

パキスタン・イスラム共和国

タウンサ堰施設改修計画

基本設計調査報告書

平成16年12月

国際協力機構

株式会社 三祐コンサルタンツ

八千代エンジニアリング株式会社

序 文

日本国政府は、パキスタン・イスラム共和国政府の要請に基づき、同国のタウンサ堰改修計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施しました。

当事業団は、平成 16 年 5 月 28 日から 16 年 7 月 19 日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団はパキスタン政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施しました。帰国後の国内作業の後、平成 16 年 9 月 14 日から 9 月 25 日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

最後に、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 16 年 12 月

独立行政法人国際協力機構
理 事 小 島 誠 二

伝 達 状

今般、パキスタン・イスラム共和国におけるタウンサ堰改修計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴機構との契約に基づき弊社が、平成 16 年 5 月 17 日より平成 16 年 12 月 24 日までの 7.5 ヶ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、パキスタンの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

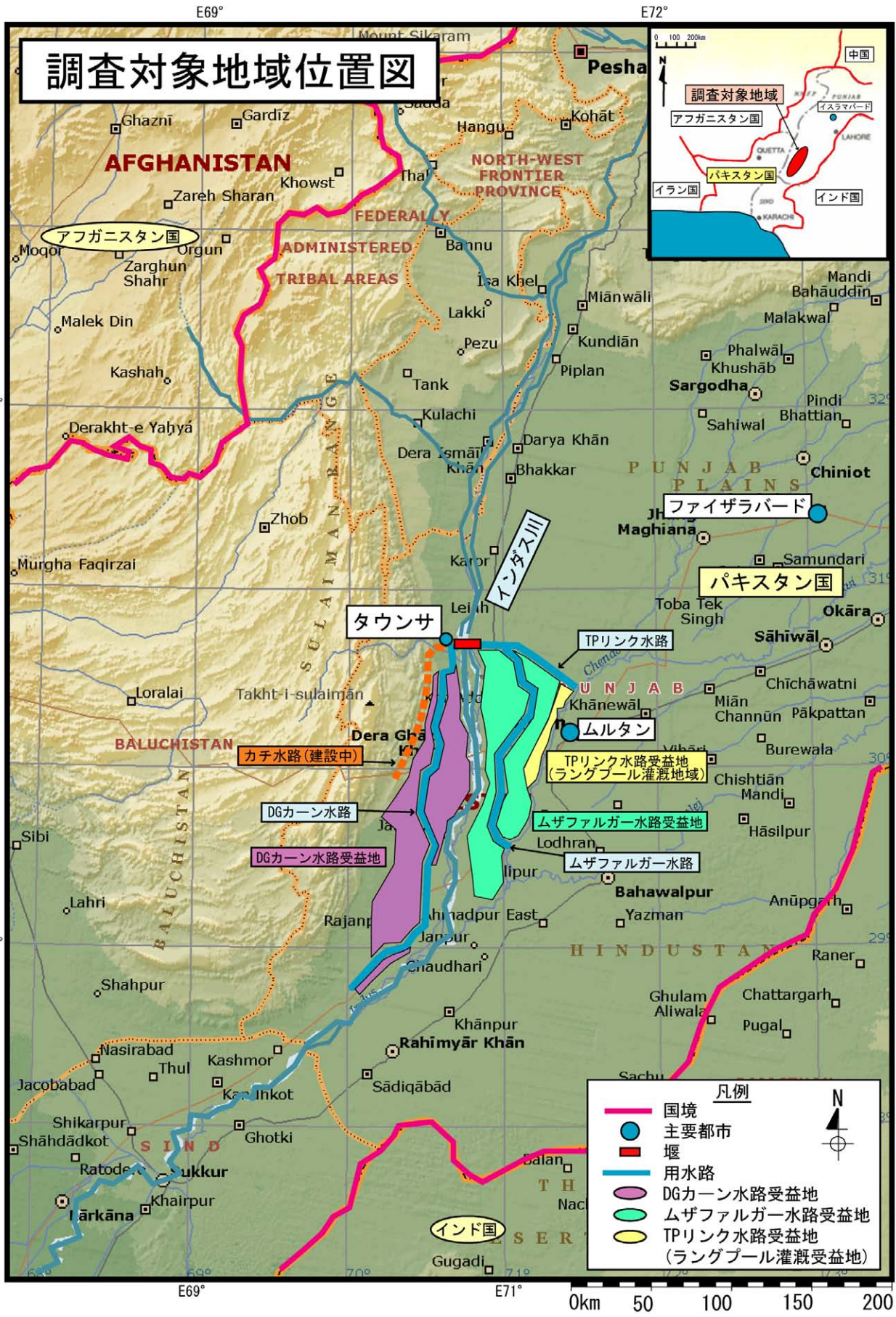
平成 16 年 12 月

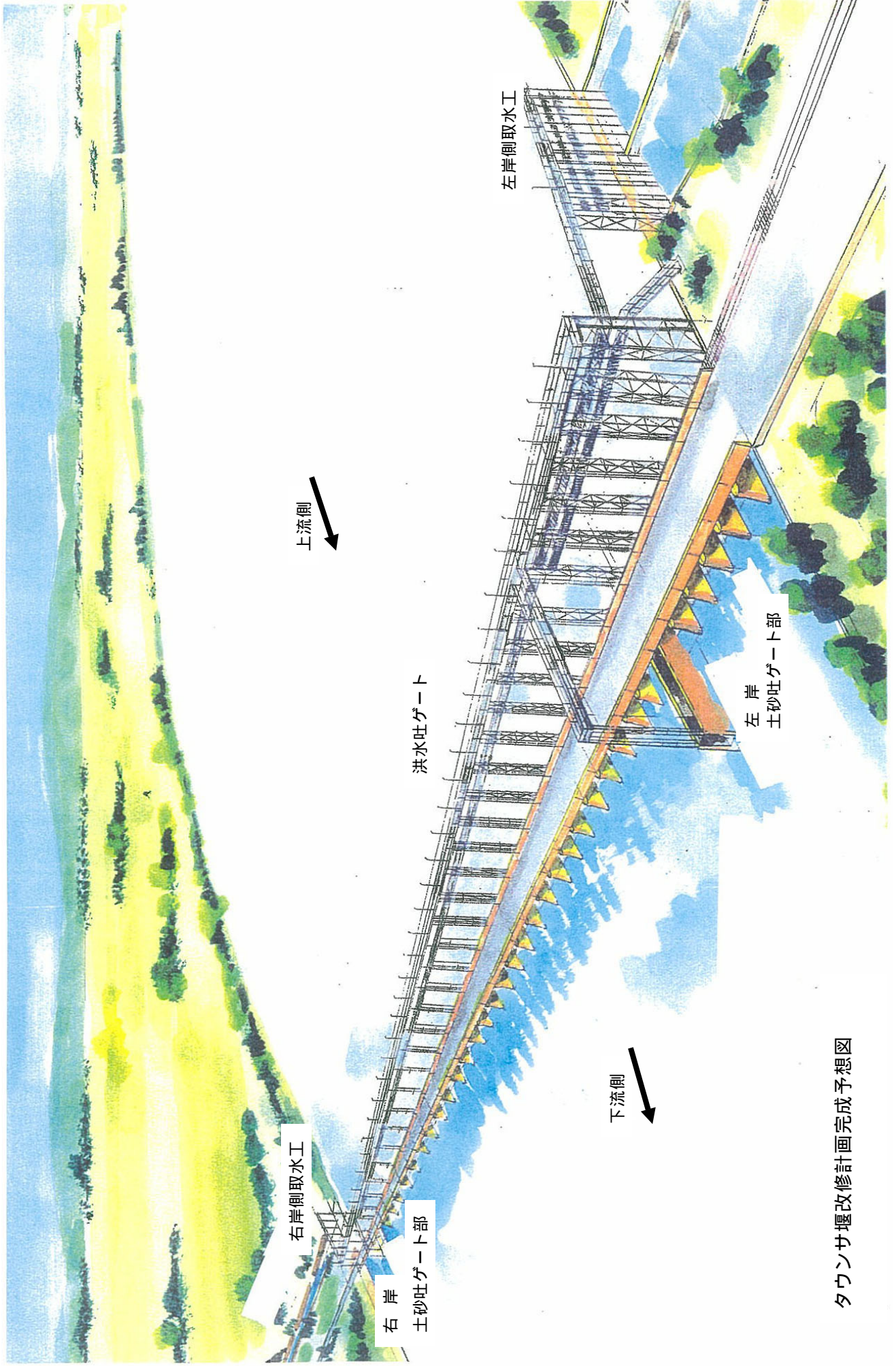
株式会社 三・コンサルタンツ

パキスタン・イスラム共和国

タウンサ堰改修計画基本設計調査団

業務主任 森 建彦





タウンサ堰改修計画完成予想図

現地写真集



タウンサ堰全景(左岸上流より)

1958年建造

堰総幅：1,300m

(純径間 18.288m x 64 門)

計画洪水量：28,300 cu.m/sec

構造：堰体は鉄筋コンクリート造、
上部工は鉄骨造である。



タウンサ堰全景(右岸上流土砂吐より)

写真手前に見えるのは右岸側土砂吐部
で、パキスタン側による改修が予定さ
れている。



タウンサ堰に併設する道路、鉄道

タウンサ堰には、この他、電話線、石油およびガスのパ
イプラインなどのライフラインが添架されている。





洪水吐ゲートからの漏水

洪水吐ゲートの下端や戸溝部の損傷により、堰上げ時に多量の漏水が発生している。



土砂吐ゲート側部からの漏水

土砂吐ゲートにおいても堰上げ時に多量の漏水が発生している。



漏水により発生する渦が見える。





上部工全景

上部工は鉄骨造。ゲート開閉装置はカウンターウェイト形式である。



ゲートの操作状況

ゲート開閉装置の損傷により、開閉が困難あるいは不可能なゲートがある。ゲート操作に時間を要したことが一因となり洪水被害を引き起こしたこともある。

錆により傷んだ巻上機（写真下）



上部工デッキ（作業床）

上部工デッキは板張りで、各所に補修痕跡が見られる。

板止めの釘がゆるみつつある。

（写真下）





右岸側 D G カーン灌漑水路取水工

計画取水量：327 cu.m/sec

灌漑面積： 385,000 ha



左岸側ムザファルガー及びT Pリンク灌漑水路取水工

ムザファルガー：

- ・ 計画取水量：235 cu.m/sec
- ・ 灌漑面積： 314,000 ha

T P リンク：

- ・ 計画取水量：340 cu.m/sec
- ・ 灌漑面積： 48,000 ha



水路内の堆砂状況

取水工から流入した土砂が水路全面に堆積している。写真は D G カーン灌漑水路で、最大 7ft 程度の堆砂がみられる。

要 約

パキスタン・イスラム共和国（人口 149,030 千人、一人当たり GNP470 ドル、調査年 2003 年、以下「パ」国と言う）の経済は、GDP の約 1/4、就労人口の約半分を占める農業部門への依存度が高く、天候に左右されやすい脆弱な一面を有している。2000/01 年には早魃などにより GDP 成長率が低下したが、近年は、製造業の好調と農業の回復が貢献し、2003/04 年度の成長率は政府の目標値 5.3%を上回る 6.4%を達成した。しかしながら、依然として債務返済や民営化の遅滞、農業生産力の停滞、輸出産業の伸び悩み等、中・長期的な課題も多い。灌漑・排水セクターにおける主要な問題点は、人口増加に伴う水資源不足、灌漑システムの老朽化による灌漑効率の低下、湛水害、塩害、水質悪化、地下水位低下、洪水被害、低い水利費回収に伴う維持管理費不足に集約される。中でも、パンジャブ州の農業の基盤である灌漑システムは建設後 50～100 年を経過し、膨大な施設のリハビリとシステムの改善が必要とされている。このため、1997～98 年にパンジャブ州が実施した調査ではパンジャブ州内の 14 の堰の内、6 つの堰を緊急に改修する必要があると評価された。特にその中でも、タウンサ堰は建設後 46 年を経過し、堰施設の老朽化等の問題が著しいため、最優先で改修する必要があると結論付けられている。また、上記調査と同じ年に行われた開発調査「タウンサ堰灌漑システム改修計画調査」においても、タウンサ堰灌漑施設の老朽化は深刻であり緊急に改修する必要があると報告されている。

タウンサ堰は、以下の問題を抱えており、堰の安全性や灌漑システムの適切な運用、操作を確保するため、これらを早急に解決する必要がある。施設老朽化に伴いゲート開閉機能の低下が顕著であり、洪水時のゲート操作や取水操作にも支障をきたしている。稼動不能なゲートが増加すれば、洪水の円滑な放水操作ができず、堰そのものの崩壊につながる懸念される。ゲート水密機能も低下し、堰から著しい漏水が発生している。堰下流の河床が低下し、エプロン、護床工の損傷が進んでいる。インダス川澗筋の偏流のため右岸側にある DG カーン水路への土砂の流入・堆砂等が進行し、取水量不足が生じている等。

「パ」国政府は、上記問題点の中で、最も緊急的な対応を要する の問題を解決し、タウンサ堰の機能回復と今後の維持管理の改善を目的として、2002 年 7 月日本国政府に対し 1) タウンサ堰洪水吐ゲート 24 門の改修・土砂吐ゲート 7 門の交換、2) ゲート開閉装置の改修 60 門および電動化 31 門、3) 上部工デッキの改修 60 門、4) 仮閉め切り用バルクヘッドゲートの調達 6 門、5) バルクヘッドゲート用ストックヤード・積込用護岸の設置 1 式、6) 施工機械（80t と 30t クレーン各 1 式、タッグボート 2 隻、作業用ボート 3 隻）およびそのスペアパーツの調達、についての無償資金協力を要請してきた。

この要請に対し、日本政府は独立行政法人国際協力機構（以下 JICA と言う）を通じて、要請の緊急性および妥当性を評価するため 2003 年 8～9 月及び 2004 年 1 月に予備調査団を「パ」国に派遣した。これら結果に基づき JICA は 2004 年 5 月から 7 月にかけて基本設計調査団を派遣し、パキスタン国関係者と協議を行い要請内容の確認を行うとともに、要請のあったタウンサ堰や灌漑地域の現状、維持管理体制の状況について現地調査を行った。調査の結果、要請のあったタウンサ堰のゲート設備については、老朽化による機能低下が特に深刻な状況にあり、洪水に対する操作および農地への水供給が不安定な状況となっていることから、早急に施設改修が必要であ

ることが認められた。その後、日本国内で協力範囲案と概算事業費を策定し、2004年9月に基本設計概要説明調査団を派遣し、パキスタン国関係者と基本設計の内容について協議、確認を行った。

このような状況下、パンジャブ州政府は a) 堰のゲート施設の改修、b) 堰体エプロン・護床工の改修、c) 右岸土砂吐の改造、d) 堰下流での副堰の建設、e) 堰上流部の水制工の新設・補強等を計画し、“Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project”（パンジャブ州堰改修・現代化事業）を進めており、無償資金協力事業で対象としない堰の改修工事をこの事業の中で実施する計画である。そのための財政支援を世銀に要請し、現在協議中である。

本基本設計調査では、上記の要請内容に対してタウンサ堰の原型復旧、機能回復と維持管理の改善を図ることを基本として検討した結果、以下を改修方針とした。

予備調査の結果と過去5年のゲート修理状況を勘案し、改修の緊急性が高いと評価された洪水吐ゲート22門について、1) ローラ部の改造、2) 扉体端縦桁および3) 底部戸当り等の部分改修、4) 1ft(0.31m)のゲート高の嵩上げを行う。また、左岸側土砂吐ゲートの7門について、1) ゲートの全面取替、2) 底部戸当りの改修及び3) 1ft(0.31m)のゲート高の嵩上げ等を行う。なお、洪水吐、土砂吐ゲートにおける1ftのゲート高の嵩上げは、右岸側D.Gカーン灌漑用水路が水路内堆砂のため通水能力が計画流量の約78%に低下しているため、堰上流側堰上げ水位を1ft(0.31m)上昇させ、灌漑用水路に当初計画水量を安定的に確保するために行う。ただし、本無償資金協力では洪水吐、土砂吐ゲート29門を1ft(0.31m)嵩上げし、他のゲートは「パ」国で実施する。

ゲート開閉装置の改造と電動化および上部工デッキの改修については、既存ゲート開閉装置が電動化に対応できないことから、本計画で改修を行うゲート（土砂吐7門および洪水吐ゲート22門）を対象とし、洪水の出水に迅速に対応できるように開閉装置の電動化と電動化に伴う開閉装置の改造を行う。

将来の維持管理の改善を目的として65門のゲートの上部工デッキを木製からグレーチング（鋼製格子状スノコ）へ改修し、更に改修する29門のゲート開閉装置を操作性、維持管理を改善するために上部工デッキへ移設する。

バルクヘッドゲートは、導入門数と工事期間の関連において最も経済的となる門数並びに、本計画実施後のタウンサ堰の適正な維持管理に必要とされる門数の検討結果から、最も適切と判断された5門を調達する。

そのストックヤードおよび積込用河川護岸工の設置

バルクヘッドゲートの現地組立から据付に必要な施工機械（50トンクレーン1台、タグボート2隻および作業用ボート3隻）とそのスペアパーツを調達する。

なお、現況では、ゲートおよび堰本体の維持管理・補修作業は、毎年1月に20日間、上流のダムの上流により水が枯れる「アニュアル・クロシャー期間」（年間点検期間）での実施に

限られている。このため、抜本的改修を行うには不十分な状況にあることから、堰上流側の仮締め切り用バルクヘッドゲートを導入し、必要な維持管理・補修期間が確保できるよう計画した。また、バルクヘッドゲートは本無償資金協力におけるゲートの改修工事にも利用し、さらに、パンジャブ州内のタウンサ堰以外の堰にも利用可能な設計とした。

(*) バルクヘッドゲート：密閉ボックス構造の仮締め切り用のフローティングゲートで、船などにより所定位置に曳航し、注排水用装置を操作してゲートを沈設または浮上させて設置し、止水する。

基本設計によって決定した施設規模および機材は以下のとおりである。

項目	設計仕様など
1.左岸側土砂吐ゲートの交換	<ul style="list-style-type: none"> ・形式：1段扉式鋼製プレートガーダ構造 ・規模：純径間 60 ft x 扉高 23 ft x 7 門（右岸側土砂吐：4 門は含まない） ・交換部分：扉体および水密構造、底部戸当り（7 門分） ・改造部分：側部戸当りおよびローラ部（7 門分）
2.洪水吐ゲート付帯設備の改修	<ul style="list-style-type: none"> ・形式：1段扉式鋼製トラス構造 ・規模：純径間 60 ft x 扉高 20ft x 22 門（全体門数：53 門） ・交換部分：水密構造および底部戸当り（22 門分） ・改造部分：扉体底部嵩上げ、扉体端縦桁、ローラ部および水密構造（22 門分）
3.ゲート開閉装置を新機種に交換・改修	<ul style="list-style-type: none"> ・形式：1モータ2ドラム電動ワイヤロープウインチ式 ・操作方式：機側操作のみ ・設置数：土砂吐 7 台（7 門分）、洪水吐 22 台（22 門分） ・揚程：土砂吐 32 ft（9.75m）、洪水吐 29 ft（8.84m）
4.ゲート開閉装置の電動化	<ul style="list-style-type: none"> ・モータ型式：全閉外扇屋外式 ・電動機：土砂吐 2.2kw 6 P 連続定格、洪水吐 1.5kw 6 P 連続定格、 ・電源：3 相交流 50Hz 400V ・設置数：29 門（土砂吐 7 門、洪水吐 22 門）
5.上部工デッキの改修	<ul style="list-style-type: none"> ・形式：グレーチング ・規模：総延長 4,342ft x 幅員 10ft ・設置数：全門 65 門
6.仮締め切り用バルクヘッドゲートの調達	<ul style="list-style-type: none"> ・形式：鋼製フローティングゲート ・規模：純径間 60 ft x 扉高 25.26 ft x 5 門 ・他堰への転用：他の堰への転用を可能とする。
7.バルクヘッドゲート用ストックヤードおよび積込用河川護岸工	<ul style="list-style-type: none"> ・ストックヤード規模：14,400m²（長さ 160m x 幅 90m） ・インクラン設備：レール長 427ft x 勾配 1/10、ウインチ出力 5.5kw x 速度 1.0m/秒 ・積込用護岸：空石張り護岸、長さ約 75m x 高さ 0 ~ 5.1m x 2 列
8.施工機械の調達	<ul style="list-style-type: none"> ・トラッククレーン：50 トン級トラッククレーン x 1 台 ・ダンプトラック：馬力 150ps x 2 隻 ・作業用ボート：全長 8.5m x 全幅 2.3m x 高さ 0.8m x 73ps x 3 隻
9.施工機械のスペアパーツの調達	<ul style="list-style-type: none"> ・約 3 年間の工事期間に必要なとするスペアパーツ

本プロジェクトを実施する場合、実施設計に 5.5 ヶ月、製造・調達・施工に 44.5 ヶ月の合計 50.0 ヶ月が予定される。また、本プロジェクト実施に必要な概算事業費は、54.69 億円（日本側負担分 52.81 億円、パキスタン国側負担分 1.88 億円）と見積られる。

本プロジェクトの実施により、以下のような効果が期待される。

(1) 直接効果

灌漑取水量の確保

本計画が対象とする 29 門のゲートと「パ」国側が対象とする他の 1ft (0.31m)のゲート高の嵩上げにより、灌漑取水量が当初計画値に回復され、安定した灌漑用水が供給される。

- ・ 堰右岸側から取水している D.G.カーン水路は、現況では水路内堆砂のため 9,047 ft³/sec (256 m³/sec)が取水可能量であるが、事業実施後は 11,564 ft³/sec (327 m³/sec)*に改善される。
- ・ 堰左岸から取水しているムザファルガ水路も、現況では水路内堆砂のため 7,476 ft³/sec (212 m³/sec)が取水可能量であるが、事業実施後は 8,300 ft³/sec (235 m³/sec)*に改善される。

注) “ * ” 印は水利権水量を示す。

堰ゲートの電動化によるゲート操作速度の改善と洪水被害の軽減

ゲート開閉機の電動化により、洪水を安全に流下させるのに必要なゲートの操作速度が確保される。 既往最大洪水（1992 年 9 月 14 日）に対する現況と計画実施後のゲート操作速度の評価は以下のとおり。

- ・ 洪水流下に必要とされるゲート速度（m/分）は、洪水出水時 0.16m/分、減水時 0.27m/分である。
- ・ 現況のゲート速度は人力操作であることから上昇時 0.05m/分、下降時 0.10m/分であり、洪水出水速度に対応できない。
- ・ 事業実施後のゲート速度は、電動化により上昇時および下降時とも 0.30m/分となり洪水の出水速度に対応できる。

堰の安全性の向上

バルクヘッドゲート導入により必要に応じた維持管理期間が確保できるようになり、堰の安全性が向上する。現況では、ゲートおよび堰本体の維持管理・補修作業は、毎年 1 月に 20 日間、上流のダムの締切により水が枯れるアニュアル・クロシャー期間での実施に限られており、抜本的改修を行うには不十分な状況にある。

(2) 間接効果

バルクヘッドゲートの他堰改修での利用

本事業でタウンサ堰に使用したバルクヘッドゲートはパンジャブ州のジナ堰およびトリム堰に活用可能であり、今後改修されるこれらの堰に転用し、改修事業期間、事業費節減に貢献できる。

灌漑以外の機能の保持

タウンサ堰は道路橋および鉄道橋、石油・ガスパイプライン、電力・通信などのライフライン機能を具備している。本事業実施での堰の安全性確保は、こうした機能を将来にわたって保障することとなる。

本プロジェクトの実施後の運営・維持管理は、過去 50 年にわたりタウンサ堰の運営・維持管理を行ってきた経験と実績を有する灌漑電力局タウンサ堰管理事務所が引き続き行う予定である。本計画で新たに、ゲート開閉装置が電動化され、また、維持管理用設備としてバルクヘッドゲート 5 門とその運用のためのインクライン設備、タッグボート、クレーン設備などが導入されることとなるが、これらの運営維持管理要員は TBD 全体での人員配置の変更や施工中の OJT により対応可能である。なお、維持管理費はバルクヘッドゲートの導入などにより現況より僅かに増加するが、増加額はタウンサ堰管理事務所の過去 10 ヶ年における年間平均支出額の 2%程度であり、十分対応可能と考えられる。なお、本プロジェクトの実施による環境への負の影響はなく、「パ」国での EIA などの環境社会配慮関連手続きの結果、2004 年 9 月 6 日にパンジャブ州環境保護局から事業実施に関する承認が得られている。

以上のとおり、本プロジェクトは多大な効果が期待されると同時に広く住民の基礎生活分野の向上に寄与するものであることから、無償資金協力案件として妥当かつ有意義と判断される。なお、プロジェクト実施後のタウンサ堰のより効果的、効率的な運用および安全性の確保のためには、世銀の財政支援によりパキスタン国側が実施する「パンジャブ州堰改修・現代化事業」の円滑な実施が望まれる。

基本設計調査報告書

目 次

序 文	
伝達状	
位置図 / 完成予想図	
現地写真集	
要 約	
目 次	
図表リスト / 略語集	
	頁
第 1 章 プロジェクトの背景・経緯	1-1
1-1 当該セクターの現状と課題	1-1
1-1-1 現状と課題	1-1
1-1-2 開発計画	1-1
(1) 上位計画	1-1
(2) 水資源分野での国家 10 カ年計画	1-2
1-1-3 社会経済状況	1-3
1-2 無償資金協力要請の背景・経緯および概要	1-4
1-2-1 要請の背景・概要	1-4
1-2-2 要請内容	1-4
1-3 我が国の援助動向	1-5
(1) プロジェクト方式技術協力（農業分野）	1-5
(2) 専門家派遣（農業分野、1996 年以降）	1-5
(3) 開発調査（農業分野、1990 年以降）	1-5
(4) 研修員の受け入れ（農業分野、1996 年以降）	1-5
(5) 有償資金協力（農業分野、1990 年以降）	1-5
(6) 過去の関連案件（無償資金協力、1990 年以降）	1-6
1-4 他ドナーの援助動向	1-6
1-5 パンジャブ州堰改修・現代化事業	1-6
1-5-1 事業の概要	1-6
1-5-2 パンジャブ州堰改修・現代化事業の実施計画	1-7
1-5-3 パンジャブ州堰改修・現代化事業での改修内容	1-7
第 2 章 プロジェクトを取り巻く状況	2-1
2-1 プロジェクトの実施体制	2-1
2-1-1 組織・人員	2-1
2-1-2 財政・予算	2-4
2-1-3 技術水準	2-5

2-1-4 既存の施設・機材	2-6
2-1-4-1 インダス川灌漑システム	2-6
(1) インダス川灌漑システム	2-6
(2) インダス川流域灌漑システムテレメトリー事業	2-8
2-1-4-2 タウンサ堰	2-10
(1) タウンサ堰の概要	2-10
(2) 水門施設	2-11
(3) 水利構造物	2-12
(4) 堰維持管理規定	2-23
2-1-4-3 河川管理施設	2-24
(1) 河川管理施設	2-24
(2) 河川管理施設の運営維持管理状況	2-26
2-1-4-4 営農、灌漑状況調査	2-34
(1) 灌漑水路システム	2-34
(2) 営農状況	2-35
(3) 水路等の管理状況	2-37
2-1-4-5 インダス川の他堰の実態調査	2-38
2-1-4-6 既設バルクヘッドゲートの実態調査（サッカル、コトリ堰）	2-38
2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺の状況	2-40
2-2-1 関連インフラの整備状況	2-40
(1) 道 路	2-40
(2) 鉄 道	2-40
(3) 電 気	2-40
(4) 通 信	2-41
(5) 水 道	2-41
2-2-2 自然条件	2-41
2-2-2-1 地勢・気象・水文	2-41
(1) パキスタン国の地勢	2-41
(2) 気 象	2-42
(3) インダス川流量	2-42
2-2-2-2 地質および土質	2-47
(1) タウンサ堰周辺の地質および土質	2-47
(2) タウンサ堰の基礎地盤の地質および土質	2-47
2-2-3 その他	2-48
2-2-3-1 周辺環境と環境への影響	2-48
(1) 国立野生動物保護区および禁猟区	2-48
(2) パンジャブ州が指定している野生動物保護区	2-48
(3) インダスイルカの生息状況	2-49
(4) ヒル・トレント	2-50

2-2-3-2 土地利用、ウォーターロギング、塩類集積の状況.....	2-52
(1) 土地利用.....	2-52
(2) ウォーターロギングおよび塩類集積の状況.....	2-52
第3章 プロジェクトの内容.....	3-1
3-1 プロジェクトの概要.....	3-1
3-1-1 上位目標とプロジェクト目標.....	3-1
3-1-2 プロジェクトの概要.....	3-2
3-2 協力対象事業の基本設計.....	3-3
3-2-1 設計方針.....	3-3
3-2-1-1 基本方針.....	3-3
3-2-1-2 自然条件に対する方針.....	3-4
3-2-1-3 地質・土質条件に対する方針.....	3-5
(1) 地質・土質構成および構造.....	3-5
(2) 土質条件.....	3-6
3-2-1-4 洪水吐・土砂吐ゲートに対する方針.....	3-7
(1) 土砂吐ゲートの扉体形式.....	3-7
(2) 洪水吐ゲート改修方法と改修門数.....	3-10
(3) ゲート開閉機と電動化.....	3-22
(4) 電動化と操作方法.....	3-25
(5) 上部工デッキの改修.....	3-25
(6) 上部工デッキの塗装.....	3-25
(7) 巻き上げドラム・ギヤの改修.....	3-25
(8) ギヤ維持管理用プラットフォーム.....	3-26
3-2-1-5 バルクヘッドゲートに対する方針.....	3-26
(1) 他堰でのバルクヘッドゲート利用の可能性.....	3-26
(2) 堰修理用仮締切り方式としてのバルクヘッドゲートの妥当性.....	3-28
(3) バルクヘッドゲートのタイプ.....	3-30
(4) バルクヘッドゲートの門数.....	3-32
(5) バルクヘッドゲートの扉高.....	3-34
(6) バルクヘッドゲート付属設備.....	3-37
3-2-1-6 バルクヘッドゲート用ストックヤード等に対する方針.....	3-37
(1) バルクヘッドゲート用ストックヤードレイアウト.....	3-37
(2) 設備計画.....	3-38
(3) 積込用護岸.....	3-38
(4) 土木工事.....	3-39
3-2-1-7 電気設備に対する方針.....	3-39
(1) 適応規格および使用単位.....	3-39
(2) 設備規模.....	3-40
3-2-1-8 建設事情に対する方針.....	3-41

3-2-1-9	ゲート調達方法に対する方針	3-42
(1)	バルクヘッドゲート	3-43
(2)	土砂吐ゲート/洪水吐ゲート	3-44
(3)	開閉装置	3-44
(4)	電気設備	3-45
(5)	上部工デッキ	3-45
3-2-1-10	その他資機材調達方法に係る方針	3-45
(1)	バルクヘッドゲート据付用のタグポート、 作業用ポート、トラッククレーン	3-45
(2)	一般建設材料	3-45
(3)	建設機械	3-45
(4)	仮設資材	3-46
3-2-1-11	施工計画、工法に係る方針	3-46
(1)	施工基本方針	3-46
(2)	バルクヘッドゲートのストックヤードおよびインクライン建設工事	3-47
(3)	バルクヘッドゲート用戸当り据付工事	3-47
(4)	土砂吐ゲート改修工事/洪水吐ゲート改修工事	3-48
(5)	開閉装置の改修工事	3-48
(6)	上部工デッキの改修工事	3-49
(7)	テレメーター盤移設工事（「パ」国負担工事）	3-49
3-2-1-12	仮設工事に係る方針	3-49
(1)	仮廻し水路	3-49
(2)	ゲート改修工事用下流側仮締切工事	3-51
(3)	工事用道路および仮設橋梁	3-51
(4)	工事用電気設備	3-52
3-2-1-13	施設の運営・維持管理に対する方針	3-53
3-2-1-14	実施機関の運営・維持管理能力に対する対応方針	3-54
(1)	実施機関の運営・維持管理能力	3-54
(2)	ゲート操作員数および電気技術者	3-54
3-2-1-15	環境社会配慮に対する方針	3-54
3-2-2	基本計画	3-55
3-2-2-1	土砂吐および洪水吐ゲートの更新	3-55
(1)	概要	3-55
(2)	土砂吐ゲート	3-55
(3)	洪水吐ゲート	3-57
3-2-2-2	ゲート開閉装置	3-59
(1)	概要	3-59
(2)	電動化	3-60
(3)	ワンフロアー化	3-60

3-2-2-3	ゲート開閉装置の電動化.....	3-60
	(1) 開閉装置モータ出力の検討.....	3-60
	(2) 使用電動機諸元.....	3-61
3-2-2-4	上部工デッキの改修.....	3-61
3-2-2-5	バルクヘッドゲート.....	3-63
3-2-2-6	タグボート、作業用ボート、クレーン、スペア・パーツ.....	3-65
3-2-2-7	バルクヘッドゲート用施設（ストックヤード等）.....	3-65
	(1) バルクヘッドゲート用ストックヤードレイアウト.....	3-65
	(2) 設備計画.....	3-67
	(3) 積込用護岸.....	3-72
	(4) 土木工事.....	3-72
3-2-2-8	電気施設.....	3-74
	(1) 土砂吐・洪水吐ゲート用電動機.....	3-74
	(2) 受電設備用変圧器.....	3-74
	(3) ゲート用予備発電機.....	3-74
	(4) BHG ウインチ用電動機.....	3-74
	(5) BHG ウインチ用発電機.....	3-74
	(6) 機側操作パネル.....	3-74
3-2-2-9	仮施設.....	3-78
	(1) 仮廻し水路.....	3-78
	(2) ゲート改修工事用下流側仮締切工事.....	3-78
	(3) 工事用道路および仮設橋梁.....	3-78
	(4) 仮設栈橋.....	3-79
3-2-2-10	付帯施設・機材の仕様と数量.....	3-79
3-2-2-11	協力範囲.....	3-80
3-2-3	基本設計図.....	3-81
3-2-4	施工計画 / 調達計画.....	3-96
3-2-4-1	施工方針 / 調達方針.....	3-96
	(1) 施工における配慮事項.....	3-96
	(2) 現地鋼構造物製作業者の活用.....	3-96
	(3) 現地建設業者の活用.....	3-96
	(4) 技能工の派遣.....	3-97
3-2-4-2	施工上 / 調達上の留意事項.....	3-97
	(1) 施工期間と実労日数.....	3-97
	(2) 副堰建設に伴う河川下流水位の上昇.....	3-98
	(3) 製作工場の据付工事部門および有資格溶接技術技術者の活用.....	3-98
	(4) 現地鋼材の活用.....	3-98
3-2-4-3	施工区分 / 調達・据付区分.....	3-98
	(1) 用地の収用および借用.....	3-98
	(2) 受電設備の施工区分.....	3-98

3-2-4-4	施工監理計画 / 調達監理計画	3-99
(1)	施工業者の施工監理計画	3-99
(2)	工事連絡体制	3-100
(3)	安全管理体制	3-100
(4)	コンサルタントの設計施工監理	3-100
3-2-4-5	品質監理計画	3-102
3-2-4-6	資機材等調達計画	3-103
(1)	一般建設材料	3-103
(2)	台船	3-103
(3)	ゲート、開閉機および電気設備	3-103
(4)	機材	3-104
3-2-4-7	実施計画	3-104
3-3	相手国側分担事業の概要	3-107
3-3-1	「パ」国側負担事業の概要	3-107
(1)	一般事項	3-107
(2)	事業実施前および実施中に実施すべき事項	3-107
3-4	プロジェクトの運営 / 維持管理計画	3-108
3-4-1	運営・維持管理体制	3-108
(1)	維持管理体制	3-108
(2)	人員配置	3-108
3-4-2	運営・維持管理内容	3-109
3-5	プロジェクトの概算事業費	3-111
3-5-1	協力対象事業の概算事業費	3-111
(1)	概算日本側負担経費	3-111
(2)	概算「パ」国負担経費	3-111
(3)	積算条件	3-111
3-5-2	運営・維持管理費	3-112
(1)	人件費の増減	3-112
(2)	ゲート電動化による操作電力料（電力料金）	3-112
(3)	タウンサ堰機械設備の点検整備費	3-113
3-6	協力対象事業実施に当たっての留意事項	3-115
(1)	国家経済委員会（ECNEC）の再手続き	3-115
(2)	バルクヘッドゲートストックヤードの盛土工事	3-115
(3)	施工期間中のタウンサ堰の交通止め	3-115
(4)	テレメーター盤および開度計の移設	3-115
(5)	パンジャブ州堰改修・現代化事業の工事との調整	3-115

第4章 プロジェクトの妥当性の検証.....	4-1
4-1 プロジェクトの効果.....	4-1
4-1-1 直接効果.....	4-1
(1) 灌漑取水量の当初計画値への回復.....	4-1
(2) 堰ゲート電動化によるゲート操作速度の改善と洪水被害の軽減.....	4-2
(3) 年間のゲート操作時間の短縮.....	4-2
4-1-2 間接効果.....	4-2
(1) バルクヘッドゲートのタウンサ堰以外の堰改修での利用.....	4-2
(2) 灌漑以外の機能の保持.....	4-3
4-2 課題・提言.....	4-3
(1) タウンサ堰げーとの高さ 1ft (0.31m) の嵩上げ.....	4-3
(2) タウンサ堰ゲートの電動化.....	4-3
(3) タウンサ堰下流での副堰の建設.....	4-3
(4) タウンサ堰管理事務所および維持管理の合理化.....	4-3
4-3 プロジェクトの妥当性.....	4-4
4-4 結 論.....	4-4

[資料]

- 資料1. 調査団員・氏名
- 資料2. 調査行程
- 資料3. パキスタン国関係者（面会者）リスト
- 資料4. パキスタン国の社会経済状況
- 資料5. 討議議事録（M/D）
- 資料6. 事前評価表
- 資料7. 参考資料／入手資料リスト
- 資料8. その他の資料・情報

図表リスト

図リスト

図 2-1-1.1	パンジャブ州灌漑電力局全体組織構成図(2003/04年)	2-1
図 2-1-1.2	パンジャブ州灌漑電力局(IPD)組織図	2-1
図 2-1-1.3	タウンサ堰管理事務所組織図	2-2
図 2-1-4.1	インダス水系灌漑システム概要図	2-7
図 2-1-4.2	タウンサ堰掛り灌漑用水路配置図	2-14
図 2-1-4.3	DGカーン灌漑用水路縦断図	2-16
図 2-1-4.4	ムザファルガー灌漑用水路縦断図	2-19
図 2-1-4.5	T.P.リンク灌漑用水路縦断図	2-22
図 2-1-4.6	堤防および水制工の標準断面	2-24
図 2-1-4.7	タウンサ堰に係わる堤防および水制工の位置	2-25
図 2-1-4.8	左岸土砂吐ポケットにおける最近5年間の堆砂レベルおよび重量土砂濃度の変化	2-33
図 2-2-2.1	インダス川流域および主要な堰および頭首工の位置	2-42
図 2-2-2.2	パキスタン国における主要都市の気温と降水量	2-44
図 2-2-2.3	タウンサ堰上下流水位の日変動	2-45
図 2-2-2.4	タウンサ堰上流流量の日変動	2-46
図 2-2-3.1	2001年3~4月におけるインダスイルカ生息数調査結果	2-50
図 2-2-3.2	タウンサ堰上流河道と Sanghar Hill Torrent	2-51
図 3-2-1.1	タウンサ堰の上下流水位および上流流量	3-5
図 3-2-1.2	洪水吐ゲート、土砂吐ゲートの不具合発生メカニズム	3-14
図 3-2-1.3	改修対象部分	3-16
図 3-2-1.4	ローラ部の構造比較	3-16
図 3-2-1.5	端縦桁の変形状況	3-16
図 3-2-1.6	改修対象ゲートの比較	3-18
図 3-2-1.7	洪水吐ゲート、過去5年間の補修状況	3-19
図 3-2-1.8	バルクヘッドゲートと現在価値の関係図	3-33
図 3-2-1.9	バルクヘッドゲートを5門とした場合の据付け工程表	3-36
図 3-2-2.1	ローラ部の改造	3-55
図 3-2-2.2	開閉装置の配置	3-60
図 3-2-2.3	上部工デッキ補強箇所	3-62
図 3-2-2.4	他堰でのバルクヘッドゲート使用例	3-64
図 3-2-2.5	バルクヘッドゲート用ストックヤードレイアウト	3-66
図 3-2-2.6	電源系統図	3-76
図 3-2-2.7	機器配置図	3-77
図 3-2-4.1	受電設備負担範囲模式図	3-99
図 3-2-4.2	実施工程表	3-106

表リスト

表 2-1-1.1	タウンサ堰管理事務所の人員構成	2-3
表 2-1-2.1	タウンサ堰および関連施設の維持管理予算と支出	2-4
表 2-1-4.1	タウンサ堰の水門施設仕様一覧	2-11
表 2-1-4.2	最上流地点における幹線水路の諸元	2-14
表 2-1-4.3	タウンサ堰掛かり水路延長	2-15
表 2-1-4.4	最近の洪水による主な洪水被害	2-28
表 2-1-4.5	洪水時の河川構造物監視体制	2-29
表 2-1-4.6	タウンサ堰からの灌漑システム	2-34
表 2-1-4.7	「パ」国でのバルクヘッドゲートの施工実績	2-38
表 2-1-4.8	インダス川の 16 堰の運用期間とゲート状況	2-39
表 2-2-2.1	パキスタン国における主要都市の気温と降水量	2-43
表 2-2-3.1	パンジャブ州野生動物保護区	2-49
表 3-2-1.1	土砂吐ゲートの改修方法	3-10
表 3-2-1.2	不具合発生の要因と対策	3-13
表 3-2-1.3	ローラ部の構造比較	3-15
表 3-2-1.4	洪水吐ゲート嵩上げ方法の比較	3-21
表 3-2-1.5	ゲート操作シミュレーションの対象洪水	3-22
表 3-2-1.6	ゲート操作シミュレーション	3-24
表 3-2-1.7	ギヤ強度計算	3-26
表 3-2-1.8	パンジャブ州の堰施設の状況	3-27
表 3-2-1.9	堰の構造寸法	3-28
表 3-2-1.10	仮締切方式の選定表	3-28
表 3-2-1.11	バルクヘッドゲートの形式比較	3-31
表 3-2-1.12	バルクヘッドゲート門数と改修工事工程の関係	3-32
表 3-2-1.13	バルクヘッドゲートと現在価値	3-32
表 3-2-1.14	土砂吐ゲート用および洪水吐ゲート用の組合せ	3-34
表 3-2-1.15	製作門数による補正率	3-34
表 3-2-1.16	各案のバルクヘッドゲート製作費	3-35
表 3-2-1.17	ゲート施設調達	3-42
表 3-2-1.18	概略鋼材重量	3-43
表 3-2-1.19	バルクヘッドゲートの調達金額比較	3-43
表 3-2-1.20	土砂吐ゲート/洪水吐ゲートの調達金額比較	3-44
表 3-2-1.21	土砂吐ゲート設置・撤去の工法比較	3-48
表 3-2-1.22	テレメーター盤の移設対象	3-49
表 3-2-1.23	各ケースの施工期間中の河川流量	3-50
表 3-2-2.1	土砂吐ゲート使用材料一覧	3-56
表 3-2-2.2	土砂吐ゲート主要部材の応力度一覧	3-57

表 3-2-2.3	土砂吐ゲート仕様一覧	3-57
表 3-2-2.4	洪水吐ゲート使用材料一覧	3-58
表 3-2-2.5	洪水吐ゲート主要部材の応力度一覧	3-59
表 3-2-2.6	洪水吐ゲート仕様一覧	3-59
表 3-2-2.7	開閉荷重	3-60
表 3-2-2.8	開閉装置仕様	3-61
表 3-2-2.9	バルクヘッドゲート仕様	3-63
表 3-2-2.10	バルクヘッドゲート主要部材の応力度一覧	3-63
表 3-2-2.11	バルクヘッドゲート関連設備の仕様	3-65
表 3-2-2.12	バルクヘッドゲートストックヤード インクライン設備 勾配の検討	3-69
表 3-2-2.13	バルクヘッドゲートストックヤード インクライン設備、 ゲート引揚げ速度の検討	3-71
表 3-2-2.14	バルクヘッドストックヤード ウィンチ供給電源比較検討表	3-73
表 3-2-2.15	機側操作パネルの構成	3-75
表 3-2-2.16	電気設備の主要機器仕様	3-75
表 3-2-2.17	バルクヘッドゲート関連設備の仕様	3-79
表 3-2-2.18	バルクヘッドゲート関連スペア・パーツ	3-80
表 3-2-2.19	無償資金協力対象範囲	3-80
表 3-2-4.1	技能工の派遣計画	3-97
表 3-2-4.2	常駐管理技術者配置計画	3-100
表 3-2-4.3	詳細設計要員計画	3-101
表 3-2-4.4	施工監理作業内容	3-101
表 3-2-4.5	施工監理要員配置計画	3-102
表 3-2-4.6	機材調達監理要員配置計画	3-102
表 3-2-4.7	品質管理計画(施工)	3-102
表 3-2-4.8	品質管理計画(製作)	3-103
表 3-2-4.9	改修ゲートの施工時期(計画)	3-105
表 3-4-2.1	施設の維持管理内容	3-110
表 3-5-2.1	年間累加ゲート操作量	3-112
表 3-5-2.2	点検整備費	3-113

略語集

ADB	アジア開発銀行	Asian Development Bank
ASTM	(米)材料試験協会	American Society for Testing and Materials
AWS	(米)溶接協会	American Welding Society
BHG	バルクヘッドゲート	Bulkhead Gate
CTBT	核実験全面禁止条約	Comprehensive Test Ban Treaty
DAU	データ収集盤	Data Acquisition Unit
D.G.Khan	D.G.カーン	Dera Ghazi Khan
D/S	下流	Downstream
ECNEC	国家経済委員会	Executive Committee of National Economic Council
EIA	環境影響評価	Environment Impact Assessment
EPA	環境保護庁	Environment Protection Agency
FATA	連邦直轄部族地域	Federally Administered Tribal Areas
F-PRSP	完成版貧困削減戦略文書	Full-Poverty Reduction Strategy Paper
GDP	国内総生産	Gross Domestic Product
GOP	パンジャブ州政府	Government of the Punjab
GPS	ゲート開度検出器	Gate Positioning Sensor
IEE	初期環境調査	Initial Environment Examination
IPD	灌漑電力局	Irrigation and Power Department
I-PRSP	暫定版貧困削減戦略文書	Interim-Poverty Reduction Strategy Paper
IRSA	インダス川システム機関	Indus River System Authority
ISO	国際標準化機構	International Organization for Standardization
JICA	独立行政法人国際協力機構	Japan International Cooperation Agency
NPV	正味現在価値	Net Present Value
NWFP	北西辺境州	North West Frontier Province
TBD	タウンサ堰管理事務所	Taunsa Barrage Division
T.P.Limk Canal	T.P.リンク水路	Taunsa-Panjinad Link Canal
U/S	上流	Upstream
WAA	水配分協定	Water Apportionment Accord
WAPDA	水電力開発公社	Water and Power Development Authority
WB	世界銀行	World Bank
XEN	エグゼクティブ・エンジニア	Executive Engineer

語彙

アニュアル	クロージャー	Annual Closure	毎年 1 月に約 20 日、堰からの取水を停止する期間
カリフ		Kharif	夏期灌漑期 (4 月 15 日 ~ 10 月 15 日)
ラビ		Rabi	冬期灌漑期 (10 月 16 日 ~ 4 月 14 日)

通貨

パキスタン・ルピー	Pakistan Rupee(s) (Rs)
日本円	Japanese Yen (Yen or ¥)
アメリカ・ドル	US Dollar (USD or US\$)

換算率 (2004年8月)

1 Rs	=	1.90	Yen
1 US\$	=	109.51	Yen

単位

mm	millimeter	cusec	cubic feet per second
cm	centimeter	MCM	million cubic meter
m	meter	MAF	million acre feet
km	kilometer	kg	kilogram
ft	feet	t (ton)	ton
sq.m (m ²)	square meter	A	ampere
sq.km (km ²)	square kilometer	V	voltage
acre	acre	KW	Kilowatt
ha	hectare	MW	Megawatt
m/s (m/s)	meter per second	KVA	Kilovolt ampere
m ³ /s (m ³ /sec)	cubic meter per second	N	Newton
cu.m (m ³)	cubic meter	KN	Kilo-Newton
min	minute	M/M	Man-month
hr	hour	RD	Reduced distance
ft ³ /sec (CS)	cubic feet per second	RL	Relative level

第1章 プロジェクトの背景・経緯

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 現状と課題

「パ」国における GDP に占める農業セクターの比率は 1998/99 年の約 25%から 2002/03 年では約 22% に下がったが、労働力の 48%はいまだに農業に従事しており、また工業セクターにおける製造業も食品加工と綿工業を主体とする農業ベースの産業構造である。このように、農業は「パ」国経済にとって切り離すことのできない重要なセクターである。半乾燥国であるため、その農業生産は大きく灌漑に依存しているが、近年の人口増加、急速な都市化・工業化にともなう水需要の増加により、水資源は逼迫している。また、農業国であるパキスタンは 77.1 百万エーカーの農耕可能地を有しているが、その農業ポテンシャルの 3 分の 1 が水源開発と関連施設の整備の遅れにより、未利用のままである。さらに、「パ」国の農業生産性は大規模な灌漑ネットワークの存在にもかかわらず低い(2003 年での綿花以外の単位面積当たり収量は世界平均に対し、小麦 94%、水稻 44%、砂糖キビ 68%程度である)。農業政策、農業投入財の問題もあるものの、水不足および灌漑施設の劣化に伴う非効率な水利用が大きな要因としてあげられる。

灌漑・排水セクターの現状の主要な問題点は、人口増加に伴う水資源不足、灌漑システムの老朽化による灌漑効率の低下、湛水害、塩害、水質悪化、地下水位低下、洪水被害、低い水利費回収に伴う維持管理費不足、に集約される。中でも、水資源の開発・保全とともに、パキスタンの農業の基盤であるインダス灌漑システムは建設後 50～100 年を経過して老朽化しており、膨大な施設のりハビリとシステムの改善が必要とされている。

1-1-2 開発計画

(1) 上位計画

パキスタン政府は、2001 年 11 月に暫定版貧困削減戦略文書 (I-PRSP、2001-2004 年を対象) を作成し、さらにこれを発展させ、2003 年 12 月には、経済成長の加速及びマクロ経済の安定の維持、人的資源への投資、貧困層を直接対象とした政策介入、ガバナンスの改善と分権化、の 4 つを戦略の柱に据えた完成版 F-PRSP を発表した。

F-PRSP の策定に先立ち、パキスタン政府は I-PRSP の策定に合わせ、新たな国家開発計画として 2001 年 9 月に 10 年長期開発計画 (Ten Year Perspective Development Plan 2001-2011) 及び 3 年開発プログラム (Three Year Development Program 2001-2004) を策定した。

10 年計画のキーワードは 2000/01 年度の旱魃による農業不振と人的資源の構築、市場経済強化などの PRSP の政策変更を反映して、“貧困削減”と“人材育成”である。農業分野での目標は次のように要約される。

作付け形態の調整；要水量の少ない作物の奨励

輸入代替化の促進；オイル・パーム、ひまわり、茶、ミルク生産の奨励

輸出拡大；品質管理、園芸作物の研究開発、輸出市場の開拓、輸出化鋁区の建設
生産性の向上；作物、畜産、漁業における生産性向上（研究・普及・教育のリンケージの改善、
農法改革、総合病害予防対策、加工流通の改善など）
流通施設の改善；マーケット・アクセスの改良（農道建設）、情報システムの整備、等級・品質
基準などの設定
可耕地の開発、水利用の効率化、国有地の分配；貯水容量の拡充、ドリップ灌漑の導入、農村
貧困層への土地分与
中小農家への信用供与；マイクロ・ファイナンスの強化、取り扱い窓口の一本化、被災農家へ
の救援
農業法人制度の導入、農産品調整委員会の設立；私企業の農業・畜産の生産・加工・輸出への
参入、コメ、砂糖キビ、園芸作物、畜産、水産、乳製品の生産・流通・加工・輸出政策・立案
の援助。

10ヶ年長期開発計画（2001-2011）は、パキスタン経済に必須の長期マクロ経済の展望とセクター別の成長戦略を概観するためのものであり、その実施戦略として3ヶ年開発プログラム（2001-2004）が策定されている。3ヶ年開発プログラムは10ヶ年計画と大きく変わるものではなく、毎年戦略の微調整が行われる。

(2) 水資源分野での国家10ヶ年計画

国家10ヶ年計画のなかで、水資源分野に関し、以下の方向性を指向している。

水資源増大：下記により2010/11年度までに6.0MAF（74億 m^3 ）の新規水源を確保する。

- ・ 中小規模ダム建設と既存ダムの嵩上げ、
- ・ 大規模ダム建設の準備、
- ・ 既存ダムの土砂浚渫、
- ・ 新規灌漑水路建設、
- ・ 丘陵地の急流活用、
- ・ 小規模灌漑開発

水資源保全：下記により2010/11年度までに6.0MAF（74億 m^3 ）を保全し、水不足を解消する。

- ・ 水路リハビリを通じたロス削減、
- ・ 作物パターンの転換、
- ・ 農地均平等を通じた利用効率改善

湛水害・塩害・洪水対策を通じた農業生産性回復、

環境に配慮した排水（量、質）の管理（排水路建設、インダス水系外への排水）

地下水管理の強化、

総合的な洪水管理プログラムの実施、

受益者参加の促進、

水管理機関のパフォーマンス向上と組織制度改革・民間参加・キャパシティー向上を通じた効果的な維持管理の実施。

本計画は直接的には上記の水資源保全における“水路リハビリを通じたロス削減”に資する事業と位置付けられる。

1-1-3 社会経済状況

「パ」国の経済は、GDP への寄与率および雇用の受け皿として農業部門への依存度が高く、天候に左右されやすい脆弱な一面を有している。また、年間 2.6%の高い人口増加率、実質で 10%以上といわれる失業率、およそ 7.6 億ドルの恒常的な貿易赤字を抱え、外国援助に大きく依存した経済となっている。このような慢性的な外貨不足の中、98 年 5 月の核実験実施により、国際金融機関の融資停止及び我が国をはじめとする主要ドナー国からの援助停止措置等を受け、経済は危機的な状況に直面した。しかしながら、同年 9 月の国連総会において「パ」国政府が、99 年 9 月までに核実験全面禁止条約 (CTBT) に参加する旨を表明したことを受け、99 年 1 月には IMF 緊急支援が決定され、世銀による構造調整融資が再開されるとともに、2001 年 1 月パリ・クラブにおいても公的債務返済繰延が承認された。

近年は、製造業の好調と農業の回復が貢献し、2003/04 年度の成長率は政府の目標値 5.3%を上回る 6.4%を達成した。しかしながら、依然として債務返済等の問題を抱えており、民営化の遅滞、農業生産力の停滞、輸出産業の伸び悩み等、中・長期的な課題も多い。

経済基準指標

対象年月	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04
実質 GDP 成長率	4.2	3.9	1.8	3.1	5.1	6.4
名目 GDP 総額(億ドル)	765.7	669.8	715.0	714.9	823.2	n.a.
1人あたりの GDP(名目)(ドル)	448.7	436.2	437.4	400.4	436.1	488.7
消費者物価上昇率	5.7	3.6	4.4	3.5	3.1	3.9
消費者物価指数	92.5	95.8	100.0	103.5	106.8	110.9
失業率	5.9	5.9	7.8	7.8	8.3	8.3
経常収支(国際収支ベース)(億ドル)	-24.3	-11.4	-5.1	13.4	31.7	13.7
貿易収支(国際収支ベース)(億ドル)	-20.9	-14.1	-12.7	-2.9	-4.4	-7.6
外貨準備高(億ドル)	11.9	15.3	12.4	33.3	80.3	90.6
対外債務残高(億ドル)	254.2	376.0	379.2	371.4	365.3	354.7

出典：Government of Pakistan “Economic Survey”, “Statistical Yearbook”

近年での GDP 分野別構成比は下表のように変化している。

GDP 分野別構成比 (%)

部門	1998/1999	1999/00	2000/01	2001/02	2002/03
農林水産業	25.2	24.5	23.4	21.6	21.5
鉱業	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
製造業	14.4	14.1	14.7	15.0	15.2
建設	3.0	3.1	2.9	2.9	2.7
電気・ガス	4.2	3.6	2.9	3.2	3.2
サービス部門	45.8	47.1	48.0	49.8	49.1

出典：Government of Pakistan, “Statistical Yearbook”

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯および概要

1-2-1 要請の背景・概要

英国植民地時代の 19 世紀半ばに開発が開始されたインダス水系灌漑システムの各施設は、すでに建設から 50 年から 100 年を経過し、構造物の劣化、水路容量の低下、堤防の破壊等、灌漑施設の劣化を招き、それらが低い灌漑効率の大きな原因となっている。

こうした状況から、パンジャブ州政府は 1996 年から 97 年にかけて、堰の状況が最も深刻で危機的状況と判断されたタウンサ堰灌漑システムのフィージビリティ調査を日本政府に要請した結果、1997 年から 1998 年に JICA により調査が実施された。調査の結果、堰のゲート施設および水利施設は早急に改修を必要とする状況にあると判断された。

同 F/S 調査結果に基づき、パキスタン政府はタウンサ堰の機能回復と今後の維持管理の改善を目指して、2002 年 7 月に日本政府に対し、同堰のゲートおよび付帯施設の一部の交換ないし改修と、維持管理用の仮締め切り用ゲート（バルクヘッドゲート）の供与に関する無償資金協力を要請した。

この要請を受けて、日本政府は JICA を通じて要請の緊急性および妥当性を検討するための予備調査団を 2003 年 8 月～9 月と 2004 年 1 月にパキスタン国に派遣した。日本政府は予備調査結果により基本設計調査を実施することを決定し、2004 年 5 月から 7 月にかけて基本設計現地調査団を派遣した。

パンジャブ州政府は、日本政府に対する無償資金協力を要請するとともに、“ Taunsa Barrages Irrigation System Rehabilitation Project”（以下「タウンサ堰灌漑システム改修事業」）との名称で要請内容の「パ」国内の事業承認を目指して” PC-1 PROFORMA “をパキスタン政府に提出し、2003 年 4 月 23 日に国家経済委員会（ECNEC）の承認を得ている。

1-2-2 要請内容

要請内容と予備調査で提案された代替案を以下に示す。

No	工 種	「パ」国からの要請案	予備調査での提案 (代替案 1)
1	左岸側土砂吐ゲートの交換	7 門	7 門
2	洪水吐ゲート付帯施設の改修	24 門	24 門
3	ゲート開閉機を新機種に交換・改修	60 門（土砂吐：7 門、 洪水吐：53 門）	31 門（土砂吐：7 門、 洪水吐：24 門）
4	ゲート開閉機の電化	31 門（土砂吐：7 門、 洪水吐：24 門）	31 門（土砂吐：7 門、 洪水吐：24 門）
5	上部工デッキの改修	60 門（土砂吐：7 門、 洪水吐：53 門）	65 門（土砂吐：11 門、 洪水吐：53 門、閘門：1 門）
6	仮閉め切り用バルクヘッドゲートの供与	6 門	6 門
7	バルクヘッド用ストックヤードおよび積み込み用河川護岸の設置	1 式	1 式
8	施工機械の供与（80t と 30t クレーン各 1 式、タグボート 2 隻、ボート 3 隻）	1 式	1 式
9	8 のスペアパーツ	1 式	1 式

上表における予備調査での提案の内容は、「パ」国からの要請案の他に 3 案の代替案を立案し、コスト、

技術、工期、効果、維持管理面で比較した結果から予備調査団が最適とする協力案である。提案されている代替案 - 1 では、ゲート開閉機の改修数量を改修されるゲート門数に一致させて 31 門とし、また、上部工デッキも要請は 60 門であるが、堰全門で 65 門あり不整合であることから堰全体 65 門を改修対象としている。

1-3 我が国の援助動向

(1) プロジェクト方式技術協力（農業分野）

- ・ 植物遺伝資源保存研究計画(1993～1998年、2001～2003年)：
作物改良に寄与するための、作物遺伝資源の収集、保存、および配布等の研究活動強化。

(2) 専門家派遣（農業分野、1996年以降）

派遣期間	人数	指導科目
1996～02	3	灌漑技術
1996～03	21	農業研究

(3) 開発調査（農業分野、1990年以降）

- ・ D.G.カーン地区灌漑開発計画（1990年～1992年）
- ・ パンジャブ州支線水路改修計画（1995～1998年）
- ・ 地下水涵養ダム計画（1995～1997年）
- ・ タウンサ堰灌漑システム改修計画調査（1997～1998年）

(4) 研修員受け入れ（農業分野、1996年以降）

- ・ 灌 漑： 12名（一般技術研修） 8名（第3国研修）
- ・ 農業研究： 22名（一般技術研修） 3名（第3国研修）

(5) 有償資金協力（農業分野、1990年以降）

- ・ 末端灌漑水管理計画（1991年、第27次円借款、82.3億円）
- ・ 農業開発金融計画（1991年、第27次円借款、100.0億円）
- ・ マリル川流域農業開発計画（E/S、1993年、第28次円借款、2.0億円）
- ・ 全国排水路整備計画（1996年、第31次円借款、108.3億円）

(6) 過去の関連案件（無償資金協力、1990年以降）

案件名	供与年	金額(E/N 額) (百万円)	概要
イスラマバード農村総合開発計画(2/2 期)	1990	1,254	農業・農村総合開発
植物遺伝資源保存研究所設立計画	1991	1,567	作物遺伝資源の研究活動強化
パンジャブ州農地開発計画	1992	1,809	ブルドーザ 113 台調達、農地開発
バロチスタン州農地開発用機材整備計画	1993	1,964	農地開発資機材調達
パンジャブ州地下水開発計画	1996	1,303	井戸掘削機 9 台と関連機材調達

1-4 他ドナーの援助動向

ドナー	事業名	金額 (百万 US\$)	区分	期間	概要
世銀	North-West Frontier Province On-Farm Water Management Project	21.35	有償	2001～ 継続中	北西開拓州における圃場レベル灌漑施設のマネジメント支援
世銀	National Drainage Program Project (NDP)	785	有償	1997～ 継続中	パキスタンにおける灌漑及び排水システムの効率の改善と持続性の強化
ADB	Punjab Farmer Management Irrigation Project	7.80	有償	1999～ 継続中	パンジャブ州における圃場レベル灌漑施設のマネジメント支援
ADB	Agriculture Sector Program Loan II	348.00	有償	2001～ 継続中	農業生産性と収益性の向上を目的とした農業研究を含む農業全般に対する支援

1-5 パンジャブ州堰改修・現代化事業

1-5-1 事業の概要

インダス水系灌漑システムの各施設の老朽化は、灌漑効率の低下を招き、水不足の大きな原因となっている。灌漑施設の基幹施設である老朽化した堰は、水利的、構造的な機能障害を発生しており、かつ、構造的安定性も低下しているため、堰の改修工事は、最優先で取り掛かるべき重要課題である。

こうした背景から、パンジャブ州政府はパンジャブ州に建設されている 13 の堰を対象に、1997～1998 年に堰機能の現状を調査し、すべての堰で改修工事が必要であると結論した。中でも、以下の表に示すように 6 つの堰は長期的な改修工事を必要とするパート A 事業、また 7 つの堰は緊急に修繕工事が必要なパート B 事業と位置付けている。

No.	Part-A	No.	Part-B
1	Jinnah	1	Taunsa
2	Taunsa	2	Khanki
3	Khanki	3	Balloki
4	Balloki	4	Sulemanki
5	Sulemanki	5	Islam
6	Islam	6	Trimmu
-		7	Panjnad

上記のパート A における 6 堰の長期改善事業の FS 調査 (15 ヶ月) と工事の実施 (60 ヶ月) および 7 つの堰での緊急修繕作業 (12 ヶ月) について “ Punjab Barrages Rehabilitation and Modernization Project ” (以下「パンジャブ州堰改修・現代化事業」) として事業化を目指しパンジャブ州政府により “ PC-1 PROFORMA ” が連邦政府に提出され 2004 年 2 月 9 日に ECNEC に承認された。

ECNEC 承認後、パート B 緊急修繕作業はすでに連邦政府財務省予算により実施されており、また、6 堰のフィージビリティ調査も実施中である。

なお、タウンサ堰は 13 堰の内でのその老朽化が特に顕著で深刻であったことから 1997/98 年に JICA により堰灌漑施設改修計画のフィージビリティ調査が実施され、緊急に改修する必要があることが報告されている。この結果をうけてパンジャブ州政府は、日本の無償資金協力事業とパキスタン側独自によるパンジャブ州堰改修・現代化事業とを組み合わせることでタウンサ堰の全面改修を行う方針としており、無償資金協力事業には最も緊急的の対応を必要とするゲート施設の改修とその改修事業に必要なバルクヘッドゲートの調達を要請してきた。また無償資金協力の対象としない堰の改修工事についてはパンジャブ州堰改修・現代化事業で実施することとし、現在そのための財政支援を世銀に要請、協議中である。

1-5-2 パンジャブ州堰改修・現代化事業の実施計画

タウンサ堰改修に関する世銀の支援計画は、無償資金協力に含まれない改修範囲が対象で、堰本体の構造的改修、日本が手がけないゲート等の近代化 (電化) 技術支援からなる。技術支援としては、他の堰の改修をパンジャブ州が独自に行えるよう、パンジャブ州が実施するフィージビリティや改修設計および工事の監理に係るキャパシティ・ビルディングを行う計画である。タウンサ堰改修事業のフィージビリティ調査はすでに終了し、現在実施設計が進められている。パンジャブ州と世銀はローン・アグリーメントを 2004 年 12 月までに完了し、2005 年 2 月に建設を開始する計画である。

1-5-3 パンジャブ州堰改修・現代化事業での改修内容

パキスタン側独自によるパンジャブ州堰改修・現代化事業でのタウンサ堰改修内容は、以下のように要約される。

- 1) 堰より下流 1,500ft (457.2m) の位置に副堰 (Subsidiary Weir) を建設 : 堰下流水位を上げ、堰体の安定と十分な水流の減勢を確保する。副堰の天端標高は 424ft (129.2m) (洪水吐堰体天端 428ft (130.5m)、同土砂吐 : 425ft (129.5m))
- 2) 堰下流面コンクリート部の改修 : ゲートからの流出水脈は土砂を含み水流エネルギーが大きいため、堰体の磨耗が激しい。そのため、1ft (0.305m) 厚さで強度 4,000psi (281kg/cm²:27.58Mpa) の無筋コンクリート (現在のコンクリートは 3,000psi (210kg/cm²:20.69Mpa) 程度) で堰下流面コンクリートを強化する。また、下流エプロン部基礎はグラウトにより基礎地盤を補強し、パイピングに対処する。
- 3) 右岸土砂吐ポケットでの排砂施設 (Silt Excluder) の整備 : D. G. Khan 水路への土砂流入および堆砂を軽減するために、右岸土砂吐ポケットに Silt Excluder を設置する。Silt Excluder は土砂

吐ポケットの底部に6連の排砂用の函渠（ボックス・カルバート）を並べる計画である。

- 4) 水制工の新設・補強：現在、タウンサ堰へ向かうインダス川の水流は、右岸より左岸に傾いて流れているため、右岸への堆砂問題や偏流による不十分な減勢などが生じている。そのため、河川改修工事(River Training Works)として、堰直上流右岸側の既存水制工の延長と新設を行う。また15～20km上流の右岸側に水制工を新設して、インダス川主流を中央に向かわせることも検討している。
- 5) 無償資金協力対象外のゲートの改修と電化を実施。なお、ゲートは1ft(0.31m)のゲート高の嵩上げを行い堰上流の水位を1ft(0.31m)上昇させる。

実施する改修事業費は1.5億ドル程度(約164億円)の規模で、3～4年で実施する計画である。なお、パンジャブ州堰改修・現代化事業でのゲートの改修工事においては、無償資金協力で調達されるバルクヘッドゲートを利用する計画あり、また無償資金協力で採用されたゲートおよび開閉機の仕様をそのまま採用する方針である。

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

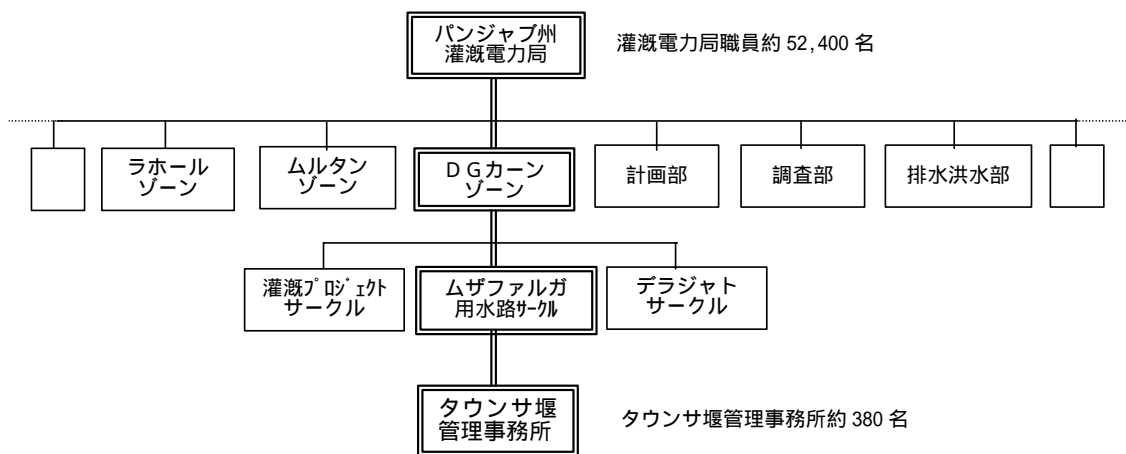
第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

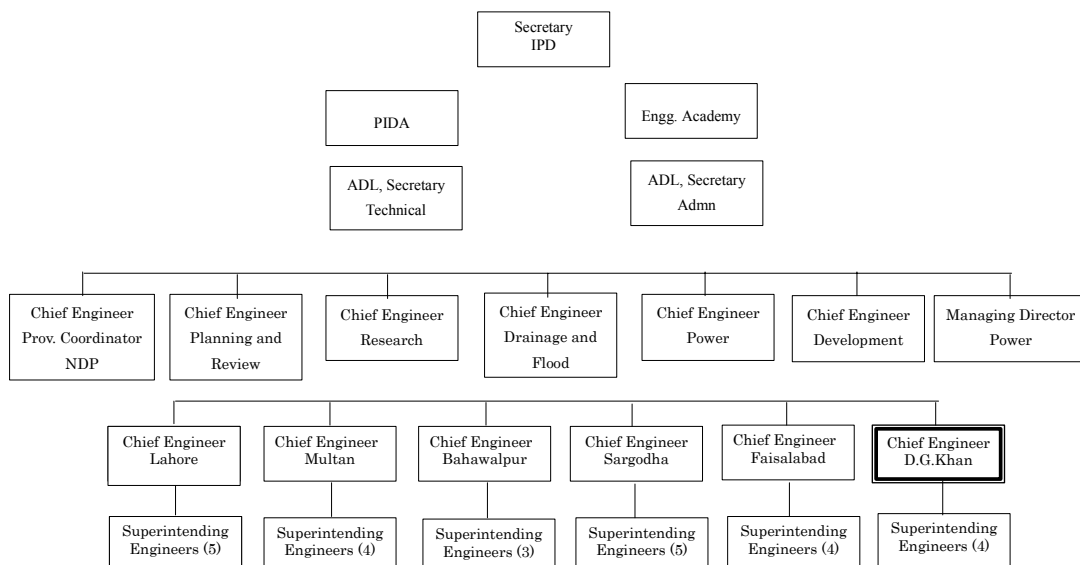
「パ」国側の事業実施機関はパンジャブ州灌漑電力局(Irrigation and Power Department, Government of the Punjab、以下 IPD)である。 IPD 全体の組織構成は下記のとおりであり、IPD 組織全体で約 52,400 人のスタッフを有している。

図 2-1-1.1 パンジャブ州灌漑電力局全体組織構成図 (2003/04 年)



