

バングラデシュ国

電力・エネルギー・鉱物資源省

バングラデシュ国
チッタゴン石炭火力発電所
建設事業準備調査報告書

ファイナルレポート
(発電所・港湾・送電線・
アクセス道路・自然条件調査)

Book 3

公開版

平成 27 年 3 月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

東電設計株式会社
東京電力株式会社

4R

JR(先)

15-009

バングラデシュ国

電力・エネルギー・鉱物資源省

バングラデシュ国
チッタゴン石炭火力発電所
建設事業準備調査報告書

ファイナルレポート
(発電所・港湾・送電線・
アクセス道路・自然条件調査)

Book 3

公開版

平成 27 年 3 月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

東電設計株式会社
東京電力株式会社

目次

目次

表・図目次

頁

Book 1

- 第 1 章 序文
- 第 2 章 本事業の基本コンセプト
- 第 3 章 バングラデシュの現状と本事業の必要性・妥当性
- 第 4 章 発電所計画地の選定
- 第 5 章 事業候補地の自然条件
- 第 6 章 石炭供給計画
- 第 7 章 概念設計
- 第 8 章 土木建設業務の検討
- 第 9 章 電力系統解析および送変電設備計画
- 第 10 章 プロジェクト建設計画
- 第 11 章 事業実施体制
- 第 12 章 新発電会社の経営管理
- 第 13 章 運転維持管理
- 第 14 章 経済財務分析

Book 2

- 第 15 章 環境社会配慮

Book 3

- 第 16 章 アクセス道路の計画と設計 16-1
 - 16.1 基本方針と設計コンセプト 16-1
 - 16.1.1 道路と橋梁の概略設計に関する基本方針（ルート計画と構造物検討） 16-1

16.1.2	道路概略設計の基本方針	16-1
16.1.3	橋梁の概略設計の基本方針	16-1
16.1.4	環境、社会配慮面の基本方針	16-1
16.2	ルート選定	16-3
16.2.1	アクセス道路の必要条件	16-3
16.2.2	アクセス道路のルート選定	16-3
16.3	道路及び橋梁の概略設計	16-12
16.3.1	自然条件調査	16-12
16.3.2	水文及び河川形態解析	16-21
16.3.3	道路部門	16-28
16.3.4	橋梁部門	16-64
16.3.5	想定荷重	16-71
16.3.6	工事のスコープ	16-74
16.4	プロジェクトの実施	16-85
16.4.1	概算プロジェクトコスト	16-85
16.4.2	維持管理予算	16-86
16.4.3	実施計画	16-91
16.4.4	調達方法	16-94
16.4.5	建設計画	16-99
第 17 章	自然条件調査	17-1
	概要	17-1
17.1	調査の背景と目的	17-3
17.2	調査方針	17-3
17.3	調査と内容	17-4
17.3.1	土質調査	17-4
17.3.2	測量調査	17-14
17.4	調査の実施と工程	17-15
17.5	調査結果	17-17
17.5.1	土質調査結果	17-17
17.5.2	測量調査結果	17-73
17.5.3	調査に関わる環境社会配慮	17-82
17.6	分析と評価	17-85
17.6.1	浚渫土の盛土への適用と土量分析	17-85
17.6.2	発電所の原地盤の圧密特性	17-89
17.6.3	浚渫・敷地造成工事に係る施工手順の再考	17-98
17.7	航路埋没に関する調査	17-99
17.7.1	調査の内容と方法	17-99

17.7.2 漂砂シミュレーションの結果.....	17-103
17.7.3 シミュレーション結果に基づく分析結果.....	17-123
17.8 材料調達先調査.....	17-124

Book 4

Appendices

第 5 章

第 10 章

第 12 章

第 15 章

Book 5

Appendices

第 16 章

第 17 章

表目次

	頁
表 16.2-1	各候補ルートの間隔距離..... 16-5
表 16.2-2	各候補ルートの環境及び社会的側面の比較..... 16-7
表 16.2-3	各候補ルートの施行面の比較..... 16-8
表 16.2-4	各候補ルートの施行面の比較..... 16-10
表 16.2-5	建設費総額の比較（単位: million BDT）..... 16-10
表 16.2-6	選択されたルートのインベントリ..... 16-11
表 16.3-1	TBM 及び TP 地点..... 16-12
表 16.3-2	ボーリング実施場所..... 16-13
表 16.3-3	各地点の軟弱地盤層の概要..... 16-16
表 16.3-4	DCP 試験の結果..... 16-20
表 16.3-5	既存道路材料の評価..... 16-21
表 16.3-6	水位データ（1971 - 2012）..... 16-23
表 16.3-7	設計流出量..... 16-25
表 16.3-8	ナビゲーションクリアランス..... 16-27
表 16.3-9	道路横断面基準..... 16-29
表 16.3-10	標準設計速度..... 16-29
表 16.3-11	設計パラメータに関連する速度..... 16-29
表 16.3-12	交通量の概要..... 16-31
表 16.3-13	Yunuskhali から Matarbari 発電所への新設道路における交通量..... 16-32
表 16.3-14	適用基準のリスト..... 16-34
表 16.3-15	アクセス道路の道路部分の基本設計コンセプト..... 16-41
表 16.3-16	道路建設及び改修の概要..... 16-42
表 16.3-17	車両分類..... 16-45
表 16.3-18	車両識別シート..... 16-47
表 16.3-19	PCU 係数..... 16-49
表 16.3-20	設計のための ESA..... 16-50
表 16.3-21	舗装詳細..... 16-58
表 16.3-22	参照設計基準..... 16-64
表 16.3-23	橋梁構造形式の比較..... 16-66
表 16.3-24	アクセス道路の橋梁構造の設計コンセプト..... 16-69
表 16.3-25	BIWTA による最小垂直、水平ナビゲーションクリアランス..... 16-73
表 16.3-26	アクセス道路のスコープ(1)..... 16-74
表 16.3-27	アクセス道路のスコープ(2)..... 16-76
表 16.3-28	アクセス道路のスコープ(3)..... 16-78
表 16.3-29	アクセス道路のスコープ(4)..... 16-81

表 16.3-30	アクセス道路のスコープ(5).....	16-83
表 16.4-1	アクセス道路プロジェクトのベースコスト <Blank>	16-87
表 16.4-2	橋梁及び道路の主要項目の数量 <Blank>.....	16-88
表 16.4-3	コンサルティングサービス費の詳細 <Blank>	16-89
表 16.4-4	コンサルティングサービスのアサイメントスケジュール <Blank>	16-90
表 16.4-5	実施計画 <Blank>.....	16-91
表 16.4-6	建設スケジュール <Blank>.....	16-92
表 16.4-7	コンサルティングサービス・スケジュール <Blank>	16-93
表 16.4-8	主要材料の購入 <Blank>.....	16-95
表 16.4-9	主要機器の購入 <Blank>.....	16-96
表 16.4-10	アクセス道路のセクターリスト.....	16-99
表 16.4-11	類似プロジェクトの比較表.....	16-110
表 16.4-12	Muhuri 橋プロジェクトの概要.....	16-112
表 16.4-13	Lamua 橋プロジェクトの概要.....	16-113
表 16.4-14	Eidgah 橋プロジェクトの概要.....	16-114
表 16.4-15	Badarkhali 橋プロジェクトの概要.....	16-115
表 17.3-1	ボーリング調査数量.....	17-5
表 17.3-2	底質・水質調査の実施数量.....	17-10
表 17.3-3	本試験で用いた判定基準（水底土砂に係る判定基準）.....	17-11
表 17.3-4	室内土質試験項目および基準・規格.....	17-12
表 17.3-5	締固め試験の試料の種類.....	17-13
表 17.5-1	ボーリング、貫入試験、試料サンプリング数量表.....	17-18
表 17.5-2	調査地の地質層序.....	17-35
表 17.5-3	各層の N 値分布.....	17-35
表 17.5-4	海上音波探査数量.....	17-37
表 17.5-5	サウンディング数量表.....	17-47
表 17.5-6	水質、低湿調査数量.....	17-49
表 17.5-7	水質、低湿調査試験結果一覧.....	17-52
表 17.5-8	浮遊物質(TSS)集計結果.....	17-53
表 17.5-9	化学試験結果.....	17-54
表 17.5-10	各地点の試験種類と数量一覧.....	17-56
表 17.5-11	各土質試験結果一覧.....	17-57
表 17.5-12	各土層の土粒子の密度範囲.....	17-58
表 17.5-13	各土層の含水比範囲.....	17-59
表 17.5-14	各土層の湿潤密度範囲.....	17-60
表 17.5-15	各土層の粒度組成範囲.....	17-61
表 17.5-16	各層の一軸圧縮強度の範囲.....	17-63

表 17.5-17	各層の非排水せん断強度の範囲	17-64
表 17.5-18	粘着力 (C) と内部摩擦角 (ϕ) の範囲 (CU 試験)	17-65
表 17.5-19	粘着力 (C) と内部摩擦角 (ϕ) の範囲 (CD 試験)	17-66
表 17.5-20	各層の間隙比、先行圧密圧力 P_c 、圧縮指数 C_c の範囲	17-67
表 17.5-21	締め固め試験結果	17-72
表 17.5-22	測量調査数量	17-73
表 17.5-23	ターニングベースン中心位置の UTM 座標	17-73
表 17.5-24	Matarbari 地区近傍の国家測量基準点	17-73
表 17.5-25	仮基準点の座標と標高	17-75
表 17.5-26	測量基準点の座標と標高	17-77
表 17.5-27	測量基準点構築に伴う基礎の諸元	17-77
表 17.6-1	AASHTO M145 の分類	17-85
表 17.6-2	各土層の粒度分布試験結果	17-86
表 17.6-3	各土層の液性・塑性試験結果	17-86
表 17.6-4	日本道路協会の分類	17-87
表 17.6-5	土の分類と盛土への適用性	17-88
表 17.6-6	圧密検討ケース一覧表	17-90
表 17.6-7	圧縮係数, C_v (m ² /年)	17-93
表 17.6-8	土層モデル一覧表(ケース A)	17-94
表 17.6-9	土層モデル一覧表(ケース B)	17-95
表 17.6-10	圧密特性の検討結果一覧表	17-96
表 17.7-1	波による漂砂シミュレーションの解析手法の概要	17-101
表 17.7-2	波による漂砂シミュレーションの検討条件	17-103
表 17.7-3	波浪の出現頻度表 (2006 年～2011 年気象協会波浪推算結果)	17-106
表 17.7-4	底質調査結果	17-107
表 17.7-5	シミュレーションケース	17-108
表 17.7-6 (1)	地形変化 (現況: 年最大波, 乾季, $D_{50}=0.2\text{mm}$)	17-109
表 17.7-6 (2)	地形変化 (現況: 平均波, 乾季, $D_{50}=0.2\text{mm}$)	17-110
表 17.7-6 (3)	地形変化 (現況: 年最大波, 雨季, $D_{50}=0.1\text{mm}$)	17-111
表 17.7-6 (4)	地形変化 (現況: 平均波, 雨季, $D_{50}=0.1\text{mm}$)	17-112
表 17.7-7	潮汐による漂砂シミュレーションの検討条件	17-113
表 17.7-8	SS 濃度	17-116
表 17.7-9	シミュレーションケース	17-116
表 17.8-1	調査材料	17-124
表 17.8-2	主要建設材料の輸入品目規制及び地域規制	17-125
表 17.8-3	聞き取り調査一覧 (セメント)	17-130
表 17.8-4	聞き取り調査一覧 (鉄筋)	17-133

表 17.8-5	聞き取り調査一覧（細骨材）	17-135
表 17.8-6	聞き取り調査一覧（粗骨材）	17-137
表 17.8-7	聞き取り調査一覧（埋立砂）	17-139
表 17.8-8	聞き取り調査一覧（PVD）	17-141

図目次

	頁
図 16.2-1	アクセス道路の候補ルート..... 16-4
図 16.2-2	Kohelia 川の新規橋梁の代替案、候補 1 及び候補 3 16-9
図 16.3-1	地形調査位置..... 16-12
図 16.3-2	深浅測量調査位置..... 16-13
図 16.3-3	ボーリング調査地点..... 16-14
図 16.3-4	ボーリング調査地点..... 16-15
図 16.3-5	バーチカルドレーン工法の種類 16-17
図 16.3-6	調査地点の配置..... 16-19
図 16.3-7	DCP 試験の位置図..... 16-20
図 16.3-8	MSL と PWD 基準値との関係 16-22
図 16.3-9	Matarbari 側における BWDB の堤防の標準断面 16-24
図 16.3-10	一般的な道路の標準断面図..... 16-41
図 16.3-11	Matarbari の BWDB の改修堤防及び新設道路の標準断面図 16-42
図 16.3-12	車両走行軌跡 1 16-51
図 16.3-13	車両走行軌跡 2 16-52
図 16.3-14	車両走行軌跡 3 16-53
図 16.3-15	車両走行軌跡 4 16-54
図 16.3-16	主要構造物の配置..... 16-57
図 16.3-17	既存及び新設道路の断面図..... 16-61
図 16.3-18	既存及び新設道路の断面図..... 16-62
図 16.3-19	既存及び新設道路の断面図..... 16-63
図 16.3-20	簡易水上交通調査の結果..... 16-68
図 16.3-21	Kohelia 川における計画橋梁の縦断図 16-70
図 16.3-22	Kohelia 川に計画されている橋梁の断面図 16-70
図 16.3-23	選定ルートの写真（Ekata Bazar から Pekua Bazar） 16-75
図 16.3-24	選定ルートの写真（Pekua Bazar から Eidmoni 交差点） 16-77
図 16.3-25	選定ルートの写真（Eidmoni 交差点から Badarkhali 橋を通り、 Yunuskhali 交差点へ） 16-79
図 16.3-26	選定ルートの写真（Eidmoni 交差点から Badarkhali 橋を通り Yunuskhali 交差点へ） 16-80
図 16.3-27	選定ルートの写真（Eidmoni 交差点から Badarkhali 橋を通り Yunuskhali 交差点へ） 16-82
図 16.3-28	選定ルートの写真（Eidmoni 交差点から Badarkhali 橋を通り、 Yunuskhali 交差点へ） 16-84
図 16.4-1	Chittagong 港及び国道 1 号 16-97

図 16.4-2	輸送ルート：Chittagong 港から発電所サイトまで	16-98
図 16.4-3	乾季及び雨季のサイト状況	16-100
図 16.4-4	仮設ヤード、栈橋、浚渫エリアの配置	16-101
図 16.4-5	アクセス道路ルートと主要な交差点	16-102
図 16.4-6	水門の配置	16-104
図 16.4-7	バージの概略図	16-105
図 16.4-8	エレクションガーダー工法の参考図	16-106
図 16.4-9	エレクションガーダー工法の参考図	16-106
図 16.4-10	上部構造工事のフローチャート	16-107
図 16.4-11	Muhuri 橋プロジェクトの概要	16-112
図 16.4-12	Lamua 橋プロジェクトの概要	16-113
図 16.4-13	Eidgah 橋プロジェクトの概要	16-114
図 16.4-14	Badarkhali 橋プロジェクトの概要	16-115
図 17.3-1	浅水深におけるボーリング台船	17-6
図 17.3-2	海域におけるボーリング船	17-7
図 17.3-3	櫓式ボーリング	17-7
図 17.3-4	音波探査の概要図	17-9
図 17.3-5	スウェーデン式サウンディング実施状況	17-10
図 17.4-1	実績工程	17-16
図 17.4-2	調査団要員体制	17-16
図 17.4-3	再委託先要員体制	17-17
図 17.5-1	調査位置図	17-19
図 17.5-2	地層想定断面図(CSL-WE-11)	17-22
図 17.5-3	地層想定断面図(CSL-WE-12)	17-23
図 17.5-4	地層想定断面図(CSL-WE-13)	17-24
図 17.5-5	地層想定断面図(CSL-WE-14)	17-25
図 17.5-6	地層想定断面図(CSL-WE-15)	17-26
図 17.5-7	地層想定断面図(CSL-WE-16)	17-27
図 17.5-8	地層想定断面図(CSL-WE-17)	17-28
図 17.5-9	地層想定断面図(CSL-SN-10 and CSL-SN-14)	17-29
図 17.5-10	地層想定断面図(CSL-SN-15 and CSL-SN-18)	17-30
図 17.5-11	地層想定断面図(CSL-SN-19 and CSL-SN-21)	17-31
図 17.5-12	地層想定断面図(CSL-SN-22 and CSL-SN-24)	17-32
図 17.5-13	Ac-1 層の層厚分布図	17-33
図 17.5-14	洪積土層出現深度分布図	17-34
図 17.5-15	N 値分布図（深度、標高）	17-36
図 17.5-16	音波探査位置	17-38

