

パキスタン・イスラム共和国
タウンサ堰部分改修計画
予備調査（２）報告書

平成16年3月

独立行政法人国際協力機構

無償四

J R

04-070

序文

日本国政府はパキスタン国政府の要請に基づき、同国のタウンサ堰部分改修計画にかかる予備調査（２）を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構は平成 16 年 1 月から 2 月まで予備調査団を現地に派遣しました。

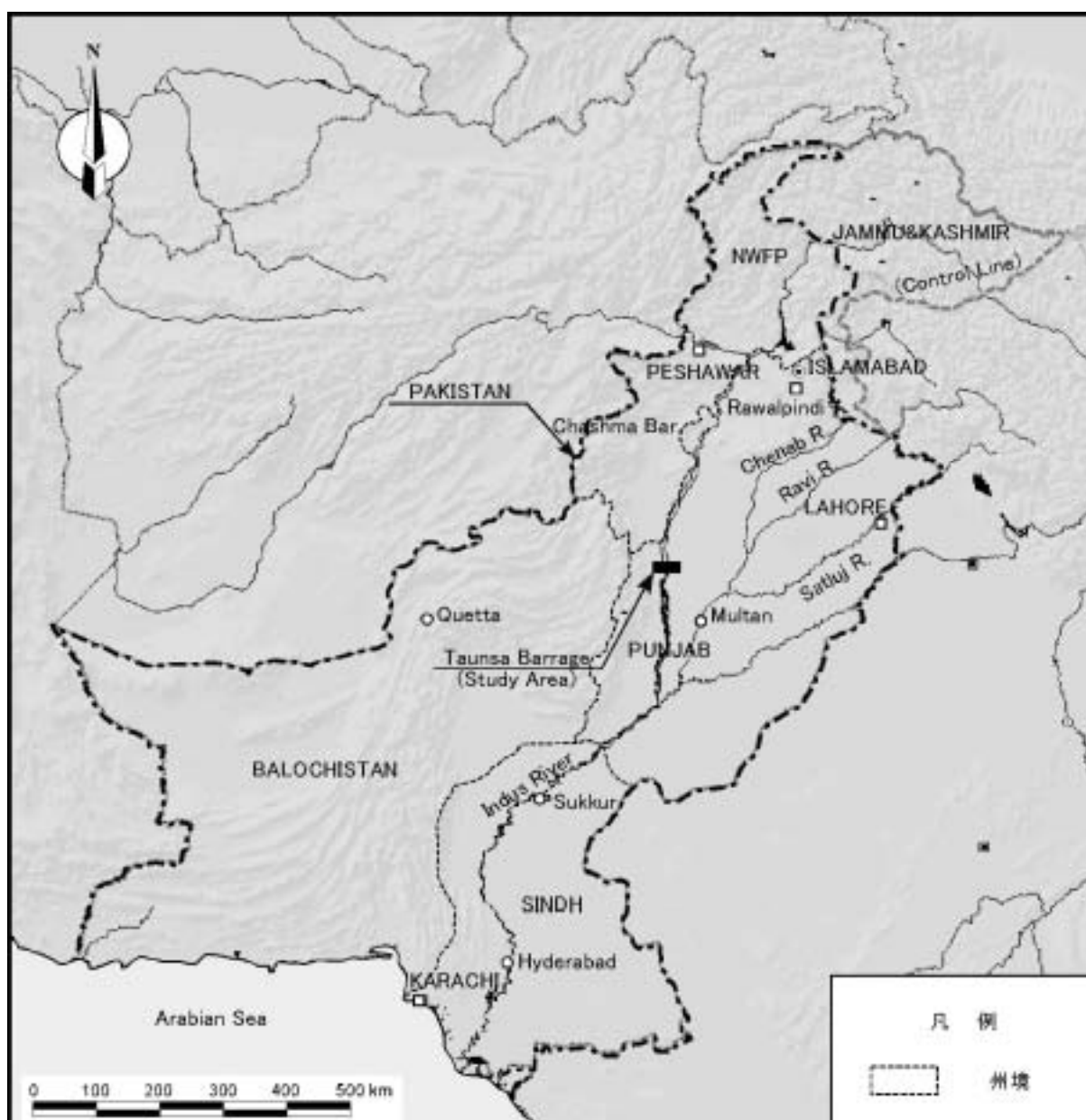
この報告書が、今後予定される基本設計調査の実施、その他関係者の参考として活用されれば幸いです。

終わりに、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 3 月

独立行政法人 国際協力機構
理事 吉永國光

調査対象位置



| 1. タウンサ堰 | 2. タウンサ堰から取水する灌漑水路 | | | | |
|---|--|---|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ 計画流量 : 28,317m³/s ・ 堰長 : 1,324m ・ 門数 : 65門 (洪水吐53、土砂吐11、閘門1) | <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> 1) D.G.Khan水路 ・ 計画流量 : 260m³/s ・ 組灌漑面積 : 400,000ha </td> <td style="vertical-align: top;"> 3) T.P.Link水路 ・ 計画流量 : 340m³/s ・ 組灌漑面積 : 51,000ha (Rajanpur) </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> 2) Muzaffargarh水路 ・ 計画流量 : 235m³/s ・ 組灌漑面積 : 367,000ha </td> <td></td> </tr> </table> | 1) D.G.Khan水路 ・ 計画流量 : 260m ³ /s ・ 組灌漑面積 : 400,000ha | 3) T.P.Link水路 ・ 計画流量 : 340m ³ /s ・ 組灌漑面積 : 51,000ha (Rajanpur) | 2) Muzaffargarh水路 ・ 計画流量 : 235m ³ /s ・ 組灌漑面積 : 367,000ha | |
| 1) D.G.Khan水路 ・ 計画流量 : 260m ³ /s ・ 組灌漑面積 : 400,000ha | 3) T.P.Link水路 ・ 計画流量 : 340m ³ /s ・ 組灌漑面積 : 51,000ha (Rajanpur) | | | | |
| 2) Muzaffargarh水路 ・ 計画流量 : 235m ³ /s ・ 組灌漑面積 : 367,000ha | | | | | |

目次

序文

位置図

目次

| | |
|-------------------------|----|
| 第1章 調査の概要 | 1 |
| 1.1 調査の背景と目的 | |
| 1.2 調査の内容 | |
| 1.3 調査団員 | |
| 1.4 調査日程 | |
| 1.5 面談者リスト | |
| 第2章 コンクリート診断 | 4 |
| 2.1 タウンサ堰の設計条件 | |
| 2.1.1 洪水量 | |
| 2.1.2 水理構造物 | |
| 2.1.3 上流側の水理構造物延長 | |
| 2.1.4 橋脚 | |
| 2.1.5 荷重条件 | |
| 2.2 調査方法 | |
| 2.2.1 耐久性 | |
| 2.2.2 変位、変形 | |
| 2.3 調査の結果 | |
| 2.3.1 クレスト部のコンクリート構造物劣化 | |
| 2.3.2 橋脚の劣化 | |
| 2.3.3 ゲート上流の堆砂状況 | |
| 2.3.4 コンクリートの中性化判定 | |
| 2.3.5 水理構造物のコンクリート強度 | |
| 2.4 タウンサ堰における問題点と技術的な提言 | |
| 2.5 間隙水圧計の取り付けに関して | |
| 第3章 測量 | 13 |
| 3.1 内容 | |
| 3.2 成果 | |

- 添付 1 タウンサ堰構造図
- 添付 2 コンクリート診断結果一覧表
- 添付 3 側線位置図
- 添付 4 Concrete Diagnosis Report (英文)
- 添付 5 Minutes of Meeting on the Preparatory Study for the Taunsa Barrage
- 添付 6 現場写真集
- 添付 7 タウンサ堰ゲートにおけるコンクリート管理台帳
- 添付 8 Survey Report
- 添付 9 Damage Condition Report

第1章 調査の概要

1.1 調査の背景と目的

パキスタンイスラム共和国（以下パキスタン）は、面積約796,095 km²、人口約1億4千9百万人（2003年）で、平野部は全般的に亜熱帯気候に属し、年降水量130mm以下の乾燥地帯が広く分布する。国内総生産（GDP）は約550億ドル（2001年）で、農業セクターはGDPの約1/4、就業人口の約半分を占めている。その農業セクターの基盤は19世紀より開発整備されてきたインダス灌漑システムであり、インダス川の年流出量の72%に当たる1,312億m³を灌漑用水として約1,680万haに供給している。

タウンサ堰はパンジャブ州内のインダス本川に位置し、インダス灌漑システムの中流部における基幹施設としてインダス川沿いの約110万haに灌漑用水を供給している。タウンサ堰は1958年にパキスタンによって建設された全長約1,300mの超大型堰であり、利水堰としての役割の他に道路、鉄道、パイプラインなどが敷設され重要な役割を果たしている。しかし建設後45年が経過し、堰のゲートおよび付帯施設等の老朽化が著しく進み、洪水時の流下能力の低下が懸念されていることに加え、堰本体および水叩き等の水理構造物の損傷も毎年発生する状況である。

このようなタウンサ堰の老朽化を含む問題を重要視したパキスタン政府は、日本政府に対し同堰の改修に関する開発調査の実施を要請し、F/S調査「タウンサ堰灌漑システム改修計画調査」（1997年8月～1998年8月）が実施された。調査結果に基づき、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、パキスタン政府は2002年7月に、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日本政府に要請した。この要請を受けて、無償資金協力としての妥当性を確認するための予備調査が実施され（2003年8月～10月）、その結果、同要請の緊急性および妥当性が確認された。

今後、基本設計調査を行う場合、堰本体の被害状況・損傷箇所を確認したうえで、パキスタン側の負担事項である堰本体の補修について提言することとなる。また、建設後約45年が経過していることから、基本設計調査の前提となる堰本体の耐久性を予備的に確認することが必要とされている。一方、堰本体の補修や水路の掘削などの維持管理を目的として毎年1月に1ヶ月間だけ全ゲートを全開して取水を止める“Annual Closure Period”は、堰本体の観察を行うのに最適な期間である。したがって、基本設計調査に必要な堰本体の被害・補修状況にかかる情報収集と資料作成のため、至近のAnnual Closure Periodである2004年1月に、堰本体の観察及び測量を中心とした作業を、追加的な予備調査として実施する。

1.2 調査の内容

(1) 堰本体、水叩き及びアバットの状況観察・検討

2004年1月のAnnual Closure Periodに、コッフアーダムで囲まれた箇所を中心とする堰本体、水叩き部、護床工及びアバットの被害状況・損傷状況ならびにパキスタン側による

被害修復作業の状況を観察し、記録する。また、今後パキスタン側によって実施されるべき被害修復対策の予備的な検討を行う。

(2) コンクリート構造物の健全度診断

堰本体を始めとするコンクリート構造物の健全度を測るため、ハンマーによる打撃音調査及びシュミットハンマーによる強度調査を行う。

(3) スポット測量及び平面図・横断面図作成

基本設計調査における堰本体、水叩き及び、河床の浸食、アバットの状況観察・検討に資するため、2004年1月のAnnual Closure Periodに全ゲート上下流の被害箇所を含むスポット測量を行い、平面図及び横断面図を作成する。

(4) 間隙水圧計の設置の検討

現在、ゲート下流側の間隙水圧計が測定不能となっているが、堰基礎部のパイピングのモニタリングに供するため、今後パキスタン側が独自に設置出来るよう、堰本体下流側及び水叩きのマスコンクリート底部基礎部の間隙水圧計の設置位置を検討する。

1.3 調査団員

| 分野 | 氏名 | 所属 |
|----------------|-------|---------------------------|
| 水理構造物／コンクリート診断 | 藤島 正治 | 三井共同建設コンサルタント株式会社 国際事業部 |
| 水理構造物／測量 | 松田 明浩 | 日本建設コンサルタント株式会社 海外事業部 技術部 |

