

パキスタン・イスラム共和国
連邦洪水委員会 (FFC)
パンジャブ州およびシンド州灌漑局

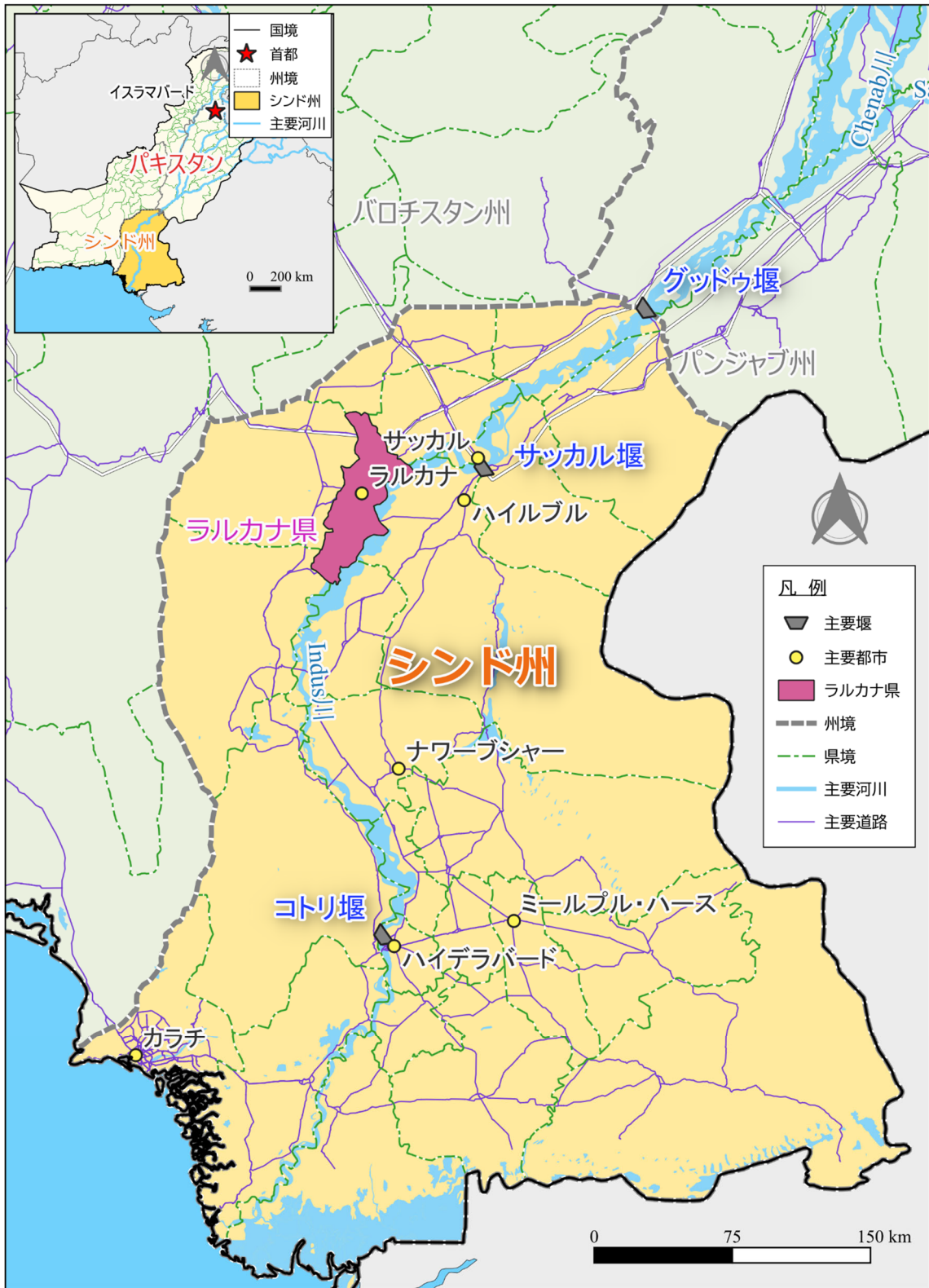
パキスタン国 2022 年洪水を踏まえた
効果的な堤防管理のための能力向上
プロジェクト

プレ F/S 検討書

2025 年 4 月

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

株式会社建設技研インターナショナル



免責)国境線および地理上の名称は、JICAの公式の立場を表明したものではありません。また、この地図は図解のみを目的としたものであり、いずれの国もしくは地域の法的地位、国境線の画定または地理上の名称に関し、JICAの見解を示すものではありません。

業務対象地域位置図

目次

調査対象地域位置図

	ページ
目次	i
図一覧	ii
表一覧	iv
第1章 Indus川・Sukkur-Larkana 地域の特徴	1-1
1.1 区間内に位置する堤防脆弱箇所の概況.....	1-1
1.2 堤内地の状況	1-7
1.2.1 堤内地の特徴.....	1-7
1.2.2 家屋の資産額.....	1-10
1.2.3 農作物の資産額.....	1-12
1.2.4 氾濫の特性.....	1-15
第2章 検討対象となる堤防（Moria Loop Bund）の状況	2-1
2.1 既存堤防の概況.....	2-1
2.1.1 堤防等の施設整備状況.....	2-1
2.1.2 河岸位置の経年変化.....	2-1
2.1.1 河床侵食の状況.....	2-2
2.1.2 被災及び補修／補強履歴.....	2-3
2.1.3 基本諸元.....	2-3
2.1.4 計画断面.....	2-4
2.2 対象箇所における現状の課題	2-5
第3章 関連する河川改修業務	3-1
3.1 概説.....	3-1
3.2 世界銀行（WB）	3-1
3.3 アジア開発銀行（ADB）	3-5
3.4 その他のドナー	3-7
第4章 Indus River の水文条件	4-1
4.1 Indus River の確率規模別流量	4-1
4.2 対象地域及び周辺地域における確率規模別の雨量.....	4-6
4.3 設計外力の設定.....	4-10
第5章 堤防強化スキームの提案	5-1
5.1 堤防強化スキームの候補	5-1
5.1.1 対策箇所候補地.....	5-1
5.1.2 被災要因の推察と必要な対処.....	5-1
5.1.3 対策工の範囲.....	5-3

5.1.4	対策工の抽出	5-6
5.1.5	対策工の決定	5-7
5.1.6	標準断面図	5-10
5.1.7	図面作成	5-14
5.1.8	概算数量	5-14
5.1.9	今後必要となる検討	5-15
5.2	施工計画	5-17
5.2.1	施工条件の基本条件	5-18
5.2.2	施工手順	5-19
5.2.3	概略工程計画	5-20
5.3	概算事業費	5-22
5.3.1	堤防強化における施工単価	5-22
5.3.2	提案する堤防強化スキームの概算事業	5-24
5.4	環境社会配慮	5-25
5.4.1	環境影響評価	5-25
5.4.2	用地取得・住民移転	5-41
5.4.3	その他	5-45
第6章	堤防強化プロジェクトの評価	6-1
6.1	推奨するプロジェクトの評価	6-1
6.2	既存堤防の脆弱箇所が破堤した場合の被害想定	6-2
6.2.1	Moria Loop Bund 及び周辺の状況	6-2
6.2.2	河川流量の設定	6-3
6.2.3	河川水位の設定	6-5
6.2.4	氾濫流量の推定	6-8
6.2.5	水理解析の実施	6-11
6.2.6	被害額の算定	6-16

図一覧

図 1.1.1	Sukkur-Larkana 地域に位置する堤防脆弱箇所の位置図	1-1
図 1.1.2	堤防の質と被害のマトリックス図	1-3
図 1.1.3	堤防の質と被害のマトリックス図の右上に位置する脆弱箇所	1-3
図 1.2.1	対象地域と地盤高・土地利用・人口分布	1-8
図 1.2.2	対象地域及び周辺の主要都市（人口 50,000 人以上）	1-9
図 1.2.3	被害スコア算定結果	1-15
図 1.2.4(1)	各脆弱箇所における氾濫解析結果の概要	1-16
図 2.1.1	Moria Loop Bund	2-1
図 2.1.2	検討対象箇所周辺の河岸位置の変遷	2-2

図 2.1.3	検討対象箇所 の 深掘 区 間	2-2
図 2.1.4	深掘れ箇所 の 横断 図	2-3
図 2.1.5	Moria Loop Bund の 標準 断面 図	2-4
図 3.2.1	SFERP の 組織 図	3-1
図 3.2.2	SFERP の 位置 図	3-2
図 3.2.3	Ruk Loop Bund に お け る T 型 水 制 の 概 要 図 及 び 2024 年 10 月 時 点 の 建 設 現 場 写 真	3-4
図 3.2.4	Ruk Loop Bund に お け る T 型 水 制 の 水 理 模 型 実 験 の 様 子	3-4
図 3.2.5	提 案 さ れ た SFERP Phase-II の 位置 図	3-5
図 3.3.1	FERP の 組織 図	3-6
図 3.4.1	各 Pillar に 対 す る 事 業 額 と 主 要 な 支 援 内 容	3-8
図 4.1.1	Indus River 流 域 内 の 各 流 量 観 測 所 の 位置 図	4-2
図 4.1.2	50 年 確 率 の 各 流 量 観 測 所 の 流 量	4-3
図 4.1.3	2010 年 洪 水 時 の 各 流 量 観 測 所 の ピ ーク 流 量	4-5
図 4.2.1	対 象 地 域 及 び 周 辺 地 域 の 各 雨 量 観 測 所 の 位置 図	4-9
図 4.2.2	50 年 確 率 の 各 雨 量 観 測 所 の 雨 量 (7 日 雨 量)	4-9
図 4.3.1	Moria Loop Bund の 標準 断面 図	4-10
図 5.1.1	対 策 箇 所 位置 図	5-1
図 5.1.2	検 討 対 象 箇 所 周 辺 の 河 岸 位置 の 変 遷	5-2
図 5.1.3	2024 年 に 実 施 さ れ た 河 岸 保 護 工 の 範 囲	5-2
図 5.1.4	堤 防 の 対 策 工 範 囲 (上 流 端)	5-4
図 5.1.5	堤 防 の 対 策 工 範 囲 (下 流 端)	5-4
図 5.1.6	低 水 河 岸 の 対 策 工 範 囲	5-5
図 5.1.7	対 策 工 範 囲	5-6
図 5.1.8	対 策 工 位置 図	5-10
図 5.1.9	I.堤 防 強 化 標 準 断 面 図	5-11
図 5.1.10	II.低 水 護 岸 工 標 準 断 面 図	5-11
図 5.1.11	III.T 型 水 制 工 一 般 図	5-12
図 5.1.12	IV.屈 曲 水 制 工 一 般 図	5-13
図 5.1.13	水 制 工 断 面 図	5-14
図 5.2.1	堤 防 本 体 の 標 準 断 面 図	5-17
図 5.2.2	Moria Loop Bund へ の 運 搬 ル ー ト	5-18
図 5.2.3	Moria Loop Bund の ス ト ッ ク ヤ ー ド	5-19
図 5.4.1	EC/IEE/EIA の 承 認 フ ロ ー	5-31
図 5.4.2	ジ ェ ン ダ ー ギ ャ ッ プ 指 数 (2024 年)	5-46
図 6.2.1	Moria Loop Bund 周 辺 の 状 況	6-2
図 6.2.2	Moria Loop Bund に お け る 2010 年 洪 水 の 河 川 流 量	6-4
図 6.2.3	Moria Loop Bund に お け る MERIT DEM の 地 盤 高 と Flood Risk Mapping に お け る 浸 水 域	6-5
図 6.2.4	Moria Loop Bund 周 辺 の 堤 防 の 縦 断 図	6-6
図 6.2.5	Moria Loop Bund に お け る HQ 式 の 設 定	6-7
図 6.2.6	Moria Loop Bund に お け る 2010 年 洪 水 の 河 川 水 位	6-7

図 6.2.7	Moria Loop Bund における 2010 年洪水時に破堤した場合の氾濫流量	6-10
図 6.2.8	Moria Loop Bund 付近の堤内地の状況	6-13
図 6.2.9	Moria Loop Bund の 2010 年洪水時の破堤計算結果（最大浸水深）	6-14
図 6.2.10	Moria Loop Bund の 2010 年洪水時の破堤計算結果（時系列浸水深）	6-15
図 6.2.11	Moria Loop Bund における 2010 年洪水で破堤した場合の被害額分布図	6-18

表一覧

表 1.1.1	Sukkur-Larkana 地域に位置する堤防脆弱箇所	1-1
表 1.2.1	堤内地の概要	1-7
表 1.2.2	土地利用の割合	1-7
表 1.2.3	対象地域の主要都市（人口 50,000 人以上）	1-9
表 1.2.4	家屋 1 件当たりの評価額	1-10
表 1.2.5	浸水深別の家屋被害率	1-10
表 1.2.6	対象地域の家屋の資産額	1-11
表 1.2.7	Province ごとの世帯人数	1-11
表 1.2.8	農地 1km ² 当たりの評価額の算出	1-12
表 1.2.9	パキスタンの作付け期間	1-12
表 1.2.10	農地 1ha 当たりの各農作物の収穫量（kg/ha）	1-13
表 1.2.11	Punjab Province、Sindh Province の各農作物の農地面積とその割合	1-13
表 1.2.12	浸水深別の農地被害率	1-14
表 1.2.13	Province ごとの浸水深、浸水日数別の農地被害率	1-14
表 1.2.14	対象地域の農作物の資産額	1-14
表 2.1.1	近年の被災・補修／補強履歴	2-3
表 2.1.2	Moria Loop Bund の基本諸元	2-4
表 2.1.3	Sindh 州の Bund Manual に規定された堤防基本諸元	2-4
表 3.2.1	SFERP の概要表	3-1
表 3.2.2	Ruk Loop Bund を対象とした SFERP（WB 資金）内の事業	3-3
表 3.3.1	FERP の概要表	3-6
表 3.3.2	本検討エリア付近で実施済みの FERP の灌漑施設復旧・復興事業	3-7
表 4.1.1	Indus River 流域内の各流量観測所の確率規模別流量	4-1
表 4.1.2	各流量観測所の 2010 年洪水及び 2022 年洪水の確率規模	4-4
表 4.2.1(1)	対象地域及び周辺地域の各雨量観測所の確率規模別雨量（1 日雨量）	4-6
表 4.3.1	設計外力	4-10
表 5.1.1	対策工の範囲	5-5
表 5.1.2	侵食に対する堤防強化工法の例	5-7
表 5.1.3	基本諸元	5-8
表 5.1.4	堤防本体の対策工	5-8
表 5.1.5	低水護岸の対策工	5-9

表 5.1.6	水制工の基本諸元.....	5-10
表 5.1.7	概算数量表.....	5-14
表 5.1.8	他に候補となる護岸形式（案）.....	5-16
表 5.2.1	Moria Loop Bund の概略工程計画.....	5-21
表 5.3.1	堤防強化施工工種別単価.....	5-23
表 5.3.2	堤防強化施工工事費表.....	5-24
表 5.3.3	侵食対策堤防強化施工費.....	5-24
表 5.4.1	河川堤防の改修・強化地点.....	5-25
表 5.4.2	Sindh 州における環境関連法規制.....	5-28
表 5.4.3	EC/IEE/EIA が必要なプロジェクトのリスト.....	5-28
表 5.4.4	環境影響評価の審査料.....	5-31
表 5.4.5	JICA GL とパキスタンの環境関連法規との比較.....	5-32
表 5.4.6	スコーピング案.....	5-35
表 5.4.7	環境社会配慮調査の TOR.....	5-38
表 5.4.8	現地調査項目の概要.....	5-40
表 5.4.9	JICA ガイドラインと相手国法制度との比較表.....	5-42
表 5.4.10	住民移転計画の案.....	5-44
表 5.4.11	パキスタン憲法（1973）のジェンダーに関連する条文.....	5-45
表 5.4.12	ジェンダーギャップ指数の項目別の内訳（2024年）.....	5-46
表 5.4.13	パキスタンの直近5か年のジェンダーギャップ指数.....	5-47
表 5.4.14	ジェンダーギャップ指数（2024年）の南アジア諸国との比較.....	5-47
表 5.4.15	ジェンダー不平等指数（2022年）.....	5-48
表 5.4.16	ジェンダー開発指数（2022年）.....	5-48
表 5.4.17	Sindh 州のジェンダーに関する法律のリスト.....	5-49
表 5.4.18	Sindh 州ジェンダー平等及び女性の地位向上政策のビジョン、ミッション及び政策目標	5-49
表 5.4.19	主要産業部門別の雇用者の割合（2020-2021）.....	5-53
表 5.4.20	国及び州の雇用者数（2020-2021）.....	5-53
表 5.4.21	環境チェックリスト案（1/2）.....	5-55
表 6.1.1	堤防強化プロジェクトの評価.....	6-1
表 6.2.1	Moria Loop Bund における河川流量設定.....	6-3
表 6.2.2	Moria Loop Bund における HQ プロット.....	6-6
表 6.2.3	Moria Loop Bund における HQ 式の設定.....	6-6
表 6.2.4	Moria Loop Bund における氾濫流量の算定条件.....	6-10
表 6.2.5	破堤計算の計算条件.....	6-11
表 6.2.6	土地利用毎の粗度及び不浸透性.....	6-11
表 6.2.7	Moria Loop Bund の 2010 年洪水時の破堤計算結果.....	6-12
表 6.2.8	Moria Loop Bund における 2010 年洪水で破堤した場合の家屋被害額の算定.....	6-16
表 6.2.9	Moria Loop Bund における 2010 年洪水で破堤した場合の農地被害額の算定.....	6-16
表 6.2.10	Moria Loop Bund における 2010 年洪水で破堤した場合の総被害額の算定.....	6-17

第1章 Indus 川・Sukkur-Larkana 地域の特徴

1.1 区間内に位置する堤防脆弱箇所の特徴

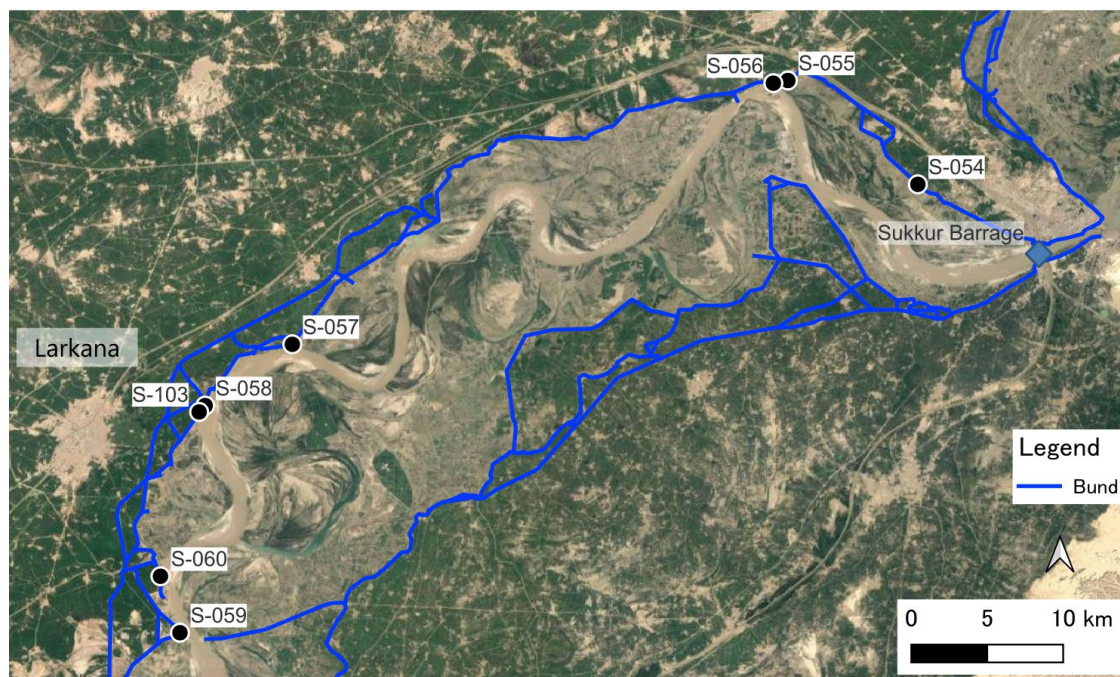
(1) まとめ

Indus 川の Sukkur-Larkana 地域に位置する堤防脆弱箇所を表 1.1.1 及び図 1.1.1 に示す。

表 1.1.1 Sukkur-Larkana 地域に位置する堤防脆弱箇所

ID	名称	堤防脆弱箇所に特定された理由	現在の状況
S-054	S.L Bund Mile 5/6 Near Bachal Shah Miani	2023 年洪水時に漏水。	漏水確認後、対策実施されていない。
S-055	Ghumura Loop Bund	侵食が進行。	補修工事中。
S-056	Ruk Loop Bund	2023 年洪水時に侵食が確認。	侵食による損傷あり。
S-057	Moria Loop Bund	2010 年、2015 年、2017 年洪水時に侵食。	損傷なし。
S-058	Akil Loop Bund	2010 年、2015 年、2022 年洪水時に侵食。	侵食による損傷あり。
S-103	Akil Link Bund	2023 年の小規模出水時に漏水。	漏水確認後、対策実施されていない。
S-060	Old Abad Bund	2010 年洪水時に決壊、2019 年洪水時に侵食、2022 年洪水時に越流。	侵食による損傷あり。
S-059	Abad Mangli Extension Mile 0/0 to 1/5 VP	橋建設により流況が変化	損傷なし。

出典：プロジェクトチーム



出典：プロジェクトチーム

図 1.1.1 Sukkur-Larkana 地域に位置する堤防脆弱箇所の位置図

業務完了報告書 4.2.2 章に記載したとおり、①団員直接及び現地傭人による現地踏査の結果、②PID へのヒアリング（ドナーの動向等）、③堤防評価フローによる破堤の危険度を総合的に勘案した結果、Old Abad Bund 及び Akil Link Bund、Moria Loop Bund、Ruk Loop Bund の 4 カ所がプレ F/S 候補地に挙げられる。これらの 4 カ所のうち、他業務による Pre-F/S 或いは F/S 等の調査予定の無い Moria Loop Bund をプレ F/S サイトとして選定した。

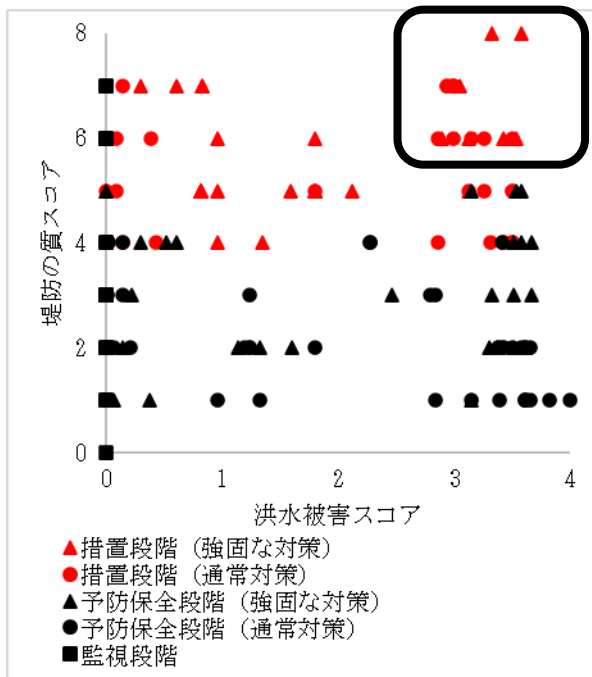
また業務完了報告書 4.2.2 章に記載したとおり、参考検討として堤防の健全性¹及び被害スケールの二つの指標で VP 箇所を評価した。この観点からの評価においても Moria Loop Bund をプレ F/S サイトと選定することは妥当といえる。

【参考】堤防の健全性及び被害スケールを用いたプレ F/S サイトの選定

Indus 川堤防沿いには堤防脆弱箇所が 145 箇所存在する。この全 145 箇所の中で、下記に示す優先度及び対策計画の有無、対策工法の観点から、Sukkur-Larkana 地域に位置する Old Abad Bund 及び Akil Link Bund、Moria Loop Bund が、プレ F/S 候補地として挙げられる。

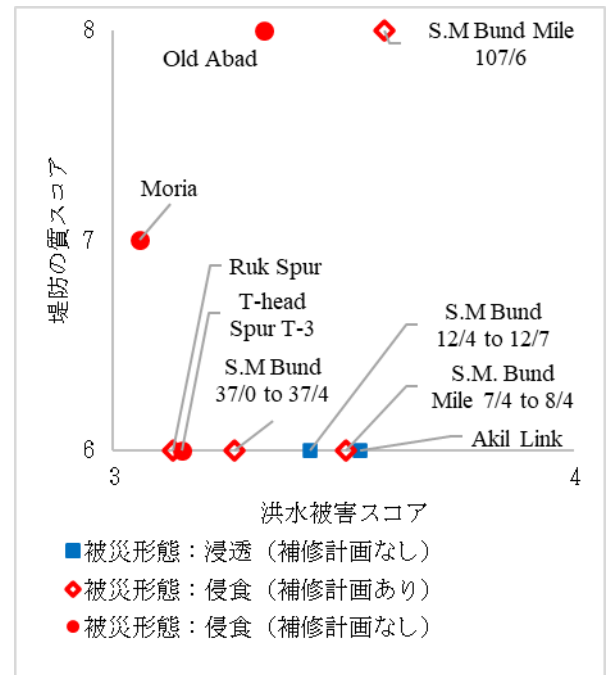
- プレ F/S の対象箇所は、優先度の観点から堤防の質と被害のマトリックス図の右上に位置することが望ましい（図 1.1.2 の黒丸内の堤防脆弱箇所）。
- 堤防の質と被害のマトリックス図の右上に位置する脆弱箇所のうち（図 1.1.3）、被災形態が侵食箇所のプレ F/S 対象箇所候補は Old Abad Bund 及び Moria Loop Bund、被災形態が浸透箇所のプレ F/S 候補は Akil Link Bund とする。その理由は以下のとおりである。
 - 侵食箇所の選定理由：堤防の質と被害のマトリックス図の右上に位置する被災形態が侵食の脆弱箇所は 7 地点ある。この 7 地点のうち 4 地点は既に対策計画が策定されているが、Old Abad Bund 及び Moria Loop Bund、T-head Supur T-3 の 3 地点では計画が策定されていない。Old Abad Bund 及び Moria Loop Bund では、これまでパキスタン側で捨石の投入等の対策が行われている。しかしながら、材料の仕様及び施工品質に課題があることに加え、堤防間際まで河道が近接しており、かつ河床が深く掘れている（HFL からの水深 15～20m 程度）という非常に厳しい条件であることから従来型の侵食対策工による状況の改善効果が見られず、河岸侵食が進行している状況。よって、これらの箇所を候補とする。
 - 浸透箇所の選定理由：堤防の質と被害のマトリックス図の右上に位置する被災形態が浸透の脆弱箇所は S.M Bund Mile 12/4 to 12/7 及び Akil Link Bund である。このうち、Akil Link Bund では 2023 年の小規模洪水時にも漏水を確認しており、かつ破堤による想定被害も大きいことから、より緊急性が高いと考えられる。

¹ 堤体損傷の有無、堤防断面形状、高水敷幅等の情報に基づき、本プロジェクト独自の方法により堤防の状態を定量評価したもので、VP 箇所の分布を確認するための参考資料として作成した。



出典：プロジェクトチーム

図 1.1.2 堤防の質と被害のマトリックス図



出典：プロジェクトチーム

図 1.1.3 堤防の質と被害のマトリックス図
の右上に位置する脆弱箇所

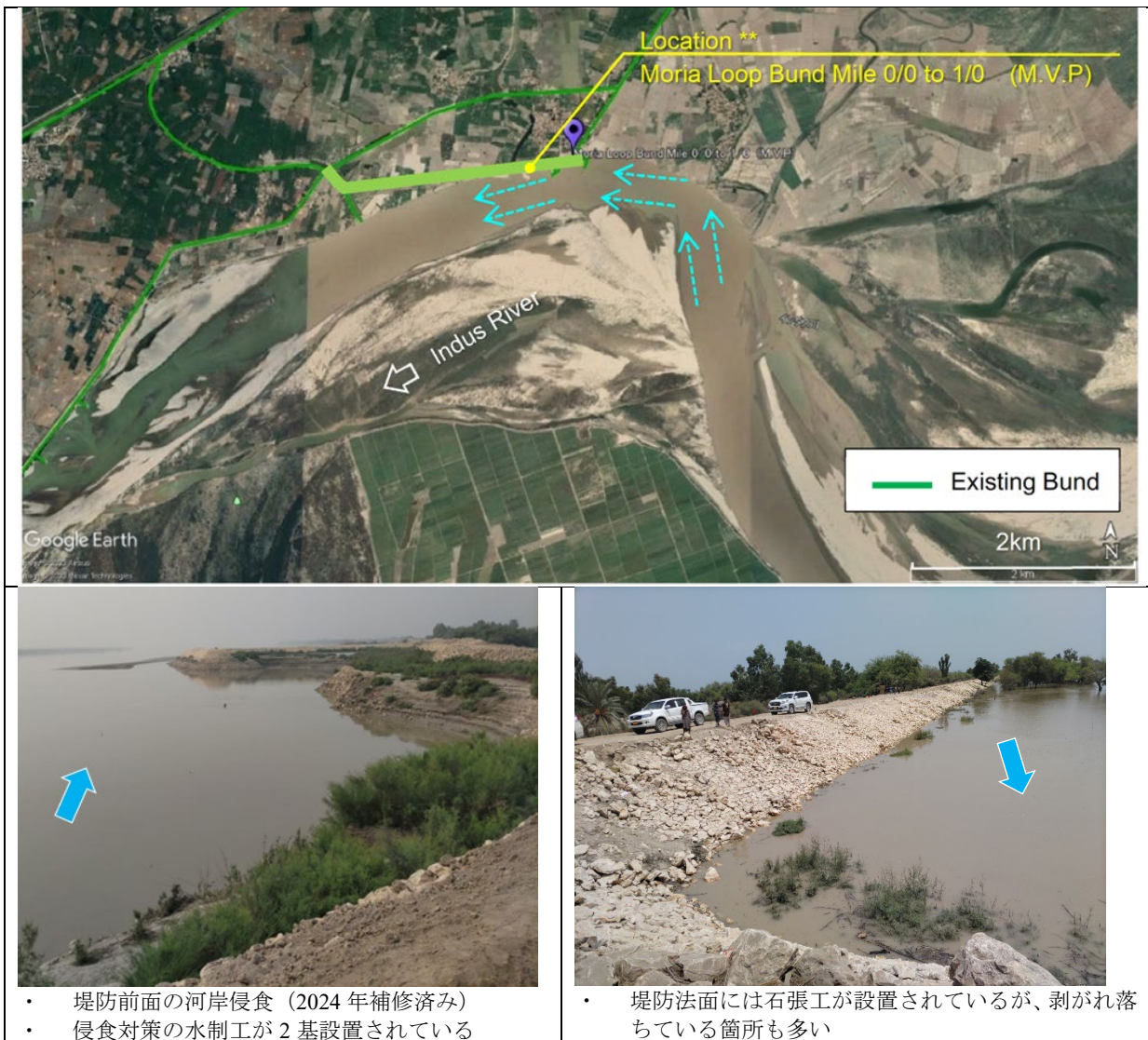
現在実施中の『パキスタン国インダス川下流域における洪水防御堤防強化計画協力準備調査』の対象箇所が Old Abad Bund 及び Akil Link Bund であるため、本プロジェクトのプレ F/S 対象箇所は、Moria Loop Bund となる。

(2) プレ F/S 候補地の概況

1) Moria Loop Bund

調査・分析の結果この Moria Loop Bund の特筆すべき状況は下記のとおりである。

- 堤体に水流が当たり、水制工の設置、低水河岸の保護、堤防法面の保護といった対策が実施されている。
- 侵食が上流側へ拡大していることが確認された。
- 堤防のすぐ背後に村がある。
- 旧水路の跡があるため、浸透流の発生を防ぐ必要がある。
- 水当たりが非常に強く、この状況が砂堆の固定化により継続する可能性が高い。



出展：プロジェクトチーム

写真 1.1.1 現地調査状況 (Moria Loop Bund)

2) Akil Link Bund

調査・分析の結果この Akil Link Bund を取り巻く状況は下記のとおりである。

- 2023 年の低水位洪水時に河川側から後背地への漏水が確認された
- 上流側 (Akil Loop Bund) からの侵食拡大を防ぐ必要がある
- 隣接する地域に人口密集地区 (Larkana) がある



- 堤防前面に高水敷があり、低水路河岸には侵食の傾向は見られない
- 直上流の Akil Link Bund には侵食対策として短い水制 (Stads) が配置されており、河岸侵食を抑制する効果が発揮されている

- 2023 年 8 月 (Low Flood 時) の現地踏査時に堤防裏法尻からの漏水を確認
- 堤体に他の目立った損傷は確認されなかった

出展：プロジェクトチーム

写真 1.1.2 現地調査状況 (Aki Link Bund)

3) Old Abad Bund

調査・分析の結果、Old Abad Bund を取り巻く状況は下記のとおりである。

- 過去の越流による損傷を受け、まだ完全には復旧していない
- 2023 年 8 月及び 11 月の現地調査で深刻な侵食が確認された
- 堤防の高さが不十分
- 侵食が上流側に拡大している

- 隣接する地域に人口密集地区（Larkana）が位置する
- 主流による水当りが強い



出展：プロジェクトチーム

写真 1.1.3 現地調査状況（Old Abad Bund）

1.2 堤内地の状況

1.2.1 堤内地の特徴

今回対象とする Indus River の Sukkur Barrage～Manchar Lake 区間の特徴を整理する。表 1.2.1 に堤内地の概要を示す。対象地域は図 1.2.1 に示すように、右岸 Guddu Barrage～Manchar Lake 区間のうち、対象とする脆弱箇所から氾濫流が到達しうる地域と定義して設定した。

対象地域の地盤高勾配は非常に緩やかであり、氾濫流も非常に広範囲に広がるという特徴がある。また、土地利用の約 88%の農地であり、農作物の被害も大きい地域である（表 1.2.2 及び図 1.2.1 参照）。さらに、Sukkur や Larkana を含む中小規模の都市が点在しており、対象地域の人口は約 550 万人であり、人口 50,000 人以上の都市が 8 個存在する（表 1.2.3 及び図 1.2.2 参照）。

表 1.2.1 堤内地の概要

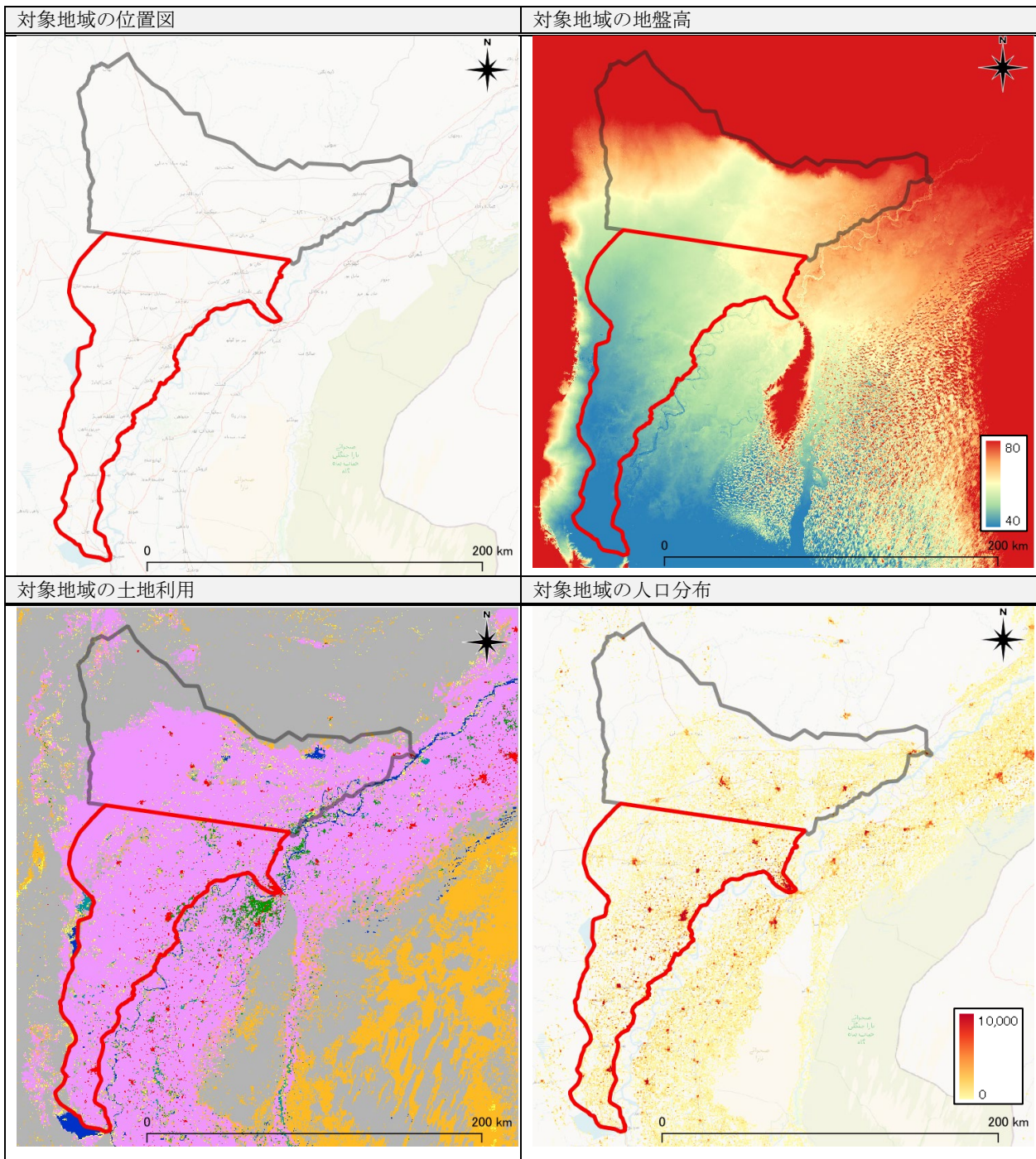
項目	対象地域	右岸 Guddu Barrage～ Manchar Lake 区間
総面積	10,269 km ²	22,465 km ²
人口	5,492,701 人	8,115,368 人
農地割合	87.68 %	75.48 %
農地面積	9,004 km ²	16,956 km ²

出典：プロジェクトチーム

表 1.2.2 土地利用の割合

土地利用	対象地域	右岸 Guddu Barrage～ Manchar Lake 氾濫原
Shrubs	1.74 %	1.70 %
Herbaceous Vegetation	2.21 %	2.47 %
Cropland	87.68 %	75.48 %
Urban or Buildup	1.52 %	0.94 %
Bare or Sparse Vegetation	5.35 %	18.10 %
Snow and Ice	0.00 %	0.00 %
Water Body	0.24 %	0.47 %
Wetland	0.38 %	0.34 %
Moss and Lichen	0.00 %	0.00 %
Forest	0.87 %	0.51 %

出典：プロジェクトチーム



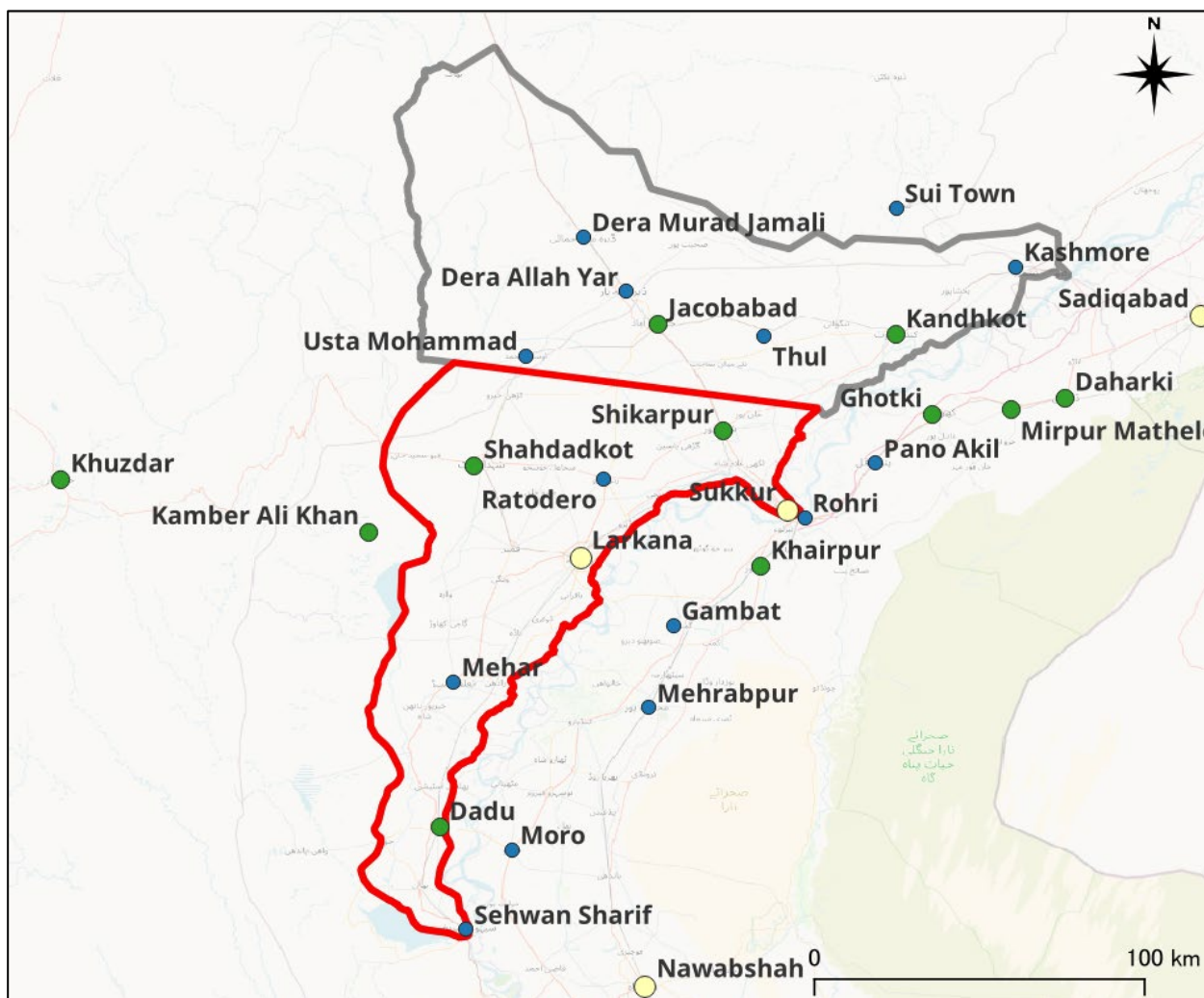
出典：QGIS よりプロジェクトチームが作成

図 1.2.1 対象地域と地盤高・土地利用・人口分布

表 1.2.3 対象地域の主要都市（人口 50,000 人以上）

土地利用	人口
Sukkur	499,900
Larkana	490,508
Shikarpur	195,437
Dadu	171,191
Shahdadt	118,915
Ratodero	67,498
Sehwan Sharif	66,923
Mehar	56,000

出典：Pakistan Bureau of Statistics



出典：Pakistan Bureau of Statistics

図 1.2.2 対象地域及び周辺の主要都市（人口 50,000 人以上）

1.2.2 家屋の資産額

家屋評価額単価の設定では、表 1.2.4 に示すとおり、Pakistan Floods 2022 Assessment 及び治水経済調査マニュアルを基に家屋 1 件当たりの評価額は 2,095,644PKR であると算出された。また、治水経済調査マニュアルにおける浸水深別の家屋被害率を表 1.2.5 に示す。

この単価を使用すると、対象地域の家屋の資産額は、表 1.2.6 に示すとおり、約 2,074 bil. PKR と算定できる。

表 1.2.4 家屋 1 件当たりの評価額

No	項目	内容	備考
①	全壊件数	780,000 件	
②	一部損壊件数	1,270,000 件	
③	合計被災件数	2,050,000 件	算出方法：③=①+②
④	Damage Cost	1,200 bil. PKR	
⑤	Loss Cost	137 bil. PKR	
⑥	合計被害額	1,337 bil. PKR	算出方法：⑥=④+⑤
⑦	被害率（全壊）	0.406	1.0~2.0m の浸水の被害率を採用
⑧	被害率（一部損壊）	0.253	0.5~1.0m の浸水の被害率を採用
⑨	平均被害率	0.311	算出方法：⑨=⑦×①÷③+⑧×②÷③ 被災件数で重み付け平均
⑩	家屋 1 件当たりの評価額	2,095,644 PKR	算出方法：⑩=⑥÷③÷⑨ (合計被害額) = (家屋 1 件当たりの評価額) × (合計被災件数) × (平均被災率)

■ : Pakistan Floods 2022 Assessment の情報、■ : 治水経済調査マニュアルの内容

出典：Pakistan Floods 2022 Assessment 及び治水経済調査マニュアルの内容を基にプロジェクトチームが作成

表 1.2.5 浸水深別の家屋被害率

浸水深 地盤勾配	床下	床上					土砂堆積（床 上）	
		50cm 未満	50~ 99	100~ 199	200~ 299	300cm 以上	50cm 未満	50cm 以上
Aグループ	0.047	0.189	0.253	0.406	0.592	0.800	0.43	0.785
Bグループ	0.058	0.219	0.301	0.468	0.657	0.843		
Cグループ	0.064	0.235	0.325	0.499	0.690	0.865		

A：1/1000 未満、B：1/1000~1/500、C：1/500 以上

- 注：1. 平成 5 年～平成 29 年災のうち利用可能な「水害被害実態調査」やハウスメーカー等へのヒアリングに基づき設定した被害率。（ただし、土砂堆積は従来の被害率）
2. 家屋の全半壊についても考慮した数値である。

