

バングラデシュ人民共和国  
バングラデシュ水開発庁

バングラデシュ国  
持続的な水関連インフラ整備に係る  
能力向上プロジェクト

ファイナル・レポート  
調査内容報告書

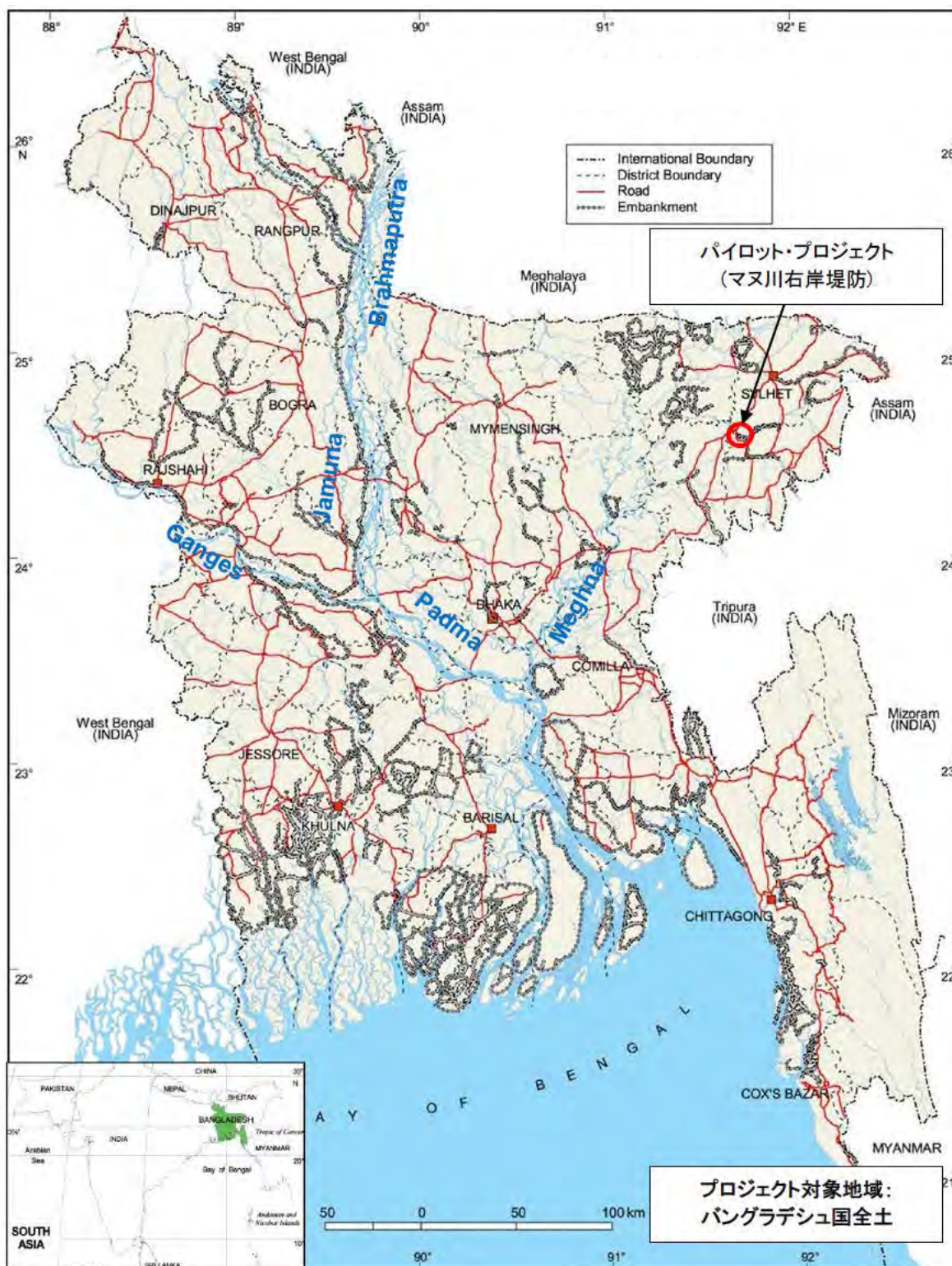
平成 29 年 9 月  
(2017 年)

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

いであ株式会社  
株式会社 アンジェロセック  
株式会社 地球システム科学

環境
JR
17-109





プロジェクト対象地域図





# 目 次

プロジェクト対象地域図

目次

図目次

表目次

巻末付属資料一覧

別冊報告書一覧

略語表

1. 概要.....	1
1.1 プロジェクトの背景.....	1
1.2 プロジェクトの目的.....	2
1.3 プロジェクトの期間.....	2
1.4 プロジェクトの目標及び期待される成果.....	3
1.5 プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM).....	3
1.6 プロジェクト活動実施フロー.....	6
1.7 プロジェクトの管理.....	7
1.7.1 プロジェクトの実施体制.....	7
1.7.2 BWDB の実施体制.....	7
1.7.3 合同調整委員会 (JCC) .....	8
1.7.4 技術作業部会 (TWG) およびマニュアル案レビュー・取りまとめ委員会 .....	9
1.7.5 JICA 専門家チーム .....	10
1.7.6 JICA による投入 .....	11
1.7.7 「バ」 国側の投入.....	11
1.8 プロジェクト活動の計画と実績.....	12
1.9 要員派遣の計画と実績.....	15
2. 持続可能な河川堤防の設計の検討.....	17
2.1 設計水位、潮位、土質条件等の河川堤防の設計条件のレビュー .....	17
2.1.1 既往堤防の被災要因・被災メカニズムの検証.....	17
2.1.2 河川堤防の設計条件のレビュー.....	32
2.2 現存の設計手法・設計基準のレビュー、分析及びマニュアル案への適用可能性の検討.....	34
2.2.1 Standard Design Manual の概要.....	34
2.2.2 「バ」 国のマニュアル案への適用可能性について.....	44
2.3 河川堤防の設計マニュアル (案) の作成.....	48
2.4 河川堤防の設計マニュアル (案) の改訂.....	52

3.	堤防の施工工程の改善.....	56
3.1	既存の河川堤防の施工方法のレビュー.....	56
3.2	河川堤防の施行マニュアル（案）の作成.....	58
3.3	河川堤防の施工マニュアル（案）の改訂.....	61
3.3.1	マニュアル（案）の改訂.....	61
3.3.2	今後の課題と提言.....	61
4.	パイロットプロジェクトの実施.....	63
4.1	パイロットプロジェクトの候補地選定.....	63
4.2	材料試験及び最適な含水比、締固め、改良方法等の検討.....	69
4.3	パイロットプロジェクトの設計.....	72
4.3.1	パイロットプロジェクトの詳細設計.....	72
4.3.2	パイロットプロジェクトの施工計画.....	75
4.3.3	積算.....	76
4.3.4	工事の技術仕様.....	76
4.3.5	建設資機材の調査.....	76
4.4	パイロットプロジェクトの設計変更.....	77
4.5	パイロット工事の実施.....	79
4.5.1	パイロット工事の概要.....	79
4.5.2	パイロット工事中の技術移転.....	79
4.5.3	パイロット工事による知見.....	80
5.	河川構造物の維持管理システムの構築.....	82
5.1	河川構造物の維持管理の実施状況のレビュー.....	82
5.1.1	維持管理活動に係る法律、政策、ガイドライン.....	82
5.1.2	BWDB の維持管理活動にかかる SWOT 分析.....	87
5.1.3	河川構造物の維持管理の現状.....	88
5.1.4	維持管理予算.....	91
5.1.5	BWDB による既設構造物.....	92
5.1.6	堤防の物理探査.....	92
5.2	河川維持管理の試験的活動を実施する O&M 地方事務所の選定.....	92
5.3	河川構造物の維持管理マニュアルの作成.....	94
5.4	モデル事務所での維持管理計画の作成支援.....	96
5.5	モデル事務所における維持管理活動の試行.....	98
5.5.1	河川構造物調査.....	98
5.5.2	地方事務所管内構造物・修復工事現場の巡視.....	99
5.6	河川構造物維持管理マニュアル案の改訂.....	103
5.6.1	河川構造物維持管理マニュアル案の改訂.....	103
5.6.2	維持管理マニュアルの説明、維持管理に関する技術指導のためのワークショップ.....	104

5.7	GIS を活用した河川構造物の被災履歴および修繕履歴のデータベース化.....	105
5.7.1	モデル事務所の維持管理 GIS データベース作成の背景.....	105
5.7.2	GIS データベース構築のための基礎データ収集.....	105
5.7.3	GIS データベース構築の手順.....	106
5.7.4	GIS データベースの構成.....	108
5.7.5	ユーザーマニュアルの作成.....	118
5.7.6	GIS データベース技術移転活動.....	121
6.	共通事項.....	125
6.1	技術移転.....	125
6.1.1	技術移転対象者数.....	125
6.1.2	オン・ザ・ジョブ・トレーニング.....	125
6.1.3	セミナー／ワークショップ.....	127
6.1.4	本邦研修.....	131
6.2	マニュアルの普及と効果的活用のための行動計画作成および実施支援.....	132
6.2.1	行動計画作成上の課題.....	132
6.2.2	行動計画の作成.....	134
6.2.3	マニュアルおよび行動計画の活用・更新のための支援.....	139
6.3	報告書.....	140

## 目 次

図 1.1	バングラデシュ国の地形.....	1
図 1.2	プロジェクト活動実施フロー.....	6
図 1.3	プロジェクト実施体制.....	7
図 1.4	活動計画・実績対比.....	14
図 1.5	要員の配員計画と実績.....	16
図 2.1	被災堤防の現地調査箇所位置図.....	18
図 2.2	「バ」国の水害状況.....	19
図 2.3	河川堤防の分類別の概要図.....	22
図 2.4	堤防の最小すべり安全率とそれが出現した洪水開始からの経過時間.....	25
図 2.5	すべり安全率および局所動水勾配の継時変化の例 (Chandpur).....	27
図 2.6	Khulna 地先の堤防 河岸侵食無し 最小すべり安全率 (1.53).....	30
図 2.7	Khulna 地先の堤防 河岸侵食 (10m) を仮定した場合の 最小すべり安全率(1.455).....	30
図 2.8	Khulna 地先の堤防 河岸侵食 (16m) を仮定した場合の 最小すべり安全率 (1.19).....	30
図 2.9	Khulna 地先河岸侵食により被災した現況堤防横断面.....	30
図 2.10	Moulvibazar 地先の堤防 河岸侵食無し 最小すべり安全率 (2.52).....	31

図 2.11	Moulvibazar 地先の堤防 河岸侵食(24m)を仮定した場合の 最小すべり安全率 (1.42) .....	31
図 2.12	Moulvibazar 地先の堤防 河岸侵食(31m)を仮定した場合の 最小すべり安全率 (1.01) .....	31
図 2.13	Moulvibazar 地先の河岸侵食により被災した現況堤防横断面.....	31
図 2.14	高水敷と土取場.....	37
図 2.15	堤防設計マニュアル (案) の位置づけ.....	48
図 2.16	現況堤防へのすり付けと隔壁.....	53
図 2.17	樋管設置部の堤防の変形.....	54
図 2.18	堤防横断構造物の構造例.....	54
図 4.1	パイロットプロジェクトの実施フロー.....	63
図 4.2	パイロットプロジェクトサイト選定の手順.....	64
図 4.3	F/S 調査での土質調査位置図.....	69
図 4.4	三角座標グラフによる「バ」国の堤防土質の現況.....	71
図 4.5	パイロットプロジェクト 標準断面図.....	73
図 4.6	パイロットプロジェクト平面図.....	74
図 4.7	施工フロー.....	75
図 4.8	施工設備配置図.....	75
図 4.9	当初設計.....	77
図 4.10	変更設計.....	78
図 4.11	当初設計 A-A 断面 (下流側) .....	78
図 4.12	変更設計 A-A 断面 (下流側) .....	88
図 4.13	現場施工管理体制.....	79
図 4.14	図 5.14 2015/16 年乾季に予定したパイロット工事の工程.....	80
図 5.1	Moulvibazar O&M 地方事務所管轄区域.....	94
図 5.2	Moulvibazar O&M 地方事務所の組織・定員.....	101
図 5.3	GIS データベース操作フォルダの構成.....	109
図 5.4	GIS データベース上のレイヤー構成.....	111
図 5.5	GIS データベース内 Attribute Table の各河川構造物諸元リスト.....	112
図 5.6	各河川構造物の諸元表示機能 (GIS データベース) .....	113
図 5.7	マヌ川 距離標位置図 (GIS データベース) .....	114
図 5.8	5km 間隔距離標表示 (GIS データベース) .....	114
図 5.9	100m 間隔距離標表示 : ズーム表示のみ (GIS データベース) .....	114
図 5.10	GIS マップ上での被災箇所表示例 (GIS データベース) .....	115
図 5.11	被災した各河川構造物の諸元表示機能 (GIS データベース) .....	115
図 5.12	河川構造物 (ポイント) 台帳シートのリンク表示例 (GIS データベース) .....	116
図 5.13	被災した河川構造物台帳シートのリンク表示例 (GIS データベース) .....	116
図 5.14	Growth Center、Rural Market 地点表示例 (GIS データベース) .....	117
図 5.15	DEM による地形図表示例と Identify Features による標高取得 (GIS データベース) .....	118

図 5.16	ユーザーマニュアル目次 (GIS データベース)	119
図 5.17	ユーザーマニュアルの目次による利用項目区別 (GIS データベース)	120
図 5.18	ユーザーマニュアルの目次の節による利用項目区別 (GIS データベース)	120
図 6.1	堤防管理に係る現状と将来	132
図 6.2	マニュアルの普及と効果的な活用に係るロードマップ	137
図 6.3	行動計画の実施体制	139
図 6.4	報告書作成時期 (当初計画・変更計画)	140

## 表 目 次

表 1.1	プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM)	5
表 1.2	BWDB カウンターパートメンバー	7
表 1.3	合同調整委員会メンバー	8
表 1.4	技術作業部会 (TWG) メンバー	9
表 1.5	マニュアル案レビュー・見直し作業委員メンバー	9
表 1.6	JICA 専門家チームの構成	10
表 2.1	代表堤防の土質定数	23
表 2.2	数値解析に使われた洪水の発生年月日	24
表 2.3	堤防裏法尻の局所動水勾配の最大値	26
表 2.4	「Standard Design Manual」の堤防設計に関連する部分の目次	35
表 4.1	河川・堤防の基本特性及び PILOT プロジェクトサイトの評価・選定	68
表 4.2	F/S 調査での土質調査位置	70
表 4.3	「バ」国の堤防土質の状況	71
表 5.1	維持管理活動に係る法律、政策、ガイドライン	82
表 5.2	BWDB 維持管理ガイドラインのレビュー結果	84
表 5.3	BWDB の現場事務所	87
表 5.4	BWDB の職員数	87
表 5.5	維持管理にかかる BWDB の SWOT 分析	88
表 5.6	参加型で実施されている水資源管理プロジェクト	89
表 5.7	情報収集対象の O&M 地方事務所	89
表 5.8	BWDB 維持管理費年間予算 (2001/02 - 2013/14)	91
表 5.9	BWDB 関係既設構造物の一覧 (2012/2013 年度末時点)	92
表 5.10	維持管理活動試行のためのモデル O&M 地方事務所の選定	93
表 5.11	構造物維持管理マニュアル案の目次構成	96
表 5.12	Moulvibazar O&M 地方事務所における完工した水資源開発スキーム	96
表 5.13	モデル地方事務所管轄区域内の構造物調査	99
表 5.14	Moulvibazar O&M 地方事務所の制約 (インタビュー結果)	102
表 5.15	GIS データベースのレイヤー構成	110
表 5.16	樋門、水門、カルバート等諸元項目 (GIS データベース)	112
表 5.17	河岸侵食対策工現況諸元 (GIS データベース)	112

表 6.1	本プロジェクトにおける年度毎の技術移転者数.....	125
表 6.2	活動期間中のワークショップ.....	127
表 6.3	本邦研修.....	131
表 6.4	2015 年本邦研修で考慮した事項とその対応.....	131
表 6.5	マニュアルの普及と効果的活用の対象 BWDB 職員.....	134
表 6.6	マニュアルの潜在的ユーザー.....	134
表 6.7	行動計画の概要.....	135
表 6.8	行動計画の実施計画.....	138
表 6.9	報告書および作成時期.....	140

## 巻末付属資料一覧

付属資料-1 :	現地踏査記録
付属資料-2 :	パイロットプロジェクト報告書
付属資料-3 :	堤防物理探査結果総括
付属資料-4 :	構造物調査仕様書 (案)
付属資料-5 :	河川構造物台帳に関する指導・説明資料
付属資料-6 :	施設台帳の整理に関する技術指導資料
付属資料-7 :	開催ワークショップのプログラム、議事録、参加者リスト
付属資料-8 :	本邦研修プログラムと研修員リスト

## 別冊報告書一覧

### ANNEXES :

- 河川堤防設計マニュアル
- 河川堤防施工マニュアル
- 河川構造物維持管理マニュアル
- GIS データベース・ユーザーズ・マニュアル
- マニュアルの普及と効果的活用のための行動計画

### プロジェクト事業完了報告書

## 略 語 表

略語	正式名	日本語
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
BMD	Bangladesh Meteorological Department	バングラデシュ気象庁
BWDB	Bangladesh Water Development Board	バングラデシュ水開発庁
CEGIS	Center for Environmental and Geographic Information Services	環境・GISセンター
CEIP	Coastal Embankment Improvement Project	沿岸部堤防改善プロジェクト
C/P	Counterpart	カウンターパート
CPP	Cyclone Preparedness Programme	サイクロン防災計画
DDM	Department of Disaster Management	災害管理局
DOE	Department of Environment	環境局
ECA	Environmental Conservation Act	環境保全法
ECC	Environmental Compliance Certificate	環境クリアランス承認
ECP	Environmentally Critical Project	環境影響が深刻とされる事業
ECR	Environmental Conservation Rule	環境保全規則
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EMP	Environmental Management Plan	環境管理計画
F/S	Feasibility Study	フィージビリティ調査
FCD	Flood Control Development	洪水制御開発
FCDI	Flood Control Development and Irrigation	洪水制御開発および灌漑
GOB	Government of Bangladesh	バングラデシュ国政府
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
IPSWAM	Integrated Planning for Sustainable Water Management	統合型持続的水管理計画
IWM	Institute of Water Modelling	水モデリング研究所
JCC	Joint Coordination Committee	合同調整委員会
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
LGED	Local Government Engineering Department	地方行政技術局
MOEF	Ministry of Environment and Forests	環境森林省
MOWR	Ministry of Water Resources	水資源省
NWMP	National Water Management Plan	国家水管理計画
NWPo	National Water Policy	国家水政策
NWRC	National Water Resources Council	国家水資源評議会
O&M	Operation and Maintenance	運用維持管理
PRW	Pilot Repair Works	パイロット工事
RRI	River Research Institute	河川研究所
SAIWRPMP	Southwest Area Integrated Water Resources Planning and Management Project	南西地域統合水資源計画・管理事業
SOB	Survey of Bangladesh	バングラデシュ測量局
TWG	Technical Working Group	技術作業部会
WARPO	Water Resources Planning Organization	水資源計画機構
WB	World Bank	世界銀行（世銀）
WMO	Water Management Organizations	水管理組織





## 1. 概要

本レポートは、2013年8月より開始された「Bangladesh国持続的な水関連インフラ整備に係る能力向上プロジェクト」（以下、本プロジェクト）に係るファイナル・レポートである。本レポートは、プロジェクトの開始から終了までに実施された全てのプロジェクト活動について、取りまとめたものであり、また、プロジェクト活動によって新たに得られた知見やプロジェクト活動の当初計画からの変更・乖離についても記述したものである。

### 1.1 プロジェクトの背景

Bangladesh（以下「バ」国）は、Ganges川（Padma川）、Brahmaputra川（Jamuna川）、Meghna川の3つの国際河川（総流域面積:172万km<sup>2</sup>）の下流域に位置している。国土の約8割が洪水氾濫原であり、その洪水氾濫原の約5割が標高5m以下の低平地である。「バ」国の全国平均年間降雨量は約2,200mmであり、全降雨量の約80%が集中する雨季（5月～10月）には、平均すると、毎年国土の約2割が浸水する。また、Bengal湾で発生するサイクロンの襲来は、沿岸部及び低平地に甚大な被害をもたらしている。このような気象条件、洪水に対して脆弱な地形条件、1974年比で約2倍となった人口及び経済発展による社会環境の変化などの要因により、2004年6月の洪水では、3,600万人を超える被災者が発生し、約22億ドルの多大な経済被害が生じている。

「バ」国では洪水による人的被害及び経済被害を軽減するために、Bangladesh Water Development Board: 以下BWDB）による堤防等の建設及び維持管理が行われているが、河岸侵食に起因する堤防の決壊が多発している他、堤防の施工や維持管理等の不良に起因する堤防決壊等も発生し、多くの資産の消失や避難民の発生に繋がっている。

BWDBによって2015年6月末までに建設された堤防は11,393 kmにもものぼるが、堤防建設時に機械による十分な締固めが行われていない場合があり、堤体沈下や雨水や河川水の浸透による漏水などを引き起こし、堤体の弱体化に繋がっている。堅固な堤体建設に必要な堤体材料の含水比や粒度の調整も殆ど行われていない等、施工品質上の課題もある。また、維持管理に係る基準等

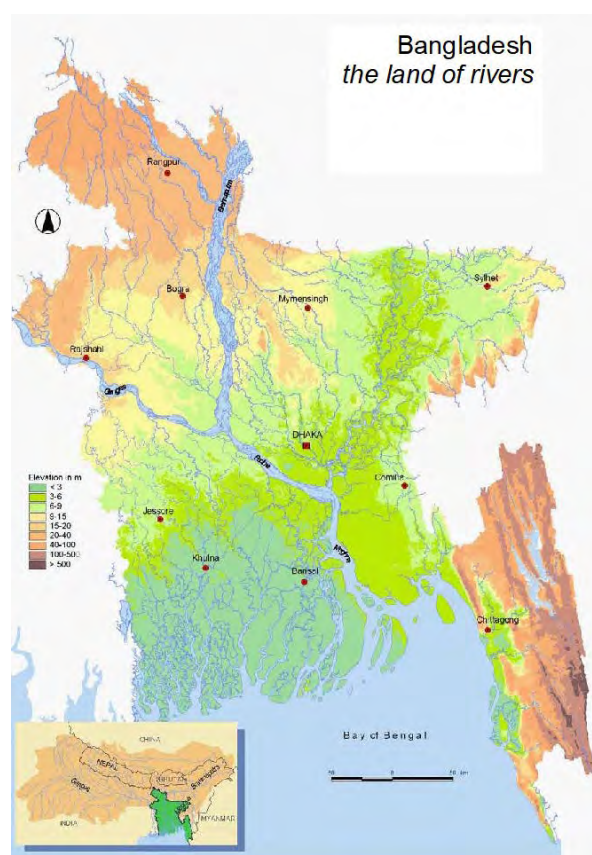


図 1.1 Bangladesh国の地形

出典: 水資源省、「国家水管理計画」, 2001年3月

も周知されておらず、被災ごとに復旧工事を繰り返している状況である。以上のように施工や維持管理等の不良に起因する手戻りにより、貴重な自国資金を浪費している状況であり、堤防等の河川構造物の設計、施工及び維持管理に係る基準類の策定や実証事業を通じたインフラ整備に係る能力強化が急務となっている。

「バ」国政府が2011年に策定した第6次5か年計画（FY2011-FY2015）では、水と衛生、持続的な環境（災害対策等）を重点分野として掲げられている。特に水分野の目標・戦略として、堤防高の確保と洪水管理が挙げられており、具体的には1,159kmの河川堤防の新設と改修、当該分野の職員の能力開発等が計画され、これらの事業により洪水被害の軽減と農地等の資産の保護が期待されている。また、「バ」国政府は、1999年に「国家水政策」、2004年にはその実行計画である「国家水管理計画」を策定しており、国内の人口増加、都市部への人口集中、気候変動に伴う洪水リスク増大等の課題解決のためのプログラムとして、BWDBの能力強化、主要都市の洪水防御事業が挙げられている。

このような状況の中、2011年8月に「バ」国から「持続的な水関連インフラ整備に係る能力向上プロジェクト」の支援要請が我が国に対して行われ、JICAは2012年9月に詳細計画策定調査を行い、「バ」国側関係機関との間で協議議事録（M/M）を署名・交換し、2013年3月に「持続的な水関連インフラ整備に係る能力向上プロジェクト」の討議議事録（R/D）に署名・交換した。

## 1.2 プロジェクトの目的

プロジェクトの目的は、「バ」国における河川堤防の設計、施工及びその他の水関連施設を含めた維持管理分野において、現況における問題点の調査・分析、パイロットプロジェクト実施を通してその基準の確立を行うとともにBWDB職員の能力向上を図るものである。

## 1.3 プロジェクトの期間

本プロジェクトは、3年間を活動期間として、2013年8月より開始された。しかしながら、プロジェクト開始直後より、2014年1月の国政選挙を巡る政治的混乱、および戦犯裁判に伴う混乱によってゼネスト・交通封鎖が頻発し、現状分析等のプロジェクト活動に遅延が生じ、2014年／2015年の乾季に予定していたパイロットプロジェクト実施が困難な事態となった。これを受け、JICAおよび「バ」国側関係機関は、2013年3月付R/Dの改正として2014年12月協議議事録（M/M）を署名・交換し、プロジェクト期間を4年間に延長した。国政選挙を巡る混乱の沈静化後も、2014年12月から2015年5月まで国政選挙1周年の政治的混乱によるゼネスト・交通封鎖の頻発、2015年9月より断続的に続くテロ事件等により、プロジェクト活動は制約・遅延を余儀なくされ、プロジェクト期間は、2017年10月まで延長された。

## 1.4 プロジェクトの目標及び期待される成果

本プロジェクトのプロジェクト目標、期待される成果は、以下のとおりである。

### プロジェクト名

「 Bangladesh Sustainable Water-Related Infrastructure Improvement Capacity Building Project」

### プロジェクト目標

- 1) BWDB の堤防に係る設計、施工及び維持管理能力が改善される。
- 2) 適切な構造物の維持管理を通じて、水害によるリスクが低減される。

### 期待される成果

- 1) 持続可能な堤防の設計手法が導入される。
- 2) 堤防の施工過程が改善される。
- 3) 河川構造物の維持管理システムが整備される。

### プロジェクト対象地域

「バ」 国全土

### 「バ」 国実施機関

Bangladesh Water Development Board: BWDB)

### 「バ」 国関連機関

- ・ 水資源省(Ministry of Water Resources: MoWR)
- ・ 河川研究所(River Research Institute: RRI)
- ・ 水モデリング研究所(Institute of Water Modeling: IWM)
- ・ 環境・GIS センター(Center for Environmental and Geographical Information Services: CEGIS)
- ・ 災害管理・救援省 災害管理局 (Department of Disaster Management: DDM)
- ・ 防衛省 Bangladesh Meteorological Department: BMD)

## 1.5 プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM)

本プロジェクトの活動を進捗管理するために PDM が定められている。PDM は、2012 年 10 月に合意された M/M で定められ、状況に応じて変更されることとなっていた。プロジェクト期間中、PDM は以下を考慮して改訂された。

- (1) 2014 年 1 月の総選挙に伴う混乱・戦犯裁判を巡る混乱により、プロジェクト活動が遅延し、パイロットプロジェクトの施工は 2015 年/2016 年の乾季に延期されることとなったため、プロジェクト期間は、4 年間に延長された。延長に伴う R/D の変更についての M/M が 2014 年 12 月 22 日付で署名された。
- (2) PDM (Ver.1.0)の具体的な指標は、プロジェクト期間中に JICA と BWDB が協議の上決定する

こととされていた。これを受け、活動の指標、指標の入手手段について議論の上、設定した。

改訂された PDM (Ver.2.0)を表 1.1 に示す。

表 1.1 プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM)

Project Title: The Project for Capacity Development of Management for Sustainable Water Related Infrastructure Implementing Organization: Bangladesh Water Development Board (BWDB) Period: 2013 - 2017 (4 years) Date : May 2016 Project Area: Dhaka and sites for Pilot project and model O&M activities		VER: 2.0 (May, 2016)	
Narrative Summary Overall Goal (Goal which will be attained by utilizing the Proposed Plan) To achieve water-related disaster risk reduction through proper management of the infrastructures		Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification
<p><b>Project Purpose (Goal of the Proposed Plan)</b> To improve the capacities of BWDB on Embankment Engineering in terms of Design, Construction and Operation &amp; Maintenance methods</p>		<p>1. Infrastructures damaged by floods are reduced.</p> <p>1. Manuals are approved by DG to apply to the actual practices of BWDB.</p> <p>2. Action Plan for dissemination and revision of the manuals is prepared.</p> <p>3. Seminars/workshops on the manuals lectured by C/Ps are held for the officials of BWDB.</p>	<p>1. Record of damaged infrastructures managed with the developed manuals.</p> <p>2. Record of damaged infrastructures before application of the developed manuals.</p> <p>1. Office Order By DG for the Manuals</p> <p>2. Action Plan for dissemination and revision of the manuals.</p> <p>3. Number of participants in seminars/workshops</p>
<p><b>Output</b></p> <p>1. Design for sustainable river embankment is introduced</p> <p>2. Construction method and supervision of river embankment is improved</p> <p>3. Operation and Maintenance system for the river infrastructures is ensured</p>		<p>1. The design manual is developed in BWDB as a revision of embankment design of the Standard Design Manual of BWDB.</p> <p>2. The construction manual is developed in BWDB.</p> <p>3-1. The O&amp;M manual is developed in BWDB.</p> <p>3-2. GIS database of damage and maintenance records is established as a model of GIS database in field.</p>	<p>Concern about the Project is maintained in the Implementing Agency.</p> <p>No drastic personnel change in the Implementing Agency.</p>
<p><b>Activities</b></p> <p>1-1 : To review the design condition of river embankment such as design water level, tide level, characteristics of soil materials, etc.</p> <p>1-2 : To review the existing design methods and criteria</p> <p>1-3 : To examine various design methods for river embankment and specify availability</p> <p>1-4 : To draft the design manual for river embankment</p> <p>1-5 : To conduct the design of the pilot project</p> <p>2-1 : To review the existing construction methods for river embankment</p> <p>2-2 : To conduct soil tests of obtainable construction materials to find out the characteristics, and examine the optimum method of water content, compactness and stabilization</p> <p>2-3 : To draft the construction manual for river embankment including monitoring works</p> <p>2-4 : To select pilot project site for design and construction</p> <p>2-5 : To conduct the pilot project at the selected site to evaluate design and construction methods for river embankment</p> <p>2-6 : To revise the prepared manuals (1-4 and 2-3) based on the lessons of the pilot project (2-5)</p> <p>3-1 : To review the present Operation and Maintenance (O&amp;M) activities for river infrastructures</p> <p>3-2 : To draft the O&amp;M manual for river infrastructures</p> <p>3-3 : To select the O&amp;M division office for the model O&amp;M</p> <p>3-4 : To conduct the model O&amp;M activities at the selected division office by using the prepared O&amp;M manual (3-2)</p> <p>3-5 : To revise the prepared manual (3-2) based on the lessons of the model O&amp;M activities (3-4)</p> <p>3-6 : To prepare the GIS database of damage and maintenance records at the selected division office for the model O&amp;M activities</p> <p>4-1 : To hold the technical seminar/workshop on design, construction and O&amp;M method for river infrastructures</p> <p>4-2 : To hold the related training courses in Japan for the BWDB personnel engaged in the Project</p> <p>4-3 : To prepare the action plan for dissemination and effective use of the Manuals</p>		<p>Input</p> <p>Input by JICA</p> <p>- Dispatch of Experts:</p> <p>Team Leader/River management</p> <p>Design</p> <p>Construction</p> <p>Cost estimate</p> <p>Operation and Maintenance</p> <p>GIS database</p> <p>- Training</p> <p>Related training(s) in Japan</p> <p>Input by BWDB</p> <p>(a) Services of BWDB's counterpart personnel and administrative personnel</p> <p>(b) Suitable office space with necessary equipment;</p> <p>(c) Information as well as support in obtaining medical service;</p> <p>(d) Credentials or identification cards;</p> <p>(e) Available data (including maps and photographs) and information related to the Project;</p> <p>(f) Running expenses necessary for the implementation of the Project; and</p> <p>(g) Necessary facilities to members of the JICA missions for the remittance as well as utilization of the funds introduced into the People's Republic of Bangladesh from Japan in connection with the implementation of the Project</p>	<p>No drastic change of the policies on management of water related infrastructures and implementing organization.</p>

## 1.6 プロジェクト活動実施フロー

本プロジェクトは、① 持続的な堤防設計の改善に係る活動、② 持続的な堤防建設の改善に係る活動、③ 持続的な堤防維持管理の改善に係る活動、④ 共通事項（技術セミナー／ワークショップ、本邦研修、報告書作成）に係る活動により構成されている。プロジェクト活動実施フローは図 1.2 に示す通りである。

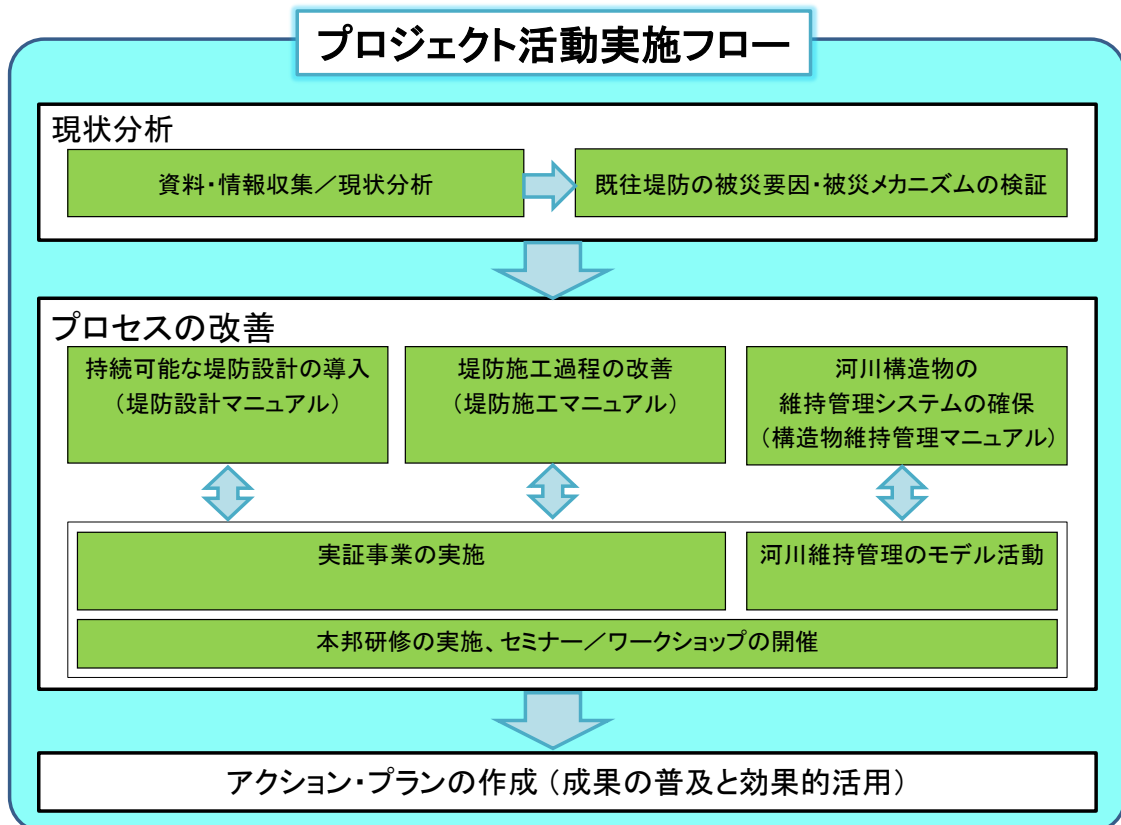


図 1.2 プロジェクト活動実施フロー

プロジェクト活動は、政治混乱に伴うゼネスト・交通封鎖の頻発、断続的なテロ事件の発生等により遅延が生じた。プロジェクト活動の計画からの遅延・乖離については、「1.8 プロジェクト活動の計画と実績」に記述している。



## 1.7 プロジェク ト の 管 理

### 1.7.1 プロジェク ト の 実 施 体 制

本プロジェクトの実施体制を下図に示す。

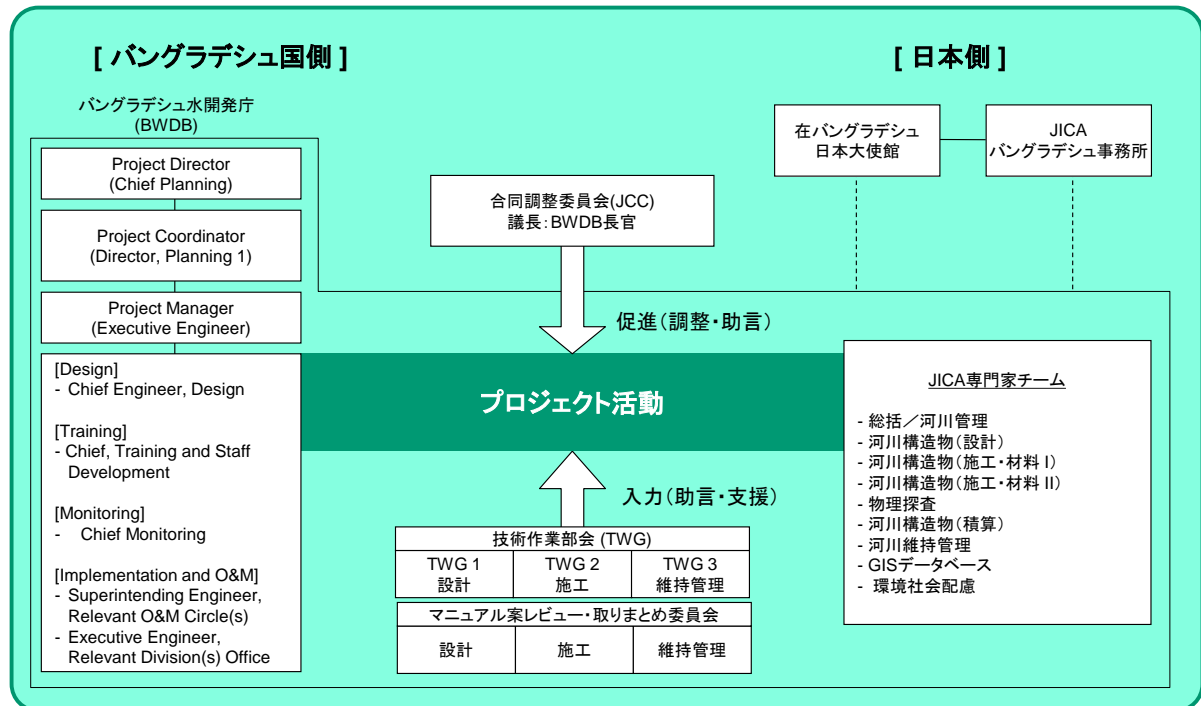


図 1.3 プロジェク ト 実 施 体 制

### 1.7.2 BWDB の 実 施 体 制

本プロジェクトのカウンターパートである BWDB の実施体制は以下のとおりである。

表 1.2 BWDB カウンターパートメンバー

No.	職 掌	人 員 (BWDB 内 の 役 職)
1	プロジェクト・ダイレクター	Mr. Zahirul Islam (Chief Planning) 2014 年 1 月 まで Mr. Gopal Chandra Sutradhar (Chief Planning) 2014 年 2 月 ～ 2015 年 6 月 Mr. Mahfuzur Rahman (Chief Planning) 2015 年 6 月 ～ 2016 年 2 月 Mr. Kh. Khalequzzaman (Chief Planning) 2016 年 3 月 ～ 2017 年 6 月 Mr. A.M. Aminul Haque (Chief Planning) 2017 年 6 月 より

No.	職掌	人員(BWDB 内の役職)
2	プロジェクト・コーディネーター	Mr. Md. Abdur Rahman Akhanda (Director, Planning-1) 2015年6月まで Mr. Fazlur Rashid (Director, Planning-1) 2015年6月～2015年10月 Mr. Md. Abdul Hye (Director Planning-1) 2015年10月～2016年1月 Mr. Md. Amirul Hossain (Director Planning-1) 2016年1月～2016年3月 Mr. Fazlur Rashid (Director Planning-1) 2016年3月より
3	プロジェクト・マネージャー	Mr. Naba Kumar Chowdhury (Executive Engineer) 2014年2月まで Dr. Shamal Chandra Das, (Executive Engineer) 2014年3月より
4	カウンターパート (C/P)	
4.1	C/P (設計)	(Chief Engineer, Design)
4.2	C/P (トレーニング)	(Chief, Training and Staff Development)
4.3	C/P (モニタリング)	(Chief, Monitoring)
4.4	C/P (施工および維持管理)	Superintending Engineer, Relevant O&M Circle(s)
4.5	C/P (同)	Executive Engineer in Relevant Division(s) office

### 1.7.3 合同調整委員会 (JCC)

各関係機関が円滑に協働体制を取れるよう調整を行うために合同調整委員会 (JCC) が設置された。JCC は下表のメンバーで構成され、必要に応じて開催されることとなった。

表 1.3 合同調整委員会メンバー

メンバー		備考
1. 「バ」国側 (BWDB 関係)		
(1)	Director General of BWDB	議長
(2)	Additional Director General (Planning)	副議長
(3)	Chief, Planning (Project Director)	
(4)	Chief, Monitoring (C/P)	
(5)	Chief Engineer, Design (C/P)	
(6)	Chief Engineer, Hydrology	
(7)	Chief Training & Staff Development (C/P)	
(8)	Chief Engineer, Relevant O&M Zone	
(9)	Chief, Water Management	
(10)	Director, Planning 1 (Project Coordinator)	JCC 事務局
(11)	Project Manager	
2. 「バ」国側 (関連機関)		
(12)	Representative of Ministry of Water Resources (MoWR)	
(13)	Representative of River Research Institute (RRI)	
(14)	Representative of Institute of Water Modeling (IWM)	
(15)	Representative of Center for Environmental and Geographic Information Services (CEGIS)	
(16)	Representative of Department of Disaster Management (DDM)	
(17)	Representative of Bangladesh Meteorological Department (BMD)	
3. 日本側		
(18)	JICA 専門家チーム	
(19)	JICA バングラデシュ事務所代表者	

4. その他	
(20) JCC 議長指名のその他の人	

出典：2013年3月25日署名のR/Dの「ANNEX 2」より。

### 1.7.4 技術作業部会（TWG）およびマニュアル案レビュー・取りまとめ委員会

作成する設計・施工・維持管理マニュアルへの「バ」国内の地域の実情の反映と普及を目的として、設計・施工・維持管理ごとに技術作業部会（TWG）が設置され、BWDB 各地域の代表者、関連機関の実務代表者がメンバーとなった。TWG のメンバーを下記に示す。

表 1.4 技術作業部会（TWG）メンバー

技術部会 1: 設計	技術部会 2: 施工	技術部会 3: 維持管理
<ul style="list-style-type: none"> <li>Chief Engineer, Office of Chief Engineer, Design</li> <li>Design Circle 1 の代表者</li> <li>Design Circle 2 の代表者</li> <li>Design Circle 3 の代表者</li> <li>Design Circle 4 の代表者</li> <li>Design Circle 5 の代表者</li> <li>Design Circle 6 の代表者</li> <li>River Research Institute の代表者</li> <li>その他関係機関の代表者</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chief Monitoring</li> <li>Director of Programme</li> <li>Superintending Engineer, O&amp;M Circle (施工パイロットプロジェクト地区)</li> <li>Central Zone の代表者</li> <li>Eastern Zone の代表者</li> <li>North Eastern Zone の代表者</li> <li>South Eastern Zone の代表者</li> <li>South Western Zone の代表者</li> <li>Mid Western Zone の代表者</li> <li>North Western Zone の代表者</li> <li>Southern Zone の代表者</li> <li>Northern Zone の代表者</li> <li>その他関係機関の代表者</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chief Monitoring</li> <li>Director of O&amp;M</li> <li>Superintending Engineer, O&amp;M Circle (維持管理活動地区)</li> <li>Central Zone の代表者</li> <li>Eastern Zone の代表者</li> <li>North Eastern Zone の代表者</li> <li>South Eastern Zone の代表者</li> <li>South Western Zone の代表者</li> <li>Mid Western Zone の代表者</li> <li>North Western Zone の代表者</li> <li>Southern Zone の代表者</li> <li>Northern Zone の代表者</li> <li>その他関係機関の代表者</li> </ul>

出典: 2012年10月4日署名のM/Mより

TWGに加えて、3つのマニュアル案のレビュー・取りまとめを支援する作業委員会が、2015年11月16日のワークショップでの提言をもとに設置された。各作業委員会のメンバーは以下の通りである。

表 1.5 マニュアル（案）レビュー・見直し作業委員会メンバー

#### 1. 堤防設計マニュアル（案）レビュー・取りまとめ委員会

No.	メンバー名	BWDB 職位	担当
1	Brozo Mohan Nath (2016年1月まで) Md. Harun Ur Rasheed (2016年1月より)	Superintending Engineer Design Circle -V, BWDB, Dhaka. Superintending Engineer, Design Circle -I, BWDB, Dhaka.	議長
2	Kazi Tofail Hossain (2016年1月まで) Yasmin Begum (2016年1月より)	Superintending Engineer Design Circle -II, BWDB, Dhaka. Superintending Engineer (Attached) Design Circle-I, BWDB, Dhaka.	委員
3	Md. Rafiqul Alam	Executive Engineer Directorate of Programme, BWDB, Dhaka.	委員
4	Shamal Chandra Das	Executive Engineer Office of the Chief Planning, BWDB, Dhaka.	委員

No.	メンバー名	BWDB 職位	担当
5	Md. Harun Ur Rasheed Dr. Jibon Kumar Sarker	Superintending Engineer, Design Circle -1, BWDB, Dhaka. Executive Engineer, Design Circle-IV, BWDB, Dhaka.	委員・書記

## 2. 堤防施工マニュアル (案) レビュー・取りまとめ委員会

No.	メンバー名	BWDB 職位	担当
1	Motahar Hossain	Superintending Engineer, Design Circle-VI, BWDB, Dhaka	議長
2	Md. Abdul Matin Sarker	Executive Engineer, Dhaka O & M Division-II, BWDB, Dhaka.	委員
3	Md. Enayet Ullah	Executive Engineer, Directorate of Planning-I, BWDB, Dhaka.	委員
4	Tarik Abdullah Al Faiz	Executive Engineer, PMU-ESPP, BWDB, Dhaka.	委員
5	Md. Rafius Sazzad	Executive Engineer, IMIP, BWDB, Dhaka.	委員・書記

## 3. 構造物維持管理マニュアル (案) レビュー・取りまとめ委員会

No.	メンバー名	BWDB 職位	担当
1	Mohammad Ali	Director, O & M, BWDB, Dhaka.	議長
2	Md. Mahbur Rahman	Director, Directorate of Program, BWDB, Dhaka.	委員
3	Rezaul Mostofa Asafadullah	Executive Engineer, Dhaka O & M Division-I, BWDB, Dhaka.	委員
4	Md. Asaduzzaman	Executive Engineer, Directorate of Planning-I, BWDB, Dhaka.	委員
5	Md. Abdus Salam	Executive Engineer, O & M, BWDB, Dhaka.	委員・書記

出典: BWDB Office Memorandums (Memo No. BWDB/P-I/815 on December 15, 2015、及び Memo No. BWDB/P-I/904 on January 27, 2016.)

### 1.7.5 JICA 専門家チーム

表 1.6 は JICA 専門家チームの構成であり、10 名の専門家と 4 名の現地サポート要員からなる。

表 1.6 JICA 専門家チームの構成

No.	名前	担当分野
1. JICA 専門家		
(1)	今井 敏勝 (2015 年 6 月まで) 臼井 陽典 (2015 年 6 月以降)	総括/河川管理
(2)	望月 達也	河川構造物 (設計)
(3)	脇田 和試 (追加)	河川構造物 (設計 II (土質))
(4)	坂中 秀太郎	河川構造物 (施工・材料 I)
(5)	小泉 常二	河川構造物 (施工・材料 II)
(6)	谷合 哲 (2014 年 12 月まで) 廣瀬 末雄 (2015 年 1 月以降)	河川構造物 (積算)

No.	名 前	担 当 分 野
(7)	小林 敏政	物理探査
(8)	臼井 陽典 (2015年6月まで) 児玉 真 (2015年6月以降)	副総括/河川管理
(9)	齋藤 高	GIS データベース
(10)	中沢 修	環境社会配慮/本邦研修
2. 現地サポート要員		
(1)	Mr. A. Q. Mohammad Ali (2015年5月まで) Mr. Hasan Zubair (2015年5月以降)	上級専門家1 (設計・建設・維持管理)
(2)	Mr. Md. Alamgir Hossain (2014年7月～2015年5月)	専門家 (設計)
(3)	Mr. Md. Mainul Islam (2015年8月～2017年6月)	上級専門家2 (建設)
(4)	Muntasir Ibn Mohsin	通訳/事務担当

### 1.7.6 JICA による投入

JICA による投入は以下のとおりであり、本プロジェクトの R/D に規定されている。

- JICA 専門家チーム (邦人専門家および現地サポート要員) の派遣
- 車両、執務室、セミナー/ワークショップなどプロジェクト活動に係る直接経費
- パイロットプロジェクトとして行われた堤防施工工事の調達
- 本プロジェクトのカウンターパートから選定された要員の本邦研修

### 1.7.7 「バ」国側の投入

「バ」国側の投入・取り組み事項は、本プロジェクトの R/D に規定された以下の項目である。

#### 1) BWDB による投入

- 本プロジェクト実施及び管理のためのカウンターパート及び管理者の配員
- 本プロジェクト活動に係る事務所及び備品の提供
- JICA 専門家チームが医療サービスを受ける上での情報・支援の提供
- JICA 専門家チームへの信任状あるいは身分証明書の発給
- JICA 専門家チームへの本プロジェクトの関連資料 (地図、写真を含む) 及び情報の提供
- 本プロジェクト実施に必要とされる運営費の準備
- JICA 専門家チームへの、本プロジェクト実施に関して日本から「バ」国に導入される資金の送金・利用についての便宜供与

#### 2) BWDB および「バ」国政府の取り組み事項

BWDB はパイロットプロジェクトの実施により生じる以下について責任を持つ

- パイロットプロジェクトの用地準備、電線や水道管など公共施設の移転および撤去、不法占拠への対応、環境社会配慮上の対応
- パイロットプロジェクトの施工完了後の維持管理

- 施工中および施工後の損害発生に関する責任

BWDB および「バ」国政府は以下について必要な対策を講じる

- 日本の技術協力の結果として「バ」国側が取得した技術および知識を、「バ」国の経済および社会的発展に寄与させること。また、JICA が供与した技術トレーニングおよび機材から「バ」国が取得した知識および経験をプロジェクト実施に有効に使用すること。
- JICA 専門家チームのメンバー及び家族に、コロンボプラン技術協カスキームの下で行われる「バ」国の同種業務を実施する第3国および国際機関の専門家に与えられると同等の特権、免税、便宜を与えること。
- 本プロジェクトの開始に先立ち、計画委員会/当局の本プロジェクトについての技術支援事業プロポーザル承認を取得すること。
- その他の特権、免税、便宜が、日本国政府と「バ」国政府間での2002年12月8日付け「技術協力合意書」に従って提供されること。
- 本プロジェクト支援のため、BWDB は本プロジェクトを「バ」国民に周知するため適切な措置を講じること。

## 1.8 プロジェクト活動の計画と実績

当初、本プロジェクトは、2013年8月に開始し、現況調査、マニュアル（案）作成、マニュアル（案）に基づいて実証事業として2014/2015年の乾季にパイロットプロジェクトを実施し、その結果を踏まえマニュアル（案）を改訂し、2016年8月に終了する3年間の作業計画となっていた。しかしながら以下に示すように数次の活動遅延により作業計画が変更された。2013年8月の当初の作業計画と実績の比較を図1.4に示す。

2013年9月の現地作業開始時より、2014年1月の国政選挙を巡る混乱、戦犯裁判に伴う混乱によりゼネスト・交通封鎖が頻繁するようになりプロジェクト活動が遅延した。そのため2014年12月にパイロットプロジェクトの施工を2015年/2016年の乾季に延期するとともに、作業計画全体を見直してプロジェクト期間を4年間に延長した。

国政選挙を巡る混乱の沈静化後、プロジェクト活動の加速を図ったものの2014年12月より2015年5月まで国政選挙1周年の混乱によりゼネスト・交通封鎖が継続したためにプロジェクト活動は再度影響を受けて遅延した。

加えて、2015年9月より断続的なテロ事件発生に伴い、安全対策として専門家の国内出張制限、堤防改修工事現場の治安対策強化等が実施され、専門家の現地活動が制限された。さらに、2016年7月、ダッカ市グルシャン地区で外国人を対象としたテロ事件が発生し、専門家の渡航禁止措置が取られ、現地活動が実施できない状況が続いた。専門家の「バ」国渡航・国内出張制限は、2016年12月より一部緩和されたものの、専門家の現地活動が制限される状況はプロジェクトが終了する2017年10月まで続いた。

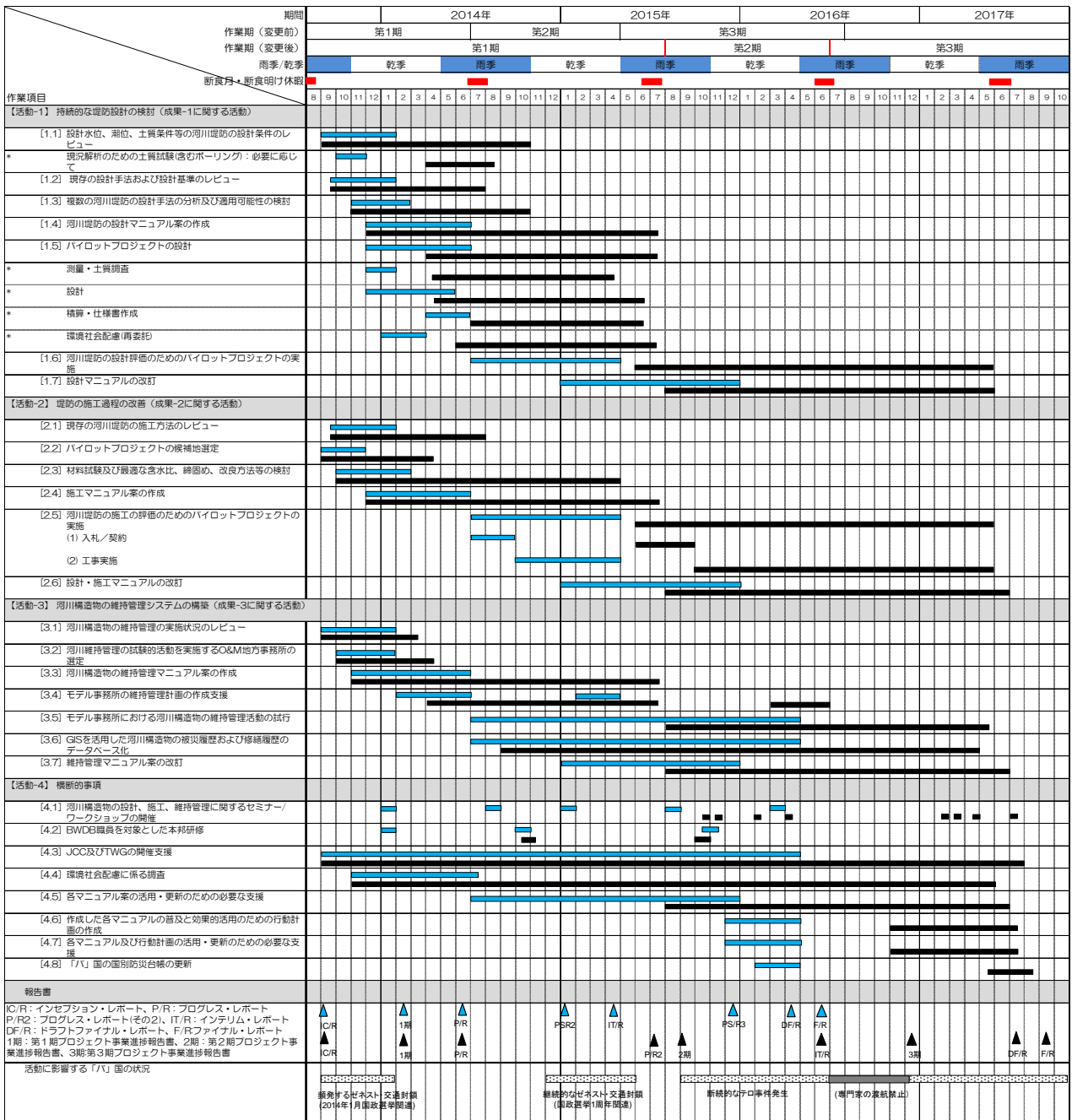
他方、2015年11月から開始されたパイロットプロジェクトの堤防改修工事（パイロット工事）では、2016年2月の非常に希な出水による工事遅延に加え、同年3月末からの過去に例のない河川水位の高止まりにより川表側の施工を次の乾季まで中断することとした。最終的にパイロット工事は2017年5月に完工した。