1.4 調査日程

| | 日付 2004年 | | 水理構造物／コンクリート診断 | 水理構造物／測量 |
|---|-------------|---|---|---------------|
| 1 | 1月5日 | 月 | 成田 (JL717) →バンコク (CX701) →カラチ | 同左 |
| 2 | 1月6日 | 火 | カラチ (PK300) →イスラマバード JICA パキスタン事務所打合せ 在パキスタン日本大使館表敬訪問 | 同左 |
| 3 | 1月7日 | 水 | イスラマバード→ラホール パンジャブ州灌漑局 (IPD) 打合せ | 同左 測量業者打合せ |
| 4 | 1月8日 | 木 | ラホール→ムルタン IPD タウンサ事務所打合せ 現場調査 | 同左 |
| 5 | 1月9日 | 金 | タウンサ堰 現場調査 | 同左 |
| 6 | 1月10日 | 土 | タウンサ堰 現場調査 | 同左 |
| 7 | 1月11日 | 日 | 資料整理、休養 | 同左 |
| 8 | 1月12日 | 月 | タウンサ堰 現場調査 | 測量作業管理 |
| 9 | 1月13日 | 火 | タウンサ堰 現場調査 | 測量作業管理 |

| | | | | |
|----|-------|---|--|------------------------|
| 10 | 1月14日 | 水 | タウンサ堰 現場調査 | 測量作業管理 |
| 11 | 1月15日 | 木 | タウンサ堰 現場調査 | 測量作業管理 |
| 12 | 1月16日 | 金 | タウンサ堰 現場調査 | 測量作業管理 |
| 13 | 1月17日 | 土 | ムルタン→ラホール | 測量作業管理 |
| 14 | 1月18日 | 日 | 資料整理、休養 | 同左 |
| 15 | 1月19日 | 月 | パンジャブ州灌漑局 中間報告 | 測量作業管理 |
| 16 | 1月20日 | 火 | ラホール→ムルタン | 測量作業管理 |
| 17 | 1月21日 | 水 | Dr. Shahide (Chief Engineer)との打合せ | 測量作業管理 |
| 18 | 1月22日 | 木 | タウンサ堰 現場調査 | 測量作業管理 |
| 19 | 1月23日 | 金 | ムルタン→ラホール | 同左 |
| 20 | 1月24日 | 土 | パンジャブ州灌漑局最終報告 | 同左 測量業者打合せ |
| 21 | 1月25日 | 日 | 資料整理、休養 | 同左 |
| 22 | 1月26日 | 月 | ラホール→ムルタン | 図化作業管理 |
| 23 | 1月27日 | 火 | タウンサ堰 間隙水圧計 現状調査 | 図化作業管理 |
| 24 | 1月28日 | 水 | タウンサ堰 間隙水圧計 現状調査 | 図化作業管理 |
| 25 | 1月29日 | 木 | タウンサ堰 現場調査 | 図化作業管理 |
| 26 | 1月30日 | 金 | タウンサ堰 現場調査 | 図化作業管理 |
| 27 | 1月31日 | 土 | ムルタン→イスラマバード | 図化作業管理 |
| 28 | 2月1日 | 日 | 資料整理、休養 | 図化作業管理 ラホール→イスラマバード |
| 29 | 2月2日 | 月 | JICA パキスタン事務所報告 在パキスタン日本大使館報告 イスラマバード→カラチ→バンコク | 同左 |
| 30 | 2月3日 | 火 | バンコク→成田 | 同左 |

1.5 面談者リスト

パンジャブ州灌漑電力局

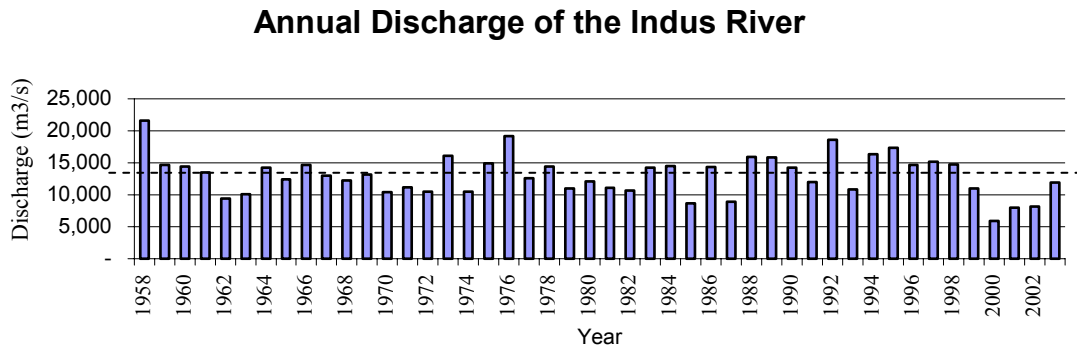
| | |
|------------------------|---|
| Mr. Javed Majid | Secretary |
| Mr. Asrar-ul-Haq | Additional Secretary (Technical) |
| Mr. Zaka Ullah Bhatti | Chief Engineer, Irrigation Development |
| Mr. Qazi Anwar Ali | Chief Engineer, Irrigation Lahore Zone |
| Mr. Abdul Ali Sheikh | Deputy Secretary Development |
| Dr. Bagh Ali Shahid | Chief Engineer, Irrigation D.G. Khan Zone |
| Mr. Mehr Muhammad Amin | Executive Engineer, Taunsa Barrage Div. |
| Mr. Muneer Anjum | Sub Divisional Office, Taunsa Bar. Div. |
| Mr. Rana M. Afzal Nasm | Sub Divisional Office, Taunsa Bar. Div. |

第2章 コンクリート診断

2.1 タウンサ堰の設計条件

2.1.1 洪水量

建設後45年間における年間最大洪水量は、次のグラフに示すとおりである。



本堰を流下する年間最大洪水量は、1958年に21,585m³/sを記録している。反面、今までの最小洪水量は、2000年における5,941m³/sであった。よって、本河川における2003年までの45年間の平均年間最大洪水量は、約13,000m³/sと考えられ、この洪水流量は3年確率年度に相当するが、2000年以降の年間最大洪水量の減少は、当国に於ける異常気象の影響が反映していると言われている。

2.1.2 水理構造物

タウンサ堰の形状と設計条件は、次のとおりである。

| | |
|--------------------|--------------------------|
| 堰の延長 | 1,324.66 m (4,343 ft) |
| 設計最大流量 | 28,317 m ³ /s |
| クレスト幅 | 18.29 m (60 ft) |
| ゲート数 | 65 箇所 (魚道 2 箇所、閘門 1 箇所) |
| クレスト高 | RL+428 ft |
| 上流エプロン高 | RL+419 ft |
| 下流エプロン高 | RL+416 ft |
| 上流洪水レベル | RL+447 ft |
| 下流洪水レベル | RL+440 ft |
| 最大流速 | 6.0 から 7.0 m/s |
| 平均河床勾配 | 1/5,333 |
| - タウンサ堰レベル | RL+419 ft |
| - 上流 48.8km の河床レベル | RL+449 ft |

2.1.3 水理構造物の延長 (添付 1 : 構造図参照)

(1) 堰上流側

| | |
|----|---------|
| 敷石 | 21.35 m |
|----|---------|

| | |
|------------|---------|
| コンクリートブロック | 3.61 m |
| エプロン | 24.40 m |
| クレスト | 7.32 m |

(2) 堰下流側

| | |
|------------|---------|
| クレスト | 12.20 m |
| エプロン | 26.84 m |
| コンクリートブロック | 17.32 m |
| 敷石 | 27.45 m |

2.1.4 橋脚 (添付構造図参照)

橋脚の設計条件は、次のとおりである。

| | |
|--------------|-------------------|
| 橋脚高 (道路、鉄道部) | RL+452 ft |
| 橋脚高 (ゲート部) | RL+457 ft |
| 橋脚長 (道路、鉄道部) | 63.0 ft (19.82 m) |
| 橋脚長 (ゲート部) | 27.6 ft (8.42 m) |
| 橋脚幅 | 7.0 ft (2.20 m) |

2.1.5 荷重条件

上部荷重条件は、次のとおりである。

| | |
|-------|------------------|
| 道路荷重 | 1 橋桁当たり、36.4 ton |
| 鉄道荷重 | 1 鋼桁当たり、58.5 ton |
| ゲート反力 | 合計約 30 ton |

2.2 調査方法

タウンサ堰におけるコンクリート構造物の健全度は、河川構造物である事を考慮して堰の耐久性及び変位、変形を重点的に調査し、コンクリートの強度及びすべり等の力学的面と、水理構造物下部におけるパイピング等の水理面の両視点から判定する必要がある。

2.2.1 耐久性

コンクリート構造物は、本堰は経年変化とともに常時変動する上流側水圧の作用、コンクリートの物理的、化学的作用により変状を起こし、ひび割れや剥離、侵食及び摩耗等の損傷を受ける。

よって、コンクリートの劣化は、水位変動に伴う高速流によるコンクリート表面のモルタル成分の流出で、クレストを含む洪水吐き、土砂吐き、橋脚との接合点付近、減勢工及びエプロン部分に集中する。

ひび割れの発生原因については、コンクリートの乾燥収縮、温度勾配、凍害、アルカリ骨材反応、施工ジョイントなどが考えられるが、一般的にコンクリート表面部分にとどまっている

比較的小さなひびわれは、堰の安全性に直接影響を及ぼすことは少ない。しかし、堰本体を貫通し漏水を伴っているひび割れは、経年とともに進行しコンクリート構造物の安全性に重大な影響を及ぼす事があるので、以上の観点からひび割れにおける調査を実施した。

コンクリート構造物における耐久性の診断は、シュミットハンマーによる構造物の強度推定と、フェノールフタレイン溶液によってコンクリートの中性化を判定する方法を実施した。

シュミットハンマーによるコンクリート強度の推定は、コンクリートの表面をテストハンマーで打撃し、その反発硬度から圧縮強度を求める。本テストは構造物を破壊することなく測定できる。測定結果はコンクリートの表面状態の影響を大きく受けるため、測定箇所は20回の平均値で求め、明らかに局部的な要因で他の値と異なる結果は除外する。本堰の測定は、クレスト両側と中央で20回のテストの平均値として観測した。

フェノールフタレインによるコンクリート中性化の判定は、打設直後のフレッシュコンクリートが、セメントの水和反応により強アルカリ性（pH12～13）を示すことに対して、コンクリート構造物が経年による空気中の二酸化炭素の作用を受けて炭酸カルシウムに変化することで中性化の判定をする。特に、鉄筋コンクリート構造物においては、内存する鉄筋の発錆、電食作用による膨張からコンクリートのかぶり部分にひび割れを起こし、最終的に剥離、剥落を起こす。よって、このような劣化状況を確認するために実施した。

2.2.2 変位、変形

水理的な面から見て最も重要なのは、揚圧力(アップリフト)と漏水(パイピング)で、この原因は堰体及び基礎下部の浸透流に影響される。よって、異常漏水量の判定は、貯水水位と漏水量から判断でき、正常な状態における各孔当たりの許容漏水量は1孔当たり約100ml/min以下と考えられ、これ以上の漏れが観測される場合は、パイピングが拡大して漏水量は急に増加するので改善対策が必要になる。さらに、揚圧力の急増は、新たな浸透水経路の形成を生ずるため、コンクリート構造物の安定性において危険度の高いものである。以上の観点から、コンクリート構造物の変位、変形を観測した。

2.3 調査の結果

本調査は、平成16年1月8日より1月30日までの22日間にわたり現地で実施し、その診断結果は、次のとおりである。

2.3.1 クレスト部のコンクリート構造物の劣化

- (1) ゲート直下のクレスト部と両サイドの橋脚下部の接合部は、長年の砂混入の高速流で著しい摩耗と剥離を起こしており、コンクリート表面はモルタル成分が流出し骨材、鋼板のアンカーなどが露出している。