出典：治水経済調査マニュアル

表 1.2.6 対象地域の家屋の資産額

No	項目	内容	備考
①	対象地域の人口	5,492,701 人	
②	1 世帯当たり人数	5.55 人/世帯	Sindh Province にある地点 (表 1.2.7 参照)
③	対象地域の家屋数	989,676 件	算出方法：③=①÷②
④	家屋 1 件当たりの評価額	2,095,644 PKR	
⑤	対象地域の家屋の資産額	2,074 bil. PKR	算出方法：⑤=③×④

出典：プロジェクトチーム

表 1.2.7 Province ごとの世帯人数

POPULATION DENSITY AND HOUSEHOLD SIZE BY ADMN UNITS				
ADMN UNIT	POPULATION (MILLION)	POPULATION DENSITY (SQ. KM)	HOUSEHOLD SIZE 1998	HOUSEHOLD SIZE 2017
PAKISTAN	207.68	260.88	6.8	6.39
KP	30.51	409.40	8.0	7.83
FATA	4.99	183.43	9.3	8.60
PUNJAB	109.99	535.63	6.9	6.38
SINDH	47.85	339.60	6.0	5.55
BALUCHISTAN	12.34	35.53	6.7	6.87
ICT	2.00	2211.22	6.2	5.86

出典：Pakistan Bureau of Statistics

1.2.3 農作物の資産額

農地評価額単価の設定では、表 1.2.8 に示すように、Punjab Province、Sindh Province の農地 1km² 当たりの評価額を算出した。その結果、Sindh Province では 45,486,759PKR と算出された。

なお、パキスタンの作付け期間 Cropping Pattern Zonation of Pakistan のデータを使用し、Wheat 以外 は洪水期とパキスタンの作付け期間が重複している (表 1.2.9 参照)。収穫量は Economic Survey 2021-22 の情報を基に、2017-18 から 2021-22 の 5 年間データを平均したものを使用した (表 1.2.10 参照)。農作物単価は Pakistan Bureau of Statistics より 2023 年 7 月～2024 年 6 月のデータを平均して算出した。Cotton、Sugarcane、Maize に関しては古いデータしかなかったため、物価上昇を考慮して価格を設定した。農地面積割合は Cropping Pattern Zonation of Pakistan のデータを使用した (表 1.2.11 参照)。

また、農地被害額を算出する際には、表 1.2.12 に示す治水経済調査マニュアルにおける浸水深別の農地被害率を使用する。Punjab Province、Sindh Province それぞれの田 (Rice) と畑 (それ以外の農作物) の存在割合から、浸水深、浸水日数別の農地被害率を表 1.2.13 のとおりに算出した。

この単価を使用すると、対象地域の農作物の資産額は、表 1.2.14 に示すとおり、約 410 bil. PKR と算定できる。

表 1.2.8 農地 1km² 当たりの評価額の算出

農作物	収穫量 (kg/ha)	農作物単価 (PKR/kg)	農作物価格 (PKR/ha)	Punjab	Punjab平均農作物	Sindh	Sindh平均農作物	データ年度	
				農地割合 (%)	価格算出 (PKR/km ²)	農地割合 (%)	価格算出 (PKR/km ²)		
	①	②	③ (=①×②)	④	⑤ (=③×④)	④'	⑤' (=③×④')		
Kharif	Cotton	677	170.23	115,317	15.21	1,754,447	19.72	2,274,618	2008-09・物価上昇を考慮
	Rice	2,547	165.22	420,805	12.94	5,445,606	23.92	10,064,849	2023-24
	Sugarcane	65,348	14.06	918,708	5.45	5,007,899	10.14	9,318,891	2010-11・物価上昇を考慮
	Maize	5,608	80.26	450,090	4.96	2,230,578	0.04	16,799	2010-11・物価上昇を考慮
Ravi	Wheat	2,892	130.22	376,636	—	—	—	—	2023-24
	Potatoe	25,180	84.08	2,117,099	1.17	2,485,289	0.02	38,103	2023-24
	Onion	14,974	139.66	2,091,302	0.31	656,847	1.70	3,549,722	2023-24
合計	—	—	—	40.05	17,580,666	55.54	25,262,982	—	
農作物価格 (重み平均)	—	—	—	100.00	43,896,861	100.00	45,486,759	—	

出典：Economic Survey 2021-22、Pakistan Bureau of Statistics、Cropping Pattern Zonation of Pakistan

表 1.2.9 パキスタンの作付け期間

Crops Name	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
	Rice																							
Sugarcane																								
Cotton																								
Millat																								
Maize																								
Pulses																								
Barley																								
Vegetables																								
Rabi	Wheat																							
	Vegetables																							
	Animal Fodder																							

出典：Cropping Pattern Zonation of Pakistan

表 1.2.10 農地 1ha 当たりの各農作物の収穫量 (kg/ha)

Year	Kharif				Rabi		
	Cotton	Rice	Sugarcane	Maize	Wheat	Potatoe	Onion
2017-2018	753	2,568	62,096	4,718	2,851		
2018-2019	707	2,563	60,956	4,968	2,806		
2019-2020	618	2,444	63,841	5,614	2,868		
2020-2021	578	2,525	69,534	6,305	2,996	25,066	14,992
2021-2022(P)	731	2,635	70,314	6,436	2,940	25,293	14,956
Average	677	2,547	65,348	5,608	2,892	25,180	14,974

出典：Economic Survey 2021-22

表 1.2.11 Punjab Province、Sindh Province の各農作物の農地面積とその割合

農作物	Punjab		Sindh		
	農地面積 (ha)	割合	農地面積 (ha)	割合	
Kharif	Cotton	2,126,572	15.21	614,836	19.72
	Rice	1,808,832	12.94	745,539	23.92
	Sugarcane	761,922	5.45	316,177	10.14
	Maize	692,708	4.96	1,163	0.04
	Sorghum	183,667	1.31	13,104	0.42
	Groundnut	87,049	0.62	556	0.02
	Sunflower	25,438	0.18	124,741	4.00
	Sesame	66,271	0.47	9,360	0.30
	Mashbean	14,402	0.10	146	0.00
	Mungbean	119,751	0.86	645	0.02
	O.K.Pulses	1,626	0.01	63	0.00
Rabi	Wheat	6,802,964	48.67	1,128,435	36.20
	Rapeseed & Mustard	138,400	0.99	51,338	1.65
	Chickpea	869,820	6.22	15,855	0.51
	Barley	22,635	0.16	12,447	0.40
	Potatoe	164,085	1.17	561	0.02
	Onion	43,902	0.31	52,908	1.70
	Lentil	10,088	0.07	1,434	0.05
	Tobacco	18,026	0.13	141	0.00
	Garlic	3,175	0.02	1,249	0.04
	Green peas	12,186	0.09	20,608	0.66
	O.R Pulses	219	0.00	91	0.00
	Corriander	547	0.00	2,797	0.09
	Lin-seed	673	0.00	2,350	0.08
Sugar-beet	2,644	0.02	506	0.02	
Total	Total	13,977,601	100.00	3,117,050	100.00

出典：Cropping Pattern Zonation of Pakistan

表 1.2.12 浸水深別の農地被害率

事項 冠浸水深 浸水日数 作物種類	冠 浸 水												土砂埋没			
	0.5m 未満				0.5~0.99m				1.0m 以上				地表からの土砂堆積深			
	1 }	3 }	5 }	7 以上	1 }	3 }	5 }	7 以上	1 }	3 }	5 }	7 以上	0.5 m 未 満	0.5 ~ 0.99 m	1.0 m 以 上	
田	水稻	21	30	36	50	24	44	50	71	37	54	64	74	70	100	100
畑	陸稲	20	34	47	60	31	40	50	60	44	60	72	82			
	甘しょ	11	30	50	50	27	40	75	88	38	63	95	100			
	白菜	42	50	70	83	58	70	83	97	47	75	100	100			
	蔬菜	19	33	46	59	20	44	48	75	44	38	71	84			
	根類	32	46	59	62	43	57	100	100	73	87	100	100			
	瓜類	22	30	42	56	31	38	51	100	40	50	63	100			
	豆類	23	41	54	67	30	44	60	73	40	50	68	81			
畑平均		27	42	54	67	35	48	67	74	51	67	81	91	68	81	100

注) 1. 「蔬菜」は、ねぎ、ほうれん草、その他、「根菜」は、大根、里芋、ごぼう、人参、「瓜類」はきゅうり、瓜、西瓜、「豆類」は小豆、大豆、落花生等である。
2. 土砂埋没の被害率は、河川の氾濫土砂によるものであるので、「土石流」の場合は実情に応じて修正すること。

出典：治水経済調査マニュアル

表 1.2.13 Province ごとの浸水深、浸水日数別の農地被害率

浸水深	浸水日数	田			畑平均			平均被害率	
		被害率	Punjab 農地割合	存在割合 Sindh	被害率	存在割合 Punjab	存在割合 Punjab	Punjab	Sindh
1.0m 以上	7.0 日以上	0.74	0.32	0.43	0.91	0.68	0.57	0.86	0.84
	5.0~7.0 日	0.64			0.81			0.76	0.74
	3.0~5.0 日	0.54			0.67			0.63	0.61
	1.0~3.0 日	0.37			0.51			0.46	0.45
0.5~1.0m	7.0 日以上	0.71	0.32	0.43	0.74	0.68	0.57	0.73	0.73
	5.0~7.0 日	0.50			0.67			0.62	0.60
	3.0~5.0 日	0.44			0.48			0.47	0.46
	1.0~3.0 日	0.24			0.35			0.31	0.30
0.2~0.5m	7.0 日以上	0.50	0.32	0.43	0.67	0.68	0.57	0.62	0.60
	5.0~7.0 日	0.36			0.54			0.48	0.46
	3.0~5.0 日	0.30			0.42			0.38	0.37
	1.0~3.0 日	0.21			0.27			0.25	0.24

※考慮している農作物のうち、Wheat を除き、田 (Rice) の農地面積の割合を算出した。

(表 1.2.11 において、Punjab 農地割合=12.94%÷40.05%=0.32、Sindh 農地割合=23.92%÷55.54%=0.43)

出典：プロジェクトチーム

表 1.2.14 対象地域の農作物の資産額

No	項目	内容	備考
①	対象地域の総面積	10,269 km ²	
②	対象地域の農地面積	9,004 km ²	
③	農地 1km ² 当たりの評価額	45,486,759 PKR	
④	対象地域の農作物の資産額	410 bil. PKR	算出方法：④=②×③

出典：プロジェクトチーム

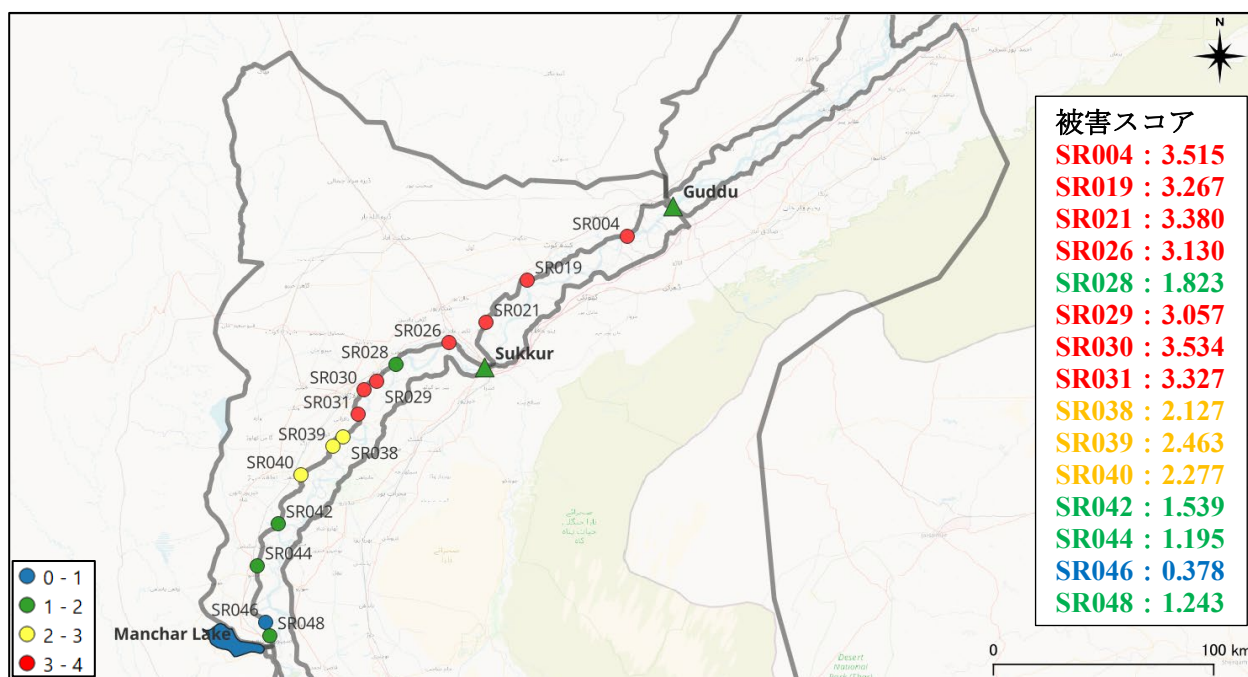
1.2.4 氾濫の特性

対象地域における氾濫特性について述べる。

Sukkur Barrage～Kotri Barrage の河川勾配は約 1/12,000 であり、対象地域の地盤高勾配も非常に緩やかである。したがって、Indus River の各脆弱箇所破堤した場合、氾濫流は FP Bunds から Manchar Lake に向かうルートで流下し、対象地域の非常に広範囲に広がるという特徴がある。



報告書本編では洪水被害額と都市への洪水到達時間から洪水スコアを算定したが、この結果を図 1.2.3 に示す。この洪水スコアが 3 点以上の地域は被害規模が非常に大きく、氾濫解析をベースとした場合に優先すべき地域となる。前節で候補地点とした各脆弱箇所は、氾濫解析における SR026、SR029、SR030、SR031 の各地点に相当し、いずれも被害スコア 3 点以上であり、被害規模は非常に大きい地点である。各脆弱箇所における氾濫解析結果の概要を図 1.2.4 に示す。

氾濫解析結果の概要を確認しても、各脆弱箇所から対象地域の下流側全体が浸水し、非常に広範囲に氾濫流が流下していることがわかる。SR026 に該当する地点では Larkana への浸水はほとんどないが、浸水面積は 5,000 km² 以上となる。SR029、SR030、SR031 に該当する地域では短時間で Larkana に氾濫流が到達する地域である。



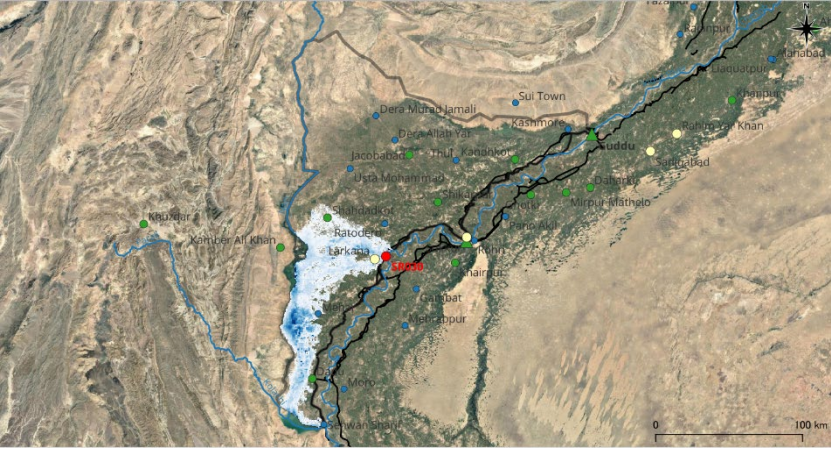
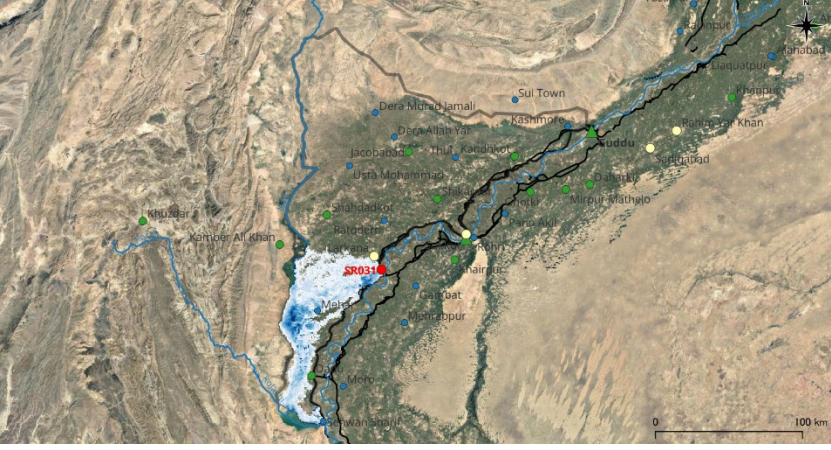
出典：プロジェクトチーム

図 1.2.3 被害スコア算定結果

<p>SR026 に該当 1) S.L Bund Mile 5/6 Near Bachal Shah Miani 2) Ghumra Loop Bund 3) Ruk Loop Bund</p>	<p>被害規模分類：D</p>
	<p>氾濫面積：5,220 km² 被災者数：1,886,120 人 農地面積：4,449 km² 最大氾濫流量：2,492 m³/s 氾濫ボリューム：2,956 mil. m³ 家屋被害額：171,247 mil. PKR 農地被害額：126,920 mil. PKR その他被害額：170,060 mil. PKR 総被害額：468,228 mil. PKR 近隣都市：Ratodero 洪水到達時間：60 時間 被害額スコア：3.308 洪水到達時間スコア：0.625 最終被害スコア：3.130</p>
<p>SR029 に該当 4) Moria Loop Bund</p>	<p>被害規模分類：D</p>
	<p>氾濫面積：3,351 km² 被災者数：1,432,705 人 農地面積：2,847 km² 最大氾濫流量：1,930 m³/s 氾濫ボリューム：1,813 mil. m³ 家屋被害額：123,961 mil. PKR 農地被害額：82,236 mil. PKR その他被害額：117,605 mil. PKR 総被害額：323,802 mil. PKR 近隣都市：Larkana 洪水到達時間：14 時間 被害額スコア：2.926 洪水到達時間スコア：1.833 最終被害スコア：3.057</p>

出典：プロジェクトチーム

図 1.2.4(1) 各脆弱箇所における氾濫解析結果の概要

<p>SR030 に該当 5) Akil Loop Bund 6) Akil Link Bund</p>	<p>被害規模分類：D</p>
	<p> 氾濫面積：3,489 km² 被災者数：1,657,730 人 農地面積：2,990 km² 最大氾濫流量：2,393 m³/s 氾濫ボリューム：2,211 mil. m³ 家屋被害額：149,154 mil. PKR 農地被害額：86,590 mil. PKR その他被害額：134,457 mil. PKR 総被害額：370,201 mil. PKR 近隣都市：Larkana 洪水到達時間：4 時間 被害額スコア：3.079 洪水到達時間スコア：3.333 最終被害スコア：3.534 </p>
<p>SR031 に該当 7) Old Abad Bund 8) Abad Mangli Extension Mile 0/0 to 1/5</p>	<p>被害規模分類：D</p>
	<p> 氾濫面積：3,102 km² 被災者数：1,474,401 人 農地面積：2,642 km² 最大氾濫流量：2,764 m³/s 氾濫ボリューム：2,689 mil. m³ 家屋被害額：140,043 mil. PKR 農地被害額：78,510 mil. PKR その他被害額：124,652 mil. PKR 総被害額：343,205 mil. PKR 近隣都市：Larkana 洪水到達時間：8 時間 被害額スコア：3.016 洪水到達時間スコア：2.667 最終被害スコア：3.327 </p>

出典：プロジェクトチーム

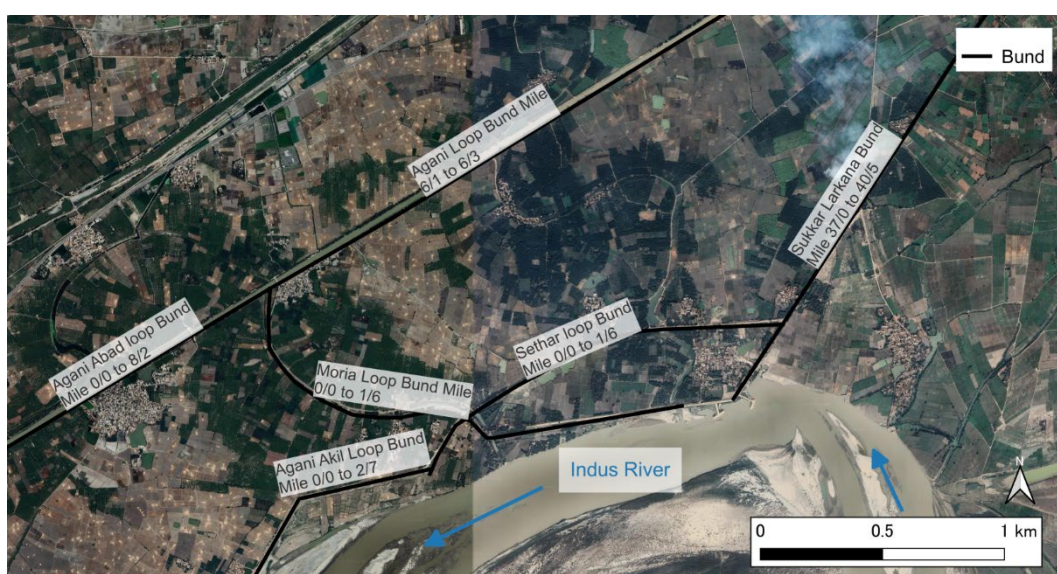
図 1.2.4(2) 各脆弱箇所における氾濫解析結果の概要

第2章 検討対象となる堤防（Moria Loop Bund）の状況

2.1 既存堤防の概況

2.1.1 堤防等の施設整備状況

Sindh 州提供の堤防 SHP データを表示した平面図を図 2.1.1 に示す。対象の Moria Loop Bund の上流側には Sukkar Larkana Bund、下流側には Agani Akil Loop Bund、堤内地側には Sethar Loop Bund 及び Agani Loop Bund が位置している。また、侵食対策として、堤防前面に 2 基の水制工が設置されている。

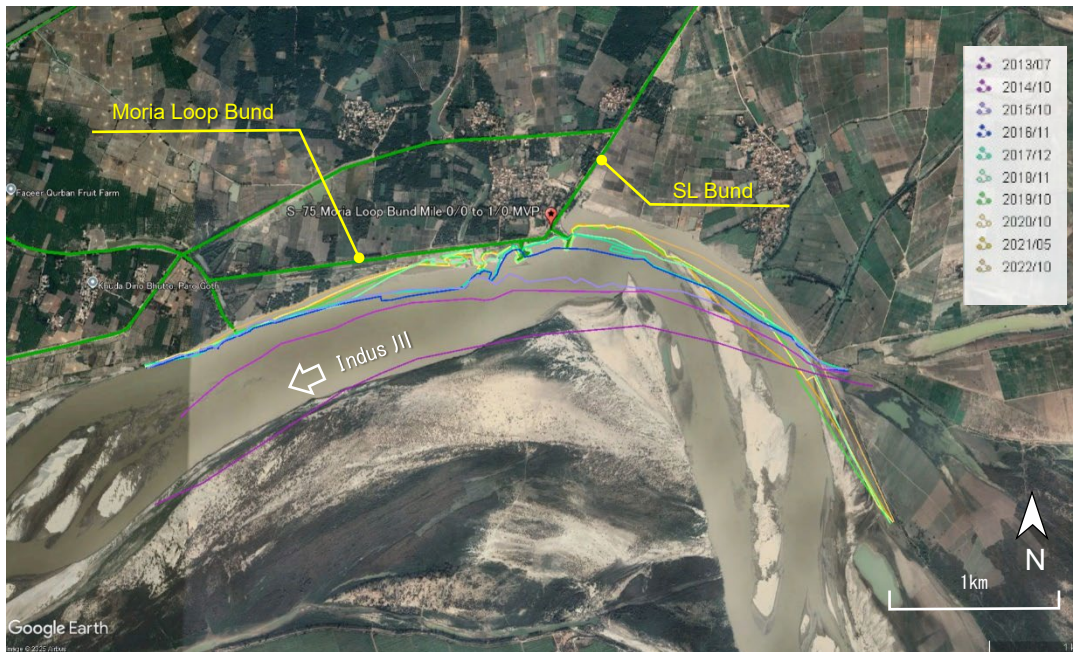


出典：QGIS 衛星画像及び Sindh 州提供の堤防 SHP よりプロジェクトチーム作成

図 2.1.1 Moria Loop Bund

2.1.2 河岸位置の経年変化

Moria Loop Bund の前面には 2010 年以前から低水路が位置しているが、2010 年時点で堤防本体と河岸との離隔は 300m 程度であった。ここで、図 2.1.2 に 2013 年以降の河岸の変遷を図示する。過去の衛星画像（Google Earth）によると、2010 年以前の河岸位置は上記の位置で概ね安定している。2012 年から 2013 年にかけて、主流路が河道中央による形となり、一旦低水路河岸と堤防本体との離隔は広がったものの、その後、主流路が右岸側に湾曲して膨らむ傾向が強くなりはじめ、2015 年に Sindh PID により深刻な侵食が発生した箇所として認識された。2013 年以降、2024 年現在に至るまで、低水路河岸の侵食が継続しており、特に堤防上流側の低水河岸の侵食の進行が顕著である。



出典：Google Earth にプロジェクトチーム追記

図 2.1.2 検討対象箇所周辺の河岸位置の変遷

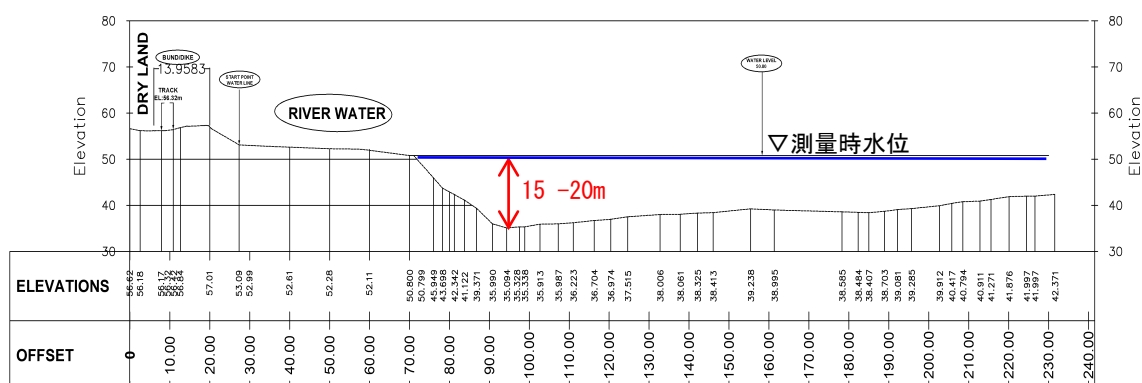
2.1.1 河床侵食の状況

本検討において地形測量を実施したところ、堤体本体付近の河岸前面（図 2.1.3 の赤丸）で河床が深掘れしていることが確認された。横断面図のとおり（図 2.1.4）、水面から河床までの深さが 15 m～20m 程度ある。



出典：Google Earth にプロジェクトチーム追記

図 2.1.3 検討対象箇所の深掘り区間



出典：プロジェクトチーム

図 2.1.4 深掘れ箇所横断面図

2.1.2 被災及び補修／補強履歴

インベントリー調査時の Sindh-PID へのヒアリングにより整理した被災及び補修／補強履歴を表 2.1.1 に示す。破堤等堤防本体の深刻な損傷には至っていないが、FFC が実施した補修／補強工が翌年に浸食していることから、侵食被害が生じやすい場所であることが推察される。

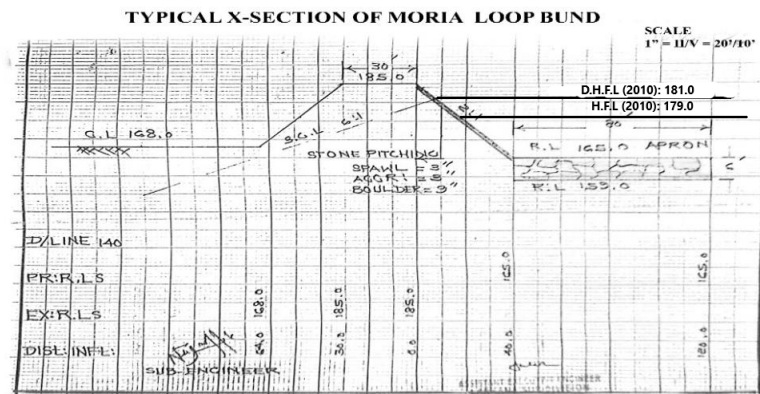
表 2.1.1 近年の被災・補修／補強履歴

時期	被災、或いは、補修／補強	内容
2015	被災	出水時に堤体本体が浸食
2016	補修／補強	FFC の資金により、侵食箇所を補修／補強するために、堤体への空石張りの護岸工及び石積みの根固め工を実施
2017	被災	出水時に、2016 年に実施した石張りの護岸工及び石積みの根固め工が被災

出典：Sindh-PID へのヒアリングよりプロジェクトチームが作成

2.1.3 基本諸元

インベントリー調査で PID より入手した標準断面図を図 2.1.5 に示す。標準断面図及びインベントリー調査のヒアリング結果より整理した Moria Loop Bund の基本諸元を表 2.1.2 に示す。侵食対策として、堤防面上の空石張り (Stone Pitching) 及び捨石 (Stone Damping)、堤防法尻に配置された根固工 (Stone Apron) が設置されている。



出典：Sindh-PID 提供資料

図 2.1.5 Moria Loop Bund の標準断面図

表 2.1.2 Moria Loop Bund の基本諸元

項目	諸元
H.F.L	179.00 Ft.
天端高	185.00 Ft.
余裕高	6.00 Ft.
天端幅	30.0 Ft.
川表法勾配	1:2
川裏法勾配	1:2
天端被覆	天端被覆なし
法面被覆	空石張り

出典：Sindh-PID へのヒアリング及び標準断面図よりプロジェクトチームが作成

2.1.4 計画断面

Sindh 州の Bund Manual、NFPP-IV、MoM¹及び既存の Moria Loop Bund の基本諸元より、対象地域に求められる計画断面を整理した（表 2.1.3）。各項目の考え方は以下に記す。

表 2.1.3 Sindh 州の Bund Manual に規定された堤防基本諸元

項目	Moria Loop Bund の現況	Sindh 州 Bund Manual	NFPP-IV	MoM ¹	本検討での採用値	備考
余裕高	6 ft	4 ft	6 ft	7 ft	7 ft	
天端幅	30 ft	20 ft	25 ft	-	30 ft	
川表法勾配	2.0:1	High Bund : 3.0:1 ~ 4.0:1	3.0:1	-	3.0:1	法面被覆を行うため 3 割を採用
川裏法勾配	2.0:1	High Bund : 2.0:1 (天端から小段) +6.0:1 (小段から地表)	2.0:1	-	3.0:1	想定浸潤線 (6:1) からの離隔を確保しつつ用地への影響を考慮して 3 割を採用

出典：各基準を参照しプロジェクトチームで整理

¹ MoM to “Review Design Criteria of Flood Works and SOPs of Barrages Held on March 07, 2011.”

【余裕高】

余裕高は Sindh 州の Bund Manual では 4 ft、NFPP-IV では 6 ft と規定されているが、余裕高は 7 ft が望ましいとする MoM が 2010 年の洪水後に FFC より発出されている。このため、本プロジェクトでは安全側となるように、計画断面の余裕高は 7 ft とする。

【堤防幅】

堤防幅は Sindh 州の Bund Manual では 20 feet、(NFPP)-IV では 25 feet と規定されているが、Moria Loop Bund の堤防幅は既に 30 ft あるため、堤防幅は 30 ft とする。

【川表法勾配】

Sindh 州では堤防の高さに応じて異なる斜面が指定されている。本検討における堤防高は概ね 12 フィート (3.6m) 以上であり、Bund Manual の「High Bund」に分類される。High Bund における必要のり面勾配は、3:1 から 4:1 である。洗堀されやすい砂質土や波浪の影響を受ける箇所については、4:1 が推奨されている。一方、その他の箇所は 3:1 を基本とし、石張り等で保護された箇所は、2:1 まですぐ急勾配にできるとされる。

本検討における堤防は、表面保護工を想定しており Sindh 州の規定に照らすと 3:1~2:1 となる。FFC の規定値 (NFPP-IV の Design Criteria) が 3:1 であることから、これに従い、法面勾配 (川側) は 3:1 とする。

【川裏法勾配】

Sindh 州の Bund Manual の川裏法勾配に関する記述として下記 2 点が挙げられる。

- ・ 小段を設け、小段上部は 2 割勾配、小段下部は 6 割勾配とする。
- ・ 想定浸潤線 (6 : 1) を被覆する土層土被り厚は 4 ft 以上とする。

小段を設けると、川裏法尻の位置が堤内地側に大きく伸び、堤内地側への影響が大きくなる。また、Moria Loop Bund の堤体幅は各種ガイドラインの規定値よりも広いため、小段無の 3 割勾配にした場合でも想定浸潤線を被覆する土層土被り厚は 4 ft が確保できる。このため、計画断面の川裏法勾配を 3 割勾配とする。

2.2 対象箇所における現状の課題

2.1 章より、現状の課題として以下が挙げられる。

- ・ 堤防上流側の低水河岸の侵食が進行している。
- ・ 堤防及び低水河岸前面の河床が深掘れしている。
- ・ 空石張り (Stone Pitching) や根固工 (Stone Apron) が設置された翌年に被災している。
- ・ 堤防高が所要の余裕高を満たしていない。
- ・ 堤防天端幅は所要の幅を満たしているものの、法勾配が所要の値よりも急である。

第3章 関連する河川改修業務

3.1 概説

Sindh 州では、JICA 以外にも、主に国際機関がドナーとなり河川改修事業が実施されてきた。以下に、本検討と関連の深い他ドナーの事業について記載する。

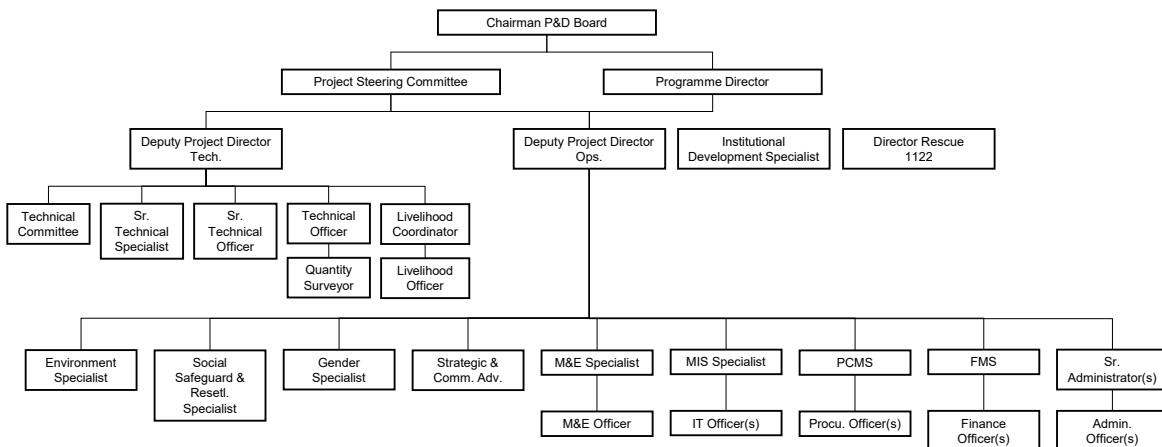
3.2 世界銀行 (WB)

Sindh 州を含むパキスタン全土に甚大な被害をもたらした 2022 年洪水を受けて、WB は Sindh 州において「Sindh Flood Emergency Rehabilitation Project (SFERP)」を 2023 年から実施している。SFERP の位置図、概要表及び組織図を以下に示す。

表 3.2.1 SFERP の概要表

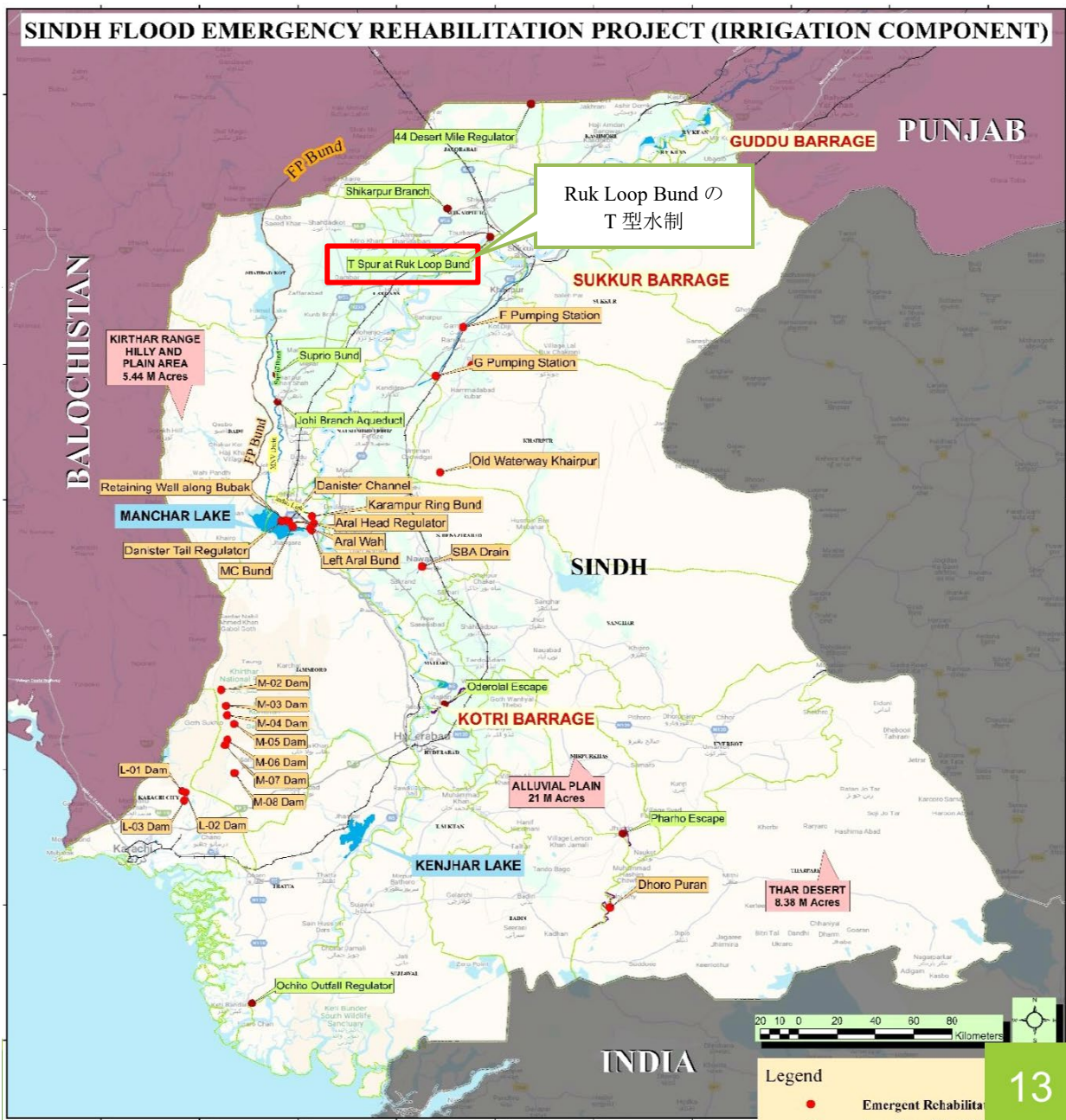
項目	内容
事業期間	2023 年 1 月 10～2027 年 12 月 31 日
事業目的	<ul style="list-style-type: none"> ● 2022 年の洪水で被害を受けた Sindh 州の特定地域のインフラ復旧 ● 気候変動や自然災害の影響に対応するため Sindh 州政府の能力強化
建設事業費	212 百万 USD (コンポーネント 1 Infrastructure Rehabilitation のみ)
コンポーネント	<p>1. Infrastructure Rehabilitation</p> <p>1.1 Emergent Works (33 事業：2022 年洪水で破堤した 208 カ所 (人工破堤を含む) の補修、12 カ所のポンプ場の補修等が含まれ、全事業が完了済み)</p> <p>1.2 Emergent Rehabilitation Works (32 事業：堤防及び灌漑施設の補修が含まれ、ほとんどの事業が完了済み)</p> <p>1.3 Long Term Rehabilitation Works (19 事業：治水ダム、灌漑用水、排水路網等の整備や補修を含む、ほとんどの事業が完了済み)</p> <p>2. Livelihood Support</p> <p>3. Institutional Strengthening for Resilience & Technical Assistant</p> <p>4. Project Management and Operational Costs</p> <p>5. Contingent Emergency Response</p>

出典：SFERP 提供資料と HP (<https://sferp.gos.pk/>) を基に調査チームが作成



出典：SFERP の HP (<https://sferp.gos.pk/>) 情報を基に調査チームが作成

図 3.2.1 SFERP の組織図



出典：SFERP 提供資料

図 3.2.2 SFERP の位置図

本検討と近接する Sukkur 堰下流右岸の事業としては、Ruk Loop Bund の T 型水制の建設及び堤防本体の補修がある（表 3.2.2 参照）。

表 3.2.2 Ruk Loop Bund を対象とした SFERP (WB 資金) 内の事業

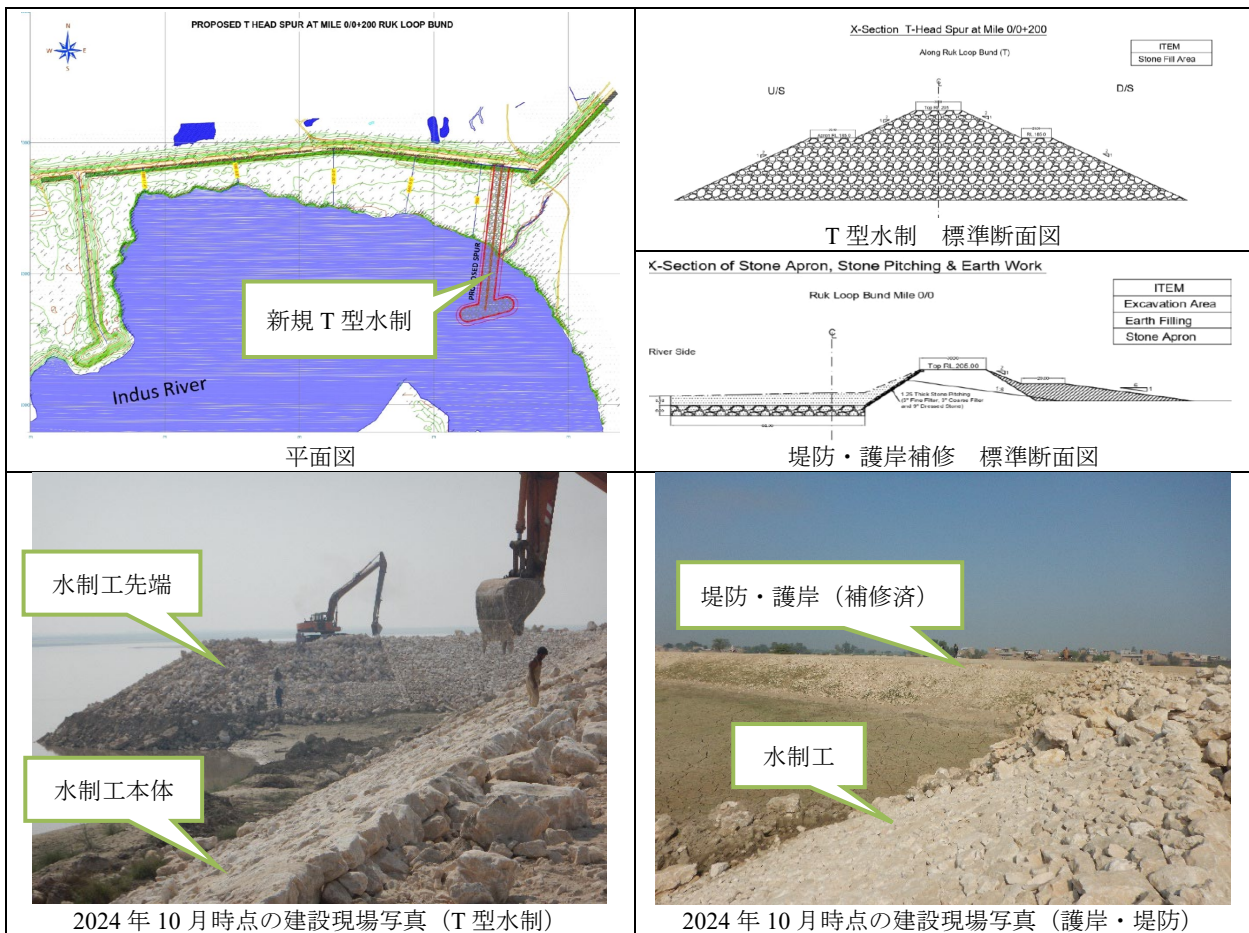
Activity Reference No. /Description	Status	Loan / Credit No.	Estimated Amount (US\$)	Signed Contract	Contract Completion
PK-POSID-356470-CW-DIR /Construction of new T-head Spur along Ruk loop bund mile 0/0+200, 04 Nos. Stone Studs, providing stone pitching, stone apron along Ruk loop bund mile 0/0 to 0/5 and Ghumra loop bund mile 4/6 & providing stone pitching and apron at remaining portions.	Under Review	IDA / 72500	10,393,757.00	2023-06-19 (Actual)	2024-01-22 (Proposed)
PK-POSID-433285-CW-RFB /Rehabilitation of Ruk Loop Bund(Additional Work of Bund not carried out in Phase- I) between mile 0/0 to mile 0/5.	Pending Implementation	IDA / 72500	4,849,138.00	2024-07-28 (Proposed)	2024-10-26 (Proposed)

