高(Fb)} + \text{頂版厚(t)} \end{aligned}$$

ここに、

ゲート巻上げ時下端標高(EL.4) : 「7-3 ゲート巻き上げ時下端標高」参照のこと。

巻上げ時ゲート高(h) : 2段ゲートの場合は、下段扉高とする。

余裕高(Fb) : スポイラー、休止フック等のゲート構造物および巻上げ時の余裕で、大規模ゲートは 1.00m、小規模ゲートには 0.50m を見込む（日本の設計基準を適用）。

表 10-1.1 堰柱高さ算定表

堰名	巻上げ時ゲート下端標高 EL.4(m)	巻上げ時ゲート高 h(m)	余裕高 Fb(m)	頂版厚 t(m)	堰柱天端標高 EL.5(m)
バハルヨセフ	47.50	3.40	1.00	0.60	52.50
イブラヒミア	47.50	3.40	1.00	0.60	52.50
サヘリア	47.50	3.55	0.50	0.50	52.05
ダイルーティア	47.50	2.35	0.50	0.50	50.85
バドラマン	47.50	2.65	0.50	0.50	51.15
アボギャバル	47.50	2.95	0.50	0.50	51.45

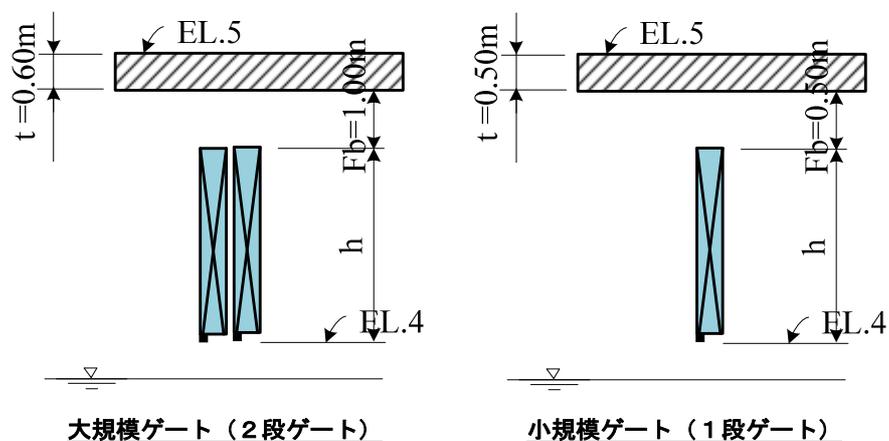


図 10-1.1 ゲート天端標高および扉高決定説明図

(2) 堰柱厚さ

堰柱の厚さは、ゲート戸当たりを納め、ゲート作用荷重を堰柱に確実に伝達できると共に、堰柱に作用する全ての外力に対して構造的に安全な厚さとすることが必要である。

Egyptian Code “第3編 第5章 Regulators and Gates” では経験的に純径間の 1/4～1/3 で決定することができるかとされている。また、“Part No.2 Design of Hydraulic Structures Spillways Regulators Barrage” では、下記の経験式が提案されている。

$$tp = (0.25 \sim 0.35) \times S \geq 1.00m$$

ここに、tp : 堰柱幅 (m) 最小厚さ 1.00m とする。

S : 純径間 (m)

大規模堰 (バハルヨセフ堰、イブラヒミア堰) および小規模堰 (サヘリア堰、バドラマン堰 (ダイルーティア、バドラマン)、アボギャバル堰) に区分して必要な堰柱厚さを求めると以下のとおりである。

$$\text{大規模堰 } S=6.00m : tp = (0.25 \sim 0.35) \times 6.00 = 1.50m \sim 2.10m$$

$$\text{小規模堰 } S=2.00m : tp = (0.25 \sim 0.35) \times 2.00 = 0.50m \sim 0.70m \Rightarrow tp = 1.00m$$