- (2) 損傷の著しいクレストでは、スキンコンクリートの表面が摩耗によって擦り減り、アンカーと鉄筋が露出しており、骨材も剥離している。
- (3) 減勢工におけるフリクションブロックとコンクリートブロックは、著しい摩耗によって原形をとどめておらず形状が変形して丸みを帯びている。また、フリクションブロック周辺の橋脚側面の壁体部は、流下する高速流によって侵食されており、モルタル成分が流出して骨材が露出している。



このようなコンクリートの劣化は、特にGATE No. 16-20, 24-28, 44-46, 50-51及び62-65に見られる。

2.3.2 橋脚の劣化

- (1) 橋脚に発生している亀裂は、水平方向に走りその上部にジャンカの後が見られる。このような亀裂は施工ジョイントの打ち継ぎ目に多く発生しており、施工時の品質管理が原因であるが、上部の橋桁などの変位、変形が見られないことから、大きな影響はないと考えられる。さらに、本橋脚は引っ張り応力を受ける構造物ではなく、橋脚全体が圧縮応力に対する構造物であるため、コンクリート構造物として応力的な影響は少ないと考えられる。



- (2) 両橋台における鉛直方向の亀裂は目地部のずれが原因で、この亀裂は施工時の即時沈下に影響を受けている可能性があり、その亀裂から侵入した水がパイピングによって裏込土を吸い出し、2002年に上部天端部が陥没したと考えられる。今後、さらに裏込土の流出の影響が考えられるので、浸透水の防御の補修と橋台における動態観測の必要はある。
- (3) 橋脚下流側の仕上げ表面のモルタルが剥離している。これは射流による非常に流速の早い高速流によってキャビテーションが発生し剥がれたと考えられる。しかし、その剥離した部分の深さは50mm以下で、直接橋脚構造物に影響するものではないと考えられる。

以上、橋脚に水平に亀裂が入っているところは、GATE No. 33-34で、下流側に剥離があるのは、GATE No. 11と24である。

2.3.3 ゲート上流の堆砂状況

- (1) ゲート上流側には、全面にわたって高さ2mから5mの砂州があり、また、クレスト下流のフリクションブロックとコンクリートブロックは、その砂



で埋まっている。よって、その減勢能力が低下し高速流が下流のエプロン、敷石部に流入して転石や洗掘を起こしているのが見られる。

2.3.4 コンクリートの中性化判定

- (1) コンクリートの中性化の深さは、最大 15mm で全体の平均が約 8mm であった。これは建設後 45 年の経過しているコンクリート構造物としては、年平均 0.3mm の中性化速度と考えられるが、その進行は非常に遅く、健全度の面では劣化に対して強い耐久力を示している。また、水理構造物（マスコンクリート）のため鉄筋が少なく、鉄筋のサビによる電食作用はほとんどなく、その中性化によって影響する亀裂の発生もないと考えられる。（添付 2：構造物台帳参照）



2.3.5 水理構造物のコンクリート強度

- (1) シュミットハンマーによるコンクリート圧縮強度試験では、最高圧縮強度は、 32.4N/mm^2 、最低圧縮強度は、 26.8N/mm^2 を記録した。この結果から判断すると全体のコンクリートの強度の平均値は約 30.1N/mm^2 と経年 45 年のコンクリートの構造物としては高い圧縮強度を示しており、その健全度は良好であり、侵食劣化による強度低下はないと考えられる。（添付 2：構造物台帳参照）

2.3.6 コンクリート構造物における変位、変形

本堰のコンクリート構造物基礎は、1ゲートあたり縦断方向に5箇所に分かれたケーソン基礎（直径約5.0m）で、鉛直方向の支持力は約 22t/m^2 と計算されており、十分な支持力を得ている。現場調査においても、橋桁など関連構造物との取り合いに段差など見られないため、堰本体のコンクリート構造物の変位、変形は進行していないと考えられる。しかし、パイピングの影響によってゲート下流の基礎地盤が流出すれば、支持力が低下したり基礎地盤の空洞化によって変形を起こしたりする可能性がある。よって、その様な状況を避けるための対策が必要となる。本堰のコンクリート構造物を貫通するひび割れについては、右岸土砂吐きにおいてボーリング作用の様に浸透水が吹き上げていたのを観測したが、詳細についてはコンクリート構造物が土砂に埋まっており観測ができなかった。よって、今後各ゲート下流の間隙水圧の観測によって、水頭差を測定しその動態を判定することによって改善計画を検討する。

以上から、本堰のコンクリートの構造物の診断では、砂を含んだ高速流（流速 6.0m/s から 7.0m/s ）が原因で、コンクリート構造物表面における摩耗、剥離が著しい。特に、クレスト下流部からフリクションブロックの摩耗が激しいので、この点を考慮して、コンクリート構造物の補修作業における技術的な提言を考える。

2.4 タウンサ堰における問題点と技術的な提言

本堰におけるコンクリート構造物の問題点は、砂混じりの高速流がコンクリート構造物に直撃して、その侵食によって構造物が摩耗、剥離を起こしているため、このコンクリート構造物に対して、次の事を考慮しなければならない。

- (1) コンクリートの強度が強く、十分に高速流の水激に対する摩耗に耐えられるコンクリートを使用して、磨耗、剥離を起こしにくくする。その為に、水セメント比 50%以下の配合設計のコンクリートをスキコンクリートに使用し、ブリージングによる遊離石灰の発生を防ぎ、モルタル成分の安定を図る。また、強度の大きい骨材をできる限り大きなサイズで使用する事によって、コンクリート表面の剥離を防ぐ事ができる。
- (2) 砂を含んだ高速流に対して、コーティング等の高分子系保護材を塗布することによって、コンクリート表面の損傷を保護する。
- (3) ゲート下部の両側の取付部の摩耗が著しいところには、鋼板などのカバーを取り付けて、直接コンクリート表面に水激が当たらないように保護策を考える。また、減勢工におけるフリクションボードやコンクリートブロックの角部に、鋼製アングル材を補強して、初期の段階でコンクリート構造物の摩耗を著しく改善させる。
- (4) 水理構造物の計画上、ゲート下流によるクレスト勾配を緩くして、さらに減勢工を増設して高速流の流速を緩和し水激による摩耗を防止する。

現地で実施されたコンクリート工事について、次の問題点が指摘される。

- (1) ゲート下流のクレスト補修工事は、補修コンクリート（スキコンクリート）の厚さ 20mm から 50mm の非常に薄くモルタルで仕上げた補修であり、このような補修では、既設鉄筋との定着やスキコンクリートとの接着が十分に確保されていないので、即時に摩耗したところまで剥離を起こす。さらに、十分な養生もしていないため、コンクリートの指定強度に達していないのが現状である。
- (2) スキコンクリートの補修に使われているコンクリートの粗骨材は、最大寸法が直径 20mm で非常に小さく（補修厚が薄いため）、摩耗及び剥離に対して抵抗力を持たない。さらに、粗骨材の中に石灰岩が含まれており摩耗に弱い骨材である。また、細骨材の砂は本堰上流の砂州から搬入してきたもので、ダスト、シルト分が多く含まれおりコンクリート強度低下の原因になる。
- (3) コンクリートの配合設計で、水セメント比が大きくコンクリート打設後、表面が白くなっている。これはモルタルの石灰分が浮上して（エフロレッセンス）おり、乾燥収縮による亀裂を発生させる原因になる。よって、コンクリートの水セメント比は 50%以下にして、ブリージングによる遊離石灰の浮上を防止し品質管理を徹底する必要がある。

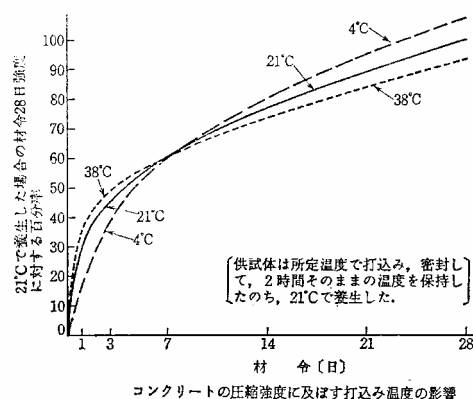
よって、上記の点を考慮して、タウンサ堰のコンクリート構造物における補修の技術的提言をまとめる。

- (1) ゲート下流のスキンコンクリート補修は、スキンコンクリートの既存鉄筋に十分な定着をとるとともに、既設コンクリートとの定着を考慮して最低 100mm 以上厚さ（最大骨材 40mm×2.5）でコンクリートの打ち替えを実施すべきである。
- (2) コンクリートに配合されている粗骨材は、最大 40mm として十分な強度とコンクリートの定着を確保し、摩耗や剥離に対応できる堅質な花崗岩を使用する。また、細骨材は、ダストやシルト分を排除した良質な砂を使用することが必要である、
- (3) コンクリートの水セメント比を 50%以下にして、ブリージングや遊離石灰の流出を避ける。コンクリートの流動性については混和剤を使用してワーカビリティの改善をする。
- (4) 改修に使うコンクリートは、構造物による仕様（ACI スペック）として、配合設計：1（セメント）：2（砂）：4（粗骨材）を考慮するとともに、十分なコンクリートの養生期間を考慮することが必要である。

現在パキスタン側で実施されているタウンサ堰の補修工事は、ANNUAL CLOSE PERIODの1カ月間で工事が終わらせるように実施して、施工工程から判断しても、この間に準備作業から始まり、測量、堆砂排除、はつり、配筋組み立て、型枠設置及びコンクリート打設、養生の一連作業は時間的に不可能であり、十分なコンクリート補修ができていないが最大の問題である。特にコンクリート養生期間が短いとコンクリートの指定強度が達成されずさらなる損傷を受けやすい。

よって、今後仮締め切用のバルクヘッドゲートでゲートを修繕する際に、コンクリート構造物の補修工事も同時に実施し、十分な養生（4週間以上）を確保すれば、摩耗、剥離に対応できる良質の補修を講じる事ができると考えられる。

現地調査の時点で、Close Period最終の1月17日以降、上流からの増水によってタウンサ堰では23日から洪水調整に入り、各ゲートは流水状態になった。よって、1月15日に打設されたフリクションブロックのコンクリート養生は1週間程しか経ておらず、コンクリート強度の約6割の強度で高速流の水激作用を受けている。よって、このようなコンクリートは来年には同じ現状に戻るか、さらに、その箇所は洗掘作用の影響を受ける可能性があると考えられる。



2.5 間隙水圧計の取り付けに関して

タウンサ堰の基礎地盤は平均粒径0.2mmでほぼ均一の砂地盤で、透水係数が $1.0 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ と大きく、さらに標準貫入試験結果（N値）が15

以下の緩い砂層なので、浸透水はコンクリート構造物の下部境界面に沿ってルーフィング現象を起こすとともに、パイピングを起こりやすい地盤である事が報告されている。

さらに、ブライによるクリープ比は、 $H/L=0.091$ でクリープ係数を15とした時、土砂吐き部における限界水頭差は $H=6.7\text{m}$ が限界と報告されている。よって、タウンサ堰では上下流水位差は22ft(6.7m)以下に制限しなければパイピングが拡大して崩壊に至る可能性がある。特に、タウンサ堰のようなフローティングタイプでは、常時構造物下流のパイピングの監視をする事が重要で間隙水圧計をクレスト下流に設置しモニタリングを強化する必要がある。

パンジャブ灌漑局（IPD）からの間隙水圧計設置に関する要請は、次のとおりである。

- (1) タイプ A（設置ヶ所7カ所）
土砂吐き 6ヶ所 洪水吐き 46カ所
- (2) タイプ B（設置ヶ所14カ所）
土砂吐き なし 洪水吐き 3カ所
- (3) タイプ C（設置ヶ所19カ所）
土砂吐き5カ所内橋台2カ所 洪水吐き なし