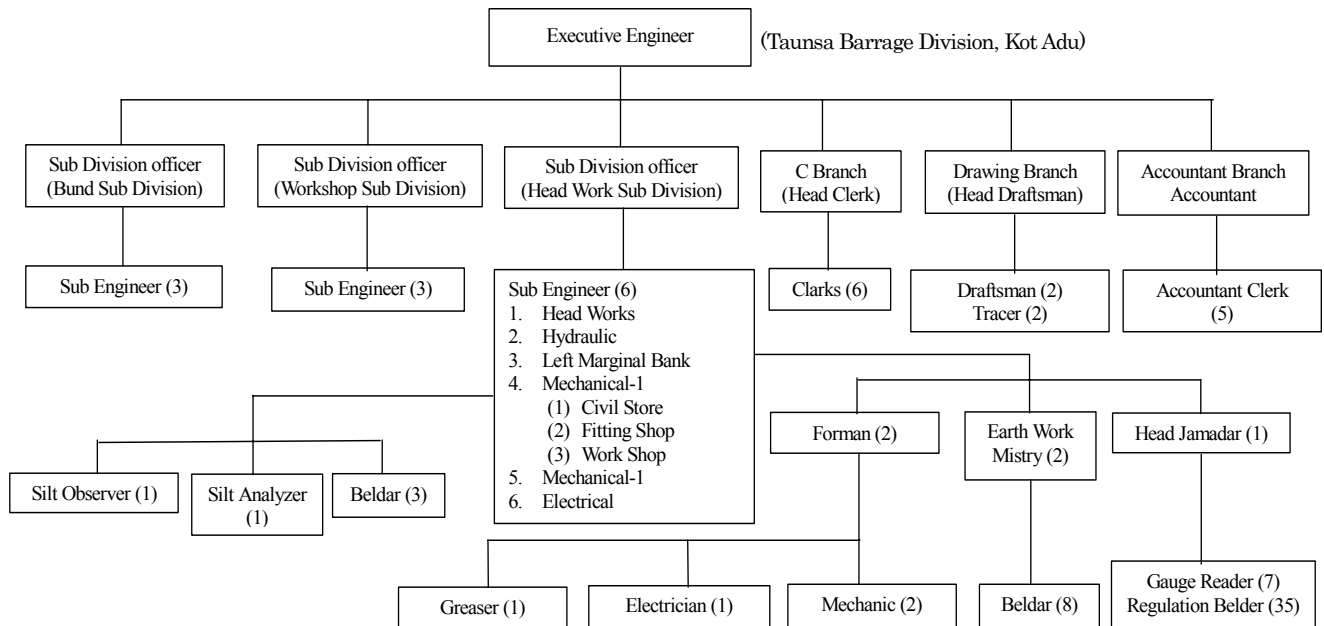
IPD 本部はパンジャブ州ラホールにあり、下図の構成である。また、灌漑システムの維持管理は 6 つのゾーンに分割して管理されており、無償資金協力により整備される設備、機材の運営・維持管理主体となるタウンサ堰管理事務所は D.G.カーン灌漑ゾーン組織下のムザファルガ水路サークルに属する。

図 2-1-1.2 パンジャブ州灌漑電力局 (IPD) 組織図



タウンサ堰管理事務所は約 380 人のスタッフを擁してタウンサ堰と周辺河川堤防や水制工などの河川管理施設、タウンサ堰近傍区間の灌漑用水路の維持管理、気象・水文データ等の収集・記録、河道状況の定点観測と河道状況変遷把握活動等、タウンサ堰の堰機能を総合的に維持管理運営している組織である。タウンサ堰管理事務所の組織図を以下に示すが、本事業実施後もこの体制が継承される計画である。また、タウンサ堰管理事務所の人員構成を表 2-1-1.1 に示す。

図 2-1-1.3 タウンサ堰管理事務所組織図



この他、IPD には堰の維持管理を目的としたワークショップが組織されているが、こうしたワークショップでは、堰の軽微な修理や部品製作などを直営で行う技術、生産能力を有しており、なかでも、バルワール・ワークショップ(Bhalwal Irrigation Workshop、ラホルの北西約 150km、車で 1.5 時間)は、同局の中心的な作業所で、タウンサ堰のゲートを製作した経験を有する。無償資金協力実施後のタウンサ堰のゲート修理などは、これらのワークショップにより行われる。

表 2-1-1-1.1 タウンサ堰管理事務所の人員構成

No.	Designation of the Post	Total Sanctioned Posts	Posts Filled in.	Vacancies	No.	Designation of the Post	Total Sanctioned Posts	Posts Filled in.	Vacancies
1	Executive Engineer	1	1		44	Gate Keeper	12	8	4
2	Sub Division Officer	3	3		45	Line Man	3	2	1
3	Head Clerk	1	1		46	Laboratory Attendant	1	0	1
4	Head Draftsman	1	1		47	Tube-Well Driver	8	7	1
5	Accountant	1	1		48	Silt Observer	1	1	
6	Sub Engineer	15	11	4	49	Motor Launch Driver	1	1	
7	Draftsman	2	2		50	Bahishti	2	2	
8	Tracer	3	2	1	51	Mechanic	4	3	1
9	Accounts Clerk	3	2	1	52	Welder	1	1	
10	Sub Divisional Clerk	3	3		53	Driller	1	1	
11	Junior Clerks	11	10	1	54	Switch Board Operator	3	3	
12	Signalers	6	5	1	55	Black Smith	1	1	
13	Senior Store Keeper	1	0	1	56	Oil Man	1	1	
14	Junior Store Keeper	3	2	1	57	Hammer Man	1	0	1
15	Assistant Store Keeper	1	1		58	Greaser	3	1	2
16	Daffadar	2	2		59	Painter	1	0	1
17	Barkandaz	2	2		60	Assistant Wire-man	2	2	
18	Telephone Attendant	5	4	1	61	Skilled Coolly	12	9	3
19	Artificer	4	3	1	62	Bullock Man	2	2	
20	Tele Peon	3	3		63	Wireless Operator	1	1	
21	Naib Qasid	8	7	1	64	Senior Head Mistress	1	0	1
22	Head Jamadar	1	1		65	Junior Mistress	5	5	
23	Naib Jamadar	6	6		66	Driver	7	6	1
24	Gauge Reader	17	13	4	67	Plumber Coolly	1	1	
25	Steno Grapher	1	1		68	Sanitary Jamadar	1	1	
26	Silt Analyst	1	0	1	69	Night Petrol Inspector	1	1	
27	Regulation Beldar	42	35	7	70	Khansama	1	0	1
28	Boat Man	8	6	2	71	Night Petrol Chowkidar	6	4	2
29	Sweepers	19	15	4	72	Store Attendant	1	0	1
30	Mates	15	10	5	73	Dak Runner	2	2	
31	R/House Chowkidar	3	1	2	74	Plumber	1	0	1
32	Beldar	150	99	51	75	Carpenter	1	0	1
33	Headworks Mistri	1	0	1	76	Fore-man	2	2	
34	Sounding Mistri	1	1		77	Turner	1	1	
35	Mason Mistri	1	0	1	78	Motor Launch Attendant	1	1	
36	Material Mistri	1	1		79	Railway Jamadar	1	1	
37	Pressure Pipe Mistri	1	1		80	Head Boat-Man	1	1	
38	Earth Work Mistri	10	10		81	Rest House Attendant	1	1	
39	Head Mali	2	2		82	Imam Masjid	2	2	
40	Mali	9	8	1	83	Cleaner	1	1	
41	Chowkidar	21	20	1	84	Assistant Jamadar	1	0	1
42	Electrician G-II	2	2						
43	Electrician G-I	2	1	1		Total	493	375	118

2-1-2 財政・予算

タウンサ堰管理事務所での過去 10 カ年の予算と支出は下表のとおりである。

表 2-1-2.1 タウンサ堰および関連施設の維持管理予算と支出

(単位：百万Rs)

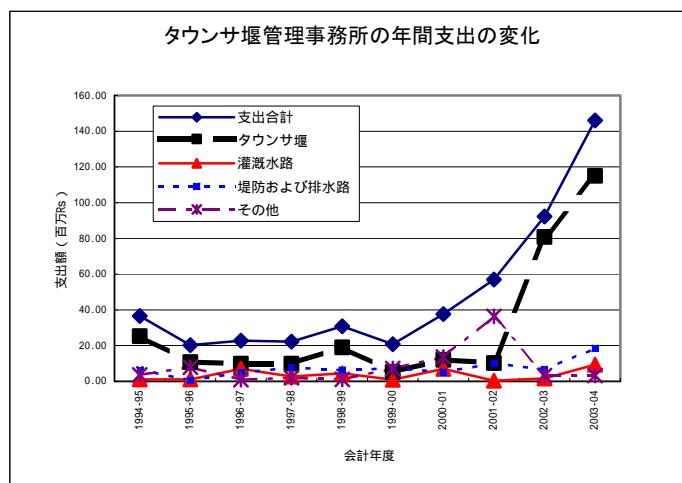
番号	項目	会計年度										平均
		1994-95	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	
1.	予算	36.48	20.70	22.80	22.25	30.76	20.71	37.72	57.07	92.20	145.98	48.67
1-1	タウンサ堰および灌漑水路	26.40	11.90	16.90	12.57	23.37	6.22	18.92	10.66	82.42	124.38	33.37
1-2	堤防および排水路	6.50	0.50	4.97	7.63	6.30	7.29	5.25	10.07	6.63	18.46	7.36
1-3	その他	3.58	8.30	0.93	2.05	1.09	7.20	13.55	36.34	3.15	3.20	7.94
2.	支出	36.47	20.24	22.71	22.19	30.76	20.71	37.68	57.06	92.20	145.96	48.60
2-1	タウンサ堰	25.31	10.82	9.92	9.89	18.92	5.26	11.92	10.30	80.77	115.09	29.82
2-2	灌漑水路	1.09	1.09	6.98	2.68	4.45	0.96	6.99	0.36	1.66	9.23	3.55
	小計{(2-1)+(2-2)}	26.40	11.91	16.90	12.57	23.37	6.22	18.91	10.66	82.43	124.32	33.37
2-3	堤防および排水路	6.50	0.50	4.89	7.63	6.30	7.29	5.22	10.07	6.62	18.46	7.46
2-4	その他	3.57	7.83	0.92	1.99	1.09	7.20	13.55	36.33	3.15	3.19	7.39
3.	予算(1.) - 支出(2.)	0.01	0.46	0.09	0.06	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.02	0.07
4.	支出(2.)/予算(1.)	100%	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

注：パキスタンの会計年度は7月1日～6月30日

データ：タウンサ堰事務所

全体の予算額は 1999/00 年から年々増加傾向にあるが、その支出においてはタウンサ堰での支出が際立って伸びている状況である。タウンサ堰での近年での支出の急増は、堰下流側エプロン及び減勢コンクリートブロック（インパクト・リフレクター）などの緊急補修である。

タウンサ堰管理事務所では各施設について年次の補修計画を立案し、予算要求を行っており、支出は予算に見合うように行われているが、必ずしも十分な予算を確保できていない状況にある。



なお、灌漑システム下の各農地には水利費が課金され徴収される。以前は作付け作物と作付け面積により課金される方式であったが、2003 年より作付け面積のみによる下記のフラット・レート方式が導入されている。

- ・ カリフ(Kharif)期 (4月15日～10月15日): 85 Rs / Acre
- ・ ラビ(Rabi)期 (10月16日～4月14日): 50 Rs / Acre

作物の生育状況などにより補助金制度があり、各事務所で徴収システムの担当員が毎日フィールドに出て作物の生育状況、水路及び圃場水路 (Water Course) の損傷などの配水の障害等を調査し、作物や料金課金の計算を行い報告する。結果はエクゼクティブ・エンジニアを通じてパンジャブ州税務局に報告され、税務局が料金の徴収を実施する。従って、徴収された水利費は直接的に IPD の各事務所の維持管理に運用されているのではなく、州の歳入となる。

2-1-3 技術水準

現在、タウンサ堰はタウンサ堰管理事務所（TBD）により維持管理、運営されている。 TBD では、図 2-1-1.3 の組織図に示す組織体制および表 2-1.1 に示す職員総数約 380 人に及ぶ陣容を擁し、タウンサ堰のみでなく、タウンサ堰に関連する下記の施設を統括し、その維持管理、運営を行ってきている。

- ・ タウンサ堰の各施設
- ・ インダス川のタウンサ堰上流部 約 50 km
- ・ インダス川のタウンサ堰下流部 約 10 km
- ・ D.G.Khan 水路 約 13 km (0 ~ 40,000 ft)
- ・ ムザファルガ水路 約 2 km (0 ~ 6,000 ft)
- ・ T.P.リンク水路 約 60 km (0 ~ 183,000 ft) チェナブ川までの全路線

本事業で要請されている改修計画の対象施設はタウンサ堰のゲート施設であり、建設後約 50 年を経過し、老朽化が進み、幾つかのゲートは漏水や開閉が困難になる等の深刻な状況にある。

ゲートの機能に大きな損傷を発生する大きな要因として、運用上、十分に維持管理・補修をする期間が確保できないことがあげられる。 現在、タウンサ堰の補修作業のほとんどが、上流ダム の締切りにより水が枯れる毎年 1 月約 20 日間の「アニュアル・クロージャージャー期間」に行われている。他の期間は灌漑のために堰の水位を維持するの必要があり、ゲートのほとんどは水没している。このため、堰の各施設は十分な補修ができない状況にあり、結果としてゲート機能の低下につながっている。このような中、TBD の絶間のない維持管理・補修により必要なゲート機能を維持している状況にある。

タウンサ堰管理事務所では、タウンサ堰から約 1km の地点にタウンサ堰や灌漑施設の機械部分の維持管理、補修のためのワークショップを所有しており、既往のすべてのゲート関連の維持管理、補修作業を実施してきた。また、さらに大型の補修等が必要とされる場合にはバルワール・ワークショップ（Bhalwal Irrigation Workshop、所在地：ラホールの北西約 150km）またはムガルプラ・ワークショップ（Mughalpara Irrigation Workshop、所在地：ラホール）での作業を実施してきた。

このように、タウンサ堰管理事務所（TBD）はタウンサ堰本体だけでなく、タウンサ堰に関連する河川管理施設、灌漑水路を含め、過去 50 年にわたり運営維持管理を行ってきた実績がある。従って、本計画実施に当たって必要な技術系職員も確保されており、また、施設・機材の維持管理を遂行していく十分な能力および体制も十分に有していると判断される。

2-1-4 既存の施設・機材

2-1-4-1 インダス川灌漑システム

(1) インダス川灌漑システム

降雨量の少ないパキスタンでは、インダス川およびその支流を水源とする灌漑システムが発達しており、年間約 17.1 百万ヘクタールの農地がインダス平原で灌漑されている。

英国植民地時代の 19 世紀半ばに開発が始まったインダス水系灌漑システムは、3 つの大規模貯水池 (Tarbela, Mangla, Chashma)、16 の堰、12 の河川間連絡水路、44 の灌漑水路システム、水路総延長 6 万 km 以上、灌漑支配面積 1,470 万 ha で構成された世界最大の灌漑システムである。インダス水系灌漑システムによる灌漑農地は、パンジャブ州 59%、シンド州 37% に集中している。

少ない水量を最大限の地域に公平に配分できるように設計され、さらに農家の需要に関係なく供給主導で水の分配がおこなわれているため、灌漑強度は概ね 75% 程度で計画されていたが、1960 年以降に建設がはじまったチューブ・ウエル (管井戸) による地下水開発により作物の集約度向上を可能にし、現在灌漑強度は約 120% に達している。

地下水利用は全体の約 80% がパンジャブ州に集中している。シンド州では塩水地域が広がっており、地下水利用は限られている。

インダス水系灌漑システムの外 (パンジャブ州北部、北西辺境州、バロチスタン州、連邦直轄部族地域 FATA) において、カレーズ等を水源とする灌漑農業、また丘陵地急流 (Hill Torrents) を利用した洪水灌漑 (Flood Irrigation) がおこなわれている。

現在のインダス水系における水量バランスは以下のように報告されている。

パキスタンの水量バランス (インダス水系)

利用可能量

・ 降水量	13 MAF	(160 億 m ³)
・ RIM ステーションでの年間利用可能河川水	142 MAF	(1,752 億 m ³)
・ ヒル・トレント	8 MAF	(99 億 m ³)
・ RIM ステーション上流利用量	5 MAF	(62 億 m ³)
合計	168 MAF	(2,072 億 m ³)

利用量 (消費量)

・ 蒸発量	6 MAF	(74 億 m ³)
・ 上流地域での水利用量	5 MAF	(62 億 m ³)
・ 水路取水量	104 MAF	(1,283 億 m ³)
・ システムの損失水量	8 MAF	(99 億 m ³)
合計	123 MAF	(1,517 億 m ³)

水量バランス 35 MAF (432 億 m³)

1976年から2004年までのインダス川最下流に位置するコトリ堰から下流に流出する水量の平均値は35 MAF(432億 m^3)であり、将来的にはコトリ堰下流の必要水量約10 MAF(123億 m^3)、上流地域での開発利用量約5 MAF(62億 m^3)以外の約20 MAF(247億 m^3)が開発可能なポテンシャルであるとされている。

次図にインダス水系灌漑システム概要図を示す。

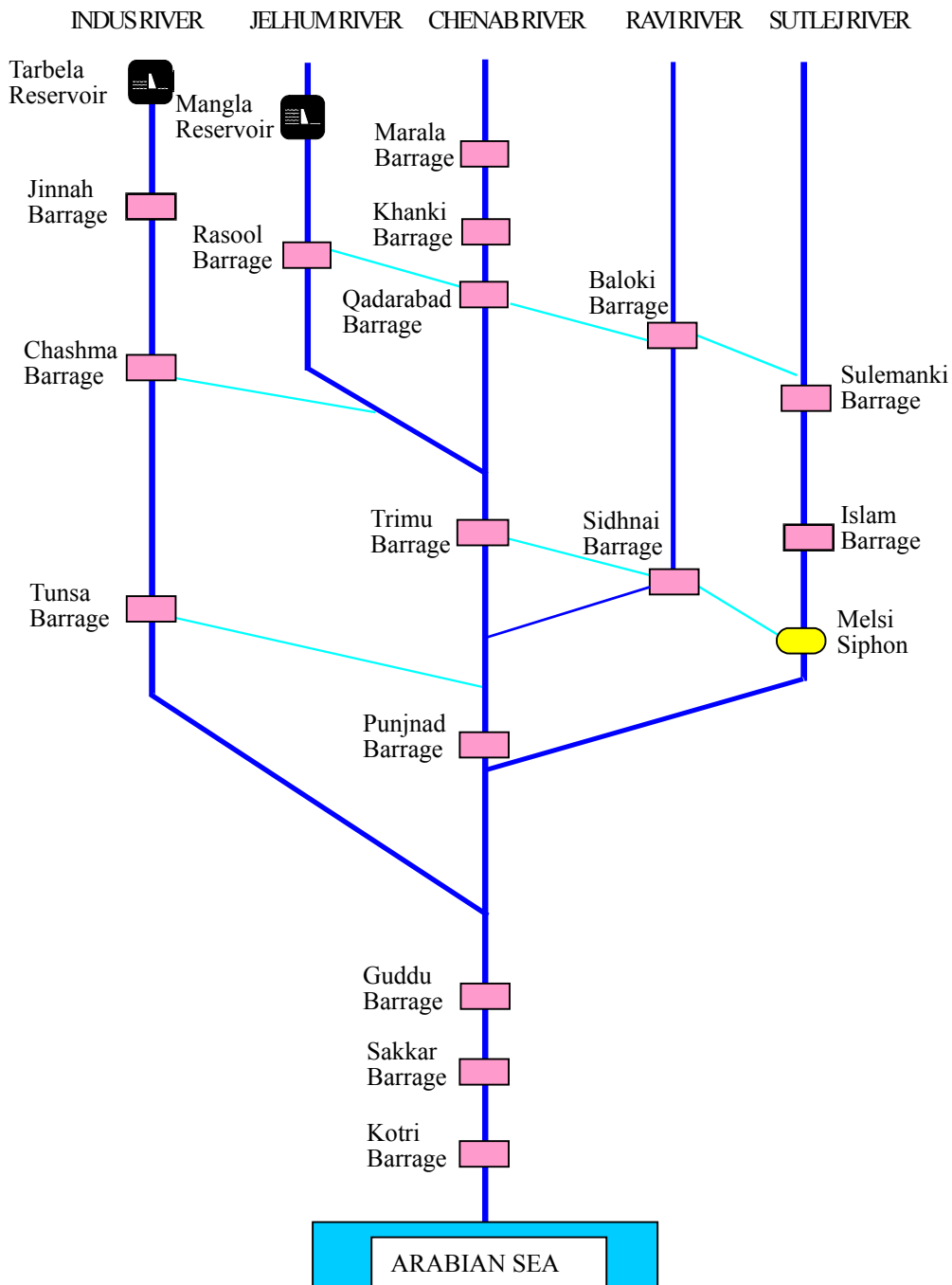


図 2-1-4.1 インダス水系灌漑システム概要図

インダス川は国際河川であり、1960年にインドと結んだインダス水利条約(Indus Water Treaty)に基づき、インダス川、ジェーラム(Jhelum)川およびチェナブ(Chenab)川の排他的利用権がパキスタンに賦与されているが、一方で、東側の3河川(Ravi, Sutlej and Beas)についてはインドに排他的な利用権がある。インダス川、ジェーラム(Jhelum)川およびチェナブ(Chenab)川の3河川で表面水による灌漑システムの必要水量の内95%が賅われる。

州間での水配分については、1991年に合意された下表に示す水資源配分協定(Water Apportionment Accord)に基づいて配分されており、これをイルサ(IRSA:インダス川システム機関:Indus River System Authority)が管理している。イルサは連邦政府の組織であり、水配分協定を実施するため設立された組織である。

インダス川水利権

[単位: MAF(億 m³)]

灌漑区分	水利権水量			備考
	カリフ期	ラビ期	年間水利権量	
タウンサ堰関連水利権				
タウンサ堰	4.19(51.7)	1.50(18.5)	5.69(70.2)	D.G.カーン&ムザファルガ水路
パンジナッド堰	3.40(41.9)	1.52(18.7)	4.92(60.6)	T.P.リンク水路
パンジャブ州関連水利権	37.07(457.2)	18.87(232.7)	55.94(689.9)	
タウンサ堰下流水利権	36.79(453.8)	15.84(195.4)	52.63(649.2)	バロチスタン州&シンド州

(2) インダス川流域灌漑システムテレメトリー事業

目的

各州間の信頼関係を促進するために、農業用水は、水配分協定(WAA: Water Apportionment Accord)において合意された割当て量に基づいて各州に平等に分配される。

「インダス川流域灌漑システムテレメトリー事業」の目的は、信頼でき、かつ、実証可能な方法による平等な水配分の実施状況を、IRSAのメンバーである4州に明確に示すことである。

その実現のため、パキスタン政府はWAPDAに対して、全ての堰と国立灌漑用水路に遠隔測定システムを設置することを委託した。本事業によって、州灌漑排水機関、IRSA, WAPDA および水・電力省は、リアルタイムで全ての堰と水路調整施設における流量をモニターすることができる。

テレメトリーシステムの内容

本事業は、それぞれの観測地点(用水配分地点)において、水位とゲート開度を測定してリアルタイムで流量を計算する技術を用いた設備を利用している。また、地球静止軌道にある人工衛星をデータ送信のバックボーンとして利用して、関係者にこれらのデータを送信している。流量観測サイトは以下に示す23地点である。

- | | | |
|-----------------------------|----------------------|----------------------------|
| 1) Tarbela Dam | 2) <i>Nowshera</i> | 3) Jinnah Barrage |
| 4) Chashma Barrage | 5) Taunsa Barrage | 6) Guddu Barrage |
| 7) Sukkur Barrage | 8) Kotri Barrage | 9) <i>Garang Regulator</i> |
| 10) <i>Pat Feeder Canal</i> | 11) <i>Uch Canal</i> | 12) <i>Manuthy Canal</i> |
| 13) Mangla Dam | 14) Rasul Barrage | 15) Trimmu Barrage |
| 16) Panjnad Barrage | 17) Marala Barrage | 18) Khanki Barrage |
| 19) Qadirabad Barrage | 20) Balloki Barrage | 21) Sindhni Barrage |
| 22) Sulemanki Barrage | 23) Islam Barrage | |

注) *Italic*体の5地点は水路でのモニタリングであり、その他の18地点は堰でのモニタリングである。

モニタリングの方法

それぞれの観測サイトでは、ゲート位置センサー (GPS: Gate Positioning Sensor) と水位センサーが設置されている。タウンス堰では、各ゲートにゲート位置センサーが設置され、上流水位3箇所、下流水位2箇所および水路水位3ヶ所、合計8箇所での水位が観測されている。データの送信は有線で行われている。

制御室には、水路流量と堰流量を測定・計算することのでき、当該地点における水位、ゲート開度および流量をモニターすることができる。また、制御室には VSAT (Very Small Aperture Satellite Terminal) のパーソナルアースステーションがあり、全ての観測値は人工衛星を通してイスラマバードにある IRSA 本部に送信され、さらに、次の7つのモニタリングサイトに送信されている。

- 1) Secretary, IPD NWFP, Peshawar
- 2) Secretary, IPD Punjab, Lahore
- 3) Secretary, IPD Sindh, Karachi
- 4) Secretary, IPD Baluchistan, Quetta
- 5) Chief Engineer of Hydrology & Water Management, WAPDA Lahore
- 6) Chief Engineer of IPD Dera Mural Jamali, Baluchistan
- 7) Chief Engineering Advisor, Ministry of Water and Power, Islamabad

全ての測定データは、IRSA 本部のセンターに保管されている。各現地サイトの制御室コンピュータには、過去1ヶ月のデータが保存されている。それ以前のデータは、ローカルサイトからIRSA 本部のコンピュータに接続していつでも取り出してみることが可能である。

本システムの最近の情勢

本テレメトリーシステムは、各州間のインダス川の水配分に対する疑念を解消するために導入されたシステムである。IRSA により WAPDA に事業委託され、ドイツの民間会社である SIEMENCE が既にシステムを完成させている。完成後は IRSA がシステムの運用を行うことになっているが、現時点では本システムは WAPDA から IRSA に移管されていない。

WAPDA によれば、本システムの建設費は Rs.284,000,000 であり、年間維持管理コストは Rs.25,450,000 である。本システムが IRSA に移管され運用が開始されるのは、2004 年末以降になる見込みである。

本無償資金協力事業との係わり

本無償資金協力事業においてゲート改修を実施する場合、テレメトリーシステムとして機能している GPS や DAU およびケーブル類を一旦取り外し、ゲート改修が完了した時点で再度インストールする必要がある。これらの作業は、WAPDA または IPD が負担する。

2-1-4-2 タウンサ堰

(1) タウンサ堰の概要

タウンサ堰建設の構想は 1937 年頃に検討が始められている。その対象地域では当時既に多くの氾濫水路 (Inundation Canal と呼ばれている) が開削されており、インダス川から夏期の豊水期に自然取水され、氾濫水路周辺の低平地で粗放的な灌漑農業が行われてきた。

タウンサ堰の位置選定は、現堰位置の上下流数 10 km の範囲で検討され、道路橋および鉄道級との共同事業となることも考慮に入れて、1950 年代のはじめに選定されている。それに基づいてタウンサ堰における計画堰上げ水位は近傍の氾濫水路より 4ft 高くして、R.L. 446.00 ft と決められた。

タウンサ堰の本格調査は 1950 年から開始され、建設工事は 1958 年に完成し、同年に供用を開始した。その施設の概要は次のとおりである。

1) 計画洪水量 :	1,000,000 ft ³ /sec (= 28,300 m ³ /sec)
2) 計画取水量 :	
右岸側 D.G.カーン水路 :	11,549 ft ³ /sec (= 327 m ³ /sec)
左岸側 ムザファルガー水路 :	8,300 ft ³ /sec (= 235 m ³ /sec)
T.P.リンク水路 :	12,000 ft ³ /sec (= 340 m ³ /sec)
合計	31,849 ft ³ /sec (= 902 m ³ /sec)
3) 堰長 :	4,346 ft (1,324.66 m)
4) 堰上げ高 :	30 ft (9.14 m)
5) 洪水吐 :	53 基 x 60 ft (18.29 m) x 扉高 19.0 ft (5.79 m)
6) 土砂吐 : 右岸側	4 基 x 60 ft (18.29 m) x 扉高 22.0 ft (6.71 m)
左岸側	7 基 x 60 ft (18.29 m) x 扉高 22.0 ft (6.71 m)
7) 舟通し閘門 :	1 基 x 60 ft (18.29 m) x 扉高 22.0 ft (6.71 m)
8) 魚道 :	2 基
9) 取水工 :	
右岸側 D.G.カーン水路 :	7 基 x 24 ft (7.32 m) x 扉高 13.5 ft (4.11 m)
左岸側 ムザファルガー水路 :	5 基 x 24 ft (7.32 m) x 扉高 13.5 ft (4.11 m)
T.P.リンク水路 :	7 基 x 24 ft (7.32 m) x 扉高 13.5 ft (4.11 m)
10) 道路橋 :	全長 4,346 ft (1,324.66 m) x 幅員 37.5 ft (11.43 m)
11) 鉄道橋 :	全長 4,346 ft (1,324.66 m) x 広軌 5.5 ft (1.68 m)
12) パイプライン (ガス搬送) :	全長 4,346 ft (1,324.66 m) x 口径 16 inch (406 mm)
13) パイプライン (石油搬送) :	全長 4,346 ft (1,324.66 m) x 口径 16 inch (406 mm)

(2) 水門施設

水門施設の概要

タウンサ堰の水門施設仕様一覧を表 2-1-4.1 に示す。

表 2-1-4.1 タウンサ堰の水門施設仕様一覧

	土砂吐ゲート	洪水吐ゲート	閘門ゲート	DG カーン 取水工ゲート	ムザファルガー 取水工ゲート	TP リンク 取水工ゲート
ゲート形式	鋼製トラス構造ス トーニタイプロー ラゲート	鋼製トラス構造 ストーニタイプ ローラゲート	鋼製トラス構造 ストーニタイプ ローラゲート	鋼製トラス構造 ストーニタイプ ローラゲート	鋼製トラス構造 ストーニタイプ ローラゲート	鋼製トラス構造 ストーニタイプ ローラゲート
門 数	11	53	1	7	5	7
径 間	60ft (18.29m)	60ft (18.29m)	60ft (18.29m)	24ft (7.32m)	24ft(7.32 m)	24ft (7.32m)
扉 高	22 ft (6.71 m)	19ft (5.79m)	22ft (6.71m)	22ft (6.71m)	22 ft (6.71m)	22ft (6.71m)
水密方式	前面三方水密	前面三方水密	前面三方水密	前面三方水密	前面三方水密	前面三方水密
開閉装置 型 式	ワイロ-ブ ウィンチ式 (1 駆動 2 ドラム)	ワイロ-ブ ウィンチ式 (1 駆動 2 ドラム)	ワイロ-ブ ウィンチ式 (1 駆動 2 ドラム)	ワイロ-ブ ウィンチ式 (1 駆動 2 ドラム)	ワイロ-ブ ウィンチ式 (1 駆動 2 ドラム)	ワイロ-ブ ウィンチ式 (1 駆動 2 ドラム)

現状の課題点

既設水門施設の現状の課題点は次のとおりである。

1) 土砂吐ゲート

- ・ ローラ部構造の不具合（詳細は後述）により側部・底部水密部の破損が生じ、漏水がある。
- ・ 水密部は銅板製の水密板を用いており、戸当りの凹凸への追従性が悪い。
- ・ ゲート構造が 2 段式ゲートとなっており、段間水密部から漏水がある。
- ・ 上述の漏水は噴流状態となっており、水密構造およびローラ部の破損は時間経過とともに進行している。
- ・ ローラ部構造の不具合によりゲート開閉時に過大な荷重が開閉装置に作用し、開閉荷重の増大（開閉操作の操作性悪化）、開閉装置部品の破損等が生じている。
- ・ 開閉装置駆動部の設置箇所周辺には歩廊がなく、点検修理時には架設の足場板を設置して対応しており、作業の安全管理上好ましくない。

2) 洪水吐ゲート

土砂吐ゲートの 2 段構造に係わる不具合を除き、同様の不具合状況である。

3) 閘門ゲート

土砂吐ゲートおよび洪水吐ゲートと同様の構造であることから、同傾向の不具合が生じている。しかし、操作頻度が少ないことから、両者に比べ不具合の度合いは小さい。予備調査で実施された開閉操作試験（2003 年 9 月）でも操作性は良好と報告されている。

4) 取水工ゲート

土砂吐ゲートおよび洪水吐ゲートと同様の構造であることから、同傾向の不具合が生じている。しかし、ゲート規模が小さいことから、両者に比べ不具合の度合いは小さい。

(3) 水利構造物

既設タウンサ堰体の安定性の検討

既設タウンサ堰の堰体（中間および下流エプロン）について、堰体の安全性を検討する。検討項目は次のとおりとする。

- 1) 下流エプロンの長さ：表流水の減勢に対する必要長さ
- 2) パイピングの防止：中間および下流エプロンの浸透路長の確保
- 3) 揚圧力の検討：中間および下流エプロンの厚さ

既設タウンサ堰体の安定に関する詳細検討結果は、資料 A 8-2 のとおりである。

1) 下流エプロンの長さ

表流水の減勢に対する下流エプロンの必要長さは、表 A 8-2-1.2 のとおりとなる。既設下流エプロンは上下流水位差 12.93 ft (= 3.94 m) まで許容できる。一方、既設タウンサ堰はゲート操作上の制限水位差を 22 ft とし、下流エプロン部に減勢ブロック（フリクション・ブロック）を設置して、ゲートからの放流水を減勢している。堰上流水位を RL 447.00 ft まで堰上げするためには、既設堰の下流にクレスト標高 RL 424.00 ft の副堰が必要となる。

ゲート放流による長年の激しい高速流にさらされて、既設下流エプロンのスキン・コンクリート並びに減勢のためのフリクション・ブロックは摩耗が進み、コンクリート骨材や鉄筋が露出している。これらの補修工事は、毎年のアニュアル・クロージャージャー期間に実施されている。

既設下流護床ブロックには損傷が生じていない。しかし、下流河床の低下により下流捨石護床工は、かなり激しい洗堀および低下が見られる。洗堀および低下した下流捨石護床工は、毎年のアニュアル・クロージャージャー期間に補修されている。

これらの問題点は、1) 堰上下流最大水位差を 22ft に制限する、2) 毎年のアニュアル・クロージャージャー期間に補修することにより対応されており、これらの改修工事は緊急性が高いとは評価できないため、本無償資金協力事業には含めない。

2) パイピング防止

浸透性地盤上に取水堰を設ける場合には、地盤内を浸透する流水による基礎地盤の破壊（パイピング）を防止するために、流速の抑制に必要な浸透路長を検討する。

パイピングに対する検討結果は、表 A 8-2-1.3 のとおりであり、既設エプロンは上下流水位差 22.40 ft (= 6.83 m) まで許容できる。従って、堰水位管理を上下流水位差 22.00 ft に制限しているのは妥当な処理と判断される。

一方、タウンサ堰掛かり用水路の安定取水のために、堰上げ水位を WL 448.00 ft とした場合は、最大上下流水位差が 31.00 ft となり、パイピングに対して危険な状態となる。この対応策として、下流に副堰（クレスト標高：RL 424.00 ft）を建設して、下流水位を WL 225.60 ft まで堰上げることにより、タウンサ堰本体の最大上下流水位差を許容水位差：22.40 ft の範囲としている。

この問題点は、堰上下流最大水位差を 22ft に制限することにより対応されており、下流副堰新設工事は緊急性が高いとは評価できないため、本無償資金協力事業には含めない。

3) 揚圧力の検討

浸透性地盤上に取水堰を設ける場合には、地盤内を浸透する流水によりエプロンに揚圧力が作用する。揚圧力を防止するために、エプロンのコンクリートの重量により揚圧力に対抗するものとする。

揚圧力に対する検討結果は、表 A 8-2-1.4 のとおりであり、既設エプロンは上下流最大水位差 35 ft (= 10.67 m) まで許容できる。従って、既設エプロン厚さは堰上げ水位を WL. 448.00 ft とした場合でも揚圧力に対しては十分安全である。

タウンサ堰掛かり灌漑用水路

1) 灌漑用水路の概要

タウンサ堰掛り灌漑用水路は、左岸にムザファルガー灌漑用水路と T.P.リンク灌漑用水路、右岸に DG カーン灌漑用水路が配置されており、現在カチ灌漑用水路が建設中である。水路の系統は、幹線水路（Canal）の下流側は第二次幹線水路（Link, Branch or Feeder）に接続される。第二次水路からは支線水路（Distributary or Minor）に分水され、支線水路から更に末端水路（Watercourse）に分水される。

DG カーン灌漑用水路とその延長上にあるダジャールブランチの両灌漑用水路の右岸側は、重力給水が難しい地形であることから、1~2 km 間隔で私設の揚水機場が許可・設置され、水路に沿ってベルト状に合計 10,000 ha 以上の受益地に灌漑用水が供給されている。

T.P.リンク灌漑用水路は、インダス川流域開発事業の内 8 つのリンク灌漑用水路の最下流に位置する。タウンサ堰で上限 12,000 cusec (= 340 m³/sec) の範囲で左岸取水し、ムザファルガー市の近郊で一部をラングプール支線に分水し、残りの全量をインダス川の支流チェナブ川に放流する灌漑用水路である。

タウンサ堰掛り灌漑水路システムの配置図は次のとおりである。

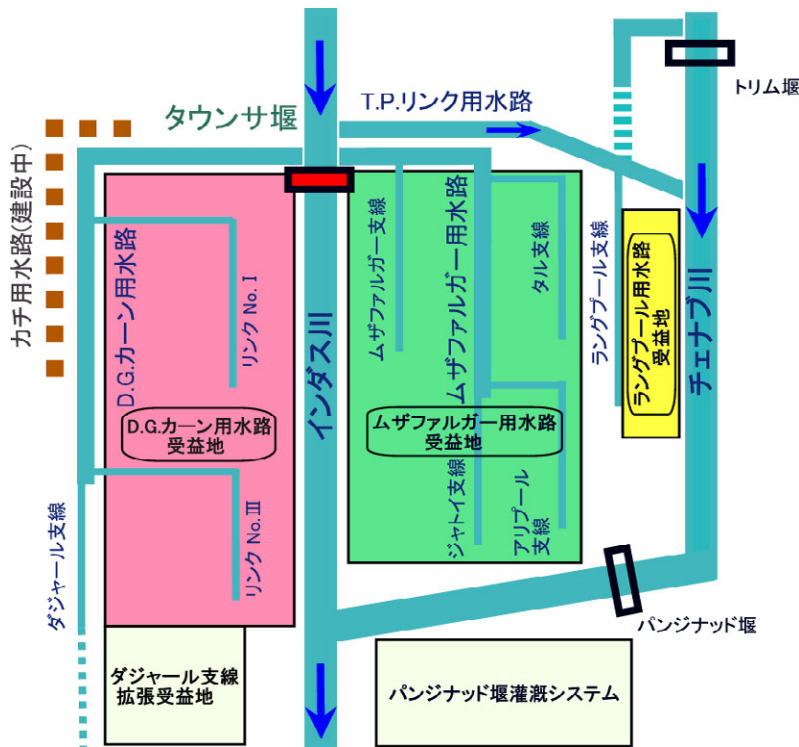


図 2-1-4.2 タウンサ堰掛り灌漑水路配置図

灌漑水路の構造は幹線水路から末端水路に至るまで全て土の開水路が主体である。全般に水路敷きは、インダス川の洪積平野で透水性の高い土壤であるため水路からの漏水が顕著で、灌漑効率を低下させることのみならず、地下水位を上昇させてウォーターロギングを発生させるなど、農業生産に障害を与えている地区もある。

幹線水路の主要諸元および水路延長は次のとおりである。

表 2-1-4.2 最上流地点における幹線水路の諸元

水路区分	DGカーン水路	ムザファルガー水路	T.P.リンク水路	計
純灌漑面積 (ha)	385,000	314,000	48,000	747,000
計画水量 (ft ³ /sec)(m ³ /sec)	11,549 (327)	8,300 (235)	12,000 (340)	31,849 (902)
取水工敷 (ft)	R.L. 433.00	R.L. 433.00	R.L. 433.00	-
(m)	EL. 131.98	EL. 131.98	EL. 131.98	-
水路底幅 (ft)(m)	260.0 (79.25)	200.0 (60.96)	266.0 (81.08)	-
水深 (ft)(m)	12.0 (3.66)	11.8 (3.60)	12.2 (3.72)	-
水路縦断勾配	1 / 10,525	1 / 8,000	1 / 9,000	-

表 2-1-4.3 タウンサ堰掛かり水路延長

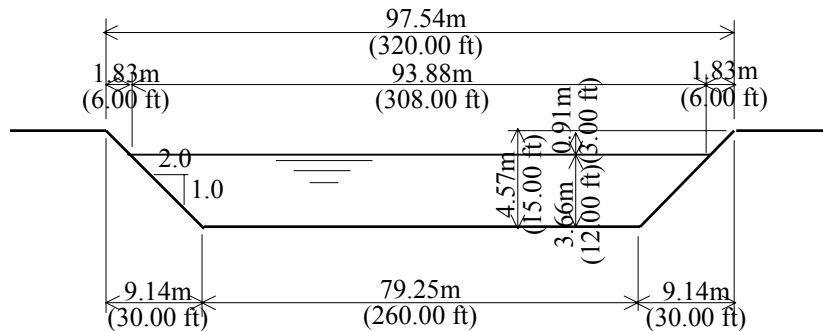
(単位：km)

水路区分	幹線水路			支線水路		合計
	Canal	Branch	Feeder	Disty	Minor	
D.Gカーン水路	105.2	119.4	12.6	1,317.2	133.9	1,688.3
ムザファルガ-水路	113.0	124.2	0	789.9	14.7	1,041.8
T.P.リンク水路	61.2	0	0	0	0	61.2
計	279.4	243.6	12.6	2,107.1	148.6	2,791.3

2) DG カーン灌漑水路

a) 計画水路標準断面

DG カーン水路の計画水路標準断面と水理諸元は次のとおりである。



通水断面積： $A = 1/2 (79.25 + 93.88) \times 3.66 = 316.61 \text{ m}^2$

潤 辺： $P = 79.25 + 8.18 \times 2 = 95.61 \text{ m}$

径 深： $R = A / P = 316.61 / 95.61 = 3.311 \text{ m}$

粗 度 係数： $n = 0.020$

縦 断 勾配： $I = 1 / 10,525 = 0.0000950$

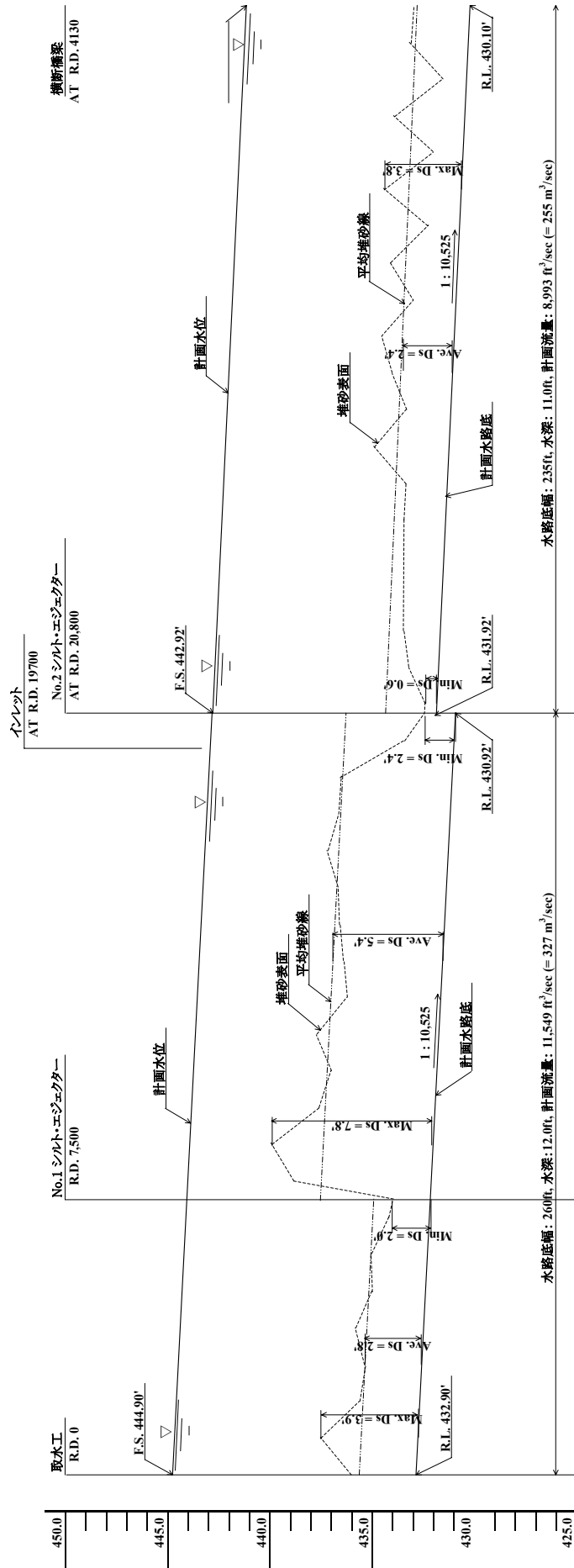
流 速： $V = 1/0.020 \times 3.311^{2/3} \times 0.0000950^{1/2} = 1.08 \text{ m/sec}$

通 水 量： $Q = 316.61 \times 1.08 = 341.94 \text{ m}^3/\text{sec} = 12,074 \text{ ft}^3/\text{sec} > Q_d = 11,549 \text{ ft}^3/\text{sec}$

限界摩擦速度： $U_* = (980 \times 331.1 \times 0.0000950)^{0.5} = 5.55 \text{ cm/sec}$

限界掃流粒径： $d_c = (5.55/1.50)^2 \times 10 / 80.9 = 1.70 \text{ mm} > d_{max} = 0.8 \text{ mm}$

計画水路断面における限界掃流粒径 (d_c) は 1.70 mm と推定される。一方、堆砂している砂の最大粒径 (d_{max}) は 0.8 mm 程度であることから、計画流量が流れている時には D.G.カーン灌漑水路内には堆砂は生じず、取水工から流入した砂は下流に流下すると予想される。



測点	追加距離 (ft)	水路底 (ft)	計画水位 (ft)	堆砂高 (ft)
0	0	432.90	444.90	2.1
1	1,000	432.80	444.80	3.9
2	2,000	432.71	444.71	3.0
3	3,000	432.61	444.61	2.7
4	4,000	432.52	444.52	3.3
5	5,000	432.42	444.42	2.6
6	6,000	432.33	444.33	2.7
7	7,000	432.23	444.23	2.0
8	8,000	432.14	444.14	6.7
9	9,000	432.04	444.04	7.8
10	10,000	431.95	443.95	5.7
11	11,000	431.85	443.85	5.2
12	12,000	431.76	443.76	5.9
13	13,000	431.66	443.66	4.6
14	14,000	431.57	443.57	4.9
15	15,000	431.47	443.47	5.1
16	16,000	431.38	443.38	5.3
17	17,000	431.28	443.28	5.9
18	18,000	431.19	443.19	5.5
19	19,000	431.09	443.09	5.4
20	20,000	431.00	443.00	2.4
21	21,000	431.90	442.90	0.6
22	22,000	431.81	442.81	1.5
23	23,000	431.71	442.71	1.8
24	24,000	431.62	442.62	
25	25,000	431.52	442.52	
26	26,000	431.43	442.43	2.0
27	27,000	431.33	442.33	2.0
28	28,000	431.24	442.24	3.7
29	29,000	431.14	442.14	2.1
30	30,000	431.05	442.05	3.0
31	31,000	430.95	441.95	3.6
32	32,000	430.86	441.86	2.1
33	33,000	430.76	441.76	3.3
34	34,000	430.67	441.67	1.5
35	35,000	430.57	441.57	3.8
36	36,000	430.48	441.48	1.5
37	37,000	430.38	441.38	3.4
38	38,000	430.29	441.29	1.2
39	39,000	430.19	441.19	2.8
40	40,000	430.10	441.10	2.8

図 2-1-4.3 DGカーン灌漑用水路縦断面図

b) 現況水路の堆砂状況

D.G.カーン灌漑用水路の現況堆砂状況(2003年1月の浚渫前)は次のとおりである(図 2-1-4.3 参照)。

【水路始点付近】

- 水路始点付近の平均堆砂高は、2.10 ft (= 0.64 m) である。

【水路始点 ~ No.1 排砂施設 (RD 7,500ft 地点) 区間】

- 水路始点から No.1 排砂施設のある RD 7,500 地点 (= 2.29 km 地点) 区間は、RD 1,000 地点 (= 0.30 km 地点) の堆砂高が最高で、3.90 ft (= 1.19 m) であり、この地点より徐々に低くなり、RD 6,000 地点 (= 1.83 km 地点) の堆砂高は 2.70 ft (= 0.82 m) となっている。
- この地点より堆砂高はやや急勾配に低くなり、RD 7,500 地点の No.1 排砂施設地点では、堆砂高はこの区間最低の 2.00 ft (= 0.61 m) となっている。この区間の平均堆砂高は 2.8 ft となっている。
- この状況から判断すると、RD 7,500 地点における No.1 排砂施設の直接的に有効な範囲は約 1,500 ft 程度 (= 460 m 程度) と推定される。
- 但し、インダス川に戻る排砂水路は、2004年3月時の調査によると、D.G.カーン灌漑用水路の水路底高と排砂水路底高の差が小さく、十分な排砂機能を発揮していないと推定された。

【No.1 排砂施設 (RD 7,500ft 地点) ~ No.2 排砂施設 (RD 20,800 地点) 区間】

- No.1 排砂施設地点から No.2 排砂施設地点 (RD 20,800 地点 = 6.34 km 地点) 区間は、No.1 排砂施設の直下流である RD 8,000 地点 (= 2.44 km 地点) の堆砂高は、6.70 ft (= 2.04 m) である。
- この区間では、RD 9,000 地点 (= 2.74 km 地点) の堆砂高が最高で、7.80 ft (= 2.38 m) であり、この地点より徐々に低くなり、RD 19,000 地点 (= 5.79 km 地点) の堆砂高は 5.40 ft (= 1.164 m) となっている。
- この地点より堆砂高は急勾配に低くなり、RD 20,800 地点の No.2 排砂施設地点では、堆砂高はこの区間の最低の 0.60 ft (= 0.18 m) と小さくなっている。
- この状況から判断すると、RD 20,800 地点の No.2 排砂施設の直接的に有効な範囲は約 1,800 ft 程度 (= 550 m 程度) と推定される。
- 但し、No.2 排砂施設の排砂水路も No.1 排砂施設と同様に、D.G.カーン水路の水路底高と排砂水路底高の差が小さく、十分な排砂機能を発揮していないと推定された。

【No.2 排砂施設 (RD 20,800 地点) より下流区間】

- No.2 排砂施設地点から下流の区間は、No.2 排砂施設の直下流である RD 21,000 地点 (= 6.40 km 地点) の堆砂高は、0.60 ft (= 0.18 m) と低い。
- No.2 排砂施設地点から下流の区間の堆砂高は、1.20 ft ~ 3.80 ft (= 0.37 m ~ 1.16 m) と

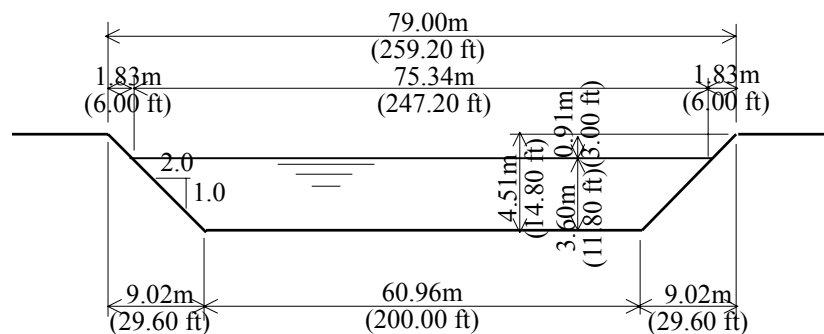
変化しているが、一定の傾向は見出せず。地形条件・維持管理の相違により生じたものと推定される。

タウンサ堰維持管理事務所の維持管理記録によると、D.Gカーン水路の浚渫は過去 45 年間で唯一度、2003 年 1 月のアニュアル・クロージャール期間に実施されている。浚渫の規模は、RD 0 ~ RD 1,000 区間 (= 約 300 区間) は水路幅：260 ft (計画水路幅 = 79.25 m) とし、これより下流の RD 7,500 地点 (= 2.29 km 地点) は水路幅：100 ft (= 30.48 m) として、総浚渫量：7,410,000 ft³ (= 210,000 m³) で実施された。

3) ムザファルガー灌漑用水路

a) 計画水路標準断面

ムザファルガー灌漑用水路の計画水路標準断面と水理諸元は次のとおりである。



$$\text{通水断面積} : A = 1/2 (60.96 + 75.34) \times 3.60 = 245.12 \text{ m}^2$$

$$\text{潤 辺} : P = 60.96 + 8.04 \times 2 = 77.04 \text{ m}$$

$$\text{径 深} : R = A / P = 245.12 / 77.04 = 3.182 \text{ m}$$

$$\text{粗 度 係 数} : n = 0.025$$

$$\text{縦 断 勾 配} : I = 1 / 8,000 = 0.000125$$

$$\text{流 速} : V = 1/0.025 \times 3.182^{2/3} \times 0.000125^{1/2} = 0.97 \text{ m/sec}$$

$$\text{通 水 量} : Q = 245.12 \times 0.97 = 238 \text{ m}^3/\text{sec} = 8,396 \text{ ft}^3/\text{sec} > Q_d = 8,300 \text{ ft}^3/\text{sec}$$

$$\text{限界摩擦速度} : U_* = (980 \times 318.2 \times 0.000125)^{0.5} = 6.24 \text{ cm/sec}$$

$$\text{限界掃流粒径} : d_c = (6.24/1.50)^2 \times 10 / 80.9 = 2.10 \text{ mm} > d_{\text{max}} = 0.8 \text{ mm}$$

計画水路断面における限界掃流粒径 (d_c) は 2.10 mm と推定される。一方、堆砂している砂の最大粒径 (d_{max}) は 0.8 mm 程度であることから、計画流量が流れている時にはムザファルガー灌漑水路内には堆砂は生じず、取水工から流入した砂は下流に流下すると予想される。

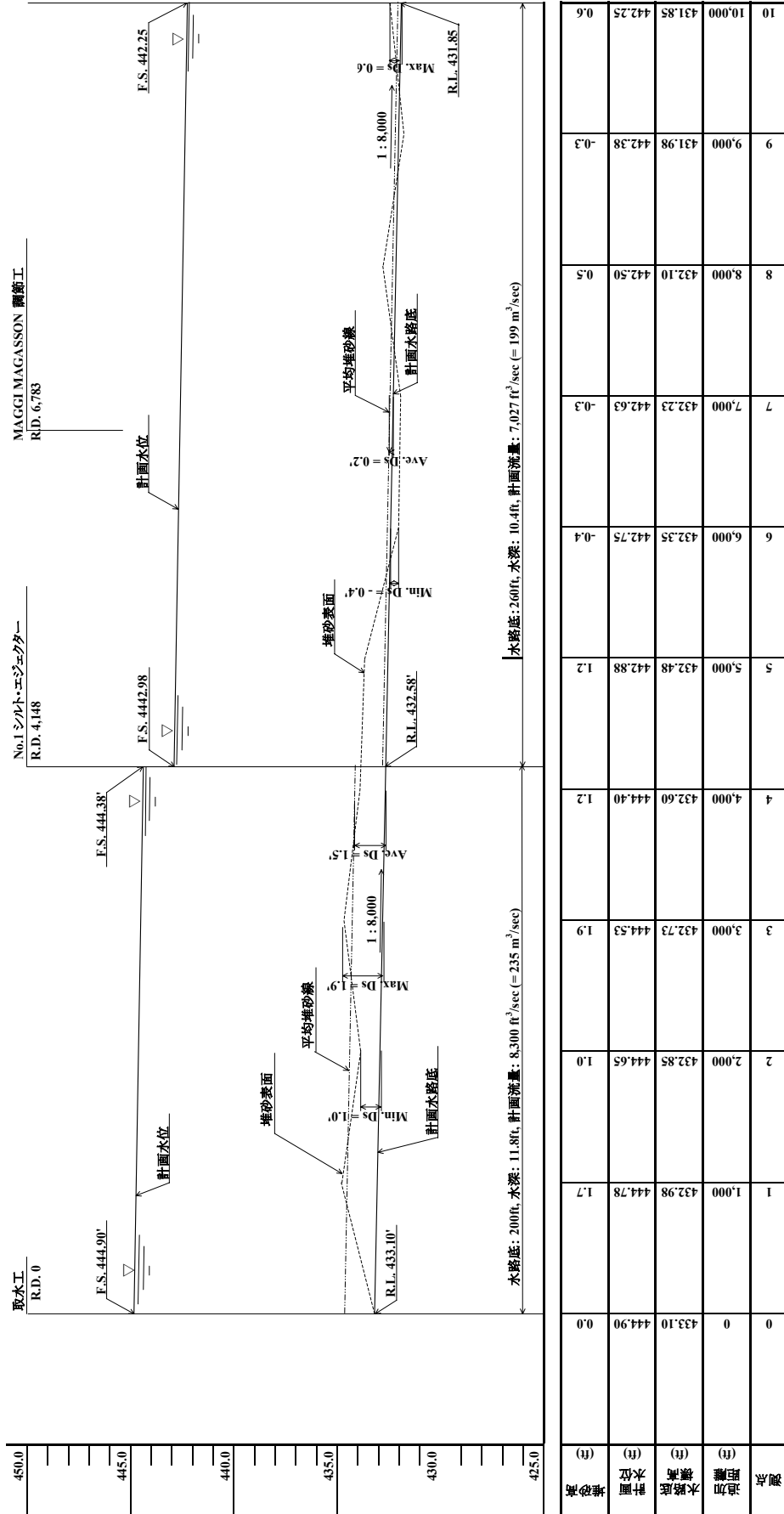


図 2-1-4.4 ムザフアルガー灌溉用水路縦断面図

b) 現況水路の堆砂状況

ムザファルガー灌漑水路の現況堆砂状況は次のとおりである（図 2-1-4.4 参照）。

【水路始点付近】

- 水路始点付近の平均堆砂高は、1.70 ft (= 0.52 m) である。

【水路始点 ~ No.1 排砂施設 (RD 4,148ft 地点) 区間】

- 水路始点から No.1 排砂施設のある RD 4,148 地点 (= 1.26 km 地点) 区間は、RD 3,000 地点 (= 0.91 km 地点) の堆砂高が最高で、1.90 ft (= 0.58 m) であり、この地点より徐々に減少して、No.1 排砂施設地点の堆砂高は 1.20 ft (= 0.37 m) となっている。この区間の平均堆砂高は 1.5 ft となっている。

【No.1 排砂施設 (RD 4,148 地点) より下流区間】

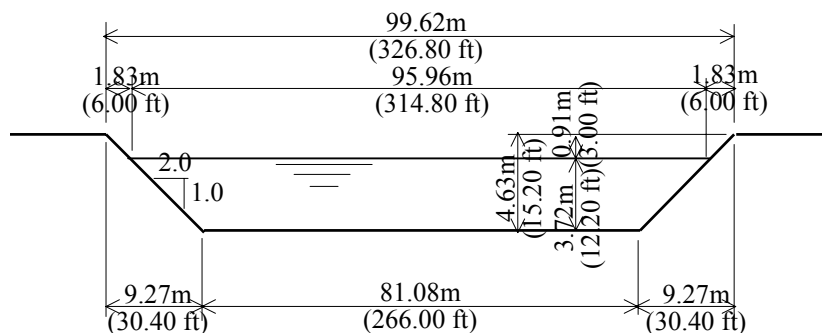
- No.1 排砂施設地点から下流の区間の堆砂高は、- 0.40 ft ~ 1.20 ft (= - 0.12 m ~ 0.37 m) と変化しているが、一定の傾向は見出せず。地形条件・維持管理の相違により生じたものと推定される。
- この状況から判断すると、RD 4,148 地点の No.1 排砂施設の有効な範囲は水路始点から排砂施設地点の全区間：約 4,200 ft 程度 (= 1.30 m 程度) と推定される。

ムザファルガー水路の堆砂高は、最高約 2 ft であるがその区間も短く、RD 6,000 地点 (= 1.83 km 地点) ~ RD 9,000 地点 (= 2.74 km) 区間は洗堀され水路底が低くなっている。流入土砂が少ないのも幸いして、RD 4,148 地点の No.1 排砂施設は効果を発揮していると評価できる。

4) T.P.リンク灌漑用水路

a) 計画水路標準断面

T.P.リンク灌漑用水路の計画水路標準断面と水理諸元は次のとおりである。



通水断面積： $A = 1/2 (81.08 + 95.96) \times 3.72 = 329.14 \text{ m}^2$
 潤 辺： $P = 81.08 + 8.32 \times 2 = 97.72 \text{ m}$
 径 深： $R = A / P = 329.14 / 97.72 = 3.369 \text{ m}$
 粗 度 係数： $n = 0.023$
 縦 断 勾配： $I = 1 / 9,000 = 0.000111$
 流 速： $V = 1/0.023 \times 3.369^{2/3} \times 0.000111^{1/2} = 1.03 \text{ m/sec}$
 通 水 量： $Q = 329.14 \times 1.03 = 339 \text{ m}^3/\text{sec} = 12,000 \text{ ft}^3/\text{sec} = Qd = 12,000 \text{ ft}^3/\text{sec}$
 限界摩擦速度： $U_* = (980 \times 336.9 \times 0.000111)^{0.5} = 6.06 \text{ cm/sec}$
 限界掃流粒径： $dc = (6.06/1.50)^2 \times 10 / 80.9 = 2.00 \text{ mm} > d_{max} = 0.8 \text{ mm}$

計画水路断面における限界掃流粒径 (dc) は 2.00 mm と推定される。一方、堆砂している砂の最大粒径 (d_{max}) は 0.8 mm 程度であることから、計画流量が流れている時には T.P.リンク水路内には堆砂は生じず、取水工から流入した砂は下流に流下すると予想される。

b) 現況水路の堆砂状況

T.P.リンク灌漑用水路の堆砂状況を確認するデータはない（堆砂による障害が生じていないため、堆砂に関する調査は行われていない）。2004年3月時の調査によると、T.P.リンク水路の堆砂状況は、隣を流れるムザファルガー水路の堆砂高より低く、延長：58.2 km 区間に渡って殆ど堆砂は確認されなかった（図 2-1-4.5 参照）。

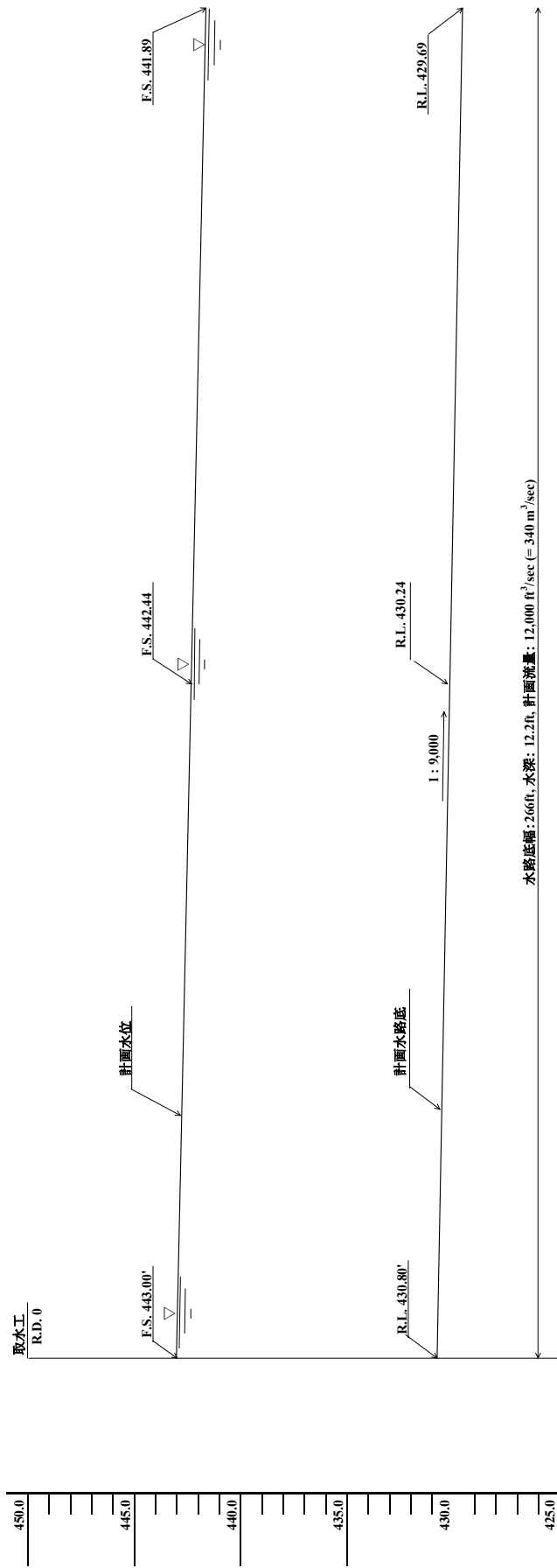
5) 現況灌漑用水路の通水能力

タウンサ堰掛り右岸側 D.G.カーン灌漑用水路は、最上流部の 7,500 ft (= 約 2.3 km) 区間に平均深さ 2.8 ft の堆砂が生じて、現在の通水能力は約 $9,000 \text{ ft}^3/\text{sec} = \text{約 } 256 \text{ m}^3/\text{sec}$ （計画流量： $11,549 \text{ ft}^3/\text{sec} = 327 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対して約 78%）に低下していると推定される（資料 A 8-3 参照）。

タウンサ堰掛り左岸側ムザファルガー灌漑用水路は、最上流部の約 4,000 ft (= 約 1.2 km) 区間に平均深さ 1.5 ft の堆砂が生じて、現在の通水能力は約 $7,500 \text{ ft}^3/\text{sec} = \text{約 } 212 \text{ m}^3/\text{sec}$ （計画流量： $8,300 \text{ ft}^3/\text{sec} = 235 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対して約 90%）に低下していると推定される。

タウンサ堰掛り左岸側 T.P.リンク灌漑用水路には、通水を阻害する堆砂は生じていない。現在の通水能力は $12,056 \text{ ft}^3/\text{sec} = \text{約 } 341 \text{ m}^3/\text{sec}$ （計画流量： $12,000 \text{ ft}^3/\text{sec} = 340 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対して 100%）と推定され計画流量を通水している。

このため IPD は、タウンサ堰上流水位を 1ft 上げて WL. 447.00ft として、灌漑用水路の通水能力不足を解決する方針であり、全ての堰ゲート高さを 1ft 嵩上げして対処するものとしている。



R.D.	追加距離 (ft)	水路底 (ft)	計画水位 (ft)	堆砂高 (ft)
0	0	430.80	443.00	0.0
1	1,000	430.69	442.89	
2	2,000	430.58	442.78	
3	3,000	430.47	442.67	
4	4,000	430.36	442.56	
5	5,000	430.24	442.44	
6	6,000	430.13	442.33	
7	7,000	430.02	442.22	
8	8,000	429.91	442.11	
9	9,000	429.80	442.00	
10	10,000	429.69	441.89	

図 2-1-4.5 T.P. リンク灌漑用水路縦断面図

(4) 堰維持管理規定

現行の土砂吐および洪水吐ゲートの操作規定、および過去 10 年間のゲート操作記録は次のとおりである。

土砂吐ゲート（左岸側：7 門、右岸側：4 門）

1) 現行の土砂吐ゲート操作規定

現行の土砂吐ゲート操作規定によると、タウンサ堰での技術面での規定は次のとおりである。

- 土砂吐幅 1ft 当たりの最大放流量は、 $320 \text{ ft}^3/\text{sec}/\text{ft}$ ($29.73 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}$) に制限する。
- 両岸の土砂吐ゲートは常時閉じられており、最低 1 週間に 1 回の通常排砂、または土砂吐ポケットの堆砂が標高 R.L. 429.00ft に上昇すると排砂を行う。
- 片岸または両岸の土砂吐ゲートは同時に閉められ、水路の必要水量を越える余剰水は河川中央部を流す。
- 洪水量 $450,000 \text{ ft}^3/\text{sec}$ ($12,700\text{m}^3/\text{sec}$) を越える時は、No.1 および No.62 の土砂吐ゲートは同じ開度で、ゆっくりと開かれる。
- 導流堤での左右の水位差は、2 ft 以下に保つ。
- 過度の $500,000 \text{ ft}^3/\text{sec}$ ($14,160\text{m}^3/\text{sec}$) の洪水時には、導流壁左右岸の水位差をコントロールするため、導流壁隣の土砂吐ゲートを除いて、全ての土砂吐ゲートは全開しなければならない。

2) 過去 10 年間の土砂吐ゲートの操作記録

過去 10 年間の土砂吐ゲートの操作記録によると、土砂吐ゲートの操作状況は次のとおりである。

- 上下段扉の操作状況が不明であるが、現地調査時の聞き取りによると、下段扉は操作が困難であるので殆ど操作されず、上段扉のみの操作による中間放流が多い。
- 左右岸の土砂吐ゲートは左右岸でグループ化されて操作している。
- 現行のゲート操作規定のとおり、1) 導流堤隣の No.7 および No.62 土砂吐ゲートを除いて、左右岸グループ毎にほぼ同開度で操作されている。
- 2) 土砂吐ゲートの操作頻度は、洪水吐ゲートの操作頻度の約 60% である。

洪水吐ゲート（中央部：53 門）

1) 現行の洪水吐ゲート操作規定

現行の洪水吐ゲート操作規定によると、タウンサ堰での技術面での規定は次のとおりである。

- 洪水吐幅 1ft 当たりの最大放流量は、 $250 \text{ ft}^3/\text{sec}/\text{ft}$ ($23.23 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}$) に制限する。

- 流心を中央誘導するため、洪水吐ゲートを開く場合には中央部の No.35 洪水吐ゲートから操作して、左右岸導流壁に向かって洪水吐ゲート操作を広げていく。
- 洪水吐ゲートを閉じる場合には、左右岸導流壁側から中央に向かって洪水吐ゲート操作を行う。
- ゲート上流側の堆砂によりゲートが動かなくなるのを避けるため、各ゲートは毎日約 20 分間操作しなければならない。
- 隣り合う洪水吐ゲート開度差は 2ft を越えてはならない。
- 導流壁の許容される左右水位差は 3ft であり、これを越えない様に洪水吐ゲートを操作しなくてはならない。

2) 過去 10 年間の洪水吐ゲートの操作記録

過去 10 年間の洪水吐ゲートの操作記録によると、洪水吐ゲートの操作状況は次のとおりである。

- 洪水吐ゲートの操作頻度は左岸中央寄りのゲートが最も操作頻度が高く、右岸側の洪水吐ゲートは操作頻度が順次少なくなっている。
- 現行のゲート操作規定のとおり、隣り合う洪水吐ゲート開度差は 2ft を越えないようにゲート操作されている。

2-1-4-3 河川管理施設

(1) 河川管理施設

タウンサ堰管理事務所が管理する河川管理施設は堤防と水制工であり、それらの位置図を図 2-1-4-7 に、標準断面は図 2-1-4.6 に示す。これらの河川管理施設の諸元は、建設年順に並べて資料編 - A 8-1 に示す。