作業計画と実績の乖離の要因を以下に列挙する。

- 頻発するゼネスト・交通封鎖により、活動が制限され、資料情報収集・現地踏査の実施が遅れた。
- 上記により、土質調査・測量実施地点の決定が遅れた。
- 上記により、土質調査・測量の実施が遅れた。
- 上記により、現況把握（堤防被災原因の分析）が遅れた。
- さらに継続的なゼネスト・交通封鎖により、活動が制限されたため、マニュアル（案）作成が遅れた。
- 現地調査・現況把握の遅れに伴い、パイロットプロジェクト候補地決定が遅れた。
- 上記により、パイロット工事設計開始が遅れ、加えて、継続的なゼネスト・交通封鎖による設計活動が制限された。
- 設計の遅れに伴い、工事を当初計画である2014/2015年乾季から2015/2016年乾季へと延期した。
- 2016年3月末より継続した水位の高止まり（例年より早い雨季の到来）により、パイロット工事川表側工事を中断することを余儀なくされた。パイロット工事は、雨季対策として川表側暫定保護工を施工するとともに、次期乾季（2016/2017年）に再開することとなった。
- 現地調査・現況把握の遅れに伴い、維持管理モデル活動を施行するモデル地方O&M事務所選定が遅れた。
- 継続的なゼネスト・交通封鎖による活動制限により、モデル事務所維持管理計画作成支援・モデル維持管理活動試行が遅れた。
- テロ事件発生に伴う安全対策により、維持管理モデル活動が制限されモデル事務所での初期の活動の遅れにつながった。
- 継続的なゼネスト・交通封鎖の実施、テロ事件に伴う安全対策により、活動が制限され、モデル事務所でのGISデータベース構築が遅れた。
- 本邦研修は、2013年度から2015年度の毎年度、合計3回実施する計画だった。しかし、2013年度の研修は、政治情勢に起因する混乱、研修参加者決定の困難さから、2014年度の研修と合わせて実施することとし、2015年度の1回と合わせて合計2回の実施となった。



Bangladesh 国持続的な水関連インフラ整備に係る能力向上プロジェクト  
 ファイナル・レポート 調査内容報告書



凡例  
 ■ 当初計画 (2013年8月)  
 ■ 実績  
 ▲ 当初計画 (報告書提出)  
 ▲ 実績 (報告書提出)

図 1.4 活動計画・実績対比

## 1.9 要員派遣の計画と実績

「バ」国の治安状況の悪化による影響を受けてプロジェクト活動に遅れが生じたり活動が制限を受けたりして、専門家の派遣も計画から大幅に変更することとなった。要員派遣の計画と実績を図 1.5 に示す。

バングラデシュ国持続的な水関連インフラ整備に係る能力向上プロジェクト  
 ファイナル・レポート 調査内容報告書

担当	氏名	計画／実績	2013			2014			2015			2016			2017		
			雨季	乾季	明けの休暇	雨季	乾季	明けの休暇	雨季	乾季	明けの休暇	雨季	乾季	明けの休暇	雨季	乾季	明けの休暇
総括／河川管理	今井 敏勝 (前任) 白井 陽典 (後任)	計画	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		実績	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
河川構造物(設計)	望月 達也	計画	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		実績	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
河川構造物 (設計II・土質)	脇田 和武	計画	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		実績	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
河川構造物 (施工・材料I)	坂中 秀太郎	計画	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		実績	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
河川構造物 (施工・材料II)	小泉 常二	計画	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		実績	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
河川構造物 (積算)	谷合 哲 (前任) 廣瀬 未雄 (後任)	計画	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		実績	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
物理探査	小林 敏政	計画	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		実績	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
副総括／河川維持管理	白井 陽典(前任) 兒玉 真 (後任)	計画	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		実績	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
GISデータベース	齋藤 高	計画	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		実績	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
環境社会配慮	中沢 修	計画	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		実績	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
本邦研修	白井 陽典 (前任) 中沢 修 (後任)	計画	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		実績	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
活動に影響する「ハ」国の状況		計画	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
活動に影響する「ハ」国の状況		実績	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

凡例：  
■ 現地作業：計画 (2013年8月)  
■ 現地作業：実績  
 国内作業：計画 (2013年8月)  
 国内作業：実績

図 1.5 要員の配員計画と実績

## 2. 持続可能な河川堤防の設計の検討

### 2.1 設計水位、潮位、土質条件等の河川堤防の設計条件のレビュー

#### 2.1.1 既往堤防の被災要因・被災メカニズムの検証

堤防マニュアルの策定にあたって、近年の堤防被災箇所を土質や河川特性等からいくつかの類型に分類し、それぞれの類型の河川堤防の安定性を浸透流・円弧すべり解析により確認を行った。

##### (1) 「バ」国の河川堤防の堤体土質から見た分類

2012年1月に行われた本プロジェクトのF/S (Report on the Feasibility Study for Capacity-Building Project for Sustainable Development of Water-Related Infrastructure [Part-1]) では、「バ」国の12箇所を堤防天端及び堤防法尻の基礎地盤の土質試験が実施されている。本プロジェクトでは、F/Sでの土質試験結果を分析することで、河川堤防の材料特性を概略把握した。検討結果は、本報告書4.2節に取りまとめた。

##### (2) 河川堤防の被災状況、河川特性を把握するための現地調査

- ① BWDBより近年の堤防被災箇所を20箇所程度選定してもらい、その中から明らかに河岸侵食による堤防の崩壊や海岸堤防の被災であろう箇所を除き、更に河川堤防を①大河川沿いの堤防、②高潮の影響を受ける地域の堤防、③ハオール湛水地域、④その他の4つに区分し、ダッカからの距離も考慮に入れて、20箇所からそれぞれの区分を代表する河川堤防数が偏らないよう14箇所(図2.1)を選定して、現地調査を実施した。現地調査では、資料収集及び現地のO&M事務所ならびに地域住民に被災状況等をヒアリングした。現地調査については、巻末の付属資料-1「現地調査報告書」に記載している。
- ② 現地踏査の結果、堤防の被災要因はほとんどの場合「侵食(河岸侵食 or 堤脚洗掘)」に起因するものと推定され、堤防自体が直接の要因となって崩壊した事例(浸透によるパイピングや法面の円弧すべりによる堤防崩壊)は見いだせなかった。
- ③ 現地調査の結果とBWDBがまとめた「バ」国の水害状況図によると以下のことがいえる。
  - ア) 大河川のジャムナ川及びガンジス川(パドマ川)では、大規模な河岸侵食による堤防崩壊が発生している。大河川は網状河川を呈し河床に発達した砂州の移動による大規模な河岸侵食が堤防崩壊の要因と推定される。
  - イ) 北部及び東部の国境沿いの地域ではFlash Flood(鉄砲水)による水害被害や堤防表法面の崩落が発生している。この地域の河川はインド国内の山間地に上流域を有し、「バ」国に入り地形が急激に緩勾配になり蛇行河川の形態を呈する。緩勾配となった河川は洪水時には水位を急激に上昇させFlash Floodによる越水被害が発生することもある。また、蛇行河川の湾曲部外岸側では局所洗掘が生じて堤防表法面の崩壊がいたるところで発生している。

- ウ) ベンガル湾に面した地域では、サイクロンによる高潮被害が発生している。また、洪水時の潮汐によるとみられる河岸侵食も発生している。
- エ) 「バ」国の北東部に位置するメグナ川の上流域はハオールと呼ばれ、標高3～5mの低湿地帯（盆地）が広がっており、雨季には洪水により約8,500 km<sup>2</sup>の盆地全体が堤防を含めて水没する。この地域では乾期から雨期に移る時期に堤防の越水決壊が起こっているほか、堤防の越水前に人為的に堤防を破壊するパブリックカットが行われたりしている。
- オ) 河川堤防の決壊は、主に河岸侵食によるものと考えられる。しかし、現地調査では確認出来なかったものの、既往の堤防崩壊の事例では、堤防の設計の問題というよりも施工に問題がある可能性が指摘されている。

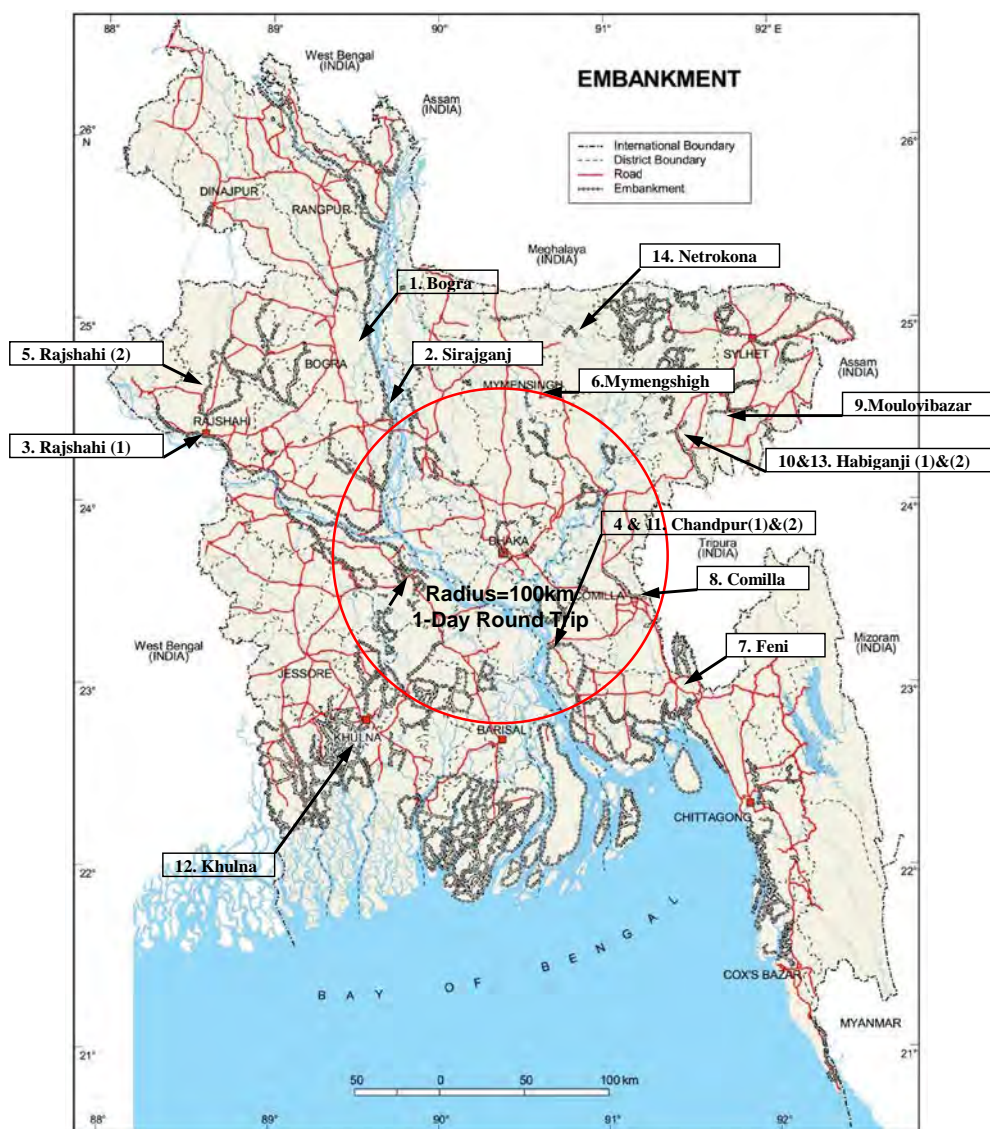


図 2.1 被災堤防の現地調査箇所位置図

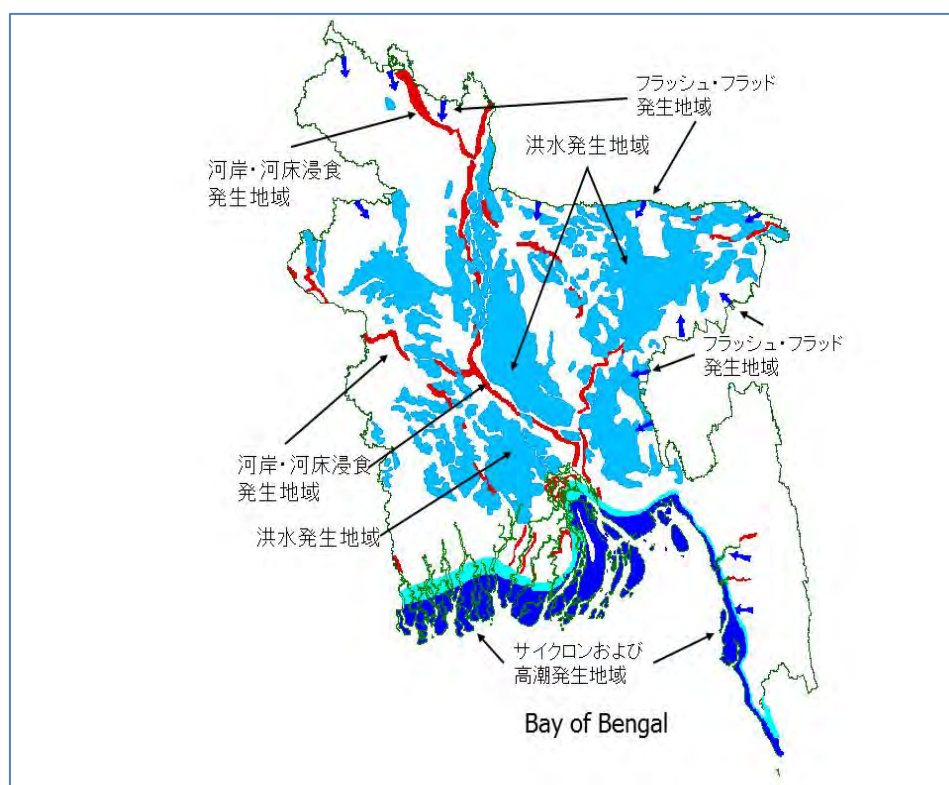


図 2.2 「バ」国の水害状況（BWDB 資料）

### (3) 「バ」国の河川堤防の類型化

①「バ」国の河川堤防の被災要因ほとんどが河岸侵食によるものであったため、現地調査では堤防自体に問題があるかどうかを把握することはできなかった。このため、河岸侵食が防止された場合に堤防自体の洪水に対する安定性が確保されているかを数値シミュレーションにより確認することとした。

(1)の F/S 調査結果及び (2)の今回の現地調査結果を踏まえ、堤体土質、河川特性、被災状況等から「バ」国の堤防を以下のように 4 分類に類型化し、その分類ごとに浸透流によるパイピングや円弧すべりに対する堤防の安全性を詳細に検討する事とした。

- A - 類型 大河川沿いの堤防
- B - 類型 高潮地域の堤防
- C - 類型 ハオール地域の堤防
- D - 類型 Flash Flood 地域の堤防

堤防の分類別の概要図を図 2.3 に示す。各類型の堤防・河川等の特徴は、以下の通りである。

#### A 類型 大河川（ジャムナ川、パドマ川）沿いの堤防

- 1) 流域面積が大きく、洪水時には水位の高い状態が長期間続くため、浸透による堤防安全性に課題がある。また、一旦堤防が崩壊するとその被害は甚大なものになる。
- 2) ジャムナ川、パドマ川の大河川は網状河川の形態を示し、多くの砂州が網の目のように形成されている。洪水により砂州が移動しその淵が高水敷と接する部分で大規模な侵食が起こ



り高水敷の侵食により堤防が崩壊する。

- 水深が 40m から 50m 程度もあり、緩勾配であるにもかかわらず洪水時の流速は早い。砂を詰めた何層ものサンドジオバッグで河岸法面を覆う侵食対策を、ADB が主体となって実施している。
- 河岸侵食により崩壊した河川堤防の代わりとなる復旧堤防の建設には膨大な土砂が必要であり、河床から砂を浚渫して砂堤防（表面を粘土被覆）を造る場合が多い。



ジャムナ川 Bogra 地先の河岸侵食



ジャムナ川 Bogra 地先の復旧堤防（建設中）

#### B 類型 高潮地域の堤防

- 「バ」国の南西部はパドマ川から流れ込んだ小さい派川が網の目のように繋がって流れている。ベンガル湾に面した高潮・干満潮位の影響を大きく受ける地域である。
- 堤防の盛土材料は粘性土を主体としており、洪水時の潮汐によると見られる河岸侵食が多く発生している。
- 網目状に流れる河川の間には多くの輪中堤で囲まれた低平地があり、多くの住民が農業や漁業を営んでいる。



Khulna 地先の河岸侵食



Khulna 地先の復旧堤防

#### C 類型 ハオール地域の堤防

- 「バ」国の北東部に位置しメグナ川の上流域にあたるハオール地域は、標高が 3-5m の低湿地帯で、雨季には地域全体が堤防も含めて洪水により水没する。



- 2) 堤防は「潜水堤防」と呼ばれ、非洪水期である 11 月から 4 月に掛けては輪中堤内で生産されるボロ米を洪水被害から守っている。
- 3) 非洪水期から洪水期への変わり目には、越水による堤防の損傷を防ぐため、輪中堤にいくつかの水門を設けて越水直前までに堤内地の水位を上昇させ、内外水位差を小さくしている。
- 4) また、洪水期から非洪水期への変わり目には、輪中堤内を船により簡単に行き来できるため、非洪水期から洪水期の変わり目に堤防天端を低く削り船による行き来が出やすいようにするパブリックカットも時折行われている。
- 5) 高潮地区と同様、堤体土質はシルト、粘性土を主体とする土質材料で作られている。



Netrokona 地先の被災堤防（潜水堤防）



Netrokona 地先の住居地の河岸

#### D 類型 Flash Flood 地域の堤防

- 1) 「バ」国の北部東部の国境沿いにインド国から国境を越えてくる多くの中小河川は、上流域（インド国）は急峻な褶曲山地の間を流下し、「バ」国に入ると一気に勾配が非常に緩い蛇行河川となる。洪水時には急激な水位上昇が発生して越水による洪水被害が多発している。
- 2) また、蛇行した河川の湾曲部外岸側では河岸侵食が発生して堤防の円弧スベリが多発している。



Manu 川 Moulvibazar 地先の堤防侵食



Manu 川 Moulvibazar 地先の堤防侵食

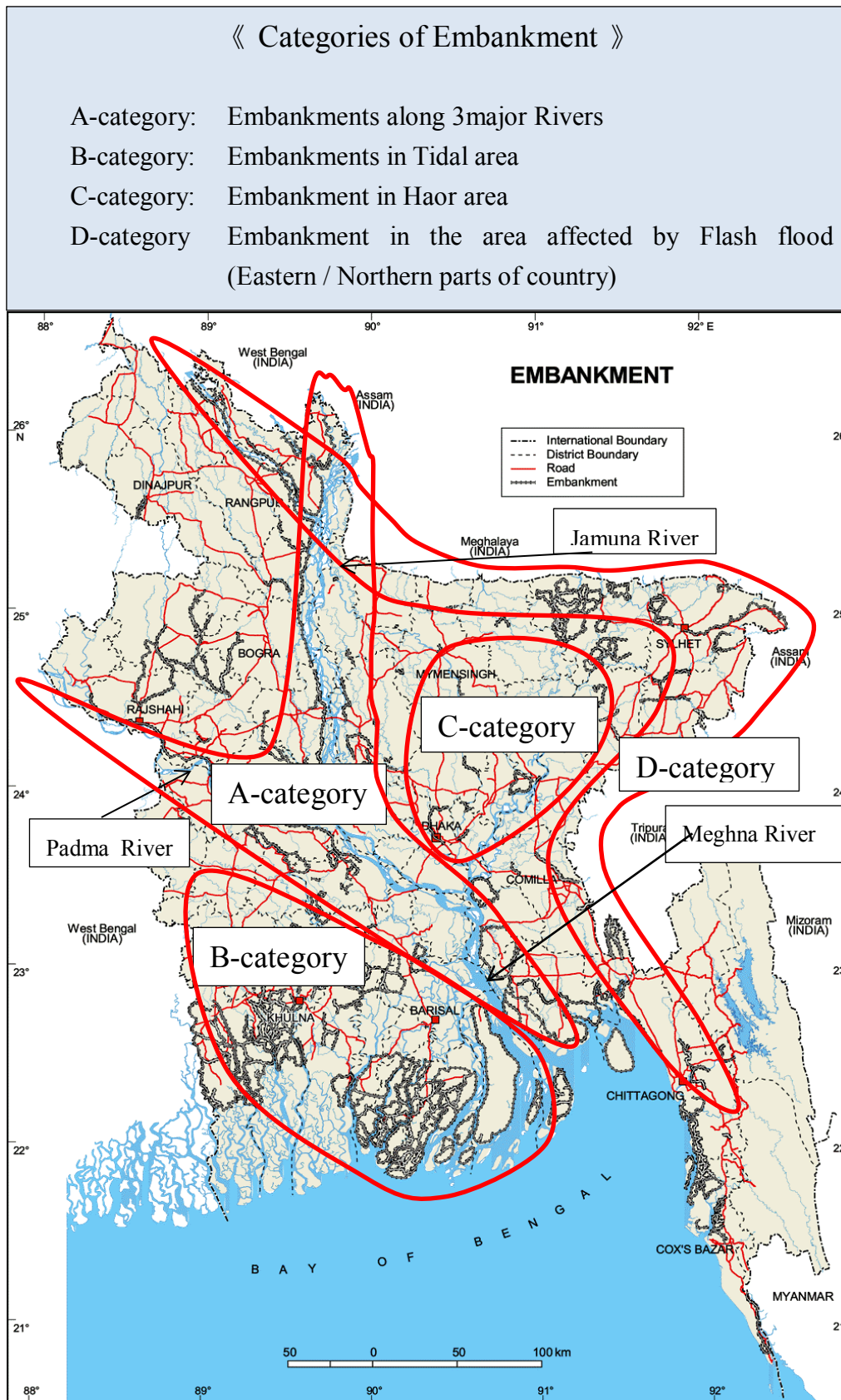


図 2.3 河川堤防の分類別の概要図

② 現地調査の結果を踏まえ、詳細検討を行うための類型別の代表堤防断面として現地調査を行った 14 か所の内から以下の 4 か所 (図 2.1 参照) を検討の代表断面として選定した。

- Case-1 Bogra (A-類型；大河川沿いの中流の堤防)
- Case-2 Chandpur (A-類型；大河川沿いの下流の堤防)
- Case-3 Khulna (B-類型；高潮地域の堤防)
- Case-4 Moulvibazar (D-類型；東部・北東部 Flash flood 地域の堤防)

なお、C-類型の堤防は、洪水期に水没する「潜水堤防」であること、粘土分が多く浸透によるパイピングや法面の円弧スベリの問題が起きにくいこと、人為的な堤防切削（パブリックカット）が頻繁に行われている事を勘案して解析の対象から除外した。

一方、大河川の堤防については、堤体土質の違う 2 タイプの堤防を検討対象とした。シルト分が支配的なものとして Chandpur 地先の堤防を、砂分が支配的なものとして Bogra 地先の堤防をそれぞれ選定した。Bogra 地先の堤防は、河床の浚渫砂で築堤し表面を粘土で被覆している。粘土は降雨や日照に対して脆弱であり、維持補修が十分行われない場合は粘土被覆が消耗し被災しやすい。

表 2.1 代表堤防の土質定数

地点	部位	粒度分布(%)			せん断強度		透水係数 (cm/s)
		砂分	シルト	粘土分	$\phi (^{\circ})$	C(kN/m <sup>2</sup> )	
Bogra (大河川)	堤防	52	43	5	28.5	27.36	※4.53E-05
	基礎	77	20	3	33.13	23.88	※6.93E-04
Chandpur (大河川)	堤防	8	73	19	0	14.33	※2.50E-06
	基礎	66	29	5	29.65	26.87	※7.50E-04
Khulna (高潮地域)	堤防	6	64	30	0	11.65	9.76E-07
	基礎	16	53	31	0	19.64	※3.00E-07
Moulvibazar (Flash Flood 地域)	堤防	30	61	19	0	29.39	5.30E-06
	基礎	7	64	29	0	26.07	x 方向;6.52E-06 y 方向;9.25E-05

(注) 透水係数の欄で、※は粒度分布から求めたクレーガー式からの推定値

(4) 「浸透流解析及び堤防法面の円弧すべり解析」による洪水時の堤防の安定性評価

解析の詳細については本プロジェクトで作成した「河川堤防の設計マニュアル」の付属資料「既存堤防の洪水時安定性評価」に詳述している。以下にその概要を述べる

①解析は、非定常浸透流解析及び斜面安定解析により行った。解析ソフトは(財)国土技術研究センター「河川堤防の構造検討の手引き」に準拠した「SAUSE Version 3.1」を用いた。本解析ソフトでは、有限要素法を用いて非定常浸透流解析によって得られる浸潤線の時刻変化に応じた斜面安定解析を実施した。

②外力として与えた洪水は、各近傍水位観測所で概ね過去 20 年間に起こった過去最高水位を記録した洪水時の河川水位である。なお、透水係数について透水試験から十分信頼性のあるデータが得られなかった箇所については、粒度分布から求められるクレーガーの推定値を採用している。透水試験に使う不攪乱資料を採取するには高度な採取技術を要するが、「バ」国では不攪乱試料の採取に日本で用いられているロータリーボーリング機ではなく、打設で穿孔するウォッシュボーリング機が通常使われている。このため箇所によっては、透水試験のための不攪乱試料が得られず試験が行えなかった他、試験結果が想定とかなりかけ離れていたものもあり、信頼に足るデータとなっていない場合があった。

表 2.2 数値解析に使われた洪水の発生日

地先	観測所	発生日
Bogra	Bahadrabad St. Sirajgang St.	1988/8/30
Chandpur	Chandpur St. Davlathan St.	1998/9/9
Khulna	Chalna St.	2001/9/18
Moulvibazar	Moulvibazar St.	1993/6/8

③堤防の安定性評価は以下のように行った。

ア) 堤防法面の円弧すべりに対する安定性の評価

潜在すべり面の最小すべり安全率が 1.5 以上確保できているかどうかで評価

イ) 浸透流によるパイピング破壊に対する安全性の評価

堤防裏法尻近傍の基礎地盤部の「局所動水勾配 (i)」が 0.5 を上回っているかどうかで評価した。本来はその場所の土粒子の「限界動水勾配( $i_c$ )」以下であるかどうかで評価すべきであるが、安全を見込んで基準値を 0.5 とした。

④解析結果を以下に示す。

ア) 図 2.4 洪水の立ち上がりから減衰期までの時間変化の中で、堤防の「最小すべり安全率」とそれが出現した時刻

イ) 表 2.3 堤防裏法尻の局所動水勾配の最大値

ウ) 図 2.5 すべり安全率および局所動水勾配の継時変化 (Chandpur 地先の例)



地点	すべり安全率SF	
	非定常解析(最小値)	
	裏法面	表法面
Bogra	<p>SF=4.39      SF=2.77</p> <p>SF=4.388 (600時間)</p>	<p>SF=5.26      SF=2.21</p> <p>SF=2.214 (1400時間)</p>
Chandpur	<p>SF=2.38      SF=1.48</p> <p>SF=1.476 (600時間)</p>	<p>SF=1.63      SF=1.48</p> <p>SF=1.634 (1100時間)</p>
Khulna	<p>SF=1.87      SF=1.64</p> <p>SF=1.874(600時間)</p>	<p>SF=1.87      SF=1.526</p> <p>SF=1.526(900時間)</p>
Moulvibazar	<p>SF=2.52      SF=2.20</p> <p>SF=2.204(700時間)</p>	<p>SF=2.52      SF=2.20</p> <p>SF=2.521(700時間)</p>

図 2.4 堤防の最小すべり安全率とそれが出現した洪水開始からの経過時間

(注) ( ) 内の時間は、洪水開始（水位が上昇を始めた時点）として計算を始めてからすべり安全率の最小値を示した時点までの経過時間である。

表 2.3 堤防裏法尻の局所動水勾配の最大値

地点	裏法尻 局所動水勾配 i
	非定常解析(最大値)
	近傍基礎地盤
Bogra	水平:0.492 鉛直:0.51
Chandpur	水平:0.348 鉛直:0.911
Khulna	水平:0.652 鉛直:0.222
Moulvibazar	水平:0.496 鉛直:0.291
<b>限界動水勾配</b> Bogra :0.95 Chandpur :0.95 Khulna :0.90 Moulvibazar :0.78	

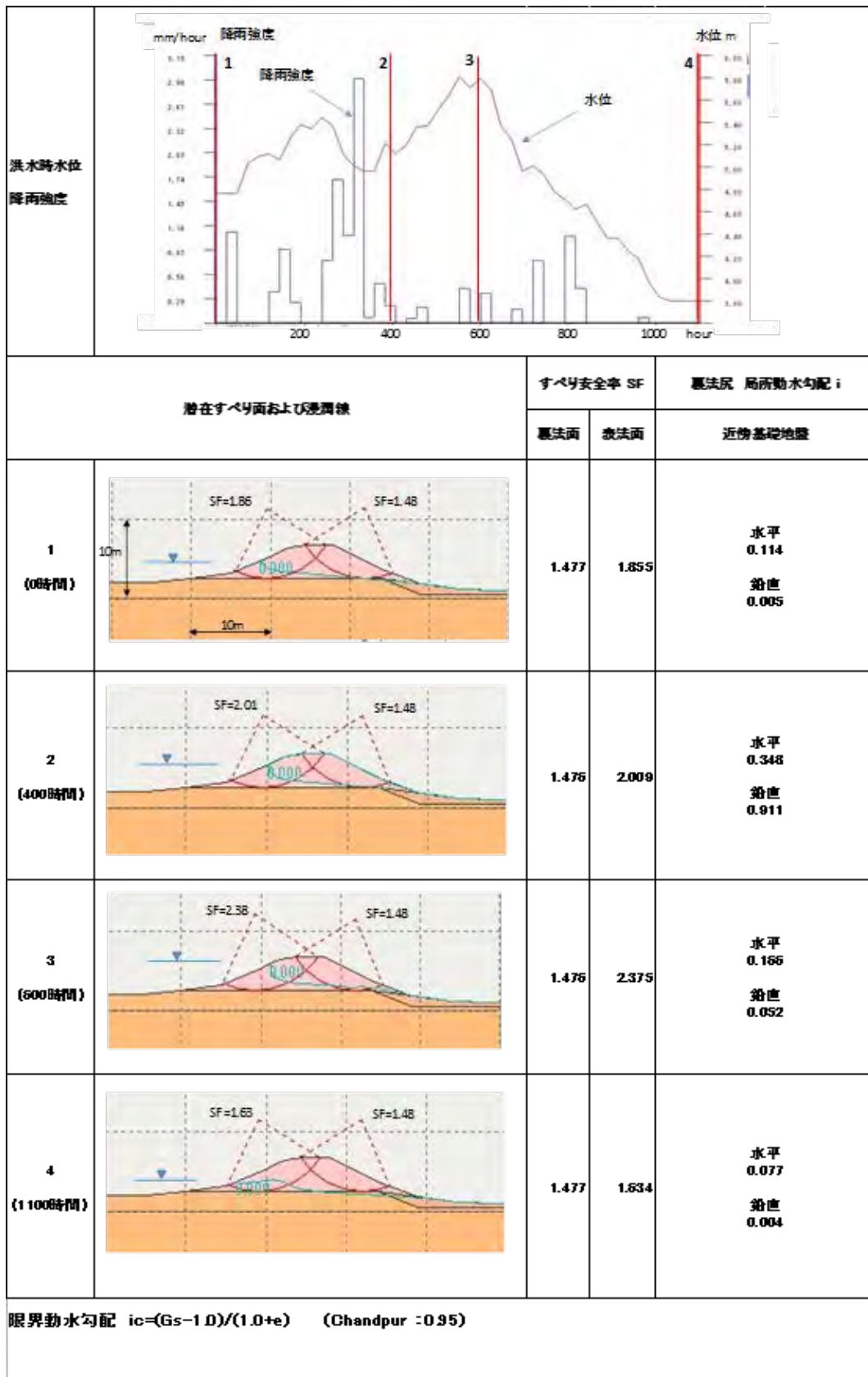


図 2.5 すべり安全率および局所動水勾配の継時変化の例 (Chandpur)

以上の解析結果より以下のことがいえる。

ア) 堤防法面の円弧すべりに対する安定性について

i) 図 2.4 より、洪水時のすべり安全率 (SF; Safety Factor) は 4 地先のどの地点の堤防においてもほぼ 1.5 以上となっており、河岸侵食が防止された状態では洪水時のすべりに対する安全性は概ね確保されている。

ii) 一般に高水敷幅が小さい堤防については、表法面のすべり安全率の方が裏法面のすべり安全率より小さい値を示しており、表法面の方が円弧すべりを起こしやすいと推定される。

堤防裏法面の円弧すべり安全率の最小値は洪水ピーク時に、また堤防表法面の円弧すべり安全率の最小値は洪水末期の河川水位の低下時に表れている。

iii) 図 2.5 は、堤防のすべり安全率が洪水時の時間経過によってどのように変化しているか Chandpur 地先の堤防を 1 例として示したものである。これによれば、洪水の始まる 0 時から洪水後に水位が低下するまでの 1,100 時 (40 日間) の堤防裏法面の安全率は、洪水時の河川水位の変化にかかわらずほぼ一定 (1.48) である。一方、表法面のすべり安全率は、河川水位が上昇するにつれて上昇し、洪水後河川水位が低下した時点で一番低いすべり安全率を示している。

イ) 浸透流によるパイピングに対する安定性について

i) Bogra の近傍基礎地盤及び Chandpur の堤防法尻で、安全率を考慮した「限界局所動水勾配」0.5 を超過している。このためこの 2 か所ではパイピングの生じる可能性があると判断される。

ii) Khulna の堤防法尻でも安全率を考慮した「限界局所動水勾配」0.5 を超過しているが、堤体土はほとんどシルト分及び粘土分が主体で砂分を含んでおらず、透水係数も  $9.76E-7\text{cm/s}$  と低い値となっていることからパイピングは起こりにくいと判断される。

#### (5) 河岸侵食による堤防のすべり安全率の変化

ア) 河岸侵食がどこまで進むと円弧すべりが生じるか (安全率が 1.0 を下回るか) を解析するために、Khulna 地先と Moulvibazar 地先の堤防で河岸侵食が進行した横断面をいくつか仮定して円弧すべりに対する安全率を計算した。

イ) 侵食進度と解析結果から以下のことが想定される。

i) Khulna 地先では、河岸が 10m 侵食された場合の安全率は 1.455 ですべり面は侵食前とあまり変わらないが、被災堤防の形に近い 16m の河岸侵食を受けるとすべり面は現況の被災堤防断面に近づき SF は 1.19 に下がり、円弧すべりの起こる安全率は 1.0 に近づいている。この侵食形状は、現況の侵食形状に近い形を示している。

ii) Moulvibazar 地先では、河岸侵食が 24m 進んだ状態では安全率は 1.42 であるが、河岸侵食が 31m まで進むとすべり面は現況の被災堤防断面に近づき安全率は 1.01 とな



り、この段階で円弧すべりの発生する状態にほぼ近づいている。この侵食形状は、現況の侵食形状に近い形を示している。

- iii) 両地先とも「河岸浸食がすすむことで堤防のすべりに対する安全性が急激に減少し、すべり破壊が発生する可能性が高い」と推察される。

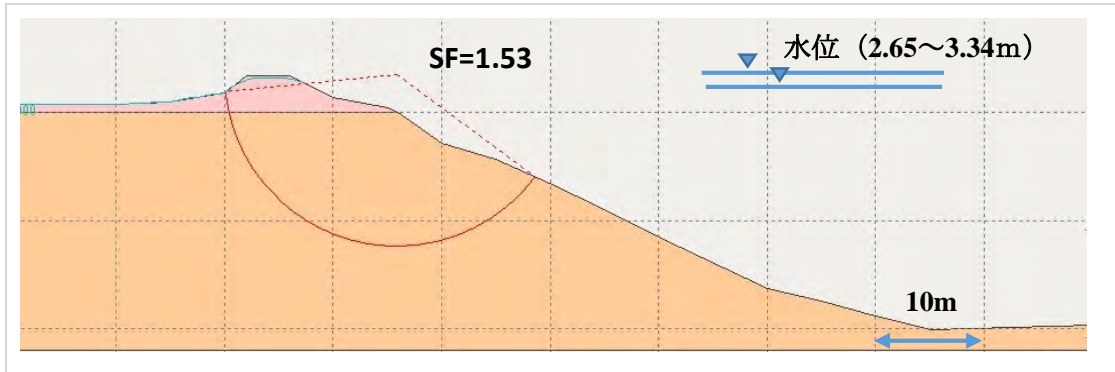


図 2.6 Khulna 地先の堤防 河岸侵食無し 最少すべり安全率 (1.53)

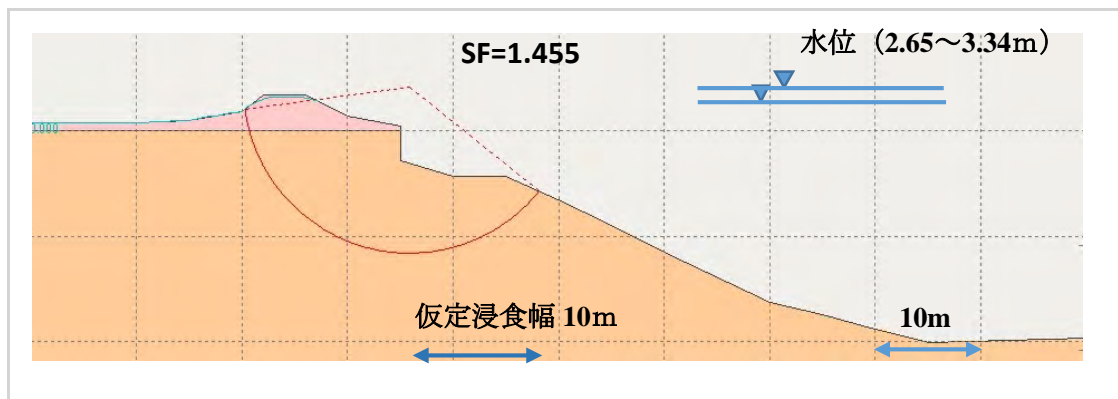


図 2.7 Khulna 地先の堤防 河岸侵食 (10m) を仮定した場合の最少すべり安全率(1.455)

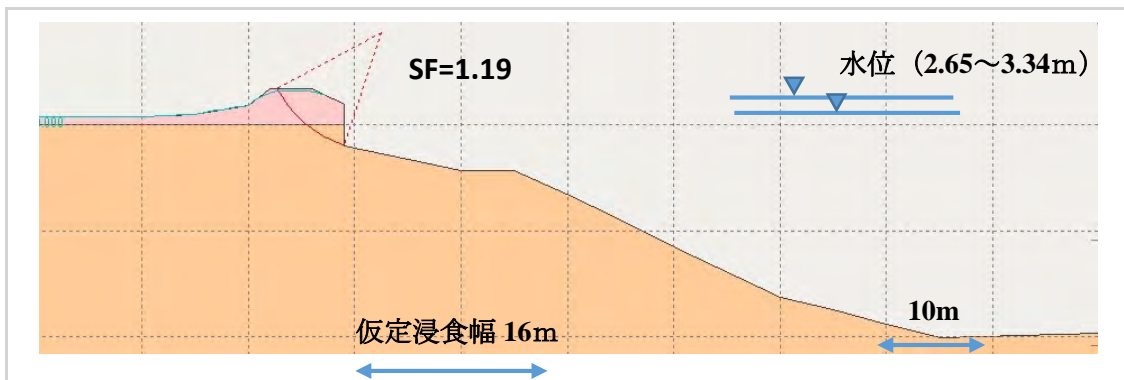


図 2.8 Khulna 地先の堤防 河岸侵食 (16m) を仮定した場合の最少すべり安全率 (1.19)

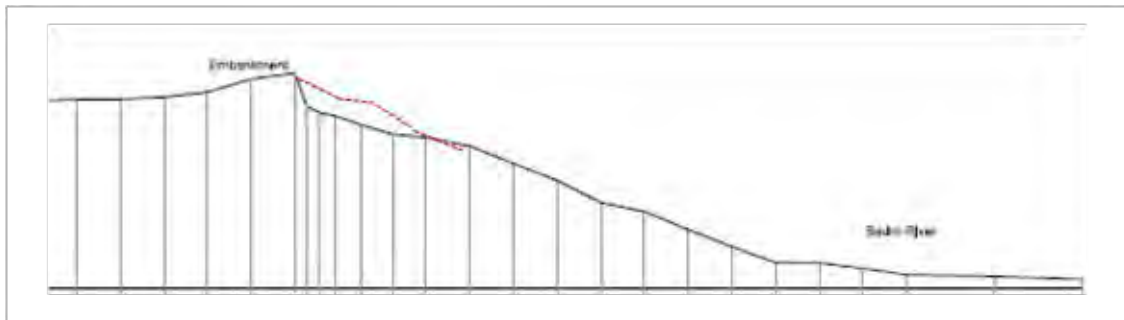


図 2.9 Khulna 地先河岸侵食により被災した現況堤防横断面 (赤字は被災前の想定図)

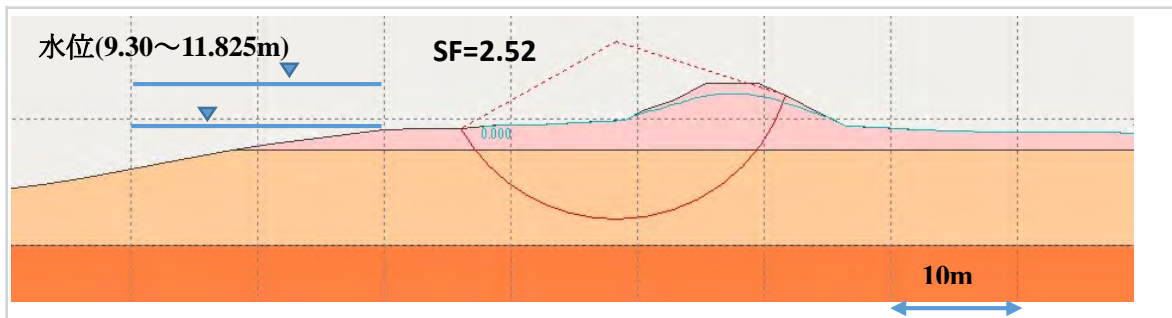


図 2.10 Moulvibazar 地先の堤防 河岸侵食無し 最小すべり安全率 (2.52)

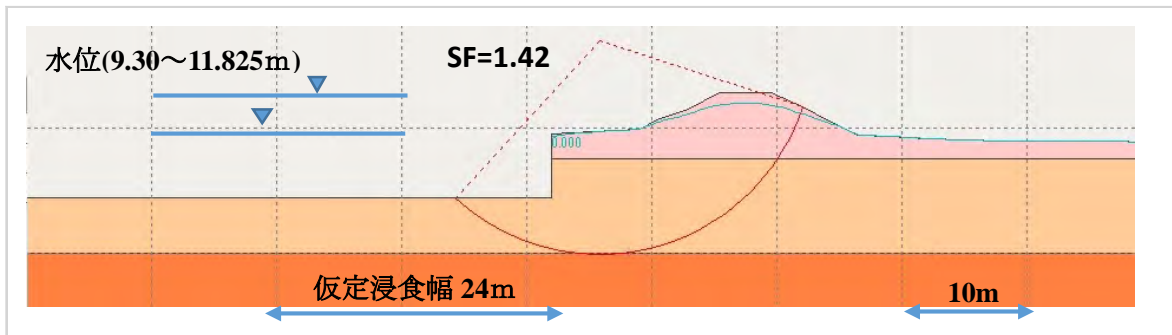


図 2.11 Moulvibazar 地先の堤防 河岸侵食(24m)を仮定した場合の最小すべり安全率 (1.42)

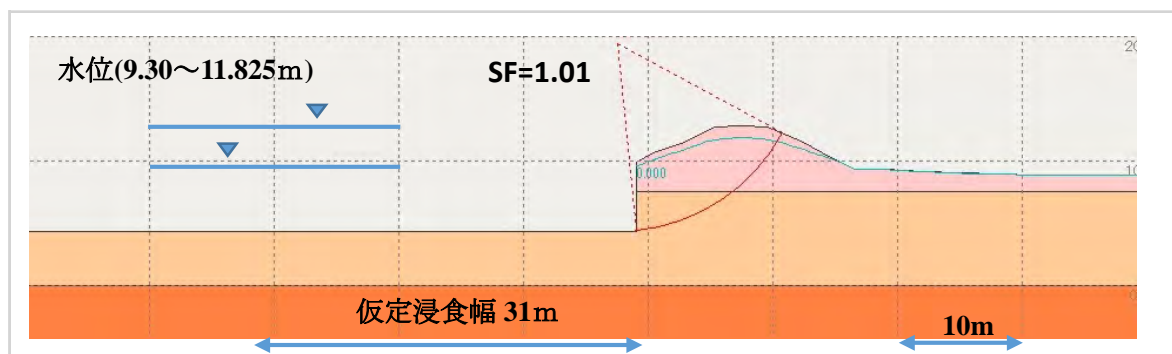


図 2.12 Moulvibazar 地先の堤防 河岸侵食(31m)を仮定した場合の最小すべり安全率 (1.01)

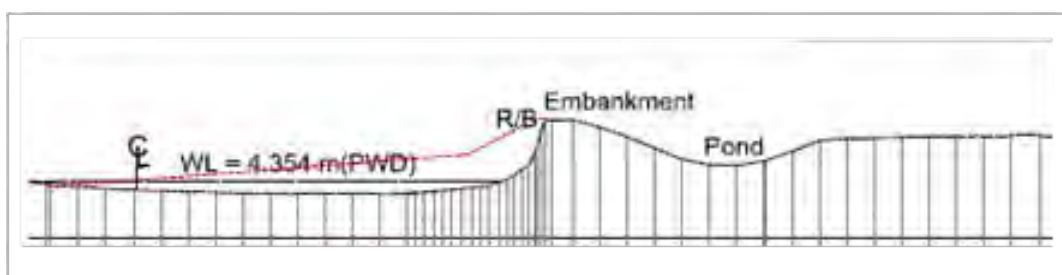


図 2.13 Moulvibazar 地先の河岸侵食により被災した現況堤防横断面 (赤字は被災前の想定図)

## 2.1.2 河川堤防の設計条件のレビュー

### (1) 設計水位について

日本における河川計画では、計画対象とする洪水の生起確率に対応する流域全体の洪水流出量を算定し、平野部において河川の両側に堤防を建設しこれを氾濫させることなく安全に下流へ流下させるよう計画することが一般的に行われている。しかしながら、「バ」国の場合では、以下のような理由から「防護する地域」単位ごとにその地域を囲むように徐々に堤防が造られてきた（日本における「輪中堤」と同様の経緯）。

- ① 国土の大半が氾濫原で要防護面積が大きく、費用的にも両岸に連続堤防を建設することが難しかったこと
- ② 大河川を中心として河岸侵食の規模が甚大で河岸侵食対策が優先され、それに膨大な費用が掛かるため、堤防建設の費用が限定されたこと
- ③ ジャムナ川、ガンジス川（パドマ川）、メグナ川の 3 大河川の最下流部氾濫原に位置する「バ」国は、これらの河川の全流域面積の 9%を占めるに過ぎず、これら 3 大河川の流域の約 90%が国外にあり、上流域の気象・水文データの入手が難しいうえ、上流域の治水計画を含めた一体的な計画が立てられなかったこと

その結果、河川から見た堤防の多くは片岸堤防（河川の片側にしか堤防が築かれない）として建設されてきた。このため、「バ」国の「Standard Design Manual」では「片岸堤防方式」の場合の設計洪水位の算定方法と「両岸堤防方式」の場合の両方の治水方式の考え方が示されている。片岸堤防方式の場合は、近傍の水位観測所の過去の年最高水位記録をもとに生起確率高水位を算定して計画洪水位を設定することとし、一方、両岸堤防方式の場合は将来上流から下流まで一連の堤防が完成した場合にこれまで氾濫していた氾濫水が氾濫せずに上流より河道に入ることを考慮して流出シミュレーション解析を行って計画高水位を設定するように記述されている。

### (2) 潮位について

「バ」国の「Standard Design Manual」では、海岸堤防（Sea Dyke）は河川堤防とは別の堤防として記述されている。堤防高の基本となる計画潮位は、一般に想定可能な規模のサイクロンの襲来等により発生する海面の上昇（潮位偏差）を満潮位（朔望平均満潮位）に加えたものである。1960年代から建設されてきた Polder 堤防（輪中堤）は、現在、海象条件とともに地球温暖化に伴う海面上昇や波浪の影響も考慮した設計堤防天端高の見直し検討が世銀の支援のもとで行われている（Coastal Embankment Improvement Project (CEIP-1) September 2012）。この検討では、2010年の潮位を基にして地球温暖化の影響を考慮した 2050年時点での計画潮位をシミュレーションにより求めている。

#### ① 2010年の潮位を基にした計画潮位

「バ」国に上陸した既往 19 個の実際のサイクロンと、そのサイクロンと規模や進路は同一で

潮位が実際と異なる（満潮位）サイクロン 19 個の合計 38 個のサイクロンを、2010 年時点での潮位でシミュレーションして 25 年生起確率の計算値を計画潮位としている。

### ② 2050 年の潮位における計画潮位

地球温暖化の影響は、国連の IPCC の予測値に基づいて計算している。IPCC の予測によれば、2010 年からの 40 年間に海面上昇は 0.5m、すべてのサイクロンの風速は 10%増加するとされている。その予測をもとに IWM は関係する 105 箇所の観測所の潮位の計算を行っている。

なお、海岸堤防の天端高は、「計画潮位」に「余裕高（許容越波量を 5l/s/m 以下にするため）」と「許容堤防沈下量（0.3m）」を加えた高さで設定されている。

### (3) 土質条件

堤防の設計にあたっては、河川水等による浸透流によって堤体土のせん断強度が低下して起きる「すべり破壊」及び浸透流が堤防土を流出させる「パイピング破壊」に対する安全性を確保する必要がある。粘土のような細粒土は透水性を低く抑えることができるが、粗粒土がある程度含まれていないと堤体土のせん断強度を高めるための「締固め」が建設時に適切に行えないため、堤防材料としては粗粒土と細粒土が適当に混ざり合った土が適している。

一方、堤防の建設には大量の土砂を必要とするため、河川近傍の土砂を利用することが多いが、「バ」国は 3 大河川の最下流に位置し、勾配がきわめて緩く、その地盤は細粒分の多いシルトや粘土を主体とした土質で形成されている。また、地域的に採取できる土砂が偏っており、粘土、シルト、砂質土が適当に混合した土砂を採取することが難しく、堤防は均一の粒度の土砂で造られることが多い。このことは、後述の 4.2 節で「バ」国の全国 12 か所の堤防の土質構成を表した図 4.4、表 4.3 (F/S 調査結果より；「バ」国の堤防土質の現況) に示されている。これによれば、ほとんどの堤防がシルト分を主体として砂分または粘土分のどちらかが混じった土砂でできている。

① 大河川の堤防を建設する場合などは大量の土砂を必要とするため、河床にある砂を浚渫して建設する場合がある。砂は流水や降雨による侵食に対して脆弱であるため堤防表面を粘土層で被覆している。粘土は日光や降雨に脆弱なため植生工を施すと同時に建設後の維持管理が重要である。

また、このような地域では堤防の基礎地盤が砂質土の場合があり、場所によっては地震時の液状化により堤防が沈下し、それに伴って起こる越水による洪水被害を生ずる場合もある。

② ハオール地域や高潮地域では厚い粘性土が堆積している。このため、堤防も粘土を主体とした土砂で造られることが多いが、施工性が悪い上「締固め」も行いにくいほか、流水や日光に対して脆弱なため、植生工を施すと同時に建設後の維持管理が重要である。

また、基礎が軟弱な地盤である場合が多く、堤防の盛土により長年にわたって大きな「圧密沈下」が生じる場合もある。それにより、他の地域より大きな堤防の「余盛り」を必要とする場合もある。

## 2.2 現存の設計手法・設計基準のレビュー、分析及びマニュアル案への適用可能性の検討

現在「バ」国で使われている Standard Design Manual は、1995 年に BWDB が所管している洪水制御事業、灌漑・排水事業、道路事業に係る構造物等の詳細設計に必要となる情報及びガイドラインを様々な海外のテキスト、出版物、マニュアル、設計図書を参考に編集されたものである。同マニュアルは作成後 20 年が経過しており、今回河川堤防に係る部分について日本の基準と照らし合わせて、十分吟味しながら Standard Design Manual の堤防部分に関する基準を置き換えるものとして河川堤防の設計マニュアル（案）を作成することとした。

### 2.2.1 Standard Design Manual の概要

#### (1) 日本の河川堤防に関する設計基準等

日本では河川法の体系の中で「河川管理区域」「河川管理施設」等が位置づけられ、堤防等の河川管理施設に関する設計基準も河川法の施行規則（省令）である「河川管理施設等構造令」に定められている。また、具体の設計に関する詳細については国土交通省より「河川砂防技術基準」が出されている。「河川砂防技術基準」は、調査、計画、設計及び維持管理を実施するために必要な技術的事項を定めているが、これより更に詳細については様々なマニュアルが国土交通省で作られている。

#### (2) 「バ」国における河川堤防の設計基準

「バ」国では河川構造物の設計は、基本的には 1995 年に策定された「Standard Design Manual」に基づいて行われる。本マニュアルは、洪水制御、灌漑・排水、道路構造物等の詳細設計のために策定されたものであり、このうち 7 章に「盛土堤防」の基準類、10 章の一部に護岸ブロックについての記述がされている。本マニュアルの作成にあたっては USBR (United States Bureau of Reclamation;米国内務省開拓局) の基準が主として引用されているほか、種々の Book, Journals, Manuals and other usual practices などの資料を参考にして作成されている。各章で参照した文献は章末に出典名が簡単に記載されている。たとえば 7 章「Design Criteria for Embankment」では「Design of Small Dam (by United States Department of the Interior)」が参照されている。ただし、「Standard Design Manual」は基準 (Criteria) ではなく、あくまで設計に際して参考にするもの (manual) との位置づけであり、実際の設計ではその他の資料を参考に行っていることがある。参考に行っているものとして例を挙げると以下のようなものである。

- a. 「Irrigation Engineering and Hydraulic Structures (KHANNA Publishers) 」  
by Santosh Kumar Garg ; Superintending Engineer of Flood Control and Irrigation Department,  
Govt. of NCT of Delhi, India
- b. 「Hand book for Flood Protection, Anti Erosion & River Training Works」  
by S.P.Kakran ; Member of (River management) Central Water Commission & Ex-Officio Additional

Secretary to the Government of India

なお、河岸侵食対策に関しては 2010 年に BWDB より作成された「Guideline for River Bank Protection」がある。この中には「Standard Design Manual」の 10 章「河岸防護と河川改修」に記載されている河岸侵食対策の計画や侵食対策防護工、護岸工・根固め工の設計に関する事項も網羅されている。

(3) Standard Design Manual のレビュー

BWDB の設計マニュアルである「Standard Design Manual」の堤防に関する部分は次のような構成となっている。

表 2.4 「Standard Design Manual」の堤防設計に関連する部分の目次

7 章 堤防の設計基準		
7.1 一般事項（計画規模、設計の基本 等）		
7.2 堤防の種類	}	
7.3 堤防法線の引き方		
7.4 高水敷幅		
7.5 計画天端高		
7.6 堤防断面の設計		
7.7 浸潤線 or 浸透流線		
7.8 Uplift と漏水量		7.5.1 堤防高
	7.5.2 設計洪水生起頻度の選定	
	7.5.3 設計洪水位	
	7.5.4 余裕高	
	7.5.5 天端幅	
	7.5.6 法面勾配	
	7.5.7 土取場と Berm	
7.9 法面の安定計算		
7.10 堤防の圧密沈下	}	
7.11 堤防法面防護		
7.12 潜堤		
	7.12.1 一般事項	
	7.12.2 天端高	
	7.12.3 横断面	
7.13 締切り堤防	}	
		7.13.1 一般事項
		7.13.2 天端高
		7.13.3 設計横断面
		7.13.4 閉鎖方法
	7.13.5 Elevation and Sill Length of Vertical Closure Method	
10 章 河岸防護と河川改修工事		
10.2 堤防法面及び堤脚護岸工事		
10.9 流れに対する護岸の安定		