このようなパンジャブ灌漑局の要請は、ほとんどの橋脚に間隙水圧計の設置が必要となり、その全個数は合計501カ所になる。また、タウンサ堰は建設当時に橋脚当たり上流側9カ所下流側8カ所の合計17カ所の水圧計が設置されていたが、現在正確に作動しているものは各橋脚に2~3ヶ所でそのほとんどが上流側であるため、下流側の揚圧水の観測は実施されていないのが現状である。

本調査中、既設の間隙水圧計の測定方法を観察したが、観測用のパイプ（径5cm）に重りをつけた紐を垂らして、その水位を観測する測定であった。このような測定では緩い砂地盤では正確な測定が不可能で、測定できないパイプの原因はほとんどが砂による閉塞であった。また、このような観測と新規に設置する間隙水圧計の測定は、全体的な判定に誤差を生ずることが考えられるので、今回の間隙水圧計の設置に関しては、各ゲート下流側に統一した新規の間隙水圧計を設置した方が、揚圧水の正確な観測が出来ると考えられる。



また、本堰ゲート下流側の揚圧水を避ける方法として、地盤のグラウチング、下流側エプロン下部にジオテキスタイル、減勢工の改善などが検討されているが、グラウチングはこのような緩い砂地盤では非常に難しく工事費も非常に高価である。よって、現在の減勢工の長さが非常に短い事が高速流による摩耗、パイピングによる揚圧水の最大の原因と考えられる。さらに、水工計画の観点から副堰を設置するとともに、エプロン部分の荷重を増加させることをパンジ

ャブ灌漑局で考えているので、間隙水圧計の設置については、今後、この改善計画に従って設置個数と配置を協議し検討することが必要と考えられる。

第3章 測量

3.1 内容

本調査において実施した測量範囲および数量は以下のとおりである。

- 1) 平面測量（横断方向約 1500m×縦断方向約 350m 約 0.6km²）
- 2) 横断測量（延長約 1400m、合計 16 測線）
- 3) 縦断測量（延長約 300m、合計 5 測線）
- 4) 被害箇所スポット測量

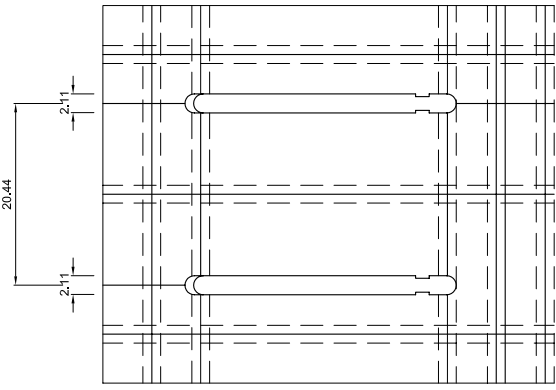
横断および縦断測量における測線については、作業の安全性、堆砂状況やClosure Period時に実施される工事の状況等を考慮し、タウンサ堰事務所との協議を通じて決定された（添付3：測線位置図）。被害箇所スポット測量は、修復のため排水、土砂除去が行われていた合計8ベイに対して実施した。

3.2 成果

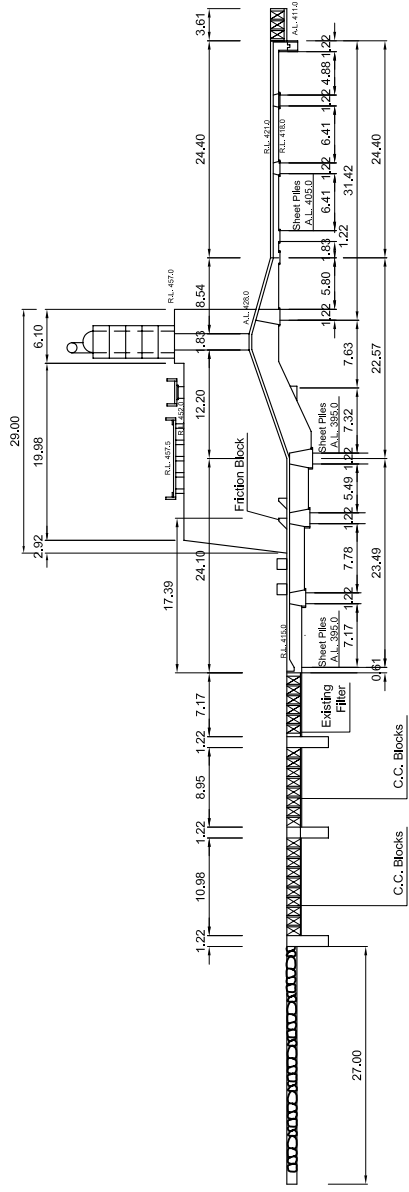
- 1) 平面図（1/2000 スケール、横断方向約 1500m×縦断方向約 350m）
- 2) 横断図（水平方向 1/2000 スケール、延長約 1400m）
- 3) 縦断図（水平方向 1/500 スケール、延長約 200m）
- 4) 被害箇所スポット測量成果（The damage condition report）
- 5) 報告書一式

添付 1

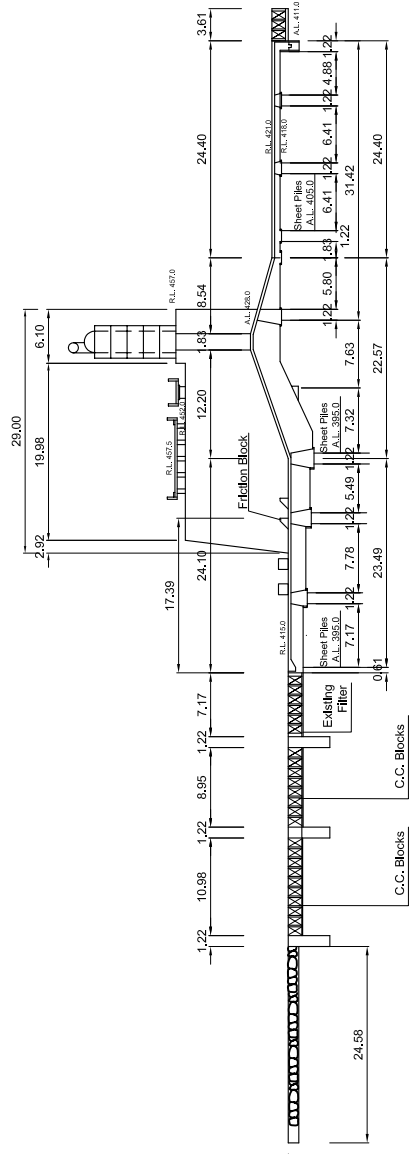
タウンサ堰構造図



PLAN



Under Sluice



Main Weir

添付 2

コンクリート診断結果一覧表

CONCRETE TEST (STRENGTH AND NEUTRALIZATION)

| Gate No. | REBOUND (R) by Schmidt Hammer | | | | | | Average | Concrete Strength (N/mm2) | Concrete Neutralization (mm) | Remark |
|----------|-------------------------------|-------|------|-------|------|-------|---------|---------------------------|------------------------------|-----------------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | | | | |
| | R | N/mm2 | R | N/mm2 | R | N/mm2 | | | | |
| 9 | 35.5 | 27.1 | 36.0 | 27.7 | 35.0 | 26.5 | 35.5 | 27.09 | 8 | |
| 10 | 37.0 | 29.0 | 35.5 | 27.1 | 35.0 | 26.5 | 35.8 | 27.51 | 10 | |
| 11 | 35.0 | 26.5 | 36.0 | 27.7 | 38.0 | 30.3 | 36.3 | 28.14 | 7 | |
| 12 | 37.0 | 29.0 | 38.5 | 30.9 | 40.5 | 33.4 | 38.7 | 31.11 | 12 | |
| 13 | 34.0 | 25.2 | 37.0 | 29.0 | 35.0 | 26.5 | 35.3 | 26.87 | 10 | Conc. St. : min |
| 14 | 36.0 | 27.7 | 40.5 | 33.4 | 37.0 | 29.0 | 37.8 | 30.05 | 5 | |
| 15 | 38.0 | 30.3 | 35.0 | 26.5 | 35.5 | 27.1 | 36.2 | 27.93 | 8 | |
| 16 | 37.5 | 29.6 | 37.0 | 29.0 | 35.0 | 26.5 | 36.5 | 28.36 | 5 | |
| 17 | 38.0 | 30.3 | 36.5 | 28.4 | 38.5 | 30.9 | 37.7 | 29.84 | 6 | |
| 18 | 35.0 | 26.5 | 35.5 | 27.1 | 35.5 | 27.1 | 35.3 | 26.87 | 6 | Conc. St. : min |
| 19 | 40.5 | 33.4 | 37.5 | 29.6 | 38.0 | 30.3 | 38.7 | 31.11 | 6 | |
| 20 | 39.5 | 32.2 | 38.5 | 30.9 | 38.5 | 30.9 | 38.8 | 31.32 | 11 | |
| 21 | 38.0 | 30.3 | 36.5 | 28.4 | 36.0 | 27.7 | 36.8 | 28.78 | 13 | |
| 22 | 36.5 | 28.4 | 35.0 | 26.5 | 37.5 | 29.6 | 36.3 | 28.14 | 10 | |
| 23 | 39.0 | 31.5 | 38.0 | 30.3 | 40.0 | 32.8 | 39.0 | 31.53 | 7 | |
| 24 | 40.5 | 33.4 | 38.0 | 30.3 | 39.5 | 32.2 | 39.3 | 31.95 | 8 | |
| 25 | 38.0 | 30.3 | 38.5 | 30.9 | 40.0 | 32.8 | 38.8 | 31.32 | 11 | |
| 26 | 41.0 | 34.1 | 35.5 | 27.1 | 37.0 | 29.0 | 37.8 | 30.05 | 15 | |
| 27 | 37.5 | 29.6 | 40.5 | 33.4 | 39.5 | 32.2 | 39.2 | 31.74 | 12 | |
| 28 | 38.0 | 30.3 | 36.0 | 27.7 | 38.0 | 30.3 | 37.3 | 29.41 | 8 | |
| 29 | 37.5 | 29.6 | 37.5 | 29.6 | 38.0 | 30.3 | 37.7 | 29.84 | 8 | |
| 30 | 40.5 | 33.4 | 39.5 | 32.2 | 40.0 | 32.8 | 40.0 | 32.80 | 7 | Conc. St. : max |
| 31 | 41.0 | 34.1 | 39.5 | 32.2 | 38.0 | 30.3 | 39.5 | 32.17 | 8 | |
| 32 | 38.0 | 30.3 | 39.5 | 32.2 | 39.5 | 32.2 | 39.0 | 31.53 | 5 | |
| 33 | 38.5 | 30.9 | 36.0 | 27.7 | 37.0 | 29.0 | 37.2 | 29.20 | 5 | |
| 34 | 37.5 | 29.6 | 38.0 | 30.3 | 40.5 | 33.4 | 38.7 | 31.11 | 5 | |
| 35 | 39.0 | 31.5 | 36.0 | 27.7 | 37.5 | 29.6 | 37.5 | 29.63 | 8 | |
| 36 | 38.5 | 30.9 | 37.0 | 29.0 | 35.5 | 27.1 | 37.0 | 28.99 | 5 | |
| 37 | 35.5 | 27.1 | 38.0 | 30.3 | 36.0 | 27.7 | 36.5 | 28.36 | 10 | |
| 38 | 36.5 | 28.4 | 40.5 | 33.4 | 40.0 | 32.8 | 39.0 | 31.53 | 8 | |
| 39 | 36.0 | 27.7 | 37.5 | 29.6 | 38.5 | 30.9 | 37.3 | 29.41 | 7 | |
| 40 | 39.5 | 32.2 | 38.0 | 30.3 | 40.5 | 33.4 | 39.3 | 31.95 | 7 | |
| 41 | 40.0 | 32.8 | 39.5 | 32.2 | 39.5 | 32.2 | 39.7 | 32.38 | 5 | |
| 42 | 35.5 | 27.1 | 37.0 | 29.0 | 37.0 | 29.0 | 36.5 | 28.36 | 6 | |
| 43 | 36.5 | 28.4 | 40.0 | 32.8 | 38.0 | 30.3 | 38.2 | 30.47 | 5 | |
| 44 | 38.0 | 30.3 | 36.0 | 27.7 | 38.5 | 30.9 | 37.5 | 29.63 | 5 | |
| 45 | 37.5 | 29.6 | 40.0 | 32.8 | 40.5 | 33.4 | 39.3 | 31.95 | 8 | |
| 46 | 36.0 | 27.7 | 38.5 | 30.9 | 38.0 | 30.3 | 37.5 | 29.63 | 8 | |
| 47 | 40.5 | 33.4 | 39.0 | 31.5 | 39.5 | 32.2 | 39.7 | 32.38 | 8 | |
| 48 | 39.0 | 31.5 | 39.5 | 32.2 | 38.0 | 30.3 | 38.8 | 31.32 | 12 | |
| 49 | 35.0 | 26.5 | 37.5 | 29.6 | 35.5 | 27.1 | 36.0 | 27.72 | 8 | |
| 50 | 39.0 | 31.5 | 40.5 | 33.4 | 40.0 | 32.8 | 39.8 | 32.59 | 13 | |
| 51 | 37.0 | 29.0 | 37.5 | 29.6 | 39.0 | 31.5 | 37.8 | 30.05 | 5 | |
| 52 | 38.5 | 30.9 | 38.0 | 30.3 | 36.0 | 27.7 | 37.5 | 29.63 | 11 | |
| 53 | 39.5 | 32.2 | 36.0 | 27.7 | 37.5 | 29.6 | 37.7 | 29.84 | 8 | |
| 54 | 38.5 | 30.9 | 38.5 | 30.9 | 37.5 | 29.6 | 38.2 | 30.47 | 7 | |
| 55 | 37.5 | 29.6 | 37.0 | 29.0 | 38.0 | 30.3 | 37.5 | 29.63 | 8 | |
| 56 | 40.5 | 33.4 | 40.0 | 32.8 | 38.0 | 30.3 | 39.5 | 32.17 | 8 | |
| 57 | 37.0 | 29.0 | 38.5 | 30.9 | 37.5 | 29.6 | 37.7 | 29.84 | 8 | |
| 58 | 35.5 | 27.1 | 37.5 | 29.6 | 35.0 | 26.5 | 36.0 | 27.72 | 12 | |
| 59 | 37.0 | 29.0 | 36.0 | 27.7 | 38.0 | 30.3 | 37.0 | 28.99 | 8 | |
| 60 | 38.0 | 30.3 | 38.5 | 30.9 | 40.0 | 32.8 | 38.8 | 31.32 | 15 | Neutr. : max |
| 61 | 40.0 | 32.8 | 38.0 | 30.3 | 40.5 | 33.4 | 39.5 | 32.17 | 8 | |
| 62 | 39.0 | 31.5 | 38.0 | 30.3 | 38.5 | 30.9 | 38.5 | 30.90 | 5 | |
| 63 | 38.0 | 30.3 | 40.5 | 33.4 | 40.0 | 32.8 | 39.5 | 32.17 | 6 | |
| 64 | 35.0 | 26.5 | 38.0 | 30.3 | 38.5 | 30.9 | 37.2 | 29.20 | 8 | |
| 65 | 39.0 | 31.5 | 38.5 | 30.9 | 40.5 | 33.4 | 39.3 | 31.95 | 10 | |
| | | | | | | | Average | 30.14 | 8.2 | |