出典 : <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099070924033032053/pdf> より抜粋

これらのうち T 型水制の建設は表 3.2.1 の「1.3 Long Term Rehabilitation Works」のコンポーネントに含まれており、2024 年 10 月に現地を訪れた際には、施工中であった。

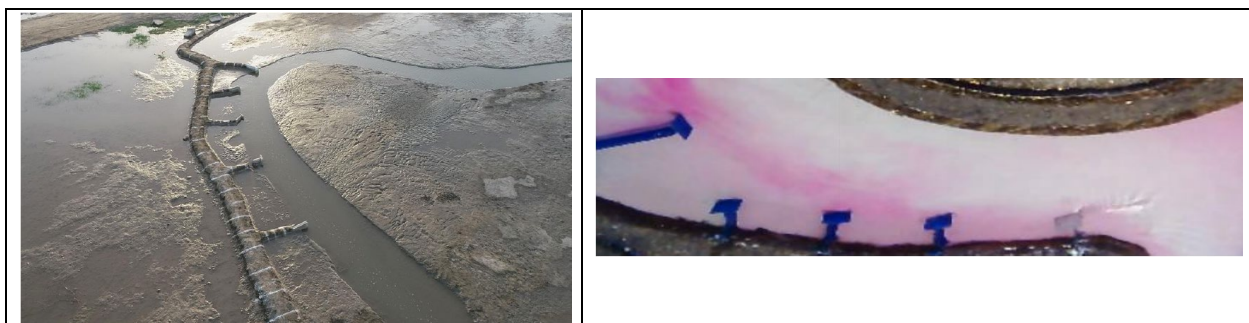
なお、Ruk Loop Bund の T 型水制について、2022 年 12 月に Directorate Hydrology and Research Hyderabad Irrigation Department にて水理模型実験を行い、その仕様を決定している。

Ruk Loop Bund における T 型水制の概要図及び 2024 年 10 月時点の建設現場の写真を図 3.2.3 に、T 型水制の水理模型実験の様子を図 3.2.4 に示す。



出典：Environmental & Social Management Plan (ESMP) for Construction of New T-Head Spur along Ruk Loop Bund (Rd 6+850 To Rd 12+850)及び調査チーム

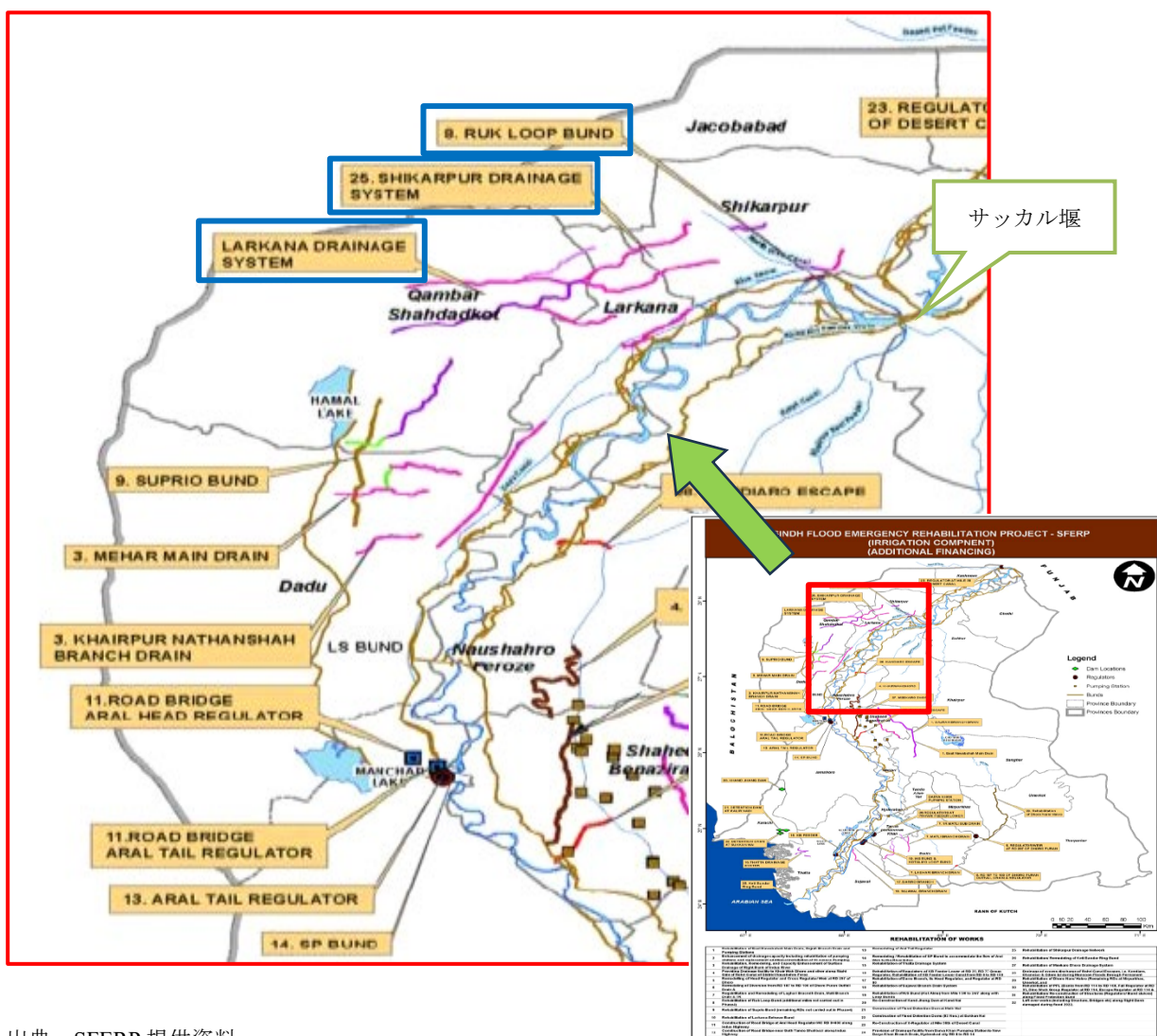
図 3.2.3 Ruk Loop Bund における T 型水制の概要図及び 2024 年 10 月時点の建設現場写真



出典：Ruk Loop Bund Hydraulic Feasibility Study (Directorate Hydrology and Research Hyderabad Irrigation Department)

図 3.2.4 Ruk Loop Bund における T 型水制の水理模型実験の様子

また SFERP はフェーズ II として追加融資を WB に提案中であり、本検討と近接する Sukkur 堰下流右岸の事業としては、Ruk Loop Bund、Shikarpur と Larkana の排水システム改善等が提案されている。提案された SFERP Phase-II の位置図を以下に示す。本検討との事業の重複はない。



出典：SFERP 提供資料

図 3.2.5 提案された SFERP Phase-II の位置図

3.3 アジア開発銀行 (ADB)

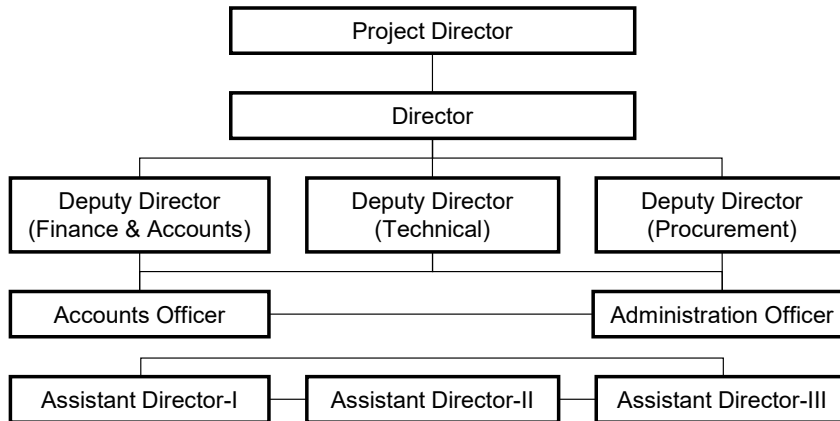
ADB は FFC が策定した国家洪水防御計画 (NFPP : National Flood Protection Plan) の事業実施に対する借款 (FPSP : Flood Protection Sector Project) を支援する等、パキスタンの治水事業、特に構造物対策に支援を行ってきた。

Sindh 州を含むパキスタン全土に甚大な被害をもたらした 2010 年洪水時において、ADB と WB で DNA (Damage and Needs Assessment) を作成し、その中の優先事業に対して、ADB は Sindh 州において「Flood Emergency Rehabilitation Project (FERP)」を実施した。FERP の概要表及び組織図を以下に示す。

表 3.3.1 FERP の概要表

項目	内容
事業期間	2742-PAK—Loan：2011 年 5 月 26 日～現在継続中 2743-PAK—Loan：2011 年 5 月 26 日～2015 年 4 月 15 日
事業目的	重要インフラの復旧及び再建を通じて、経済的及び社会的回復を洪水前のレベルに戻し、将来の洪水に対するレジリエンスを高める
借款額	2742-PAK—Loan：660 百万 USD（通常資本財源：Ordinary Capital Resources） 2743-PAK—Loan：31 百万パキスタンルピー（特別資本財源 Special Funds Resources）
プロジェクトの成果	1. Road network system, including bridges, repaired and rehabilitated <ul style="list-style-type: none"> ● 国道の補修、復旧、再建：344km ● 州道の補修、復旧、再建：920km 2. Provincial irrigation facilities rehabilitated and reconstructed <ul style="list-style-type: none"> ● 洪水被害にあった農地のうち、2.2 百万 ha を改修、再建 ● DNA で選定された堤防、用排水路を 100%補修、復旧、再建 3. Support services <ul style="list-style-type: none"> ● ADB Safeguard に基づいた環境保護の順守と調達支援 ● 用排水路の 20%の施設においてジェンダー配慮 ● Shikarpur 地方の 4 つの村において女性の生計支援パイロットプロジェクト実施
経済評価	EIRR：23.57%

出典：FERP 提供資料と事業完了報告書（<https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/44372-013-pcr.pdf>）を基に調査チームが作成



出典：FERP 提供資料を基に調査チームが作成

図 3.3.1 FERP の組織図

FERP の灌漑施設復旧・復興事業は 52 事業あり、その多くが堤防の嵩上げや Stone Pitching/Apron と呼ばれる護岸工・根固め工の建設工事である。このうち、本検討エリア付近で実施済みの FERP の灌漑施設復旧・復興事業の一覧表を表 3.3.2 に示す。

表 3.3.2 本検討エリア付近で実施済みの FERP の灌漑施設復旧・復興事業

No.	ローン 番号	内容	工事金額 (PRs)
1	2742	Package no 19: Earthwork strengthening of S.M Bund from mile 0/0 to 0/5, 2/4 to 3/2, 8/0 to 12/0, Bakhri Loop Bund from mile 1/0 to 2/0, S.M Bund from mile 16/0 to 19/1, <u>Moria Loop Bund from mile 0/0 to 1/0</u> , Pipri Loop Bund from mile 1/0 to 3/5, Bugho Dero Loop Bund from mile 0/0 to 1/0 and S.M Bund from mile 29/0 to 54/6 & 57/1 to 60/0 and providing stone pitching along S.M Bund from mile 0/5 to 2/4, 40/0 to 41/0, 54/0 to 54/6.	237,580,363
2	2742	Package no 20: Raising & strengthening of S.L Bund from mile 5/2 to 9/0, 14/6 to 30/3, 37/0 to 40/5, <u>Moria Loop Bund</u> from mile 0/0 to 1/2 and providing stone pitching along s.l bund from mile 5/2 to 5/6, nasrat loop bund mile 4/0 to 4/6 & s.l bund from mile 37/0 to 40/5	340,770,603
3	2742	Package no. 21: Raising and strengthening of Palija Loop Bund from mile 0/0 to 3/3, Abad Ring Bund from mile 0/6 to 2/6, L.S Bund from mile 9/4 to 17/2, mile 20/0 to 23/2, mile 26/2 to 27/4, mile 28/0 to 32/3 and providing stone pitching along l.s bund from mile 10/0 to 11/1.	291,473,776
4	2742	Package no 22: Raising and strengthening of R.N Mangli Bund from mile from 0/0 to 1/3, front bund from mile 0/0 to 0/7 & R.N Bund from mile 0/2 to 1/1 (ali wahan complex), providing stone pitching along R.N Bund from mile from 22/4 to 26/4 and Gemro Bund from mile from 11/4 to 13/4, construction bund landhi along R.N Mangli Bund at mile 0/2 and gauge pillars, mile /furlong stones.	210,104,626

出典：FERP 提供資料と事業完了報告書 (<https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/44372-013-pcr.pdf>) を
基に調査チームが作成

FERP のローン番号 2742 については、当初の建設工事は終了しており、本検討との事業の重複はない。その後 Moria Loop Bund では、Sindh PID による補修や強化を実施してきている。

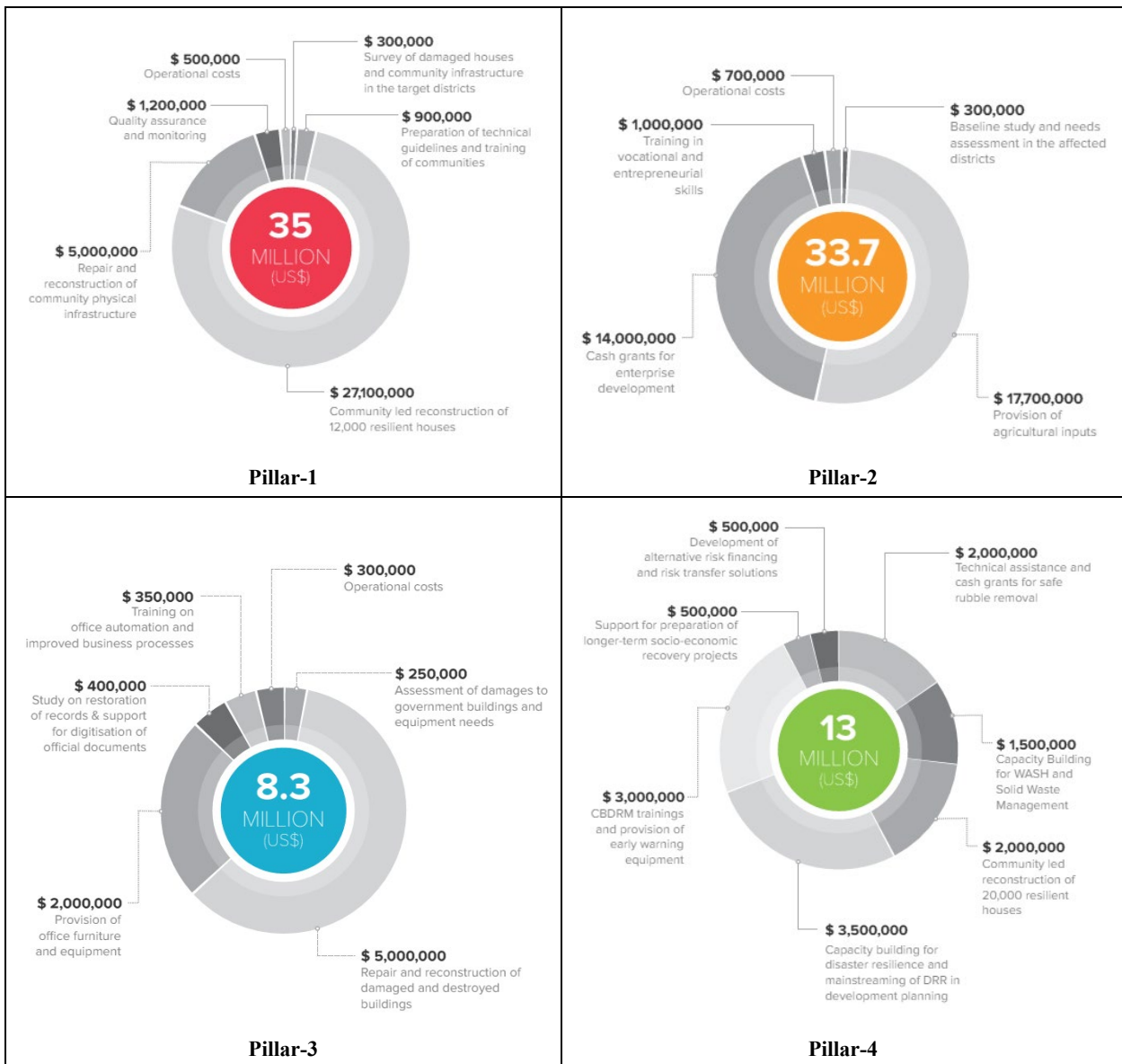
3.4 その他のドナー

UNDP は、Disaster Risk Reduction Programme (2018 年～2022 年) に代表されるように、パキスタンの災害リスク管理に係る国 (NDMA : 国家災害管理局)、州 (PDMA : 州災害管理局)、地区 (DDMA : 地方災害管理局)、コミュニティレベルの災害リスク管理能力の強化に係る各種支援を実施してきた。

近年では、2022 年洪水からの復興を支援するために Flood Recovery Programme (FRP) が開始され、以下の 4 つの主要な柱に焦点を当て実施している。

- Pillar-1) 住宅とコミュニティインフラ：Sindh 州などの農村地域での住宅やコミュニティ施設の再建
- Pillar-2) 生計の回復：農地の復旧、農業資材の提供、企業開発の支援を通じてコミュニティの生計回復
- Pillar-3) 公共サービスの復旧：損傷した政府建物の修理・再建と重要な公共サービスの復旧
- Pillar-4) 災害へのレジリエンス構築：将来の災害に対するコミュニティ防災のレジリエンス強化

各 Pillar に対する事業額と主要な支援内容について、図 3.4.1 に示す。様々な支援を行っているが、河川構造物の建設などの構造物対策は行っておらず、本プロジェクトとの重複はない。



出典：Flood Recovery Programme、UNDP

図 3.4.1 各 Pillar に対する事業額と主要な支援内容

第4章 Indus River の水文条件

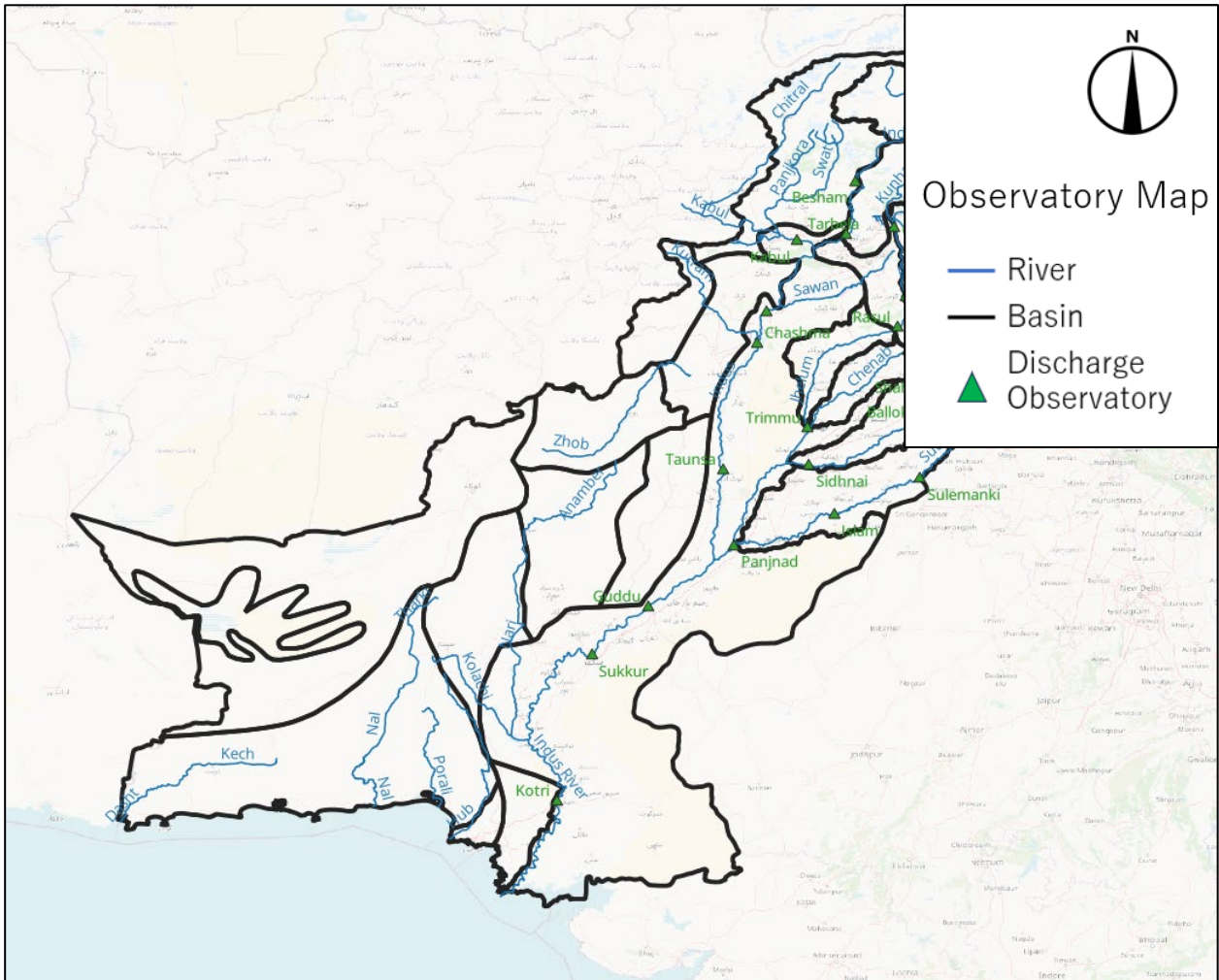
4.1 Indus River の確率規模別流量

Indus River 流域内の各流量観測所の確率規模別流量を表 4.1.1 に、各流量観測所の位置図を図 4.1.1 に、50 年確率の各流量観測所の流量を図 4.1.2 に示す。また、各流量観測所の 2010 年洪水及び 2022 年洪水の確率規模を表 4.1.2 に、2010 年洪水時の各流量観測所のピーク流量を図 4.1.3 に示す。なお、破堤した場合の被害想定について、2010 年洪水時の流量を入力条件としている。

表 4.1.1 Indus River 流域内の各流量観測所の確率規模別流量

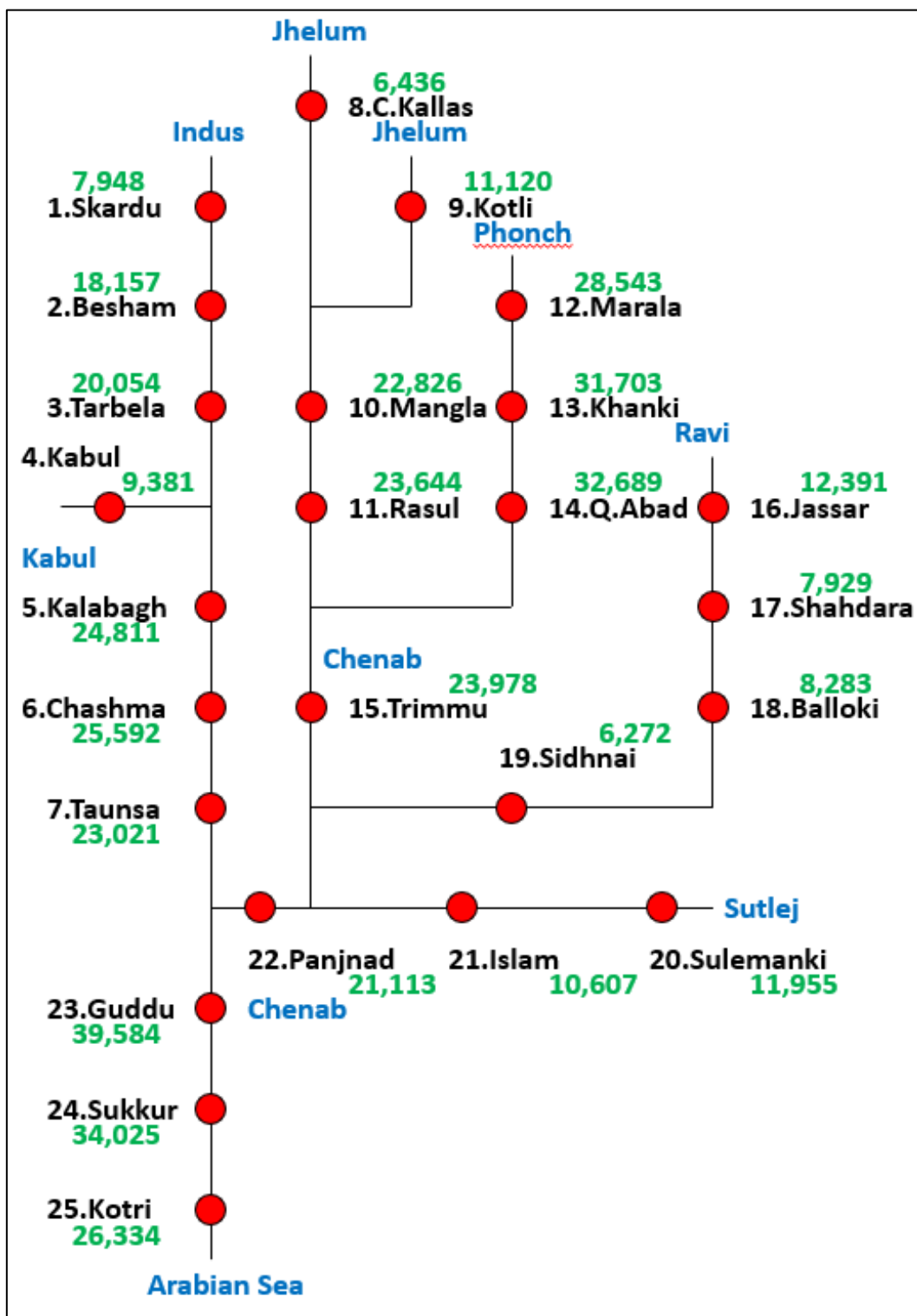
No	河川名	流量観測所	解析		確率流量 (m ³ /s)					
			解析年数	確率分布	5 年	10 年	20 年	50 年	100 年	200 年
1	Indus	Skardu	35	Gumbel	6,029	6,629	7,204	7,948	8,509	9,064
2	Indus	Besham	35	SqrtEt	12,640	14,263	15,905	18,157	19,932	21,781
3	Indus	Tarbela	49	Gev	12,371	14,255	16,463	20,054	23,415	27,467
4	Kabul	Kabul	37	Gev	4,703	5,881	7,235	9,381	11,341	13,657
5	Indus	Kalabagh	95	Gumbel	17,168	19,555	21,846	24,811	27,031	29,245
6	Indus	Chashma	52	SqrtEt	16,455	19,111	21,829	25,592	28,594	31,740
7	Indus	Taunsa	63	Gumbel	15,557	17,890	20,127	23,021	25,193	27,354
8	Jhelum	C.Kallas	10	LN3Q	2,665	3,574	4,664	6,436	8,056	9,953
9	Phonch	Kotli	10	Gev	2,050	3,491	5,794	11,120	18,100	29,387
10	Jhelum	Mangla	96	Gev	8,291	11,562	15,656	22,826	30,035	39,289
11	Jhelum	Rasul	97	Gev	7,323	10,840	15,387	23,644	32,241	43,610
12	Chenab	Marala	97	Gev	12,244	16,183	20,858	28,543	35,820	44,686
13	Chenab	Khanki	97	Gev	12,609	17,083	22,517	31,703	40,637	51,771
14	Chenab	Q.Abad	53	LN3Q	13,646	18,612	24,199	32,689	40,042	48,277
15	Chenab	Trimmu	93	Gev	10,800	14,240	18,080	23,978	29,203	35,212
16	Ravi	Jassar	74	Gev	4,550	6,448	8,696	12,391	15,888	20,147
17	Ravi	Shahdara	95	Gev	2,857	3,964	5,383	7,929	10,551	13,986
18	Ravi	Balloki	97	Gev	3,381	4,508	5,895	8,283	10,639	13,615
19	Ravi	Sidhnai	97	Gev	2,251	3,135	4,262	6,272	8,334	11,026
20	Sutlej	Sulemanki	97	Gumbel	6,162	7,971	9,707	11,955	13,637	15,316
21	Sutlej	Islam	97	LogP3	5,125	7,082	8,772	10,607	11,723	12,635
22	Chenab	Panjnad	97	Gev	11,689	14,654	17,480	21,113	23,823	26,504
23	Indus	Guddu	53	Gev	23,092	28,229	33,170	39,584	44,403	49,214
24	Indus	Sukkur	92	Gev	22,574	26,490	29,948	34,025	26,811	39,377
25	Indus	Kotri	91	Gev	16,489	19,824	22,795	26,334	28,775	31,043

出典：プロジェクトチーム



出典：プロジェクトチーム

図 4.1.1 Indus River 流域内の各流量観測所の位置図



出典：プロジェクトチーム

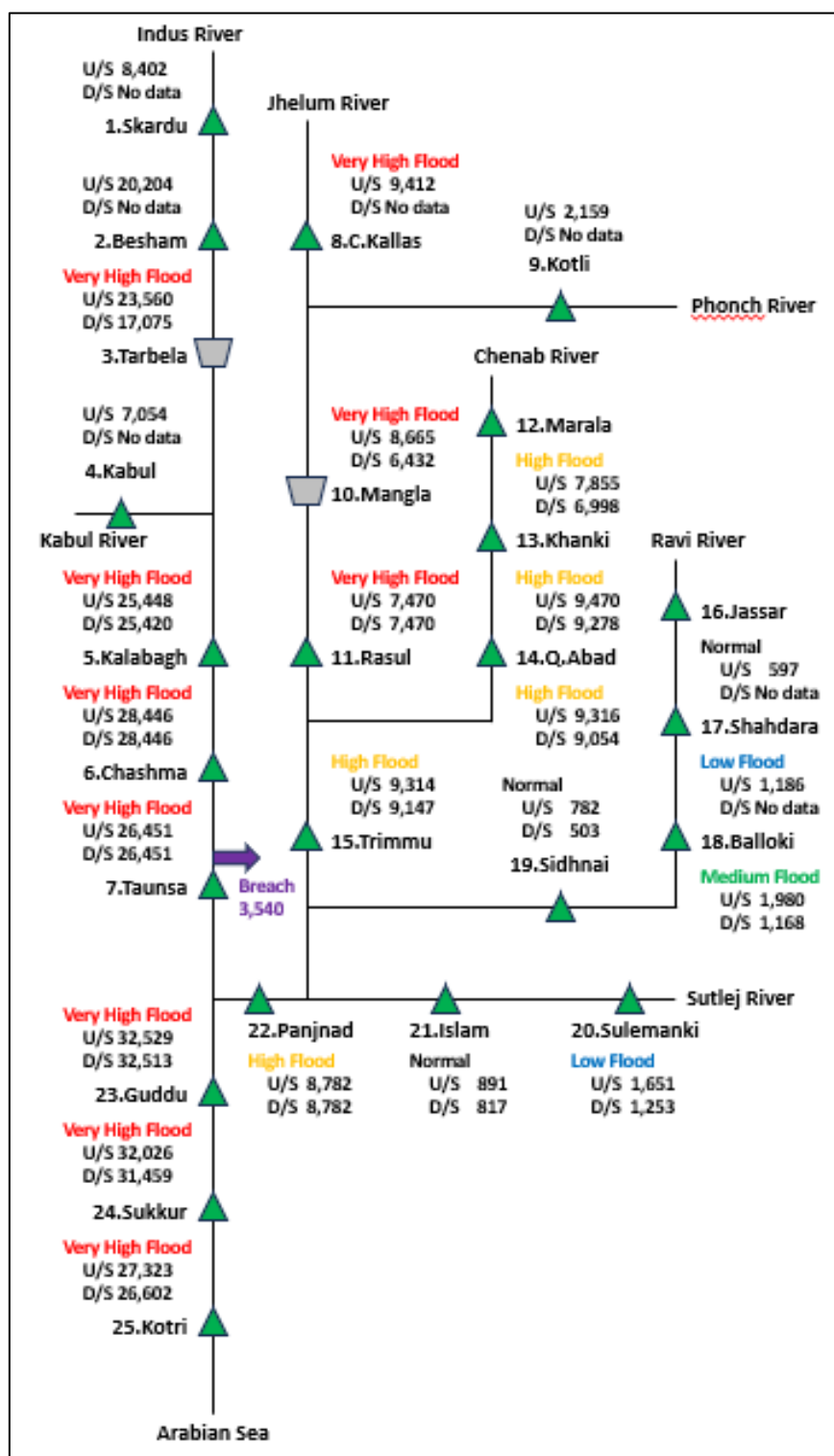
図 4.1.2 50 年確率の各流量観測所の流量

表 4.1.2 各流量観測所の 2010 年洪水及び 2022 年洪水の確率規模

No	河川名	流量観測所	2010 年洪水			2022 年洪水		
			最大流量 (ft ³ /s)	最大流量 (m ³ /s)	確率規模	最大流量 (ft ³ /s)	最大流量 (m ³ /s)	確率規模
1	Indus	Skardu	296,700	8,402	88.14	211,500	5,989	4.83
2	Indus	Besham	713,500	20,204	112.68	403,400	11,423	3.01
3	Indus	Tarbela	832,000	23,560	103.18	407,000	11,525	3.64
4	Kabul	Kabul	249,100	7,054	18.66	336,600	9,531	53.48
5	Indus	Kalabagh	898,691	25,448	62.69	512,643	14,516	2.56
6	Indus	Chashma	1,004,549	28,446	96.98	542,765	15,369	3.90
7	Indus	Taunsa	934,116	26,451	149.81	624,159	17,674	9.54
8	Jhelum	C.Kallas	332,390	9,412	167.17	162,747	4,608	19.49
9	Phonch	Kotli	76,230	2,159	5.38	25,103	711	<2.00
10	Jhelum	Mangla	305,988	8,665	5.57	123,000	3,483	<2.00
11	Jhelum	Rasul	263,795	7,470	5.21	37,045	1,049	<2.00
12	Chenab	Marala	277,382	7,855	2.08	225,837	6,395	<2.00
13	Chenab	Khanki	334,437	9,470	2.87	216,907	6,142	<2.00
14	Chenab	Q.Abad	328,983	9,316	2.60	221,150	6,262	<2.00
15	Chenab	Trimmu	328,926	9,314	3.75	144,147	4,082	<2.00
16	Ravi	Jassar	21,100	597	<2.00	63,740	1,805	<2.00
17	Ravi	Shahdara	41,900	1,186	<2.00	31,415	890	<2.00
18	Ravi	Balloki	69,935	1,980	<2.00	55,245	1,564	<2.00
19	Ravi	Sidhnai	27,621	782	<2.00	26,552	752	<2.00
20	Sutlej	Sulemanki	58,301	1,651	<2.00	24,785	702	<2.00
21	Sutlej	Islam	31,454	891	<2.00	13,326	377	<2.00
22	Chenab	Panjnad	310,117	8,782	2.75	121,764	3,448	<2.00
23	Indus	Guddu	1,148,738	32,529	18.70	576,075	16,313	2.26
24	Indus	Sukkur	1,130,995	32,026	31.92	579,753	16,417	2.13
25	Indus	Kotri	964,897	27,323	67.69	395,215	11,191	2.09

■ : 50 年確率規模以上、■ : 100 年確率規模以上

出典 : プロジェクトチーム



出典：プロジェクトチーム

図 4.1.3 2010 年洪水時の各流量観測所のピーク流量

4.2 対象地域及び周辺地域における確率規模別の雨量

対象地域及び周辺地域における各雨量観測所（マニュアル観測所）の確率規模別雨量（1 日雨量、2 日雨量、3 日雨量、5 日雨量、7 日雨量、1 月雨量）を表 4.2.1 に、各雨量観測所の位置図を図 4.2.1 に示す。

また、例として、50 年確率の各雨量観測所の 7 日雨量を図 4.2.2 に示す。対象地域及び周辺地域においては、Indus River 沿いの雨量観測所は、他の雨量観測所と比較して雨量が多い傾向がある。

表 4.2.1(1) 対象地域及び周辺地域の各雨量観測所の確率規模別雨量（1 日雨量）

流域	No	観測所名	解析結果		確率雨量 (mm)						
			解析年数	確率分布	5年	10年	20年	30年	50年	80年	100年
Indus River	1	Bahawalpur	31	Gev	56.3	66.0	74.4	78.8	84.0	88.4	90.4
	2	Khanpur	31	Gev	74.6	103.7	136.1	157.1	185.9	215.2	230.0
	3	Rohri	31	Gev	62.0	89.2	121.5	143.3	174.6	207.6	224.9
	4	Sukkur	23	Gev	51.1	76.3	107.4	129.2	161.3	196.3	215.0
	5	Jacobabad	31	Gev	66.0	103.7	153.6	190.4	246.8	311.0	346.3
	6	Larkana	31	LogP3	71.5	107.3	145.4	168.4	197.9	225.4	238.5
	7	Mjo Daro	30	Gev	57.4	80.5	106.3	122.9	145.9	169.1	180.9
	8	Padidan	31	Gev	79	125	186	230	298.9	376.8	419.6
	9	Nawabshah	31	Gev	69.9	94.7	120.9	137.1	158.4	179.3	189.6
	10	Chhor	31	Gev	108.8	139.9	171.4	190.3	214.8	238.0	249.4
	11	Badin	31	Gev	105.1	139.2	175.6	198.4	228.8	258.8	273.7
	D.G. Khan Hill	12	Hyderabad	16	Gev	109.8	142.4	175.0	194.5	219.6	243.2
Kacchi Basin Hill	13	Barkhan	31	Gev	63.5	77.6	91.7	100.1	110.7	120.7	125.6
Khithar Hill	14	Sibbi	31	LN3Q	58.7	71.3	82.8	89.3	97.2	104.3	107.7
Kharan Closed Desert Hill	15	Khuzdar	31	Gev	49.6	67.6	91.9	110.2	138.6	171.5	189.8
Karachi Area Hill	16	Kalat	31	SqrtEt	55.5	77.4	101.1	116.0	135.8	155.2	164.8
	17	Karachi	31	Gev	88.6	111.5	132.6	144.4	158.7	171.5	177.4
	18	Lasbela	16	Gev	44.4	62.1	83.4	98.1	119.3	141.9	153.9

出典：プロジェクトチーム

表 4.2.1(2) 対象地域及び周辺地域の各雨量観測所の確率規模別雨量（2 日雨量）

流域	No	観測所名	解析結果		確率雨量 (mm)						
			解析年数	確率分布	5年	10年	20年	30年	50年	80年	100年
Indus River	1	Bahawalpur	31	LogP3	67.1	78.1	86.6	90.8	95.3	98.9	100.5
	2	Khanpur	31	Gev	89.4	131.3	182.0	216.8	267.3	321.3	349.8
	3	Rohri	31	Gev	74.5	108.9	150.4	178.9	220.2	264.3	287.5
	4	Sukkur	23	Gev	64.1	97.4	139.4	169.1	213.4	262.0	288.3
	5	Jacobabad	31	Gev	78.4	126.3	192.2	242.1	320.5	412.0	463.4
	6	Larkana	31	LogP3	91.5	143.3	200.7	236.5	283.5	328.4	350.1
	7	Mjo Daro	30	Gev	69.7	105.0	149.2	180.2	226.0	276.1	302.9
	8	Padidan	31	Gev	97	160	249	318	426.6	555.5	628.6
	9	Nawabshah	31	SqrtEt	90.5	129.6	172.5	199.5	235.6	271.0	288.5
	10	Chhor	31	Gev	146.6	193.5	243.6	274.9	316.8	358.0	378.6
	11	Badin	31	SqrtEt	136.9	187.1	241.5	275.5	320.7	364.7	386.5
	12	Hyderabad	16	SqrtEt	136.8	190.4	248.7	285.3	334.0	381.6	405.2
D.G. Khan Hill	13	Barkhan	31	SqrtEt	82.2	104.1	127.3	141.5	160.3	178.4	187.3
Kacchi Basin Hill	14	Sibbi	31	Gev	69.9	87.9	105.2	115.2	127.8	139.3	144.8
Khithar Hill	15	Khuzdar	31	Gev	63.9	87.8	118.6	140.8	174.2	211.5	231.7
Kharan Closed Desert Hill	16	Kalat	31	SqrtEt	68.7	95.9	125.6	144.2	169.0	193.3	205.3
Karachi Area Hill	17	Karachi	31	Gev	117.4	145.5	170.7	184.3	200.7	214.9	221.4
	18	Lasbela	16	Gev	56.9	84.5	121.6	149.3	192.3	241.7	269.2

出典：プロジェクトチーム

表 4.2.1(3) 対象地域及び周辺地域の各雨量観測所の確率規模別雨量 (3 日雨量)

流域	No	観測所名	解析結果		確率雨量(mm)						
			解析年数	確率分布	5年	10年	20年	30年	50年	80年	100年
Sutlej	1	Bahawalpur	31	Gev	72.5	87.5	101.3	109.1	118.5	127.0	130.9
Indus River	2	Khanpur	31	Gev	92.9	138.2	194.2	233.5	291.2	354.1	387.6
	3	Rohri	31	Gev	80.0	116.6	160.5	190.4	233.4	279.1	303.1
	4	Sukkur	23	LN2LM	79.9	136.1	211.2	265.6	346.5	434.8	481.9
	5	Jacobabad	31	Gev	86.1	137.2	206.1	257.5	337.4	429.4	480.5
	6	Larkana	31	Gev	93.5	141.1	199.1	239.1	297.2	359.7	392.8
	7	Mjo Daro	30	Gev	77.9	121.8	179.5	221.7	286.0	358.9	398.9
	8	Padidan	31	Gev	102	171	268	344	464.7	609.0	691.2
	9	Nawabshah	31	SqrtEt	99.2	142.4	189.8	219.7	259.8	299.0	318.4
	10	Chhor	31	Gev	162.0	214.4	269.9	304.4	350.3	395.3	417.7
	11	Badin	31	SqrtEt	151.6	207.7	268.4	306.3	356.9	406.1	430.4
	12	Hyderabad	16	LN3Q	137.7	174.8	210.3	230.7	256.4	280.0	291.2
D.G. Khan Hill	13	Barkhan	31	Gev	87.2	106.5	125.6	136.7	150.9	164.1	170.4
Kacchi Basin Hill	14	Sibbi	31	Gev	74.7	95.5	116.4	128.9	145.0	160.3	167.6
Khithar Hill	15	Khuzdar	31	LN3Q	77.8	106.7	139.6	160.9	190.2	219.5	234.4
Kharan Closed Desert Hill	16	Kalat	31	SqrtEt	76.7	107.3	140.6	161.6	189.5	216.9	230.4
Karachi Area Hill	17	Karachi	31	Gev	124.8	157.1	187.0	203.7	224.1	242.3	250.8
	18	Lasbela	16	Gev	61.3	92.7	136.3	169.4	221.9	283.5	318.2

出典：プロジェクトチーム

表 4.2.1(4) 対象地域及び周辺地域の各雨量観測所の確率規模別雨量 (5 日雨量)

流域	No	観測所名	解析結果		確率雨量(mm)						
			解析年数	確率分布	5年	10年	20年	30年	50年	80年	100年
Sutlej	1	Bahawalpur	31	Gev	77.1	93.8	109.6	118.5	129.5	139.5	144.2
Indus River	2	Khanpur	31	Gev	104.5	155.7	219.0	263.1	328.0	398.4	435.9
	3	Rohri	31	Gev	87.9	129.6	180.2	215.1	265.7	319.9	348.6
	4	Sukkur	23	LN2LM	84.4	145.9	229.1	289.7	380.7	480.7	534.2
	5	Jacobabad	31	Gev	88.4	143.0	218.1	275.1	365.0	469.9	528.9
	6	Larkana	31	Gev	100.6	160.2	239.0	296.9	385.6	486.4	541.9
	7	Mjo Daro	30	Gev	84.6	139.1	216.0	275.2	369.9	482.1	545.8
	8	Padidan	31	Gev	111	189	302	391	534.9	709.4	809.8
	9	Nawabshah	31	LN3Q	111.8	166.7	229.9	271.2	328.2	385.8	415.1
	10	Chhor	31	Gev	174.1	232.0	294.0	332.8	384.8	436.0	461.6
	11	Badin	31	Gev	165.1	215.5	266.9	297.8	337.9	376.2	394.8
	12	Hyderabad	16	LN3Q	152.9	194.0	233.3	255.8	283.9	309.7	322.0
D.G. Khan Hill	13	Barkhan	31	Gev	99.4	119.1	138.0	148.8	162.5	174.9	180.8
Kacchi Basin Hill	14	Sibbi	31	Gumbel	80.2	100.3	119.5	130.6	144.5	157.2	163.2
Khithar Hill	15	Khuzdar	31	Gev	87.2	120.9	161.8	190.0	231.0	275.1	298.5
Kharan Closed Desert Hill	16	Kalat	31	Gev	81.2	108.0	136.3	153.7	176.9	199.4	210.6
Karachi Area Hill	17	Karachi	31	Gev	136.3	169.2	198.4	214.2	233.1	249.5	256.9
	18	Lasbela	16	LogP3	82.6	128.3	188.8	232.9	299.6	373.8	413.9