10.10 波浪に対する護岸の安定

10.15 Filter の設計

「Standard Design Manual」の各項目に沿って考察した結果を以下に記す。

## 7章 堤防

### 7.1 一般事項（計画規模、設計の基本等）

(1) 堤防設計の基本は以下の通りである。

- 1) 堤防は、洪水の計画規模（相当する洪水位やその洪水の発生頻度）に対応するよう設計され、それは防護する区域の重要度により決定される。
- 2) 防護する区域の重要度がどうであれ、建設時及び運用時に堤防は安全で安定でなければならない。

これらを満足するため、堤防は十分な余裕高を持ち越流してはならないこと、堤体は通常及び洪水時において外力や基礎の損傷に対して安定でなければならないことが記載されている。

(2) 堤防の設計においては、上記に合うようにまず予備的な計画断面を選定し、その後照査（安定解析）することとしており基本的考え方に問題は無いと考えられる。

### 7.2 堤防の種類

- (1) 堤防は防護方法や地理的特性から、「洪水防御堤防」「潜水堤防」「海岸堤防」の3種類に分けられている。
- (2) 日本には「潜水堤防」の規定がなく、類似のものとして遊水地の「越流堤」及び「スーパー堤防」があるが、条件がかなり違うため参考になるものではない。「潜水堤防」については、現在の Standard Design Manual の規定を準用する。
- (3) 新たなマニュアルは河川堤防の設計に関して作成するため、海岸堤防は除外する。

### 7.3 堤防法線の引き方

- (1) 日本の「河川・砂防技術基準（計画編）1.3.2「堤防法線」では、「計画高水流量、沿川の土地利用状況、自然環境、洪水時の流況（堤防の安全等）、将来の河道の維持、経済性等を総合的に勘案し必要な川幅の確保を基本として設定する」としている。また、急な曲がり避け、適切な蛇行形状にすることで堤防や河岸の侵食対策の必要範囲を限定することが可能であるとされている。
- (2) 「バ」国の基準では、河川堤防の法線の設定については、技術面、経済面、地形面から以下のように記述されている。
  - 1) 河川堤防の洗掘を考慮して高水敷幅を確保するよう設定する。
  - 2) 地盤にピート層がある場合はそれを取り除く。それができないところまたは許容沈下量



以下の所は、堤防高をその分高くする。

- 3) 地盤のかなりの部分が粘土で構成されている箇所、堤防土として使える土がある箇所は避ける。
- 4) 堤防線形が急角度とならないよう、また現在の交通を遮断することのないよう設定する。
- 5) できれば堤防法線は地盤の高い所を選び、窪内を避ける。

(3) 「バ」国の実情を反映して基準が作られているが、上記の日本の基準を対比しても妥当と思われる。「バ」国の基準を基本的に使用する。

#### 7.4 高水敷幅の設定

- (1) 日本の場合、堤防防護ラインは1回の洪水で侵食される幅を高水敷で確保し、その幅を割り込んだ場合には堤脚保護工を設置することを基本としている。
- (2) 一方、「バ」国の河川の多くは水深が深く、河川関係予算も不十分であるため、河岸侵食が起きても短期間に堤脚保護工を設置できない場合が多い。特に大河川では河岸侵食により高水敷が侵食（一洪水期に数百m侵食される場合もある）され堤防が決壊した場合にはかなり長い延長の復旧堤防を建設しなければならない。このため、河岸侵食が繰り返し生じている箇所については10年分の侵食幅を確保するよう求められており、考え方として妥当であると思われる。この考えは日本における「堤防防護ライン」設定の考え方に近い。

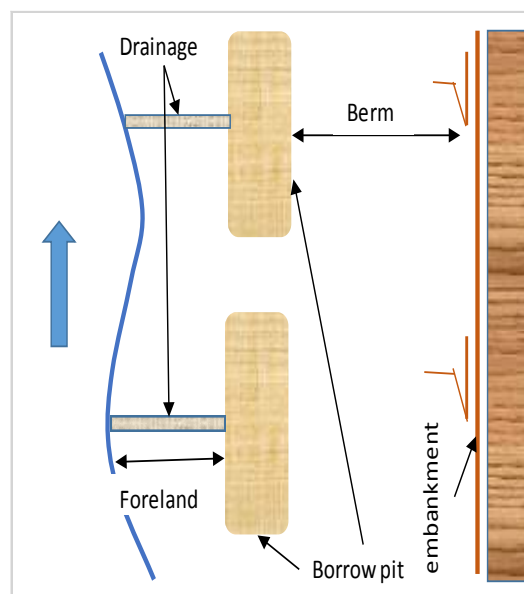


図 2.14 高水敷と土取場

- (3) 高水敷幅は最低でも 6m は確保するものとし、河岸侵食により必要な高水敷幅が確保出来なくなれば堤脚保護工を設置することとしている。また、両岸堤防の場合は、必要な洪水量を流下できる洪水敷幅を確保することとしている。
- (4) 「バ」国では一般的に土取場が川側の洪水敷に設けられるため、十分な「Berm（堤防保護幅；土取場の端から堤防法尻の間）」と「Fore land（土取場と河岸の間）」を設けることが規定されている。
- (5) 以上の基準は妥当なものと思われる。

#### 7.5 計画天端高の算定

- (1) 計画天端高は、計画洪水位に波浪による打ち上げ高を考慮した「余裕高（7.5.4）」を加えて設定されている。

(2) 「バ」国では、河川の両岸に堤防を計画し算定される計画高水流量から求められる「計画高水位」という用語は使われておらず、代わりに「計画洪水水位」という用語が使われている。計画高水流量が定められない理由は以下のものと想定される。

- 1) 「バ」国のほとんどの河川は上流域が他国（インド、中国、ミャンマー等）であり、水文データの取得が難しい上、上流域の将来的な河川改修計画が自国で決定できない。
- 2) 「バ」国においては、輪中堤で住家、農地等を守る方式が進められてきたほか（輪中堤の一部が河川堤防を形成）、上流域の河川改修方式は多くの場合片岸堤防方式である。計画堤防高（天端高）は、近傍の水位観測所の既往洪水水位から計画規模の生起頻度の水位から求められる「計画洪水水位」を求め、それに余裕高を加えて決定している。

(3) 現在の「バ」国の方式を踏襲するものとする。

#### 7.5.1 堤防の高さの定義

#### 7.5.2 設計洪水生起頻度の選定

- (1) 堤防の設計に用いられる洪水の生起頻度は、洪水被害の種類により仕分けをしている。農業被害が支配的な地域では 1/20 確率洪水を対象とし、3 大河川の沿川のように人命や財産の損失が支配的である地域では 1/100 確率洪水を対象としている。
- (2) 日本の場合、より細かい設計高水流量毎に設計対象洪水を規定しているが、日本の堤防と比較して一般に堤防高が低いため（せいぜい堤防高は 4~5m）、細分化した規定は必要ないものと思われる。

#### 7.5.3 設計洪水水位

- (1) 設計洪水水位の設定は、両岸堤防と片岸堤防のケースで異なり、片側堤防の場合は近傍の水位観測所の既往の水位記録をもとに以下の方法により決めている。

①堤防 (full-flood embankment)	年最大水位の生起頻度分析
②潜水堤防(Submergible embankment)	乾期の年最大水位の生起頻度分析
- (2) 両岸堤防の場合は、両岸が堤防で完全に締め切られた洪水氾濫が無い状態で洪水流出解析シミュレーションを行って決めるとしている。
- (3) 「バ」国では多くの場合防護区域を輪中堤で囲んで護っており、輪中堤の一部が河川堤防となる「片岸堤防」として計画されている。また、ほとんどの河川の上流域は「バ」国外に位置しているため、水文データの収集が困難な状態である。このため、堤防を計画する場合は近傍の水位観測所の水位記録から計画規模に相当する生起頻度の年最大洪水水位を算出し設計洪水水位を決定している。
- (4) 両岸堤防で計画する場合には、日本と同様両岸を堤防で完全に締切り、上流での洪水氾濫が無い状態で洪水流出シミュレーションを行って設計洪水水位を決めている。
- (5) ハオール地域の堤防は、洪水期には水没してしまう「潜水堤防」として計画されている。潜水堤防は乾期及びプレモンスーン期のみ防護区域を洪水から防護することを目的として

おり、乾期の一定期間における年最高水位から計画規模に相当する生起頻度の洪水水位を求めて設計洪水水位としている。

- (6) これらの考え方は、「バ」国の河川特性、地形特性を考慮した計画手法で妥当なものであり、「バ」国の考え方を踏襲する。

#### 7.5.4 余裕高の設定

- (1) 日本と同様（河川構造令第 20 条「解説」）、波浪の影響を受ける区間については「風による吹き寄せ（Wind set-up）」と「波浪による打ち上げ（Wave set-up）」を考慮することとしており、それぞれの計算方法を記述している。
- (2) 日本の「河川構造令-第 20 条」では、堤防の高さとして計画高水流量に応じて計画高水位に加えるべき高さが示されている。堤防は原則土堤であり越水に対して極めて弱いため、洪水時の風浪、うねり、跳水等による一時的な水位上昇に対して余裕高を設けるべきとしている。（ただし、風浪以外は算定が難しい）また、「同条の解説」では湖沼、高潮区間の堤防については「地形による波浪の増幅又は減衰、河道又は湖沼の副振動あるいはセイシュ、波浪の方向、屈折、回折及び反射、消波の効果、堤防の構造（のり勾配、波返し工の有無等）、堤内地の利用状況及び許容越波量等も考慮すること」と書かれており、地先ごとの波浪の状況をよく検討して決定するよう記述されている。
- (3) 「バ」国では多くの場合片岸堤防であり、その場合は計画高水流量の概念がないため日本の基準のように計画高水流量に応じた余裕高の規定は設けられていない。風浪の影響を考慮しない場合は余裕高として一律 0.9m (3feet) をとっている。なお、バングラデシュ国では川幅の広い河川が多いため、河川においても風向によっては風浪の検討が必要になる。
- (4) 「バ」国の考え方を踏襲する。

#### 7.5.5 天端幅の設定

- (1) 日本の基準は、計画高水流量に比例して天端幅を広くしている。これは、流量が大きいほど被害の規模も大きくなることから、堤防幅を広くして堤防の安定性を高くしているためである。
- (2) 「バ」国の場合、天端幅は 2.5m 以上とることとし、管理用道路として使われる場合は 4.3m としている。また、一般道路として使われる場合はその道路構造に基づく道路幅に両側に 1.0m を加えた天端幅としている。
- (3) 「バ」国の河川のほとんどは片岸堤防の河川であり、必ずしも計画高水流量が算出されておらず、堤体土質が大きく異なるため日本の堤防の一般的基準を適用するのは難しい。また「バ」国では農用地を含め土地は価値が高く、堤防用地の買収にはかなりの困難が伴う。このため、用地買収はできるだけ少なくなる手法が求められており、堤防の安全性の問題が無ければ、日本の天端幅の基準に合わせて今以上の用地を必要とする基準を作ることは難しいと考えられる。
- (4) なお、「バ」国においても、浸透面の安全性が確保されない場合には、天端幅を拡幅する等

の対策が取られ浸透面での安全性が確保されている。

#### 7.5.6 堤防のり勾配

- (1) 堤防は浸透流やせん断破壊に対して安定でなければならない。堤防法勾配の一般的な値として以下が示されている。
  - ① 堤内側 ; 1 : 2
  - ② 堤外側 ; 1 : 2 ~ 1 : 3
- (2) 法勾配は堤体土質の特性とともに堤防の安定性に大きく係るので、必要に応じて堤防の円弧すべりに対する安定性の「照査」を実施する必要がある。この点は「バ」国の本基準でも同様である。
- (3) 今回のマニュアルでは、洪水時の河川水の浸透による堤防法面の円弧すべりとパイピングに対する安全性の照査を必要に応じて実施することを明記することとする。

#### 7.5.7 土取場及び堤防保護帯

- (1) 土地が貴重と考えられている「バ」国においては、盛土材の確保を堤外地（高水敷）に求めることが多い。その場合、掘削により堤防付近の流速が増大し堤防の安全が損なわれることが危惧されるので、掘削に対する制約条項を記載している。
- (2) 米国工兵隊が作成した「堤防の設計と施工」にも、高水敷を掘削した Borrow pits の項が同様の考え方で記述されている。なお、米国工兵隊が定めている「堤防の設計・施工（2000発行）」では、高水敷に設けた掘削した土取場と河川をつなぐ排水路が掘られている。これにより土取場の洗掘が抑制されるとともに土砂の堆積を促して植物の生長や埋戻しが促進される。バングラデシュでは土採場が養魚場として使用される場合があり、必ずしも排水路を設けるよう規定はできない。

#### 7.6 堤防断面の設計の基本事項

- (1) 堤防断面の選定において、裏法面は洪水のピーク時に、また表法面は洪水末期の水位低下時にすべり破壊に対して安定でなければならないとしている。また、堤防法面から土砂の吸出しが生じないように、浸潤面が堤防裏法面から出ないようにすべきとしている。
- (2) 堤防基礎地盤は水平を保つこと、堤防法面は波浪による侵食から護られなければならないこと、天端と裏法面は風や雨に対して護られなければならないことが記述されている。
- (3) 一般に堤防断面（堤防天端幅や法勾配等）は近傍の既設堤防の安定性の状況に基づいて標準的な形状で規定される。詳細な堤防形状の検討が必要な個所では浸透流解析、円弧すべり解析、地盤支持力の検討等を行い最終決定される。

このような考え方が不明瞭なため、マニュアルでは詳細検討が必要な個所については「照査」という形で最終的な断面形状を決定することを記述する。

#### 7.7 浸潤線又は浸透流線

- (1) 定常流<sup>(注)</sup>における不透水地盤上の均質な堤体中の浸潤線又は浸透流線（並びに浸透流量）

を求めるための「Casagrande の方法」が示されている。河川水位としては設計洪水水位を与える。

(注) 設計条件としての河川水位を時間的に変化させない。

- (2) この方法は、浸潤線として放物線を描き、それを他の条件から補正して求めるものである。浸透流線の描き方としては問題ない。
- (3) 日本の場合、降雨も考慮した非定常浸透流解析により洪水の各時刻における浸潤線を求め、その時刻ごとに様々なすべり面を仮定した円弧すべり計算を行い、すべり安全率の最小値を求めて安定性を照査している。
- (4) 日本の照査方法に基づく計算プログラムは、現時点では日本語版しかない。しかしながら、図解法で求められる最も高い位置での浸潤線の状態での円弧すべりに対する検討とパイピングの検討でも十分堤防の安定性は照査できるため、現在の「バ」国の Standard Design Manual に基づく図解法で洪水ピーク時の浸潤線を求め、その断面で最少の円弧すべり安全率を様々なすべり面で計算して求める案を提案する

## 7.8 Uplift と漏水量

- (1) Uplift (揚圧力) は河川構造物の設計に必要となるが河川堤防の設計マニュアルでは記述しない。
  - (2) 漏水量 (Seepage quantity) の算定方式が記載されており、漏水量が  $1\text{m}^3/\text{day}/\text{m}$  を上回る場合はフィルターを設置すべきとされている。BWDB との協議では「パイピング」に対する堤防の安全性は、実務的には浸透流線が堤防裏法面に出るかどうかで評価しているとしている。新たな基準では、「浸潤線が裏法尻を上回らないことが望ましいが、漏水量が  $1\text{m}^3/\text{day}/\text{m}$  を超える場合はフィルターを設置するものとする。」とする。
- (参考) 日本では非定常解析により堤防裏法尻の局所動水勾配を算定し、安全率を考慮した「限界動水勾配 (0.5)」を超えるかどうかでパイピングの有無を判断している。日本の方法では降雨の浸透も考慮した非定常解析シミュレーションを行い局所動水勾配で判断している。

## 7.9 法面の安定計算

- (1) 「バ」国の Standard Design Manual では、堤防の法面の安定性の評価に「Swedish Slip Circle Method」と「Bishop's method」の2方法が使われており、大型又は重要なプロジェクトでは Bishop's method を用いることとしている。この方法は円弧すべり解析において「スライス間力」を考慮したもので厳密解に対する誤差が少ないが、計算が複雑なため日本では「Swedish Slip Circle Method」で評価している。新たなマニュアルでは「Swedish Slip Circle Method」で評価することとする。
- (2) 安全率の考え方は「バ」国と日本で異なり、「バ」国は安全率を 1.5 としている。日本の場合は表法 (1.0) と裏法 (1.2) としているが、「バ」国のこれまでの安全率を尊重し 1.5 を採用する。

#### 7.10 堤防基礎の圧密沈下

- (1) 「バ」国の Standard Design Manual には通常の圧密計算法が書いてあるが、堤防地盤の圧密沈下に対する「余盛高」の規定はない。ただし、ヒアリングによれば堤防形状の決定に際して、一般的には設計上の堤防断面積の 10%に相当する断面積を加えたものを施工断面として余盛後の施工高を決定している。本マニュアルではそのことを併記する。(日本の基準値は概ね堤防高の 10%程度となっている)
- (2) 堤防基礎地盤の土質と必要な余盛高の関係を示した日本の参考値があるので、それを参考として掲載する。

#### 7.11 堤防法面の保護

- (1) 降雨と波浪の侵食から堤防法面を保護するため、基本的に堤防法面及び「犬走り」には「芝張工」を施すよう規定している。また、波浪の侵食から堤防を保護するために、必要な箇所には護岸工を施すよう規定されている。なお、堤防法面や天端には木を植えてはいけないとし、植える場合は Berm にすべきとしている。
- (2) 大河川においては大量の土砂を必要とするため、河床の浚渫砂を利用することが多いと想定される。この場合、透水性の非常に高い砂を堤防材料に使い、堤防表面に遮水材としての粘土を張る例が見られる。粘土の上には CC ブロックを張ることとしているが、予算の関係で CC ブロックが張られないまま放置されている例が多く見受けられる。粘土は長年日照、降雨にさらされると劣化が進み被覆厚が薄くなっていくため、粘土の上に CC ブロックを張らない場合には、粘土の上に基層及び植生工を施し、建設後も十分な維持管理を行う必要がある。
- (3) 河川が蛇行している場合、湾曲部の外岸側には局所洗掘による深ぼれが発生する。「バ」国で使われている CC ブロックは表面に粗度がないため、堤防前面の流速を増幅している可能性がある。定量的な把握は困難であるが、2 次流が発生する蛇行河川の湾曲部外岸側には粗度付きの護岸を設けることを提案する。

#### 7.12 潜水堤防

日本に知見が無いため、現在の Standard Design Manual の規定を準用する。なお、潜水堤防が施工されるハオール地区では、2014 年より、円借款による「ハオール地区洪水管理生計改善事業」が実施されている。今後、同事業で得られた潜水堤防に係る知見がマニュアル改訂時に盛り込まれることが期待される。

#### 7.13 河川内の水路の締切りダム (Closure Dams)

輪中堤が建設される前の土地(防護区域)にはいくつもの川が流れ込んでいた。防護区域を洪水から守るため防護区域の周囲に堤防(輪中堤)を建設する際、河川を統合して不必要となった既存の川と堤防との交差部に設けるのが「締切りダム」である。これは輪中堤の一部をなすが、感潮区間では流水の行き来があるなど、締切りには特別な堤防形状や締切り方法が必要とされ、Standard Design Manual では、ここで規定されている。「バ」国との協議時の説明によれば、輪中堤を建設する場合に水を引き込む水路との交差部の堤防を「締切りダム」と称してい

る。特殊な堤防であり、一律の基準を設ける事は適切でないため、BWDB との協議により、今回のマニュアルからは除外することとした。

## 10 章 河岸防護と河川改修

### 10.9 流れに対する護岸の安定

### 10.10 波浪に対する護岸の安定

### 10.15 吸出し防止 Filter の設計

- (1) “Standard Design Manual” の 10 章に記述されている護岸工及び河岸防止工の設計については、2010 年に BWDB により作成された “Guideline for river bank protection 2010 by BWDB” の PART2 に近年の施工に基づく基準も含めて詳細な記述がなされており、侵食対策の設計についてはこのガイドラインを準用することとする。

Chapter 7 Design Considerations for Bank Protection Works

Chapter 8 Design of Revetments

- (2) ただし、“Guideline for river bank protection” に記述されている護岸の設計はダムの捨石工の設計方法を準用している。このため、対象とするブロックの形状は球体であり一般に使われる法面ブロックの形状（直方体、および突起付き直方体）とは異なるうえ、実験から求めた実験式（仮定の方式）である。

一方、日本の護岸の設計法は力学設計により河川の流れに対する護岸の安定性を評価する方法で、より論理的であることから、日本の方法を採用する。

## (4) Standard Design Manual と「バ」国の現状との主な相違

### 1) 堤体材料の選定

堤体材料は堤防のせん断強度や透水性、施工性に影響を与えるので、堤体材料の選定は堤防の安定にとって重要である。しかし、現在の Standard Design Manual には堤体材料に関する記述はない。

実際「バ」国の地質は地域によって偏在しているので、堤防建設にあたって堤防の安定性を確保するために適当な堤体材料を得ることは難しいと想定される。さらに、大河川の復旧堤防の建設には大量の土が必要であり、河床から浚渫された砂が使われる。そのような場合は、適当な土を得る代わりに堤防表面に粘土層を張るような代替措置が採られている。しかし、堤防の安定のためにはできるだけ堤体材料の選定に注意が必要である。

### 2) 高水敷幅

堤防の決壊は堤防自体の欠陥からというよりも、むしろ河岸侵食が主である。Standard Design Manual には、堤防を侵食から保護するために 10 か年の侵食幅に相当する高水敷幅を確保すべきとし、もしそれができなければ河岸防護工を設置すべきとしている。

しかし、多くの場合必要な高水敷幅は膨大であり、必要な用地は農民にとって非常に貴重であるため、必要な高水敷幅を確保することは必ずしも実際的でない。予算的な制約で必要な高水敷幅が確保できない場合には、河岸防護工が施工されてきている。しかし、Flash Flood が影響を

与える地域では堤防の高水敷側に家屋が建てられている。

#### (5) 日本の河川堤防の設計手法

日本では、河川堤防の備えるべき基準や形状については河川法の施行規則である「河川管理施設等構造令」で基本事項が定められ、その詳細については国土交通省が監修している「河川砂防技術基準」に記述されている。それには河川管理上必要とされる一般的な技術基準（天端高、天端幅、法勾配等）が定められておりそれを充足するよう基本的な堤防の横断形状を決め（「形状規定方式」）、必要な個所においては堤防の安全性に対する ①浸透に対する安全性の照査、②侵食に対する堤防の安全性の照査、③地震に対する堤防の照査 を行い堤防の安全性を確かめることとしている。

浸透に対する堤防の安全性の照査は、堤防法面のすべり破壊と基礎地盤のパイピングについて行うもので、浸透流計算と円弧すべり法による安定解析を行って評価する。すべり円弧の安全率は1.2を上回るものとし、背後地の重要度等を考慮し必要に応じて割り増すこととしている。また、基礎地盤のパイピングについては、裏法面付近の局所動水勾配 ( $i$ ) が限界動水勾配 (0.5; 実際の限界動水勾配に安全率を考慮した数値) を上回るのかにより評価している。

堤防本体の侵食に対する安全性については、堤防表法面に作用する流水の耐侵食性の検討を行い、必要に応じて護岸等の対策を検討することとしている。また、堤防法面の基部の洗掘や根固め工の流出も侵食に対する堤防の安全性を支配する大きな要因となるので、安定性についての十分な検討が必要である。

地震に対する堤防の安全性は、地震による基礎地盤の液状化が起これ、それによって堤防が沈下し、低平地において堤内地へ河川水が氾濫して引き起こす2次災害の可能性を判断基準としている。このような氾濫被害が想定される区域においては、仮に地震により堤防が部分的に被災しても著しく沈下を生じないよう堤体の土質、基礎地盤の条件等を考慮して対策を講じることとしている。

### 2.2.2 「バ」国のマニュアル案への適用可能性について

#### (1) 「河川堤防設計マニュアルの構成」について

「バ」国の「Standard Design Manual」も日本の堤防の設計の考え方と基本的には同じと考えられる。つまり、河川管理上必要とされる河川堤防の一般的な技術基準（天端高、天端幅、法勾配等）を定めておき、それを満足するよう個々の堤防の横断形状を決め（「形状規定方式」）、必要な箇所においては堤防の安全性を照査するという考え方である。

河川堤防設計マニュアルは以下の構成で作成する。

- ① 堤防設計の基本（基本的な設計上の技術基準）
- ② 堤防の構造細目（護岸等、必要な工種の設計方法）
- ③ 堤防の安定性の照査



## (2) 「堤防設計の基本」について

「堤防設計の基本」については、「バ」国の現基準である「Standard Design Manual」と日本の「砂防技術基準」に基準として挙げてある堤防設計の基本項目を検討し、必要な項目を選定して記載することとする。

## (3) 「設計細目」について

堤防と一体的に設計される工種について設計の細目を記載する。

- ① 法覆工
- ② 漏水防止工
- ③ 堤脚保護工と根固め工

「バ」国では 2010 年に BWDB により「河岸防護ガイドライン」が発刊されており、「法覆工」及び「堤脚保護工」と「根固工」についての設計マニュアルが記載されている。そのため、侵食対策に係るそれらの工種の設計については、基本的に BWDB の「河岸防護ガイドライン」に基づくものとする。一方、上記ガイドラインでは、堤防護岸の設計は実験結果に基づいているうえ、ガイドラインに記述されている実験公式の護岸ブロックは球状である。

CC ブロックは法面保護のために堤防法面に整然と並べて施工され、法面は粗度が無く流速を加速し、二次流が発生し、局所洗掘発生リスクが生じる。それゆえ、護岸はある程度の粗度を持つことが望ましい。

二次流は局所洗掘の主要因であり、湾曲部外岸側に設置される護岸はできるだけ二次流を抑制するため突起付護岸であるべきである。

ただし、このような場合には流れの抵抗に対する突起付護岸の安定性を評価する必要がある。突起付護岸ブロックの安定性に関しては、日本の設計の方法が実際に施工されるブロック形状を考慮した、より論理的な検討方法なのでそれを採用することとした。

## (4) 「堤防の安全性の照査」について

堤防の安全性の照査に関して、Standard Design Manual では「浸透に対する安全性の照査」の方法について細かく記述されているが、その他の照査については記述が無い。照査項目としては、「浸透に対する堤防の安全性の照査」「侵食に対する堤防の安全性の照査」「地震に対する堤防の安全性」及び「基礎地盤の地盤支持力に係る堤防の安全性の照査」について記述する必要があると考えられる。

### ① 「浸透に対する安全性の照査」

日本の照査方法は河川水のみならず降雨の浸透も考慮した浸透流解析を行い、堤防法尻部の局所動水勾配からパイピングに対する安全性の検討を行うと同時に、浸潤線の時間変化に対応した堤防法面の円弧すべりに対する安全率を非定常で解析する厳密な検討方法である。

しかし、以下のような理由により、高い精度を持つ土質定数を多数用いることを前提とし、

かつ厳密な非定常解析を行なう日本の照査方法は、実務面では現実的ではないと考えられるため、本マニュアルでは定常状態（河川水位を一定とする）での浸潤線を図解法により求め、その状態における堤防の様々な円弧における最少安全率をシミュレーションにより求め安全性を照査することとした。パイピングについても浸潤線が堤防の裏法面より上に出ないことが望ましいが、定常状態での浸潤線を求める図解法では許容浸潤量を  $1.0\text{m}^3/\text{day}/\text{m}$  以内とし、それを超える場合には浸透流対策を施すとした **Standard Design Manual** と同じ方法とした。

ア) 「バ」国の堤防高は日本の大規模堤防と異なり、大河川でもせいぜい 4m から 5m と、あまり高くなく、一般的に比較的均質な土質構成となっているため、堤防を構成する土質の代表的な単一の土質定数を設定しても実用に供することが可能と考えられること。

イ) 「バ」国の河川は、国境より外側の流域上流部の河川勾配が急な東部、北部国境付近の **Flash flood** 河川以外のほとんどの河川は河川勾配が非常に緩やかで、洪水時の河川の水位変動も日本の河川に比べて非常に緩やかであること。

ウ) 浸透流と円弧すべり解析に必要な排水せん断強度 ( $C, \phi$ ) 及び非排水せん断強度 ( $C_{cu}, \phi_{cu}$ )を得るための 3 軸圧縮試験及び透水試験は、限られた試験機関でしか実施できないうえ、これらの試験に必要な不攪乱資料の採取には高度な技術を要するが、「バ」国で一般に使われているボーリング機械は、日本で一般に使われているロータリーマシンではなくウォッシュボーリングであり、短期間で精度の良い土質定数を得ることは難しいこと。

エ) 浸透流と円弧すべりを非定常で同時に計算できる市販の汎用ソフトプログラムは、日本語版しかなく英語版では開発されていないうえ、プログラムの著作権上の問題からこのプログラムのマニュアル、インプット画面及びアウトプット画面を英語版に翻訳・変換することは不可能なこと。

オ) 堤体のせん断強度が一番小さくなり堤防裏法面の円弧すべりが発生するのは、河川水位が一番高い状態が定常的に続く場合（浸潤面が一番高い状態）であり、その状態での堤防裏法面の最小安全率を確認できれば洪水時の安全性の確認ができること。

カ) 堤防表法面の円弧すべりが発生するのは、堤体内の浸潤線が一番高い状態を維持したまま洪水後河川水位が急激に低下した場合、または、堤体内浸潤面を上記オ) に維持したまま河川水位が高水敷高まで下がった状態の時であり、この状態での照査は定常解析で可能であること。

キ) パイピングに対する日本の考え方は、堤防各小部分の「局所動水勾配」を求め、それが安全率を考慮した「限界動水勾配」を超えないように設計するというものである。この方法の場合、3 軸圧縮試験等による詳細な堤体土質データが必要となるが、「バ」国ではそのような試験が行える機関が極めて限定されているため、精度の高い土質データを必要とするような手法はできるだけ使わない方針としていること。

## ② 「侵食に対する安全性の照査」

「バ」国の **Standard Design Manual** においても、堤防法面は基本的に植生被覆としている。

「バ」国の河川勾配は非常に緩やかであり、一般的には植生被覆で十分保護されると考えられ

るが、湾曲部外岸側では2次流による局所洗掘が多く、多くの所で起きているのでそれをできるだけ抑制するため突起付きの護岸の設置を提案する。しかし突起付護岸は流れに対して不安定になりやすいため護岸の安定に対する検討が必要である。

### ③「地震に対する堤防の安全性」

「バ」国における従来の河川堤防の設計では、以下のような理由から、これまで地震に対する安全性にはあまり多くの注意が払われてこなかった。

ア) 河川堤防の設計に関してはほとんどの堤防の堤高が4mから5mとそれ程高くないこと。

イ) 地震の発生と洪水が同時に発生する可能性は少なく、もし地震による被害を受けても土堤であるため復旧が比較的容易であり、洪水や高潮の来襲前に復旧すれば堤防の機能は最低限度確保することができること。

ウ) 地震はまれにしか起こらないので、頻繁に発生する洪水に対しての侵食対策が優先であると考えられたこと。

しかし、「バ」国では河川によっては洪水継続時間が非常に長く、雨期に地震が発生した場合には、水位がかなり高い状態で堤防が沈下する可能性がある。また、復旧されるまでの期間が相当長くなることも想定されるため、地震による洪水被害を検討することも重要である。このような事から、地震に対する堤防の安全性についての日本の経験を踏まえ、基礎地盤の液状化による地盤沈下の評価手法について記述することとする。

地震に対する安全性の照査方法に関する日本の方法は、かなり複雑であるとともに、地震による堤防の沈下量は日本の堤防のこれまでの履歴から予測する方法で、堤体材料が大きく異なる「バ」国にそのまま適用するのは必ずしも適当ではないが、BWDBからも今後堤防の設計に地震の検討を加えたいという意見もあり、記述することとした。

### ④「地盤支持力に係る堤防の安全性の照査」

地盤支持力は基礎地盤の問題であり、日本の「河川堤防の構造検討の手引き」にも記述が無い。ただし、堤防の盛土が直接的に引き起こす問題であり、軟弱地盤が多く存在する「バ」国の河川堤防の設計に際して重要な項目であるため記述することとした。

堤防の基礎地盤が軟弱地盤の場合、以下のような問題が起こることがある。

ア) 基礎地盤の圧密による堤防の沈下

イ) 地盤支持力の不足による基礎地盤を含む円弧すべりの発生

上記の内、ア)、について設計上の計画洪水位を確保するよう、設計段階で沈下分を「余盛り高」として設計天端高に加えている。

一方、上記 イ)、については「地盤支持力に係る堤防の安全性」の照査を行う必要がある。軟弱地盤上に盛り土をすると、地盤内にせん断力が発生する。そのせん断力が地盤の支持力の限界値を超える（盛り土高が限界盛り土高を超える）とすべり破壊が発生する。盛り土により

地盤内のせん断力が増加すると円弧すべりに対する安全率は減少するが、盛り土後は時間経過とともに地盤の圧密によりすべり安全率は回復（増加）していく。そのため、堤防の盛土時の基礎地盤を含む円弧すべりに対する安全性の検討を行うこととした。

## 2.3 河川堤防の設計マニュアル（案）の作成

「バ」国の技術者が独自に持続可能かつ低コストな河川堤防を設計するための河川堤防の設計マニュアル（案）を作成した。同マニュアルの作成経緯は以下のとおりである。

2013年	12月	～	設計マニュアル作成方針の検討、設計部局と協議
2015年	2月		設計マニュアル（Draft-1）を設計部局に提示、協議
	5月		設計マニュアル（Draft-2）を設計部局に提示、各課と個別協議
	12月		各マニュアルのレビュー及び取りまとめを支援する委員会が発足
2016年	2月		BWDBからのコメントを受け、マニュアル（案）を修正
	4月		設計マニュアル（案）をBWDBに提出
	6月		BWDB総局長が設計マニュアルを承認
2017年	9月		パイロットプロジェクトの教訓を反映し設計マニュアルに追記

本2.3節ではマニュアル（案）作成について、2.4節ではパイロットプロジェクトからの教訓の反映について記述する。

(1) 河川堤防設計マニュアル（案）は、Standard Design Manualの堤防に関する部分を置き換えるものとして位置付けて作成する（図2.15参照）。また、マニュアル（案）は、BWDB設計局の技術スタッフを主利用者、その他のBWDB技術者を副利用者、コンサルタント、建設業者、他官庁の堤防に係る技術者を潜在的利用者として、以下の点を考慮して作成する。

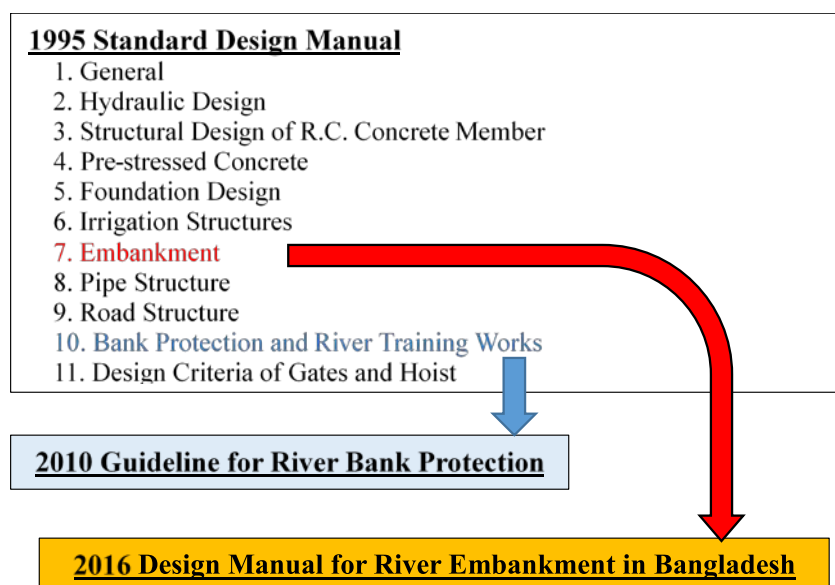


図 2.15 河川堤防設計マニュアル（案）の位置づけ

1) 「バ」国はガンジス川、ジャムナ川等 3 大河川の下流氾濫原に国土全体が広がっており地形勾配は非常に緩く、高潮地域およびハオール地域の地質はほとんどシルト主体の土質構成である。一方、大河川沿いでは地表面近くにシルトが堆積し、その下の地盤には砂質土が厚く堆積していると想定される。堤防はその置かれている地形条件、河川条件、土質条件並びに財政的な制約を受ける中で建設されており、マニュアルの作成に当たってはそれらの制約を考慮に入れたものとする。

2) 現在の Standard Design Manual は、設計の根拠となる考え方が必ずしも十分説明されていない。堤防及び関連施設の完成後、施設は河川の流水など様々な外部環境にさらされ損傷をこうむることが予想される。このため建設後の施設の点検、維持・管理が重要であり、点検、維持・管理を行う人は堤防がどのような目的を持ち、どのような考え方で設計・建設されたかを十分知っている必要がある。今回のマニュアルの作成に当たってはできる限り設計の基本的な考え方を説明することとする。

3) 長い延長を持つ堤防は、近傍から得られる土砂で造られている事が多い上、地盤の上にそのまま盛り土されている。堤体及び基礎地盤の土質構造を堤防延長全てについて正確に把握することは困難である上、河川水位の変動、降雨など場所的に異なる外力が作用するため、堤防延長全てにおいて安全性を厳密に評価することは難しい。

堤防自体は諸外国の長い歴史に基づく英知や近年の被災状況を勘案して設計・建設されてきているので、必要な高水敷幅が確保され、又は必要な河岸侵食対策工が施工されその機能を十分発揮できた場合には、通常の洪水の浸透作用に対しては経験上安全であると考えられる。このようなことから、基礎地盤の特性も考慮しつつ過去の経験等に基づく基本形状で設計することとし、必要により理論的な設計手法を加え堤防の安全性に対する照査を行う。現在の Standard Design Manual では、上記の考え方が明確になっておらず基本形状の設計と照査方法が混在して書かれているため、それらを明確に区分して記述することとする。

4) 今回作成する「河川堤防設計マニュアル」は、堤防自体の安全性を確保するための設計方法についてまとめたものである。破堤の主要因である河岸侵食に対する堤防の安全性の確保は高水敷幅の確保を基本としているが、蛇行河川のように堤防が河岸に近接し高水敷がとれない場合には、河岸侵食対策の一つである局所洗掘対策を堤防の設計と一体として行う必要がある。河岸侵食対策については 2010 年に「Guideline for River Bank Protection」が発行されている。この中では河岸侵食対策工の設計のみならず、河床変動など侵食に係る基本的知見や、近年の侵食対策工法も取り入れられているなど、局所洗掘対策を含む侵食対策全般が記述されている。このため、局所洗掘対策でそこに記述されている部分についてはそれを参照することとし、本河川堤防マニュアルでは参照箇所を明記するにとどめた。

5) 河川堤防の設計に関してはほとんどの堤防の堤高が 4m から 5m とそれ程高くないこと、また地震と洪水が同時に発生する可能性は少なく、地震による被害を受けても土堤であるため復旧が比較的容易であり、洪水や高潮の来襲前に復旧すれば堤防の機能は最低限度確保することができること、頻繁に発生する洪水に対しての防御が優先であるという考え等からこれまで地震に対す

る堤防の安全性は設計に考慮されてこなかったと想定される。

しかし、「バ」国では河川によっては高い水位が長時間にわたって継続する場合もある。また、地震災害発生後、復旧までの期間が長期間になることも考えられるため、地震に対する堤防の安全性についての日本の経験を踏まえ、河川堤防の基礎地盤の液状化による地盤沈下の評価手法等について紹介することとする。

6) 今回作成するマニュアルは河川堤防の設計に関するもので、海岸堤防の設計については基本的に除外しており、一部参考となるものを記述するにとどめる。

7) 堤防の安定性の照査に必要な土質定数の同定には高度な土質試験を行える機関が必要であるが、そのような施設はかなり限られる。このため設計マニュアルの作成に当たっては高度な土質試験を前提するようなことは避け、簡易な土質試験でも堤防の照査ができるように作成する。

## (2) 河川堤防設計マニュアル（案）の目次構成

前述の評価を踏まえ、新たに作成した「河川堤防設計マニュアル（案）」の目次構成を下記のように作成した。

1) 「バ」国では2010年にBWDBより「河岸防護ガイドライン」が発行されており、「法覆工」及び「堤脚保護工」「根固工」の設計マニュアルが記載されている。そのため、侵食対策に係るそれらの工種の設計については同ガイドラインに基づくものとし、今回作成した「河川堤防設計マニュアル」からは除外した。

2) Standard Design Manual では、7章及び10章の一部に各設計項目が羅列的に記述されている。新たな河川堤防設計マニュアルでは構成を分かりやすくするため、日本の基準と同様に、①堤防設計の基本、②堤防の構造細目、③堤防の安全性の照査 に分類して記述した。

3) 堤防の安全性の照査について、日本の基準では「浸透」「侵食（堤防護岸）」「地震」に対する安全性の照査が記載されているが、Standard Design Manual では「浸透に対する安全性の照査」についてのみ詳細に記述されている。今回作成した「河川堤防設計マニュアル」では4.堤防の安全性の照査として、4.2 浸透に対する堤防の安全性の照査、4.3 侵食に対する安全性照査、4.4 地震に対する堤防の安全性の照査、4.5 地盤支持力に対する堤防の安全性の照査の4項目を記述した。

4) 「堤防の安全性の照査」のうち「地震に対する堤防の安全性の照査」は、日本に比べ地震が少なく、侵食対策を優先している点、洪水時水位が長く続く点などを考慮して記述するかBWDBと協議したが、BWDBより「バ」国としても今後考慮していきたいという要望もあり記述することとした。

5) 「堤防の安全性の照査」のうち、「地盤支持力に対する堤防の安全性の照査」は日本のマニュアルでも記述されていないが、「バ」国は低平地に広がり軟弱地盤も多いため記述することになった。

- 序文（河川堤防設計マニュアルの作成にあたって）
- 1. 河川堤防の設計に係る前提条件
  - (1) 地理的・地形的特性
  - (2) 土質特性
  - (3) 河川特性
  - (4) 洪水防御形態
  - (5) 財政的制約
- 2. 堤防設計の基本
  - 2.1 堤防が備えるべき機能
  - 2.2 堤防設計の手順
  - 2.3 堤防の種類
  - 2.4 堤防法線
  - 2.5 高水敷幅
  - 2.6 設計堤防天端高
    - 2.6.1 設計洪水水位〔高水位〕
    - 2.6.2 設計洪水頻度の選定
    - 2.6.3 余裕高
    - 2.6.4 余盛り
  - 2.7 天端幅
  - 2.8 法面勾配
  - 2.9 土採り場及び堤防までの距離（Berm）
  - 2.10 堤体材料の選択
- 3. 設計細目
  - 3.1 法覆工
    - 3.1.1.一般事項
    - 3.1.2 突起付き護岸ブロック
    - 3.1.3 突起付き護岸ブロックの設計
    - 3.1.4 空張りブロックの布設
    - 3.1.5 法留め工
  - 3.2 漏水防止工
    - 3.2.1 一般事項
    - 3.2.2 堤体の改良による漏水防止対策
- (1) 断面拡大工法
- (2) 表のり被覆工法
- (3) ドレーン工法
- 3.2.3 基礎地盤に対する漏水防止対策
  - (1) 川表遮水工法
  - (2) ブランケット工法
- 3.3 堤脚保護工と根固め工
- 3.4 現況堤防への遷移区間のすり付け工と隔壁
- 3.5 堤防横断工作物の設計
- 4. 堤防の安全性の照査
  - 4.1 一般事項
  - 4.2 浸透に対する堤防の安全性の照査
    - 4.2.1.浸透流による堤防の損傷
    - 4.2.2 浸潤面とパイピング
    - 4.2.3 円弧すべり
  - 4.3 侵食に対する堤防の安全性の照査
  - 4.4 地震に対する堤防の安全性の照査
    - 4.4.1 一般事項
    - 4.4.2 基本的考え方
    - 4.4.3 液状化の発生
    - 4.4.4 液状化判定と堤防の安定計算
    - 4.4.5 堤防の沈下量の計算
    - 4.4.6 耐震対策工
  - 4.5 地支持力に対する堤防の安全性の照査
    - 4.5.1 一般事項
    - 4.5.2 軟弱地盤における地盤支持力の不足による堤防のすべり破壊過程
    - 4.5.3 地盤のせん断強度
    - 4.5.4 軟弱地盤対策

作成した「設計マニュアル（案）」は、1章の「河川堤防設計に関する前提」を別として、具体的な設計に関するものは、2章「堤防設計の基本」、3章「設計細目」、4章「堤防の安全性の照査」からなっている。このうち2章の「堤防設計の基本」は堤防法線や高水敷幅、設計洪水位など、堤防の基本形状等に係るものであり、河川堤防の設計を行う際の基準として守らなければならない事項である。3章「設計細目」は、法面防護工や浸透流対策工、堤脚保護工の設計方法を詳述している。特に、今回新たに「バ」国に導入した「突起付き C.C.ブロック」の安定計算や「漏水ドレーン」の設計は、基本的にこのマニュアルに沿って設計すべきである。4章「堤防の安全性の照査」は、堤防の損傷リスクの高い箇所での「浸透」、「浸食」、「地震」、「地盤支持力」に関する堤防の安全性を照査するものである。ただし、「バ」国の土質調査技術が不十分な点等もあり、必ずしも現時点で実施できないものもある。それ等については今後、段階的に進めていくのが望ましい。

### (3) 河川堤防の耐震性の照査の事例（Bogra 地先）

河川堤防設計マニュアル（案）に基づく堤防の耐震性の照査を、地盤が主に砂質土で構成されており地震時に地盤の液状化を起ししやすいジャムナ川の Bogra 地先の堤防でケーススタディとして行った。

詳細な計算過程については、別冊の設計マニュアル（案）の付属資料として掲載している。

## 2.4 河川堤防の設計マニュアル（案）の改訂

### (1) 河川堤防設計マニュアル（案）の改訂・承認

2015年11月 BWDB 本部において開催されたマニュアル（案）にかかるワークショップにおいて、河川堤防設計マニュアル（案）についてのレビューおよび取りまとめを支援する BWDB 内の委員会の設置が提案され、2015年12月7日に発足した。委員会では2015年7月までに作成された「バ」国の河川堤防設計マニュアル（案）が詳細に検討され、2016年2月に検討結果のコメントが提出された。

作業委員会より出されたコメントの多くは文言の修正等についてであったが、以下の点については内容の修正が求められ、コメント及び BWDB Design Circle 1 との協議結果にもとづいて修正された。

- a. 高水敷幅の設定については、侵食幅を5年とするか10年とするかについて両意見が出されたが、その後 BWDB との協議により5年から10年とし、その地点の「過去の侵食速度と河床変動を基に決める」こととされた。
- b. ハオール地域の潜水堤防の設計高水位は、BWDB の既存設計マニュアルである Standard Design Manual では「1年の内の特別に定められる日（たとえば5月31日）より以前の最高水位の頻度分析により決める」とされていて、それを踏襲していたが、コメントではその記述の後に「しかし、その地域の作付けパターンや収穫時期によっては5月31日が15日になるかもしれない」という表現を追記することとなった。



- c. 土取場が高水敷に設けられる場合、湛水を排除するため土取場と河川の間に排水路を設けることを記述していたが、BWDB より「河道内の土取場での土砂の堆積を促すため排水路は設けない」との意見があり、それに従って修正した。

加筆・修正された河川堤防設計マニュアル（案）は2016年4月4日にBWDBに提出され、委員会で検討が行われ、その後2016年6月19日付けでBWDB総局長により承認された。

## (2) 「河川堤防設計マニュアル」に係る今後の課題

作成した河川堤防設計マニュアルについては、今後も堤防被災の調査を継続し、その結果を踏まえて、定期的に改訂することが課題である。今回パイロットプロジェクトにおいて得られた知見や明らかになった問題点を踏まえ、以下の1)と2)に示す内容を設計マニュアルの3章 Design Specification に「3.4 Transition zone works and Edge Wall」と「3.5 Design of Crossing Structure of Embankment」を追記した。なお、3.1 Slope Protection work の項に「3.1.4 Block placement with open joint」と「3.1.5 Toe wall (Foundation work for slope protection blocks)」を加え補足した。

### 1) 現況堤防への遷移区間のすり付け工と隔壁

護岸施工部と上・下流既設堤防の断面が異なる場合に、その遷移区間は、断面変化による渦流が発生しないように上・下流の既設堤防断面に滑らかにすり付ける他、粗度が滑らかに連続するよう掘とう性と適度な粗度を持つ構造とする。このため、そのような箇所にも突起付きの粗度の付いたブロックを配置すべきである。なお、護岸ブロックの安定を確保するため護岸施工端部には「隔壁（Edge Wall）」を設けるべきである。

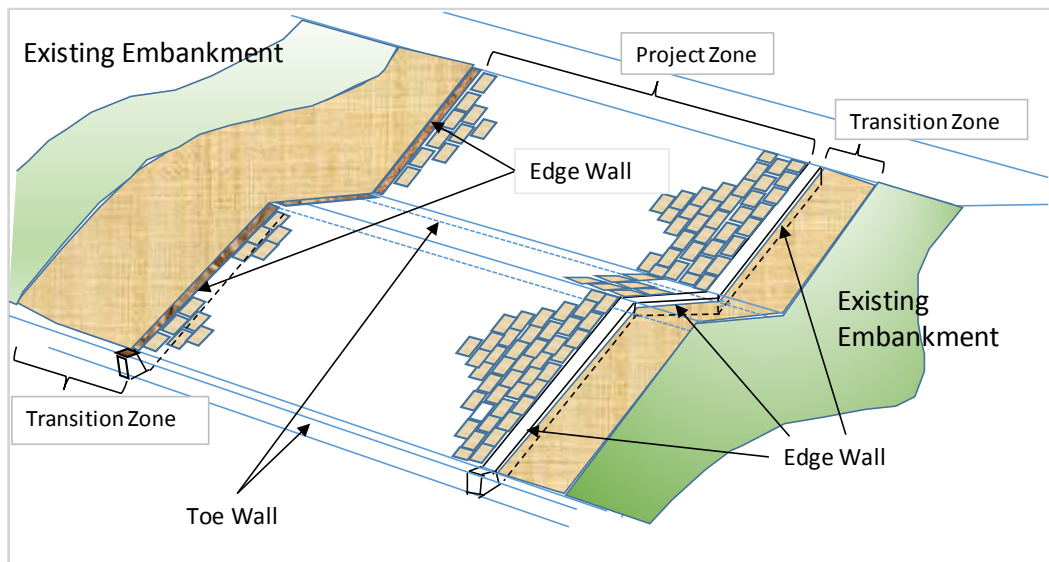


図 2.16 現況堤防へのすり付けと隔壁

### 2) 樋門等の堤防横断構造物の設計

堤防と構造物の接合部には、周辺の堤防及び基礎地盤の圧密により空洞や水道（みずみち）ができ易い。空洞や水道により浸透流が多くなると堤体および基礎地盤の土砂が吸い出されて堤防の崩壊につながりかねない。

特に構造物の底版直下は空洞が形成されやすい他、埋め戻し土の内部にクラックや緩み域が、また堤防天端には段差やクラックが形成されることが多い。

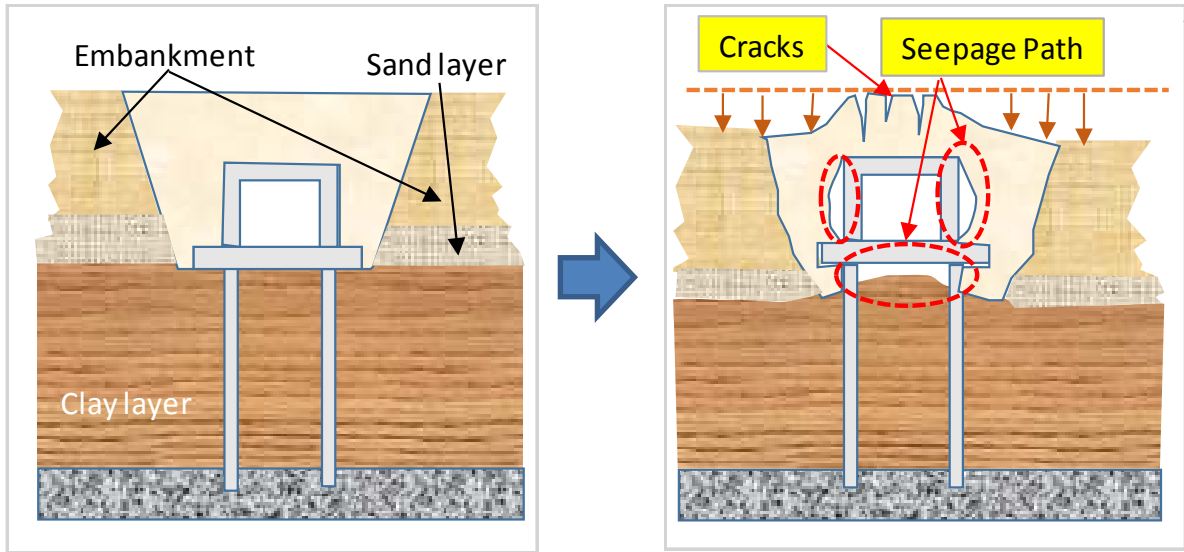


図 2.17 樋管設置部の堤防の変形

このような空隙が生じて浸透水が堤体土を流出させるパイピングを防止するためには、函渠と一体で幅 1m 以上の適切な長さの「遮水壁 (Cut-off)」を設け、浸透路長を長くし浸透圧を低くして堤体土の流出を防止する。堤防断面が大きく、函渠本体の長さが長い場合には、遮水壁を 2 箇所以上設ける必要がある。

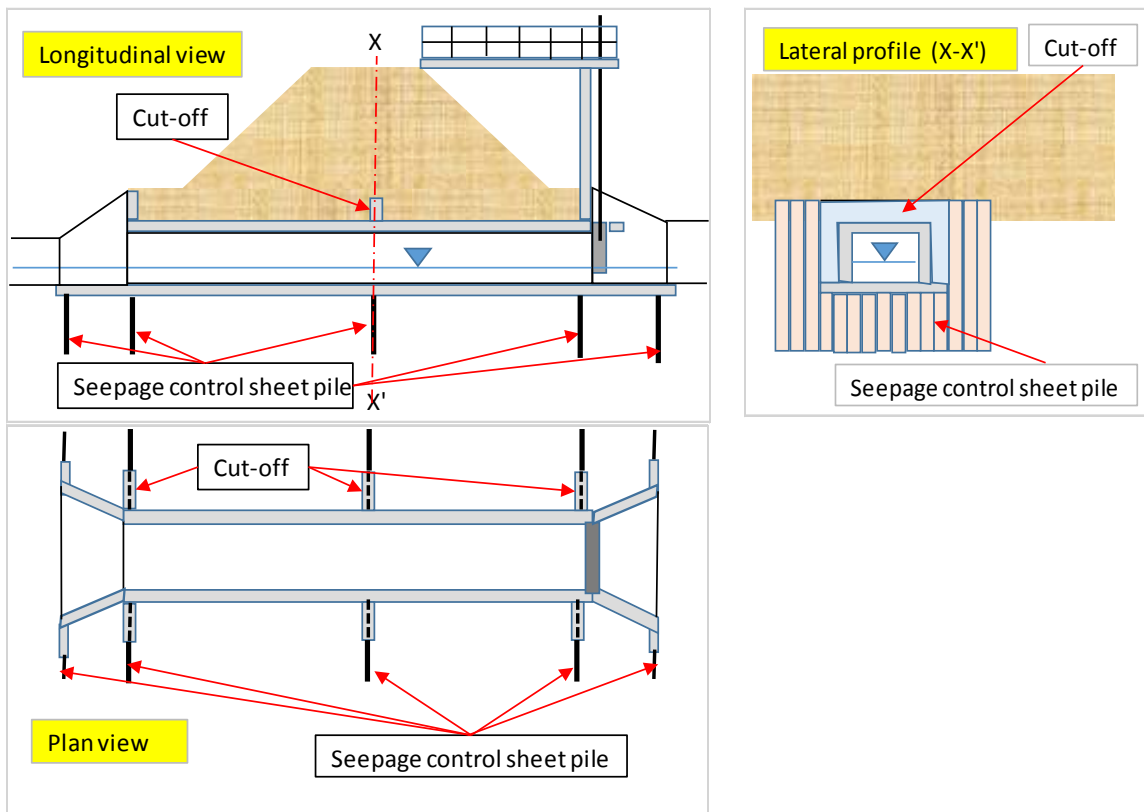


図 2.18 堤防横断構造物の構造例

### (3) 河川堤防マニュアルの普及と効果的活用

今回作成・改訂を行った「河川堤防設計マニュアル (Design Manual for River Embankment in Bangladesh)」には、「バ」国の河川堤防の持つ機能・役割や設計における基本的な考え方が項目毎に記述されている。それらは、「バ」国の持続的な堤防設計・建設・維持管理の向上のため、堤防設計者に加えて、施工や維持・管理にかかわる技術者も知る必要がある。このため、マニュアルのベンガル語への翻訳を行うとともに、一般の技術者が河川堤防の機能と災害要因等を理解しやすくまとめた「河川堤防を理解するためのテキスト(Textbook for Understanding of River Embankment Manual)」を作成しマニュアルの普及を図ることとした。