添付 3

側線位置図

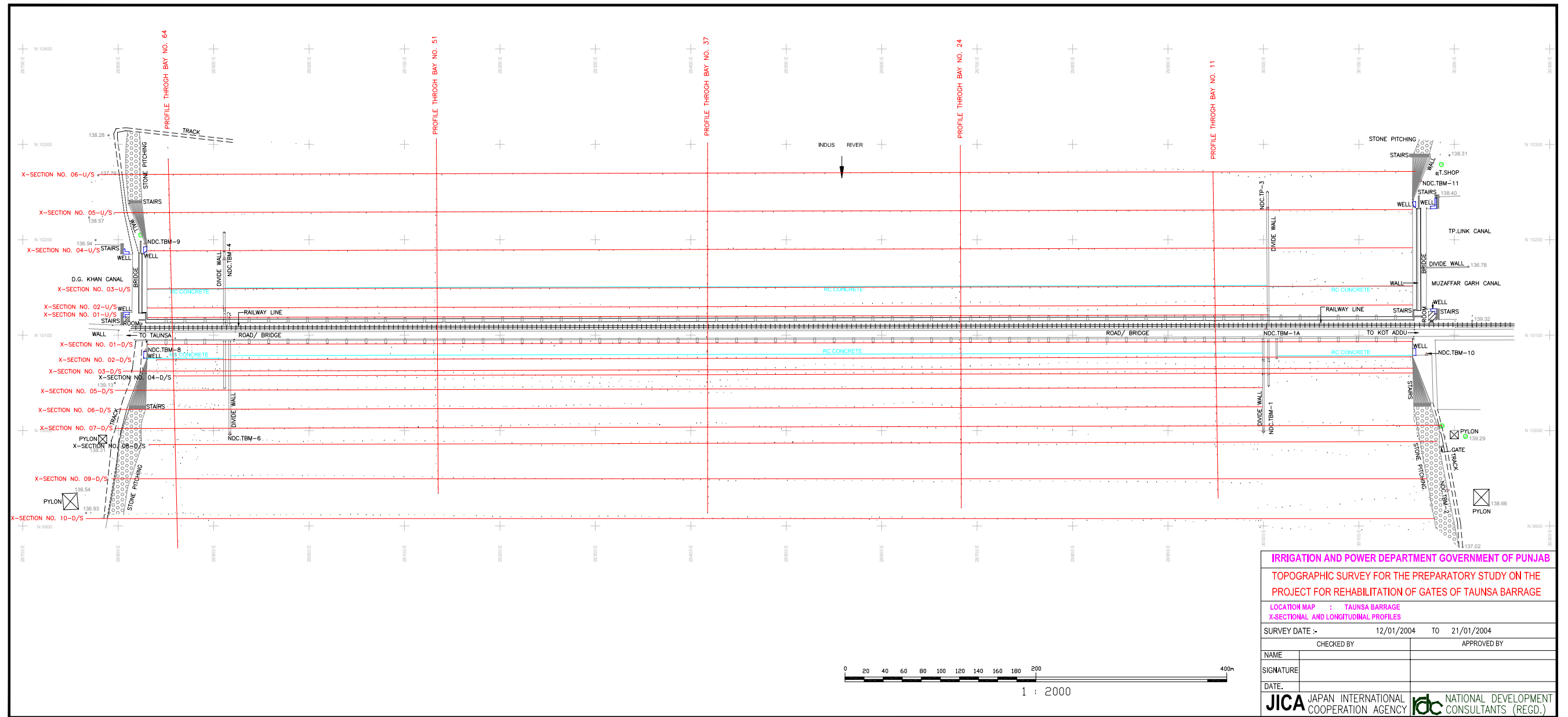


図-1 測線位置図

添付 4

Concrete Diagnosis Report

The Preparatory Study (2) The Project for Rehabilitation of Gates of Taunsa Barrage

Concrete Diagnosis Report

1 Introduction

Taunsa Barrage, which is located over Indus River in Punjab province, is one of major barrages for Indus Irrigation Systems and serves about 1,100,000 ha of the irrigation areas in the both sides of Indus River.

Taunsa Barrage was constructed in 1958 by Government of Pakistan and has worked for 45 years until now. Due to the long usage since its construction, its gates with facilities as well as hydraulic structure have been seriously deteriorated. This deterioration has caused difficulty for proper operation and maintenance of the barrage.



Considering this situation, JICA conducted “Feasibility Study on Taunsa Barrage Irrigation System Rehabilitation in Islamic Republic of Pakistan” from August 1997 to August 1998, based on the request of Government of Pakistan, and proposed rehabilitation programs of Taunsa Barrage. Based on the F/S, Government of Punjab Province with Government of Pakistan once requested 6 sets of bulkhead gates for Japan’s Grant Aid Scheme in September 2001 in order to rehabilitate the most deteriorated parts of Taunsa Barrage and to improve the operation and maintenance conditions of the barrage.

Based on the former request for Japan’s Grant Aid Scheme and recent information on the problems relating with the deterioration of Taunsa Barrage from Pakistan side, Government of Japan conducted “Preparatory Study for Project for Rehabilitation of Gates of Taunsa Barrage” from August to September 2003 through JICA. Based on the result of Preparatory Study, Government of Japan entrusted JICA is going to conduct Preparatory Study (2) to collect additional information and data, which are necessary for Basic Design Study, in the annual closure period of January 2004.

2 Objective of the Study

The objectives of the study are to observe the condition of deterioration, to conduct concrete diagnosis and to conduct the topographic survey taking the occasion of the annual closure period, when water level becomes lowest.

3 Contents of the Study

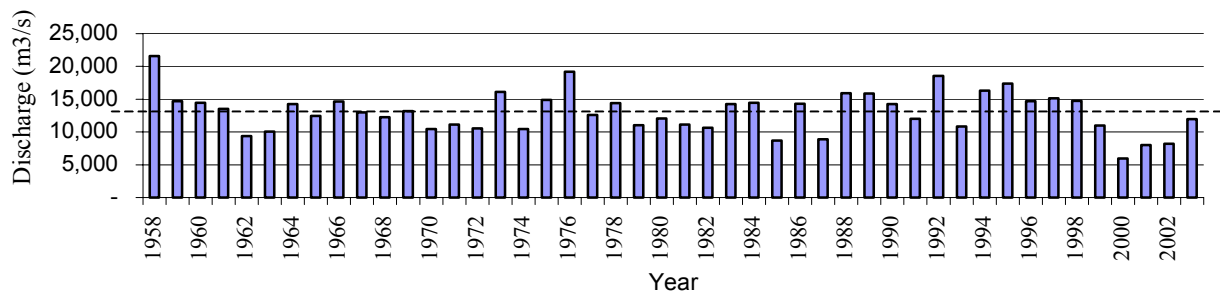
- 1) Observation and study on the conditions of concrete structure, apron and abutment of Taunsa Barrage.
 - (1) Observation on the concrete structure, apron and abutment of Taunsa Barrage.
 - (2) Observation on the repair work conducted by Pakistan side.
 - (3) Preliminary study on the repair work and other measures which should be taken by Pakistan side in the future.

- 2) Diagnosis of concrete structure of Taunsa Barrage.
 - (1) Investigation of the concrete strength and durability with a Hammer and a Schmidt Hammer.
- 3) Topographic survey for Taunsa Barrage.
 - (1) Topographic survey.
 - (2) Cross sectional profiles.
 - (3) Longitudinal profiles.
 - (4) Damage condition survey.
- 4) Study on the location for the pore water pressure meter.
 - (1) Study on the proper location of the pore water pressure meter, which should be set up by Pakistan side in the future, to monitor the piping of the foundation of Taunsa Barrage.

4 Flood Discharge in the Indus River

The flood discharge in Indus River upto 2003 is as follows;

Annual Discharge of the Indus River



The maximum discharge upto 2003 is 21,585 m³/s in 1958, and the minimum discharge is 5,941 m³/s in 2000. The average discharge is estimated around 13,000 m³/s.

The longitudinal profile for Indus River around Taunsa Barrage is observed 1/5,000 gentle slope.