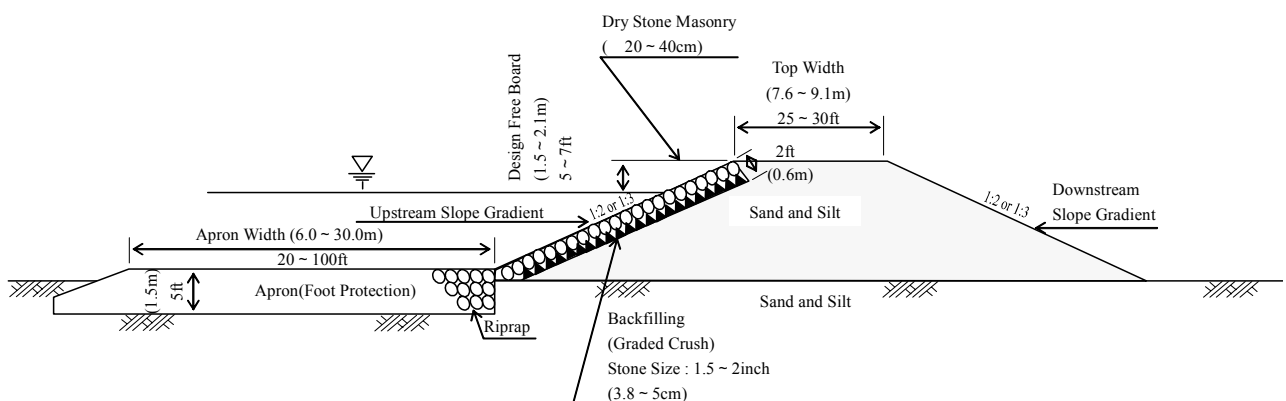
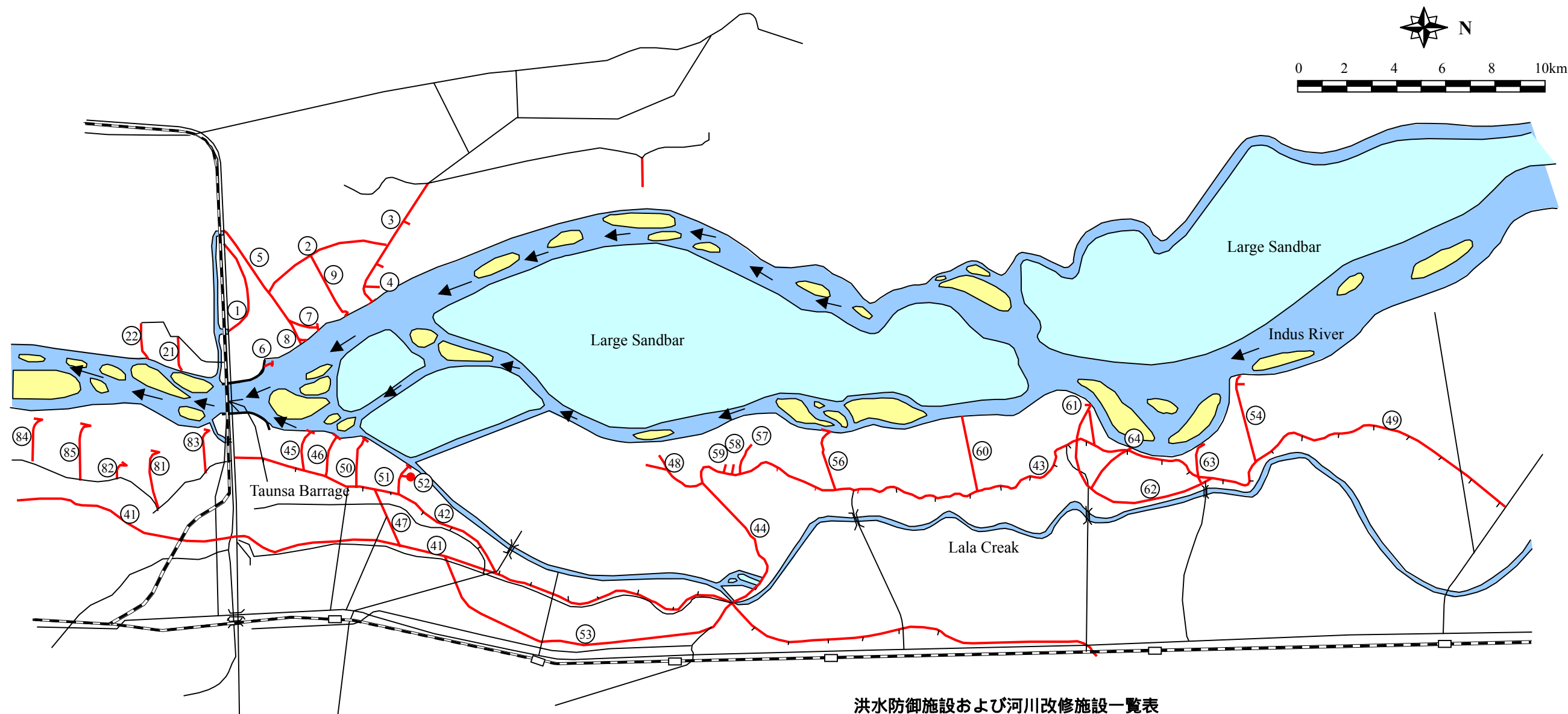


図 2-1-4.6 堤防および水制工の標準断面



洪水防御施設および河川改修施設一覧表

- Legend
- : Bund and Spur
 - : Structure No.
 - : Sandbar

No.	施設の名称	No.	施設の名称	No.	施設の名称
右岸上流部					
1	1 st Defense Bund RD.0-23500	43	Shahwala Groyne RD.0-64000	59	Earthen Spur at RD.62000 Shahwala Groyne
2	Link Bund RD.0-18500	44	Dhole wala Groyne RD.0-22000	60	J-Head Spur 1-B RD.29000 Shahwala Groyne
3	T-Head Spur No.2	45	T-Head Spur No.1 RD.11350 L.M..B	61	J-Head Spur 1-A RD.9000 Shahwala Groyne
4	Mole Head of Spur No.2	46	T-Head Spur No.II RD.15000 L.M..B	62	Retired Embankment RD.0-19500
5	Shank of T-Head Spur No.1-A	47	Tibba Tie Bund	63	Guide Head Spur No.1 along Far North Bund
6	T-Head Spur No.5	48	Link Bund across Chitta Creek	64	Guide Head Spur No.2 along Retired Embankment
7	Guide Bank Spur No.1-A	49	Far North Bund RD.0-51500	左岸下流部	
8	J-Head Spur No.1	50	T-Head Spur No.III RD.19200 Left Marginal Bund	81	J-Head Spur No.1
9	J-Head Spur No.2-A	51	Hockey cum T-Head Spur RD.26000 L.M.B	82	J-Head Spur No.2
右岸下流部					
21	J-Head Spur Faqir Wali	52	Mole Head Branch Spur RD.2700 of Hockey Spur	83	J-Head Spur Bait Qaim Wala
22	J-Head Spur Jarwar Wala	53	Retired Left Marginal Bund	84	J-Head Spur Perhar Gharbi RD.34000 Maggason Branch
左岸上流部					
41	Sanawan Flood Bund	54	J-Head Spur RD.13000, Far North Bund	85	J-Head Spur No.3 RD.25000 Maggason Branch
42	Left Marginal Bund, RD1500-134700	55	Mole Head Spur RD13000		
		56	J-Head Spur at RD.47500 Shahwala Groyne		
		57	Earthen Spur at RD.58000 Shahwala Groyne		
		58	Earthen Spur at RD.60000 Shahwala Groyne		

図 2-1-4.7 タウンサ堰に係わる堤防および水制工の位置

(2) 河川管理施設の運営維持管理状況

堰上流河道の維持および河川管理施設の維持管理

1) 上流河道および河川構造物の現状

河道内、すなわち、河川堤防で挟まれる堤外地は、パキスタン国では全て私有地となっており、土地があり利用可能であれば人々は耕作している。古来インダス文明の時代から、洪水灌漑が実施されてきた耕作文化からすれば、10km を超える幅を持ち肥沃な土地であるインダス川沿いの土地は、水の便も非常に良い優良耕作地である。堰上流 20km ~ 50km 左岸は、二重の堤防が築かれているが、その堤防と堤防の間はもちろんのこと、河道内の水制工と水制工の間にも立派な農地が広がっており、小さな村が形成され幾つかのモスクも建設されている。

また、インダス川には広大な中州（最大のもは幅 8km・長さ 23km）がいくつも形成されているが、これらにも住民が暮らし農耕を行っている。これらの農地は河川内であるから、時には洪水による浸水が発生する。その場合は、住民たちは親戚の家や堤防などに避難して洪水が引くのを待ち、洪水が終わると家に戻り耕作を始めるといった生活を送っている。

1976 年 8 月 7 日にタウンサ堰で過去 2 番目に大きな洪水が発生したが、そのときには、上記の河川内耕作地は大洪水に見舞われており、多くの人が堤防などに避難したとの報告がある。また、河川内耕作地への浸水・洪水は、5 ~ 10 年に 1 回程度の頻度で発生しているとのことである。これより、洪水流量が $500,000\text{ft}^3/\text{sec}$ ($14,160\text{m}^3/\text{sec}$) 以上になると前述のような洪水の危険性があることが分かる。このような洪水被害を受けた住民に対しては、洪水救援委員会 (Flood Relief Commission) が地方関係官庁 (District Government) を通して救済・援助を実施している。

Shah Wala Groyne の J-Head Spur と J-Head Spur No.1-B との間に、自らの農地を浸水から守るために、住民による私設堤防 (Private Bund) が建設されている。もちろんのこと、住居そのものが浸水したり住居の周りが浸水しているために、一部の住民は堤防などの高所や親戚などに避難し、洪水が引くのを待っている状況である。このほかにも、1996 年および 1998 年に連結堤防 (Link Bund) が破堤し、浸水被害が発生している。



住民が自ら建設した堤防が決壊した



浸水区域住民は堤防に避難している

2) 河川堤防および水制工の役割

左右岸の河川堤防の役割はインダス川を堤内地には氾濫させないという役割を果たしている。特に、左岸側は重要道路、鉄道および町が広がっており、二重の堤防（一次堤防・二次堤防）により堤内地を守っている。一方、右岸側は、タウンサ堰から約 8km 上流まで堤防が建設されているが、それより上流は堤内地が高くなっているため堤防は無い。右岸側はほぼ全域が農耕地である。水制工はインダス川の流れをできるだけ中央に寄せ、堤内地側に被害を及ぼさないようにする役割を果たしている。

タウンサ堰上流左岸側には、タウンサ堰が建設される前から周辺を灌漑していたララ・クリーク (Lala Creak) がある。ララ・クリークはさらに上流のインダス川から自然分水 (Free Intake) で取水している水路である。左岸上流の堤防と水制工 (タウンサ堰上流 18km ~ 49km) は、ララ・クリークと背後の道路・鉄道・町を守るために建設されたものであり、この付近に向かってくるインダス川主流を右岸側に向ける役割を持っている。そして、これらの堤防・水制工はその役割を十分に果たしており、堰上流 32km 付近から主流を大きく右岸側に蛇行させることに成功している。

タウンサ堰から上流 8km 付近までの左右岸の水制工群は、インダス川の水流をタウンサ堰に集める役割を果たしている。左岸側の 4 つの水制工は、左岸側へのインダス川水量が少ないため、現在は期待どおり水流を中央に寄せる役割を十分に果たしているといえる。右岸側の 3 つの水制工は、上流左岸の水制工群により右岸側に蛇行した主流を再び中央に戻し、タウンサ堰に向かう水流を形成することを期待されている。そして、これらの水制工は十分にその期待に応えているといえる。

3) 今後の課題

タウンサ堰上流の堤防・水制工においては、5 ~ 10 年に 1 回程度は破堤または一部流失等の被害が発生している。その原因は、越水による破堤・流失ではなく、侵食やパイピングによって引き起こされる破堤・流失である。また、上流左岸の水制工群により右岸側に蛇行させられた主流は、インダス川流量の大部分 (95% と報告されている) を含み水流エネルギーが大きいため、その下流側の右岸高水敷の侵食を助長させている。

堰上流河道の維持に関して、IPD では堤防・水制工の位置・構造などを水理実験により確認し、過去の経験に照らし合わせて計画・設計・建設しており、維持管理についても意識が高く十分に実施しているものと考えられる。現在は、タウンサ堰のゲートおよび堰体の改修が中心課題であるが、タウンサ堰改修事業が終了すれば、上流河道の維持管理に関する長期計画の策定が計画されている。この上流河道の維持管理に関する長期計画では、次のような課題について検討していく必要がある。

- 前述の図 2-1-4.6 に堤防・水制工の標準断面を示しているが、実際の現場では川表側に護岸工が無かったり、法面勾配が急であったりする堤防・水制工がかなり見られる。したがって、計画した標準断面を実現することが必要である。
- 堤防・水制工の築堤材料は、周辺河床から掘削した材料で細砂・シルトが主であるため、

パイピングによる破堤の危険性がある。したがって、築堤材料の透水特性を調査し、パイピングに対して安全な構造を検討する必要がある。

- 流水が集中する地点で侵食による被害が発生していることから、堤防・水制工の補強方法を検討する必要がある。なお、現時点で流水の集中が見られない地点であっても、堤防・水制工の新設により流れが変わり流水が集中するようになることもありうるので、補強の必要な堤防・水制工の位置も十分に検討する必要がある。

洪水時における河川管理施設の維持管理

1) 過去の主な洪水被害と改修工事の実施

タウンサ堰における過去最大洪水は、1976年の677,105 CS (19,176m³/sec)であり、2番目の洪水は1992年の655,879 CS (18,575m³/sec)である。これらの洪水時には幸いにも堤防の破堤や水制工の流失は発生しなかったが、連結堤防 (Link Bund) や左岸マージナル堤防 (Left Marginal Bund) において漏水が発生した。最近の主な河川構造物への洪水被害を表 2-1-4.4 にまとめた。また、"Flood Fighting Plan of Taunsa Barrage, April 2003 & April 2004"によれば、これらの主な洪水被害のほかに水制工エプロンの流失、捨石工の流失、堤防法面の崩壊・侵食などは毎年発生している。

これら被害構造物の改修は、各年ごとに改修計画を立案して、次年度予算の獲得のために報告書を作成し、予算が得られた場合に改修が実施されている。

表 2-1-4.4 最近の洪水による主な洪水被害

被害発生日	発生場所	構造物への被害	低内地の被害状況
1996年6月20日	右岸上流連結堤防 (Link Bund)	堤防の決壊	右岸農耕地・村落への浸水および農地流失
1998年7月18日	右岸上流連結堤防 (Link Bund)	堤防の決壊	右岸農耕地・村落への浸水および農地流失
1998年洪水期	左岸上流 J-Head Spur No. 1-B	水制工の J-Head 部の流失	-
1999年9月21日	左岸上流 Shahwala Groyne	一次堤防の決壊	堤外地にある農耕地・村落への浸水および農地流失
2004年5月最終週	左岸上流 Private Bund (Shahwala Groyne の J-Head Spur と J-Head Spur No.1-B の間の区間)	住民が自ら建設した私設堤防の決壊	堤外地にある農耕地・村落への浸水および農地流失 (写真参照)

注) 河川管理施設の諸元は「資料編 A8-1」に示している。

2) 洪水時の水防活動

a) タウンサ堰における洪水の分類

連邦洪水委員会 (Federal Flood Commission) により、タウンサ堰における洪水は、タウンサ堰を通過する流量により以下のように分類されている。

- 1) 通常 (Normal) : 250,000 CS (ft³/sec) (7,080m³/s) 以内
- 2) 小洪水 (Low) : 250,000 ~ 375,000 CS (10,620m³/s)
- 3) 中洪水 (Medium) : 375,000 ~ 500,000 CS (14,160m³/s)
- 4) 大洪水 (High) : 500,000 ~ 650,000 CS (18,408m³/s)
- 5) 特大洪水 (Very High) : 650,000 ~ 800,000CS (22,656m³/s)

6) 異常洪水 (Extraordinary High) : 800,000CS 以上

タウンサ堰の洪水は、Chashma 堰からの放流量の増大によりもたらされるものが大部分であるが、Chashma 堰からタウンサ堰までの距離は 232km あり、Chashma 堰が放流した洪水がタウンサ堰に到達するまでのタイムラグは、5～6 月で 60 時間、7～10 月で 48 時間とされている。

b) 洪水警報の発令

タウンサ堰では、次の条件の場合に洪水警報が出されることになっている。

- 1) 3 月 : 小洪水 (Low Flood) になった場合
- 2) 4 月から 9 月 : 中洪水 (Medium Flood) になった場合
- 3) 10 月 : 小洪水 (Low Flood) になった場合

洪水警報の発令は、タウンサ堰堰支部長 (Sub Divisional Officer, Headworks Taunsa Barrage) が行うことになっており、用水路の通信網またはワイヤレス通信を用いて、河川および堰の管理関係事務所や自治体等の関係機関に通達される。

c) 水防活動

水防活動の責任者は、タウンサ堰の事務所長 (Executive Engineer) であり、3 つの支部長 (Sub Division Officer) が責任者の指導・指示の下に活動することになっている。

< 水防活動の準備 >

洪水が来る前の 6 月中に、通常の河川管理組織に加えて洪水監視体制を組織する。洪水前水防活動として、監視活動のための機器 (ランプ、通信機器、移動手段など) を準備し、監視員は監視小屋の修理、堤防に穴を開けるうさぎやモグラなどの捕獲および堤防・水制工の小修理などを実施する。洪水期に入り河川水が堤防の法先に達するようになると活発な監視活動が開始される。

< 洪水時監視体制 >

洪水時の河川構造物監視体制は、洪水規模により次表のとおりである。

表 2-1-4.5 洪水時の河川構造物監視体制

洪水規模		河川構造物監視体制
小洪水 (Low)	河川水位が堤防の法先上 1ft まで	1 シフト 12 時間で 1 日 2 シフトとし、河川堤防・水制工 1 マイルにつき 1 人が監視にあたる。
	河川水位が堤防の法先上 1ft 以上	1 シフト 8 時間で 1 日 3 シフトとし、河川堤防・水制工 1 マイルにつき 2 人が監視にあたる。
中洪水 (Medium)		1 シフト 8 時間で 1 日 3 シフトとし、河川堤防・水制工 1 マイルにつき 3 人が監視にあたる。
大洪水 (High)		1 シフト 8 時間で 1 日 3 シフトとし、河川堤防・水制工 1 マイルにつき 6 人が監視に当たる。近隣から 300 人の若者が監視のために徴用される。
特大洪水 (Very High) 異常洪水 (Extraordinary High)		1 シフト 8 時間で 1 日 3 シフトとし、河川堤防・水制工 1 マイルにつき 10 人が監視にあたる。さらに、上記に加えて 500 人の若者が万ーのために徴用される。

3) 洪水時の河川管理に対する課題

a) 洪水時のゲート操作に対する提言

タウンサ堰においては、堰のゲート高を 1 ft (0.305m)上げて 448ft (136.55m)とし、常時満水位を 446ft (135.94m)から 447ft(136.25m)に上げて運用する計画である。なお、タウンサ堰の設計洪水水位は現況と同じ 447ft (136.25m)のままである。タウンサ堰の実際のゲート運用では、これまでも洪水時に上流水位を 448ft(136.55m)まで上げていることがわかっている。

タウンサ堰上流の堤防および水制工は、タウンサ堰の設計洪水水位が 447ft(136.25m)であるとして建設されていることから、上流水位を 448ft(136.55m)で運用した場合、堤防・水制工の計画洪水水位以上に水位が上昇することになり、余裕高が 6～7ft (1.83~2.13m)あるとはいえ侵食やパイピングを助長することになる。

以上により、少なくとも上流堤防および水制工の嵩上げを実施するまでは、洪水時上流水位は、タウンサ堰のゲート操作により現在の設計洪水水位である 447ft(136.25m)以下で運用することが望まれる。

b) 水防活動

タウンサ堰における洪水は、1) 通常 (Normal)、2) 小洪水 (Low)、3) 中洪水 (Medium)、4) 大洪水 (High)、5) 特大洪水 (Very High)、6) 異常洪水 (Extraordinary High) の 6 つに分類されており、次の条件の場合に洪水警報が出されることになっている。

- 10月から3月まで : 小洪水 (Low Flood) になった場合
- 4月から9月まで : 中洪水 (Medium Flood) になった場合

洪水警報の発令は、タウンサ堰堰支部長 (Sub Divisional Officer, Headworks Taunsa Barrage) が行うことになっており、用水路の通信網またはワイヤレス通信を用いて、河川および堰の管理関係事務所や自治体等の関係機関に通達される。水防活動の責任者は、タウンサ堰の事務所長 (Executive Engineer) であり、3つの支部長 (Sub Division Officer) が責任者の指導・指示の基に活動することになっている。

水防活動の準備および洪水時監視体制は次のとおりである。

- 水防活動の準備：洪水が来る前の 6 月中に、通常の河川管理組織に加えて洪水時監視体制を組織する。洪水前水防活動として、監視活動のための機器 (ランプ、通信機器、移動手段など) を準備し、監視員は監視小屋の修理、堤防に穴を開けるうさぎやモグラなどの捕獲および堤防・水制工の小修理などを実施する。
- 洪水時監視体制：洪水時の河川構造物監視体制は、洪水規模により監視密度を変えている。例えば、大洪水時には、「1 シフト 8 時間で 1 日 3 シフトとし、河川堤防・水制工 1 マイルにつき 6 人が監視に当たり、近隣から 300 人の若者が監視のために徴用される」ことになっている。

以上のように、タウンサ堰における洪水時の水防活動体制は十分整っており、現場における水防活動資材の備蓄も十分になされていると判断される。

タウンサ堰における土砂問題と排砂操作

(サンドポケットへの土砂堆砂と D.G.Khan 水路への土砂流入)

a) 土砂のモニタリングの方法と期間

土砂モニタリングとしては、1) 流水の重量土砂濃度の観測、2) 土砂ポケットの堆砂レベル観測、および 3) 水路における横断測量、が実施されている。このうち、1) と 2) の土砂モニタリングは、5月1日より9月30日までの水量の多い期間のみ実施されている。

b) 流水の重量土砂濃度 (SS) の観測

以下の 10 地点において重量土砂濃度 (流水 1 リットル当りに含まれる砂の重量) が観測されている。砂の重量は、粗砂 (0.2mm 以上) と中砂 (0.2 ~ 0.07mm) を別々に測定し、その合計で濃度が算出されている。水深方向の採水ポイントは、水面から 60%水深の位置とされている。観測値は”Register of Silt Entry, Hydraulic Section, Taunsa Barrage”に記録されている。

- 左岸土砂ポケット (堰上流: 導流堤の先端地点、堰直下流: 道路から採水)
- 左岸土砂ポケット (堰上流: 導流堤の先端地点、堰直下流: 道路から採水)
- D. G. Khan 水路の取水堰直下流
- Muzaffargarh 水路の取水堰直下流
- T-P リンク水路の取水堰直下流
- D. G. Khan 水路排砂工 (Silt Ejector) 地点 (K7500 地点、K20800 地点)
- Muzaffargarh 水路排砂工 (Silt Ejector) 地点

c) 土砂吐ポケットの堆砂レベルの観測

左右岸の土砂吐ポケットの堆砂レベルは、洪水期間に週 1 回の割合で観測されている。観測ラインは、各土砂吐ゲートの前面に配置されており、各土砂吐ゲートから上流側に 70ft(21.34m)、120ft(36.58m)、170ft(51.82m)、220ft(67.06m)、270ft(82.30m)、320ft(97.54m)の各地点で測定される。観測データは”Silt Soundings of Right Pocket, Taunsa Barrage”に記録されている。

d) 排砂ゲート操作の運用基準

次の 2 つの基準のいずれかを超えた場合、水路の取水ゲートを閉じ、排砂ゲートを開けて排砂する。排砂は、堆砂レベルが 422ft に低下するまで実施されるが、通常の排砂時間は 24 ~ 72 時間である。

- 水路取水堰直下流の重量土砂濃度: 0.50 g/リットル
- 土砂吐ポケットの堆砂レベル: 429ft(130.76m) (土砂吐ポケット敷高: 419ft(127.71m)、土砂吐ゲート敷高: 425ft(129.54m)、D.G.Khan 取水堰敷高: 433ft(131.98m))

e) 排砂操作の現状

左岸土砂吐ポケットにおける平均堆砂位および D.G.Khan 水路への流入土砂濃度の最近 5 年間の変化を図 2-1-4.8 に示した。また、この期間に実施した排砂操作は 8 回であり、その年月日も示している。

排砂操作運用基準によれば、土砂濃度 > 0.50 g/リットル、または、堆砂レベル > 429 ft(130.76m)になった場合に、排砂操作を実施することになっているが、図 2-1-4.8 から明らかなようにこの基準は守られていない。この理由のひとつは、排砂操作を行うためには D.G.Khan 水路取水堰のゲートを締め切る必要があり、灌漑用水の供給をストップしなければならないことから、下流への影響が大きいことが指摘されている。しかし、そのために、D.G.Khan 水路への流入土砂が取水量確保に大きな影響を及ぼしていることから、排砂操作を基準どおりに運用することが望まれる。下流への影響が懸念される場合は、24 時間程度の短時間の排砂操作でも基準どおりに実施すべきである。

f) 土砂堆積に対する課題

タウンサ堰の右岸側において土砂堆積による水路への土砂流入問題が大きな課題となっているが、これに対して、(i) ミオ筋の誘導、(ii) 土砂吐の機能、(iii) シルトエクスクルダーおよび (iv) 取水工の形状の 4 つの観点から、以下に示す対応が提言される。

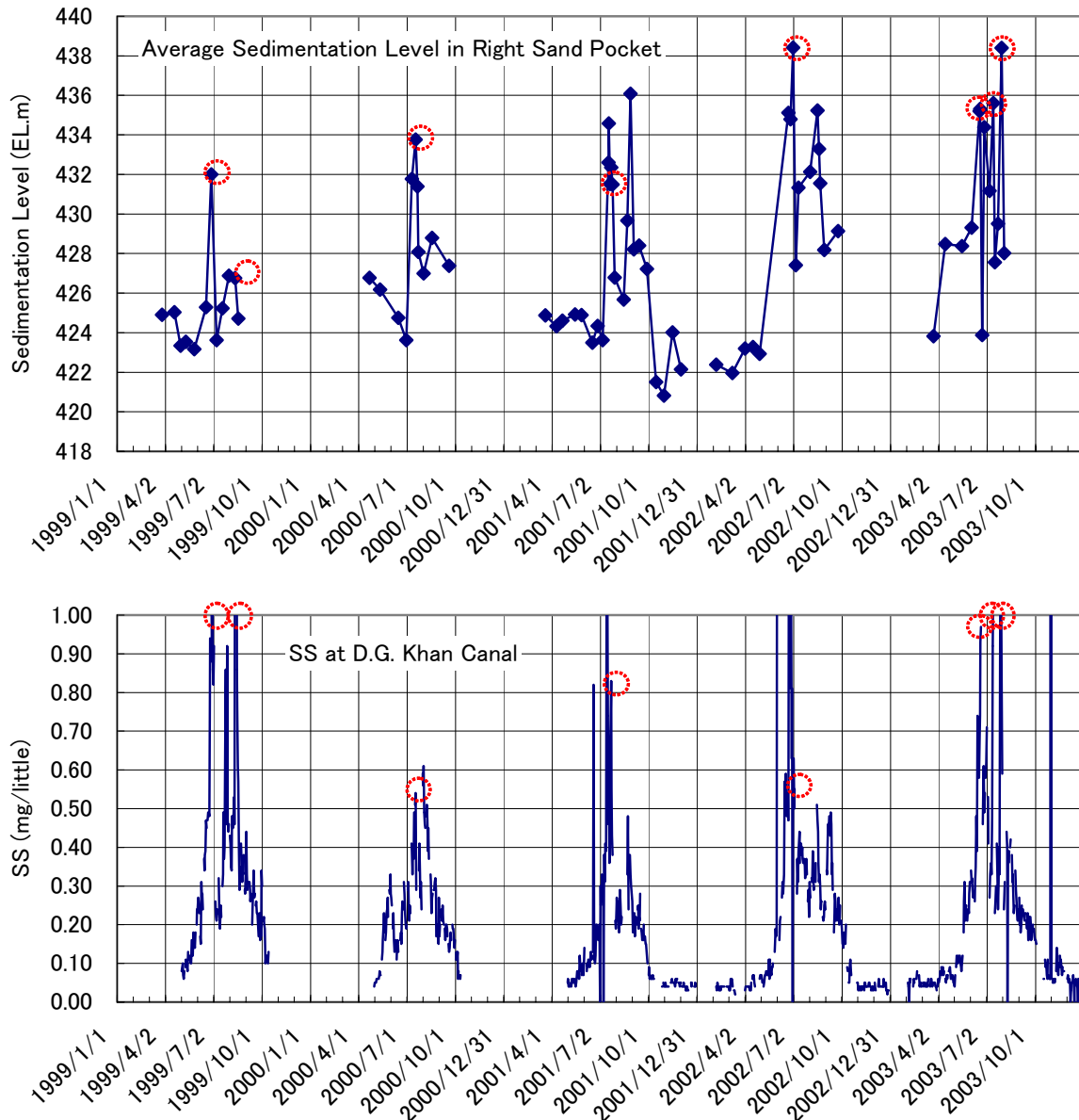
タウンサ堰右岸側の D.G.カーン水路への多量の土砂流入がある原因は、次のように考えられる。

- インダス川の主流は、タウンサ堰近傍では右岸から左岸に $30 \sim 40$ 度の角度で堰に向かっており、主流の裏側に位置する D. G.カーン水路取水工側に土砂が溜まり易く、水路に多くの土砂が流入している。右岸土砂吐ポケットの堆砂高は平均 7.1 ft(= 2.2 m)と大きく、左岸土砂吐ポケットの堆砂高は平均 4.3 ft (= 1.3 m) と小さい。
- タウンサ堰上流 22km 付近の Sanghar Hill Torrent は大量の土砂を含んでおり、その流れは右岸側からインダス川の主流に流入し、そのまま右岸側の流れでタウンサ堰まで流れてくる。この大量の土砂を含む流れがそのまま D.G.カーン水路に流入している可能性が高く、このヒル・トレントの土砂濃度の高い流れが D.G.カーン水路への多量の土砂流入の一因であると考えられる。

このような土砂堆積問題に対して、IPD は、i) 堰直上流右岸の水制工の延長、ii) 右岸上流部への水制工の新設、および iii) 上流大規模砂洲の開削、などを計画し、水理実験を実施している。これらの IPD による土砂堆積対策計画は妥当なものであると考えられるが、これらの対策の計画・実施に当たっては、次のような点に留意する必要があると考えられ、ここに提言する。

- タウンサ堰上流 20km より上流の右岸側に水制工を設置する場合、左岸側に向けた主流により左岸側水制工・堤防およびラ・クリークに侵食や洪水被害が及ばないように十分に留意する必要がある。換言すれば、堰上流 20km より上流の右岸側には、水制工を設置すべきではないと考えられる。
- タウンサ堰右岸上流 15km は、主流が集中して侵食が著しい区間であり、十分な強度の水制工を設置する必要がある。

- 水制工の設置は、その位置や形状を間違えると、対岸に侵食被害を及ぼしたり、その水制工の上下流の侵食を助長したりすることがある。したがって、十分な水理模型実験や、準 3 次元不定流水理モデルによるシミュレーションなどを実施して、慎重に水制工を計画する必要がある。
- タウンサ堰上流では河川地形を長年測定していることから、過去の水制工設置による河道地形の変化状況を分析して、その経験を整理して教訓を導き出し、今後の水制工計画に生かすことが非常に重要である。



5年間(1999-2003)の排砂操作年月日

- | | |
|---------------|---------------|
| 1) 1999/07/04 | 5) 2002/07/05 |
| 2) 1999/08/14 | 6) 2003/06/22 |
| 3) 2000/07/20 | 7) 2003/07/15 |
| 4) 2001/07/26 | 8) 2003/08/01 |

凡例

○ : 排砂操作実行日

図 2-1-4.8 左岸土砂吐ポケットにおける最近 5 年間の堆砂レベルおよび重量土砂濃度の変化

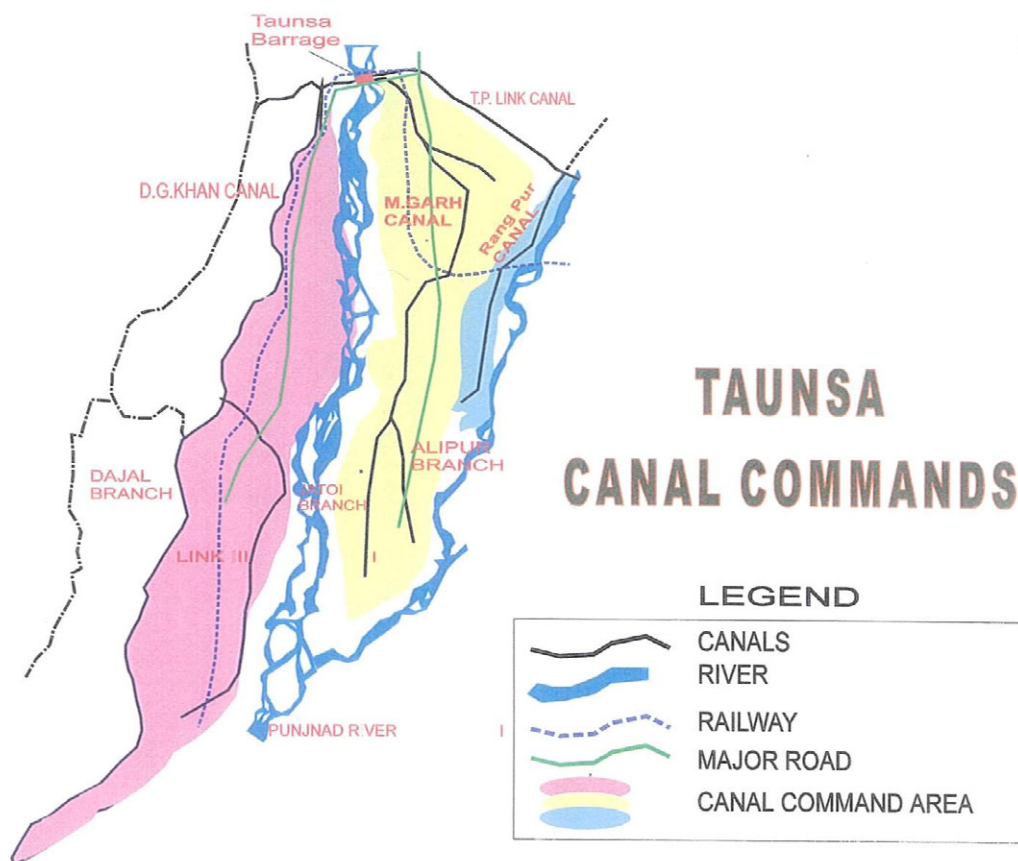
2-1-4-4 営農、灌漑状況調査

(1) 灌漑水路システム

D.G.カーン、ムザファルガーおよびラングプール灌漑システムはその水源をタウンサ堰から取水し、それぞれ D.G.カーン水路、ムザファルガー水路および T.P.リンク水路により送水、配水される。

表 2-1-4.6 タウンサ堰からの灌漑システム

灌漑システム	粗灌漑面積全体 (ha)	耕作可能灌漑面積 (ha)	水源
D.G.Khan	405,500	385,000	D.G.Khan 水路
Muzaffargarh	367,000	314,000	Muzaffargarh 水路
Rang Pur	51,000	48,000	T.P.Link- Rang Pur 水路
合計	823,000	747,000	



幹線水路は、タウンサ堰の右岸に D.Gカーン水路、左岸にムザファルガ水路および T.P.リンク水路が配置されている。なお、現在右岸側にはバロチスタン州への送水を目的としたカチ水路(Kachhi Canal)が新たに建設中であり、タウンサ堰から河川水を取水する計画である。

水路システム諸元

取水位置	幹線水路	計画取水量 (m ³ /sec)
右岸側	DG カーン水路	327
	(カチ水路)	(170)
左岸側	ムザファルガー水路	235
	TP リンク水路	340

1. カチ水路は現在建設中。
2. TP リンク水路の本来の目的は、タウンサ堰から取水して支川チェナブ川へ注水してパンジナッド堰で取水することであるが、現在、同水路沿線のラングプール地域への配水も行っている。A=51,000ha はラングプール地域の粗灌漑面積を示す。

灌漑水路への送水は、D.Gカーンおよびムザファルガー水路は通年通水の灌漑水路であり、基本的にはカリフ期は計画取水量の一定量を期間中連続して送水する計画となっている。しかし、両水路は、タウンサ堰へ流入する水源量により取水量を調節して送水する運用方法がとられており、取水実績の調査結果からも7月・8月をピークとして取水量の増減が行われている。なお、取水量の変更はタウンサ堰地点では概ね10日単位で行われている。また、ラビ期(冬期灌漑期)においては、不規則なパターンで取水および取水停止が行われている。年間では1月のアニユアル・クロージャ期間(約20日)は取水が停止されている。また、洪水期にも堰の操作規定に基づき河川流量が375,000 ft³/sec 以上の場合には取水停止されている。

T.P.リンク水路はタウンサ堰とパンジナッド堰(チェナブ川にある堰)を結ぶリンク水路であるが、チェナブ川放流地点上流でラングプール水路に分水する。

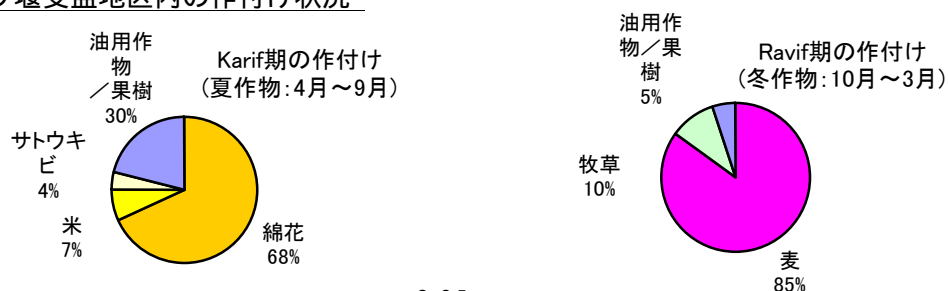
(2) 営農状況

灌漑期間はカリフ期(夏期:4月15日から10月15日)とラビ期(冬期:10月16日から4月14日)にわけられ、タウンサ堰掛かりの水路ではカリフ期を中心とした灌漑である。

タウンサ堰掛かり灌漑地域での主要作物は以下のとおり。

- ・ 夏は綿花がおよそ68%と半数以上を占め、ほかに水稻7%、サトウキビ4%などが栽培されている。
- ・ 冬は大部分が小麦85%の作付けである。

タウンサ堰受益地区内の作付け状況



しかしながら、灌漑水量の不足や営農資材（化学肥料や農薬）の購入が困難な農家も多数あることなどから、主な作物の単位面積当りの収量は、綿花以外は世界の標準に比して下回る状況にある。

主要作物の単収(kg/ha)比較

作物	調査対象地域 (kg/ha)	世界平均 (kg/ha)	日本平均 (kg/ha)	備考
小麦	2,520	2,678	3,548	データ年：
水稲	1,710	3,876	5,870	-調査対象地域は 2002/03 年
綿花	2,183	1,760		-世界と日本は 2003 年
砂糖キビ	45,110	66,174	60,870	

各受益地区の作付け状況

No.	年度	地区名	耕作可能面積 (エーカー)	作付け面積 (エーカー)	作付け率 (%)	作付け作物別面積(エーカー)					
						さとうきび	綿	米	麦	その他	
1	1993-94	D Gカーン	934,000	462,022	97.8%	3,240	194,720	62,954	152,840	48,268	
		ラジャンブル		451,469		2,720	188,912	38,722	141,520	79,595	
		ムザファルガ		807,000	990,099	122.7%	20,835	391,740	98,740	354,220	124,564
		合計		1,741,000	1,903,590	109.3%	26,795	775,372	200,416	648,580	252,427
2	1994-95	D Gカーン	934,000	468,001	99.0%	3,425	192,618	61,591	154,724	55,643	
		ラジャンブル		456,240		2,841	187,306	36,216	148,711	81,166	
		ムザファルガ		807,000	992,531	123.0%	21,540	390,920	93,911	357,013	129,147
		合計		1,741,000	1,916,772	110.1%	27,806	770,844	191,718	660,448	265,956
3	1995-96	D Gカーン	934,000	461,540	97.4%	4,421	193,317	63,713	151,991	48,098	
		ラジャンブル		448,272		3,325	188,791	38,898	146,632	70,626	
		ムザファルガ		807,000	989,221	122.6%	21,832	392,511	92,272	355,236	127,370
		合計		1,741,000	1,899,033	109.1%	29,578	774,619	194,883	653,859	246,094
4	1996-97	D Gカーン	934,000	460,992	97.5%	4,512	194,555	62,940	151,771	47,214	
		ラジャンブル		449,202		4,532	189,927	31,791	145,921	77,031	
		ムザファルガ		807,000	990,521	122.7%	23,212	394,735	95,941	357,513	119,120
		合計		1,741,000	1,900,715	109.2%	32,256	779,217	190,672	655,205	243,365
5	1997-98	D Gカーン	934,000	462,972	97.8%	4,614	195,621	68,816	158,921	35,000	
		ラジャンブル		450,519		5,421	190,925	35,421	144,791	73,961	
		ムザファルガ		807,000	991,222	122.8%	24,220	396,240	97,591	360,214	112,957
		合計		1,741,000	1,904,713	109.4%	34,255	782,786	201,828	663,926	221,918
6	1998-99	D Gカーン	934,000	463,240	97.9%	4,672	197,021	70,891	162,811	27,845	
		ラジャンブル		451,333		5,612	191,214	39,211	147,213	68,083	
		ムザファルガ		807,000	992,731	123.0%	23,791	399,211	96,771	368,531	104,427
		合計		1,741,000	1,907,304	109.6%	34,075	787,446	206,873	678,555	200,355
7	1999-00	D Gカーン	934,000	463,792	98.1%	4,888	196,211	69,921	164,717	28,055	
		ラジャンブル		452,001		6,532	190,901	36,740	148,111	69,717	
		ムザファルガ		807,000	991,999	122.9%	24,911	395,713	99,212	363,214	108,949
		合計		1,741,000	1,907,792	109.6%	36,331	782,825	205,873	676,042	206,721
8	2000-01	D Gカーン	934,000	464,220	98.3%	4,972	198,777	72,213	161,224	27,034	
		ラジャンブル		453,940		9,972	193,513	38,891	145,525	66,039	
		ムザファルガ		807,000	993,720	123.1%	25,721	397,811	99,916	363,119	107,153
		合計		1,741,000	1,911,880	109.8%	40,665	790,101	211,020	669,868	200,226
9	2001-02	D Gカーン	934,000	463,551	98.1%	5,001	199,912	70,691	163,212	24,735	
		ラジャンブル		452,521		12,720	195,702	37,927	149,518	56,654	
		ムザファルガ		807,000	992,971	123.0%	25,991	398,205	98,624	366,119	104,032
		合計		1,741,000	1,909,043	109.7%	43,712	793,819	207,242	678,849	185,421
10	2002-03	D Gカーン	934,000	498,999	102.0%	5,698	196,524	82,540	181,598	32,639	
		ラジャンブル		453,978		14,224	190,314	35,978	150,924	62,538	
		ムザファルガ		807,000	994,732	123.3%	27,872	398,999	99,713	368,216	99,932
		合計		1,741,000	1,947,709	111.9%	47,794	785,837	218,231	700,738	195,109
10カ年 平均		D Gカーン	934,000	466,933	98.4%	4,544	195,928	68,627	160,381	37,453	
		ラジャンブル		451,948		6,790	190,751	36,980	146,887	70,541	
		ムザファルガ		807,000	991,975	122.9%	23,993	395,609	97,269	361,340	113,765
		合計		1,741,000	1,910,855	109.8%	35,327	782,287	202,876	668,607	221,759

出典 D Gカーンゾーン事務所

(3) 水路等の管理状況

アニュアル・クロージャ

- ・ アニュアル・クロージャの期間は、水路毎に異なり、毎年 IPD の本部 (Indus Water Treaty & Regulation) よりその期間が連絡される。タウンサ堰掛かり水路の場合、2003/4 年では 2003 年 12 月 31 日から 2004 年 1 月 17 日の期間であった。
- ・ 各用水路への水供給は 2 月 1 日から開始するのが基本となっている。
- ・ アニュアル・クロージャの期間は 20 日間が基本となっている。
- ・ タウンサ堰掛かりの用水路の場合は非通年 (Non-perennial) の灌漑であり、ラヴィ期 (冬期) の水需要はほとんどないので、取水停止の期間は 30 日程度は可能と考えられる。
- ・ それ以上の期間の用水路停止は、飲料水の問題が生じる可能性がある。
- ・ これらの期間の調整は IPD の本部 (Indus Water Treaty & Regulation) で行う。

水路の取水量

- ・ 各用水量への取水量は基本として常に一定である。 水量の変更は各水路支部 (Canal Division) の所長 (Executive Engineer) からの要請による場合と、水源量により IRSA (Indus River System Authority : イルサ) からの指示により変更する。
- ・ 時期別の用水量は設定されていない。
- ・ 政府管轄の水路では一定の流量が流されているが、末端水路レベルでは 1 週間のサイクルで順番に各圃場に配水される (ワラバンディ : warabandi) 。

水利費の徴収システム

- ・ 以前は作付け作物と作付け面積により課金されていたが、2003 年より作付け面積のみによるフラット・レート方式が導入されている。
- ・ カリフ (Kharif) 期 : 85 Rs / Acre 4 月 15 日 ~ 10 月 15 日
ラビ (Rabi) 期 : 50 Rs / Acre 10 月 16 日 ~ 4 月 14 日
- ・ 作物の生育状況などにより補助金制度がある。
- ・ Kot Adu Canal Division では、事務所長 [Executive Eng. (XEN)] の下に水路支部長 [Sub Divisional Canal Officer (S.D.O.)] と副集金役 [Deputy Collector] 他が置かれ、S.D.O. の下に Ziladar と Sub Eng. が置かれている。 Ziladar は料金システムに関与し、12 ~ 15 名の Patewari を有し、毎日農地に出て水路及び圃場水路 (Water Course) の損傷などの配水の障害等を調査し、報告する。 Sub Eng. は水路システムのテクニカルな部分を担当する。副集金役 [Deputy Collector] の基には Vermacular と呼ばれるオフィス・スタッフが配置され、作物や料金課金の計算を行い報告する。
- ・ 所長 [XEN] は結果をパンジャブ州税務局 [Revenue Department of Punjab (District Co-ordination Officer)] に報告し、料金の徴収はパンジャブ州税務局が実施する。
- ・ 徴収システムの流れは次のとおり。
地区調整官 (District Co-ordination Officer) が請求書 (Demand Statement) を発出 地区
集金人 (District Collector) 地区副集金人 (Deputy District Collector) Tehsil Dar

さらに、各村単位に Lamberdar と呼ばれるプライベートの集金人がいて料金を徴収する。

- ・ 料金の徴収額は何重ものチェックシステムによりチェックされ集金される。

2-1-4-5 インダス川の他堰の実態調査

タウンサ堰を含むインダス川の 16 の堰について竣工年、ゲート仕様等確認した結果を表 2-1-4.8 に示す。このうち、次の 5 堰については現地調査を行いゲート現況、運用状況等の確認を行った。

Jinnah、Chashma、Marala、Trimu、Kotri のこれら 5 堰の現況等について次に示す。

名称	扉体	開閉装置	管理体制	備考
Jinnah	ストーンゲート タウンサ堰と同程度	人力、ローラ周りの状況がタウンサよりも良いため、開閉作業は比較的スムーズ	遠隔操作設備なし。 ゲート運転操作員は 8 人×3 交代で 24 名。洪水時は増員 4 人で 12 名増。	
Chashma	ラジアルゲート 1971 年竣工で状態良い	電動化、3.7 kW 予備発電設備 75kVA	遠隔操作室あり、洪水期に使用。	
Marala	ラジアルゲート 1971 年竣工で状態良い	電動化、3.7 kW 予備発電設備 100kVA	遠隔操作室あり、ほとんど使用せず	
Trimu	ストーンゲート タウンサ堰に比べ腐食状況激しい。	現状での稼働状況はタウンサに比べ運転頻度少ない	運転人員は総勢 20 名程度と少ない。	
Kotri	ストーンゲート (ガーダ形式) 1995 年トラス形式 ガーダ形式に改造。水密含め良好。	人力。ローラ周りの改造により 2 名のオペレータでスムーズに運転可能。	遠隔操作設備なし。	洪水期、巻上高大きいいため可搬入式電動装置で運転。

2-1-4-6 既存バルクヘッドゲートの調査(サッカル、コトリ堰)

「パ」国でのバルクヘッドゲートの実績は 2 堰であり、ゲート仕様、運用等は次のとおりである。

表 2-1-4.7 「パ」国でのバルクヘッドゲートの施工実績

堰名称	ゲート形式	ゲート改造年	門数	ゲート改造後の運用	備考
サッカル堰	ポンツーン	1986	N.A	-	推定門数 1 門
コトリ堰	バルクヘッド	1995	3	年点検に使用	

このうち、コトリ堰については現地調査を行い、バルクヘッドゲートの構造、運用方法等の詳細について確認を行った。

【現地調査の観点】

- 他堰でのバルクヘッドゲート使用実態の確認
- バルクヘッドゲート現地製作の可能性確認
- バルクヘッドゲートの他堰への転用可能性確認

【調査結果】

コトリ堰（調査期間：2004年7月5日）

- ・ 1993-1995の3年間でバルクヘッドゲート3門を用い、ゲート（扉体）の改修が行われた。
- ・ 扉体改修後は非洪水期（10月中旬～5月中旬）の7ヵ月間でバルクヘッドゲートを用い、ゲートの年点検・補修を行っている。
- ・ バルクヘッドゲートは堰右岸上流にインクライン設備を設けたストックヤード（コンクリート基礎、屋根なし）に保管されている。
- ・ バルクヘッドゲートの浜出しには2日/門を要している。



バルクヘッドゲート



バルクヘッドゲート用インクライン設備

写真 コトリ堰のバルクヘッドゲート

表 2-1-4.8 インダス川の16堰の運用期間とゲート状況

州	番号	堰名	河川名	完成/運用 開始年	運用期間 (年)	ゲートの交換 / 改修	バルクヘッド ゲートの有無	備考
パンジャブ州	1	ジナ堰	インダス	1946	57	—		
	2	チャシマ堰	インダス	1971	32	—		ゲートは日立造船製
	3	タウンサ堰	インダス	1958	45	—		
	4	ラスル堰	ジェルム	1901	102	1974年に交換		
	5	マララ堰	チェナブ	1912	91	1968年に堰の再建とゲートの交換		ゲートは日立造船製
	6	カンキ堰	チェナブ	1892	111	—		
	7	カデラパッド堰	チェナブ	1967	36	—		ゲートは日立造船製
	8	トリム堰	チェナブ	1939	64	—		
	9	パンジナッド堰	チェナブ	1929	74	—		
	10	パロキ堰	ラビ	1913	90	—		
	11	シドゥナイ堰	ラビ	1897	106	1965年に堰の再建とゲートの交換		
	12	スレマンキ堰	ステレイ	1927	76	—		
	13	イスラム堰	ステレイ	1928	75	—		
	14	グッデュー堰	インダス	1964	39	—		
シンド州	15	サッカル堰	インダス	1932	71 1982年に第31番のゲートが損傷	1986年までに交換	ボンツーン（台船）タイプ 1985-86年に設置	
	16	コトリ堰	インダス	1955	48	1995年までに交換	フローティングゲートタイプのバルクヘッドゲート3門 1993-94年に設置	

2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

(1) 道路

タウンサ堰に関連する道路は、Kot-addu 市と Taunsa 市を結ぶ地方主要道と左右岸の堤防管理道路が生活道路にも利用されている。

Kot-addu 市と Taunsa 市を結ぶ地方主要道は、タウンサ堰併設道路橋を経由しており、道路幅員：12m (橋梁部幅員：10m) の、速度制限のない幹線道路である。本調査期間中にタウンサ堰における平日の交通量調査を実施した。午前6時から午後8時までの14時間を観測したところ、観測結果は、1時間毎の交通量で70～100台と比較的平均しており平均90台/時間であった。

左右岸の堤防管理通路兼生活道路は、幅員：6mであるが、殆ど車両の交通はない。しかし、堤防管理のためによく整備されている。

なお、既設タウンサ堰に併設されている道路橋は、全幅員：10m (車道幅員：6m + 歩道幅員：2m x 2連)、全長：4,346 ft (= 1,324.66m) および橋梁設計荷重：Cass A A (70ton級の戦車荷重) で建設されており、工事用車両が通行できる。工事期間中は概ね8～12時と13～17時で橋梁を通行止めとする必要があるため、新聞広告や看板広告によって近隣周辺への通知を徹底する必要がある。なお、迂回路としては、タウンサ堰下流約50km地点でインダス川を横断しているD.G.カーンとムザファルガを結ぶ主要地方道がある。

(2) 鉄道

堰下流側、本ゲートと道路橋の間に設置されている鉄道は、列車の定期通過時刻については次の様に確認した。いずれも本プロジェクト工事作業時間帯 (朝：8:00～夕18:00) をはずれている、また、工事作業のために鉄道敷き内に資材等を仮置きすることもないため、昼間の作業には支障がないと推定される。朝夕の列車の通過に悪影響を及ぼすことはない。

午前： 6:00～7:00 上下線 各1本

午後： 19:00～20:00 上下線 各1本

但し、若干の遅延はある。

(3) 電気

タウンサ地区への電力は、KAPEC (Kat-addu Power Electric Co) の Kot-addu 発電所、MEPCO (Multan Electric Power Co) の変電所及び配電網により供給されている。

計画停電は実施されておらず、不具合などによる停電回数は月平均10回程度である。

< 発電所・変電所の概要 >

KAPEC 発電所： 1,300MW (コンバインサイクル、Gas Turbine 10台)

MEPCO 変電所： 132/11kV、10/13MW 変圧器 x 2基、

高圧 11kV、低圧 400/230V の配電網を有する。

タウンサ堰 IPD は 11kV・200kVA 変圧器で受電し（ワークショップにて）、IPD 独自の配電網 3.3kV において堰管理事務所へ送電（約 4km）同管理事務所にて 400/230V へ降圧したのち、各設備に供給している。

なお、既設タウンサ堰に併設されている送電線は、本工事に障害を与えることはない。従って、通常送電が可能である。

(4) 通信

Kot-addu 市、タウンサ地区からは、固定式電話による国内・海外電話が可能である。ムルタン市及び DG カーンの一部においては携帯電話が利用でき、最近、Kot-addu 市及びタウンサも通話圏内となった。固定式電話回線は Pakistan Telecommunication Co. (PTC) が運営している。

タウンサ堰 IPD は、独自の電話交換機および事務所間の通話回線を有し、内線電話を利用、それらの運営・維持管理を行っている。なお、既設タウンサ堰に併設されている電話線は、本工事に障害を与えることはない。従って、通常通信が可能である。

(5) 水道

現場周辺に水道はなく生活用水は地下水を汲み上げて利用している。地下水はインダス川により涵養されており、地下水位も高く量も豊富である。タウンサ管理事務所では地下水を濾過機に通してから飲料水として利用している。

2-2-2 自然条件

2-2-2-1 地勢・気象・水文

(1) パキスタン国の地勢

国土は、北東部から南流してアラビア海に注ぐインダス川によって東西に二分される。東側にはインダス平野が広がり、西側はバルーチスターン山岳地帯となる。このほか、南部のアラビア海の海岸沿いにつづく狭い沿岸平野、バルーチスターン山岳地帯の西側にあるカラシ盆地、南東部のインドとの国境にまたがるタール砂漠がある。

インダス平野は北から南にかけて 80～320km の幅に広がっており、更に北のパンジャブ平野と南のシンド平野に分かれる。パンジャブ地域ではインダス川支流のサトレジ川、ラービ川、チェナブ川、ジェラム川が天然の排水路となり、同時にインダス平野に灌漑用水を供給する。

バルーチスターン山岳地帯はトーバカーカル山脈、シアハーン山脈、スライマン山脈、キルタル山脈などの山脈が連なっている。山岳地帯の最高峰はティリチミール（7690m）で、北部のヒンドゥークシュ山脈中にある。サフェドコー山地を貫くカイバー峠はアフガニスタンとの国境に近い。パキスタンの最高峰は K2（別名ゴドウィン・オースティン山）で、カラコルム山脈中にあり、標高は 8,611m。K2 はチョモランマ（エベレスト）について世界第 2 位の高さを誇る。

(2) 気 象

大部分が乾燥地帯に属するパキスタンの気候は、地域による気温差が極端に大きいことが特徴である。北および西側の山岳地帯では冬の気温は氷点下まで下がる。インダス平野では夏の気温は 32～49℃ まで上がり、冬は平均 13℃ 程度である。全体に雨は少なく、年降水量は、最も雨の多いパンジャブ地域で 500mm 程度、降水量の少ない南西・南東部では 125mm 以下にすぎない。雨はおおむね 7 月と 8 月に降る（表 2-2-2.1 および図 2-2-2.2 参照）。

(3) インダス川流量

インダス川流域図および主要な堰および頭首工の位置は図 2-2-2.1 に示すとおりである。現地調査では、タウンサ堰上流の Chashma 堰、Jinnah 堰および Kalabah 堰の最近 10 年間の月平均流量データを収集した（図 2-2-2.3～4 参照）。

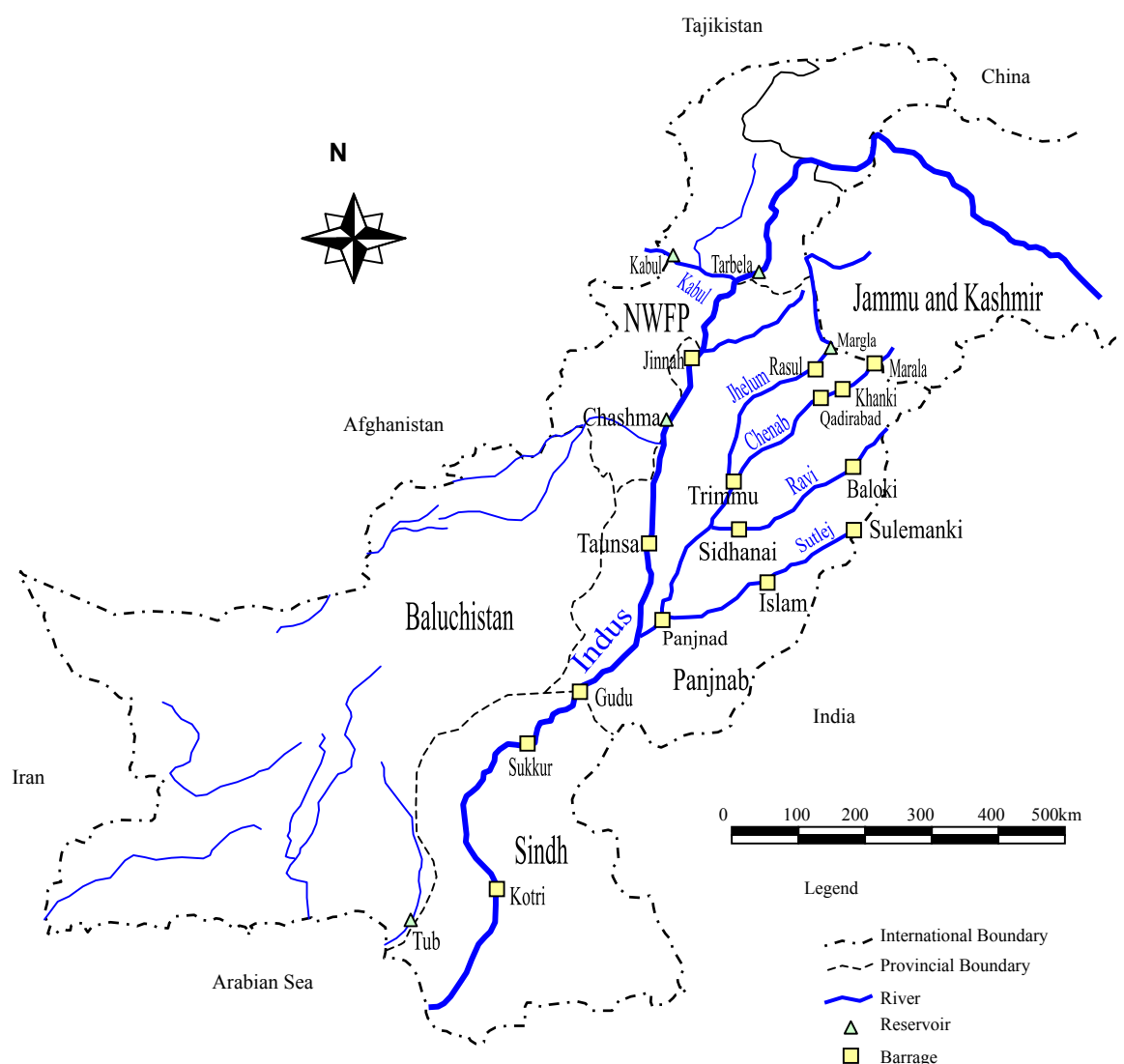


図 2-2-2.1 インダス川流域と主要な堰および頭首工の位置

表 2-2-2.1 パキスタン国における主要都市の気温と降水量

平均月最高気温 ()						
項目	Islamabad	Peshawar	Lahore	Multan	Queta	Karachi
地盤標高 (m)	507	359	213	122	1,600	21
1 月	17.7	18.3	19.8	21.0	10.8	25.8
2 月	19.1	19.5	22.0	23.2	12.9	27.7
3 月	23.9	23.7	27.1	28.5	18.7	31.5
4 月	30.1	30.0	33.9	35.5	24.8	34.3
5 月	35.3	35.9	38.6	40.4	30.4	35.2
6 月	38.7	40.4	40.4	42.3	35.3	34.8
7 月	35.0	37.7	36.1	39.2	35.9	33.1
8 月	33.4	35.7	35.0	38.0	34.8	31.7
9 月	33.5	35.0	35.0	37.2	31.4	32.6
10 月	30.9	31.2	32.9	34.6	25.5	34.7
11 月	25.4	25.6	27.4	28.5	19.2	31.9
12 月	19.7	20.1	21.6	22.7	13.3	27.4
年間の平均	28.6	29.4	30.8	32.6	24.4	31.7
平均月最低気温 ()						
項目	Islamabad	Peshawar	Lahore	Multan	Queta	Karachi
地盤標高 (m)	507	359	213	122	1,600	21
1 月	2.6	4.0	5.9	4.5	-3.4	10.4
2 月	5.1	6.3	8.9	7.6	-0.9	12.7
3 月	9.9	11.2	14.0	13.5	3.4	17.6
4 月	15.0	16.4	19.6	19.5	8.3	22.3
5 月	19.7	21.3	23.7	24.4	11.5	25.9
6 月	23.7	25.7	27.4	28.6	15.9	27.9
7 月	24.3	26.6	26.9	28.7	19.9	27.4
8 月	23.5	25.7	26.4	28.0	17.9	26.1
9 月	20.6	22.7	24.4	24.9	10.9	25.2
10 月	13.9	16.1	18.2	18.2	3.8	21.0
11 月	7.5	9.6	11.6	10.9	-0.9	15.9
12 月	3.4	4.9	6.8	5.5	-3.2	11.6
年間の平均	14.1	15.9	17.8	17.9	6.9	20.3
月降水量 (mm)						
項目	Islamabad	Peshawar	Lahore	Multan	Queta	Karachi
地盤標高 (m)	507	359	213	122	1,600	21
1 月	56.2	26.0	23.0	7.2	56.7	6.0
2 月	73.5	42.7	28.6	9.5	49.0	9.8
3 月	89.8	78.4	41.2	19.5	55.0	11.7
4 月	61.8	48.9	19.7	12.9	28.3	4.4
5 月	39.2	27.0	22.4	9.8	6.0	0.0
6 月	62.2	7.7	36.3	12.3	1.1	5.5
7 月	267.0	24.3	202.1	61.3	12.7	85.5
8 月	309.9	67.7	163.9	32.6	12.1	67.4
9 月	98.2	17.9	61.1	10.8	0.3	19.9
10 月	29.3	9.7	12.4	1.7	3.9	10.0
11 月	17.8	12.3	4.2	2.3	5.3	1.8
12 月	37.3	23.3	13.9	6.9	30.5	4.4
年間降水量	1,142.2	385.9	628.8	186.8	260.9	226.4

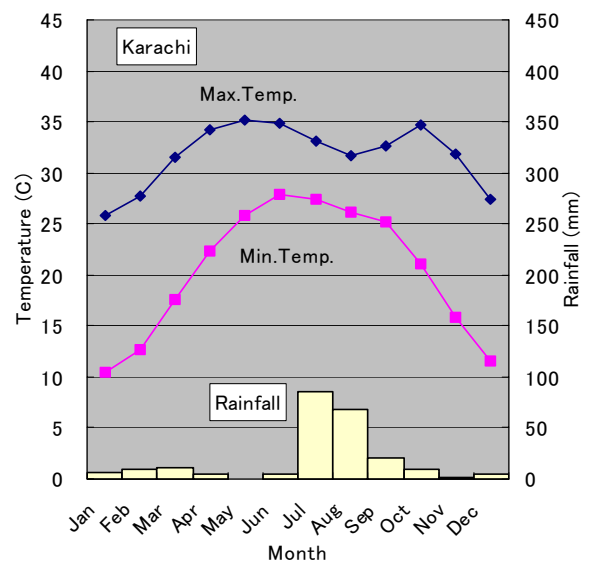
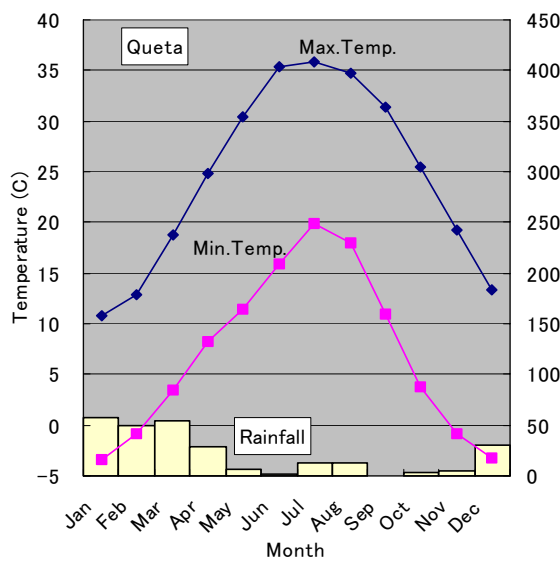
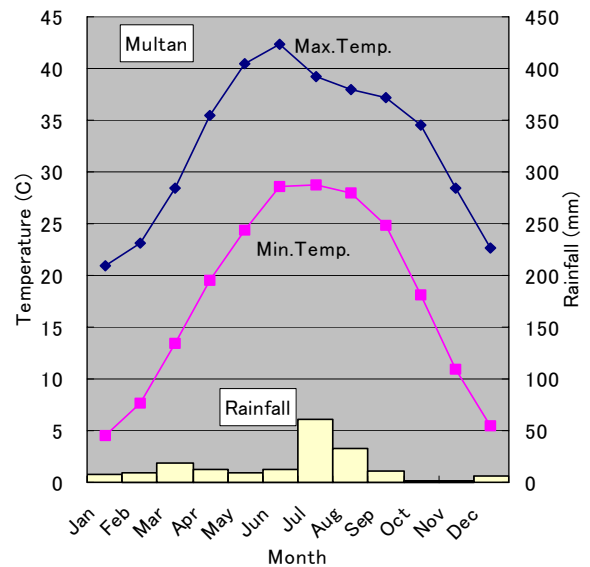
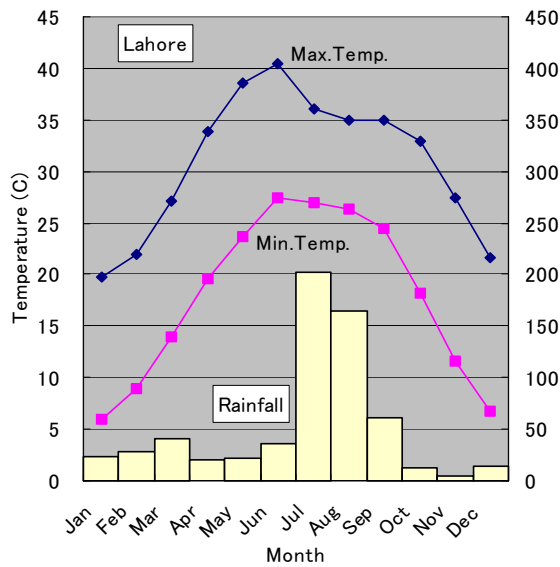
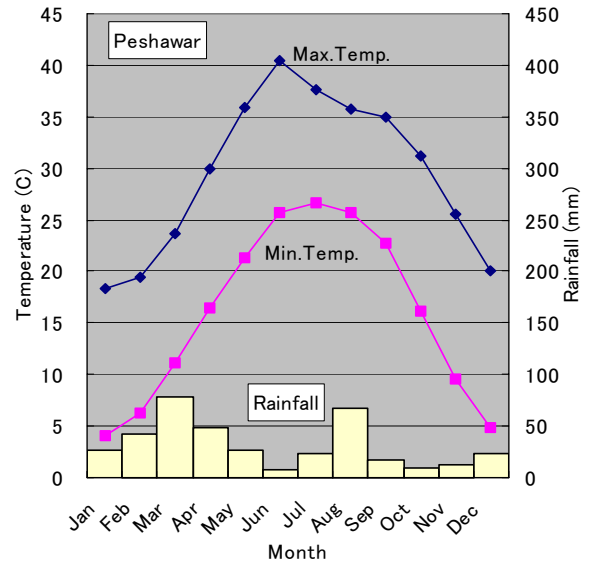
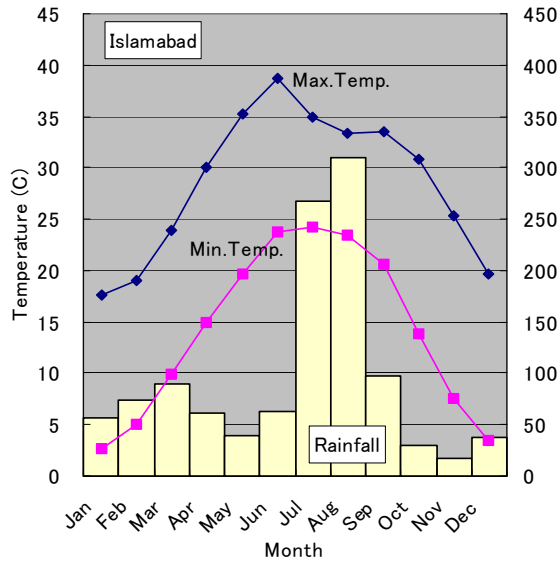