図 17.5-17 (1) 地層断面(Survey Line : MSS-CL-01).....	17-39
図 17.5-17 (2) 地層断面(Survey Line : MSS-CL-02).....	17-39
図 17.5-17 (3) 地層断面(Survey Line : MSS-SN-03).....	17-40
図 17.5-17 (4) 地層断面(Survey Line : MSS-SN-04).....	17-40
図 17.5-17 (5) 地層断面(Survey Line : MSS-SN-05).....	17-41
図 17.5-17 (6) 地層断面(Survey Line : MSS-WE-10a)	17-41
図 17.5-17 (7) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-11).....	17-42
図 17.5-17 (8) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-12).....	17-42
図 17.5-17 (9) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-13)	17-43
図 17.5-17 (10) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-14)	17-43
図 17.5-17 (11) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-15)	17-44
図 17.5-17 (12) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-16a).....	17-44
図 17.5-17 (13) 地層断面(Survey Line : MSS-WE-17a).....	17-45
図 17.5-17 (14) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-18a).....	17-45
図 17.5-17 (15) 地層断面(Survey Line : MSS- CC-01).....	17-46
図 17.5-18 Wsw, Nsw と N 値の相関図	17-48
図 17.5-19 サンプリング位置	17-50
図 17.5-20 エコーサウンディング結果.....	17-51
図 17.5-21 浮遊物質(TSS)集計結果（側線 No.1）	17-53
図 17.5-22 土粒子の密度の深度分布図.....	17-58
図 17.5-23 含水比の深度分布図.....	17-59
図 17.5-24 湿潤密度の深度分布図.....	17-60
図 17.5-25 砂分の深度分布図.....	17-61
図 17.5-26 シルト分の深度分布図.....	17-62
図 17.5-27 粘土および微粒子分の深度分布図.....	17-62
図 17.5-28 液性限界と塑性指数の関係（塑性図）	17-63
図 17.5-29 一軸圧縮強度の深度分布図.....	17-64
図 17.5-30 非排水せん断強度の深度分布図.....	17-65
図 17.5-31 非排水せん断強度と平均主応力の相関図（CU 試験）	17-66
図 17.5-32 排水せん断強度と平均主応力の相関図（CD 試験）	17-67
図 17.5-33 間隙比の深度分布図.....	17-68
図 17.5-34 先行圧密圧力の深度分布図.....	17-68
図 17.5-35 圧縮指数の深度分布図.....	17-69
図 17.5-36 E-log P 曲線（Ac-1 層）	17-69
図 17.5-37 E-log P 曲線（Ac-2 層）	17-70
図 17.5-38 E-log P 曲線（Ac-3 層）	17-70
図 17.5-39 Cv 曲線（Ac-1 層）	17-71

図 17.5-40	Cv 曲線 (Ac-2 層)	17-71
図 17.5-41	Cv 曲線 (Ac-3 層)	17-71
図 17.5-42	締固め曲線	17-72
図 17.5-43	測量調査範囲と仮基準点の位置図	17-74
図 17.5-44	仮基準点の構造	17-75
図 17.5-45	仮基準点の設置状況	17-76
図 17.5-46	測量基準点の設置状況	17-78
図 17.5-47	測量基準点の構造図	17-79
図 17.5-48	地形測量図	17-81
図 17.5-49	UNO によって封印された塩工場	17-83
図 17.5-50	塩工場内に積まれた塩の様子	17-83
図 17.5-51	本調査に關係する現地当局の相関	17-84
図 17.6-1	発電所計画地の土層縦断図	17-91
図 17.6-2	深度方向における土層ごとの圧縮指数	17-92
図 17.6-3	検討土層モデル図(ケース A)	17-94
図 17.6-4	検討土層モデル図(ケース B)	17-95
図 17.6-5	沈下量と経過時間の關係 (ケース A モデル)	17-97
図 17.6-6	沈下量と経過時間の關係 (ケース B モデル)	17-97
図 17.7-1	航路埋没のメカニズムの模式図	17-100
図 17.7-2	波による漂砂シミュレーションのフロー	17-101
図 17.7-3	潮流による漂砂シミュレーションのフロー	17-102
図 17.7-4	潮流による地形変化のイメージ	17-102
図 17.7-5	解析領域	17-104
図 17.7-6	海底地形	17-105
図 17.7-7	解析領域	17-114
図 17.7-8	水深	17-115
図 17.7-9 (1)	地形変化 (平均波,雨季,D50=0.1mm,SS 600mg/L)	17-118
図 17.7-9 (2)	地形変化 (年最大波,雨季,D50=0.1mm,SS 600mg/L)	17-119
図 17.7-9 (3)	地形変化 (年最大波,乾季,D50=0.2mm,SS 600mg/L)	17-120
図 17.7-9 (4)	地形変化 (平均波,雨季,D50=0.1mm,SS 0mg/L)	17-121
図 17.7-9 (5)	地形変化 (平均波,雨季,D50=0.1mm,SS 1300mg/L)	17-122
図 17.8-1	クリンカ荷揚げ状況	17-127
図 17.8-2	セメント製造状況	17-127
図 17.8-3	バルク車	17-128
図 17.8-4	コンテナ車	17-128
図 17.8-5	バラ積トラック	17-128
図 17.8-6	台船運搬例	17-128

図 17.8-7	試験成績書例(BUET)	17-129
図 17.8-8	試験成績書例	17-129
図 17.8-9	製造ライン	17-131
図 17.8-10	製鉄ボイラー	17-131
図 17.8-11	ビレット保管	17-131
図 17.8-12	トレーラー運搬	17-132
図 17.8-13	中型トラック運搬	17-132
図 17.8-14	試験成績書例(BUET)	17-133
図 17.8-15	大型トラック輸送	17-134
図 17.8-16	小型台船輸送	17-134
図 17.8-17	採石状況（人力）	17-136
図 17.8-18	砕石製造状況	17-136
図 17.8-19	採砂状況(Chittagong)	17-138
図 17.8-20	採砂状況(Cox's Bazar)	17-138
図 17.8-21	バングラデシュ地質図	17-138
図 17.8-22	ローカル浚渫埋立状況	17-139
図 17.8-23	PVD 製造状況	17-140
図 17.8-24	PVD 保管状況	17-140
図 17.8-25	石山全景(Inn Myaung)	17-142
図 17.8-26	採石状況(Mayagone)	17-142
図 17.8-27	積出港集積状況	17-143
図 17.8-28	軌道使用状況	17-143
図 17.8-29	積出ランプ	17-143
図 17.8-30	台船積込状況	17-143
図 17.8-31	切出した石材	17-144

第 16 章

アクセス道路の計画と設計

第 16 章 アクセス道路の計画と設計

16.1 基本方針と設計コンセプト

16.1.1 道路と橋梁の概略設計に関する基本方針（ルート計画と構造物検討）

1) 社会と環境に対する負の影響の回避または最小化

アクセス道路のルートを選定する際に、強制的ないかなる住民移転を回避するため、優先順位づけされた、可能なあらゆる手段を講じ、住民の生活への否定的な影響を避けるために、または最小限にすることが基本方針である。

次の優先順位が考慮された：

- ・出来るだけ既存の道路施設を利用するよう、最大の努力を払う。
- ・住民移転を回避または最小化するために、既存道路の改良を最小限に制限する。特に、環境面の観点から、地域で観測された希少鳥類に対する影響を回避または最小限にするあらゆる配慮がなされるものとする。

2) 実際の利用条件やニーズを把握する

道路計画に反映させるために交通量調査が実施される。道路計画のために、現在の道路利用条件と共に、将来のニーズも検討されなければならない。

3) 総合的な観点から道路と橋梁のルートを確認

ルート選定や道路及び橋梁の構造仕様は、コスト、利用の容易さ、効果、工期、維持管理の容易性や、優先的な観点として、社会、環境面の負の影響を避ける等の総合的な観点から確定される。

16.1.2 道路概略設計の基本方針

道路の略設計を行うために、RHD 及び LGED と協調する。「バ」国の設計基準やベストプラクティスだけでなく、現在の道路利用状況と洪水危険管理という課題も踏まえて、更に日本の道路建設に関わる条例や欧米の設計基準も参考にする。

16.1.3 橋梁の概略設計の基本方針

橋梁の概略設計を行うために、RHD 及び LGED と協調する。「バ」国の設計基準やベストプラクティスだけでなく、現在の道路や河川の利用状況、日本の道路建設に関わる条例や欧米の設計基準も参考にする。また概略設計は、環境、社会的側面への配慮、建設費、施工のしやすさ、維持管理の容易性、工期等の要素を考慮し、4つ以上のオプションを検討することとして実施する。

16.1.4 環境、社会配慮面の基本方針

- 1) カテゴリ B 事業として、事業の分類に沿って、適切な環境社会配慮調査を行う。

- 2) 発電所の準備調査の結果との調和、整合性を考慮し、アクセス道路の建設に浚渫や掘削土の使用を組み込んだ実施計画を検討する。効率性と補完関係を考慮した事業となるよう最大の努力をする。
- 3) JICA 環境社会配慮のためのガイドライン（2010年4月版）及び世界銀行のセーフガードポリシー、OP4.01、附属書 B に沿った環境アセスメント報告書を作成する。
- 4) JICA 環境ガイドライン（2010年4月）と世界銀行セーフガードポリシーOP4.12、附属書 B の内容に従って、避けられ得ない住民移転についての計画書を作成する。
具体的な作成手順は、世界銀行の「不本意な住民移転計画ソースブック及び開発事業の実施」に準拠するものとする。

16.2 ルート選定

16.2.1 アクセス道路の必要条件

- 1) 国道 1 号から Maheshkhali までの区間では既存の道路を最大限利用すること。損傷や道路幅が不足しているため、発電所への道路として不足な場合は修理、完了を行うが、修理、改修計画は可能な限り、小規模なものとする。
- 2) 修理、改良または Maheshkhali 島から発電所サイトへまでの道路の建設（山地または水路のルートは）は必要に応じて検討する。
- 3) 新設道路区間の道路面の高さを決める設計要件として、浸水深については、既往の 10、25 及び 50 年の洪水実績、及び既存道路の状況と発電所建設後の維持管理に要する交通量を勘案して判断する。
- 4) 掘削土（浚渫土）を道路建設に再利用する方法は、材料（土）の品質に基づいて判断する。

16.2.2 アクセス道路のルート選定

(1) 候補ルート

アクセス道路の候補ルートは、発電所サイトにチッタゴンとコックスバザールの間を繋ぐ国道 1 号線から発電所までの地域にある。基本的には、可能な限り、既存の道路施設が利用される。北部で国道 1 号線に繋がる区間と Maheshkhali 島から発電所サイトへの区間では、新しい道路や橋梁の建設が想定される。

候補ルート 1

Chakoria から地域ハイウェイ R172、Badarkhali 橋と新しい道路と橋梁を経て発電所サイトへのルート。このルートは国道から発電所への最短ルートで、新しい橋梁の建設が必要になる。

候補ルート 2

Chakoria から地域ハイウェイ R172、Badarkhali 橋、Upazilla 道路、Matarbari 道路橋、Matarbari 橋、ユニオン道路を経由して発電所へのルート。

このルートは、国道から発電所への距離が短くなるように、既存の道路だけで構成されている。

候補ルート 3

Ekata バザールから Zilla 道路 Z1125、Pekua バザール、道路 R170、Eidmoni を経由して道路 R172、Badarkhali 橋と新しい道路と橋梁を経て発電所サイトへのルート。

このルートは Chakoria 交差点の混雑を回避し、良好な状態の既存道路を選択する構成となり、候補 1 の代替ルートである。

候補ルート4

Ekata バザールから Zilla 道路 Z1125、Pekua バザール、道路 R170、Eidmoni を経て、道路 R172、Badarkhali 橋、Upazilla 道路、Matarbari 道路橋、Matarbari 橋、ユニオン道路を経て発電所サイトへ到達するルート。

このルートは Chakoria 交差点の混雑を回避し、候補ルート2の代替で、良好な状態の道路を選択するものである。

候補ルート5

Pekua バザール（地域ハイウェイ R170 でチッタゴンからまたは国道1号線、Ekata バザール、Zilla 道路 Z1125 経由）、Upazilla 道路（Pekua）、新設橋梁、Upazilla 道路（Maheshkhali）、ユニオン道路を経由して発電所へのルート。

このルートは Pekua と発電所との区間について、送電線ルートを考慮すると共に、国道1号線の代わりに地方道路170との接続を考慮するルートである。



(出典: LGED、JICA 調査団により改変)

図 16.2-1 アクセス道路の候補ルート

表 16.2-1 に各候補ルートの間隔距離を示す。

表 16.2-1 各候補ルートの間隔距離

候補ルート	候補ルート 1	候補ルート 2	候補ルート 3	候補ルート 4	候補ルート 5
Ekata~Chakoria	9.00km	9.00km			
Chakoria~Eidmoni	8.00km	8.00km	-	-	-
Reconstruction Br.(Chakoria)	0.20km	0.20km			
Ekata~Pekua	-	-	11.80km	11.80km	-
Pekua~Eidmoni	-	-	10.90km	10.90km	-
Eidmoni~Badarkhali Br.	7.40km	7.40km	7.40km	7.40km	-
Badarkhali Br.~Janata Bazar	1.35km	1.35km	1.35km	1.35km	
Janata Bazar~Thallatoli Inter.	0.30km	0.30km	0.30km	0.30km	-
Thallatoli Inter.~Yunushkhali Inter.	1.60km	-	1.60km	-	
Yunushkhali Inter.~New Br.	2.56km	-	2.56km	-	-
New Bridge(Kohelia river)	0.64km	-	0.64km	-	-
West end of New Bridge~ Power Plant	1.25km	-	1.25km	-	-
Thallatoli Inter.~New Matarbari Br.	-	1.80km	-	1.80km	-
New Matarbari Br.	-	0.06km	-	0.06km	-
New Matarbari Br.~Matarbari Br.	-	1.90km	-	1.90km	-
Matarbari Br.(Reconstruction)	-	0.44km	-	0.44km	-
Matarbari Br.~ Power Plant	-	5.60km	-	5.60km	-
Pekua~Katahari Br,	-	-	-	-	3.73km
Katahari Br,	-	-	-	-	0.10km
Katahari Br,~New Br.(Kohelia river)	-	-	-	-	8.34km
New Br,(Kohelia river)	-	-	-	-	0.50km
New Br,(Kohelia)~Matarbari Mogdail Bazar	-	-	-	-	5.10km
Matarbari Mogdail Bazar~Power Plant	-	-	-	-	9.73km
合計区間距離	32.30km	36.15km	37.80km	41.85km	27.50km

(出典: JICA 調査団)

(2) 各区間の道路状況

1) Chakoria から地域ハイウェイ R172 を経由して Eidmoni (候補 1、2)

Chakoria 交差点における混雑、渋滞が激しいため、何らかの改善策が必要とされる。

交差点に続く区間においても、幾つかの狭い部分があり、道路沿いの構造物の幾つかは道路の改善のためには、移転させる必要がある。

Chakoria から西に 2km の場所に、長さ 200m の鉄骨製の橋梁がある。この橋梁は、地方ハイウェイの基準には幅が不足しており、また重量制限もわずか 5 トンであり、架け替えが必要となる。工事は 2013 年の雨季後に開始される予定である。

このルート全線にわたって、住宅が密集しており、また幅の狭い部分や曲がりくねった部分があるため、交通安全対策が必要と思われる。

2) Ekata から Zilla 道路 Z1125 を経由して Pekua に（候補ルート 3、4）

この区間は、2009 年に Chakoria 交差点の混雑と西側への交通の改善するために、地域ハイウェイの規格で改善されている。区間全体の状態は良好で、維持管理が良く行われている。全区間にわたって、道路幅は十分であるため、土地取得は全く不要である。

3) Pekua から地域ハイウェイ R170 を経由して Eidmoni へ（候補ルート 3、4）

全区間で道路幅は十分であり、土地取得が全く不要である。しかしながら、維持管理は良好でなく、路面状態が悪いため、改修工事が必要とされる。

4) Eidmoni から地域ハイウェイ R172 を経由して Badarkhali 橋へ（候補ルート 1、4）

この区間は改修工事が不要である。区間には、市場 1ヶ所と橋梁のガード 1ヶ所の混雑箇所があるが、管理可能であり、特段の改修工事は要らない。

5) Badarkhali 橋から地域ハイウェイ R172 を経由して Janata バザールへ（候補ルート 1、4）

Janata バザール近くの道路状態は良好ではなく、改修工事が必要となる。
Janata バザール周辺では、交通安全対策が必要となる。

6) Janata バザールから Zilla 道路 Z1104 を経由して Yunuskhali バザールへ、そして Yunuskhali から村道を経由して栈橋へ、更に栈橋から発電所（候補ルート 1、3）

Zilla 道路区間の状態が良好ではなく、区間全体が改善される必要がある。特に排水溝やコーズイエイ等の排水システムの改善を考慮する必要がある。土地所有に関する記録が明確でないため、道路幅は、現状を優先させるべきである。

村道の幅は 3 m であるため、拡幅と土地購入が必要である。しかしながら、住民移転は必要ない。Kararmachara ユニオンの Yunuskhali 交差点近くには墓地が在る。

Kohelia 川を渡るために、新しい橋の建設が必要である。また、Matarbari 側に新しい道路を建設するために土地取得が必要になるが、Matarbari 側において住民移転は生じない。このルートは、Karamachara ユニオン、Matarbari ユニオンと Dalghata ユニオンなどの広範な地域に便益をもたらす。

7) Janata バザールから Upazilla 道路経由 Matarbari 橋、ユニオン道路を経由して発電所（候補ルート 2、4）

この区間の大部分は拡幅する必要があり、また大きなカルバートを交換する必要がある。Matarbari 橋も改修する必要がある。Matarbari 橋と BWDB 所管の堤防までの区間については、土地の取得が必要になる。

Matarbari 橋と BWDB 所管の堤防までの区間では多数の住民移転が生じる。更に、ユニオン道

路として使用されている堤防上には多数の住居が存在している。

8) Pekua から Zilla 道路 Z1125 を経由して西へ、そして Upazilla 道路 (Pekua) から新規に建設される橋梁で Kohelia 川を渡り、BWDB 所管の堤防とユニオン道路を経て発電所 (候補ルート 5)

Pekua 交差点通過後の Zilla 道路区間は非常に混雑しているため、交通状態を管理し、道路交通の安全を維持することは困難と思われる。

Zilla 道路と Upazilla 道路に破損した橋梁があり、現在建設中である。

Upazilla 道路の長さは 9.0 キロ、その幅は 2.9 メートルである。Zilla 道路に沿って基本的に、土地取得が必要となる。更に、住民移転も必要となる。