出典：プロジェクトチーム

表 4.2.1(5) 対象地域及び周辺地域の各雨量観測所の確率規模別雨量（7日雨量）

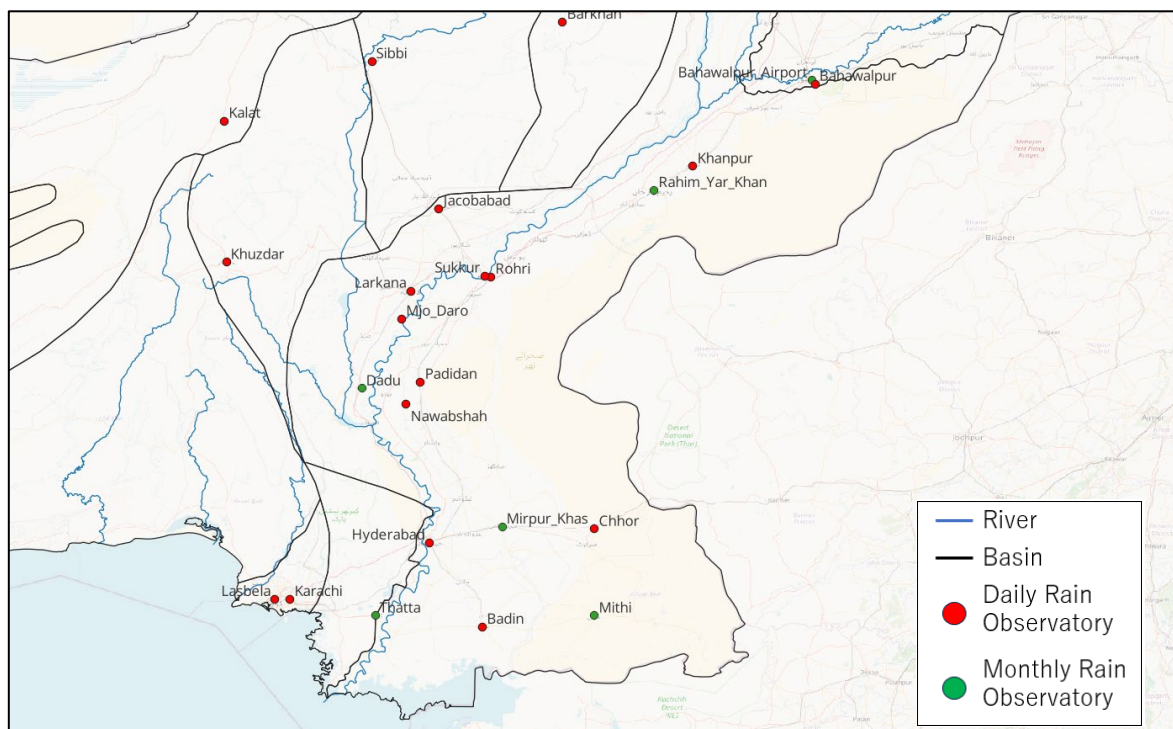
流域	No	観測所名	解析結果		確率雨量(mm)						
			解析年数	確率分布	5年	10年	20年	30年	50年	80年	100年
Sutlej	1	Bahawalpur	31	Gumbel	82.9	101.9	120.1	130.6	143.7	155.7	161.4
Indus River	2	Khanpur	31	LogP3	114.7	176.8	249.0	296.2	360.8	425.5	457.9
	3	Rohri	31	Gev	90.1	134.9	190.8	229.9	287.7	350.8	384.6
	4	Sukkur	23	Gev	80.4	126.8	187.8	232.5	300.8	378.1	420.6
	5	Jacobabad	31	Gev	98.3	159.1	242.5	305.6	404.6	520.0	584.7
	6	Larkana	31	LogP3	114.4	193.3	291.2	357.5	450.5	545.6	594.0
	7	Mjo Daro	30	Gev	88.2	146.3	229.1	293.3	396.6	519.8	590.0
	8	Padidan	31	Gev	116	198	317	411	565.7	753.1	861.1
	9	Nawabshah	31	Gev	129.3	195.2	276.2	332.5	414.9	504.1	551.6
	10	Chhor	31	Gev	186.6	247.8	313.2	354.0	408.7	462.4	489.2
	11	Badin	31	Gev	175.5	228.8	282.7	315.1	356.8	396.5	415.7
	12	Hyderabad	16	LN3Q	158.3	201.2	242.1	265.6	294.9	321.9	334.7
	D.G. Khan Hill	13	Barkhan	31	Gumbel	106.3	126.7	146.3	157.5	171.6	184.5
Kacchi Basin Hill	14	Sibbi	31	Gev	85.9	109.0	131.9	145.4	162.7	178.9	186.7
Khithar Hill	15	Khuzdar	31	Gev	95.2	133.8	181.6	215.2	264.5	318.3	347.0
Kharan Closed Desert Hill	16	Kalat	31	Gev	92.6	129.8	172.6	200.9	240.5	281.4	302.5
Karachi Area Hill	17	Karachi	31	Gev	143.1	177.9	208.8	225.5	245.5	262.8	270.7
	18	Lasbela	16	Gev	78.7	119.3	175.6	218.4	286.0	365.2	409.8

出典：プロジェクトチーム

表 4.2.1(6) 対象地域及び周辺地域の各雨量観測所の確率規模別雨量（1月雨量）

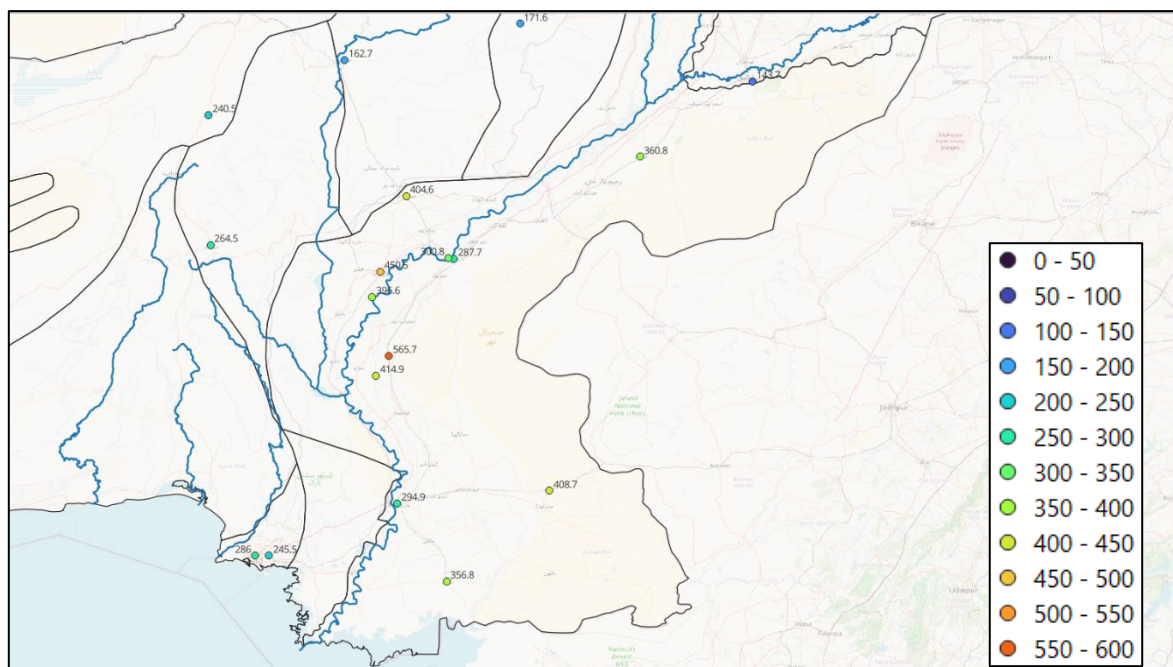
流域	No	観測所名	解析結果		確率雨量(mm)						
			解析年数	確率分布	5年	10年	20年	30年	50年	80年	100年
Sutlej	1	Bahawalpur	31	Gev	106.6	133.8	161.3	177.8	199.1	219.4	229.2
Indus River	2	Bahawalpur Airport	13	Gumbel	140.4	173.4	205.0	223.2	245.9	266.7	276.6
	3	Dg Khan	19	Gev	127.1	156.9	185.5	201.8	222.3	241.0	249.9
	4	Khanpur	31	LogP3	129.3	195.6	272.3	322.3	390.9	459.6	494.2
	5	Rahim Yar Khan	13	LN2LM	146.2	214.2	293.6	346.0	418.7	492.8	530.5
	6	Rohri	31	Gev	99.1	151.1	219.1	268.7	344.2	429.3	476.0
	7	Sukkur	23	Gev	98.0	150.0	216.5	264.1	335.7	415.2	458.4
	8	Jacobabad	31	LogP3	134.7	236.8	371.9	468.0	608.8	759.3	838.2
	9	Larkana	31	Gev	123.5	201.5	309.7	392.2	522.6	675.7	761.9
	10	Mjo Daro	31	Gev	98.0	162.2	256.4	331.3	454.2	604.1	690.7
	11	Dadu	19	Gev	134.3	187.4	248.0	287.9	343.5	400.7	430.1
	12	Padidan	31	LogP3	154.6	276.7	437.1	550.0	713.4	885.7	975.1
	13	Nawabshah	31	Gev	154.9	231.8	324.4	387.8	479.4	577.3	628.9
	14	Chhor	31	Gev	238.5	320.7	408.9	464.3	538.7	612.2	648.9
	15	Mithi	19	SqrtEt	239.1	332.7	434.5	498.4	583.6	666.7	707.8
	16	Mirpur Khas	19	Gev	181.3	279.5	406.3	497.8	635.9	790.3	874.4
	17	Badin	31	Gumbel	214.7	276.3	335.3	369.3	411.8	450.6	469.0
	18	Hyderabad	16	Gumbel	192.0	247.2	300.2	330.6	368.7	403.6	420.1
	D.G. Khan Hill	19	Barkhan	31	Gumbel	171.2	202.2	232.0	249.1	270.5	290.1
Kacchi Basin Hill	20	Sibbi	31	LN3Q	118.5	148.5	177.1	193.4	213.9	232.6	241.5
Khithar Hill	21	Khuzdar	31	Gev	127.0	175.8	234.7	275.1	333.5	396.0	428.9
Kharan Closed Desert Hill	22	Kalat	31	Gev	114.0	153.3	198.3	227.8	269.1	311.6	333.5
Sehwan & Petaro Area Hill	23	Thatta	19	Gev	208.4	251.3	287.9	307.2	329.5	348.5	357.0
Karachi Area Hill	24	Karachi	31	Gumbel	199.3	260.9	320.0	354.0	396.5	435.4	453.8
	25	Lasbela	16	LogP3	104.8	167.4	258.5	330.0	445.4	583.4	662.1

出典：プロジェクトチーム



出典：プロジェクトチーム

図 4.2.1 対象地域及び周辺地域の各雨量観測所の位置図



出典：プロジェクトチーム

図 4.2.2 50 年確率の各雨量観測所の雨量（7 日雨量）

4.3 設計外力の設定

(1) 使用する単位と換算

パキスタンの現地で使用されている長さの単位はフィート（以下 ft、1ft=0.3048m）である。基準値や計画諸元も、ft 単位で切りの良い数値に設定されている場合が多い。

本設計では m 単位を基本とするが、現地の施工業者や管理者の利便性を考慮し、図面及び報告書には ft 単位を併記する。なお、ft から m への換算は、小数点第三位で切り上げ、以下のように表記する。

例：15ft=4.572m → 4.58m（切り上げ）

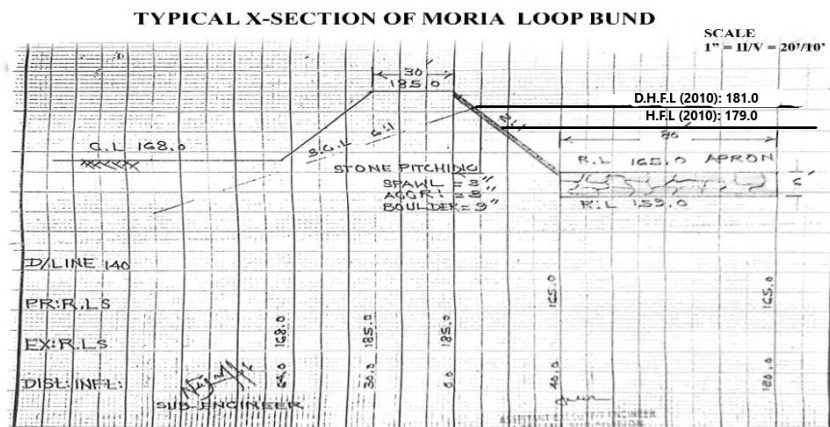
(2) 設計外力

Indus 川の堤防高は既往最高水位である High Flood Level(HFL)に対し所定の余裕高を加えた高さで計画されている。なお、現状では気候変動の影響を考慮するための具体的な基準値や方法は現地の技術マニュアル等には記載されておらず、オーソライズされているものもない。

本検討対象箇所である Moria Loop Bund では、HFL は 2010 年洪水時の最高水位を基に設定されている（図 4.3.1 参照）。よって、設計において考慮する外力は、検討対象箇所における現行計画に基づき 2010 年洪水を対象とする。

表 4.3.1 設計外力

項目	採用基準	値	採用理由
計画流量	2010 年実績洪水	32,026 m ³ /s (1,130,000 ft ³ /s)	2010 年洪水時に Sukkur 堰で観測された流量
計画高水位 (HFL)	PID の堤防標準断面図	54.56 m (179.0ft)	Sindh PID による堤防の代表断面に記載された計画高水位を採用



出典：Sindh-PID 提供資料

図 4.3.1 Moria Loop Bund の標準断面図

第5章 堤防強化スキームの提案

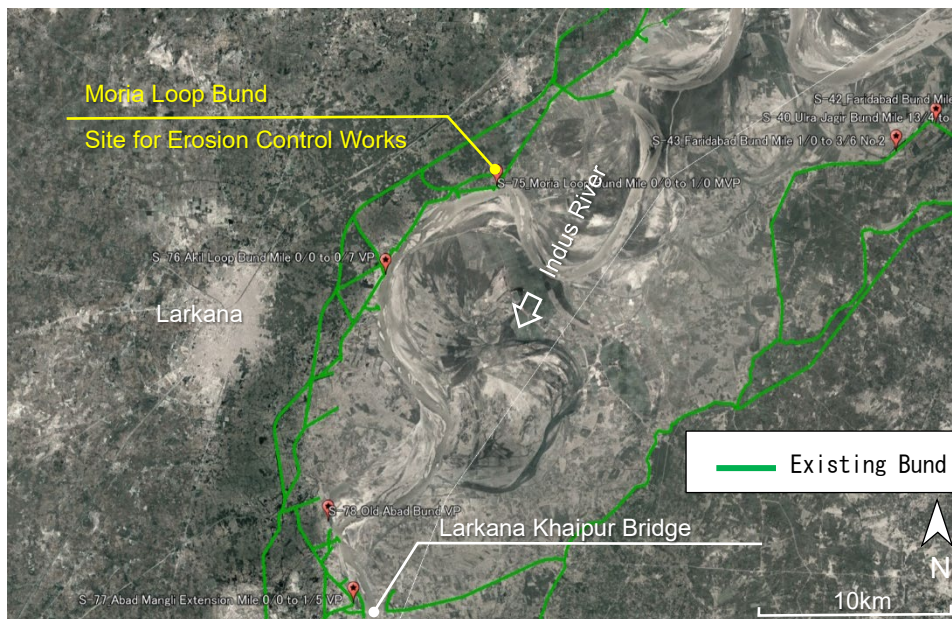
5.1 堤防強化スキームの候補

5.1.1 対策箇所候補地

第1章での整理から、本検討では Moria Loop Bund を対策箇所候補とする。

Moria Loop Bund では、2013 年以降徐々に既設堤防前面の河岸侵食が進行しており、2015 年以降 Sindh PID による維持補修が行われてきている。堤防本体の損傷は発生していないものの、堤防前面の河岸の侵食は徐々に進行しており、近年は堤防上流側に位置する低水路右岸側の低水路河岸の侵食が顕著である。Sindh PID によって堤防前面に 2 基の水制工の設置も行われてきたが、水制工の間に土砂が堆積する傾向も見られない。このような状況から、Moria Loop Bund では侵食による被害を受けるリスクが高い状況が依然として継続している。加えて、堤防の背後には人口集中地である Larkana が位置しており、既存堤防が破堤した場合には、Larkana の市街地に大きな被害を与える影響を与えるリスクがある。

よって、Moria Loop Bund では侵食対策を主体とした堤防強化を提案する。



出典：Google Earth

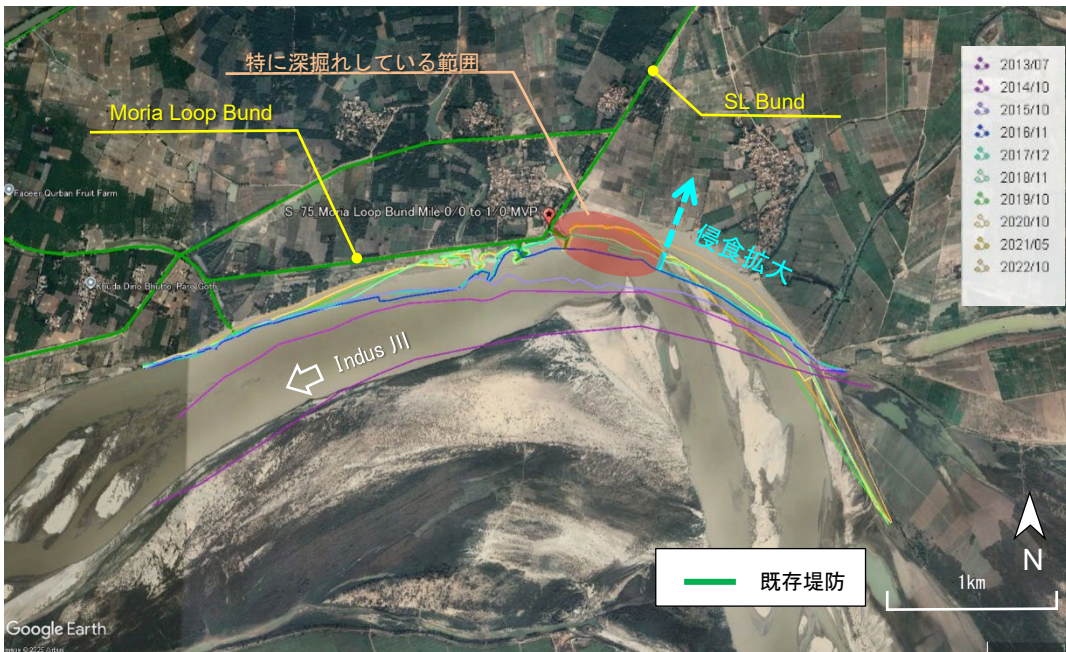
図 5.1.1 対策箇所位置図

5.1.2 被災要因の推察と必要な対処

(1) 対象箇所の現状

2.1.1 で整理したとおり、Moria Loop Bund の前面では、2015 年に Sindh-PID により深刻な侵食が発生した箇所として認識された。2013 年以降、2024 年現在に至るまで、低水路河岸の侵食が継続しており、特に堤防上流側の低水路河岸の侵食の進行が顕著である。

また、既存の水制工周辺の河床が大きく低下しており、乾季の平常時（本業務での地形測量実施時）でも最大 20m 程度の深さがある状況である。



出典：Google Earth にプロジェクトチーム追記

図 5.1.2 検討対象箇所周辺の河岸位置の変遷

上記のような状況から、Sindh PID では侵食に対するモニタリングと継続的な復旧工事や対策工事を実施してきている（2.1.2 参照）。2015 年以降、堤防前面の護岸や低水路河岸の侵食が発生したが、破堤等堤防本体の深刻な損傷には至らなかった。

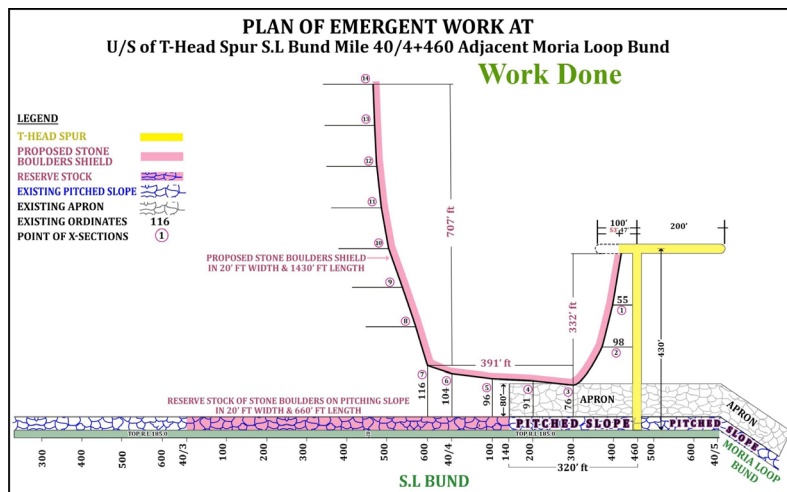
現状の侵食対策としては、堤防法面上の捨石（Stone Damping）、堤防法尻に配置された根固工（Stone Apron）と堤防

前面に配置された 2 基の水制工が設置されている。また、2024 年には水制上流側の河岸防護を目的として Stone Damping による護岸が配置された（図 5.1.3 参照）。

(2) 必要となる対処

1) 堤防本体

当該箇所が主流路湾曲部の外岸側であり、今後も引き続き侵食に対して厳しい状況が継続する



出典：Sindh PID

図 5.1.3 2024 年に実施された河岸保護工の範囲

ことを踏まえると、堤防法面上の捨石（Stone Damping）は、石材の重量のばらつきやかみ合わせの弱さから、改良が必要である。

併せて、堤防の断面幅に関して、天端幅は現況で 9.15m（30ft）と所要の基準値を満足しているものの、川表川裏法面ともに法勾配が 2 割と急になっているため、緩勾配化が必要である。

堤防天端高に関して、現行の基準値である 2.13m(7ft)を満足できるようにする。

2) 低水路河岸

低水路の湾曲により外岸側の低水河岸の侵食が継続している。堤防上流側の低水路河岸の侵食が顕著であり、侵食が進むことで堤防本体へ悪影響を与える懸念が強いことから、低水路河岸に護岸工を設置する。併せて、護岸前面に水制工群を配置し、主流路の流れの外岸側から低水路中心方向への誘導を図る。なお、水制の天端高は低水河岸程度に抑えたものとし、水制工と低水護岸の間への土砂堆積を期待しつつ、中～大規模の洪水時には水制工群が洪水流を妨げるような悪影響を小さくする。設置後のイメージは、日本において明治から昭和初期にかけて主に航路確保を目的として設置されたケレップ水制工に近い。



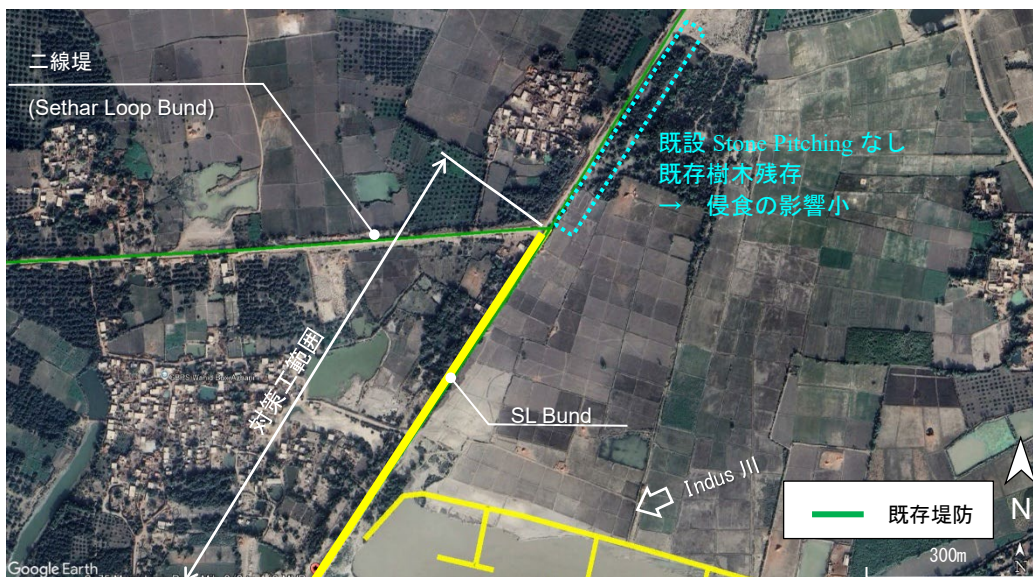
出典：オランダの国土整備技術を活かした 旭川のケレップ水制群 一般社団法人 中国建設弘済会

5.1.3 対策工の範囲

(1) 堤防の対策工範囲

上流端について、Moria Loop Bund と接続している SL Bund は、上流に向かうにつれ低水路から離れていく線形となっている。堤内側にある二線堤との交差後は、堤防川表側の法面は Stone Pitching が施されていないものの、過去の衛星画像から堤体が侵食を受けた形跡を確認することはできない。また、堤防前面に位置している樹林帯は、過去の衛星画像によると 2010 年頃より植生が発生し始め、現在に至るまで樹木等が成長を続けていることから、近年高水敷が侵食されるような被害を受けていないことが推定できる。

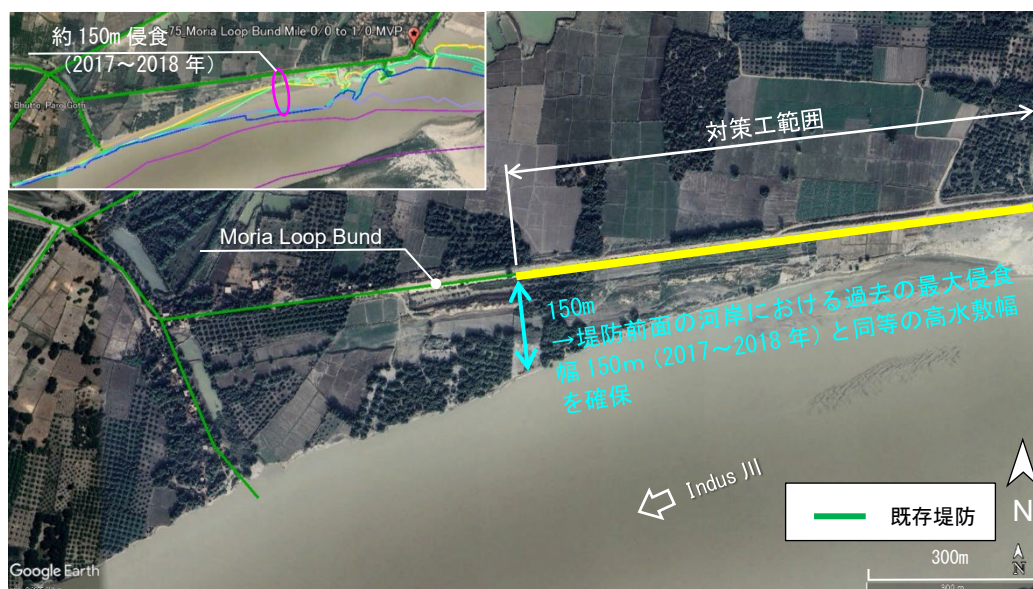
以上のような状況から、堤内側にある二線堤との交差点より上流側では侵食による影響は小さいと考え、図 5.1.4 に示すとおり二線堤との交差点より下流側を対策工が必要な範囲として設定する。



出典：Google Earth にプロジェクトチーム追記

図 5.1.4 堤防の対策工範囲（上流端）

下流端について、Moria Loop Bund 沿いに下流側へ進むにつれ、低水路が堤防から離れていく方向であることから、堤防前面の河岸の変遷状況を踏まえ、過去の規模の大きな侵食幅を考慮して設定する。過去の衛星画像によると、近年で単年の間における最大の侵食幅は 2017 年～2018 年の間の約 150m であった。同様の大規模な侵食が発生しても堤防への被害が及ばないようにすることを目的として、堤防の対策工範囲は、図 5.1.5 に図示するとおり、堤防前面に 150m の高水敷幅が確保で可能な範囲までに設定する。



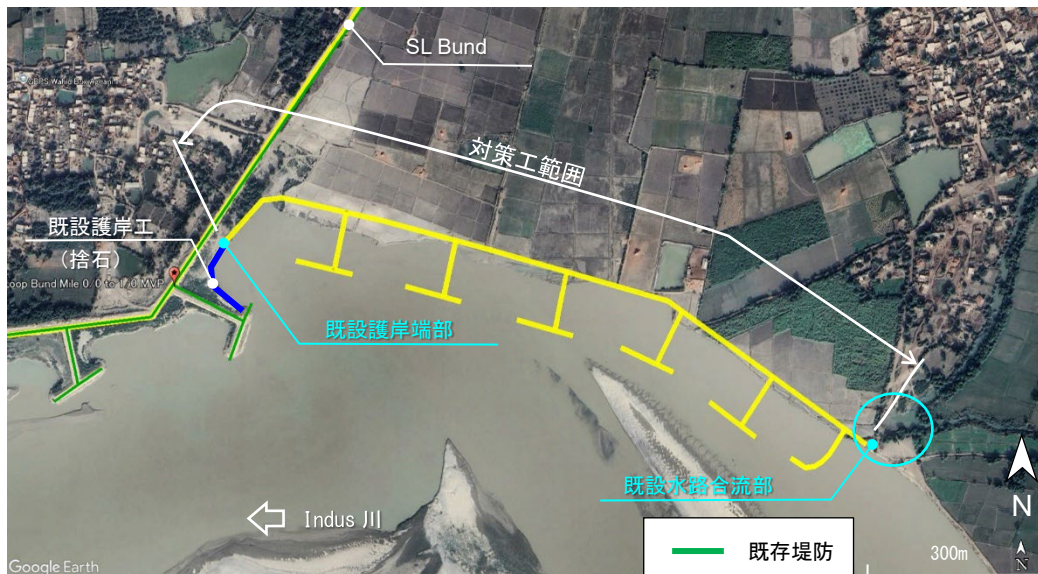
出典：Google Earth にプロジェクトチーム追記

図 5.1.5 堤防の対策工範囲（下流端）

(2) 低水河岸の対策工範囲

下流端については既設の護岸工（捨石）に接続する。

上流端について、本検討では護岸とともに河道の流れを制御する目的の水制工を併用し、護岸の延長が長くなることを抑えるように設定する。過去の低水河岸の変遷状況から、下流端から 2km 程度の河岸は侵食が拡大している状況ではあるが、上流側に向かうとともに堤防との離隔は大きくなる方向であり、そのような箇所の河岸侵食が堤防に対し悪影響を与える可能性は低い。よって、図 5.1.6 に示すとおり、既設の水路合流部までの約 1.2km を対策範囲とする。低水護岸前面には T 型水制工を連続して配置し、主流路を河道中心側へ誘導するとともに、低水護岸前面への土砂堆積を促す



出典：Google Earth にプロジェクトチーム追記

図 5.1.6 低水河岸の対策工範囲

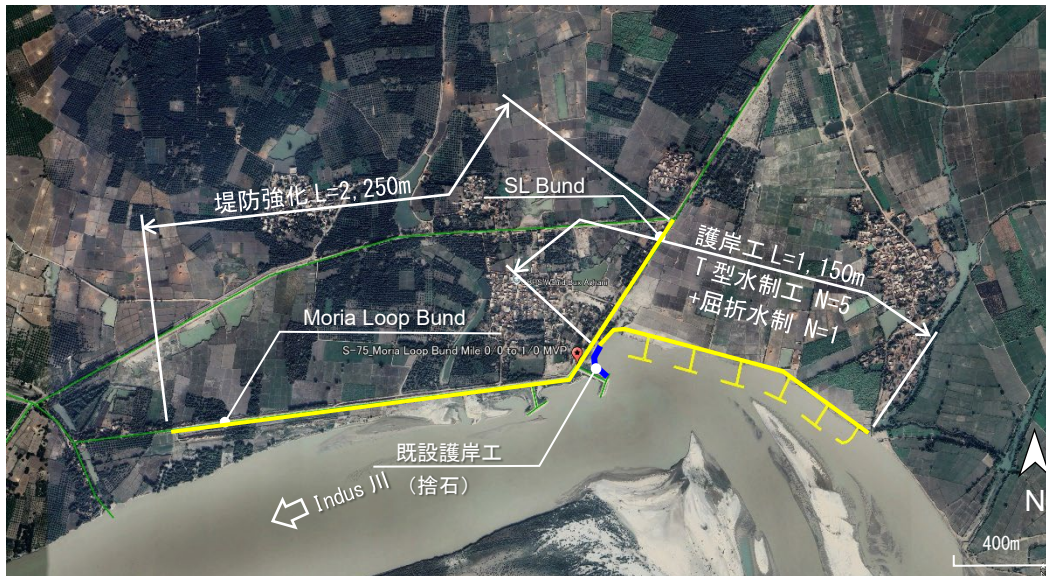
(3) まとめ

図 5.1.7 及び表 5.1.1 に対策工の範囲を示す。なお、対策工の内容の詳細については後述する。

表 5.1.1 対策工の範囲

対策工	延長/数量	対策範囲	対策内容
堤防強化工	L=2,250m	(上流端) 既設護岸端部、既存の植生範囲、構造の変化点を踏まえ設定 (下流端) 前面の高水敷幅 150m 程度を目安に設定	堤防嵩上げ：30cm 程度 断面拡幅：3 割法面へ緩勾配化 護岸工改良：コンクリート張
低水護岸工	L=1,150m	(上流端) 既設低水護岸端部に接続 (下流端) 既存の水路合流点より設定	護岸工：カゴ工 根固工：捨石工
水制工	N=6 基	低水護岸工沿いに 200m 間隔で設置	水制工：T 型水制 5 基+屈折水制 1 基 河道横断方向長さ：100m

出典：プロジェクトチーム



出典：Google Earth にプロジェクトチーム追記

図 5.1.7 対策工範囲

5.1.4 対策工の抽出

侵食に対する堤防の安全性は、河道の形状（平面及び縦横断面形）、堤防前面の河岸の状況、堤防近傍の洪水時における流況、堤体の土質条件、堤防及び河岸を保護する構造物の状況に関する。本検討では、侵食の影響を受ける既存堤防の補強に主眼に置いているが、本来であれば、検討対象箇所において上述したような現地条件を勘案の上、河道掘削や水制工の設置による対応を含め、幅広い方策を検討する必要がある。

表 5.1.2 に侵食に対する堤防強化工法の例を示す。本検討対象箇所では、堤防本体には捨石 (Stone Damping) または空石張 (Stone Pitching) による保護工が設置されていることから耐力の強化として護岸工の改築を提案する。護岸の設置されていない低水路河岸には、耐力の強化として低水護岸を設置することに加え、侵食外力の軽減として水はね効果を期待する水制工の設置を提案する。なお、護岸前面には捨石による根固工を併用する。

表 5.1.2 侵食に対する堤防強化工法の例

表 5.4.1 安全性の照査結果と堤防強化工法の関係の例

安全性の照査結果		堤防強化の方法	
		①耐力の強化	②侵食外力の軽減
低水路	護岸工がない 堤防表のり面、のり 尻の直接侵食	<ul style="list-style-type: none"> 高水護岸の新設 侵食防止シートの敷設 堤防植生管理の徹底 	<ul style="list-style-type: none"> 流速減少効果を期待する水制工設置 置換工法による埋め戻し 法線形の修正 水はね効果を期待する水制工の設置 ペーン工法
	主流路(低水路等) からの側方侵食、洗 掘	<ul style="list-style-type: none"> 低水護岸 堤防護岸の新設 (埋め込み)水制工設置 上下流に影響を及ぼさない高水敷の新設、腹付け 縦工水制の設置 	<ul style="list-style-type: none"> 置換工法による埋め戻し 法線形の修正 水はね効果を期待する水制工の設置 ペーン工法
	のり覆工の厚さ不足	<ul style="list-style-type: none"> 護岸工の改築 のり覆工の腹付け 空石張り工の練石張り工化 空ブロック張り工の練ブロック張り工化 	<ul style="list-style-type: none"> 流速減少効果を期待する水制工設置 置換工法による埋め戻し 法線形の修正 水はね効果を期待する水制工の設置 ペーン工法
	基礎工の根入れ不足	<ul style="list-style-type: none"> 護岸工の改築 基礎の根継ぎ 根固工の設置 	<ul style="list-style-type: none"> 根固工の設置 置換工法による埋め戻し 法線形の修正 水はね効果を期待する水制工の設置 ペーン工法
堤防	護岸工がある 重量不足	<ul style="list-style-type: none"> 根固工の改築 根固めブロックの一体化(連結や確実な層積み) 根固めブロックの追加投入 	<ul style="list-style-type: none"> 流速減少効果を期待する水制工設置 置換工法による埋め戻し 法線形の修正 水はね効果を期待する水制工の設置 ペーン工法
	根固工 懸濁不足	<ul style="list-style-type: none"> 根固工の改築 根固めブロックの追加投入 	<ul style="list-style-type: none"> 流速減少効果を期待する水制工設置 置換工法による埋め戻し 法線形の修正 水はね効果を期待する水制工の設置 ペーン工法

注) は河道計画に併せて検討すべき方策

出典：河川堤防構造検討の手引き, 2012.2

5.1.5 対策工の決定

5.1.5.1 堤防本体

(1) 基本諸元

基本諸元は 2.1.3 に整理した計画断面を満たすように設定した。提案する堤防本体の基本諸元を表 5.1.3 に示す。

表 5.1.3 基本諸元

項目	諸元	設定根拠
堤防天端高	RL. 56.70m(186.0ft)	PID 提供の Moria Loop Bund の HFL+余裕高 7ft。 余裕高の値は 2.1.3 に記載のとおり、FFC より発出された MoM より。
天端幅	30 ft (9.15m)	2.1.3 に記載のとおり、既設の天端幅と同等とする。
法面勾配	川表：3.0:1 川裏：3.0:1	2.1.3 に記載のとおり。 (川表) 法面被覆を行うため 3 割を採用 (川裏) 想定浸潤線 (6:1) からの離隔を確保しつつ用地への影響を考慮して 3 割を採用

出典：プロジェクトチーム

(2) 対策工

対策工を表 5.1.4 に整理する。

表 5.1.4 堤防本体の対策工

項目	内容	設定根拠
護岸工 (川表)	コンクリート張 +吸出防止材	低水路外岸側に位置していること、Stone Pitching による川表側法面の保護には課題があることから、より強固な形式を選定。 目地やひび割れからの吸出しを防止するため吸出防止材を敷設。
法面保護工 (川裏)	空石張 (Stone Pitching)	既設堤防の川裏側法面は被覆されておらず、雨水による侵食を受けており、堤防の必要断面の確保及び維持管理の面で課題がある。
天端保護工	碎石舗装	管理用通路としての利用のため 雨水による法肩の侵食を抑えるため

出典：プロジェクトチーム

1) 護岸工 (川表)

対象箇所は平時から主流路が堤体の前面を流れているとともに、水衝部になっている。その上、2.1 章に記載のとおり、Stone Pitching による川表側の保護が実施されてきたが、実施した翌年に Stone Pitching は被災している。このことより、法面を被覆する法覆工はより強固な構造である必要があることから、コンクリート張により被覆する。また、目地やひび割れからの背面土砂の吸出しを防止するために、吸出防止材も設置する。

2) 法面保護工 (川裏)

既存堤防の川裏側法面には特に保護工が設置されておらず、雨水による侵食を受けている。雨水による法面の侵食は、すぐに破堤に結びつくような重大な損傷ではないものの、法面が削られることにより、必要となる堤防断面に対し少しずつ堤防の断面が不足することになる。

日本では一般的に張芝による被覆を実施しているが、パキスタン国の乾燥した気候を考慮すると、張芝の適用は困難と推察する。そこで、計画上必要な断面が確保されるように、計画断面の外に Stone Pitching を設置する。なお、法肩部の保護を目的に、Stone Pitching を法肩より堤防中心方向に 1m 延長する。

Stone Pitching は現地で広く使われている工法であり、材料の入手も比較的容易である。植生による被覆の場合、設置後に散水等を行う必要があるが、Stone Pitching の場合そのような手間が不要である。

雨水侵食を考慮し、計画上必要な断面よりも裏法側を太くしておく方法も一案であるが、定期

的な法面補修の手間が発生することになるため、裏法側を太くする方法は採用しないこととした。

3) 天端保護工

堤防天端は管理用通路として利用されることを想定している。また、雨水による法肩の侵食を抑える必要がある。このため、堤防天端は碎石舗装により舗装する。なお、FFC の Design Criteria では堤防天端に Gravel Surfacing を設置するように推奨されている。

5.1.5.2 低水河岸

提案する低水河岸の対策工を下表に整理する。

表 5.1.5 低水護岸の対策工

項目	内容	設定根拠
護岸工 (川表)	カゴ工	<ul style="list-style-type: none"> Stone Pitching による川表側法面の保護には課題があるが、コンクリート系の被覆工ほど強固な護岸とはしないことを考慮して選定 カゴ工とすることで必要な石材の粒径を抑える ある程度地盤の変化に追従する（屈とう性のある）形式とする
根固工	捨石工	<ul style="list-style-type: none"> 平水位以下での施工となるため、締切工不要な捨石工とする 設置幅は前面の現況河床（法面）から最低 2m の敷設厚さを確保できるように設定
天端保護工	カゴ工	<ul style="list-style-type: none"> 中～大洪水時に高水敷から低水路方向への流れも発生するため、護岸工のカゴ工の天端を陸側に延長する

出典：プロジェクトチーム

(1) 護岸工（川表）

2.1.2 に記載のとおり、堤体本体の Stone Pitching は施工した翌年に被災していることから、より強固な被覆工が必要と考える。ただし、護岸前面に水制工群を配置することから、コンクリート系の被覆工ほど強固な護岸は不要である。このため、対策工はカゴ工を提案する。低水河岸の前面に、水制工と根固工を配置するが、低水河岸の侵食が生じる可能性を排除できない。よって、ある程度地盤の変化に追従する（屈とう性のある）形式とする。

また、本検討対象地域周辺では、大きな粒径の石を調達することが困難であるが、カゴ工とすることで必要な石材の粒径をある程度抑えることが可能である。

(2) 根固工

低水河岸の前面は深掘れしているので、カゴ工基礎部分及びその下部の洗堀防止を目的に根固め工を配置する。対象箇所は平時でも主流路が河岸前面に位置しているため、根固め工は締切工不要な捨石工とする。設置幅は前面の現況河床（法面）から最低 2m の敷設厚さを確保できるようにする。

(3) 天端保護工

中～大洪水時に高水敷から低水路方向への流れも発生する。このような現象が生じると天端部分が浸食し、護岸工背後の土砂が流出することにより、護岸工が被災する可能性がある。このため、護岸工のカゴ工の天端を陸側に延長する。

5.1.5.3 水制工

提案する水制工の基本諸元を表 5.1.6 に整理する。

表 5.1.6 水制工の基本諸元

項目	諸元	設定根拠
形式	T型水制 5基 屈折水制 1基	水制工と低水護岸の間への土砂堆積を促すため。 上流側の1基のみ、河川の流れを河道中心側へ誘導するため屈折水制とする。
天端高	RL. 49.35m(161.9ft)	捨石を被覆するコンクリートブロック（2層）の厚さを考慮して設定する。 捨石工の天端高は、平水位より 1m 程度上となる RL.47.50m(155.8ft)に設定する。
天端幅	9.15m (30ft)	FFC の Design Criteria 及び Punjab 州の技術マニュアルより 30ft と設定。
法面勾配	川表：2.0:1 川裏：2.0:1	FFC の Design Criteria 及び Punjab 州の技術マニュアルより、法面保護を行うため 2 割勾配に設定 ¹ 。
使用材料	捨石+コンクリートブロック 1t	捨石に使用される石材の品質に課題がある（大きさにばらつきがある）ため、表面は確実に重量の確保が可能なコンクリートブロックで被覆
長さ	100 m	隣接する既設水制工と同等程度 河川砂防技術基準（案）設計編 I より流路幅の 10%程度
設置間隔	200 m	河川砂防技術基準（案）設計編 I 長さの 2 倍 （FFC の Design Criteria より長さの 2-2.5 倍）