大規模堰のゲート (油圧シリンダ方式 2 段式ローラーゲート) は、ゲート設備費の縮減および堰柱高さの低下を目的に整流板を設けないものとした。

このため、油圧シリンダロッドを戸当たり内部に納めることにより、2.40m×0.85m と通常より大きな戸当たり箱抜きが必要となる。

よって、大規模堰の堰柱厚さは、戸当たり箱抜き寸法に構造的な有効部材厚や管理用通路の確保等を加味して以下のとおりとする。

$$\begin{aligned} tp &= 0.85m (\text{戸当たり箱抜き}) \times 2 + 0.80m (\text{構造的な有効部材厚、管理用通路}) \\ &= 2.50m \end{aligned}$$

以上より、堰柱厚さは、大規模堰 : 2.50m、小規模堰 : 1.00m と決定する。

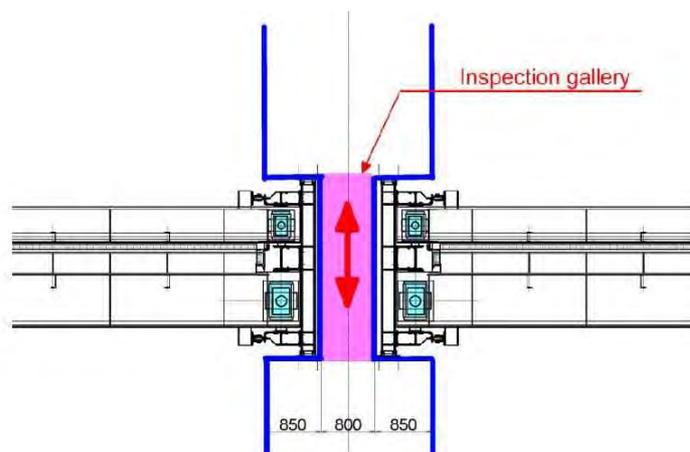


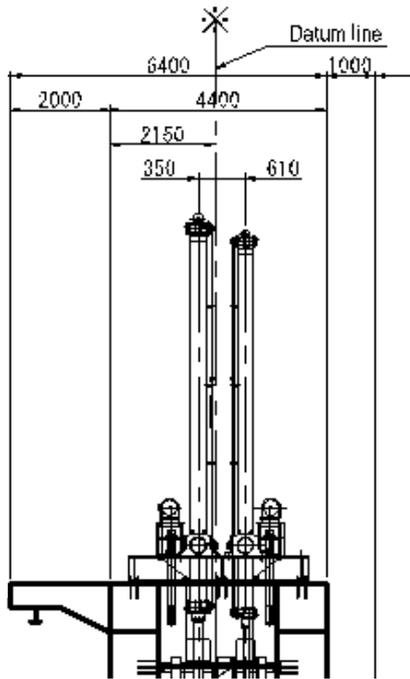
図 10-1.2 大規模堰堰柱厚さ説明図

10-2 堰柱上部構造の検討

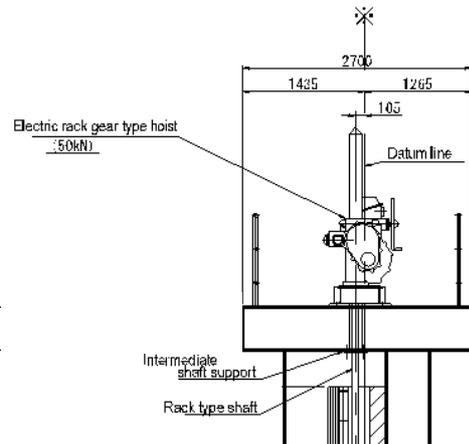
堰柱上部には、開閉装置設置スペース、点検スペース等を考慮した操作台を設置する。

大規模堰（バハルヨセフ堰、イブラヒミア堰）には、ゲート本体の取出しが可能とする開口部を設け、開口部には油圧シリンダ架台を設置する。また、上流側予備ゲートの設置のためのホイストクレーン用のレールを配置する。

堰柱上部の操作台の構造を図 10-2.1 に示す。



大規模ゲート（2段ゲート）



小規模ゲート（1段ゲート）

図 10-2.1 堰柱上部（操作台）概要図