### 3. 堤防の施工工程の改善

#### 3.1 既存の河川堤防の施工方法のレビュー

##### (1) 「バ」国の全般的な建設状況

現在、「バ」国内では、国道 N1（ダッカ・チッタゴン間）や N3（ダッカ・マイメンシン間）の拡幅工事、幹線鉄道の複線化、発電所・送電線工事などの大型公共工事が主に借款事業として実施されている。また民間部門でも工場新設・市街地高層住宅建設など活発な建設投資が行われている。これに伴い建設資材価格が上昇傾向にある。



ダッカ市内、立体交差工事

##### (2) 借款による事業

世界銀行（世銀）やアジア開発銀行（ADB）などの融資に基づく借款事業として、大河川並びに南部高潮堤防を中心に大型改修工事が実施されている。

借款事業の多くは、重機が用いられており、護岸材料もボルダーやジオバッグ等、比較的高価な材料で施工されている。



世界銀行資金による、Sirajganj Hard Point 根固め補修用集積石材

##### (3) 「バ」国独自資金に基づく事業

BWDB 実施工事を以下の箇所において現地視察を実施した。

- 1) Netrakona 潜水堤防補修工状況
- 2) Bogra（ジャムナ川）引き堤新設状況
- 3) Hobiganj 東部 Flash Flood 堤防における補修工事
- 4) Tangail, Jemuna 支流中規模河川における緊急補修工事

- 引堤工事では、バックホー・砂圧送用ポンプなど建設機械を使用して、築堤を行っているが、予算不足から洗掘・侵食対策の根固め工・法面防護工は敷設されていなかった。
- BWDB 修繕予算による補修工事では予算不足から建設機械は使用されず、またジオバッグなどの資材購入もなく、補修箇所近場の土取場（農地や高水敷き等）からの人力土工による補修工事がほとんどである。



Bogra 地区における引堤工事（CCブロックによる法面保護工なし）



Haor, Netrakona  
潜水堤防の補修工事



Hobiganji, Khowa River 右岸の補修工事



#### (4) 「バ」国公共事業の調達システム

「バ」国においては、2011年より電子入札が導入され、2014年より5億タカ以下のすべての公共事業において電子入札が適用されている。運用に当たっては計画省の公共調達技術室（Central Procurement Technical Unit: CPTU）がシステムを構築し、それぞれの省庁（BWDBも含む）に発注者選定権限も含め運用を委譲している。BWDB内においては、CPC（Contract and Procurement Cell）が各調達規模に応じて各出先機関などに発注権限を付与している。CPTUに登録している建設業者数は約14,000社である。

#### (5) 「バ」国の建設資機材状況

##### 1) 主要堤体材料

##### 大河川の堤防（河床の浚渫砂）

国道拡幅工事や鉄道複線化工事の盛土工事と同様、盛土材を大量に必要とする大河川の堤防新設盛土工においては、川表・川裏法面及び天端表面を粘性土とし、堤体内部には河川で容易に採取可能な河川砂が使用されている。河砂運搬方法は、河砂採取地（陸揚げ地点）から盛土予定地まで鉄管を配管してのポンプ圧送法が用いられている。

##### 高潮地域、ハオール地域の堤防（周辺からの客土）

高潮地域、ハオール地域では、堤防周辺の土質はシルト混じり粘性土であり堤体材料として用い



られている。盛土に際しては、運搬距離を少なくすることを配慮し、堤防近傍の高水敷及び堤内の農地を土取り場として利用している。これには既存農地の購入ないし所有者からの提供を伴う。

## 2) Boulder（巨礫）採取の現況

ドナー援助工事など特別な場合を除き、根固め工に boulder が採用されることは近年ほとんどない。最大の理由は価格であり、同じ機能を期待される CC ブロック工よりも割高になる点にある。背景には、主要産地であるシレット管区のインド国境近い Jaflong においてコンクリート用碎石の需要が近年非常に増大し、良質な「バ」国産 boulder が払底していることにある。大量使用の場合にはインドより輸入することになり、価格はさらに高くなるのが現状である。2014 年 3 月 25 日にシレット管区内の BWDB O&M 地方事務所で行われた入札において「stone/boulder 調達」項目が 3,000 タカ/m<sup>3</sup>の標準価格に対して 3,600 タカ/m<sup>3</sup>と高値単価となった事例がある。

## 3) 重機

調査の結果、一般的に河川工事に用いられる建設機械は調達可能であり、施工に用いられていることがわかった。

## 3.2 河川堤防の施行マニュアル（案）の作成

「バ」国での河川堤防の施工過程が改善することを目的として河川堤防の施工マニュアル（案）を作成した。同マニュアルの作成経緯は以下のとおりである。

2013 年 12 月～	施工マニュアル（案）の検討
2015 年 7 月	JCC にて施工マニュアル（案）を提示
12 月	各マニュアルのレビュー及び取りまとめを支援する委員会が発足
2016 年 6 月～	改訂作業
10 月	施工マニュアル（改訂版 Ver.1）を BWDB に提出
2017 年 5 月	工期延長への対応、締固め試験、ガニーバッグ試験製作、安全大会の実施、工事中断中の仮設法面保護工に関する記述を追加した改訂版 Ver.2 を作成
7 月	技術セミナーにて BWDB に提出、説明、配布
9 月	改訂版 Ver.2 に対する BWDB からのコメントを受けて、建設用地確保、関係者との Right-of-way の確認、最新測量機器の紹介に関する記述を追加

本 3.2 節ではマニュアル（案）作成について、3.3 節ではその改訂について記述する。

「バ」国の共通仕様書としては BWDB 土木工事標準仕様書（Technical Specification for Civil Work (TS of BWDB)）があり、工事契約書の一部となっている。また、実務的には 2 年に一度、地域ごとに発行されている標準工事積算単価書（Standard Schedule of Rates Manual (SSoRM)）や数量単価表（Bill of Quantities）などが入札・契約書に活用されている。

TS of BWDB 並びに SSoRM には河川工事において必要な工事項目・所要仕様規格等に網羅され

ており品質規格についても所要性能は記載されているが、品質試験頻度等、詳細な品質管理手順などは明記されていない。施工マニュアル（案）は、上記 TS of BWDB 及び SSoRM を補完するものとして位置付け、両書に記載されていない工事計画に必要な事前調査を含む施工計画の作成方法、品質管理手順の詳細や第三者災害を含む工事安全対策等を主要記載事項として作成することとした。また、施工マニュアル（案）は、BWDB、その他の政府機関、及び施工業者など、「バ」国の河川堤防工事に携わる技術者を利用対象として作成するものとし、利用対象者が理解できるものとするため内容及び用語などを BWDB 職員と協働しながら作成作業を行った。

「施工マニュアル（案）」の記載項目は以下のとおりである

まえがき	－河川堤防の施工マニュアル	第 3 章 土工事
	（案）作成の背景-	第 3.1 節 土工事共通事項
第 1 節	施工マニュアルの目的	3.1.1 配土計画
第 2 節	施工マニュアルの適用範囲	3.1.2 建設機械の選定
第 3 節	施工マニュアルの活用法	第 3.2 節 掘削工
第 1 章	工事管理・共通事項	3.2.1 概説
第 1.1 節	現況調査	3.2.2 土砂の掘削
1.1.1	自然条件調査	3.2.3 掘削施工上の留意点
1.1.2	現場の調査	第 3.3 節 盛土材料管理と運搬
1.1.3	施工予定地内での耕作地及び居住状況 の現況調査	3.3.1 土取場等の事前調査
第 1.2 節	施工計画	3.3.2 運搬
1.2.1	概説	3.3.3 盛土材料管理
1.2.2	施工計画立案の基本	3.3.4 堤体材料の管理
第 1.3 節	工程管理	第 3.4 節 堤体盛土工
1.3.1	工程計画	3.4.1 盛土工概説
1.3.2	工程管理	3.4.2 基礎地盤処理
第 1.4 節	施工監理	3.4.3 盛土と締固め
1.4.1	工事管理の目的	3.4.4 盛土品質の確認
1.4.2	品質管理	3.4.5 締固め管理
1.4.3	出来形管理	3.4.6 試験施工の実施
第 2 章	準備・仮設工事	第 3.5 節 法面土工
第 2.1 節	測量・丁張り	第 3.6 節 構造物周りの土工
2.1.1	工事準備測量	第 4 章 堤防保護工
2.1.2	丁張り	第 4.1 節 根固め工
第 2.2 節	工事用道路	4.1.1 CC ブロック
2.2.1	工事用道路の調査	4.1.2 土のう工 (guny back)
2.2.2	仮設・工事用道路	4.1.3 ジオバッグ工
第 2.3 節	仮設ヤード	第 4.2 節 法面保護工
		4.2.1 植生工

4.2.2 吸出し防止材

4.2.3 粘土による表面被覆工

4.2.4 CCブロック張工

第5章 安全

第5.1節 安全対策設備

第5.2節 安全管理

5.2.1 安全管理に関する法規・チェックポイント

5.2.2 建設現場重大災害と発生原因

5.2.3 建設現場の事故防止策

5.2.4 第三者に関連する事故の防止

第5.3節 水防対策

5.3.1 出水対策

5.3.2 土工施工時の出水対策準備

第6章 検査

第6.1節 工事検査

6.1.1 検査の目的と留意点

6.1.2 検査の種類

第6.2節 竣工検査

6.2.1 竣工検査の目的

6.2.2 竣工検査の留意事項



### 3.3 河川堤防の施工マニュアル（案）の改訂

#### 3.3.1 マニュアル（案）の改訂

2015年11月BWDB本部において開催されたワークショップにおいて、堤防設計・堤防施工・構造物維持管理の各マニュアル案についてのレビュー及び取りまとめを支援する委員会の設置が提案された。「堤防施工マニュアル（案）」のレビュー・見直し作業委員会は、2015年12月15日付でBWDB設計局設計6部の部長を議長とする5人の実務代表者をメンバーとして発足した。

マニュアル（案）は、パイロット工事における知見及びワークショップ等におけるBWDBとの議論を踏まえ、以下の事項を追記し、改訂した。

##### i) 工程計画と工程管理の重要性

BangladeshにおいてBWDB等による公共事業の執行の遅れが、近年社会問題になっていることを踏まえ、マニュアル前文において、「工程管理の重要性」（“Section 4 Importance of Progress Control”）を追記し、工程計画及び工程管理の重要性を記載した。

##### ii) 雨期を挟む工期延長事例の紹介

施工マニュアル改定にあたり、雨期を挟んで工期延長となったパイロット工事での事例を踏まえ、「第1章 第1.3節 工程管理 3)工期延期となった場合の対応」に関連して降雨記録の分析や関係者間の協議等を記した工期延長対応記録の事例を紹介した。

また、工事休止中の雨期水位上昇中の既施工済み堤防の防護措置についても、第5章 安全管理、第5.3節 水防対策に仮設法面防護対策項目5.3.3を追記し、パイロット工事で採用した事例を紹介した。

##### iii) 河川堤防施工上重要な事前の品質管理試験事例の紹介

O&M 地方事務所が発注するパイロット工事規模以下の工事では品質管理試験が実施されていない。これは河川堤防施工上重要であるため、事例として紹介し品質管理及び安全管理の重要性を喚起した。以下が紹介した事例である。

第1.3.2節：工事遅延時の対応策

第3.4.6節：堤防盛土工における転圧試験施工

第4.1.2節：堤体基部、モルタル・ガニー・バッグ試験施工

第5.2.3節：安全管理活動（安全大会の実施）

第5.3.3節：休止時の仮設法面防護工

#### 3.3.2 今後の課題と提言

- (1) BWDB の工事施工監理においてマニュアルを活用する上で以下のような課題がある。
- 1) 河川堤防築造にあたり、最も基本的な堤体盛土工の品質管理等を如何に確実に実施していく

かが課題である。本パイロット工事にて実施した堤体材料の最大乾燥密度を得るための室内試験、OJTにてBWDB職員が研修した堤体盛土の現場密度試験（最も標準的・実践的な「砂置換法」）などの基本的ノウハウを早期に習得させ現場に活用させていくことが必要である。盛土品質管理試験をはじめ、現場の品質管理を着実に実施していくことが課題である。上記のほか基本的現場品質管理は以下のような項目が挙げられる。

- ・ 盛土材料選定にあつての、土質分類を知るための“フルイ分け試験”
  - ・ 盛土転圧施工中の一層あたりの巻出し厚さの測定及び管理
  - ・ コンクリート骨材やモルタル・ガニー・バッグ工に使用する砂のFM(fineness moudulus 粗粒率)の測定
  - ・ レベル水準器を用いた、堤体出来形測量及び出来形確認
  - ・ コンクリート工事における、コンクリートの圧縮強度試験の実施と品質管理
- 2) 施工の安全管理については、「施工現場には危険があり、作業員の安全を守ることが重要である」という安全意識を醸成し、作業員の保安帽の着用等、最低限の安全装備の着用・現場安全活動の実施など現場安全対策を実施していくことが課題である。
- (2) BWDBの工事における施工監理に対する提言
- 1) パイロット工事において先進事例として紹介・実践した、水/セメント比決定のための「モルタル・ガニー・バッグ」試験製作や盛土転圧の施工法決定のための現場締固め度をパラメータとした「転圧試験施工」など河川堤防の施工上重要な事前品質管理試験の実施等をBWDBの他の工事でも展開する必要がある。BWDBがこれから取り組むアクション・プランのなかで「施工マニュアル」やパイロット工事の事例を参考に、人員不足・資金不足のなかでも無理のない範囲で段階的に必要な計画人員と予算措置を講じて、より高品質な築堤のための活動展開が望まれる。
- 2) パイロット工事では、4月以降の水位上昇及び異常降雨により施工が困難となり、工期の2度にわたる延長が余儀なくされた。工事計画における適切な工期設定及び施工中の迅速な応急対応の実施など適正な工程管理が大きな課題となった。BWDBの今後の事業計画においては、過去の水位・天候調査の実施及び工事規模・現場状況を考慮し複数年施工など多様な工期を検討して計画していくことが望まれる。
- パイロット工事のように工事が多年度にわたり次の乾季に工事を再開する際は、通常の工事開始と同様に関係者間の連絡を密にし、また施工監理責任者の準備段階での現場不在への対応等も考慮した施工監理体制を確立して初期予定どおり工事遂行することが望まれる。

## 4. パイロットプロジェクトの実施

本プロジェクトでは、BWDB 職員の能力向上を図るため、作成した河川堤防の設計および施工マニュアル（案）の実証事業として、堤防建設のパイロットプロジェクトを実施した。パイロットプロジェクトにおいて得られた知見、明らかになった問題点、課題等を踏まえて河川堤防の設計および施工マニュアル（案）を改訂した。パイロットプロジェクトの実施フローを図 4.1 に示す。パイロットプロジェクト施工の詳細については付属資料-2 に取りまとめた。

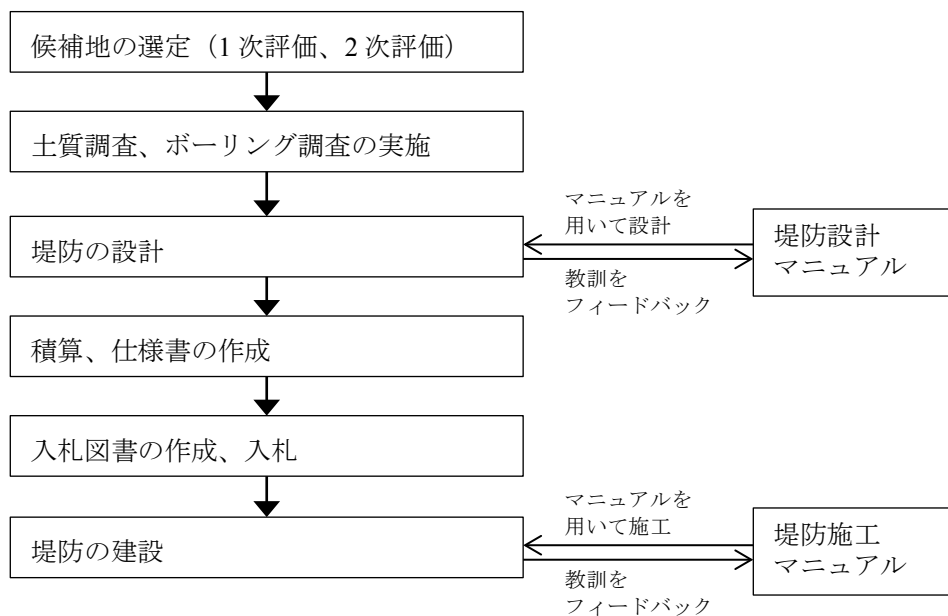


図 4.1 パイロットプロジェクトの実施フロー

### 4.1 パイロットプロジェクトの候補地選定

パイロットプロジェクトサイトは、本報告書の「2.1.1 既往堤防の被災要因・被災メカニズムの検証」に既述した現地視察を行った堤防被災箇所を対象として、図 4.2 に示す手順で評価を行い決定した。なお、選定には、世銀、ADB のプロジェクトサイトとの重複を避けることを前提とした。対象としたパイロットプロジェクト候補地の特徴およびパイロットプロジェクトサイトの選定結果を表 4.1 に示すとともに選定経過を以下に記述する。

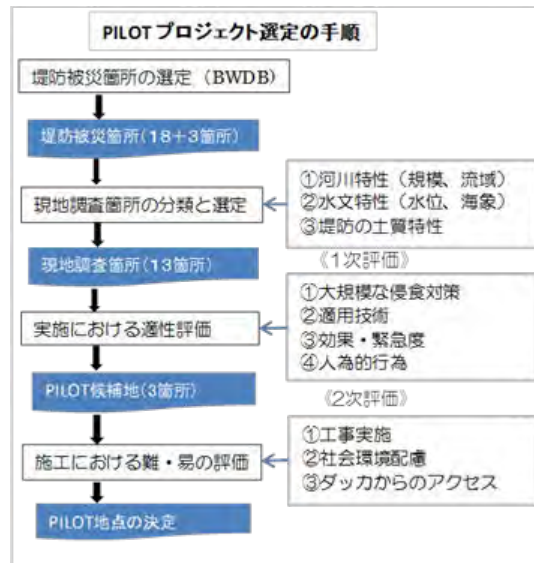


図 4.2 パイロットプロジェクトサイト選定の手順

候補地選定のための評価は、第1次評価、第2次評価の2段階に分けて行った。第1次評価は、「2.1.1 (3) 「バ」国の河川堤防の類型化」に示す類型別に評価し選定した。第2次評価は、選定されたB類型とD類型の河川堤防の候補地から、更に候補地の①施工性、②社会環境配慮（用地取得等）、③ダッカからのアクセスを評価した。

#### 河川堤防の類型分類

##### A 類型 大河川（ジャムナ川、パドマ川）沿いの堤防

ジャムナ川、パドマ川の大河川は網状河川の形態を示し、多くの砂州が網の目のように形成されている。洪水により砂州が移動しその淵が堤防と接する部分で大規模な侵食が起こり高水敷の侵食により堤防が崩壊する。復旧堤防の建設には膨大な土砂が必要であり、河床から砂を浚渫して砂堤防（表面を粘土被覆）を造る場合が多い。

##### B 類型 高潮地域の堤防

「バ」国の南西部はパドマ川から流れ込んだ小さい派川が網の目のように繋がって流れている。ベンガル湾に面した海岸地域に隣接した高潮・干満潮位の影響を受ける地域で、堤防の盛土材料は粘性土を主体としており、洪水時の潮汐によると見られる河岸侵食も発生している。

##### C 類型 ハオール地域の堤防

「バ」国の北東部に位置しメグナ川の上流域にあたるハオール地域は、標高が3-5mの低湿地帯で雨季には地域全体が堤防も含めて洪水により水没してしまう。堤防は「潜水堤防」と呼ばれる。

##### D 類型 Flash Flood 地域の堤防

「バ」国の北部東部の国境沿いにインド国から国境を越えてくる多くの中小河川は、上流域（インド国）は急峻な褶曲山地の間を流下し、「バ」国に入ると一気に勾配の非常に緩慢な蛇行河川となる。蛇行した湾曲部外岸側では河岸侵食が多く発生している。

(1) 第1次評価

第1次評価は、実施における適性評価として、以下の項目について評価を行った。

- ① 堤防の設計・施工の改善を主目的としていることから大規模な侵食対策を必要としない箇所である。
- ② 「バ」国に広く適用可能な技術である
- ③ 堤防建設・改修の緊急度が高い箇所である
- ④ パブリックカット等人為的行為による堤防被災の恐れのないこと。(現地視察では幾つかのケースでパブリックカットなど人為的な行為が原因で、堤防被災が引き起こされている例が見受けられた。人為的行為が原因の堤防被災を構造物対策で防止することは困難であるため。)

【評価】 評価 (A) ⇒高い、評価 (B) ⇒中位、評価 (C) ⇒低い

① 大規模な侵食対策を必要としない箇所である。

- イ、A-類型 大河川の堤防は、大規模な侵食対策を必要とするので評価 (C) とした。
- ロ、B-類型 高潮地域の堤防は、感潮部分のみ侵食されており侵食対策はそれほど大規模にはならないので評価 (B) とした。
- ハ、C-類型 ハオール地域の堤防は、越水による被災であり侵食対策はほとんど必要無いため評価 (A) とした。
- ニ、D-類型 Flash Flood 河川の堤防は、蛇行による局所洗掘への対策が必要であるが、堤脚保護工や根固め工の規模は小さいので評価 (B) とした。
- ホ、その他 Rajshahi の輪中堤は、大規模な侵食対策は必要ないので評価 (A) とした。  
また、Mymengshingh の堤防は、旧ジャムナ川に面し侵食対策の規模も大きいと判断し評価 (C) とした。

② 「バ」国に広く適用可能な技術か。

- イ、A-類型 大河川の堤防は、河床の浚渫砂で堤体を建設し粘土被覆している場合が多く、浸透による漏水対策や粘土被覆の耐久性を高める技術が広く使えるので評価 (A) とした。
- ロ、B-類型 高潮地域の堤防は、特に技術的な大きな課題は見つからないので評価していない。
- ハ、C-類型 ハオール地域の堤防は潜水堤防で越水による被災が多いため、この地域だけの対策が必要となるため評価 (C) とした。
- ニ、D-類型 Flash Flood 河川の堤防は、局所洗掘対策が広く応用できるので評価 (A) とした。
- ホ、その他・Rajshahi の輪中堤は、排水桶管とその周辺堤防の被災であり評価 (A) とした(ただし、天端道路の状況が悪く詳細は確認できなかった)。Mymengshingh の堤防の堤高は低く対象から外した。

③ 堤防改修の緊急度

- イ、A-類型 大河川の堤防は、侵食対策が優先であり堤防改修の緊急度は評価 (C) と

した。

- ロ、B-類型 高潮地域の堤防は、囲まれた polder 内の人口が多いので評価 (A)とした。
- ハ、C-類型 ハオール地域の堤防は、基本的に家屋は洪水時に浸水しない場所にあり評価 (B)とした。

ニ、D-類型 Flash Flood 河川の堤防は、堤防によって防護される受益地が細かく分かれ、受益地の大小など地域ごとに評価は分かれる。

- ホ、その他・Rajshahi の輪中堤は背後に大きな集落は見られなかったので評価 (C)、Mymengshingh の堤防は、堤防高が非常に低いので評価 (C)とした。

- ④ パブリックカットなど人為的破損行為があるか  
パブリックカットが現地調査にて確認・把握出来た箇所は、ハオール地域と Rajshahi の輪中堤の箇所であった。この箇所については対象から除外した。

第1次評価の結果、候補地は以下の3か所の被災堤防個所に絞られた。

- ・ Khulna の被災堤防
- ・ Comilla の被災堤防
- ・ Moulvibazar の被災堤防

## (2) 第2次評価

第2次評価は、上記3堤防を対象として、以下の3点について評価を行い、最終的なパイロットプロジェクトの実施箇所を決定した。

- ① 施工性 (機材搬入・調達の容易さ)
- ② 社会環境配慮 (用地取得・家屋移転等が不要)
- ③ ダッカからのアクセス

【評価】 評価 (○) ⇒高い、評価 (△) ⇒少し低い

- ① 施工性 (機材搬入・調達の容易さ)

イ、Khulna は高潮地域の Polder 内に位置し、資器材の搬入には船による運搬が必要になるため評価 (△)とした。

ロ、Comilla と Moulvibazar の対象個所へは、ともに堤防天端道路からしか搬入できない。しかし、Moulvibazar の場合は、近傍下流に国道から対象堤防にアクセスできる既設橋があり 8 t 車程度の車が橋詰めまでは到達可能であるほか、河川から少し離れた位置に河川と並行して Canal 道路もあるため、Comilla を評価 (△)、Moulvibazar を評価 (○)とした。

- ② 社会環境配慮 (用地取得・家屋移転等が不要)

イ、Comilla の被災堤防個所では、高水敷に貧困層による家屋等の違法建築物が建てられており工事の障害になると判断し評価 (△)とした。

ロ、Moulvibazar は、1 件家屋移転があるが住人が費用を負担して自ら移転するというこ  
とで評価は (○)とした

- ③ ダッカからのアクセス

イ、ダッカからのアクセスは、工事中に資機材搬入のみならず BWDB の他の地域の職員の現地視察も考えていることから評価項目に加えている。評価はダッカからの距離で行った。Khulna は他の箇所比べて遠距離なため評価 (△) とした。

ロ、Moulvibazar は、ダッカから車で 4,5 時間の距離にあり (○) とした。

以上の評価の結果、パイロットプロジェクトサイトとして、Moulvibazar O&M 地方事務所が管轄する Moulvibazar の被災堤防を選定した。

表 4.1 河川・堤防の基本特性及びPILOTプロジェクトサイトの評価・選定

分類	番号	地点名	標高 (水質高)	河川			堤防			1. 評価における選定評価				2. 施工における懸念事項の評価			総合評価						
				河川名	川幅	河床勾配	水位変動	堤防の種類	堤防の高さ (指定)	堤防の土質 (指定)	理由の築造方法	堤防破壊の要因 (指定)	① 浸食対策工 の要/不要	② 技術移転 の要/不要	③ 堤防沿線の 緊急度	④ 人為的打撃 による堤防 穴潰		選定評価	⑤ 構材搬入 運の容易さ (用地等)	⑥ 社会制 障配慮 (用地等)	⑦ 地質 の調査		
A 大河川 の堤防	1	Bogra	15m	Jamuna川	7km	1/10,000	急水位が長時間	Full embankment (Jamuna川堤防)	3m程度	Sandy silt	淤積土(細砂)・粘土 層(30cm)	① geo-textile, C.C.block ② 粘土設置	河岸侵食	C 重要浸食対策	耐久性のある 粘土設置	C (浸食対策優先)	無し	X 要 浸食対策		ADB			
	2	Sirajganj	14m	Jamuna川	13km	1/25,000	急水位が長時間	Full embankment (Jamuna川堤防)	2m程度	Fine sand	① geo-textile, C.C.block ② 粘土設置	河岸侵食	C 重要浸食対策	耐久性のある 粘土設置	C (浸食対策優先)	無し	X 要 浸食対策		ADB				
	3	Rajshahi(1)	12m	Ganges川	1km	1/4,000	急水位が長時間	Full embankment (Ganges川堤防)	2m程度	clayey silt	① geo-textile, C.C.block ② 粘土設置(30cm)	河岸侵食	C 重要浸食対策	耐久性のある 粘土設置	C (浸食対策優先)	無し	X 要 浸食対策						
	4	Chandpur	0m	Padma川	2.8km	1/10,000	急水位が長時間	Full embankment (Padma川堤防)	主要道路兼堤防 (20m程度)	silt	geo-textile, C.C.block	河岸侵食	C 重要浸食対策	耐久性のある 粘土設置	C (浸食対策優先)	無し	X 要 浸食対策		ADB				
B 高潮地域の 堤防	5	Khulna	2m	Ganges川 (湖川)	400m	1/50,000	急水位が長時間 潮位変動	Full embankment (Polder堤防)	5m程度	clayey-silt (ピート混入)	ランマーによる人力掘削 ① 河岸侵食・波浪 ② 一部 public cut ③ ピート各層浸透		B (浸食速度遅い)	X	A	無し	△	○	△	△	2		
	6	Hobiganj(2)	8m	Khosai川	130m	1/100,000	長期湛水	潜水堤防	3~5m程度	sandy-silt	ランマーによる人力掘削	Public cut, 潮流 カニの穴	A 不要	潜水堤防	無し	※有り	X	潜水堤防					
C ハブール の堤防	7	Nerakona	8m		125m	1/100,000	長期湛水	潜水堤防	3m程度	clayey-silt	ランマーによる人力掘削		A 不要	潜水堤防	B	潜水堤防	X	潜水堤防					
	8	Feni	25m	Muhuri川	15m	1/60	急上昇・急低下	Full embankment (Flash-flood)	5m程度	clayey silt	不明	堤脚洗掘(Flash flood)		B 堤脚保護	堤脚洗掘(Flash flood)	C (浸食対策優先)	無し	X	緊急度無し				
D 岸線に急 な地形変化 が伴う 堤防	9	comilla	13m	Ganati川	40m	1/100,000	急上昇・急低下	Full embankment (Flash-flood)	5m程度	sandy-silt	C.C.block	① Piling ② Rateの穴 ③ 堤脚洗掘(Flash flood)		B 堤脚保護	堤脚洗掘を除去 掘削、一部損傷	C	無し	○	△	△	○	無し	3
	10	Moulchazar	16m	Manu川	85m	1/5,000	急上昇・急低下	Full embankment (Flash-flood)	5m程度	sandy-silt	玉石層 C.C.block	堤脚洗掘(Flash flood)		B 堤脚保護	堤脚洗掘(Flash flood)	A	無し	○	○	○	○	無し	①
	11	Hobiganj(1)	23m	Khosai川	60m	1/1,000	急上昇・急低下	Full embankment (Flash-flood)	5m程度	silt	不明	堤脚洗掘(Flash flood) 水柱・ボス穴の穴		B 堤脚保護	堤脚洗掘(Flash flood)	B	○	X	人為的要因				
	12	Rajshahi(2)	15m		100m	1/100,000	不明	Polder堤防 Full embankment	3m程度	clayey silt	不明	public cut?		A 不要	堤脚洗掘(Flash flood)	C	※有り	X	public cut				
E その他	13	Mymensingh	12m	old Bramaputra 川	133m	1/100,000	不明	Full embankment	ほとんど無い (背後、埋立て)	sandy silt	粘土設置	① 河岸侵食 ② 降雨によるすべり ③ オーバーフロー(△)		C 重要浸食対策	堤脚洗掘(Flash flood)	C	無し	X	重要浸食対策				

(注)川幅、河川勾配はGoogleMapからの推定値



## 4.2 材料試験及び最適な含水比、締固め、改良方法等の検討

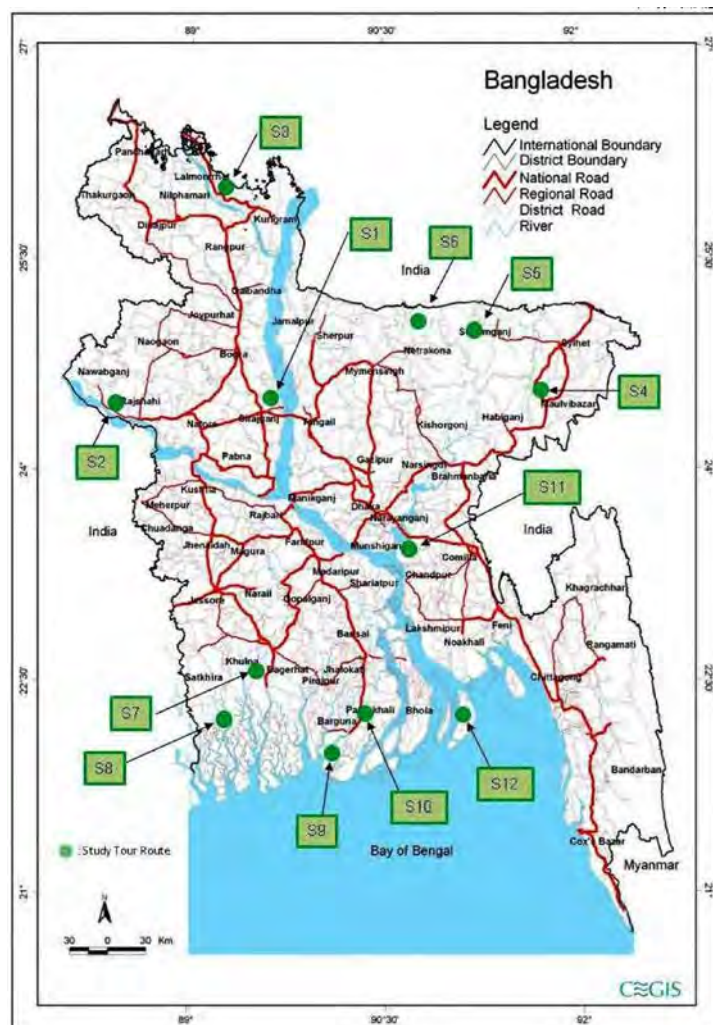
### (1) 河川堤防材料特性を把握するための材料試験

2012年1月に行われた本プロジェクトのF/S (Report on the Feasibility Study for Capacity-Building Project for Sustainable Development of Water-Related Infrastructure [Part-1])では、「バ」国の12箇所ですべて堤防及び堤防近傍の基礎の土質試験を行って土質特性を把握している。また、土質改良及び締固めによる堤体土の強化について検討が行われて基礎調査としてまとめられている。

このため、本プロジェクトでは、特に河川堤防の材料特性を把握するための材料試験は実施しないこととし、F/Sでの土質試験結果を分析することで河川堤防材料特性を概略把握することとした。F/S調査での結果の概要を以下に示す。

#### 1) 調査箇所

調査箇所は「バ」国の全体の土質状況がわかるよう全国から12箇所が選定されている。調査位置を以下の図4.3および表4.2に示す。



出典：F/S レポートのデータを基に本プロジェクトで作成

図 4.3 F/S 調査での土質調査位置図

表 4.2 F/S 調査での土質調査位置

Site No.	Name of the Embankment	Location	Latitude	Longitude
S1	Sirajganj New Town Flood Protection Embankment	Raniganj, Sirajgonj	24° 2' 26" N	89° 41' 57.7" E
S2	Rajshahi Town Protection Embankment	Haripur, Rajshahi	24° 22' 14" N	88° 30' 42.7" E
S3	Tista River Flood Control Embankment	Kolkondo, Gangasara, Rangpur	25° 53' 17.8" N	89° 12' 31.7" E
S4	Manu River Flood Control Embankment	Boliarbag, Maulavibazar	24° 30' 3.0" N	91° 45' 36.5" E
S5	Kolikata Flood Control Embankment	Bhatiapara, Derai, Sunamgonj	24° 52' 17.6" N	91° 16' 43.0" E
S6	Kangsho River Flood Protection Embankment	Medni, Netrokona	24° 57' 34.6" N	90° 44' 31.0" E
S7	Bhadra River Embankment	Kamarkhola, Dakope, Khulna	22° 34' 15.5" N	89° 29' 30.2" E
S8	Gabura Embankment (Aila effected)	Gabura, Shaymnagar, Satkhira	22° 15' 2.7" N	89° 15' 0.9" E
S9	Kachupatra Flood control Embankment	Kachupatra Amtali, Barguna District	21° 58' 57.5" N	90° 10' 5.1" E
S10	Kalagachia Flood Control Embankment	Kalagachia, Glachipa, Patuakhali	22° 15' 46.4" N	90° 24' 10.8" E
S11	Meghna-Dhonagoda-Gomti Flood Control Embankment	Dashani, Matlab, Chandpur	23° 24' 23.6" N	90° 35' 56.3" E
S12	Hatiya Flood Control Embankment	Tamaruddibazar, Hatiya, Noakhali	22° 17' 18.1" N	91° 04' 28.7" E

出典: Report on the Feasibility Study for Capacity-Building Project for Sustainable Development of Water-Related Infrastructure [Part-1]

## 2) 粒度試験結果概要

12箇所の堤防土質（堤防天端約 30cm 下の堤体土質）の粒度分布をまとめたのが、図 4.4（三角座標グラフ）および表 4.3 である。

ここで土質粒径による分類は、粘土；粒径 0.002mm 以下、シルト；粒径 0.002mm～0.074mm、砂；粒径 0.074mm 以上としている。

## 3) 粒度分布の考察

粒度分布より「バ」国の堤体土質は地域的に大きく異なり以下のように整理できる。

イ、ほとんどの堤防の堤体土はシルト主体でできている。

ロ、大河川の堤体土には砂分が多く含まれている。

ハ、高潮地域の堤防では、シルト分が 70～80%を占め残り 20～30%が粘土分となっている。

ニ、ハオール地域の堤防では、シルト分が 50～60%で粘土分が 40～50%となっており、高潮地域の堤防の土質に比べて粘土分の割合が高い。

大河川の堤防の建設には大量の盛土材が必要とされるため、河床の砂の浚渫によって盛土が行われている可能性が高い。このため、大河川の堤防では砂分が多く含まれていると推察される。「バ」国全体が 3 大河川の氾濫原に位置し、地形勾配が非常に緩慢なため、河川による

流送土砂の分級 (sorting) によりほとんどの箇所でシルトが主体の土質構成になっている。また、海岸に近く、さらに地形勾配の緩い所、及び地盤高が非常に低く盆地地形を有するハオール地区等では微細粒子である粘性土の比率が高い。一方、3大河川の堤防では砂質土の割合が多く、大量の盛土材を必要とするため、河道の浚渫砂による盛土が行われていることが推察される。

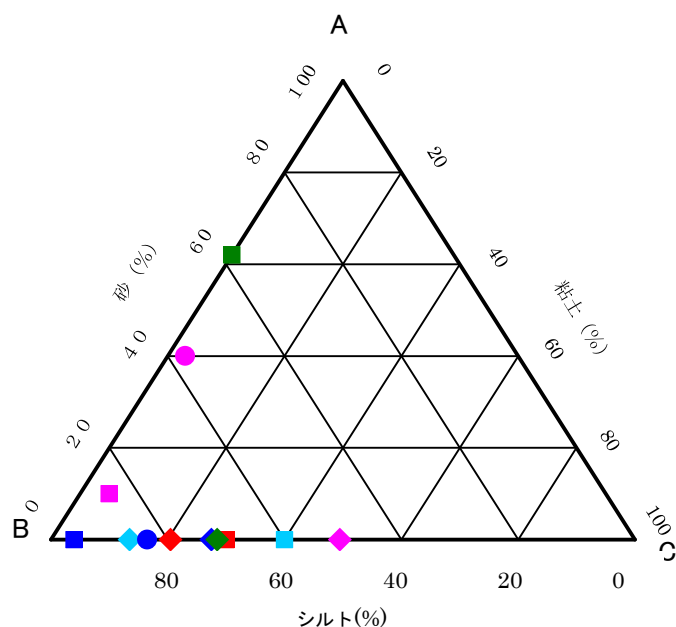


図 4.4 三角座標グラフによる「バ」国の堤防土質の現況 (F/S 調査結果より作成)

表 4.3 「バ」国の堤防土質の状況 (F/S 調査結果より作成)

No.	地名	堤防分類	砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)	marker
S-1	Sirajganj	A	10	85	5	■
S-2	Rajshahi	A	0	96	4	■
S-3	Rangpur	A	62	38	0	■
S-4	Moulvibazar	D	0	70	30	■
S-5	Sunamgonj	C	0	60	40	■
S-6	Netrokona	C	0	50.5	49.5	◆
S-7	Khulna	B	0	72.5	27.5	◆
S-8	Sathira	B	0	71.5	28.5	◆
S-9	Barguna	B	0	79.5	20.5	◆
S-10	Patuakhali	B	0	86.5	13.5	◆
S-11	Chandpur	A	40	57	3	●
S-12	Noakhali	B	0	83.5	16.5	●

(2) 材料試験及び最適な含水比、締固め、改良方法等の検討

Moulvibazar のパイロットプロジェクト候補地となった被災堤防を対象に、再委託にて、測量、

土質試験を実施した。調査結果は、パイロットプロジェクトの詳細設計において検討した。検討の詳細は、「河川堤防設計マニュアル」の巻末に収録した付属資料のパイロットプロジェクト設計に記述した。

### 4.3 パイロットプロジェクトの設計

#### 4.3.1 パイロットプロジェクトの詳細設計


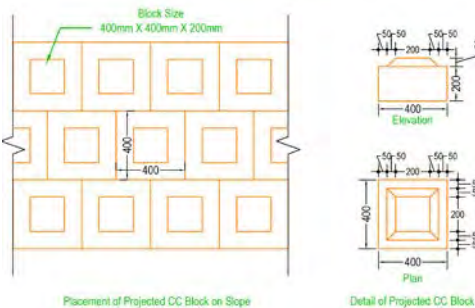
パイロットプロジェクトの設計は、パイロットプロジェクト工事実施にあたり、BWDB 設計部局 (BWDB Design Circle-1) と協議しながら、パイロットプロジェクト工事に必要な図面・数量を作成するための詳細設計を実施した。

パイロットプロジェクトの設計は、BWDB 設計部局との協議・調整を経て、2015 年 5 月末に完了した。設計で使用した主な基準は、本活動で策定した堤防設計マニュアル (案) を用いた。また設計条件となる基礎データは、再委託で実施した測量、土質調査結果を基に、資料の信頼性を確保した上で用いている。

パイロットプロジェクトの詳細設計に係る詳細は、堤防設計マニュアルの付属資料として収録した。また、パイロット堤防の安定性照査を確実なものとするとともに、本プロジェクトの堤防設計マニュアルの妥当性を明らかにするため、設計マニュアルで規定した照査に加えて、日本でよく実施される有限要素法を用いて別途実施した詳細解析の結果もマニュアルの付属資料とした。本パイロットプロジェクトの設計は、BWDB の標準的な工事断面にはない次の 4 つの特徴を有する。

#### 特徴 1. 堤防法面防護用としての突起型ブロックの導入

BWDB が用いている従来の CC ブロック上面に突起を施した改良型ブロックは、施工法面上の流れを減じ、二次流の発生を抑さえ、局所洗掘による堤防の被災リスクを抑えることが期待出来る。

	従来型の CC ブロック	突起型 CC ブロック
イメージ図		
特徴	BWDB が河川工事で用いている従来の CC ブロック工法。表面が滑面であるため、洪水時の抵抗は弱い。	BWDB が用いている従来の CC ブロック上面に突起を施した改良型ブロック。施工法面上の流れを減速し、二次流の発生を防止し、局所洗掘による堤防に被災リスクを抑えることが期待出来る。
コスト	11,160Tk/m <sup>3</sup> (400*400*200)	11,220Tk/m <sup>3</sup> (400*400*200 突起型)

**特徴 2. 被災堤防位置での修築**

「バ」国では堤防の前面が洗掘されて、堤防が破損する被災事例が多い。BWDB では、小規模な洗掘対策を行った上で被災した堤防を引堤し、必要な高水敷幅を確保して、堤防法線を変更して修築されるのが一般的である。この場合、工事費は安価であるものの、被災堤防背後地の用地買収、家屋移転等が発生し、堤防修築の遅れ堤防被災の拡大等に繋がっている。

本パイロットプロジェクトサイトでは、背後地に家屋、学校が立地しているため、引堤が困難な状況である。このため、現況被災堤防位置で修築することとし、堤防の護岸基礎の構築及び基礎前面の洗掘を防ぐため、基礎前面に根固め工を計画している。これにより BWDB の従来工法より、洗掘に強い構造となるとともに、堤内地への影響を最小化し、近年増加している堤防背後地の市街地化にも対応できる構造となっている。

**特徴 3. 法留工の設置**

堤防の法面ブロックは「空積み」で施工されており、個々のブロックは接着していない。法面ブロックは下方へのずり落ちが生ずる可能性があるが、その場合、法面ブロック間に隙間が生じ、洪水時の流速により堤体土砂が吸出される可能性がある。このため法面ブロックの基礎部に「法留工 (toe of slope protective works)」を計画し、法面ブロックのずり落ちを防止するよう計画した。

**特徴 4. モルタル・ガニー・バッグの採用**

堤防の盛り土及び締固め工事は河川水位の下がる乾期に行うこととしているが、マヌ川の場合乾期の施工時の河川水位が高いためその水位以下の盛土の締固めができない。このため、施工時に河川水位以下の盛土部分については、締固めを必要としない「モルタル・ガニー・バッグ (麻製土のう袋にモルタルを充填したもの：右写真参照)」の乱積みを計画した。なお、モルタル・ガニー・バッグの隙間からの堤体土砂の吸出しを防止するためジオテキスタイルを敷設することとした。



モルタル・ガニー・バッグ

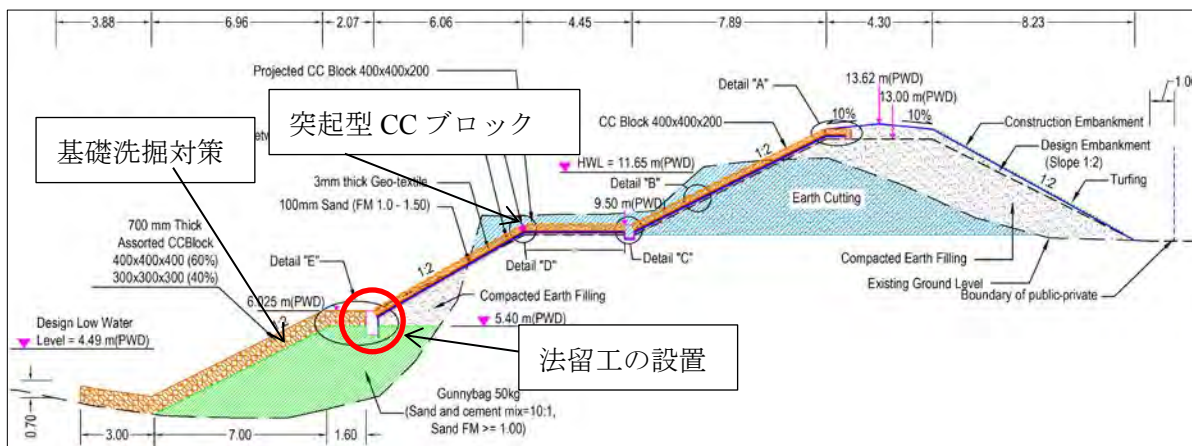


図 4.5 パイロットプロジェクト 標準断面図





図 4.6 パイロットプロジェクト平面図

4.3.2 パイロットプロジェクトの施工計画

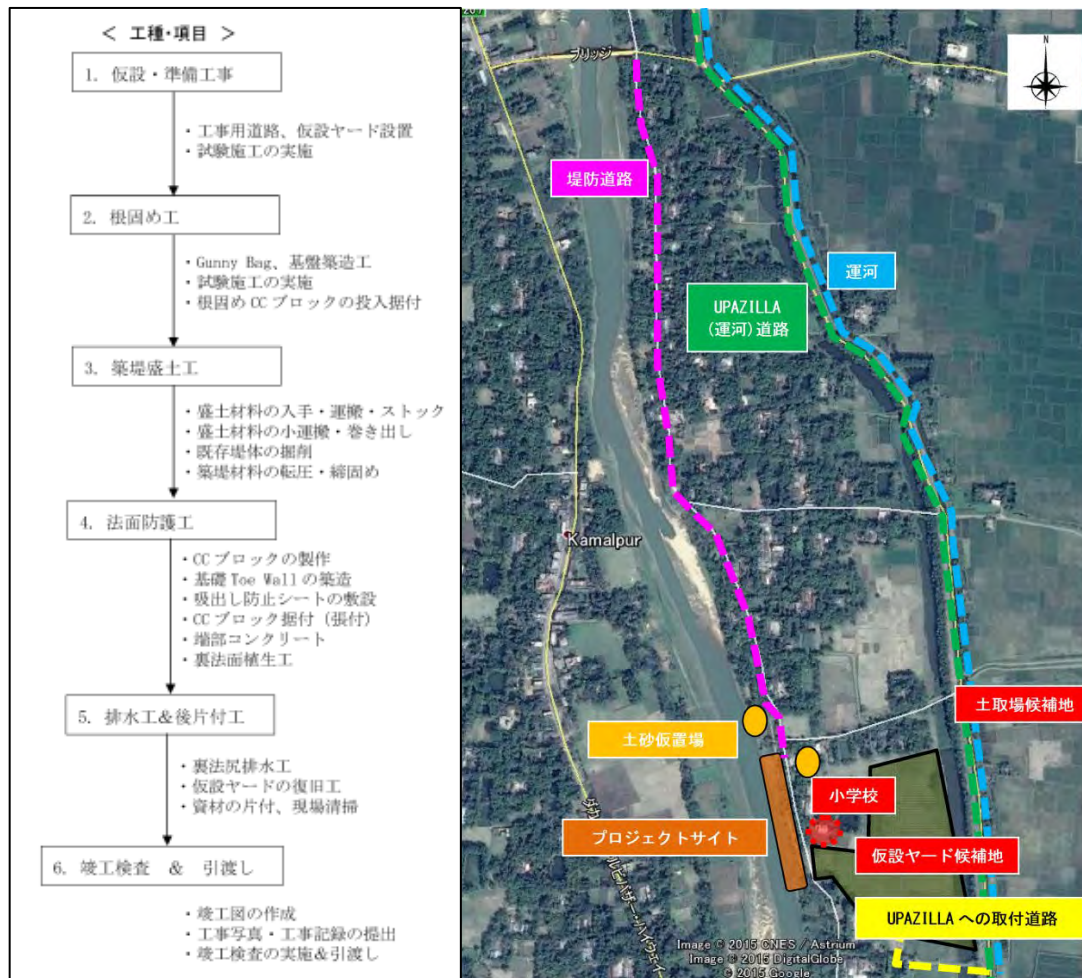


図 4.7 施工フロー

図 4.8 施工設備配置図

仮設計画

工事のフローと設備配置を図 4.7、図 4.8 に示す。CC ブロックの製作、資機材及び事務所等の仮設ヤードはプロジェクト近傍に計画した。土取場についても近傍に候補地を選定し、盛土材及びその他資機材の搬入路として堤防道路と UPAZILLA 道路を 3.5m に拡幅して利用する。仮設ヤード及び土取場候補地については、地権者より借地する了承は得た。

工程計画

工程は過去 10 年間の河川水位を分析し、根固め用のモルタル・ガニー・バッグの施工（投入）開始を河川水位に配慮して 12 月 1 日とし。また、堤体盛土工は、河川水位が上昇する 3 月末までの完了とした。

試験施工の実施

モルタル・ガニー・バッグ工及び突起付き CC ブロック製作は、その製作方法等を試験施工で確認したのち本施工に入ることとした。盛土工についても、事前に盛土材選定試験、および締固め施工確認のための試験施工を実施した。

### 4.3.3 積算

事業費積算については、BWDB が河川堤防の建設発注に用いている標準工事積算単価書（Standard Schedule of Rates Manual (SSoRM)）を分析した。SSoRM は、数年毎に市場調査を行った労務費、材料費、機械経費等の単価を基に標準歩掛フォームを使って各工種の単価を算出しており、日本の土木工事積算基準と同じ考え方である。事業費積算については、SSoRM の分析の結果、本パイロット工事の工種に対応可能であること、市場状況を反映していること、「バ」国の建設会社が熟知した標準積算方法であるから SSoRM を準拠することとした。また、SSoRM の Moulvibazar 地区の最新版“Effective for the year 2015-16”は、2015 年 7 月以降の発給予定のため事業費積算に間に合わないことから、BWDB の担当部署（Director of Design Circle 2 及び Executive Engineer of Circle 2）から、単価（Element Rate）を協議により先行入手し、標準歩掛フォーム（SSoRM Volume-IV）に基づき工種単価（Unite Rate）を計算して事業費を算出した。「パイロットプロジェクト事業費積算内訳書」は JICA 本部および JICA バングラデシュ事務所へ提出した。

### 4.3.4 工事の技術仕様

技術仕様書の構成は、BWDB で一般に使用されている契約図書に準じて作成した。一般仕様書（General Specification）と特記仕様書（Particular Specification）の 2 部構成である。

一般仕様書は Part I として、BWDB 工事で契約図書の一部となっている BWDB 土木工事一般仕様書を準用し、Part II として本プロジェクトで作成した「施工マニュアル案」を Part I の補足と位置付けて併用することとした。

特記仕様書の中で、パイロット工事を通じての BWDB 職員への OJT の一環として行う基本的な築堤盛土工に係る現場含水比の測定や砂置換法による盛土締固め度の測定など品質試験の試験方法・頻度等も詳述した。また、特記仕様書では、準備工事の内容、事前試験施工の実施や安全対策・環境社会配慮についても規定することとした。

### 4.3.5 建設資機材の調査

#### (1) 堤体盛土材料の運搬機械

堤体盛土に必要な土取場は施工現場近傍の農地の土を利用し、掘削深が 1m 以内であることから経済的な人力掘削とした。盛土材料の運搬には小型トラック（4 トン）及び「バ」国で広く使われているけん引式トラクター（荷台 2m<sup>3</sup> 積み）を使用した。先に述べた搬入路として利用予定の堤防道路と UPAZILLA 道路はこのトラクターが最適である。

#### (2) 堤体築造重機

堤体盛土工には 15 トンクラスのブルドーザーを使用した。また築堤工の揚重機としても使える 0.4m<sup>3</sup> クラスユンボも使用した。その他、小型コンクリート現場用ミキサー、水中ポンプなど汎用機材は十分使用可能であることを事前に確認した。



#### 4.4 パイロットプロジェクトの設計変更

パイロット工事の施工中、以下の設計変更を行った。

a. モルタル・ガニー・バッグ積の根固め工の裏法面への吸い出し防止材の追加

モルタル・ガニー・バッグ積の根固め工前法面には築堤材料の吸い出しを防止するため、吸い出し防止材を施設することとしていた。しかしながら、根固め工の透水性が想定を超えていたため、根固め工裏法面にも吸い出し防止材を追加するものとした。

b. 現況堤防の活用

パイロットプロジェクトの設計では、「バ」国の堤防はこれまで十分な締固めが行われず施工されてきたと想定し、現況堤防を撤去し、新規に締固めを十分行って築堤することとしていた。しかし工事中の堤防開削試験の結果より、締め固め度は設計強度を満足していることが判明したため現況堤防を利用することとした。

c. 既存堤防への取付け部の設計変更

パイロット工事の実施過程で、パイロット堤防の上・下流にある現況堤防との取付け部（Transition Zone）の設計を修正した。当初設計では従来「バ」国で行われている設計手法に基づき、パイロット堤防の法面護岸はその端部で上下流の現況堤防の陸側に向かって急激に切り込む形で堤防形状及び護岸形状を設計した。これはパイロット堤防部分を保護する意味では適切な設計であるが、パイロット堤防にすり付く上下流の現況堤防を弱体化してしまうことが懸念された。また、パイロット堤防と上下流の現況堤防では断面形状が異なるため急激な断面変化による渦流の発生等に伴う堤防の侵食も懸念されたため、断面的にも一定区間で滑らかにすり付くような処置が望ましい。このようなことから堤防端部の施工にあたっては、すり付け区間を設けて堤防断面が滑らかに変化するような設計とした。また、すり付け区間の堤防法面にはパイロット堤防と同様に突起付きブロックを張り、現況堤防とパイロット堤防の粗度に大きな変化が生じないように工夫した。