出典：プロジェクトチーム

5.1.6 標準断面図

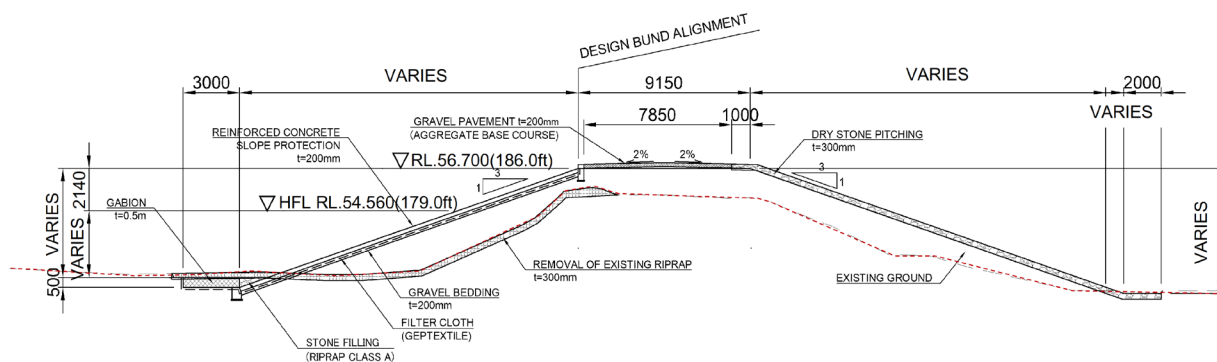
以下に堤防本体、低水護岸、水制工の標準断面図等を示す。



出典：Google Earth にプロジェクトチーム追記

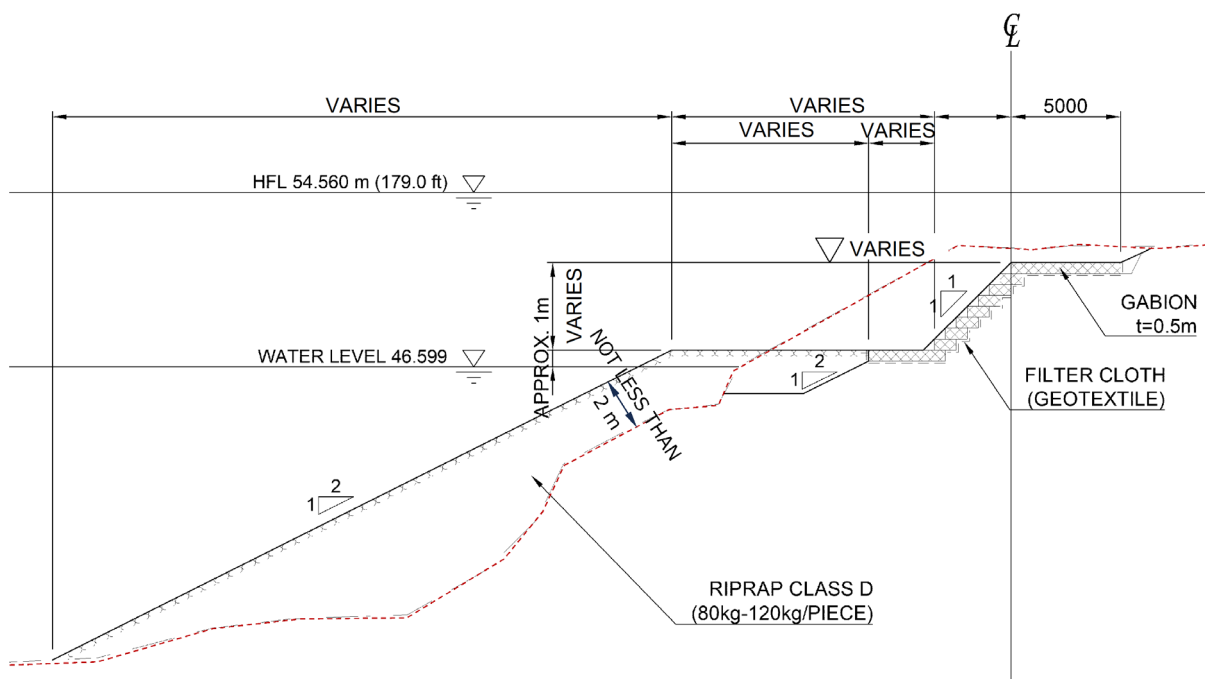
図 5.1.8 対策工位置図

¹ FFC の Design Criteria および Punjab 州の技術マニュアルには、保護されていない Shank 部分（水制の脚にあたる河岸に設置している部分）が 3 割、保護されている Head 部分（水制の頭部にあたる Shank とついている部分）が 2 割と記載されている。本設計では、Shank 部分もコンクリートブロックで被覆するため、全区間 2 割とした。



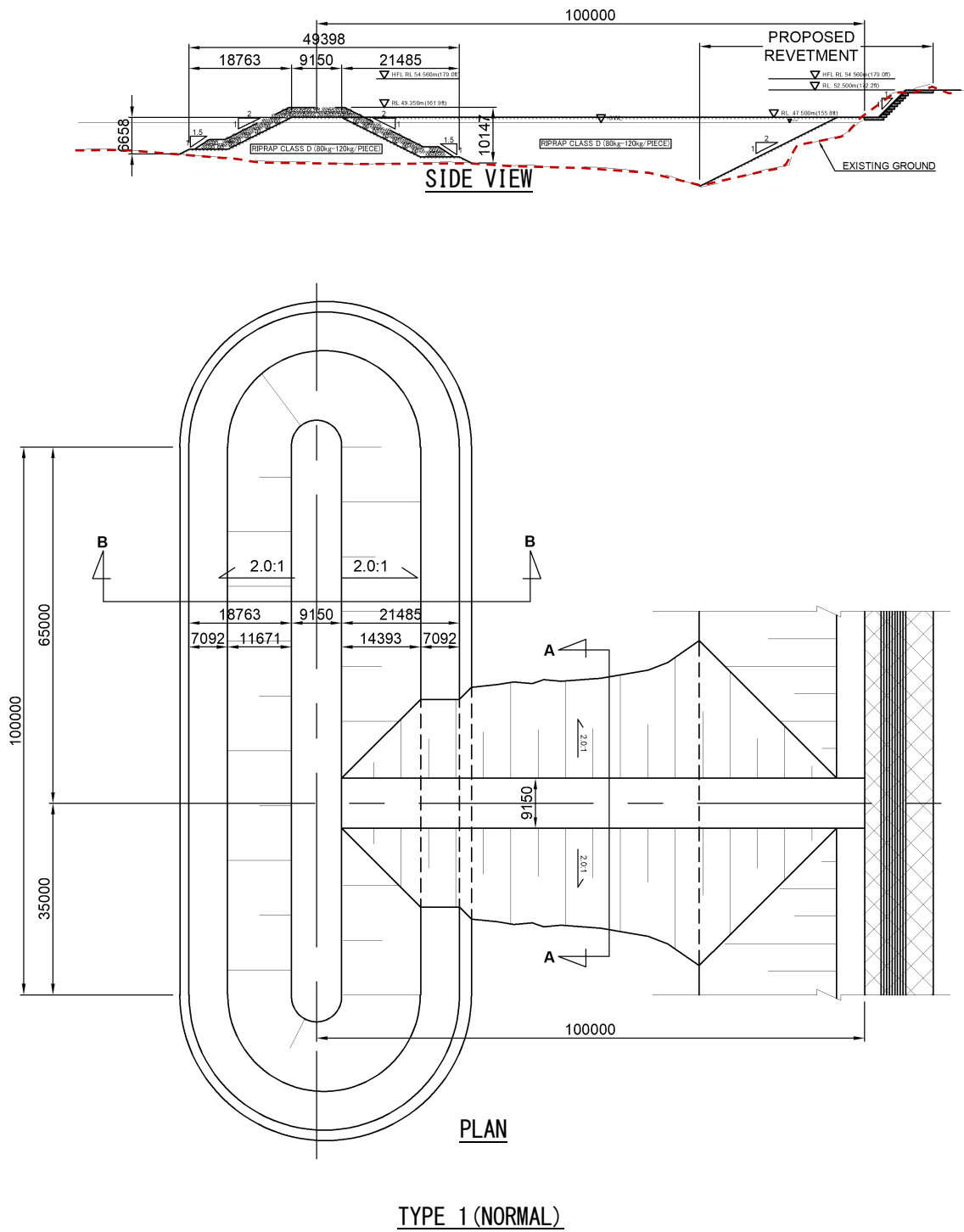
出典：プロジェクトチーム

図 5.1.9 I. 堤防強化標準断面図



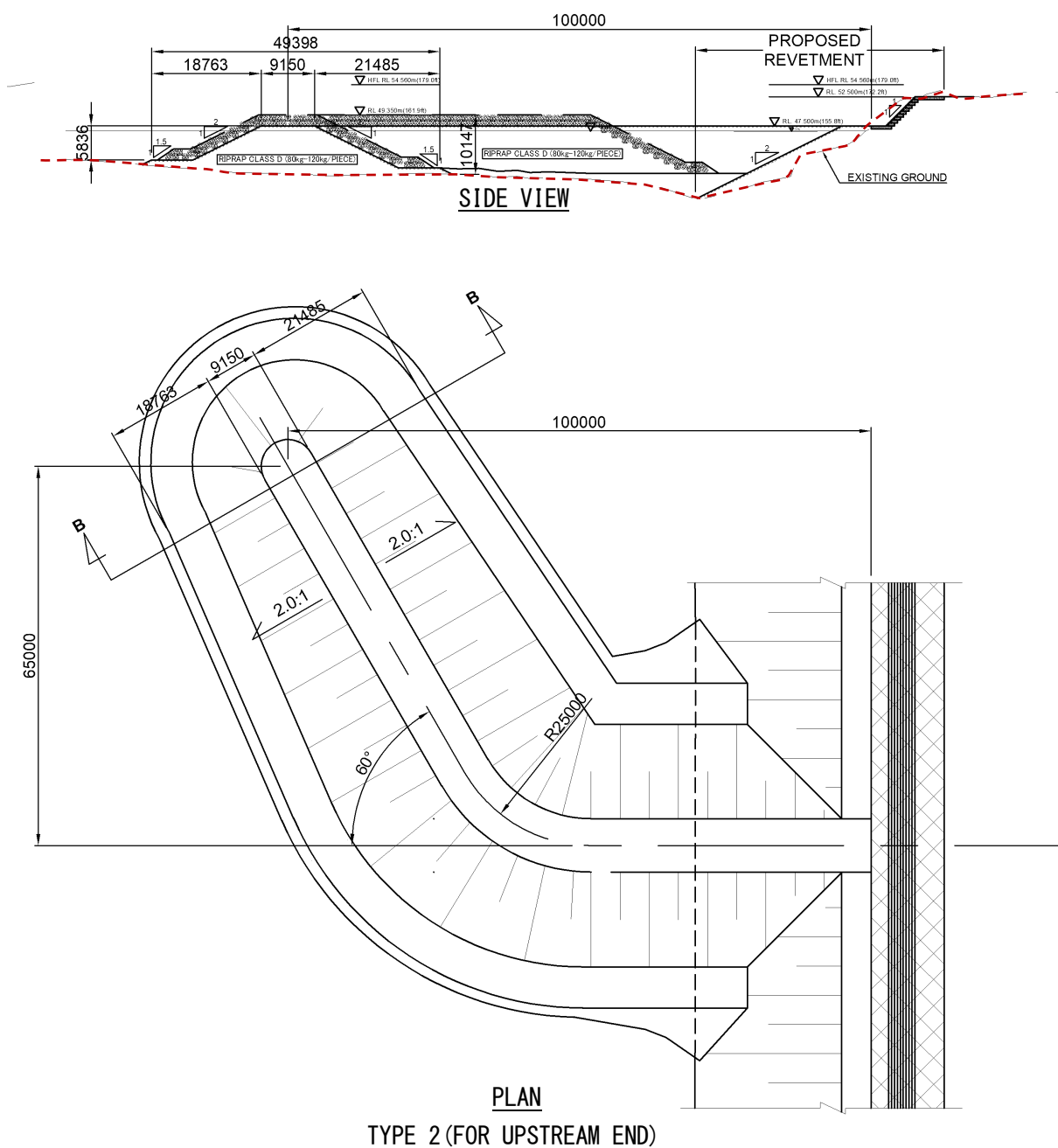
出典：プロジェクトチーム

図 5.1.10 II. 低水護岸工標準断面図



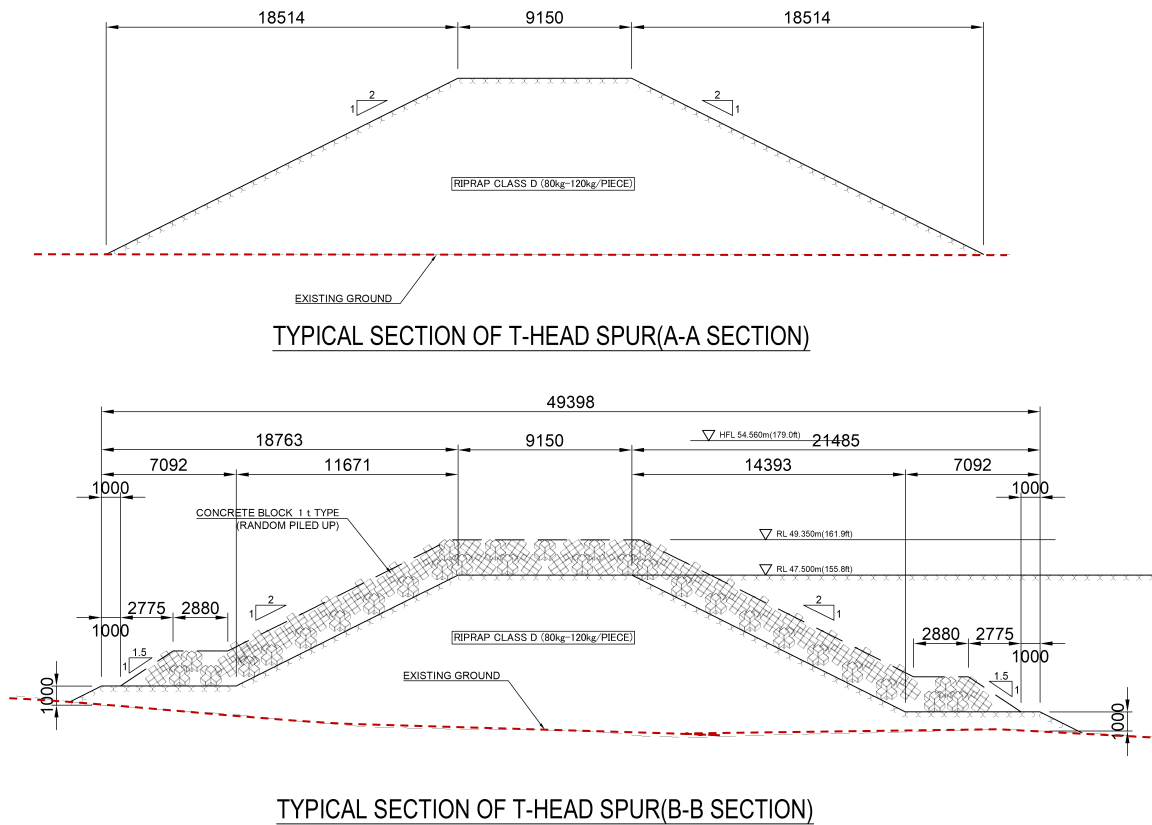
出典：プロジェクトチーム

図 5.1.11 III.T 型水制工一般図



出典：プロジェクトチーム

図 5.1.12 IV. 屈曲水制工一般図



注記：A-A 断面及び B-B 断面の位置は図 5.1.11 参照

出典：プロジェクトチーム

図 5.1.13 水制工断面図

5.1.7 図面作成

作成した設計図面を添付資料に整理した。

5.1.8 概算数量

表 5.1.7 に概算数量表を示す。

表 5.1.7 概算数量表

Item	Unit	Quantity
Clearing and Grubbing	sqm	126,936.37
Earth Work		
Embankment From Borrow(Bund)	cu.m.	107,114.08
Structural Excavation (Bund)	cu.m.	22,312.01
Backfill (Bund)	cu.m.	386.50
Sloop Protection ; Concrete		
Structural Concrete		
Slope Protection	cu.m.	8,612.25
Top Concrete	B x H = 0.3m x 0.6m	cu.m. 545.65
Base Concrete	B x H = 0.5m x 0.5m	cu.m. 647.97

Item		Unit	Quantity
Lean Concrete	t=0.05m	cu.m.	113.67
Formwork			
Slope Protection		sq.m.	433.20
Top Concrete		sq.m.	3,622.80
Base Concrete		sq.m.	2,059.20
Lean Concrete		sq.m.	455.70
Reinforcing Steel (Deformed) Grade60		kg	588,352.20
Gravel Bedding	t=200mm	cu.m.	8,360.0
Protection Work ; Riprap, Dry Stone Pitching			
Riprap (Bund with Revetment, L=200m)	Class D 80-120 kg/piece	cu.m.	1,938.44
Dry Stone Pitching	t=300mm	cu.m.	14,957.27
Gabion(Bund)	t=500mm	cu.m.	5,184.23
Filter Cloth(Bund)		sq.m.	63,431.00
Pavement Work			
Gravel Pavement(Aggregate Base Course)	t=200mm	cu.m.	3,569.48
Revetment Work			
Structural Excavation (Revetment)		cu.m.	76,363.45
Backfill (Revetment)		cu.m.	552.70
Riprap (Revetment)	Class D 80-120 kg/piece	cu.m.	53,822.70
Gabion(Revetment)	t=500mm	cu.m.	11,832.83
Filter Cloth(Revetment)		sq.m.	24,815.67
Spur	Length : 100m, about 200 m interval, N=6		
Riprap (Spur)	Class D 80-120 kg/piece	cu.m.	258,425.02
Concrete Block	Hexapod 1t Type	piece	63,129.0

出典：プロジェクトチーム

5.1.9 今後必要となる検討

(1) 追加地形測量及び土質調査

本検討では堤防及び河岸の横断測量と地質調査を実施したが、今後より詳細な検討を行い堤防線形や低水護岸線形を決定していく中で、追加の地形測量や地質調査を行う必要がある。それらの結果を踏まえ、対策工範囲や工種の最終化を行うこととなる。

地質調査は堤体及び基礎地盤の土質定数を把握するために実施する。本検討において実施済み箇所以外で調査を実施し、本検討で得られていない範囲の情報を補完するとともに、対策工範囲の最終化のための資料として利用する。




(2) 設計流速の算出

前述の低水路を含む横断測量結果より設計水深を設定し、マンニングの公式より平均流速を算定し、湾曲補正等を考慮して設計流速を算出する。

(3) 堤防の護岸工種の検討

堤防に設置する護岸に関して、コンクリートフェーシング以外の護岸工種で適用可能なものを比較検討の上で最適な護岸工種を決定する必要がある。例えば、表 5.1.8 のような工種を候補として挙げることができる。ただし、本検討で対象としている箇所は、水衝部となっていることに注意して適用可能な護岸工種を抽出する必要がある。

表 5.1.8 他に候補となる護岸形式（案）

	かご平張り	コンクリートブロック張り	練石張り
写真			
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日本では一般的な護岸工種 ・ 中詰め石を入れた鉄線かごを法面上に敷設 ・ 吸出防止材を併用 ・ 厚み 30cm～50cm の鉄線かごが安価で入手可能な場合使用可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日本では一般的な護岸工種 ・ プレキャストのコンクリートブロック張りで法面を被覆 ・ 吸出防止材を併用 ・ コンクリートフェーシングと比較して安価となるようであれば、適用の可能性はある 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日本では古典的な護岸工種 ・ 玉石等とコンクリートを組み合わせることで長期的に安定性が高い ・ 材料の入手が容易 ・ 高品質な施工には熟練した技能を要する ・ 使用する石のサイズ管理の徹底や吸出防止材の敷設をすれば使用可能

出典：写真はメーカー資料

(4) 川裏側法面保護の検討

川裏側法面の被覆工に関しては、本検討で提案している Stone Pitching の使用以外に、下記のような材料について調査や適用性の検討が必要である。

- ・ **張芝に代わる乾燥に強い植物を使用した種子吹付工**
→パキスタンのような乾燥地域でも、生育可能でかつ根浅い植物を調査し、堤防法面の被覆材としての適用性を検証する。検証の上、適用可能であれば種子吹付により、盛土または切土法面に施工する方法が適用可能である。
- ・ **侵食防止シート**
→植生を期待せずに、法面に侵食防止するシートを敷設する方法。過去にパキスタン国内でも施工されたことがあるようだが、盗難に遭ってしまったようである。第3国からの輸入となるため、低廉な材料ではない可能性が高いが、本検討対象地域周辺では石材のコストが高いため、検討の余地はあると考える。

・ **ジオテキスタイルを用いた被覆材**

→Sand Filled Mattress と呼ばれる材料で、ジオテキスタイル製のシート状の袋の中に砂を充填して、護岸として使用するものである（写真 5.1.1 参照）。第3国からの輸入材料となる。中に充填する砂が必要となるが、本検討対象地域周辺では石材のコストが高いことから、検討の余地はあると考える。



出典：メーカー資料

写真 5.1.1 Sand Filled Mattress

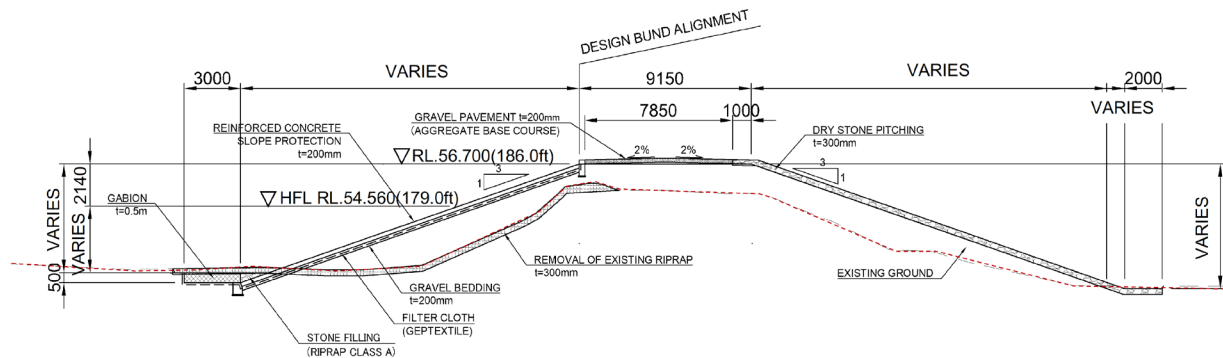
(5) 水理検討による水制工諸元の検討

本検討では現在右岸側に寄っている低水路の流れへの水はね効果を目的として、低水路岸沿いに水制群を提案している。これらの水制による河道の流れへの影響について、水理模型実験や平面二次元水理解析によりその効果を検証するとともに、配置や長さの最適化を検討する必要がある。

写真 5.1.1 Sand Filled Mattress

5.2 施工計画

対策工の設計に基づき施工計画を検討する。5.1 で検討した侵食対策工の標準断面図を図 5.2.1 に示す。



出典：プロジェクトチーム

図 5.2.1 堤防本体の標準断面図

設定された侵食対策工を以下に示す。

1. 基礎部の洗堀対策工；カゴマット敷設
2. 表法面侵食に対する法面保護工；コンクリート張工+裏込め砕石
3. 裏法面侵食に対する法面保護工；石張り (Stone Pitching)

5.2.1 施工条件の基本条件

施工は、10 月から 6 月の Indus 川の水位の低い時期に行う。施工の基本条件を以下に示す。

- ・ 基礎工及びカゴマット敷設は、河川水位以上の施工となるため基本的に締切工は施工しない。
- ・ 捨石工は、主に水中部となるため台船に資機材を載せた台船施工を基本とする。
- ・ 水制工は、基本撒き出しで陸側からの施工とする。条件によっては、台船施工を併用する。
- ・ 施工現場は、北側 Larkana Road から距離延長 5km 程度の位置にある。進入路は、幅員 6m 確保できる。
- ・ 現場事務所及びストックヤード(資機材置き場)は、進入口付近の堤内側の平地に設置する。必要に応じて、盛土を行う。
- ・ 工事用道路は、既設堤防及び堤内、堤外の間地を利用する。基本並行して 2 箇所設置する。
- ・ 資機材は、基本的に Larkana(距離約 20km)で調達する。

以上の条件で設定した運搬ルートを図 5.2.2、ストックヤードを図 5.2.3 に示す。ストックヤードは、60m×100m 程度確保する。



出典: Google Earth

図 5.2.2 Moria Loop Bund への運搬ルート



出典: Google Earth

図 5.2.3 Moria Loop Bund のストックヤード

5.2.2 施工手順

施工条件に基づいて、施工工程を検討する。施工は、土工を先行させ築堤を行って盛土を安定させてから侵食対策を行う。同時期に台船施工により捨石工を施工する。併せて川表の基礎工を施工する。その後、川表、川裏の法面保護工を施工する。全体の施工工程は、以下のとおりとなる。

- ① 準備工：事務所設置、ストックヤード整備、他
- ② 盛土工：定規断面まで締固め盛土
- ③ 捨石工：陸側及び川側（台船施工）より、施工
- ④ 水制工：捨石工と並行して捨石を巻き出し上にコンクリートブロックを敷設
- ⑤ 掘削工；基礎工
- ⑥ 基礎工；川表側、法面保護工の基礎
- ⑦ 川表カゴマット工：基礎前面にカゴマット敷設
- ⑧ コンクリート張工；川表の法面保護工
- ⑨ 天端工川表の法面保護工の天端コンクリート
- ⑩ サンドマット工；川裏をサンドマットで法面保護
- ⑪ 天端舗装工(碎石舗装)；管理通路の天端舗装

5.2.3 概略工程計画

施工条件に基づいて、施工工程を検討する。施工は、土工を先行させ築堤を行って盛土を安定させてから侵食対策を行う。同時期に台船施工により捨石工を施工する。併せて川表の基礎工を施工する。概略工程計画を表 5.2.1 に示す。

5.3 概算事業費

設計数量に基づき、概算事業費を算定する。施工単価については、最近の市場価格を見積もりより設定する。

5.3.1 堤防強化における施工単価

堤防強化の対象州である Sindh 州の施工業者から見積もりを取り 2024 年 11 月現在の工事工種別単価を収集している。工種別単価を表 5.3.1 に示す。

表 5.3.1 堤防強化施工工種別単価

種別細別	規格	単位	単位	2024.11現在 単価(PKR)
伐根、伐開		m2	m2	159
I 河川土工		式	式	
1. 掘削工				
オープン掘削 バックホウ掘削積込		m3	m3	431
2. 路体盛土工				
路体 W \geq 4.0 フルドーザ敷均し	路体・築堤・普通15t標準	m3	m3	178
路体 W \geq 4.0 フルドーザ敷均し	路体・築堤・普通21t標準	m3	m3	160
盛土	購入土	m3	m3	2,983
作業土工 埋戻工B	4m以上	m3	m3	908
作業土工 埋戻工C	1m<W<4m	m3	m3	1,523
作業土工 埋戻工D	1m以下	m3	m3	1,796
3. 法面整形工				
法面整形工	機械による削り取り整形	m2	m2	521
法面整形工	機械による切土整形 レキ質土・砂及び砂質	m2	m2	847
II 擁壁護岸工		式	式	
1. 作業土工(排水部分)				
床掘		m3	m3	613
作業土工 埋戻工D	1m以下	m3	m3	1,796
基面整正		m3	m3	136
2-1. 護岸工本体(川表法面:m3表記)	Reinforced Concrete Facing			
コンクリート工:m3表記	工事費のみ ポンプ車打設	m3	m3	6,336
コンクリート供給:m3表記		m3	m3	27,738
鉄筋加工	13mm以下、材料込み m3当たり0.03t	t	t	461,651
鉄筋組立	13mm以下	t	t	60,466
2-2. 現場打ち法枠工+石張工:胴込めあり	法枠 + Grouted Riprap			
現場打ち法枠工	Grouted Riprap	m2	m2	36,260
3-1. 石張り工:空石(川裏法面)	Dry Stone Picking			
石積工	60-80kg: 300mm	m2	m2	33,565
3-2. Sand Fill Matress				
Sand Matress	機械による削り取り整形込み	m2	m2	1,931
4. 排水工				
コンクリート工	工事費のみ 人力打設	m3	m3	4,422
コンクリート供給	24N	m3	m3	27,754
5. トップコンクリート				
コンクリート工	工事費のみ	m3	m3	27,607
コンクリート供給	24N	m3	m3	27,738
6. 均しコンクリートベースコンクリート				
コンクリート工	工事費のみ ホッパー打設	m3	m3	11,087
コンクリート供給	24N	m3	m3	27,754
7. 鉄筋・型枠工				
鉄筋加工	16mm~25mm、材料込み	t	t	459,008
鉄筋組立	16mm~25mm	t	t	49,805
鉄筋加工	13mm以下、材料込み	t	t	461,651
鉄筋組立	13mm以下	t	t	60,466
型枠工		m2	m2	5,965
8. 砕石敷き均し				
基礎砕石工	C-40, t=10cm 材料費込み	m2	m2	1,524
吸出し防止材(全面)設置工		m2	m2	2,616
III 護床工		式	式	
Riprap	捨石: 最大半径9m-24m: 材料60-80kg: CL	m3	m3	11,002
Riprap	捨石: 最大半径9m-24m: 材料80-120kg: C	m3	m3	13,906
IV 管理用通路工		式	式	
路盤工(車道)	C-40, t=200、材料及び工事費込み	m2	m2	1,681
V. 仮設工				
コンクリートプラント設置撤去		式	式	2,036,330
VI. 付属施設工		式	式	
かごマット				
かごマット	50cm	m2	m2	10,521
かごマット	100cm	m2	m2	18,305

出典：プロジェクトチーム（参考：「パキスタン国インダス川下流域堤防強化計画協力準備調査」業務）

5.3.2 提案する堤防強化スキームの概算事業

工種別単価より施工概算数量に基づき、概算事業費を算定する。用地買収、家屋移転等の補償費は、含まない。堤防強化施工工事費は、12,215 百万 Rs.となり日本で 60 億円程度となる。全体結果を表 5.3.2 に示す。工種別の施工工事費を表 5.3.3 に示す。詳細結果は、付属資料にまとめる。

表 5.3.2 堤防強化施工工事費表

区間名	工事延長(m)	施工工事費 (百万 Rs.)	備考
Moria Loop Bund	2,250 (堤体本体) 1,150 (低水河岸)	12,215.0	

出典：プロジェクトチーム

表 5.3.3 侵食対策堤防強化施工費

項目	建設費 (百万 Rs.)
Clearing and Grubbing	10.1
Earth Work	494.8
Slope Protection; Concrete	1,301.9
Protection Work; Riprap, Dry Stone Pitching	1,206.0
Pavement Work	9.0
Revetment Work	1,644.3
Spur Length: 100m, about 200 m interval, N=6	7,548.9
Total	12,215.0

出典：プロジェクトチーム

5.4 環境社会配慮

5.4.1 環境影響評価

(1) 環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要

本事業における環境社会影響を与える事業コンポーネントは、河川堤防の改修・強化（侵食対策）である。本事業による環境への影響は、サイトそのものへの影響に留まり、不可逆的な影響が少ないこと、また一般的な緩和措置で対応できると考えられる。また、「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン（2022年1月公布）」（以下、「JICA GL」）に掲げる影響を及ぼしやすいセクター・特性及び影響を受けやすい地域に該当せず、環境への望ましくない影響が重大でないと判断され、カテゴリ B に分類される。従って、JICA GL に基づき、初期環境調査（Initial Environmental Examination、以下「IEE」）レベルの環境社会配慮調査が必要となる。一方、パキスタンにおいても、Sindh 州の環境保護庁規則（Sindh Environmental Protection Agency (Environmental Assessment) Regulations, 2021）に基づき、IEE が必要である。

河川堤防の改修・強化地点である Moria Loop Bund の位置情報を表 5.4.1 に示す。

表 5.4.1 河川堤防の改修・強化地点

No.	River	Location	Latitude	Longitude
1	Indus River	Moria Loop Bund	27°37'6.38"	68°20'54.28"

出典：プロジェクトチーム

(2) 相手国の環境社会配慮制度・組織相手国の環境社会配慮に係る法規制・組織

(a) 国家保全戦略 (National Conservation Strategy 1992)

1992 年にパキスタン政府によって作成及び承認されたパキスタン国家保全戦略は、国の環境問題に関する主要な政策文書である。本戦略は、10 年間の計画と実施のサイクルで機能し、農地の土壌保全、流域保護、生物多様性の保全、都市廃棄物の管理、文化遺産の保全等、14 のコア分野を扱っている。戦略で示される環境保護・保全及び管理の原則は、プロジェクトの計画及び実行の際にガイドラインとして参照する必要がある。

(b) 環境保護法 (Pakistan Environmental Protection Act 1997: PEPA)

パキスタン環境保護法（以下、「PEPA」）は、環境の保護、保全、修復、改善、汚染の防止と管理及び持続可能な開発の促進のために 1997 年に制定された。PEPA は、国家保全戦略の実施、州の持続可能な開発基金の設立、種の保護・保全、再生可能資源の保全、環境法廷の設立と環境行政官の任命、IEE 及び環境影響評価（Environmental Impact Assessment、以下「EIA」）のための枠組みを規定している。

(c) パキスタン環境保護庁規則 (Pakistan Environmental Protection Agency (Review of IEE and EIA) Regulations 2000)

2000 年に制定されたパキスタン環境保護庁規則は、IEE 及び EIA を必要とする事業や手続きを規定しており、プロジェクトの計画段階で環境・社会緩和策を組み込んだ環境影響評価の実施を義務づけている。

(d) 国家環境政策 (National Environmental Policy 2005)

国家環境政策は、環境問題、特に淡水域と沿岸水域の汚染、大気汚染、適切な廃棄物管理の欠如、森林伐採、生物多様性の喪失、砂漠化、自然災害、気候変動に対応するための包括的な枠組みとして 2005 年に策定された。

本方針は、以下の 5 つの目的及び給水とその管理、大気質と騒音、廃棄物管理と自然災害管理等の専門分野及び横断的分野のガイドラインを示している。

- ・ 環境資源の保全、回復、効率化
- ・ 政策立案及び計画プロセスにおける環境配慮の統合
- ・ あらゆるレベルの政府機関及びその他ステークホルダーの環境管理のための能力開発
- ・ 国の方針に沿った効果的に国際的な義務の履行
- ・ 大衆意識とコミュニティ動員による環境への需要の創出

(e) 国家環境品質基準 (National Environmental Quality Standards : NEQS)

パキスタン政府は、環境汚染を管理するために、都市排水及び産業排水、産業排ガスに関する国家環境品質基準（以下、「NEQS」）を 2000 年に制定した。また、環境大気質、飲料水水質、騒音に関する NEQS を 2010 年に制定した。

(f) 国家飲料水政策 (National Drinking Water Policy 2009)

パキスタンの安全な飲料水に関する国家レベルの政策として、国家飲料水政策は 2009 年 9 月に内閣によって承認された。本政策は、水系感染症による死亡や病気の発生率を減らすことにより、パキスタンの人々の生活の質を向上させることを目的としており、安全な飲料水へのアクセスの増加、地表水及び地下水資源の保護と保全、水処理と安全性、適切な技術と標準化、コミュニティへの参加、一般認識等に関する具体的なガイドラインを示している。また、本政策では、国家飲料水品質基準の施行を含む、政策の効果的な実施のための様々な立法措置を提案している。

(g) パキスタン気候変動法 (The Pakistan Climate Change Act, 2017)

本法は、気候変動に関連する国際条約の下でのパキスタンの義務を果たし、気候変動の影響に対処するための要件を掲げている。本法は 1 章：序文、2 章：パキスタン気候変動評議会、3 章：パキスタン気候変動局、4 章：パキスタン気候変動基金及び 5 章：その他から成る。

(h) 国家気候変動政策 (National Climate Change Policy (Updated in 2021))

国家気候変動政策（以下、「NCCP」）は、2012 年に承認されたパキスタンの気候変動に対応する画期的な方針である。NCCP は、気候変動の適応及び緩和の包括的な課題への取り組み、気候変動行動計画、プログラム、プロジェクトを遂行するための基礎的な枠組みについて言及している。

本政策は 5 年ごとに更新され、NCCP 2021 は、「気候変動が経済の経済的・社会的に脆弱部門を主流化させ、気候に適合した開発へ導く」ことを目標としている。NCCP では、気候変動省及び州の農業、運輸、エネルギー、産業、林業、生物多様性等の様々な開発セクターが、適応と緩和策を通じて得た成果が示され評価された。

NCCP 2021 では以下の政策により、気候変動がらみの災害管理に取り組むことを示している。

- NDMA が策定した「国家災害リスク管理フレームワーク」を実施するための十分な財源を確保する
- 仙台防災枠組の優先行動を確実に実施し、新たな災害リスクを防止し、既存の災害リスクを軽減する
- 複数の危険に対処可能で、国家防災政策で示される全体システムの回復力、効率及び有効性を高めることができる災害管理の組織、メカニズム及び能力を開発する
- 自然災害時の各関係部門の役割と責任を示す調整メカニズムを明確に定義する
- 将来イベントに対する脆弱性を最小限に抑えるために、費用効果が高い「Nature-Based Solutions」(NBS) を防災に対して優先して投資する
- 主要都市（特にカラチとラホール）の雨水排水能力を再設計及び更新し、短時間豪雨増加の可能性を考慮する
- 早期警報システムを強化し、サイクロンや暴風雨に対する脆弱な沿岸及びその他地域に対するコミュニティの避難計画を策定する
- 脆弱な沿岸地域にサイクロンシェルターを建設する
- 自然災害時の安全な避難所として使用できるように、災害に強い病院、診療所、多目的学校の建物を再設計・建設する
- 特に避難計画の策定において、早期警戒の普及及び防災活動へのコミュニティの参加を確保する
- 避難戦略において、高齢者、子ども、障害者、女性が特に優先されるようにする
- 氷河湖の開発を監視し、氷河湖決壊洪水（Glacial Lake Outburst Floods : GLOF）の場合の脆弱な地域の避難戦略策定のための適切なメカニズムを設定する
- 脆弱な山岳地帯で発生する雪崩や地滑りのリスクマッピングを実施し、それに対応した予防措置を講じる
- 効率的な監視及び洪水管理のため、既存の灌漑インフラ（特に洪水堤防）の GIS マッピングを実施する
- 脆弱な山岳地帯での局所的なフラッシュ洪水の予測及び警報システムを確立する
- 国内の洪水予測、干ばつ監視、早期警報システムを強化する
- 関係機関を強化することにより、洪水、鉄砲水、干ばつ等に対処する能力を強化する
- 災害後の損失・損害に対する保険及びインフラや土壌回復への対策を含む「評価と補償メカニズム」を開発する
- 洪水のピークを管理し、洪水を遅らせ、避難経路を確保するためのダムの利活用を含む洪水管理のための戦略の組み合わせを発展する
- 「河川氾濫原」の規制及び法律の制定・施行を実施する
- 洪水経路等の問題を分析するためにダム決壊調査を実施する
- 必要な堰き止め能力の強化を確実にする
- 気候変動シナリオに対する Indus 川システムの水文モデリング及び氾濫原マッピング/ゾーニングを実施し、様々な予測洪水レベルを推定する
- 適切な洪水堤防、堤防砂保護堤防を計画、設計、建設、強化し、洪水の可能性のあるレベ

ルに照らして洪水緩衝地を保護する

- ・ 電気通信、電力、ユーティリティ、輸送等のインフラが、気候変動の影響（特に異常気象）に対して回復力があることを確認する

(i) 各州が独自に制定する環境関連法規制

各州政府は、汚染防止を担当する独自の環境保護機関を持つ。環境影響評価の承認プロセスは、各州の関連法規制に基づき、各州の環境保護機関に承認権限が移譲されている。Sindh 州では、Sindh 州環境保護庁（Sindh Environmental Protection Agency、以下「Sindh EPA」）が承認権限を有している。

Sindh 州における環境社会配慮に係る関連法規制は表 5.4.2 に示すとおりである。

表 5.4.2 Sindh 州における環境関連法規制

関連組織	- Sindh EPA
関連法規制	- Sindh Environmental Protection Act, 2014 - Sindh Environmental Protection Agency (Environmental Assessment) Regulations, 2021 - Sindh Resettlement & Rehabilitation Policy, 2022 - Sindh Climate Change Policy, 2022 - Sindh Wildlife Protection, Preservation, Conservation and Management Act, 2020 - Sindh Water Management (Amendment) Act, 2018 - Sindh Solid Waste Management Board Act, 2014 - Sindh Fisheries (Amendment) Act, 2011 - Sindh Cultural Heritage (Preservation) Act, 1994

出典：プロジェクトチーム

2) 環境影響評価制度

(a) 環境影響評価が必要なプロジェクト

Sindh 州の環境影響評価規則では、環境チェックリスト（Environmental Checklist、以下「EC」）/IEE/EIA の要件を示している。EC、IEE 及び EIA を必要とするプロジェクトを表 5.4.3 に示す。

本事業は、下表の IEE の「水管理、ダム、灌漑及び洪水防止、洪水防止堤防」に該当する。

表 5.4.3 EC/IEE/EIA が必要なプロジェクトのリスト

EC	IEE	EIA
農業、畜産業、漁業		
1) 肥料倉庫 2) 農場内のダム及び養殖場	1) 鶏、家畜、魚の養殖場 2) 農薬及び医薬品の倉庫 3) 農産物、畜産物、水産物の包装、加工、冷蔵、倉庫保管に関するプロジェクト 4) 食肉処理施設の建設及び運営	
エネルギー		
	1) 最大 25MW の水力発電 2) 最大 100MW の火力発電 3) 最大 50MW の石炭火力発電所 4) 132KV までの送電線及び変電所 5) 最大 25MW バイオマスを含む廃棄物発電プロジェクト 6) 石炭の取り扱い及び貯蔵施設の建設 7) バイオ燃料施設の取り扱い、輸送、	1) 50MW 以上の水力発電 2) 100MW 以上の火力発電 3) 50MW 以上の石炭発電プロジェクト 4) 132KVA 以上の送電線及び配電プロジェクト 5) 原子力発電所 6) 風力、太陽光または再生可能エネルギープロジェクトで、環境的に敏感な

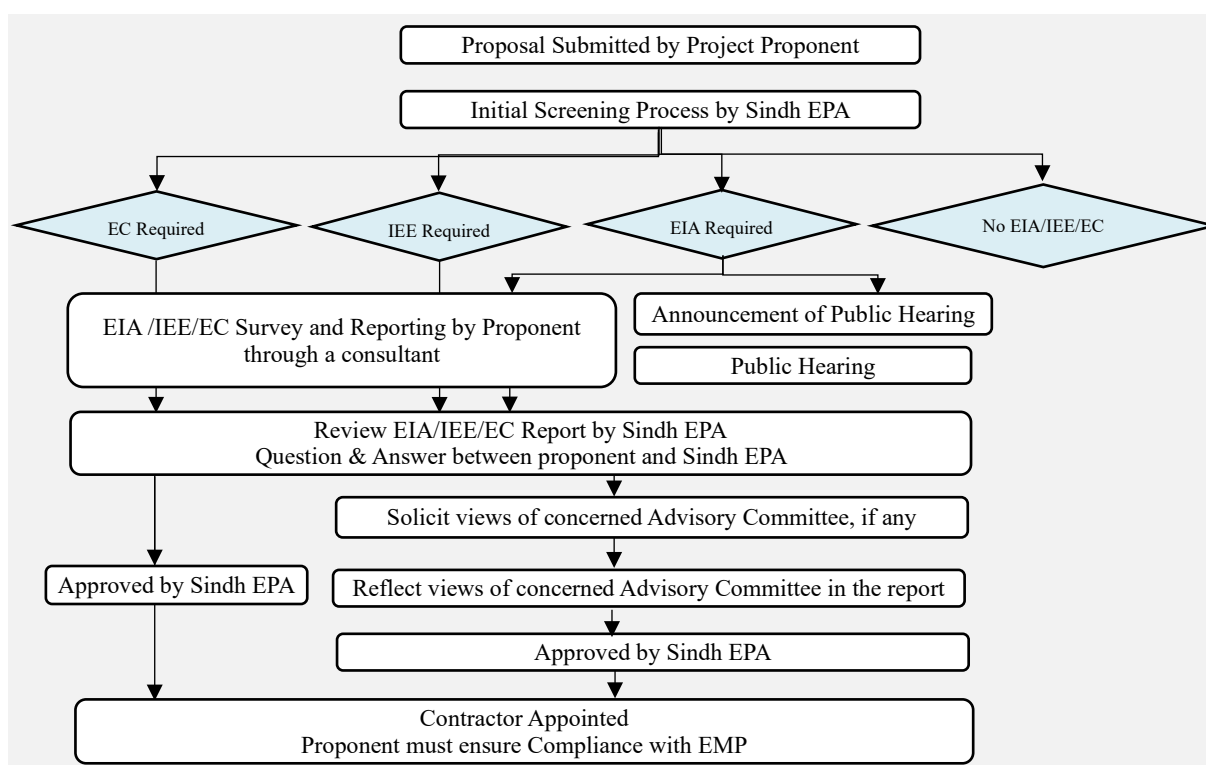
EC	IEE	EIA
	貯蔵 8) 食用穀物及び種子の取り扱い及び貯蔵 9) すべての再生可能エネルギープロジェクト（法律に基づく保護地域/敏感地域を除く）	保護地域に該当する場合。
石油及びガスプロジェクト		
1) 綿実油工場 2) LPG、CNG、LNG 充填所及びガソリンスタンドの建設	1) 石油及びガスの 2D/3D 地震探査及び掘削活動（海上及び沖合） 2) 環境的に敏感な/保護された地域外における探査及び生産を含む石油及びガスの採取プロジェクト 3) 石油及びガスの輸送、収集、貯蔵、分離、輸送システム 4) CNG、LPG 石油、LNG のバルク貯蔵施設の建設 5) 石油の混合及びリサイクルユニット	1) 石油 石油精製所。 2) LPG 及び LNG ターミナルプロジェクト 3) 石炭取扱ターミナルプロジェクト
製造及び加工		
1) 総面積が 1000yd ² から 5000yd ² の非危険物倉庫 2) 総面積が 500yd ² を超える、結婚式場/宴会場/レストラン/製パン施設 3) 総面積が 500 m ² を超える自動車作業場/サービスステーション 4) 豆類加工工場 5) 小麦粉工場 6) 製氷工場及び冷凍倉庫 7) カーペット製造施設	1) セラミック及びガラス製造設備 2) 食品加工設備 3) 製薬設備 4) 米製粉所、ギア/油製造所、綿繰り 5) 人工繊維及び樹脂プロジェクト 6) なめし革及び皮革仕上げプロジェクト 7) アパレル、織物衣類製造設備（織り、紡ぎ、染色、漂白、印刷を含む） 8) 木工製品製造設備 9) 鋼鉄再圧延工場 10) 廃棄物リサイクル工場 11) バッテリー製造工場 12) レンガ窯 13) 大理石加工工場 14) 石材破碎設備	1) セメントプラント 2) 化学製造業 3) 肥料プラント 4) 製鉄所 5) 製糖所及び蒸留所 6) 工業団地及び輸出加工区の設定 7) 石油化学コンビナート 8) 合成樹脂、プラスチック及び人工繊維、紙及び板紙、製紙パルプ、プラスチック製品、印刷及び出版、塗料及び染料
採鉱及び鉱物加工		
1) 石灰窯	1) Schedule-I に含まれない砂、砂利、石灰岩、粘土、硫黄、その他の鉱物の商業的採取 2) 破碎、粉碎、分離工程 3) 1日あたり 20 トンまでの生産能力を持つ金属精錬プラント	1) 石炭、金、銅、硫黄、貴石の採鉱及び処理 2) 主要非鉄金属、鉄鋼圧延の採鉱及び処理 3) 金属精錬プラントの生産能力が 1日あたり 20 トン以上
交通		
1) 都市部における 500m から 1km までの道路、及び農村部における 500m から 5km までの道路の建設/改修/修復 2) 長さ 100m から 500m の高架道路、地下道、橋の建設	1) 都市部では 500m 以上 1000m 以下、農村部では 5 キロメートル以上の長さを持つ高架道路、地下道、橋の建設 2) バスターミナル/鉄道駅/地下鉄の停留所及び交通関連ターミナルの建設・運営 3) 都市部では 1km 以上、農村部では 5km 以上の既存道路の改修、再建、再構築	1) 空港 2) 1km 以上の高速道路、自動車専用道路、主要道路（都市間道路）の建設 3) 港湾及び港湾開発 4) 大量輸送プロジェクト 5) 鉄道工事 6) 総延長 1km 以上の高架道路、地下道、橋の建設
水管理、ダム、灌漑及び洪水防止		
1) 既存の小運河及び/または水路の敷設 2) 運河の清掃	1) 貯水量 2500 万 m ³ 未満、表面積 4km ² 未満のダム及び貯水池 2) 面積 15,000ha 未満の灌漑システム及	1) 貯水量 2,500 万 m ³ 以上、水面積 4km ² 以上のダム及び貯水池 2) 15,000ha 以上の灌漑及び排水プロジ