図 2-2-2.2 パキスタン国における主要都市の気温と降水量

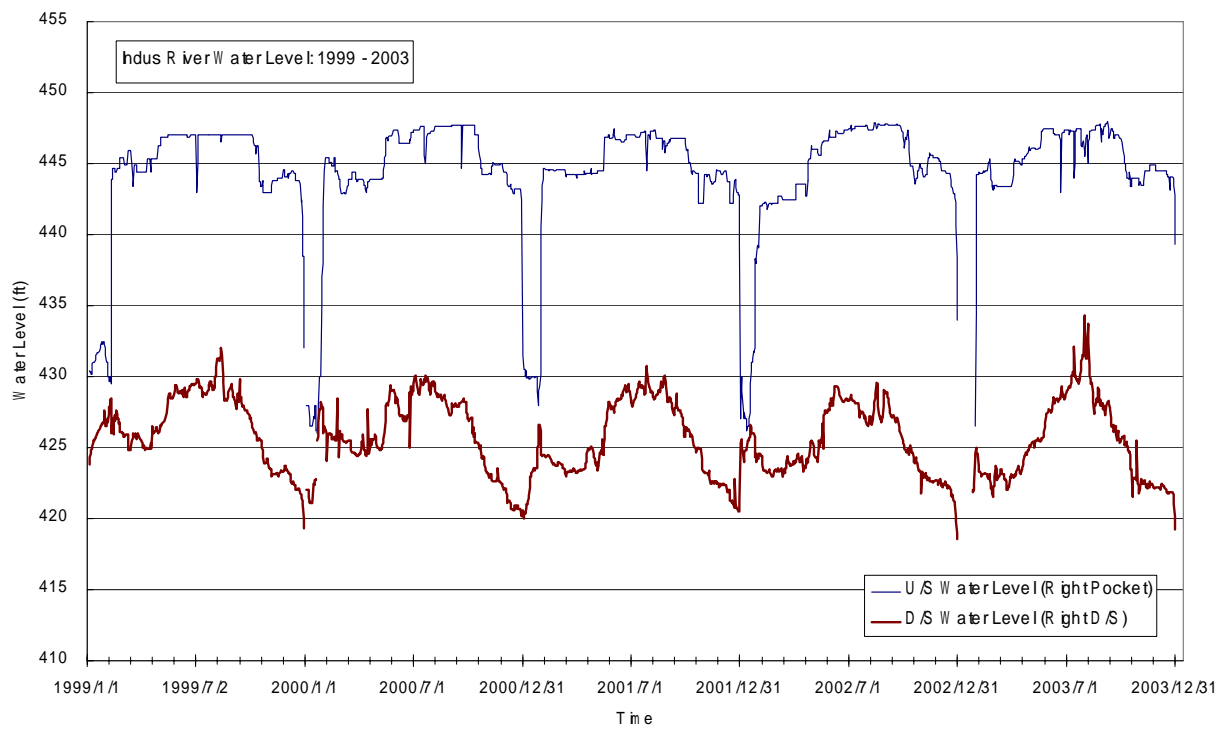
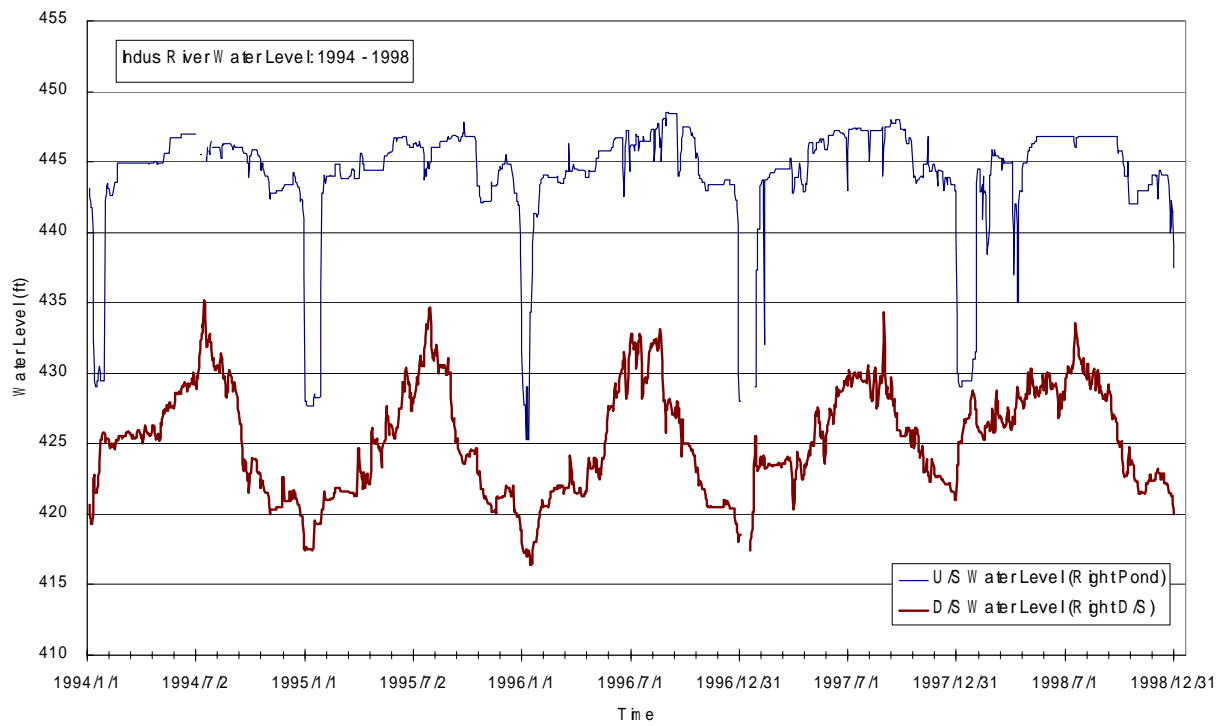


図 2-2-2.3 タウンサ堰上下流水位の日変動

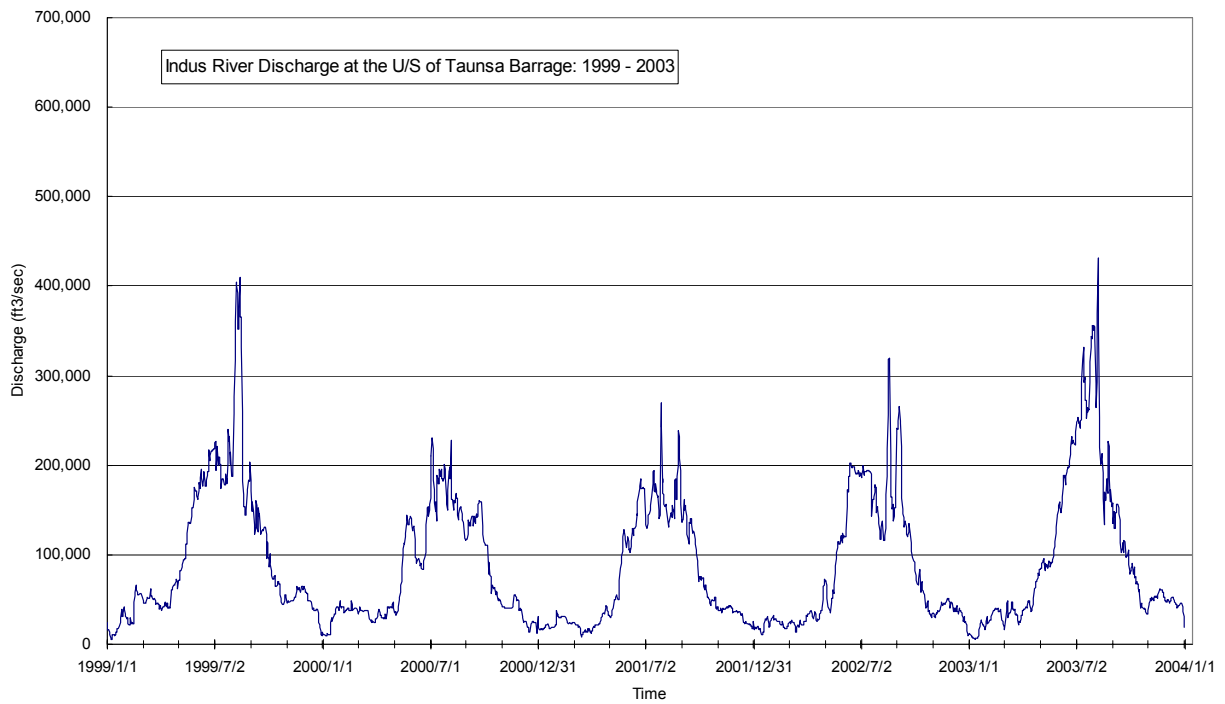
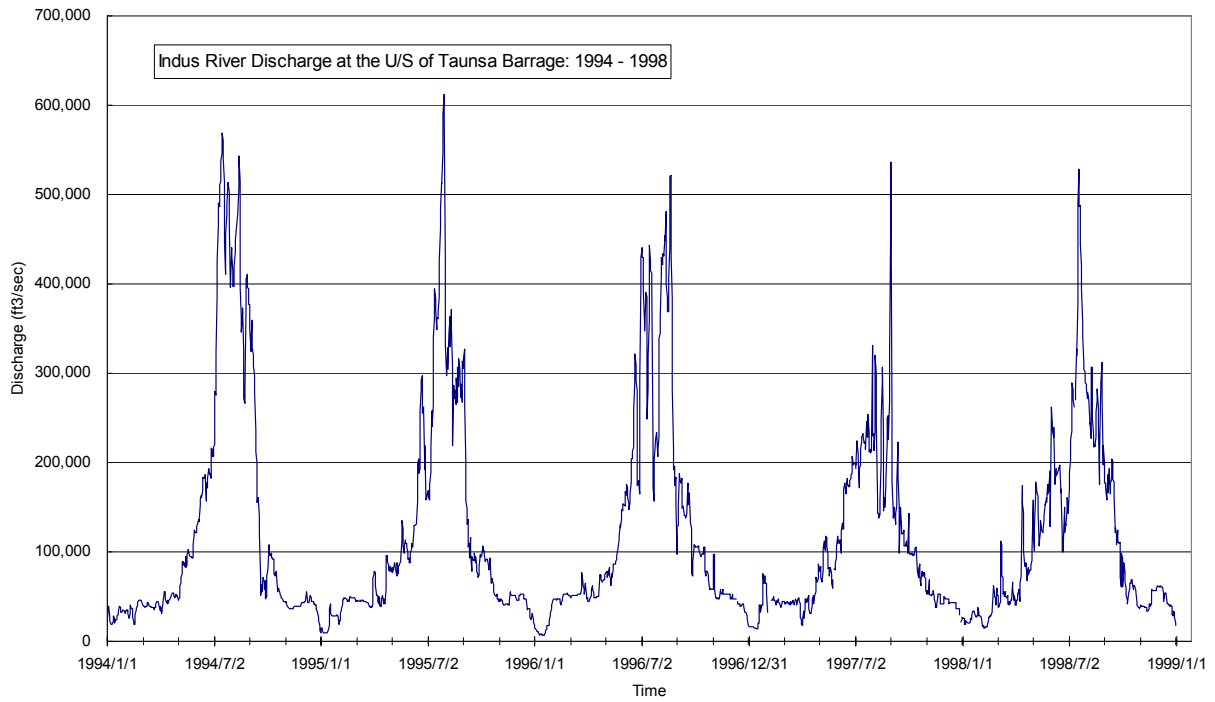


図 2-2-2.4 タウンサ堰上流流量の日変動

2-2-2-2 地質および土質

(1) タウンサ堰周辺の地質および土質

タウンサ堰周辺の地質は、粒径の細かい砂から粗い砂までを含む沖積層となっており、石灰分を多く含んでいる。西側の一部の地域（カチ水路建設予定地周辺）には比較的柔らかい粘性土が存在する。乾期にはこれらの粘性土は乾燥してひび割れが発生しやすい。

(2) タウンサ堰の基礎地盤の地質および土質

タウンサ堰の基礎地盤の地質および土質に関しては、「タウンサ堰灌漑システム改修計画調査（平成10年8月）」において、詳細な調査が実施されている。同報告書には以下の様に記載されている。

インダス川のタウンサ堰付近における河床勾配は $1/5,000 \sim 1/10,000$ である。タウンサ堰建設前のインダス川はこの堰付近で川幅が約 13km であり、この幅のなかで洪水のたびに砂州が消長を繰り返し、河道は蛇行してきた。タウンサ堰付近のインダス川は平均最大流量（2～3年確率洪水量： $Q = 13,000 \text{ ft}^3/\text{sec}$ ）、河床勾配（ $1/5,000$ ）、低水路幅（2～3km）から推測すると、細砂の堆積し易い条件にある。

堰の左右岸にそれぞれ4カ所ずつ深度40mまでボーリング調査を行い、標準貫入試験を実施した。調査結果によると、深度40mまでの基礎地盤はほぼ均質な細砂から構成される。地盤構成材料の粒度分布は、 $0.9 \sim 0.3\text{mm}$ が 3～16%、 $0.15 \sim 0.3\text{mm}$ が 84～92%、 0.15mm 以下が 1～10% であり、調査全カ所でほぼ同じである。透水係数は粒度分布から $1 \sim 2 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ と推定される。

N値は場所により異なるが、深度の増加と共に大きくなる。地表（標高 $134 \sim 140\text{m} = 440 \sim 459\text{ft}$ ）から約5mの深さまでのN値は15より低い箇所がある。これより深く、深度5～10m層はN値が15～30である。深度15m以上はN値は50以上となる。

2-2-3 その他

2-2-3-1 周辺環境と環境への影響

(1) 国立野生動物保護区および禁猟区

パキスタン国では、野生動物の保護を目的として、野生動物保護区(wildlife sanctuary)を設けており、パブリックアクセスを禁止または規制し、森林伐採は許されていない。禁猟区(game reserve)では、許可なしには狩猟が禁止されている。パキスタン国が指定している主な野生動物保護区および禁猟区は以下に示すとおりである。

- Kilik/Mintaka 鳥獣保護区
- Tooshi 鳥獣保護区
- Kargah 自然保護区
- Naltar 自然保護区
- Astor 自然保護区
- Baltistan 自然保護区
- Chasma and Taunsa barrage イルカ保護区
- Cholistan 自然保護区
- Sukkur and Guddu barrage イルカ保護区
- Nara desert 自然保護区
- Hub dam 自然保護区
- Mahal kohistan 自然保護区
- Runn of Kutch 自然保護区

これらの中で、本無償資金協力事業に関係する区域は、チャシマ堰およびタウンサ堰インダスイルカ禁猟区であり、その概要は次のとおりである。

チャシマ堰およびタウンサ堰は、パンジャブ州政府により野生動物保護区に指定されており、絶滅危惧種である“Marmaronetta angustirostris”を含む多種多様な水鳥の貴重な繁殖、成長および越冬の場となっている。越冬する水鳥の数は通常 20,000 羽を超えている。さらに、絶滅危惧種であるインダスイルカは、チャシマ堰とタウンサ堰の間の河川に生息している。1970 年代以降、この区間ではインダスイルカの数はかなり増加している。出典：1) <http://www.punjab.gov.pk/>

(2) パンジャブ州が指定している野生動物保護区

パンジャブ野生動物法(Punjab Wildlife Act 1974)に基づいて、パンジャブ州政府は野生動物保護区(wildlife Sanctuary)を表 2-2-2.2 のように指定している。タウンサ堰もそれら野生動物保護区の 1 つに指定されている。野生動物保護区は政府が保有し、パブリックアクセスが制限されている。山火事、伝染病および害虫による攻撃その他の自然災害を減ずる目的のほかは、森林伐採は許されていない。また、野生動物保護区では、居住、耕作、植生破壊、狩猟、火器の使用、放牧、外来種の導入、水質汚染は禁止されている。

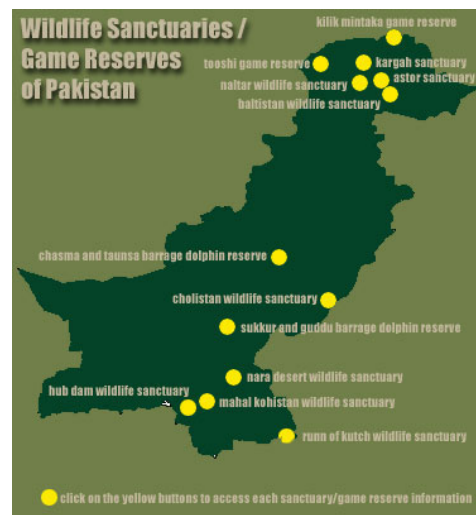


表 2-2-3.1 パンジャブ州野生動物保護区

名称	位置 / 地区	面積 (エーカー)
1. Bahawalpur 植林地	Bahawalpur	1,352
2. Bhagat 保安林	T.T. Singh	620
3. Bhakkar 植林地	Bhakkar	5,249
4. Chak 植林地	Bhakkar	5,327
5. Chak Katora 保安林	Bahawalpur	1,323
6. Changa Manga 植林地	Kasur	12,512
7. Chashma 堰	Mianwali	81,750
8. Chichawtni 植林地	Sahiwal	11,530
9. Cholistan	Bahawalpur & Bahawalnagar	1,633,203
10. Chumbi Surla	Chakwal, Jhelum	138,240
11. Daman 保安林	Rajanpur	5,610
12. Daphar 保安林	Gujrat	7,126
13. Depalpur 植林地	Okara	7,235
14. Fateh Major 植林地	Bhakkar	3,100
15. Harnoli 植林地	Mianwali	2,196
16. Head Qadirabad	Gujranwala	7,040
17. Inayat 保安林	Layyah	10,405
18. Jahlar 湖	Khushab	42
19. Jallalpur Sharif	Jhelum	5,591
20. Jauharabad 植林地	Khushab	985
21. Kamalia 植林地	T.T. Singh	10,864
22. Khabbeki 湖	Khushab	700
23. Khanewal 植林地	Khanewal	17,823
24. Kharar 湖	Okara	581
25. Kotla Issan 保安林	Rajanpur	5,381
26. Kundian 植林地	Mianwali	19,274
27. Lal Suhanra 保安林	Bahawalpur	12,600
28. Loi Bher 保安林	Rawalpindi	887
29. Machu 植林地	Layyah	10,154
30. Miranpur 植林地	Lodhran	1,899
31. Mitha Tawana 植林地	Khushab	2,758
32. Rajan Shah 植林地	Karor	5,214
33. Rakh Ghulaman	Bhakkar	10,716
34. Rakh Kharewala	Layyah	14,523
35. Rakh Kundal	Jhelum	7,410
36. Shorkot 植林地	Jhang	10,079
37. Sodhi	Khushab	14,375
38. Taunsa 堰	Muzaffargarh	9,225
39. Tehra 植林地	Lahore	837
40. Walhar 植林地	R.Y. Khan	4,632

出典：1) <http://www.punjab.gov.pk/>

(3) インダスイルカの生息状況

インダスイルカは灰茶色でピンクがかったお腹をしており、体長は 1.5～2.5m、体重は最大で 90kg である（写真参照）。

インダスイルカは、2～3 頭または単独で移動しており、水晶体レンズの目を持たず実質的



には目が見えないが、方向と光の強度は感知することができる。従って、航行は精巧なエコーロケーションシステムよっている。インダシルカは、濁った川底にひれを接するようにして水中を一定方向で泳ぐことが、盲目であることのひとつの理由であるとされている。川底と物理的に接触することによって、周辺の貴重な情報を得、えさの捕獲にも役立っている。

インダシルカはインダス川に生息する唯一のクジラ目の動物であるが、世界で最も絶滅の恐れのある哺乳動物のひとつであり、IUCN の絶滅危惧種リストに掲載されている。このイルカはパキスタン特有であり、インダス川のコトリ堰からジンナ堰の間に生息している。

インダシルカの生息数は、1974 年から 1990 年頃までは 400～600 頭程度であったが、最新の 2001 年の調査では 965 頭と推定されている。2001 年の調査では、タウンサ堰上流からチャシマ堰までに 84 頭、タウンサ堰下流からグドゥ堰までに 259 頭が確認されている。

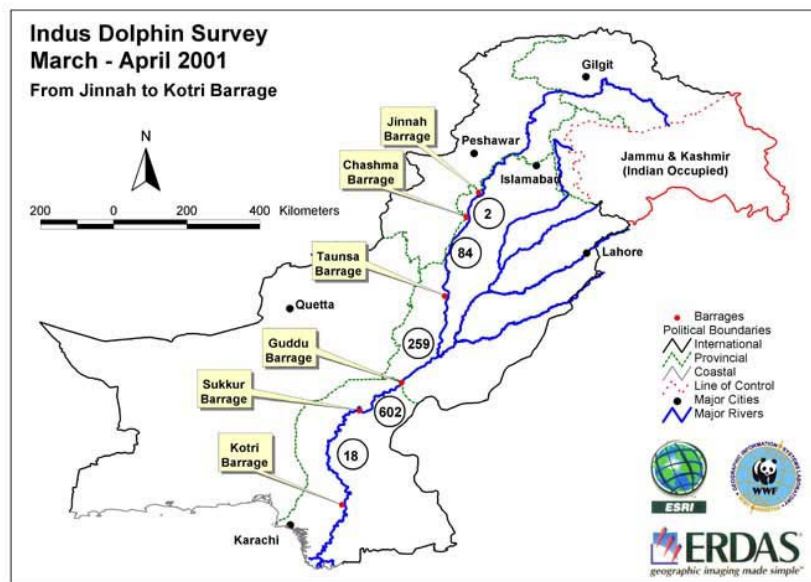


図 2-2-3.1 2001 年 3～4 月におけるインダシルカ生息数調査結果

出典：1) <http://www.punjab.gov.pk/>

(4) ヒル・トレント

タウンサ堰ゲート運用に影響を及ぼす可能性のあるヒル・トレント

ヒル・トレントは雨期での丘陵地への降雨が急流となって流れる河道のことである。タウンサ町近傍のサンガー・ヒル・トレント (Sanghar Hill Torrent) は、川幅はインダスハイウェイの道路橋で約 400m、計画洪水流量は $120,000 \text{ ft}^3/\text{sec}$ ($3,400 \text{ m}^3/\text{sec}$) である。タウンサ堰における計画洪水流量は $1,000,000,000 \text{ ft}^3/\text{sec}$ ($28,320 \text{ m}^3/\text{sec}$) であることから、サンガー・ヒル・トレントの計画洪水流量はタウンサ堰計画洪水流量の 12%を占めることになる。この場合、タウンサ堰の洪水時ゲート操作に大きな影響を及ぼす可能性がある。

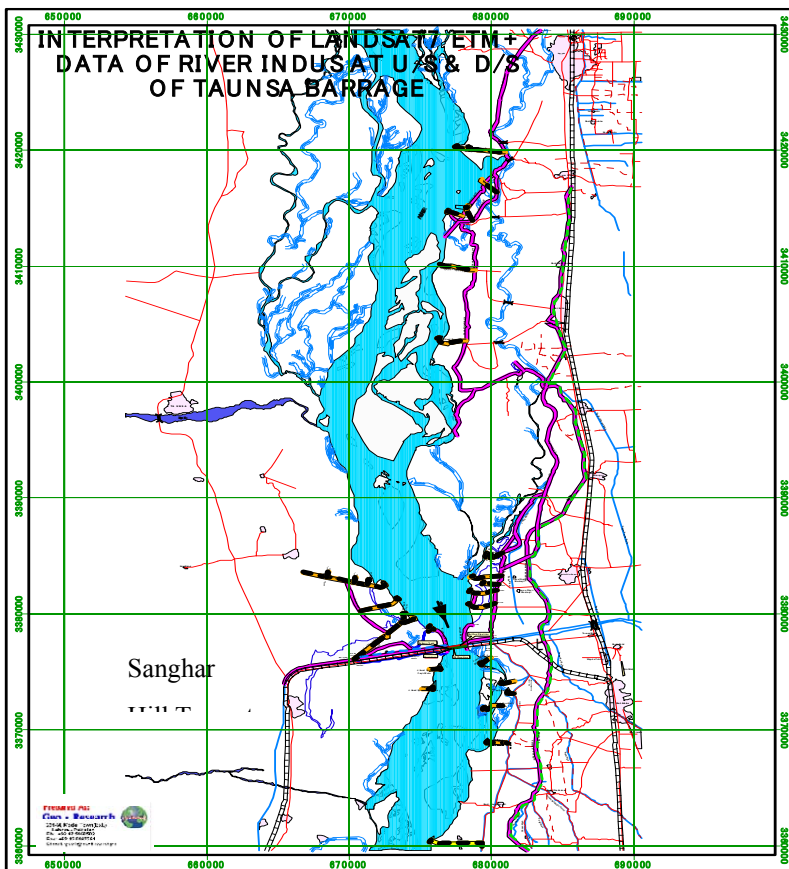
その他の大きいヒル・トレントとしては Vehoa ヒル・トレントがある。

ヒルト・レントによるタウンサ堰周辺土砂堆砂への影響

サンガー・ヒル・トレント (Sanghar Hill Torrent) は、タウンサ堰上流 22km 付近の右岸から流入している。このヒル・トレントは計画流量が $120,000 \text{ ft}^3/\text{sec}$ ($3,400 \text{ m}^3/\text{sec}$) であり、非常に多くの土砂を含む流れをインダス川に流入させる。上流 22km では、インダス川中央部に大規模砂洲が形成されているので、ヒル・トレントの土砂を大量に含む流れは右岸側の主流に流入することになり、そのまま右岸側の流れでタウンサ堰まで流下する。この大量の土砂を含む流れがそのまま D.G.カーン灌漑用水路に流入している可能性が高い。従って、このヒル・トレントが堆砂の一因であると考えられる。

実際、今回の調査中でも、タウンサ堰からインダス川上流を見ると、右岸側からの流れが濃い茶色であるのに対して、左岸側からの流れはそれほど濁った色をしていない、という状況が見られた。

右岸ガイド堤防の低内地側には一種の調整池が形成されており、右岸ガイド堤防の直上流がその入口・出口となっている。この付近では、川の流れが上下流・左右に複雑に流れ流速も比較的早いため、流れの乱れが著しく DG カーン灌漑用水路への土砂流入を助長している可能性がある。



サンガー・ヒル・トレント

図 2-2-3.2 タウンサ堰上流河道とサンガー・ヒル・トレント

2-2-3-2 土地利用、ウォーターロギング（湛水害）および塩類集積の状況

(1) 土地利用

タウンサ堰の灌漑受益地区はパンジャブ州の D.G.カーン Division 行政区の中にあり、下記の 4 つの地区 (District) に跨っている。

D.G.カーン Division 行政区		地区面積 (km ²)	耕地面積 (km ²)	地区人口(1998)	備考
地区 (District)	D G カーン 地区	11,922	9,310	1,643 千人	
	ムザファルガ 地区	8,249	8,310	2,636 千人	
	ラジャンプル 地区	12,318	7,620	1,104 千人	
	(ラヤ地区)	(6,291)	6,280	(1,121 千人)	

出典：Punjab Development Statistics 2003, Bureau of Statistics, Government of the Punjab

主要受益地区の 3 地区での土地利用の状況を下表に示す。

(単位：千 ha)

区 分	D G カーン 地区	ラジャンプル 地区	ムザファルガ 地区	備考	
耕地面積合計（報告面積）	931	762	831		
耕地	作付け地	295	275	414	
	休耕地	128	116	48	
	計	423	391	462	
非耕地	耕作放棄地	89	302	213	
	森林	21	7	25	
	耕作不適地	398	62	131	
	計	508	371	369	
作付け延面積	カリフ期	177 (60%)	185 (67%)	308 (74%)	カ ッ コ 内 の % は 作 付 率 を 示 す。
	ラ ビ期	178 (60%)	163 (59%)	336 (81%)	
	計	355 (120%)	348 (126%)	644 (156%)	

出典：Punjab Development Statistics 2003, Bureau of Statistics, Government of the Punjab 2001-02

また、2002-03 年における作物別作付け面積は下表のとおりである。

(エーカー)

地区名	D.G.カーン	ラジャンプル	ムザファルガ	合計
延作付け面積	498,999	453,978	994,732	1,947,709
サトウキビ	5,698	14,224	27,872	47,794
綿花	196,524	190,314	398,999	785,837
水稲	82,540	35,978	99,713	218,231
小麦	181,598	150,924	368,216	700,738
その他	32,639	62,538	99,932	195,109

出典：D.G.Khan Zone Office

上表には地域での主要作物が示されており、サトウキビ、綿花、水稲は夏期（カリフ期）作であり、小麦は冬期（ラビ期）作であり綿花の裏作の関係にある。

(2) ウォーターロギング（湛水害）および塩類集積の状況

- ・ タウンサ堰灌漑地域で、塩分集積地域およびウォーターロギング地域が広く存在している。これらの地域では作物の栽培が不可能となっており、耕作放棄地となっている。

ウォーターロギングの地域 (単位：ha)

地区名	耕地面積	塩分集積地域	ウォーターロギング地域
D.G.カーン	931,000	24,617(2.6%)	108(0.01%)
ラジャンプル	762,000	26,034(3.4%)	-
ムザファルガ	831,000	93,392(11.2)	1,166(0.14%)

出典：Punjab Development Statistics 2003, Bureau of Statistics, Government of the Punjab 2001-02

上記表は Punjab Development Statistics 2003 に示されている 3 つの地区（District）における塩分集積地域およびウォーターロギング地域の面積であるが、1998 年のタウンサ堰灌漑システム改修計画調査（F/S）報告書によれば、タウンサ堰掛かりの灌漑地区での地下水位および表層土壌の塩類濃度区分の面積分布は以下のとおりである。

地下水位 (面積：%)

地区	Deep (> 150cm)	Medium (75 ~ 150cm)	Shallow (< 75cm)	Permanent Swamp
D G カーン水路灌漑地区	33	33	31	3
ムザファルガー水路灌漑地区	63*	21	12	4

* 砂丘地を含む

表層土壌の塩類濃度 (面積：%)

地区	Non Saline	Slightly Saline	Moderately Saline	Strongly Saline	Permanent Swamp
D G カーン水路灌漑地区	55	16	9	17	3
ムザファルガー水路灌漑地区	68*	15	4	9	4

* 砂丘地を含む

上記 Punjab Development Statistics 2003 と 1998 年のタウンサ堰灌漑システム改修計画調査（F/S）報告書の 2 つの面積%にはかなりの差が見られる。この差は、Punjab Development Statistics 2003 での調査範囲が限られていたことが原因している可能性もあるが、D G カーン水路灌漑地区およびムザファルガー水路灌漑地区に導入され、現在も継続されているチューブウエル（管井戸）による排水改良プロジェクト SCARP（Salinity Control and Reclamation Project）の効果と考えることができる。

- ・ 地下水の塩分濃度が高い地区は、D.G.カーン水路周辺に広く分布している。このため、当該地域の住民、約 60 万人は、地下水を飲料水として利用することが不可能であり、D.G.

カーン水路及びその支川水路からの灌漑用水を飲料水として利用している。このうち、30万人がD.G.カーン市民であるといわれている。

- ・ D.G.カーン市の大部分では、インダス川沿いの井戸により飲料水を供給しているが、近年供給能力が低下している。D.G.カーン市の水道供給区域以外の地区をはじめ、灌漑用水を飲料水の水源としている地域では、アニュアル・クロージャ期間は、水路から取水できない。よって、この期間の飲料水を確保するため、地域住民はため池に水路からの水を貯留して、この水を灌漑用水取水停止期間（約1ヶ月）の飲料水としている。ため池の貯留水は、飲料水その他、工業用水（代表例：D Gカーン・セメント・ファクトリー）、列車の雑用水（洗面用水等）等に利用されている。大部分のため池利用地区では、池での簡単な沈殿のみの処理であり、水質はかんばしくない。
- ・ また、ムザファルガー水路の上流部にも地下水の塩分濃度が高い地域が存在している。これらの地域においては、約3万人の住民が飲料水を灌漑水路に依存しているとのことである。ムザファルガー水路側では比較的塩分の少ない地下水が得られる地域が多く、飲料水を地下水井戸ポンプに頼っている地域が多い。地下水に塩分が多い地区でも、近くの塩分の少ない井戸からパイプラインにより給水をうけている地区が多くみられる。

第3章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

3-1-1 上位目標とプロジェクト目標

タウンサ堰は以下の問題を抱えている。

- 1) 施設老朽化に伴いゲート開閉機能の低下が顕著であり、洪水時のゲート操作や取水操作にも支障をきたしている。稼動不能なゲートが増加すれば、洪水の円滑な放水操作ができず、堰そのものの崩壊につながる懸念される。
- 2) ゲート水密機能も低下し、堰から著しい漏水が発生している。
- 3) 堰下流の河床が低下し、エプロン、護床工の損傷が進んでいる。
- 4) イングス川澇筋の偏流のため右岸側にある D.G.カーン水路への土砂の流入・堆砂等が進行し、取水量不足が生じている。

堰の安全性や灌漑システムの適切な運用、操作を確保するため、これらを早急に解決する必要があり、このような状況下、パンジャブ州政府は 堰のゲート施設の改修、 堰体エプロン・護床工の改修、 右岸土砂吐の改造、 堰下流での副堰の建設、 堰上流部の水制工の新設・補強等を計画している。

本無償資金協力事業は、その中で、最も緊急的な対応を要する上記 1)、2)、4) の問題を解決するため、特に劣化が激しいゲート 29 門の改修と、その改修工事に必要なバルクヘッドゲート 5 門の調達等を行うものである。

なお、上記の内、無償資金協力事業で対象としない堰の改修工事については、現在、パンジャブ州がそのための財政支援を世銀に要請、協議中である。

無償資金協力事業が実施され、タウンサ堰ゲートの機能の回復がはかられることにより以下が期待される。

- 洪水を安全に流下できる。
- 堰上流水位が適正に保たれることにより、堰の安定性やパイピングなどに対する安全性が高まる。
- 上流水位が適正に保たれることにより取水が安定し、さらには上位目標として地域の農業生産が安定することが期待される。

3-1-2 プロジェクトの概要

現況のタウンサ堰には、左岸土砂吐ゲート（二段扉ゲート）7門、洪水吐ゲート 53 門、閘門 1 門、右岸土砂吐ゲート（二段扉ゲート）4 門があり、いずれも建設後約 45 年が経過し老朽化している。無償資金協力事業ではタウンサ堰の老朽化したゲートの機能回復をはかるために、以下の設備改修を図る計画である。

- 左岸土砂吐ゲート 7 門の 1ft (0.305m) 嵩上げおよび取替
- 洪水吐ゲート 22 門の 1ft 嵩上げおよび改修
- ゲート開閉機 29 門の取替と電動化
- 上部工デッキ 65 門の改修

また現況では、ゲートおよび堰本体の維持管理・補修作業は、毎年 1 月に 20 日間取水が停止されるアニュアル・クロシャー期間での実施に限られており、抜本的改修を行うには不十分な状況にある。よって今後の維持管理の改善をはかるために、以下に示す堰上流側の仮締め切り用ゲートの導入をはかり、必要に応じた十分な維持管理・補修期間が確保できるようにする。

- バルクヘッドゲート 5 門の導入
- バルクヘッドゲート格納施設、ボート、クレーン

また、パンジャブ州ではタウンサ堰に続いて改修予定の堰が複数あり、上記バルクヘッドゲートが他堰に転用できるように計画する。

以上の無償資金協力事業で対象としている主要な改修範囲は、タウンサ堰施設で早急に改修する必要性の高いゲートに関する範囲である。一方、タウンサ堰では堰構造本体の耐久性も低下しているため、パンジャブ州政府はタウンサ堰に関するフィージビリティ調査を実施している。フィージビリティ調査は前述した「パンジャブ州堰改修・現代化事業」の中でフィージビリティ調査の実施が承認されている 6 つの堰のうち、タウンサ堰を含む 3 つの堰を対象として実施されており、フィージビリティ調査の調査名は、“Feasibility Study for Punjab Barrages Rehabilitation Project Phase-I [Taunsa, Khanki and Suleimanki]”（以下「パンジャブ F/S」）である。

「パンジャブ F/S」では堰の安定性、安全性を確保するため、土木・水利構造上の補強工事を早急に実施する必要があると結論されており、パンジャブ州政府はそのための財政支援を世銀に要請している。世銀の支援計画は無償資金協力に含まれない改修範囲が対象で、堰本体の構造的改修、日本が手がけないゲート等の近代化（電化）技術支援からなる。

このように、無償資金協力事業で対象としている主要な改修範囲は、緊急を要するゲート施設の改修に関する範囲であり、他方のパンジャブ州 6 堰を対象とする事業では、タウンサ堰の改修に関しては水利構造物の改修を基本的に対象としている。従って、タウンサ堰改修に係る上記 2 つの改修事業はそのスコープを重複するものではなく、社会・経済・環境に大きく影響するタウンサ堰機能の完全な回復を図るために互いに事業を補間し合うものである。

3-2 協力対象事業の基本設計

3-2-1 設計方針

3-2-1-1 基本方針

当該プロジェクトにおける基本方針を以下のとおりとする。

無償資金協力の範囲については、予備調査で提案された協力範囲を基本とする（1-2-2 要請内容参照）。

タウンサ堰施設で、当該無償資金協力での改修対象は、改修の緊急性が高く、かつ高度な技術が必要とされる部分とする。

「パ」国側で計画されているタウンサ堰施設改修計画において、無償資金協力事業で改修される施設以外は「パ」国側が実施する。

我が国の設計基準を基本とし、「パ」国側の実施機関および担当技術者の実施能力、実施容量に配慮した改修計画とする。

無償資金協力により整備される設備、機材の運営・維持管理は、パンジャブ州灌漑電力局タウンサ堰管理事務所が行うものとする。

緊急性の高い事業であることから、早期に着工する。

現況の灌漑用水路の通水能力不足を解消するため、全ての堰ゲートを 1ft (0.305m) 嵩上げする。

ゲート支承形式は、ゲート戸溝部の改修が困難なことから、現状のストーンゲートタイプを踏襲する。

改修検討の対象とする土砂吐ゲートは左岸側の 7 門、洪水吐ゲートは右岸側の 59, 60, 61 番^{*}以外のゲートとする。洪水吐ゲート 59, 60, 61 番および右岸土砂吐ゲート 4 門は操作性が悪化しているものの、カチ水路建設計画に関連して「パ」国側により整備されるものとする。なお、取水ゲートはいずれも良好に機能が保たれており、改修検討対象としない。

ゲート改修に必要な堰上流の仮締切方法に関しては、機能性、水密性、経済性の観点からバルクヘッドゲート方式とする。

バルクヘッドゲートはパンジャブ州内のタウンサ堰以外の他堰の改修に利用可能な設計とする。仮締切用ゲートがタウンサ堰に導入される場合には、仮締切用ゲートの格納、維持管理ヤードをタウンサ堰左岸上流約 450m の位置に計画する。

ゲート開閉装置、スーパー・ストラクチャーに関しては、現状の問題点に十分配慮し、最適なものに改善する。

^{*} 右岸側洪水吐ゲート 59,60,61 番の 3 門は、「パ」国で建設中のカチ水路建設事業で土砂吐ポケットの拡張計画に合わせて洪水吐ゲートから土砂吐ゲートに変更される予定である。

毎年 1 月に実施されるアニュアル・クロージャー期間（堰本体の補修や水路の浚渫などの維持管理を目的として毎年 1 月に約 20 日間だけ全ゲートを全開して補修作業を行う期間。したがって、この期間は用水路側の取水工ゲートは全閉となり、取水は停止される）は、「パ」国との協議結果により 30 日間として工事計画を行う。

護床工等、堰土木施設の改修工事が「パ」国側により無償資金協力事業と並行して進められる計画であるが、両者の施設・工事が整合したものとなるように計画する。

無償資金協力事業が周辺環境や堰の農業用水取水操作などに影響しない計画とする。

既存タウンサ堰の水利施設の操作・運用に関する調査結果をレビューし、無償資金協力により改修される施設との関連で改善が必要と考えられる場合にはその改善策を提案する。

「パ」国側で進められる事業のパンジャブ F/S 調査結果の内容をレビューし、必要に応じ技術的な提案を行う。

3-2-1-2 自然条件に対する方針

自然条件に対する方針は次のとおりとする。

- ・ タウンサ堰における過去 10 年間の年間降雨量は 35mm～488mm の範囲にあり年平均雨量は 209mm と非常に少ない。このような半乾燥地の降雨特性に適合した設計とする。
- ・ タウンサ堰近傍のムルタン市の気温は、6 月の月平均最高気温が最も高く 42.3 度にも達し、月平均最低気温は 1 月の 4.5 度である。このような気温特性に適合した設計とする。
- ・ 鋼構造物に影響の大きい酸性雨や塩水の遡上などは、タウンサ堰周辺では見られないので、このような影響を考慮する必要はない。
- ・ 過去 5 年間のタウンサ堰の上下流水位および上流流量は次図のとおりであり、これらの水位・流量特性に合致した設計とする。

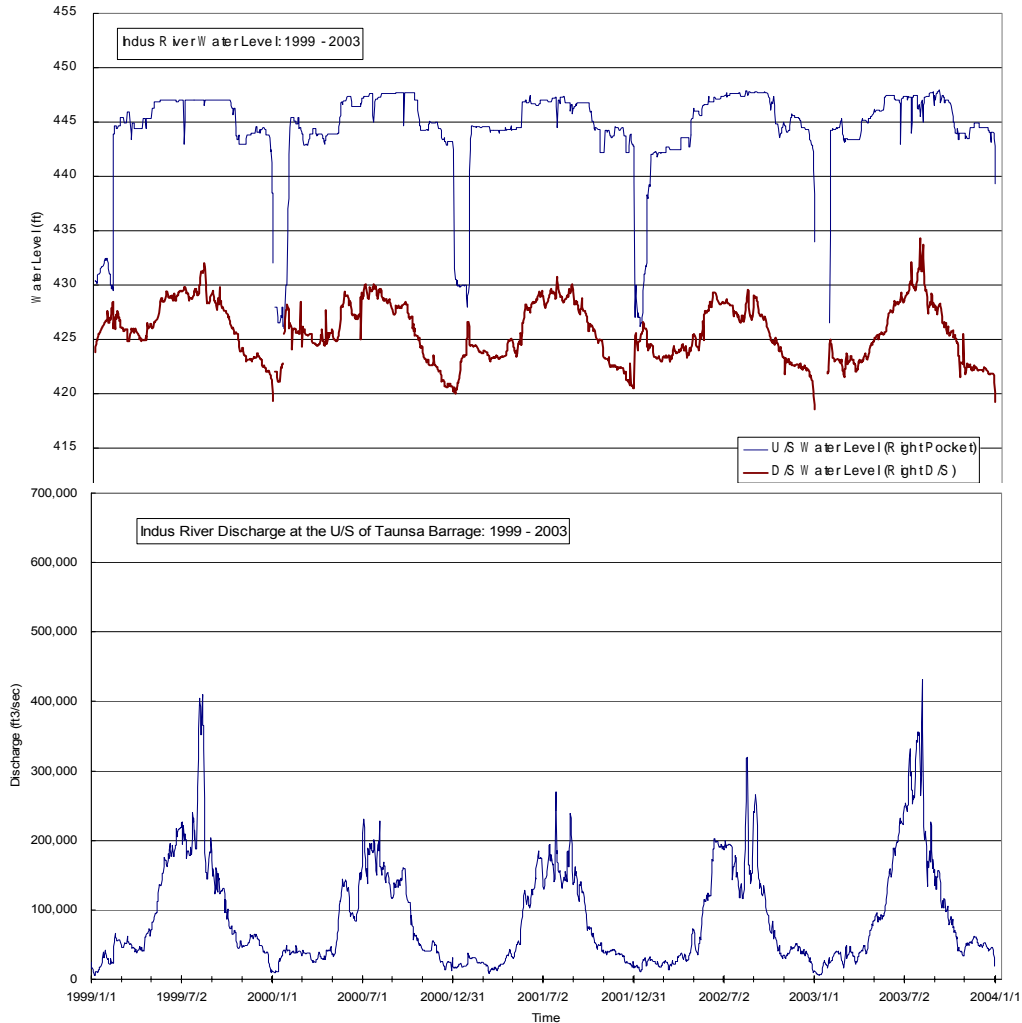


図 3-2-1.1 タウンサ堰の上下流水位および上流流量

3-2-1-3 地質・土質条件に対する方針

タウンサ堰周辺の地質は、粒径の細かい砂から粗い砂までを含む洪積層となっており、石灰分を多く含んでいる。西側の一部の地域（カチ水路建設予定地周辺）には比較的柔らかい粘性土が存在する。乾期にはこれらの粘性土は乾燥してひび割れが発生しやすい。

(1) 地質・土質構成および構造

タウンサ堰の基礎地質および土質に関しては、JICAにより実施された「タウンサ堰灌漑システム改修計画調査（平成10年8月）」（以下「F/S調査」）において、詳細な調査が行われている。その地質調査結果によると、

インダス川のタウンサ堰付近における河床勾配は $1/5,000 \sim 1/10,000$ である。タウンサ堰建設前のインダス川はこの堰付近で川幅が約13kmであり、この幅のなかで洪水のたびに砂州が消長を繰り返し、河道は蛇行してきた。タウンサ堰付近のインダス川は平均最大流量（2～3年確率洪水量： $Q = 13,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ ）河床勾配（ $1/5,000$ ）低水路幅（2～3km）から推測すると、

細砂の堆積する条件にある。

ボーリング調査結果によると、深度 40m までの基礎地盤はほぼ均質な細砂から構成される洪積層である。地盤構成材料の粒度分布は、0.9 ~ 0.3mm が 3 ~ 16%、0.15 ~ 0.3mm が 84 ~ 92%、0.15mm 以下が 1 ~ 10% であり、調査全カ所ではほぼ同じである。透水係数は粒度分布から $1 \sim 2 \times 10^{-2}$ cm/sec と推定される。

N 値は場所により異なるが、深度の増加と共に大きくなる。地表(標高 134 ~ 140m = 440 ~ 459ft) から約 5m の深さまでの N 値は 15 より低い箇所がある。これより深く、深度 5 ~ 10m 層は N 値が 15 ~ 30 である。深度 15m 以上は N 値 50 以上となる。

基礎地盤の長期許容支持力は次のとおりとする。

- ・ 標高 130m (= 425ft) 付近の河床部： 15 tf/m²
- ・ 標高 125m (= 410ft) 付近の基礎地盤： 30 tf/m²
- ・ 標高 120m (= 395ft) 付近の支持地盤： 50 tf/m²

(2) 土質条件

地質調査結果から、タウンサ堰設計のための土質条件(インダス堆積層・砂質土：R.L.395ft ~ 410ft (EL.120m ~ 125m)) は、次のとおりとする。

土の単位体積重量

砂質土層の単位体積重量は自然状態で 1.8t/m³ 程度であることから、土の単位重量は次のとおりとする。

- ・ 乾燥土： 1.6 t/m³
- ・ 湿潤土： 1.8 t/m³
- ・ 水中土： 2.0 t/m³

土の内部摩擦角

砂質土層の N 値が 15 ~ 30 であることから、土の内部摩擦角は $= \sqrt{15 \cdot N} + 15$ により、次のとおりとする。

- ・ 平均 N 値： N = 15
- ・ 内部摩擦角： $= \sqrt{15 \times 15} + 15 = 30^\circ$

土の粘着力

砂質土層の土の粘着力は微少である。従って、土の粘着力は見込まないものとする。

- ・ 土の粘着力： C = 0 kgf/cm²

3-2-1-4 洪水吐・土砂吐ゲートに対する方針

(1) 土砂吐ゲートの扉体形式

土砂吐ゲートの設計条件

土砂吐ゲートの設計条件は次のとおりとする。

1) ゲート扉体形式

既設土砂吐ゲート扉体形式は「鋼製トラス構造ローラーゲート」であるが、扉体を全面改修する場合には、次の理由により「鋼製プレートガーダ構造ローラーゲート」を採用する。(表 3-2-1.2 参照)

- ・ 約 50 年前の堰建設当時は、鋼材の品質・製作技術の問題から、リベット継手が主流であった。リベット継手で組み立てやすい構造として、長径間ゲートでは「鋼製トラス構造ローラーゲート」が採用された。
- ・ しかし、プレートガーダ構造に比較して、トラス構造では部材点数が多く、扉体重量が重くなる傾向にあること、および維持管理時の塗装塗り替えが難しい等のデメリットがある。
- ・ 近年、ミルメーカーの鋼板・鋼材製作技術が向上し、幅広の鋼板も容易に製作できるようになり、溶接技術の向上に伴いプレートガーダ構造での製作が容易でかつ安価にできること、および塗装替えが容易であることから、一般的な扉体形式は「鋼製プレートガーダ構造ローラーゲート」を採用している。
- ・ 今日ではプレートガーダ構造に比較して、トラス構造は複雑な構造となるため、製作・運搬および据付に関して高い精度が要求され、コストが割高となる。

2) 設置数

設置数は、左岸土砂吐ゲートの 7 門とする。

3) 純径間

既設堰柱を利用する関係で、純径間は既設と同様の 60 ft (= 18.288m) とする。

4) ゲート敷高

ゲート敷高は現状のまま RL. 425.00 ft とする。

5) ゲート天端標高および扉高

パンジャブ州堰改修・現代化事業で計画されている堰上げ水位は、RL. 447.00 ft であり、ゲートの余裕高 1.00 ft を見込み、ゲート天端標高および扉高は次のとおりとなる。

- ・ ゲート天端標高 = 堰上げ水位 : RL. 447.00ft + 余裕高 : 1.00ft = RL. 448.00ft
- ・ 扉高 = ゲート天端標高 : RL. 448.00ft - ゲート敷高 : RL. 425.00ft = 23.00 ft (= 7.01m)

6) 設計水位および設計水深

- ・ 設計水位（上流側） = ゲート天端標高：RL. 448.00ft
- ・ 設計水位（下流側） = ゲート敷高：RL. 425.00ft
- ・ 設計水深（上流側） = 設計水位：RL. 448.00ft – ゲート敷高：RL. 425.00ft
= 23.00 ft (= 7.01m)
- ・ 設計水深（下流側） = 設計水位：RL. 425.00ft – ゲート敷高：RL. 425.00ft
= 0.00 ft (= 0.00m)

7) 操作水位および操作水深

- ・ 操作水位（上流側） = ゲート天端標高：RL. 448.00ft
- ・ 操作水位（下流側） = ゲート敷高：RL. 425.00ft
- ・ 設計水深（上流側） = 操作水位：RL. 448.00ft – ゲート敷高：RL. 425.00ft
= 23.00 ft (= 7.01m)
- ・ 設計水深（下流側） = 操作水位：RL. 425.00ft – ゲート敷高：RL. 425.00ft
= 0.00 ft (= 0.00m)

8) 設計堆砂高

現状の堆砂状況を考慮し、ゲート前面の堆砂高は次のとおりとする。

- ・ 設計堆砂高 = 堆砂標高：RL. 431.00ft – ゲート敷高：RL. 425.00ft = 6.00 ft (= 1.83m)

9) 水密方式

- ・ 水密方式：前面 3 方ゴム水密

10) 開閉装置

既設土砂吐ゲートは、本堰の上部工デッキが連続していることから、「1 モータ 2 ドラム ワイヤロープウインチ式」を採用している。改修される土砂吐ゲートの開閉装置も、機構が簡単で経済性に有利な「1 モータ 2 ドラム ワイヤロープウインチ式」を採用する。

11) 操作方式

ゲート開閉時の安全性を考慮して、機側での電動操作とする。ただし、電動機等の故障に備えて、補助操作として人力操作が可能な様に計画する。

12) 開閉速度

既設ゲートの開閉速度（0.05 m/min.）では、洪水時のゲート操作に遅れが生じるため、パンジャブ州堰改修・現代化事業の設計基準により、ゲートの開閉速度は 1 ft/min. = 0.30 m/min. とする。

13) 揚程

ゲートの揚程は次のとおりとする。

- ゲートの揚程 = 巻上時下端標高：RL. 457.00ft – ゲート敷高：RL. 425.00ft
= 32.00 ft (= 9.75 m)

14) 許容応力度および許容たわみ度

日本の水門鉄管技術基準による。ただし、許容たわみ度については 1/800 と規定しているが、これは径間 25 ~ 30m 程度までを対象として規定したものである。同様の変形量に抑えることで水密機能は確保できると考え、今回対照ゲートの径間が 18m であることを考慮し、許容たわみ度を 1/600 に緩和することとする。

土砂吐ゲートの扉体形式

これまでの調査結果を考慮した上で、今回調査で確認した漏水状況および使用頻度の高さから、改修方法を比較検討する。

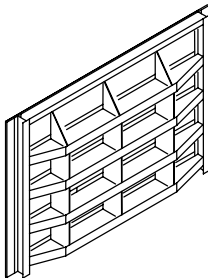
改修方法としては、次の 3 方式が考えられる。

- 案：2 段扉部分改修
- 案：2 段扉全面改修（取替）
- 案：1 段扉に変更改修

土砂吐ゲートの改修方法は、次の理由により「案：1 段扉に変更改修」を採用する。

- ゲートを 2 段扉構造とする目的は、堰上げ水位および下流放流量の制御を容易にするためである。タウンサ堰において、約 50 年間の運用実績から、河川流量：450,000 ft³/sec までは土砂吐ゲートは全閉として、53 門の洪水吐ゲートの操作で堰上げ水位および下流放流量の制御を実施してきた。
- 従って、堰上げ水位および下流放流量の制御のために、土砂吐ゲートを 2 段扉構造とする必要はない。
- 土砂吐ゲートが排砂機能を十分発揮するためには、常時土砂吐ゲートからのアンダーフロー放流として、土砂吐ポケットに堆積した土砂を常時放流水と同時に排砂するゲート操作が要求される。
- この様にゲート操作頻度の高い土砂吐ゲートを 2 段扉構造とすると、上下段扉を同調させながら操作する必要がある。従って、操作頻度の高い土砂吐ゲートは、操作性の良い 1 段扉構造とする。
- 2 段扉ゲートの中間放流の場合、多量の異物が下段ローラガード内に侵入して、ローラ支承部に噛み込みローラ回転に支障をきたす。これを防止するため、下段扉に高さ 14 ft の整流板を新設する必要がある（整流板新設費用は扉体改修費の約 20% である）。
- 経済性は、2 段扉ゲートに整流板新設費を見込んだ場合、案：1 段扉に変更改修が 3 案中最も安価である。

表 3-2-1.1 土砂吐ゲートの改修方法

	案：2 段扉部分改修 (鋼製トラス構造)	案：2 段扉全面改修 (鋼製プレートガーダ構造)	案：1 段扉に変更改修 (鋼製プレートガーダ構造)
概要図			
扉体	上下段扉端縦桁、整流板、ゲート支承部、下段扉底部嵩上および底部・段扉間水密部を改修する。	プレートガーダ構造の 2 段扉に全面取替。	プレートガーダ構造の 1 段扉に全面取替。
戸当り	戸当りは既設を利用し、トラックプレートのみ改修する。	戸当りは既設を利用し、トラックプレートのみ改修する。	戸当りは既設を利用し、トラックプレートのみ改修する。
開閉装置	電動化含め全面改修(上段用、下段用の 2 基)	電動化含め全面改修(上段用、下段用の 2 基)	電動化含め全面改修(1 基)
水密機能	上下段間の水密が必要となる。	上下段間の水密が必要となる。	1 段扉構造につき、上下段扉間が生じない。
排砂機能	底部からの放流による排砂が可能。	底部からの放流による排砂が可能。	底部からの放流による排砂が可能。
操作性	下段扉操作時、上段扉の同時操作が必要となり、操作性が劣る。	下段扉操作時、上段扉の同時操作が必要となり、操作性が劣る。	1 段扉構造につき、上下段扉の同時操作が生じないため、操作性が優れている。
経済性	約 105 %	約 125 %	100 %
評価			

(2) 洪水吐ゲート改修方法と改修門数

洪水吐ゲートの設計条件

洪水吐ゲートの設計条件は次のとおりとする。

1) ゲート扉体形式

- ・ 既設洪水吐ゲート扉体形式は「鋼製トラス構造ローラーゲート」である。今回改修では、これまでの調査結果を考慮し、扉体のうち、損傷が激しい端縦桁のみを改修するものとする。

2) 改修門数

改修門数は、後述の点検補修実績における補修内容・補修頻度から判断した 22 門とする。

3) 純径間

既設堰柱を利用する関係で、純径間は既設と同様の 60 ft (= 18.29m) とする。

4) ゲート敷高

ゲート敷高は現状のまま RL. 428.00 ft とする。

5) ゲート天端標高および扉高

パンジャブ州堰改修・現代化事業で計画されている堰上げ水位は、RL. 447.00 ft であり、ゲートの余裕高 1.00 ft を見込み、ゲート天端標高および扉高は次のとおりとなる。

- ・ ゲート天端標高 = 堰上げ水位 : RL. 447.00ft + 余裕高 : 1.00ft = RL. 448.00ft
- ・ 扉高 = ゲート天端標高 : RL. 448.00ft - ゲート敷高 : RL. 428.00ft = 20.00 ft (= 6.096m)

6) 設計水位および設計水深

- ・ 設計水位 (上流側) = ゲート天端標高 : RL. 448.00ft
- ・ 設計水位 (下流側) = ゲート敷高 : RL. 428.00ft
- ・ 設計水深 (上流側) = 設計水位 : RL. 448.00ft - ゲート敷高 : RL. 428.00ft
= 20.00 ft (= 6.10m)
- ・ 設計水深 (下流側) = 設計水位 : RL. 428.00ft - ゲート敷高 : RL. 428.00ft
= 0.00 ft (= 0.00m)

7) 操作水位および操作水深

- ・ 操作水位 (上流側) = ゲート天端標高 : RL. 448.00ft
- ・ 操作水位 (下流側) = ゲート敷高 : RL. 428.00ft
- ・ 設計水深 (上流側) = 操作水位 : RL. 448.00ft - ゲート敷高 : RL. 428.00ft
= 20.00 ft (= 6.10m)
- ・ 設計水深 (下流側) = 操作水位 : RL. 428.00ft - ゲート敷高 : RL. 428.00ft
= 0.00 ft (= 0.00m)

8) 設計堆砂高

現状の堆砂状況を考慮し、ゲート前面の堆砂高は次のとおりとする。

- ・ 設計堆砂高 = 堆砂標高 : RL. 431.00ft - ゲート敷高 : RL. 428.00ft = 3.00 ft (= 0.91m)

9) 水密方式

- ・ 水密方式 : 前面 3 方ゴム水密

10) 開閉装置

既設洪水吐ゲートは、本堰の上部工デッキが連続していることから、「1 モータ 2 ドラム」ワ

ワイヤーロープウインチ式」を採用している。改修される洪水吐ゲートの開閉装置も、機構が簡単で経済性に有利な「1モータ2ドラム ワイヤーロープウインチ式」を採用する。

11) 操作方式

ゲート開閉時の安全性を考慮して、機側での電動操作とする。ただし、電動機等の故障に備えて、補助操作として人力操作が可能な様に計画する。機側操作盤には将来、遠隔操作を行うようになった場合に備え、信号取出用の接点を準備しておくこととする。

12) 開閉速度

既設ゲートの開閉速度(0.05 m/min.)では、洪水時のゲート操作に遅れが生じるため、パンジャブ州堰改修・現代化事業の設計基準により、ゲートの開閉速度は1 ft/min. = 0.30 m/min.とする。

13) 揚程

ゲートの揚程は次のとおりとする。

$$\begin{aligned} \cdot \text{ゲートの揚程} &= \text{巻上時下端標高：RL. 457.00ft} - \text{ゲート敷高：RL. 428.00ft} \\ &= 29.00 \text{ ft} (= 8.84 \text{ m}) \end{aligned}$$

14) 許容応力度および許容たわみ度

日本の水門鉄管技術基準による。ただし、許容たわみ度については1/800と規定しているが、これは径間25～30m程度までを対照として規定したものである。同様の変形量に抑えることで水密機能は確保できると考え、今回対照ゲートの径間が18mであることを考慮し、許容たわみ度を1/600に緩和することとする。

改修方法

今回行うゲート改修は以下の2項目に大別される。

- ・ 現状の不具合改善
- ・ ゲート扉高の1ft嵩上げ

1) 現状の不具合改善

a) 現況の問題点分析

現状、洪水吐ゲート、土砂吐ゲートで発生している不具合は以下の項目である。

- ・ ゲート下端、側部からの漏水
- ・ ゲート開閉荷重の増加
- ・ ローラの脱落
- ・ 開閉装置部品(ピローブロック等)の破損

これらの発生メカニズムは図 3-2-1.2 のとおりであり、根本原因はロッカーアッセンブリ（揺動式ローラ受板）、ローラトレイン、戸当りにあるものと考えられる。

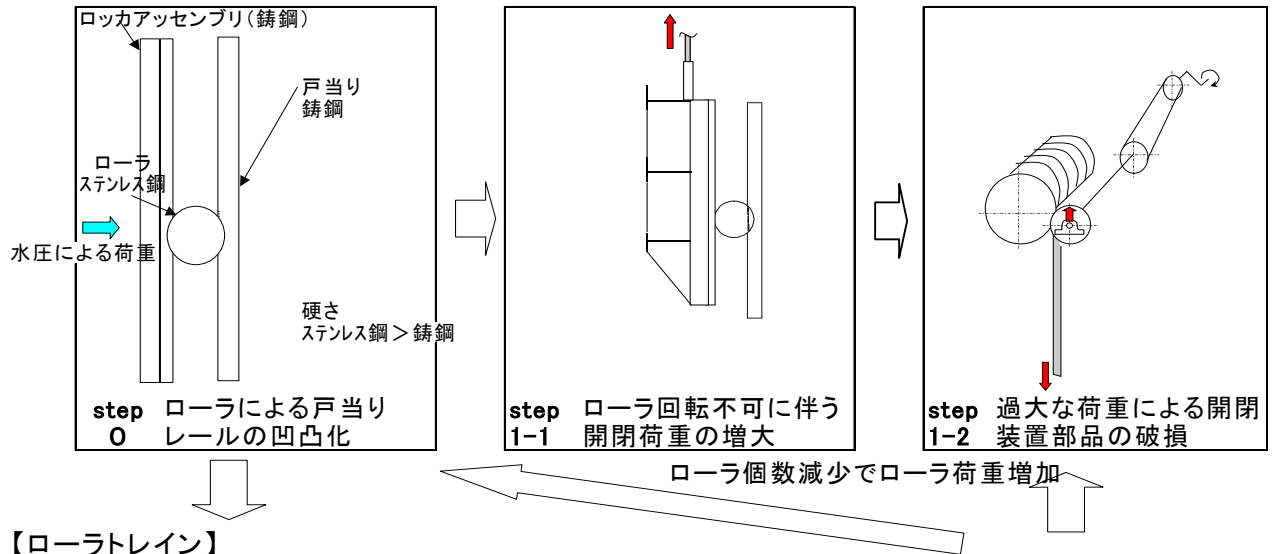
b) 対策の立案

不具合発生メカニズムを踏まえ、今回の設備改造はこれらの不具合発生の原因を排除、改善する。

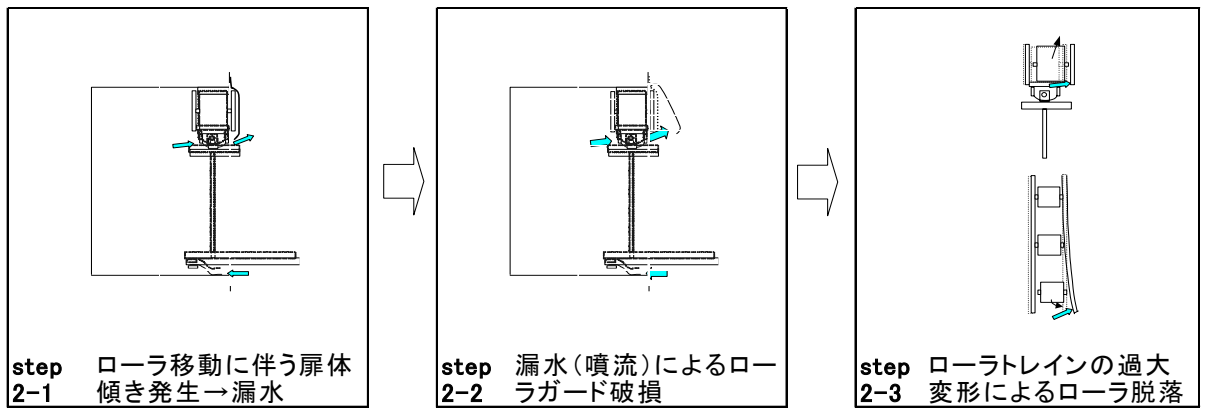
表 3-2-1.2 不具合発生の要因と対策

項目	不具合要因	対策	備考
戸当りレールの凹凸化	ローラの材質がレールの材質より同等か硬い。	レールの材質をローラよりも硬くする。	
底部からの漏水	底部戸当りの凹凸	戸当り金物の更新 底部水密板を水密ゴムに変更し凹凸への対応能力向上	
側部からの漏水	ローラの凹凸による扉体変位 ロッカーアッセンブリの機構・構造不具合	は戸当り/ローラで対応。 ロッカーアッセンブリの機構・構造を変更し新規取替え。	の主要原因としては、ロッカーアッセンブリがうまく回転しないために、扉体側に設計以上の荷重が作用し、不具合が発生したものと考えられる。

【開閉装置】



【ローラトレイン】



【水密板】

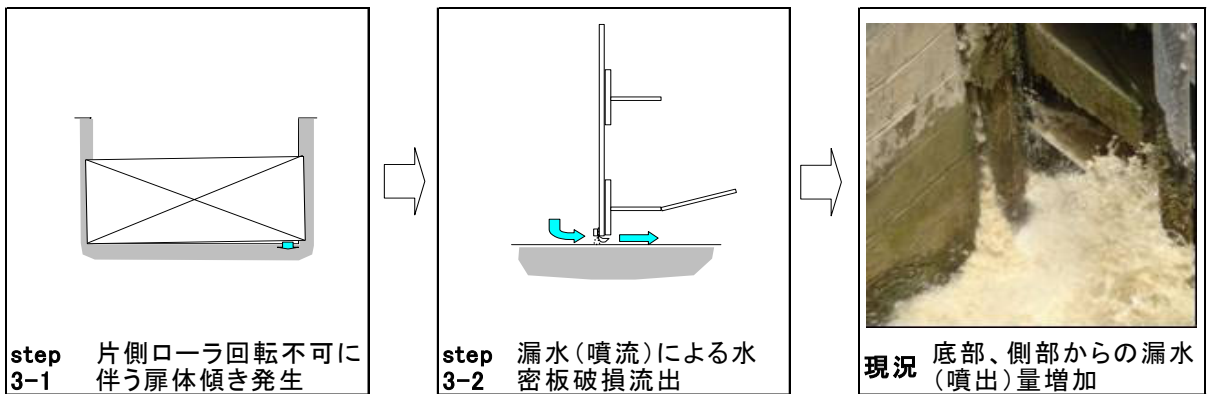


図 3-2-1.2 洪水吐ゲート、土砂吐ゲートの不具合発生メカニズム

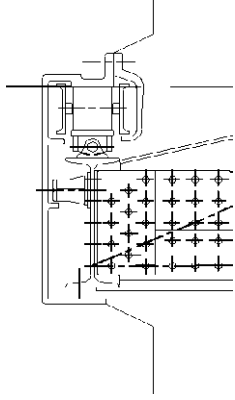
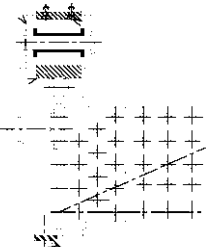
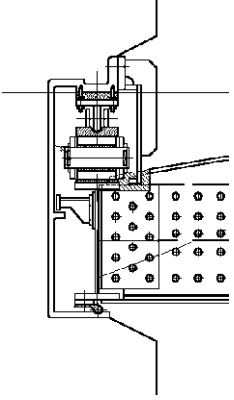
その他、上述の不具合による影響で変形、一部のゲートではクラック発生までに至っている。端縦桁および扉体リップ部の桁を新規の桁に取替る事を基本に詳細検討を行うこととする。

c) 構造詳細

ローラ部(ローラトレイン、ロッカーアセンブリ、戸当り)の構造について現状、F/S 調査、今回提案の比較を表 3-2-1.3 に示す。

タウンサ堰の現況調査、他堰調査結果を基にロッカーアセンブリを現状の扉体取り付け方式から、ロッカーアセンブリ、ローラトレイン等に不具合が生じても扉体への影響の少ない戸当り取り付け方式に変更することとする。

表 3-2-1.3 ローラ部の構造比較

	現状	F/S 調査	今回提案
概要図			
ローラトレイン	ローラ：ステンレス鋼製 戸当り金物とローラガードで脱輪防止	ローラ：鋳鋼製 戸当り金物で脱輪防止	ローラ：鋳鋼製 戸当り金物とローラガードで脱輪防止
ロッカーアセンブリ	扉体取り付け	扉体取り付け	戸当り取り付け
ローラガード	鋳鋼製	なし	戸当りボルト取り付け、鋼板溶接構造
戸当り	鋳鋼一体、ローラレール：鋳鋼	ローラレール：ステンレス鋼	ローラレール：ステンレス鋼
備考	ローラ材料は途中で鋳鋼に逐次変更		Sukkur 堰で実績あり
評価	ロッカーアセンブリ等の不具合により扉体に設計荷重以上の大きな荷重が作用する。	現状に比較して、ロッカーアセンブリの強度が改善される。	ロッカーアセンブリ等に不具合が生じて、扉体への影響は少ない。

改修対象部分を図 3-2-1.3 に示す。

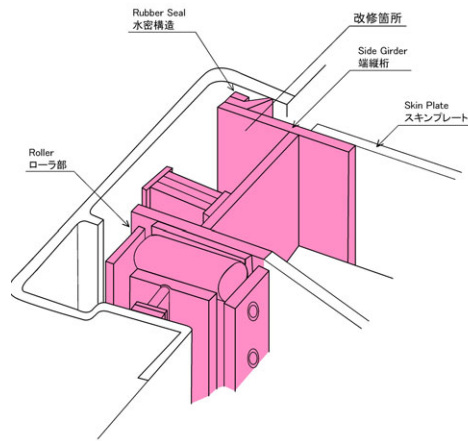


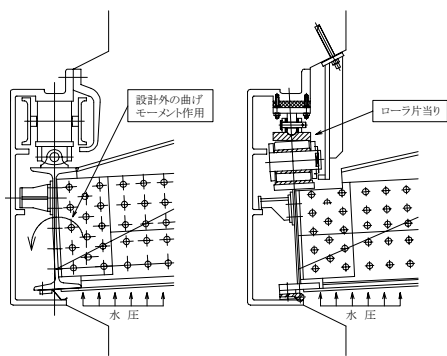
図 3-2-1.3 改修対象部分

今回提案が現状および JICA の F/S 調査案と大きく異なる点はロッカーアッセンブリを扉体側ではなく戸当り側に取り付けた点にある。

いずれの構造についても、設計どおりの機構が機能している場合には問題ない。ただし、ロッカーアッセンブリの揺動機構が腐食、異物の噛み込み等で十分に機能しなくなった場合、ロッカーアッセンブリが扉体側に付いた構造では、端縦桁に設計で考慮していないモーメントが作用することとなるのに対し、ロッカーアッセンブリが戸当り側に付いた構造では扉体にこの様なモーメントは作用しない。

現状の端縦桁の不具合状況を確認した結果、上述のような変形が認められたため、現状および、JICA の F/S 調査案に変え、今回の構造を提案することとした。

その他、現状および JICA の F/S 調査案ではトラックレールに凹凸が生じた場合、現地でトラックレールを切削して補修するしかなく、いずれ大規模な取替え工事が必要となることが考えられる。これに対し、今回提案では、ロッカーアッセンブリの交換で対応可能である。



既 設

今 回 提 案

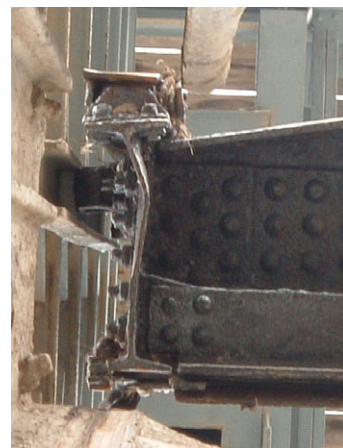


図 3-2-1.5 端縦桁の変形状況

図 3-2-1.4 ローラ部の構造比較

d) 対象改修門数

これまで JICA の F/S 調査、予備調査が行われ、扉体の老朽化（外観目視、板厚測定等）開閉装置の不具合（外観目視、開閉力測定）が確認されている。

今回調査ではこれらの結果を踏まえた上で、過去 5 年間の点検工事内容の実績を考慮し、緊急性のあるゲートを再検討した。

これは、本ゲートは毎年、アニュアル・クロージャ期間に行われる年点検時に不具合のあるゲートは補修されており、1 回の調査では前年の整備内容の相違による影響が大きいと判断したことによる。図 3-2-1.6 は 1998 年の F/S 調査時点、2003 年の予備調査時点および当該調査で判定した不具合ゲートを対比して示した表であるが、調査時点により不具合ゲートが変化している。例えば F/S 調査時点では改修順位が最も高かった No.34 ゲートは事前調査では改修対象外となっている。

全ゲートについての過去 5 年間の改修内容を以下の 3 レベルに区分し、整理した結果を図 3-2-1.7 に示す。

レベル 1：ローラトレインの改修

レベル 2：ローラトレインの改修 + 戸当り改修

レベル 3：ローラトレインの改修 + 戸当り改修 + 開閉装置部品改修

改修内容について以下の判定基準に該当するものを改修対象とすることとした。

レベル 2 以上が 2 回以上あるもの

レベル 3 が 1 回でもあるもの

この結果、洪水吐ゲートについては以下に示す 22 門を改修対象として選定することを提案する。ただし、土砂吐ゲートに変更する計画である右岸側 3 門を除く（2-3 基本設計図-1 参照）。