5 Design Condition of the Taunsa Barrage

The design condition for Taunsa Barrage is estimated as followings;

| | |
|------------------------|--|
| Barrage Width | 1,325.53 m (4,346 ft) |
| Design Discharge | 28,344 m ³ /s |
| Crest Width (one gate) | 18.29 m (60 ft) |
| Gate Number | Nos. 65 (with one Navigation lock / two Fish ways) |
| Crest Elevation | RL+428 ft (EL+130.54 m) |
| U/S Apron Elevation | RL+419 ft (EL+127.80 m) |
| D/S Apron Elevation | RL+416 ft (EL+126.88 m) |
| Flood water level | U/S RL+447 ft (EL+136.34 m) D/S RL+444 ft (EL+135.95 m) |
| Flood Velocity | Max. 6.0 m to 7.0 m / sec. |
| Longitudinal profile | Taunsa Barrage level: RL+419 ft (EL+127.80 m) 160,000 ft (48.8 km) U/S: RL+449 ft (EL+136.95 m) River bed Slope: 1/5,333 |

6 Hydraulic Structure

The hydraulic structures for the barrage are as follows;

Upstream Side

| | | |
|--------------------|----------|-----------|
| Loose stone length | 80.00 ft | (24.40 m) |
| C.C. Block | 11.83 ft | (3.61 m) |
| Apron | 80.00 ft | (24.40 m) |
| Crest | 24.00 ft | (7.32 m) |

Downstream Side

| | | |
|-------------|----------|-----------|
| Crest | 40.00 ft | (12.20 m) |
| Apron | 80.00 ft | (24.40 m) |
| C.C. Block | 56.80 ft | (17.32 m) |
| Loose stone | 80.00 ft | (24.40 m) |

Total length of the hydraulic structure is 140 m (Upstream side:57 m and Downstream side:84 m)

7 Pier Structure

The pier between gates are not only supporting of the sluice gate but the bridge including the railway, pipeline and gate structures. The size of the pier is as follows;

| | |
|--|-------------------------|
| Top elevation for the Road and Railway | RL+452 ft (EL+137.86 m) |
| Top elevation for the Gate structure | RL+457 ft (EL+139.39 m) |
| Pier length (Road and Railway) | L=63.0 ft (19.82 m) |
| Pier length (Gate structure) | L=27.6 ft (8.42 m) |

Loading condition of the road, railway and gate structures is as follows;

Loading of the Road

Dead load: 20 t / Live load: 120 t / Impact coefficient 1.3 = 182 t
Loading for one beam = 36.4 t

Loading of the Rail way

Dead load: 10 t / L load: 80 t / Impact coefficient 1.3 = 117 t
Loading for one beam = 58.5 t

Loading of the Gate

Total weight = 30t

8 The result of the site investigation

The deterioration of the crest on the skin concrete

- (1) The crest under the gate and its both sides of pier wall is getting abraded and the exfoliated and its surface lost the mortal ingredient in the skin concrete.
- (2) All crests are exposed aggregate due to the abrasion.
- (3) The walls besides the friction blocks are getting corroded by the shot water during the flood discharge, and being exposed the aggregate.
- (4) The friction blocks are worn the corner away due to the shot discharge including the enormous sedimentation ingredients, and their surface exposed the aggregate.



The enormous abrasions on the crest surface are especially from Gate No. 16 to 20, Gate No. 24 to 28, Gate No. 44 to 46, Gate No. 50 to 51 and Gate No. 62 to 65.

The deterioration of the Pier

- (1) The cracking on the pier wall occurs at some place; however, the cracks are the horizontal around the construction joint without the mortar ingredients. Therefore, the crackings are not the influence of the structural problems because the replacement of the superstructure as a beam of the road bridge has not been found.
- (2) The vertical crack and the deviation of the each block around the both abutments are considered by the settlement of the foundation at the beginning of the construction; for now, the progress of cracking have almost stopped when it seen from the top of the both abutments.
- (3) The exfoliation at the downstream side is exposed its finishing concrete by the cavitations due to the shot discharge, however the thickness is less than 10mm, this has no influence to the pier structure.



The horizontal crackings on the pier wall are Gate No.10, 33 and 34, and the exfoliation due to the cavitations of the shot stream is Gate No. 11 and 24.

The Sedimentation around the Gate

- (1) The enormous sedimentation in front of the gate is estimated as 2 to 5 m, and the friction blocks and C.C blocks are silted in front of the apron at the downstream. Therefore, the effect for eased shot water has been declined and the loosed stone after the apron has been scoured.



The Neutralization of the pier wall

- (1) The neutralization of the pier concrete is progressing around 8 mm, the maximum neutralization is estimated as 15 mm for 45 years, and the ratio of the neutralization progress in the concrete surface is estimated to be 0.3 mm par year. Therefore, all hydraulic structures are not especially showing the influence due to the neutralization and the reinforcement bar.

The concrete strength of the hydraulic structure

- (1) The strength of the concrete in hydraulic structure is checked by a Schmidt hammer, the average strength is confirmed 30.1 N/mm², the maximum strength is 32.4 N/mm² and the minimum strength is 26.8 N/mm² respectively.
- (2) The concrete of the compressive strength passed 45 years is not decaying and the deterioration.



The damage of the hydraulic structure has been mainly caused by the shot and high velocity estimated 6.0 m/s to 7.0 m/s including the sedimentation ingredient. Especially, the skin concrete on the mass concrete suffers the enormous abrasion. Also, the sand material have silted the downstream structure as a friction and concrete block after the crest, and the affect for the eased shot water occurred the scoring at the loosed stone downstream.

9 Measuring

The measuring for the hydraulic structure against the abrasion and corrosion are considered as followings;

- (1) To protect the skin concrete using by the high strength specification
- (2) To use the skin concrete less than 50 % water cement ratio
- (3) To protect the pier wall with the coating in order to avoid the corrosion
- (4) To protect the exfoliation around the bottom gate with the steel plate

- (5) To modify the crest length at the downstream side in order to avoid the shot sandy water

10 Recommendation

The main damage of Taunsa barrage's hydraulic structure is the result of the enormous sedimentation and the shot discharge from the gate which occur the enormous abrasion and the exfoliation against the hydraulic structure because of oblique flow.

The problems of the present repairing work of the crest are as follows;

- (1) The concrete repairing will come off due to the sandy shot discharge because the concrete which carried out the repairing on the skin concrete is very thin as a part of covering from 30 mm to 50 mm on the existing reinforcement bar.
- (2) The abrasion will soon be very poor because the coarse aggregate; the restoring concrete is too small size (around 20 mm diameter including Limestone and the fine aggregate including dust ingredient).

In case of the sandy shot discharge, it is very important to consider the abrasion and the exfoliation.

The improvements of the repairing method are as follows;

- (1) Before the pouring concrete, the chipping work on the surface concrete should be carried out at least 10 cm up to the existing reinforcement bar.
- (2) Concrete using the hard aggregate such as granite stone and less than 50 % of water cement ratio in order to resist abrasion and exfoliation.
- (3) Anchorage and bonding between the restoring concrete and the skin concrete are necessary in order to keep surface of concrete.
- (4) The maximum size of the coarse aggregate is 40 mm according to ACI specification.

Under the present situation, the repair work is not enough because the closure period is only one month in dry season. However, the maintain work for the gate starting from 2005 will use the bulk head gate as a temporary gate to close the water discharge, so the crest rehabilitation for the abrasion will improve and will have enough curing for the concrete as well.

11 Pore Water Pressure Gage for Piping

The stratum under the foundation of Taunsa Barrage is loosed sand as 0.2 mm of average diameter with the seepage coefficient of 1.0×1.0^{-2} , also the N value of SPT test is less than 15.

These stratum are likely to be damaged by the piping because the seepage water develops the enlargement and occurs the roofing phenomenon under the hydraulic structure. The foundation will be getting the displacement and settlement due to the collapse.

Taunsa Barrage, as a floating type barrage, need to be reinforced the monitoring for the water pressure under the structure with the water pressure gage in order to avoid the uplift forced from the ground water.

From the point of maintenance of Taunsa Barrage, the pipes for the water pressure observation are installed under the crest and apron of the hydraulic structure around 17 Nos. and 9 Nos. for the upstream and 7 Nos. for the downstream, however, these pipes are not observed due to fillings of the sediment problem.

Moreover, these pipes for monitoring for the water pressure are very simple and old for observations because the floating level is measured by the string with weight, and only at upstream.

When the pore water pressure gage which will be prepared next time is used, it has to be installed around the downstream of the hydraulic structure at least 3 Nos. under the structure each gate because the uplift damage is likely to occur at the downstream.

These observations with the pore water pressure gage have to be installed to keep the accurate data for the uplift.

添付 5

*Minutes of Meeting on the Preparatory
Study for the Taunsa Barrage*

Jan. 2004

Minutes of Meeting on the Preparatory Study for the Taunsa Barrage
Concrete diagnosis of the Hydraulic Structure

07 Jan. '04 Irrigation and Power Department (IPD ion Lahore)

11:00 Mr. Asrar ul Haq (Additional Secretary)

Mr. Zaka Ullah Bhatti (Chief Engineer: Irrigation Development Zone)

Mr. Quzi Anwar Ali (Chief Engineer: Irrigation Lahore Zone)

We explained the inception report on Taunsa Barrage and the schedule for the site investigation. Also, we confirmed the current problem on the concrete structure with Irrigation and Power Department. The main problem was the sedimentation on the river and the deterioration on the surface of the skin concrete, where the repair work is in progress. In this time, we explained that we would check especially the concrete diagnosis of the Hydraulic structure such as the damage of the structure, the concrete strength due to the deterioration and the neutralization caused by the salinity water.

07 Jan. '04 National Development Consultants (NDC)

15:00 Mr. Ghulam Hussain

Mr. Ali Zaidi

We arranged the schedule for the topographical survey carried out by NDC and discussed about the coordination point for the survey at the site. NDC will start from 12th Jan. '04 and now preparing the team.

The current problem of Taunsa Barrage was only the abrasion caused by the sandy shot stream on the concrete surface and the hydraulic structure such as the settlement and displacements had no problem.

08 Jan. '04 Taunsa Division Office (IPD)

13:00 Mr. Mehr Muhammad Amin (Executive Engineer)

Mr. Muhammad Muneer Anjum (Workshop sub Division)

We met Mr. Amin, the executive engineer of Taunsa Division Office, and were introduced as a counterpart of Mr. Asrar ul Haq of the Irrigation and Power Department (IPD) Lahore. And we went to the site in the afternoon, and he explained that the repair work of the concrete structure at Taunsa Barrage had already started and will have finished by 17th Jan. '04.

We explained that the topographic survey would be started from 12th Jan. '04 around the site.

19 Jan. '04 Irrigation and Power Department (IPD in Lahore)

10:00 Mr. Asrar ul Haq (Additional Secretary)

Mr. Abdul Ullah Sheokh (Deputy Secretary)

Mr. Zaka Ullah Batti

We reported that the investigation of the concrete diagnosis on the hydraulic structure was done by Schmidt hammer test and the neutralization using by the phenolphthalein for the concrete deterioration. The both testing indicated the normal results, however, there were damages of the concrete surface such as the abrasion and exfoliation on the crest and the pier. These damages caused by the shot water including the sedimentation material from upstream had not much influence to the hydraulic structure but needed repairing as soon as possible.

19 Jan. '04 National Development Consultants (NDC)

Mr. Ali Zaidi (a secretary in charge of Taunsa Barrage)

We discussed on the repairing work of the concrete structure at Taunsa Barrage, where we found no serious damages such as the settlement and the displacement of the structure and only the abrasion and the exfoliation caused by the shot discharge including the sedimentation material.

In this time, however, the repairing work for the skin concrete had done in such a short term to meet the close period, we recommended to have more time to repair the concrete and the gate with the bulk head gate at same time.