EC	IEE	EIA
	び排水システム 3) 洪水防止堤防	エクト
水供給及びびろ過		
1) 雨水利用プロジェクト	1) 水供給計画及びびろ過プラント	1) 公共給水計画及びびろ過プラント
廃棄物処理及びび排水処理		
1) 産業排水処理施設 2) 1 日あたり 500 トンまでの衛生理立地	1) ごみ中継ステーション/堆肥化プラントを含む年間処理能力 1 万トン以下の固形及び非有害廃棄物（市営埋立地及び商業施設を除く） 2) 100 mgd 以下の下水処理施設における廃水処理 3) 病院が自らの使用のために所有する焼却施設を含む病院廃棄物処理施設（商業施設を除く）	1) 有害廃棄物、有毒廃棄物、放射性廃棄物の処理、貯蔵、または廃棄のための施設（埋立地、焼却施設など） 2) 固形廃棄物埋立地。 3) 複合排水処理施設 4) 100mgd 以上の家庭排水処理施設
都市開発及びび観光		
1) 延べ面積が 6 万 sq.feet から 10 万 sq.feet の住宅及び商業ビルの建設 2) 5 ac から 15ac の面積をカバーする住宅計画 3) 森林伐採作業 4) 50 床未満の医療施設	1) 15ac 以上 50ac 以下の住宅計画 2) 10 万 sq.feet 以上 50 万 sq.feet 以下の床面積を持つ、住宅及び商業用高層建築プロジェクト 3) 研究所 4) 50 床以上の病床数を持つ病院、医療施設 5) 教育及びび学術機関の建設	1) 50ac 以上の住宅計画 2) 関連組織の建築条例に準拠する 50 万 sq.feet 以上の住宅用及び商業用高層ビル 3) 政府及びび関連土地管理組織が通知した高密度ゾーンに位置するすべてのプロジェクト（規模によらない）。 4) 都市中心部の主要な回廊/道路の商業化 5) 大規模な公共施設 6) 大規模な観光開発プロジェクト
通信		
1) BTS タワー		
環境影響を受けやすい地域		
		1) Sindh-EPA が特定した環境的に敏感な地域に位置するすべてのプロジェクト
その他事業		
	1) 本規則の第 6 条 (2) に基づき、Sindh-EPA が IEE の提出を要求するその他のプロジェクト	1) 本規則の第 5 条 (2) に基づき、EIA の提出が義務づけられているその他のプロジェクト 2) 環境に悪影響を及ぼす可能性のあるその他のプロジェクト

出典：Sindh 州環境保護庁規則を基にプロジェクトチーム作成

(b) 環境影響評価の手順

EC、IEE 及び EIA の手続きの流れを図 5.4.1 に示す。



出典：プロジェクトチーム

図 5.4.1 EC/IEE/EIA の承認フロー

(c) 審査料

環境影響評価の審査料は表 5.4.4 に示すとおりである。EC については、一律で PKR 40,000/- であるが、IEE や IEA はプロジェクト費用に応じて審査料が設定されている。

表 5.4.4 環境影響評価の審査料

プロジェクト費用 (百万 PKR)	審査料
20 まで	PKR 50,000/-
20 以上 100 まで	PKR 100,000/-
100 以上 200 まで	PKR 200,000/-
200 以上 500 まで	PKR 400,000/-
500 以上	PKR 600,000/-
EC または環境管理計画 (EMP) の審査料は、PKR 40,000/-	

出典：Sindh 州環境保護庁規則を基にプロジェクトチーム作成

(d) JICA ガイドラインとのギャップ

JICA GL とパキスタンの環境関連法規 (Sindh 州環境保護法 (Sindh Environmental Protection Act, 2014) 及び Sindh 州環境保護庁規則) とのギャップの有無を確認し、表 5.4.5 に取りまとめた。

表 5.4.5 JICA GL とパキスタンの環境関連法規との比較

主な事項	JICA GL の方針	パキスタン制度	ギャップの有無 及び対処方針
基本的事項	プロジェクトを実施するにあたっては、その計画段階で、プロジェクトがもたらす環境や社会への影響について、できる限り早期から、調査・検討を行い、これを回避・最小化するような代替案や緩和策を検討し、その結果をプロジェクト計画に反映しなければならない。	プロジェクトの提案者は、IEE または EIA を提出し、環境承認を得なければ建設及び操業を開始してはならない。	大きな相違はない。パキスタン制度に従う。
対策の検討	プロジェクトによる望ましくない影響を回避し、最小限に抑え、環境社会配慮上よりよい案を選択するため、複数の代替案が検討されている場合には、まず、ミティゲーション・ヒエラルキーに沿って影響の回避を優先的に検討し、これが可能でない場合には影響の最小化、軽減、次に緩和措置を検討する。代替措置は、回避措置や最小化、軽減、緩和措置を講じてもおおきな影響が残る場合に限り検討が行われるものとする。 環境管理計画、モニタリング計画など適切な対策の計画や体制、そのための費用及びその調達方法が計画されていないなければならない。特に影響が大きいと考えられるプロジェクトについては、詳細な環境管理のための計画が作成されていない。	「環境影響評価」とは、データの収集、質的・量的影響の予測、代替案の比較、予防・緩和・代償措置の評価、環境管理計画、トレーニング計画及びモニタリング計画の策定、勧告の策定、その他規定される要素を含む環境調査を意味する。 EC、IEE、EIA、EMP または環境監査（EA）のすべての承認は、Sindh EPA が課す条件に加え、プロジェクトが、EC、IEE、EIA、EMP または EA に厳格に従って設計、建設または運営され、緩和措置及びその他の措置が採用されることを条件とする。 Sindh EPA は、EMP または EA の作成範囲に関するガイドラインを発行することができる。ガイドラインが発行された場合、実行可能な範囲で、それに従って作成されなければならない。	大きな相違はない。パキスタン制度に従う。
検討する影響スコープ	環境社会配慮に関して調査・検討すべき影響の範囲には、大気、水、土壌、廃棄物、事故、水利用、気候変動、生態系及び生物相等を通じた、人間の健康と安全及び自然環境への影響（越境のまたは地球規模の環境影響を含む）並びに以下に列挙するような事項への社会配慮を含む。 非自発的住民移転等人口移動、雇用や生計手段等の地域経済、土地利用や地域資源利用、社会関係資本や地域の意思決定機関等社会組織、既存の社会インフラや社会サービス、貧困層や先住民族など社会的に脆弱なグループ、被害と便益の分配や開発プロセスにおける公平性、ジェンダー、子どもの権利、文化遺産、地域における利害の対立、HIV/AIDS 等の感染症、労働環境（労働安全を含む）。	環境配慮の項目は具体的には定められていない。	JICA GL に従う。

主な事項	JICA GL の方針	パキスタン制度	ギャップの有無 及び対処方針
法令・基準・計画 などとの整合性	プロジェクトは、相手国政府（地方政府を含む）が定めている環境社会配慮に関する法令、基準を遵守しなければならない。また、相手国政府が定めた環境社会配慮の政策、計画等に沿ったものでなければならない。 プロジェクトは、相手国政府が法令等により自然保護や文化遺産保護のために特に指定した地域の保護の増進や回復を主たる目的とする場合を除き、原則として、当該指定地域の外で実施されねばならない。また、このような指定地域に重大な影響を及ぼすものであってはならない。	Sindh 州環境保護法や環境保護庁規則に従う。 Sindh EPA は、環境上影響を受けやすい地域を指定することができる。環境的に影響を受けやすい地域に立地するプロジェクトの事業者は、Sindh EPA に EIA を提出する必要がある。	パキスタンでは保護地域を避けて事業を実施することを義務づけられてはいないが、本事業では保護地域は原則避ける方針とする。
社会的合意	プロジェクトはそれが計画されている国、地域において社会的に適切な方法で合意が得られるような十分な調整が図られていなければならない。特に環境に与える影響が大きいと考えられるプロジェクトについては、代替案を検討するような早期の段階から、情報が公開された上で、地域住民等のステークホルダーとの十分な協議を経て、その結果がプロジェクト内容に反映されていることが必要。	EIA の場合、地域住民または政府機関から受領したすべての意見は、決定書を発行する前に正当に考慮されるものとする。	大きな相違はない。早期の段階から協議を進め、得られた意見は可能な限りプロジェクトに反映する。
気候変動	一定量を超える温室効果ガスの発生が見込まれる事業では、事業実施前に温室効果ガス総排出量を推計し公表する。	気候変動については言及されていない。	JICA GL に従う。
生物多様性	プロジェクトは、重要な生息地または重要な森林の著しい転換または著しい劣化を伴うものであってはならない。 森林の違法伐採は回避しなければならない。違法伐採回避を確実にするために、プロジェクト実施主体者による、規制当局からの伐採許可の取得とともに、林業関連プロジェクトにおいては森林認証の取得が奨励される。	森林の違法伐採の回避等については特に言及されていない。	JICA GL に従う。
非自発的住民移転及び生計手段の喪失	非自発的住民移転及び生計手段の喪失は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない。このような検討を経ても回避が可能でない場合には、影響を最小化し、損失を補償するために、対象者との合意の上で実効性ある対策が講じられなければならない。	非自発的住民移転及び生計手段の喪失については言及されていない。	地籍調査を実施し、対象地域内に民地が確認された場合は、JICA GL に従い、住民移転計画を作成する。

主な事項	JICA GL の方針	パキスタン制度	ギャップの有無 及び対処方針
先住民族	プロジェクトが先住民族に及ぼす影響は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない。このような検討を経ても回避が可能でない場合には、影響を最小化し、損失を補填するために、実効性ある先住民族のための対策が講じられなければならない。	先住民族については言及されていない。	JICA GL に従う。
モニタリング	プロジェクトの実施期間中において、予測が困難であった事態の有無や、事前に計画された緩和策の実施状況及び効果等を把握し、その結果に基づき適切な対策をとらなければならない。 効果を把握しつつ緩和策を実施すべきプロジェクト等、十分なモニタリングが適切な環境社会配慮に不可欠であると考えられる場合は、プロジェクト計画にモニタリング計画が含まれていること、及びその計画の実行可能性を確保しなければならない。 モニタリング結果を、当該プロジェクトに関わる現地ステークホルダーに公表するよう努めなければならない。 第三者等から、環境社会配慮が十分でない等の具体的な指摘があった場合には、当該プロジェクトに関わるステークホルダーが参加して対策を協議・検討するための場が十分な情報公開のもとに設けられ、問題解決に向けた手順が合意されるよう努めなければならない。	Sindh EPA は、IEE または EIA を承認したすべてのプロジェクトについて、実際の環境影響が予測されたレベルを超えているかどうか、及び承認の条件が遵守されているかどうかを判断するために、環境モニタリングを実施または手配しなければならない。そのために、プロジェクトの責任者に対し、プロジェクトの環境影響に関する定量的・定性的な分析を含む、Sindh EPA が指定する情報の提出を求めることができる。 プロジェクトから排出される、排水、廃棄物、大気汚染物質、騒音、その他問題とされる可能性のある物質や行為について、日次、週次、月次、年次ベースで報告する。 Sindh EPA は、収集したデータ及び提供された情報を確認した上で、承認条件の遵守を確保するために必要であると考えられる指示を担当者に出すことができる。	JICA GL ではモニタリング結果を公表することが義務づけられているが、パキスタン制度には明確な記載がない。 本項目では、JICA GL を適用する。
苦情処理	環境社会影響を受ける人々やコミュニティからの苦情に対する処理メカニズムが整備されていなければならない。	Sindh EPA は自らの意思で、または個人もしくは団体からの苦情に基づき、環境問題に関する調査・検討を行う。	苦情処理メカニズムの整備については言及されていない。JICA GL に従う。
情報公開	EIA 報告書は、地域住民等も含め、プロジェクトが実施される国において公開されており、地域住民等のステークホルダーがいつでも閲覧可能であり、また、コピーの取得が認められていることが要求される。環境アセスメント報告書(制度によっては異なる名称の場合もある)は、プロジェクトが実施される国で公用語または広く使用されている言語で書かれていなければならない。また、説明に際しては、地域の人々が理解できる言語と様式による書面が作成されねばならない。	EIA の場合、Sindh EPA は、プロジェクトの種類、正確な場所、事業者の名前と住所、主なステークホルダーから意見を募るための公聴会の日時と場所を記載した公告を、広く発行されている英語、ウルドゥー語、シンド語の全国紙と、プロジェクトの影響を受ける地域で一般に発行されている地方紙に掲載しなければならない。	大きな相違はない。パキスタン制度に従う。

出典：プロジェクトチーム

(3) 代替案（事業を実施しない案を含む）の比較検討

1) 事業を実施しない案

パキスタンは洪水、土砂災害、地震等の自然災害多発国であり、特に、Indus 川及びその支川ではモンスーン期の豪雨による洪水の発生頻度が高く、多大な経済損失を通じて同国社会に負の影響を与えている。なかでも、2010 年及び 2022 年に発生した洪水では甚大な被害を及ぼした。

同国政府は、これら洪水の激甚化・頻発化の現状を踏まえ、FFC を中心に、2015/16 年度から 2024/25 年度を計画期間とする第四期国家洪水計画 (National Flood Protection Plan- IV。以下、「NFPP-IV」) において、優先的な対応として河川構造物の改修・補強を行うとしている。また、2022 年の洪水後に同国政府が実施した災害後ニーズ確認調査 (Post Disaster Need Assessment 以下、「PDNA」) 及び 2023 年 1 月に発表された復興支援計画 (Pakistan Floods 2022: Resilient Recovery, Rehabilitation, and Reconstruction Framework (4RF)) においても、これら堤防の安全性確保を必要性が高い事業として位置付けている。

このような状況下で、氾濫リスクが高い Indus 川下流域の低平地において、浸水時に大きな経済的損失が予想される地域を対象に浸食や浸透に強い堤防の整備を行うことは、災害リスクの削減を行う事前防災投資の実現に資する。上記観点から優先度が高い事業として位置付けられていることから、事業を実施しない案は採用しない。

2) 代替案の検討

代替案は、堤防線形や低水護岸線形について、FS 調査の中で追加の地形測量や地質調査を行った上で、コストや技術面、環境社会配慮の観点から検討する。

(4) スコーピング

河川堤防の改修・強化に伴う環境影響項目について評価を行った。その結果をスコーピング案として表 5.4.6 に整理した。

表 5.4.6 スコーピング案

No.	評価項目	評価		評価理由
		工事前・工事中	供用時	
汚染対策				
1.	大気汚染	✓		【工事中】 ・ 建設機械の稼働等に伴い、一時的ではあるが、排気ガスや粉じんの発生が想定される。 【供用時】 ・ 本事業による粉塵及び大気汚染物質の発生は想定されない。
2.	水質汚濁	✓		【工事中】 ・ 建設工事に伴い発生する濁水により、河川水質への影響が想定される。また、工事は台船での施工を想定しており、油漏れや燃料流出のリスクが懸念される。 【供用時】 ・ 本事業における水質汚濁への影響は想定されない。

No.	評価項目	評価		評価理由
		工事前・ 工事中	供用時	
3.	廃棄物	✓		【工事中】 ・ 建設残土や廃材の発生が想定される。 【供用時】 ・ 本事業により周辺環境に影響を及ぼすような廃棄物の発生は想定されない。
4.	土壌汚染	✓		【工事中】 ・ 建設用オイルの流出等による土壌汚染の可能性が考えられる。 【供用時】 ・ 本事業による有害物質の発生は生じないことから、土壌汚染は想定されない。
5.	騒音・振動	✓		【工事中】 ・ 建設機械の稼働等に伴う騒音・振動の発生が想定される。 【供用時】 ・ 本事業による騒音・振動の発生は想定されない。
6.	地盤沈下	✓		【工事中】 ・ 地盤が軟弱の場合、盛土や掘削により地盤沈下が起こる可能性がある。 【供用時】 ・ 本事業による地盤沈下の発生は想定されない。
7.	悪臭			【工事中】 ・ 悪臭を引き起こすような作業等は想定されない。 【供用時】 ・ 本事業による悪臭の発生は想定されない。
8.	底質	✓		【工事中】 ・ 工事は台船を設置して施工するため、河床の攪乱等による底質への影響が想定される。 【供用時】 ・ 本事業による底質への影響は想定されない。
自然環境				
9.	保護区			【工事中/供用時】 ・ 事業対象地及びその周辺に、国立公園や保護区等は存在しない。
10.	生態系	✓		【工事中】 ・ 本事業は既存河川の改修・強化であり生態系への影響は低いと考えられるが、生態系調査を行い、希少種の有無等を確認する。 【供用時】 ・ 本事業による生態系への影響は想定されない。
11.	水象	✓		【工事中】 ・ 既存堤防の改修に伴う水象への影響が想定される。また、工事中は台船の設置により水流が変化する可能性がある。 【供用時】 ・ 本事業により河川堤防の浸食が防止される。
12.	地形、地質			【工事中/供用時】 ・ 本事業では、地形、地質へ影響を与えるような大規模な河川改修・強化は想定されない。
社会環境				
13.	用地取得/住民移転	✓		【工事前/工事中】 ・ 本事業では用地取得/住民移転は想定されないが、確認が必要である。 【供用時】 ・ 供用開始後の追加的な用地取得・住民移転の発生は想定されない。
14.	貧困層	✓		【工事前/工事中】 ・ 対象地域における貧困層の有無は確認が必要である。 【供用時】 ・ 本事業による貧困層への影響は想定されない。

No.	評価項目	評価		評価理由
		工事前・ 工事中	供用時	
15.	少数民族・先住民	✓		【工事前/工事中】 ・対象地域における少数民族・先住民の有無は確認が必要である。 【供用時】 ・本事業による少数民族・先住民への影響は想定されない。
16.	雇用や生計手段等の地域経済	✓		【工事前/工事中】 ・本事業では用地取得/住民移転は想定されないが、発生する場合、生計手段の喪失あるいは収入レベルの低下、生計回復が困難となる可能性がある。 ・建設工事では、一時的に地元雇用の促進が期待できる。 【供用時】 ・本事業による雇用や生計手段等の地域経済への影響は想定されない。
17.	土地利用や地域資源利用			【工事中/供用時】 ・本事業は、既存河川堤防の改修・強化であり、土地利用や地域資源利用への影響は想定されない。
18.	水利用	✓		【工事中】 ・対象河川で水利用がある場合には、工事中の濁水による影響が考えられる。 【供用時】 ・本事業は、既存河川堤防の改修・強化であり、水利用への影響は想定されない。
19.	既存の社会インフラや社会サービス	✓		【工事中】 ・対象河川で水利用がある場合、工事に伴う一時的な河川利用の停止、切り回しが想定される。また、台船を設置して工事を行う場合、他の船舶の航行に影響する可能性がある。 【供用時】 ・本事業により河川堤防の浸食が防止される。
20.	社会機関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織			【工事中/供用時】 ・本事業は、既存河川堤防の改修・強化であり、社会機関係資本や地域の意思決定機関等への影響は想定されない。
21.	被害と便益の偏在			【工事中/供用時】 ・本事業は、既存河川堤防の改修・強化であり、周辺地域に不公平な被害と便益をもたらすことは想定されない。
22.	地域内の利害対立			【工事中/供用時】 ・本事業は、既存河川堤防の改修・強化であり、地域内の利害対立を引き起こすことは想定されない。
23.	文化遺産	✓	✓	【工事中/供用時】 ・本事業により考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なうことは想定されないが、環境社会配慮調査の中で確認する。
24.	景観			【工事中/供用時】 ・本事業は、既存河川堤防の改修・強化であり、景観への影響は想定されない。
25.	ジェンダー	✓		【工事前/工事中】 ・本事業は、既存河川堤防の改修・強化であり、ジェンダーへの特段の負の影響は想定されないが、現地調査時に現地の状況を確認した上で、影響の有無を評価する。 【供用時】 ・本事業によるジェンダーへの影響は想定されない。
26.	子どもの権利			【工事中/供用時】 ・本事業は、既存河川堤防の改修・強化であり、子どもの権利への影響は想定されない。

No.	評価項目	評価		評価理由
		工事前・工事中	供用時	
27.	HIV/AIDS 等の感染症	✓		【工事中】 ・ 建設労働者の流入により、HIV/AIDS 等の感染症が広がる可能性が考えられる。 【供用時】 ・ 本事業による HIV/AIDS 等の感染症に対して配慮すべき影響は想定されない。
28.	労働環境（労働安全を含む）	✓		【工事中】 ・ 建設労働者の労働環境に配慮する必要がある。 【供用時】 ・ 本事業による労働環境（労働安全を含む）のリスクは想定されない。
その他				
29.	事故	✓		【工事中】 ・ 建設工事に伴う事故の発生の可能性が考えられる。 【供用時】 ・ 本事業による事故のリスクは想定されない。
30.	越境の影響及び気候変動			【工事中/供用時】 ・ 本事業は、既存河川堤防の改修・強化であり、規模も大きくないことから、越境の影響や気候変動に係る影響等は想定されない。

出典：プロジェクトチーム

(5) 今後必要となる調査

FS 段階では、スコーピング案に基づき、環境社会配慮調査を行う。環境社会配慮調査の実施内容を以下に示す。

1) ベースライン調査

プロジェクトエリア及びその周辺の自然環境及び社会環境の現況を把握するため、スコーピング案に基づきベースライン調査を行う。ベースライン調査の調査項目及び調査手法の概要を表 5.4.7 に示す。

表 5.4.7 環境社会配慮調査の TOR

評価項目	調査項目	調査手法
汚染対策		
大気汚染	<ul style="list-style-type: none"> 現状の大気質 大気質基準 本事業実施に伴う排出ガス等の影響の程度 	<ul style="list-style-type: none"> 現地調査（大気質） 既存資料調査 関係者へのヒアリング 工事の内容や工法の確認
水質汚濁	<ul style="list-style-type: none"> 現状の水質 水質基準 本事業実施に伴う濁水の発生 	<ul style="list-style-type: none"> 現地調査（水質） 既存資料調査 関係者へのヒアリング 工事の内容や工法の確認
廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> 本事業の実施に伴う廃棄物の発生 廃棄物の処理、掘削残土の処分方法 	<ul style="list-style-type: none"> 関係者へのヒアリング 工事の内容や工法の確認
土壌汚染	<ul style="list-style-type: none"> 本事業の実施に伴う土壌汚染の影響の程度 	<ul style="list-style-type: none"> 関係者へのヒアリング 工事内容や工法の確認
騒音・振動	<ul style="list-style-type: none"> 現状の騒音・振動 騒音・振動基準 本事業実施に伴う騒音・振動の影響の程度 	<ul style="list-style-type: none"> 現地調査（騒音・振動） 既存資料調査 関係者へのヒアリング 工事の内容や工法の確認

評価項目	調査項目	調査手法
地盤沈下	<ul style="list-style-type: none"> 地質、土質、地盤の状況 	<ul style="list-style-type: none"> 地質調査等による地盤状況の確認 関係者へのヒアリング 工事の内容や工法の確認
底質	<ul style="list-style-type: none"> 本事業実施に伴う底質への影響の程度 	<ul style="list-style-type: none"> 関係者へのヒアリング 工事の内容や工法の確認
自然環境		
生態系	<ul style="list-style-type: none"> 現状の陸域、水域動植物 希少種の有無 本事業の実施による動植物への影響 伐採樹木の規模 	<ul style="list-style-type: none"> 現地調査（動植物調査） 既存資料調査 関係者へのヒアリング
水象	<ul style="list-style-type: none"> 本事業実施に伴う水象変化の程度 	<ul style="list-style-type: none"> 関係者へのヒアリング 工事の内容や工法の確認
社会環境		
非自発的住民 移転／用地取得	<ul style="list-style-type: none"> 地権者情報 住民移転が発生する場合に住民移転計画 	<ul style="list-style-type: none"> 現地調査 既存資料調査 関係者へのヒアリング
貧困層	<ul style="list-style-type: none"> 被影響住民の生活状況（社会経済、家計調査） 	<ul style="list-style-type: none"> 既存資料調査 関係者へのヒアリング
少数民族・先 住民族	<ul style="list-style-type: none"> 少数民族・先住民族の有無及び影響範囲 	<ul style="list-style-type: none"> 既存資料調査 関係者へのヒアリング
雇用や生計手 段等の地域経 済	<ul style="list-style-type: none"> 被影響住民の生活状況 地域の経済活動状況 	<ul style="list-style-type: none"> 既存資料調査 関係者へのヒアリング
水利用	<ul style="list-style-type: none"> 河川の利用状況 	<ul style="list-style-type: none"> 関係者へのヒアリング
既存の社会イ ンフラや社会 サービス	<ul style="list-style-type: none"> 河川の利用状況 	<ul style="list-style-type: none"> 関係者へのヒアリング
文化遺産	<ul style="list-style-type: none"> 遺産、史跡等の有無 	<ul style="list-style-type: none"> 既存資料調査 関係者へのヒアリング
ジェンダー	<ul style="list-style-type: none"> 社会的弱者の有無 ジェンダーへの配慮事項 	<ul style="list-style-type: none"> 既存資料調査 関係者へのヒアリング
HIV/AIDS 等 の感染症	<ul style="list-style-type: none"> HIV/AIDS のリスク 	<ul style="list-style-type: none"> 関係者へのヒアリング 類似事例の調査
労働環境（労 働安全含む）	<ul style="list-style-type: none"> 労働環境 	<ul style="list-style-type: none"> 関係者へのヒアリング 類似事例の調査
その他		
事故	<ul style="list-style-type: none"> 労働災害 	<ul style="list-style-type: none"> 関係者へのヒアリング 類似事例の調査

出典：プロジェクトチーム

2) 現地調査

スコoping案に基づき、表 5.4.8 に示す現地調査を実施する。

表 5.4.8 現地調査項目の概要

環境項目	調査項目	調査地点	調査手法
大気汚染	<ul style="list-style-type: none"> 二酸化硫黄 (SO₂)、一酸化窒素 (NO)、二酸化窒素 (NO₂)、オゾン (O₃)、浮遊粒子状物質 (SPM)、粒子状物質 (PM₁₀、PM_{2.5})、鉛 (Pb)、一酸化炭素 (CO) 	<ul style="list-style-type: none"> Moria Loop Bund 内で 1 地点 	<ul style="list-style-type: none"> 大気観測計測機を設置し測定する。 試料採取し Sindh-EPA の認定を受けた検査機関で濃度分析を行う。
騒音・振動	<ul style="list-style-type: none"> 等価騒音レベル (dB(A)) 振動レベル (dB) 	<ul style="list-style-type: none"> Moria Loop Bund 内で 1 地点 	<ul style="list-style-type: none"> 騒音計、振動計を設置し、騒音・振動レベルを測定する。
水質	<ul style="list-style-type: none"> 32 項目 : pH、温度、生物化学的酸素要求量(BOD)、化学的酸素要求量 (COD)、総懸濁物質(TSS)、総溶解固形物(TDS)、油脂、フェノール化合物、塩化物、フッ化物、シアン化物、陰イオン洗剤、硫酸塩、硫化物、アンモニア(NH₃)、農薬、カドミウム (Cd)、クロム(Cr)、銅(Cu)、鉛(Pb)、水銀(Hg)、セレン(Se)、ニッケル(Ni)、銀(Ag)、全有害金属、亜鉛(Zn)、ヒ素(As)、バリウム(Ba)、鉄(Fe)、マンガン(Mn)、ホウ素(B)、塩素(Cl) 	<ul style="list-style-type: none"> Moria Loop Bund 内で 1 地点 	<ul style="list-style-type: none"> サンプリング分析: 試料を採取し Sindh-EPA の認定を受けた検査機関で濃度分析を行う。
動植物	<ul style="list-style-type: none"> 地域の生物多様性にとって重要な地域 (餌場、湿地、営巣地) 希少種の確認 哺乳類、鳥、爬虫類、両生類、魚、昆虫、植物調査 伐採が想定される樹木数 	<ul style="list-style-type: none"> Moria Loop Bund の事業地内及びその周辺 	<ul style="list-style-type: none"> Sindh-EPA、関連機関へのインタビュー 既存レポートの確認 定点観測 事業対象地及びその周辺のトラップ 現地でのカウント

出典：プロジェクトチーム

3) 環境影響の検討

収集された情報、現地調査によって得られた環境現況を踏まえ、事業の実施に伴う環境社会影響の内容とその程度を予測・評価する。

4) 環境影響緩和策及び環境モニタリング計画の検討

影響評価の検討に基づき、事業の実施に伴う影響が予測される場合は、その影響を回避、低減するための緩和策を検討し、環境管理計画として取りまとめる。同計画には緩和策の内容・方法とともに、実施体制・費用の検討結果も含めて記載する。

5) ステークホルダー協議開催支援

ステークホルダー協議では、事業概要や妥当性に加えて、代替案の検討結果、負の影響 (スコoping結果、環境社会配慮調査結果等) についても実施機関から説明されるように、実施機関に対して支援を行う。また、開催目的、参加者、説明内容、協議内容等の記録を作成する。

6) IEE 報告書の作成支援

パキスタンの関連法規制及び JICA GL に基づき、報告書案を作成する。

5.4.2 用地取得・住民移転

(1) 用地取得・住民移転の必要性

本事業では、表 5.4.1 に示す Moria Loop Bund において、河川堤防の改修・強化を行う。Sindh PID によると、対象となる河川堤防の中心から両側 200 フィートは政府の土地とのことである。非自発的住民移転は想定されないが、FS 段階で地籍調査を行い、民地の有無等を確認した上で、用地取得・住民移転の必要性について判断する必要がある。

(2) 用地取得・住民移転に係る法的枠組み

1) 用地取得・住民移転に係る相手国法制度の概要

用地取得及び住民移転については、以下の法律や規則で定められている。

✓ The Land Acquisition Act, 1894 (Amendment 1969)

The Land Acquisition Act (LAA) は 1894 年に公布され、その後 1969 年の改正を経て、パキスタンの用地取得の主要な法律として現在まで受け継がれている。本法では土地の取得について以下のように述べている。

- ・ 公共目的のために土地を取得する場合、州政府はその旨の通達を官報に公告し、当該土地の所在する地区、当該土地の必要な理由、おおよその面積及び状況、図面が作成されている場合にはそれを閲覧することができる場所を記載し、かつ、Collector は、取得する土地周辺の便利な場所で、通達の内容を公告させなければならない。
- ・ 公共目的のために必要であるとして通知された土地に利害関係を有する者は、通知発行後 30 日以内に、当該土地の取得に反対することができる。
- ・ Collector は、政府がその土地を占有する意向であること、及び当該土地のすべての利益に対する補償請求は Collector に対して行うことができることを記載した公告を、占有される土地周辺の便利な場所で行わせなければならない。
- ・ 補償額を決定するにあたっては、土地の取得に関する通達が官報に公告された日における市場価格を考慮しなければならない。なお、市場価格を決定するにあたり、周辺に位置し類似の用途に供されている土地の譲渡を検討しなければならない。
- ・ 土地の市場価格に加えて、取得が公共目的のために行われた場合には、取得の強制性を考慮して、時価に 15%を加算した金額を裁定する。
- ・ 荒地または耕地の一時的な占有及び使用が公共目的のために必要であると認められた場合、歳入局の Executive District Officer は Collector に対し占有開始から 3 年を超えない範囲で適切と考える期間、その土地の占有及び使用を確保するよう指示することができる。

また、この法律は Land Acquisition (Sindh Amendment) Act として、2009 年及び 2019 年に改正法が Sindh 州に適用されている。

2) JICA ガイドラインとパキスタン法制度との比較

JICA GL とパキスタンの法制度との比較結果を表 5.4.9 に示す。

表 5.4.9 JICA ガイドラインと相手国法制度との比較表

No	JICA GL	パキスタンの法制度	比較	本事業における方針
1	非自発的住民移転及び生計手段の喪失は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない。	特段の記載なし。	パキスタンの法規制では、非自発的住民移転及び生計手段の喪失の回避に関する規定はない。	JICA GL に従う。
2	回避が不可な場合、影響を最小化し、損失を補償するための対策が講じられなければならない。	特段の記載なし。	上記同様。	JICA GL に従う。
3	移転住民には、移転前の生活水準や収入機会、生産水準において改善または少なくとも回復できるような補償・支援を提供する。	特段の記載なし。	パキスタンの法規制では、生計回復支援に関する規定はない。	JICA GL に従う。
4	補償は可能な限り再取得価格に基づかなければならない。	補償額は市場価格を考慮しなければならない。	大きな違いはない。	補償は、可能な限り再取得価格に基づき実施する。
5	補償やその他の支援は、物理的移転の前に提供されなければならない。	土地の所有権を取得する前に、補償金を裁定に基づき権利を有する者に支払わなければならない。	大きな違いはない。	事前にパキスタン側による補償及び支援の計画、実施を促す。
6	大規模非自発的住民移転が発生するプロジェクトの場合には、住民移転計画が作成、公開されていなければならない。	特段の記載なし。	パキスタンの法規制では、大規模住民移転計画に関する規定はない。	本事業では、大規模住民移転は想定されないが、万が一発生する場合は、JICA GL に従って住民移転計画を作成し、実施を促す。
7	住民移転計画の作成にあたり、事前に十分な情報が公開された上で、これに基づく影響を受ける人々やコミュニティとの協議が行われていなければならない。	特段の記載なし。	パキスタンの法規制では、住民移転計画に関する規定はない。	住民移転計画を作成する場合は、各段階における情報開示及び説明会を実施する。
8	協議に際しては、影響を受ける人々が理解できる言語と様式による説明が行われていなければならない。	特段の記載なし。	パキスタンの法規制では、協議時の言語等に関する規定はない。	情報開示、説明会では、住民が十分理解できる言語や手法を取る。
9	住民移転計画の立案、実施、モニタリングには、影響を受ける人々やコミュニティの適切な参加が促進されていなければならない。	特段の記載なし。	パキスタンの法規制では、影響を受ける人々やコミュニティの参加促進に関する規定はない。	事業の各段階における被影響者の参加を促す。
10	影響を受ける人々やコミュニティからの苦情に対する処理メカニズムが整備されていなければならない。	特段の記載なし。	パキスタンの法規制では、苦情処置メカニズムに関する規定はない。	パキスタン側に苦情処理の仕組みの計画、実施を促す。

No	JICA GL	パキスタンの法制度	比較	本事業における方針
11	被影響住民は、補償や支援の受給権を確立するため、初期ベースライン調査(人口センサス、資産・財産調査、社会経済調査を含む)を通じて特定・記録される。これは、補償や支援等の利益を求めて不当に人々が流入することを防ぐため、可能な限り事業の初期段階で行われることが望ましい。	特段の記載なし。	パキスタンの法規制では、被影響住民のベースライン調査に関する規定はない。	被影響住民に対する受給権を確定するために、センサス調査を実施する。
12	補償や支援の受給権者は、土地に対する法的権利を有するもの、土地に対する法的権利を有していないが、権利を請求すれば、当該国の法制度に基づき権利が認められるもの、占有している土地の法的権利及び請求権を確認できないものとする。	利害関係者には、LAA に基づく土地の取得を理由として行われる補償について利害を主張するすべての者が含まれ、また、土地に影響を及ぼす地役権について利害を有する者は、土地に利害を有する者とみなされる。	パキスタンの法制度は土地に対する法的権利を有さないものに関する規定はない。	地権者を対象とする。一方で、法的権利を有していないものの、利害関係者が確認された場合、JICAGL に基づいて必要な補償を実施する。
13	移転住民の生計が土地に根差している場合は、土地に基づく移転戦略を優先させる。	特段の記載なし。	パキスタンの法規制では、移転戦略の優先の規定はない。	住民移転が発生する場合、JICA GL に従って住民移転計画を作成し、実施を促す。
14	移行期間の支援を提供する。	特段の記載なし。	パキスタンの法規制では、移転期間における支援の規定はない。	住民移転が発生する場合、JICA GL に従って住民移転計画を作成し、実施を促す。
15	移転住民のうち社会的な弱者、得に貧困層や土地なし住民、老人、女性、子ども、先住民族、少数民族については、特段の配慮を行う。	特段の記載なし。	パキスタンの法規制では、会的な弱者に対する配慮の規定はない。	被影響住民における社会的弱者の特定及び配慮を行う。
16	200 人未満の住民移転または用地取得を伴う案件については、住民移転計画(要約版)を作成する。	特段の記載なし。	パキスタンの法規制では、住民移転計画の規定はない。	住民移転が発生する場合、JICA GL に従って住民移転計画を作成し、実施を促す。
17	非自発的住民移転及び生計手段の喪失の影響を受ける者に対しては、相手国等により、十分な補償及び支援が適切な時期に与えられなければならない。	特段の記載なし。	パキスタンの法規制では、非自発的住民移転及び生計手段の喪失の影響を受ける者に対する補償内容や支援時期に関する規定はない。	住民移転が発生する場合、JICA GL に従って被影響者に対する十分な補償及び適切な時期の支援の実施を検討する。
18	補償基準は公開され、一貫して適用される。影響を受ける者がその内容を認識している必要がある。	Collector の事務所に提出された裁定(土地の真の面積、補償金、補償金の配分)は、利害関係者が Collector の前に出頭したか否かを問わず、最終的かつ決定的な証拠となる。	パキスタンの法規制では、利害関係者が Collector の前に出頭したか否かを問わず、補償金の内容が最終的かつ決定的な証拠となる。	被影響者が補償内容を認識するように補償基準は公開する。

No	JICA GL	パキスタンの法制度	比較	本事業における方針
19	原則として、合意される補償内容は、文書で対象者に説明され、いつでも本人がその内容を確認できるものとする。	Collector は、当該土地のすべての利益に対する補償請求を Collector に対して行うことができることを記載した公告を、収容される土地周辺の便利な場所で行わせなければならない。 公告では、利害関係者に対する補償請求の金額を陳述するよう求めるものとする。Collector はいかなる場合においても、陳述書を書面で作成し、当事者またはその代理人が署名することを要求することができる。	大きな違いはない。	対象者への補償内容は文書で説明し、いつでも本人がその内容を確認できるようにする。

出典：プロジェクトチーム

(3) 今後必要となる調査

1) 地籍調査

住民移転/用地取得の影響を検討するにあたり、まず対象地域における地権者の有無等を把握する必要がある。地籍調査では、以下の内容について調査を行う。

- I. 土地の区画境界：対象地域の土地について、正確な区画境界の位置を特定
- II. 土地所有権：特定した区画における土地の所有権の特定
- III. 地形的特徴：道路、河川、公共設備、自然のランドマークなど、境界の定義に影響を与える主要な地形的特徴を特定

2) 住民移転計画の作成支援

地籍調査の結果、住民移転/用地取得が必要となった場合、パキスタンの関連法規や世界銀行 ESS5 に沿って、住民移転計画案を作成する。住民移転計画に含める内容案を表 5.4.10 に示す。

表 5.4.10 住民移転計画の案

項目	内容
用地取得・住民移転の必要性	移転を生じさせる事業コンポーネント、影響エリア、移転を回避・最小化するために検討された初期設計代替案、事業実施中に移転を可能な限り最小化するための方法を記載する。
用地取得・住民移転に係る法的枠組み	用地取得・住民移転に係るパキスタンの法制度の概要、JICA の方針を整理した上で、パキスタン法制度と JICA GL との乖離を分析し、乖離を埋めるための方策を提案する。
用地取得・住民移転の規模・範囲	事業対象地の全占有者（地主、非正規占拠者、賃借人、商売人、店舗従業員を含む）を対象とした①人口センサス調査、②財産・用地調査、及び③家計・生活調査を実施し、その結果を記載する。
補償・支援の具体策	事業による損失及びその補償について、具体的内容を記載する。カットオフデートの日付についても記載する。また、エンタイトルメント・マトリックスを作成し、損失のタイプ、補償・支援の受給権者、補償内容、補償に関する担当機関等を表にまとめる。
実施体制	用地取得・住民移転の関連機関の組織図、人員、職員の役割等を記載する。また、

項目	内容
	住民移転に責任を有する機関を特定し、各機関の責務を示す。
実施スケジュール	補償金や物理的移転に必要な支援を提供し終え、移転先地のインフラ整備や社会サービスの提供準備が整ってから物理的に移転を開始するスケジュールを示す。
費用と財源	補償費、移転費、生活再建築費用、雇用機会の斡旋費、運営費等を項目別に示し、すべての移転活動に必要な費用見積もりを記載する。その際、財源も明記する。
実施機関によるモニタリング体制、モニタリングフォーム	モニタリング項目（補償費支払い状況、各種支援の実施状況、移転の完了等）、投入及び成果等を計るための指標、モニタリング継続期間及び実施・モニタリングを行う機関を記載する。
現地ステークホルダーとの協議	被影響住民に対して、初期設計の概要・代替案、社会経済調査結果、損失資産補償方針等について実施機関が情報提供した上協議を行うように、実施機関に対して技術支援を行う。協議結果を整理し、得られた意見を移転計画へ反映する。

出典：環境社会配慮カテゴリ B 報告書執筆要領（2023 年 5 月）を基にプロジェクトチーム作成

5.4.3 その他

(1) パキスタンのジェンダー主流化への取り組み

1) ジェンダー事情の概要

パキスタンでは、憲法の下で男女平等が保障され、女性に対するあらゆる差別が禁止されている。パキスタン憲法（1973）のジェンダーに関連する条文は表 5.4.11 に示すとおりである。

表 5.4.11 パキスタン憲法（1973）のジェンダーに関連する条文

憲法第 25 条 (1)	すべての国民は法の下に平等であり、法の平等な保護を受ける権利がある。
憲法第 25 条 (2)	性別による差別があってはならない。
憲法第 25 条 (3)	本条のいかなる規定も、国家が女性と子どもの保護のために特別な規定を設けることを妨げるものではない
憲法第 34 条	国民生活のあらゆる分野において、女性の完全な参加を確保するための措置がとられなければならない。

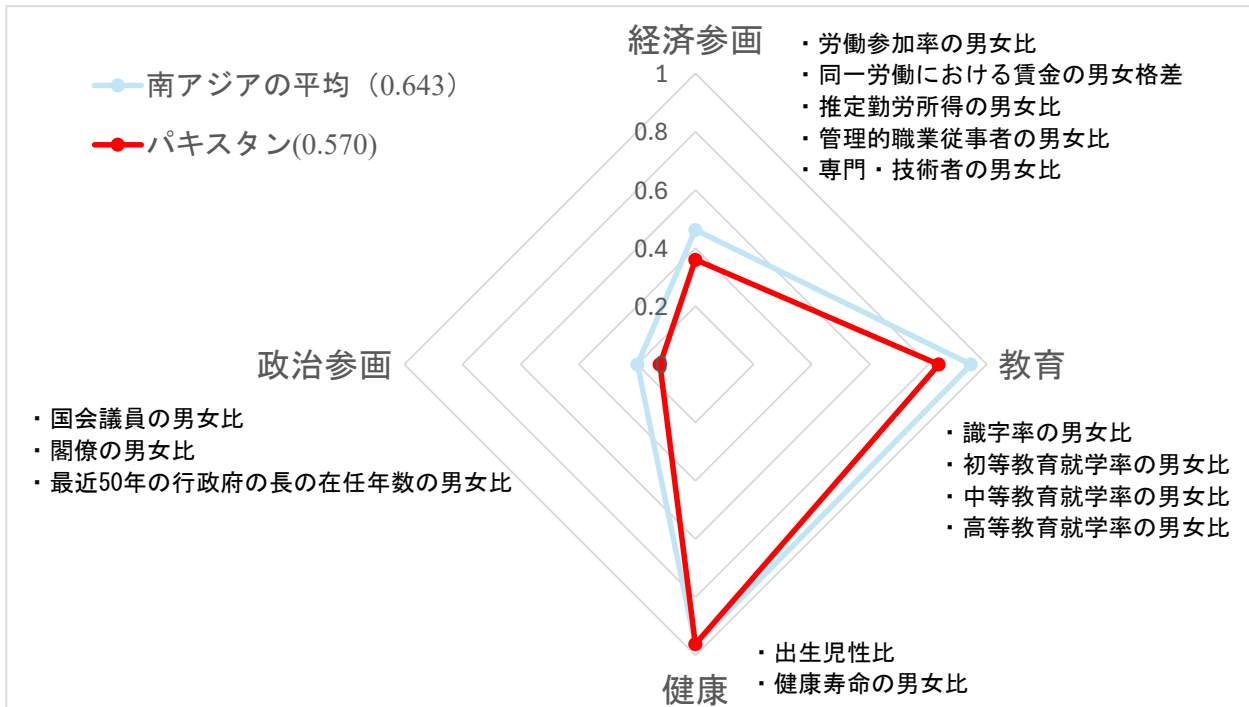
出典：パキスタン憲法（1973）を基にプロジェクトチーム作成

一方で、伝統的な家父長制に基づく社会通念や規範により、女性の移動の自由や教育・保健医療へのアクセス、経済活動への参加や雇用、土地の所有や相続権などが制限されており、女性の権利が十分に保障されていない。結果として、女性の社会進出が大きく遅れ、開発への役割を十分に果たせていない。