Kohelia 川を渡るために、長さ 600m の新規橋梁の建設が必要となる。

Matarbari 側では土地取得は全く必要無いが、BWDB 堤防区間においては、大規模の住民移転が発生する。

(3) 候補ルートの比較

1) 環境及び社会的側面

表 16.2-2 に各候補ルートについて、環境及び社会的側面の比較を示す。

この比較に基づくと候補ルート 3 は道路混雑が最も少なく、住宅の密集もなく、土地取得面積が最少であり、住民移転が生じないルートであるため、Kohelia 川のマングローブ林への影響が回避することが出来れば、最適ルートである。

表 16.2-2 各候補ルートの環境及び社会的側面の比較

候補ルート	候補ルート 1	候補ルート 2	候補ルート 3	候補ルート 4	候補ルート 5
1.環境面					
1.1 生活環境	In the section between Chakoria and Eidmoni the impact of construction works and traffic will be significant.	In the section between Ekata and Eidmoni the impact of construction works and traffic will not be so significant	In the section between Pekua and Matarbari impact of construction works and traffic will be significant.		
	In the section between Janata Bazar and Yunushkhali the impact of construction works and traffic will not be so significant.	In the section between Janata Bazar and Matarbari the impact of construction works and traffic will be significant.	In the section between Janata Bazar and Yunushkhali the impact of construction works and traffic will not be so significant.	In the section between Janata Bazar and Matarbari the impact of construction works and traffic will be significant.	
1.2 自然環境	Along the all road section any important natural environment is not observed.	A Along the all road section any important natural environment is	Along the all road section any important natural environment is	Along the all road section any important natural environment is	Along the all road section any important natural environment is

		not observed.	not observed.	not observed.	not observed.
	Mangrove forest is observed along the Kohelia River near the expected point of new bridge.	No sensitive biota is observed near Matarbari Bridge which will be rehabilitated.	Mangrove forest is observed along the Kohelia River near the expected point of new bridge.	No sensitive biota is observed near Matarbari Bridge which will be rehabilitated.	No sensitive biota is observed near the expected point of new bridge.
2. 社会的側面					
2.1 用地取得(m ²)	134,782 Land acquisition will not be significant.	248,530 Land acquisition will not be significant, but more than Candidate 1.	118,532 Land acquisition will be least.	242,280 Land acquisition will not be significant, but more than Candidate 3.	272,500 Land acquisition will be most.
2.2 住民移転 (PAPs)	Approx. 500 In Chakoria area, resettlement will be required, but not significant comparing with Candidate 2, 4, 5.	Approx.4,100 In Chakoria and Matarbari area huge resettlement will be required,	None	Approx.3,500 In Matarbari area huge resettlement will be required,	Approx.4,200 In Pekua and Matarbari area huge resettlement will be required,
2.3 地域住民の利益	New bridge construction will increase safety, communication capacity and broad economic effect.	Economic effect will be highest, but restrictive in Matarbari.	New bridge construction will increase safety, communication capacity and broad economic effect.	Economic effect will be highest, but restrictive in Matarbari.	New bridge will increase travel convenience, but restrictive in Matarbari.

(出典: JICA 調査団)

2) 工事、施工の側面

表 16.2-3 に各候補ルートについて施工の側面からの比較を示す。

表 16.2-3 各候補ルートの施行面の比較

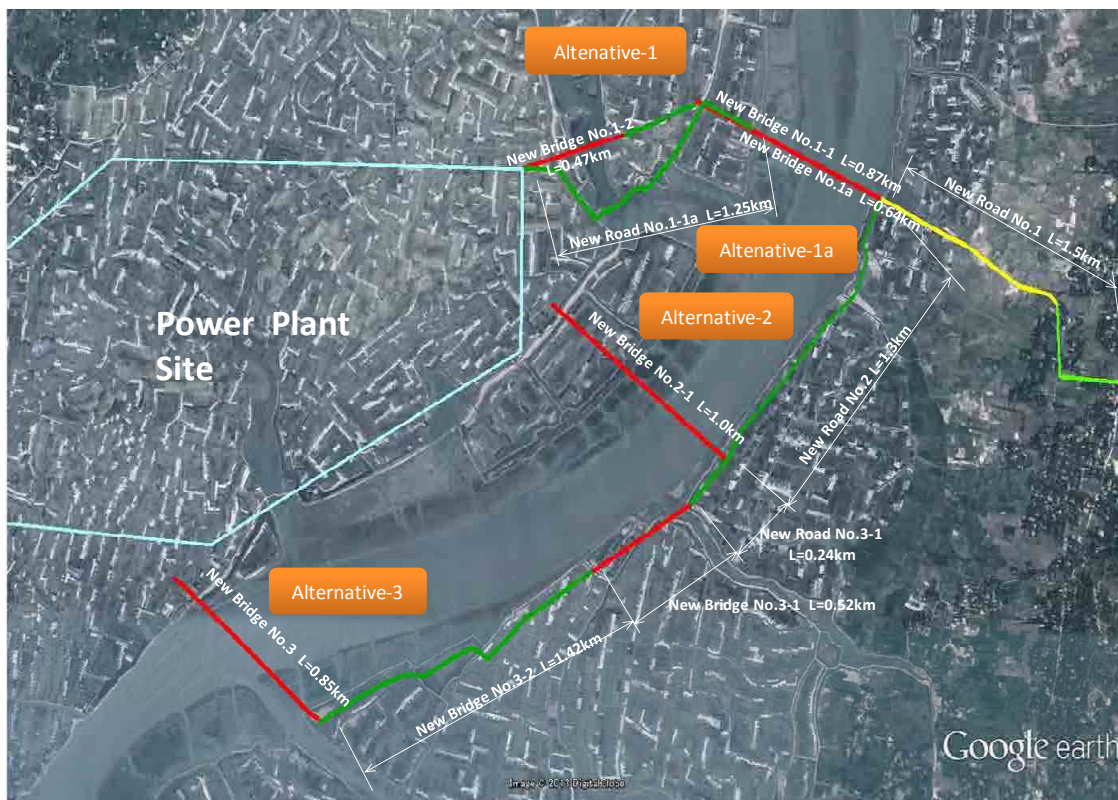
候補ルート	候補ルート 1	候補ルート 2	候補ルート 3	候補ルート 4	候補ルート 5
1.合計長さ(km)	31.44km Maintenance will be least.	36.15km	36.94km	41.85km Maintenance will be most.	27.50km +11.80 km =39.30 km (from Ekata)
2. 新規または再建設道路 (km)	2.95 km The construction period will be shortest and the impact of construction will be the least.	9.3 km The construction period will be longer than Candidate 1	2.95 km The construction period will be shortest and the impact of construction will be the least.	9.3 km The construction period will be longer than Candidate 1	23.17 km The construction period will be the longest.

3. 新規または再建設橋梁	0.64 km (minimum) -1.370 km (maximum)	0.44 km	0.64 km (minimum) -1.370 km (maximum)	0.44km	0.50 km
---------------	--	---------	--	--------	---------

(出典: JICA 調査団)

候補ルート 1 と 3 における新設の橋梁は、橋長が橋梁自体のコストに影響を及ぼすだけでなく、全体のコストにも影響する。また架橋場所はマングローブ林と干潟にも影響を与える。このため、16.22 に示すように複数の架橋候補場所が検討された。それら候補場所についての比較検討は表 16.24 に示した。

- 1) 代替案-1 は、マングローブ林への影響を回避するものであるが、橋梁 2 本の建設が必要となる。
- 2) 代替案-1a は、マングローブ林への影響を避けると共に、BWDB 所管の堤防を利用することで、橋長を最短にして、用地取得と建設費を最小にする案である。
- 3) 代替案-2 は、橋長を最短にし、新設道路を出来るだけ短縮する案であるが、それはマングローブ林の間を通過する。
- 4) 代替案-3 はマングローブ林への影響を回避出来るが、新設の橋梁 2 本と長い道路建設が必要となる。



(出典: JICA 調査団)

図 16.2-2 Kohelia 川の新規橋梁の代替案、候補 1 及び候補 3

表 16.2-4 各候補ルートの実行面の比較

代替案	代替案 -1	代替案-1a	代替案-2	代替案-3
1. Total bridge length (m)	1,340 m	640 m	1,000 m	1,370 m.
2. New road between the jetty and Power Plant (km)	2.56 km	1.25 km	1.4 km	3.06 km
3. Impact on the mangrove forest	Avoidable	Avoidable	Not avoidable	Avoidable
4. Social aspect		Land acquisition will be the least		Land acquisition will be the most.
5. Technical issue				Soft ground measures will be the most
6. Ascending order of cost	4	1	3	2
EVALUATION		Most suitable		

(出典: JICA 調査団)

表 16.2-5 は概算の建設費総額の比較表である。建設費総額は候補ルート3が最少となる。これは、道路、橋梁及び他の構造物の構成割合のバランスが適切なためである。

表 16.2-5 建設費総額の比較（単位: 最低費用に対する率）

候補ルート	候補 1	候補 2	候補 3	候補 4	候補 5
1. 道路	1.00	1.18	1.56	1.74	1.54
2. 橋梁	1.67	1.40	1.27	1.00	1.19
3. その他の構造物	1.00	1.57	1.06	1.57	2.25
合計	1.05	1.06	1.00	1.28	1.15

(出典: JICA 調査団)

3) 結論

環境、社会、建設及びコスト各側面の比較によると、候補ルート 3 がアクセス道路として最適である。表 16.2-6 に選定されたルートのインベントリの結果を示す。

表 16.2-6 選択されたルートのインベントリ

区間	管理	距離	現況
既存道路		35.05 km	
Ekata – Pekua	RHD (Zilla road Z1125)	11.80km	Well maintained
Pekua - Eidmoni	RHD (Regional highway R170)	10.90km	Spot holes, cracks, etc.
Eidmoni – Badarkhali Bridge	RHD (Regional highway R172)	7.40km	Spot holes, cracks, etc.
Badarkhali Bridge – Janata Bazar	RHD (Zilla road Z1004)	1.35km	
Janata Bazar – Thallatoli Intersection		0.30km	Damaged all through the road
Thallatoli Inter. – Yunuskhali Intersection		1.60km	
Yunuskhali Intersection – Jetty	LGED (Village road 4013)	1.70km	Out of Requirement
新規道路		1.25 km	
Government land between two embankments in Matarbari	Government (DC Office)	0.24km	Salt field/ Shrimp farm
Embankment	BWDB	0.60 km	
Partial dyke	BWDB	0.24 km	
Private land	Private	0.17 km	Salt field/ Shrimp firm
New Bridge		0.64 km	
New Bridge (Fly-over Kohelia River)	Government (River)	0.64km	Jetty built by community (Maheshkhali side)
合計		36.94 km	

(出典: JICA 調査団)

16.3 道路及び橋梁の概略設計

16.3.1 自然条件調査

(1) 地形測量

1) 目的

測量の主な目的は、道路の概略設計のために、地形図、平面図、道路縦横断図を作成することである。

2) 測量場所

プロジェクト対象地域は、コックスバザール管区の Maheshkhali Upazilla に属し、チッタゴン市から約 90 キロの位置にあり、ベンガル湾に近い場所である。

Badarkhali 橋と発電所の北東側との間の区間及び交差点 4 ヶ所について、地形調査を実施した。Pekua 交差点から発電所までのルートを対象にして中心線測量、水準測量と横断測量が実施された。



図 16.3-1 地形調査位置

3) ベンチマークの設定

調査は、最終的には Chakaria にある永久 BM に関連づけられる任意の参考基準点から始まり、サイト TBMS の確定した。

TBM と TP は、次のように設定された。

表 16.3-1 TBM 及び TP 地点

Point	Easting (m)	Northing (m)	Elevation (mMSL)	Chainage (m)
TP-01	390842.395	2401740.592	5.601	0032.00
TP-02	388878.134	2400391.606	6.935	3046.00
TP-03	388861.704	2400311.195	7.148	3030.00
TBM-01	388228.235	2400903.419	3.023	4197.00
TBM-02	386766.173	2401167.288	2.291	5800.00

4) 深淺測量

Kohelia 川に計画されている橋梁の中心線と上下流側において視線測量が実施された。

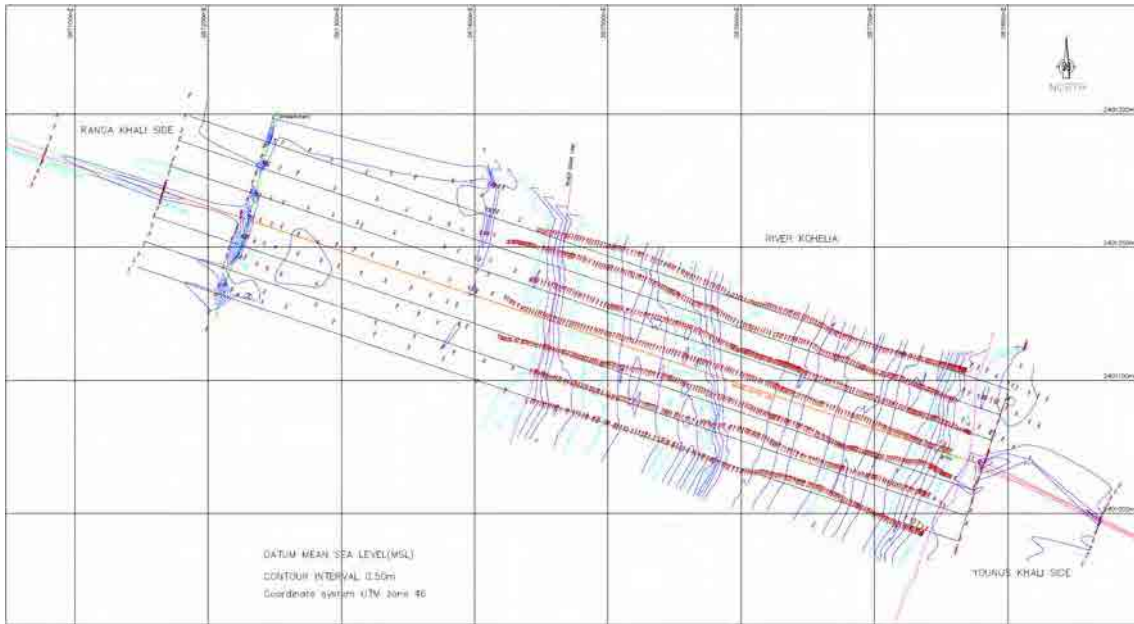


図 16.3-2 深淺測量調査位置

(2) 地質調査及びラボラトリーテスト

1) 調査目的

調査の目的は、橋梁及び他の構造物の設計のために、必要な地質データを得ることとそれを用いての解析である。

2) 調査場所

地質調査のボーリング実施場所は以下の表に示す通りである。

表 16.3-2 ボーリング実施場所

No.	Latitude	Longitude	Note
New Br-1E	21°42'33.28"N	91°54'53.77"E	Nayaghata jetty
New Br-1C1	21°42'36.43"N	91°54'45.39"E	Streamway of river
New Br-1C2	21°42'38.25"N	91°54'39.37"E	Mudland
New Br-1W	21°42'41.63"N	91°54'33.80"E	Mudland
Existing Box-1	21°42'09.68"N	91°55'32.42"E	Yunuskhali intersection
Existing Box-2	21°42'18.96"N	91°55'22.46"E	
Existing Box-3	21°42'32.91"N	91°54'15.69"E	Sluice-gate at branch channel
New Rd-1	21°42'38.78"N	91°54'23.08"E	Road on embankment
New Rd-2	21°42'35.44"N	91°54'19.99"E	Water area
New Rd-3	21°42'30.00"N	91°54'10.00"E	Road on embankment

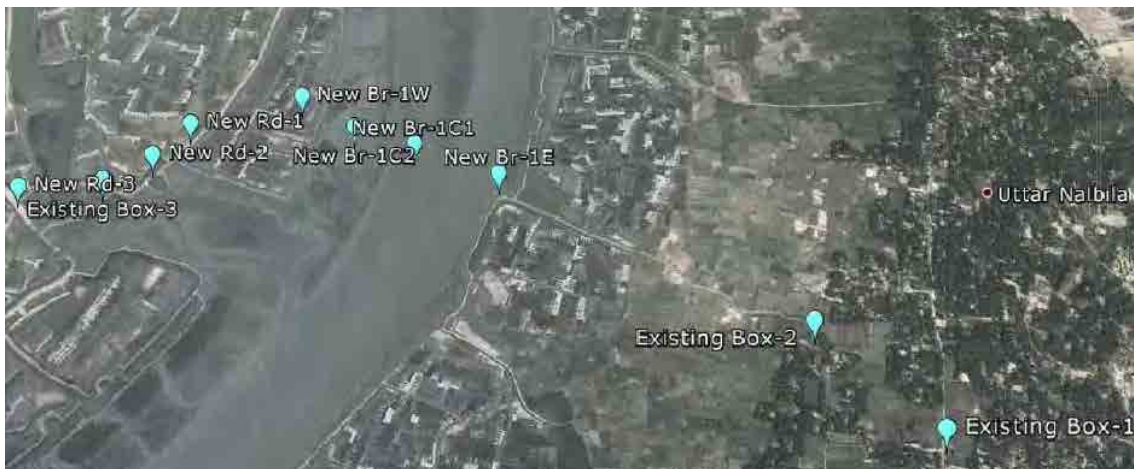


図 16.3-3 ボーリング調査地点

3) 評価

浅い基礎及び深い基礎、双方の地耐力は、土壌の粘着力や地盤の内部摩擦の角度等のパラメータにより決定される。浅い基礎の地耐力及びパイル基礎の許容支持力は、実験室における土壌試験結果によって決定された。

深い基礎は、Kohelia 川に建設する橋梁について適切であると思われる。パイルの支持力は、詳細設計段階で実施される静荷重テストの結果によって確認されるべきである。

土壌サンプルの評価及び軟弱地盤対策

既存の RHD 道路区間について、アクセス道路の建設工事中において、何ら課題は想定されないため、道路補修は RHD が定常的に実施している方法で対応可能である。しかしながら、塩田や低地部分を通過する Yunuskhali 村から発電所への区間については、工事期間中に洪水や潮汐の影響を受けるという類の幾つかの課題に直面する可能性がある。高い盛土道路の設計について以下の特別の配慮をする。