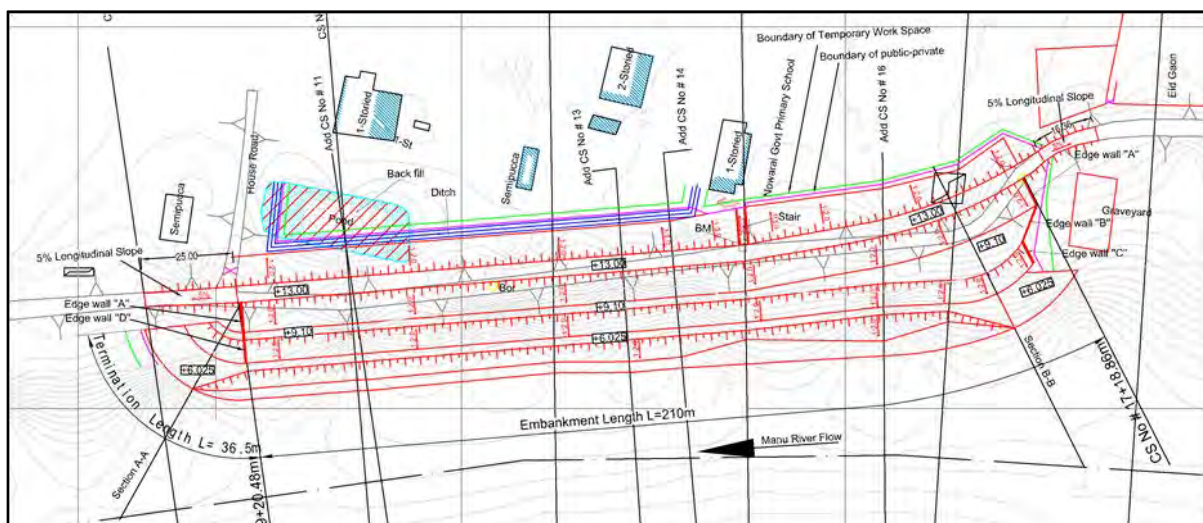


図 4.9 当初設計

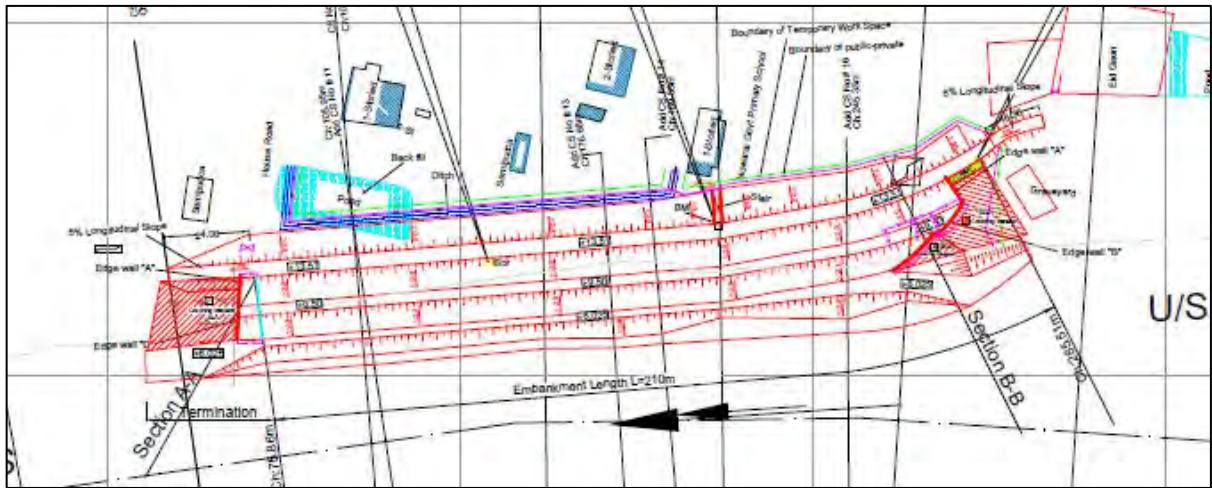


図 4.10 変更設計

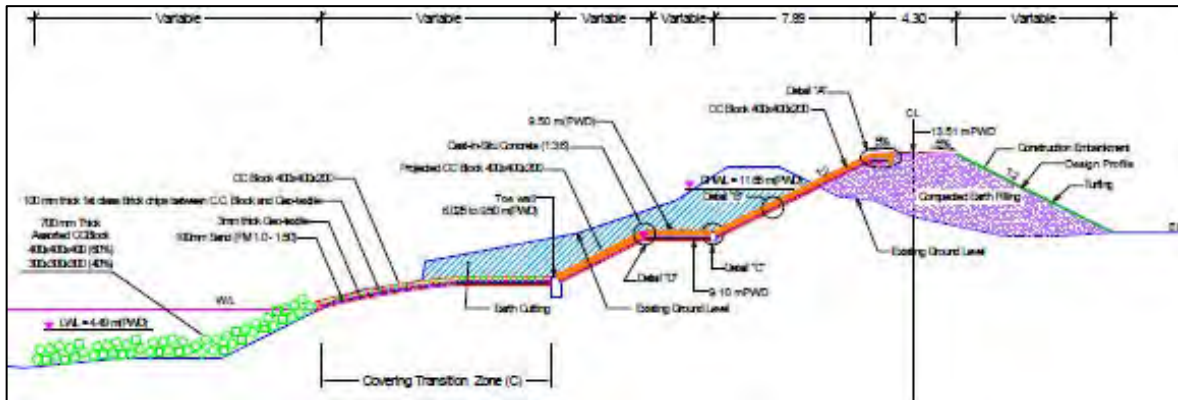


図 4.11 当初設計 A-A 断面（下流側）

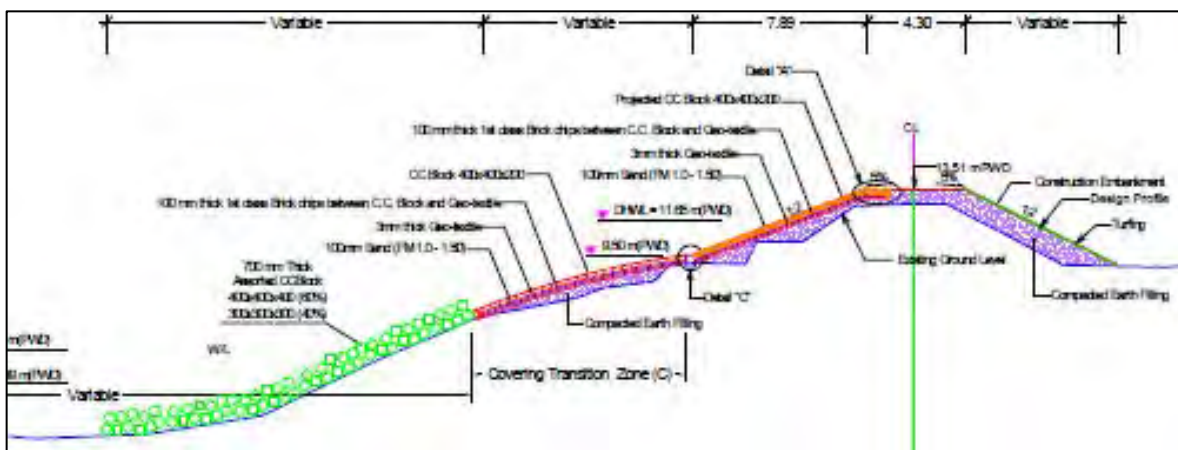


図 4.12 変更設計 A-A 断面（下流側）

## 4.5 パイロット工事の実施

### 4.5.1 パイロット工事の概要

パイロット工事は、JICA バングラデシュ事務所が施主として、施工業者を調達し、JICA 専門家チームおよび BWDB が施工監理を担当する体制で実施された。

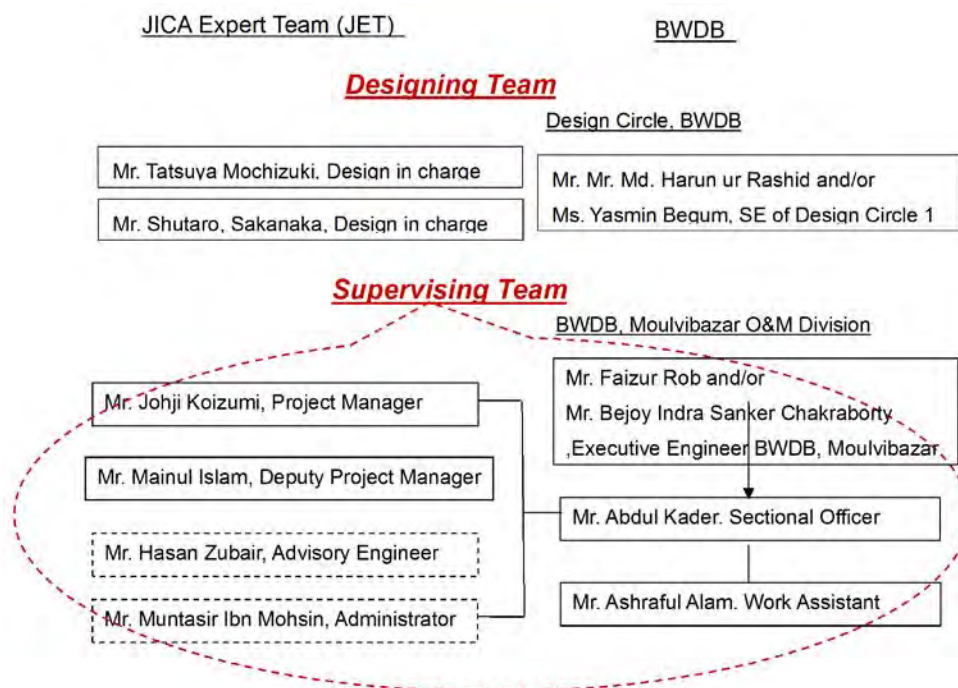


図 4.13 現場施工監理体制

パイロット工事の建設業者は、2015年9月2日公示、2015年10月1日開札・書類審査を経て決定され、選定された業者との工事契約は2015年11月16日に締結された。

パイロット工事は2015/2016年の乾季中の完工を期して11月25日に着手したが、例年にない河川水位上昇による影響により工事中断を余儀なくされ、2017年5月23日に完工した。

パイロット工事の入札・契約・工事の進捗の詳細、及び工事に係る環境社会配慮については、「パイロットプロジェクト報告書」として、巻末の付属資料-2に取りまとめた。

### 4.5.2 パイロット工事中の技術移転

パイロット工事は、施工マニュアル（案）に則り、各段階で資料を準備し BWDB 地方事務所職員及び施工業者等の関係者への説明・協議を行うとともに日報を配信して情報を共有するなど日常の活動を通して技術移転が行われた。

また、堤防施工に関する議論の場として、パイロット工事現場において施工マニュアル（案）見直し・最終化委員会のメンバーを含む BWDB 本部及び近隣の O&M 地方事務所職員が参加して、



ワークショップや工事現場視察を複数回開催した。ワークショップでは、施工マニュアル（案）に沿って実施したパイロット工事の各段階の説明、得られた知見に関する議論が行われ、マニュアルへのパイロット工事資料の追記やマニュアルのベンガル語化の要望が出された。これらのワークショップ、工事現場視察については、「6.1.3 セミナー／ワークショップ」に取りまとめるとともに、プログラム、議事録、参加者リストを付属資料-7に収録した。

#### 4.5.3 パイロット工事による知見

「1.8 プロジェクト活動の計画と実績」で述べたように政情不安によりプロジェクト活動全体の進捗に遅れが生じ、パイロット工事は当初 2014/15 年乾季の実施予定であったが、2015/16 年乾季に変更となった。変更後も季節外れの洪水やテロ事件による渡航禁止措置等により工程に影響が生じた。

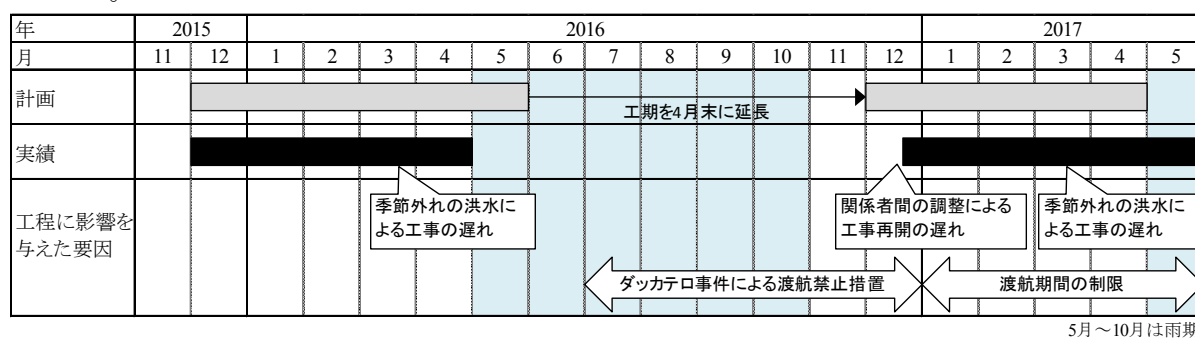


図 4.14 パイロット工事の工程

##### (1) 2015 年 11 月～2016 年 5 月の工事からの知見

パイロット工事中断までに得られた知見を取りまとめると以下のものである。

###### 入札・評価・契約

- 本格導入間もない電子入札システムを採用したため、入札業者および取引銀行の、システム操作や入札図書書式等に関する問合せは頻繁であったものの、入札・評価作業は支障なく実施された。従来入札方式（書類による入札評価）で見られた開票時の混乱も避けられており、電子入札の有用性が確認出来た。
- 契約書作成については、電子入札システムの書式を使用しているため、準備は容易であると思われたものの、業者がシステムに不慣れであるため、BWDB および専門家チームよりかなりの支援が必要であった。今後、業者の習熟度が増してくれば、支援は不要になるものと考えられる。

###### 施工監理

- パイロット工事現場のある Moulvibazar O&M 地方事務所の管轄区域では、近年、応急復旧工事などの小規模の工事が多く、パイロット工事の様な規模の築堤工事は稀であったこともあり、施工業者・事務所職員ともに築堤工事に習熟しているとはいえない状況であった。そのため、専門家チームによる施工マニュアルに基づいた施工計画、築堤材料選定、コンクリートに係る試験製作、築堤の試験施工、出来高請求など計画作成および実施支援

が不可欠であった。

- 築堤材料選定のための土質試験は、工事現場近傍に土質試験を実施できる機関が無い  
ため、BWDB・専門家チームが、業者を支援して、工事現場より遠い RRI (River Research Institute)  
に依頼して実施した。今後の築堤施工能力の向上のためには、土質試験施設の確保も課題  
である。
- 工事初期段階で堤体下部工工事の開始が遅れた。原因は根固め工である CC-ブロックやモ  
ルタル・ガニー・バッグの製作に時間を要したことにある。これらの準備に必要な期間を  
適切に見積って工程計画を作成するとともに、それに応じた発注時期とする必要がある。
- 「バ」国では、従来、人力での築堤工事が行われてきており、施工法、工事仕様につい  
てもそれが反映されている。今後施工マニュアルの現場適応を進めるとともに、施工法・工  
事仕様について現況にあった改訂をしていく必要がある。
- 本プロジェクトのパイロット工事では、天候不順により河道内工事中断・工期延期・暫定  
法面保護工施工の措置を行った。

## (2) 工事再開～完工（2016年12月～2017年5月）からの知見

パイロット工事再開から完工までに得られた知見は以下の通りである。

- 再開にあたっては、乾季の始まりである 2016 年 12 月のできるだけ早い時期に、水位が  
6.025m, PWD (Public Works Datum : ベンガル湾標準水位基準) の堤体基礎コン天端以下に  
なった段階で工事を再開する予定であった。しかし、関係者間で行う工事再開前の合同確  
認は 12 月 11 日にまで及び、事前に実施予定であった現地確認測量が 12 月 13、14 日とな  
った。

工事常駐施工監理責任者は、2016 年 11 月後半から現地入りの予定であったが、ダッカテ  
ロ事件 (2016 年 7 月) の影響による渡航制限により、工事再開後の 2017 年 1 月以降の着  
任となった。また、国内移動措置より現場へは 1-2 日程度を 2 週間「バ」国滞在中一度程  
度に制限された。

施工監理責任者の権限で先行して行わせる予定であった現地確認測量は、BWDB 主体で  
おこなった合同確認の後となった。結果として当初予定より約 2 週遅れて 12 月 21 日に仮  
設法面防護撤去から工事が再開した。

- 3 月末から Bangladesh 国北西部に発生した、例年より半月早い連続降雨の影響等で、工  
事は再度工期延長をせざるを得なかった。

工期設定に当たっての計画の妥当性及び工事中の工事遅れに対する適切な対応が必要であ  
ると強く教訓として与えられた。

## 5. 河川構造物の維持管理システムの構築

### 5.1 河川構造物の維持管理の実施状況のレビュー。

河川構造物維持管理の実施状況レビューは、BWDB 本部、および BWDB 本部から推薦された被災堤防のある O&M 地方事務所での資料情報収集、現地視察により実施した。

#### 5.1.1 維持管理活動に係る法律、政策、ガイドライン

河川構造物の維持管理活動に関する法律、政策、ガイドラインを下表に示す。

表 5.1 維持管理活動に係る法律、政策、ガイドライン

種類	文書名	備考
政策	国家水政策 National Water Policy, 1999	水資源省 (国家水資源評議会にて 1999 年承認)
政策	国家水管理計画 National Water management Plan, Dec/2001	水資源計画機構 (国家水資源評議会にて 2004 年承認)
法律	バングラデシュ水開発庁法 2000 Bangladesh Water Development Board Act, 2000	
ガイドライン	参加型水管理ガイドライン Guidelines for participatory Water Management, 2001	水資源省
ガイドライン	BWDB 管理構造物維持管理ガイドライン Guidelines for Operation and Maintenance of Permanent Structures under BWDB, Oct/2010	BWDB (水資源省承認)

1999 年、国家水資源評議会により水分野に関する政策である「国家水政策 (National Water Policy)」が承認、公布された。国家水政策は水を国家の重要な資源として位置づけその総合的な利用を目指す包括的なものであり、国家の水資源開発、維持管理、水供給サービスなどの水資源管理に携わる全ての関係省庁、関係機関、地方行政機関等の指針となるものである。洪水と水不足への対応を最重要課題として位置づけ、水資源開発／管理に係る地方分権化、コミュニティーの参加、民間セクターの水資源開発・研究促進のための法律・規制等についても触れられている。

国家水政策の具体的な実施計画として、「国家水管理計画 (National Water Management Plan)」が水資源計画機構 (Water Resources Planning Organization: WARPO) によって 2001 年に策定され、2004 年に国家水資源評議会により承認されている。

2000 年に改訂されたバングラデシュ水資源開発庁法では、BWDB は国家水政策および国家水管理計画に基づいて業務を実施することとされている。

参加型水管理ガイドラインは水資源省により 2001 年に策定されたものである。BWDB と地方行政技術局 (Local Government Engineering Department: LGED) のそれぞれが有していた参加型水管理ガイドラインが、国家水政策に沿って統合して策定された。同ガイドラインでは、事業を管轄

区域 1,000ha 以下、1,000ha～5,000ha、5,000ha 超の 3 つに区分し、水管理事業の管理・調整の枠組みを定めている。

「BWDB 管理構造物維持管理ガイドライン」(以下、BWDB 維持管理ガイドライン) は、Bangladesh Water Resource Development Authority にもとづき作成されたもので、2010 年に水資源省により承認されている。BWDB 維持管理ガイドラインをレビューした結果を表 5.2 に示す。ガイドラインの目的は「BWDB が管理する構造物の維持管理予算を透明かつ効率的に執行するための有益な指針を供給すること」とされており、その内容は BWDB の目指す維持管理の枠組み、手続きを網羅したものとなっている。しかし、各構造物の機能、必要な操作、維持管理方法など技術的な事項は含まれていない。

BWDB のいくつかのプロジェクトでは、個別に維持管理マニュアルが作られている。このなかで BWDB System Rehabilitation Project で作成された維持管理計画(1994 年 9 月)は、総合的な維持管理の概念を提唱した文書であり、BWDB の目指す維持管理の枠組が初めて示されたものとなっている。また、完成プロジェクトの受益者組織への運営移管を目指して実施されている、オランダ支援の IPSWAM、世銀支援の WMIP、ADB 支援による SAIWRPMP において、個別に維持管理マニュアルが作られている。しかしながら、これらの維持管理マニュアルは、プロジェクトの報告書とともに使われることが前提として作成され、主としてプロジェクトで建設された施設の操作ルール定めたものとなっており、各施設の機能、想定される被災等、他のプロジェクトで参考となる情報が含まれていないものとなっている。これらのプロジェクトについては 5.1.3 で記述した。

表 5.2 BWDB 維持管理ガイドラインのレビュー結果

Chapter	Section	Contents/ Review
1. Headline		Name of this Guidelines
2. Aims and Objectives		To provide helpful guidance for transparent and effective use of financial resources received for maintenance works of BWDB's permanent structures ---> Characteristics of the guidelines are presented, that is, budgeting management.
3. O&M Concept		Aim of O&M of the structures: With the aim of accruing the desired benefit of the completed project, BWDB is shouldering the responsibility of operation and maintenance of the completed project infrastructures. ---> Achievements (benefits) of BWDB works are mentioned. Those achievements shall be disseminated to the public in order to get the public support to BWDB works.
4. Purview/Jurisdiction	4.1 The works of Repair and Maintenance of Permanent Structures 4.2 Maintenance Dredging and Excavation 4.3 Repair and Maintenance of Office and Residential Building 4.4 Collection of Hydraulic and Other Data 4.4 Unexpected Demand of Emergency River Bank Erosion	Explanation of the applicable activities for the budget allocation as "Maintenance allocation (Economic Code-5974). Maintenance budget can be applied to the works of repair and maintenance of the permanent structures, maintenance dredging and excavation, and repair and maintenance of the office and residential buildings. Collection of the hydraulic and other data is to be met from the general budget allocation (finance code 5901). Unexpected demand of emergency river bank erosion is to be met from the "unexpected expenditure management fund". ---> General and correct information, However, it is controversial that the maintenance dredging/excavation are emphasized within the maintenance works.
5. Definition of Operation and Maintenance Works	5.1 Routine Maintenance Work 5.2 Emergency Work 5.3 Periodic Repair Works 5.4 Flood Damage Repair Work	Category of the maintenance works is provided on the basis of technical specialty and frequency of requirement. ----> General explanation of the maintenance works. There is no description about operation works. It is stated that the periodical re-section works of embankments and drainage channel are required with every 5 to 10 years, and every 3 to 5 years, respectively. It is controversial whether the completed projects are feasible or not under the resection with those frequencies.
6. Existing Infrastructures		Summary of the structures managed by BWDB (as of 2009?) are explained. ---> It is better to explain the existing structures in the Chapter 2. Appendix-1 explains the definitions and required O&M activities of respective structures. Reviews are mentioned in item of Appendix-1.
7. Description of Operation and Maintenance Works		Points to be in mind during request of the maintenance budget are described and the O&M works of the respective structures are itemized in Appendix -2. ----> Reviews are summarized in the item of Appendix-2.
8. Management of Maintenance		Management (organization, implementation and monitoring procedure, etc.) of the maintenance works in BWDB is explained. --> There are general guidelines of the implementation and monitoring procedures and without diagrams and tables. Therefore, the detailed guidelines are required as other internal regulations in respective O&M zones and circles. In addition, it is guided that the deficit of O&M budget can be covered by utilizing the local resources. Operative examples of those cases shall be introduced.



Chapter	Section	Contents/ Review
9. Maintenance Plan	9.1 Medium Term Maintenance Plan 9.2 Annual Work Plan 9.3 Encountering Emergency Situation	Expected maintenance plan within the budget and the complementary work program after flood are explained with a form of the work plan in Appendix-4. ---> It is recommended to prepare the medium term maintenance plan, in order to prepare the efficient and effective annual work plan. However, situation of the medium term maintenance plan in BWDB is not explained in detail. It is difficult to prepare the medium term maintenance plan within the office. There is no description of the medium term maintenance plan in case of inappropriate budget condition. It causes confusion to the field work officials of BWDB. There are stated guidelines for the threshold conditions of the periodic repair works for the structures stated in this chapter. Those are helpful in the field but controversial.
10. Demand of Expenditure and Prioritization	10.1 Prioritization Framework 10.2 Priority Standard for Structure 10.3 National-based Priority	Expected prioritization of the O&M works is explained in national level and the field office level. ---> Basic idea of prioritization is clarified. However, there are few technical explanations on the prioritization of the projects and structures in the field office level. Therefore, it is recommended to prepare the technical reference or samples of considerations for the prioritization in the respective field offices.
11. Preparation of Budget	11.1 Budget Preparation and Distribution Methods 11.2 Policy to be followed for Distributing Budget Allocation 11.3 Distribution of O&M Expenditure on the Basis of Category 11.4 Use of Information and Communication Technology 11.5 Consulting Local Stakeholders	Budget preparation and distribution to the respective O&M works including allocation policy, guidelines of budget allocation by categories and communication technology as the tools are explained. ---> Basic policy of the budget allocation to the respective O&M works is explained. Actual application of these guidelines to the O&M activities in field is depend on the consideration of field office. In addition, there is no description/information of laws, regulation, rule related to the budget allocation. Therefore, it is difficult for the field offices. It is better to make detailed explanation including the samples of the activities in order to facilitate the activities in the field.
12. Division of Spending power and Procedure of Expenditure		Budget spending procedures including the governing acts are explained. ---> Detailed procedures are stated in the acts.
13. Monitoring and Evaluation Framework		Monitoring and evaluation framework in BWDB is explained. ---> Required documents and that submission flow are presented. However, evaluation of the effects for the O&M works is not stated.
Appendix-1: The specialty of BWDB project infrastructures and necessity of regular operation and maintenance		Definition and O&M activities of respective structures are explained. There are few detailed technical explanations of the maintenance activities for respective structures. Detailed explanation of the maintenance activities, such as damages and countermeasures, how to evaluate the condition, etc. is required as the reference.
Appendix-2: Description of standardized O&M works		The O&M works of the respective structures are itemized as the budget request forms. ---> There are no detailed technical explanations and considerations of respective items. Therefore, it is difficult to correctly understand the importance and extent of O&M works in field and to apply the form to the field activities effectively. It is recommended to prepare the technical reference of those items.

Chapter	Section	Contents/ Review
Appendix-3: Operation and Maintenance of Database System		Basic idea of the expected database system of O&M for BWDB is explained. It seems MIS for the head office of BWDB. However, there is no plan for installation. This appendix is not referred in the main text, but useful reference for the GIS systems for the O&M works.
Appendix-4: Work Plan & Demand of Money for Project Maintenance and Repair Work		Form of O&M budget calculation is presented. It seems the summary form for the head office of BWDB. Detailed calculation tables are required in the field offices.

### 5.1.2 BWDB の維持管理活動にかかる SWOT 分析

BWDB 所管の河川構造物の維持管理活動は、BWDB の維持管理部門である O&M 地方事務所等の現場事務所が実施している。全国の現場事務所を統轄する本部設計部門が維持工事についての相談窓口になるとともに維持工事の設計を行っている。

BWDB の現場事務所は次表の階層構造になっている。

表 5.3 BWDB の現場事務所

分類	事務所長	備考
Zone	Chief Engineer	全国で9ゾーン
Circle	Superintendent Engineer	1ゾーンに2~3サークル
Division	Executive Engineer	1サークルに2~3ディビジョン
Sub-division	Sub-divisional Engineer	1ディビジョンに2~3サブディビジョン
Section	Sectional Officer	1サブディビジョンに0~3セクション

これら現場事務所を含む BWDB 全体の職員数は表 5.4 に示す通りである。

表 5.4 BWDB の職員数

No.	年度末	定員	上級職員(人)	一般職員(人)	合計(人)
1	Jun/2003	13,594 人	2,040	9,014	11,054
2	Jun/2004	人事省により承認された必要人員	1,964	8,630	10,594
3	Jun/2005		1,987	7,920	9,907
4	Jun/2006		1,862	7,348	9,210
5	Jun/2007	8,935 人	1,875	6,875	8,750
6	Jun/2008	1998 官報で承認されている定員	1,788	6,373	8,161
7	Jun/2009		1,673	5,968	7,641
8	Jun/2010		1,547	5,518	7,065
9	Jun/2011		1,636	4,987	6,623
10	Jun/2012		1,621	4,815	6,436

出典: BWDB

BWDB では 1990 年代から世銀の支援により構造改革が進み、上級職員 (Sub-divisional Engineer 以上の職員) および一般職員ともに数が減少している。現在では、官報で認定されている定員を割り込んでいる。特に維持管理の主体となる現場レベルにおいて定員割れが深刻で Executive Engineer、Sub-divisional Engineer、Sectional officer が管轄を兼任している事例が多く見られ、現場レベルの能力低下の一因となっている。BWDB では職員の定員増を政府に要請しており、人事省までのレベルで増員を認められている状況にある。

上述の BWDB の組織体制や維持管理活動の現状等をレビューした結果をもとに、BWDB 関係者とともに、維持管理活動にかかる BWDB の SWOT 分析を取りまとめた。SWOT 分析結果を表 5.5 に示す。

表 5.5 維持管理にかかる BWDB の SWOT 分析

STRENGTHS	WEAKNESSES
<ul style="list-style-type: none"> <li>● BWDB is authorized as the organization for implementation and management of the water resources development projects having a command area more than 1,000 ha.</li> <li>● BWDB has nationwide offices for management of the hydraulic infrastructures.</li> <li>● The policies, plans guidelines related to the management of the hydraulic infrastructures are ratified.</li> <li>● There are many highly trained professional staffs in BWDB.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Inadequate number of professional staffs in the field level.</li> <li>● Less motivation of professional staffs in the field level.</li> <li>● Inadequate data management for the completed projects</li> <li>● Inadequate skills of the field level professionals in modern logistics (PC, internet connection, software, etc.).</li> <li>● Inadequate planning on O&amp;M as Management Information System (MIS) not developed yet though planned much earlier</li> <li>● Inadequate capacity for fund raising for O&amp;M.</li> <li>● Insufficient budget for O&amp;M compared with the demand.</li> <li>● Construction bias in BWDB (less priority to O&amp;M in BWDB compared with construction).</li> </ul>
OPPORTUNITIES	THREATS
<ul style="list-style-type: none"> <li>● There are high expectations on the hydraulic infrastructure among residents.</li> <li>● There are assistances from the development organizations/ donor countries.</li> <li>● There is a global trend in financing and promoting the climate change adaptation.</li> <li>● There is a global trend in financing and promoting management of hydraulic infrastructures.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Construction bias in the government (less intention to O&amp;M compared with development)</li> <li>● Inadequate funding allocation for O&amp;M (Major funds consumed by Padma, Meghna and Jamuna river bank protection works without sufficient maintenance fund following execution).</li> <li>● Insufficient national budget</li> <li>● Conflicts among the public related to the water resources management including O&amp;M of the facilities</li> </ul>

### 5.1.3 河川構造物の維持管理の現状

2000年に改訂された Bangladesh Water Development Act によれば、BWDBは1,000ヘクタールを超える管轄区域を持つ治水・排水・灌漑プロジェクトを実施し、1,000ヘクタール以下のプロジェクトは、地方行政技術局 (LGED) / 地方公共団体が実施、運営することとされている。また、BWDBが実施し完成したプロジェクトの運営については、以下のように規定されている。

- 管轄区域 5,000ヘクタール以下のプロジェクトの運営は、政府規定に則り設立された受益者組織 (水管理組合 (WMO) など) に移管
- 5,000ヘクタール超の管轄区域のプロジェクト運営は、WMO等の政府のガイドラインに則り設立された受益者組織、BWDBおよび水資源関連政府機関により共同実施

以上の規定に従い、BWDBでは表 5.6に示す水資源管理プロジェクトについて WMO等の受益者

参加型で実施し、運営の移管を目指している。

表 5.6 参加型で実施されている水資源管理プロジェクト

プロジェクト名	進捗状況	ドナー
持続可能な水資源管理統合計画プロジェクト Integrated Planning for Sustainable Water Management (IPSWAM)	完了 (2003-2011)	オランダ
南西部地域統合水資源計画・運営プロジェクト South-west Area Integrated Water Resources Planning and Management Project (SAIWRPMP)	実施中 (2006-2014)	アジア開発銀行 (ADB)
水管理改善プロジェクト Water Management Improvement Project (WMIP)	実施中 (2007-2015)	世界銀行 (The World Bank)
ブルーゴールド計画 Blue Gold Program	実施中	オランダ

河川構造物およびその維持管理に関する情報収集のため、管轄区域に被災堤防を有することを条件に BWDB から推薦を受けた O&M 地方事務所のうち、以下の 12 の事務所を訪問し情報収集を行うとともに現地調査を実施した。

表 5.7 情報収集対象の O&M 地方事務所

No.	事務所名	位置図
1	Sirajganj	
2	Bogra	
3	Gaibandha	
4	Rajshahi	
5	Comilla	
6	Feni	
7	Chandpur	
8	Mymensingh	
9	Netrokona	
10	Khulna	
11	Moulvibazar	
12	Habiganj	

事務所でのインタビューや収集資料の分析、現地調査の結果をもとに維持管理活動および河川構造物の現状を取りまとめると以下の通りである。

維持管理活動の現状

- O&M 地方事務所では、それぞれのやり方で定期的に維持管理活動を実施している。Sub-divisional Engineer と Sectional Officer が、1 ヶ月に 1 度程度の頻度で巡視を行い、O&M

地方事務所の所長である Executive Engineer に報告している。Executive Engineer は報告に基いて、構造物の状況、維持工事に必要な予算を考慮して、維持工事の必要性を判断している。しかし、維持管理予算が恒常的に不足しているため、問題が生じても維持工事はされず、被災の拡大を見守るだけというのが実情である。

- 西部維持管理局維持管理部によると、1 億タカ以上の維持工事は開発予算の修復事業に分類される。
- 少規模、低予算の維持工事の場合、水管理組合（WMO）に維持工事を依頼して実施しているケースがある。この場合、WMO との調整が必要であり、少額であれば無条件に依頼出来るわけではない。
- O&M 地方事務所が実施する維持工事においては、設計部局（Design Circle）および各ゾーンの機械担当の O&M 部局（1～2 ゾーンに 1 つ設置されている）が O&M 地方事務所を技術的に支援している。
- O&M 地方事務所が管轄する河川構造物の位置については、Executive Engineer、Sub-divisional Engineer、Sectional Engineer が把握しているが、完了プロジェクトの計画図や竣工図に記載された位置図の他には、位置図は整理されていない。また、O&M 地方事務所では河川構造物台帳は整理されておらず、問題が生じた場合には完成プロジェクトの竣工図から調査する以外には資料が何も無い状態である。多くの事務所では完成プロジェクトの竣工図は散逸していることが多い。
- 維持工事に必要な測量は O&M 地方事務所の職員が実施している。土質調査は BWDB の地下水サークルまたは土質調査業者が行っている。水文観測は BWDB の水文部局が実施している。

#### 河川構造物の現況

- 大河川（パドマ、ジャムナ、メグナ川）沿いの河川構造物については、良好な状態で維持管理されている。加えて、修復工事用の資材も高水敷、堤防上に備蓄されている。近年、BWDB 設計部局は建設費の 10% 程度の資材を将来の工事のためにストックするよう指導している。
- 内陸河川沿いでは、輪中堤を含む多くの河川構造物が修復されないまま放置されている。例えば、護岸や堤防の被災、排水樋管の陥没等。
- 多くの河川構造物は洪水時に深刻な損壊を引き起こす恐れのある不具合が修復されないまま放置されている。例えば、堤防裏法面のガリ侵食、堤防のひび割れ、堤防のネズミ・もぐらの穴、堤防天端の不陸、法面保護工の陥没、河岸侵食、樋管ゲートの腐食、等々。
- 河川構造物への人為的な干渉・損壊も見られる。例えば、堤防小段上の家屋・耕作、進入路あるいは家屋のための堤防の開削、樋管のゲートおよびホイストの持ち去り、パブリックカットと呼ばれる人為的な破堤等。これら人為的な干渉・損傷は放置すると洪水時に深刻な被災の原因となるものである。O&M 地方事務所は住民へ指導しているものの、地元政治家の

干渉や慣習などがあり状況は改善していない。



O&M 地方事務所への現地視察結果は、構造物被災写真とともに巻末に付属資料-1 として収録した。

#### 5.1.4 維持管理予算

O&M 地方事務所の維持管理予算は、各 O&M 地方事務所からの予算要求を基に BWDB の維持管理部門である西部維持管理局維持管理部が評価して配分している。維持管理部の資料によると、2001/02 会計年度～2013/14 年度の BWDB の年間維持管理予算は表 5.8 に示すとおりである。

表 5.8 BWDB 維持管理費年間予算 (2001/02 – 2013/14)

会計年度	要求 *1 (億タカ)	割当予算 *2 (億タカ)	予算/要求 *3 (%)	対前年比割り 当て予算の年 上昇率 *4 (%)	物価上昇率 *5 (%)
2001/02	25.076	5.719	22.8	-	2.01
2002/03	23.518	8.219	35.0	43.71	3.33
2003/04	25.789	10.000	38.8	21.67	5.67
2004/05	27.690	12.590	45.5	25.90	7.59
2005/06	34.100	13.500	39.5	7.23	7.05
2006/07	35.000	15.000	42.9	11.11	6.77
2007/08	40.000	28.146	70.4	87.64	9.11
2008/09	52.900	30.500	57.7	8.36	8.90
2009/10	84.600	40.199	47.5	31.80	5.42
2010/11	179.900	30.502	17.0	-24.12	8.13
2011/12	213.432	31.770	14.9	4.16	10.70
2012/13	265.533	36.781	13.9	15.77	6.22
2013/14	302.700	35.000	11.6	-4.84	7.53

出典: \*1～\*4 BWDB 西部維持管理局維持管理部維持管理課、\*5: World Development Indicator, 世界銀行

BWDB の維持管理年間予算は、2001/02 会計年度の 5.719 億タカから 2013/14 年度の 35.000 億タカへと増額となっている。しかし維持管理の要求額は 2001/02 会計年度の 25.076 億タカから 2013/14 年度の 302.700 億タカに大幅に増えており、結果として 2001/02 年度には要求額の 22.8%

であった維持管理予算は 2013/14 年度には要求額の 11.6%に低下しており、低予算による維持管理不足が構造物の劣化を助長している。

### 5.1.5 BWDB による既設構造物

2014/2015 年度の BWDB 年報（BWDB Annual Report 2014/2015）によれば、BWDB では 2015 年 6 月時点までの 56 年間に 790 の水資源管理／開発プロジェクトを実施している。既設の構造物の数を表 5.9 に示す。

表 5.9 BWDB 関係既設構造物の一覧（2014/2015 年度末時点）

完成プロジェクト数	790	プロジェクト
洪水防御・排水面積	6,310	百万ヘクタール
灌漑面積	1,585	百万ヘクタール
大規模水門 (Tista, Manu, Buri Tista & Tangaon)	4	門
干拓面積	1,020	平方 km
都市洪水防御事業数	22	事業
既設堤防延長	11,393	km
灌漑水路延長	5,337	km
水理構造物数	14,744	個所
ポンプ場数	20	個所
締切堤数	1,379	個所
橋梁・樋管数	5,643	個所
ゴム堰数	5	個所
浚渫船および関連機材	38	セット
河川浚渫・掘削延長	280	km
道路（コンクリート・土製）延長	1,070	km

出典: 2014/2015 年度 BWDB 年報 (BWDB Annual Report 2014/2015)

### 5.1.6 堤防の物理探査

被災堤防の堤体および基礎地盤の物理的な状況を把握するため、Comilla および Moulvibazar の O&M 地方事務所内の被災堤防について、各 O&M 地方事務所の職員に物理探査として電気探査及び表面波探査を紹介し、職員とともに電気探査及び表面波探査の現地作業を行った。

実施した電気探査及び表面波探査よりなる物理探査の結果に加えて、本プロジェクトにて実施したボーリング調査および土質調査結果を総合的に解釈して作成した Comilla および Moulvibazar の被災堤防物理探査の詳細を巻末の付属資料-3 に示した。

## 5.2 河川維持管理の試験的活動を実施する O&M 地方事務所の選定

作成した維持管理マニュアル案に基づいて河川構造物の維持管理活動を試験的に実施する O&M 地方事務所を選定した。BWDB が推薦した 22 の O&M 地方事務所の中から以下の観点より選定することとした。

- アクセス: 専門家チームは BWDB 本部があるダッカに滞在している。O&M 地方事務所へは



日帰り出来ることが望ましく、車両での移動が6時間以内程度を目処とする。

- 管轄区域の特徴：維持管理で対象とするのは河川構造物であり、その主たる外力は洪水・流体力である。したがって潮汐・波浪が主たる外力となる湾岸区域は対象から除外する。また、ドナーの援助により良好に維持されている大河川沿いの河川構造物についても対象から除外する。
- GIS データベースの状況：世銀の支援により実施されている WMIP では、特定のプロジェクトを対象として GIS データベースが作成されており、BWDB は同 GIS データベースの全国展開を考えている。本プロジェクトでは、対象 O&M 地方事務所において、維持管理に資することを目的に被災履歴および修復履歴の GIS データベースを作成する。GIS データベースの活用の観点から、本プロジェクトの被災履歴・修復履歴データベースは WMIP GIS データベースのコンポーネントとして作成することが望ましい。したがって維持管理活動を試行する O&M 地方事務所には、WMIP GIS データベースの対象プロジェクトがあることが望ましい。
- パイロットプロジェクト候補地：本プロジェクトでは、堤防設計マニュアルおよび施工マニュアルの検証のために乾期に堤防修築工事（パイロットプロジェクト）を行う。修復後の堤防は、維持管理マニュアル案の検証を目的として維持管理活動を行う予定である。よって、維持管理活動を試行する事務所はパイロットプロジェクト候補地の管轄事務所であることが望ましい。

以上を考慮して評価した結果を表 5.10 に示す。同表に示すとおり、維持管理活動を試行する事務所として Moulvibazar O&M 地方事務所を選定した。同事務所は、「バ」国で数少ない水門（マス水門）やポンプ場を管理しており、代表的な河川構造物全般の維持管理を試行することが出来ることとなっている。

表 5.10 維持管理活動試行のためのモデル O&M 地方事務所の選定

No.	事務所名	ダッカからの所要時間 (hr)	管轄区域/河川区分	WMIP GIS データベースの対象	パイロット堤防事業	評価結果
1	Cittagong	8	湾岸	一部あり	-	-
2	Comilla	3	内陸河川	一部あり	-	-
3	Cox's Bazar	12	湾岸	一部あり	-	-
4	Bogra	6	大河川	一部あり	-	-
5	Sirajganj	4	大河川	-	-	-
6	Chandpur	4	大河川	-	-	-
7	Rangpur	9	大河川	一部あり	-	-
8	Rajshahi	7	大河川	-	-	-
9	Kustia	7	大河川	-	-	-
10	Feni	5	内陸河川	一部あり	-	-
11	Netrokona	5	内陸河川	一部あり	-	-
12	Faridpur	5	大河川	一部あり	-	-
13	Bagerhat	10	湾岸	-	-	-

No.	事務所名	ダッカからの所要時間 (hr)	管轄区域/河川区分	WMIP GIS データベースの対象	パイロット堤防事業	評価結果
14	Khulna	9	湾岸	-	-	-
15	Satkhira	11	湾岸	-	-	-
16	Bhola	7	大河川	-	-	-
17	Patuakhali	8	湾岸	一部あり	-	-
18	Sunamganj	7	内陸河川	-	-	-
19	Noakali	6	湾岸	-	-	-
20	Mymensingh	4	内陸河川	一部あり	-	-
21	Moulvibazar	5	内陸河川	一部あり	候補地	選定
22	Habiganj	4	内陸河川	一部あり	-	-

Moulvibazar O&M 地方事務所は、「バ」国東北部に位置し、インドと国境を接し、その管轄区域は、ハオールと呼ばれる低湿地地帯の上流に当たる。

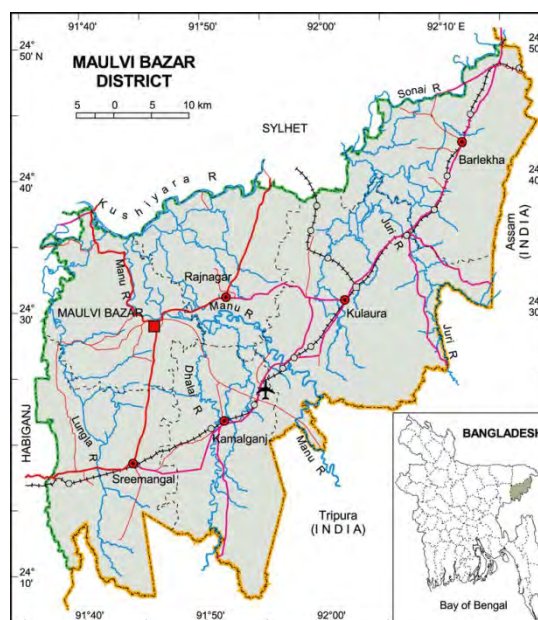


図 5.1 Moulvibazar O&M 地方事務所管轄区域

### 5.3 河川構造物の維持管理マニュアルの作成

堤防、護岸、根固め、樋門・樋管等の河川構造物全般を対象とした維持管理マニュアルを作成した。マニュアルでは維持管理を行う上での「バ」国の統一的な基準を定めるとともに効率的な維持管理を実現するための情報管理を行うことを定めている。同マニュアルの作成経緯は以下のとおりである。

- 2013 年 11 月～ 維持管理マニュアル作成方針の検討
- 2015 年 11 月 維持管理マニュアル（第 1 版）を BWDB に提出、説明
- 12 月 各マニュアルのレビュー及び取りまとめを支援する委員会が発足

2016年	6月	第1版に対する BWDB からのコメント (BWDB 所管の構造物に関する情報のアップデート等) を受け、第2版に改訂
2017年	5月	モデル事務所での活動を踏まえて、各施設の機能、被災メカニズム等に関する説明と GIS データベースに関する項目を追加して第3版に改訂 これを最終版として BWDB に提出
	7月	BWDB 総局長が維持管理マニュアルを承認

本 5.3 節ではマニュアル (案) の作成について、5.6 節でその改訂について記述する。

5.1.3 に記述した BWDB の維持管理活動のレビュー結果を踏まえて、河川構造物の維持管理マニュアル案第 1 版を BWDB 職員と協働して作成した。維持管理マニュアル案作成においては以下の基本的考え方を BWDB 職員と確認、共有しながら作業を進めた。

- ・ 維持管理マニュアル (案) は、BWDB 西部維持管理局維持管理部で作成されている「BWDB 維持管理ガイドライン」に示される維持管理の枠組み、手続きを踏まえた、技術面、すなわち、各構造物の機能、必要な操作、維持方法など、技術的な事項を中心として記述した文書とする。
- ・ 維持管理マニュアル (案) は、特に BWDB の現場レベルの事務所において維持管理活動の主力となっている Sub-divisional Engineer および Sectional Officer の技術的な参考書となるものとする。加えて、BWDB 本部の技術者、他官庁の維持管理技術者、水利用組合の維持管理担当者を潜在的な利用者とする。
- ・ 維持管理マニュアル (案) は住民参加型の維持管理は対象とせず、BWDB が管理する施設の維持管理を対象とする。
- ・ 維持管理マニュアル (案) の対象とする構造物は河道、堤防、法面保護工、根固工、水門、樋管、ポンプ場等、BWDB が管理している全ての河川構造物とする。
- ・ 維持管理マニュアル (案) は、地形、地質、水文特性など「バ」国の地域において異なる特性を考慮出来るものとする。
- ・ 維持管理マニュアル (案) は、BWDB 職員との意見交換、パイロットプロジェクトの建設、維持管理活動を含む維持管理モデル活動において得られた知見をもとに改訂を行うものとする。

維持管理マニュアル (案) は上記の基本的な考え方を踏まえて表 5.11 の構成とした。作成した維持管理マニュアル (案) は、本報告書の別冊として収録している。

表 5.11 構造物維持管理マニュアル（案）の目次構成

章	内容
1章 まえがき	マニュアル（案）の適用範囲、水関連インフラの定義
2章 維持管理の概念	維持管理の範囲、現状、維持管理にかかる4本柱
3章 基礎資料・情報	維持管理にかかる基礎資料・情報の準備
4章 オペレーション・マニュアル	構造物オペレーションの計画及び実務の留意点
5章 メンテナンス・マニュアル	構造物メンテナンスの計画及び実務の留意点（構造物の機能・巡視における留意点・修復方法、修復の優先順位等）
6章 維持管理予算	必要ベースの予算計画、調整。
7章 実施及びモニタリング	維持管理の実施・モニタリング
8章 水防活動	水防活動
その他、Appendix	参考資料（構造物調査 TOR 案、GIS データベースの概要）

#### 5.4 モデル事務所の維持管理計画の作成支援

維持管理活動を試行する Moulvibazar O&M 地方事務所の管轄区域は、図 5.1 に示す区域である。管轄区域はハオールと呼ばれる低湿地地帯の上流に位置しハオール地域を含む。同事務所では現在までに表 5.12 に示す 19 の水資源開発スキーム（プロジェクト）が完了し、構造物の維持管理が行われている。

表 5.12 Moulvibazar O&M 地方事務所における完工した水資源開発スキーム

番号	スキーム名	プロジェクトタイプ	位置 (Upazilla/District)	総面積/純面積(ha)	実施期間	直接工事費 (十万 Tk)
1 *1	Barachara Irrigation Project	DI	Kulaura/ Moulvibazar	2,000/ N.A.	1999-2000	212.00
2 *1,*3	Dewarachara FCD Sub-Project	FCD	Kamalganj/ Moulvibazar	4,450/ 4,450	1998-2004	255.18
3 *1	Hail Haor Project	FCD	Moulvibazar Sadar & Sreemangal/ Moulvibazar	24,372/ 18,176	1981-1989	1,069.42 & Wheat 1,500MT
4 *1,*3	Hamhami Chara Sub-Project	FCD	Moulvibazar Sadar, Kamalgonj/ Moulvibazar	2,594/ 1,294	1988-1991	145.10 & Wheat 490 MT
5 *1	Manu Left Embankment Project	FCD	Moulvibazar Sadar/ Moulvibazar	16,000/ 16,000	1982-1986	408.24
6 *1,*3	Manu River FCD Project Phase-I	FCD	Kulaura/ Moulvibazar	3,075/ 2,567	1989-1993	159.00 & Wheat 4,480 MT
7 *1,*3	Manu River FCD Project Phase-II	FCD	Kulaura & Rajnagar/ Moulvibazar	5,200/ 1,500	1994-1998	201.53 & Wheat 4,563 MT
8 *1	Manu River Project	FCDI	Rajnagar & Moulvibazar Sadar/ Moulvibazar	24,178/ 19,028	1975-1983	7,258.00
9 *1	Phanai River WCS (not functioning)	I	Kulaura/ Moulvibazar	1,500/ 1,200	1983-1985	157.89
10 *1,*3	Shaka Borak Project	FCD	Moulvibazar Sadar/ Moulvibazar	4,520/ 3,800	1988-1993	113.87 & Wheat 390 MT
11 *1,*3	Sharifpur FCD System	FCD	Kulaura/ Moulvibazar	1,822/ 1,214	1987-1995	145.00 & Wheat 1,100 MT

番号	スキーム名	プロジェクトタイプ	位置 (Upazilla/District)	総面積/ 純面積(ha)	実施期間	直接工事費 (十万 Tk)
12 *1	Tarapasa Premnagar Flood Control Embankment Project	FC	Rajnagar/ Moulvibazar	8,000/ 6,500	1994-1996	211.50
13 *2	Bank Protection Work for Manu River Left Bank from bashat to Manumukh	BP	Moulvibazar Sadar/ Moulvibazar	11,480/ -	1982-1999	751.58
14 *2	Moulvibazar Town Protection Project	TP	Moulvibazar Sadar/ Moulvibazar	1,500/ -	1992-1999	1,618.38
15 *2	Protection Work of Area adjacent to Manu Mukh Bazar	BP	Moulvibazar Sadar/ Moulvibazar	8,000/ -	1994-1999	110.81
16 *2	Bank Protection Work of Manu River up to Balikandhi Palpur in the Right Bank	BP	Moulvibazar Sadar/ Moulvibazar	1,500/ -	1995-1998	303.00
17 *2	Protection of Territory of Bangladesh from erosion of Juri River	BP	Juri/ Moulvibazar	2,470/ -	2003-2005	551.90
18 *2	Kaminganj Bazar Protection Project from erosion of Juri River	BP	Juri/ Moulvibazar	1,422/ -	2002-2004	195.88
19 *2	Early Flood Control and Drainage Project in Haor Area	FCD	Moulvibazar Sadar, Rajnagar/ Moulvibazar	22,672/ 11,578	2011 – On going	1,452.98

出典:

- \*1: Scheme Database Inventory and Mapping (contract package No: BWDB/S4), Water Management Improvement Project (WMIP), IWM
- \*2: Moulvibazar O&M 地方事務所よりの情報
- \*3: Database and mapping already conducted by WMIP/IWM

Note:

DI: 灌漑及び排水, FCD: 治水及び排水, FCDI: 治水、排水及び灌漑, I: 灌漑, FC: 治水, BP: 法面保護, TP: 市街地防衛

Moulvibazar O&M 地方事務所の管轄区域内には「バ」国で数少ない水門（マヌ水門）やポンプ場があり、土木構造物のみではなくそれらの機械施設の維持管理も行っている。維持管理の状況は以下のとおりである。

- 水門及びポンプ場などの大規模な施設では、専任の職員が運用、維持管理に当たっている。操作ルールは一度も改定されていない。
- その他の構造物については、事務所および水管理組合が維持管理を行っている。
- 事務所の Sub-divisional Engineer と Sectional Officer が、概ね1ヵ月に1度の頻度で構造物の巡視を行い、所長である Executive Engineer に報告している。
- Executive Engineer はその報告に基づいて構造物の状況、維持工事に必要な予算を考慮して、維持工事の必要性を判断する。実際には維持管理予算が十分でないことから、小規模（もぐらの穴、小さなクラック、護岸ブロックの損傷等）な修復作業は行われていない。そのため、放置された小さな損傷が拡大して維持工事に必要な構造物数が増加している。
- 事務所には長期の維持管理計画がなく、優先度の高いものから予算を割り当てて実施している。
- 小規模修復の遅れ→小さな損傷が拡大→維持工事の増大→予算不足→小規模修復の遅れ、という負のスパイラルに陥っている。

- この状況に対応するため事務所長である Executive Engineer は、管轄区域内の構造物の修復工事を取りまとめてリハビリ事業として開発プロジェクト予算を獲得することを検討している。
- しかし、事務所管轄区域内の構造物位置は事務所職員により把握されているものの、図面として整備されておらず、構造物諸元などを記した構造物台帳も作成されていない。さらに各水資源開発スキームの報告書は、竣工図を含めて散逸しており、上記のリハビリ事業のためのプロポーザルに必要な基礎資料がない。

プロジェクト開始時には、モデル事務所の維持管理計画を作成し、維持管理に必要な予算を確保するための支援を行うこととしていた。しかしながら上述のようにモデル事務所においては、維持管理の基本となる構造物台帳なく、維持管理計画を策定することが困難な状況である。そこで、本プロジェクトでは、事務所における維持管理の基本となるデータ整備を支援することで維持管理計画作成支援を行うこととし、以下の活動を実施することとした。

- 河川構造物調査（「5.5.1 河川構造物調査」参照）
- GIS データベースの構築（「5.7 GIS を活用した河川構造物の維持管理履歴のデータベース化」参照）
- 河川巡視点検カルテの提案（「5.7 GIS を活用した河川構造物の被災履歴および修繕履歴のデータベース化」参照）

## 5.5 モデル事務所における維持管理活動の試行

適切かつ効率的な河川構造物の維持管理を行うため、作成された維持管理マニュアル案に基づきモデル事務所として選定された Moulvibazar O&M 地方事務所において維持管理活動の試行を行った。Moulvibazar O&M 地方事務所では、維持管理活動の基本資料である各河川構造物の位置、諸元、損壊状況等の基本情報が整理されておらず、維持管理計画を策定することが難しい状況であった。そこで維持管理の基本となるデータ整備を支援することから始めることとし、その後、河川構造物の巡視を通して補修の要否、その優先順位を明確にすることで維持管理計画作成を支援した。