ジェンダーに関する国際的な指数として、世界経済フォーラム（World Economic Forum、以下「WEF」）が発表しているジェンダーギャップ指数（Gender Gap Index、以下「GGI」）がある。GGI は、4 つの分野（経済参画、教育、健康、政治参画）14 項目におけるジェンダー平等の現状（男性に対する女性の割合）を示している。Global Gender Gap Report 2024 によると、パキスタンの 2024 年の GGI は 0.570（0 が完全不平等、1 が完全平等）で 146 カ国中 145 位にランクされている。分野別にみると、経済参画 143 位、教育 139 位、健康 132 位、政治参画 112 位となっており、いずれも 3 桁順位であった。直近 5 か年の GGI は、多少の増減があるものの同程度で、順位についてもワースト 2～4 位を推移している。また、南アジア諸国（バングラデシュ、ブータン、インド、モルディブ、ネパール、スリランカ）と比較しても最も低い順位となっている。

ジェンダーギャップ指数（2024 年）を図 5.4.2 に、ジェンダーギャップ指数の項目別の内訳（2024 年）を表 5.4.12 に、パキスタンの直近 5 か年のジェンダーギャップ指数を表 5.4.13 に、ジェンダ

ーギャップ指数（2024 年）の南アジア諸国との比較を表 5.4.14 に示す。



出典：世界経済フォーラム「Global Gender Gap Report 2024」を基にプロジェクトチーム作成

図 5.4.2 ジェンダーギャップ指数（2024 年）

表 5.4.12 ジェンダーギャップ指数の項目別の内訳（2024 年）

	順位	値	男女差	女性	男性
経済参画	143	0.360	-	-	-
労働参加率の男女比	140	0.304	-56.14	24.53	80.67
同一労働における賃金の男女格差	81	0.620	-	-	-
推定勤労所得の男女比	136	0.249	-6.43	2.13	8.57
管理的職業従事者の男女比	140	0.061	-88.59	5.71	94.29
専門・技術者の男女比	134	0.358	-47.23	26.39	73.61
教育	139	0.836	-	-	-
識字率の男女比	137	0.671	-	-	-
初等教育就学率の男女比	125	0.876	-9.68	68.34	78.02
中等教育就学率の男女比	135	0.843	-7.11	38.20	45.32
高等教育就学率の男女比	111	0.926	-1.03	12.90	13.93
健康	132	0.961	-	-	-
出生児性比	1	0.944	-	-	-
健康寿命の男女比	141	0.999	-	-	-
政治参画	112	0.122	-	-	-
国会議員の男女比	113	0.193	-67.60	16.20	83.80
閣僚の男女比	134	0.063	-88.24	5.88	94.12
過去 50 年の行政府の長の在任年数の男女比	37	0.104	-40.55	4.73	45.27

出典：世界経済フォーラム「Global Gender Gap Report 2024」を基にプロジェクトチーム作成

表 5.4.13 パキスタンの直近 5 か年のジェンダーギャップ指数

	GGI		経済参画		教育		健康		政治参画	
	順位	値	順位	値	順位	値	順位	値	順位	値
2024 (146 カ国)	145	0.570	143	0.360	139	0.836	132	0.961	112	0.122
2023 (146 カ国)	142	0.575	143	0.362	138	0.825	132	0.961	95	0.152
2022 (146 カ国)	145	0.564	145	0.331	135	0.825	143	0.944	95	0.156
2021 (156 カ国)	153	0.556	152	0.316	144	0.811	153	0.944	98	0.154
2020 (153 カ国)	151	0.564	150	0.327	143	0.823	149	0.946	93	0.159

出典：世界経済フォーラム「Global Gender Gap Report 2024」を基にプロジェクトチーム作成

表 5.4.14 ジェンダーギャップ指数（2024 年）の南アジア諸国との比較

国	GGI		経済参画		教育		健康		政治参画	
	順位	値	順位	値	順位	値	順位	値	順位	値
バングラデシュ	99	0.689	146	0.311	125	0.94	129	0.962	7	0.543
ブータン	124	0.651	103	0.634	113	0.963	122	0.962	139	0.045
インド	129	0.641	142	0.398	112	0.964	142	0.951	65	0.251
モルディブ	132	0.633	132	0.514	1	1.000	121	0.962	138	0.055
ネパール	117	0.664	137	0.475	130	0.923	82	0.969	51	0.288
スリランカ	122	0.653	127	0.544	49	0.997	1	0.98	123	0.090
パキスタン	145	0.570	143	0.360	139	0.836	132	0.961	112	0.122
平均	-	0.643	-	0.462	-	0.946	-	0.964	-	0.199

出典：世界経済フォーラム「Global Gender Gap Report 2024」を基にプロジェクトチーム作成

ジェンダーに関する国際的な指数には、GGI 以外に、国連開発計画（United Nations Development Programme、以下「UNDP」）が発表しているジェンダー不平等指数（Gender Inequality Index、以下「GII」）とジェンダー開発指数（Gender Development Index、以下「GDI」）がある。GII はリプロダクティブ・ヘルス（性と生殖に関する健康）、地位の向上（社会的、経済的に力をつけること）、労働市場への参画の 3 つの側面におけるジェンダー不平等に関する複合指標である。2022 年のパキスタンの GII は、0.522（0 が完全平等、1 が完全不平等）で、135 位であった。南アジア諸国と比較して最も低い順位となっており、妊産婦の死亡率が高いことや、15 歳以上の女性労働力率が低いことが要因として考えられる。

GDI は人間開発の 3 つの基本的な側面である健康、知識、生活水準における男女間の不平等を測定している。2022 年のパキスタンの GDI は、0.834（1 に近いほど順位が高い）で、GDI についても南アジア諸国と比較して最も低い値となっていた。内訳を見ると、女性の平均就学年数や推定国民総所得が低いことが要因となっている。

ジェンダー不平等指数（2022 年）を表 5.4.15 に、ジェンダー開発指数（2022 年）を表 5.4.16 に示す。

表 5.4.15 ジェンダー不平等指数 (2022 年)

	パキスタン	バングラデシュ	ブータン	インド	モルディブ	ネパール	スリランカ
GII 2022 (値)	0.522	0.498	0.334	0.437	0.328	0.495	0.376
GII 2022 (順位)	135	127	80	108	76	126	90
妊産婦死亡率 2020 (出生 10 万人あたりの死亡数)	154	123	60	103	57	174	29
若年層による出生率 2022 (15~19 歳の女性 1,000 人あたりの出生数)	41.2	73.3	18.5	16.3	6.8	63.4	15.4
議会における議席占有率 2022 (女性が占める割合)	20.1	20.9	15.7	14.6	4.6	33.8	5.3
25 歳以上の中等教育 修了女性割合 2022	22.0	43.7	26.7	41.0	46.9	26	80.6
25 歳以上の中等教育 修了男性割合 2022	26.9	50.5	34.3	58.7	46.3	42.8	83.3
15 歳以上女性労働力率	24.5	39.2	53.5	28.3	53.3	27.9	29.7
15 歳以上男性労働力率	80.7	81.4	73.5	76.1	78.2	55.0	70.7

出典 : Human Development Reports (<https://hdr.undp.org/>)を基にプロジェクトチーム作成

表 5.4.16 ジェンダー開発指数 (2022 年)

	パキスタン	バングラデシュ	ブータン	インド	モルディブ	ネパール	スリランカ
GDI 2022 (値)	0.834	0.914	0.970	0.852	0.976	0.885	0.947
人間開発指数 2022 (順位)	163	129	125	134	87	146	78
人間開発指数 2022 (女性)	0.480	0.635	0.670	0.582	0.748	0.562	0.751
人間開発指数 2022 (男性)	0.575	0.694	0.690	0.684	0.767	0.635	0.793
平均余命 2022 (女性)	68.9	76.0	74.2	69.4	81.8	72.4	80.2
平均余命 2022 (男性)	64.1	71.5	70.6	66.3	80.1	68.6	72.9
平均就学年数 2022 (女性)	7.3	12.4	13.6	12.6	13.3	12.8	14.1
平均就学年数 2022 (男性)	8.4	11.5	12.6	12.6	11.2	12.5	13.2
平均教育年数 2022 (女性)	3.9	6.8	5.2	5.5	7.9	3.4	11.1
平均教育年数 2022 (男性)	4.8	8.0	6.3	7.6	7.7	5.7	11.4
推定国民総所得 2022 (1 人あたり、女性)	2,120	3,684	9,343	2,958	12,161	2,609	6,241
推定国民総所得 2022 (1 人あたり、男性)	8,571	9,387	11,766	10,696	23,783	5,564	17,990

出典 : Human Development Reports (<https://hdr.undp.org/>)を基にプロジェクトチーム作成

2) 関連法令・政策

2000 年代以降、パキスタンのジェンダーに関する取り組みとして、女性や少女、ジェンダーマイノリティーの地位を改善するための法律や政策の整備が進められてきた。Sindh 州に適用されるジェンダーに関する法律のリストを表 5.4.17 に示す。

表 5.4.17 Sindh 州のジェンダーに関する法律のリスト

和名	英名	年度
Sindh 州ヒンドゥー教徒婚姻（改正）法	Sindh Hindus Marriage (Amendment) Act	2018
トランスジェンダー法	Transgender Persons (Protection of Rights) Act	2017
酸規制及び酸犯罪防止法	Acid Control and Acid Crime Prevention Act	2016
反名誉殺人法	Anti-Honor killing Act	2016
反レイプ法（刑法改正）	Anti-Rape Act (Criminal Laws Amendment)	2016
マイノリティ保護法	Criminal Law (Protection of Minorities)	2016
児童婚禁止法	Child Marriage Restraint Act	2014
家庭内暴力防止及び保護法	Domestic Violence (Prevention and Protection) Act	2013
女性的慣習防止法（刑法改正）	Anti- Women Practices Act (Criminal Laws Second Amendment),	2011
職場における女性に対するハラスメント防止法	The Protection Against Harassment of Women at the Workplace Act	2010

出典：Women Development Department Government of Sindh 「Gender Equality & Women’s Empowerment Policy」を基にプロジェクトチーム作成

ジェンダーに関する政策として、Sindh 州では、女性開発局（Women’s Development Department、以下「WDD」）が主導し、2013 年に女性の地位向上及び開発政策（Sindh Women’s Empowerment and Development Policy 2013）を策定・成立させ、ジェンダー主流化を進めてきた。その後、2019 年に同政策の改正を行い、ジェンダー平等及び女性の地位向上政策（Sindh Gender Equality and Women’s Empowerment Policy）を策定した。本政策は 2020 年～2030 年までの 10 年間にわたり適用され、3 年ごとの見直しが可能となっている。

本政策のビジョン、ミッション及び政策目標は表 5.4.18 に示すとおりである。

表 5.4.18 Sindh 州ジェンダー平等及び女性の地位向上政策のビジョン、ミッション及び政策目標

ビジョン	平和で民主的、公正で豊かな Sindh 州では、女性と少女は平等な市民であり、家庭から国内及び国際レベルに至るまで意思決定に参加し、暴力、差別、搾取、放置、虐待のない生活を送ることができ、社会的、政治的、経済的権利を完全に享受できる。
ミッション	Sindh 州全域において、女性と少女を平等な市民として強化するセクター全体及びセクター別の改革を実施し、必要な法的、行政的、財政的、制度的な措置を講じることで、ジェンダー平等と女性の地位向上を推進・前進させる。
政策目標 1	健全な政策、慣行、強制力のある法律を採択し、あらゆる形態の性別に基づく差別、暴力、搾取、虐待、放置をなくすことにより、ジェンダー平等と女性及び少女の権利を保護する。特に、農村女性、都市の貧困女性、少数民族女性、障害を持つ女性、高齢女性、災害や紛争の多い地域、国内避難民の女性、不利な立場にある女性、少女の権利に焦点を当てる。

政策目標 2	Sindh 州全域の州、地区、郡レベルにおいて、ジェンダーに配慮した計画、予算編成、報告、戦略開発、実施、評価を促進・実施することで、ジェンダー主流化を図る。
政策目標 3	女性及び少女への投資を保護・拡大し、開発への権利を含む市民的、文化的、経済的、政治的、社会的権利におけるジェンダー格差を解消するために、女性の地位向上に直接的に貢献し、またはジェンダー平等と女性の地位向上への障壁を取り除く（複数）部門別プログラム、計画、プロジェクトを調和させ、適切に資金提供する。
政策目標 4	ジェンダー平等及び女性の地位向上に関する憲法、国家・地方の公約及び国際的義務を完全に効果的に実施し、保護するための、強固かつ公正で、参加型で、透明性が高く、効果的な説明責任を果たす制度及びメカニズムを構築する。
政策目標 5	ジェンダー平等と女性の地位向上のためのパートナーシップ、同盟、調整、協力メカニズムを強化し、戦略への支援を動員し、専門知識を共有し、知識を生み出し、能力を構築し、州政府と連邦政府、法制度、支援構造の内部及び間でジェンダー平等と女性及び少女の地位向上を促進するために必要な技術及び財源の移転を確保する。
政策目標 6	女性に対するあらゆる形態の差別の撤廃に関する条約（Convention on the Elimination of All Forms of Discrimination against Women: CEDAW）、北京行動綱領（Beijing Platform for Action: BPfA）、国際人口開発会議（International Conference on Population and Development: ICPD）とその行動計画（Plan of Action: PoA）、持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals: SDGs）、及びジェンダー平等を推進するその他の国際人権規約、条約、協定の効果的な実施と報告を確保する。
政策目標 7	ジェンダー平等と女性の地位向上に影響を与える具体的な重複する公共政策に情報を提供することを目的とした、データ収集、整理、分析の改善により、ジェンダーデータの格差を解消すること。また、ジェンダー平等と女性及び少女の地位向上の成果を投入と資源と比較して測定するために、地方の各部署及び調査手段全体にわたって性別データ収集、モニタリング、報告を制度化すること。
政策目標 8	女性や少女の権利を損なう、または差別を助長する家父長的な考え方、性別による固定観念、特定の行動、態度、慣習をターゲットとした積極的措置を講じ、地域の子供、教育、救済、支援のシステムやメカニズムを合理化する。
政策目標 9	州のジェンダー平等及び女性の地位向上政策の目標を達成するために、国内及び国際的な資金源を含む国内資源を動員する。

出典：Women Development Department Government of Sindh 「Gender Equality & Women's Empowerment Policy」を基にプロジェクトチーム作成

パキスタンはまた、女性の平等な権利の確保を約束する国際条約や人権文書も批准している。主な批准条約は以下のとおりである。

- ・ 女子差別撤廃条約（Convention for Eliminating All Forms of Discrimination against Women: CEDAW）
- ・ 国際労働条約（ILO Conventions） No. C-100（同一賃金条例）及び C-111（待遇（雇用と職業）条約）

CEDAW は加盟国に対し、あらゆる形態の女性差別を撤廃し、男女間の平等を実現することを義務づけている。また、女性の経済・政治・国民生活への参加を確保するために、立法・行政・その他のあらゆる措置を講じることを各国に義務づけている。ILO 第 100 号条約と第 111 号条約は、報酬を含むすべての雇用関連事項における機会と待遇の平等を規定している。

3) 関連組織・機関

パキスタンでは、1989 年に女性支援政策の一環として、女性開発省（Ministry of Women's Development、以下「MoWD」）が設置された。同省は、女性の生活の質の向上と働く女性特有の問題の解決を図ることを目的として、法律や政策の整備、女性に関する問題調査、女性の地位向上

や雇用・教育の確保など多岐にわたる活動を行ってきた。その後、2011年7月に、第18次憲法改正法令（the 18th Constitutional Amendment Act）に基づく地方分権化の一環として、MoWD が撤廃され、各州政府にその役割と権限が委譲された。

現在は、主に以下の女性組織が女性の地位向上を取り扱うナショナル・マシーナリーとして機能している。

- ・ 国家女性の地位委員会（National Commission on the Status of Women: NCSW）
- ・ 州（Khyber Pakhtunkhwa: KP、Punjab、Sindh）の女性の地位委員会（Provincial Commissions on the Status of Women: PCSW）
- ・ 各州政府の女性開発局（Women’s Development Departments: WDDs）（KP 州は社会福祉局）

(a) 国家女性の地位委員会（NCSW）

NCSW は、2000年7月に設立された法定機関である。1995年の「北京宣言と行動綱領」、1998年の「女性のための国家行動計画（NPA）」など、関連する関連する国際条例等に基づき、パキスタンの憲法に保障された女性の社会的、経済的、政治的な権利を促進する使命を担っている。NCSW は、主に以下の活動を目的としている。

- ・ 女性の発展とジェンダー平等のために政府がとる政策、プログラム、その他の措置の検討
- ・ 女性の地位に影響を及ぼす法律、規則、規制の見直し
- ・ 女性の権利侵害や個人の苦情を救済するためのメカニズムや制度的手続きの監視
- ・ 女性とジェンダー問題に関連する情報、分析、研究の奨励及び後援
- ・ 国内、地域、国際レベルでの NGO、専門家、社会の個人との交流と対話の発展及び維持

NCSW は、議長、4つの州から各2名、イスラマバード首都特別地域、連邦直轄部族地域、Gilgit-Baltistan 及び Azad Jammu and Kashmir から各1名、宗教的少数派の代表者、PCSW の議長または指名委員、法務省、財務省、外務省、内務省、人権省から5名の職権委員で構成される。

(b) 州の女性の地位委員会（PCSW）

Sindh 州の女性の地位委員会（Sindh Commissions on the Status of Women: SCSW）は、独立した法定機関として2017年に設立された。同委員会は、United Nations (UN) Women Pakistan と協力して、2019年10月に、女性の権利保護とジェンダー平等の促進を目的とした3ヵ年戦略計画を発表している。この計画では、ジェンダーの観点から Sindh 州の法律、規制、政策を見直すこと、女性に対する暴力をなくすための措置を講じること、SCSW の組織的能力を構築することを含む3つの戦略的優先事項が概説されている。

なお、SCSW の主な役割と権限は以下に示すとおりである。

- ・ 男女平等、女性の地位向上、政治参加等のために政府が講じた、または講じようとする政策、プログラム、その他の措置を検討し、関係当局に適切な勧告を行う。

- ・ 女性の正当な利益と権利に不利なすべての州法、規則、規制を見直し、差別を撤廃し、女性の利益を保護・促進し、憲法と国際規約・公約の義務に従って法の下での男女平等を達成するために必要な修正や追加、または新たに立法することを提案する。
- ・ NGO、専門家、個人との交流や対話、他州の PCSW や機関との積極的な連携を拡大・維持し、ジェンダー平等を達成するための協力や行動を行う。
- ・ 女性及び女兒に影響を与える国際的な条約や義務の履行を促進し、監視する。また、連邦政府が提案する国際的な条約、議定書、協定に加盟する前に、連邦政府に意見や情報を提供するように政府に助言する。
- ・ 女性及び少女が収容されている刑務所、拘置所、その他の収容施設を視察し、関係当局に適切な勧告を行う。
- ・ 女性の権利保護、ロビー活動、連合構築、ネットワーク構築を行い、女性の権利促進の触媒として活動し、法律、経済、社会、政治における女性の地位向上を含め、あらゆる分野での女性の参加を促進する。
- ・ 女性の権利侵害の救済のためのメカニズムと制度的手続きを監視する。

(c) 各州政府の女性開発局 (WDDs)

各州政府 WDDs (KP 州は社会福祉局) の役割は、その設立や組織編成の背景にもより異なる。NCSW による各州政府 WDD の組織力評価報告書によると、社会福祉局内に置かれている KP 州では、国家社会福祉法に基づく社会福祉的なアプローチで、寡婦等のより脆弱なグループへの福祉サービスの提供がなされている傾向が強い。一方で、社会福祉局から独立し単独局となった Sindh 州をはじめ、Punjab 州、Balochistan 州の WDDs では、ジェンダー平等や女性の地位向上に向けたジェンダー主流化のアプローチを取っている。

なお、Sindh 州の WDDs は以下の機能を有する。

- ・ 女性の特別なニーズに対応するための公共政策及び法律の策定
- ・ 社会全般における女性の権利、特に公共部門の男女平等の保護と促進
- ・ 戦略的イニシアティブ、イノベーション、特別な平等化プロジェクトなど、女性のための特別な便宜を提供するプロジェクトの開発
- ・ 働く女性にとって働きやすく安全な職場環境を作るための、地区・地方レベルの他の関係部署・機関との女性福祉プログラムの調整、及び調査・研究の実施
- ・ 女性労働者の労働条件の改善
- ・ 家内工業の振興
- ・ ジェンダー問題に取り組むすべての女性国会議員、評議員、市民社会組織のメンバーのデータベースの管理

- ・ 女性に法的援助を提供し、女性差別とみなされる法律を見直し、それに関する勧告を策定するための顧問弁護士センターの設置
- ・ Sindh 州に適用される国家女性福祉政策の実施

(2) 治水分野のジェンダー対策案

河川堤防の改修・強化といった治水事業におけるジェンダー問題としては、主に建設工事における労働環境や労働条件が挙げられる。ここでは、建設部門におけるジェンダー問題を整理し、対策案を検討した。

1) 建設部門におけるジェンダーの課題

パキスタン統計局が発表している、パキスタン労働力調査 2020-21 (Pakistan Labour Force Survey 2020-21) によると、パキスタンの建設業界は、同国の労働力の 9.5%を雇用している。政府は建設部門を後押しするため、公共部門開発プログラム (Public Sector Development Programme: PSDP) 2024-25 に基づく建設プロジェクトの立ち上げなどいくつかの措置を講じており、建設部門の雇用者数は 2018~2019 年の前回調査時から 1.5%増加するなど、雇用機会は豊富である。また、PSDP 2024-25 によると、水部門のプロジェクトは新規の計画を含めて約 60 のプロジェクトが進行中である。

一方で、パキスタン労働力調査 2020-21 によると、パキスタンの労働力人口に占める女性の割合は 20%程度であり、建設業に従事する女性の割合は 0.4%にとどまっている。

主要産業部門別の雇用者の割合 (2020-2021) を表 5.4.19 に、国及び州の雇用者数 (2020-2021) を表 5.4.20 に示す。

表 5.4.19 主要産業部門別の雇用者の割合 (2020-2021)

主要な産業部門	合計 (%)	男性 (%)	女性 (%)
農業・林業・狩猟・漁業	37.4	28.4	67.9
製造業	14.9	15.1	14.2
建設業	9.5	12.2	0.4
卸売・小売業	14.4	18.3	1.2
運輸・倉庫・通信	6.2	8.0	0.2
コミュニティ・社会・個人サービス業	16.0	16.1	15.8
その他*	1.5	1.9	0.3
合計	100	100	100

※その他は鉱業・採石業、電気・ガス・水道業、金融・保険業を含む。

出典：パキスタン統計局「Pakistan Labour Force Survey 2020-21」を基にプロジェクトチーム作成

表 5.4.20 国及び州の雇用者数 (2020-2021)

州/エリア	合計 (百万)	男性 (百万)	女性 (百万)
パキスタン	67.25	51.91	15.34
農村部	45.70	32.79	12.90
都市部	21.55	19.12	2.44
KP	9.41	6.68	1.73
農村部	7.98	6.40	1.58
都市部	1.43	1.28	0.15
Punjab	39.07	28.41	10.66
農村部	26.84	17.91	8.93

州/エリア	合計 (百万)	男性 (百万)	女性 (百万)
都市部	12.23	10.50	1.74
Sindh	15.31	12.83	2.48
農村部	8.26	6.29	1.97
都市部	7.05	6.54	0.51
Balochistan	3.46	3.00	0.46
農村部	2.63	2.20	0.43
都市部	0.83	0.80	0.03

出典：パキスタン統計局「Pakistan Labour Force Survey 2020-21」を基にプロジェクトチーム作成

国際労働機関（International Labour Organization: ILO）によると、建設業界における女性の労働力が不足している原因の一つとして、「不十分な採用政策」を挙げている。研修や雇用機会に関する情報は、すでにその部門で働いている人（多くの場合男性）からの口コミで広まることが多い。そのため、男性のネットワークから排除されている女性は、求人に関する情報等を得ることができない。インターネットやテレビ、ラジオを通じて、あるいはキャリアフェアやワークショップで情報を得ることは、女性のキャリアや研修の選択肢に対する意識を大幅に高めることができる。建設部門や関連業界のネットワークへの女性のアクセスを拡大することは、この部門で働くための大きな一歩となりうる。

GIZ が出版している「How to overcome gender bias in the Pakistani construction sector」によると、女性の募集、採用や労働条件に関して、以下のような課題が挙げられている。

- ・ 標準化されていない採用手続き：標準化した仕組みがないことで、採用、選考、業績評価、昇進などの人事に関する事項が、主に男性の意思決定権者によって処理される。
- ・ 女性は仕事ができないという一般的な思い込み：ILO によると、女性は熟練した建設作業をこなせないとされる傾向にある。そのため、多くの女性は男性の部下として働くことになり、主に事務職に就いている。
- ・ 貧弱なインフラの影響：女性は安全でない職場や遠隔地の職場、貧弱なインフラや交通機関によって直接的または間接的に影響を受ける。
- ・ 職場の不十分な設備：女性労働者のための独立したトイレやシャワー、更衣室が用意されていないことが多い。
- ・ 建設現場でのステレオタイプやセクハラ：男女間の不平等の障壁や原因に対する認識が大きく異なり、宗教的・文化的背景の影響を受けるケースがある。
- ・ 同一労働に対する同一賃金：女性の賃金は男性と同じでないことが多い。

2) ジェンダー対策案

上記で挙げられた課題に対し、女性が働きやすい環境とするために以下のような対策案が考えられる。

- ・ 建設現場や事務所への交通手段の提供
- ・ 女性用トイレや休憩スペース（更衣室）、夜間照明等の設置によるプライバシーや安全性の

確保

- 建設工事従事者向けのジェンダーに基づく暴力、性的搾取・虐待及びセクハラに関する研修の実施
- 同一労働同一賃金の原則で、性別による賃金差をつけない

また、事業の計画段階では、ステークホルダー協議の中で、地域住民等へ事業概要を説明した上で意見を収集し、可能な限り得られた意見を事業に反映させるプロセスがある。一方パキスタンでは、社会的・文化的に女性が男性と一緒にそういった協議に参加することが難しい場合がある。その場合、女性の意見が事業に反映されないリスクがあるため、必要に応じて男女を分けてステークホルダー協議を実施することも有効である。

(3) 環境チェックリスト

環境チェックリスト案を表 5.4.21 に示す。

表 5.4.21 環境チェックリスト案 (1/2)

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等)	
1 許認可・説明	(1) EIAおよび環境許認可	(a) 環境アセスメント報告書 (EIAレポート)等は作成済みか。 (b) EIAレポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIAレポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a) N (b) N (c) N (d) N	(a) 本事業はIEEレポートが必要である。FS段階で、IEEレポート案を作成し、Sindh-PIDがSindh-EPAにレポートを提出し承認を得るための支援を行う。 (b) IEEレポート案はFS段階で作成する。 (c) IEE承認に付帯条件はない。 (d) 上記以外の環境許認可は不要である。	
	(2) 現地ステークホルダーへの説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a) N (b) N	(a) FS段階で実施する環境社会配慮調査の中でステークホルダー協議を開催し、事業の内容及び影響について適切な説明を行う。 (b) 住民等からのコメントは、可能な限りプロジェクトに反映される。	
	(3) 代替案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は (検討の際、環境・社会に係る項目も含めて) 検討されているか。	(a) N	(a) 代替案については、事業を実施しない案も含めて堤防線形や低水護岸線形の比較検討を行う。	
2 汚染対策	(1) 水質	(a) プロジェクトの実施によって下流の河川流量が変化 (主に水位低下) すること等により環境基準等と整合しない区間が生じるか。	(a) -	(a) 事業により河川流量の変化は生じないが、河川堤防の改修工事に伴い、土砂が河川に流出し濁水が発生する可能性がある。工事内容の確認と現況を把握するための水質調査を行う。	
	(2) 廃棄物	(a) 大量の掘削土・浚渫土砂が発生する場合、当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。	(a) Y	(a) FS段階で実施する環境社会配慮調査の中で想定される廃棄物について確認し、大量の掘削土等が発生する場合はパキスタンの規定に従い、適切に処理・処分を行う。	
	(3) 地盤沈下	(a) 掘削による地下水位の低下、地盤沈下が生じる恐れがあるか。必要に応じ対策はとられるか。	(a) -	(a) FS段階で実施する環境社会配慮調査の中で、地盤沈下の可能性を確認する。掘削による地下水位の低下、地盤沈下が生じる恐れがある場合は、回避・緩和策を検討する。	
3 自然環境	(1) 保護区	(a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。	(a) N	(a) 事業対象地及びその周辺に、国立公園や保護区等は存在しない。	
	(2) 生態系	(a) サイトは原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地 (珊瑚礁、マングロープ湿地、干潟等) を含むか。 (b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。 (c) 生態系への重大な影響が懸念される場合、生態系への影響を減らす対策はなされるか。 (d) 流量減少、海水の遡上等による下流域の水生生物、動植物及び生態系に悪影響を及ぼすか。 (e) プロジェクトによる流況変化が河川の水域環境に悪影響を及ぼすか。水生生物等への影響を減らす対策はなされるか。	(a) - (b) - (c) Y (d) N (e) -	(a) 事業対象地は原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地を含まない想定であるが、本業務で実施する環境社会配慮調査の中で確認する。 (b) 事業対象地はパキスタン国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含まない想定であるが、本業務で実施する環境社会配慮調査の中で確認する。 (c) 生態系への重大な影響は想定される場合は、緩和策を検討する。 (d) 事業により流量減少や海水遡上等は想定されない。 (e) 工事は河川内に台船を設置して行うため、流況変化の有無について環境社会配慮調査の中で確認する。影響が想定される場合は緩和策を検討する。	
		(3) 水象	(a) プロジェクトによる水系の変化に伴い、地表水・地下水の流れに悪影響を及ぼすか。	(a) N	(a) 本事業は既存堤防の改修・強化であり、地表水・地下水の流れに悪影響を及ぼす程の水系変化は想定されない。
		(4) 地形・地質	(a) 河川、水路掘削に伴い、計画地周辺の地形・地質構造の大規模な改変が生じるか。	(a) N	(a) 本事業は既存堤防の改修・強化であり、地形・地質構造の大規模な改変が生じる工事は想定されない。

出典：プロジェクトチーム

表 5.4.21 環境チェックリスト案 (2/2)

環境	(1) 住民移転	(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。 (b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。 (c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。 (d) 補償金の支払いは移転前に行われるか。 (e) 補償方針は文書で策定されているか。 (f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民族等の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。 (g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。 (h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。 (i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。 (j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。	(a) - (b) - (c) - (d) - (e) - (f) - (g) - (h) - (i) - (j) -	(a) 本事業による非自発的住民移転は想定されないが、地籍調査を行ったうえで、RAPの必要性を判断する。 (b) 住民移転が発生する場合は、RAP調査の中で移転前に補償・生活再建策に関する適切な説明を行う。 (c) 住民移転が発生する場合は、RAP調査の中で再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画を作成する。 (d) 住民移転が発生する場合は、移転前に補償金の支払いを行う。 (e) 住民移転が発生する場合は、補償方針は文書で策定する。 (f) 住民移転が発生する場合は、社会的弱者に配慮した計画とする。 (g) 住民移転が発生する場合は、移転前に合意を得られるように十分な説明を行う。 (h) RAP調査の中で実施体制、予算等について確認する。 (i) 住民移転が発生する場合は、RAPの中でモニタリング計画が提案される。 (j) 住民移転が発生する場合は、RAPの中で苦情処理のメカニズムが構築される。
	(2) 生活・生計	(a) プロジェクトによる住民の生活への悪影響が生じるか。必要な場合は影響を緩和する配慮が行われるか。 (b) プロジェクトによる取水等の水利用（地表水、地下水）によって周辺及び下流域の漁業及び水利用に悪影響を及ぼすか。 (c) 水を原因とする、もしくは水に関係する疾病（住血虫症、マラリア、糸状虫症等）は発生するか。	(a) N (b) - (c) N	(a) 本事業により、洪水による河川の氾濫リスクが低減され、周辺住民の家屋等は河川氾濫から保護される。 (b) 事業による水利用への影響は環境社会配慮調査の中で確認する。 (c) 事業により、水を原因とする疾病は想定されない。
	(3) 文化遺産	(a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。	(a) -	(a) 本事業により、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なうことは想定されないが、FS段階で実施する環境社会配慮調査の中で確認する。
	(4) 景観	(a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策は取られるか。	(a) N	(a) 特に配慮すべき景観への悪影響はない。
	(5) 少数民族、先住民族	(a) 少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。 (b) 少数民族、先住民族の土地及び資源に関する諸権利は尊重されるか。	(a) - (b) Y	(a) 事業対象地域における少数民族、先住民族の有無は本業務の中で実施する環境社会配慮調査の中で確認する。 (b) 事業対象地域に少数民族、先住民族が存在する場合、土地及び資源に関する諸権利は尊重される。
	(6) 労働環境	(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。 (b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置されるか。 (c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育（交通安全や公衆衛生を含む）の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されるか。 (d) プロジェクトに関係する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられるか。	(a) Y (b) Y (c) Y (d) Y	(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律を遵守する。 (b) プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置される。 (c) プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施される。 (d) プロジェクトに関係する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置を講じる。
その他	(1) 工事中の影響	(a) 工事中の汚染（騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等）に対して緩和策が用意されるか。 (b) 工事により自然環境（生態系）に悪影響を及ぼさないか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。 (c) 工事により社会環境に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。	(a) Y (b) Y (c) Y	(a) 工事中の汚染に対しては、必要に応じて緩和策が用意される。 (b) 工事により自然環境（生態系）への悪影響が想定される場合は、緩和策を検討する。 (c) 工事により社会環境への悪影響が想定される場合は、緩和策が用意される。
	(2) モニタリング	(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。 (b) 当該計画の項目、方法、頻度等はどのように定められているか。 (c) 事業者のモニタリング体制（組織、人員、機材、予算等とそれらの継続性）は確立されるか。 (d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。	(a) Y (b) - (c) - (d) -	(a) 影響が考えられる項目に対して、モニタリングが計画される。 (b) モニタリング計画の中で、必要な環境社会項目について実施可能な方法と頻度が設定される。 (c) 事業者は十分なモニタリング体制を確立する。 (d) モニタリング計画の中で規定される。
留意点	他の環境チェックリストの参照	(a) 必要な場合は、森林に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること。	(a) -	(a) 本事業では追加するチェック事項はない。
	環境チェックリスト使用上の注意	(a) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する（廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等）。	(a) -	(a) 本事業では、越境や地球規模の環境問題への影響は想定されない。

出典：プロジェクトチーム

第6章 堤防強化プロジェクトの評価

6.1 推奨するプロジェクトの評価

本検討において提案するスキームの各種特徴に関する評価及び妥当性を表 6.1.1 に整理する。表 6.1.1 の整理から、本検討で提案するプロジェクトの実施は妥当であるといえる。

表 6.1.1 堤防強化プロジェクトの評価

項目	侵食対策 Moria Loop Bund	備考
施工延長	堤防強化工：L=2.25 km 低水護岸工：L=1.15 km	堤防本体の強化と併せて、堤防本体を保護するための現況河岸への対策工を実施
被害軽減効果	既設堤防強化及び保護の緊急性が高く、かつ背後に人口集中地（Larkana）が近接していることから、実施による被害軽減効果は十分。 <破堤した場合の想定被害> 想定被害額：323,802 mil. PKR 近隣都市への洪水到達時間：14 時間	後背地特性をみると、上流が氾濫したほうが被害範囲や額は大きいですが、都市部などの資産集積地への被害リスクを考える。
環境社会影響	プロジェクト影響範囲に家屋密集地域、農地や自然保護対象となる区域はなく、影響はほとんどない。	
施工性・難易度	現地で調達可能な材料や一般的な工法で施工可能。	
コスト	12,215 mil. PKR	
妥当性	妥 当	

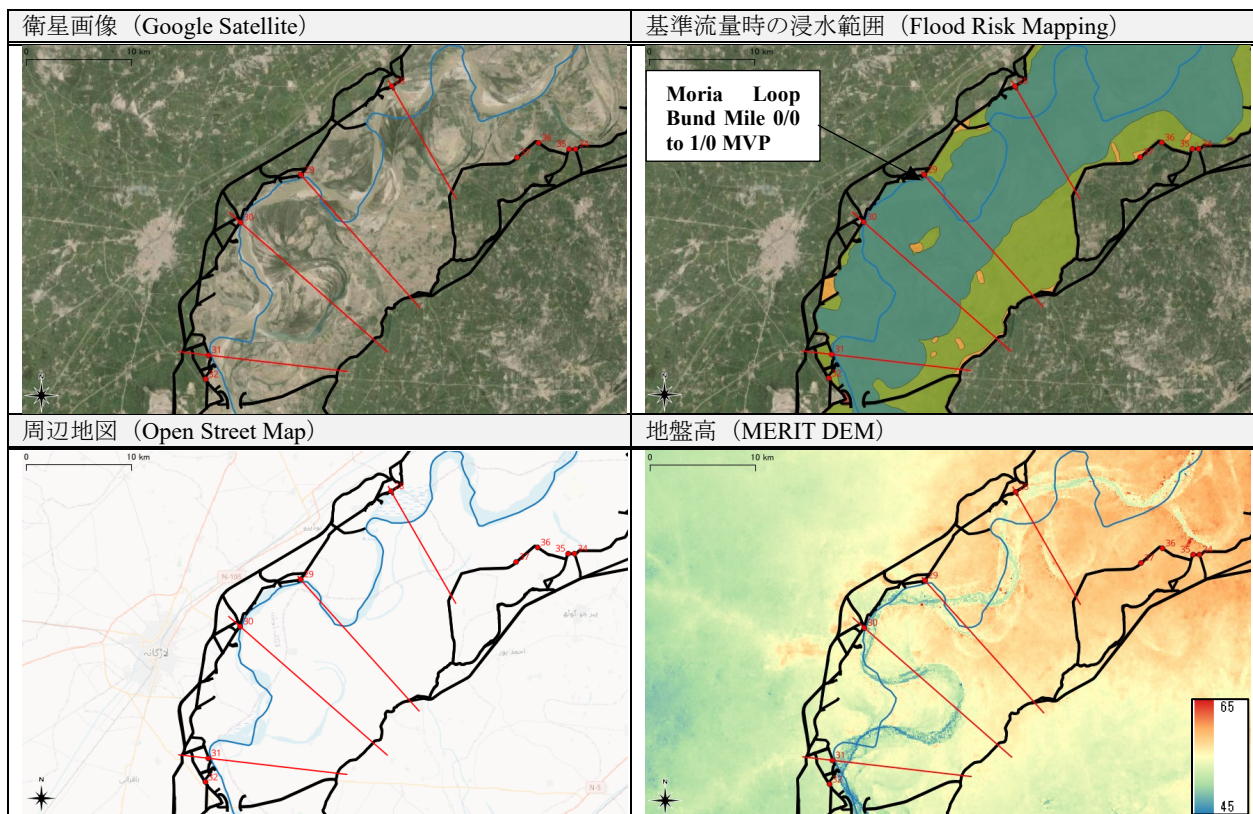
凡例:◎. より優れる; ○. 十分である／問題はない; △. 課題がある
出典：プロジェクトチーム

6.2 既存堤防の脆弱箇所が破堤した場合の被害想定

6.2.1 Moria Loop Bund 及び周辺の状況

Moria Loop Bund の周辺の状況として、Google Satellite による衛星画像、Flood Risk Mapping による基準流量時の浸水範囲、Open Street Map による周辺地図、MERIT DEM による周辺地盤高を図 6.2.1 に示す。

Moria Loop Bund は Larkana から北西に位置しており、破堤した場合には Larkana を含む広範囲に氾濫流が流下する脆弱箇所である。



出典：プロジェクトチーム

図 6.2.1 Moria Loop Bund 周辺の状況

6.2.2 河川流量の設定

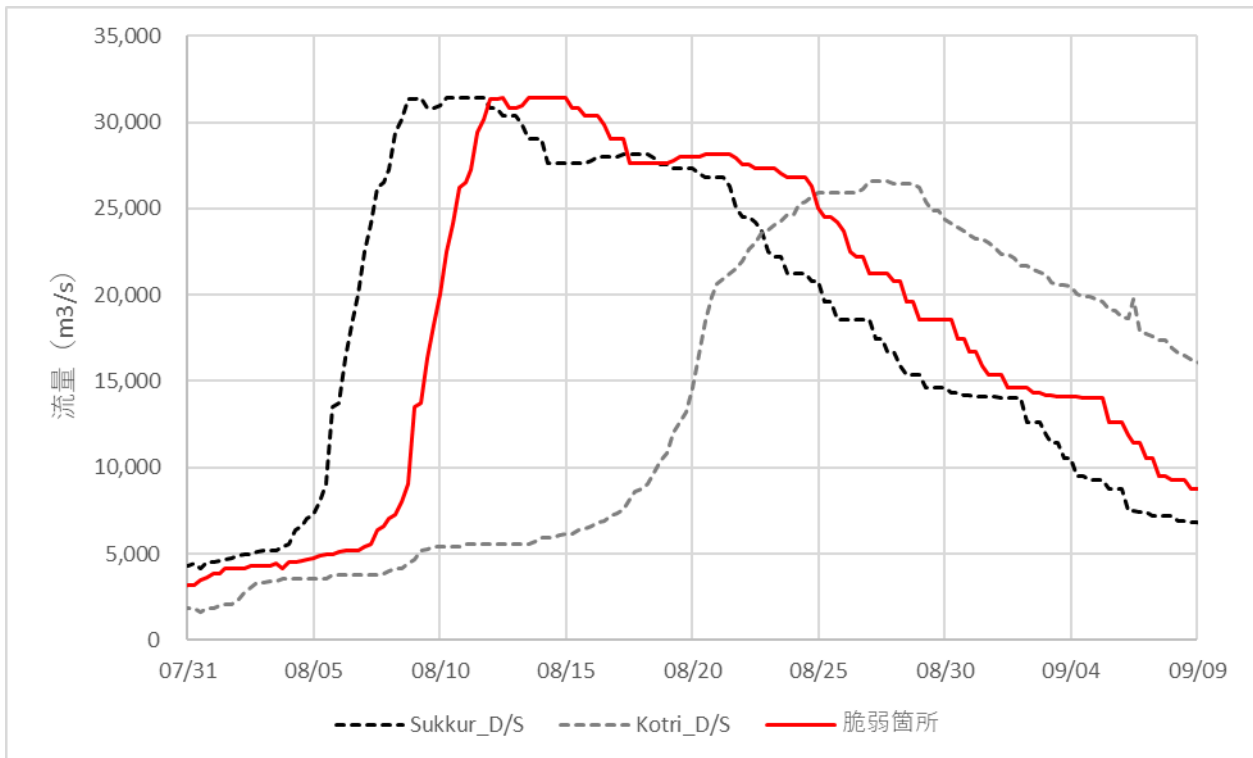
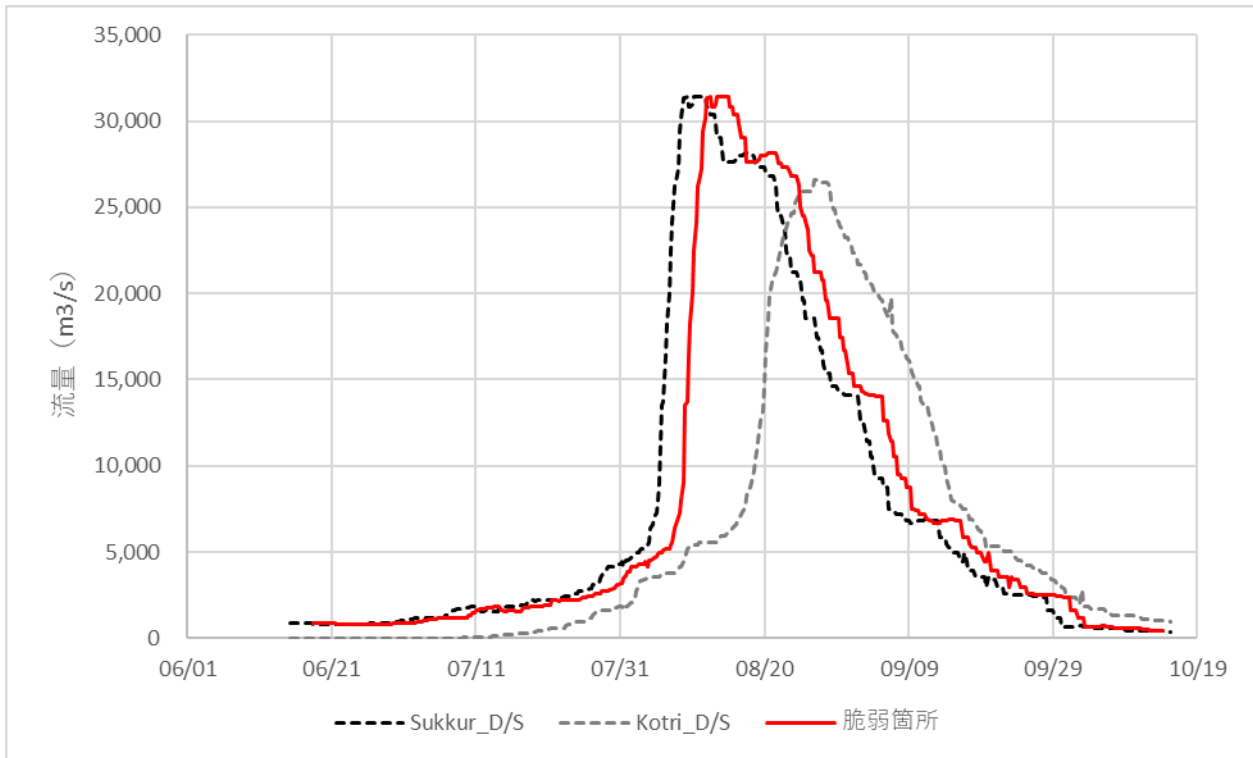
Moria Loop Bund における河川流量について、2010 年洪水を対象として、Sukkur Barrage の波形を使用して設定した。これは、下流に位置する Kotri Barrage の流量が Sukkur Barrage と比較して明らかに少ないためである。洪水到達時間は Sukkur Barrage～Kotri Barrage 間の流速を基に決定し、1 山目のピーク時刻を基準としている。なお、PMD (Pakistan Meteorological Department) から取得した流量が 6 時間ピッチであるため、洪水到達時間も 6 時間ピッチで設定した。