1. 軽量材料の使用
2. 不適な材料の一部または全量の除去
3. 段階工法及びサーチャージ盛土の採用
4. サンドドレインの採用

建設費用と工期を考慮すると、上記の 2,3 または 4 の採用が推奨される。「バ」国においては、サンドドレインの採用が最も一般的である。

盛土建設に使用する土壌サンプルの評価

土盛材料としての土壌の望ましい特性は、高い安定性と強度を有することであり、そのために

は、含水率の変化に伴う体積の大きな変化を生じない、優れた排水特性を有する、有機物を多く含有しない、毛管現象による水の上昇を生じないといった性質が必要である。インド及び「バ」国においては、以下の基準が道路盛土の土壌材料を選択する際に採用されている。

- 最大乾燥密度 1,440 キロ/m³ 未満の土壌は、通常、盛土の建設には不向きとされる
- 最大乾燥密度 1,520 キロ/m³ 未満の土壌は、通常、高さ 3 メートルを超える盛土及び長期間浸水にさらされる場所への使用には適さないと考えられている
- 盛土の上層 0.5 メートルについては、最大乾燥密度が 1,650 キロ/m³ 以上の土壌で建設することが望ましい

テスト結果と I.S.基準及び PRA 区分に基づいて、予想される堤防の性能は以下の通りである。試験結果に基づく、テストピット 2 番からの土壌は、盛土建設の材料として不適である。実際の工事段階において、RHD が一般的に実施している手順に従って、コントラクターは、盛土建設を別の場所から運搬される適切な品質の材料及び承認された土取り場の材料を用いて行うよう要請されるであろう。

(3) 軟弱地盤対策工事

1) ボーリング調査

ボーリング調査は、現状の地盤状況を確認するために、新設道路区間において図 16.3-4 に示すポイントで実施された。



図 16.3-4 ボーリング調査地点

ボーリングデータのうち、New BR-1E と既存のカルバート 2 のデータは Yunusikhali 側の道路盛土のためのデータとして使用され、New Rd-1、New Rd-2 及び New Rd-3 のデータは、Matarbari 側の道路盛土の土壌データとして使用された。上述のデータに基づき、現状の地盤条件を評価するため及び適用可能な軟弱地盤対策について検討するため、概略検討を行った。詳細設計段階においては、詳細な土質調査を実施して、より具体的な対策工事の立案をする必要がある。ボーリング調査の結果によると、各位置における軟弱地盤層は下表のように要約される。

表 16.3-3 各地点の軟弱地盤層の概要

	Depth (m)	Soil Type	Field SPT Value	Corrected STP Value	Effective Over Burden Pressure P' (kN/m ²)	Cohesion C _u (kN/m ²)	Adhesion Factor α
New Br-1E	9.0	Silty CLAY	1	0~0	12.3~73.7	0~12	0.99~1
Existing Box-2	1.5	Silty CLAY	1	2	12.3	12	0.99
New Rd-1	10.5	Silty CLAY	2~5	3~4	12.3~86.0	18~24	0.97~0.98
New Rd-2	7.5	Silty CLAY	2~3	2~4	12.3~61.4	12~27	0.97~0.99
New Rd-3	10.5	Silty CLAY	1~5	1~8	12.3~86.0	6~48	0.94~0.99

2) 軟弱地盤対策工事

ボーリング調査データは Yunuskhali 側の塩田区間及び Matarbari 側の BWDB が所管する堤防区間で軟弱な地層が形成されていることを示している。柔らかいシルト層は 1.5～10 メートルの厚さで堆積しており、N 値は 1～5 の範囲である。

このような結果から、以下に述べる対策工事の実施について検討されることが望ましい。

サンドマット工

以下に示す目的のために、サンドマット工を 1.0 メートル厚で施行する。

- i) 軟弱地盤層の圧密のための上層排水層としての機能
- ii) 盛土中への地下水の上昇を遮断する地下排水層の機能
- iii) 建設機械の通行可能性を向上させるための支持層の確保

サンドマットの厚さは、建設機械の通行可能性を勘案して決定する。また、サンドマット層は、同様に地下排水層を提供する機能も有する。サンドマット層の厚さは全体で 100 センチメートルに設定される。内訳は、排水層としての最低限の暑さとしての 50 cm と建設機械の通行可能性を確保するための 50 cm から構成される。詳細設計段階では、層のコーン支持力 (kN/m²) を確認し、サンドマットの実際に必要な厚さを設定する必要がある。サンドマットの材料は、75 μ m のふるい通過分が 3%未満を有する材料とする。

バーチカルドレーン工法

バーチカルドレーン工法は、軟弱層に鉛直な排水材を設け、排水距離を短縮して圧密排水を促進し、併せて地盤のせん断強度の増加を図る工法である。表 16.3-5 に示すように、サンドドレーンの方式には 2 種類ある。

この調査では、特別な材料を必要としない標準的なサンドドレーン工法を採用した。

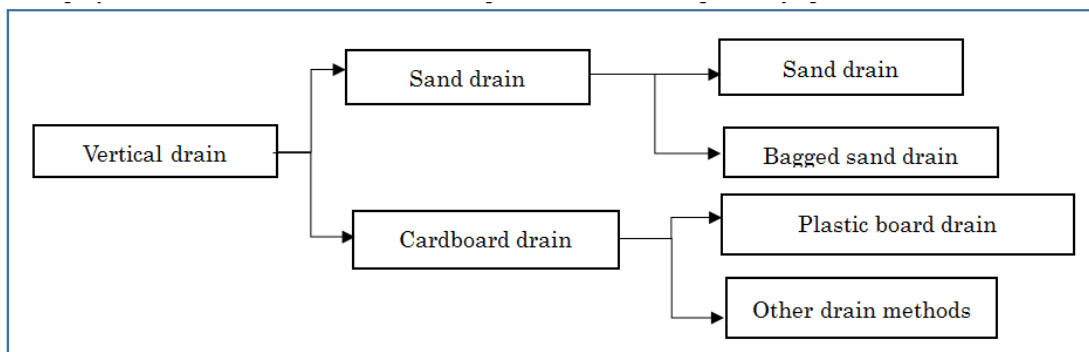


図 16.3-5 バーチカルドレーン工法の種類

塩田部のシルト層では、圧密沈下時間がかかなり長期となることが予測される。このため、サンドドレーン工法が、圧密を促進させるために採用された。詳細設計段階では、以下の事項を実施

することが望ましい。

- より詳細な調査の実施
- 詳細な土壌データに基づく土盛り工事のスケジュール設定
(備考：土盛り工事のスケジュール設定が事業全体の実施スケジュールに影響を与えることが無いよう配慮する。)
- サンドドレーンのレイアウト、ピッチ及び寸法を含む詳細設計

緩速盛土工

急速な盛土の施工により、地盤の崩壊を防止する目的で、緩速盛土工法を実施する。盛土速度は5cm/日以下として、以下の留意点に従い実施する。

施工上の留意点

- i) 施工にあたっては、施工監理のデータに基づき、盛土速度を制御する。すなわち、薄層転圧により各層を施工し、施行中の調査・観測により、地盤の状態が安定していることが確認された場合は、施工速度を速めたり、放置期間を短くする。逆に地盤の状態が不安定を分かった場合は、盛土速度を遅くするか、放置期間を十分にとる。さらに、危険な状態になれば、盛土の除去などが必要となるので、その処置をあらかじめ検討する。
- ii) 地盤が破壊しない範囲で、盛土速度を出来るだけ早く設定する方が、盛土完成後の沈下が少なくなる利点があるが、施行中に基礎地盤の破壊を引き起こす恐れがあるので、十分な管理が必要である。
- iii) 施行中には、盛土の安定性と圧密の進行状態に基づき盛土の速度を管理するために、沈下計、変位杭その他の計器を設置して、盛土の沈下量や側方地盤の変化量等の変化を測定する。

放置期間

基礎地盤の圧密度が80-90%になるまで放置期間を設ける。対象地域においては、1年以上の放置期間を設けるのが望ましい。

サーチャージ工法

軟弱地盤に設計盛土荷重以上の荷重（余盛り部）を加えて沈下を加速させ、設計荷重に対する沈下に対して、見掛け上の沈下速度を速めると共に、設計荷重に対する残留沈下量を減少させる目的で、サーチャージ工法を実施する。

施工中に発生させなければならない地下量（目標沈下量）は、許容残留沈下量として、供用後3年間で30cm以内を考慮して決定する。

目標沈下量を施工期間内に沈下させるための施工盛土厚さは、今後実施される詳細設計段階に、土質調査結果を基に再度、解析を実施し、沈下を考慮した盛土厚さを決定する必要がある。

3) 軟弱地盤の概略検討

本調査で実施したボーリング調査の結果を使用して、アクセス道路の新設区間について、軟弱地盤概略検討を実施した。ただし、今回実施したボーリング調査では、圧密試験等の軟弱地盤を解析する室内試験を実施していないため、軟弱層の土質特性については、N 値より想定し、解析を実施した。

検討区間

検討断面位置は、図 16.3-6 に示す通り、Yunuskhali の塩田部及び BWDB の堤防部の 2 断面で検討を実施した。

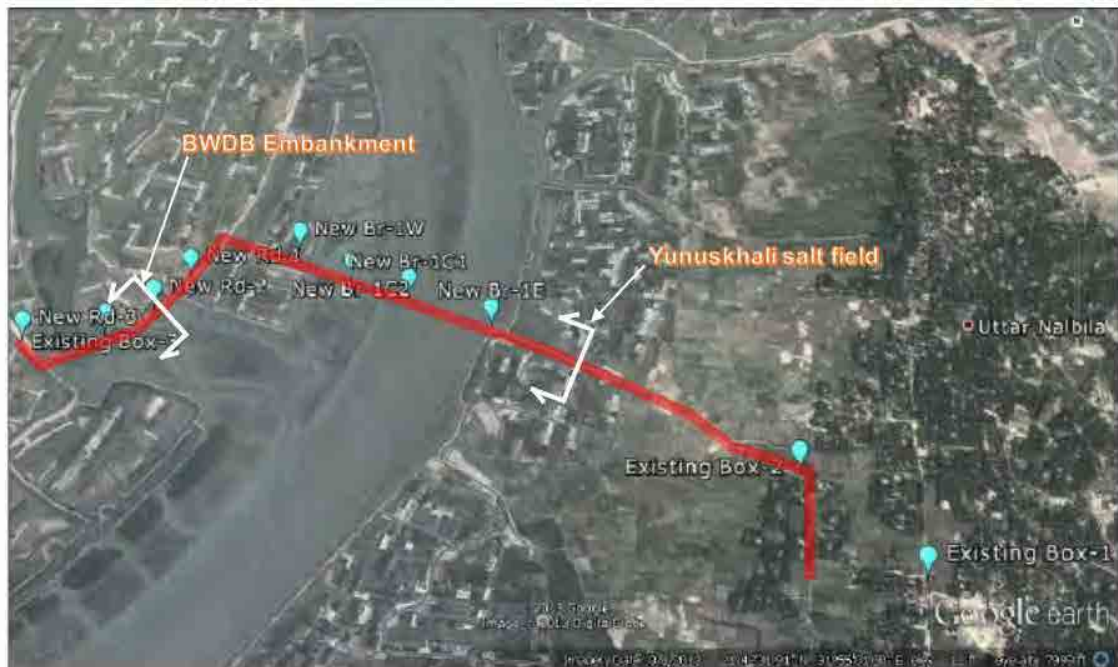


図 16.3-6 調査地点の配置

解析結果

概略検討によれば、Yunuskhali の塩田部では、圧密度 80%を達成するまでに 886 日間必要となり、BWDB の堤防部では、圧密度 80%を達成するまでには、1535 日間必要という結果になった。以上より、沈下に要する時間が非常に長くなることから、圧密沈下促進工法の対策が必要となる。

軟弱地盤対策工の検討

現地盤の解析結果より、圧密時間が非常に長期間必要となることから、圧密沈下促進に効果のあるサンドドレーン工法を対策工法として採用し、沈下解析を実施した。今回解析に用いたサンドドレーンは、平地形状、四角形配置、配置間隔は 5 メートル、ドレーン径は 40 センチとした。

提言

サンドドレーン工法を実施することにより、圧密度 80%に達するまでの経過日数が、1,583 日から 273 日間に短縮することが確認出来た。対象地域では、必要に応じて、サンドドレーン工法を採用することが望ましい。

(4) 動的円錐貫入(DCP)試験

1) 目的

主な目的は、既存の道路の状態の特性を分析し、評価することである。この試験から得られた CBR 値は舗装の設計のために記録され、利用された。

2) 実施場所

DCP 試験の実施場所は図 16.3-7 に示す通りである。

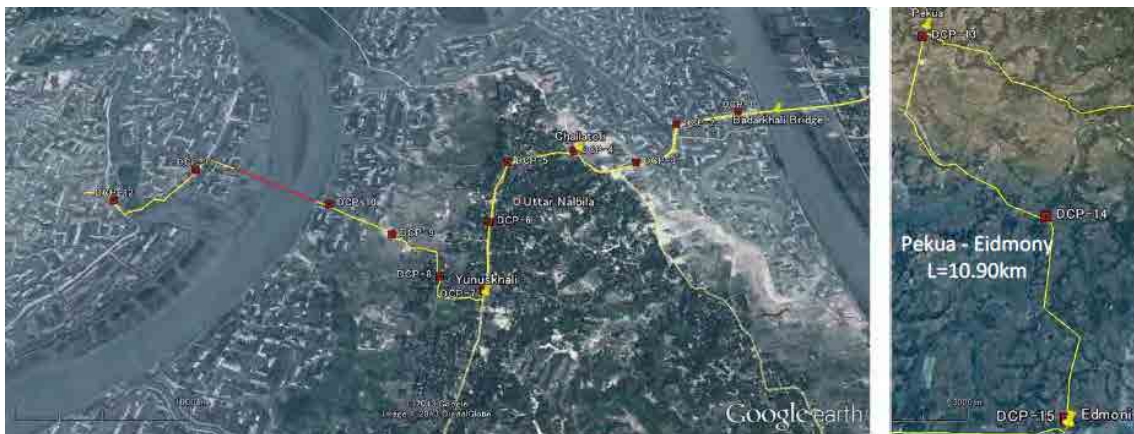


図 16.3-7 DCP 試験の位置図

3) 試験結果

表 16.3-4 DCP 試験の結果

試験地点	地表条件		舗装強度		
	Type	Moisture	CBR (%)	SN	SNP
1	Hot mix asphalt	n/a	6	2.98	3.66
2	Hot mix asphalt	n/a	45	2.94	4.62
3	Hot mix asphalt	n/a	34	2.47	4.29
4	Hot mix asphalt	n/a	22	2.70	4.54
5	Hot mix asphalt	n/a	32	2.65	4.67
6	Hot mix asphalt	n/a	45	2.44	4.42
7	Hot mix asphalt	n/a	24	2.80	4.33
8	Hot mix asphalt	n/a	14	1.89	3.48
9	Unpaved	0.51 (dry)	9	1.02	2.14
10	Unpaved	0.71 (moderate)	5	0.12	0.30
11	Unpaved	0.71 (moderate)	-	0.90	0.82

12	Unpaved	0.71 (moderate)	-	0.98	0.90
13	Hot mix asphalt	n/a	50	1.37	3.65
14	Hot mix asphalt	n/a	38	3.30	5.16
15	Hot mix asphalt	n/a	50	3.31	4.79

(5) 既存道路の材料サンプリング

1) 実施場所

既存道路の材料サンプリングは Yunuskhali の交差点と発電所との間の区間に沿って実施された。

2) 道路材料の評価

材料としての望ましい特性は、高い安定性と強度を有することであり、そのためには、含水率の変化に伴う体積の大きな変化を生じない、優れた排水特性を有する、有機物を多く含有しない、毛管現象による水の上昇を生じないといった性質が必要である。インド及び「バ」国においては、以下の基準が道路材料を選択する際に採用されている。

- 最大乾燥密度 1,440 キロ/m³ 未満の土壌は、通常、盛土の建設には不向きとされる
- 最大乾燥密度 1,520 キロ/m³ 未満の土壌は、通常、高さ 3 メートルを超える盛土及び長期間浸水にさらされる場所への使用には適さないと考えられている
- 盛土の上層 0.5 メートルについては、最大乾燥密度が 1,650 キロ/m³ 以上の土壌で建設することが望ましい

試験結果に基づく、テストピット 2 番からの土壌は、建設材料として不適と思われる。

表 16.3-5 既存道路材料の評価

Test Pit	No. 1	No. 2	No. 3
Location (chainage m)	4445	5235	6205
Visual description	Silt clay	Silt clay	Clayey silt
PRA Classification	A6	A5	A4
Max. dry density (kg/cum)	1560 – 1650	1480 – 1600	1570 - 1710
OMC (%)	19	23	18
Anticipated embankment performance	Poor to good	Unsatisfactory	Poor to good