### 5.5.1 河川構造物調査

Moulvibazar O&M 地方事務所が管轄する区域はメグナ川上流クシャラ川の左岸であり、マヌ川、ジュリ川等のインド領を上流部とする河川が南から北に流下し、クシャラ川に合流している。同地域は、ハオールと呼ばれる低湿地地帯の上流に位置している。

同事務所では、現在まで 19 の治水、排水、灌漑、法面保護、市街地防護などの水資源開発プロジェクトが完工しており、数多くの構造物が建設、管理されている。しかし各構造物の位置は職員により把握されているものの参照できる位置図、諸元等は整理されておらず、また、各プロジ

エクトの報告書や竣工図は散逸していた。

そこで、維持管理活動試行の第一歩として事務所管轄区域内の河川構造物の基本情報を整理することを目的として構造物調査を実施した。調査は事務所の人員不足を考慮して現地コンサルタントによる再委託調査とし、以下の要領で実施した。調査仕様を巻末の付属資料-4 に示す。

表 5.13 モデル地方事務所管轄区域内の構造物調査

調査名	Moulvibazar O&M 地方事務所内の水資源開発スキームの水理構造物調査
契約者	JICA バングラデシュ事務所（担当：BWDB 派遣 JICA 長期専門家）
調査期間	2015 年 9 月～2016 年 3 月
調査目的	Moulvibazar O&M 地方事務所の全管理構造物を対象として、その位置、主要諸元、現況の維持管理状況を把握することを目的とする。
調査内容	1. 地方事務所・住民よりの資料情報収集 2. 構造物現地調査（位置特定、写真撮影、スケッチを含む構造物諸元の調査） 3. 報告書作成（位置図、河川構造物台帳）
対象構造物	河道・排水路・灌漑水路 付帯構造物（堤防、護岸・根固め、水制、道路、橋梁） 水管理施設（水門、樋門・樋管、水路橋、サイホン、ポンプ）

本構造物調査は構造物調査・GIS データベースの BWDB 全事務所への普及の一環として、BWDB の総合的水資源管理アドバイザーである JICA 派遣長期専門家の予算を用いた再委託調査として試験的に実施されたものである。本調査の他に沿岸部の Chittagong O&M 地方事務所-I、Chittagong O&M 地方事務所-II、Cox's Bazar O&M 地方事務所の管轄区域についても同じ仕様の調査を実施した。

JICA 専門家チームは、Moulvibazar O&M 地方事務所管内の構造物調査の初期に現地に入り、O&M 地方事務所職員・住民からの資料情報収集、現地での構造物調査を指導・支援した。調査結果は河川構造物台帳として整理された。今後は O&M 地方事務所が自らまたは現地コンサルタントを指導しながら台帳を更新していく必要がある。そのため台帳のいくつかのシートをサンプルとして台帳整備に係る留意点等について議論、指導した。具体的な指導項目は次のとおりである。指導に用いた説明資料を付属資料-5 に示す。

- ・ 施設台帳はそれをもとに維持管理することが目的である。
- ・ そのため、台帳には維持管理に必要な情報が記載される必要がある。
- ・ 記載すべき情報として、施設の構造、補修の緊急度、具体的な数値、損傷箇所の明示、損傷による影響等が挙げられる。

### 5.5.2 地方事務所管内構造物・修復工事現場の巡視

2016年2月半ば以降、JICA 専門家チームによる不特定地域での活動制限が緩和されたのに伴い、上記の構造物調査結果を補足し、構造物位置、主要諸元、維持管理状況を確認するとともに、修復の要否、優先順位、修復工事の現況を把握するため、O&M 地方事務所職員と管轄区域の巡視を実施した。なお、巡視により得た情報は、GIS データベースに反映した。O&M 地方事務所職

員との協議および河川巡視を通じて、維持管理について下記が明らかになった。

- ・ 人員・資機材・資金面での制約は表 5.14 に示すとおりであり、困難な事務所運営を続けている。地方事務所の組織体制、定員を図 5.2 に示す。
- ・ 慢性的な資金不足により十分な維持管理ができず、構造物の劣化や被災が拡大し修復工事が必要とする構造物が増加している。
- ・ 管轄内の河川では河岸侵食が進行している。職員・車両・燃油などの不足に伴う巡視・水防活動の遅れもあり、洪水時の堤防被災が増加している。
- ・ 維持管理計画はなく優先度の高いものから予算を割り当てて実施されている。また、維持管理予算の制約のため、被災構造物の修復工事ではなく、応急対応工事が大部分となっている。
- ・ この状況に対応するため、事務所では修復工事を管轄区域内のリハビリ事業として取りまとめ、開発プロジェクト予算を本部に申請している。





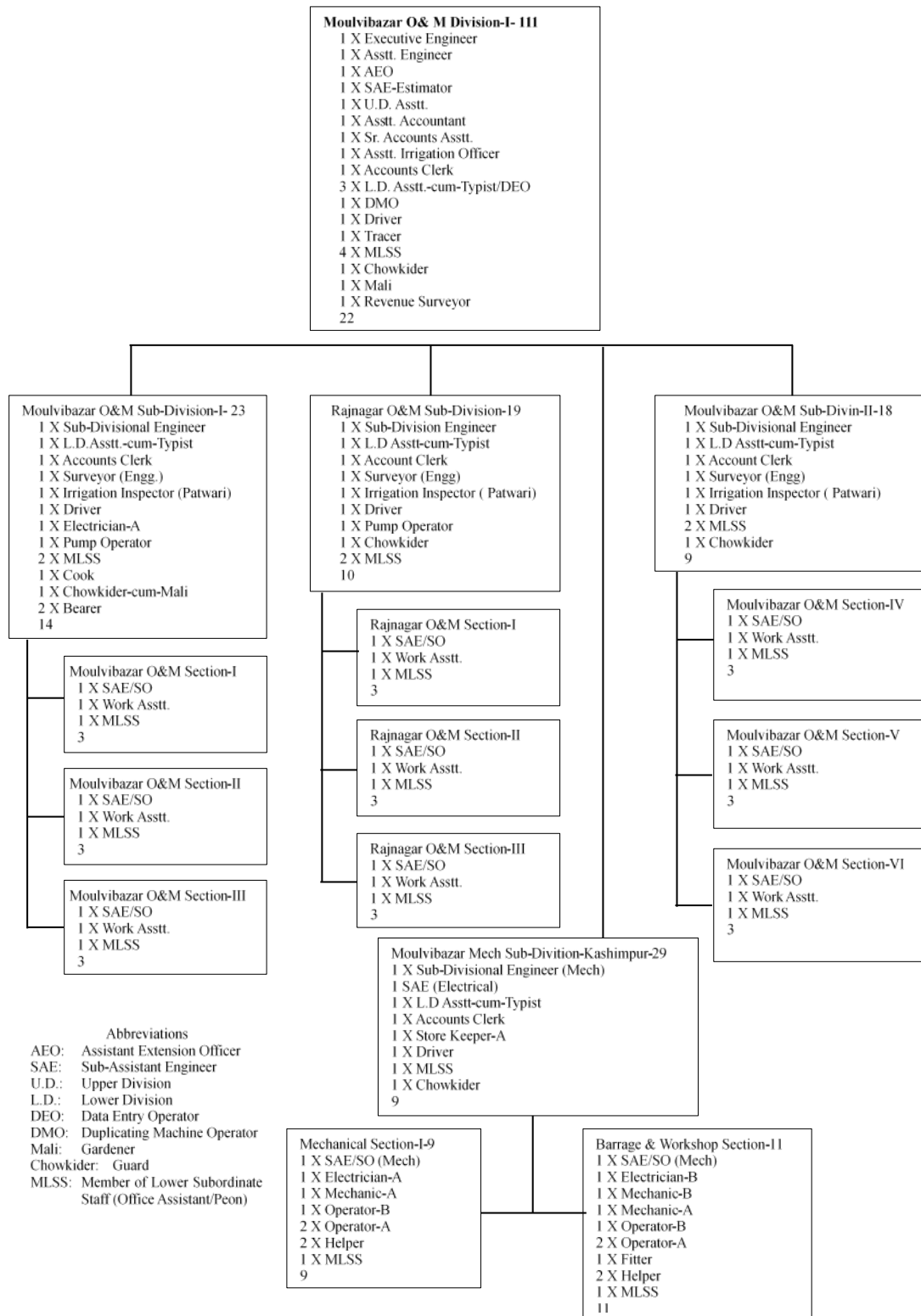


図 5.2 Moulvibazar O&M 地方事務所の組織・定員

表 5.14 Moulvibazar O&M 地方事務所の制約（インタビュー結果）

区分	制約・問題点
人員	<ul style="list-style-type: none"> <li>職員不足（土木部門定員 82 名に対して現人員 21 名）</li> <li>建設・維持管理を担う土木幹部職員不足 Executive Engineer: 1 名（定員 1 名） Sub-divisional Engineer/Assistant Engineer: 1 名（定員 4 名） Sectional Officer: 4 名（定員 9 名） 土木幹部職員合計: 6 名（定員 14 名）</li> <li>灌漑担当者不在のため、維持管理の多くの部分を担う水管理組合の結成・指導が出来ない。</li> </ul>
資機材	<ul style="list-style-type: none"> <li>事務所および設備の老朽化</li> <li>車両不足、燃油不足</li> <li>測量機器の補修・検定未実施、老朽化</li> <li>PC、GIS 等の事務機器の調達・更新不足に加え、機器トレーニング無し</li> </ul>
資金	<ul style="list-style-type: none"> <li>O&amp;M コストの不足</li> <li>測量費の不足（12 年間配分無し）</li> <li>資金の支出遅延: 支出遅延により、十分な工期が取れない（12 月および 1 月に発注が多い。工期は 3 か月程度しか取れない）</li> <li>用地補償費の不足： 堤防用地の用地補償費が支払えないため、修復工事がストップ、あるいは修復の計画ができない。 既存堤防についても、用地補償費を支払っていない民地があり、植林・耕作等を禁止出来ていない。</li> <li>時間を要する資金承認： 100 万タカを越える緊急工事は、Circle Office の Superintending Engineer の権限であり、現場での迅速な水防の実施は困難。</li> </ul>

O&M 地方事務所の維持管理の困難な状況を解決し、適正かつ効率的な維持管理を行うためには、維持管理マニュアル案の普及による職員の能力向上に加えて、人員・資機材・資金面の制約を出来るだけ解消するとともに、5 年～10 年の長期の維持管理計画の策定・実施などの長期的かつ総合的な対応が必要である。

2017 年 5 月に事務所職員とともに概略完成したパイロット工事サイトを訪れ、今後の維持管理について議論、指導を行った。特に以下の項目を留意すべき点とした。

- ・ 護岸の上下流端部の土堤とのすり付け部分は侵食されやすい。小さな損傷を見つけたら放置せずに土のう等で補修する。放置すると損傷が拡大し補修が難しくなる。
- ・ 高水位時に堤防内の浸透水が川裏法面から吹き出していることを早期に発見できるよう、川裏法面の草丈が高くなり過ぎないように手入れをする。
- ・ 洪水後や雨期の後に河川水位が下がったときに、護岸ブロック、根固めブロックが沈下や流失していないか確認する。
- ・ 護岸の設置により洪水時の流れが変わり、対岸（左岸）が侵食される可能性があるため、洪水後の巡視では対岸の河岸も対象とする。
- ・ 施工後の堤防は時間の経過とともに沈下することが予想される。堤防内への浸透を助長するような不陸は早めに埋め戻す。



## 5.6 河川構造物維持管理マニュアル案の改訂

### 5.6.1 河川構造物維持管理マニュアル案の改訂

河川構造物の維持管理マニュアル（案）は、BWDB 西部維持管理局維持管理部で作成されている「BWDB 構造物維持管理ガイドライン」（Guidelines for Operation and Maintenance of Permanent Structures under BWDB, Oct/2010）の技術的な参考文書として、2015年7月に第1版が策定された。マニュアル案第1版は以下に示すようなワークショップや試行を通じて改訂を重ねて最終化した。

- 1) 2015年11月に開催されたワークショップにおいて、マニュアル案第1版に作成についての基本的な考え方、構成、内容を説明するとともに、マニュアル案第1版がワークショップ参加者に配布された。
- 2) 同ワークショップにおいて、堤防設計・堤防施工・河川構造物維持管理の各マニュアル案についてのレビューおよび取りまとめを支援するBWDB内の委員会の設置が提案された。
- 3) 提案に基づいて、2015年12月15日BWDB西部維持管理局維持管理部部長を議長とする5委員による維持管理マニュアル案レビュー・取りまとめ作業委員会が設置された（本報告書2.7.4参照）
- 4) JICA 専門家チームと各委員の説明・協議を経て、2016年3月に委員会よりマニュアル案第1版についてのコメントが出された。
- 5) マニュアル案は委員会のコメントに基づいて改訂され、2016年6月第2版とされた。主たる改訂点を以下に示す。
  - BWDB内の構造物に関する情報の最新化
  - 専門用語修正・追加、
  - 作業説明の追加・修正
- 6) 構造物台帳作成、構造物巡視活動のモデル活動を通じて、BWDB Moulvibazar O&M 地方事務所職員には河川管理施設の被災原因や被災形態、各施設に求められる機能についての理解が不足していることがわかった。どのように被災するのかを理解していないと適切な点検、早期の補修ができず、また、施設の機能を正しく理解していないと補修の優先順位を検討することができない。これらのことより維持管理マニュアルを第2版から最終化するにあつ

ては、各施設の機能、被災メカニズム等に関する説明を追記し、それらの理解に基づいて維持管理を実施する内容とした。また、維持管理の重要なツールである GIS データベースの概要をマニュアルの Annex-2 に掲載した。マニュアルの最終版は 2017 年 7 月に BWDB 総局長により承認された。

### 5.6.2 維持管理マニュアルの説明、維持管理に関する技術指導のためのワークショップ

2017 年 5 月 22 日（日）、Moulvibazar O&M 地方事務所の C/P 7 名に対して維持管理マニュアルの概要と第 2 版からの改定点を説明した。また、維持管理活動のひとつである施設台帳の整備に関して技術指導を行った。C/P への説明資料を付属資料-6 に示す。

Moulvibazar O&M 地方事務所が管理するマヌ川の衛星写真（Google Earth）を用いて、蛇行区間における土砂堆積と河岸侵食の発生状況を確認するとともに、土砂堆積状況から流速の横断分布の考察、被災メカニズムや対策工についての議論を通じて理解の深化を図った。



O&M マニュアルの説明、維持管理の技術指導



マヌ川の蛇行と土砂堆積

## 5.7 GIS を活用した河川構造物の被災履歴および修繕履歴のデータベース化

### 5.7.1 モデル事務所の維持管理 GIS データベース作成の背景

河川構造物の基本情報である構造物位置、諸元、被災状況、補修状況等を把握することは、限られた予算の中で適切に維持管理する上で重要な情報となる。本プロジェクトでは、河川構造物の維持管理システムの構築活動の一環として、維持管理活動に直接携わる O&M 地方事務所が河川構造物基本情報を効率的に管理するための試験的データベースを構築し、維持管理活動に役立てることとした。

#### (1) モデル事務所での GIS データベース構築

本データベースは、O&M 地方事務所職員自らが管理・更新していくことを目的として、システムエンジニアのようにコンピュータシステムに精通していない一般土木エンジニアでも操作が可能なシステム及びソフトを採用してデータベースを開発した。使用する GIS ソフトは、オープンソースソフトウェアである QGIS を採用し、すべての O&M 地方事務所職員が利用できる環境を整えた。また、O&M 地方事務所職員の能力に応じた OJT 形式の技術移転セミナーを実施することにより、確実に操作ができるようになるよう技術移転を実施した。

#### (2) WMIP データベースとの互換性

WMIP データベースは BWDB 所管の河川構造物実施プロジェクトを統合的に管理するために IWM により開発されたデータベースである。しかしながら、WMIP データベースを各 O&M 地方事務所で管理する計画はあるものの、全国の河川構造物を統合的に管理することを目的に開発されていることから、O&M 地方事務所独自で管理するには現在のモジュールの種類からみても適していない。そこで本プロジェクトでは、O&M 地方事務所が行う河川構造物維持管理の情報に加え、被災・修復箇所に関する情報を GIS 上で管理するためのデータベースを作成した。これは WMIP データベースの O&M に関するモジュールの 1 つとなるようなものを想定し、WMIP データベースと共有できるシステム/データ管理方法で作成することとした。

### 5.7.2 GIS データベース構築のための基礎データ収集

河川構造物維持管理データベースを構築するために、本活動では以下の通りデータ収集を行った。主に収集したデータの種類は、①マップを構成する上での基礎情報レイヤーとなる道路、鉄道、河川、ハオール等のベースマップデータと、②BWDB 所管の維持管理対象河川構造物（堤防、ポンプ、樋門、水門等）である。また、本プロジェクトでは Moulvibazar O&M 地方事務所管轄下における維持管理データベースを作成することを想定していることから、Moulvibazar エリアに絞ったデータを収集した。

#### (1) IWM からのデータ収集

上述の通り、WMIP データベースとそれに付随する GIS マップは IWM により構築された。Moulvibazar においては、12 のプロジェクトのうち、管轄区域が 1,000~5,000ha の 6 つのプロジェクトについて GIS マップが用意されている。この GIS マップはベースマップと河川構造物データから構成されており、現地調査による緯度経度位置座標を持っている排水ポンプ、レギュレータなどは正確な位置にプロットされている。これらのデータは、IWM から無償で入手した。

#### (2) バングラデシュ測量局からのデータ収集

国土基本図はバングラデシュ測量局 Survey of Bangladesh (SOB)により作成・発行されている。縮尺 1:50,000 地形図については「バ」国全土をカバーしており、所定の手続きを経て、DXF フォーマット(CAD)電子データとハードコピーを入手することができる。縮尺 1:50,000 地形図は既に電子データとして入手済みであり、GIS にコンパイルした。しかし、内容が古く更新されていないところも多く見受けられることから、全体的な概要を把握するために使用した。

縮尺 1:50,000 地形図に加え、JICA の支援により、縮尺 1:25,000 地形図を「バ」国全土スケールで作成している。縮尺 1:50,000 地形図と比べ、3m未満とそれ以上の堤防で区別するなど、より細かい属性分類がされており、堤防に関する詳細な情報が含まれている。本プロジェクトでは縮尺 1:25,000 地形図の Moulvibazar 全域を入手し、GIS データベース作成に活用した。

#### (3) LGED からのデータ収集

LGED では地方道を中心とした道路網の GIS データベース化が進んでいる。本データベースにおいても道路網は地図上で位置を特定するのに重要な情報の 1 つとなるので、データを入手して本 GIS に統合した。

#### (4) 再委託業務による河川構造物データ

本プロジェクトでは、再委託業務により Moulvibazar 管轄下の河川構造物の情報を現地調査により収集した（「5.5.1 河川構造物調査」参照）。データ収集内容・成果物は、排水ポンプ、樋門、水門、河岸侵食対策工の緯度経度情報を含む諸元情報と、写真・スケッチを含む台帳シートである。また、ポータブル GPS トラックログデータから上記 IWM、SOB から入手した堤防、水路線形を修正するための情報も得られた。

本調査で得られたデータは、上記、IWM、SOB から入手した情報に比べて最新の情報となるので、本データベースを構築する上で優先順位の高いデータとして扱うこととした。

### 5.7.3 GIS データベース構築の手順

データベース構築の段階から、可能な限り O&M 地方事務所職員の意思が反映されるように、協

働で作成できるような構築過程を踏んで開発を実施した。具体的な構築過程は以下の通りである。

#### ステップ 1 : 収集した既存データによるドラフト GIS データベース作成

5.7.2 にて収集した IWM, SOB, LGED のデータを用いて、ドラフトとなる GIS データベースを作成した。LGED からのデータについては、詳細な道路線形データ、SOB からは詳細な道路線形データ、鉄道線路、衛星画像と標高データから抽出された堤防線形を本 GIS データベースに取り入れた。WMIP データベースからのデータは、主に河川構造物施設である樋門、水門のポイントデータ、堤防線形データを導入している。ドラフトとなる GIS データベースについては、土台となるデータベースなので GIS 専門家が作成した。

#### ステップ 2 : 再委託業務による被災状況を含む河川構造物情報の取得

再委託業務による現地調査から河川構造物の基礎諸元と被災状況の情報を収集した。現地再委託業者が現地で情報を収集する上では、ステップ 1 で作成した GIS データベースの地図を活用し、必要に応じて堤防線形を修正するなど既存の情報を補完・修正する等の作業を行った。

#### ステップ 3 : GIS データベースの入力作業

ステップ 2 で収集したデータをもとに GIS データベースへの入力作業を行った。この入力作業に際しては、Moulvibazar O&M 地方事務所職員の GIS データベース操作能力向上も兼ねて協働で実施した。ターゲットとなる職員として、Moulvibazar O&M 地方事務所職員の PC 作業に精通している職員を数名選定し OJT 形式の作業で実施した。

#### ステップ 4 : Moulvibazar O&M 地方事務所職員との確認・課題抽出作業

Moulvibazar O&M 地方事務所職員が本データベースを使用することを想定していることから、O&M 地方事務所職員と協働でドラフトとなる GIS データベースの確認作業を実施した。具体的な作業は以下の通りである。

##### a. 樋管、水門、ポンプ場等の河川施設の位置情報

再委託調査で得られた GPS 位置情報を基に、河川施設位置を GIS データベースに入力した後、A1 サイズの紙に地図として出力し、卓上で Executive Engineer、Sectional Officer、現地再委託業者と協働で確認した。

Sectional Officer は Moulvibazar 県内で管轄エリアが決まっており、担当エリアごとに見落とし箇所や施設名の間違いなどの確認を行い、卓上で確認できないものについては必要に応じて Sectional Officer と現場にて確認した。

##### b. 堤防・水路の線形

堤防、水路等の線形構造物については、再委託調査によって収集したポータブル GPS トラックログデータを参考に、既存の線形データ (IWM 及び SOB により収集したデータ) から修正するという作業を行った。SOB による堤防線形データは、衛星画像より抽出した標高



差から堤防として抽出した線形であるため、河川沿いの自然堤防、河川沿いの盛土、盛土上の農道(LGED 管轄下)が堤防と認識されている場合がある。そのため、上記作業を通じて BWDB 職員からの聞き取りにより BWDB 管轄堤防を抽出する必要がある。この作業に際して、再委託業者により取得したトラックログデータ、既存の堤防、水路線形、衛星画像を GIS データベースにレイヤーとして重ね、A1 サイズの地図として出力し、Executive Engineer、Sectional Officer、現地再委託業者と協働で確認作業を実施した。この作業でも、上述同様に現地確認作業が必要な場合は Sectional Officer と現地で確認した。



写真：  
Moulvibazar O&M 地方事務所職員との構造物位置及び線形確認作業風景  
(Moulvibazar O&M 地方事務所にて)

#### 5.7.4 GIS データベースの構成

##### (1) アプリケーションと操作フォルダ構成

###### a. GIS アプリケーションについて

Moulvibazar O&M 地方事務所で使用すること、また、将来、他地方事務所での汎用性を担保することを想定し、ArcGIS などの有償 GIS ソフトではなく、オープンソースアプリケーションである Quantum GIS (QGIS) を用いて GIS データベースを構築した。QGIS は無料で QGIS ウェブページよりダウンロードできることから、だれでも容易に使用することができる。

###### b. 操作フォルダーの構成

本データベースに関する操作ファイルは、“O&M Database Moulvibazar” フォルダにすべて格納されており、各パソコンの C ドライブ直下に保存するものとする。“O&M Database Moulvibazar” フォルダ内の構成は以下の通りである。



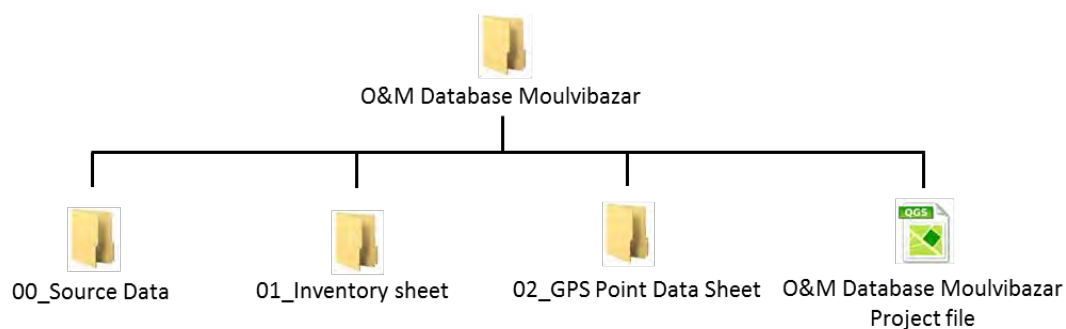


図 5.3 GIS データベース操作フォルダの構成

・ 00\_Source Data

すべての GIS 関連ファイル（シェープファイル）が格納されており、下層にはさらにファイルタイプごとにフォルダ分類されている。

・ 01\_Inventory sheet

すべての河川構造物、堤防被災箇所についての台帳シートが格納されており、本データベースとリンクする形でつながっている。

・ 02\_GPS Point Data Sheet

本データベースに新規河川構造物ポイント・ラインデータを追加するときに使用するエクセルファイルが格納されている。利用方法については「O&M GIS Database Manual」に記載されている。

・ O&M Database Moulvibazar Project file

本データベースを実行するファイルである。「00\_Source Data」、「01\_Inventory Sheet」内のすべてのデータとリンクしている。

(2) GIS データベースレイヤー構成

GIS はさまざまな情報を地図上にオーバーレイすることにより空間的に情報を管理することができる。本 GIS データベースでは、樋門、水門、護岸工、堤防などから構成される河川構造物のレイヤー群と、行政区分、道路、河川などから構成されるベースマップレイヤー群の 2 つのレイヤー群から構成されている。詳細のレイヤー構成は以下の通りである。

表 5.15 GIS データベースのレイヤー構成

レイヤー群	分類	レイヤー	諸元	備考・諸元
河川構造物 レイヤー	河川構造物	堤防及び水路（ラインデータ）	IWM、SOB 本プロジェクト現地再委託業務	
		その他河川施設構造物（樋門・水門などのポイントデータ）	本プロジェクト再委託調査業務 一部IWMより収集	
	河川構造物の被災・修復箇所に関する情報	堤防及び水路（ラインデータ）	本プロジェクト現地再委託業務	河川台帳シートとリンク
		その他河川施設構造物（樋門・水門などのポイントデータ）	本プロジェクト現地再委託業務	河川台帳シートとリンク
	堤防距離標	Manu 川距離標	プロジェクトチーム作成	Manu 川両岸 Primary 堤防
ベースマップ プレイヤー	自然条件	河川	IWM 及び SOB	大河川・小河川に分類
		湖・ハオール	自然調査既往報告書	
	インフラ	道路	IWM、SOB 及び LGED	
		鉄道線路	SOB	
	地形データ	標高デジタルデータ (DEM)	USGS	SRTM 30m 解像度の Digital Elevation Map 及びその陰影図（無償）
	行政区分	バングラデシュ国境界	SOB	
		県境界	SOB	
		地名	LGED、デジタルマップ等	Upazila、Union、Growth Center、Rural Market
	その他	プロジェクトエリア	IWM	過去に BWDB 及び他ドナーにより実施したプロジェクトエリア

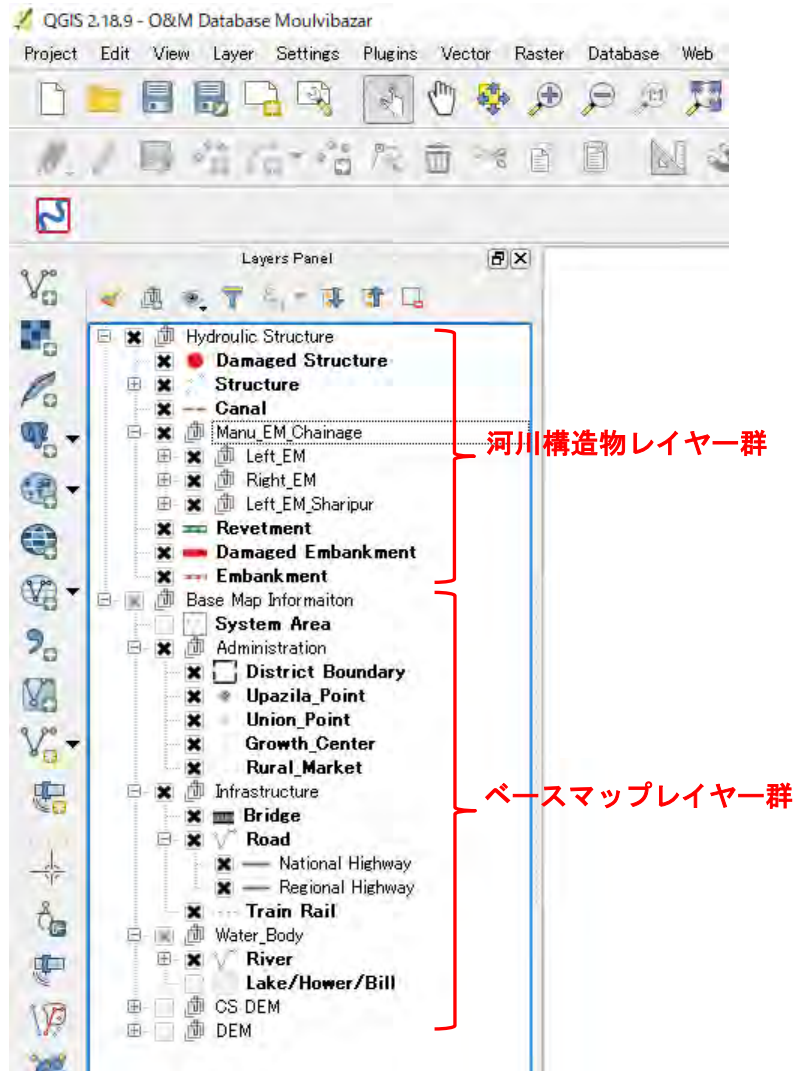


図 5.4 GIS データベース上のレイヤー構成

### (3) 河川構造物レイヤー

河川構造物樋門、水門等のポイントデータとしての河川施設構造物と、堤防・灌漑水路・護岸工等ラインデータとしての河川構造物で構成されている。

#### ・ 河川施設構造物の諸元項目について

本 GIS データベースは、河川構造物位置図としての機能のみならず、各施設に諸元情報をデータベースとして蓄積する機能を備えている。本 GIS データベース内では、Open Attribute Table と Identify feature 機能から諸元情報を確認することができる。

河川施設構造物（ポイントデータ）の諸元情報項目については、将来的に WMIP データベースとの互換性を考慮し、基本的には同データベースで管理されている項目とするが、Moulvibazar O&M 事務所職員からの要望を含め、距離標、関連する水路名の情報も付加している。表 5.16、表 5.17 に諸元項目を示す。図 5.5 に GIS データベース内における Open Attribute Table と Identify feature 機能を示す。

表 5.16 樋門、水門、カルバート等諸元項目  
(GIS データベース)

諸元項目	備考
Structure Name	構造物名
Structure Type	構造物種 (Regulator, Culvert 等)
Scheme	構築時のスキーム名
Coordination	構造物の緯度、経度
Chainage	距離標
Embankment Name	構造物に接する堤防
Embankment Type	構造物に接する堤防の種類
Canal Name	水路名
CS Gate	川裏扉解放方式 (Frap, Lift 式等)
RS Gate	川表扉解放方式 (Frap, Lift 式等)
Canal Gate	水路扉解放方式 (Frap, Lift 式等)
Number of Vent	扉数
Main Vent Width	扉幅
Main Vent Hight	扉高さ
Second Vent Width	扉幅 (2 次樋門・水門)
Second Vent Hight	扉高さ (2 次樋門・水門)
Upazila	所在地 (村・郡レベル)
Union	
Inventory Sheet No.	構造物諸元シート No.

表 5.17 河岸侵食対策工現況諸元  
(GIS データベース)

諸元項目	備考
Start Point Coordination	対策工開始地点緯度経度
End Point Coordination	対策工終了地点緯度経度
Embankment	堤防名
Embankment Type	堤防の種類
Location	地点名
Scheme	構築時のスキーム名
RS berm	高水敷長
CS berm	川裏小段
Length	対策工長さ
Crest	天端長
RS Slope	川面法面勾配
CS Slope	川浦法面勾配
RS Height	川表堤防高
CS Height	川裏堤防高
Inventory Sheet No.	構造物諸元シート No.
Remarks	備考

STR ID	STR NAME	STR TYPE	Scheme	N dd	N mm	N ss	North	E dd	E mm	E ss	East	Chainage	EMB NAME	EMB TYPE
34	Ashamerchan S...	Syphon	NULL	24	29	40.0...	24.494...	91	48	32.21...	91.00...	30.937...	Manu River Rig...	Primary
32	Manu Barrage	Barrage	NULL	24	29	31.0...	24.491...	91	48	7.450...	91.00...	NULL	NULL	NULL
38	Kashipur Regul...	Regulator	NULL	24	29	5.40...	24.484...	91	53	27.28...	91.09...	27.439...	Manu River Rig...	Primary
39	Haripasha Syphon	Syphon	NULL	24	29	10.1...	24.486...	91	53	43.10...	91.09...	29.199...	Manu River Rig...	Primary
40	Haripasha Box ...	Culvert	NULL	24	29	10.1...	24.486...	91	53	32.89...	91.09...	NULL	NULL	NULL
42	Head Regulator	Regulator	NULL	24	29	35.7...	24.493...	91	48	15.00...	91.00...	NULL	NULL	NULL
0	3 Hamhami Char...	Regulator	Hamhami Chara Sub-P...	24	29	21.1...	24.489...	91	47	39.00...	91.79...	49.479...	Mau River Left ...	Primary
1	4 Matarapon Re...	Regulator	Hamhami Chara Sub-P...	24	29	24.6...	24.490...	91	48	18.69...	91.00...	47.899...	Manu River Left...	Primary
2	9 Soknanabin Reg...	Regulator	Manu River FCD Proje...	24	24	9.18...	24.402...	91	58	18.82...	91.97...	10.313...	Manu River Left...	Primary
3	10 Chaulk Ranchup...	Regulator	Manu River FCD Proje...	24	25	7.00...	24.418...	91	57	40.09...	91.06...	14.744...	Manu River Let...	Primary
4	11 Alinagar Regul...	Regulator	Manu River FCD Proje...	24	29	37.5...	24.393...	91	59	55.14...	91.99...	1.9960...	Manu River Rig...	Primary
5	13 Jhilerpar Regul...	Regulator	Manu River FCD Proje...	24	24	38.7...	24.410...	91	59	3.340...	91.08...	5.4390...	Manu River Rig...	Primary
6	15 Horirchak Pipe ...	Pipe Sluice	Manu River FCD Proje...	24	26	53.7...	24.448...	91	55	30.50...	91.92...	29.927...	Manu River Left...	Primary
7	16 Balia Regulator...	Regulator	Manu River FCD Proje...	24	27	35.8...	24.459...	91	55	32.28...	91.92...	22.559...	Manu River Rig...	Primary
8	18 Hajipur Regulat...	Regulator	Manu River FCD Proje...	24	28	30.3...	24.476...	91	55	2.700...	91.91...	27.423...	Manu River Rig...	Primary
9	22 Sanjoypur Reeu...	Regulator	Sharitpur FCD System	24	21	42.7...	24.361...	91	57	52.79...	91.06...	7.7160...	Manu River Rig...	Primary
10	24 Larachauk Reg...	Regulator	Sharitpur FCD System	24	22	24.3...	24.373...	91	58	7.400...	91.06...	9.3828...	Manu River Rig...	Primary
11	25 Larachauk Reg...	Regulator	Sharitpur FCD System	24	22	23.8...	24.373...	91	58	12.00...	91.06...	9.8860...	Manu River Rig...	Primary
13	26	Pipe Sluice	NULL	24	22	5.72...	24.368...	91	58	7.170...	91.96...	4.4900...	Manu River Left...	Primary

図 5.5 GIS データベース内 Attribute Table の各河川構造物諸元リスト

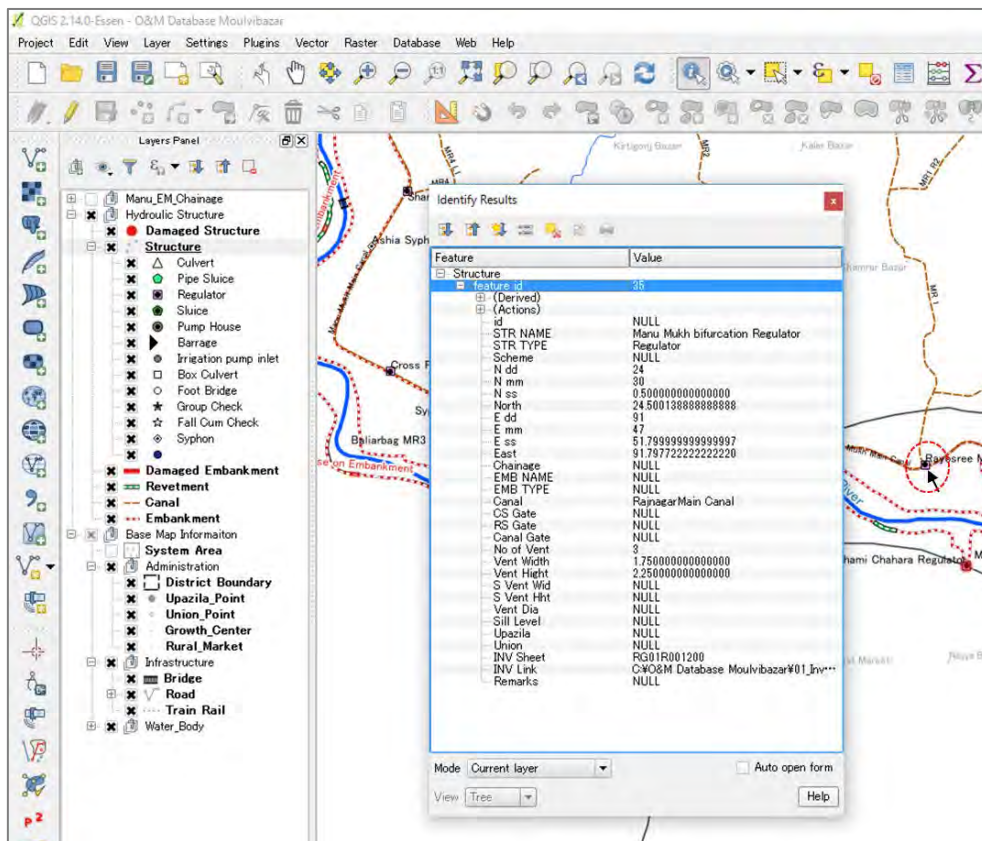


図 5.6 各河川構造物の諸元表示機能 (GIS データベース)

- 堤防距離標について

Moulvibazar O&M 事務所において、堤防施設は距離標により管理されている。しかし、実際の堤防には距離標マークがなく、堤防もしくはその周辺施設を修復する場合、その都度、測量をやり直して距離標を設定しているのが実情である。そこで、GIS データベースの堤防線形から GIS によって距離標を計算し、地図上で表示できる機能を付加した。これにより GIS データベース上で容易に構造物位置及び被災箇所の特定をすることができる。本活動内では、Moulvibazar O&M 事務所職員と距離標 0 地点を確認し、マヌ川の Primary 堤防のみに距離標を作成した。最小距離標間隔は 100m である。



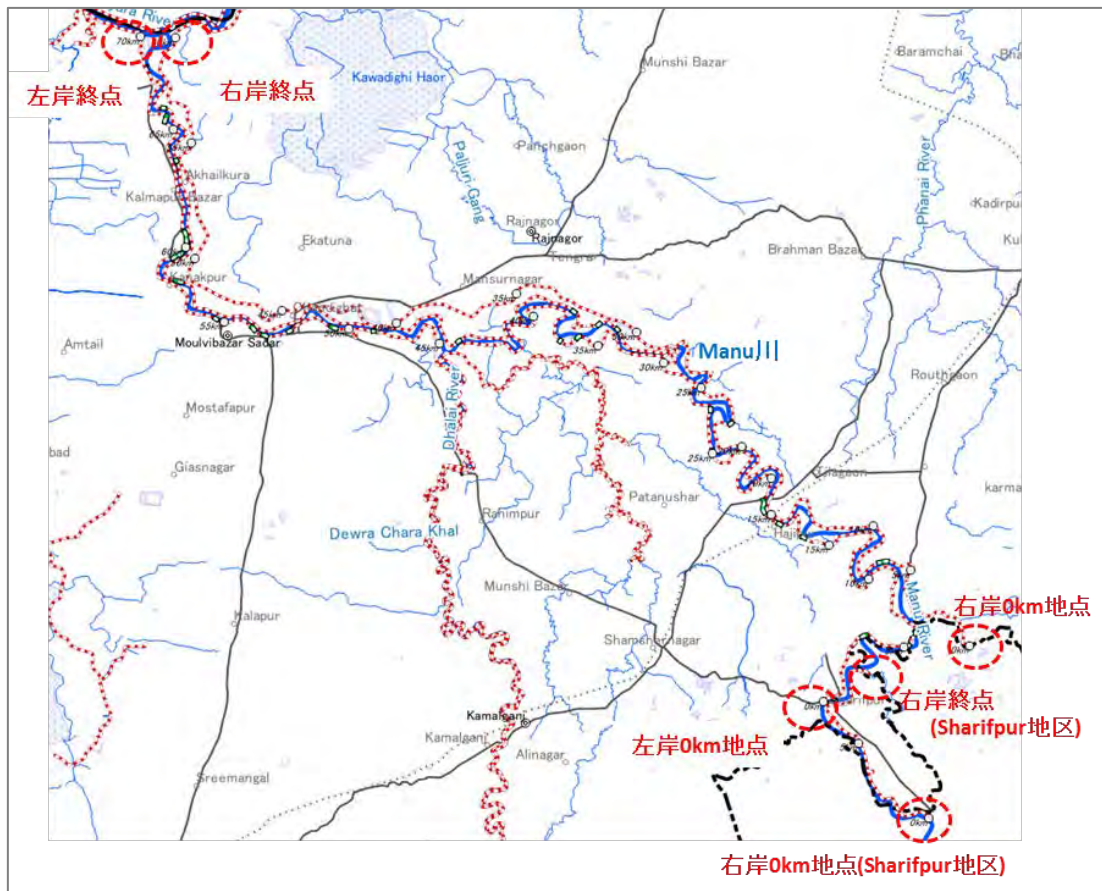


図 5.7 マヌ川 距離標位置図 (GIS データベース)

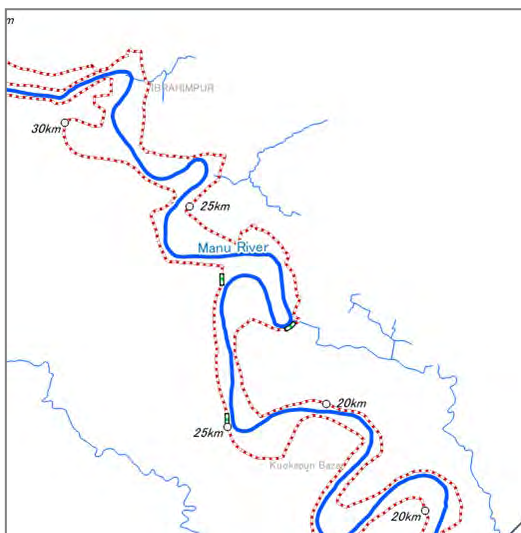


図 5.8 5km 間隔距離標表示  
(GIS データベース)

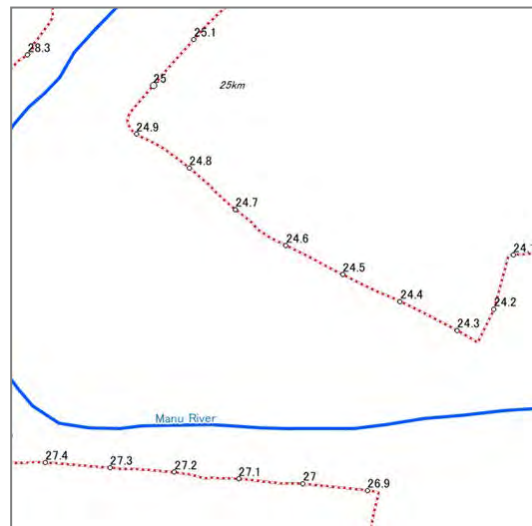


図 5.9 100m 間隔距離標表示：  
ズーム表示のみ  
(GIS データベース)

(4) 河川構造物被災箇所

本データベースは諸元情報のみならず被災し修復が必要な河川構造物についての情報もデータベースとして整備することを目的としており、再委託調査により収集した被災情報を GIS データベースに導入している。GIS マップ上では被災した箇所がすぐわかるよう赤のポイント（河川施設構造物）もしくはライン（堤防）で表示されるように設定している（図 5.10 参照）。同時にマップ上で被災内容を確認する機能も付加している。（図 5.11 参照）

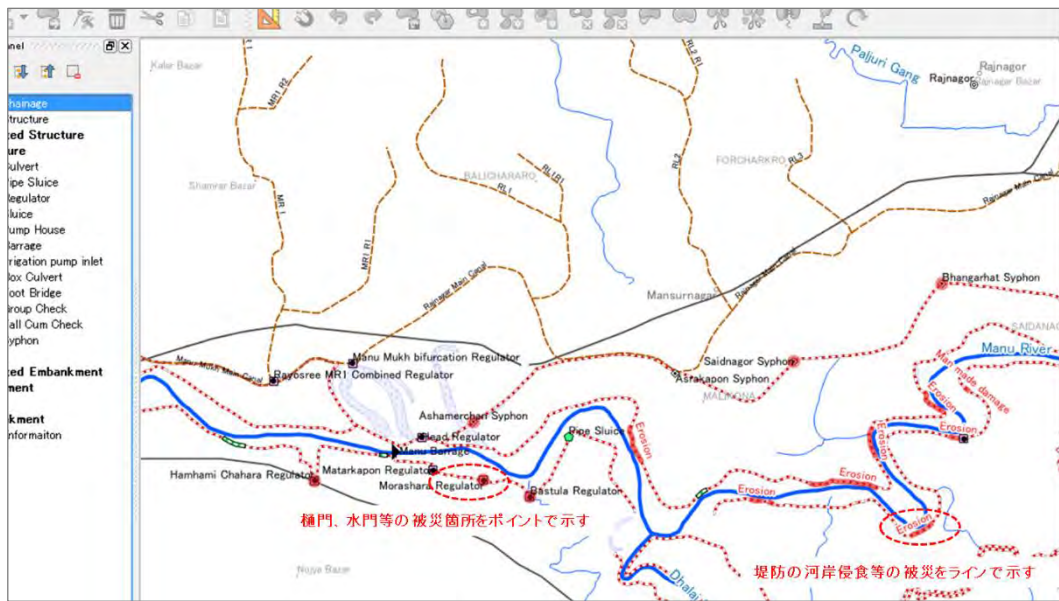


図 5.10 GIS マップ上での被災箇所表示例（GIS データベース）

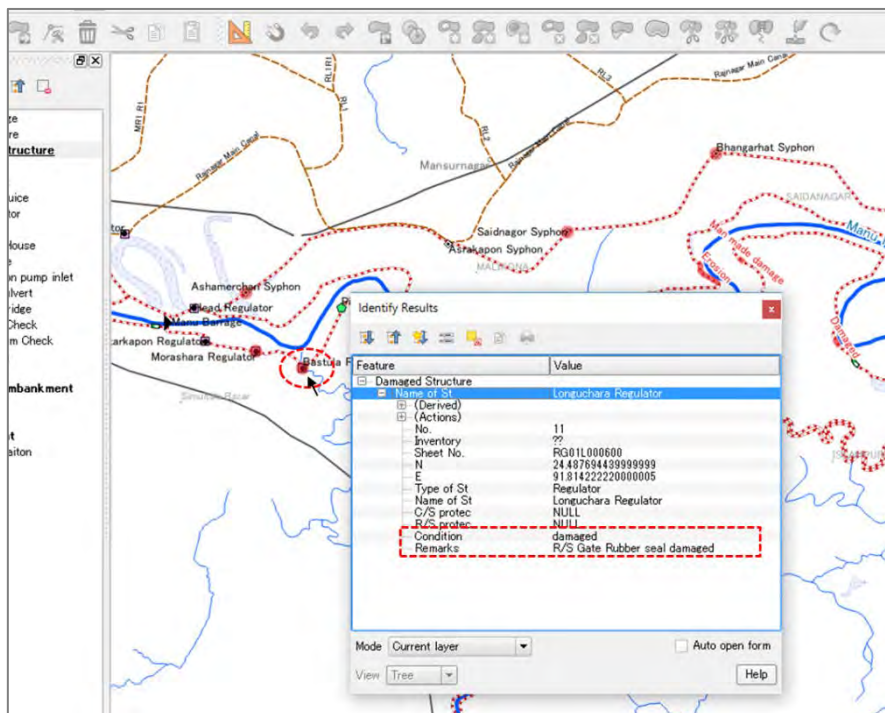


図 5.11 被災した各河川構造物の諸元表示機能（GIS データベース）



(5) 台帳シートの GIS データベースリンク化

再委託調査により作成された各河川構造物の台帳シートを GIS データベースの地図上で各構造物とリンクさせる機能を付加した。これにより、特定の被災箇所を含む河川構造物のポイントやラインを地図上で選択することにより、容易に台帳シートを開くことができる。また、台帳シートは汎用性の高いエクセルファイルで作成されているため、台帳シートの内容に変更が生じた場合は、直接編集し、上書き保存できるようになっている。図 5.12、図 5.13 に河川構造物シート及び堤防被災箇所諸元シートのリンクのサンプル例を示す。

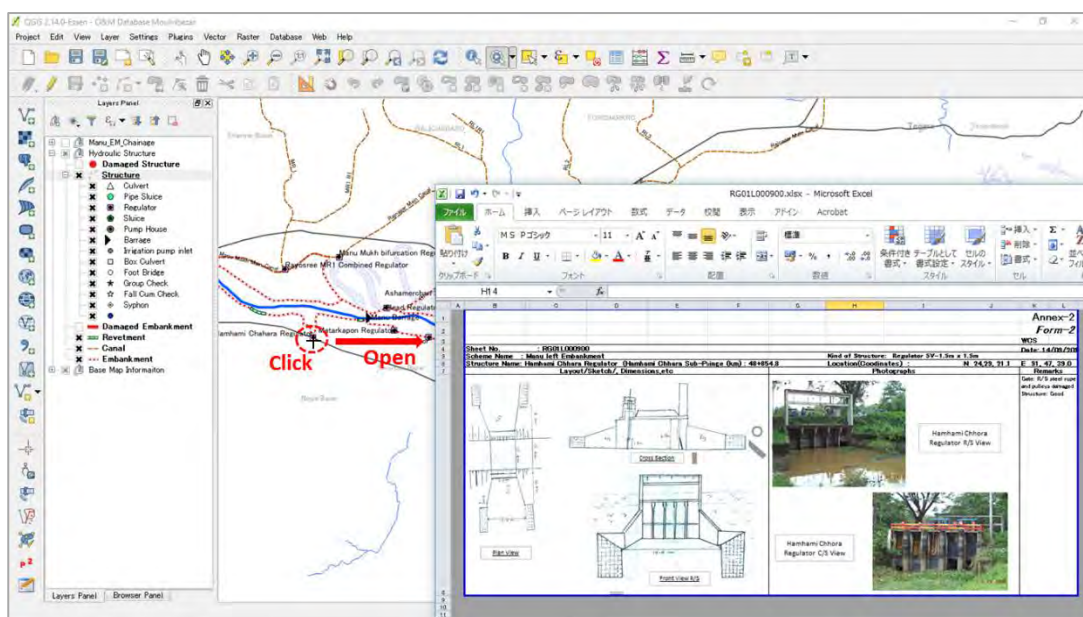


図 5.12 河川構造物（ポイント）台帳シートのリンク表示例（GIS データベース）

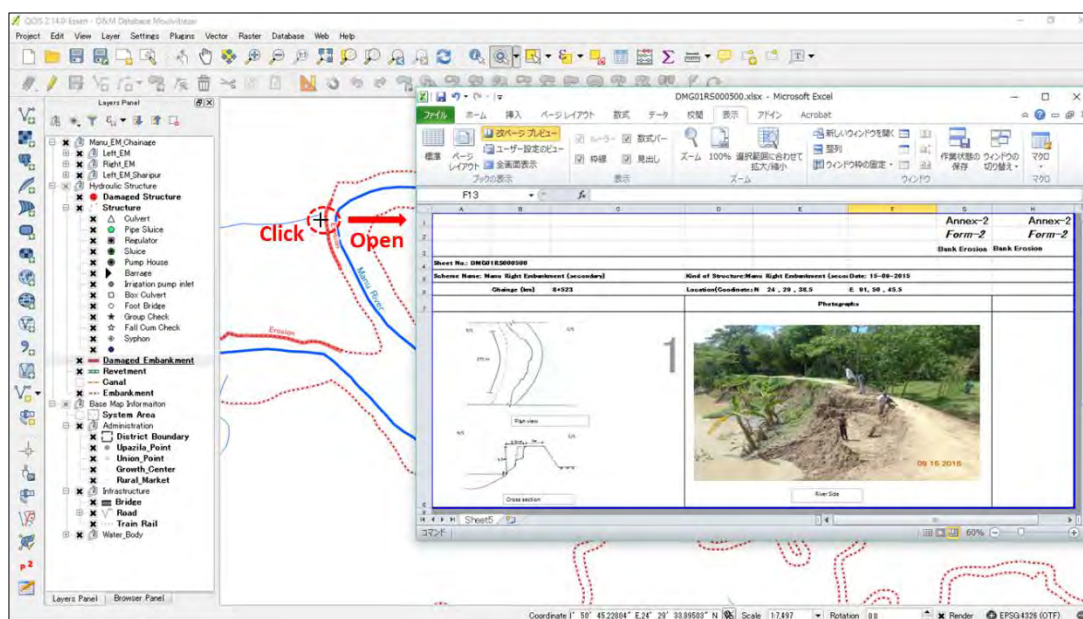


図 5.13 被災した河川構造物台帳シートのリンク表示例（GIS データベース）



## (6) ベースマップの整備

ベースマップは、河川構造物に関係しない道路・橋梁・鉄道等のインフラ整備、河川・ハオール・標高地図等の自然条件、県境・地名等の行政情報から構成されている。これらのベースマップは地図を使うことに慣れていない地方事務所職員にとって河川構造物を地図上で特定するための手がかりとなることから、持続的に本 GIS データベースを使用していくという観点からも重要な要素となる。ベースマップを作成していく上で、Moulvibazar O&M 事務所職員と、以下の点に留意して作成した。

### 1) 主要地点・地域の追加

河川構造物やその被災箇所を特定するための情報として、Moulvibazar 県内の主要地点に相当する Growth Center、Rural Market を GIS データベースに入力した。これらの主要地点は Moulvibazar 住民も共通認識を持っており、河川構造物の場所を特定するためには重要な役割を担っている。Growth Center、Rural Market のポイントデータは LGED より入手した。

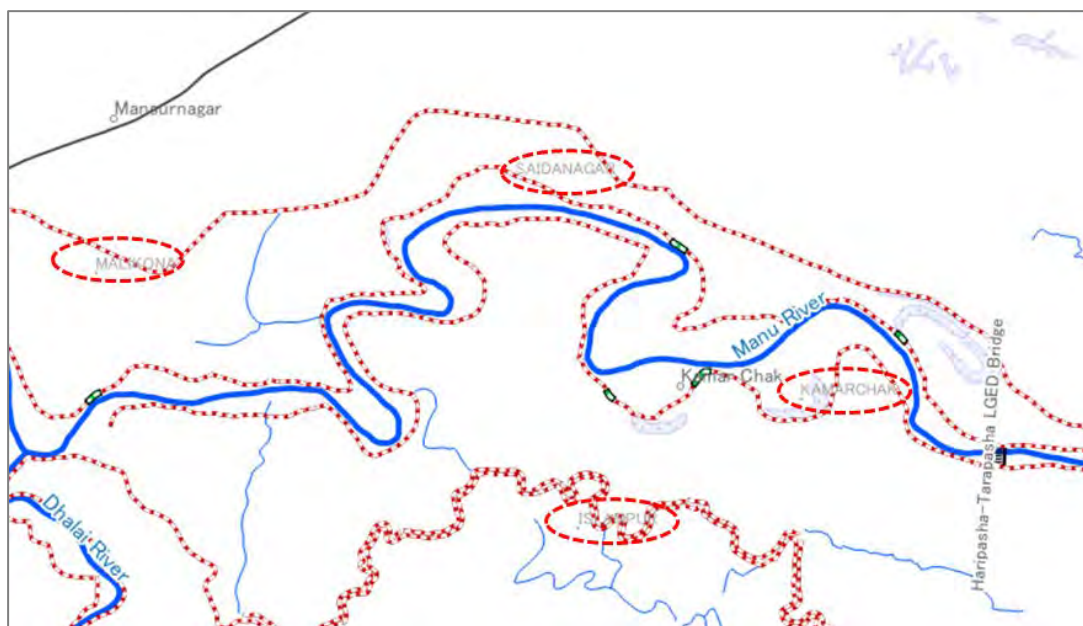


図 5.14 Growth Center、Rural Market 地点表示例 (GIS データベース)

### 2) Digital Elevation Model (DEM)による地形表示と標高取得機能

DEM を利用して視覚的に地形状況が見られるようなレイヤーを設定し、丘陵地域や標高の低いハオール地域などを確認することができるようにした。また、GIS 内の Identify Features 機能を使うことにより、任意の点における標高を取得することも可能である。図 5.15 に表示サンプルを示す。

本データベースで採用している DEM は SRTM 1 arc sec とし、メッシュ解像度は約 30m である。NASA 関連ホームページより無料で提供されており、本プロジェクトではデータをダウンロードして使用している。

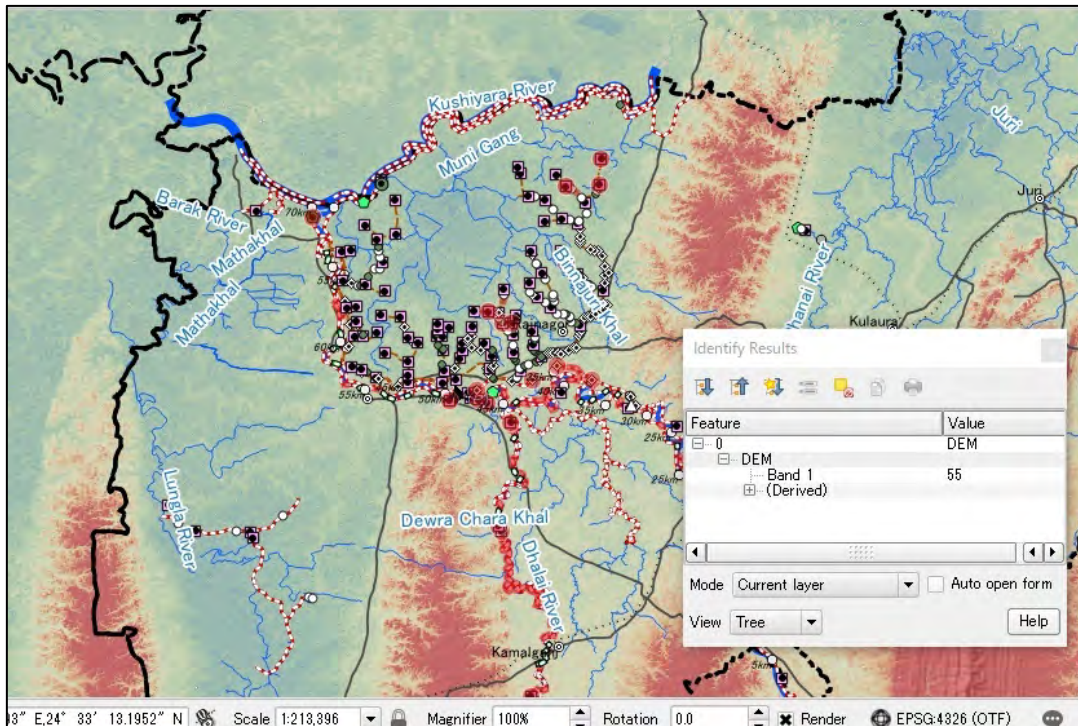


図 5.15 DEM による地形図表示例と Identify Features による標高取得 (GIS データベース)

### 5.7.5 GIS データベースのユーザーマニュアル作成

本活動では、GIS データベースのユーザーマニュアルを作成した。本マニュアルは、QGIS アプリケーションの一般的な使用手引書ではなく、作成された本 GIS データベースをどのように利用するのか、どのようにデータを追加・更新するのかというところに特化して作成している。また、内容については、O&M 地方事務所が使用することを想定して作成しており、使用者が示された図表を順々に追っていけば身に着くような構成となっている。

#### 1) 構成

本マニュアルは、大きく分けて①概要、②本データベースの設置方法、③閲覧機能、④編集機能、⑤データセットで構成されており、使用者がほしい情報を容易に見つけられるようなものを想定し作成している。図 5.16 に本マニュアルの目次を示す。

<b><u>Table of Contents</u></b>	
<b>1</b>	<b>Generals of GIS database.....</b>
1.1	The general view function of the GIS database.....
1.2	Formal format map function.....
1.3	Concept and usage of the User's Manual.....
<b>2</b>	<b>Installation and Setting.....</b>
2.1	Installation of QGIS.....
2.2	First setting.....
<b>3</b>	<b>View Operation.....</b>
3.1	Basic view operation.....
3.2	Linkage with Inventory sheet.....
3.3	Operation of formal format map.....
<b>4</b>	<b>Edit operation.....</b>
4.1	Edit "Open attribute table".....
4.2	Add structure point.....
4.3	Add structure line.....
4.4	Set of Inventory sheet connection.....
<b>5</b>	<b>Data setting.....</b>
5.1	Folder structure.....
5.2	Structure of shapefile.....