10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19,

20, 23, 24, 25, 26, 27,

31, 33, 35, 38

55, 58

Gate No.	-1998		1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		Gate No.
	Trouble	Maintenance	Trouble	ranking	Maintenance	Trouble	Maintenance	Trouble	Maintenance	Trouble	Maintenance	Trouble	Maintenance	Trouble	Maintenance	Trouble	
1																	1
2																	2
3																	3
4																	4
5																	5
6																	6
7																	7
8																	8
9																	9
10			■	24												■	10
11			■	7									■			■	11
12			■	12									■			■	12
13				32												■	13
14			■	5									■			■	14
15			■	5									■			■	15
16			■	4									■			■	16
17			■	7									■			■	17
18			■	2									■			■	18
19			■	7									■			■	19
20			■	3									■			■	20
21				45													21
22				41													22
23			■	23												■	23
24				29									★			■	24
25				25												■	25
26				35												■	26
27				25												■	27
28				25													28
29				35													29
30			■	11													30
31				49												■	31
32			■	14													32
33			■	14												■	33
34			■	1													34
35				35									■			■	35
36			■	13									■				36
37				41									★				37
38				51									★			■	38
39				50									★				39
40			■	14													40
41				33													41
42				40													42
43				29													43
44			■	14									■				44
45				38													45
46				38													46
47			■	10									■				47
48				25													48
49				44													49
50				52													50
51				41													51
52			■	14									■				52
53			■	14									■				53
54			■	14									■				54
55				45									■			■	55
56			■	14									■				56
57				33									★				57
58				45									★			■	58
59				45													59
60			■	14													60
61				29													61
62																	62
63																	63
64																	64
65																	65

注： ■ は、F/S 調査では改修対象ではなかったが、予備調査時点で改修対象と判定されたゲートを示す。ま [格子] で示されているゲートは、F/S 調査では改修対象とされていたが、その後の補修により、予備調査時点で改修対象とならなかったゲートを示す。

図 3-2-1.6 改修対象ゲートの比較

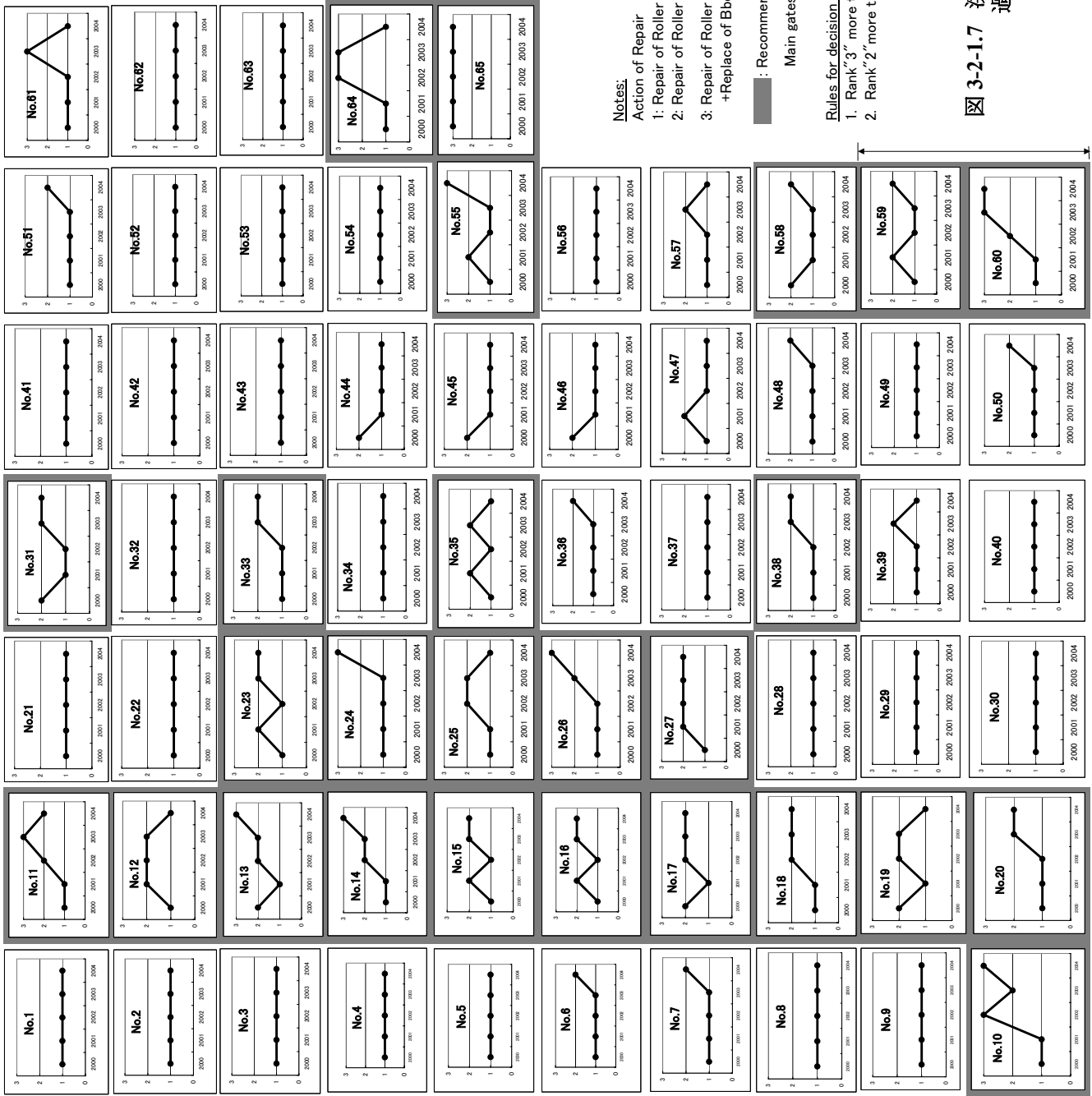


図 3-2-1.7 洪水吐ゲート
過去5年間の補修状況

2) ゲートの 1ft (0.305m)嵩上げ

前述のように今回の改修ではゲート扉高を 1ft 嵩上げすることとなった。嵩上げ方法としては以下の 2 方式が考えられる。

- ・ 天端嵩上げ案
- ・ 底部嵩上げ案

2 方式の比較を表 3-2-1.4 に示す。

今回計画では、嵩上げに伴う作用荷重増加が既設ゲート構造へ及ぼす影響が少ない底部嵩上げ方式を採用することとした。

表 3-2-1.4 洪水吐ゲート嵩上げ方法の比較

		扉体底部嵩上げ案	扉体天端嵩上げ案
概要図			
コンセプト		<ul style="list-style-type: none"> 既設主桁への影響を少なくするために 1ft 分の嵩上げ部材を扉体底部に追加する方法である。 	<ul style="list-style-type: none"> 既設扉体との取合いの容易性を考慮して 1ft 分の嵩上げ部材を扉体上部に追加する方法である。
補強範囲	スキン PL	<ul style="list-style-type: none"> 特に補強なし 	<ul style="list-style-type: none"> 特に補強なし
	主桁補強	<ul style="list-style-type: none"> 底部を嵩上げる分最下段の分担荷重が増加するが余裕代を考慮しても応力的に許容値以内となり、補強の必要はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 上部に嵩上げるため、各段嵩上げ分の水圧荷重が増加するが余裕代を考慮しても応力的に許容値以内となり補強の必要はない。
	嵩上げ材	<ul style="list-style-type: none"> 嵩上げ材は構造的な取合いを考慮して既設のスキン PL・水密ゴム座及び縦補助桁撤去後、スキンプレート及び補助縦桁・横桁で構成された嵩上げ材と斜材を扉体底部に溶接にて取付ける。 底部嵩上げ案の場合、底部水密ゴム座の改修も構造的に兼用となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 扉体最上部にスキンプレート及び枠材で構成される嵩上げ材を新規に溶接にて取付ける。嵩上げ材の背面に取り付けられた斜材により水圧荷重を支持する。
現地施工性		<ul style="list-style-type: none"> 施工手順は最初に扉体を吊った状態で底部の嵩上げ材の改修を行う。本案では底部水密ゴムの改修が兼用となり同時に施工可能となる。 底部作業完了後、扉体を上昇させ、扉体自重を仮設架台に預けて扉体端部の改修を行う。 底部との取合い都合上、スキンプレート切断等既設部材の撤去作業を行う必要がある。 既設スキンプレートについては入熱管理に慎重な作業が要求される T-1 鋼（50 年前の高張力鋼）の溶接を行うため、溶接性に不安がある。 底部嵩上げ及び底部水密ゴムの改修を一括して行えるためトータル的には 2 案と同等の工程となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 施工手順は最初に底部水密ゴムの改修を行い、その後、扉体を上昇させ、扉体自重を仮設架台に預けて扉体端部及び上部嵩上げ材の補強を行う。 底部水密ゴム座が傷んでいるため、既設底部水密ゴム座の撤去作業を行う必要がある。 嵩上げ材を上部桁上に取り付けるため、新設部材と既設スキンプレートとの溶接がなく溶接性の不安はない。 嵩上げ部材と底部水密ゴム座は別々の構造となり、同時に施工できないため、トータル的には 1 案と同等の工程となる。
現地据付期間		洪水吐ゲート改修日数 嵩上げ前工程 + 5 日/門 （計 54 日/門）	洪水吐ゲート改修日数 嵩上げ前工程 + 5 日/門 （54 日/門）
経済性	重量	嵩上げ材：2.0t 合計：2.0t	嵩上げ材：2.0t、底部水密ゴム座：0.5t 合計：2.5t
	概算コスト比較	製作・輸送費：3.6 百万円 撤去費：0.8 百万円 据付費：1.3 百万円 合計：5.8 百万円	製作・輸送費：4.6 百万円 撤去費：0.4 百万円 据付費：1.4 百万円 合計：6.4 百万円
	評価	<ul style="list-style-type: none"> 既設部材の撤去作業・スキンプレートの溶接等でやや作業量が多いが嵩上げ材と底部水密ゴム材が構造的に兼用となるため、製作・据付費で有利となりトータル的には経済的となる。 既設部材に強度的に問題がなく現地工程も 2 案と同等であり経済的にもから採用する。 	<ul style="list-style-type: none"> 底部水密ゴム部の撤去費は作業量が 1 案に比べ少ないため安価となる。しかし、構造的に底部水密ゴム座と上部嵩上げ材が別構造となるため、製作費が高価となり、トータル的には経済的に劣る。 既設微罪に強度的に問題はないものの経済性に劣り現地工程も 1 案と同等であることからあえて採用するメリットはない。

注記：1) 余裕代については既設は考慮していないが本改修で洪水吐ゲートに接水面 0.5mm を見込む条件で検討した。

2) 経済性評価については直工ベースとする。現段階では超概算での工事費であるため、若干の変更がある可能性あり。

(3) ゲート開閉機と電動化

既設ゲートの操作状況

既設洪水吐（53 門）および土砂吐（11 門）ゲートの人力操作状況は次のとおりである。

- 当初計画では、4 人での操作で巻上げ速度：0.05 m/min. (= 10 ft/hr) 巻下げ速度：0.10 m/min. (= 20 ft/hr) で計画されている。
- B/D 現地調査結果では、4～8 人での操作で巻上げ速度：0.05 m/min. (= 10 ft/hr) 巻下げ速度：0.10 m/min. (= 20 ft/hr) であった。

ゲート操作シミュレーション

1) 対象洪水

時間洪水記録のある洪水の内、ピーク洪水量の多い順に第3位までの洪水は次のとおりである。

表 3-2-1.5 ゲート操作シミュレーションの対象洪水

順位	発生年月日	ピーク 洪水量 Q (ft ³ /sec)	洪水量の 最大変化量 Q (ft ³ /sec/hr)	上流水位 U/S WL. (ft)	下流水位 D/S WL. (ft)	上下流水位差 H (ft)
第1位	1992/9/14	655,079	34,749	446.00	434.50	11.50
			-50,228	445.00	434.50	10.50
第2位	1995/7/29	617,096	15,937	446.00	432.20	13.80
			-34,526	446.50	434.20	12.30
第3位	1988/7/21	563,416	23,718	446.00	435.35	10.65
			-31,512	446.50	435.20	11.30

ピーク洪水量および洪水量の最大変化量が最も大きい1992年9月14日の洪水(ピーク洪水量：655,079 ft³/sec = 設計洪水量の65.5%相当)をゲート操作シミュレーションの対象洪水とする。

2) ゲート操作ルール

現行のタウンサ堰ゲート操作規定は、次のとおりである。

- 1) 人力ゲート操作の場合、同時ゲート操作は1門とする。
- 2) 隣り合う洪水吐および土砂吐ゲートの開度差は2 ftを越えないものとする。
- 3) 洪水量：450,000 ft³/sec未滿では、洪水吐ゲートのみの操作とし、土砂吐ゲートは全閉とする。
- 4) 洪水量：450,000 ft³/sec以上では、操作中の全ゲートの中で、土砂吐ゲートは最大開度とし、洪水吐ゲート操作により、堰上流側の水位調節を行う。
- 5) ゲート操作はステップ操作とし、1ステップのゲート開度は2 ftとする。

3) 人力ゲート操作シミュレーション

1992年9月14日の洪水時（ピーク洪水量：655,079 ft³/sec = 設計洪水量の65.5%相当）を想定した人力ゲート操作シミュレーションの結果は次のとおりである（表 3-2-1.6 参照）。

- 1) 1992年9月12日1:00に、ゲート巻上げ時の最大所要ゲート速度は32.00 ft/hr（0.16 m/min.）となり、4門のゲートを同時操作する。
- 2) 1992年9月15日10:00に、ゲート巻下げ時の最大所要ゲート速度は54.00 ft/hr（0.27 m/min.）となり、3門のゲートを同時操作する。
- 3) 人力ゲート操作（同時1門操作、巻上げ速度：0.05 m/min.= 10 ft/hr、巻下げ速度：0.10 m/min.= 20 ft/hr）で対応できない時間帯は巻上げ時8時間および巻下げ時7時間の合計15時間（洪水期間：7日間の8.9%相当）の長時間となる。

ゲート開閉装置の電動化

人力ゲート操作シミュレーション結果から、7日間の洪水期間中8時間はゲートの巻上げ操作遅れが生じ、堰上流側の水位は上昇する。また、延べ111時間もの長時間の人力ゲート操作（7日間の66.1%に相当）が必要となる。従って、適切な洪水流下操作を実現するために、現行の操作体制（10～12人×3シフト体制）を4倍に強化する方法、または開閉速度の増加が必要となる。

パンジャブ州で既に改修工事を受けた堰では、全て電動化された。電動化により、堰ゲートの操作性を向上し、木目の細かい堰水位および流量管理が可能となる。このような堰水位および流量管理は、今後の限られた水資源の有効活用に重要であり、この為に堰ゲートの電動化は必須であるものと判断される。

なお、開閉装置の電動化の対象は扉体改造対象ゲートのみ限定するものとする。これは、扉体構造を未改造の状態の開閉装置のみ電動化した場合、扉体に過大な荷重が作用し、扉体の破壊等重大な不具合発生の危険をともなうことによる。

開閉装置の各 부품の現況についてはこれまでの調査結果にもあるように管理状態としては概ね良好であるが、動力源の変更に伴い、ドラム、ドラムギヤも構造強度上、変更が必要となることから、今回取替ることを提案する。（強度検討結果については後述）

今回現地調査の結果、現状構造では中間ギヤ回りの不具合が多いことから、チェーン機構を用いた中間ギヤ部分を廃し、上部デッキに開閉装置全体を配置する方式に変更することを提案する。

表 3-2-1.6 ゲート操作シミュレーション (1992年9月14日の洪水)

月日時刻	流量 Q (ft ³ /sec)	流量 変化量 ΔQ (ft ³ /sec)	上流側 水位 U/S WL. (ft)	下流側 水位 D/S WL. (ft)	洪水吐ゲートグループ A			洪水吐ゲートグループ B			土砂吐ゲートグループ A			土砂吐ゲートグループ B			合計流量 Q (ft ³ /sec)	合計開度 Σa (ft)	開度速度 V _g (ft/hr)
					開度 a ₁ (ft)	門数 N (門)	流量 Q ₁ (ft ³ /sec)	開度 a ₂ (ft)	門数 N (門)	流量 Q ₂ (ft ³ /sec)	開度 a ₃ (ft)	門数 N (門)	流量 Q ₃ (ft ³ /sec)	開度 a ₄ (ft)	門数 N (門)	流量 Q ₄ (ft ³ /sec)			
9/10 00:00	256,167	0	446.50	431.00	4.00	50	235,855	6.00	3	20,409	0.00	11	0	2.00	0	0	256,264	0	0.00
9/11 18:00	334,951	78,784	444.00	431.90	6.00	50	311,537	8.00	3	23,678	0.00	11	0	2.00	0	0	335,214	106	2.52
9/11 22:00	376,345	41,394	444.00	432.10	6.00	25	156,062	8.00	28	221,452	8.00	11	0	2.00	0	0	377,514	50	12.50
9/12 00:00	376,345	0	444.00	432.10	6.00	25	156,062	8.00	28	221,452	8.00	11	0	2.00	0	0	377,514	0	0.00
9/12 01:00	404,649	28,304	444.00	432.20	6.00	9	56,262	8.00	44	348,539	8.00	11	0	2.00	0	0	404,800	32	32.00
9/12 06:00	404,649	0	444.00	432.20	6.00	9	56,262	8.00	44	348,539	8.00	11	0	2.00	0	0	404,649	0	0.00
9/13 03:00	525,642	120,993	445.00	433.85	8.00	37	307,470	10.00	16	157,900	4.00	8	39,808	6.00	3	21,619	526,797	100	4.76
9/13 04:00	542,364	16,722	445.00	433.90	8.00	37	307,793	10.00	16	158,083	10.00	1	4,980	6.00	10	72,119	542,975	14	14.00
9/13 05:00	542,364	0	445.00	433.90	8.00	37	307,793	10.00	16	158,083	10.00	1	4,980	6.00	10	72,119	542,975	0	0.00
9/13 09:00	544,472	2,108	445.00	434.05	8.00	37	308,033	10.00	16	158,220	10.00	6	43,296	8.00	5	46,327	555,875	12	3.00
9/13 10:00	569,178	14,706	445.00	434.10	8.00	37	308,331	10.00	16	158,389	10.00	10	92,726	8.00	1	11,128	570,574	14	14.00
9/13 12:00	569,178	0	445.00	434.10	8.00	37	308,331	10.00	16	158,389	10.00	10	92,726	8.00	1	11,128	570,574	0	0.00
9/13 20:00	599,587	30,409	445.50	434.25	8.00	37	314,761	10.00	16	162,043	8.00	0	0	10.00	11	124,650	599,587	20	2.50
9/13 21:00	634,336	34,749	446.00	434.50	8.00	37	321,147	10.00	16	165,664	12.00	9	119,552	13.00	2	28,157	634,520	24	24.00
9/13 22:00	640,330	5,994	446.00	434.55	8.00	37	321,269	10.00	16	165,733	12.00	2	26,577	13.00	9	126,756	640,334	7	7.00
9/15 07:00	606,117	-34,213	445.00	435.00	8.00	43	359,239	10.00	10	99,271	13.00	11	149,040	15.00	0	0	607,549	-12	-0.36
9/15 08:00	585,278	-20,839	445.00	434.80	6.00	3	19,656	8.00	50	417,116	13.00	11	148,823	15.00	0	0	585,595	-26	-26.00
9/15 09:00	555,457	-29,821	445.00	434.70	6.00	19	124,264	8.00	34	283,075	13.00	11	148,526	15.00	0	0	555,865	-32	-32.00
9/15 10:00	505,229	-50,228	445.00	434.50	6.00	46	299,992	8.00	7	58,098	13.00	11	148,060	15.00	0	0	506,151	-54	-54.00
9/15 11:00	505,229	0	445.00	434.50	6.00	46	299,992	8.00	7	58,098	13.00	11	148,060	15.00	0	0	506,151	0	0.00
9/15 12:00	479,502	-25,727	445.00	434.40	4.00	6	27,188	6.00	47	306,097	13.00	11	147,838	15.00	0	0	481,122	-26	-26.00
9/15 15:00	479,502	0	445.00	434.40	4.00	6	27,188	6.00	47	306,097	13.00	11	147,838	15.00	0	0	481,122	0	0.00
9/15 18:00	466,639	-12,863	445.00	434.50	4.00	13	58,871	6.00	40	260,337	13.00	11	147,731	15.00	0	0	466,939	-14	-4.67
9/15 21:00	379,289	-87,289	445.00	434.00	4.00	13	58,656	6.00	40	259,298	4.00	7	34,643	6.00	4	28,657	381,253	-91	-30.33
9/16 00:00	366,650	-12,700	445.00	433.90	4.00	13	58,628	6.00	40	259,165	6.00	2	5,114	4.00	9	44,523	367,430	-12	-4.00
9/17 00:00	251,949	-114,701	445.00	430.30	4.00	45	202,223	6.00	8	51,632	6.00	11	0	2.00	0	0	253,855	-104	-4.33

(4) 電動化と操作方法

電動化の対象

電動化の対象ゲートは、前項にて記述のとおり、扉体改修ゲートのみを対象とする。

操作方法

開閉装置を電動化した場合、ゲートの操作方法としては、機側操作と遠隔操作が考えられる。電動化した他堰の遠隔操作利用の実態調査結果は以下のとおりであり、通常は機側操作を原則としている。

- ・ 洪水期のみ使用（Chashma 堰）
- ・ 使用せず（Marala 堰）

遠隔操作とした場合、ゲートの開閉状態を実際に目視せずに操作を行うこととなり非常に危険であること及び上記に示した他堰での利用状況を考慮し、今回は機側操作のみを行う計画とする。ただし、機側操作盤には将来、遠隔操作を行うようになった場合に備え、信号取出用の接点を準備しておくこととする。

(5) 上部工デッキの改修

開閉装置の電動化に伴い、メンテナンス性の改善を目的として上部工デッキの改修を行う。JICA の F/S 調査では木製デッキプレート グレーチングの変更を主体としていたが、今回の現地調査結果から管理フロアの分散化が操作性および維持管理上問題であることが明らかとなったため、最上部デッキにドラム・ドラムギヤも配置して、開閉装置の1フロア化を図り、構造、操作性、メンテナンス性、安全性の改善も図ることとする。

この改善に伴い、スーパーストラクチャーの補強が必要となる。ただし、この改善により、後述のギヤ維持管理用プラットフォームの省略が可能となる。

(6) 上部工デッキの塗装

上部デッキの塗装については通常の点検・補修作業の項目であるため、今回の改修工事からは除外することとする。

(7) 巻き上げドラム・ギヤの改修

開閉装置の各部品の現況についてはこれまでの調査結果にもあるように管理状態としては概ね良好であるが、動力源の変更に伴い、ドラム、ドラムギヤも構造強度上、変更が必要となることから、今回取替の方針とする。

電動化後のドラムギヤの強度検討結果を表 3-2-1.7 に示す。歯車の曲げ強度、歯面の面圧強度とも現状の基準値を満足していない。

表 3-2-1.7 ギヤ強度計算

	曲げ強度安全率		面圧強度安全率	
	計算値	許容値	計算値	許容値
定格時	1.2	5.0	0.05	1.0

(8) ギヤ維持管理用プラットフォーム（足場）

前述のように今回の計画では開閉装置を上部歩廊上に設置することとしている。これに伴い、当初計画されていたギヤ維持管理用プラットフォームは不要となるため、本項目は省略することとする。

3-2-1-5 バルクヘッドゲートに対する方針

(1) 他堰でのバルクヘッドゲート利用の可能性

バルクヘッドゲートの転用について、「パ」国側に確認したところ、ジナ堰とトリム堰を候補として挙げた。これらの2堰について、1) バルクヘッドゲート転用の可能性確認、および2) 転用する堰の構造寸法確認を行い、この2堰への転用が最も効果が大きいと判断される。

転用門数については、1) ゲート再塗装等の通常の維持管理に利用する場合には、タウンサ堰においては5門のバルクヘッドゲートを用いて40門/年（＝8門/年/バルクヘッドゲート×バルクヘッドゲート5門）の施工が可能であり、2年間で全門65門の施工が完了する。2) 塗装サイクルを7年間と予想されるため、再塗装等の維持管理必要な期間は2年間であり、残りの5年間は他の堰への転用が可能となる。

バルクヘッドゲート転用の必要性

バルクヘッドゲートはパンジャブ州では未経験のゲートである。また、タウンサ堰も含めパンジャブ州内のいずれの堰も、仮締め切り用の予備ゲートを保有していない。このため、タウンサ堰と同様にゲートの維持管理はアニュアル・クロージャの短期間に限られており、十分な維持管理ができていない。このような背景から、本件改修工事が完了後、タウンサ堰以外の堰にバルクヘッドゲートを移動して、堰ゲートの改修工事あるいは維持管理に利用することにより、移動先の堰ゲートの改修に必要な期間の短縮と任意の時期での維持管理を可能とする。また改修・維持管理費用の大幅な低減に寄与することが可能である。パンジャブ州内の堰は、堰柱の間隔が約18mでほとんど同じであり、ゲート高さも類似していることから、バルクヘッドゲートの転用は可能である。このように、パンジャブ州のタウンサ堰以外の堰でも、仮締め切り用の予備ゲートを必要としており、無償資金協力で調達されるバルクヘッドゲートがタウンサ堰だけでなく必要としている他の堰に転用され、有効に活用されることにより、事業の効果が広い地域に長期にわたり発揮されることとなり、非常に有効な事業とすることができる。

バルクヘッドゲート転用の可能性確認

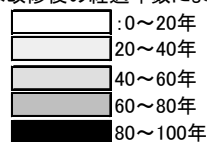
パンジャブ州の堰施設は設置時期から第 期(1890年～1930年)、第 期(1930年～1950年)、第 期(1940年～1980年)に区分され、第 期の堰は1970年前後に世銀プロジェクトで改修されている。

この時期、第 期に該当する堰はまだ改修時期に無かったため、改修されずに現在に至っている。第 期に建設された堰はいずれもゲートレスの頭首工(Head Works)である。第 期に建設された堰はいずれもゲート設備がありスパンは18mである。

表 3-2-1.8 パンジャブ州の堰施設の状況

	Name	Construct	Repair	Type	1)											Condition ²⁾	Notes				
					1890	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990			2000	2010		
I	Khanki	1892		H/W															★	Span=14m	
	Sidhnai	1897	1965								☆								○		
	Rasul	1901	1974									☆							○		
	Malara	1912	1968									☆							○		日立造船製
	Baloki	1913																	-		
	Qadirabad	1967?	1967						?			☆							○		日立造船製
	Chashima	1971																	○		日立造船製
II	Slemanki	1927		H/W														-			
	Isram	1928		H/W														-			
	Punjunad	1929		H/W?														-?			
III	Trimmu	1939																★	ハルクヘッドゲート 転用可能		
	Jinnah	1946																☆			
	Taunsa	1958																☆			

注1) 設置又は改修後の経過年数により以下に示す色分けとした。



☆: 改修実施

2) ○: 設置又は改修後40年以内

☆: 設置又は改修後40～60年

★: 設置又は改修後60年以上

以上より、タウンサ(Taunsa)堰のバルクヘッドゲートの転用先は、通常の維持管理工事でなく改修工事に限った場合、第 期に建設されたジナ(Jinnah)堰、トリム(Trimu)堰に限定される。

ジナ堰、トリム堰の構造寸法確認

バルクヘッドゲートの転用先として最優先と考えられる2堰について堰、ゲートの構造寸法を確認した。2堰の構造寸法を表3-2-1.9に示す。

表 3-2-1.9 堰の構造寸法

堰名	ジナ堰	トリム堰	タウンサ堰
スパン L	18m (60ft)	18m (60ft)	18m (60ft)
高さ H (土砂吐ゲート)	5.5m (18ft)	5.5m (18ft)	6.7m (22ft)
高さ H (洪水吐ゲート)	4.6m (15ft)	4.7m (15.5ft)	6.0m (20ft)

特にトリム堰では扉体部材の腐食が著しく進行しており、扉体下部の取替え工事が行われている。このような状況から、比較的早い時期に扉体改修工事が行われることが予想される。

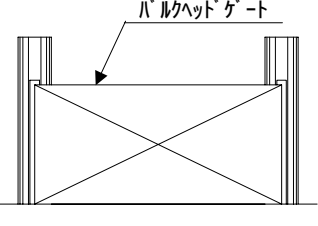
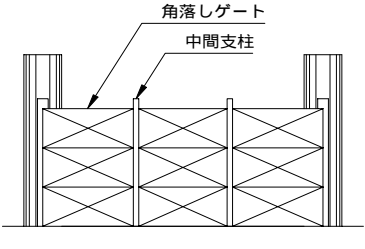
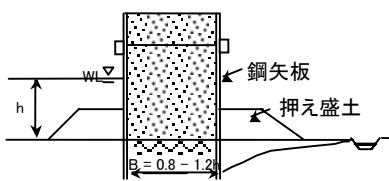
(2) 堰修理用仮締切り方式としてのバルクヘッドゲートの妥当性

堰改修工事および将来の維持管理用仮締切ゲートとしてのバルクヘッドゲートは、次の目的で新規導入を要請されている。

- 無償資金協力事業で行うゲート改修工事のための堰上流側仮締切工
- 「パ」国側負担工事で行うゲート改修工事および堰体、エプロン等の土木工事のための堰上流側仮締切工
- 堰改修工事完了後のゲート再塗装等の通年維持管理用に伴う補修工事のための堰上流側仮締切工

一般に、仮締切方式には、1) バルクヘッドゲート方式、2) 角落しゲート方式 および 3) 鋼矢板締切方式の施工実績がある。その選定に当たっては、機能性、水密性、据付・撤去または施工性、経済性、および繰り返し利用の可能性等を総合的に判断して、仮締切方式を決定する。

表 3-2-1.10 仮締切方式の選定表

仮締切方式	バルクヘッドゲート方式	角落しゲート方式	鋼矢板締切方式
構造			
構造の概要	1) 扉体の型式は密閉ボックス構造。 2) 扉体を沈設または浮上させるための注排水用装置を取り付ける。 3) 逆水圧が作用する場合に備えて、扉体をワイヤ等で固定する必要がある。	1) 扉体の型式はプレートゲート構造。 2) 中間支柱が必要となり、支柱は支柱底部と支柱支持フロアに設けられたアンカーで固定する。 3) 支柱部と底部金物部で水密される。	1) 鋼矢板二重締切構造。 2) 基礎地盤上に、既設コンクリートブロックまたは捨石工が設置されているため、鋼矢板打込み用の盛土が必要となる。
機能性	1) ゲートスパンの違いにある程度対応が可能である。	1) ゲートスパンが 18.3m と長いことから 2 本の中間支柱が必要となる。	1) 仮締切高さが 8.5m となり、使用鋼矢板は 型 × 長さ 9.0m が予想される。 2) 鋼矢板 型は「パ」国での調達が困難である。

仮締切方式	バルクヘッドゲート方式	角落しゲート方式	鋼矢板締切方式
水密性	<ul style="list-style-type: none"> 1) 水圧による水密となるため、多少の漏水が予想される。 2) 改修工事には、多少の漏水は工事中排水ポンプで対処が可能である。 3) 将来の維持管理用（再塗装等）として、多少の漏水は許容される。 	<ul style="list-style-type: none"> 1) 中間支柱、底部および中間接続部と水密延長が長い場合、相当量の漏水が予想される。 2) 改修工事での相当量の漏水に対し工事中排水ポンプでの対処となるが大規模となる。 3) 将来の維持管理用（再塗装等）としては、相当量の漏水が予想されることから困難が予想される。 	<ul style="list-style-type: none"> 1) 基礎地盤上に、既設コンクリート工のまたは捨石工が設置されているため、鋼矢板の根入れ深さが確保できない。 2) 鋼矢板の根入れ深さが不十分なため、基礎地盤から相当量の浸透水が予想される。 3) 改修工事には、相当量の浸透水は工事中排水ポンプでの対処が困難となり、別途ディープウエル等の工事中排水施設工事が必要となる。
据付・撤去又は施工性	<ul style="list-style-type: none"> 1) 扉体はクレーンにより河面に進水浮上させ、設置位置までタグボートで曳航する。 2) 扉体内に注水して、扉体を沈設する。 3) 取外し格納時は、逆の手順で行う。 4) 沈設・取外しには、特殊な技術が必要となる。 5) 扉体 1 門当たりの沈設・取外し工程は、合計 2 日間程度と予想される。 	<ul style="list-style-type: none"> 1) 水深が 7.0m 程度予想されるため、中間支柱の設置・撤去は潜水作業となる。 2) 水中の透明度が低く、中間支柱の設置・撤去の潜水作業は困難が予想される。 3) 角落しの設置・撤去は、併設橋からのクレーン作業となり、この間併設橋の通行止めが必要となる。 4) 扉体 1 門当たりの設置・撤去工程は、合計 5 日間程度と予想される。 	<ul style="list-style-type: none"> 1) 多量の鋼矢板打込み用の盛土（1 門当たり 2,500m³程度）が必要であり、作業台船からの盛土設置・撤去にそれぞれ 5 日間程度が必要である。 2) 作業台船からの鋼矢板打設・撤去および中詰め土砂設置・撤去には扉体 1 門当たり合計 20 日間程度が必要と予想される
既設堰柱への設置性	<ul style="list-style-type: none"> 1) 水密性を高めるため、既設工の間に敷き金物、また堰柱側面にサイド戸当り金物を埋設する必要がある。 2) 改修工事等の作業スペースを確保するため、バルクヘッドゲート下流面と本ゲート上流面との間隔を 3m 以上確保する。従ってバルクヘッドゲートの扉体形状を配慮する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 1) 扉体支持のため、既設堰柱に角落し溝を設置する必要がある。 2) 既設堰柱には、角落し溝設置区間が本ゲート上流面から 2.1m しかなく、改修工事等の作業スペースを確保できない。 	<ul style="list-style-type: none"> 1) 仮締切は既設堰柱から離れて設置するため、既設堰柱への影響はない。 2) 改修工事等の作業スペースを自由に確保できる。
繰返し利用性	<ul style="list-style-type: none"> 1) 可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 1) 可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 1) 不可能である。
他の堰への転用性	<ul style="list-style-type: none"> 1) 「パ」国では大規模堰のゲートスパンおよび堰柱厚さは統一されており、扉高：22ft 以下の堰には転用可能である。 2) バルクヘッドゲート用の敷き金物およびサイド戸当り金物を新設する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 1) 「パ」国では大規模堰のゲートスパンおよび堰柱厚さは統一されており、扉高：22ft 以下の堰には転用可能である。 2) 角落しゲート用の戸溝、敷き金物およびサイド戸当り金物を新設する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 1) 他の堰への転用が不可能である。
経済性	<ul style="list-style-type: none"> 1) 耐用年数：50 年間とする。 2) 7 年ペイント周期で 91 回使用。 3) 経済性（仮締め切り 1 回 1 門当たり）：3,503 千円 	<ul style="list-style-type: none"> 1) 耐用年数：50 年間とする。 2) 少量の漏水対策費を含む。 3) 7 年ペイント周期で 91 回使用。 4) 経済性（仮締め切り 1 回 1 門当たり）：3,651 千円 	<ul style="list-style-type: none"> 1) 50 年間に 7 回設置・撤去とする。 2) 基礎地盤からの浸透水対策費をふくむ。 3) 経済性（仮締め切り 1 回 1 門当たり）：11,360 千円

仮締切方式	バルクヘッドゲート方式	角落しゲート方式	鋼矢板締切方式
総合評価	1) 機能性および操作性が他の方式に較べて最も優れている。 2) 水密性および既設堰柱への設置性は優れている。 3) 繰り返し利用および他の堰へ転用も可能である。 4) 最も経済性に優れ、確実な施工ができる。	1) 機能性が優れている。 2) 繰り返し利用および他の堰へ転用も可能である。 3) 水密性および既設堰柱への設置性は劣る。 4) 水中の透明度が低いことから、据付・撤去は大変な困難が予想され、施工の確実性は低い。 5) 経済性はバルクヘッドゲート方式に劣る。	1) 既設堰柱への設置が容易である。 2) 機能性、水密性および施工性が劣る。 3) 繰り返し利用および他の堰への転用ができない。 4) 経済性は最も不利である。

堰修理用仮締切方式としては次の理由により、「バルクヘッドゲート方式」を採用する。

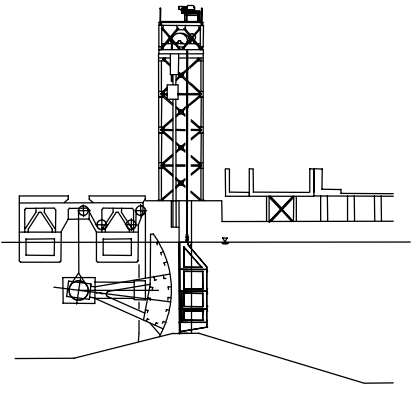
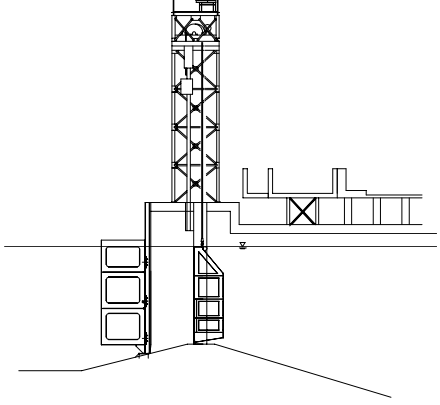
- 1) 本プロジェクトのゲート改修工事の特徴は、渇水期（10月中旬～翌年5月中旬の8ヶ月間）の限られた工事施工期間となるため、仮締切設置・撤去期間の短い「バルクヘッドゲート方式」または「角落し方式」が優れている。
- 2) 本河川の堰地点は、極めて透明度が低い（10～20 cm程度）ため、「角落し方式」の中間支柱の据付は困難が予想される。
- 3) 本堰の堰柱形状（導流壁等の有無）が異なるため、ゲートスパンの多少の違いに対応できる「バルクヘッドゲート方式」が優れている。
- 4) 良品質の工事を期待するには、ゲート敷き金物の取替および溶接工事中は、完全なドライワークを求められる。このため、水密性の良い「バルクヘッドゲート方式」が優れている。
- 5) 既設堰柱への設置方法は、既設堰柱およびエプロンに止水金物を設置することにより対応できる、「バルクヘッドゲート方式」が優れている。
- 6) 本堰での繰り返し利用および他堰への転用の可能性においては、据付・撤去が容易な「バルクヘッドゲート方式」が優れている。
- 7) ゲート設置・撤去1回当たりの費用での経済性比較では、「バルクヘッドゲート方式」が最も安価である。

(3) バルクヘッドゲートのタイプ

バルクヘッドゲートの「パ」国での実績は Sukkur 堰、Kotri 堰がある。このうち、Sukkur 堰のバルクヘッドゲートはポンツーン形式と呼ばれ、ポンツーン（浮船）と仮締切りゲートは別構造となっている。

ポンツーン形式と Kotri 堰及び日本で実績のあるバルクヘッド形式についての比較を表 3-2-1.11 に示す。

表 3-2-1.11 バルクヘッドゲートの形式比較

	ポンツーン形式	バルクヘッド形式
概要図		
水密性能	構造的に側部水密となるため、堰柱側面で水密する必要がある。 堰柱の出来形に影響を受け易く側部水密の水密性に劣る。	堰柱先端で水密する構造であるため、ポンツーン形式に比べ堰柱の出来形の影響が少なく水密性に優れる。
	ポンツーン形式	バルクヘッド形式
タウンサ堰への適用	タウンサ堰の堰柱は上流ピアが短く側部水密を確保するためには本ゲートにかなり近づける必要があり、本ゲートとのクリアランスが非常に近くなる。 また、ラジアルタイプでは扉体に円弧があり、更に下流本ゲートに近づき 500mm 程度しか作業空間を確保できないため、本堰への適用は不可。	堰柱先端で水密するため、本ゲートとは十分クリアランスが確保でき改修作業に支障がない。
他堰への転用	ゲートの分割困難。	ゲートの分割可能。
経済性 (日本ベース)	90% ポンツーンは兼用可能。門数が多ければ経済性の効果が大きい。	100% 経済的にはやや不利。
判定	機能的にタウンサ堰に適用するのは困難であり採用できない。	タウンサ堰に機能的に問題なく適用できるため、採用するものとする

表のとおり経済性ではポンツーン形式が優れるが、構造的にはポンツーン形式をタウンサ堰に適用するのは困難である。また、操作性、水密性、他堰への転用を考慮した場合、バルクヘッド形式はポンツーン形式に対し優れる。特にパンジャブ州では管理対象の堰数が多く、今後モトリム、ジナ堰と、改修が計画されている堰があることから特に転用性について考慮する必要がある。以上より、当該事業ではバルクヘッド方式を選定する。

(4) バルクヘッドゲートの門数

バルクヘッドゲートの導入門数は、今回の改修工事を行うに際し、導入門数と工事期間の関連において最も経済的となる門数と、タウンサ堰の改修後の適正な維持管理に必要なとされる門数により決定され、以下の検討結果により5門が適切である。

経済性からの検討

経済性の検討は、以下の条件により、現在価値（N.P.V.）を算定し評価する。

- ・タウンサ堰のゲート65門のうち当該無償資金協力事業で29門、パンジャブ堰改修・現代化事業で36門の改修が行われる。
- ・バルクヘッドゲートは、上記無償資金協力事業およびパンジャブ堰改修・現代化事業の両者でのゲート改修に使用される。
- ・バルクヘッドゲート門数を4～7門に変化させた場合の工事期間は下表3-2-1.12のように見積もられる。ただし、バルクヘッドゲートの製作、輸送期間は門数に関わらず一定で共通期間として工事期間に含まれていない。

表 3-2-1.12 バルクヘッドゲート門数と改修工事工程の関係

バルクヘッド門数	4	5	6	7
無償事業(29門)据付け工期(年)	2.5	2.0	2.0	1.5
パンジャブ堰改修・現代化事業(36門)据え付け工期(年)	3.5	2.5	2.5	2.0
合計(65門)工期(年)	6.0	4.5	4.5	3.5

- ・工事期間中はコントラクターの現場管理費およびコンサルタントの施工監理費が必要となる。
- ・タウンサ堰のゲート改修工事の進捗に沿って、既往のゲート改修費が減少し、この減少分が便益として算定される。
- ・現在価値算定での割引率は、利子率12%として算定する。

計算の詳細は巻末に示されている添付資料を参照。その概要は以下のとおりである。

表 3-2-1.13 バルクヘッドゲートと現在価値

バルクヘッドゲート門数	現在価値(NPV) (百万ルピー)	比率
4	276	1.01
5	275	1.00
6	307	1.12
7	313	1.14

利子率 = 12%

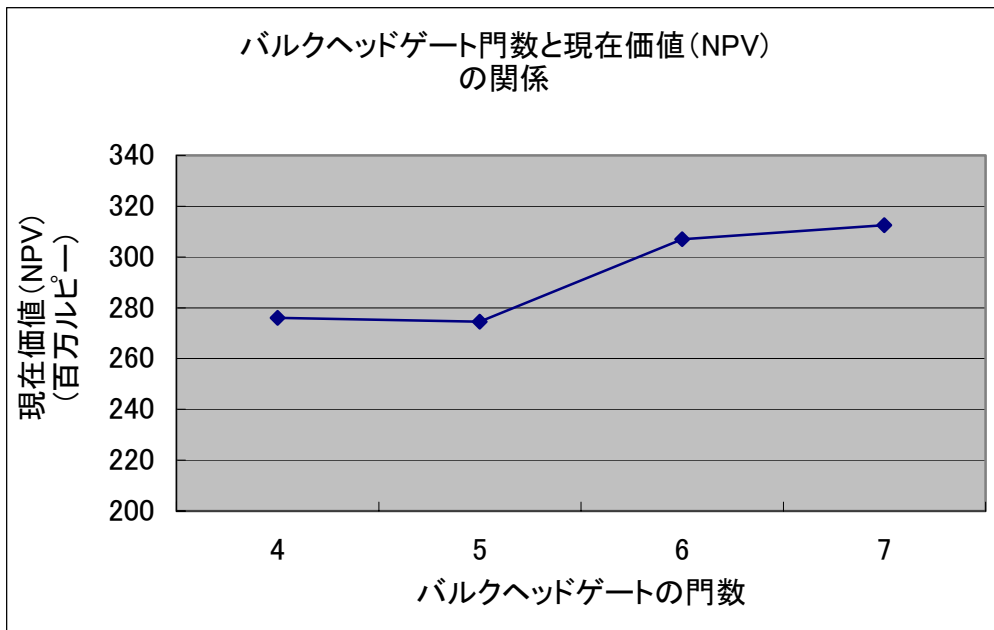


図 3-2-1.8 バルクヘッドゲートと現在価値の関係図

上記の結果から、バルクヘッドゲートを5門導入した場合が最も現在価値に直した投資額が少なくなり、経済的であることを示している。4門導入の場合とは僅か1%の差であるが、合計工期で1.5年短いことから、経済性と工期でバルクヘッドゲート5門案が最も適切である。バルクヘッドゲート5門とした場合の据え付け工程表を図3-2-1.8に示す。

堰改修後の維持管理に必要とされる門数

堰改修工事完了後にはバルクヘッドゲートを利用して、ゲート再塗装、ゲート補修、堰構造物の補修等、従来では十分にできなかった通年の維持管理・補修工事の実施が期待される。このような通年の維持管理等に必要とされるバルクヘッドゲートの門数の決定に当たっては他堰の事例を参考として決定する。

シンド州にあるコトリ堰ではバルクヘッドゲートが3門配備されており、堰施設大改修後の通常のメンテナンスにおいて活用されており、堰施設は良好に維持管理された状況に保たれている。

コトリ堰でのバルクヘッドゲートの使用実績は以下のとおりである。

メンテナンス期間：	1.5ヶ月/門
バルクヘッドゲート門数：	3門
堰ゲート門数：	45門

堰ゲートは概ね2年に1度の維持管理・補修が実施されている ($45 \times 1.5 / 3 / 12 = 1.9$ 年)。

タウンサ堰でコトリ堰と同程度、同等頻度の維持管理を行うものとする、タウンサ堰ゲート

が 65 門あることから、以下に示すように、バルクヘッドゲート 5 門が必要となる。

$$65 \text{ 門} \div 45 \text{ 門} \times 3 \text{ 門} = 4.3 \quad 5 \text{ 門}$$

(5) バルクヘッドゲートの扉高

土砂吐ゲート用と洪水吐ゲート用の組合せ

バルクヘッドゲートは 5 門必要であるが、土砂吐ゲート用(扉高: 25 ft)と洪水吐ゲート用(扉高: 22 ft)では扉高が異なるため、次の組合せで比較検討を行う。なお、土砂吐ゲート用(扉高: 25 ft)は改修工事の 4 年間での工程上では最低 2 門を必要とする。

表 3-2-1.14 土砂吐ゲート用と洪水吐ゲート用の組合せ

項 目	ケース 土砂吐用 5 門案	ケース 土砂吐用 4 門案	ケース 土砂吐用 3 門案	ケース 土砂吐用 2 門案
土砂吐用(扉高: 25 ft)	5 門	4 門	3 門	2 門
洪水吐用(扉高: 22 ft)	0 門	1 門	2 門	3 門

検討条件

バルクヘッドゲートの扉高比較検討の条件は次のとおりである。

- 1) 土砂吐用バルクヘッドゲート(扉高: 25 ft)の扉体本体重量は 130 t/門 および 1 門のみ製作する場合の概算製作費は 100 百万円/門である。
- 2) バルクヘッドゲートを複数門製作する場合の製作門数による製作費低減係数は次のとおりである(国土交通省機械設備工事積算基準参照)。

表 3-2-1.15 製作門数による補正率

製作門数(門)	2 門	3 門	4 門	5 門以上
補正率(1 門当り)	0.95	0.93	0.92	0.91

すなわち、同規模のバルクヘッドゲートを 5 門製作する場合では、 $100 \text{ 百万円/門} \times 0.91 = 91 \text{ 百万円/門}$ である。

- 3) 洪水吐用バルクヘッドゲート(扉高: 22 ft)の扉体本体重量は 123 t/門(扉高: 25ft の土砂吐用の 95%に相当)および製作費は扉体本体重量比で推算する(概算事業費積算資料参照)。

製作費の比較

各案のバルクヘッドゲート製作費は次のとおりとなる。

表 3-2-1.16 各案のバルクヘッドゲート製作費

項目	ケース 土砂吐用 5 門案		ケース 土砂吐用 4 門案		ケース 土砂吐用 3 門案		ケース 土砂吐用 2 門案	
	土砂吐	洪水吐	土砂吐	洪水吐	土砂吐	洪水吐	土砂吐	洪水吐
ゲート門数	5 門	0 門	4 門	1 門	3 門	2 門	2 門	3 門
洪水吐用 (扉高: 22 ft) 扉体本体重量比率	0.95		0.95		0.95		0.95	
製作門数による補正率	土砂吐	洪水吐	土砂吐	洪水吐	土砂吐	洪水吐	土砂吐	洪水吐
	0.91	1.00	0.92	1.00	0.93	0.95	0.95	0.93
ゲート製作費の総比率	$1.00 \times 0.91 \times 5 \text{ 門} + 0.95 \times 1.00 \times 0 \text{ 門} = 4.55$		$1.00 \times 0.92 \times 4 \text{ 門} + 0.95 \times 1.00 \times 1 \text{ 門} = 4.63$		$1.00 \times 0.93 \times 3 \text{ 門} + 0.95 \times 0.95 \times 2 \text{ 門} = 4.60$		$1.00 \times 0.95 \times 2 \text{ 門} + 0.95 \times 0.93 \times 3 \text{ 門} = 4.55$	
1 門製作の場合の土砂吐用ゲート製作費 (百万円/門)	100		100		100		100	
総バルクヘッドゲート製作費 (比率)	455 (1.00)		463 (1.02)		460 (1.01)		455 (1.00)	
総ゲート製作費の差 (百万円)	0		8		5		0	
経済評価								

検討結果

各案を検討した結果、次の理由により「ケース Ⅰ：土砂吐用バルクヘッドゲート 5 門案」を採用する。従って、本プロジェクトのバルクヘッドゲートは扉高：25 ft x 5 門とする。

- 1) 各案の製作費の差は非常に小さいものの、ケース Ⅰ：土砂吐用 5 門案およびケース Ⅳ：土砂吐用 2 門および洪水吐用 3 門案が最も有利である。
- 2) 土砂吐ゲートの改修工事用のバルクヘッドゲートは工程上から 4 門が必要とされ、これが十分確保できるよう、土砂吐用バルクヘッドゲート 5 門案が適切である。
- 3) 改修後の再塗装等のゲート維持管理等において、土砂吐ゲート・洪水吐ゲートの順序等に制約を受けずに計画することができる。
- 4) 「ケース Ⅰ：土砂吐用バルクヘッドゲート 5 門案」ではバルクヘッドゲートがすべて同一サイズであることから、部品の転用が可能となる等、互換性が高い。

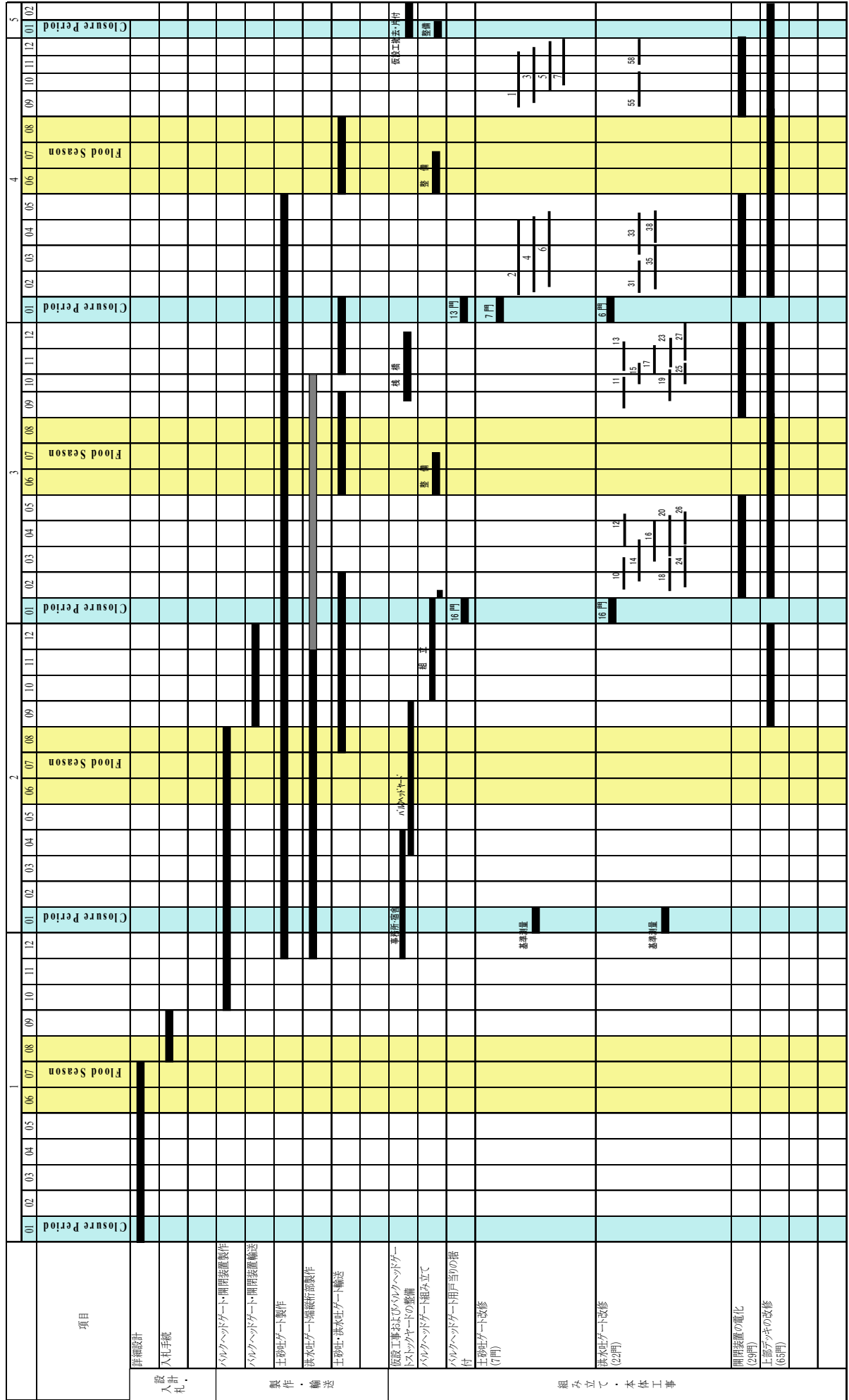


図 3-2-1.9 バルクヘッドゲートを5門とした場合の据付け工程表

(6) バルクヘッドゲート付属設備

バルクヘッドゲート使用時に必要となる設備は以下のとおりである。

- ・ バルクヘッドゲート組立用クレーン
- ・ バルクヘッドゲート昇降設備
- ・ バルクヘッドゲート曳航設備

組立用クレーン

バルクヘッドゲートの最大ブロック重量をストックヤードの配置を考慮した作業半径で吊り上げ可能なクレーンとする。

最大ブロック重量 = 15 t、作業半径 = 8m とすると 50 t 吊トラッククレーンとなる。

インクライン

バルクヘッドゲート使用時には、斜路上に設けたレール上を台車に乗せ水面まで降ろすこととなる。このための設備としてウィンチ式のインクラインを設置する。

- ・ 台車の昇降速度 = 1.0m/min とし、5.5kW のウィンチを設備する。

曳航設備

バルクヘッドゲート据付時に格納設備から据付け位置までタグボートにより曳航する。タグボートの能力は河川の流速を 1m/s と仮定し、これに抗して航行する場合を考慮し 4 ノット(2m/s) で航行可能なモータ出力を求めると 150ps となる。

曳航時にはバルクヘッドゲートの前後に各 1 隻計 2 隻のタグボートを配置するものとする。この他、バルクヘッドゲート操作用機材の運搬用 2 隻、陸上との連絡用 1 隻、計 3 隻の作業用ボートを配置するものとする。

3-2-1-6 バルクヘッドゲート用ストックヤード等に対する方針

(1) バルクヘッドゲート用ストックヤードレイアウト

JICA の F/S 調査時には、6 門のバルクヘッドゲートは 3 門ずつ左右両岸に格納する計画であったが、本無償資金協力事業の要請時に先方政府は、保管および維持管理を考慮して左岸に 5 門のバルクヘッドゲートを一括格納する計画に変更した。

バルクヘッドゲート用ストックヤードの位置

バルクヘッドゲート用ストックヤードの位置選定上の留意点は次のとおりとする。

- ・ 斜路に土砂の堆積が少ない位置とする。
- ・ バルクヘッドゲートの格納・運営・維持管理に便利な位置とする。
- ・ バルクヘッドゲート曳航時の喫水深を確保しやすい位置とする。

バルクヘッドゲート用ストックヤードの規模

ストックヤードの規模検討上の留意点は次のとおりとする。

- スtockヤードの長さ：
インクライン長、ゲートストックヤード長、通路幅、堤防道路幅等を考慮する。
- スtockヤードの幅：
堤防道路幅、通路幅、ゲート積込用スペース、ゲート格納幅、作業スペース幅等を考慮する。
- スtockヤードの地盤標高：
ストックヤードは堤外地に計画されるため、ストックヤードの地盤標高は計画堤防の標高と合わせて RL. 454.00 ft とする。

(2) 設備計画

インクライン

インクラインの規模検討上の留意点は次のとおりとする。

- インクライン先端標高：
堰上げ水位、必要喫水深、台車高さ、余裕高等を考慮する。
- インクライン天端標高：
洪水位、堤防余裕高等を考慮する。
- インクラインの勾配：
インクラインの勾配 1/15、1 / 10、1/5 の 3 ケースについて、施設規模・バルクヘッドゲート設置工程および経済性等に関して比較検討する。
- インクラインの長さ：
標高差、勾配等を考慮する。

バルクヘッドゲート引揚げ用ウインチ

ウインチの規模検討上の留意点は次のとおりとする。

- ゲート引揚げスピード
- ゲート引揚げ力
- モータ容量

ウインチ供給電源については、1) 第1案：商用電源 + モータ案、2) 第2案：発電機 + モータ案、および3) 発動機案を、信頼性・経済性等を考慮して比較検討する。

(3) 積込用護岸

インダス川堤防護岸設計上の留意点は次のとおりとする。

- 積込用護岸の規模
- 積込用護岸の構造

(4) 土木工事

バルクヘッドゲート用ストックヤードの主な土木工事設計上の留意点は次のとおりとする。

- 敷地造成工事
- 土工事
- 基礎工事
- 舗装工事
- 護岸工事

3-2-1-7 電気設備に対する方針

気象条件は過酷で気温は 0～55 を考慮して、熱帯の気候に十分耐えるものとし、操作性、安全性、保守性の観点から、構造上、機能上バランスのとれたシンプルなシステムとする。

ゲート操作については、操作ミスによる下流の人為的洪水の防止を考慮すると同時に、ゲート開閉時の安全性を考慮し、機側での電動操作及び人力操作とする。

洪水時におけるゲートの同時操作門数については、下記を考慮し、10 門とする。

洪水時ゲート操作シミュレーションの結果、タウンサ堰が電動化されると洪水時の同時操作門数は 2 門以上となる。

電動化改修の完了した他堰における同時操作門数の実績は、チャアシマ堰：6 門（合計ゲート門数：52 門）およびマララ堰：8 門（合計ゲート門数：66 門）である。

上記 2 堰の実績より、タウンサ堰（合計ゲート門数：64 門）のゲート同時操作門数は 10 門とする。

本計画におけるゲート改修門数は 29 門であるが、「パ」国側の改修事業により、残りのゲートも改修される。電気設備が個別の仕様での施工となった場合は配線が重複したりして不経済であり、また運用・維持管理が不便なものとなるため、計画電源供給設備については全 64 門について設計するものとする。

(1) 適応規格及び使用単位

本計画の設計に当たっては、以下に示すとおり、他堰における既設設備を考慮し、機器の主要機能については IEC 及び ISO 等の国際規格並びに日本規格を適用する。

電気工事に関しては、現地の規定がないため、日本の基準を基本として適用するものとする。また使用単位系は国際単位系（SI ユニット）とする。

- | | |
|---------------------|---------------|
| a) 国際電気標準会議規格（IEC） | ：電気製品全般に適用する。 |
| b) 国際標準化機構（ISO） | ：工業製品全般に適用する。 |
| c) 日本工業規格（JIS） | ：工業製品全般に適用する。 |
| d) 電気学会 電気規格調査会標準規格 | ：電気製品全般に適用する。 |
| e) 社団法人 日本電気工業会規格 | ：電気製品全般に適用する。 |

- | | |
|--------------------|-------------------|
| f) 電気技術規定 (JEAC) | : 電気製品全般に適用する。 |
| g) 日本電線工業会規格 (JCS) | : 電線・ケーブル類に適用する。 |
| h) 電気設備に関する技術基準 | : 電気設計・工事全般に適用する。 |

(2) 設備規模

受電設備

本計画の受電は 11kV 市内配電網から 1 回線を受電する。既に、11kV 市内配電網は堰管理事務所敷地内まで敷設されている。

受電設備は堰管理事務所横に位置し、屋外型とする。変圧器は据置型とし、安全管理上フェンス内に設置する。低圧配電盤および予備発電機は直射日光と雨からの保護並びに操作性を目的として、シェイド式の屋根を設けるものとする。

ゲート開閉設備

タウンサ堰は全 64 門のゲートより構成されている。本計画にてゲートの改修工事は 29 門であり、残りの 35 門は「パ」国が世銀の支援を受け、ゲートの改修・電化の計画を予定している。しかし、本計画におけるゲート改修位置が不連続なこと、また、規格を統一する必要があることから、電源供給用の電力ケーブルは 64 門全てに対して設計・施工する必要がある。

ゲート操作は、1 回の操作量を制限し、操作ミスによる下流の人為的洪水の防止を考慮する。

照明設備

タウンサ堰には既設照明設備を有しているが、その内の約 20%が正常に機能していない。これら既設照明の整備は「パ」国側負担で実施するものとする。

通信設備

現在のゲート操作は 1 グループ (約 10 人) にて、人力作業で行っている。スタッフ事務所もしくは管理事務所と操作員グループは無線機を利用して、1 門毎にゲート位置及び開度の指示を受け、操作をしている。

ゲートの電動化後は、同時操作のゲート門数は 10 門が予定され、無線機の台数が不足する。

予備発電機設備

11kV 市内配電網は、特に雨天時に停電事故が多発しており、電力供給安定性に欠けるため、予備発電機を設けるものとする。屋外型、バッテリーによる手動操作式とする。

バルクヘッドゲート収納設備

バルクヘッドゲートは使用後、地上へ陸揚げし保管する。この際、インダス川からの陸揚げにウインチを利用する。

ウインチ用電動機及び操作盤への電源供給は専用の予備発電機を使用する。同設備用機材の利用は年1回程度と頻度は少ないため、維持管理・保守を考慮し、使用期間以外はワークショップ等で管理することとする。

テレメーター盤及び開度計の移設

ゲート開度等の堰データを送信するためのテレメーター盤(9面)が操作デッキ上の堰柱部にWAPDAにより設置されている。ゲート開閉装置改造および堰柱補強のため、これをゲート中央側の適切な位置に移設する。

既設の開度計(2組/門)はドラム伝達用シャフトに設けられている。同シャフトは上部デッキに移されることから、同開度計も同様に移設が必要となる。

これらの機器の移設については、「パ」国負担事項とする。

3-2-1-8 建設事情に対する方針

「パ」国には、大型工事の施工実績を持ち技術水準も比較的高い大手の建設会社から小規模な地方の建設会社まで多くの建設会社が存在する。サイト周辺の施工会社は中小規模であり、橋梁や堰などの大型工事を経験している会社はない。IPDがクラスA(全ての公共工事に参加権利のある)と認めている施工会社は12社あり、それらはイスラマバードとラホールに集中している。また、全国的に見ても橋梁や堰、ダムなどの大規模工事の施工能力を有する会社はカラチやイスラマバード及びラホールといった大都市に限られる。

「パ」国内の堰改修工事(ゲート改修や護床工改修など)は国内の建設業者単独もしくは外国企業との共同企業体などで行っており、日本の施工業者の管理下で「パ」国の建設業者を利用して工事を行う事は可能である。

労働力については、当事業計画のタウンサ堰近郊(Cot Adu, D.G.Khan, Muzaffar Garh, Multan)で普通作業員の確保は可能と想定されるが技能工の確保は難しい。本事業はゲート改修工事という事情もあり、溶接工・機械工・電気工などの技能工や工事最盛期に不足する作業員はラホール市及びイスラマバードなどの都市からの調達を計画する。

特に、ゲート改修工事に携わる溶接工や据付工はJISやAWSなどで規定されている技術資格を保有していることが望まれる。従って、ゲートやプラントなどの製作と据付工事の経験を有する工場と提携するなどして、製作や据付工事に従事した経験を持つ資格保有者または業者がJISやAWSの基準に準じて行った試験に合格した溶接工や据付工を雇用する計画とする。

一般的な建設機械のほとんどは「パ」国で調達可能である。これらの建設機械は現地建設会社が所有しているが、リース会社もありレンタルも可能である。しかし、タウンサ堰近郊では建設機械の調達が困難なため、ラホール市及びイスラマバードなどの都市から調達して運搬する計画とする。

3-2-1-9 ゲート調達方法に対する方針

バルクヘッドゲートは仮締め切り用のゲートであり、改修工事とは切り離して機材調達案件として別途調達する。土砂吐ゲート・洪水吐ゲートについては改修工事本体で調達されるものとして計画する。ただし、バルクヘッドゲートは本体工事との関連もあり、設計・製作・調達の発注形式による入札ではなく、詳細設計を行った後、製作・調達について入札を掛けるものとする。

今回調査した「パ」国内の工場の内、大手重工業の工場では水門製作の実績は少ないものの、プラント製品等の鋼構造物の実績は豊富であり十分な製作能力を有している。従って、これらの会社と同等の製作能力を持つ「パ」国の工場で土砂吐ゲート、洪水吐ゲート端桁などの改修部品を製作することは可能と判断する。また、バルクヘッドゲートに関しては、経験を有する日本の重工メーカー（ゲートメーカー）の技術協力を得て、日本のメーカーによる管理の下で製作することは可能と考える。

本事業で必要な鋼材の概算重量は表 3-2-1.18 に示すとおりである。SUS（ステンレス）材は「パ」国で生産していないため、日本又は第三国から調達することが考えられる。一方、SS（一般構造用圧延鋼）材については「パ」国で調達が可能であるが、最近の中国の鉄需要増加やアフガニスタンへの輸出に伴って鉄の急騰と国内供給不足が出始めている。

鋼材の価格は「パ」国も第三国も日本とほぼ同じである。従って、本プロジェクトに必要な鋼材も 2,000 トン超と大きいことから、品質と納期を考えて鋼材については日本調達で計画する。

表 3-2-1.17 ゲート施設調達

調 達 品 目		製 作 国		
		日 本	パキスタン	第三国
バルクヘッドゲート	扉体			
	戸当り			
土砂吐	扉体			
	ローラートレイン			
	戸当りトラックプレート			
	底部戸当り			
洪水吐	扉体端部			
	ローラートレイン			
	戸当りトラックプレート			
	底部戸当り			
開閉装置		×		
上部デッキ	床版			
バルクヘッド 格納庫内設備	台車、受台			
	昇降装置(ウィンチ)		×	

注) 上表は調達の可能性について示したものであり、実際の調達先は受注業者により決定される。

表 3-2-1.18 概略鋼材重量 (単位: ton)

項目	数量	主要部材		副部材	部品/機器	全重量
		SS	SUS			
バルクヘッドゲート(本体)	5 門	650.0	2.9	-	10.3	663.2
バルクヘッドゲート(戸当)	29 門	138.0	87.5	-	9.5	235.0
土砂吐ゲート(扉体/戸当)	7 門	331.0	15.1	13.3	1.9	361.3
洪水吐ゲート(扉体(端桁)/戸当)	22 門	137.0	48.7	-	6.4	192.1
開閉装置	29 門	430.0	0.0	25.3	80.9	536.4
上部工デッキ	65 門	13.6	0.0	-	130.2	143.8
バルクヘッドゲート格納庫内設備	1 式	114.8	4.0	-	2.1	120.9
合計		1,814.6	158.2	38.6	241.3	2,252.7

(1) バルクヘッドゲート

バルクヘッドゲートの調達については、製作経験を有する日本の重工メーカー（ゲートメーカー）による日本国内での製作・調達が第一に考えられる（日本国内では 5 社の重工メーカーがバルクヘッドゲートの製作経験を有している）。また、これらの重工メーカーの中には、中国や台湾などに現地製作工場を持つメーカーもあり、第三国の工場で作成して調達する可能性も高い。

バルクヘッドゲートの調達先の概算費用は、概ね下表のとおりである。「パ」国、第三国で製作した場合、日本で製作した場合よりも製作費を低く押さえる事が出来る。本事業では、「パ」国の工場を利用した製作を想定している。ただし、短期間で 5 門製作するため、第三国調達も含めて分散を図って、品質・工程を確保するような調達計画とする。

表 3-2-1.19 バルクヘッドゲートの調達金額比較

製作工場	日本	パキスタン	第三国
製作設備	大抵のゲートメーカー工場に保有しており、専門工場もあり問題なし。	大型フライス盤保有工場に限られているため納期に影響あり。	保有数量は限定されるがメーカーあるいは専門工場が保有しており問題ない。
機械加工用大型フライス盤の保有			
製作経験・技術	製作経験を有するメーカーは 5 社程度。シェルタイプの製作経験があれば、対応可能。	経験なし。経験を有するメーカーの協力工場として対応可能。	経験なし。日本のメーカーと提携している現地工場であれば対応可能。
納期：計画納期内可能台数	全 5 台を計画納期内納入可能	全 5 台の内 3 台は他地域からの調達が必要	全 5 台の計画工期内納入可能だが、慎重な調達計画が必要
製作単価 (千円/ton)	1,665	995	1,056
評価	製作設備		
	技術		
	工期		
	価格		
	総合評価	価格はかなり高価。納期問題ない。	(日本の協力が前提) 価格は一番安価。納期的に比較的安価な第三国からの調達も考慮することにより経済的に納期内調達が可能と判断できる。

注) 機械加工用大型フライス盤はバルクヘッドゲートの接合部の加工で使用される。ピースに組立てた後で加工するため、大型の機械加工機械が必要となる。

「パ」の製作単価は、日本のメーカーが「パ」国の工場を利用して製作する場合の単価であり、全ての必要経費が含まれている。

(2) 土砂吐ゲート/洪水吐ゲート

既設のゲートは、「鋼製トラス構造ローラーゲート」であり、全面改修する土砂吐ゲートは「鋼製プレートガーダ構造ローラーゲート」となる。このゲートの製作・調達については、このゲートタイプの製作実績を有する、日本の工場、パキスタンの工場、第三国の工場が可能である。

調達先別の概算費用は、概ね下表のとおりである。「パ」国または第三国で製作した場合、日本で製作した場合よりも製作費を低く押さえる事が出来る。本事業では、「パ」国の工場を利用した製作を想定するが、納期の問題もあり、第三国調達も含めて分散を図って、品質・工程を確保するような調達計画とする。

表 3-2-1.20 土砂吐ゲート/洪水吐ゲートの調達金額比較

製作工場	日本	パキスタン	第三国
製作設備 機械加工用フライス 盤の保有	多数のゲートメーカーが十分な製作設備を保有している。	限定されたメーカーで、製作設備を有する。	限定されたメーカーで、製作設備を有する。
製作経験・技術	多数のゲートメーカーが製作経験を有する。	限定されたメーカーで、製作経験を有する。 工事請負業者の管理下で下請工場として対応可能。	限定されたメーカーで、製作経験を有する。 日本のメーカーと提携する現地工場や工事請負業者の管理下であれば下請工場に対応可能。
納期： 計画納期内可能台数	土砂吐全 7 門、洪水吐 22 門を計画納期内納入可能	土砂吐全 7 門を計画納期内納入可能。 洪水吐 22 門の内、前半調達の 8 門分は他地域からの調達が必要	土砂吐全 7 門を計画納期内納入可能。 洪水吐 22 門を計画納期内納入可能。納期的には慎重な計画が必要。
製作単価 (千円/ton)			
土砂吐	1,276	752	857
洪水吐	2,167	1,616	1,761
評価	製作設備		
	技術		
	工期		
	価格		
	総合評価	価格はかなり高価。 納期問題ない。	価格は一番安価。 納期的には、比較的安価な第 3 国からの調達を考慮することで、経済的に納期内調達が可能と判断できる。

(3) 開閉装置

ゲート用開閉装置は基準で要求される強度や品質が非常に厳しい。特に電動化に当っては、人力に比べてトルクが大きくなるため、部品強度や製作・組立精度にも高い仕様が求められる。「パ」国の工場では、人力のゲート用開閉装置の製作経験は有するが、電動化の開閉装置の経験がないため、ドラムシェル突合せ部の溶接、ギアの噛み合わせ、カップリング部の軸心合わせ等、高精度な管理基準に適合する溶接や加工や組立及び調整は困難と判断される。従って、ゲート用開閉装置は日本調達で計画する。