16.3.2 水文及び河川形態解析

(1) 概要

本解析の目的は、新設が計画されている橋梁の設計をするために、設計高水位（DHWL）を確定すると共に洗掘深を求めることである。

通常、全ての解析について公共事業局（PWD）基準値で提示される。Figure 3.2-1 に PWD と平均潮位（MSL）の関係を示す。

両者の関係は $PWD = MSL + 0.46$ メートルで示される。

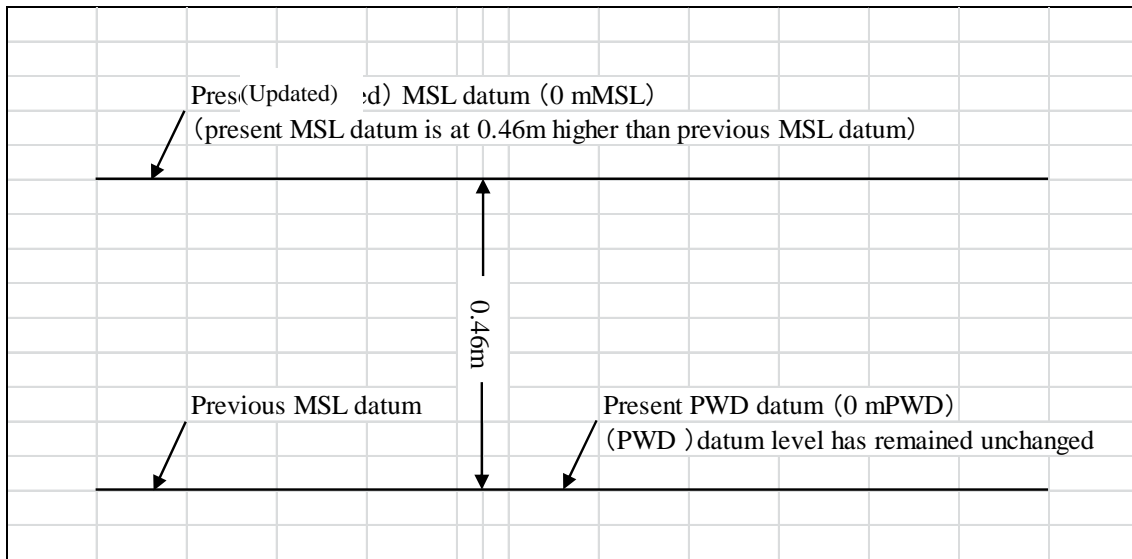


図 16.3-8 MSL と PWD 基準値との関係

(2) 計画高水位 (DHWL)

RMPP 調査報告書（第2巻、水文）は、恒常的に大河川による浸水にさらされるような地域に道路橋を建設する場合、50年確率の洪水頻度解析を行うよう提言している。また、報告書は、活発な潮汐の影響を受ける地域における道路の設計には、通常時の満潮潮位を用いるよう提言している。

設計高水位の検討には以下の事項が重要である。

- ・ 潮位
- ・ 長期間における観測された最高水位
- ・ BWDB の堤防のために検討された高水位
- ・ 頻度解析

1) 潮位

Kohelia 川は、一方の端でベンガル湾に直接繋がっており、他方では Kutubdia 水路に繋がっていることから、活発な潮汐作用の影響を受ける干潮水域である。平均大潮潮位 (MHWS) は、一定期間における最高潮位の平均値である。

対象地域の近くにある「バ」国内水交通局のコックスバザール BIWTA 観測所の MHWS 値は 3.785 メートル CD (=2.880 mPWD) である。

2) 長期における最高水位

間近にある水位観測所は、BWDB の Shaflapu 水位観測所である。1971 年から 2012 年の期間における最高水位と最低水位を表 16.3-6 に示す。同期間において記録された最高水位は、4.36 mPWD であり、一方、記録された最低水位は (-) 2.17 mPWD であった。

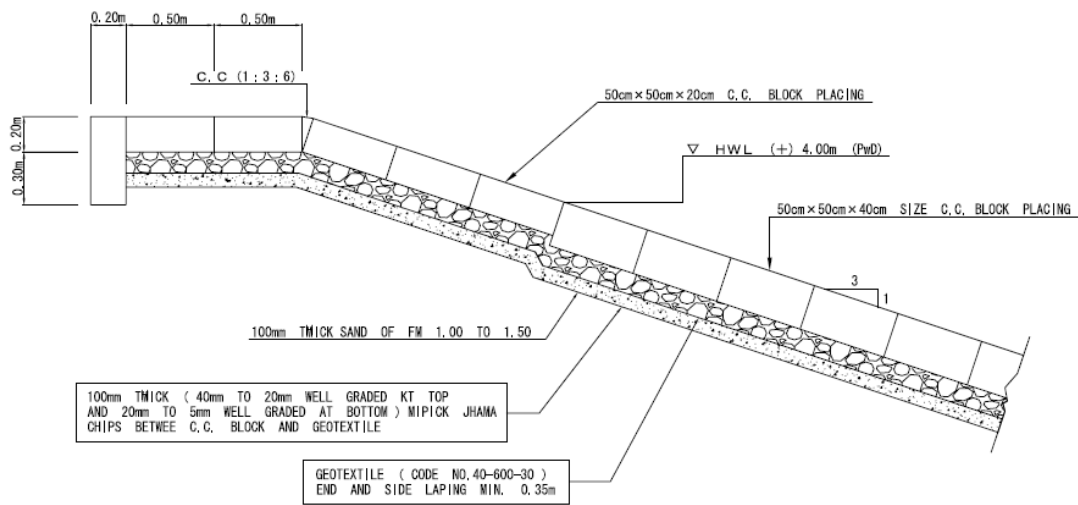
表 16.3-6 水位データ (1971 - 2012)

年	Water level (mPWD)		年	Water level (mPWD)	
	Max	Min		Max	Min
1971	3.23	-1.68	1992	3.33	-2.10
1972	3.05	-1.77	1993	3.56	-1.88
1973	3.17	-1.80	1994	3.16	-1.64
1974	3.75	-1.74	1995	3.74	-1.55
1975	2.74	-1.68	1996	3.88	-1.35
1976	3.16	-0.39	1997	3.75	-1.40
1977	3.35	-1.67	1998	3.20	-1.30
1978	2.59	-1.68	2004	3.45	-1.60
1983	4.21	-1.91	2005	3.70	-1.80
1984	3.65	-1.55	2006	2.80	-1.70
1985	4.36	-1.20	2007	-	-1.80
1986	3.60	-1.20	2008	3.84	-
1987	4.20	-1.50	2009	3.98	-
1988	4.20	-1.50	2010	3.95	-
1989	4.20	-1.86	2011	3.88	-
1990	3.76	-1.86	2012	3.97	-
1991	3.13	-2.17			

出典 : Hydrology Directorate, BWDB

3) BWDB の堤防のために検討された高水位

Matarbari (ポルダー70) における BWDB の堤防設計に用いる高水位は 4.00 mPWD である。図 16.3-9 に Matarbari (ポルダー70) での標準的な堤防断面図を示す。



Source : BWDB Cox's Bazar

図 16.3-9 Matarbari 側における BWDB の堤防の標準断面

4) 高水位の頻度解析

コックスバザールに近い Bakkhali 川の高水位頻度解析は、サイクロン防災プロジェクト (CPP-II) において、BWDB のデータを用いて実施された。同プロジェクトの報告書において、最高水位は以下の通りに計算された：

- ・ 20 年確率：3.63 mPWD
- ・ 50 年確率：3.74 mPWD

5) サイクロンによる高潮水位

「バ」国沿岸部のサイクロンに起因する高潮の水位データは、 Bangladesh 気象局 (BMD) によって収集されている。水モデリング研究所 (IWM) は、コックスバザールの Sonadia 島付近の 100 年確率の高潮水位を約 5.5 メートル MSL (5.96mPWD) と報告している。

6) 推奨する設計高水位

設計高水位についての議論は以下の如くに要約出来る：

- ・ 平均大潮高水位 (MHWS)：2.88 mPWD
- ・ 観測された最高水位：4.36 mPWD
- ・ BWDB 堤防のために検討された高水位：4.00 mPWD
- ・ 50 年確率高水位の頻度解析：3.74 mPWD

上記の事実から判断すると、新しい橋梁の設計で参照すべき設計高水位は Maheshkhali の Shaflapur 島で観測された 4.36 mPWD である。

(3) 設計流出量

Kohelia 川の流出量に関わる過去のデータ或いは情報は存在しておらず、収集出来なかった。流量方程式、計測された河川断面積及び観測された流速を用いて算定した、主水路の流出量及び氾濫水の流出量を表 16.3-7 に示す。合計設計流出量は、4,137 m³/sec である。

表 16.3-7 設計流出量

	Level (mPWD)	Area (m ²)	V (m/sec)	Q = A x V (m ³ /sec)
Main channel flow	4.36	2,323.33	1.7 ¹	3,950
Over-land flow	4.36	109.93	1.7	187
Design Discharge				4,137

(4) 水路の開口部

必要とされる水路の開口部分は、Lacey's 計算式で計算される。

$$W_s = 4.75 \sqrt{Q}$$

$$= 4.75 \sqrt{4137} \text{m} = 305.52 \text{m}$$

ここで、 W_s : 必要な水路の開口部 (m)

Q : 設計流出量 (m³/sec)

必要な水路開口部の長さが 305.52 メートル、現状の水路幅は 578 メートルで、高架構造を含む新たな橋梁の長さが 640 メートルである。従って、計画されている橋梁の水路開口部の幅は妥当である。

(5) 想定される洗掘深

河床洗掘は、全体的な河床低下及び局所洗掘に分けることが出来る。河床全体の低下は長期の水文的及び河川形態的な変化によって生じ、局所洗掘は、流路の閉塞が原因で生じる。

1) 主水路での洗掘

a 全体的な洗掘

主水路での全般的な洗掘は、Lacey's の計算式を用いて算定される。

$$d = 0.473 (Q/fs)^{1/3}$$

$$= 0.473 (3950 / 0.5)^{1/3} = 9.44 \text{m}$$

ここで、 d : Normal depth of scour below DHWL (m)

Q : Discharge (m³/s)

fs : Silt factor ($1.76 \times \sqrt{(D_{50})} = 1.76 \times \sqrt{0.08} = 0.5$)

¹ Hydraulic Modeling Study for Rehabilitation of Affected Seven High Risk Coastal Polders, IWM, 2004.11

b 局所洗掘

局所洗掘について計算する経験式及び手法が幾つかある。それら計算式及び手法は、経験、実験を通じて或いは特定の場所に固有なものとして開発されている。インド道路会議（IRC）は、最大河床洗掘深を確定するには、正常な洗掘深を倍（ $d_{\max} = 2.0d$ ）にすることを推奨している。また、橋台の下では $1.5d$ を、橋脚の下では $2.0d$ の洗掘深を用いるよう示唆している。

c 主水路で想定される洗掘深

- 主水路橋脚下： $2.0d = 2.0 \times 9.44 = 18.88\text{m below DFL}$
- 東側の橋脚下： $1.5d = 1.5 \times 9.44 = 14.16\text{m below DFL}$

2) 氾濫原での洗掘

a 全体的な洗掘

水路での全体的な洗掘は、Lacey's 計算式を用いて算定される。

$$d_{fp} = 0.473 (Q/fs)^{1/3}$$
$$= 0.473(187 / 0.5)^{1/3} = 3.41\text{m below DHWL}$$

b 局所洗掘

橋脚の下での局所洗掘を計算する方程式を以下に示す：

- $2.25 \times$ 杭径 : 流動深が 5m 以上のとき
- $1.50 \times$ 杭径 : 流動深が 5m 未満のとき

氾濫原の最大深さは、5m 未満と考えられるため、杭の下の、局所洗掘は $1.5 \times 1.2 = 1.80\text{m}$ となる。

c メイン水路での洗掘の予想深さ

- 氾濫原の橋脚下 : $2.0d_{fp} = 2.0 \times 3.41 = 6.82\text{m}$
: $d_{fp} + \text{local scour} = 3.41 + 1.80 = 5.21\text{m}$
: 推奨洗掘深さ 6.82m
- 西部、橋台下 : $1.5d_{fp} = 1.5 \times 3.41 = 5.12\text{m}$

3) 想定される洗掘深と程度

- i) メインチャネルの橋脚下 : 18.88m below DHWL i.e up to -14.52mPWD
- ii) 西部橋台下 : 14.16m below DHWL i.e up to -9.80mPWD
- iii) 氾濫原の杭下 : 6.82m below DHWL i.e up to -2.46mPWD
- iv) 西部橋台下 : 5.12m below DHWL i.e up to -0.76mPWD

(6) ナビゲーションクリアランス

表 3.2-3 は、Bangladesh 内陸水上交通局（BIWTA）規制に基づくナビゲーションクリアランスを示している。規制外の Koheria 川の場合は、少なくとも一つのスパンが水上交通に適切に対応するに十分な幅とする必要がある。最少桁下クリアランスは DHWL から 1.50 メートルである必要がある。

表 16.3-8 ナビゲーションクリアランス

Classification of waterways	Min. vertical clearance (m)	Min. horizontal clearance (m)
Class-I	18.30	76.22
Class-II	12.20	76.22
Class-III	7.62	30.48
Class-IV	5.00	20.00

出典: Bridge design standards for RHD, 2004.1

発電所の建設及びアプローチ道路の建設に伴う将来の交通量を評価、検討して、橋梁の少なくとも 1 スパンは最小 20 メートルの水平クリアランスと最小 5 メートルの垂直クリアランスを有することが推奨される。

16.3.3 道路部門

(1) 基本的な道路設計のアプローチ

アクセス道路の設計作業には、次の項目が含まれる：

- 幾何学的設計
- 舗装設計
- 道路付帯構造物の設計
- 排水施設の設計
- 堤防の設計

設計に必要とされる測量及び調査が実施され、RHD と BWDB との間で綿密な検討、協議が行われた。設計には次の手順が採用された。

1) 道路の区分と地形の確認

選定されたルートは総延長は新設される橋梁も含めて、約 37 キロである。そのうちの約 33 キロが既存の RHD 所管の道路である。プロジェクト関係者間の広範な議論により、道路の機能分類として、平野地形に建設されている既存の RHD 道路と同様の地域道路とした。そのため、設計には RHD 設計ガイドが採用された。

2) RHD 道路の幾何構造設計

道路横断面基準は表 16.3-9 に示す。RHD の典型的な設計速度は表 16.3-10 に示した。これらは道路の物理特性及び道路設計により決められる。既存道路の力学的特性及び RHD の地域道路の分類によれば、設計速度は 40km/h とされた。この数字は、既存道路及び新規建設道路に適用される。

(出典: RHD 幾何学設計基準)

表 16.3-9 道路横断面基準

Design Type	Design year traffic volume PCU / peak hour (typical MV AADT)	Cross-section widths in metres			Indicative Road Classification
		Crest width	Carriageway (no. of lanes)	Paved shoulders	
1	4500 – 8500 (19,000–36,000)	36.2	2 x 11 (6)	1.8	
2	2100 - 4500 (7,000 – 19,000)	21.6	2 x 7.3 (4)	1.8	
3	1600 – 2100 (5,000 – 7,000)	16.3	7.3 (2)	1.5	
4	800 – 1600 (1,000 – 5,000)	12.1	6.2 (2)	1.5	
5	400 – 800 (500 – 1,000)	9.8	5.5 (2)	1.2	
6	<400 (<500)	9.8	3.7 (1)	1.2	

表 16.3-10 標準設計速度

Design Type	Design Speed (km/h)		
	Plain	Rolling	Hilly
1 - 2	80 – 100	80	-
3	80	65	50
4	65	50	40
5 - 6	50	40	30

Notes

Terrain: typical cross-slopes
 Plain: 0 – 10%
 Rolling: 11 – 25%
 Hilly: >25%

表 16.3-11 設計パラメータに関連する速度

Design Speed (km/h)	Sight Distance (m)			Minimum Curvature Values	
	SSD	ISD	OSD	Horizontal curve (radius (m))	Vertical curve (K value)
Two lane roads					
30	30	60	120	35	2
40	45	90	180	65	4
50	60	120	250	120	9
65	90	180	360	250	18
80	120	250	500	500	35
100	180	360	720	1000	70
Single lane roads					
30		60		120	4
40		90		250	9
50		120		500	18
65		180		1000	35

Notes:

1. This is a summary table – refer to the appropriate sections of the manual before using these parameters
2. Sight distances (see Section 2.6) SSD – Stopping Sight Distance; ISD - Intermediate Sight Distance; OSD – Overtaking Sight Distance
3. Horizontal curves (see Section 5) The radii are those needed to achieve SSD with 5% superelevation (3% for the 1000m radius curve)
4. Vertical curves (see Section 6) Two lane roads: K values are those needed to achieve SSD; Single lane roads: K values are those needed to achieve ISD
5. For parameters relating to dual carriageway roads refer to the appropriate sections of the manual

（出典：RHD 幾何学設計基準）

a 舗装設計及び交通量増加：

RHD の地域道路については、舗装設計寿命と交通量増加は、それぞれ 20 年と 7%とみなされている。

（出典: RHD 舗装設計ガイド, Table-2, page-5）

b 横断面要素の選択:

既存の RHD 道路は 5.50m の幅を持つ地域高速道路である。RHD の設計部署との検討により、既存道路と新規建設道路は、用地の制約がある 2 区間における限られた部分を除き、幅 5.5m、1.2m のハードショルダーを含むクレスト幅員 9.8m の規格とすることが確認された。舗装厚は、AASHTO と TRRL、UK の要求事項と RHD ガイドに基づいて決定された。

（出典: RHD's Geometric Design Standard）

c 設計基準の選択:

幾何学設計基準設定のための横断面項目と速度関連項目は RHD 設計ガイドライン（舗装設計及び幾何学的デザイン）に基づき検討された。RHD は AASHTO、TRRL、UK 基準に基づいて、「バ」国の自然、交通及び気候条件に合わせてこれらのガイドラインを整備している。

d 配置及びプロファイルの設計:

既存の RHD 道路の水平及び垂直線形変更されず、また新設道路については当該地域の地形に合わせ、RHD の道路設計基準に従って設計された。

e 表層水の排水、土壌侵食管理及び排水のための道路横断構造物の設計:

表層水の排水：排水構造物の機能に影響を与える幾何学設計が十分に検討された。路面から雨水を速やかに排水するために道路のそり／横断勾配が考慮されている。道路側溝や排水施設は必要性を考慮して設計された。河川及び波浪による浸食からの道路法面保護は、CC ブロック（Concrete Cubic Blocks）をジオテキスタイルの上に設置することにより確保されている。カルバート、樋門、コーズウェイ、レギュレータ等の道路を横断する排水施設が計画されている。擁壁は、用地の制約がある場所及び池沿いの部分に計画されている。

f 交差点の設計:

計画ルートには 4 つの交差点が存在する。これらの交差点では、現状で中型トラックとバスの通行が可能である。セミトレーラーの通行については、車両走行軌跡シミュレーション及び現場調査により、車体が既存の構造物を破損する可能性が高いことが確認された。また、拡幅するための十分なスペースの確保も困難である。

g 交通形態:

交通形態の把握は道路設計を行う上で重要である。輪荷重、衝撃及び道路面上の輪荷重の反復

等の要素が、道路設計を行う上で適切に考慮されている。分類ごとの交通量を評価するために交通量調査が実施された。(出典: RHD's Geometric Design Standard).