図 5.16 ユーザーマニュアル目次 (GIS データベース)

2) 目的別・役割に応じた利用

本 GIS データベースは、すべての O&M 地方事務所職員が利用することを想定して作成しているが、日常的に維持管理に必要な情報を得るためだけに使用する閲覧機能のみを利用する職員と、実際に現場で得られた情報をデータベースに追加・更新を行う職員とで本データベースの利用方法や必要とする操作方法の理解度が違ってくる。本マニュアルでは、上記利用方法の違いによって求められるパートを色記号で区別することにより、すべての O&M 地方事務所職員が利用目的によって使い分けることができるようにした。図 5.17 に目次による利用項目区別、図 5.18 に節による区別のサンプルを示す。



<b>1</b>	<b>Generals of GIS database.....</b>
1.1	The general view function of the GIS database .....
1.2	Formal format map function.....
1.3	Concept and usage of the User's Manual .....
<b>2</b>	<b>Installation and Setting.....</b>
2.1	Installation of QGIS .....
2.2	First setting .....
<b>3</b>	<b>View Operation .....</b>
3.1	Basic view operation .....
3.2	Linkage with Inventory sheet .....
3.3	Operation of formal format map .....
<b>4</b>	<b>Edit operation .....</b>
4.1	Edit "Open attribute table" .....
4.2	Add structure point.....
4.3	Add structure line .....
4.4	Set of Inventory sheet connection .....
<b>5</b>	<b>Data setting.....</b>
5.1	Folder structure.....
5.2	Structure of shapefile.....

  The user only for viewer

  The user for maintenance and updating

図 5.17 ユーザーマニュアルの目次による利用項目区別 (GIS データベース)

**3.2 Linkage with Inventory sheet**   作成・編集機能利用可能な利用者用

The database has the linkage function with each hydraulic structure, revetment, Damaged Embankment. The operation is as follows,

1-1. Linkage with Inventory sheet of Hydraulic structure



**3.3 Operation of formal format map**   編集機能のみの利用者用

The GIS database has the function of displaying "Area based formal map", "Field inspection format Map" and export as JPG file. The process is as follows,

図 5.18 ユーザーマニュアルの目次の節による利用項目区別 (GIS データベース)

## 5.7.6 GIS データベース技術移転活動

GIS データベースを持続的に管理・更新することを目的に、GIS データベースの技術移転を Moulvibazar O&M 地方事務所職員及び BWDB 本部職員を対象に実施した。Moulvibazar O&M 地方事務所については、GIS データベースが特定職員のみ利用されるものではなく、組織全体として利用することを想定した技術移転としている。

### (1) Moulvibazar O&M 地方事務所への技術移転

#### 1) ユーザーによる利用方法の明確化

5.7.5 節に記載のとおり、すべての職員がデータベースの管理・データの更新を行う必要はなく、ユーザーによる利用方法の役割を明確化し、それに合わせて技術移転を実施した。Moulvibazar O&M 地方事務所の場合は、3~4名の若手を中心とした Sectional Officer が本データベースの管理・更新を行うこととし、Executive Engineer、Sub divisional officer、その他の Sectional Officer がデータベースを共有することにより閲覧機能を使用することを想定した。

本プロジェクトでは、上記の職員による役割を明確化するとともに、必要な知識に応じて効率的に技術移転セミナーを実施した。

#### 2) Moulvibazar O&M 地方事務所における OJT 形式での GIS データベース技術移転セミナーの実施

##### ① 協働でのデータベース構築作業

GIS データベースを構築する過程におけるデータ入力作業を通じて、操作方法取得を目指した技術移転を実施した。対象職員は将来的に GIS データベースを維持管理・データ更新を行う職員とし、本来業務としての優先的な作業を除いて、就業時間を利用した OJT 形式で技術移転した。主な作業内容は以下の通りである。

- ・ 河川構造物被災箇所 GIS データベースへの入力作業（位置及び諸元）
- ・ 諸元台帳シートのリンク化作業（河川構造物及びその被災箇所）
- ・ Moulvibazar O&M 事務所管内図作成

##### ② 基本操作機能の技術移転活動

GIS データベースを閲覧機能として使用する場合を想定した技術移転を実施した。全事務所職員を対象としたセミナーを実施し、機能紹介・進捗確認・意見集約を兼ねたセミナーとしている。詳細については以下の通りである。

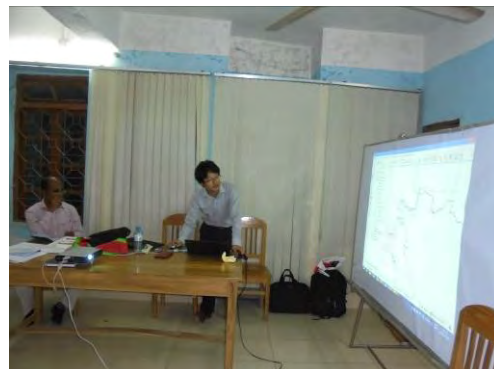
### 第1回

日時：2016年2月17日（水） 18:00~20:00

場所：Moulvibazar O&M 地方事務所 Executive Engineer room

内容：① GIS データベース機能の紹介と進捗状況の確認

② 河川管理者としての視点からの意見集約



写真： GIS データベースセミナー風景

## 第2回

日時： 2017年2月23（木） 10:00~12:00(室内)

14:00~16:30(屋外)

場所： Moulvibazar O&M 地方事務所 Executive Engineer room(室内)

損傷した水門箇所

内容： ① GIS データベースの PC 初期設定方法（室内）

② GIS データベースの基本操作方法（室内）

③ マップと台帳シートのリンク機能の説明（室内）

④ 現場調査用地図のエクスポートの方法（室内）

⑤ 本データベースから出力した調査用地図を利用した構造物調査の実施（屋外）



MB 事務所での室内セミナー風景 1



MB 事務所での室内セミナー風景 2



MB 事務所での野外セミナー風景 1



MB 事務所での野外セミナー風景 2



### 3) 本データベースの維持管理・データ更新を行うための技術移転セミナー

上記の基本的な閲覧機能の技術移転に加え、本データベースを維持管理・データ追加更新をするための技術移転セミナーを実施した。対象者は、Moulvibazar O&M 地方事務所職員において、今後本データベースを維持管理していく人材となる Sectional officer 4 名を対象として、「現場におけるデータ収集の取り方」→「台帳シート作成の仕方」→「本 GIS データベースへのデータ入力」の一連の流れを実施した。詳細は以下の通りである。

日時： 2017 年 5 月 6(土) 15:00~16:00 (室内)

5 月 7(日) 8:30~14:00 (野外)

5 月 8(月) 9:00~17:30 (室内)

場所： Moulvibazar O&M 地方事務所 Executive Engineer room (室内)

河岸浸食箇所、新規護岸箇所、

内容： ① 現地でのデータ収集方法 (野外)

② 台帳シートの作成方法 (室内)

③ GIS データベースへのデータ入力作業と維持管理方法 (室内)



MB 事務所での野外セミナー風景 1



MB 事務所での野外セミナー風景 2



MB 事務所での室内セミナー風景 1



MB 事務所での室内セミナー風景 2

### 4) BWDB 本部での GIS データベースセミナーの実施

BWDB 本部で、GIS データベースの紹介と操作方法についての GIS データベースセミナーを

実施した。将来的に本システムを他の地方事務所に展開していく場合、情報の共有や統一性の維持、システムに対する技術的サポートという観点から、地方事務所と本部が連携して実施していく必要がある。しかし、現状としては BWDB 本部に GIS を専門とする部署がないため、本セミナーではその必要性を考えるきっかけとする場として位置づけた。主な対象者は、Chief Planning, Chief Monitoring, Planning I, Planning II, Planning III の職員である。セミナーの詳細については以下の通りである。

### 第1回

日時： 2016年2月26日(日) 11:00~13:00

場所： Chief, planning room BWDB

内容： ① GIS データベースの概要  
② 基本的操作である閲覧機能の紹介



写真： GIS データベースセミナー風景

### 第2回

日時： 2017年5月9日(火) 14:30~16:00

場所： Chief, planning room BWDB

内容： 基本操作とデータ追加・更新の紹介



写真： GIS データベースセミナー風景



## 6. 共通事項

### 6.1 技術移転

本プロジェクトは開発調査型技術協力プロジェクトであり、技術移転による人材育成は本プロジェクトの基本事項である。技術移転は以下を通じて実施した。

- ・ オン・ザ・ジョブ・トレーニング (OJT) の実施
- ・ 技術移転のためのセミナー/ワークショップの開催
- ・ 本邦研修の実施

本プロジェクトの年度毎の技術移転の対象者数、及び活動概要を以下に示す。

#### 6.1.1 技術移転対象者数

本プロジェクトにおける各年度の直接及び間接の技術移転対象者数は、下表にまとめるとおりである。なお、直接及び間接の技術移転対象者としては、以下を想定した。

- ・ 直接技術移転対象者数： 直接的に能力向上の対象となった人数。直接の C/P 数、C/P 部局の職員数。
- ・ 間接技術移転対象者数： 間接的に能力向上の対象となった人数。セミナー、JCC 会議、参加者数、パイロットプロジェクトへの見学技術者数、本邦研修参加者数等。

表 6.1 本プロジェクトにおける年度毎の技術移転者数

年度	期間	技術移転対象者数 (人)	
		直接	間接
2013	2013 年 8 月～2014 年 3 月	9	71
2014	2014 年 4 月～2015 年 3 月	110	54
2015	2015 年 4 月～2016 年 3 月	131	153
2016	2016 年 4 月～2017 年 3 月	131	37
2017	2017 年 3 月～2017 年 9 月	94	150

#### 6.1.2 オン・ザ・ジョブ・トレーニング

BWDB 職員と JICA 専門家チームとは、設計、施工、維持管理の各分野について、Moulvibazar O&M 地方事務所の管轄区域の河川構造物現場、ならびに BWDB 本部の各部局で活発に議論を行って、各マニュアル案の作成、改訂、パイロット工事の施工監理、モデル維持管理活動を行った。以下に、設計、施工、維持管理の各分野についての OJT の実施状況を取りまとめた。

##### (1) 堤防設計に係る OJT

BWDB の設計局と JICA 専門家チームは、活発な議論を行い協働して堤防設計マニュアル (案)

の作成、改訂、及びパイロット工事の設計を行った。なお、新規の被災堤防についての調査・協議・提言等の活動は、2015年9月末から断続的に発生しているテロ事件に伴う安全対策強化の影響を受け十分に実施できなかった。

「堤防設計マニュアル」の改訂経緯を以下に示す。

- 2015.7.27 : JCC ミーティング(前活動期間)が開催され、「河川堤防設計マニュアル (案-2)」の説明が行われた。
- 2015.11.8 : 設計局より「河川堤防設計マニュアル (案-2)」に対するコメントが出された。
- 2015.11.8 : BWDB の第 1、第 4、第 6 設計局 (DC-1、DC-4、DC-6) とコメント及びその対応についてそれぞれ協議。コメントに従い一部マニュアルを修正することとした。
- 2015.11.10 : 協議結果にもとづいて修正し「河川堤防設計マニュアル (案-3)」とし、設計局に提示。
- 2015.11.16 : ワークショップにおいて、「河川堤防設計マニュアル (案-3)」に基づいて、堤防設計の考え方について説明。
- 2015.12.15 : 「河川堤防設計マニュアル (案-3)」のレビュー・取りまとめ委員会が BWDB 内に設置された。
- 2016.2.29 : レビュー・取りまとめ委員会より「河川堤防設計マニュアル (案-3)」に対するコメントが出された。
- 2016.3.31 : DC-1 と協議し、修正した「河川堤防設計マニュアル (案)」の最終修正版 (案-4) を BWDB の総局長に提出。
- 2016.6 BWDB 総局長がマニュアルを承認。
- 2017.9 パイロットプロジェクトの教訓を反映し設計マニュアルに追記

## (2) 堤防施工に関する OJT

堤防施工に関する OJT として、パイロット工事に係る調達から施工監理までの一貫したプロセスについて BWDB と協働して実施した。

パイロット工事の調達過程では、入札・評価・契約支援を BWDB 本部調達部局と、施工監理を、Moulvibazar O&M 地方事務所と協働して実施した。

パイロット工事の施工監理活動は、「堤防施工マニュアル (案)」に則り、各段階で資料を準備し、関係者への説明・協議を行って実施した。また、プロジェクト関係者へは、工事に係る日報を配信し、情報共有に努めた。パイロット工事を通じて作成された資料については、堤防工事の施工監理を示す例として、現場において実施したワークショップにおいて発表し、施工マニュアル案に収録した。

## (3) 構造物維持管理に関する OJT

断続的に発生しているテロ事件による安全対策強化により、現地での活動は大きな制約を受けたものの、構造物維持管理に関する OJT として、代表地方事務所として選定された Moulvibaza O&M 事務所での維持管理モデル活動、及びモデル GIS データベースの策定を実施した。維持管理モデ

ル活動では、「維持管理マニュアル（案）」を事務所職員に配布、説明するとともに、事務所管内の構造物調査をもとに、懸案となっている河川構造物及び被災地点の現地視察を行い、状況把握、補修の要否、優先順位について説明・協議を行った。また、現況堤防の物理探査を、地方事務所職員と協働で行った。

モデル GIS データベース活動では、現地コンサルタントへの委託にて実施された構造物調査結果を基に、事務所所属の事務職員とともに、モデル GIS データベースを構築し、事務職員を GIS オペレーターとして養成するとともに、維持管理を担当する技術職員と協働してモデルデータベースの更新を図り、地方事務所でデータベースを更新運用できるようにした。また、地方事務所の技術職員を対象として、モデル GIS データベースの機能と作成進捗説明、施設維持管理者として視点からのモデルデータベースに関する意見集約を目的として、小規模セミナーを開催した。

### 6.1.3 セミナー／ワークショップ

#### (1) 開催セミナー／ワークショップ

セミナー／ワークショップは、当初計画では、全体で 5 回開催する予定となっていた。しかし、2013 年 9 月～2014 年 1 月と 2014 年 12 月～2015 年 5 月の 2 度にわたる活動が困難な時期があり、開催計画の変更を余儀なくされた。また、第 1 回、第 2 回で実施したワークショップでの知見を踏まえ、開催時期・内容を変更した。

表 6.2 ワークショップの開催実績

No.	実施日	会場／内容／参加者／狙い・目的
1	2015 年 10 月 26 日	会場： BWDB 設計局会議室及び構内広場 内容： 堤防の物理探査結果（比抵抗二次元電気探査、表面波探査）の説明、物理探査実演 参加者： 35 名（BWDB 計画局・設計局職員：31 名、専門家チーム：4 名） 目的： 堤防設計の主体となっている設計局職員に対して、堤防の現状分析の必要性の認識を醸成するとともに、ボーリング調査の前段階としての物理探査の有用性を認識して貰うこと。（物理探査結果の総括は、巻末付属資料-3 に示した。）
2	2015 年 11 月 16 日	会場： BWDB 本部講堂 内容： 「バ」国の堤防の現状分析、技術マニュアル案（堤防設計、堤防施工、構造物維持管理）の配布・概要説明、パイロット工事の概要、2015 年 10 月実施の本邦研修報告 参加者： 63 名（水資源省・BWDB：55 名、JICA バングラデシュ事務所・専門家チーム 8 名） 目的： BWDB でほとんど行われていない既存堤防の被災原因・被災メカニズムの検証結果を共有するとともに、分析に基づいてマニュアル案の概要説明・配布を行い、現状分析およびマニュアル案に対するインプットを期待。今後の活動について紹介し、活動への積極的な参加を期待。

バングラデシュ国持続的な水関連インフラ整備に係る能力向上プロジェクト  
ファイナル・レポート 調査内容報告書

No.	実施日	会場／内容／参加者／狙い・目的
3	2016年1月23日	<p>会場：パイロット工事現場、Rest Inn Hotel 会議室 (Moulvibazar)</p> <p>内容：現場視察、安全管理、品質管理 (モルタル・ガニー・バッグの現場製作、根固め工)</p> <p>参加者：35名 (BWDB 本部・設計局・周辺地方事務所：27名、JICA バングラデシュ事務所・専門家チーム：8名)、広報会社 (JICA 事務所契約)：5名</p> <p>目的：BWDB で堤防の計画・設計に携わっている本部・設計局職員、実際に堤防工事の施工監理を実施している BWDB 地方事務所職員を対象に、現場視察を実施し、現場の安全管理・品質管理についてパイロット工事の事例紹介・日本での事例紹介を行うとともに、再認識・議論の場を提供する。</p>
4	2016年4月2日	<p>会場：パイロット工事現場、Hotel Kairan 会議室 (Moulvibazar)</p> <p>内容：現場視察、築堤に係る品質管理 (材料選定、異形ブロック試作、締固め試験施工、現場締固め試験)</p> <p>参加者：31名 (BWDB 本部・設計局・周辺地方事務所、施工業者：23名、JICA バングラデシュ事務所・専門家チーム：8名)</p> <p>目的：BWDB で堤防の計画・設計に携わっている本部・設計局職員、実際に堤防工事の施工監理を実施している BWDB 地方事務所職員を対象に、現場視察を実施し、現場の品質管理についてパイロット工事の事例紹介・日本での事例紹介を行うとともに、再認識・議論の場を提供する。</p>
5	2017年3月12日	<p>会場：パイロット工事現場、Rest Inn Hotel 会議室 (Moulvibazar)</p> <p>内容：現場視察 (パイロット工事に係る第1次竣工検査：川側小段部まで)</p> <p>参加者：23名 (BWDB 本部・設計局・周辺地方事務所・施工業者：18名、JICA バングラデシュ事務所・専門家チーム：5名)</p> <p>目的：BWDB で堤防の計画・設計に携わっている本部・設計局職員、実際に堤防工事の施工監理を実施している BWDB 地方事務所職員を対象に、パイロット工事の第1次の竣工検査を実施し、品質管理・工程管理について再認識・議論の場を提供する。</p>
6	2017年4月27日	<p>会場：パイロット工事現場</p> <p>内容：現場視察 (パイロット工事に係る竣工前の現場進捗確認)</p> <p>参加者：13名 (BWDB 本部・設計局・周辺地方事務所、施工業者：8名、JICA バングラデシュ事務所・専門家チーム：5名)</p> <p>目的：パイロット工事の関係者による工事最終局面での合同現場進捗確認を行い、品質管理・工程管理について再認識・議論の場を提供する。</p>
7	2017年5月20日	<p>会場：パイロット工事現場、Rest Inn Hotel 会議室 (Moulvibazar)</p> <p>内容：現場視察 (パイロット工事に係る竣工検査)、堤防施工マニュアル最終案の紹介、その普及に対する意見</p> <p>参加者：20名 (BWDB 本部・設計局・周辺地方事務所、施工業者：14名、JICA バングラデシュ事務所・専門家チーム：6名)</p> <p>目的：BWDB で堤防の計画・設計に携わっている本部・設計局職員、実際に堤防工事の施工監理を実施している BWDB 地方事務所職員を対象に、第1次の竣工検査を実施し、品質管理・工程管理について再認識・議論の場を提供するとともに、施工マニュアル改訂版について紹介し、その普及について議論する。</p>
8	2017年7月13日	<p>会場：BWDB 本部講堂</p> <p>参加者：60名 (BWDB 本部・設計局・地方事務所：53名、JICA バングラデシュ事務所・専門家チーム：7名)</p> <p>内容：マニュアルの普及と効果的活用のための行動計画説明。設計・施工・維持管理マニュアルについての説明(今後の BWDB トレーニング・コースの基本とするため)</p> <p>参加者：BWDB 本部および地方事務所職員</p> <p>目的：BWDB 本部、地方事務所技術職員への行動計画紹介、およびマニュアル概要説明を行い、そのフィードバックを得ることを目的とする。</p>

それぞれのワークショップのプログラム、参加者リスト、議事録を巻末の付属資料-7に収録した。

## (2) ワークショップ開催方針の変更

当初計画では、プロジェクトの進捗状況および得られた知見を BWDB 及び関連機関の技術者と共有するため、また、プロジェクトの広報のためにワークショップを開催することとしていた。しかし、第1回、第2回のワークショップの開催結果、および組織の現状分析やマニュアル案作成・協議の経験からの知見／教訓を踏まえ、ワークショップの開催方針を以下に示すように変更した。

### 第1回および第2回のワークショップの知見／教訓

- 全分野を総花的に扱うワークショップでは、広報としての効果はあるものの、ワークショップでの個別の議論は難しく、参加者へのインプット、また、活動への提言・助言等は期待できない。
- 分野・参加者を特定したワークショップとすることで、ワークショップ参加者の議論が深まり、参加者の理解が進むとともに、プロジェクト活動への参加・提言・助言等が得られる。
- 本プロジェクトの目標（BWDB の堤防に係る設計、施工及び維持管理能力が改善される）達成のためには、以下の BWDB 職員とのマニュアル案、プロジェクトの進捗、関連資料についての情報共有が不可欠である。
  - 堤防設計・堤防施工：BWDB の工事全般の設計を担当する設計局、水防活動の実施および全工事の施工監理を担当する各地の O&M 地方事務所
  - 構造物維持管理：BWDB の管理構造物の維持管理を担当する O&M 地方事務所
- 堤防設計・堤防施工・構造物維持管理の各マニュアル案については、現状分析をもとに BWDB 本部・設計局・Dhaka 首都圏のプロジェクト事務所の協議によって作成・取りまとめられており、2015年12月に設置された各マニュアル案のレビュー・取りまとめ委員会との協働により改訂が行われることになっている。したがってダッカ首都圏の BWDB 本部、設計局、プロジェクト事務所の職員については、プロジェクト活動であるマニュアル案の作成・改訂作業を通じて、マニュアル案についての情報共有・普及を図ることが可能である。
- しかし、堤防新設・改修工事の施工監理、水防活動を含む構造物維持管理の実務を手がけている O&M 地方事務所職員については、ダッカ首都圏の BWDB 職員と異なり、世銀及び ADB の支援により作成された既往のガイドライン／マニュアルの情報など基本的な情報が共有されていない。また、BWDB 内の人事異動も現場レベルでは限られているため人事異動によるマニュアル案などの情報共有は期待できない。
- したがって、O&M 地方事務所職員へのマニュアル案についての情報共有・普及を図ることがプロジェクト目標達成の鍵となる。

### 変更後の開催方針

- 関係機関のダッカ首都圏の職員に対するプロジェクト活動の広報、情報共有は、各分野のマニュアル案改訂、アクション・プラン作成、および JCC での説明・協議により十分可能であることから、セミナー／ワークショップは、実務を担当する O&M 地方事務所職員への設計・施工・維持管理マニュアル案の普及・能力向上に資するものとして実施する。

- マニュアル案の検証として行われるパイロット工事は、O&M 地方事務所職員への堤防施工監理の説明の場とするとともに、ダッカ首都圏の計画・設計に係わる職員の意見交換の場として、セミナー／ワークショップを活用する。
- マニュアル案の普及を目指すセミナー／ワークショップでは、今後のトレーニングなどでの普及活動に参考となるように開催する。

第3回以降のワークショップは、表6.2に示したように変更後の開催方針に則って実施されたものである。これらのワークショップでは、O&M 地方事務所職員へのマニュアル案の普及に向けての施策として、マニュアル案のベンガル語化の提言が出されるなど活発な意見交換がなされた。

#### 6.1.4 本邦研修

本邦研修は、当初 2013 年、2014 年、2015 年の毎年一回開催される予定であった。しかし、研修参加者決定には、BWDB 内でかなりの時間が必要となること、継続的な交通封鎖・ゼネストにより、2013 年と 2014 年の本邦研修は 2014 年にまとめて開催することとなった。そのため本邦研修は以下の 2 回の開催となった。

表 6.3 本邦研修

No.	研修	研修期間（来日～離日）	参加人数	備考
1	2014 年本邦研修	2014 年 10 月 19 日～11 月 1 日	12 名	計画では 15 名
2	2015 年本邦研修	2015 年 10 月 4 日～10 月 17 日	12 名	計画では 12 名

2014 年および 2015 年の本邦研修のプログラムおよび研修員リストを、巻末の付属資料-8 に収録した。

なお、2015 年本邦研修は、2014 年本邦研修で明らかになった要改善事項を踏まえて計画、実施したことから研修員から高く評価された。2015 年本邦研修の計画・実施において考慮した事項及び対応を下表に示す。

表 6.4 2015 年本邦研修で考慮した事項とその対応

No.	2014 年研修にて指摘された事項	2015 年本邦研修での対応
1	研修日程が過密になり、研修員に過重な負担とならないよう配慮する。	移動日には外部での講義プログラムは設定せず、受入機関側とも調整して長時間の講義、施設見学とならないよう配慮した。
2	10 月後半の朝夕は気温が下がり、体調管理に支障があった。	実施時期を 10 月前半に設定した結果、最終日以外は晴天に恵まれ、体調を崩す研修員はいなかった。
3	航空便予約が取れず、日本国内で乗り継ぎする来日便となった。	2015 年 2 月より準備を進め、研修参加者が前回に比べて早めに確定されたため、日本到着後に国内乗継が生じるような旅程とならなかった。
4	食事などに支障があるホテル滞在が大部分であったため、研修中の宿舎は JICA センターを要望された。	2015 年 2 月より準備を進めた結果、研修中の宿舎は全て JICA センターとなった。
5	日本の文化・歴史等の紹介などの項目がなかった。	初日のプログラムオリエンテーションにおいて、日本の基本情報資料を配布した。また研修プログラムに江戸東京博物館の見学を組み込んで、日本の文化、歴史に触れる機会を設けた。
6	BWDB の主な役割と異なる研修項目があった。	BWDB の役割を精査し、受入機関の選定と研修内容を調整した。

また、2015 年本邦研修の全研修員が同年 11 月 16 日に開催されたワークショップに参加するとともに、うち 2 名が本邦研修で得た知見として日本の堤防建設の事例と「バ」国への適応について発表した。



## 6.2 マニュアルの普及と効果的活用のための行動計画作成および実施支援

本プロジェクト目標は、「BWDB の堤防に係る設計、施工及び維持管理能力が改善される」および「適切な構造物の維持管理を通して水害のリスクが低減される」である。プロジェクトの成果として、堤防設計、堤防施工および構造物維持管理マニュアルがパイロットプロジェクトの実施を含むプロジェクト活動により作成されている。プロジェクト目標を達成、持続するためには、実施機関である BWDB がマニュアルを普及して広く活用するとともに、適切にマニュアルを改訂することが不可欠である。そのため、マニュアルの普及と効果的活用のための行動計画作成するとともに作成されたマニュアルおよび行動計画がプロジェクト終了後に継続的に活用・更新されるための支援をした。

### 6.2.1 行動計画作成上の課題

BWDB においては、繰り返し発生する洪水被害を軽減するための予算と人員が十分に確保できていない。そのため、堤防管理については図 6.1 に示す悪循環に陥っている。すなわち、現状では、定員割れ・予算の逼迫により、「現地状況に合わせた堤防設計・施工監理が十分に実施されているとは言えない低品質の堤防を建設」、加えて、「設計・施工時において想定されている維持管理が実施できていない」、そのため、「設計時の機能が発揮できず堤防および堤内地が被災する」、「逼迫した予算を不十分な復旧に充当せざるをえない」、「いつまで経ってもプロジェクトの便益が得られない」、そのため「財政当局が水関連インフラ資金投入を控える」という悪循環に陥っている。

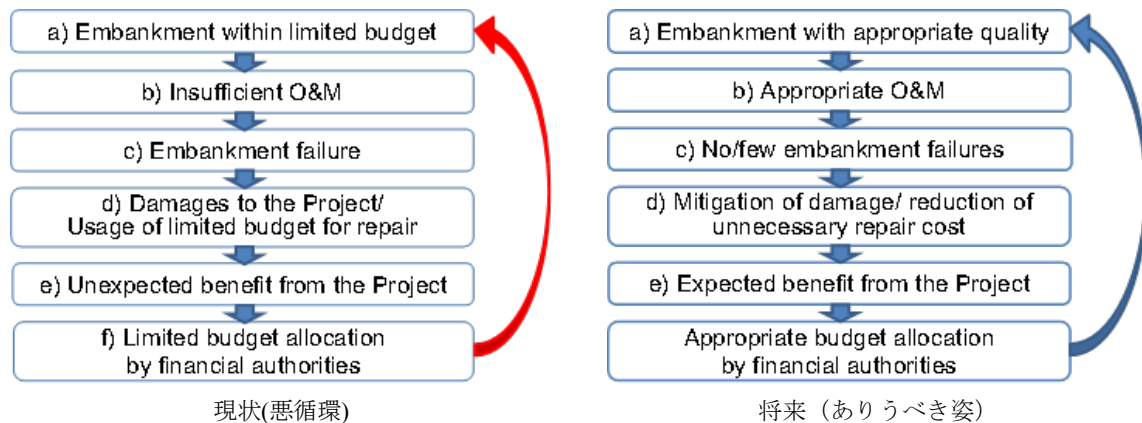


図 6.1 堤防管理に係る現状と将来

この堤防管理に係る現状を、「設計・施工監理が適切に行われ十分な品質を持った堤防を建設」、「構造物の機能を維持するための適切な維持管理を実施」、「堤防および堤内地は安全に防御」、「被害の軽減および復旧費用の削減」、「プロジェクトの目標とする便益の達成」、「財政当局より適切な資金投入」という循環に改め、「水関連インフラのトータルコスト／ライフサイクルコストの縮減」を図る必要がある。そのため、BWDB では、堤防のリハビリ・プロジェクトの実施、住民参加の拡充、職員の雇用等、数多くの取り組みが行われている。

本プロジェクトでは、BWDB の堤防技術の強化を促進するため、パイロットプロジェクトの実

施、モデル活動の試行を通じて、堤防設計、堤防施工および構造物維持管理についてのマニュアルを作成した。これらを BWDB の能力強化につなげるためには、作成したマニュアルの普及とマニュアルを効果的に活用するための取り組みが不可欠である。マニュアルの普及および効果的の活用に係る課題は、以下に示すとおりである。

### (1) 人員不足（定員割れ）

「バ」国では、1990 年代より水分野の合理化が推進されており、水分野に係る職員数が減少してきている。BWDB では、定員を大幅に割り込む状況となっており、特に現場の実務を担う地方事務所での定員割れは深刻な状況となっている。定員割れに伴い、各技術者の業務分担は大きくなっており、業務分担の完全な遂行が難しくなっている。現在、新規職員のリクルートが進められているが、定員割れの解消、経験の蓄積には、長期間を要する。従って、各マニュアルを一斉に全ての事業に適用するには、難しい状況となっている。現人員で無理の無い範囲で、各マニュアルを段階的に（特定の案件、特定の範囲等）試行し、試行結果をもとに各マニュアルの更新を行い、試行範囲を広げて、各マニュアルを普及させていくことが必要である。

### (2) 資金不足

BWDB では、建設費、維持管理費の不足が深刻な状況となっている。例えば、設計段階で考慮すべき侵食対策が資金不足のため提案できない、維持管理費が必要額の 20%未達の割り当てとなっているなどの状況である。加えて、堤防を含む構造物の被災が進み、維持管理費の大部分が、洪水後の緊急復旧に費やされている状況である。以上の状況から、資金を有効利用し、十分な資金を確保するため、基礎資料に基づいた構造物の管理計画を策定し、運用することが必要となっている。従って、現状の資金で無理の無い範囲で、段階的に管轄区域の構造物基礎資料を整理し、それに基づいた構造物の管理計画を作成し、予算確保、実施を進めることが必要である。

### (3) 各マニュアルの普及対象

BWDB の職掌によると、各マニュアルの主たるユーザーは以下に示すようである。

- ・堤防設計マニュアル： 構造物設計担当である設計局の技術職員
- ・堤防施工マニュアル： 工事の施工監理を担当する現場事務所（O&M 地方事務所、およびその上部機関である Zone 事務所、Circle 事務所を含む）の技術職員
- ・構造物維持管理マニュアル： 管理構造物の維持管理担当する現場事務所職員

堤防設計に係る能力強化のためには、設計局の技術職員は堤防設計のみでなく施工、維持管理についても理解することが必要である。また、堤防施工、維持管理の能力強化のためには、現場事務所の技術職員は堤防施工、維持管理ばかりではなく、堤防の設計についても理解している必要がある。以上を考慮して、各マニュアルの普及と効果的活用の対象は、以下の職員とした。

表 6.5 マニュアルの普及と効果的活用の対象 BWDB 職員

マニュアル名	対象職員
堤防設計マニュアル：	メイン：設計局技術職員 サブ：地方事務所の技術職員、および設計局の技術職員を除く本部技術職員
堤防施工マニュアル：	メイン：地方事務所の技術職員 サブ：設計局を含む本部技術職員
構造物維持管理マニュアル：	メイン：地方事務所の技術職員 サブ：設計局を含む本部技術職員

堤防設計、堤防施工、構造物維持管理には上記の BWDB 職員だけではなく以下に示す人員が携わっており、彼らはマニュアルの潜在的ユーザーといえる。

表 6.6 マニュアルの潜在的ユーザー

潜在的ユーザー	担当事項
BWDB 関連機関の技術職員	BWDB の事業に関連する職員である。
他官庁の技術職員 (LGED 等)	受益区域 1,000 ha 未満の堤防を担当する
コンサルタント会社技術職員	BWDB または他官庁の下で、堤防の設計、施工管理を担当する。
建設会社の技術職員	BWDB または他官庁の下で、堤防建設を実施する。
WMO の幹部人員	BWDB または他官庁の指導の下、受益地域の小型構造物を維持管理する。

プロジェクト目標の達成のためには、潜在的ユーザーに対してもマニュアルを普及し彼らの業務でマニュアルを利用することが必要である。潜在的ユーザーへのマニュアルの普及は、BWDB 事業へのマニュアル適用試行を通じて実施される。

## 6.2.2 行動計画の作成

マニュアルの普及と効果的利用に係る行動計画は BWDB と協働して取りまとめた。詳細は本報告書の別冊に行動計画として収録した。以下に、行動計画の概要を記述する。

### (1) 行動計画作成の基本方針

上述の課題を踏まえて、マニュアルの普及および効果的活用のための行動計画作成の基本的な方針を以下のとおりとした。

- ・ 行動計画は、本プロジェクト目標および堤防管理の望ましい姿を実現し持続するためのロードマップとして作成する。
- ・ 行動計画は、BWDB の現組織、現資源内で実施するものとして作成する。
- ・ マニュアルは、BWDB への回状、研修コース、オンライン等を通じて BWDB 職員等への普及を図る。
- ・ 実務へのマニュアル適用試行は、人員・資金に無理の無い範囲で段階的に広げていく。
- ・ マニュアルを効果的に活用するため、年ごとにマニュアルの試行結果を取りまとめるとともに、必要に応じてマニュアルの改訂点、追加説明を取りまとめて情報共有を図る。
- ・ 行動計画は毎年レビューし必要に応じて改訂する。

- ・ マニュアルは実務への適用で得られた教訓や知見を踏まえて、定期的（5年毎、10年毎）に改訂する。

(2) 行動計画の概要、ロードマップ、実施計画

基本方針の下に取りまとめた行動計画の概要を以下に示す。

表 6.7 行動計画の概要

項目	堤防設計 マニュアル	堤防施工 マニュアル	構造物維持管理 マニュアル
計画期間	10年	10年	10年
マニュアル 責任者	設計局長、計画局長、および 各ゾーン局長	モニタリング局長、計画局長、 および各ゾーン局長	維持管理局長、計画局長、モ ニタリング局長、および各ゾ ーン局長
対象人員	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メイン:首都圏技術職員(設 計局職員含む)</li> <li>・サブ:現場事務所技術職員</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メイン:現場事務所技術職 員</li> <li>・サブ:首都圏技術職員(設 計局職員含む)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メイン:現場事務所技術職 員</li> <li>・サブ:首都圏技術職員(設 計局職員含む)</li> </ul>
普及方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Web ページでのマニュアル 公開</li> <li>・BWDB 公式研修での定期 セミナー開催</li> <li>・資金・人員に無理の無い範 囲で、段階的に試行し、試 行件数を拡大し、最終的に は全案件に適用していく。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Web ページでのマニュアル 公開</li> <li>・BWDB 公式研修での定期 セミナー開催</li> <li>・資金・人員に無理の無い案 件で、段階的に試行し、試 行件数を拡大し、最終的に は全案件に適用していく。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Web ページでのマニュアル 公開</li> <li>・BWDB 公式研修での定期 セミナー開催</li> <li>・資金・人員に無理の無い範 囲(管轄区域に一部)で、段 階的に試行し、試行区域を 拡大し、最終的には全案件 に適用していく。</li> </ul>
効果的な活 用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試行毎に、マニュアルの利 点、問題点などの試行結果 を整理し、マニュアル更新 にフィードバックを行い、 次の試行に備える。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試行毎に、マニュアルの利 点、問題点などの試行結果 を整理し、マニュアル更新 にフィードバックを行い、 次の試行に備える。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試行毎に、マニュアルの利 点、問題点などの試行結果 を整理し、マニュアル更新 にフィードバックを行い、 次の試行に備える。</li> <li>・収集データに基づき、資金 の範囲を考えた、中期維持 管理計画・維持管理計画を 作成する。</li> </ul>
マニュアル 訂正／追加 説明・更新の 手順	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試行期間を3年とする。</li> <li>・マニュアルを用いて堤防を 設計し、不具合、改善点を 整理する。</li> <li>・被災堤防について設計の問 題について調査分析する。</li> <li>・上記項目をマニュアル責任 者に報告する。設計局長の 指示のもとマニュアルを更 新する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試行期間を3年とする。</li> <li>・O&amp;M Circle 事務所ごとに マニュアルを用いて堤防を 建設し、不具合、改善点を 整理する。</li> <li>・被災堤防について施工の問 題について調査分析する。</li> <li>・上記項目をマニュアル責任 者に報告する。モニタリン グ局長もしくは計画局長の 指示のもとマニュアルを更 新する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試行期間を6年とする。</li> <li>・各 O&amp;M Division 事務所の 管轄区域の約2割について マニュアルを用いた維持管 理を実施し、不具合、改善 点を整理する。</li> <li>・被災堤防について維持管理 の問題について調査分析す る。</li> <li>・上記項目をマニュアル責任 者に報告する。維持管理局 長の指示のもとマニュアル を更新する。</li> </ul>
更新時期	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小規模な修正、改訂は随時 行う。</li> <li>・DG の承認を得るような改 訂は最初は5年後、その後 は10年毎に行う。(web での公開、公式定期研修で の説明・配布)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小規模な修正、改訂は随時 行う。</li> <li>・DG の承認を得るような改 訂は10年毎に行う。(web での公開、公式定期研修で の説明・配布)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小規模な修正、改訂は随時 行う。</li> <li>・DG の承認を得るような改 訂は10年毎に行う。(web での公開、公式定期研修で の説明・配布)</li> </ul>

表 6.7 に示すように、行動計画の活動は、以下の 5 つの計画より構成される。

- 1) 堤防建設マニュアルに係る計画
- 2) 堤防施工マニュアルに係る計画
- 3) 構造物維持管理マニュアルに係る計画
- 4) マニュアルに改訂に係る活動（堤防被災調査）の計画
- 5) マニュアル研修に係る計画

上記の概要に基づき作成された、望ましい堤防管理を目指した行動計画のロードマップ、実施計画を、図 6.2、表 6.8 に示した。

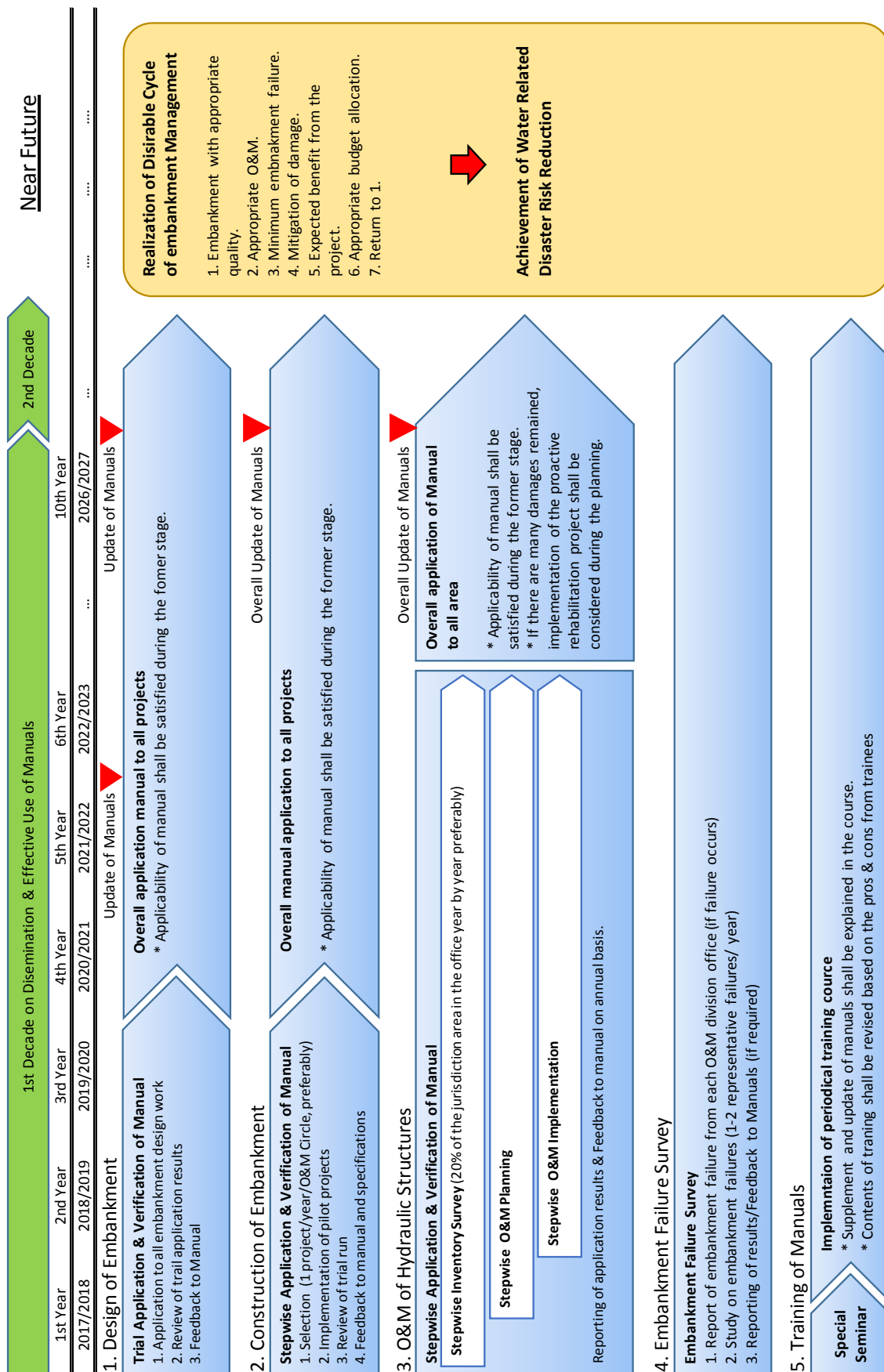


図 6.2 マニュアルの普及と効果的な活用に係るロードマップ

表 6.8 行動計画の実施計画

Engineering Aspect/Activities	Fiscal Year							Desirable Future
	2017/2018 1st	2018/2019 2nd	2019/2020 3rd	2020/2021 4th	2021/2022 5th	2022/2023 6th	2026/2027 10th	
<b>1. Embankment Design</b>								
(1) Trial application and verification of manual: 3 fiscal years								No damage due to design. Appropriate budget of the works. New research can be conducted.
1) Application to all embankment design works								
2) Review of trial application								
3) Feedback to manual (supplementary explanation and information)								
(2) Overall application of manual to all projects								
(3) Overall revision of manual								
<b>2. Embankment Construction</b>								
(1) Step-wise application and verification of manual (3 fiscal years)								No damage due to construction. Appropriate budget of construction.
1) Selection of Pilot Project (1 pilot project/year/O&M circle preferably)								
2) Implementation of pilot projects								
3) Review of trial run								
4) Feedback to manual/specifications (supplemental explanation and information of manual/ specifications)								
(2) Overall application of manual to all projects								
(3) Overall revision of manual								
<b>3. O&amp;M of Hydraulic Structures</b>								
(1) Step-wise application and verification of manual (6 years)								No damage due to O&M. Decrease of emergency works. Demand-base budget of O&M, including those of offices, tools and equipment.
1) Selection of pilot area (20% of the area of each O&M div. office, preferably)								
2) Inventory survey and compilation of inventory sheets								
3) Step-wise planning (5 years)								
4) Step-wise implementation (5 years)								
5) Review of trial run (annual basis)								
6) Feedback to manual (supplementary explanation and information)								
(2) Overall application of manual to O&M								
(3) Overall revision of manual								
<b>4. Embankment Failure Survey (Every fiscal year)</b>								
(1) Embankment failure/damage report (O&M division office: if occur)								
(2) Study on cause of embankment failure (1-2 failures/year)								
(3) Feedback to manual (supplementary explanation and information)								
<b>5. Training of Manuals</b>								
(1) Special seminar/workshop (by the Project)								No information gap among the head office and field offices.
(2) Trainings in BWDB's regular training courses								



### (3) 行動計画の実施体制

行動計画は、BWDB の職務規程に則り実施することとして、以下の体制で実施することとした。

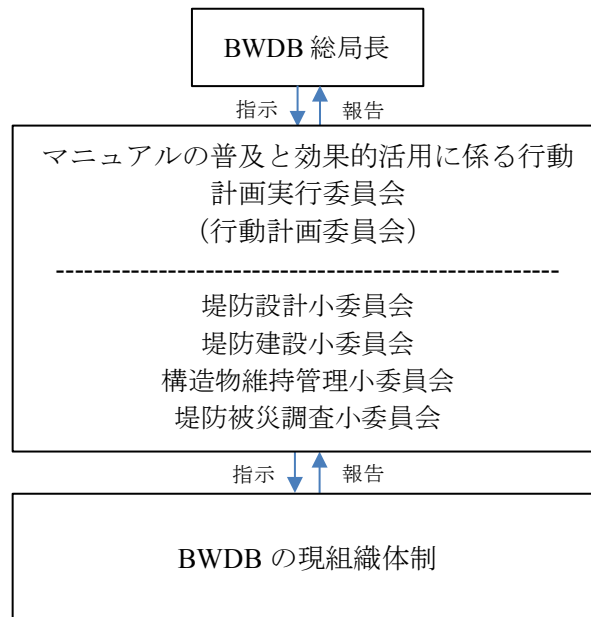


図 6.3 行動計画の実施体制

#### 6.2.3 マニュアルおよび行動計画の活用・更新のための支援

マニュアル、およびその普及と効果的活用のための行動計画が、プロジェクト終了後に、継続的に活用・更新されるための支援として、本プロジェクトでは、以下の活動を実施した。

- ・ 技術職員の理解促進のためのマニュアルのベンガル語翻訳、地方事務所への配布
- ・ 行動計画のトレーニング資料の準備を兼ねた BWDB 職員を対象とした、マニュアルのワークショップの開催（2017 年 7 月）
- ・ モデル現場事務所管内の構造物調査・GIS データベース構築支援
- ・ 現場の技術者が、堤防の機能・役割及び設計の考え方、洪水後の堤防の変状の要因を理解するための教材として「Textbook for correct understanding of River Embankment 2017.7」を作成
- ・ マニュアルを普及展開するためのツールとしマニュアルの要点を整理したプレゼンテーション資料を作成

### 6.3 報告書

プロジェクト期間中、本プロジェクトでは、以下の報告書が作成された。

表 6.9 報告書および作成時期

報告書	作成時期	
	当初計画	変更計画
1. インセプション・レポート	2013年8月	2013年8月
2. プロジェクト進捗状況概要報告書 (No.1)	2014年2月	2014年2月
3. プロGRESS・レポート	2014年6月	2014年6月
4. プロGRESS・レポート (その2)	-	2015年7月
5. プロジェクト進捗状況概要報告書 (No.2)	2015年1月	2016年1月
6. インテリム・レポート	2015年4月	2016年9月
7. プロジェクト進捗状況概要報告書 (No.3)	2015年12月	2016年12月
8. ドラフト・ファイナル・レポート	2016年4月	2017年7月
9. ファイナル・レポート	2016年6月	2017年9月

「バ」国の総選挙およびテロ事件による安全対策による進捗の遅れ、パイロット工事の工期延期に伴い、報告書の提出時期は当初の活動計画より変更を余儀なくされており、以下に示すように大幅に変更された。

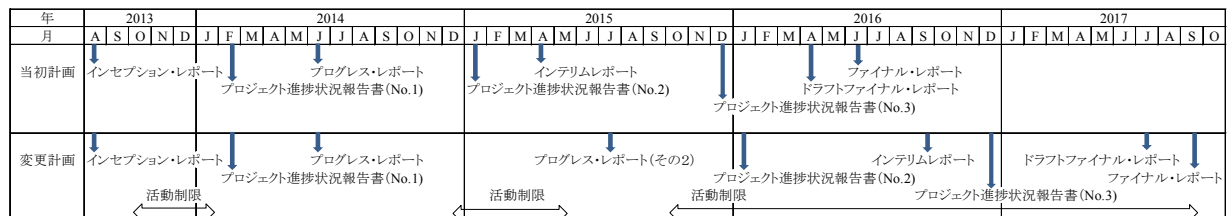


図 6.4 報告書作成時期 (当初計画・変更計画)

## 巻末付属資料一覧

### 付属資料-1： 現地踏査記録

- 1.1 2013年09月30日 Comilla
- 1.2 2013年10月06日: Sirajganj
- 1.3 2013年10月06日-07日: Bogra
- 1.4 2013年10月07日: Kamarjani
- 1.5 2013年10月08日: Rajshahi
- 1.6 2013年10月23日: Mymensingh
- 1.7 2013年11月14日: Feni
- 1.8 2013年11月25日: Chandpur
- 1.9 2014年01月26日 - 27日: Khulna
- 1.10 2014年02月03日 - 04日: Moulvibazar
- 1.11 2014年02月05日: Habiganj
- 1.12 2014年02月11日: Netrokona

### 付属資料-2： パイロットプロジェクト報告書

### 付属資料-3： 堤防物理探査結果総括

### 付属資料-4： 構造物調査仕様書（案）

### 付属資料-5： 河川構造物台帳に関する指導・説明資料

### 付属資料-6： 施設台帳の整理に関する技術指導資料

### 付属資料-7： 開催ワークショップのプログラム、議事録、参加者リスト

- 付属資料-7.1： 2015年10月26日 物理探査ワークショップ
- 付属資料-7.2： 2015年11月16日 マニュアル（案）ワークショップ
- 付属資料-7.3： 2016年02月23日 パイロット工事現場ワークショップ
- 付属資料-7.4： 2016年04月02日 パイロット工事現場ワークショップ
- 付属資料-7.5： 2017年03月12日 第1次竣工検査
- 付属資料-7.6： 2017年04月27日 合同現場視察
- 付属資料-7.7： 2015年05月20日 竣工検査、建設マニュアル（案）ワークショップ
- 付属資料-7.8： 2017年07月13日 マニュアルおよび行動計画セミナー（未）

### 付属資料-8： 本邦研修プログラムと研修員リスト

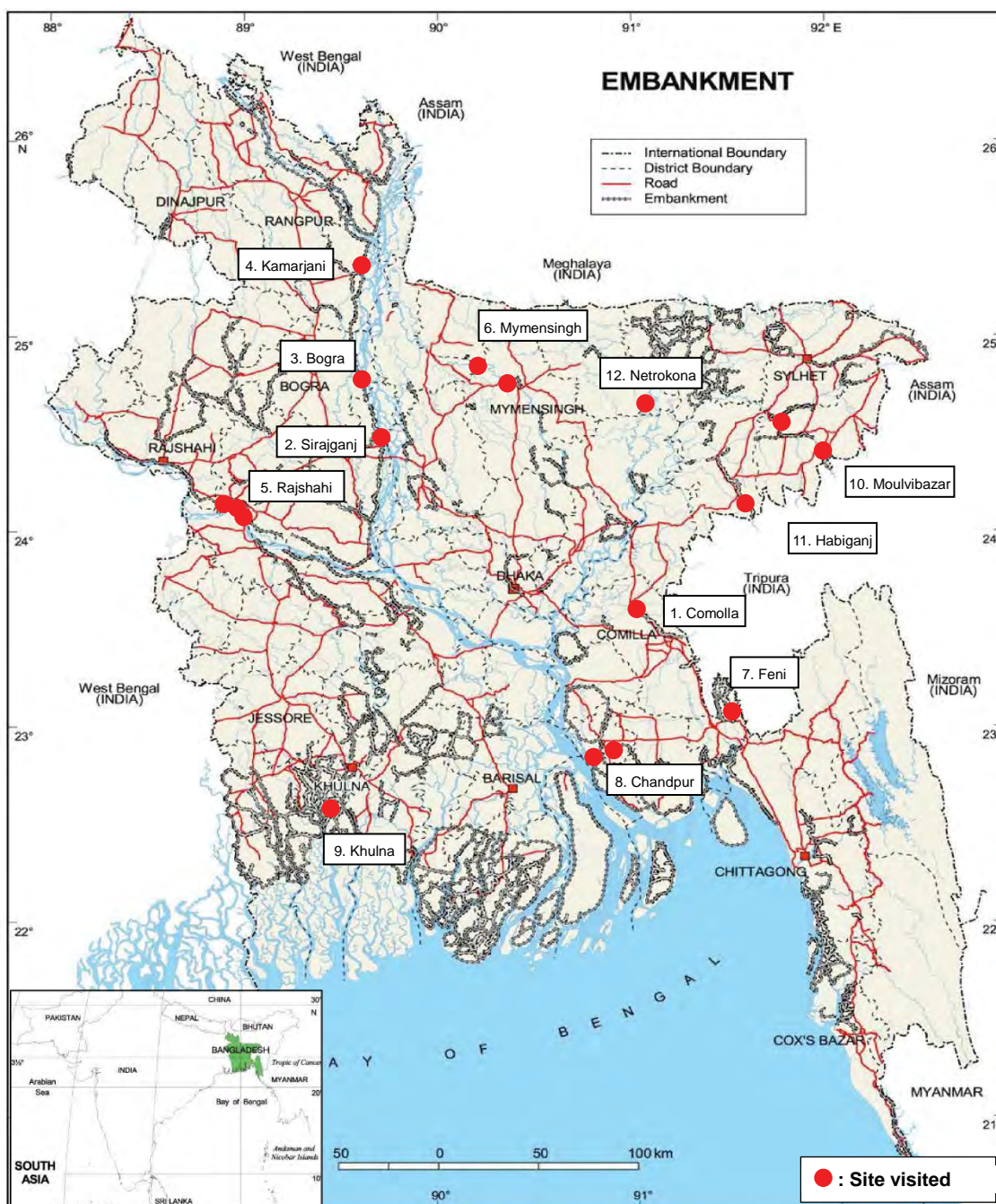
- 付属資料-8.1： 2014年本邦研修
- 付属資料-8.2： 2015年本邦研修



## 付属資料-1 : 現地踏査記録

- 1.1 2013年09月30日 Comilla
- 1.2 2013年10月06日: Sirajganj
- 1.3 2013年10月06日-07日: Bogra
- 1.4 2013年10月07日: Kamarjani
- 1.5 2013年10月08日: Rajshahi
- 1.6 2013年10月23日: Mymensingh
- 1.7 2013年11月14日: Feni
- 1.8 2013年11月25日: Chandpur
- 1.9 2014年01月26日 - 27日: Khulna
- 1.10 2014年02月03日 - 04日: Moulvibazar
- 1.11 2014年02月05日: Habiganj
- 1.12 2014年02月11日: Netrokona





Location Map of Visited Sites

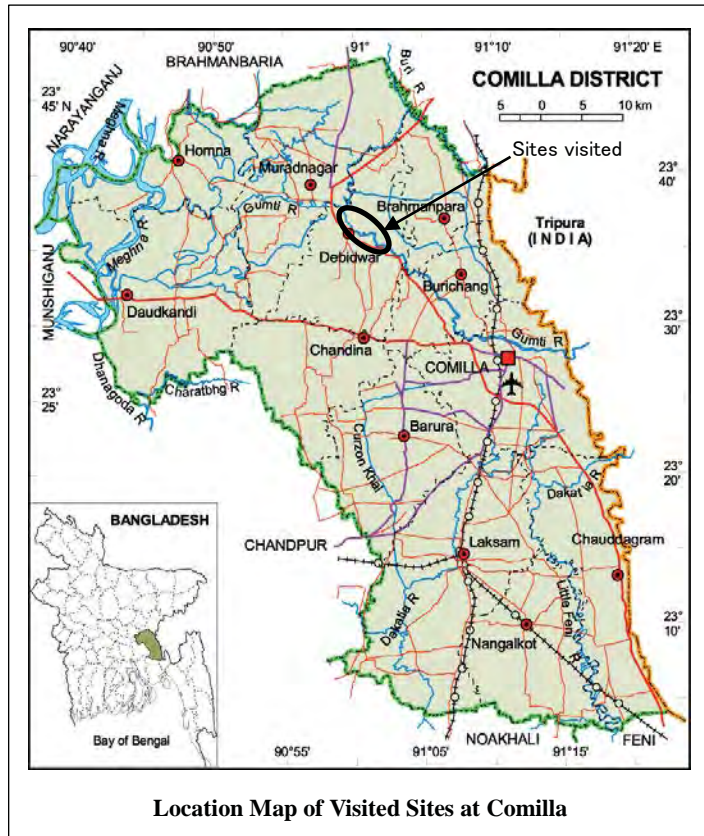


**Appendix-1.1 Summary on Interview and Findings at Comilla Embankment Failure Site  
(Comilla O&M Division Office)**

1. Visiting Date: September 30, 2013

2. Interview & Findings

- (1) The most part of the basin of the Gumti River is located in the Indian Territory.
- (2) The major issue of the river embankment failure of the Gumti River is the issue of Operation and Maintenance.
- (3) The maintenance of the river embankment cannot be properly conducted due to the lack of the budget.
- (4) The failure of the river embankment of the Gumti River is mainly due to the seepage and piping. The seepage is due to the rat holes, tree roots, and etc.