(4) 電気設備

「パ」国では受変電設備を扱っている大手会社が2社あり、両社でほぼ「パ」国内市場の80%（両社とも市場占有率40%前後で他に小規模会社が数社）を占めており、実績に問題はない。また、将来の維持管理を考えた場合、国内機材を導入するのが望ましく、受変電設備は「パ」国での調達を計画する。

一方、ゲート用開閉装置の操作盤については、両社とも実績がない事、高温に耐えられる熱帯仕様が要求されることより、品質確保のため日本調達で計画する。

(5) 上部工デッキ

スーパーストラクチャーの補強用部材と上部工デッキ改修に必要な部材については、「パ」国内の工場で作成する計画とする。

3-2-1-10 その他資機材調達方法に係る方針

(1) バルクヘッドゲート据付用のタグボート、作業用ボート、トラッククレーン

本事業で調達するタグボート、作業用ボート、トラッククレーンは、工事で使用するため納期に期限がある。

調達機材	調達目的	調達期限
トラッククレーン 50ton クラス	バルクヘッドゲート組立	2006年10月以前
タグボート 150ps、積載荷重 1.2ton ボート	バルクヘッドゲート曳行	2007年1月以前

「パ」国ではカラチに国営の鉄鋼製の造船所が1社のみあり、製品は主に国営企業に納められている。民間企業ではグラスファイバー製の造船メーカーがあるが、これらの会社は外国からの輸入製品を扱っている。タグボートは受注後に設計・製作することから、造船所が多く、調達期限内に十分に納入できる日本から調達する計画である。

(2) 一般建設材料

セメント、鉄筋、木材、一般用建築用資材、軽鋼製品、電線、配管材等は「パ」国内での調達が可能である。当事業計画ではほとんどがラホール市から輸送することになる。また、コンクリート用粗骨材・細骨材はD.Gカーンからの材料調達を計画する。

(3) 建設機械

「パ」国では、バックホー、ブルドーザ、トラック、クレーン（80tonクラスも調達可能）など、一般的な建設機械のほとんどが調達可能である。これらの建設機械は現地建設会社が所有しているが、リース会社もありレンタルも可能である。しかし、タウンサ堰近郊では建設機械の調達が困難なため、ラホール市で調達して運搬する計画とする。

土砂吐ゲート改修工事で使用する台船は、短期間で組立・分解が可能なユニフロートタイプを

使用するため、「パ」国及び周辺諸国でこのタイプの調達には困難であることから、日本から調達する計画である。

(4) 仮設資材

現地建設会社の多くは木製の足場支保材料やバラ板の型枠材料を使用しており、これらの仮設資材は「パ」国で調達する計画とする。鋼製足場は、一部の大手建設会社で使用されている程度であり、市場に十分な量を有していないため、日本から調達する計画とする。また、河川の仮締切りは土嚢で行うが、通常の土嚢袋はあるが、本事業で計画している大型土嚢に使用する袋については、「パ」国で調達が不可能なため、日本から調達する計画である。

鋼矢板については、「パ」国及び中東周辺諸国でリース市場が無いため、周辺諸国から製品を調達するよりも日本からリース材を調達するのが安価となることから、日本からリース材を調達する計画である。

3-2-1-11 施工計画、工法に係る方針

(1) 施工基本方針

本事業の主要工事は土砂吐ゲート取替、洪水吐ゲート端桁交換、底部戸当り交換、側部戸当り改修などゲート改修工事がメインであり、ゲート改修の為にバルクヘッドゲートを河川上流側仮締切りとして利用して工事を行うものである。

バルクヘッドゲートは河川流速が早い洪水時には据付できないことから、5月中旬～9月中旬は工事中止期間となる。また、1月はアニュアルクロージャー期間で河川流量は激減するため12月末にはバルクヘッドゲートをストックヤードに戻す必要がある。従って、これらの期間を考慮するとゲート1門当りの改修期間は2～5月中旬および9月中旬～12月の各3.5ヶ月以内であり、この期間内でゲートの改修工事が完了する施工計画を立てる。

また、バルクヘッドゲートの据付に必要な戸当りは乾燥状態で工事を行う必要があり、河川流量が減るアニュアルクロージャー期間に行う。この期間は30日と限られていることから、複数門のバルクヘッドゲートを同時据付することにより、1ヶ月以内で工事が完了する施工計画を立てる。

撤去する既設機材や据付する機材の吊り込みは基本的には併設橋からトラッククレーンで行う計画とする。そのため、橋梁道路は工事期間中の昼間は全面通行止めとし、昼の1時間だけ通行可能として施工計画を立てる。尚、橋梁の設計荷重がClass AA loading (70 tons army tank) であることから、それ以上の荷重となる80tonトラッククレーン等の建設機械が必要になる場合には台船工事を計画する。

バルクヘッドゲートのストックヤードの盛土は約10万 m^3 であり、IPDは無償資金協力での対応を要請してきたが、高度の技術を必要としない盛土工事は、「パ」国の負担工事とする。「パ」国はストックヤードの盛土工事を事業実施前の2005年10月までに完了させる必要がある。

(2) バルクヘッドゲートのストックヤード及びインクライン建設工事

インクライン工事は河川内工事を含むため仮締切りが必要となる。仮締切りは盛土及び止水矢板の組み合わせの計画とするが、極力盛土量が少なるような施工計画を立てる。また、インクラインでは約 1,600 m³ のコンクリートを打設する計画であるが、タウンサ堰近郊には既存のコンクリートプラントはない。タウンサ堰近郊には既存コンクリートプラントがないため、現場でコンクリートを製作する計画とする。なお、コンクリート打設時期は最高気温が 35 度以上になることから、暑中コンクリート対策を行う。

尚、ストックヤード及びインクライン建設は、バルクヘッドゲートの現地組立開始前の 2006 年 9 月末までに完了させる計画とする。

(3) バルクヘッドゲート戸当り据付工事及び本体ゲート底部戸当り撤去・据付工事

バルクヘッドゲートを設置するために必要な戸当りを据付る。この工事は乾燥状態で工事を行う必要があり、タウンサ堰上流に位置するチャシマ堰からの下流放流が止められ、河川水が減るアニュアルクロージャー期間(1 月 1 日頃から 30 日間)で施工する。

なお、バルクヘッドゲート戸当りは機材案件として別途供与されるものを使用するが、製作期間の関係から最初の据付工事は 2007 年 1 月で計画する。尚、据付期間が 1 ヶ月間と限られている事から、その年の改修するゲートだけを対象とし、2007 年 1 月に 16 門分、2008 年 1 月に 13 門分を施工する。

また、土砂吐ゲートや洪水吐ゲートの底部戸当りの交換をゲート本体の改修工事と同時期に行くと、1 期あたりの改修門数が少なくなり、全体工期が延びてしまうことから、その年に改修する計画となっている土砂吐や洪水吐の底部戸当りの交換をアニュアルクロージャー期間にバルクヘッドゲート戸あたりの据付工事と並行して行うものとする。



アニュアルクロージャー期間は 1 年間のうち、唯一河川内がドライになる。

バルクヘッドゲート戸当り及び本体ゲート底部戸当りの据付数量

	2007 年 1 月	2008 年 1 月
バルクヘッドゲート側部	16 門(18 堰柱)	13 門(18 堰柱)
バルクヘッドゲート底部	16 門	13 門
洪水吐ゲート底部	13 門	6 門
土砂吐ゲート底部	-	7 門

戸当りの吊り込みやコンクリート資機材の搬入については、アニュアルクロージャークロージャー期間で河川内に工事用道路を作る時間的な余裕はないため、併設橋から 25ton トラッククレーンにて行う計画とする。

(4) 土砂吐ゲート改修工事/洪水吐ゲート改修工事

ゲート本体及び側部戸当りの改修工事の施工期間は、バルクヘッドゲートを利用して行うため、洪水期である 5 月中旬～9 月中旬とアニュアルクロージャークロージャー期間を除いた、9 月中旬～12 月と 2 月～5 月中旬の各 3.5 ヶ月に限られる。

なお、タウンサ堰下流に建設される副堰の建設期間が 2005 年 10 月から約 2 ヶ年と予想され、この期間タウンサ堰下流水位は 3-2-1-12 に示す様に建設前・後の水位に比べて高なる。よって、下流締切工事の規模を小さくする目的で据付敷高の高い洪水吐ゲートの改修を先行し、土砂吐ゲートの改修工事は副堰完成後に計画する。

土砂吐ゲート扉体の交換については、堰上流の河川側から台船にクレーンを搭載して施工する台船工法と、堰下流の道路橋からトラッククレーンを利用して施工するトラッククレーン工法が考えられる。

また、台船に載せるクレーンは、バルクヘッドゲートの組立・分解用に調達する 50ton トラッククレーンを利用する場合と、扉体割数を減らして施工性を良くするため 80ton トラッククレーンをリースして利用する場合が考えられる。上記 3 ケースについて比較検討した結果、台船工法(80TTC)を採用する。尚、戸当りの吊り込みは併設橋から 25ton トラッククレーンにて行う計画とする。

表 3-2-1.21 土砂吐ゲート設置の工法比較

施工法	台船工法(80TTC)	台船工法(50TTC)	トラッククレーン工法
施工法	台船上に80tonクレーンを搭載して、扉体交換を行う	台船上に上に50tonクレーンを搭載して、扉体交換を行う。	道路橋上に25tonクレーンを設置し、さらに引き込み用ウィンチとの合吊で扉体の交換を行う
扉体分割	9 分割 (最大ブロック重量：8.0t)	15 分割 (最大ブロック重量：4.5t)	25 分割 (最大ブロック重量：3.5t)
所要工期	76日/門 3.5ヶ月内で最大4門施工可能	103 日/門 3.5 ヶ月内で 1 門のみ施工可能で、全体工期が延びる	131 日/門 3.5 ヶ月超過で施工不可能
		×	×
品質上	特に問題無し	組立ブロック数が多く、溶接歪み収縮の悪影響が生じる。	組立ブロック数が多く、溶接歪み収縮の悪影響が生じる
		×	×
総合評価	適	不適	不適

(5) 開閉装置の改修工事

ゲート改修工事と併せて開閉装置の改修工事を行う計画とする。この際、扉体の作業と開閉装置の交換作業が上下作業となるため、開閉装置と扉体の空間に落下防護策等の安全対策を講じる。機材の吊り込みは併設橋から 25ton トラッククレーンにて行う計画とする。

また、改修されたゲートは直ぐに運用される事から、開閉装置の電動化に伴って受電設備や配線工事はゲート改修工事開始前に完了させるものとする。開閉装置を設置し一連のゲート改修が完了した時点で、開閉装置の最終検査及び運転指導を行う。

(6) 上部工デッキの改修工事

上部工デッキの改修工事は開閉装置の改修に伴い一部補強工事もあるため、開閉装置の改修工事と併せて行う。また、改修しないゲートの上部工デッキの改修については、他のゲート工事進捗状況に応じて、また、洪水期を利用して行う計画とする。尚、既設上部工デッキの交換、補強材設置の鋼材類の吊り込みは併設橋からトラッククレーン 25 トンにて行う計画とする。

(7) テレメーター盤移設工事(「パ」国負担工事)

WAPDA が管轄しているゲート開度を観測するテレメトリーシステムの施設の一部(GPS や DAU 及び一部のケーブル類)は、現状のままでは開閉装置電動化工事及びス - パストラクチャーの補強工事の支障となるため移設する必要がある。これらの施設は上部デッキ工の上流側に 9 面が設置されており、その詳細を表 3-2-1.22 に示す。

尚、移設工事については、「パ」国で負担するものとする。

表 3-2-1.22 テレメーター盤の移設対象

パネル番号	位置	
DAU 1	ムザファルガ水路のゲート No.5	
DAU 2	ゲート No.2 と No.3 の間(堰柱)	} 移設対象
DAU 3	ゲート No.9 と No.10 の間	
DAU 4	ゲート No.17 と No.18 の間	
DAU 5	ゲート No.25 と No.26 の間	
DAU 6	ゲート No.33 と No.34 の間	
DAU 7	ゲゲート No.41 と No.42 の間	
DAU 8	ゲゲート No.49 と No.50 の間	
DAU 9	ゲート No.57 と No.58 の間	
DAU 10	ゲート No.63 と No.64 の間	
DAU 11	D.G.カーン水路のゲート No.4	

3-2-1-12 仮設工事にかかる方針

(1) 仮廻し水路

本無償資金協力事業の河川内の工事は、洪水吐ゲートの改修、土砂吐ゲートの取替、開閉装置の電動化、および上部工デッキの改修等である。これらの河川内工事を実施しながら、河川水を安全に流下できる仮廻し水路が必要となる。既設タウンサ堰は洪水吐ゲート(スパン 60ft = 18.3m): 53 門および土砂吐(スパン 60ft = 18.3m): 11 門が設置されており、改修工事を実施しているゲートから 1 門以上離れた洪水吐および土砂吐ゲートを仮廻し水路として利用し、河川水を安全に流下する計画とする。

河川内工事の施工期間および仮廻し対象流量

最近 10 年間の河川流量記録において、施工期間中の 2～3 位の洪水量（確率処理の場合は施工期間の 1/5 年確率洪水量）を仮廻し対象洪水量とする（農水省設計基準 頭首工 参照）。

最近 10 年間の河川流量記録によると、河川内工事の施工期間は次の 3 ケースが想定される。

- 1) ケース : 施工期間 9 ヶ月間（9 月 1 日～翌年 5 月 31 日）
- 2) ケース : 施工期間 8 ヶ月間（9 月 16 日～翌年 5 月 15 日）
- 3) ケース : 施工期間 7 ヶ月間（10 月 1 日～翌年 4 月 30 日）

表 3-2-1.23 各ケースの施工期間中の河川流量（1994～2003 年）

項 目	ケース 施工期間 9 ヶ月間 (ft ³ /sec)	ケース 施工期間 8 ヶ月間 (ft ³ /sec)	ケース 施工期間 7 ヶ月間 (ft ³ /sec)
第 1 位	360,680	173,935	173,935
第 2 位	352,908	168,264	153,746
第 3 位	333,731	167,700	146,777

下記の理由により、河川内工事期間および仮廻し対象流量は次の様にケース に決定する。

- ・ 河川内工事期間： 8 ヶ月間（9 月 16 日～翌年 5 月 15 日）
 - ・ 仮廻し対象流量： $Q = 170,000 \text{ ft}^3/\text{sec} = 4,800 \text{ m}^3/\text{sec}$
- 1) ケース : 施工期間 9 ヶ月間（9 月 1 日～翌年 5 月 31 日）の場合は、仮廻し対象流量 $Q = 350,000 \text{ ft}^3/\text{sec}(9,9120 \text{ m}^3/\text{s})$ 、下流水位 D/S WL. 432.7 ft が予想されるため、下流側仮締切高さが 8.0 ft と大規模となる。 9 ヶ月間は施工期間として十分な期間である。
 - 2) ケース : 施工期間 8 ヶ月間（9 月 16 日～翌年 5 月 15 日）の場合は、仮廻し対象流量 $Q = 170,000 \text{ ft}^3/\text{sec}(4,814 \text{ m}^3/\text{s})$ 、下流水位 D/S WL. 429.6 ft が予想されるため、下流側仮締切高さが 4.0 ft と小規模となる。 8 ヶ月間は施工期間として十分な期間である。
 - 3) ケース : 施工期間 7 ヶ月間（10 月 1 日～翌年 4 月 30 日）の場合は、仮廻し対象流量 $Q = 150,000 \text{ ft}^3/\text{sec}(4,248 \text{ m}^3/\text{s})$ 、下流水位 D/S WL. 429.2 ft が予想されるため、下流側仮締切高さが 3.0 ft と小規模となる。 7 ヶ月間は施工期間として短すぎる。

仮廻し水路として使用するゲートの門数

堰上流水位を R.L. 446.00ft に維持しながら放流する場合、洪水吐ゲート 1 門当たりの放流量および放流に必要なゲート門数は下記のとおりとなる。

- ・ 上流側水位： R.L. 446.00ft = WL. 135.94m
- ・ 下流側水位： R.L. 429.60ft = WL. 130.94m
- ・ ゲート敷高： R.L. 428.00ft = EL. 130.45m
- ・ ゲート径間： 60ft = 18.29m
- ・ 上流水深： $H = 446.00 - 428.00 = 18.00\text{ft} = 5.49\text{m}$
- ・ 下流水深： $h = 429.60 - 428.00 = 1.60\text{ft} = 0.49\text{m} < 2/3 \cdot H = 3.66\text{m}$ 完全越流

- ・ 1門当たり放流量： $q = 3.09 \times 60.00 \times 18.00^{3/2} = 14,200 \text{ ft}^3/\text{sec}/\text{門}$
- ・ ゲート必要門数： $N = 170,000 / 14,200 = 12 \text{ 門}$

12門の洪水吐ゲートを全開すると、施工期間中の対象洪水量を放流できるが、タウンサ堰ゲート操作規定に隣り合うゲート開度差は2ft以下とすると規制している(2フィートルール)ため、実施の施工に際しては、2フィートルールを守りながら、詳細なゲート操作計画を策定する。

(2) ゲート改修工事用下流側仮締切工事

ゲート改修工事用堰下流水位

タウンサ堰下流に建設される副堰の天端標高は R.L. 424 ft であり、設計対象洪水量は $170,000 \text{ ft}^3/\text{sec}$ ($= 4,700 \text{ m}^3/\text{sec}$) である。洪水吐および土砂吐ゲート改修工事期間中のタウンサ堰下流水位は次のとおりとなる。

- ・ 下流副堰築造前： D/S WL. 427.50 ft = D/S WL. 130.30m
- ・ 下流副堰施工中： D/S WL. 433.90 ft = D/S WL.132.25m
- ・ 下流副堰築造後： D/S WL. 429.60ft = D/S WL. 130.94m

下流副堰施工中はタウンサ堰下流水位が D/S WL. 433.90ft と予想されるため、下流副堰施工中は小洪水が発生する4～5月および9月もゲート改修工事期間から除外する。

従って、ゲート改修工事期間中の堰下流水位は、下流副堰築造後の D/S WL. 429.60ft = D/S WL. 130.94m とする。

下流仮締切工の高さおよび構造

下流仮締切工の高さは、堰下流水位：D/S WL. 429.60 ft = D/S WL. 130.94m に余裕高：0.50m を考慮した次の高さとする。

- ・ 堰下流水位： D/S WL. 429.60 ft = D/S WL. 130.94m
- ・ 堰下流締切天端標高： R.L. 432.00ft = EL. 131.67m
- ・ 既設傾斜エプロン標高： 洪水吐 R.L. 425.00ft = EL. 129.50m
土砂吐 R.L. 422.00ft = EL. 128.60m
- ・ 堰下流締切高： 洪水吐 7.00ft = 2.13m
土砂吐 10ft = 3.05m

堰下流仮締切工の高さは、2.13～3.05mと比較的低く、既設傾斜エプロン上に設置することになるため、その構造は、施工が容易で止水性の良い「大型土嚢」を採用する。

(3) 工事用道路および仮設橋梁

工事用道路

- ・ 右岸側のインダス・ハイウェイからサイトまでの主要地方道は、工事用道路として兼用できる。ハイウェイからの交差点も大きなカーブであり、道路横断の電線も道路

建築限界高：4.5m（国際規格）より高いことから、新設の工事用道路は不要である。

- ・ サイト内の併設橋を通過した左岸側の上流バルクヘッドゲートストックヤードに向かうコーナーは、道路下流側の駐車場を利用すれば、トレーラーも通過が可能である。
- ・ タウンサ堰併設橋の許容設計トラック荷重は車軸 1 本当たり 12.0 t である。パンジャブ F/S レポートによると、橋梁設計荷重：Class AA（70 ton 級の戦車荷重）での安全が確認された。
- ・ RD 7,500 Silt Ejector 地点に架かる橋梁、ムザファルガーおよび T.P.リンク水路の取水工にある既設橋梁も、パンジャブ F/S レポートによると、橋梁設計荷重：Class AA（70 ton 級の戦車荷重）での安全が確認された。

仮設橋梁

- ・ 土砂吐および洪水吐ゲート改修工事は、既設タウンサ堰併設橋から、または上流側から台船上の作業となることから、仮設橋梁は不要である。

(4) 仮設棧橋

- ・ 上流側から台船上の作業が予想されることから、資材積み出し等の仮設棧橋が必要となる。
- ・ 資材・製品仮置き場が右岸に計画される場合には、仮設棧橋の位置は、右岸上流地点と左岸上流地点の候補地に対する比較検討を行って選定する。

(5) 工事用電気設備

責任分界点

- ・ 電気設備の外線工事は「パ」国の負担とし、引き込み線・受電盤・トランスは日本側負担とする。工事用電力も同様とする。
- ・ 工事用電力の責任分界点も電気設備用電力の責任分界点と同じとする。
- ・ 責任分界点は、堰管理事務所敷地内の 11 kv 高圧線とする。

工事用電力として“商用電力”と“発電機”の比較

土砂吐ゲート改修工事には、大容量の電気が必要であり、その確保方法として次の様な案が考えられる。

- ・ 第 1 案：工事用電力を全量“商用電力”に依存する案。
- ・ 第 2 案：工事用電力を“本プロジェクトで新設された電気設備用電力”を利用して（工事用電力を使用するのは 2 年程後になる）不足量を“商用電力”に依存する案
- ・ 第 3 案：施工期間が比較的短く、大容量の消費電力となる土砂吐ゲート改修工事用電力は“発電機”に依存する。残りの洪水吐ゲート等の改修工事は、工事場所が分散して、消費電力量の小さいことから“商用電力”に依存する案。

- ・ 第4案：停電、工事場所および「パ」国の負担工事を考慮して、工事用電力を全量“仮設された発電機”に依存する案。

上記の案を項目別および総合的に比較検討する。

共通仮設備

- ・ 共通仮設備として、コントラクター現場事務所（コンテナハウス：3棟程度）、コントラクター宿舎、および作業員休憩場等が必要となる。
- ・ 共通仮設備ヤードは、2,700 m²程度必要となる。
- ・ 電気：11kvの送電線が現場近くまで配線されており、工事に必要な電力量の供給も可能である。計画停電は実施されていないが、不具合などによる停電回数は月平均10回程度である。重要負荷施設の予備電源が必要となる。
- ・ 水道：現場周辺に水道はなく地下水を利用している。地下水はインダス川により涵養されており、地下水位も高く量も豊富である。従って、井戸を掘削して、地下水を工事用水および生活用水として利用する。
- ・ 電話：国内、海外の通話可能なラインが確保可能である。

ゲート工事用仮設ヤード

1) 資材・製品仮置ヤード

- ・ 資材・製品仮置ヤード（1,500 m²）は、タウンサ堰右岸上流に計画する。
- ・ 上記のヤードは、政府の土地であり工事期間中、無償で借地出来る。

2) 共通仮設備ヤード

- ・ 共通仮設備ヤード（2,700 m²）は、タウンサ堰左岸上流のTPリンク水路左岸側の既設広場に計画する。
- ・ 上記のヤードは、政府の土地であり工事期間中、無償で借地出来る。

3-2-1-13 施設の運営・維持管理に対する方針

施設の運営・維持管理に対する方針を以下のとおりとする。

- (1) 改修するタウンサ堰の維持管理は、現状どおりパンジャブ州灌漑電力局タウンサ堰管理事務所が行う。
- (2) 施設の維持管理計画は、既設タウンサ堰で実施されてきた維持管理方法を基本的に踏襲する計画とする。
- (3) バルクヘッドゲートの操作方法、維持管理の方法に関して On the Job Training (OJT)を実施し、「パ」国側への操作方法、維持管理に関する技術移転を計る。
- (4) 電動化に対する維持管理方針

3-2-1-14 実施機関の運営・維持管理能力に対する方針

(1) 実施機関の運営・維持管理能力

現在、タウンサ堰はタウンサ堰管理事務所[Taunsa Barrage Division(TBD)] 職員総数約 380 人により維持管理、運営が行われている。約 50 年間にわたり運営・維持管理を行ってきた実績があり、今後も堰の運営を遂行していく能力は十分に有していると判断され、特段の支障はない。

(2) ゲート操作員数および電気技術者

本件の無償資金協力で実施される改修事業では、既存のタウンサ堰機械施設の改修を主体とするものであり、基本的には現状の組織構成のままで十分である。ただし、ゲート巻き上げ機が電動化されれば、従来人力に頼っていたゲート操作を電動モータに取って代わられることから、ゲートの操作員の員数減が可能になるものと考えられる。

現況でのタウンサ堰ゲートのゲート操作員 (Regulation Beldar) は 35 名であり、常時 10 名から 12 名のグループで 3 交代制が採られており、洪水期には臨時の操作員が増員される場合もある。

無償資金協力の実施後では、29 門のゲートが電動化される予定であるが、残りのゲートについても「パ」国の「パンジャブ州堰改修・現代化事業」により電動化される予定である。電動化後は、他堰の例を参考にすれば、少なくとも現況常時 35 人の操作員の約半数 15 人 (5 人で 3 交替) 程度での維持管理、操作、運用が可能であるものと考えられる。

電気技師、電気技工は TBD 内での他の部署と兼任することで十分対応できることから、この部門での増員は必要ないものと判断される。

3-2-1-15 環境社会配慮に対する方針

無償資金協力事業の内容はゲート改修が主であり、環境への負荷がほとんど無いと考えられる。一方、パンジャブ州側堰改修事業は大規模な土木工事を伴い、環境への影響も懸念される。環境社会配慮にかかわる手続きは、上記 2 つの事業を 1 つの手続きとして進められており、パキスタン国での EIA などの環境社会配慮関連手続きの結果、2004 年 9 月 6 日にパンジャブ州環境保護局 (EPA) から事業実施に関する承認が得られている。

以上を背景として、環境社会配慮に対する方針は次のとおりとする。

- 「パキスタン環境保護法 1997」に基づいて事業を推進する。
- 既設タウンサ堰に併設されている道路橋は、工事期間中、概ね 8～12 時と 13～17 時で橋梁を通行止めとすることや、迂回路としては、タウンサ堰下流約 50km 地点でインダス川を横断している D.Gカーンとムザファルガを結ぶ主要地方道がある等の情報を、新聞広告や看板広告によって近隣周辺への通知を徹底するなど、社会環境に十分配慮する。

3-2-2 基本計画

3-2-2-1 土砂吐および洪水吐ゲートの更新

(1) 概要

現状の不具合の主要因がゲートローラ部機構にあることから、土砂吐ゲートおよび洪水吐ゲートのこの機構は、全面改修する。

(2) 土砂吐ゲート

扉体形式

土砂吐ゲートは、次の理由から現状の2段式ゲートから単段式ゲートに変更する。

- ・ 段間の漏水が発生し、漏水により段間水密構造の破損が生じる。水密構造の破損により漏水量がさらに増し、ひいてはゲートの振動等により扉体、ワイヤロープ、開閉装置等に悪影響を及ぼす。
- ・ 2段式とした場合の段間放流はタウンサ堰の場合、排砂操作上特に必要としない。
- ・ 2段式の場合、開閉時に上下段扉体の同調操作が必要であり煩雑となる。

ローラ部の構造

現状の不具合を考慮し、ローラ部の構造は次の構造変更を行う。

- ・ ロッカーアセンブリの取付方法を、扉体から戸当りに変更する。
- ・ ロッカーアセンブリのブラケットを水平方向数箇所取付から鉛直方向連続形状に変更する。

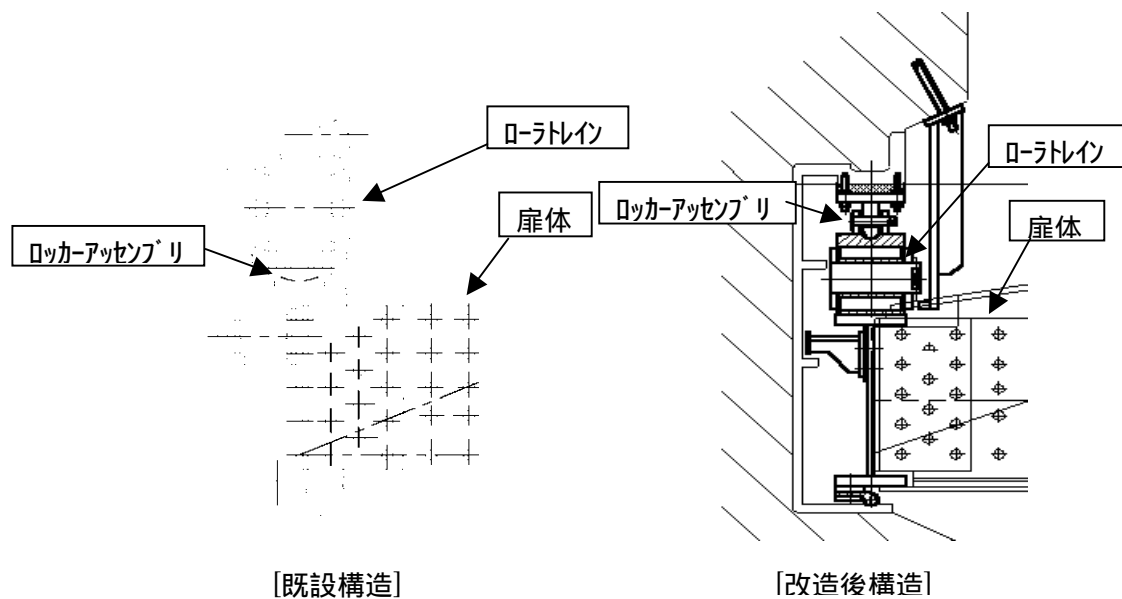


図 3-2-2.1 ローラ部の改造

使用材料

各部の使用材料は「水門鉄管技術基準」の規定に基づき選定する。各部の使用材料一覧は次表のとおりとする。

このうち、特に現状の不具合に関連するローラ部の材料選定については、不具合がローラ硬度より戸当り硬度が硬いことに起因していることから、「水門鉄管技術基準」の規定に基づき、ローラ硬度は戸当り硬度より小さくなるようにした。その他の材料についても「水門鉄管技術基準」の規定に基づき選定した。

表 3-2-2.1 土砂吐ゲート使用材料一覧

区分名称	用途	材料・規格名称	記号	備考
扉体	スキンプレート	溶接構造用圧延鋼材 JIS G 3106	SM490	ASTM A633 Gr.C
	主桁	溶接構造用圧延鋼材 JIS G 3106	SM490	ASTM A633 Gr.C
	端縦桁	溶接構造用圧延鋼材 JIS G 3106	SM400	ASTM A283 Gr.D
	縦桁	溶接構造用圧延鋼材 JIS G 3106	SM400	ASTM A283 Gr.D
	ローラ	構造用高張力炭素鋼及び 低合金鋼鋳鋼品 JIS G 5111	SCMn3B	ASTM A148M-93b 105-85
	ローラ軸	ステンレス鋼 JIS G 4303	SUS304	ASTM A240M-01 Type304
	ローラトラックプレート	ステンレス鋼 JIS G 4303	SUS304N2	ASTM A276-98a XM-21
戸当り	ロッカアセンブリ	ステンレス鋼 JIS G 4303	SUS304N2 SUS304	ASTM A240M-01 Type304 ASTM A276-98a XM-21
	底部戸当り水密板	ステンレス鋼 JIS G 4303	SUS304	ASTM A240M-01 Type304
	底部戸当り金物	一般構造用圧延鋼材 JIS G 3101	SS400	ASTM A36
開閉装置	ドラムギヤ	クロムモリブデン鋼鋼材 JIS G 4105	SCM440	AISI ISS209
	ピニオンギヤ	クロムモリブデン鋼鋼材 JIS G 4105	SCM440	AISI ISS209
	ドラム	溶接構造用圧延鋼材 JIS G 3106	SM490C	ASTM 633 Gr.C
	各種軸類	機械構造用炭素鋼鋼材 JIS G 4051	S45C	AISI ISS209
	開閉装置架台	溶接構造用圧延鋼材 JIS G 3106	SM400	ASTM A283 Gr.D

設計応力度

ゲート主要部材の設計応力度と許容力度の一覧を表 3-2-2.2 に示す。

表 3-2-2.2 土砂吐ゲート主要部材の応力度一覧

検査部位		部材寸法	応力度	発生応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	材質
主桁	桁	H-2,200x300x12/25	曲げ応力度	143	158	SM 490
			せん断応力度	29	91	
	最大たわみ度 (桁)		たわみ度	1/825	1/600	
スキンプレート (最大応力発生区間: 区間)		区間: PL 12	曲げ応力度	125	158	SM 490
補助縦桁		区間: T-200x75x12/12	曲げ応力度	96	118	SM 400
			せん断応力度	10	68	
端縦桁		H-540x150x9/16	曲げ応力度	4	118	SM 400
			せん断応力度	15	68	
主ローラ		150 x 130 B	ローラ接触応力度	717	754	SCMn 3B
戸当り			接触応力度	910	1,029	SUS304N2

設計応力度は許容応力度に対し約 80%程度となっており、最も厳しい条件は扉体のたわみ度で許容値 1/600 に対し 1/825 となっている。

土砂吐ゲートの仕様一覧を表 3-2-2.3 に示す。

表 3-2-2.3 土砂吐ゲート仕様一覧

形 式	鋼製プレートゲート構造ローラゲート		
数 量	7 門		
純経間 x 扉高	B:60.00 ft x H:23.00 ft [B:18.29 m x H:7.01 m]		
設 計 水 深	上流側	23.00 ft [7.01 m]	
	下流側	0.00 ft [0.00 m]	
操 作 水 深	開時	上流側	23.00 ft [7.01 m]
		下流側	0.00 ft [0.00 m]
	閉時	上流側	23.00 ft [7.01 m]
		下流側	0.00 ft [0.00 m]
設 計 堆 砂 高	6.00 ft [1.83 m]		
敷 高	RL425.00 ft [EL129.54 m]		
水 密 方 式	前面 3 方ゴム水密		
開 閉 装 置	1 モータ 2 ドラム・ワイロプウイング方式		
操 作 方 式	機側操作		
開 閉 速 度	1.0 ft/min [0.3 m/min]		
揚 程	32.00 ft [9.75 m]		

(3) 洪水吐ゲート

概 要

洪水吐ゲートの改修は以下の 2 項目から構成される。

- ・ 現状の不具合改善 (ローラ部)
- ・ ゲート扉高 1 ft 嵩上げ

現状の不具合改善のうち、扉体についてはこれまでの調査結果から主要構造部については現状の構造を流用することとする。ただし、損傷の激しい端縦桁については、ローラ部との関連もあり改造を行うこととする。

ローラ部の構造

土砂吐ゲートと同様、ローラ部は戸当り側にロッカーアッセンブリを取り付けた構造とする。

使用材料

土砂吐ゲートと同様、ローラ部の使用材料はローラ硬度が戸当り硬度より小さくなるような材料組み合わせとする。

その他、主要構造部の使用材料一覧を表 3-2-2.4 に示す。

表 3-2-2.4 洪水吐ゲート使用材料一覧

区分名称	用途	材料・規格名称	記号	備考
扉体	スキンプレート	溶接構造用圧延鋼材 JIS G 3106	SM400	ASTM A633 Gr.C
	端縦桁	溶接構造用圧延鋼材 JIS G 3106	SM400	ASTM A283 Gr.D
	ローラ	構造用高張力炭素鋼及び 低合金鋼鋳鋼品 JIS G 5111	SCMn3B	ASTM A148M-93b 105-85
	ローラ軸	ステンレス鋼 JIS G 4303	SUS304	ASTM A240M-01 Type304
	ローラトラックプレート	ステンレス鋼 JIS G 4303	SUS304N2	ASTM A276-98a XM-21
戸当り	ロッカーアッセンブリ	ステンレス鋼 JIS G 4303	SUS304N2 SUS304	ASTM A240M-01 Type304 ASTM A276-98a XM-21
	底部戸当り水密板	ステンレス鋼 JIS G 4303	SUS304	ASTM A240M-01 Type304
	底部戸当り金物	一般構造用圧延鋼材 JIS G 3101	SS400	ASTM A36
開閉装置	ドラムギヤ	クロムモリブデン鋼鋼材 JIS G 4105	SCM440	AISI ISS209
	ピニオンギヤ	クロムモリブデン鋼鋼材 JIS G 4105	SCM440	AISI ISS209
	ドラム	溶接構造用圧延鋼材 JIS G 3106	SM490C	ASTM 633 Gr.C
	各種軸類	機械構造用炭素鋼鋼材 JIS G 4051	S45C	AISI ISS209
	開閉装置架台	溶接構造用圧延鋼材 JIS G 3106	SM400	ASTM A283 Gr.D

設計応力度

ゲート主要部材の設計応力度と許容応力度の一覧を表 3-2-2.5 に示す。

表 3-2-2.5 洪水吐ゲート主要部材の応力度一覧

検査部位	部材寸法	応力度	発生応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	材 質
端 縦 桁	H-400x150x12/22	曲げ応力度	30	118	SM 400
		せん断応力度	21	68	
主 口 ー ラ	150 x 130 B	ローラ接触応力度	746	754	SCMn 3B
戸 当 り		接触応力度	946	1,029	SUS304N2

洪水吐端部構造については既設扉体との取り合いから桁寸法等決まるため、応力度的には土砂吐に比べて余裕がある。

洪水吐ゲートの仕様一覧を表 3-2-2.6 に示す。

表 3-2-2.6 洪水吐ゲート仕様一覧

形 式		鋼製トラス構造ローラゲート	
門 数		2 2 門	
純経間 x 扉高		B:60.00 ft x H:20.00 ft [B:18.29 m x H:6.10 m]	
設 計 水 深		上流側	20.00 ft [6.10 m]
		下流側	0.00 ft [0.00 m]
操 作 水 深	開 時	上流側	20.00 ft [6.10 m]
		下流側	0.00 ft [0.00 m]
	閉 時	上流側	20.00 ft [6.10 m]
		下流側	0.00 ft [0.00 m]
設 計 堆 砂 高		3.00 ft [0.91 m]	
敷 高		RL428.00 ft [EL130.45 m]	
水 密 方 式		前面 3 方ゴム水密	
開 閉 装 置		1 モータ 2 ドラム・ワイロープウインチ方式	
操 作 方 式		機側操作	
開 閉 速 度		1.0 ft/min [0.3 m/min]	
揚 程		29.00 ft [8.84 m]	

3-2-2-2 ゲート開閉装置

(1) 概 要

ゲート開閉装置は以下の 2 項目の改造を行う。

- ・ 電動化（ドラム、ドラムギヤ等の更新も含む）
- ・ 配置変更（ワンフロア化）

(2) 電動化

土砂吐および洪水吐の開閉装置ともに電動化を行う。

(3) ワンフロアー化

既設開閉装置の不具合状況の確認結果から、動力部とドラム部を上下段フロアに配置し、チェーンにて動力伝達する方式は構造部材、部品等に不具合が多く発生していること及び運転管理上の改善を考慮し、今回計画では、駆動部とドラム部を同一フロアに配置することとする。

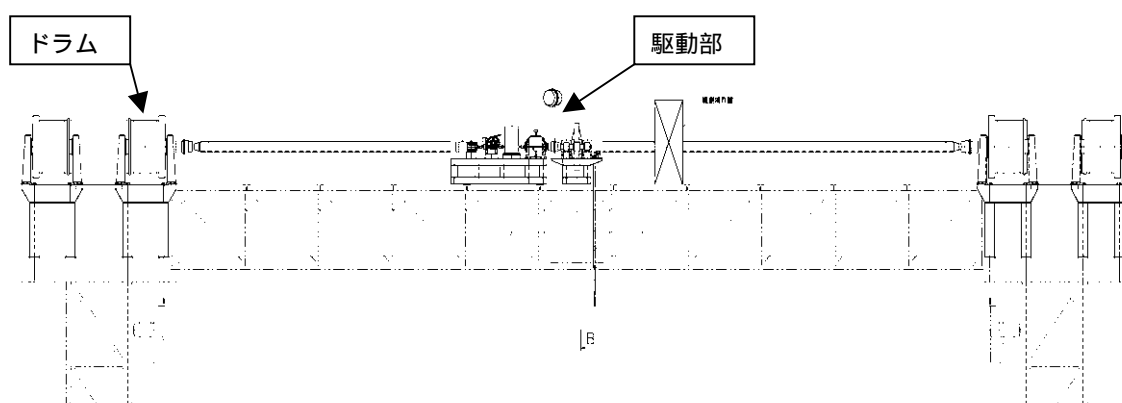


図 3-2-2.2 開閉装置の配置

3-2-2-3 ゲート開閉装置の電動化

(1) 開閉装置モータ出力の検討

土砂吐ゲートの開閉装置モータ出力の検討を以下に示す。

開閉荷重

扉体自重、ローラ摩擦等考慮して算出した開閉荷重を表 3-2-2.7 に示す。

表 3-2-2.7 開閉荷重 (単位：kN)

項 目	開 操 作 時	閉 操 作 時	開操作時下向力
扉体自重	520	520	520
ロ - ラの摩擦抵抗	62	62	62
水密ゴムと金属との摩擦抵抗	27	27	27
堆砂と扉体の摩擦抵抗	49	0	49
カウンターウエイト	395	395	0
合 計	263	36	658

開閉荷重は開操作時の 263kN から 265kN とする。

電動機所要出力：P_M

$$P_M = \frac{W \cdot V}{60 \cdot \eta}$$

ここに、 W：開閉荷重 = 265 kN
 V：開閉速度 = 0.3 m/min
 η：起動時総合効率 = 0.658

$$P_M = \frac{265 \times 0.30}{60 \times 0.658} = 2.02 \text{ kW}$$

2.02 kW の直近上位となる、定格 2.2 kW を使用する。

(2) 使用電動機諸元

形 式 全閉外扇屋外形（ブレーキ）
 出 力 2.2 kW 連続定格
 極 数 6 P 電波周波数 50 Hz
 定格回転数 940 r.p.m

洪水吐ゲートについても同様の計算を行うと、開閉荷重 = 165kN、モータ出力 = 1.5kW となる。

開閉装置仕様を表 3-2-2.8 に示す。

表 3-2-2.8 開閉装置仕様

	[土砂吐ゲート]	[洪水吐ゲート]
形 式	1 モータ 2 ドラム電動ワイロフウインチ式	1 モータ 2 ドラム電動ワイロフウインチ式
設 置 数	7 台（7 門分）	22 台（22 門分）
開 閉 荷 重	265 kN	165 kN
開 閉 速 度	1.0 ft/min [0.3 m/min]	1.0 ft/min [0.3 m/min]
揚 程	32.00 ft [9.75 m]	29.00 ft [8.84 m]
電 動 機	2.2kw 6P 連続定格	1.5kw 6P 連続定格
ワイロフウ	60 IWRC 6xP・WS (36) B 種	56 IWRC 6xWS (36) 特種
操 作 方 式	機側操作	機側操作
電 源	3 相交流 50Hz 400V	3 相交流 50Hz 400V

3-2-2-4 上部デッキの改修

上部デッキ（スーパーストラクチャー）については以下の改造を行う。

- ・ デッキ板の改造（木製からグレーチングへの変更）
- ・ 開閉装置電動化にともなう構造部材の補強

デッキ板については現状の木板からグレーチングに変更する。

改修される開閉装置荷重、群集荷重および風荷重を考慮して、既設上部工鉄骨構造を検討した。その検討結果、土砂吐ゲート部の上部工鉄骨構造はドラム部が設置される両端部の補強が必要となる。一方、土砂吐部に比較して、洪水吐ゲート部の上部工鉄骨構造は構成部材サイズが小さいため、ドラム部が設置される両端部および駆動部が設置される中央部の補強が必要となる。補強は既設の不等辺山形鋼 (L 76 x 50 x 10) に平鋼 (PL 50 x 6) を溶接する構造とする。構造部材の補強箇所を図 3-2-2.3 に示す。

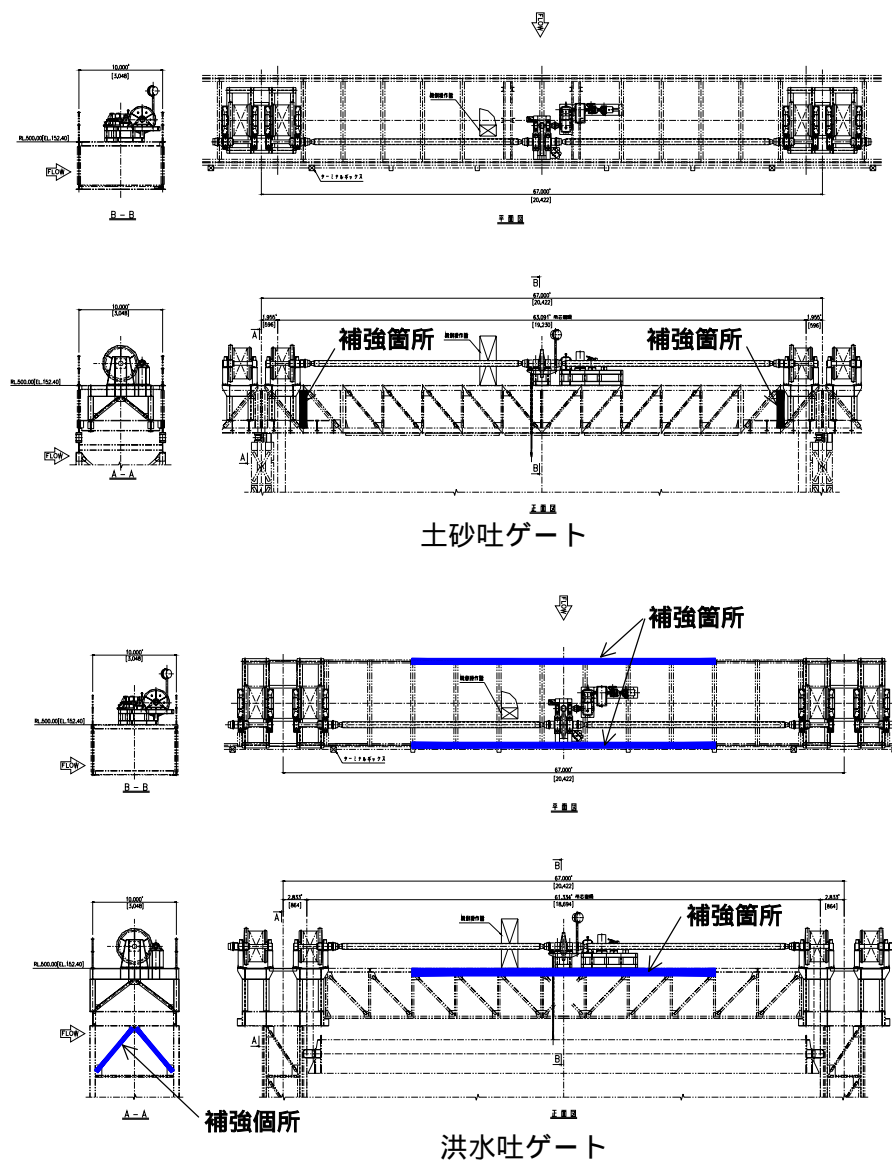


図 3-2-2.3 上部工デッキ補強箇所

3-2-2-5 バルクヘッドゲート

バルクヘッドゲートについては仮締切り他形式との比較検討結果を考慮しバルクヘッドゲート方式を選定した。バルクヘッドゲートの仕様を表 3-2-2.9 に示す。

表 3-2-2.9 バルクヘッドゲート仕様

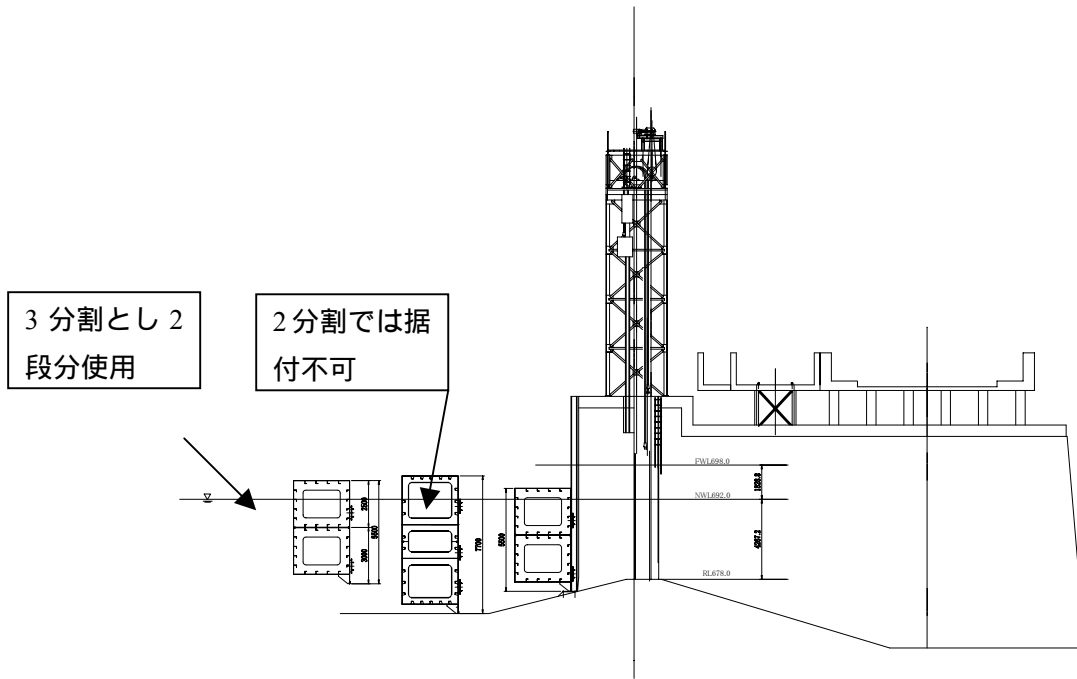
門扉形式	鋼製フローティングゲート
寸法	純径間 18.29 m x 扉高 7.70 m
門数	5 門
設計最大水深	7.70 m
戸当り敷高	土砂吐ゲート：RL 423.00 ft [EL128.93 m] 洪水吐ゲート：RL 426.00 ft [EL129.85 m]
設計水位	RL 448.26 ft [EL136.63 m]
格納方式	台車及びインクラインによる巻上方式
水密方式	後面 3 方ゴム水密

なお、バルクヘッドゲートは他の堰でも流用可能なように扉体を水平 3 分割、鉛直 3 分割計 9 分割にブロック割りし、ボルト接合する形式とする。ジナー堰およびトリム堰はタウンサ堰に比べ水深が浅く、JICA の F/S 調査時に計画した水平 2 分割では扉体の起立倒伏が不可であるため、水平 3 分割とし、バルクヘッドゲートの下 2 段のみを使用するものとした。(図 3-2-2.4 参照)

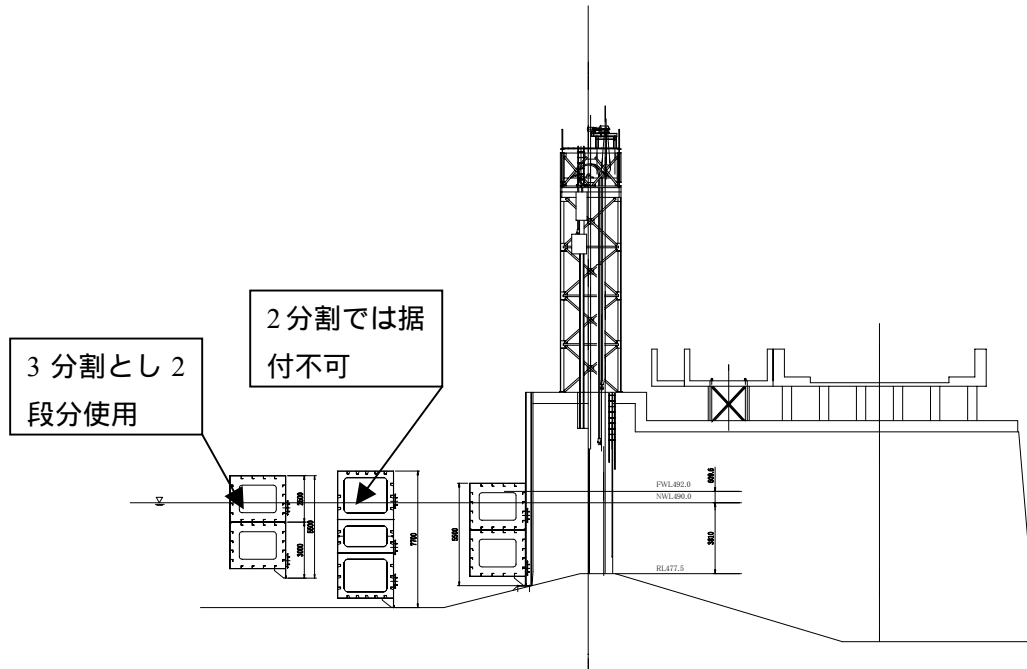
バルクヘッドゲート主要部材の応力度計算結果を表 3-2-2.10 に示す。ゲート浮上起立時の安定性からゲートデプスを 3.00m とした。また、主桁の断面はシェル構造としての部材最小板厚から決まっている。

表 3-2-2.10 バルクヘッドゲート主要部材の応力度一覧

検査部位	部材寸法	応力度	発生応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	材質
主桁	上部ブロック 箱形断面 2,500x3,000x10	曲げ応力度	15	177	SS400
		せん断応力度	12	102	
		スクリューとの合成応力度	47	195	
	中間ブロック 箱形断面 2,200x3,000x10	曲げ応力度	43	177	SS400
		せん断応力度	24	102	
		スクリューとの合成応力度	113	195	
	下部ブロック 箱形断面 2,500x3,000x10	曲げ応力度	92	177	SS400
		せん断応力度	67	102	
		スクリューとの合成応力度	186	195	
最大たわみ度 (下部ブロック)		たわみ度 1/1,535 < 許容たわみ度 1/600			



(1) ジナー堰



(2) トリム堰

図 3-2-2.4 他堰でのバルクヘッドゲート使用例

3-2-2-6 タグボート、作業用ボート、クレーン、スペア・パーツ

タグボート等バルクヘッドゲート関連設備の仕様を表 3-2-2.11 に示す。

表 3-2-2.11 バルクヘッドゲート関連設備の仕様

機器名称	設置目的・用途	仕様	備考
タグボート	バルクヘッドゲート曳航	150PS x 2 隻	
ボート	バルクヘッドゲート据付用機器運搬等	積載荷重 1.2ton x 3 隻	
主クレーン	バルクヘッドゲートの組立、解体	50t 吊トラッククレーン x 1 基	
スペア・パーツ	整備、補修	ボルト、ナット、パッキン、塗料、クレーン、タグボート等整備用工具等	詳細は 3-2-2-10 章参照

スペア・パーツは現地工事期間の 2 年間分および維持管理期間の 1 年分の合計 3 年分を考慮する。

3-2-2-7 バルクヘッドゲート用施設（ストックヤード等）

(1) バルクヘッドゲート用ストックヤードレイアウト

バルクヘッドゲート用ストックヤードの位置

JICA F/S 調査時には、6 門のバルクヘッドゲートは 3 門ずつ左右両岸に格納する計画であったが、本無償資金協力事業の要請時に先方政府は、保管および維持管理を考慮して左岸に 5 門のバルクヘッドゲートを一括格納する計画に変更した。

バルクヘッドゲート用ストックヤードの位置は、タウンサ堰上流約 450m 地点を選定する。選定理由は次のとおりである。

- ・ ミオ筋が左岸側に寄り、インクラインに土砂の堆積が少ない。
- ・ タウンサ堰の維持管理事務所は左岸側にあり、バルクヘッドゲートの格納・運営・維持管理に便利である。
- ・ 左岸側は洗堀領域にあり、バルクヘッドゲート曳航時の喫水深を確保しやすい。

バルクヘッドゲート用ストックヤードの規模

ストックヤードの規模は次のとおりとする。

- ・ スtockヤードの長さ：160.0m
(インクライン長：58.4m + ゲートストックヤード長：81.6m + 通路幅：10.0m + 堤防道路幅：10.0m)
- ・ スtockヤードの幅：90.0m
(堤防道路幅：10.0m x 2 列 + 通路幅：10.0m x 2 列 + ゲート積込用スラット幅：13.0m + ゲート格納幅：27.0m + 作業スラット幅：10.0m)
- ・ スtockヤードの規模：14,400 m²
(長さ 約 160m x 幅 約 90m x 盛土高さ 約 6.0m)

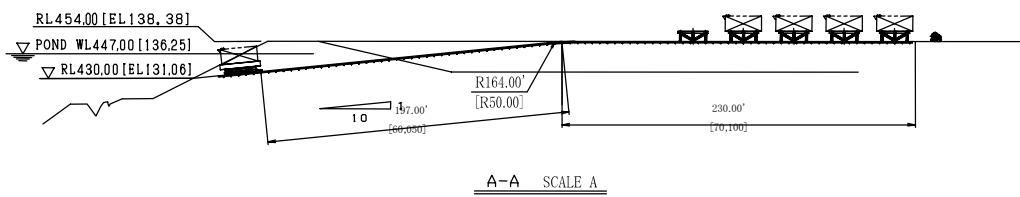
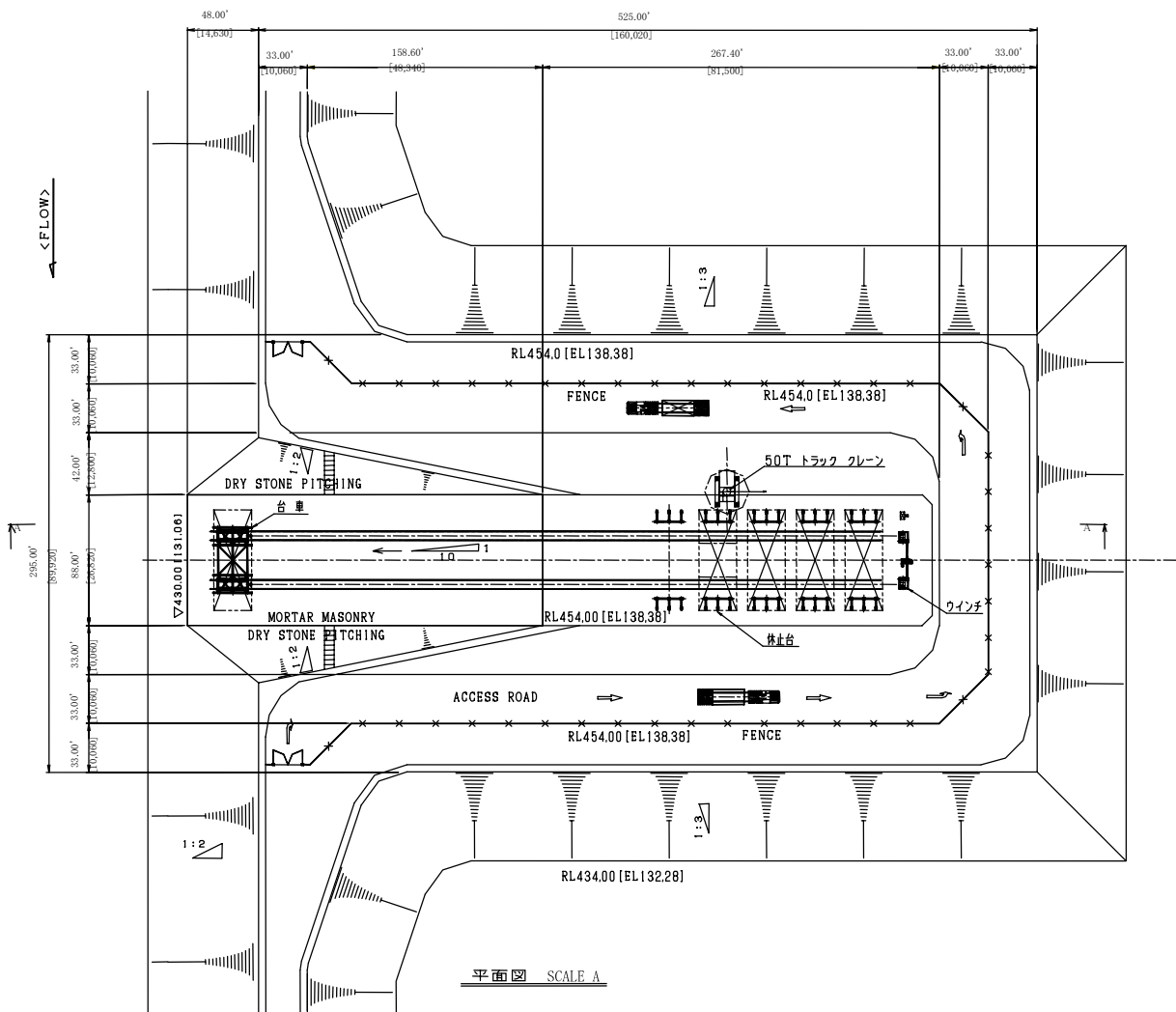


図 3-2-2.5 バルクヘッドゲート用ストックヤードレイアウト

(2) 設備計画

インクライン

1) インクラインの勾配

バルクヘッドゲートストックヤードインクライン設備の勾配については、緩ければ盛土工事費が増加し、急であればバルクヘッドゲート引揚げ用ウィンチの容量が大きくなり機械設備の工事費が増加することから走行性の安全性を踏まえた上で適切な勾配を選定する必要がある。

a) 検討条件

- i) バルクヘッドゲートの設置作業については、1日で作業が完了せず河川に一晩係留させた場合、流木及び船舶の衝突、ゲート操作ミスによる放流の影響等によりゲート本体への損傷または、河床への沈没等が生じる恐れがある。万一、バルクヘッドゲートに異状が生じた場合はその後の工程を進捗させることができず、全体工程に非常に大きな影響を及ぼすことから、進水から所定場所設置までの作業は1日で完了させることが工程管理の面から非常に重要な条件となる。
- ii) バルクヘッドゲート設置作業は原則1日で完了させるものとして検討する。なお、1日の作業時間は8時間として検討する。
- iii) バルクヘッドゲートの作業手順及び所要時間は次のとおりとする。

インクライン設備からの進水

曳航	0.5hr
バルクヘッドゲート直立作業準備	1.0hr
バルクヘッドゲート傾倒・直立作業	1.5hr
バルクヘッド沈下作業	1.0hr
所定位置横移動(ロープによる引寄せ)	0.5hr
<u>バルクヘッドゲート沈下微調整作業・固定</u>	<u>1.0hr</u>
合計	5.5hr

- iv) 上記よりインクライン設備からの進水作業で目標とする所要時間は2.5hrと設定する。
- v) 勾配の規定はモータボート等軽量のインクライン設備であれば傾斜角を 45° (1:1)以下とするとの規定がある。しかし、本設備は100t以上もある重量構造物であり、傾斜角が急であるとレール上の異物堆積の乗り上げ・流水・流木等によるほんの僅かな衝撃でも台車から滑り落ちたり、転落することが考えられるため、転落によるゲートの損傷の全体工程への影響度の大きさを考えると急傾斜角は採用できない。
- vi) 本検討では傾斜角を 10° 程度と設定して勾配1:15, 1:10, 1:5の3ケースについて比較検討を行う。

b) 検討結果

検討の結果を表 3-2-2.12 に示す。第 1 案はバルクヘッドゲート設置作業を 1 日で完了させることが困難であること、第 3 案は土木工事費が安価になるが、急傾斜角に伴い引揚荷重が大幅に増加し、電動機容量の増加割合が大きくなるため、機械設備のコストが土木工事費を上回り、総合的に高価となる。

勾配についてはバルクヘッド設置作業工程に影響を及ぼさない範囲で最も安価な第 2 案：勾配 1:10 を採用する。(表 3-2-2.12 参照)

2) インクラインの規模

インクラインの規模は次のとおりとする。

- インクライン先端標高：R.L. 430.00 ft (= EL. 131.06m)
(堰上げ水位：R.L. 447.00ft - 必要喫水深：10.00ft - 台車高さ：3.00ft - 余裕高：3.00ft)
- インクライン天端標高：R.L. 454.00 ft (= EL. 138.38m)
(洪水位：R.L. 448.00ft + 堤防余裕高：7.00ft)
- インクラインの勾配：1 / 10
(コトリ堰等の実施例：1 / 10 = 10%)
- インクラインの長さ：240.00 ft (= 73.15m)
(標高差：R.L. 455.00ft - R.L.431.00ft = 24.00ft, インクラインの長さ = 24.00 x 10.0)

表 3-2-2.12 バルクヘッドゲートストックヤード インクライン設備 勾配の検討

概要	第1案：勾配1:15 (傾斜角3.8°) 傾斜角が緩いため、インクライン長が長くなるが巻上荷重は小さくなる。	第2案：勾配1:10 (傾斜角5.7°) 3案の中では中間的な位置づけの案である。	第3案：勾配1:5 (傾斜角11.3°) 巻上荷重が大きくなるが、土量が少なくなり土木費を抑えることができる。	
インクラインの長さ	110 m L: 211.6 m x B: 90 m = 19,044 m ²	73 m L: 174.6 m x B: 90 m = 15,714 m ²	37 m L: 138.6 m x B: 90 m = 12,474 m ²	
用地面積	インクライン長が長くなる分用地面積が広がる。	第1案に比べると用地面積は小さくて済む。	インクライン長が短くなる分最も用地面積が小さくなる。	
所要進水時間	3.0hr (巻上距離: 180m) 揚程が長くなり進水作業に3.0hrかかるため、進水作業目標時間2.5hrを満足しない。1日で設置作業まで完了させることが困難である。	2.2hr (巻上距離: 130m) 本勾配であれば、進水作業の目標時間2.5hrを満足するため、設置工程に影響を及ぼすことはない。	1.7hr (巻上距離: 100m) 進水作業目標時間2.5hrより大幅に短いため、設置工程に影響を及ぼすことはない。	
設備概要	巻上荷重	214kN	370kN	
	電動機容量	4.0kw	10.0kw	
	発電機容量	37KVA	90KVA	
	ウインチ概略重量	15ton	30ton	
	概略土量	10,840m ³	7,200m ³	3,600m ³
経済性	インシャルコスト	機械設備: 25.8百万円(ウインチ・発電機・盤) 土木工事: 33.6百万円 計: 59.4百万円	機械設備: 33.3百万円(ウインチ・発電機・盤) 土木工事: 22.3百万円 計: 55.6百万円	機械設備: 51百万円(ウインチ・発電機・盤) 土木工事: 11.2百万円 計: 62.2百万円
	ランニングコスト	機械設備: 4.7百万円(燃料・更新費) 64.1百万円	機械設備: 6.2百万円(燃料・更新費) 61.8百万円	機械設備: 10.2百万円(燃料・更新費) 72.4百万円
	ライフサイクルコスト	広い用地が必要となり、バルクヘッドゲート設置作業工程に影響を与え、経済的にも劣る。	バルクヘッドゲート設置作業に影響を与えず経済性に優れることから本案を採用する。	バルクヘッドゲート設置作業に影響はないが経済的に高価となり経済性に劣る。

(経済性の算出根拠)

- 1) 巻上荷重及び電動機容量の計算は別紙「インクライン設備ウインチ計算書」による。
- 2) 発電機容量計算書は別紙「ウインチ発電機容量計算書」による。
- 3) ウインチ概略重量は第2案1:10の数量を $\sqrt{}$ に経験値及び $\sqrt{}$ 容量の比の2乗根より算出。
- 4) 概略土量は各ウインチ長さ x 高さ x インク幅 (27m) で算出。概略なので盛土量のみで計算。
- 5) 機械設備のランニングコストは50年間の燃料代と機器(盤・発電機・電動機・減速機)の更新を想定。
- 6) 更新年数: 発電機: 20~25年、盤: 20年、電動機: 30年、減速機: 30~40年

バルクヘッドゲート引揚げ用ウインチ

1) ゲート引揚げ速度

ゲート引揚げ速度は速ければ速いほど所要時間が短縮されバルクヘッドゲート設置作業時間が短縮され効率良く作業が可能となる。しかし、そうすると当然電動機容量が大きくなり不経済となるため、適切なゲート引揚げ速度を選定する必要がある。

a) 検討条件の設定

- i) インクライン設備からの進水作業で目標とする所要時間は2.5時間 (hr) と設定する。
- ii) 開閉速度の規定はモータボート等軽量のインクライン設備であれば10m/min以下とするとの規定がある(ダム堰施設技術基準(案))。しかし、本設備は100t以上もある重量構造物であり、ゲート引揚げ速度が速いとレール上の異物の堆積・流水・流木の影響等によるほんの僅かな衝撃でも台車上から滑り落ちたり転落することが考えられる。
- iii) 本設備は設備水門鉄管技術基準では高揚程のゲートで0.5~1.5m/min、急降下閉塞時でも着床時の衝撃力・扉体の損傷を考慮して1.0~2.0m/min(最大で6.0m/min)程度と規定している。
- iv) 本工事は改修門数が多く限られた期間内で順次改修を完了させる必要があるため、工程管理が非常に重要なポイントとなる。万が一、台車から転落しゲートが損傷した場合、全体工程への影響度が非常に大きいことから、高速での開閉速度は採用しない。急降下閉塞装置の規定に準じてゲート引揚げ速度は2.0m/minを最大値として検討する。
- v) 検討ケースはゲート引揚げ速度を0.5m/min、1.0m/min、2.0m/minの3ケースとする。

b) 検討結果

検討結果は、次のとおりである(表 3-2-2.13 参照)。

- ・ ゲート引揚げ速度0.5m/minでは所要時間が4.3hrを要するため、進水作業目標時間2.5hrを満足しない。作業中断中の危険性が高いことから採用できない。
- ・ ゲート引揚げ速度2.0m/minはバルクヘッドゲート作業への影響はないが経済性に劣る。
- ・ ゲート引揚げ速度1.0m/minはバルクヘッドゲートの進水所要時間2.2hrであり、目標時間2.5hrを満足する。また、経済的にも他の案に比べ安価である。

以上よりゲート引揚げ速度については1.0m/minとする。

表 3-2-2-13 バルクヘッドゲートストロックスヤード インクライン設備 ゲート引揚げ速度の検討

	第1案：V=0.5m/min	第2案：V=1.0m/min	第3案：V=2.0m/min
概要	高揚程のゲート設備に採用される速度である。非常にゆっくりとした速度であり、衝撃に対しても3案中で最も安全である。	1案と2案の中間的な速度である。	急降下閉塞時に採用される速度である。重量物を運搬するには速い速度である。衝撃の影響を最も受けやすい。
所要進水時間	4.3hr (揚程：130m)	2.2hr (揚程：130m)	1.1hr (揚程：130m)
バルクヘッドゲート設置工程への影響	速度が遅いため、進水作業に4.3hrかかる。進水作業目標時間2.5hrを大幅に超えるため、1日で設置作業まで完了させることが困難である。	本速度であれば進水作業の目標時間2.5hrを満足するため、設置工程に影響を及ぼすことはない。	進水作業目標時間2.5hrより大幅に短いため、設置工程に影響を及ぼすことはない。
設備概要	巻上荷重	216kN	216kN
	電動機容量	3.0kw	5.5kw
	発電機容量	37KVA	50KVA
	ウインチ概略重量	15ton	20ton
経済性	インシャルコスト	25百万円 (ウインチ・発電機・盤)	33.3百万円 (ウインチ・発電機・盤)
	ランニングコスト	燃料費：0.04 × 50年 = 0.2百万円 更新費：4.5百万円 計4.7百万円	燃料費：0.028 × 50年 = 0.14百万円 更新費：6.0百万円 計6.14百万円
	ライフサイクルコスト	29.7百万円	39.59百万円
	判定	経済的には安価であるがバルクヘッドゲート設置工程に影響を与える。	バルクヘッドゲート設置作業に影響を与えず経済性に優れることから本案を採用する。

1) 巻上荷重及び電動機容量の計算は別紙「ウインチ」設備計算書による。

2) 発電機容量計算書は別紙「ウインチ発電機容量計算書」による。

3) ウインチ概略重量は第2案1:10の数量をベースに経験値及びウインチ容量の比の2乗根より算出。

4) 機械設備のランニングコストは50年間の燃料代と機器(盤・発電機・電動機・減速機)の更新を想定。

5) 各機器のコスト：盤/発電機：当社経験値(日本ベ-ス)、電動機/減速機(当社市場調査データベ-スより)