交通量の概要を表 16.3-12 に示す。

表 16.3-12 交通量の概要

道路区間	乾季		雨季		現況	将来	Highest Peak- hour PCU (10%)	計画交通量 (Cumulative traffic within 20 years)
	Average Daily Traffic(ADT)	Passenger Car Unit(PCU) of a Day	Average Daily Traffic(ADT)	PCU of a Day	Annual Average Daily Traffic(AADT)	Annual Average Daily Traffic(AADT) at 20years later		
Ekata から Pekua	342.2	6782.5	236.55	6433.25	289.37	1119.77	678	4329945.95
Pekua から Eidmoni	298.59	6760.25	42.34	2883.75	170.46	659.63	676	2550653.44
Eidmoni から Janata Bazar	171.83	4223.75	342.11	3614.75	256.97	994.39	422	3845133.26
Challatoli から Yunuskhali	42.94	1498.25	8.41	1340	25.67	99.33	150	384109.32
Challatoli から Matarbari	6.37	571.75	140.11	2037	73.24	283.42	203	1095916.10

将来交通量は、下記の計算により求められる。

$$20 \text{ 年後の将来年平均日交通量(AADT)} = \text{AADT} * (1+r)^n$$

r: 交通量増加率, r= 0.07

n: 年, n=20

Ekata – Pekua 間;

$$20 \text{ 年後の将来年平均日交通量(AADT)} = \text{AADT} * (1+r)^n$$

AADT= 289.37, r=0.07, substitute n=20

$$= 289.37 * (1+0.07)^{20}$$

$$= 289.37 * 3.869684$$

$$= 4329945.95$$

設計交通量は下記の計算式により把握可能である；

$$\text{設計交通量（累積）} = 365 * \text{AADT} * ((1+r)^n - 1) / r$$

h Yunuskhali から Matarbari 発電所への新設道路における交通量:

- 1) 機能する既存の道路が存在しないため、交通は無い。Matarbari ユニオン及び Dhalghata ユニオンの人々は、Challatoli-Matarbari 道路及び Challatoli/Janata Bazar を使用し Maheshikali 道路を経由し Yunuskhali に至る。これらの2つの道路の既存交通の50%は、新しい道路が開通した際に、流入すると推定される。そのため、道路の開通時の全交通量は、以下の通り計算される：
- 2) 既存交通 = 0.00 ESL
- 3) 分岐交通 = $(73.24 + 25.67) \times 50\% = 49.45 \text{ ESL}$ and $(1340 + 2037) \times 50\% \text{ PCU} = 1688.5 \text{ PCU}$.
- 4) 発生する交通量:道路の開設後、中型トラック (Medium Truck) が発電所サイトへの資材の移動と共に地域で生産される塩と水揚げされた魚の輸送のために用いられる。以下の車両が、日常的に開設後に通行する。

表 16.3-13 Yunuskhali から Matarbari 発電所への新設道路における交通量

車両	ESA	Number	Total ESA	Total PCU
Heavy trucks(Dual axle)	4.8	5	24	15
Large Trucks(single axle)	4.62	7	32.34	21
Truck(8160 Kg)	1	5	5	15
Bus	0.5	6	3	9
Minibus/Small truck/Goods van	0.2	10	2	10
Total			66.34	70

そのため、道路完成後の年平均日交通量（AADT）は下記の通り：

2020年の道路完成後の交通量=49.45(1+0.07)⁷=79.40 ESA (AADT).

さらに発生する交通は、上記に示した通り 66.34 ESA (AADT)。

そのため、合計交通量（開設年）=0+79.4+66.34= 145.79 ESA (AADT).

累積標準軸重(W-18) 計算

AADT= 145.79 ESA

設計寿命、n= 20年

交通量増加、r=7% 0.07

$(1+r)^n = 1.07^{20} = 3.869684$ $(1+r)^{n-1} = 2.869684$ $\frac{((1+r)^n - 1)}{r} = 40.99549$

そのため、累積標準軸重（設計交通量）= $365 * AADT * \frac{((1+r)^n - 1)}{r}$

2181507

設計車線における累積標準車軸（設計交通量）、75%= 1636131 ESL = 1.64

million ESL と等しい

i 気候要因:

気候は舗装寿命に大きな影響を与える。舗装は例えば豪雨、凍上と解凍期の地盤支持の喪失等により損傷を受ける。毎年、豪雨の影響を受ける可能性はあるが、対象ルートには氷点下になる場所は存在しない。舗装層の設計にはこのような傾向に留意する必要がある。

(2) 設計・建設のコンセプト

設計は、関連する「バ」国の規制、米国/欧州道路規格（ASSHTO/TRRL）及び日本の道路構造令等に準拠して行うものとする。表 16.3-14 に適用する基準を示す。「バ」国では AASHTO LRDF の最新版が、カルバート、橋梁等の道路構造物について、RHD、LGED、RAJUK 等の各部所で採用されている。具体的には RHD 設計基準が本プロジェクトの基本基準として採用された。また、BWDB 所管の堤防に建設される道路については、上記の道路基準が、堤防及びその他の樋門、レギュレータ等の構造物については BWDBA の設計基準が採用される。

表 16.3-14 適用基準のリスト

	RHD	日本（道路構造令）（2004.2）																																																										
1. 道路の種類	RHD の分類ガイドラインによれば、アクセス道路は、国道 1 号線に接続する地域道路となる。	<p>○「道路の別」と「道路の存する地域」により、道路を種別に分類。</p> <p>○「道路の種類」、「地域の地形」、「計画交通量」によって、級別に区分。</p> <table border="1" data-bbox="694 945 1248 1066"> <caption>道路の存する地域</caption> <thead> <tr> <th rowspan="2">道路の別</th> <th colspan="2">道路の存する地域</th> </tr> <tr> <th>地方部</th> <th>都市部</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>高速自動車国道及び自動車専用道路又はその他の道路の別</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>高速自動車国道及び自動車専用道路</td> <td>第 1 種</td> <td>第 2 種</td> </tr> <tr> <td>その他の道路</td> <td>第 3 種</td> <td>第 4 種</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>※都市部：市街地を形成している地域又は市街地を形成する見込みの多い地域をいう。 ※地方部：都市部以外の地域をいう</small></p> <table border="1" data-bbox="694 1144 1248 1290"> <caption>計画交通量（平均日交通量）</caption> <thead> <tr> <th rowspan="2">道路の種別</th> <th colspan="5">道路の存する地域の地形</th> </tr> <tr> <th>20,000以上</th> <th>1,000以上 20,000未満</th> <th>1,500以上 4,000未満</th> <th>500以上 1,500未満</th> <th>50未満</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">一般国道</td> <td>平地部</td> <td>第1級</td> <td>第2級</td> <td colspan="2">第3級</td> </tr> <tr> <td>山地部</td> <td>第2級</td> <td>第3級</td> <td colspan="2">第4級</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">主要地方道</td> <td>平地部</td> <td colspan="2">第3級</td> <td colspan="2">第4級</td> </tr> <tr> <td>山地部</td> <td colspan="2">第3級</td> <td colspan="2">第4級</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">市町村道</td> <td>平地部</td> <td>第3級</td> <td>第4級</td> <td>第4級</td> <td>第5級</td> </tr> <tr> <td>山地部</td> <td>第3級</td> <td>第4級</td> <td>第4級</td> <td>第5級</td> </tr> </tbody> </table> <p>アクセス道路は、上記より「第3種第4級」となる。</p>	道路の別	道路の存する地域		地方部	都市部	高速自動車国道及び自動車専用道路又はその他の道路の別			高速自動車国道及び自動車専用道路	第 1 種	第 2 種	その他の道路	第 3 種	第 4 種	道路の種別	道路の存する地域の地形					20,000以上	1,000以上 20,000未満	1,500以上 4,000未満	500以上 1,500未満	50未満	一般国道	平地部	第1級	第2級	第3級		山地部	第2級	第3級	第4級		主要地方道	平地部	第3級		第4級		山地部	第3級		第4級		市町村道	平地部	第3級	第4級	第4級	第5級	山地部	第3級	第4級	第4級	第5級
道路の別	道路の存する地域																																																											
	地方部	都市部																																																										
高速自動車国道及び自動車専用道路又はその他の道路の別																																																												
高速自動車国道及び自動車専用道路	第 1 種	第 2 種																																																										
その他の道路	第 3 種	第 4 種																																																										
道路の種別	道路の存する地域の地形																																																											
	20,000以上	1,000以上 20,000未満	1,500以上 4,000未満	500以上 1,500未満	50未満																																																							
一般国道	平地部	第1級	第2級	第3級																																																								
	山地部	第2級	第3級	第4級																																																								
主要地方道	平地部	第3級		第4級																																																								
	山地部	第3級		第4級																																																								
市町村道	平地部	第3級	第4級	第4級	第5級																																																							
	山地部	第3級	第4級	第4級	第5級																																																							
2. 設計車両	<p>最大車軸負荷： 単軸-8160 Kg、 タンデム軸-14500 Kg。</p> <p>車両長：9.15 m シングルユニットトラック(最小回転外径 12.8 m、内径 8.61 m) セミトレーラートラックは交差点部における用地の制約と既存構造物を破損するという点で通行が困難である。</p>	<p>○車両の大きさは、道路の幅員構成、曲線部の拡幅、交差点の設計、縦断勾配、視距等といった構造要件を決める際の基礎的条件となるため、設計車両の緒元を定めている。</p> <div data-bbox="694 1624 1305 1915"> <p><道路構造令第4条></p> <p>・第1種、第2種、第3種第1級、第4種第1級の道路： 小型自動車、セミトレーラ連結車</p> <p>・その他の道路：小型自動車、普通自動車</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>設計車両</th> <th>小型自動車</th> <th>普通自動車</th> <th>セミトレーラ連結車</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>長さ</td> <td>4.7m</td> <td>4.2m</td> <td>13.5m</td> </tr> <tr> <td>幅</td> <td>1.7m</td> <td>2.3m</td> <td>2.3m</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>2m</td> <td>2.3m</td> <td>3.6m</td> </tr> <tr> <td>前後オーバーラップ</td> <td>0.9m</td> <td>1.5m</td> <td>1.3m</td> </tr> <tr> <td>軸距</td> <td>2.7m</td> <td>4.5m</td> <td>前軸距 4m 後軸距 9m</td> </tr> <tr> <td>後軸オーバーラップ</td> <td>1.0m</td> <td>4m</td> <td>7.3m</td> </tr> <tr> <td>最小回転半径</td> <td>6m</td> <td>12m</td> <td>12m</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>※自動車とは道路法第2条第3項の規定で道路通行車両法によるものとしており、道路構造令においてもこの規定に準じている。</small></p>  </div> <p>アクセス道路は上記より</p>	設計車両	小型自動車	普通自動車	セミトレーラ連結車	長さ	4.7m	4.2m	13.5m	幅	1.7m	2.3m	2.3m	高さ	2m	2.3m	3.6m	前後オーバーラップ	0.9m	1.5m	1.3m	軸距	2.7m	4.5m	前軸距 4m 後軸距 9m	後軸オーバーラップ	1.0m	4m	7.3m	最小回転半径	6m	12m	12m																										
設計車両	小型自動車	普通自動車	セミトレーラ連結車																																																									
長さ	4.7m	4.2m	13.5m																																																									
幅	1.7m	2.3m	2.3m																																																									
高さ	2m	2.3m	3.6m																																																									
前後オーバーラップ	0.9m	1.5m	1.3m																																																									
軸距	2.7m	4.5m	前軸距 4m 後軸距 9m																																																									
後軸オーバーラップ	1.0m	4m	7.3m																																																									
最小回転半径	6m	12m	12m																																																									

	RHD	日本（道路構造令）（2004.2）															
3.設計速度	<p>地域道路の設計速度は V=40~60 Km/h である。</p> <p>RHD 設計部門との安全も考慮した協議により、設計速度は 40 Km/h が採用された。</p>	<p>「小型自動車」、「普通自動車」となる。</p> <p>○道路構造令では、道路設計に必要なとされる基礎的条件として種級ごとに設計速度を定めている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th colspan="2">設計速度(単位1時間につきキロメートル) (左欄:規定値、右欄:特例値)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1級</td> <td>60</td> <td>50又は40</td> </tr> <tr> <td>2級</td> <td>60,50又は40</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>3級</td> <td>50,40又は30</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>4級</td> <td>40,30又は20</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>アクセス道路は、上記より V=40km/h とする。</p>	区分	設計速度(単位1時間につきキロメートル) (左欄:規定値、右欄:特例値)		1級	60	50又は40	2級	60,50又は40	30	3級	50,40又は30	20	4級	40,30又は20	
区分	設計速度(単位1時間につきキロメートル) (左欄:規定値、右欄:特例値)																
1級	60	50又は40															
2級	60,50又は40	30															
3級	50,40又は30	20															
4級	40,30又は20																
4.幅員構成	<p>クレスト幅は、5.5m の車道幅と 1.2m の路肩と 0.95m のバージ（路端）幅を含め、9.8m。</p> <p>参照： Table-2.1,page-3 RHD Manual</p>	<p>○幅員については、「車道」「歩道等」をはじめとして、その他に「軌道」「緑化」に関する規定があり、これらの組み合わせにより道路の断面構成が決定。</p> <p>○車道については、計画交通量、道路の区分から決定される「車線数」、「車線幅員」、「中央帯」、「路肩」の規定のほか、必要に応じて設置できる「付加追越車線」、「登坂車線」、「副道」の規定を定めている。</p> <p>○歩道等については、歩行者、自転車等の安全確保の観点から、車道とは別の体系で規定を定めている。</p>															
5.車道の幅員	6. 車線数参照	<p>○道路構造令では、車道は車線により構成されるという考え方を採っており、道路の種類、交通量、設計速度などから車道の幅員を決定。</p>															
6. 車線数	<p>基準 車道幅員= 5.5 m 参照： Table-2.1,page-3 RHD Manual</p>	<p>○車線数は、当該路線の幅員構成を決定するために必要な条件であり、計画交通量と 1 車線あたりの基準となる交通量により決定される。</p> <p>・車線数は、当該道路の区分及び地形の状況に応じ、設計基準交通量と計画交通量(日単位)との割合で定めるものとする。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>地形</th> <th>設計基準交通量 (単位 1日につき台)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">第3種</td> <td>第2級 平地部</td> <td>9,000</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">第3級 平地部</td> <td>8,000</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">第4級 山地部</td> <td>6,000</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">第4級 平地部</td> <td>8,000</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">第4級 山地部</td> <td>6,000</td> </tr> </tbody> </table>	区分	地形	設計基準交通量 (単位 1日につき台)	第3種	第2級 平地部	9,000	第3級 平地部	8,000	第4級 山地部	6,000	第4級 平地部	8,000	第4級 山地部	6,000	
区分	地形	設計基準交通量 (単位 1日につき台)															
第3種	第2級 平地部	9,000															
	第3級 平地部	8,000															
第4級 山地部		6,000															
	第4級 平地部	8,000															
第4級 山地部		6,000															