24 Jan. '04 Irrigation and Power Department (IPD)

Mr. Javed Majid (Secretary)

Mr. Asrar ul Haq (Additional Secretary)

Mr. Abdul Ali Sheikh (Deputy Secretary)

We explained that the site investigation had been done, and we had made the report to JICA on the concrete diagnosis and the topographic survey. On the concrete diagnosis, the damage found on the abrasion and exfoliation such as the settlements or the displacements of the barrage were not so serious and only the deterioration of the concrete surface was. Therefore, we recommended that the concrete work to be spent enough time and to repair the gate at same time when Taunsa Barrage will be repaired.

On the specification for the concrete, the aggregate was not adopted the abrasion because the course aggregate was such small as 20 mm and contained Limestone, so we recommended the aggregate to be used 40mm at top and the hard stone against the abrasion. We also confirmed the water ratio to be kept less than 50% for the adequate quality.

添付 6

現場写真集

タウンサ堰 現場写真集

現地写真集(タウンサ堰)



1 Left Bank 上流(土砂吐)



2 Left Bank 上流(洪水吐)



3 Gate 下流(洪水吐)



4 Left Bank 下流 (土砂吐)



5 Gate 下流(洪水吐)



6 Left Bank 下流(土砂吐)

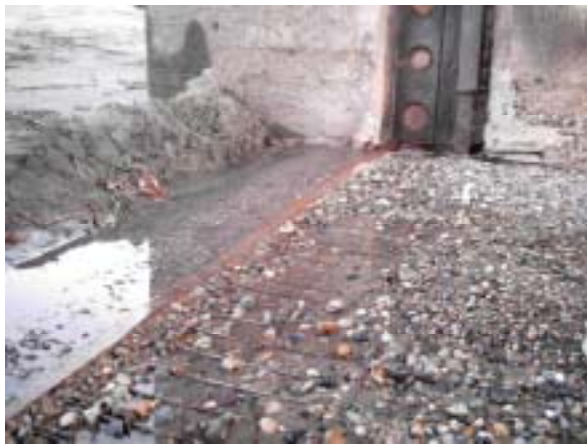
現地写真集(タウンサ堰)



7 フリクションブロックの磨耗状況



8 Gate 下部における磨耗状況



9 Gate クレスト磨耗状況



10 Gate クレスト磨耗状況



11 Gate 橋脚部磨耗状況



12 Gate クレスト部補修状況

現地写真集(タウンサ堰)



13 橋脚部の水平クラック状況



14 橋脚部のハクリ状況



15 橋脚部のハクリ状況



16 橋脚部のハクリ状況



17 Gate 下流(堆砂状況)



18 Gate 上流(堆砂状況)

現地写真集(タウンサ堰)



19 土砂吐コンクリートブロックの補修



20 Right Ban 下流のトランジション部



21 Right Bank 下流の護岸部



22 Right Bank 下流の敷石部



23 Right Bank 下流部



24 Right Bank 下流部

現地写真集(タウンサ堰)



25 Gate 下流の流下状況(1月21日)



26 Gate 下流の流下状況(1月21日)



27 Right Bank 下流の流下状況



28 Right Bank 上流の流下状況



29 Gate 上流の流下状況

現地写真集(タウンサ堰)



30 シュミットハンマーテスト(圧縮強度試験)



31 シュミットハンマーテスト(圧縮強度試験)



32 フェノールフタレインテスト(中性化反応)



33 フェノールフタレインテスト(中性化反応)



34 クラック測定



35 クラック測定

現地写真集(タウンサ堰)



36 間隙水圧計

37 間隙水圧計

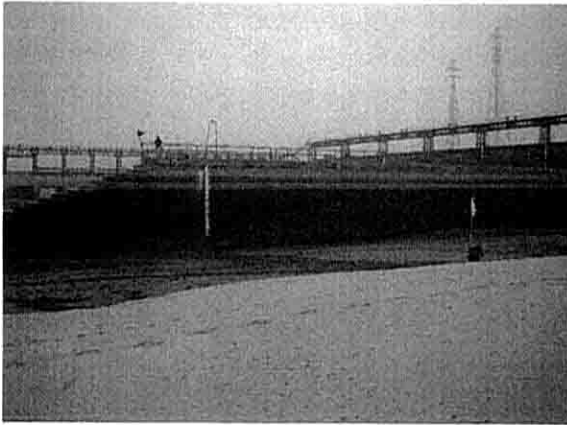
測量作業実施状況



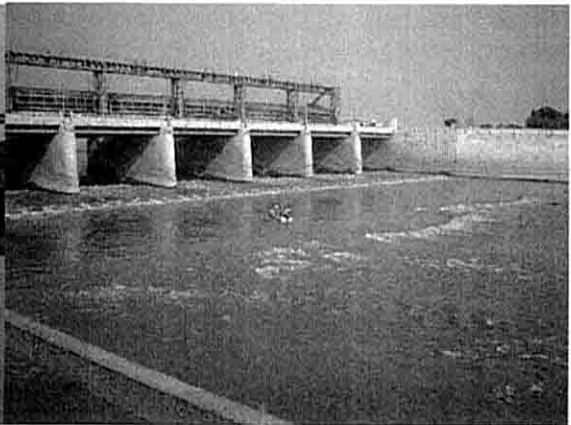
基準点測量



水準測量



横断測量



横断測量



被害箇所スポット測量




地形測量

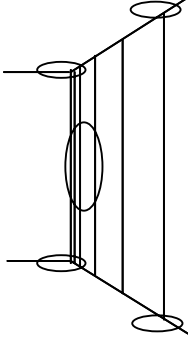
添付 7

タウンサ堰ゲートにおけるコンクリート管理台帳

BARRAGE LEDGER NOTE


| DESIGN CONDITION | | Gate No. 09 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m3/s (Max 21,530 m3/s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m3/s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|-------------------------------|------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | |  |
| Abrasion | B | A | B | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | B | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 8 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm2) | 27.1 | 27.7 | 26.5 | |
| Schmidt hammer | Ave. 27.09 N/mm2 | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE


| DESIGN CONDITION | | Gate No. 10 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m3/s (Max 21,530 m3/s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m3/s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

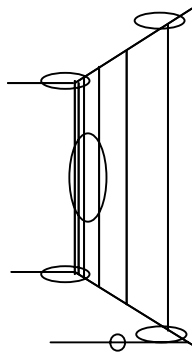
| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|-------------------------------|------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | A | B | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | B | C | |
| Cracking | B | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 10 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm2) | 29 | 27.1 | 26.5 | |
| Schmidt hammer | Ave. 27.51 N/mm2 | | | Horizontal Crack on the Right Pier |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Comments |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE


| DESIGN CONDITION | | Gate No. 11 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m ³ /s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

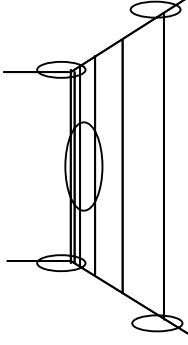
| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|--|------------------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | A | B |  |
| Exfoliation | B | C | C | |
| Corrosion | C | B | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 7 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 26.5 | 27.7 | 30.3 | |
| Schmidt hammer | Ave. 28.14 N/mm ² | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE


| DESIGN CONDITION | | Gate No. 12 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m ³ /s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

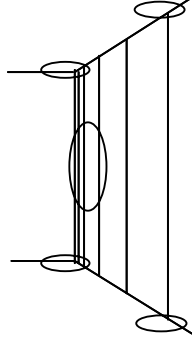
| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|--|------------------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | |  |
| Abrasion | B | A | B | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | B | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 12 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 29.0 | 30.9 | 33.4 | |
| Schmidt hammer | Ave. 31.11 N/mm ² | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE


| DESIGN CONDITION | | Gate No. 13 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m ³ /s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

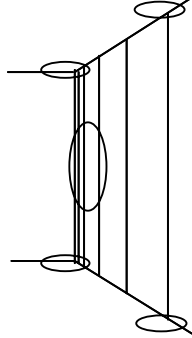
| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|--|------------------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | |  |
| Abrasion | B | A | B | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | B | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 10 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 25.2 | 29.0 | 26.5 | |
| Schmidt hammer | Ave. 26.87 N/mm ² | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE


| DESIGN CONDITION | | Gate No. 14 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m ³ /s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

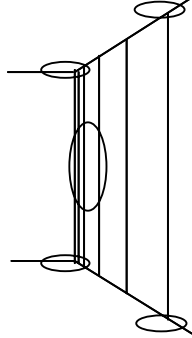
| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|--|------------------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | |  |
| Abrasion | B | A | B | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | B | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 5 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 27.7 | 33.4 | 29.0 | |
| Schmidt hammer | Ave. 30.05 N/mm ² | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE


| DESIGN CONDITION | | Gate No. 15 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m3/s (Max 21,530 m3/s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m3/s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|-------------------------------|------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | |  |
| Abrasion | B | A | B | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | B | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 8 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm2) | 30.3 | 26.5 | 27.1 | |
| Schmidt hammer | Ave. 27.93 N/mm2 | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE

| DESIGN CONDITION | | Gate No. 16 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m ³ /s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

| Check Item | Right Pier | Centre Crest | Left Pier | Location |
|--|----------------|------------------------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | A | B | |
| Exfoliation | C | A | C | |
| Corrosion | C | B | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 5 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 29.6 | 29.0 | 26.5 | |
| Schmidt hammer | | Ave. 28.36 N/mm ² | | Partially exfoliation on the Crest |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Comments |
| <u>Evaluation</u> | Crest Repair | | | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

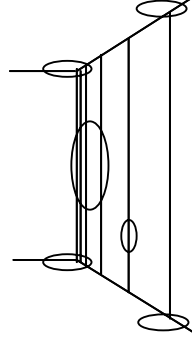
BARRAGE LEDGER NOTE

| DESIGN CONDITION | Gate No. 17 |
|---|---|
| Barrage Width Gate Number Design Discharge 3 years Return period Longitudinal Profile Crest Elevation (top) Apron Elevation (down stream) Crest Width Crest Length Apron Length Cobble stone length Flood water level Flood water level | 4,343 ft (1,324.66 m) Nos. 65 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) 13,000 m ³ /s 1/5,000 RL 428 ft RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) 60 ft (18.29 m) Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m Down stream 80.6 m Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m |



CONCRETE DIAGNOSIS

| Check Item | Right Pier | Centre Crest | Left Pier | Location |
|--|-------------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | A | B | |
| Exfoliation | C | A | C | |
| Corrosion | C | B | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 6 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 30.3 | 28.4 | 30.9 | |
| Schmidt hammer | 29.84 N/mm ² | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Partially exfoliation on the Crest |
| <u>Evaluation</u> | Crest Repair | | | Comments |
| | | | | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |



Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

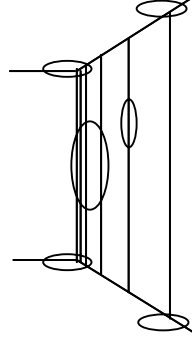
BARRAGE LEDGER NOTE

| | | |
|-------------------------------|---|-------------|
| DESIGN CONDITION | | Gate No. 18 |
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) | |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m ³ /s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |




CONCRETE DIAGNOSIS

| Check Item | Right Pier | Centre Crest | Left Pier | Location |
|--|----------------|-------------------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | A | B | |
| Exfoliation | C | A | C | |
| Corrosion | C | A | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 6 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 26.5 | 27.1 | 27.1 | |
| Schmidt hammer | | 26.87 N/mm ² | | Partially exfoliation on the Crest |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Comments |
| <u>Evaluation</u> | Crest Repair | | | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |



Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE


| DESIGN CONDITION | | Gate No. 19 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m3/s (Max 21,530 m3/s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m3/s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

| Check Item | Right Pier | Centre Crest | Left Pier | Location |
|-------------------------------|------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | A | B | |
| Exfoliation | C | A | C | |
| Corrosion | C | A | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 6 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm2) | 33.4 | 29.6 | 30.3 | |
| Schmidt hammer | Ave. 31.11 N/mm2 | | | Partially exfoliation on the Crest |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Comments |
| <u>Evaluation</u> | Crest Repair | | | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE


| DESIGN CONDITION | | Gate No. 20 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m3/s (Max 21,530 m3/s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m3/s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

| Check Item | Right Pier | Centre Crest | Left Pier | Location |
|-------------------------------|----------------|------------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | A | B | |
| Exfoliation | C | A | C | |
| Corrosion | C | A | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 11 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm2) | 32.2 | 30.9 | 30.9 | |
| Schmidt hammer | | Ave. 31.32 N/mm2 | | Partially exfoliation on the Crest |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Comments |
| <u>Evaluation</u> | Crest Repair | | | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE

| DESIGN CONDITION | | Gate No. 21 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m ³ /s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|--|------------------|-------------------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | A | B | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | A | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 13 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 30.3 | 28.4 | 27.7 | |
| Schmidt hammer | | 28.78 N/mm ² | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

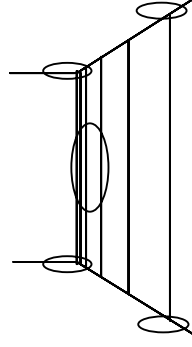
BARRAGE LEDGER NOTE

| DESIGN CONDITION | Gate No.22 |
|---|---|
| Barrage Width Gate Number Design Discharge 3 years Return period Longitudinal Profile Crest Elevation (top) Apron Elevation (down stream) Crest Width Crest Length Apron Length Cobble stone length Flood water level Flood water level | 4,343 ft (1,324.66 m) Nos. 65 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) 13,000 m ³ /s 1/5,000 RL 428 ft RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) 60 ft (18.29 m) Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m Down stream 80.6 m Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m |



CONCRETE DIAGNOSIS

| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|--|------------------|-------------------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | Flooring | B | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | Flooring | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 10 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 28.4 | 26.5 | 29.6 | |
| Schmidt hammer | | 28.14 N/mm ² | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | |



Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE

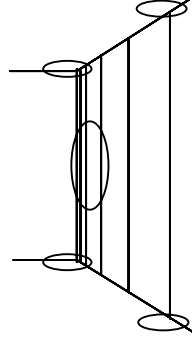
| DESIGN CONDITION | |
|-------------------------------|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |
| Gate Number | Nos. 65 |
| Design Discharge | 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) |
| 3 years Return period | 13,000 m ³ /s |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m |

Gate No. 23




CONCRETE DIAGNOSIS

| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|--|-------------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | Flooring | B | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | Flooring | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 7 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 31.5 | 30.3 | 32.8 | |
| Schmidt hammer | 31.53 N/mm ² | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | |



Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE


| DESIGN CONDITION | | Gate No. 24 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m ³ /s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

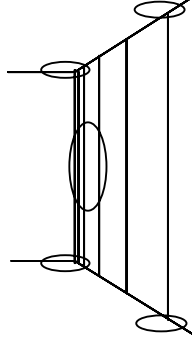
| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|--|------------------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | Flooring | B | |
| Exfoliation | C | C | A | |
| Corrosion | C | Flooring | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 8 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 33.4 | 30.3 | 32.2 | |
| Schmidt hammer | Ave. 31.95 N/mm ² | | | Exfoliation on the Left Pier |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Comments |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE


| DESIGN CONDITION | | Gate No. 25 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m ³ /s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

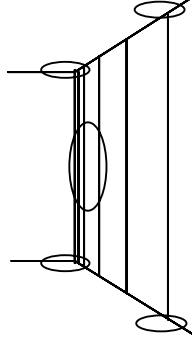
| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|--|------------------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | |  |
| Abrasion | B | Flooring | B | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | Flooring | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 11 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 30.3 | 30.9 | 32.8 | |
| Schmidt hammer | Ave. 31.32 N/mm ² | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE

| DESIGN CONDITION | | Gate No. 26 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m3/s (Max 21,530 m3/s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m3/s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|-------------------------------|------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | |  |
| Abrasion | B | B | B | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | Flooring | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 15 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm2) | 34.1 | 27.1 | 29.0 | |
| Schmidt hammer | Ave. 30.05 N/mm2 | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

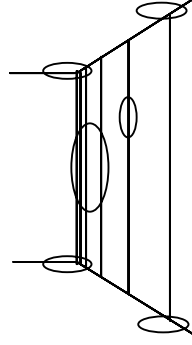
BARRAGE LEDGER NOTE

| DESIGN CONDITION | Gate No. 27 |
|---|---|
| Barrage Width Gate Number Design Discharge 3 years Return period Longitudinal Profile Crest Elevation (top) Apron Elevation (down stream) Crest Width Crest Length Apron Length Cobble stone length Flood water level Flood water level | 4,343 ft (1,324.66 m) Nos. 65 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) 13,000 m ³ /s 1/5,000 RL 428 ft RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) 60 ft (18.29 m) Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m Down stream 80.6 m Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m |




CONCRETE DIAGNOSIS

| Check Item | Right Pier | Centre Crest | Left Pier | Location |
|--|-----------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | Flooring | B | |
| Exfoliation | C | A | C | |
| Corrosion | C | A | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 12 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 29.6 | 33.4 | 32.2 | |
| Schmidt hammer | Ave. 31.74 N/mm | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Crest Repair | | | |

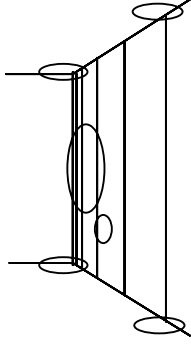


Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE


| DESIGN CONDITION | | Gate No. 28 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m ³ /s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

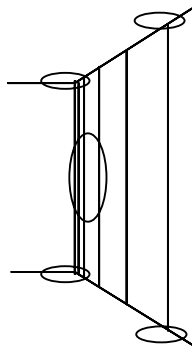
| Check Item | Right Pier | Centre Crest | Left Pier | Location |
|--|------------------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | Flooring | B |  |
| Exfoliation | C | A | C | |
| Corrosion | C | A | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 8 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 30.3 | 27.7 | 30.3 | |
| Schmidt hammer | Ave. 29.41 N/mm ² | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Crest Repair | | | |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE


| DESIGN CONDITION | | Gate No. 29 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m ³ /s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

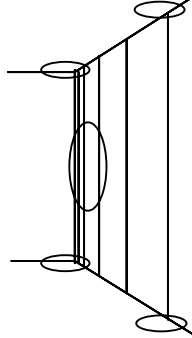
| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|--|------------------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | Flooring | B |  |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | A | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 8 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 29.6 | 29.6 | 30.3 | |
| Schmidt hammer | Ave. 29.84 N/mm ² | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE


| DESIGN CONDITION | | Gate No. 30 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m ³ /s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

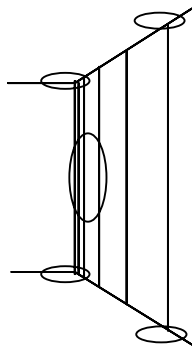
| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|--|------------------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | |  |
| Abrasion | B | Flooring | B | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | A | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 7 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 33.4 | 32.2 | 32.8 | |
| Schmidt hammer | Ave. 32.80 N/mm ² | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE


| DESIGN CONDITION | | Gate No. 31 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m ³ /s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

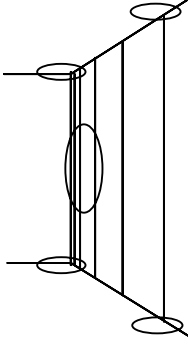
| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|--|------------------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | |  |
| Abrasion | B | B | B | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | A | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 8 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 34.1 | 32.2 | 30.3 | |
| Schmidt hammer | Ave. 32.17 N/mm ² | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE

| DESIGN CONDITION | | Gate No.32 |
|-------------------------------|---|---|
| Barrage Width | 4,343 ft (1,324.66 m) |  |
| Gate Number | Nos. 65 | |
| Design Discharge | 28,300 m3/s (Max 21,530 m3/s) | |
| 3 years Return period | 13,000 m3/s | |
| Longitudinal Profile | 1/5,000 | |
| Crest Elevation (top) | RL 428 ft | |
| Apron Elevation (down stream) | RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) | |
| Crest Width | 60 ft (18.29 m) | |
| Crest Length | Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m | |
| Apron Length | Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m | |
| Cobble stone length | Down stream 80.6 m | |
| Flood water level | Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m | |
| Flood water level | Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m | |

CONCRETE DIAGNOSIS

| Check Item | Right Pier | Centre Creast | Left Pier | Location |
|-------------------------------|------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | |  |
| Abrasion | B | A | B | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | A | C | |
| Cracking | C | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 5 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm2) | 30.3 | 32.2 | 32.2 | |
| Schmidt hammer | Ave. 31.53 N/mm2 | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

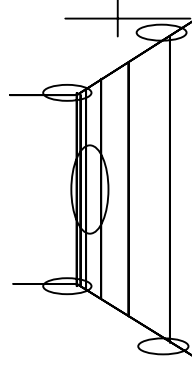
BARRAGE LEDGER NOTE

| DESIGN CONDITION | Gate No. 33 |
|---|---|
| Barrage Width Gate Number Design Discharge 3 years Return period Longitudinal Profile Crest Elevation (top) Apron Elevation (down stream) Crest Width Crest Length Apron Length Cobble stone length Flood water level Flood water level | 4,343 ft (1,324.66 m) Nos. 65 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) 13,000 m ³ /s 1/5,000 RL 428 ft RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) 60 ft (18.29 m) Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m Down stream 80.6 m Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m |




CONCRETE DIAGNOSIS

| Check Item | Right Pier | Centre Crest | Left Pier | Location |
|--|------------------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | A | B | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| Corrosion | C | A | C | |
| Cracking | C | C | B | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 5 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 30.9 | 27.7 | 29.0 | |
| Schmidt hammer | Ave. 29.20 N/mm ² | | | |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Horizontal crack on the Left Pier |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | Comments |
| | | | | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |



Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair

BARRAGE LEDGER NOTE

| | | |
|---|---|---|
| DESIGN CONDITION | | Gate No. 34 |
| Barrage Width Gate Number Design Discharge 3 years Return period Longitudinal Profile Crest Elevation (top) Apron Elevation (down stream) Crest Width Crest Length Apron Length Cobble stone length Flood water level Flood water level | 4,343 ft (1,324.66 m) Nos. 65 28,300 m ³ /s (Max 21,530 m ³ /s) 13,000 m ³ /s 1/5,000 RL 428 ft RL 416 ft (h=12 ft / h=3.66 m) 60 ft (18.29 m) Upstream 28.0 m Down stream 40.0 m Upstream 80.0 m Down stream 79.0 m Down stream 80.6 m Upstream RL 447 ft (421 ft) h=7.63 m Down stream RL 440 ft (416 ft) h=7.32 m |  |

CONCRETE DIAGNOSIS

| Check Item | Right Pier | Centre Crest | Left Pier | Location |
|--|------------------------------|----------------|----------------|---|
| (A) Deterioration | | | | |
| Abrasion | B | A | B | |
| Exfoliation | C | C | B | |
| Corrosion | C | A | C | |
| Cracking | B | C | C | |
| (B) Displacement | | | | |
| Cracking | C | C | C | |
| Exfoliation | C | C | C | |
| (C) Sedimentation | A | A | A | |
| (D) Neutralization | | 5 mm | | |
| (E) Concrete Strength (N/mm ²) | 29.6 | 30.3 | 33.4 | |
| Schmidt hammer | Ave. 31.11 N/mm ² | | | Horizontal crack on the Right Pier |
| <u>Diagnosis</u> | Edge Corrosion | Crest Abrasion | Edge Corrosion | Comments |
| <u>Evaluation</u> | Partially Repair | | | Sedimentation before Gate is more than 2 m and Friction Block is silted. Exfoliation is the gate edge on the both pier. |

Category /A: need to repair /B: monitoring /C: not need to repair