Moria Loop Bund における河川流量設定を表 6.2.1 に示し、2010 年洪水時の河川流量を図 6.2.2 に示す。

表 6.2.1 Moria Loop Bund における河川流量設定

項目		内容
上流観測所	名称	Sukkur
	1 山目のピーク時刻	2010/8/9 6:00:00
下流観測所	名称	Kotri
	1 山目のピーク時刻	2010/8/27 0:00:00
観測所間	距離	488,717 m
	1 山目のピーク時刻誤差	17.75 days
脆弱箇所	名称	Moria Loop Bund Mile 0/0 to 1/0 MVP
	1 山目のピーク時刻	2010/8/12 12:00:00
	上流観測所からの距離	89,040 m
	上流側の重み分	1.00
	下流側の重み分	0.00

出典：プロジェクトチーム



出典：プロジェクトチーム

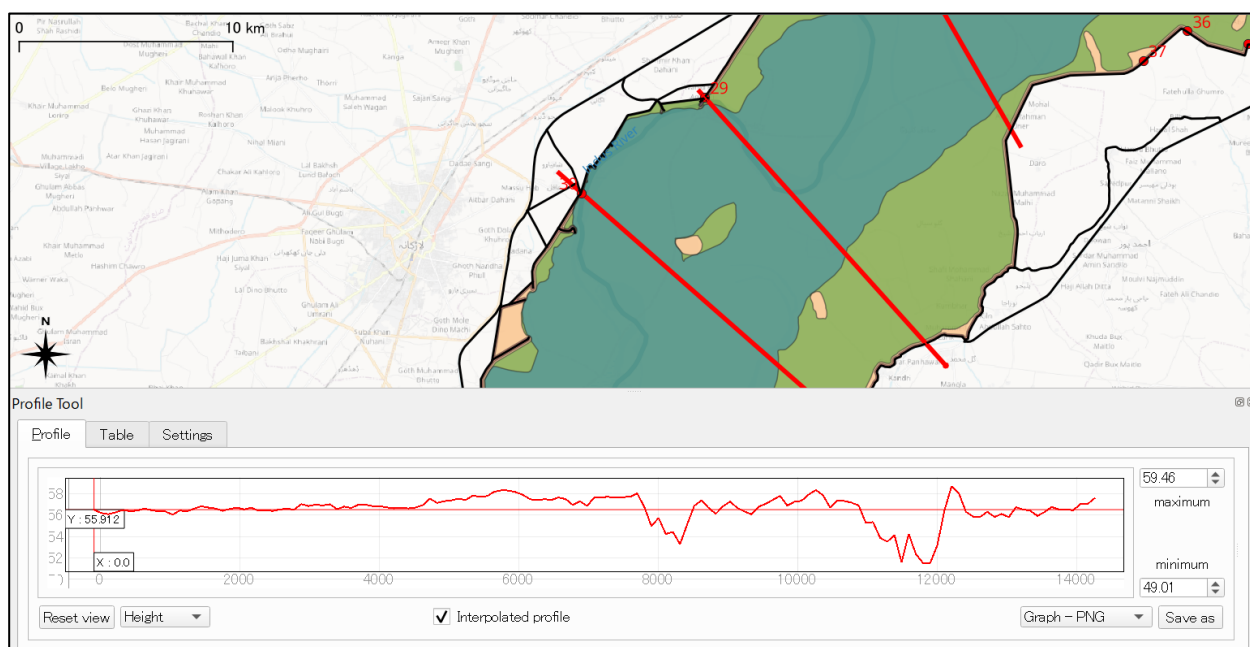
図 6.2.2 Moria Loop Bund における 2010 年洪水の河川流量

6.2.3 河川水位の設定

Moria Loop Bund における河川水位について、2010 年洪水を対象に、前項で算出した河川流量を河川水位に変換するため、HQ 式を算定した。HQ 式の算定には、MERIT DEM の地盤高と Flood Risk Mapping における浸水域の比較、堤防高の縦断面図を使用した。

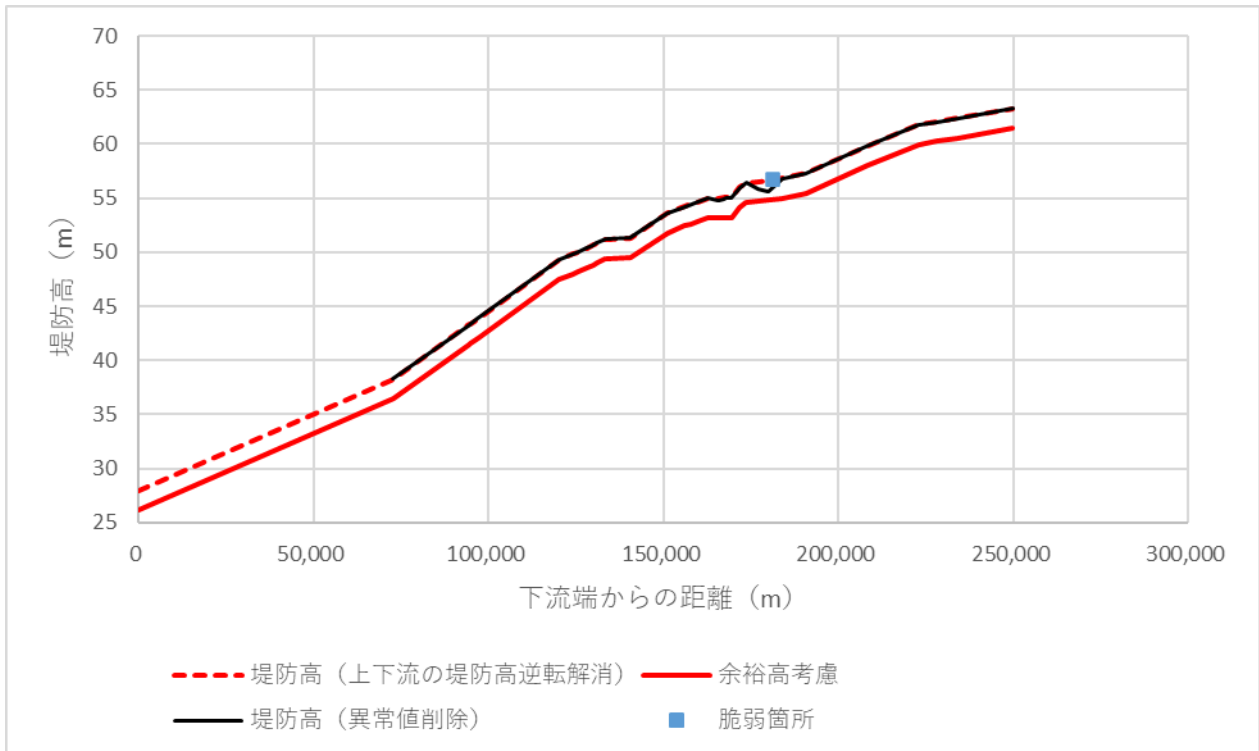
Moria Loop Bund における MERIT DEM の地盤高と Flood Risk Mapping における浸水域の比較を図 6.2.3 に示す。また、堤防の縦断面図と脆弱箇所をプロットした図を図 6.2.4 に示す。さらに、HQ 式算出に使用した HQ プロットを表 6.2.2、算出された HQ 式を表 6.2.3 及び図 6.2.5 に示す。加えて、この HQ 式を用いて作成した推定河川水位を図 6.2.6 に示す。

この脆弱箇所においては、MERIT DEM の地盤高と Flood Risk Mapping における浸水域の比較による HQ プロットとの整合性、及び堤内地の地盤高から総合的に判断し、余裕高は見込んでいないと判断した。



出典：プロジェクトチーム

図 6.2.3 Moria Loop Bund における MERIT DEM の地盤高と Flood Risk Mapping における浸水域



出典：プロジェクトチーム

図 6.2.4 Moria Loop Bund 周辺の堤防の縦断面図

表 6.2.2 Moria Loop Bund における HQ プロット

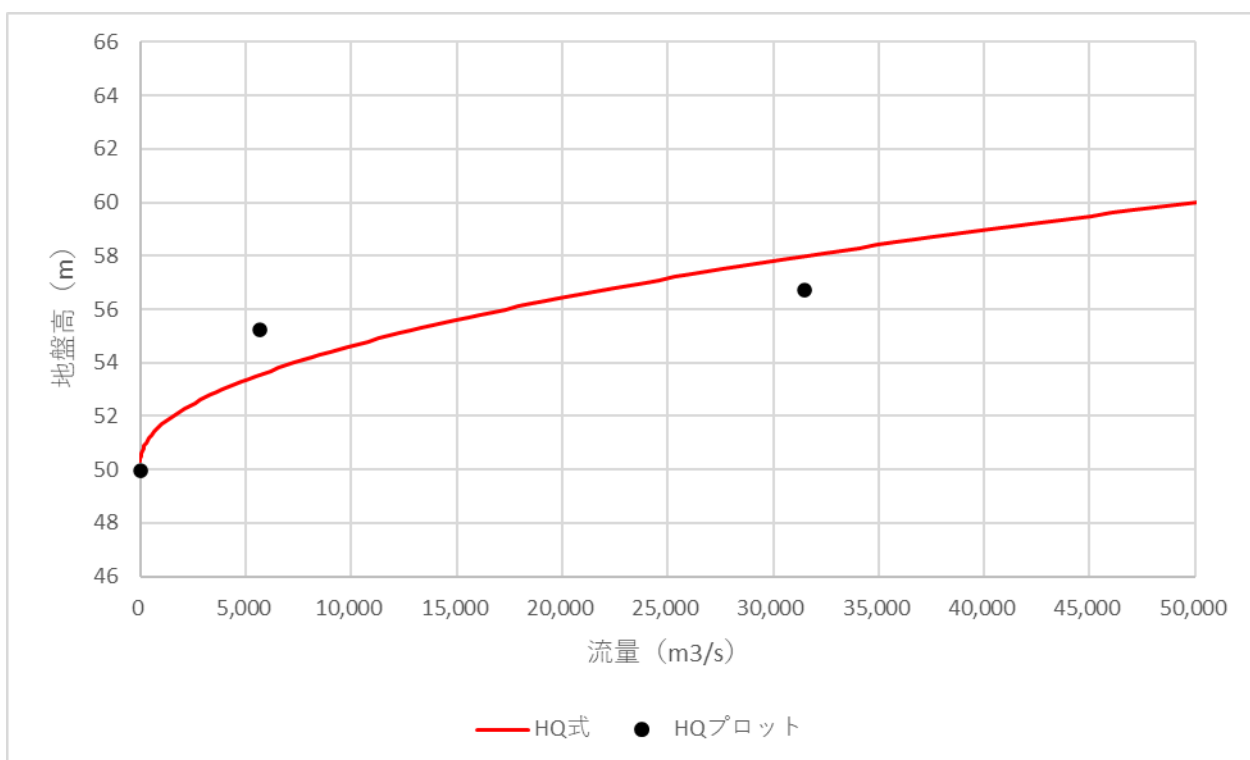
項目	水位 (m)	流量 (m ³ /s)
最深河床高	49.938	0
Low Flood	55.215	5,663
Medium Flood		9,911
High Flood		14,158
Very High Flood		19,822
堤防高 (余裕高なし)	56.697	31,459

出典：プロジェクトチーム

表 6.2.3 Moria Loop Bund における HQ 式の設定

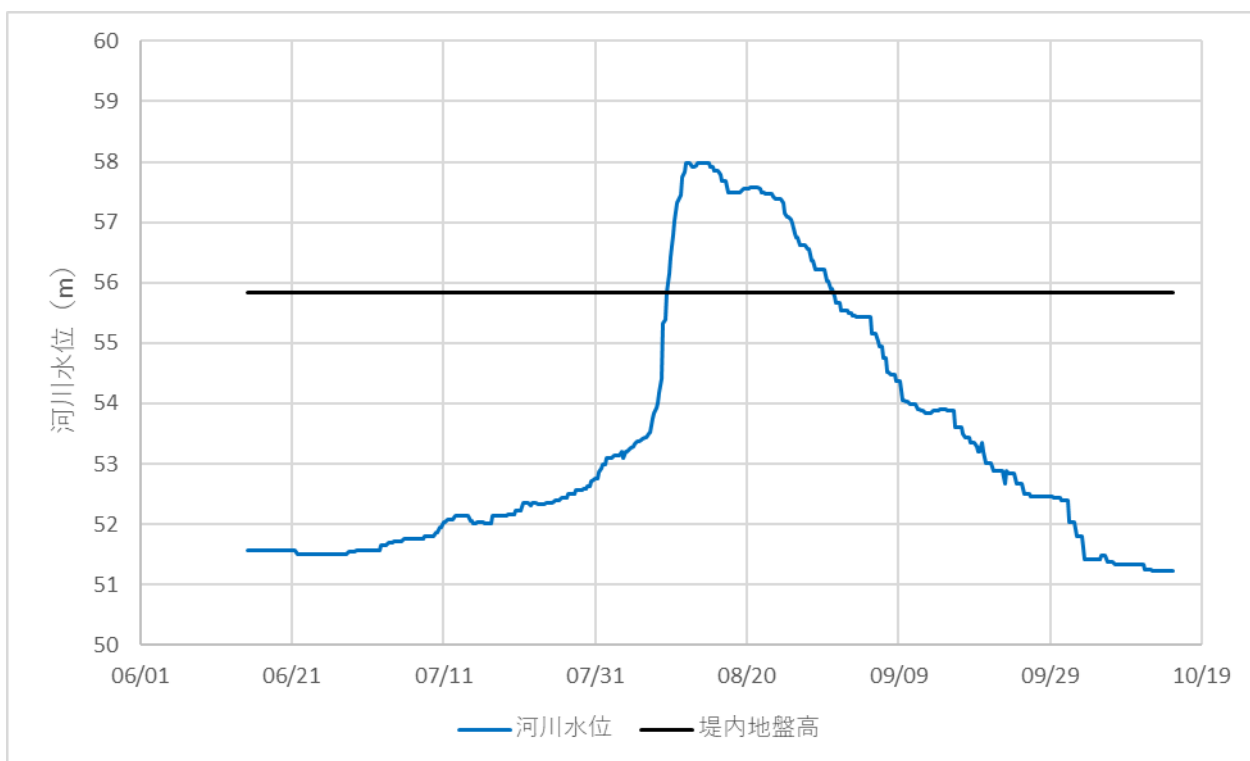
項目	内容
脆弱箇所名称	Moria Loop Bund Mile 0/0 to 1/0 MVP
HQ 式	$Q = 532.369(H - 50.300)^2$

出典：プロジェクトチーム



出典：プロジェクトチーム

図 6.2.5 Moria Loop Bund における HQ 式の設定



出典：プロジェクトチーム

図 6.2.6 Moria Loop Bund における 2010 年洪水の河川水位

6.2.4 氾濫流量の推定

Moria Loop Bund における氾濫流量について、2010 年洪水を対象として、治水経済調査マニュアルの考え方に準拠して算定した。

(1) 破堤幅

治水経済調査マニュアルでは、破堤幅は以下の式で算出している。

本検討でも治水経済調査マニュアルの式を用いて、破堤幅を算出した。

$$\text{合流点付近の場合} : B' = 2.0 \times (\log_{10} B)^{3.8} + 77$$

$$\text{合流点付近以外の場合} : B' = 1.6 \times (\log_{10} B)^{3.8} + 62$$

ここで、 B は川幅、 B' は決壊幅である。

(2) 破堤敷高

治水経済調査マニュアルでは、堤防は基部まで決壊するものとし、堤防位置における堤内地盤高と河道高水敷高のいずれか高い方を堤防決壊部の敷高（破堤敷高）としている。

本検討でも治水経済調査マニュアルの考え方に準拠して、破堤敷高は堤内地盤高とした。

(3) 決壊の時間進行

治水経済調査マニュアルでは、「決壊後瞬時に最終決壊幅の 1/2 が決壊し、その後 1 時間で最終決壊幅まで拡大するものとする。また、この間の決壊幅の拡大速度は一定とする。なお、決壊後は瞬時に破堤敷高まで破堤する」としている。

本検討では 6 時間ピッチのデータを使用するため、すぐに最終決壊幅まで拡大するものとして破堤計算を実施した。

(4) 氾濫流量の算定式

治水経済調査マニュアルでは、以下に示す本間の公式を用いて氾濫流量を計算している。

本検討でも基本的には治水経済調査マニュアルの考え方に準拠するが、堤内地の水位 h_2 は未知数であり、安全側で検討を行うため、完全越流として破堤計算を実施した。なお、検討対象地域における河床勾配はすべて 1/33,600～1/1,580 の範囲で収まっている。

1) 正面越流の場合

完全越流 ($h_2/h_1 < 2/3$) の場合： $Q_0 = 0.35 \times h_1 \sqrt{2gh_1} \times B'$

潜り越流 ($h_2/h_1 \geq 2/3$) の場合： $Q_0 = 0.91 \times h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \times B'$

ここで、 Q_0 は正面越流の流量、 h_1 及び h_2 は破堤敷高からの水深 ($h_1 > h_2$)、 g は重力加速度、 B' は破堤幅である。

2) 横越流の場合

■堤防決壊の場合：

$I > 1/1,580$ の場合： $Q/Q_0 = \{0.14 + 0.19 \log_{10}(1/I)\} \times \cos \{48 - 15 \log_{10}(1/I)\}$

$1/1,580 \geq I > 1/33,600$ の場合： $Q/Q_0 = 0.14 + 0.19 \log_{10}(1/I)$

$1/33,600 \geq I$ の場合： $Q/Q_0 = 1$

■溢水に伴う越流の場合：

$I > 1/12,000$ の場合： $Q/Q_0 = \cos \{155 - 38 \log_{10}(1/I)\}$

$1/12,000 \geq I$ の場合： $Q/Q_0 = 1$

ここで、 Q は横越流の流量、 Q_0 は正面越流の流量、 I は河床勾配であり、 \cos のカッコ内の単位は度である。

(5) 氾濫流量の推定

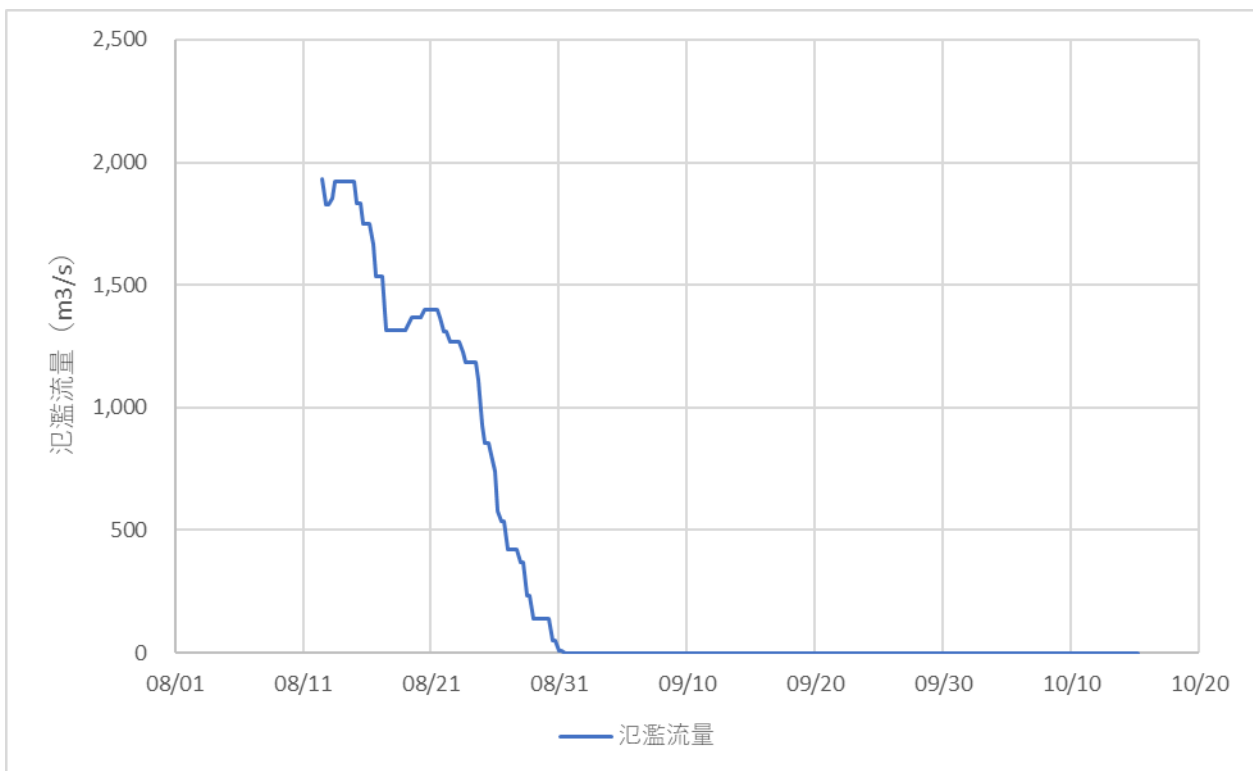
Moria Loop Bund について、2010 年洪水時を対象として、治水経済調査マニュアルの考え方に基
づいて、上記の方法で、破堤幅、破堤敷高等を設定し、本間の公式により破堤した場合の氾濫流量
を算定した。

Moria Loop Bund における氾濫流量の算定条件を表 6.2.4 に整理し、算出された氾濫流量を図 6.2.7
に示す。

表 6.2.4 Moria Loop Bund における氾濫流量の算定条件

項目	内容
川幅	15,502 m
合流点の判断	合流点付近以外
決壊幅	432 m
破堤敷高	55.84 m
破堤開始時刻	2010/8/12 12:00:00
河床勾配	1/12,000
最大氾濫流量	1,930 m ³ /s

出典：プロジェクトチーム



出典：プロジェクトチーム

図 6.2.7 Moria Loop Bund における 2010 年洪水時に破堤した場合の氾濫流量

6.2.5 水理解析の実施

(1) 破堤計算の設定

破堤計算の計算条件を表 6.2.5 にまとめる。

表 6.2.5 破堤計算の計算条件

項目	計算条件
使用するモデル	HEC-RAS Model (平面二次元不定流計算)
破堤地点	前節で設定した水理解析実施箇所
破堤時刻	各水理解析実施箇所におけるピーク流量時
氾濫流量	前節で算出した氾濫流量
計算期間	破堤時刻～2010 年 10 月 15 日 (約 1.0 か月～2.5 か月)
地盤高	MERIT DEM により設定する。
土地利用	Copernicus Global Land Service により設定する。
粗度及び不浸透性	土地利用毎に HEC-RAS Mapper User's Manual を参考に設定する。(表 6.2.6 参照)
解像度	500m で設定する。
本川堤防及び二線堤	破堤地点及び周辺の二線堤以外では、破堤や越水は想定しない。
下流端	Manchar Lake 流入口での Energy Slope (エネルギー勾配) を 1/12,000 と設定する。

出典：プロジェクトチーム

表 6.2.6 土地利用毎の粗度及び不浸透性

土地利用	粗度	不浸透性
No Data	0.035	0%
Herbaceous Vegetation	0.040	0%
Bare or Sparse Vegetation	0.030	0%
Cropland	0.050	0%
Urban or Buildup	0.120	40%
Wetland	0.045	75%
Forest	0.120	0%
Snow and Ice	0.030	0%
Moss and Lichen	0.045	0%
Shrubs	0.050	0%
Water Body	0.035	100%

出典：HEC-RAS Mapper User's Manual

(2) 計算結果の整理

Moria Loop Bundにおける 2010年洪水時に破堤した場合の浸水深、浸水継続時間を算出するため、前項で算出した氾濫流量を入力条件として、HEC-RAS Model を使用した平面二次元不定流計算を 500m 解像度で実施した。

Moria Loop Bund における 2010 年洪水時の破堤計算の結果を表 6.2.7 に整理した。また、Moria Loop Bund 付近の堤内地の状況を図 6.2.8 に、破堤計算の結果を図 6.2.9 (最大浸水深) 及び図 6.2.10 (時系列浸水深) に示す。

表 6.2.7 Moria Loop Bund の 2010 年洪水時の破堤計算結果

項目	小項目		浸水面積	被災者数	メッシュ数
氾濫面積	全体		3,350.75 km ²	1,432,705 人	13,403
	3.0m 以上		10.25 km ²	457 人	41
	2.0~3.0m		88.25 km ²	13,091 人	353
	1.0~2.0m		656.25 km ²	194,132 人	2,625
	0.5~1.0m		1,159.75 km ²	487,267 人	4,639
	0.2~0.5m		1,436.25 km ²	737,759 人	5,745
農地被害面積	全体		2,847.00 km ²	—	11,388
	浸水深 1.0m 以上	7.0 日以上	585.50 km ²	—	2,342
		5.0~7.0 日	16.50 km ²	—	66
		3.0~5.0 日	0.00 km ²	—	0
	浸水深 0.5~1.0m	7.0 日以上	924.00 km ²	—	3,696
		5.0~7.0 日	47.25 km ²	—	189
		3.0~5.0 日	0.00 km ²	—	0
	浸水深 0.2~0.5m	7.0 日以上	1,163.00 km ²	—	4,652
		5.0~7.0 日	82.25 km ²	—	329
		3.0~5.0 日	23.75 km ²	—	95
		1.0~3.0 日	4.75 km ²	—	19

出典：プロジェクトチーム

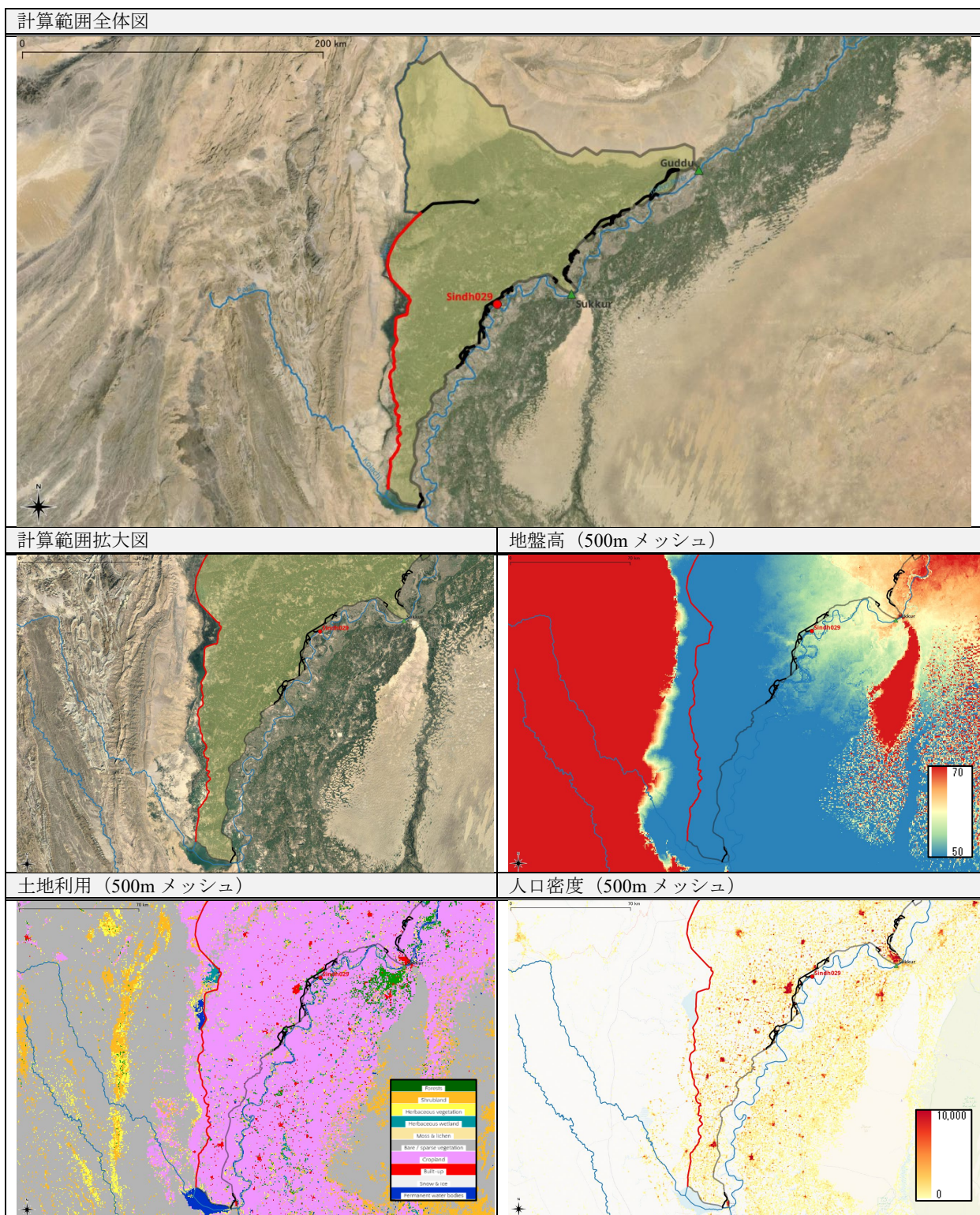


図 6.2.8 Moria Loop Bund 付近の堤内地の状況

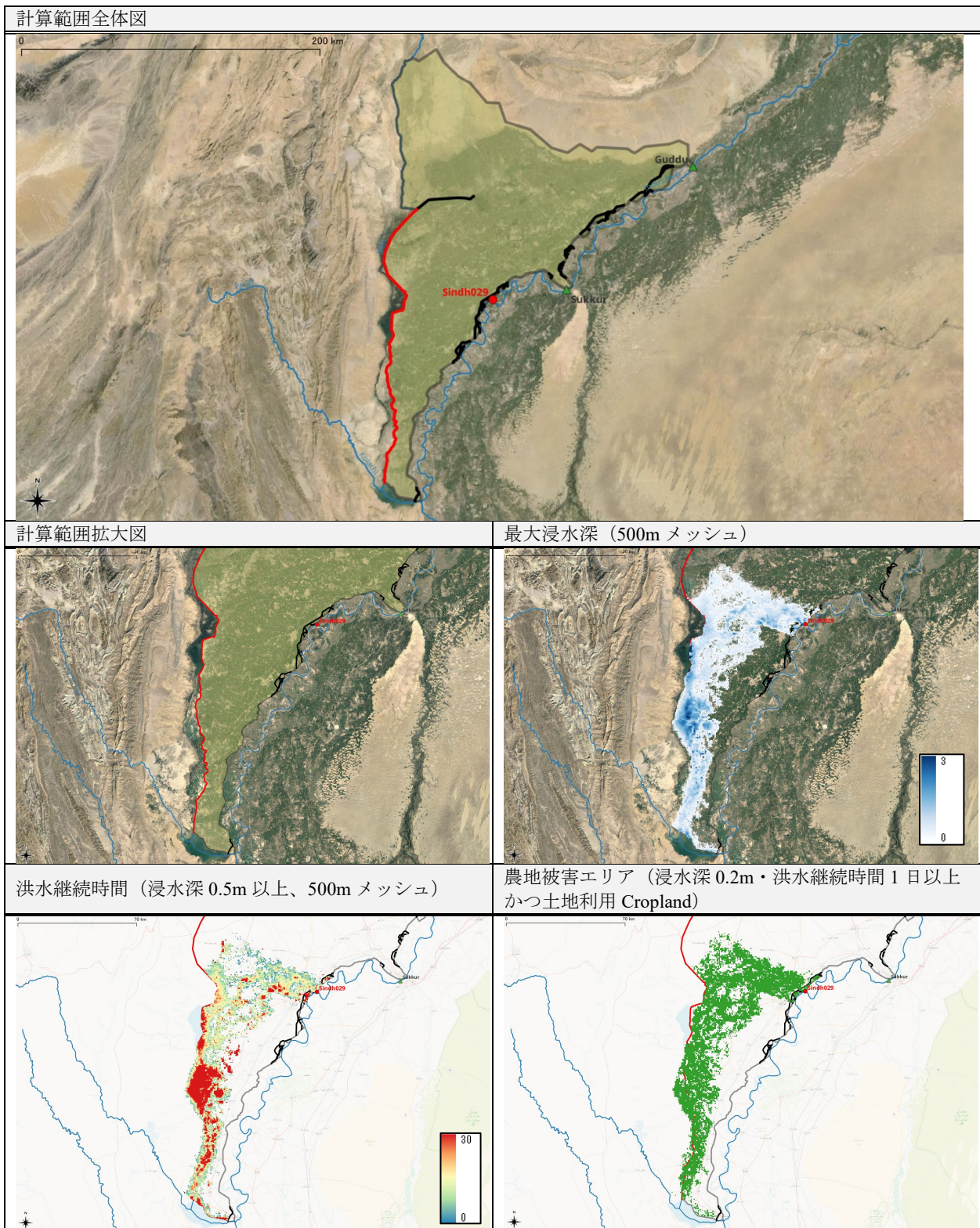
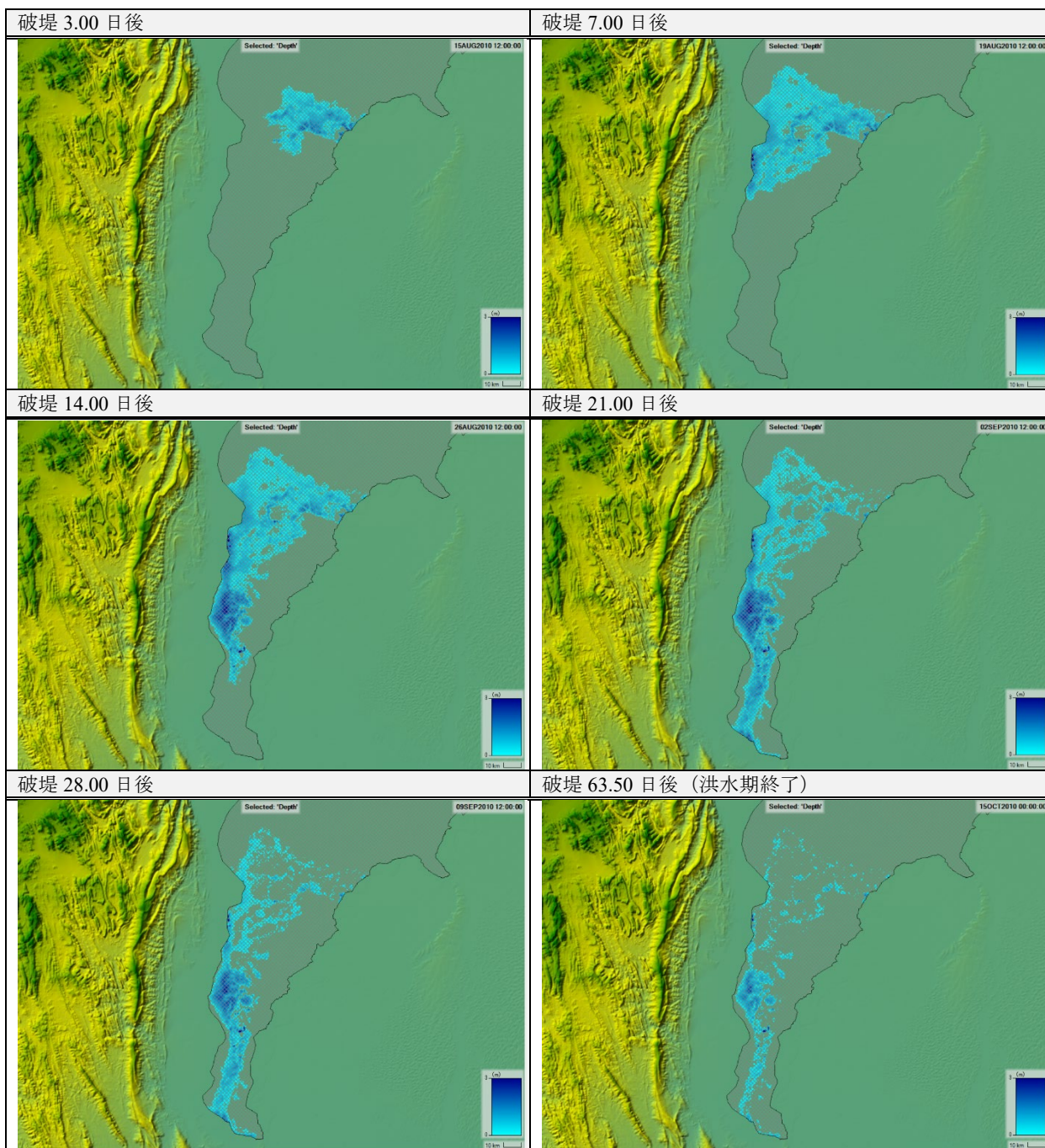


図 6.2.9 Moria Loop Bund の 2010 年洪水時の破堤計算結果 (最大浸水深)



出典：プロジェクトチーム

図 6.2.10 Moria Loop Bund の 2010 年洪水時の破堤計算結果（時系列浸水深）

6.2.6 被害額の算定

Moria Loop Bund における破堤時の被害額について、2010 年洪水を対象として、報告書本編に記載した方法で家屋評価額及び農地評価額を設定し、破堤計算結果を集計し、被害額を算定した。なお、計算期間が 2 か月前後と長期間であるため、蒸発量及び地下浸透量を考慮して、被害軽減率を設定している。（詳細は報告書本編 3 章を参照）

Moria Loop Bund において、2010 年洪水で破堤した場合の家屋被害額の算定を表 6.2.8 に示し、農地被害額の算定を表 6.2.9 に示し、総被害額の算定を表 6.2.10 に示す。また、被害額分布図を図 6.2.11 に示した。

表 6.2.8 Moria Loop Bund における 2010 年洪水で破堤した場合の家屋被害額の算定

浸水深	浸水面積	家屋数	被害率	家屋 1 件当たり の被害額	総家屋被害額
		①	②	③	④
		メッシュ内の人口 ÷ 世帯当たりの人数	治水経済 マニュアルより	②×家屋 1 件 当たりの評価額 (2,095,644 PKR)	④=①×③
全体	3,350.75 km ²	258,145	—	—	132,025 mil. PKR
3.0m 以上	10.25 km ²	82	0.800	1,676,515 PKR	138 mil. PKR
2.0~3.0m	88.25 km ²	2,359	0.592	1,240,621 PKR	2,926 mil. PKR
1.0~2.0m	656.25 km ²	34,979	0.406	850,831 PKR	29,761 mil. PKR
0.5~1.0m	1,159.75 km ²	87,796	0.253	530,198 PKR	46,549 mil. PKR
0.2~0.5m	1,436.25 km ²	132,930	0.189	396,077 PKR	52,650 mil. PKR

出典：プロジェクトチーム

表 6.2.9 Moria Loop Bund における 2010 年洪水で破堤した場合の農地被害額の算定

浸水深	浸水日数	浸水面積	被害率	家屋 1km ² 当たり の被害額	総農作物被害額
		①	②	③	④
			治水経済 マニュアルより	②×農地 1km ² 当たりの評価額 (45,486,759 PKR)	④=①×③
全体	—	2,847.00 km ²	—	—	88,809 mil. PKR
1.0m 以上	7.0 日以上	585.50 km ²	0.84	38,208,877 PKR	22,371 mil. PKR
	5.0~7.0 日	16.50 km ²	0.74	33,660,201 PKR	555 mil. PKR
	3.0~5.0 日	0.00 km ²	0.61	27,746,923 PKR	0 mil. PKR
	1.0~3.0 日	0.00 km ²	0.45	20,469,041 PKR	0 mil. PKR
0.5~1.0m	7.0 日以上	924.00 km ²	0.73	33,205,334 PKR	30,681 mil. PKR
	5.0~7.0 日	47.25 km ²	0.60	27,292,055 PKR	1,290 mil. PKR
	3.0~5.0 日	0.00 km ²	0.46	20,923,909 PKR	0 mil. PKR
	1.0~3.0 日	0.00 km ²	0.30	13,646,028 PKR	0 mil. PKR
0.2~0.5m	7.0 日以上	1,163.00 km ²	0.60	27,292,055 PKR	31,739 mil. PKR
	5.0~7.0 日	82.25 km ²	0.46	20,923,909 PKR	1,721 mil. PKR
	3.0~5.0 日	23.75 km ²	0.37	16,830,101 PKR	400 mil. PKR
	1.0~3.0 日	4.75 km ²	0.24	10,916,822 PKR	52 mil. PKR

出典：プロジェクトチーム

表 6.2.10 Moria Loop Bund における 2010 年洪水で破堤した場合の総被害額の算定

項目	導出方法	数量
家屋被害額	①	132,025 mil. PKR
農地被害額	②	88,809 mil. PKR
家屋被害軽減定数	③	$1.822 \times 10^{-5} / \text{km}^2$
農地被害軽減定数	④	$2.600 \times 10^{-5} / \text{km}^2$
氾濫面積 (家屋)	⑤	3,350.75 km ²
氾濫面積 (農地)	⑥	2,847.00 km ²
家屋被害軽減率	⑦ (=③×⑤)	0.061078
農地被害軽減率	⑧ (=④×⑥)	0.074013
家屋被害額(蒸発量等を考慮)	⑨ (=①×⑦)	123,961 mil. PKR
農地被害額(蒸発量等を考慮)	⑩ (=②×⑧)	82,236 mil. PKR
他セクター被害額 (推定)	⑪ (= (⑨+⑩) ÷ 0.6368 × 0.3632)	117,605 mil. PKR
合計被害額	⑫ (=⑨+⑩+⑪)	323,802 mil. PKR

出典：プロジェクトチーム

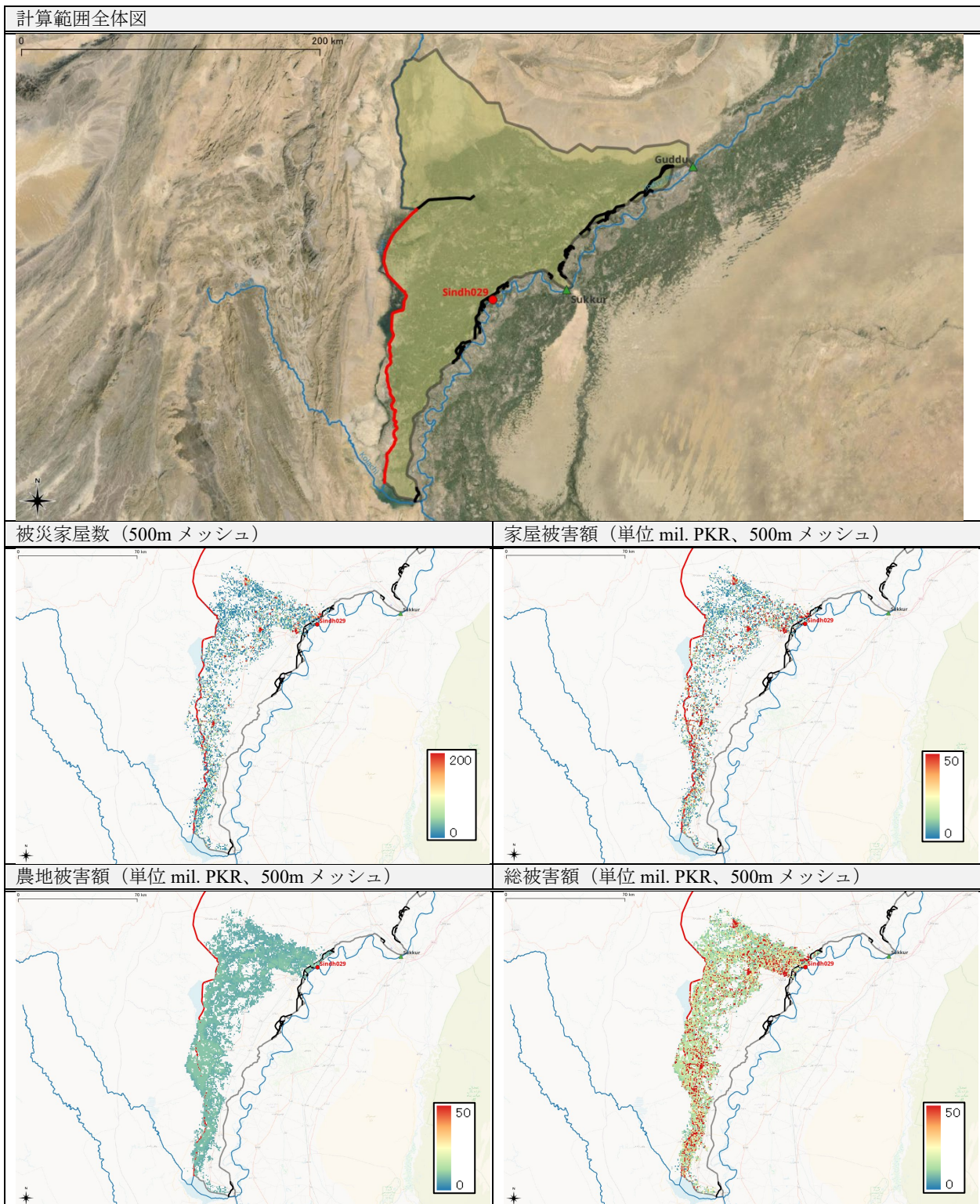


図 6.2.11 Moria Loop Bund における 2010 年洪水で破堤した場合の被害額分布図