	RHD	日本 (道路構造令) (2004.2)																																			
7. 車線幅員	地域道路の標準は 2 車線	<p>○車線数：2 車線</p> <p>○一般に、大型車の混入率は、道路の種級に応じて異なると考えられることから、種級ごとの車線幅員については、設計速度・交通量・大型車混入率を想定し定めている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">道路の区分</th> <th>普通道路の車線幅員 (単位:m) ()内特例値</th> <th colspan="2">道路の区分</th> <th>普通道路の車線幅員 (単位:m) ()内特例値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">第1種</td> <td>第1級</td> <td>3.50 (3.75)</td> <td rowspan="4">第3種</td> <td>第1級</td> <td>3.50</td> </tr> <tr> <td>第2級</td> <td>3.50 (3.75)</td> <td>第2級</td> <td>3.25 (3.50)</td> </tr> <tr> <td>第3級</td> <td>3.50</td> <td>第3級</td> <td>3.00</td> </tr> <tr> <td>第4級</td> <td>3.25</td> <td>第4級</td> <td>2.75</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">第2種</td> <td>第1級</td> <td>3.00 (3.25)</td> <td rowspan="2">第4種</td> <td>第1級</td> <td>3.25 (3.50)</td> </tr> <tr> <td>第2級</td> <td>3.25</td> <td>第2級、第3級</td> <td>3.00</td> </tr> </tbody> </table> <p>○車線幅員：W = 2. 7 5 m</p>	道路の区分		普通道路の車線幅員 (単位:m) ()内特例値	道路の区分		普通道路の車線幅員 (単位:m) ()内特例値	第1種	第1級	3.50 (3.75)	第3種	第1級	3.50	第2級	3.50 (3.75)	第2級	3.25 (3.50)	第3級	3.50	第3級	3.00	第4級	3.25	第4級	2.75	第2種	第1級	3.00 (3.25)	第4種	第1級	3.25 (3.50)	第2級	3.25	第2級、第3級	3.00	
道路の区分		普通道路の車線幅員 (単位:m) ()内特例値	道路の区分		普通道路の車線幅員 (単位:m) ()内特例値																																
第1種	第1級	3.50 (3.75)	第3種	第1級	3.50																																
	第2級	3.50 (3.75)		第2級	3.25 (3.50)																																
	第3級	3.50		第3級	3.00																																
	第4級	3.25		第4級	2.75																																
第2種	第1級	3.00 (3.25)	第4種	第1級	3.25 (3.50)																																
	第2級	3.25		第2級、第3級	3.00																																
8. 車線の分離	<p>車道幅が 5.5m に限られる道路について車線分離は適用されない。</p> <p>分離されない車線においても、設計速度は 40km に制限される。</p> <p>参照: RHD 地域道路は分離しない。</p>	<p>○自動車専用道路等の交通量が多く、かつ設計速度が高い道路については、車両の対向車線への逸脱が重大事故につながる可能性が高いため、車線の分離を原則として定めている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・第1種、第2種、第3種第1級の道路の車線は、往復の方向別に分離するものとする。 ・往復の方向別に分離する車線の数が3以下の第1種の道路は、地形の状況その他の特別の理由によりやむを得ない場合は分離しないことができる。 ・車線の数が4以上であるその他の道路で、安全かつ円滑な交通を確保するため必要と判断される場合は分離する。 <p>○車線の分離：分離しない</p>																																			
9. 路肩 (幅員)	<p>路肩は、舗装路肩 1.2m を含め 2.15m。</p> <p>参照: Table-2.1, page-3 RHD Manual</p>	<p>○路肩の幅員については、道路の主要構造物の保護、故障車等の待避スペース、側方余裕幅等、道路の機能に応じて必要な幅員を規定している。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">種級区分</th> <th colspan="2">普通道路の左側に設ける路肩の幅員</th> <th>普通道路の右側に設ける路肩の幅員</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">第1種</td> <td>第1,3級</td> <td>2.5</td> <td>1.75</td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>第3,4級</td> <td>1.75</td> <td>1.25</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td colspan="2">第2種</td> <td>1.25</td> <td></td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">第3種</td> <td>第1級</td> <td>1.25</td> <td>0.75</td> <td rowspan="3">0.5</td> </tr> <tr> <td>第2級から第4級</td> <td>0.75</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>第5級</td> <td>0.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">第4種</td> <td>0.5</td> <td></td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table> <p>○路肩の幅員：W = 0. 5 m</p>	種級区分		普通道路の左側に設ける路肩の幅員		普通道路の右側に設ける路肩の幅員	第1種	第1,3級	2.5	1.75	1.25	第3,4級	1.75	1.25	0.75	第2種		1.25		0.75	第3種	第1級	1.25	0.75	0.5	第2級から第4級	0.75	0.5	第5級	0.5		第4種		0.5		0.5
種級区分		普通道路の左側に設ける路肩の幅員		普通道路の右側に設ける路肩の幅員																																	
第1種	第1,3級	2.5	1.75	1.25																																	
	第3,4級	1.75	1.25	0.75																																	
第2種		1.25		0.75																																	
第3種	第1級	1.25	0.75	0.5																																	
	第2級から第4級	0.75	0.5																																		
	第5級	0.5																																			
第4種		0.5		0.5																																	
10. 建築限界	適用外	<p>○道路において、構造物等により車両や歩行者の交通の安全性・円滑性に支障をきたすことを防ぐため、構造物を配置してはならない一定の幅、一定の高さの範囲を、建築限界として定めている。</p> <p>○設計車両の規定における「普通自動車」「セミトレーラー連結車」の高さ 3.8m に、車両の揺動等に対応</p>																																			

	RHD	日本 (道路構造令) (2004.2)															
		<p>する余裕高さを考慮し、4.5m の高さを規定している。</p> <p>○路肩に車両が進入するときは、低速もしくは停車していることが基本であるため、路端においては、余裕高さは考慮せず 3.8m まで高さを減ずることを認めている。</p> <p>○建築限界：H = 4.5 m</p>															
11.曲線半径	<p>2 車線の地域道路における ISD の半径は、250m。サイトの制約条件を考慮し、SSD 半径は 65m が用いられる。</p> <p>参照： Table-5.1,page-25 RHD Manual</p>	<p>○自動車の交通の安全性・円滑性を確保する観点から、道路の曲線部において、安定した走行ができるように曲線部の最小半径を定めている。</p> <p>○最小曲線半径については、自動車に加わる遠心力等の横方向に働く力が、タイヤと路面の摩擦によって与えられる力を超えないことはもとより、乗員に働く遠心力と乗心地のバランスを考慮して定めている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>設計速度(km/h)</th> <th colspan="2">曲線半径(m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>120</td> <td>710</td> <td>570</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>460</td> <td>380</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>15</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>○最少曲線半径：R = 50 m</p>	設計速度(km/h)	曲線半径(m)		120	710	570	100	460	380	20	15	
設計速度(km/h)	曲線半径(m)																
120	710	570															
100	460	380															
...															
20	15																
12.曲線部の 方勾配	<p>サイト条件に従う。</p>	<p>○自動車が曲線部を走行する際に、横方向に受ける力を緩和することにより、自動車の安全な走行を実現し、乗員の遠心力等による不快感を緩和するため、曲線部の片勾配の設置について規定を設けている。</p> <p>○ただし、片勾配をあまり大きくすると、低速走行時の斜行や、降雨雪時のスリップの原因となるため、片勾配の最大値を定めている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>道路の存する地域</th> <th>最大片勾配(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">第1種、第2種 及び第3種</td> <td>積雪寒冷地域</td> <td>はなはだしい地域 6 その他の地域 8</td> </tr> <tr> <td>その他の地域</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>第4種</td> <td></td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table> <p>○最大方勾配：i = 10 %</p>	区分	道路の存する地域	最大片勾配(%)	第1種、第2種 及び第3種	積雪寒冷地域	はなはだしい地域 6 その他の地域 8	その他の地域	10	第4種		6				
区分	道路の存する地域	最大片勾配(%)															
第1種、第2種 及び第3種	積雪寒冷地域	はなはだしい地域 6 その他の地域 8															
	その他の地域	10															
第4種		6															
13.曲線部の 拡幅	<p>推定速度 40Km/、半径が 65m であることから、曲線部の拡幅は 1.5m。</p>	<p>○自動車の前輪と後輪は、曲線部では異なった軌跡を描くことから、直線部の幅員よりも広い車線幅員が必要とされるため、自動車の通行の安全性・円滑性を確保する観点から曲線部の拡幅の規定を定めてい</p>															

	RHD	日本（道路構造令）（2004.2）
	参照： Table-5.4,page-26 RHD Manual	る。
14.緩和区間	水平曲線区間に隣接する部分に緩和区間を設ける。	○自動車の交通の安全性・円滑性を確保する観点から、走行時において、線形が急に変わることによる急なハンドル操作や乗員へ衝撃を与えることを防ぐために、設計速度に応じて、緩やかにすりつける緩和区間の設置等を定めている。
15.縦断勾配	縦断勾配を 3%とすることを RHD と合意。 備考： Yunuskhali から発電所サイトへの新規建設区間では、縦断勾配を考慮するのは橋梁のアプローチ部分のみとなる。	○自動車の交通の安全性、円滑性の観点から、速度低下が著しい車両によって生じる道路の交通容量低下及び交通の安全性低下を回避するために、設計速度に応じて縦断勾配を規定している。 ○乗用車は平均速度で、普通トラックは設計速度の約 1/2 の速度で登坂できるように規定となる値を定めている。
16.縦断曲線	縦断曲線の K 値は 4 とする。 参照： Table-2.3,page-3, RHD Manual	○自動車の交通の安全性・円滑性の観点から、縦断勾配の変移する箇所において、勾配の急な変化による衝撃の緩和し、視距を確保するため、緩やかにすりつける区間として縦断曲線の設置等を定めている。
17.視距	SSD=60 ; ISD=120m;OSD=250 m 参照: Table-5.4,page-26 RHD Manual	○自動車の交通の安全性・円滑性を確保する観点から、必要とされる設計速度に応じ進行方向の前方に障害物等を認め、衝突しないように制動をかけて停止することができる道路の延長を視距として定めている。
18.舗装構成	車道部分： 路盤=200 mm; 下層路盤=200mm; 改良地盤=300 mm. 参照： 上記は RHD 地域道路	○路面における雨天時の水はねや乾燥時の砂塵を防止することや、路面の平坦性を良くし、適度のすべり抵抗性をもたせることによって、交通の安全性・円滑性を確保するために、舗装の設置、自動車輪荷重の基準を規定している。

	RHD	日本（道路構造令）（2004.2）													
	について最低限必要とされる条件である。	<ul style="list-style-type: none"> ・車道、中央帯(分離帯を除く。)、車道に接続する路肩、自転車道等及び歩道は、舗装するものとする。ただし、交通量がきわめて少ない等特別の理由がある場合においては、この限りでない。 ・車道及び側帯の舗装は、その設計に用いる自動車の輪荷重の基準を 49 キロニュートンとし、計画交通量、自動車の重量、路床の状態、気象状況等を勘案して、自動車の安全かつ円滑な交通を確保することができるものとして国土交通省令で定める基準に適合する構造とするものとする。 													
19.横断勾配	ルートの地形はほとんどが平坦である； 横断勾配は車道について 3%、非舗装路肩について 5%が適用される。 参照 :AASHTO 及び RHD マニュアル	<ul style="list-style-type: none"> ○路面に降った雨水を側溝または街渠に導くためには、横断方向に勾配が必要である。 ○一方、勾配が大きすぎると自動車の斜行、降雨雪時のスリップ等を誘発する恐れがある。 ○これらのことから、標準の横断勾配として最小値と最大値を定めている。 ○透水性舗装の道路については、舗装構造において排水機能が考慮されていることから、勾配を縮小することができることとしている。 ○横断勾配： $i = 1.5\%$ 													
20.合成勾配	適用外 参照: Yunuskhali から発電所にかけて平坦な地形であるため。	<ul style="list-style-type: none"> ○道路の路面における、横断勾配と縦断勾配を合成した勾配は、路面上の最も大きい勾配となり合成勾配として規定されている。 ○勾配が急であると、自動車の徐行・降雨雪時のスリップ等を誘発する恐れがあるため、最大値が定められている。特に積雪凍結等の発生が多く想定される地域の道路では厳しい値が定められている。 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>設計速度 (単位 1時間につきキロメートル)</th> <th>合成勾配(単位 パーセント)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>120</td> <td rowspan="2">10</td> </tr> <tr> <td>100</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td rowspan="2">10.5</td> </tr> <tr> <td>60</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td rowspan="4">11.5</td> </tr> <tr> <td>40</td> </tr> <tr> <td>30</td> </tr> <tr> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> ○最急合成勾配： $i = 11.5\%$ 	設計速度 (単位 1時間につきキロメートル)	合成勾配(単位 パーセント)	120	10	100	80	10.5	60	50	11.5	40	30	20
設計速度 (単位 1時間につきキロメートル)	合成勾配(単位 パーセント)														
120	10														
100															
80	10.5														
60															
50	11.5														
40															
30															
20															

	RHD	日本（道路構造令）（2004.2）
21.交通安全 施設	警告標識、信号、道路標識、ガードポスト、ガードレール、境界壁等が安全性向上のために検討された。	<p>○交通安全施設は、道路本体の構造とあわせて交通事故を防止し、併せて自動車や歩行者等の安全かつ円滑な通行を確保するために必要な施設であるため、設置に関する規定を定めている。</p> <p>交通事故の防止を図るため必要がある場合においては、横断歩道橋等、さく、照明施設、視線誘導標、緊急連絡施設その他これらに類する施設で国土交通省令で定めるものを設けるものとする。</p> <p>○設置する交通安全施設：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 立体横断施設 ・ 防護柵 ・ 照明施設 ・ 視線誘導標 ・ 道路反射鏡 等

設計及び建設コンセプトは表 16.3-15 に示す通りであり、採用された標準断面図を図 16.3-10 に示す。図 16.3-11 に BWDB が所管する Matarbari に在る堤防の標準断面図を示す。道路建設及び改修の概要を表 16.3-16 に示す。

表 16.3-15 アクセス道路の道路部分の基本設計コンセプト

項目	内容
Road Design	
Crest Width	9.80 m
Carriage Way Width	5.50 m
Shoulder	2.15 m (Hard: 1.25 m, Soft: 0.90 m) x 2
Surge Load in the Coastal Area	4.26 m (14 feet) from Mean Sea Level (MSL)
Crest Level of road on embankment	4.54 m from MSL (PWD standard)
Maximum Vehicle	Medium Truck (Category 2 in RHD guideline)

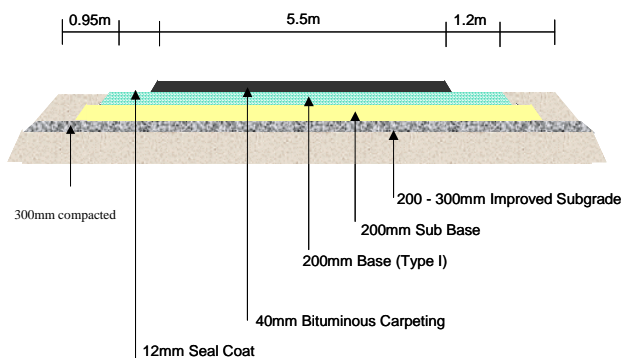
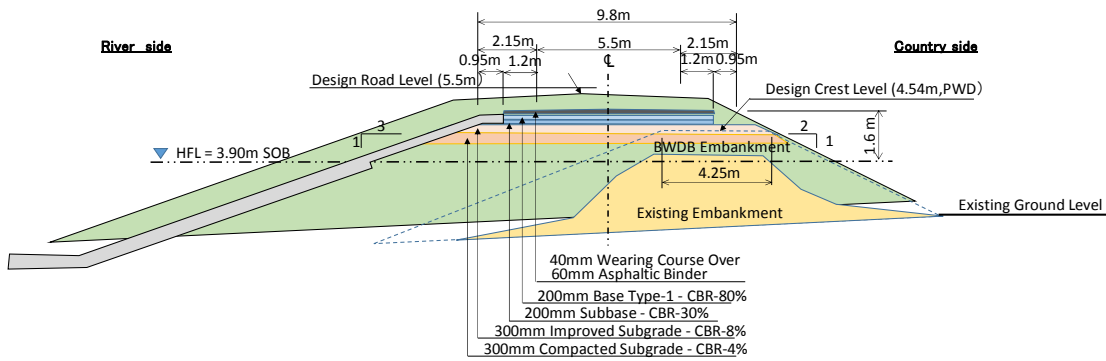


図 16.3-10 一般的な道路の標準断面図



（出典: BWDB & JICA 調査団）

図 16.3-11 Matarbari の BWDB の改修堤防及び新設道路の標準断面図

表 16.3-16 道路建設及び改修の概要

区間	現在の管轄	距離	主要な建設／改修	用地取得
既存道路		35.05 km		
Eakata – Pekua	RHD (Zilla road Z1125)	11.80km	1) Surface sealing 2) Make-up and repair shoulders 3) Repair rain cuts 4) Restore damaged shoulders 5) Patching potholes and depressions with bituminous materials 6) Uniform Overlay Finishing	NOT necessary
Pekua - Eidmoni	RHD (Regional highway R170)	10.90km	1) Bituminous overlay 2) Restore damaged shoulders and broken edges (20% area) with provision of brick on end edging. 3) Restore damaged slopes 4) Repair large defective areas (potholes/depression patching with bituminous materials) 5) Uniform Overlay Finishing	NOT necessary
Eidmoni – Badarkhali Bridge	RHD (Regional highway R172)	7.40km	1) Bituminous overlay 2) Restore damaged shoulders (30% area) with provision of brick on end edging 3) Restore damaged slopes 4) Repair large defective area (potholes patching) 5) Uniform Overlay Finishing	NOT necessary

Badarkhali Bridge – Janata Bazar	RHD (Zilla road Z1004)	1.35km	1) Widening of carriageway width to 5.5 m. 2) Bituminous overlay	NOT necessary
Janata Bazar – Thallatoli Intersection		0.30km	3) Restore damaged shoulders(50% area) 4) Restore damaged slopes 5) Repair large defective area (potholes patching) 6) Uniform Overlay Finishing	NOT necessary
Thallatoli Intersection – Yunuskhali Intersection		1.60km	1) Scarifying of existing bituminous layer 2) Replacing existing unspecified road-base materials and formation preparation 3) Addition of Road-base Type-1 4) Widening of carriageway width to 5.5 m and providing asphaltic layer finish. 5) Restore damaged shoulders 6) Providing surface drains as and where required. 7) Uniform Overlay Finishing	NOT necessary
Yunuskhali Intersection – Jetty	LGED (Village road 4013)	1.70km	1) Construction of earthen road embankment of 9.8 m crest width 2) Construction of 5.5 m carriageway and shoulders 3) Pavement layers: Asphalt finish 4) 200 mm road-base type-1 5) 250 mm sub-base 6) 300 mm improved sub-grade 7) Uniform Overlay Finishing 8) Soft ground countermeasure work shall be considered	Necessary
新設道路		1.25 km		
Government land between two embankments in Matarbari	DC Office	0.24km	1) Construction of earthen road embankment of 9.8 m crest width 2) Construction of 5.5 m carriageway and shoulders 3) Pavement layers: Asphalt finish 4) 200 mm road-base type-1 5) 250 mm sub-base 6) 300 mm improved sub-grade	Necessary