- (5) The flood overflow over the embankment has never taken place in the past. The failure of the river embankment has been the breach of the embankment.
- (6) Rice, vegetables and trees are planted on the embankment slope of the Gumti River by local people for their daily lives. These may deteriorate the stability of the embankment, but it is very hard to give instructions to people to stop those activities.

3. Views of JICA Expert Team

- (1) It seems that, though the embankment crown is paved by asphalt on crashed bricks, the width of the pavement is rather narrow (pavement width =3.0m, crown width=4.2m), and due to the car transportation, crown shoulder is damaged by cars and then the damage on the shoulder gradually encroaches to the pavement part.
- (2) It seems that the damage on the crown caused by the above reason, causes the river embankment saturated with rain water and the embankment crown becomes potholed by car traffic.
- (3) It might be necessary to change the embankment crown pavement method to avoid the above situation.



a. general view of river embankment



b. rat holes on the river embankment



c. failure of river embankment

**Appendix-1.2 Summary on Interview and Findings at Sirajganj Embankment Failure Site**  
**(Sirajganj O&M Division Office)**

1. Visiting Date: October 06, 2013
2. Interview & Findings

(1) River embankment slope protection works are implemented with geotextile and CC block on it. The protection works for the portion below L.W.L is implemented with geobag (1.2m \*1.0, 250kg) as launching apron and falling apron. But it sometimes takes place, when the geobag falls due to scouring or erosion, then the geotextile falls together with and the sand in the geobag is lost.

(2) When the river embankment slope is not protected with CC block, clayey soil is used as the protection works with 30 cm thickness on the sandy soil embankment body.

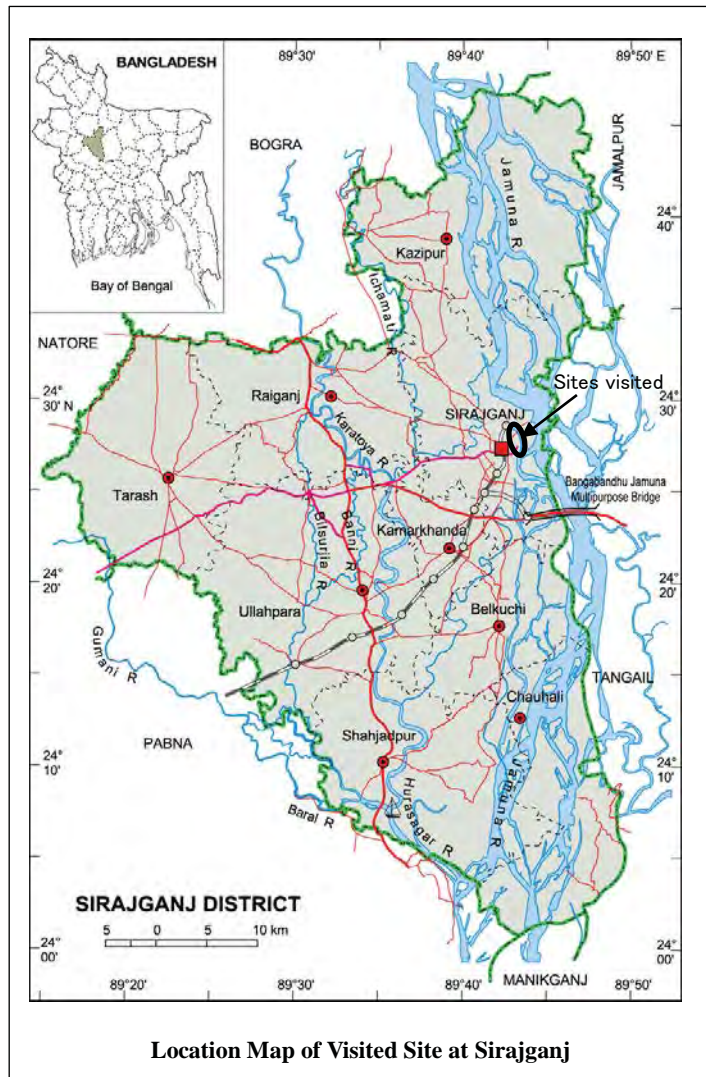
(3) In recent years, the embankment failure took place in 2009, 2010, 2011, 2012, and 2013 due to bank erosion.

(4) Due to the movement of river-bed, the river flow is approaching to the eastern side. And accordingly the deep scoring is progressing and now the scoured depth is -42.4 m at the maximum.

(5) The erosion speed around here is about 35 m per year to the west.

(6) Erosion protection works were at first the riprap works but they were not successful.

(7) Embankment failure sometimes takes place due to the seepage of remaining water in the



embankment body and slope slide.

- (8) One of the reasons of loss of geobag is that geobag is damaged by bamboo pole of small ships for their ship running and the sand in the geobag is lost.
  - (9) One of the reasons of embankment failure is that local people construct their houses on the embankment slope and the clay blanket on the embankment is damaged and the rain water infiltrates into the embankment body and accordingly the embankment body becomes weakened. O&M office cannot expel the people from the river embankment
  - (10) The prison and BWDB office were lost in the river due to the erosion.
  - (11) It is now very expensive to bring clay for covering the river embankment and depending on the location, the cost to bring clay from somewhere is more expensive than to repeat repair the embankment without clay.
3. Views of JICA Expert Team
- (1) CC block used for the slope protection works seems to be needed to be modified in its shape to have the roughness to avoid the river flow speed acceleration.
  - (2) When clayey soil is used as the blanket of the river embankment, clayey soil becomes very hard under the strong sunshine and crack on it comes out. In this case, rain water easily infiltrates into the embankment body and the embankment body becomes very weak. Some countermeasures seem to be needed.





a. River embankment failure site



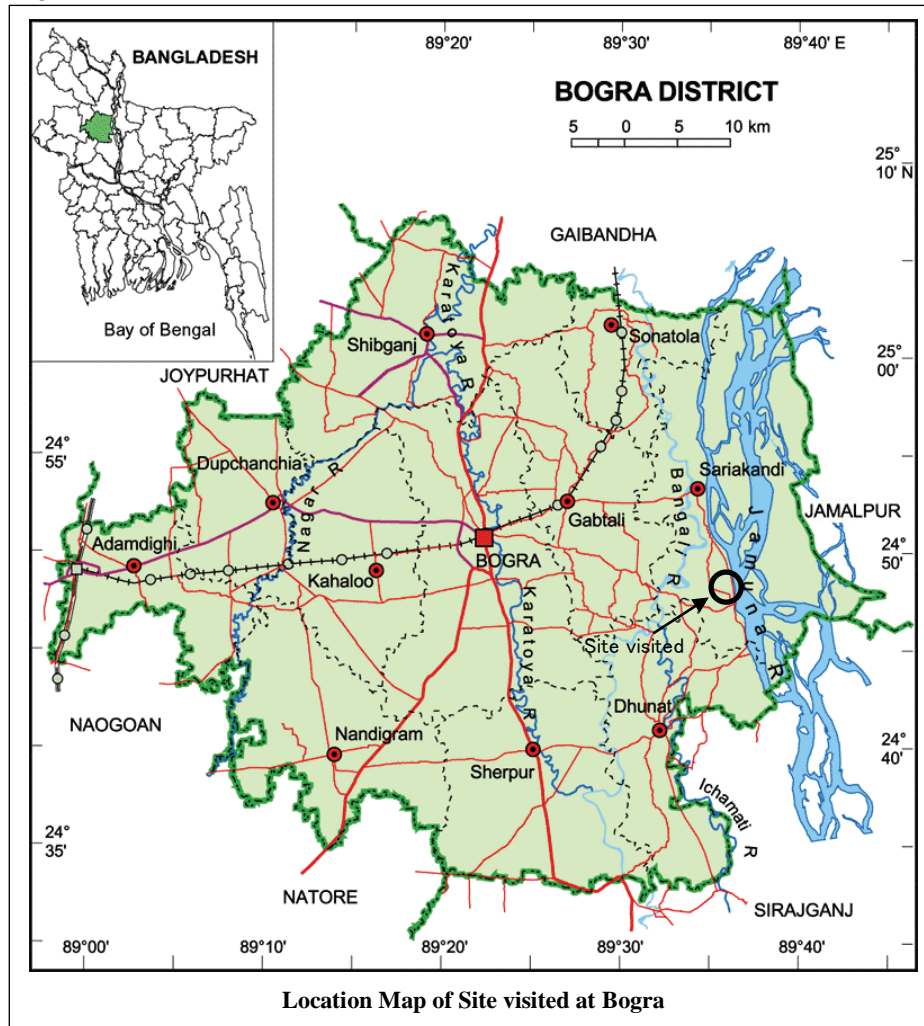
b. many sandbags used for emergency works



c. Rocks in the stockyard

### Appendix-1.3 Summary on Interview and Findings at Bogra Embankment Failure Site (Bogra O&M Division Office)

1. Visiting Date: October 07, 2013



2. Interview & Findings

- (1) Since 2012, the river is moving toward the west due to the river erosion.
- (2) In 2012, the river was eroded by 300m, in 2013, the river has been being eroded by 150m so far as of now.
- (3) Presently set-back embankment is under construction with the same crown elevation with the present one. The river embankment is to be constructed with dredged sand of the Jamuna River and the clayey soil blanket is planned on it with the depth of 30 cm.
- (4) Sodding on the clayey blanket is to be implemented on the embankment slope and on the crown with the width of 05m from the side.
- (5) Spur dyke (impermeable soil dyke) constructed in 2001 was lost due to 2013 flood.
- (6) People who lost their houses due to 2012 flood and people whose houses were on the

river side of the new embankment, constructed their houses on the crown and slope of the new embankment. Then the situation of seepage and piping became difficult to find.

(7) Soil test during the construction is conducted by RRI.

3. Views of JICA Expert Team

- (1) Since the river erosion is taking place due to the movement of river bed, the reaches to be protected from river erosion should be planned in deep consideration of the morphology of the river.
- (2) It might be needed to prepare wide berm on the country side of the new embankment to avoid the damage of the new embankment slope due the construction of houses of local people.
- (3) Even along the same Jamuna River, depending on the locations, the characteristics of soil nearby are quite different. Planning and design of river embankment, this should be deeply taken into consideration.





a. River embankment failure site



b. the remnant of spur dyke lost in 2004 and 2012 floods



c. New set-back embankment under construction

**Appendix-1.4 Summary on Interview and Findings at Kamarjani Spur Dyke Site  
(Bogra O&M Division Office)**

1. Visiting Date: October 07, 2013
2. Interview & Findings

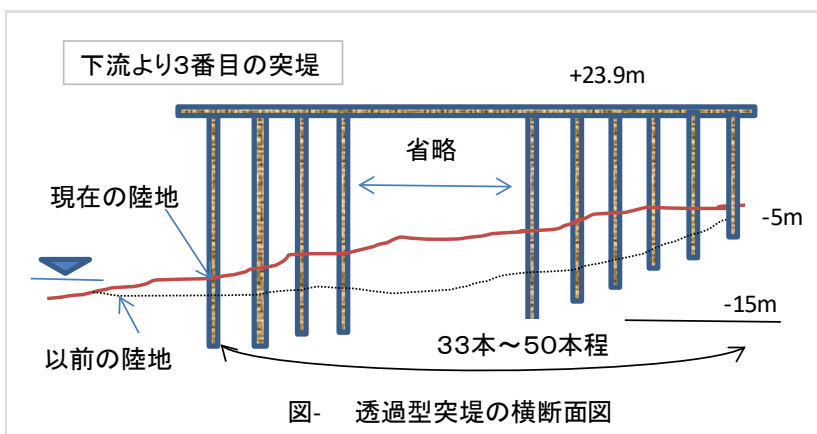
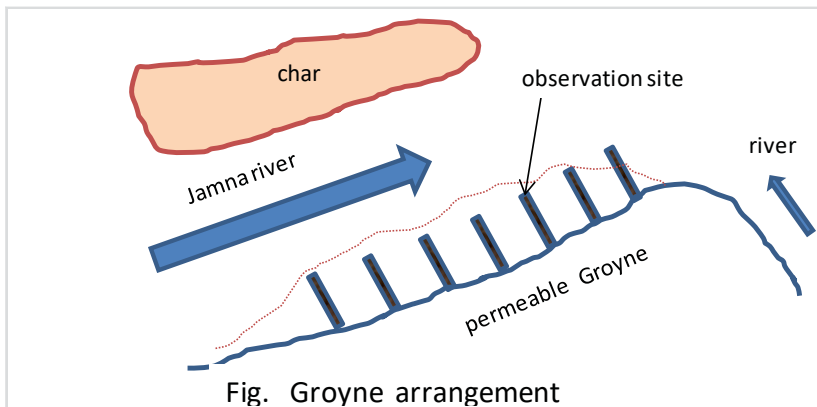
- (1) The permeable spur dyke with steel pipes was constructed in 1992-1993 with the fund by Germany and France.
- (2) The length of spur dyke is about 100m and the diameter of steel pipe is 70 cm.
- (3) The number of spur dykes is seven.
- (4) The site of spur dyke at the time of construction was under water but now the site is on the land.
- (5) The number of steel pile for one spur dyke is 33~50.
- (6) The area of the spur dyke is now very stable and the river embankment is safe.



- (7) The downstream side is now under the threat of river erosion.

3. Views of JICA Expert Team

- (1) The site condition is that the area of spur dyke is now land but the land area is beyond the spur dyke end and accordingly it seems that the area became land area due to the movement of river-bed, not due to the effect of spur dyke.



**Appendix-1.5 Summary on Interview and Findings at Rajshahi Embankment Failure Site**  
**Site**  
**(Rajshahi O&M Division Office)**

1. Visiting Date: October 08, 2013



2. Interview & Findings

- (1) The Padma River is now shifting to the left side and this is the main reason of river embankment failure.
- (2) River embankment erosion control works are mainly by CC block and geobag.
- (3) The material for embankment is usually clay but it depends on the location.
- (4) The Town Protection Works are now completed. But the reaches on the downstream side is now urbanized and is now under threat of erosion. Retirement bank is now under



construction but the reaches of 40 km length is especially severely being eroded.

- (5) Since the budget is limited, the construction works does not cover all the reaches and accordingly the reaches without the works are severely eroded.
- (6) Since the ground level is comparatively high and the seepage is not a major issue.
- (7) Ground level is in average about 15.0 m high and the embankment crown level is in average around 19.0 m high.
- (8) The material of embankment is mainly sandy soil dredged from the river for the core part and it is covered by clay with the depth of 1.0 m at minimum. The borrow pit of the clay is about 1.0 km ~2.0 km far.
- (9) Machine compaction is conducted with every 15 cm depth. CBR test is conducted for every layer. Water content test is also conducted. For testing, sampling is conducted by BWDB officers and the test is conducted by BUET or RRI.
- (10) When the test result is not satisfactory, the re-compaction is conducted.
- (11) Pavement on the crown of the embankment is usually not implemented since the crown is compacted automatically by the ordinary traffic.
- (12) O&M of the embankment is usually conducted by LGED on the crown and by BWDB on other part.
- (13) Major issue here is the river erosion due to the limitation of the budget.
- (14) Erosion point location varies depending on the movement of the sand bar.
- (15) River bank is stable around the T-shape spur dyke that was constructed in 1960s.
- (16) River erosion proceeded by about 300m in these 2~3 years.
- (17) The river bank here was located about 1.0 km far in the river around 5~6 years ago.
- (18)

### 3. Views of JICA Expert Team

None.



a. Rajshahi Town Protection Embankment



b. T-shape Town Protection Embankment



c. River Bank Erosion Site

**Appendix-1.6 Summary on Interview and Findings in Mymensingh  
(Mymensingh O&M Division Office)**

1. Visiting Date: October 23, 2013
2. Interview & Findings

(1) Bank erosion is a serious issue here. Bank erosion protection work is a major component in Town Protection Project.

(2) When emergency works are needed for flood control, works are conducted with emergency fund, but they are just for temporary works.

(3) Necessary bank protection works have been already conducted up to last year.

(4) The contents of bank protection works are CC blocks up to LWL and geo-textile below that and random masonry of CC block in front

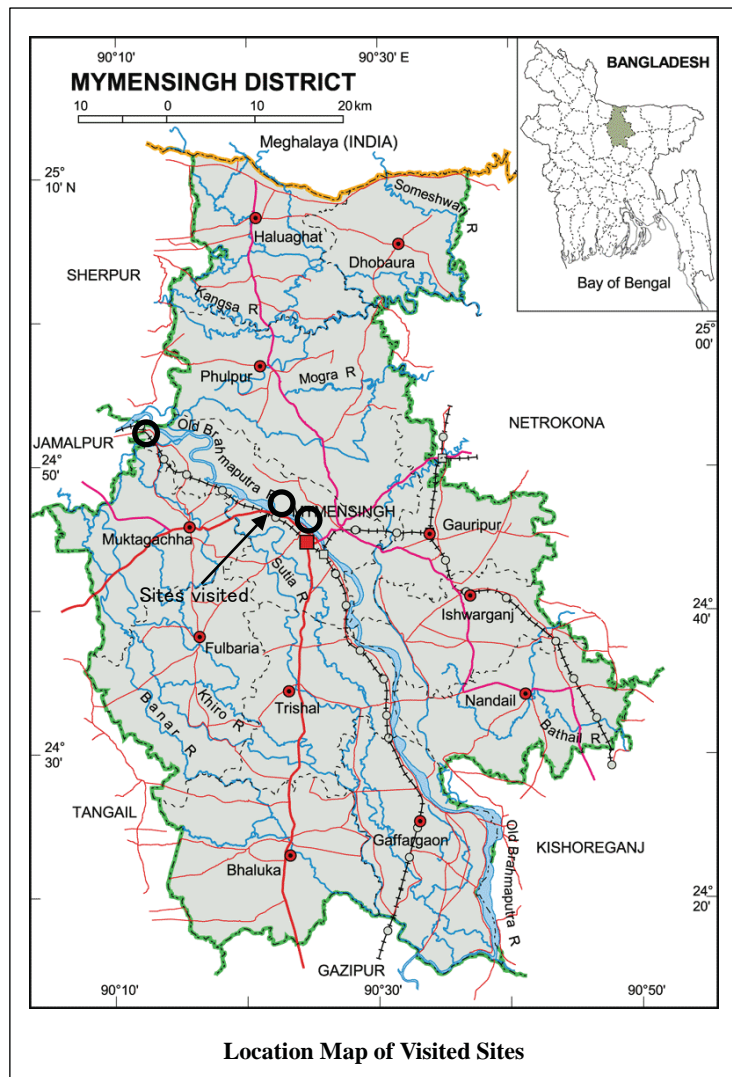
(5) The protection works for the country side embankment sloe are not conducted because soon after the works, houses are constructed.

(6) The country side embankment slope is usually filled with dredged material for city park by the municipality.

(7) The embankment failure here takes place mainly by small scale slope slide due to heavy rainfall. Sometimes the flood overflow over the embankment takes place.

(8) Set-back distance is very enough here and accordingly the embankment failure due to erosion has never taken place.

(9) The material for embankment is sandy soil and clay cover is provided with the depth of





3-4 feet on it.

(10) Sometimes a flood takes place along the Old Brahmaputra River by flood overflow when a big flood takes place in the Brahmaputra River.

(11) But recently serious flood didn't take place.

3. Views of JICA Expert Team

None.



a. Embankment by Town Protection Works



b. Embankment erosion on the other side of the city

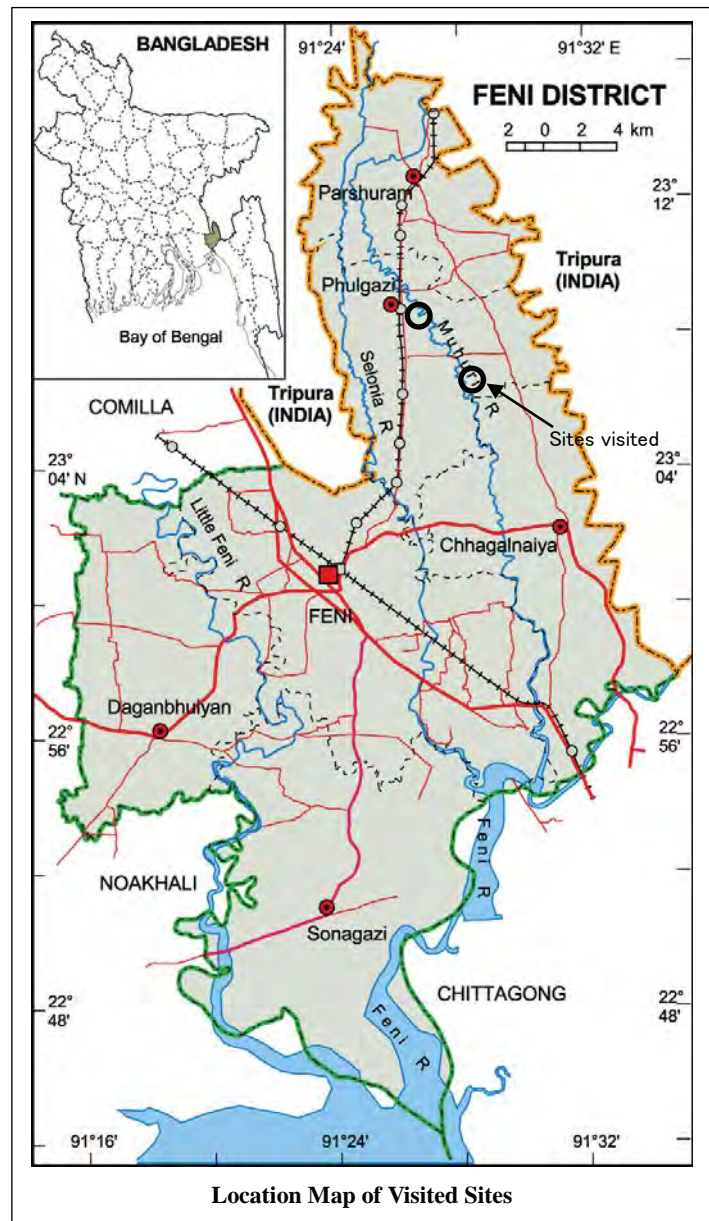


c. Embankment erosion on the city side in the downstream reaches of TPW.

**Appendix-1.7 Summary on Interview and Findings at Feni Embankment Failure Site  
(Feni O&M Division Office)**

1. Visiting Date: November 14, 2013
2. Hearing & Findings

- (1) The river embankment is constructed along the Muhuri River, the Kahua River.
- (2) The damage of the embankment is mainly due to bank erosion and partly leakage.
- (3) The standard embankment slope gradient is 1:3 for river side and 1:2 for countryside.
- (4) The width of the embankment crown is 4.3m.
- (5) The flood here is the flash flood from India.
- (6) The material of the embankment is silty sand and the material is obtained at the site.
- (7) The clay blanket is not provided here.
- (8) The compaction of the embankment is conducted by man power.



- (9) The O&M is conducted only in dry season, not conducted in rainy season. The budget comes from routine maintenance but it is not enough even for repairing works.
- (10) The longitudinal slope of the river is around 1cm/1km.
- (11) The actual embankment slope gradient is 1:1.0~1.5 for the countryside and 1:1.5~2.0 for the river side seemingly due to the limitation of the land.
- (12) Slope protection works are not provided except sodding even at the outer side of

meandering.

(13) Trees are planted on the slope of the embankment by local people.

(14) Erosion control works are not provided even at seriously eroded bank site due to the limitation of the budget.

3. Views of JICA Expert Team

(1) It seems that the leakage does not exist according to the local people, but there exist a site of embankment body subsidence and leakage at the foundation layer might be taking place.



a. Eroded right embankment with the length of 300m. About 1/3 of the crown is lost.



b. Eroded left embankment (about 1/2 of the crown is lost.)



c. Sunken left embankment (the foundation layer may have a problem.)



**Appendix-1.8 Summary on Interview and Findings at Chandpur Embankment Failure Site**  
**(Chandpur O&M Division Office)**

1. Visiting Date: November 25, 2013

2. Interview & Findings

- (1) The material for embankment is silt with fine sand.
- (2) The embankment was breached with the length of 300m due to the flood in 1988 without any overflow of the flood.
- (3) The Chandpur Irrigation Project was started in 1978. The embankment is a ring levee for the irrigation area. The total length of the levee is 120km including the right bank of the Meghna River.
- (4) The major issue is the river bank erosion along the Meghna River.
- (5) Since the Meghna River is moving toward the east, the embankment was constructed 4 times. Since the river bank



- (6) Since the river bank erosion is going on, the revetment works are on-going under the domestic budget.
- (7) The slope gradient of the river embankment along the Meghna River is 1:3 on the river side, and 1:2 on the country side and the crown width is 4.3m. The material is silt with fine sand and the embankment surface is covered with clay soil.
- (8) The slope protection works for the embankment along the Meghna River are with CC blocks and geo-bag (250kg) for the river depth of about 60-70m and the slope length is 200m.
- (9) Major structures are drainage pumps, drainage gates and navigation locks.

(9) CIP has not experienced the embankment failure due to leakage.

(10) Basically major issue exists on the river embankment along the Meghna River, not on the ring levee around the irrigation area.

3. Views of JICA Expert Team

(1) The issue on the ring levee around the irrigation area is the lack of O&M budget since the issue is the minor one in this area.

(2) The clay blanket over the ring levee body is almost lost and accordingly there is the possibility that the seepage failure may take place at the toe of the embankment under the high water level. (the confirmation by the seepage analysis is needed.)



a. Ring levee around the pumping house



b. Emergent bank protection works (river bank material consists of silt with clay)



### Appendix-1.9 Summary on Interview and Findings at Khulna Embankment Failure Site

1. Visiting Date: October 26, 27, 2013

2. Interview & Findings

(1) The material for embankment is almost silty soil and the slope is covered with sodding. In the upstream reaches, where the material for embankment is sand, the clay blanket is provided with the depth of 1.0m (sometimes 50cm)

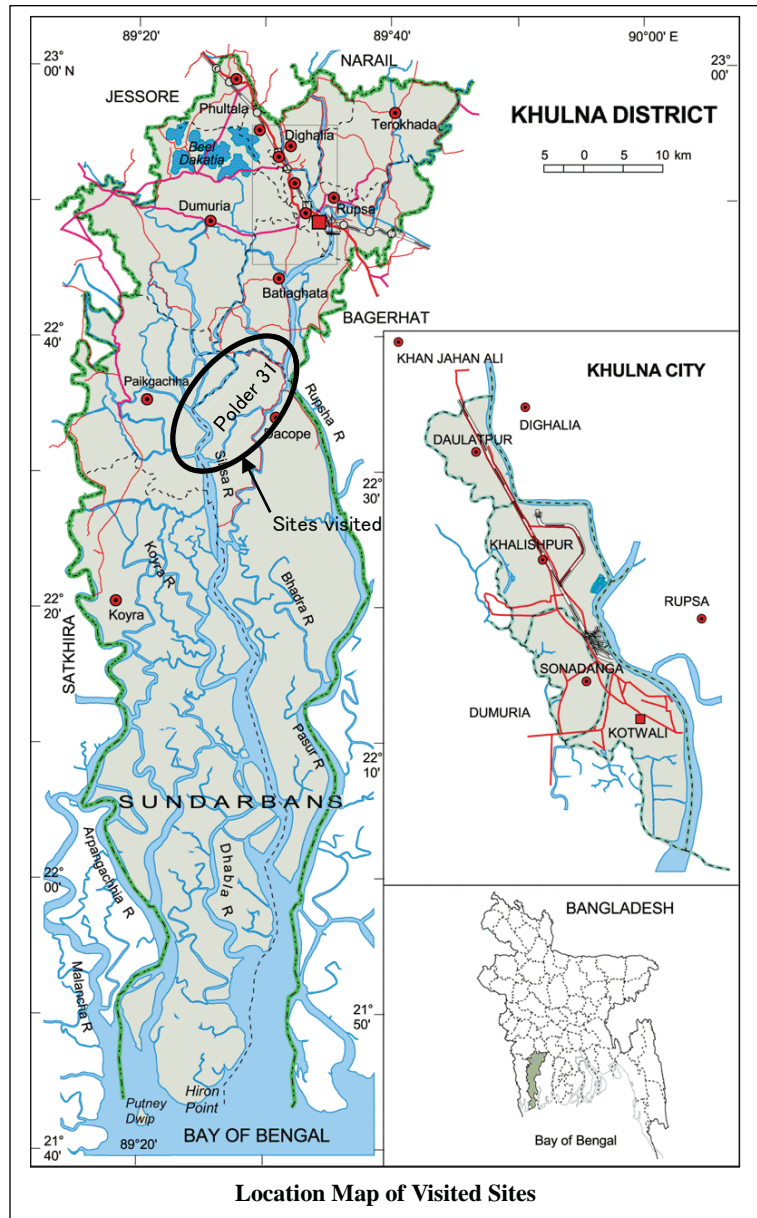
(2) The crown of the embankment is usually used as a road and in this case, BWDB cannot design and construct a road instead, LGED construct the road with the design standard for road.

(3) The issues on embankment are as follows:

- 1) embankment failure due to river bank erosion along the river
- 2) embankment failure due to the behavior of aqua farmer who damage the embankment for taking salty water from the outside
- 3) damage of the embankment due to the construction of houses on the embankment by the refugee of flood
- 4) embankment failure due to seepage failure when the material contains organic soil
- 5) Operation and maintenance budget is not enough for necessary repairing works.

3. Views of JICA Expert Team

(1) The material here is almost clayey silt and accordingly it seems that compaction would



be very difficult.

- (2) The material here contains organic soil. For utilizing the soil here, preliminary survey would be needed.
- (3) It seems that piping here would not take place, but seepage failure might take place since enough compaction would not be conducted and organic soil could not be removed well.
- (4) Embankment failure here would be due to the river bank erosion.
- (5) Borrow pits are very close to the embankment (about 3m far) and after the construction works, the place usually is utilized as aqua farming pond and it always keeps water with rather high elevation and the situation is not good for keeping embankment safe.
- (6) The embankment crown is often damaged with motor bicycle traffic and lowered in its elevation and sometimes flood overflow takes place. But since BWDB don't have the budget for pavement, the situation is left as it is.
- (7) But the embankment in this area is used as a road and, without the pavement of the crown, the embankment crown would be easily damaged. Accordingly the pavement of the crown should be added to the design manual.



a. Embankment eroded site



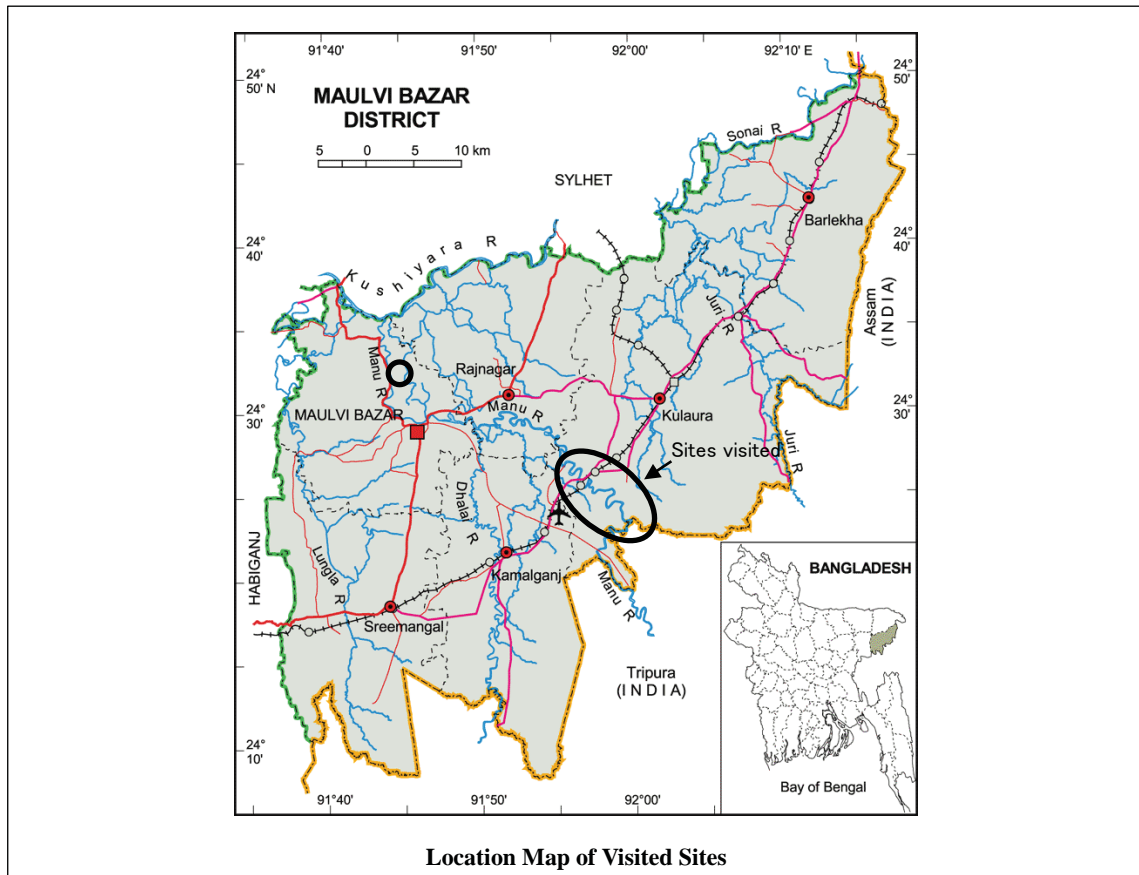
b. Retired embankment under construction by local government



c. Borrow pit site just country side of the embankment

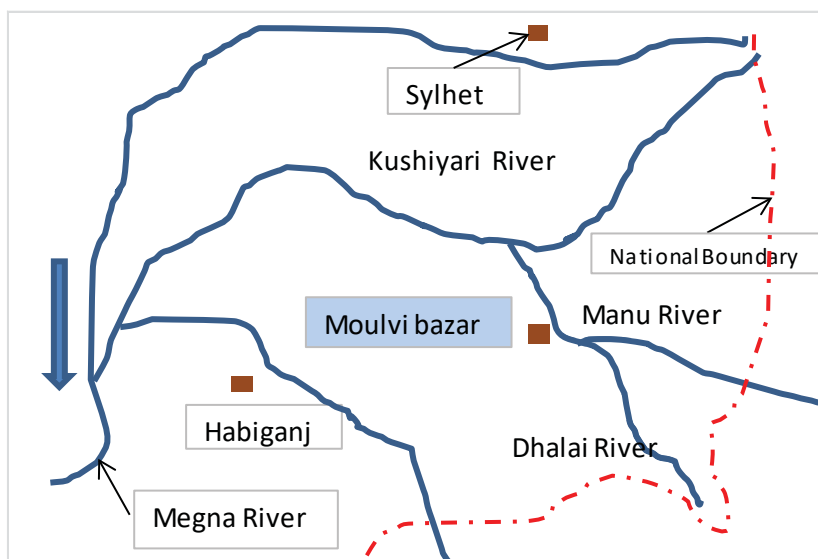
**Appendix-1.10 Summary on Interview and Findings at Moulvibazar Embankment Failure Site (Moulvibazar O&M Division Office)**

1. Visiting Date: February , 03, 2014



2. Interview & Findings

(1) The river system of the Manu River is as shown in the following figure:



- (2) In the basin of these rivers of the Manu, the Dhala, and the Kushyara, even there has been no overflow of floods, river bank erosion, slope slide and seepage damage have been taking place, but the countermeasures have been just the temporary works.
  - (3) The height of the embankment is around 3-5m. the flood water-level during the rainy season rises up to 1.0m below the embankment crown level. In the flood of October 2010, embankment failure took place at 31 sites due to the river bank erosion. The repairmen works needed a huge cost.
  - (4) A flood usually continues for about 3-5 days. And the similar damage of embankment failure is caused rather often.
3. Views of JICA Expert Team
- (1) The river basin of the Manu River is mostly located in Indian Territory.
  - (2) The river profile is, like the other rivers in Comilla and Feni, the longitudinal slope of the river is steep and the cross-section is a single section without wide high-water channel and accordingly the flood water-level rise is very rapid.
  - (3) The material of the embankment is sandy soil and the river bank is just the embankment toe. Accordingly the embankment failure was seen at many places at the outer-curve of the river meanders.
  - (4) It seemed that the embankment toe protection works were not implemented except the cases that boulders were cast at the toe of the embankment with small amount. Without the toe protection works, the enhancement of embankment body itself would not contribute to the safety of the embankment.





a. Embankment protection with boulders



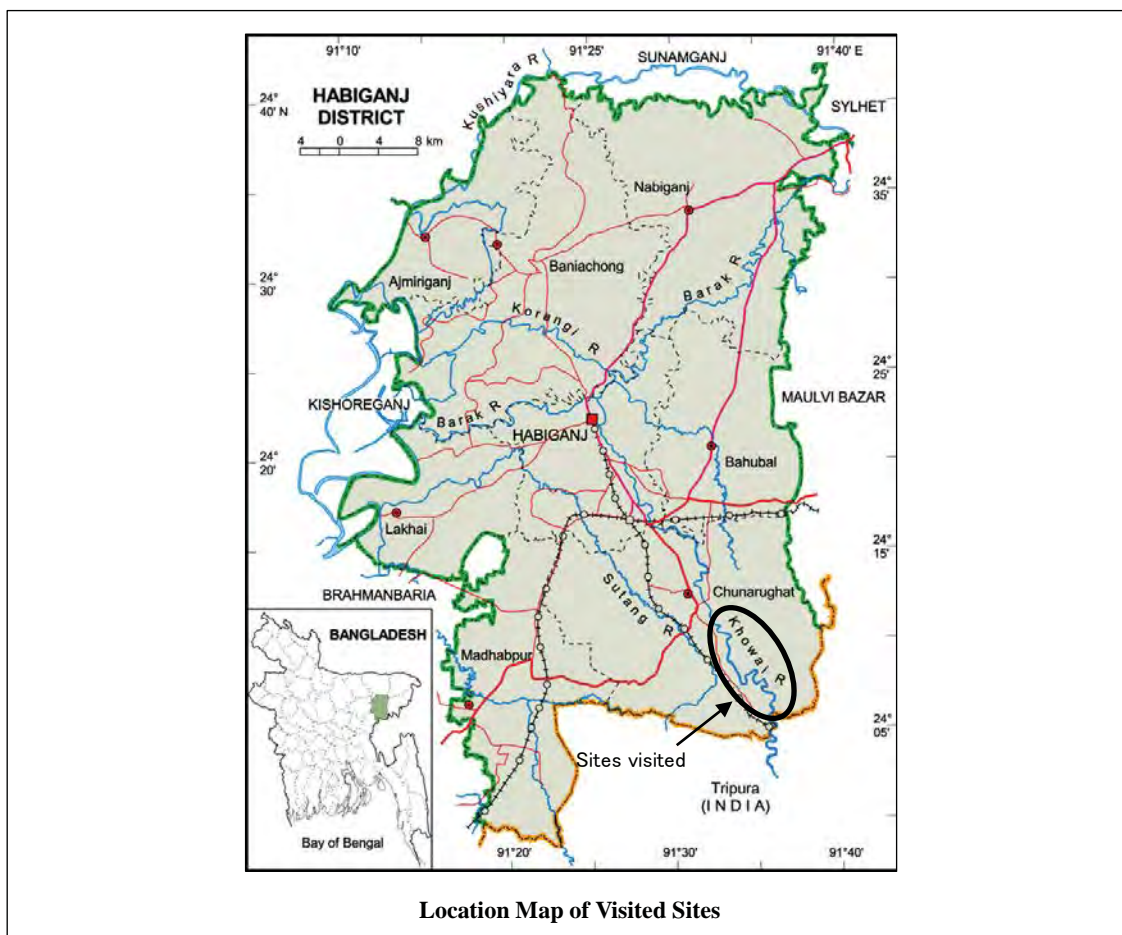
b. Due to the erosion at the embankment toe, the slope slide took place with the scale of 300m long. The embankment crown itself is already very narrow. There exists an elementary school nearby.



c. Damaged embankment due to the embankment toe erosion. Cracks are seen on the slope of the embankment and it is almost going to fall.

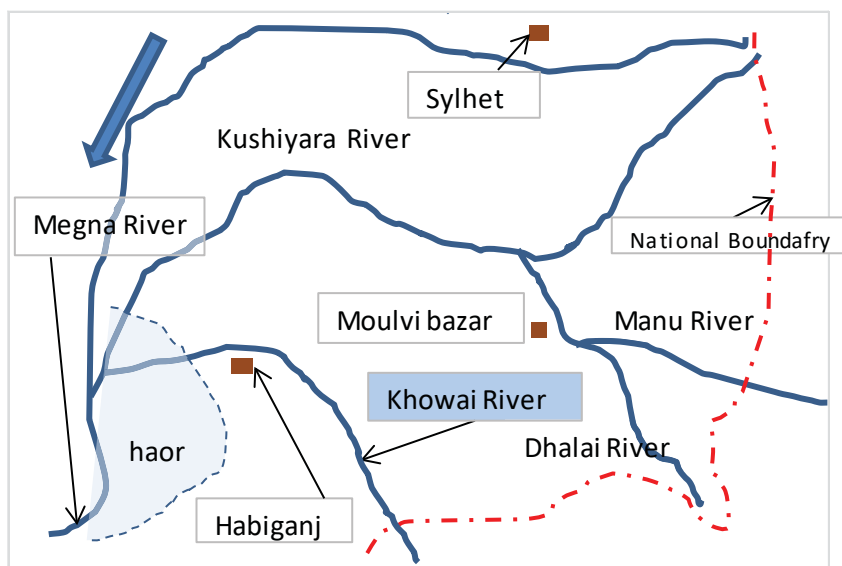
**Appendix-1.11 Summary on Interview and Findings at Habiganj Embankment Failure Site**  
**(Habiganj O&M Division Office)**

1. Visiting Date: February 4, 2014



2. Interview & Findings

(1) The site situation is as shown in the following figure:





- (2) Many rivers reach the eastern side of the Haor area after passing the Habiganj city and flow into the Haor area and since the area is a low-lying flat area (elevation is around 4-5m), a vast inundation area is generated in the rainy season. The water depth reaches around 5m at maximum.
  - (3) Accordingly the flood embankment of the Khoai River becomes the submergible embankment in the rainy season. This means that the embankment of the Khoai River confines the flood between the embankment in the period of non-rainy season, but in the rainy season, the whole area becomes the inundation area.
  - (4) The specifications of the full embankment and the submergible embankment are the same with the slope gradient of 1:2 and the crown width of 4.2m, but the crown elevations are different.
  - (5) The material of embankment is the same between the full embankment and the submergible embankment with sandy silt.
  - (6) The bed elevation of the Haor area gradually rising due the sedimentation of the silt.
3. Views of JICA Expert Team
- (1) The material of the embankment crown is clayey silt and the surface is with many cracks since the material is now very dry.
  - (2) Almost of all the damage of the full embankment of the Khoai River is due to the river bank erosion on the outer side of the curvature of the river. The river bank material is the clayey silt and accordingly the rapid erosion like the sandy material river bank would not take place. But the outer curvature side of the river has no high water channel in many cases and the river bank erosion would easily lead to the embankment failure.
  - (3) Some sites of river bank erosion are left as they are, but others are protected with CC blocks and boulders. But these protection works are not provided to the part under water in many cases and accordingly river bank erosion would easily lead to the embankment failure.
  - (4) Since the embankment material is clayey silt, the embankment surface becomes dry and the surface becomes with more cracks and becomes weak since rain water infiltrates into the embankment body through the cracks. It might be better to pave the surface with CC blocks or cover the surface with grain size adjusted soil by about 1m thickness.



a. Foot protection works with boulders



b. Damaged embankment due to the human traffic



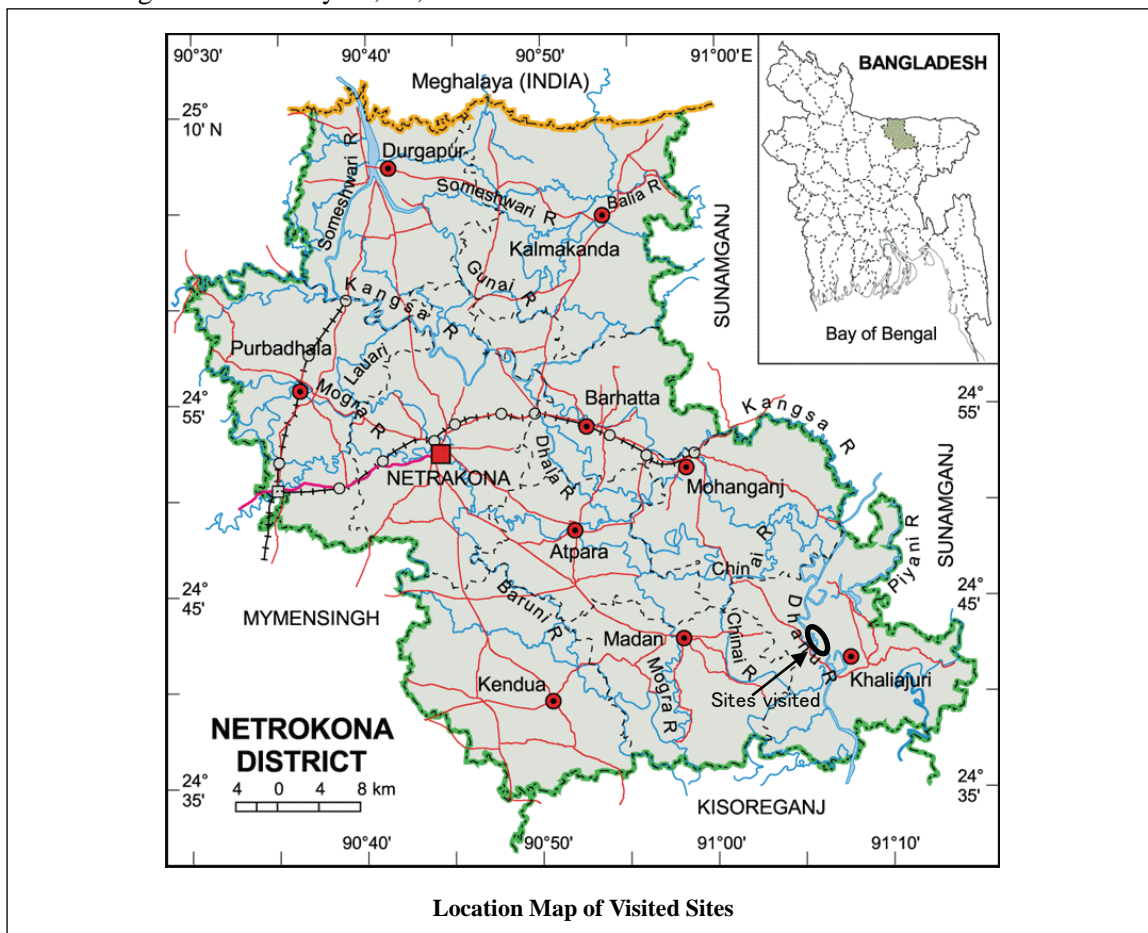
c. River bank eroded site



d. water-level gauge

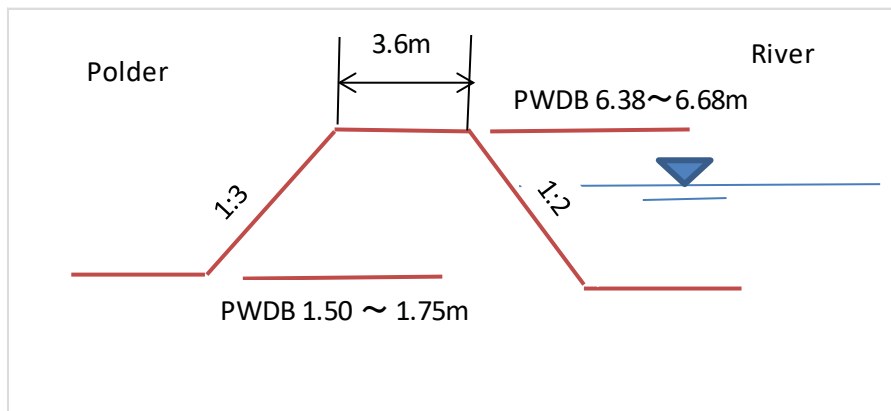
**Appendix-1.12 Summary on Interview and Findings at Netrokona Embankment Failure Site**  
**Site**  
**(Netrokona O&M Division Office)**

1. Visiting Date: February 10, 11, 2014



2. Interview & Findings

- (1) The major project here is Khaliajuri Flood Control and Drainage Project and maintains the submergible embankment to protect boro rice from early flood. The harvest of boro rice ends at the end of May.
- (2) The typical cross-section of the submergible embankment is as follows:



- (3) The material of the embankment is sandy soil and clayey soil.
  - (4) The compaction of the embankment is conducted by manual compaction with the use of 7kg tamper for every 6 inches layer. Machine compaction is not conducted here since the cost is 3 times of manual compaction.
  - (5) Both sides of the slope is provided with sodding (dhol kolmi) that is effective for anti-erosion and survive under water during rainy season. The crown of the embankment is not provided with sodding.
  - (6) The submergible embankment now under construction has never been breached.
  - (7) The major issue of the embankment is that the embankment is cut by local people for easy water transportation in the period of May to June and for water intake for breeding pond. The repair of the embankment is conducted with “Food for Works” budget but the budget is not enough and accordingly restoration of embankment to the original design level cannot be done
  - (8) Another issue here is the overflow of flood in the pre-monsoon season over the sandy embankment, but there is no issue of seepage.
3. Views of JICA Expert Team
- None.





Polder side

Submergible embankment



a. Damaged submergible embankment

b. Many holes by crabs in the embankment



b. Submergible embankment under repairing works