6) 更新年数：発電機：20~25年、盤：20年、電動機：30年、減速機：30~40年

2) ウィンチの規模

ウィンチの規模は次のとおりとする。

- ゲート引揚げスピード： 1.0 m/sec
- ゲート引揚げ力： 約 30 t (台車を含む)
- モータ容量： 5.5 kw (エンジンの場合：11.5 ps)

ウィンチ供給電源については、1) 第1案：商用電源 + モータ案、2) 第2案：発電機 + モータ案、および3) 発動機案を比較検討して、経済性に優れ、信頼性の高い第2案：発電機 + モータ案を採用する(表 3-2-2.14 参照)。

(3) 積込用護岸

インダス川堤防護岸を考慮して、バルクヘッドゲート積込用護岸は次のとおりとする。

- 積込用護岸の規模：長さ 約 75m x 高さ 0m ~ 5.1m x 2 列
- 積込用護岸の構造：空石張り護岸工 (法勾配 1:2.0、厚さ 50cm)

(4) 土木工事

バルクヘッドゲート用ストックヤードの主な土木工事は次のとおりである。

- 敷地造成工事：整地工 19,500 m²
- 土工事：空張石撤去 1,900 m²、掘削 5,600 m³、盛土 100,500m²、
- 基礎工事：基礎碎石 930m²、鉄筋コンクリート 890 m³
- 舗装工事：コンクリート舗装 2,160 m²
- 護岸工事：空張石 2,300 m²

表 3-2-2-14 バルクヘッドストックヤード ウィンチ供給電源比較検討表

		第1案：商用電源 + モーター案	第2案：発電機 + モーター案	第3案：発電機案
容量		モータ：5.5kw 商用電源：AC400V, 50Hz, 3	モータ：5.5kw 発電機：40KVA x 1台	エンジン：11.5ps
概要・機器構成		動力電源を商用電源とする案。商用電源が寸断した時のみ堰全体バックアップである予備発電機を利用。ウィンチの駆動はモータ・減速機を用いて行う。	操作頻度を考え、動力電源を発電機とした案。ウィンチの駆動はモータ・減速機を用いて行う。	エンジン発電機を直結して駆動する案であり、電源は必要ない。ウィンチの駆動はエンジン及びクラッチ・回転切替装置・減速機を用いて行う。操作盤は不要。
操作性		操作盤のブレーカをONにするのみ。その後、すぐに操作可能。操作性に優れる。	発電機を起動させる必要があるがそれほど手間ではない。	ニュートラルの状態ではエンジンを起動させる手間がある。上昇時には回転数を逆転させる必要がある。
操作信頼性		停電時でも堰全体のバックアップ用の発電機で電源供給可能であること及び電気的なリミットを聞かすことが可能であり、信頼性は高い。	商用電源の停電に関係なく、使用できる。また、電気的なリミットを聞かすことも可能であり、信頼性は高い。	・商用電源の停電に関係なく、使用できる。 ・電気的な監視制御ができないため、常に操作員が監視し、安全を確認しながら運転する必要があるため、信頼性に劣る。
メンテナンス性		機器のメンテナンスはないが通電していないと電気部品の寿命が短くなるため、定期的な交換が必要。	発電機のメンテナンスが必要。	エンジン等のメンテナンスが必要。
時間	運転時間	2.2hr (片道) x 2 x 2 門 = 8.8hr	2.2hr (片道) x 2 x 2 門 = 8.8hr	2.2hr (片道) x 2 x 2 門 = 8.8hr
	頻度	2回/年	2回/年	2回/年
消費量	合計	17.6hr/年	17.6hr/年	17.6hr/年
	消費量	5.5kW x 17.6hr = 96.8kWh	8 1/2 1/2/hr x 17.6hr = 140.8 1/2 1/2	2.3 1/2 1/2/hr x 17.6hr = 40.5 1/2 1/2
経済性	イニシャルコスト	操作盤 300千円 電気工事費(架空500m) 3,700千円 合計 4,000千円	操作盤 300千円 発電機 3,000千円 合計 3,300千円	エンジン・クラッチ 800千円 切替装置 3500千円 合計 4300千円
	ランニングコスト	1kWh当りの11円(日本)とした場合。 (基本料金は本ゲートと同時に運転しないため本ゲートに含まれるとした。) 年間コスト 96.8 x 11 = 1.1千円 50年間のコスト：1.1 x 50年 = 55千円	1 1/2 1/2 = 50円とした場合。 年間コスト 140.8 x 50円 = 7.1千円 50年間のコスト：7.1 x 50年 = 355千円	1 1/2 1/2 = 50円とした場合。 年間コスト 40.5 x 50円 = 2.1千円 50年間のコスト：2.1 x 50年 = 105千円
評価	ライフサイクルコスト	イニシャルコスト：4000千円 ランニングコスト：55千円 ライフサイクルコスト：4055千円	イニシャルコスト：3300千円 ランニングコスト：355千円 ライフサイクルコスト：3655千円	イニシャルコスト：4300千円 ランニングコスト：105千円 ライフサイクルコスト：4405千円
	評価	：信頼性が高いがメンテナンス性・経済性に劣り、あえて採用するメリットはない。	：経済性に優れ、信頼性も高いため、最も適する。	：安全性に問題あること及び経済性に劣るため、採用するメリットはない。

3-2-2-8 電気施設

電気設備に関する容量算出は以下のとおり。

(1) 土砂吐・洪水吐ゲート用電動機

前述の開閉装置モータ出力の検討より、土砂吐ゲート：定格 2.2 kW および洪水吐ゲート：定格 1.5 kW とする。

(2) 受電設備用変圧器

条件：ゲートの同時操作は土砂吐ゲートを最大 10 門までとする。

$$Ptr = [Po / (\quad \times Pf) + Pi] \times$$

ここに、

Ptr :	変圧器容量 (kVA)	
Po :	負荷出力の合計 = 2.2 kW x 10 台 = 22.0 kW	
:	負荷の効率 = 0.85	
Pf :	負荷の力率 = 0.80	
Pi :	機側操作盤の合計負荷出力 = 0.5 kW x 10 台 = 5.0 kW	
	配電盤の負荷出力	= 2.0 kW
	合計負荷容量	= 7.0 kW
:	需要率 = 1.0	

$$= [22 / (0.85 \times 0.80) + 7.0] \times 1.0$$

$$= 39.3 \text{ (kVA)}$$

上記より、直近上位の変圧器標準容量より 50kVA を選定する。

(3) ゲート用予備発電機

予備発電機の検討を「資料 8-9」に示す。 検討結果より 50 kVA を選定する。

(4) BHG ウインチ用電動機

BHG 用ウインチの検討結果 (3-2-2-7) より、定格 5.5kW とする。

(5) BHG ウインチ用発電機

予備発電機の検討を「資料 A 8-10」に示す。 検討結果より 50 kVA を選定する。

(6) 機側操作パネル

機側操作パネルは、土砂吐ゲートおよび洪水吐ゲートの各ゲート毎に 1 基を計画する。 機側操作パネルの構成は次のとおりとする。

表 3-2-2.15 機側操作パネルの構成

構成	設計仕様	備考
1) 電流計	アナログ表示：1 アンペア単位表示	各ゲート用
2) 電圧計	アナログ表示：25 ボルト単位表示	各ゲート用
3) ゲート開度指示計	アナログ表示：2ft 単位表示	各ゲート用
4) 非常停止ボタン		各ゲート用
5) ゲート操作ボタン	上昇、停止、下降用操作ボタン	各ゲート用
6) ランプ テスト ボタン		各ゲート用
7) 警報停止ボタン		各ゲート用
8) 警報リセットボタン		各ゲート用

表 3-2-2.16 電気設備の主要機器仕様

主要機器名	調達員数	概略仕様
(1) 受電設備		
終端柱	1 組	電柱及び装柱金物、裸電線
フューズ付断路器	3 組	11kV, 10A
避雷器	3 組	11kV, 5kA, ギャップレス型
変圧器	1 台	11/0.4-0.23kV, 50kVA 屋外据置型、油入
(2) 配電設備		
低圧配電盤	1 面	屋外自立型
(3) 開閉設備	29 組	
機側操作盤		屋外自立型、IP54
電動機		かご形 3 相誘導電動機、屋外型、電磁ブレーキ付き、1.5kW
開度計		電気式
リミットスイッチ箱		リミットスイッチ 2 個内臓
(4) 予備発電設備（ゲート用）		
予備発電機	1 台	ディーゼルエンジン式 400-230V、50kVA
(5) BHG 格納設備		
予備発電機（BHG 用）	1 台	ディーゼルエンジン式 400-230V、50kVA
電動機	1 台	かご形 3 相誘導電動機、屋外型、5.5kW
操作盤	1 面	屋外自立型、IP43

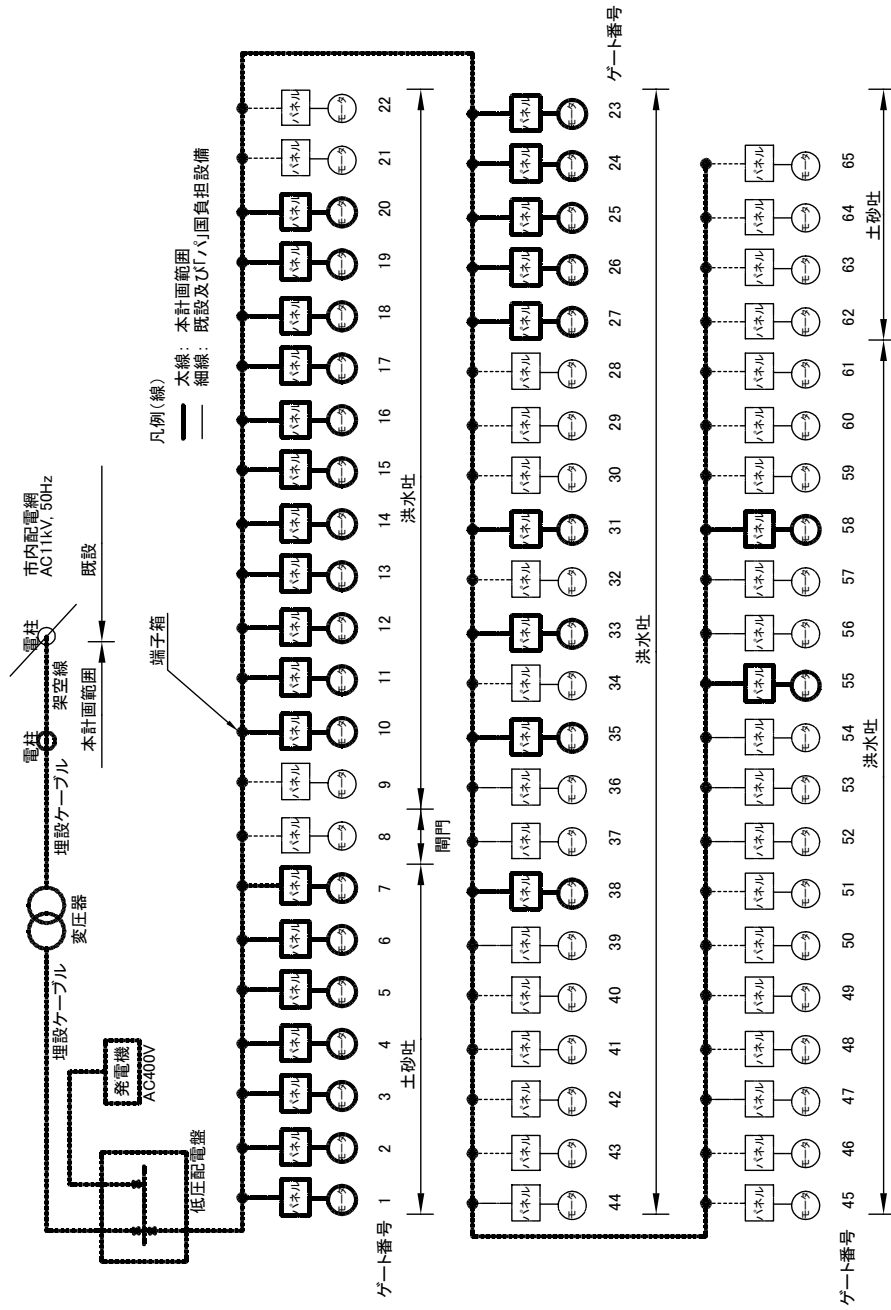


図 3-2-2.6 電源系統図

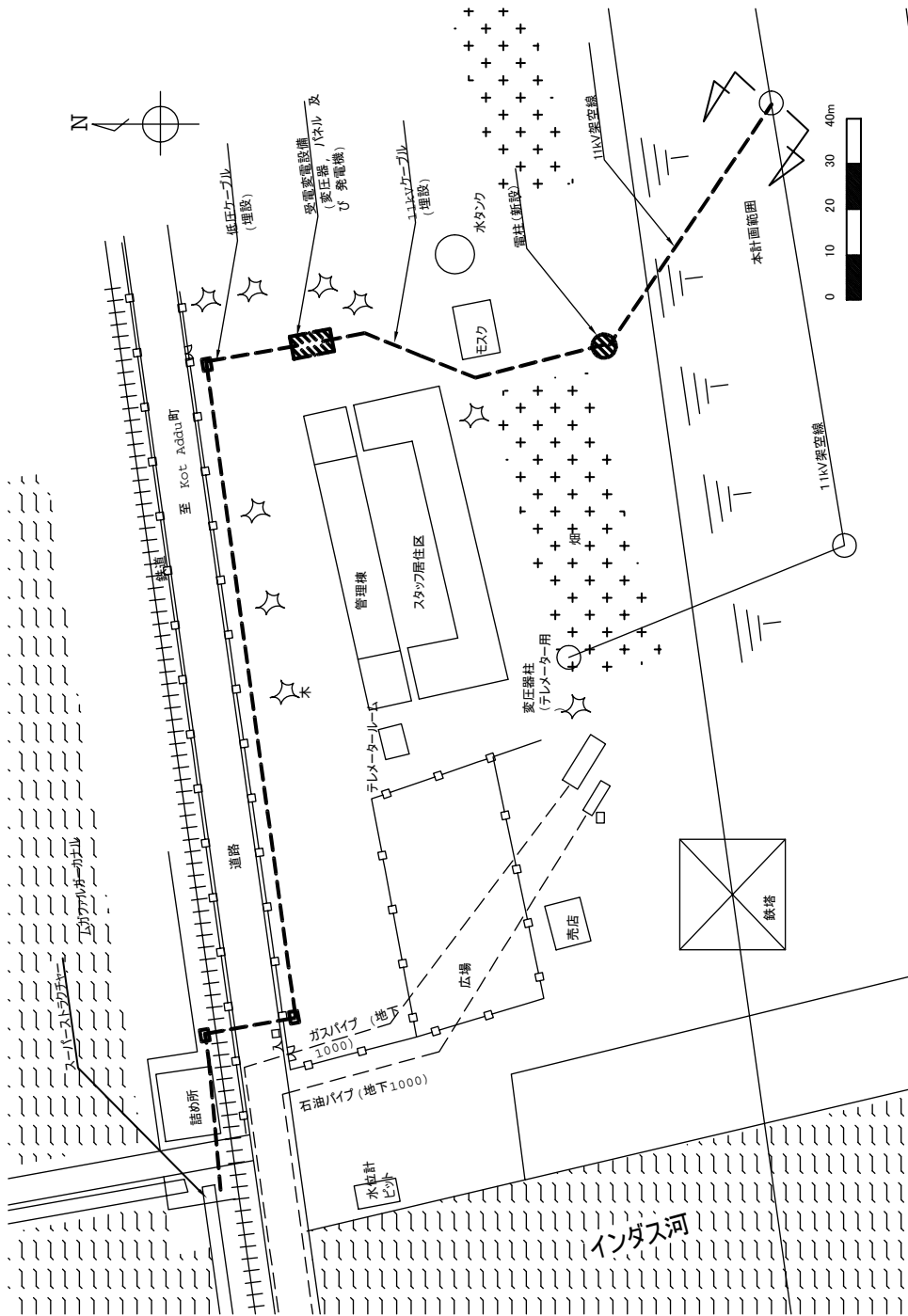


図 3-2-2.7 機器配置図 (S=1/1,200)

3-2-2-9 仮設施設

(1) 仮廻し水路

これらの河川内工事を実施しながら、河川水を安全に流下できる仮廻し水路が必要となる。既設タウンサ堰は洪水吐ゲート(スパン 60ft = 18.3m): 53 門および土砂吐(スパン 60ft = 18.3m): 11 門が設置されている、改修工事を実施しているゲートから 1 門以上離れた洪水吐および土砂吐ゲートを仮廻し水路として利用し、河川水を安全に流下する計画とする。

12 門の洪水吐ゲートを全開すると、施工期間中の対象洪水量を放流できるが、タウンサ堰ゲート操作規定に隣り合うゲート開度差は 2 ft 以下とすると規制している(2 フィートルール)ため、実施の施工に際しては、2 フィートルールを守りながら、詳細なゲート操作計画を策定する。

(2) ゲート改修工事用下流側仮締切工事

ゲート改修工事用堰下流水位

ゲート改修工事期間中の堰下流水位は、下流副堰築造後の D/S WL. 429.60ft = D/S WL. 130.94m とする。

下流仮締切工の高さおよび構造

下流仮締切工の高さは、堰下流水位: D/S WL. 429.60 ft = D/S WL. 130.94m に余裕高: 0.50m を考慮した次の高さとする。

- ・ 堰下流水位: D/S WL. 429.60 ft = D/S WL. 130.94m
- ・ 堰下流締切天端標高: R.L. 432.00ft = EL. 131.67m
- ・ 既設傾斜エプロン標高: 洪水吐 R.L. 425.00ft = EL. 129.50m
土砂吐 R.L. 422.00ft = EL. 128.60m
- ・ 堰下流締切高: 洪水吐 7.00ft = 2.13m
土砂吐 10ft = 3.05m

堰下流仮締切工の高さは、2.13 ~ 3.05m と比較的 low、既設傾斜エプロン上に設置することになるため、その構造は、施工が容易で止水性の良い「大型土嚢」を採用する。

(3) 工事用道路および仮設橋梁

工事用道路

右岸側のインダス・ハイウェイからサイトまでの主要地方道は、工事用道路として兼用できる、ハイウェイからの交差点も大きなカーブであり、道路横断の電線も道路建築限界高: 4.5m (国際規格) より高いことから、新設の工事用道路は不要である。

仮設橋梁

タウンサ堰併設橋および RD 7,500 排砂施設 (Silt Ejector) 地点に架かる橋梁、ムザファルガ

ーおよび T.P.リンク水路の取水工にある既設橋梁も橋梁設計荷重 Class AA (70 ton 級の戦車荷重) で建設されており、工事用車両が通行できる。

土砂吐および洪水吐ゲート改修工事は、既設タウンサ堰併設橋から、または上流側から台船上の作業となることから、仮設橋梁は不要である。

(4) 仮設栈橋

上流側から台船上の作業が予想されることから、資材積み出し等の仮設栈橋が必要となる。資材・製品仮置き場が右岸に計画される場合ことから、仮設栈橋の位置は、右岸上流地点を選定する。

仮設栈橋の規模は次のとおりとする。

- ・ 仮設栈橋の構造： 鋼製仮設栈橋 (H-300 x 300 L = 14.00mH 鋼橋脚、鋼製覆工版)
- ・ 仮設栈橋幅員： 10.00 m (5.00 m x 2 車線)
- ・ 仮設栈橋延長： 30.00 m (斜路部：16.00 m、水平部：14.00 m)

3-2-2-10 付帯施設・機材の仕様と数量

今回計画の付帯施設・機材の仕様及び数量を表 3-2-2.17~3-2-2.18 に示す。

表 3-2-2.17 バルクヘッドゲート関連設備の仕様

機器名称	設置目的・用途	仕様	備考
タグボート	バルクヘッドゲート曳航	150PS x 2 隻	
ボート	バルクヘッドゲート据付用機器運搬等	積載荷重 1.2ton x 3 隻	コンプレッサー等機材運搬用 3 隻
主クレーン	バルクヘッドゲートの組立、解体	45t 吊トラッククレーン x 1 基	
バルクヘッドゲートストックヤード	バルクヘッドゲートの格納および使用時の昇降	コンクリート製斜路式 ウィンチ 5.5 kW x 1 基 発電機 50 kVA x 1 基	
スペア・パーツ	整備、補修	ボルト、ナット、パッキン、塗料、クレーン、タグボート等整備用工具等	詳細は表 3-2-2.17 参照

表 3-2-2.18 バルクヘッドゲート関連スペア・パーツ

名 称	仕 様	数 量	備 考
タグボート用整備工具	スパナ、レンチ等	1 式	各船に搭載するものと想定
フィルター	エンジン、燃料、 エアー用	5 式	毎年各船のフィルターを交換するものと想定
エンジンオイル	タグボート、ボート用	2 式	1 回交換を想定
クレーン用整備工具	スパナ、レンチ等	1 式	
クレーン用オイル類	エンジン、ミッション、ブレーキ	2 式	毎年交換と想定
クレーン用フィルター類	エンジン、オイル、エアー	2 式	毎年交換と想定
クレーン用エレメント		2 式	毎年交換と想定
ブレーキオイル		4 式	2 年毎交換と想定
ブレーキホース		1 式	2 年毎交換と想定
電気部品	ヒューズ、ランプ等	1 式	
ボルト、ナット、パッキン		1 式	解体/組立 1 回分

3-2-2-11 協力 範囲

無償資金協力の範囲については、予備調査で提案されている協力範囲を基本として検討した結果、下表に示す範囲を対象とする。

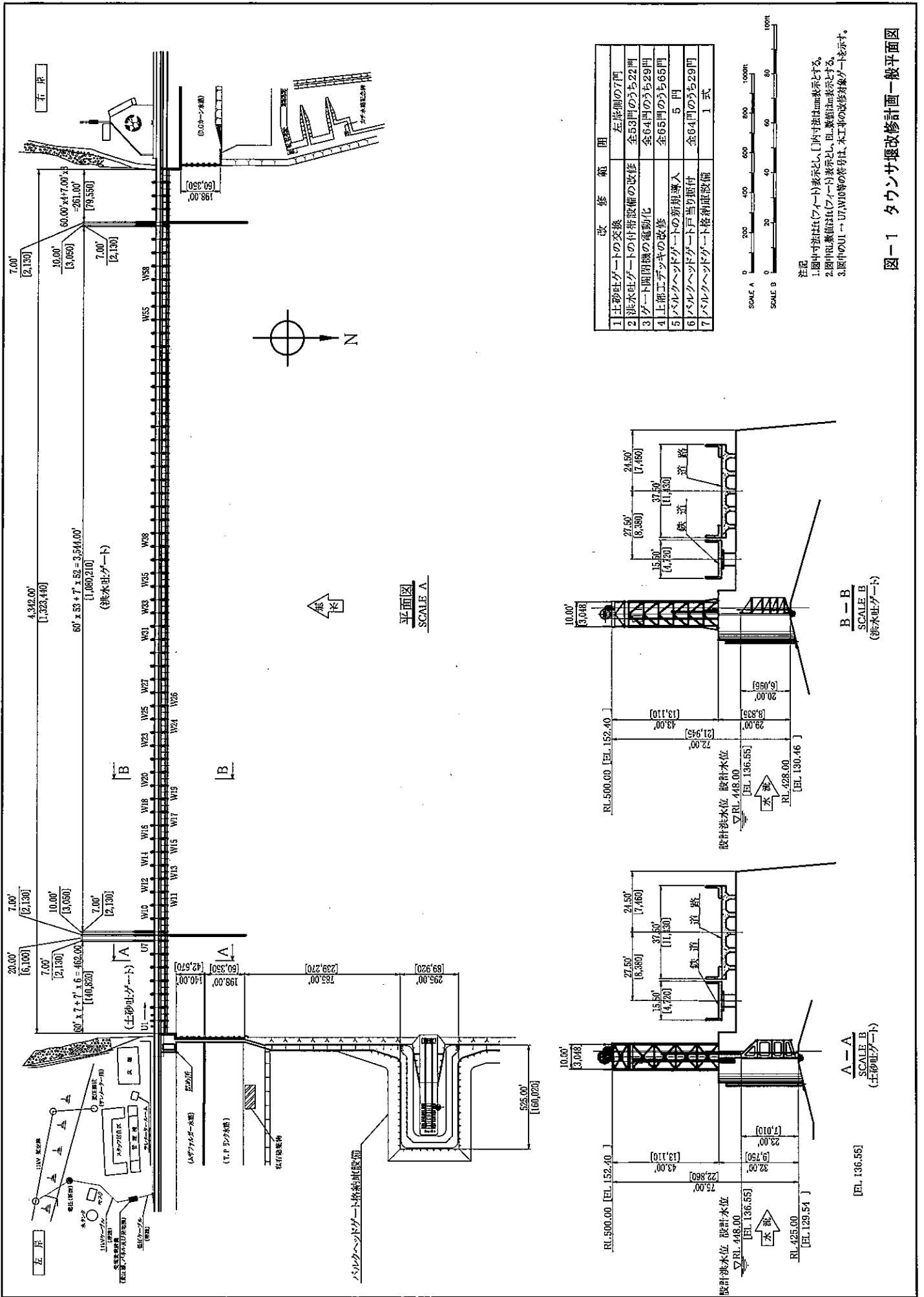
表 3-2-2.19 無償資金協力対象範囲

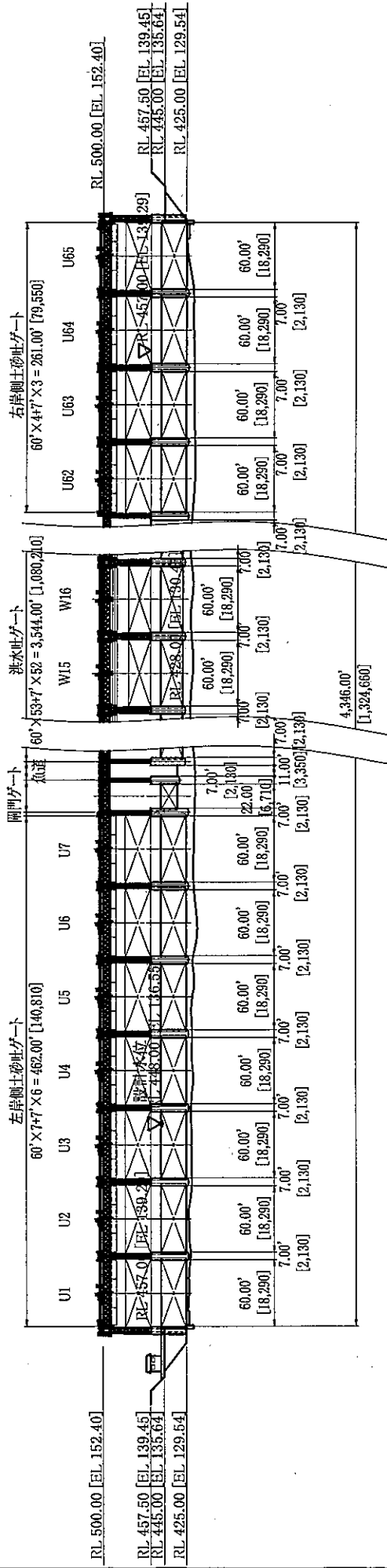
No	工 種	「パ」国からの修正要 請案	予備調査での提案 (代替案 1)	無償資金協力 対象 範囲
1	左岸側土砂吐ゲートの交換	7 門	7 門	7 門
2	洪水吐ゲート付帯施設の 改修	24 門	24 門	22 門
3	ゲート開閉器を新機種に 交換・改修	60 門 土砂吐：7 門 洪水吐：53 門	31 門 土砂吐：7 門 洪水吐：24 門	29 門 土砂吐：7 門 洪水吐：22 門
4	ゲート開閉器の電化	31 門 土砂吐：7 門、 洪水吐：24 門	31 門 土砂吐：7 門、 洪水吐：24 門	29 門 土砂吐：7 門、 洪水吐：22 門
5	上部工デッキの改修	60 門 土砂吐：7 門、 洪水吐：53 門	65 門 土砂吐：11 門、 洪水吐：53 門、 閘門：1 門	65 門（グレーティング敷設と鉄骨補強） 土砂吐：11 門、 洪水吐：53 門、 閘門：1 門
6	仮閉め切り用バルクヘッド ゲートの供与	6 門	6 門	5 門（29 門分の戸当たりと敷金物を含む）
7	バルクヘッド用ストックヤードおよび積み込み用河川護岸の設置	1 式	1 式	1 式
8	施工機械の供与	80t と 30t クレーン各 1 式、タグボート 2 隻、ボート 3 隻	80t と 30t クレーン各 1 式、タグボート 2 隻、ボート 3 隻	50t クレーン各 1 式、タグボート 150ps 2 隻、1.2ton 積ボート 3 隻
9	8 のスペアパーツ	1 式	1 式	1 式

3-2-3 基本設計図

図 面 一 覧

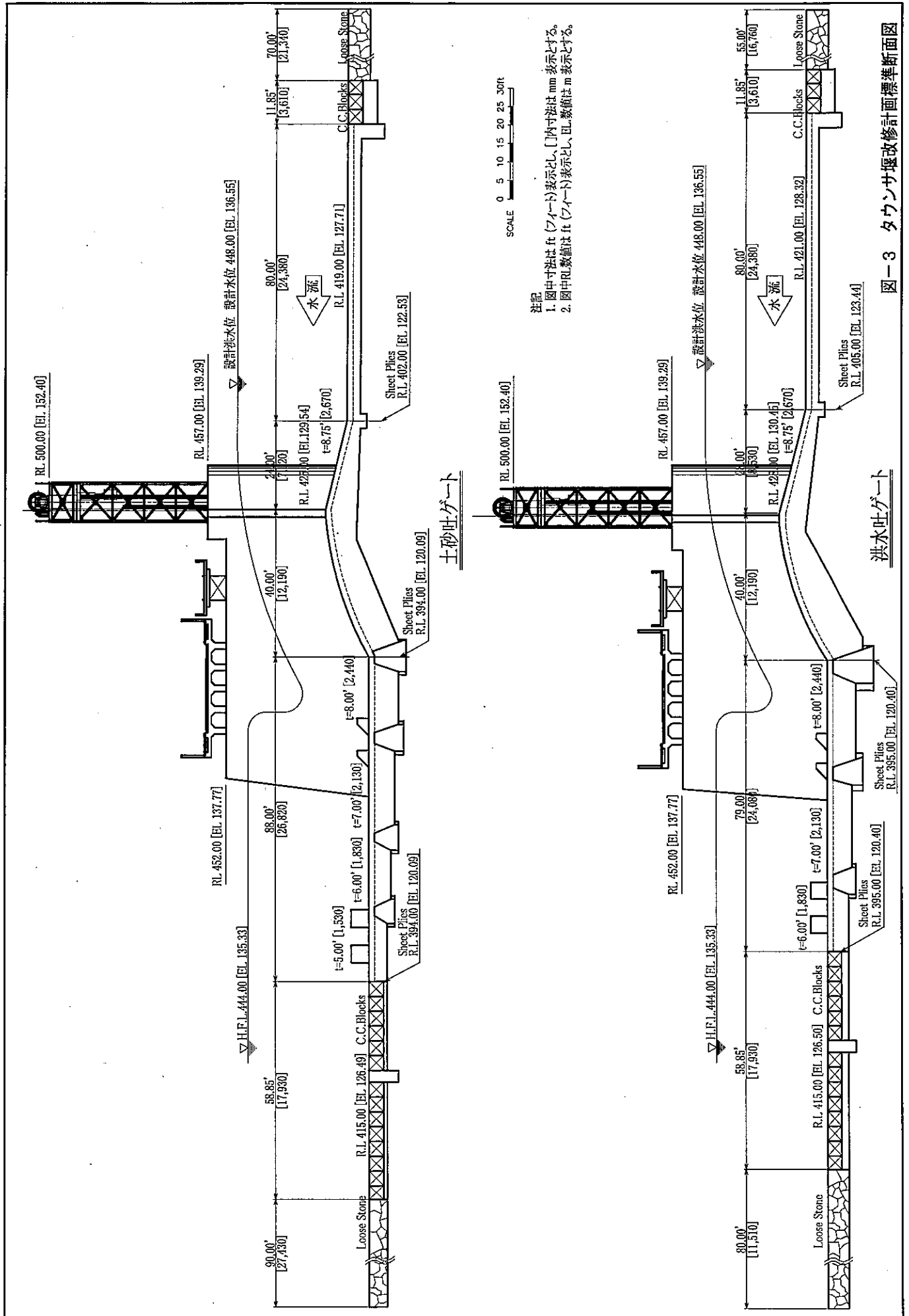
図面番号	図面の名称
1	タウンサ堰改修計画一般平面図
2	タウンサ堰改修計画一般正面図
3	タウンサ堰改修計画標準断面図
4	土砂吐ゲート設備一般図
5	土砂吐ゲート扉体計画図
6	土砂吐ゲート開閉機計画図
7	洪水吐ゲート設備一般図
8	洪水吐ゲート開閉機計画図
9	バルクヘッドゲート設備一般図
10	バルクヘッドゲート扉体計画図
11	バルクヘッドゲート格納庫一般平面図
12	上部工デッキ改修計画図
13	低圧配電盤外形及び単線結線図
14	機側操作盤外形及び単線結線図





注記
 1. 图中寸法はft (フイート)表示とし、[]内寸法はmm表示とする。
 2. 图中凡数値はft (フイート)表示とし、凡数値はm表示とする。

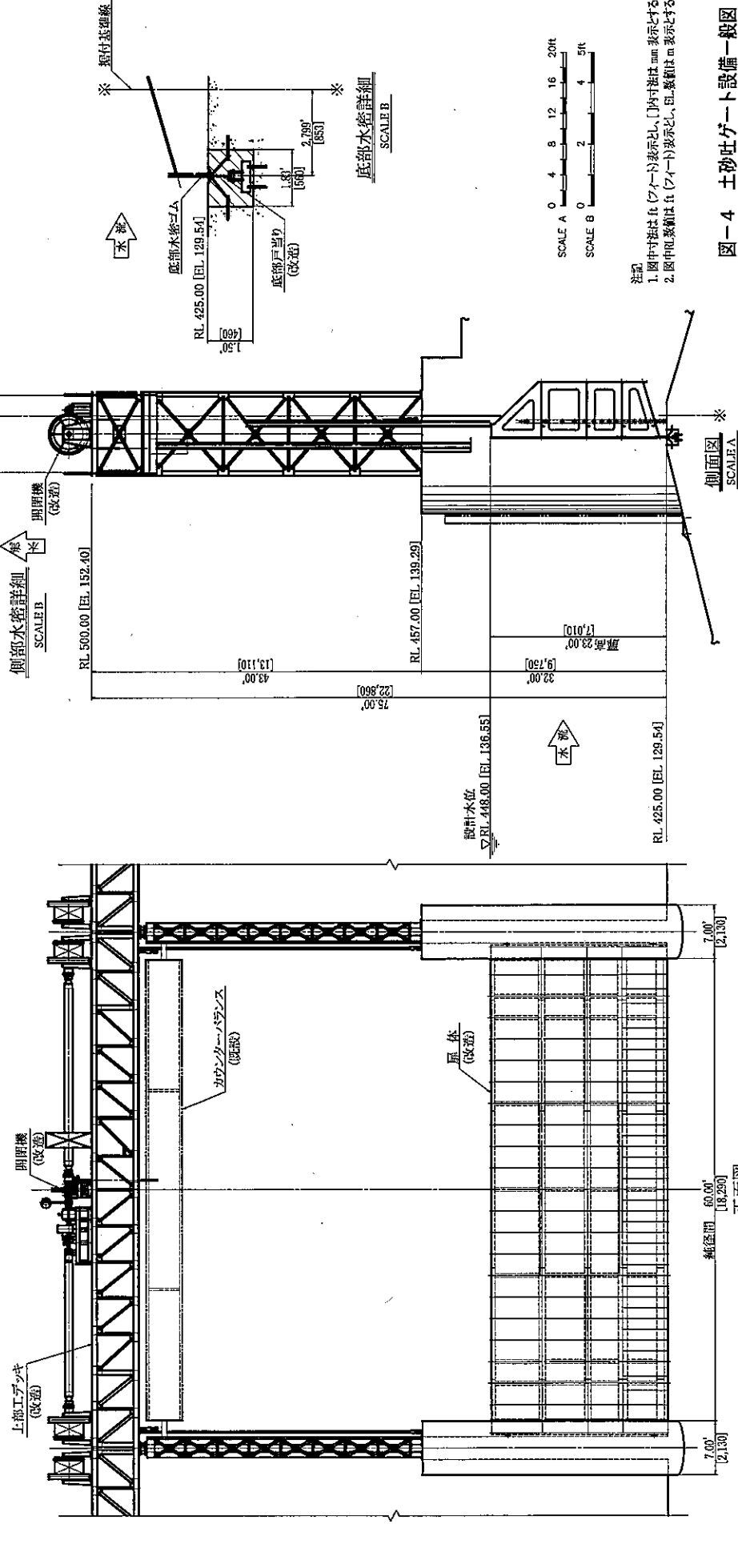
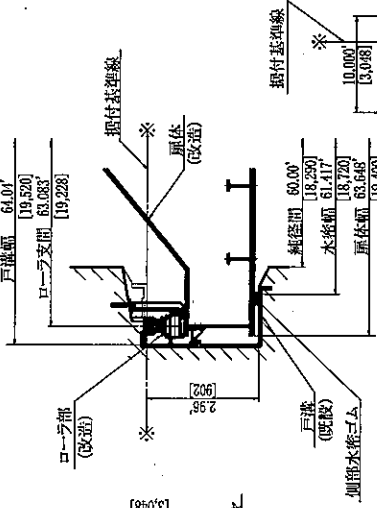
図-2 タウンサ堰改修計画一般正面図



注記
 1. 图中寸法はft (フット)表示とし、[]内寸法はmm表示とする。
 2. 图中RL数値はft (フット)表示とし、[]内数値はm表示とする。

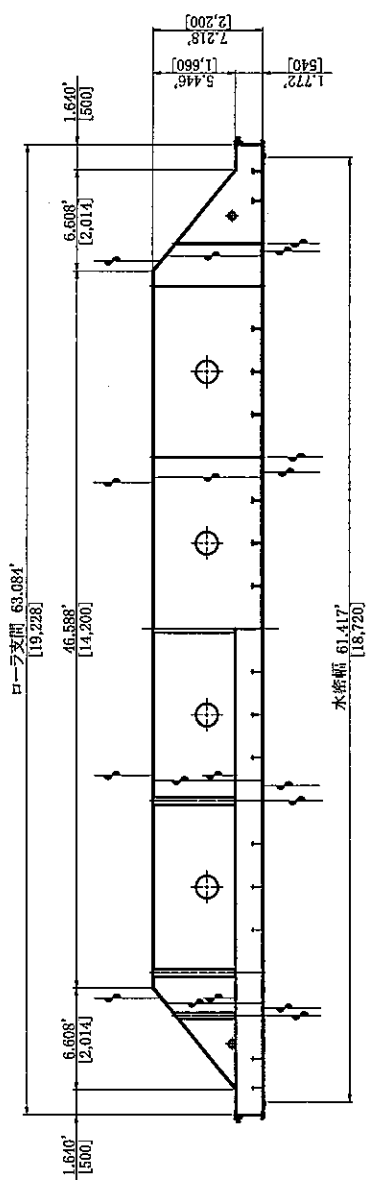
図-3 タウンサ堰改修計画標準断面図

設計仕様	
形式	鋼製プレートゲート兼逆ローゲート
口数	7 門
総高	60.00ft [18.29m]
扉高	23.00ft [7.01m]
設計水深	上流側 0.00ft [0.00m]
	下流側 23.00ft [7.01m]
操作水深	上流側 0.00ft [0.00m]
	下流側 23.00ft [7.01m]
設計堆砂高	6.00ft [1.83m]
水密方式	前面3方ゴム水密
開閉機構	IM2Dワイヤーロープ方式
操作方式	機械操作
開閉速度	1.0ft/min±10% [0.3m/min±10%]
揚程	32.00ft [9.75m]



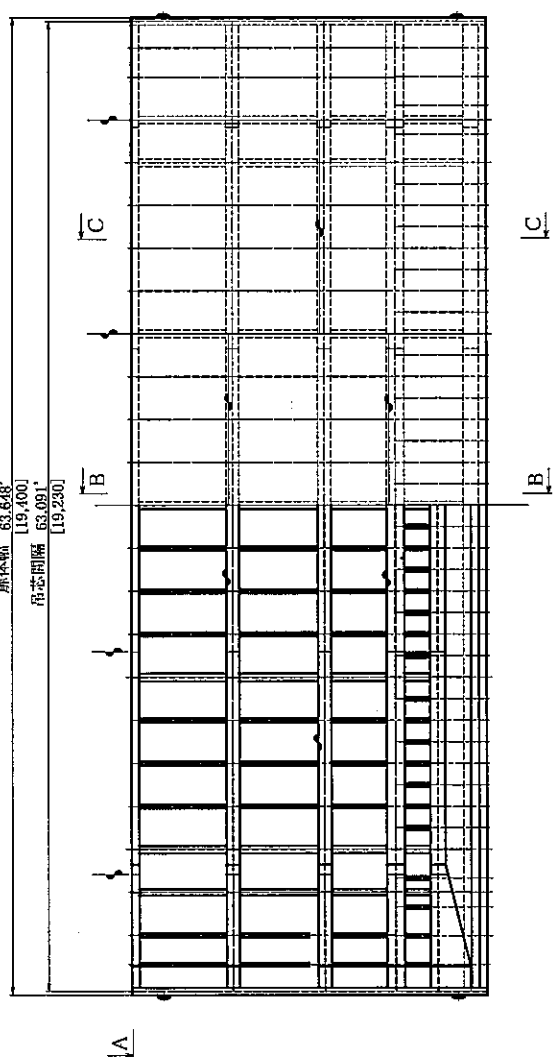
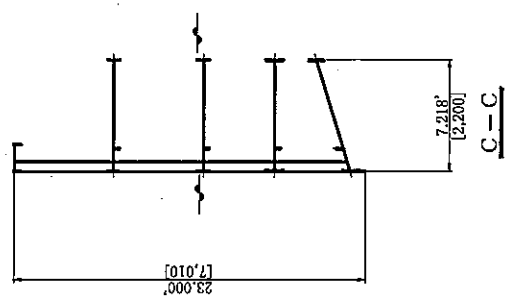
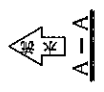
注記
 1. 図中寸法はft (フット)表示とし、[]内寸法はmm表示とする。
 2. 図中取巻物はft (フット)表示とし、[]内寸法はmm表示とする。

図-4 土砂吐ゲート設備一般図



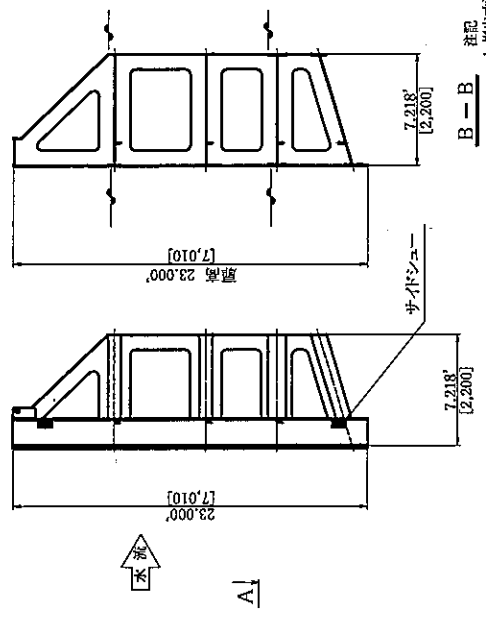
ローア支間 63.084' [19,228]

水密艇 61.417' [18,720]



背面図

正面図

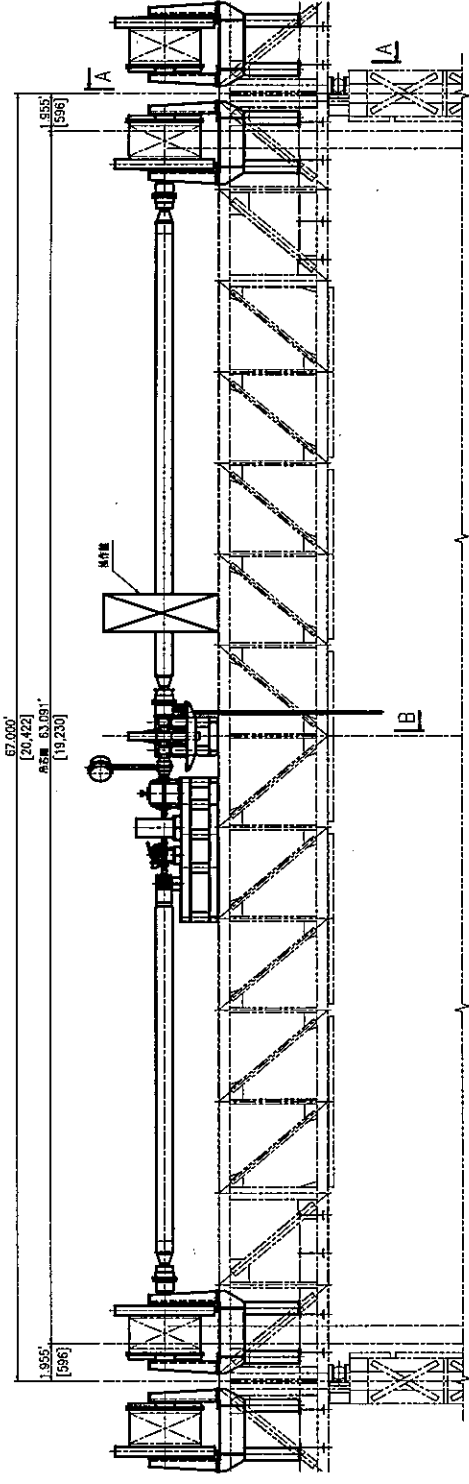
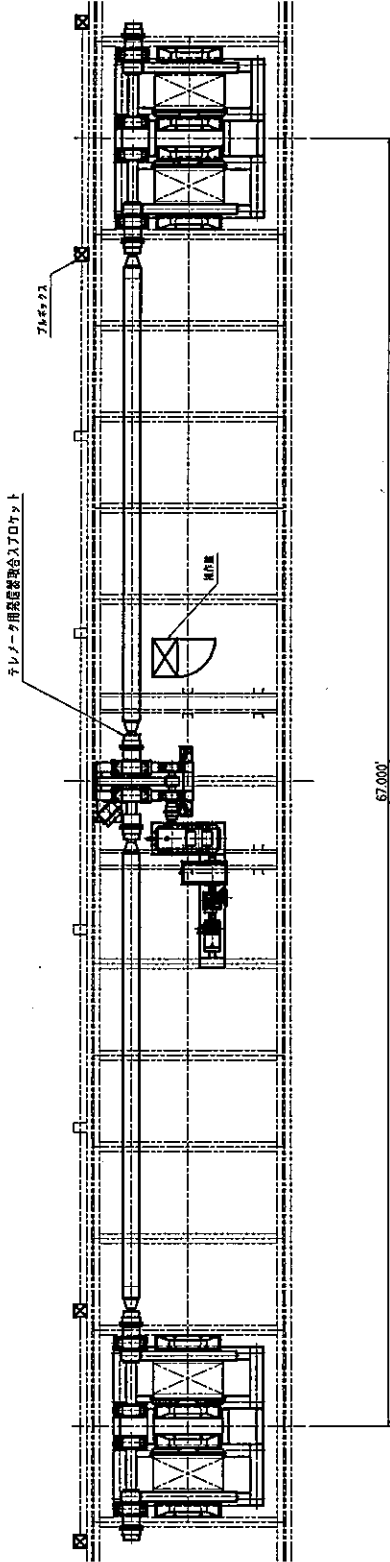
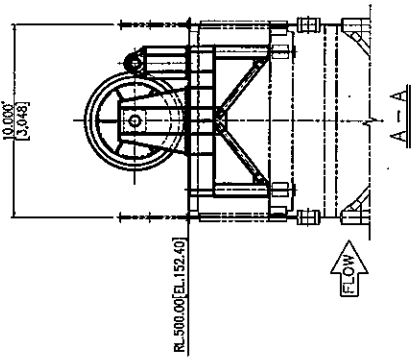
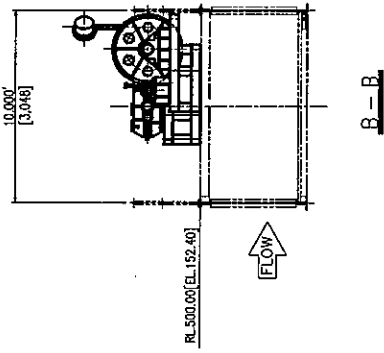


側面図

SCALE 0 2 4 6 8 10ft

注記
1. 図中寸法は、(ワイド)表示とし、()内寸法は mm 表示とする。
2. 図中、 記号は現地接合部を示す。

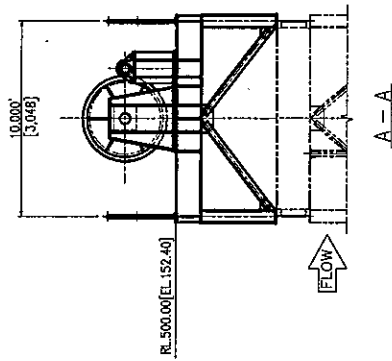
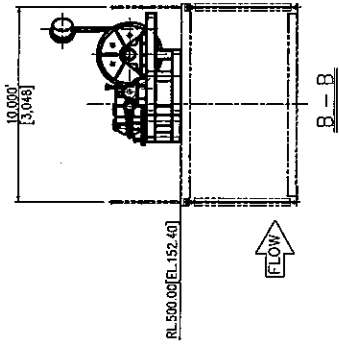
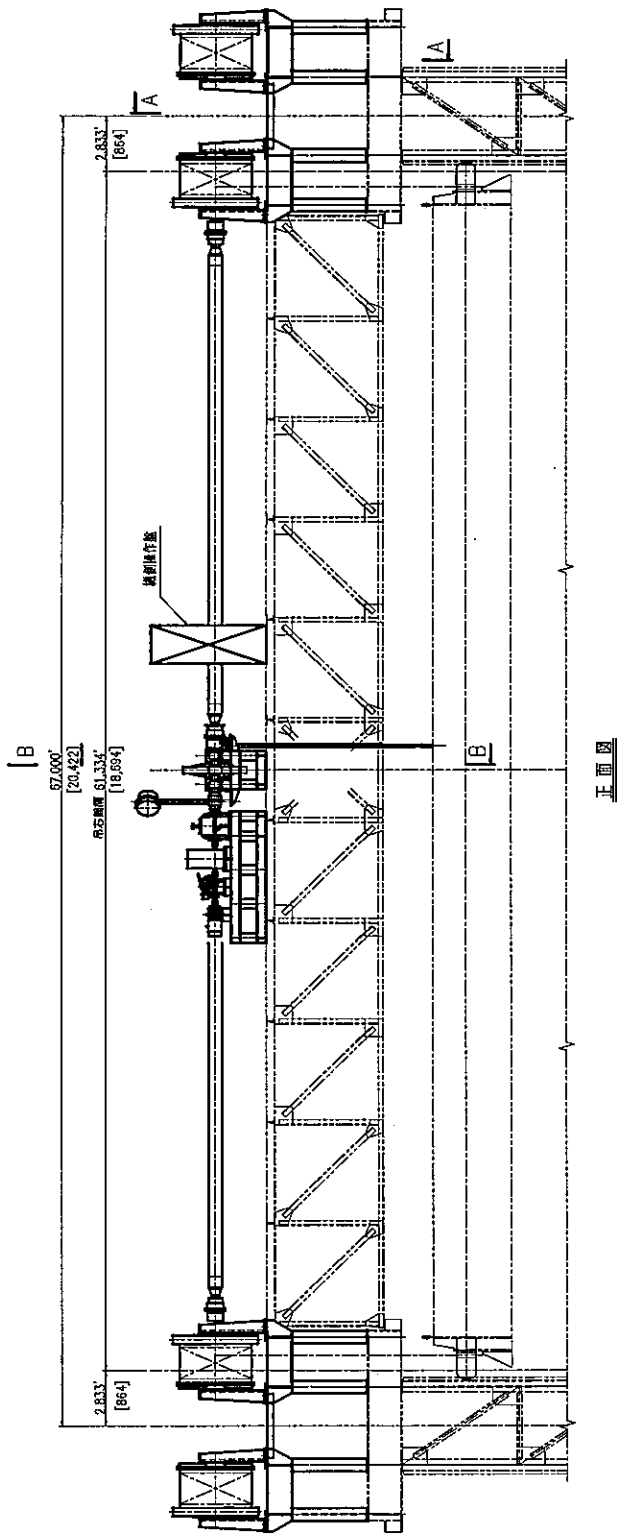
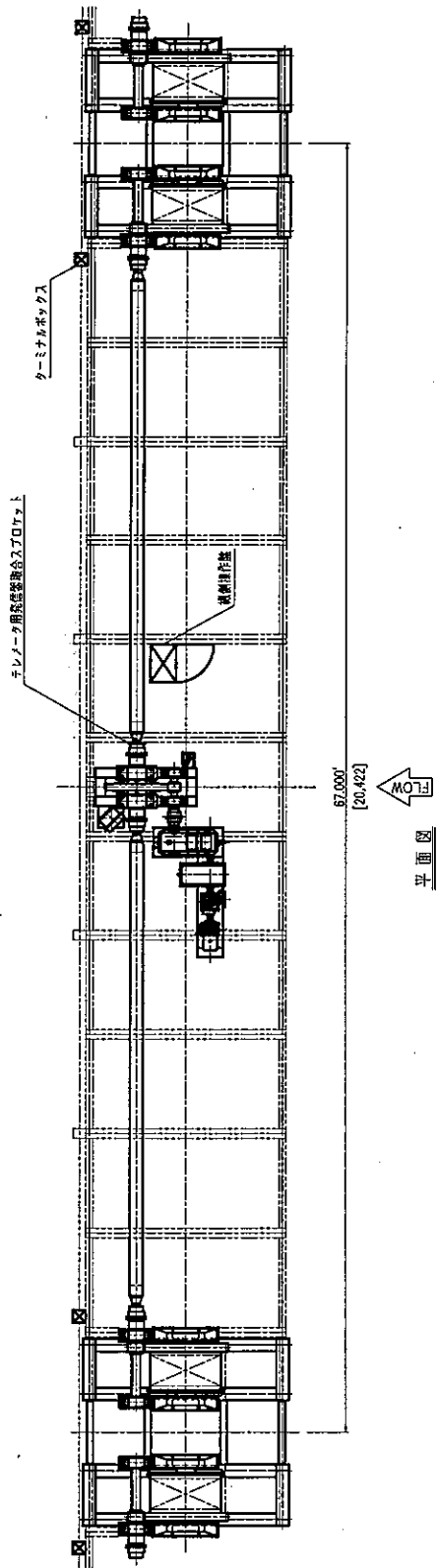
図-5 土砂吐ゲート扉体計画図



SCALE 0 2 4 6 8 10ft

社名
 1. 図中寸法はすべて(ウィー)単位とし、[]内寸法はmm単位とする。
 2. 図中尺貫量は(ウィー)単位とし、EL. 数値はm単位とする。

図-6 土砂吐ゲート開閉機計画図



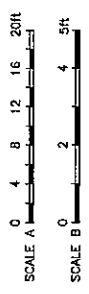
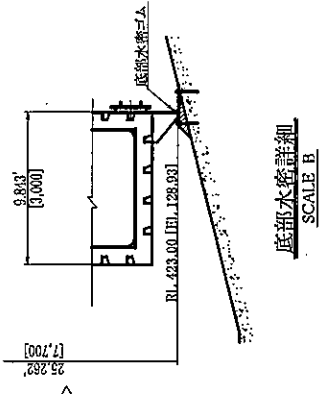
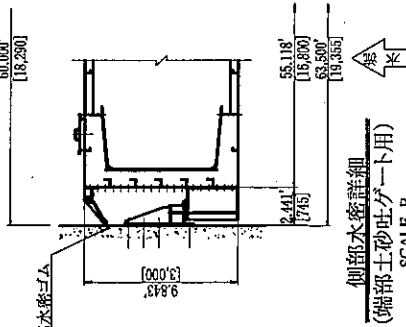
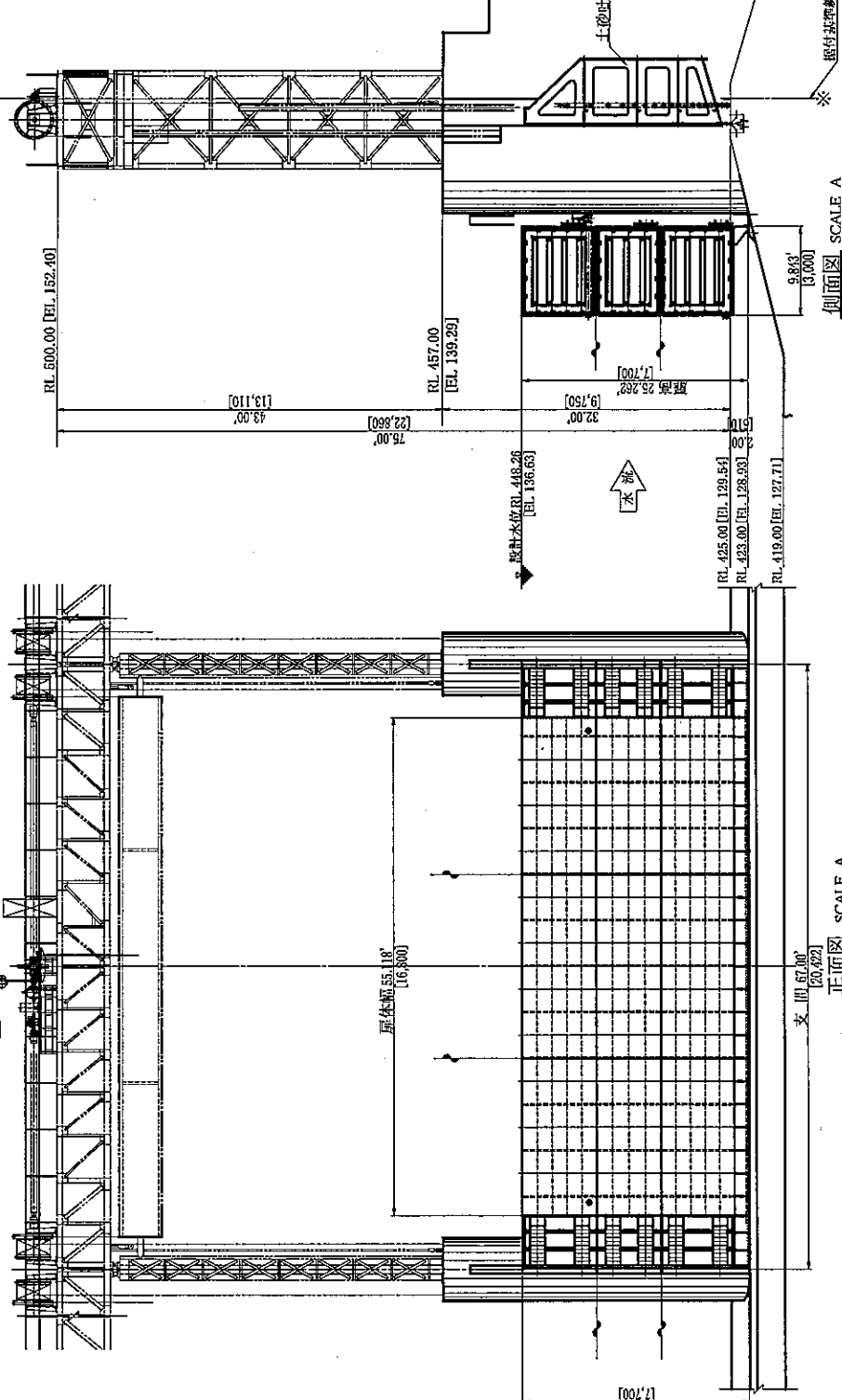
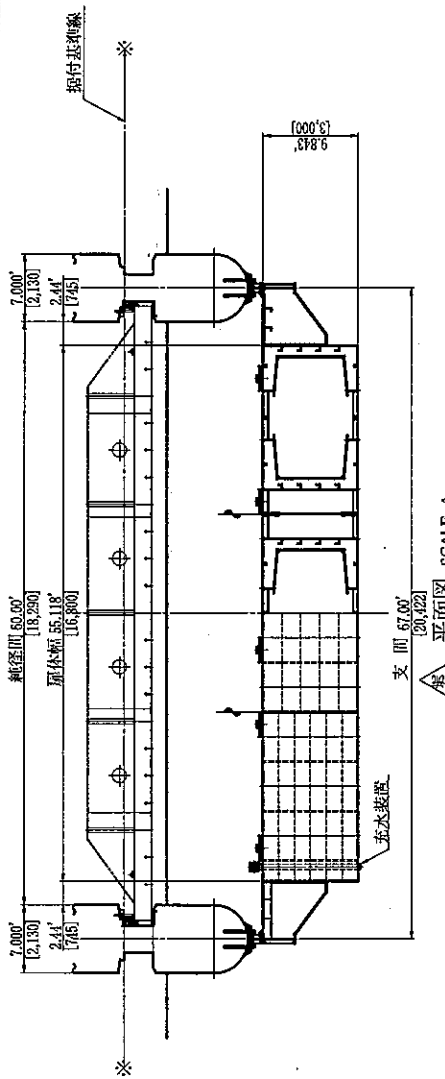
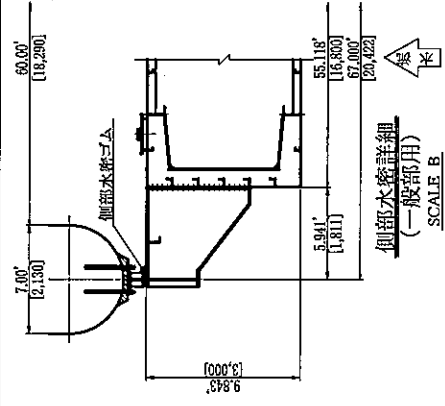
正面図

SCALE 0 2 4 6 8 10ft

注
 1. 図中寸法は1(フット)表示とし、[]内寸法はmm表示とする。
 2. 図中RL(海抜)は1(フット)表示とし、[]内寸法はm表示とする。

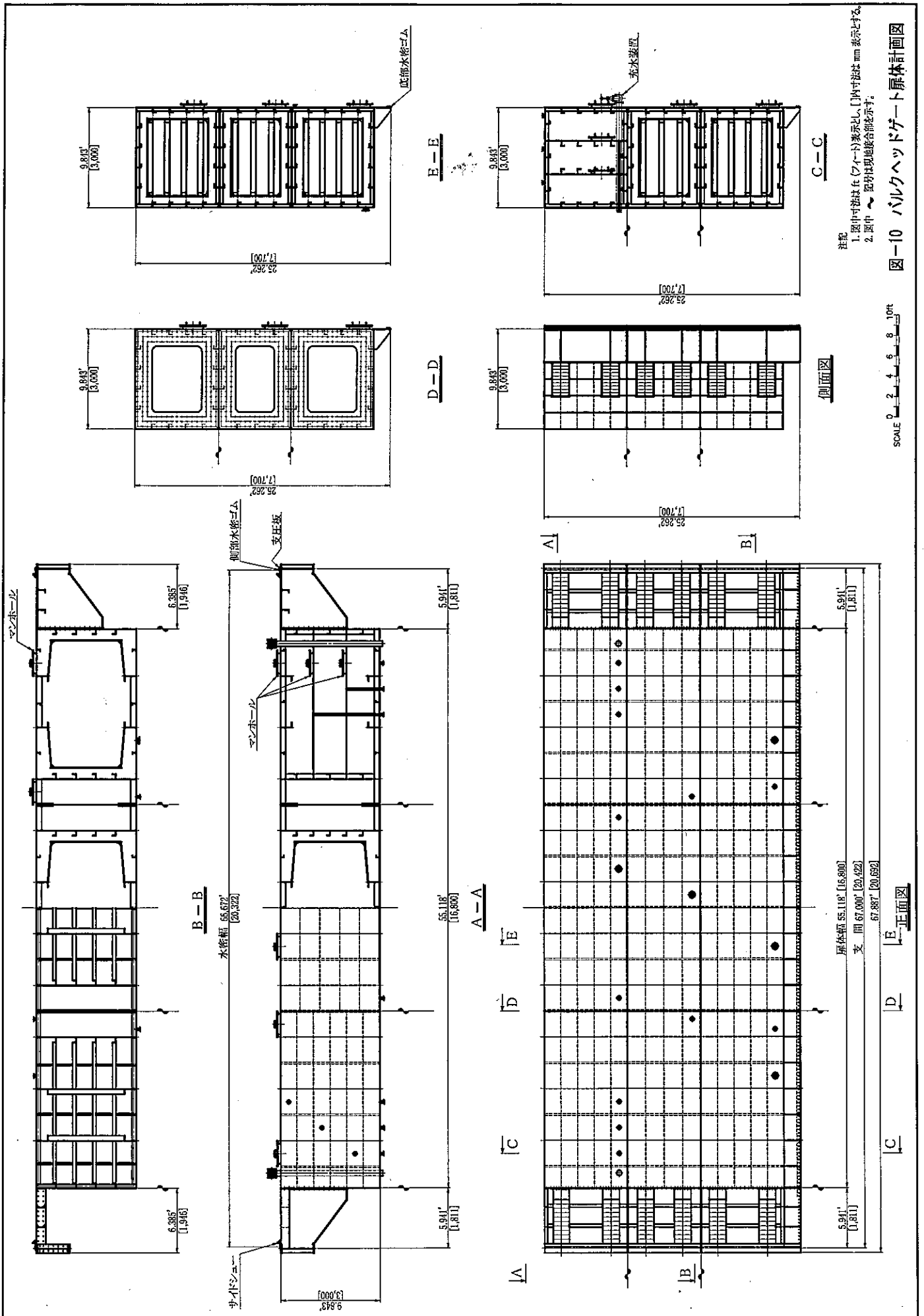
図-8 洪水吐ゲート開閉機計画図

設計仕様	
形式	鋼製フローティングゲート
扉数	5 門
扉幅	60.00ft [18.29m]
扉高	25.26ft [7.70m]
設計水深	25.26ft [7.70m]
敷設高さ	RL.423.00ft [EL.128.93m]
水密方式	後閉3方ゴム水密
操作方式	機械操作



注記
 1. 図中の細線は(フーン)形を示し、[]内は注記 mm 数を示す。
 2. 図中の粗線は(フーン)形を示し、[]内は注記 m 数を示す。
 3. 図中の ~ は配分比率の接合部を示す。

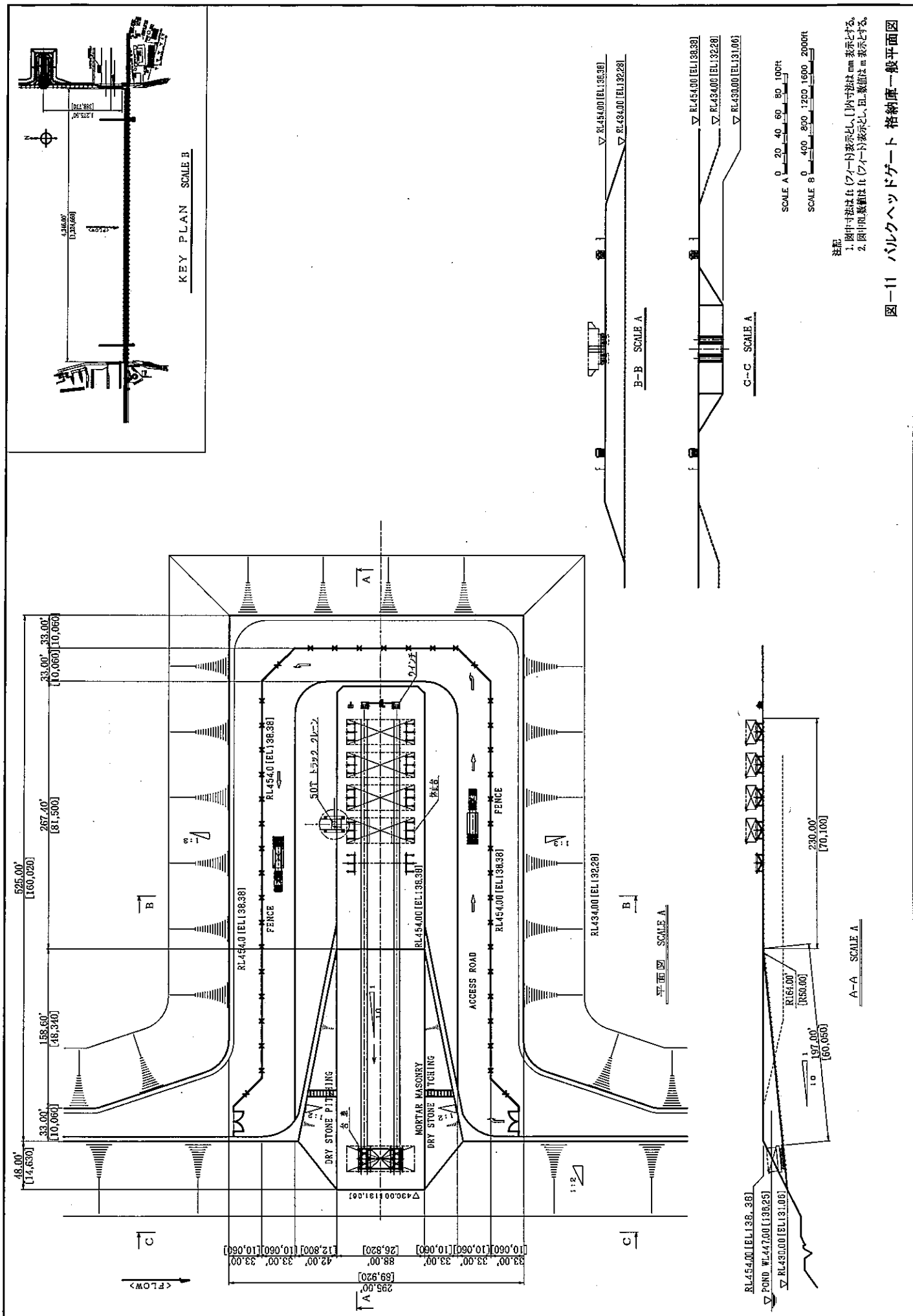
図-9 バルクヘッドゲート設備一般図



注記
 1. 図中寸法は左(フッター)側を示し、[]内寸法は mm 表示とする。
 2. 図中 ~ 記号は現地敷合部を示す。

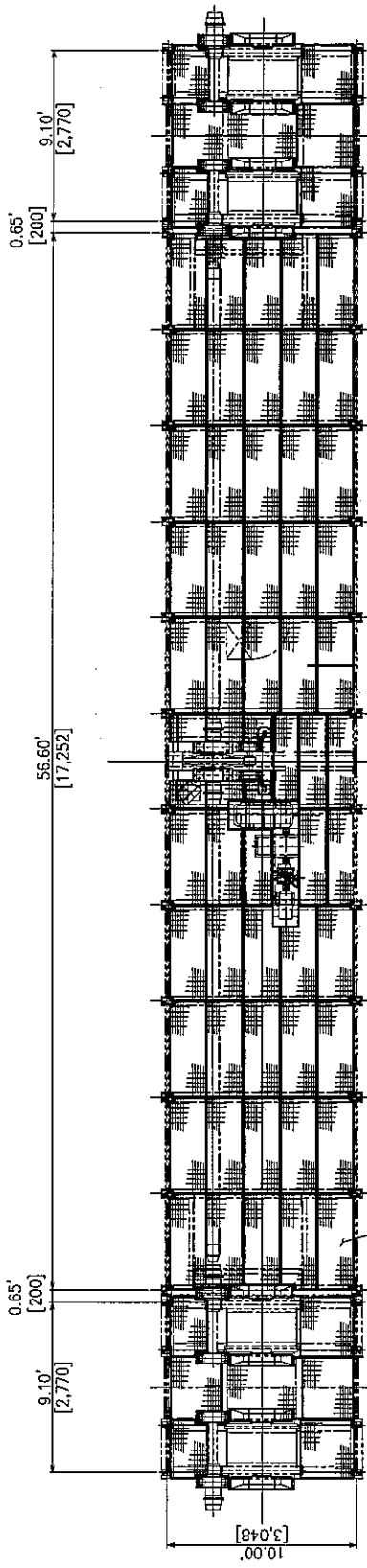
図-10 バルクヘッドゲート扉体計画図

SCALE 0 2 4 6 8 10m

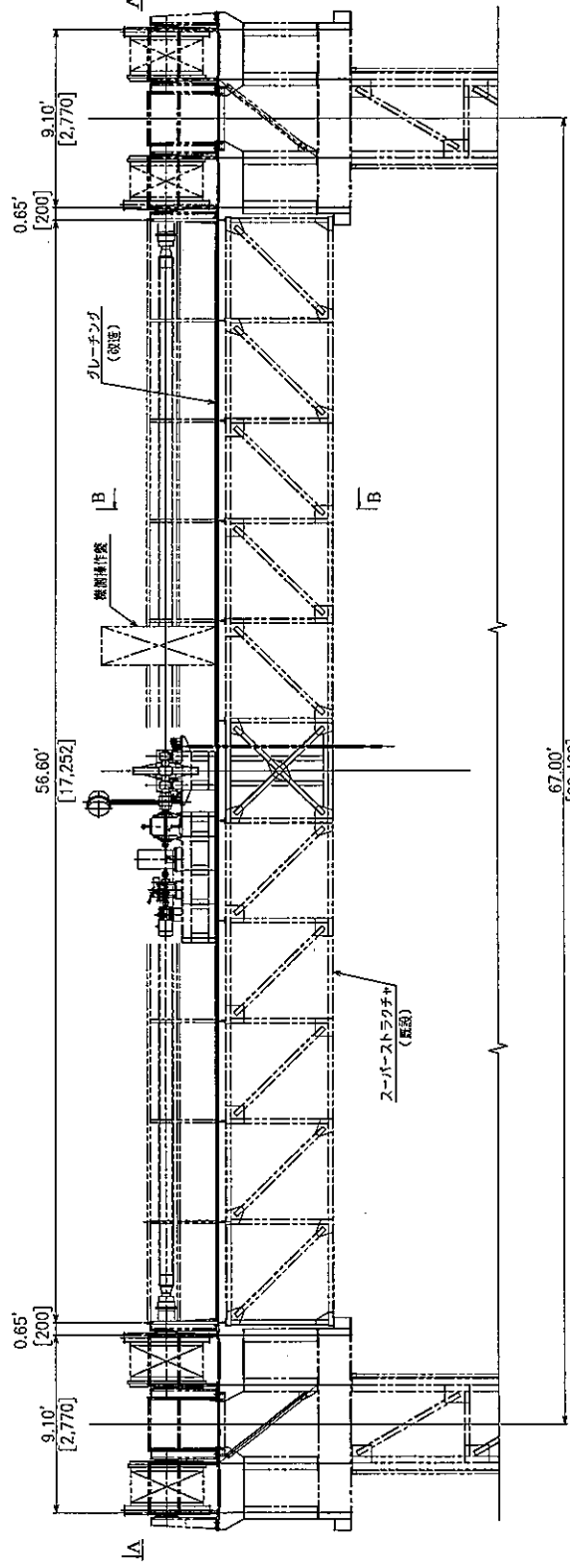


注記
 1. 図中寸法はft (フイート)表示とし、[]内寸法はmm 表示とする。
 2. 図中の数値はft (フイート)表示とし、[]内数値はm 表示とする。

図-11 バルクヘッドゲート 格納庫一般平面図



SECTION A-A



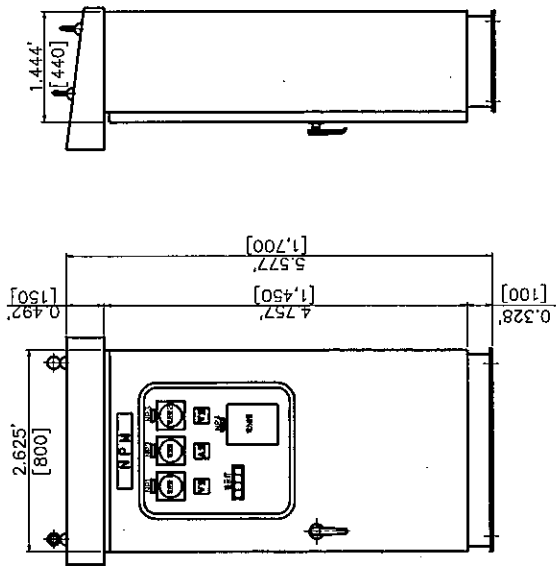
SECTION B-B



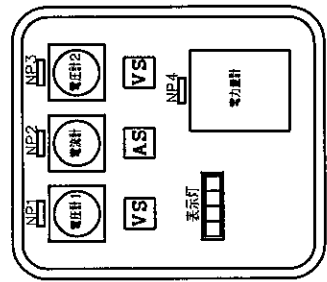
注
 1. 図寸法はft (フイート) 表示とし、[]内寸法はmm 表示とする。
 2. 図中尺数値はft (フイート) 表示とし、ftL 数値はm 表示とする。

正面図

図-12 上部エディギ改修計画図



外形図



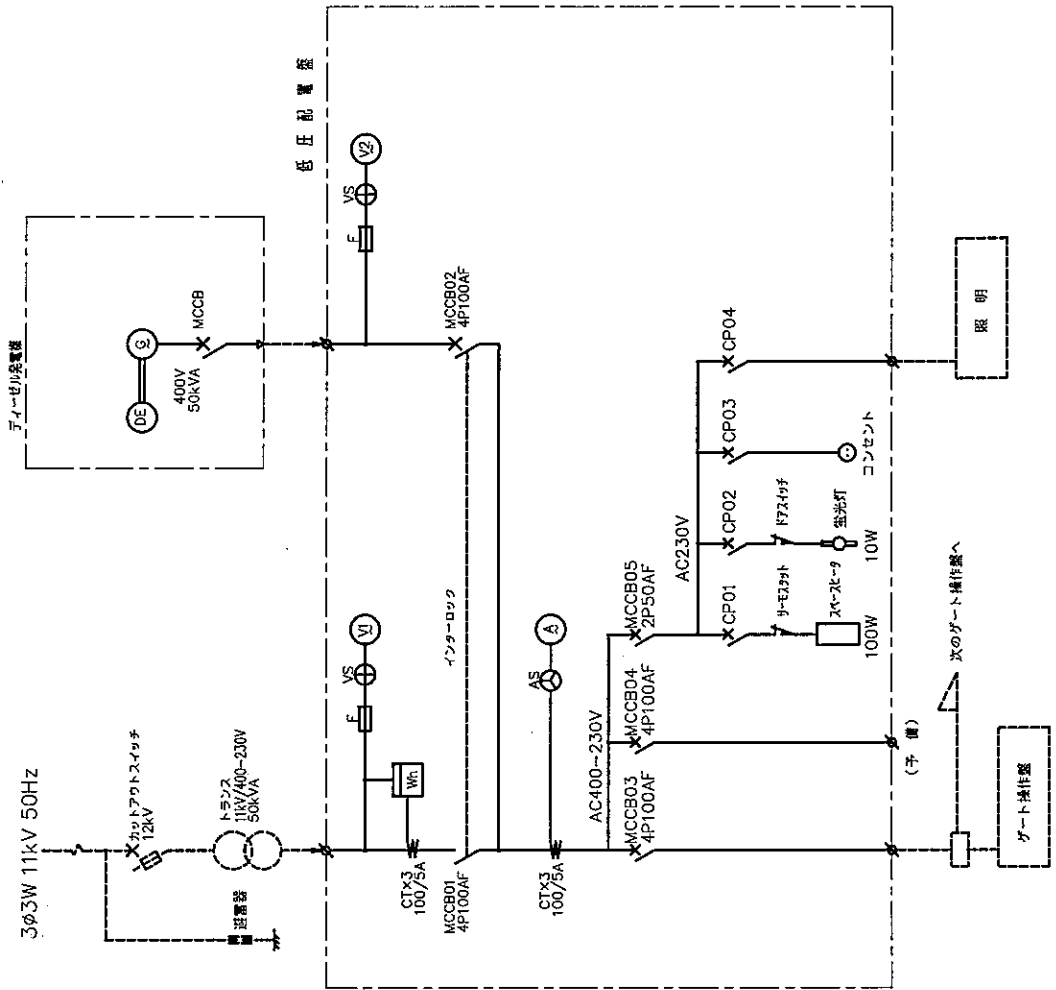
計器表示器

シンボル	器具名
NPM	低圧配電盤
NP1	供給電圧計1
NP2	電流計
NP3	供給電圧計2
NP4	電力量計
(AS)	電源切換スイッチ
(VS)	電圧計切換スイッチ

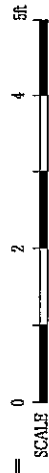
器具名

供給電流	発電機運転中	発電機停止	発電機故障
白	白	白	赤

表示灯

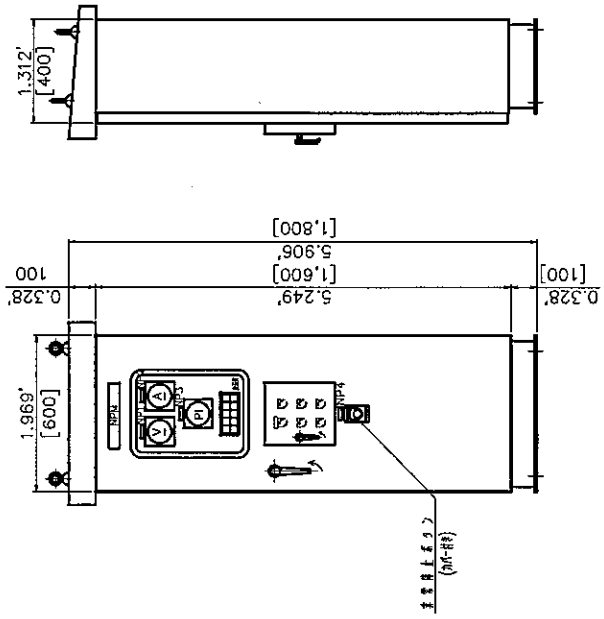


単線結線図



注記
1. 図中寸法はφ(フイート)表示とし、□内寸法はmm表示とする。

図-13 低圧配電盤外形及び単線結線図



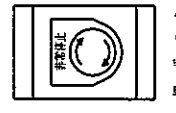
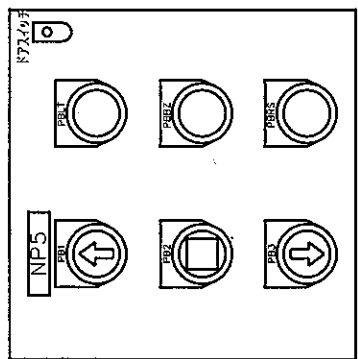
外形図

シンボル	器具名
NPM	ゲート操作盤
NP1	電圧計
NP2	電流計
NP3	周波数指示計
NP4	非常停止ボタン
NP5	ゲート操作ボタン
PB1	ゲート開ボタン
PB2	停止ボタン
PB3	ゲート閉ボタン
PBLT	ランテーストボタン
PBBZ	警報停止ボタン
PBRS	警報リセットボタン

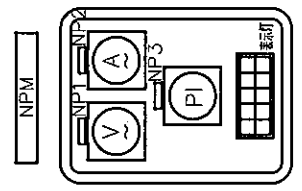
器具名

電源	白	赤	異常	赤
停止	白	赤	非常停止	赤
件止	白	黒	全開	白
	白	黒	機内操作	白
	白	黒	故障	赤

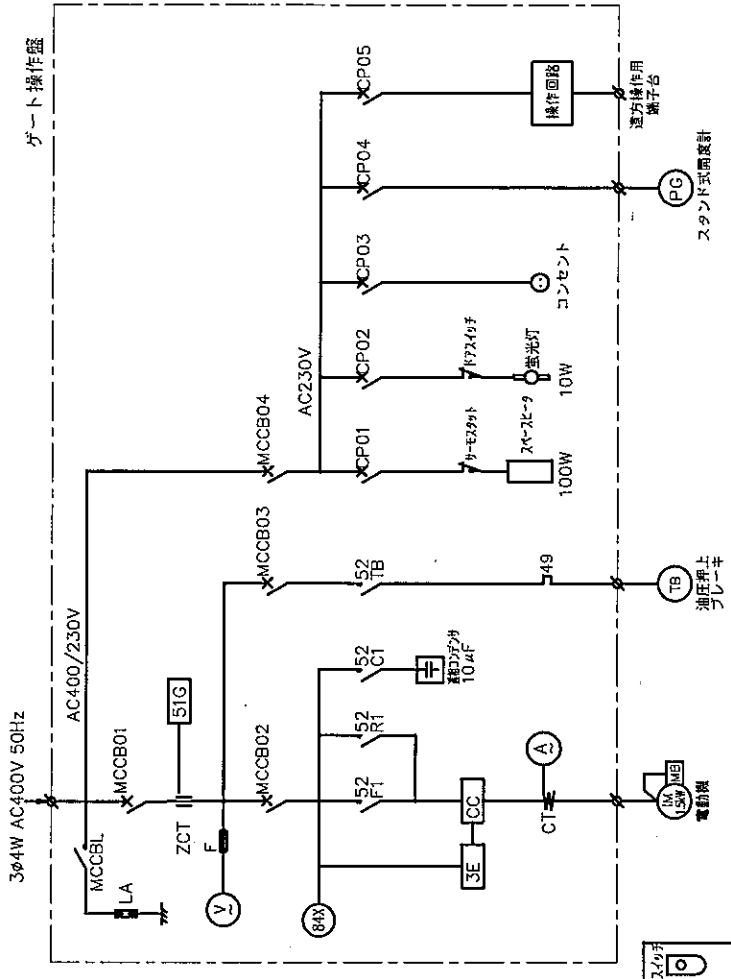
表示灯



押ボタン



指示計器



単線結線図 (洪水吐ゲート)



- 注記
1. 図中寸法は(フート)表示とし、()内寸法はmm表示とする。
 2. 将来の増設機材として端子台を筐体内部に設ける。
 - ・入力信号は、上昇・停止・非常停止等とする。
 - ・出力信号は、機内操作中、周波数、周波数、上昇中、下降中、停止等とする。

図一14 機内操作盤外形及び単線結線図

3-2-4 施工計画/調達計画

3-2-4-1 施工方針/調達方針

(1) 施工における配慮事項

本計画の施工において、特に配慮を要する事項は以下のとおりである。

工事中の河川水の制水、下流放流管理

本計画で改修するゲートは、洪水吐ゲート 53 門中の 22 門、土砂吐ゲート 11 門中 7 門である。ゲート改修工事期間中は残りの既設洪水吐ゲートを利用してインダス川の制水、下流放流管理を行わなければならない。

上下流側仮締切工の施工

本事業で調達されるバルクヘッドゲートを利用して、上流側の仮締切を行う。バルクヘッドゲートの止水機能、安定性を確保するため入念な計画と慎重な施工管理が求められる。

下流側仮締切は大型土嚢を既設傾斜エプロン上に設置する計画となる。既設傾斜エプロンに損傷を生じない様、また、大型土嚢の安定性を確保するため入念な計画と慎重な施工管理が求められる。

既設公共施設への対処

既設堰上に付設された鉄道、道路橋、既設電気、水道、ガス、通信施設は工事中も供用しなければならないため、事前に施設の関係当局へ申請を行い許可を得ておく必要がある。

工事中の環境対策：

工事中は河川水の汚濁等の抑止処置を講じる。

仮設ヤード用地確保：

仮設ヤード用地に関し、「パ」国側は基本設計図に従い、使用に係わる許可手続きを着工前に取得する必要がある。

(2) 現地鋼構造物製作者の活用

バルクヘッドゲート、土砂吐ゲート、洪水吐ゲート端桁などの改修部品の製作において、プラント等の鋼構造物製作の実績が豊富で、十分な製作能力を有している「パ」国の工場の活用が予定される。

(3) 現地建設業者の活用

本計画の施工において、内陸輸送、建設機械の調達、土工事、鋼構造物の建設工事、建設資材および労務の供給などの分野で現地建設業者の活用が予定される。また、ゲート改修工事では、現地鋼構造物製作者の工事部門の活用や労務の供給などが予定される。

(4) 技能工の派遣

大型ゲート改修工事に従事した現地労働者は限られおり、水門施工実績の少ない現地労働者を使用して品質を確保しつつ短期間でゲートを改修していかなければならない。従って、日本人の技能工を核としたチームを編成して、現地労働者をリード・指導しながら施工していくことが必要である。

従って、日本から経験ある技能工の派遣を計画する。また、ゲート設備の運転指導を行う為に運転指導員を日本から派遣する。尚、技能工の派遣は前半を多くして工程管理と品質管理を図りつつ、後半は現地技能工の修練度に合わせて人数を減じていく計画とする。

表 3-2-4.1 技能工の派遣計画

職 種	派遣人数	期間	担 当
土木技能工	1 人	10M/M	仮設工事の止水矢板打設、仮棧橋の H 鋼打設を担当
ゲート機械据付 技能工	1～8 人	96.5M/M	バルクヘッドゲートの組立 バルクヘッドゲート用戸当り据付 土砂吐ゲートの据付 洪水吐ゲートの改修 開閉装置の据付
電気設備据付 技能工	1～2 人	14M/M	ゲートの受変電設備（予備発電機設備含む） 土砂吐・洪水吐の電気操作設備の据付
ゲート運転指導員	1 人	5.5M/M	ゲート設備の機能確認と運転指導

3-2-4-2 施工上 / 調達上の留意事項

(1) 施工期間と実働日数

ゲート改修工事はバルクヘッドゲートを利用するため、洪水期を外して行う必要があり、5 月中旬から 9 月中旬まではゲートの改修に関する工事はできない。一方、ゲート改修工事期間(9 月中旬～5 月中旬)に於ける平均降水量は非常に少なく、降雨量による作業不能日は考慮しなくてもよい。

また、パキスタンの通常の休日は日曜日と金曜の午後であるが、1 月のアニュアルクロージャー期間における工事については工程が厳しいため、この期間については日曜日、金曜日の午後も工事を行う必要がある。

11 月頃のラマダン期間中は労働能力が落ちる事から、こうした状況を十分配慮した施工工程、施工体制を計画する必要がある。

(2) 副堰建設に伴う河川下流水位の上昇

堰下流にパキスタン側で施工する副堰建設により下流水位は上昇するが、特に副堰建設工事期間に半川締切りが行われるため、副堰建設工事期間の下流水位の上昇が大きくなる。従って、この施工期間での河川流量の増加が確認された場合には、下流水位の上昇には十分注意を払う必要がある。

(3) 製作工場の据付工事部門および有資格溶接技術者の活用

ゲート改修工事に携わる溶接工や据付工は高い技術力が必要なことから、JIS や AWS など規定されている技術資格の保有者が望まれるため、ゲートやプラントなどの製作と据付工事の経験を有する工場の据付工事部門を活用する。若しくは、ゲートやプラント据付工事に従事した経験を持つ資格保有者を活用する。

(4) 現地鋼材の活用

鋼構造物の現地製作に当たっては、製作期間を考慮して可能な限り現地鋼材を使用する。ただし、現地鋼材には基準に沿った鋼材とそうでない鋼材があるため、使用する鋼材については ASTM、BS、JIS などの基準より製鉄された鋼材を使用し、ミルシート及び必要に応じて材料検査を行って品質管理する。

3-2-4-3 施工区分 / 調達・据付区分

(1) 用地の収用および借用

仮設工事に必要な用地は工事用敷地内に「パ」国側が用意するが、資材・製品仮置ヤード (1,500 m^2) は、タウンサ堰右岸上流に計画しており、このヤードは政府の土地であるため、工事期間中無償で借地出来る。

事務所/宿舍等の共通仮設備ヤード (2,700 m^2) は、タウンサ堰左岸上流の TP リンク水路左岸側の既設広場に計画しており、このヤードは政府所有の土地であり工事期間中無償で借地出来る。

尚、施工区分については、無償資金協力事業のガイドラインに従い、用地の準備、土地代及び整地は「エ」国側負担とし、その使用に係わる埋め戻し及び復旧は日本国側負担とする。

(2) 受電設備の施工区分

当計画においては、堰改修予定地近くに配線されている 11kV 市内配電網から受電する計画とする。なお、11kV 市内配電網は堰管理事務所敷地内まで敷設されており、既設 11kV 配電線から分岐して 11kV を約 50m 新設し、管理事務所横に受電設備を設置し、低圧ケーブルにて堰まで敷設する。

既設 11kV 配電線から分岐して 11kV を管理事務所横までの約 50m を新設する	無償資金協力負担
管理事務所横に受電設備を設置し、低圧ケーブルにて堰まで敷設する	無償資金協力負担

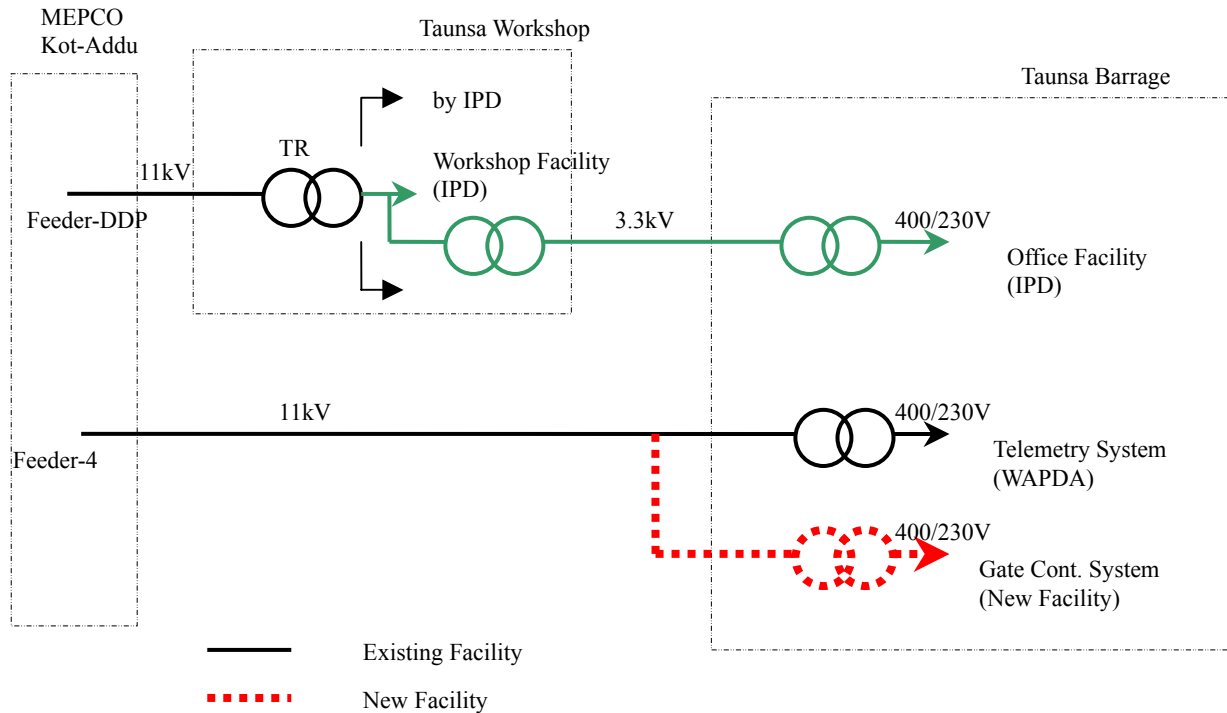


図 3-2-4.1 受電設備負担範囲模式図

3-2-4-4 施工監理計画 / 調達監理計画

(1) 施工業者の施工監理計画

大型ゲートの改修工事であり、緻密な安全管理、工程管理や品質管理が要求されるため、経験豊富な機械技術者、電気技術者が必要である。また、土木工事は現地の材料を利用し、現地の下請けや労務者を雇用して行うため、この種の工事における十分な技術とパ国での工事経験を有する土木技術者が必要である。

更にこの工事は、アニュアルクロージャージャー期間と洪水期に挟まれた4ヶ月以内で各ゲートの改修を完了させていく必要があり、厳しい工程管理が要求されると共に、パンジャブ州政府が実施する堰本体の改修工事との施工調整も必要となることから、迅速な総合的判断を現地において指導実施する主任技術者を配置する。

以上のことを考慮し、日本人技術者の配置を表 3-2-4.2 に示す。

表 3-2-4.2 常駐管理技術者配置計画

職 種	等級	期間	担 当
所長	2 級	39 ヶ月	工事全体の総括管理、安全警備の管理、および施主との協議調整、州政府の堰改修工事との調整・交渉
主任技術者	2 級	37 ヶ月	州政府が行う堰改修工事を踏まえた総合的な施工計画、施工管理・工程管理調整
土木技術者	3 級	32 ヶ月	土木工事全般にわたっての施工計画、施工管理及び品質・安全管理を担当
土木技術者	3 級	14 ヶ月	インクライン建設工事や仮設工事など土木工事が重なる時期、品質・施工管理を担当
機械技術者 A	3 級	38 ヶ月	ゲート機械設備の施工計画(施工図、材料承認等)、品質・施工管理を担当
機械技術者 B	3 級	15 ヶ月	ゲート改修工事が重なる時期、ゲート機械設備の品質・施工管理を担当
電気技術者	3 級	12 ヶ月	電気設備の施工計画(施工図、材料承認等)、品質・施工管理を担当
品質管理技術者	3 級	8 ヶ月	ゲート設備の機能確認と運転指導を担当する。
事務管理者	4 級	39 ヶ月	資材の通関・輸送・雇用員の労務管理生活環境整備・安全衛生を担当

(2) 工事連絡体制

工場製作やラホール市での資機材調達、輸送の手配、施主との連絡調整のために、ラホール市内に連絡事務所を設ける。

(3) 安全管理体制

当該サイトのパンジャブ州は外務省危険度で「十分注意して下さい」の地域に属し、パキスタンの他地域に比べ安定している。最近は、外国人を標的としたテロ事件も発生しておらず、インド国境付近に戦時配備されていた軍隊も撤退を完了している。従って、今のところ安全面では特に問題はないと思われる。

(4) コンサルタントの設計施工監理

詳細設計及び入札図書作成のため、下記の要員を計画する。

表 3-2-4.3 詳細設計要員計画

役職	等級	任務
総括（主任技術者）	2級	各分野の設計内容の取りまとめ、実施設計及び入札図書の作成を行う。
水理構造物/土木設計技師	3級	土木関係の現地調査及び設計を担当し、図面作成を行う。
鋼構造物設計技師（A）	3級	鋼構造物の現地調査及び設計を担当する。主に土砂吐ゲート、洪水吐ゲートの仕様を決定し、工事仕様を検討する。
鋼構造物設計技師（B）	3級	鋼構造物の設計を担当する。主に開閉装置、上部工デッキの仕様を決し、工事仕様を検討する。
鋼構造物設計技師（C）	3級	バルクヘッドゲートの設計を担当し、仕様の決定、構造計算、図面作成及び数量計算を行う。
鋼構造物設計技師（D）	4級	主に土砂吐ゲート、洪水吐ゲートの構造計算、図面作成及び数量計算を行う。
鋼構造物設計技師（E）	4級	主に開閉装置、上部工デッキの構造計算、図面作成及び数量計算を行う。
電気設備技師（A）	3級	電気設備の仕様の決定、各種計算、図面作成及び数量計算を行う。
電気設備技師（B）	4級	詳細設計の結果に基づき、電気設備関係の仕様書を作成する。
積算・調達計画	3級	実施設計の結果に基づき、基本設計時に行った積算の見直しを行う。
土木工事仕様書作成	3級	詳細設計の結果に基づき、土木関係の仕様書を作成する。
ゲート製作仕様書作成(A)	3級	詳細設計の結果に基づき、製作関係の仕様書を作成する。
ゲート製作仕様書作成(B)	3級	詳細設計の結果に基づき、製作関係の仕様書を作成する。
入札図書専門家	3級	実施設計の結果を入札図書として集成する。
図工	6級	詳細図面の作成を行う。
技術員	6級	数量計算や積算の補助作業を行う。

本工事は、土砂吐ゲートの交換、洪水吐ゲートの端桁交換、戸当り改修、開閉装置の交換など、鋼構造物の改修工事が主となるため、常駐管理者にはゲートなどの鋼構造物の知識を有する技術者を選定する必要がある。

ゲートの施工監理に関する国内作業、現地作業内容は表 3-2-4.4 に示すとおりである。

表 3-2-4.4 施工監理作業内容

種類	内容
国内作業	図面承認、工場製作の検査・立会、梱包仕様検査、輸出報告書の確認
現地作業	図面承認、工場製作の検査・立会、梱包仕様検査、開梱包検査立会、現場立会検査、工事出来高証明、竣工検査、工事完工証明の発行

また、施工監理のため、下記の要員を計画する。

表 3-2-4.5 施工監理要員配置計画

役 職	等 級	任 務
総括(主任技術者)	2 級	入札業務での入札審査、技術評価を行う。
常駐管理者	3 級	現地製作、土木、機械電気設備工事の全般にわたり、現地における立会及び調整、工程、品質、安全に関する助言を行う。土木、機械電気設備関係図面、設計変更等の承認及び維持管理運営方法の助言指導。
電気設計(スポット)	3 級	工事工程の必要時期にスポット配置し、契約者への助言指導を行う。電気関係図面の承認。
機械設計(スポット)	3 級	工事工程の必要時期にスポット配置し、契約者への助言指導を行う。機械関係図面の承認。
検査員(国内)	3 級	国内製作品の検査立会い

また、別途機材案件として入札する計画である、バルクヘッドゲート、トラッククレーン、タグボート・作業用ボートにおける機材調達監理のため、下記の要員を計画する。

表 3-2-4.6 機材調達監理要員配置計画

役 職	等級	任 務
総括(主任技術者)	2 級	入札業務での入札審査、技術評価を行う。
入札図書専門家	3 級	機材案件として発注されるものについて入札図書として集成する。
検査員(現地)	3 級	機材案件として発注されるものについて現地検査立会い
検査員(国内)	3 級	機材案件として発注されるものについて国内検査立会い

3-2-4-5 品質監理計画

下表の品質管理を実施する計画とする。

表 3-2-4.7 品質管理計画(施工)

工種	管理項目	方法	頻度
床付け	土質状況 幅・高さ	目視	主要部位毎
		寸法・高さ測定	主要部位毎
盛土	締固度	現場密度	400m ² 毎
コンクリート	骨材 セメント フレッシュコンクリート コンクリート強度	粒度試験	3,000m ³ 毎
		物理的試験・化学的試験	1,000ト毎
		スランプ・空気量・塩化物量	打設毎
		圧縮強度試験	打設部位か 200m ³ 毎
鉄筋	強度 配筋状況	引張強度	200ト毎
		配筋検査	打設部位毎
構造物出来形	出来形寸法	寸法測定	主要部材毎
機械設備	据付精度 機能	据付位置測定	全機器
		負荷運転試験	試運転時に全機器

表 3-2-4.8 品質管理計画(製作)

管理項目	方 法	検査器具	検査場所
材料及び部品確認	ミルシート照合 部品メーカーの検査成績書 材料検査試験		製作工場
溶接確認	外観検査 非破壊検査	X線撮影器	製作工場及び現地
寸法確認	主要寸法の計測	スチールテープ、 直尺	製作工場及び現地
仮組立確認	外観検査 主要寸法の計測	スチールテープ、直尺、 レベル、トランシット	製作工場
塗装確認	塗膜厚測定及び写真	膜厚計	製作工場及び現地
据付位置確認	据付位置の計測	スチールテープ、 レベル、トランシット	現地
機能確認	試運転を行い速度・電流・電 圧・駆動部の温度上昇の測定。 止水の確認	電流計、電圧計、ストップウォッチ、 温度計	製作工場（開閉機） 及び現地

3-2-4-6 資機材等調達計画

(1) 一般建設材料

セメント、鉄筋、木材、一般用建築用資材、電線、配管材等は「パ」国内での調達が可能である。当事業計画ではほとんどがラホール市から輸送する計画である。また、コンクリート用粗骨材・細骨材、石積み用の砕石は D.G.カーンからの材料使用を計画する。

(2) 台船

土砂吐ゲート改修工事で使用する台船は、短期間で組立・分解が可能なユニフロートタイプを使用するため、「パ」国及び周辺諸国でこのタイプの調達は困難であり、日本調達で計画する。

(3) ゲート、開閉装置および電気設備

洪水吐ゲートおよび土砂吐ゲート

品質や製作工程を確保するため、第三国調達も認める。また、製作に必要な鋼材及び部品については日本調達で計画する。

開閉装置

「パ」国の工場では人力のゲート用開閉装置の製作経験は有するが、電動化の開閉装置の経験がないため、「水門鉄管基準」に適合した製作は困難と判断される。従って、ゲート用開閉装置は日本調達で計画する。

電気設備

将来の維持管理を考えた場合、国内機材を導入するのが望ましく、受変電設備は「パ」国内に実績のある会社があるため、「パ」国での調達で計画する。一方、ゲート用開閉装置の機側操作

盤については、「パ」国内では実績のある会社がなく、高温に耐えられる熱帯仕様が要求されることから、品質確保のため日本調達で計画する。

(4) 機材

バルクヘッドゲート

品質や製作工程を確保するため、第三国調達も認める。また、製作に必要な鋼材及び部品については日本調達で計画する。

トラッククレーン 50 トン

日本からの調達で計画する。

タグボート 150ps および作業用ボート

カラチに鉄鋼製の造船所が国営企業で1社あるが、この造船所は製造が主であり、設計・材料調達は施主持ちのケースが多い。調達するボートは工事に使用するため納期に期限があり、設計～材料調達～製作まで可能なメーカーに発注して期日までに納められる事が前提となるため、多くの造船メーカーを有する日本から調達する計画とする。

3-2-4-7 実施計画

当計画の工程計画では、詳細設計、入札図書作成に5.5ヶ月、改修工事本体の入札・業者選定に3.5ヶ月で計画する。バルクヘッドゲート、トラッククレーン、タグボート・作業ボートの機材調達については、改修工事が必要となる時期までの現地引渡しを考慮して、可能な限り早期の入札・業者選定を計画する。

実施施工では、ゲート改修にはバルクヘッドゲートが必須であり、また、バルクヘッドゲートユーザー当りの据付はアニュアルクロージャー期間で行うことから、ゲート改修工事を2007年2月から開始する計画とする。

バルクヘッドゲートは9分割されたピースを現場で組立てることから、工事が開始する2007年2月までに5門全ての組立が完了する必要がある。1門あたりの組立日数より第1門目の組立開始を2006年10月とし、工場で作成されたピースを順次組立てていく計画とする。従って、バルクヘッドゲート調達期間は、第1門目の現地引渡しが契約から材料調達・製作・輸送まで11.5ヶ月、最後5門目の現地引渡しまでを14.5ヶ月で計画する。その他の工場製作品については調達期間に余裕があり、全体工期に影響しない。

一方、ゲート改修工事は、調達されるバルクヘッドゲート5門を最大限に利用し、アニュアルクロージャー期間と洪水期で挟まれた3.5ヶ月間(1工期)内でも転用してゲート改修を行う計画であり、極めて厳しい工程となる。ゲート改修工事は洪水吐ゲート22門、土砂吐ゲート7門の計29門であり、2007年2月より4工期で行う計画である。尚、それぞれの工期で改修を計画しているゲートは表3-4-7.1に示すとおりである。従って、契約から製作・工事完了(後片付けまで)までの工事施工期間は41ヶ月となる。

表 3-2-4.9 改修ゲートの施工時期(計画)

工 期	期 間	改修対象ゲート		
		門数	洪水吐ゲート No	土砂吐ゲート No
第 1 工期	2007 年 2 月 ~ 5 月	8	10,12,14,16,18,20,24,26	-
第 2 工期	2007 年 9 月 ~ 12 月	8	11,13,15,17,19,23,25,27	-
第 3 工期	2008 年 2 月 ~ 5 月	7	31,33,35,38	2,4,6
第 4 工期	2008 年 9 月 ~ 12 月	6	55,58	1,3,5,7

以上の点を踏まえて、詳細設計・入札期間 9 ヶ月、実施施工は 41 ヶ月、全体工程は 50 ヶ月とし、A 国債で全体実施工程を計画する。実施工程表を図 3-2-4.2 に示す。

(詳細設計)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
協議	EN										
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
詳細設計	(詳細設計契約)										
設計	(詳細設計/入札図書作成)	(入札図書・承認)									
(計)	5.5	ヶ月									

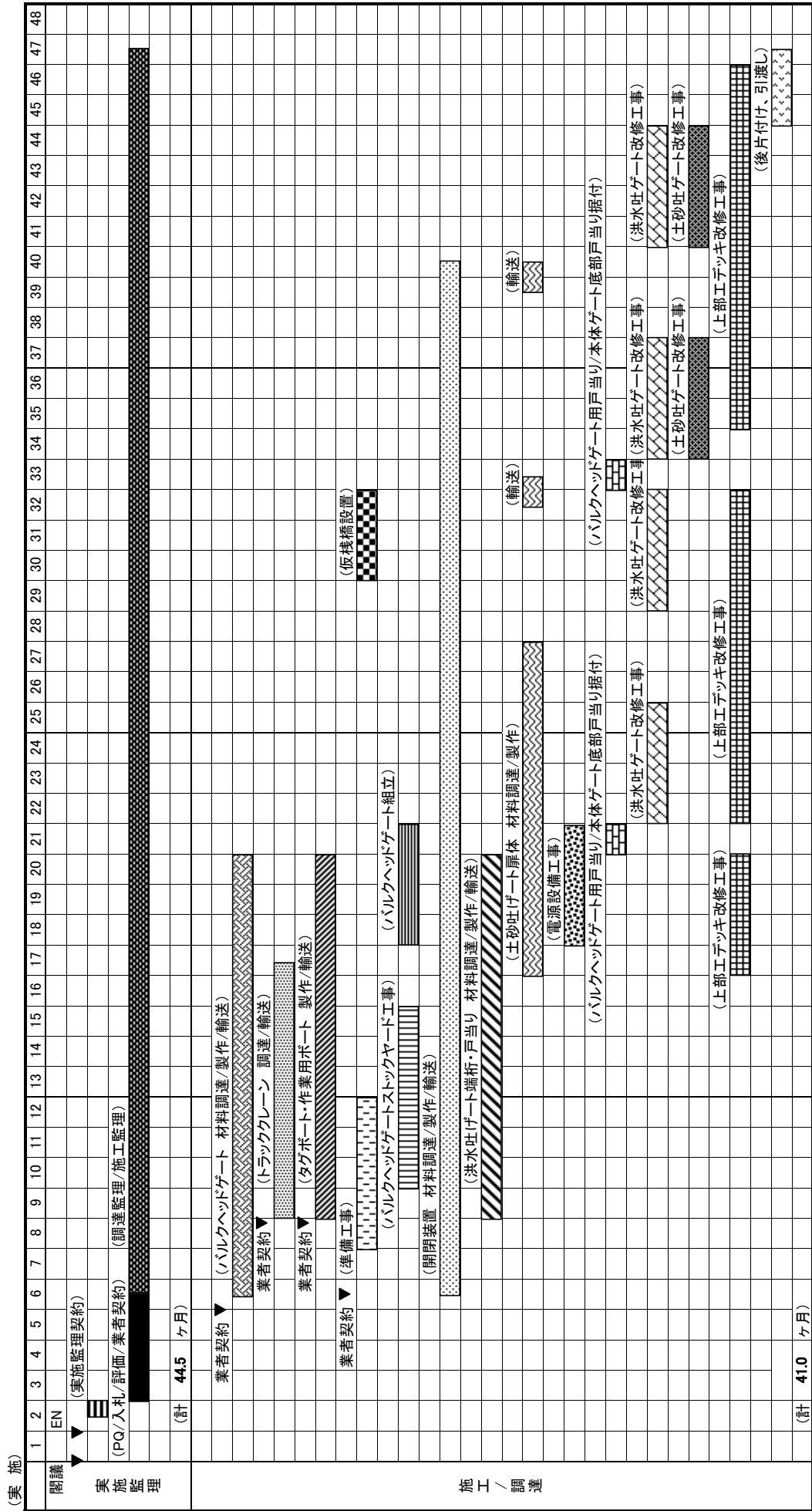


図 3-2-4.2 実施工程表

3-3 . 相手国側分担事業の概要

3-3-1 「パ」国側負担事業の概要

本事業が無償資金協力として実施される場合、その準備段階、工事中ならびに建設される施設、設備がスムーズに運転、維持管理するための「パ」国側の分担事業の概要は、以下のとおりである。

(1) 一般事項

- 1) 本計画によって整備される資機材の設置のために必要な用地の確保を図ること
- 2) 本計画資機材の運営に必要な電力などの施設を整備すること。
- 3) 銀行取決めにに基づき、銀行に対し必要な手数料を支払うこと。
- 4) 本計画によって搬入される資機材について、陸揚げおよび通関を速やかに行うこと。
- 5) 本計画に基づく資機材の調達および日本国民による役務の提供に関し、「パ」国において課せられる関税、国内税およびその他の財政課徴金を免除もしくは負担すること。
- 6) 本計画実施のための役務を提供する日本国民に対し、その作業の遂行のための「パ」国への入国および同国における滞在に必要な便宜を図ること。
- 7) 本計画により整備された資機材を適切かつ効果的に維持・運用すること。また、日本側の求めに応じ、資機材の運用状況を日本側に報告すること。
- 8) 日本による無償資金協力に含まれないその他すべての必要な経費を負担すること。

(2) 事業実施前および実施中に実施すべき事項

- 1) パルクヘッドゲートストックヤードの盛土工事(約 10 万 m³)については、事業開始(2005 年 10 月)までに完了させておくこと。
- 2) 開閉装置の設置及びスーパーストラクチャー補強工事に伴って、テレメーター盤および開度計の移設が必要である。IPD は WAPDA と協議して、IPD 責任の下で開度計およびテレメーター盤を補強工事の範囲外に移設すること。
- 3) 工事期間中(洪水期は除く)は概ね 8~12 時と 13~17 時で橋梁を通行止めとするため、新聞広告や看板広告によって近隣周辺への通知を徹底すること。
- 4) 工事現場敷地外における仮設ヤード 4,200m² 程度の用地の確保・整地および土捨場を確保すること。
- 5) 無償資金協力工事と「パ」国で行う堰改修事業と作業工程等の調整を図るため、工事期間中に随時協議を行うこと。

3-4 プロジェクトの運営 / 維持管理計画

3-4-1 運営・維持管理体制

(1) 維持管理体制

無償資金協力により整備される設備、機材の運営・維持管理はタウンサ堰管理事務所（TBD）が責任を負う計画である。

タウンサ堰管理事務所は DG カーン・ゾーン事務所に属し、約 380 人のスタッフを擁してタウンサ堰と周辺河川堤防や水制工などの河川管理施設、タウンサ堰近傍区間の灌漑用水路の維持管理、気象・水文データ等の収集・記録、河道状況の定点観測と河道状況変遷把握活動等、タウンサ堰の堰機能を総合的に維持管理運営している組織である。本事業実施後もこの体制が継承される。

(2) 人員配置

現在、タウンサ堰は図 2-1.3 および表 2-1.1 に示される組織および陣容で操作、運営されている。タウンサ堰管理事務所では、タウンサ堰のみでなく、タウンサ堰に関連する河川管理施設、灌漑水路なども統括している。職員総数約 380 人でこれまでのおよそ 50 年にわたり巨大な土木構造物の維持管理、運営を行ってきており、堰の運営を遂行していく能力は十分に有していると判断される。当該無償資金協力で実施される改修計画では、ゲート開閉装置が電動化され、また、維持管理用設備としてバルクヘッドゲート 5 門とその運用のためのインクライン設備、タッグポート、クレーン設備などが新たに導入されることとなるが、これらの維持管理・運営要員は以下のとおり、タウンサ堰管理事務所全体での人員配置の変更により対応可能と判断される。

1) ゲート操作員数

現況でのタウンサ堰ゲートのゲート操作員（Regulation Beldar）は 35 名であり、常時 10 名から 12 名のグループでの 3 交代制が採られており、洪水期には臨時の操作員が増員される場合もある。

当該無償資金協力で実施される改修計画は、既存のタウンサ堰機械施設の改修を主体とするものであり、施設改修後の操作・運営は、基本的には現状の組織構成のままに対応可能である。ただし、ゲート巻き上げ機が電動化されれば、従来人力に頼っていたゲート操作を電動モーターに取って代わられることになることから、ゲートの操作員の員数減が可能になるものと考えられる。すでに電動化されている他の堰でのゲート操作員の実態調査結果は以下のとおりである。

- マララ堰（洪水吐 46 門、土砂吐 20 門、計 66 門、全てテンターゲート、径間 60 ft）

ゲート操作員 約 5 名の操作員 × 3 交代 = 15 名の操作員

洪水時に、臨時操作員を増員

機械工（メカニック、修理工、助手） 10 名

電気技工 3 名

- ・ チャシマ堰（洪水吐 41 門、土砂吐 11 門、計 52 門、全てテンターゲート、径間 60 ft）

ゲート操作員	4 名の操作員
世話役	1 名
電気技工	4 名
助手	10 名（クリーニング等）

無償資金協力の実施後では、29 門のゲートが電動化されるが、残りのゲートは「パ」国の「パンジャブ州堰改修・現代化事業」により引き続き電動化される予定である。従って、すべてのゲートが電動化されれば、他堰（特にマララ堰）の例を参考に判断すれば、少なくとも現況常時 35 人の操作員が、約半数 15 人（5 人で 3 交替）程度での維持管理、操作、運用が可能になるものと考えられ、約 20 人の員数減となる。なお、電気技師、電気技工は TBD 内での他の部署との兼任などで十分対応できることから、この部門での増員は必要ないものと判断される。

2) バルクヘッドゲート設備の維持管理・操作員数

バルクヘッドゲートは新たにタウンサ堰に導入される維持管理用の設備であり、これらの維持管理・運営のための人員配置が新たに必要となる。バルクヘッドゲートの導入門数は 5 門が計画されており、これらの運用・維持管理においては 20 名程度の新たな技術員が必要になるものと考えられる。但し、バルクヘッドゲートの操作時には、技術員 20 名の他に、設置、撤去それぞれで普通作業員 15 名程度の増員が必要である。また、バルクヘッドゲートを運用するための付帯設備であるポート類の運転・維持管理に関しては 5 名の船長が必要であるが、TBD の現有の陣容（Head Boat Man, Boat Man, Motor Launch Driver, Motor Launch Attendant, etc.）での対応が可能なものと考えられる。また、インクライン、クレーン等の電気・機械設備に関する電気技師、電気技工、機械技師他は TBD 内での他の部署との兼任などで十分対応できるものと考えられ、新たな増員の必要はないものと判断される。

バルクヘッドゲートのクレーンを利用した組み立て、タッグボートや作業船を利用した曳航、堰での据付、撤去、格納庫での維持管理、その他新たに導入される施設、機材の操作、維持管理方法などに関しては施工中の OJT を通して技術移転を図る。

3-4-2 運営・維持管理内容

当該無償資金協力で導入される施設に関する維持管理の内容は、下表に示されるものが標準としてあげられる。保守・点検は 1 年毎の年次定期点検で実施するのが適切である。

表 3-4-2.1 施設の維持管理内容

設備・機器名称			保守・点検内容		備考	
大分類	中分類	小分類	項目	保守・点検方法		
土砂吐ゲート	扉体	扉体全般	塗膜状況	目視	7年毎塗替え	
			板厚	板厚測定		
			片吊り	目視確認		
		水密ゴム	損傷・劣化	目視確認	必要に応じ交換	
		ローラートレイン	ローラ踏面 損傷・摩耗	表面状況 目視確認		
	ローラ回転状況		動作確認			
	戸当り	側部戸当りレール	踏面 摩耗・損傷	表面状況 目視確認		
		底部敷金物	摩耗・損傷	表面状況 目視確認		
	開閉装置	モータ等機器類	動作確認	運転時異音/温度上昇の確認		
			電流・電圧値	目視確認		
ドラムギア		給油状態	油膜状況 目視確認			
		歯当り	目視確認・計測			
ワイヤロープ		給油状態	目視確認	必要に応じ塗布		
機械台	素線切れ	目視確認				
洪水吐ゲート	扉体	扉体全般	塗膜状況	目視	7年毎塗替え	
			板厚	板厚測定		
			片吊り	目視確認		
		水密ゴム	損傷・劣化	目視確認	必要に応じ交換	
		ローラートレイン	ローラ踏面 損傷・摩耗	表面状況 目視確認		
	ローラ回転状況		動作確認			
	戸当り	側部戸当りレール	踏面 摩耗・損傷	表面状況 目視確認		
		底部敷金物	摩耗・損傷	表面状況 目視確認		
	開閉装置	モータ等機器類	動作確認	運転時異音/温度上昇の確認		
			電流・電圧値	目視確認		
ドラムギア		給油状態	油膜状況 目視確認			
		歯当り	目視確認・計測			
ワイヤロープ		給油状態	目視確認	必要に応じ塗布		
機械台	素線切れ	目視確認				
バルクヘッドゲート	扉体	扉体全般	塗膜状況	目視	7年毎塗替え	
			板厚	板厚測定		
			損傷	目視確認		
		水密ゴム	表面状態	目視確認	必要に応じ交換	
	水中ポンプ	水中ポンプ本体	動作確認	運転時異音/温度上昇の確認		
			絶縁抵抗値	計測		
	バルクヘッドゲート格納庫	インクラ設備, ウィンチ	モータ等機器類	動作確認	運転時異音/温度上昇の確認	
				電流・電圧値	目視確認	
			ドラムギア	給油状態	油膜状況 目視確認	
				歯当り	目視確認・計測	
ワイヤロープ			給油状態	目視確認	必要に応じ塗布	
機械台		素線切れ	目視確認			
台車		台車本体	塗膜状況	目視	7年毎	
	損傷		目視確認			
休止台	休止台本体	塗膜状況	目視	7年毎		
		エンジン	動作確認	運転時異音/温度上昇の確認		
タグポート、ポート	エンジン	オイル、フィルタ交換	交換			
		外観の変形・傷等	目視確認			
スーパーストラクチャ	歩廊	外観の変形・傷等	目視確認			
	構造部材	構造部材	塗装	塗替え		
電気設備	発電機	エンジン	動作確認	運転時異音/温度上昇の確認		
			オイル、フィルタ交換	交換		
	発電機	本体	絶縁抵抗値	計測		
			電流・電圧値	目視		
	操作盤関係	本体	絶縁抵抗値	計測		
絶縁抵抗値			計測			

注1)上表の保守・点検項目は年次定期点検のみを示すものとする。

3-5 プロジェクトの概算事業費

3-5-1 協力対象事業の概算事業費

本協力対象事業を実施する場合に必要な概算事業費総額は、54.69 億円となり、先に述べた日本と「パ」国との負担区分に基づく双方の経費内訳は、下記(3)に示す積算条件によれば、次のとおりと見積もられる。

概算総事業費 約 54.69 億円

(1) 概算日本側負担経費 約 52.81 億円

費 目			合計(億円)
施 設	ゲート改修工事	土砂吐ゲート交換 : 7 門	36.76
		洪水吐ゲート改修 : 22 門	
		開閉装置電動化 : 29 門	
		上部工デッキ改修 : 1 式	
		インクライン設備 : 1 式	
機 材		バルクヘッドゲート : 5 門	11.92
		タグボート 150ps : 2 台	
		作業ボート : 3 台	
		トラッククレーン 50ton : 1 台	
実施設計・施工監理費			4.13
合 計			52.81

(2) 概算「パ」国負担経費 約 188 百万円

	現地通貨 Rs 表示	円表示
合計	9,880.4 万 Rs	(約 187.6 百万円)
盛土工事	1,480.8 万 Rs	(約 28.1 百万円)
テレメーター移設工事	35.3 万 Rs	(約 0.7 百万円)
フェンス	25.7 万 Rs	(約 0.5 百万円)
銀行手数料 (事業費の 3%)	8,338.4 万 Rs	(約 158.3 百万円)

(3) 積算条件

積算時点： 平成 16 年 8 月

為替交換レート：1 US\$ = 109.51 円、1 Rs = 1.90 円

施工期間： A 国債による調達とする。 施工期間は実施工程表のとおり。

その他： 本計画は、日本国政府の無償資金協力の制度に従い、実施されるものとする。
上記概算総事業費は即交換公文書上の供与限度額を示すものでない。

3-5-2 運営・維持管理費

(1) 人件費の増減

ゲート操作員は現況 35 人から計画 15 人と、20 人の減少が期待される。一方バルクヘッドゲートおよびその関連施設が当該無償資金協力事業により新たに導入されることとなり、維持管理・運用のために 20 名の技術員が必要となる。このため、タウンサ堰管理事務所の陣容は事業実施前と後では変化がなく、事業実施後の年間維持管理費も変化しない。なお、バルクヘッドゲート据え付け・撤去時には臨時の作業員が 15 名程度必要となるが、この人件費はタウンサ堰機械設備の点検整備費に含まれる。

(2) ゲート電動化による操作電力料（電力料金）

タウンサ堰のゲートの電動化では、モーター出力は洪水吐ゲート 1 門当たり 1.5kw、土砂吐ゲート 1 門当たり 2.2kw である。タウンサ堰における過去 10 ヶ年のゲート操作量は下表のとおりである。

表 3-5-2.1 年間累加ゲート操作量（1 門当たり）

年	左岸土砂吐 7門 (ft)	洪水吐 54門 (ft)	右岸土砂吐 4門 (ft)	平均 65門 (ft)
1994	63.08	90.64	57.75	85.65
1995	58.07	95.91	53.00	89.20
1996	131.12	170.33	129.75	163.61
1997	82.26	100.60	85.15	97.68
1998	80.23	141.98	74.75	131.19
1999	84.57	74.75	67.50	75.36
2000	69.74	90.65	74.00	87.38
2001	45.14	82.65	39.83	75.98
2002	111.51	94.51	51.28	93.68
2003	51.63	99.82	81.68	93.51
10年平均	77.74	104.18	71.47	99.32
日当たり	0.213	0.285	0.196	0.272

注) 洪水吐ゲート 54 門には閘門 1 門を含む。

$$\begin{aligned} \text{年間延べ土砂吐ゲート操作量} &= 7 \times 77.74 + 4 \times 71.47 \\ &= 830 \text{ ft/yr} \end{aligned}$$

$$\text{年間延べ洪水吐ゲート操作量} = 54 \times 104.18 = 5,626 \text{ ft/yr}$$

最近 10 ヶ年における人力操作によるゲート年間平均日当たり操作量は堰ゲート 65 門全門が概ね 0.3 ft 操作される操作量である。ゲートが電動化されれば、容易にゲート操作が可能となり、堰上流水位をより高い精度できめ細かく維持・操作しようとする傾向がでてくることが考えられる。このため、ゲートの操作量は現況操作量の 2 倍以上になるものと考えられ、計画のゲート操作時間は計算値の 2 倍として推定する。

電動化された場合のゲートの開閉速度は 1.0 ft/分程度であるので、電動化後の年間のゲート操作時間、すなわち 1.5kw（洪水吐）および 2.2kw モーター（土砂吐）の運転時間はそれぞれ次のとおりである。

$$\text{年間の 2.2kw モーターの運転時間} = 830 \text{ ft/年} \times 2 / (1 \text{ ft/分}) = 1,660 \text{ 分/年} = 28 \text{ 時間/年}$$

$$\text{年間の 1.5kw モーターの運転時間} = 5,626 \text{ ft/年} \times 2 / (1 \text{ ft/分}) = 11,252 \text{ 分/年} = 188 \text{ 時間/年}$$

電動機(効率 x 力率)を70%とし、制御電源は1台当たり0.5kw、配電盤2.0kwとすると、1時間での消費電力は、以下のとおり計算される。

$$2.2\text{kw 電動機 1時間あたり消費電力: } W = 2.2 / 0.7 + 0.5 + 2.0 = 5.643 \text{ kw h}$$

$$1.5\text{kw 電動機 1時間あたり消費電力: } W = 1.5 / 0.7 + 0.5 + 2.0 = 4.643 \text{ kw h}$$

電力料金はA2グレード(9Rs/kwh)により計算され、以下のとおり。

$$\begin{aligned} \text{年間の電力料金} &= 9 \text{ Rs/kwh} \times (5.643 \text{ kwh/hr} \times 28 \text{ hr/年} + 4.643 \text{ kwh/hr} \times 188 \text{ hr/年}) \\ &= 9,278 \text{ Rs/年} \end{aligned}$$

(3) タウンサ堰機械設備の点検整備費

無償資金協力の対象施設の事業完了後に想定される点検・整備の費用は下表のように見積もられる。

表 3-5-2.2 点検整備費

項	目	数量	単位	単価 (Rs/門)	金額 (Rs)	点検整備 間隔	年平均額 (Rs/年)
土砂吐ゲート	1 扉体 塗替塗装	7	門分	610,980	4,276,863	7年毎	610,980
	2 開閉装置機械台 塗替塗装	7	門分	61,991	433,937	7年毎	61,991
	3 水密ゴム取替	7	門分	647,263	4,530,841	10年毎	453,084
	4 年次点検	7	門分	54,834	383,836	1年毎	383,836
洪水吐ゲート	5 扉体 塗替塗装	22	門分	542,988	11,945,741	7年毎	1,706,534
	6 開閉装置機械台 塗替塗装	22	門分	65,616	1,443,544	7年毎	206,221
	7 水密ゴム取替	22	門分	638,856	14,054,839	10年毎	1,405,484
	8 年次点検	22	門分	50,682	1,115,014	1年毎	1,115,014
バルクヘッドゲート	9 扉体 塗替塗装	5	門分	930,248	4,651,239	7年毎	664,463
	10 水密ゴム取替	5	門分	743,652	3,718,259	10年毎	371,826
バルクヘッドゲート格納施設	11 ワイロープ 油塗布	1	式	59,919	59,919	1年毎	59,919
	12 台車・休止台 塗替塗装	1	式	159,037	159,037	7年毎	22,720
	13 ウインチ機械台 塗替塗装	1	式	16,958	16,958	7年毎	2,423
	14 モーター等機器類・ゲート運転点検、その他目視点検(常駐技術員20名による)	1	式	0	0	1年毎	0
スーパーストラクチャー	15 目視点検	65	門分	708	46,027	1年毎	46,027
電気設備	16 発電機 運転点検整備	2	台	23,106	46,211	2年毎	23,106
	17 操作盤 運転点検 (機側操作盤・配電盤)	30	面	4,664	139,909	1年毎	139,909
費用算出条件						合計	7,273,536

- 1 洪水吐・土砂吐ゲート塗装塗替時はバルクヘッドゲートを使用して行う。
- 2 バルクヘッドゲートの塗装塗替は格納施設保管時に実施する。
- 3 日本の無償範囲で改修する門数についての保守点検費用を算定する。

上表の点検整備費には、従来からタウンサ堰で実施されてきた土砂吐ゲート、洪水吐ゲートおよびスーパーストラクチャーの点検整備費が含まれており、これらの整備は TBD により従来と同様に、今後も継続して実施されてゆくものと考えられる。

無償資金協力事業により新たに必要となる点検整備は、タウンサ堰に新たに導入されるバルクヘッドゲートに関連したものと、電気設備であり、上表の9~14および16~17の項目である。

9～14 および 16～17 項目の点検整備費年平均額の合計は、約 1,284 千 Rs/年であり、無償資金協力事業完了後に新たに必要となる支出である。

(4) TBD における維持管理費

以上の(1)～(3)での計算結果から、TBD で新たに必要となる維持管理費は次のとおりである。

人件費減	0 千 Rs/年
ゲート操作電力料	9 千 Rs/年
バルクヘッドゲートおよび電気設備点検整備費	1,284 千 Rs/年
合 計	1,293 千 Rs/年

従って、TBD では無償資金協力事業完了後では、年間 1,293 千 Rs の維持管理費の増加が見込まれる。一方、無償資金協力事業によりタウンサ堰のゲート 65 門の内 29 門が改修されることから、年々必要とされていたゲート関連の補修費が大幅に減少することが予想される。タウンサ堰の年間平均ゲート補修費の実績は 1,161 千 Rs/年であることから、ゲート補修費減額分は以下のように算定される。

$$\text{ゲート補修費減} = 1,161 \text{ 千 Rs/年} \div 65 \text{ 門} \times 29 \text{ 門} = 518 \text{ 千 Rs/年}$$

上記のゲート補修費減額分を考慮すると、年間の維持管理費は 775 千 Rs/年程度増加することとなる。この増加分はタウンサ堰の過去 10 ヶ年の平均年間支出 48.60 百万 Rs に対して約 1.6%の増加にとどまるため、十分に対応可能であり、堰の持続的運営に支障はないものと考えられる。

3-6 協力対象事業実施に当たっての留意事項

(1) 国家経済委員会（ECNEC）の再手続き

事業費が 200 百万 Rs 以上で援助の割合が 25%以上の場合には、事業の推進、実施のためには国家経済委員会（ECNEC）の承認を必要とし、さらに、事業の推進過程において、「パ」国経費を含めた総事業費が当初の予定事業費から 15%以上の変動があった場合、または事業内容が変更された場合には再度、国家経済委員会（ECNEC）の承認を必要とする。

本事業に関しては“ Taunsa Barrages Irrigation System Rehabilitation Project”（以下「タウンサ堰灌漑システム改修事業」）との名称で提出し 2003 年 4 月 23 日に ECNEC に承認されているが、総事業費が 15%以上の変更となる事から再承認を受ける必要がある。この変更 PC-1 は、事業の実施工程上遅くとも 2005 年 2 月までに ECNEC の承認を受ける必要がある。

(2) バルクヘッドゲートストックヤードの盛土工事

本事業の実施計画において、バルクヘッドゲートの製作、輸送、ストックヤードでの組み立てまでの工程が、クリティカル・パスであり、遅延は許されない。「パ」国が実施するバルクヘッドゲートストックヤードの盛土工事量は約 10 万 m³ であるが、「パ」国はこのストックヤードの盛土工事を、本事業の現場工事着手前の 2005 年 10 月までに完了する必要がある。

(3) 施工期間中のタウンサ堰の交通止め

施工期間中の乾期の 8～12 時および 13～17 時は工事によりタウンサ堰橋梁を占有するため、通行止めにする必要があり、利用者への影響を最小限にするよう、IPD 責任の下、新聞広告や看板広告などを活用し、利用者および近隣周辺に迂回路の指示を含めた情報提供やその他必要な措置を十分に行うことが必要である。

(4) テレメーター盤および開度計の移設

開閉装置の移設、デッキの改修及びスーパーストラクチャー補強工事に伴って、テレメーター盤および開度計の移設が必要である。IPD は WAPDA と協議して、IPD 責任の下で開度計およびテレメーター盤を補強工事の範囲外に移設することが必要である。

(5) パンジャブ州堰改修・現代化事業の工事との調整

パンジャブ州堰改修・現代化事業には本無償資金協力事業と同一時期に施工される工事も含まれるものと考えられる。基本的には無償事業独自の工程に影響しないことが確認されているが、資機材の輸送路、仮置き場、仮設工事などで事業の推進に支障をきたさないよう十分な調整を図ることが必要である。

第4章 プロジェクトの妥当性の検証

第4章 プロジェクトの妥当性の検証

4-1 プロジェクトの効果

本プロジェクトの実施により、直接裨益を受ける地域はタウンサ堰灌漑システム地域で、D.G.カーン灌漑水路、ムザファルガー灌漑水路、およびT.P.リンク灌漑水路により取水する、灌漑対象面積約82万haの地域である。また直接裨益を受ける住民は既設タウンサ堰受益地の約180万人である。プロジェクトの実施により以下の効果が期待できる。

4-1-1 直接効果

(1) 灌漑取水量の当初計画値への回復

現在、タウンサ堰から取水する灌漑用水路では大量の堆砂が生じていてその通水能力が設計量に比べ減少している。本計画が対象とする29門ゲートと「パ」国側が対象とする他のゲート高を1ft(0.31m)嵩上げし、タウンサ堰での堰上げ水位を1ft上げる(堰上流水位をWL.446.00ftから447.00ftへ上げる)ことにより、灌漑水路の通水可能量が当初計画値まで回復され、安定した灌漑取水量が供給される。

- ・ 堰右岸側から取水しているD.G.カーン水路は、現況では水路内堆砂のため9,047 ft³/sec (256 m³/sec)が取水可能量であるが、事業実施後は設計量の11,564 ft³/sec (327 m³/sec)*に改善される。
- ・ 堰左岸側から取水しているムザファルガ水路も、現況では水路内堆砂のため7,476 ft³/sec (212 m³/sec)が取水可能量であるが、事業実施後は設計量の8,300 ft³/sec (235 m³/sec)*に改善される。

注) “*”印は水利権流量を示す。

灌漑取水量の回復(D.G.カーン水路)

項目	堰上げ水位(ft)	水路堆砂深(ft)	流量(ft ³ /sec)	対策工法および評価
当初計画	446.00	0.00	12,074	水利権流量 11,564(ft ³ /sec)
現況	446.00	2.80	9,047	・水路内の堆砂のため、通水能力は水利権流量の約78%である。
事業実施後 ・1ft嵩上 ・0.8ft浚渫	447.00	2.00	11,564	・全てのゲートを1ft嵩上げする。 ・通常の維持管理で、灌漑用水路内の堆砂を0.8ft浚渫する。

灌漑取水量の回復(ムザファルガー水路)

項目	堰上げ水位(ft)	水路堆砂深(ft)	流量(ft ³ /sec)	対策工法および評価
当初計画	446.00	0.00	8,396	水利権流量 8,300(ft ³ /sec)
現況	446.00	1.50	7,476	・水路内の堆砂のため、通水能力は水利権流量の約90%である。
事業実施後 ・1ft嵩上	447.00	1.50	8,300	・全てのゲートを1ft嵩上げする。

(2) 堰ゲート電動化によるゲート操作速度の改善と洪水被害の軽減

現況のタウンサ堰ではゲート施設の老朽化によりゲート開閉操作性が著しく低下していることから、洪水時における人力によるゲート操作に遅れを生じるなどにより、洪水流が堤内地へ浸水して農地や人々の居住地に洪水被害をもたらしている。

既往最大洪水（1992年9月14日）に対しゲート操作シミュレーションを実施した結果、必要とされるゲート操作速度は洪水の出水時には 32ft/hr（= 0.16m/min）また洪水減衰時には 54ft/hr（= 0.27m/min）となった。現行の人力ゲート操作の操作速度は巻上速度：10ft/hr（=0.05m/min）および巻下速度：20ft/hr（=0.10m/min）程度であり、人力ゲート操作では洪水の出水速度に対応できない結果となった。また、対応できない時間も15時間の長時間と推定される。このため、堰上流水位が上昇して堰上流部で洪水被害を発生することが分かる。

無償資金協力事業でゲート開閉機を電動化することにより、ゲート開閉速度は 60ft/hr（= 0.3m/min）に改善され、洪水時の安全なゲート操作が可能となり、洪水を安全確実に流下させることが可能となる。

既往最大洪水（1992年9月14日）に対する現況と計画実施後のゲート操作速度の評価

洪水の状況	洪水流下に必要とされるゲート速度（m/分）	現況のゲート速度（人力操作）（m/分）	事業実施後のゲート速度（電動化）（m/分）
出水時	0.16	0.05	0.30
減衰時	0.27	0.10	0.30

(3) 堰の安全性の向上

バルクヘッドゲート導入により必要に応じた維持管理期間が確保できるようになり、堰の安全性が向上する。現況では、ゲートおよび堰本体の維持管理・補修作業は、毎年1月に20日間、上流のダムの締切により水が枯れるアニュアル・クロシャー期間での実施に限られており、抜本的改修を行うには不十分な状況にある。

4-1-2 間接効果

(1) バルクヘッドゲートのタウンサ堰以外の堰改修での利用

パンジャブ州ではタウンサ堰に続いて改修予定の堰が複数ある。本無償資金協力事業でタウンサ堰に使用したバルクヘッドゲートはパンジャブ州のジナ堰およびトリム堰に転用可能であり、今後改修されるこれらの堰に転用し、改修事業期間、事業費節減に貢献できる。

(2) 灌漑以外の機能の保持

タウンサ堰は主機能である灌漑用水取水機能の他に、生活・産業用水の供給、地域交通の要衝としての道路橋および鉄道橋、石油・ガスパイプライン、電力・通信などのライフライン機能を具備している。さらには、同堰は観光地ともなっており多くの人々が訪れている。本事業実

施によりタウンサ堰の安全性を確保することは、こうした機能を将来にわたって保障することとなる。

4-2 課題・提言

本プロジェクトの効果が発現・持続するために、以下の点が整備されることが必要である。

(1) タウンサ堰ゲートのゲート高さ 1ft (0.31m) の嵩上げ

無償資金協力事業で改修される 29 門のゲートはすべて 1ft (0.31m) の嵩上げが行われるが、「パ」国がパンジャブ州堰改修・現代化事業で実施する残りのゲートの 1ft の嵩上げが実現されない限りタウンサ堰上流水位の 1ft の上昇はできない。この場合には灌漑取水量の当初計画値への回復が図れないこととなるため、無償資金協力事業の完了に続き、ゲートの 1ft の嵩上げが速やかに実施されることが必要である。

(2) タウンサ堰ゲートの電動化

無償資金協力事業で改修される 29 門のゲートの電動化に続き、「パ」国がパンジャブ州堰改修・現代化事業で改修を実施する残りのゲートの電動化が実現されない限り、洪水時の安全なゲート操作が十分に実現できないため、無償資金協力事業の完了に続いて残りのゲートの速やかな電動化がのぞまれる。

(3) タウンサ堰下流での副堰の建設

タウンサ堰の建設以来、タウンサ堰下流部での河床が低下し、パイピングに対する安全性の低下や下流エプロンの損傷などが進行している。このため堰の操作、運用において上下流水位差を 22ft (約 6.7m) 以下に保つように規定されている。これに対し、本プロジェクトおよびパンジャブ州堰改修・現代化事業では、D Gカーン水路の堆砂による取水障害を解消するために、改修するゲートの高さを現況より 1ft 高くして堰の上流側計画水位を 1ft 上昇させ WL447ft とする方針であり、堰の上下流水位差を増幅し、安全性を失うこととなる。この問題を解消するためにパンジャブ州堰改修・現代化事業ではタウンサ堰下流に副堰を建設する計画であり、タウンサ堰の安全性を確保し、灌漑取水量の当初計画値への回復を図るためにも、タウンサ堰下流での副堰の建設が必要である。

(4) タウンサ堰管理事務所の運営および維持管理の合理化

本プロジェクト実施後のタウンサ堰管理事務所における維持管理費はバルクヘッドゲートの新規導入により過去 10 ヶ年の平均年間維持管理費に比べて約 2%程度増加することが予想され、これに対する予算措置を図ると共に、タウンサ堰管理事務所内での人員配置や作業の合理化等を進め、十分な維持管理を可能とする必要がある。

4-3 プロジェクトの妥当性

「パ」国は半乾燥国であり、農業生産は大きく灌漑に依存している。しかし、灌漑施設は老朽化が進み、また近年の人口増加、都市化などにより水資源も逼迫してきている。従って「パ」国では水量消費の少ない作物パターンへの転換や農地均平化などによる水管理効率の改善を通じて水資源の保全を図ることが重要な施策である。本プロジェクトにより老朽化した灌漑の基幹施設であるタウンサ堰を改修して水利用の効率化を図ることは「パ」国の灌漑・排水セクターの方針に沿ったプロジェクトであり、水資源の保全と約 90 万人にも及ぶ受益者が営農する灌漑地区への安定した適正な水配分に大きく寄与するものである。

また、本プロジェクトでのタウンサ堰ゲート施設改修によりインダス川の洪水を安全に流下させ、堰の上流部および周辺の人民および財産を安全に守ることができる。これらのことは、受益地区の農業生産性の向上と農家収入の増加および農民生活改善に貢献するものと考えられ、「パ」国の国家開発計画の中心課題である“貧困削減”の達成に寄与するものと考えられる。

さらに、これまで行ってきた約 50 年の長きにわたり巨大なタウンサ堰施設の管理を通じて「パ」国側実施機関が培ってきた経験、技術および維持管理体制により、プロジェクト完了後に、プロジェクトにより改修および調達されたタウンサ堰施設・機材を適正に運営・維持管理していくことは可能であると考えられる。

以上より、本プロジェクトでの無償資金協力の必要性および妥当性は高いと判断される。

4-4 結 論

本プロジェクトは、前述のように多大な効果が期待されると同時に、本プロジェクトが広く住民の基礎生活分野の向上に寄与するものであることから、協力対象事業の一部に対して、我が国の無償資金協力を実施することは妥当と考えられる。さらに、本プロジェクトの運営・維持管理についても、「パ」国側体制は、人員および予算の確保の点から問題ないと考えられる。