			7) Uniform Overlay Finishing 8) Soft ground countermeasure work shall be considered	
Embankment	BWDB	1.60m	1) Reconstruction of BWDB embankment according to BWDB Standards	NOT necessary
Partial dyke	BWDB	0.24 km	2) Pavement of crest of embankment according to RHD Standards 3) Uniform Overlay Finishing 4) Soft ground countermeasure work shall be considered	NOT necessary
Private land	Private	0.17 km	1) Construction of earthen road embankment of 9.8 m crest width 2) Construction of 5.5 m carriageway and shoulders 3) Pavement layers: Asphalt finish 4) 200 mm road-base type-1 5) 250 mm sub-base 6) 300 mm improved sub-grade 7) Uniform Overlay Finishing 8) Soft ground countermeasure work shall be considered	Necessary
合計		36.20 km		

（出典: JICA 調査）

(3) 計画及び設計における前提条件

選定されたルートの子な区間は、国道 1 号を起点とする既存道路を利用する。本プロジェクトの道路計画に係る基本方針に従い、既存の道路施設を最大限活用することとした。

「バ」国において単車線の車道幅員は 3.7m、2 車線の車道幅員は 7.3m とされている。従って、車道幅員 5.5m は、単車線と 2 車線の間位置するものであり、同国の地域ハイウェイ道路に対して最も広範に適用されている基準である。計画されている道路（新規建設部分）は、遠隔の農村地域及び低平地を通るため、3.7m の幅員は不適切と考えられる。また、交通量予測の結果と過度の農地買収を避けるという観点から、車道幅 7.3m の 2 車線道路を建設することは適切ではない。寸法的に既存の道路施設は、中型トラックまでは支障なく通行することが可能である。同国では、中型トラックは RHD ガイドラインのカテゴリ 2 に分類される。これは、カテゴリ 2 の中型トラ

ックの走行を考慮して、アクセス道路を計画するという基本方針に合致している。

1) 最大車両（RHD カテゴリ）

カテゴリ：2

タイプ：中型トラック

有効荷重が3トンを超える全ての2軸のリジッドトラック。典型的な中型トラックとして Hindustan Bedford、英国製の Bedford 及び日野トラックは凡そ10トンの総車両重量をもつ。農業用トラクターも本カテゴリに含まれる。2013年6月にRHDに対してインテリムレポートが提出され、コンサルタントの設計アプローチが説明された。技術打合せの結果、RHDはカテゴリ2の中型トラックを、最大の走行可能車両とすることに合意した。これに基づき、概略設計では、中型トラックをアクセス道路を安全かつ円滑に通行できる最大車両として設計を行った。しかしながら、開発や漁業関係等の必要のために大型トラックがアクセス道路を通行する可能性がある。この点について、RHDとの間で、交通安全警察による規制及び安全標識等の設置により、対応することが可能とされた。

表 16.3-17 に RHD の交通量調査実施ガイド記載の各カテゴリに含まれる車両の説明を示す。




















表 16.3-17 車両分類

カテゴリ	タイプ	内容
1.	Heavy Truck	Three or more axles. Includes multi-axle tandem trucks, container carriers and other articulated vehicles.
2.	Medium Truck	All 2-axle rigid trucks over three tones payload. Typical medium trucks are the Hindustan Bedford, “English” Bedford and Hino trucks of about 10 tones gross vehicle weight. Agricultural tractors and trailers are also included in this category.
3.	Light Truck	Small trucks up to 3 tone payload. The most typical example is the Jeep based conversion.
4.	Large Bus	More than 40 seats on 36 foot or longer chassis. Includes double decker buses.
5.	Minibus	Between 16 and 39 seats. Typical minibuses are the TATA 909 and









カテゴリ	タイプ	内容
		Hindustan Mascot.
6.	Microbus	Up to 16 seats. Typical microbuses are the 12/15 seat Toyota Hi-ace, and the Mitsubishi L300.
7.	Utility	Pick-ups, jeeps and four wheels drive vehicles, such as Pajero's and Land Rover's.
8.	Car/Taxi	All types of car used either for personal or taxi services.
9.	Baby-taxi	Includes Babytaxi and Mishuks
10.	Tempo	Auto-Tempo and Auto-Vans.
11.	Motor Cycle	All two wheeled motorised vehicles.
12.	Bicycle	All pedal cycles.
13.	Rickshaw Standard	Three wheeled cycle rickshaws (not rickshaw vans)
14.	Rickshaw Van	Rickshaw vans
15.	Cart	All animal and manually drawn/pushed carts.

(出典: RHD)

表 16.3-18 車両識別シート

No.	CATEGORY	CHARACTERISTICS	TYPICAL VEHICLES			
1	HEAVY TRUCK	5 OR MORE AXLES				
2	MEDIUM TRUCK	2 AXLES OVER THREE TONNES UNLOADED WEIGHT				
3	LIGHT TRUCK	2 AXLES UNDER THREE TONNES UNLOADED WEIGHT				
4	LARGE BUS	OVER 39 SEATS				
5	MINI BUS	16-39 SEATS				
6	MICROBUS	LESS THAN 16 SEATS				
7	UTILITY	PICK UPS AND FOUR WHEEL DRIVE VEHICLES				
8	CAR	ALL CARS AND TAXIS				
9	BABY TAXI	BABY TAXIS AND MISHUKS				
10	TEMPO	AUTO TEMPOS AND AUTO VANS				

(Source: RHD)

No.	CATEGORY	CHARACTERISTICS	TYPICAL VEHICLES			
11	MOTOR CYCLE	ALL TWO WHEELED MOTORISED VEHICLES				
12	BICYCLE	PUSH BICYCLE				
13	RICKSHAW STANDARD	ALL THREE WHEELED NON MOTORISED VEHICLES				
14	RICKSHAW VAN	ALL THREE WHEELED NON MOTORISED VEHICLES				
15	CART	ALL ANIMAL AND PERSON DRAWN/PUSHED CARTS				

2) 道路仕様（基本）

- 1) 車道幅員：5.5m
- 2) 路肩：2.15m×2
- 3) クレスト幅：9.8m

(4) 交通量データの分析

舗装設計のために、手動カウントにより交通量データを収集した。平均交通フローの十分な推定値を得るために、手動カウントが比較的長い12時間（午前6時から午後6時まで）にわたって実施された。手動カウントは、各候補ルートおよび選択されたルートの所定の観測点に配置された観測者によって実施された。観測者は、各タイプの車両数を記録し、簡潔かつ迅速な交通量推定が、就業日及び休日の各1日間行われた。

1) 交通の1週間での変化

交通量は就業日と休日と異なる。「バ」国においては5就業日と2日の休日がある。そのため、7日間での値を決定するため、下記の計算式を用いた：

$$7 \text{ 日間値} = 5 \times 1 \text{ 営業日の値} + 2 \times 1 \text{ 休日の値}$$

2) 交通の1日での変化

交通量は1日の間でも変動する。「バ」国は熱帯の国であるため、熱帯の国での通常の方法通

り、1日の交通（24時間）の80%が午前6時から午後6時までの時間帯に通行すること想定して調査をした。

3) 交通の季節変動

交通量は月／季節により変動する。英国の TRRL の道路 Note-40 に従い、2月に調査を実施し、係数を 0.82 と設定した。

4) パセンジャー・カー・ユニット(Passenger-Car Unit; PCU)

各種車両が混在した交通流が候補及び選定ルートで観測された。交通流のなかでは低速の車両が全体の自由な交通流に影響を与える。道路の交通容量は統一的な単位である PCU によって表示される。一般的に「バ」国で採用されている PCU 係数を以下の表に示す。

表 16.3-19 PCU 係数

車両タイプ	PCU 係数
Heavy Truck/Truck	3
Large bus/Bus	3
Minibus	3
Pickup	1
Car	1
Auto rickshaw	0.75
Motorcycle	0.75
Bicycle	0.5
Rickshaw	2
Bullock-cart	4

5) 等価標準軸 (Equivalent Standard Axle; ESA)

道路 Note-31 及び AASHTO の設計手法では、全車両の軸重を 8160kg の等価標準軸 (ESA) で表現することが通例である。等価標準軸 (ESA) の正確な決定には重量計測が必要であるが重量計測は今回のスコープ外であるため、表 16.3-20 に示す道路 Note-31 及びバングラデシュ軸荷重調査報告書(Road Material and standard Study, Bangladesh, (RMSS))に記載されている数値を用いた。

表 16.3-20 設計のための ESA

車両	ESA
Large Truck/Trailer of 3-Axle(10000 Kg)	2.5
Truck(8160 Kg)	1
Bus	0.5
Minibus/Small truck/Goods van	0.2

6) 交通量増加計算及び交通予測

新たな道路舗装の設計及び既存の道路の改修を計画する上で、現在の交通量レベルの測定を実施することは重要なステップである。また、設計寿命期間において舗装が受け入れる将来の交通量を推定することも重要である。

Yunuskhalik から Kohelia 川に架かる橋梁から発電所サイトへの新規建設区間を除く、候補ルート及び選定ルートの全ての道路は既存道路であることに留意する必要がある。新規建設区間を除く全ての道路は RHD に所属する。調査中に確認された通り、RHD 所属の Janata Bazar から Yunuskhali (1.6km) の区間は改修の必要がある。地形的条件、社会経済的条件及び将来の同地域の発展を考慮して、以下の交通量増加が設定された。

- a. 全ての候補ルートと選定ルートは、今後 15 年間で毎年 8%の交通量の増加が生じる。
- b. Yunuskhali から Matarbari の発電所へは、現在機能している道路が存在しないため、交通量はゼロである。しかしながら、Janata Bazar から Matarbari (LGED に所属し、建設中) への既存の交通があり、選定ルートで計画されている新規道路と共有し (50%)、開設の年には 30%の交通量の増加が想定される。次の 10~15 年では、交通量の増加は 10%と考えられる。

7) 車両走行軌跡シミュレーション

中型トラック及びセミトレーラーがルート上の 4ヶ所の交差点を走行可能であるかどうかを確認するために車両走行軌跡シミュレーションを行った。

シミュレーションの結果を以下の図に示す。シミュレーションの結果、中型トラックは全ての交差点で問題なく走行可能であることが確認された。しかしながら、セミトレーラートラックは、図に示すように、既存の構造物に接触し、支障があることが確認された。アクセス道路における円滑な交通を確保するため、道路設計は最大通行可能車両を中型トラックとして設計される必要があった。

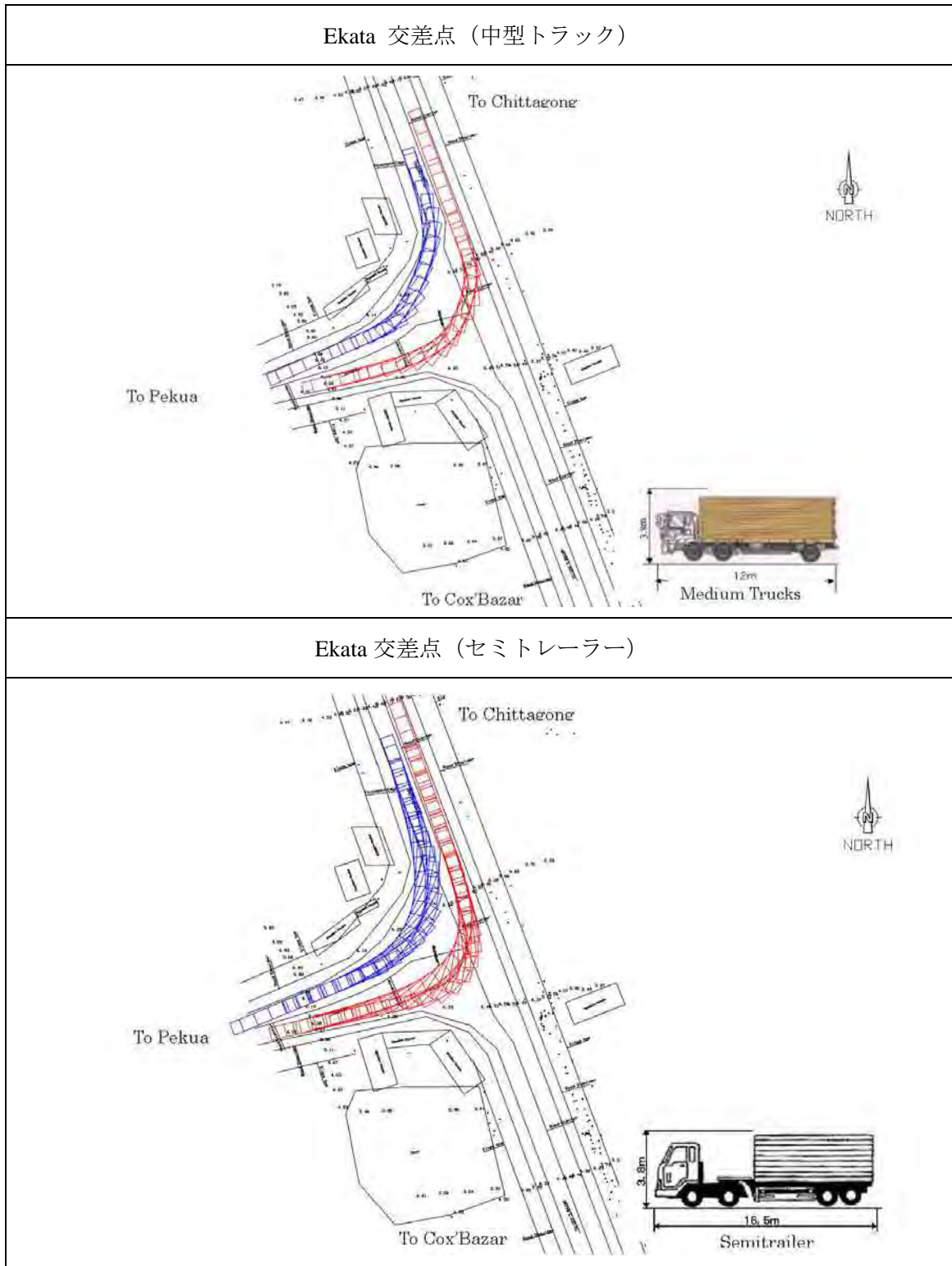


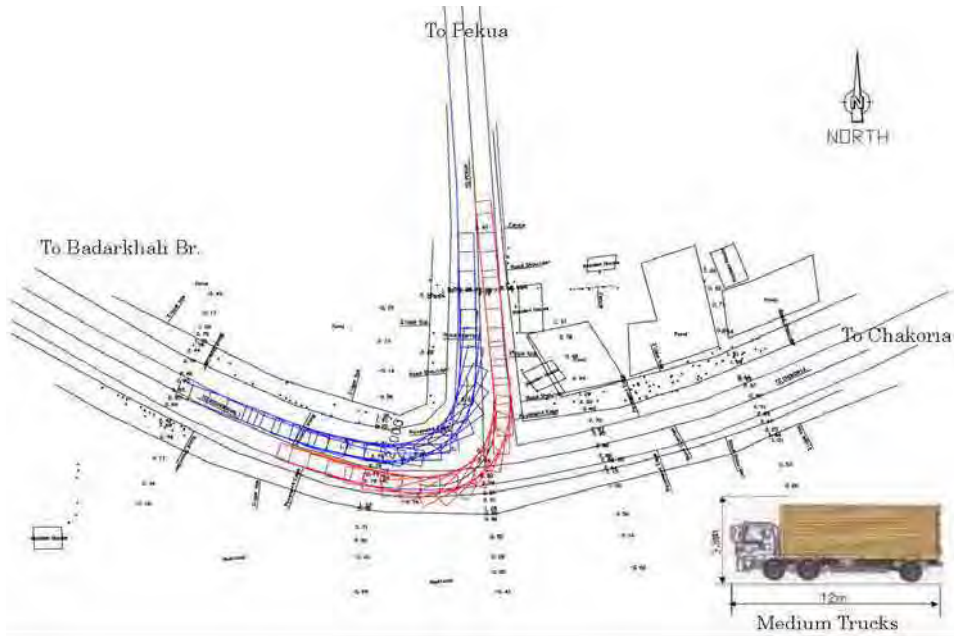
図 16.3-12 車両走行軌跡 1



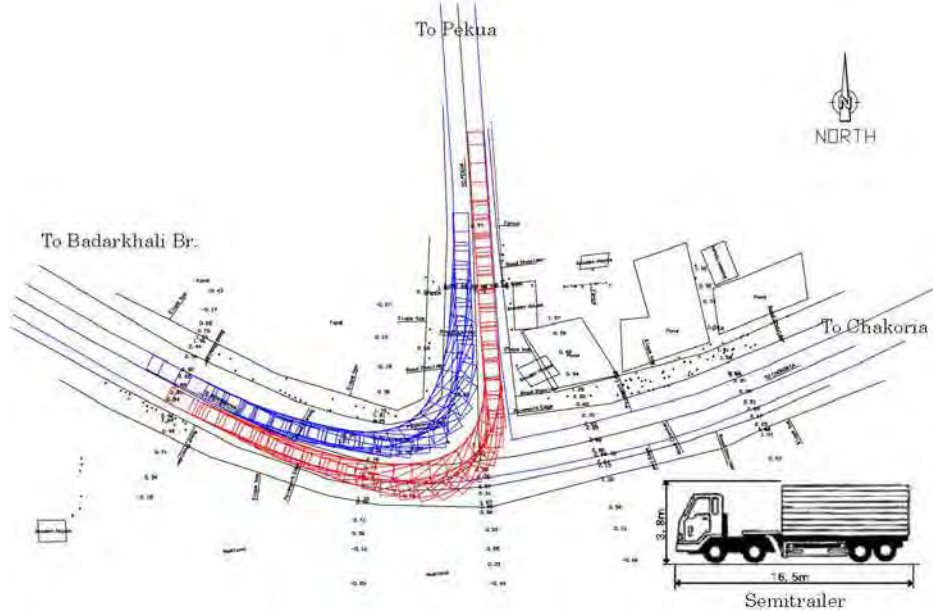
（出典: JICA 調査団）

図 16.3-13 車両走行軌跡 2

Eidmoni 交差点（中型トラック）

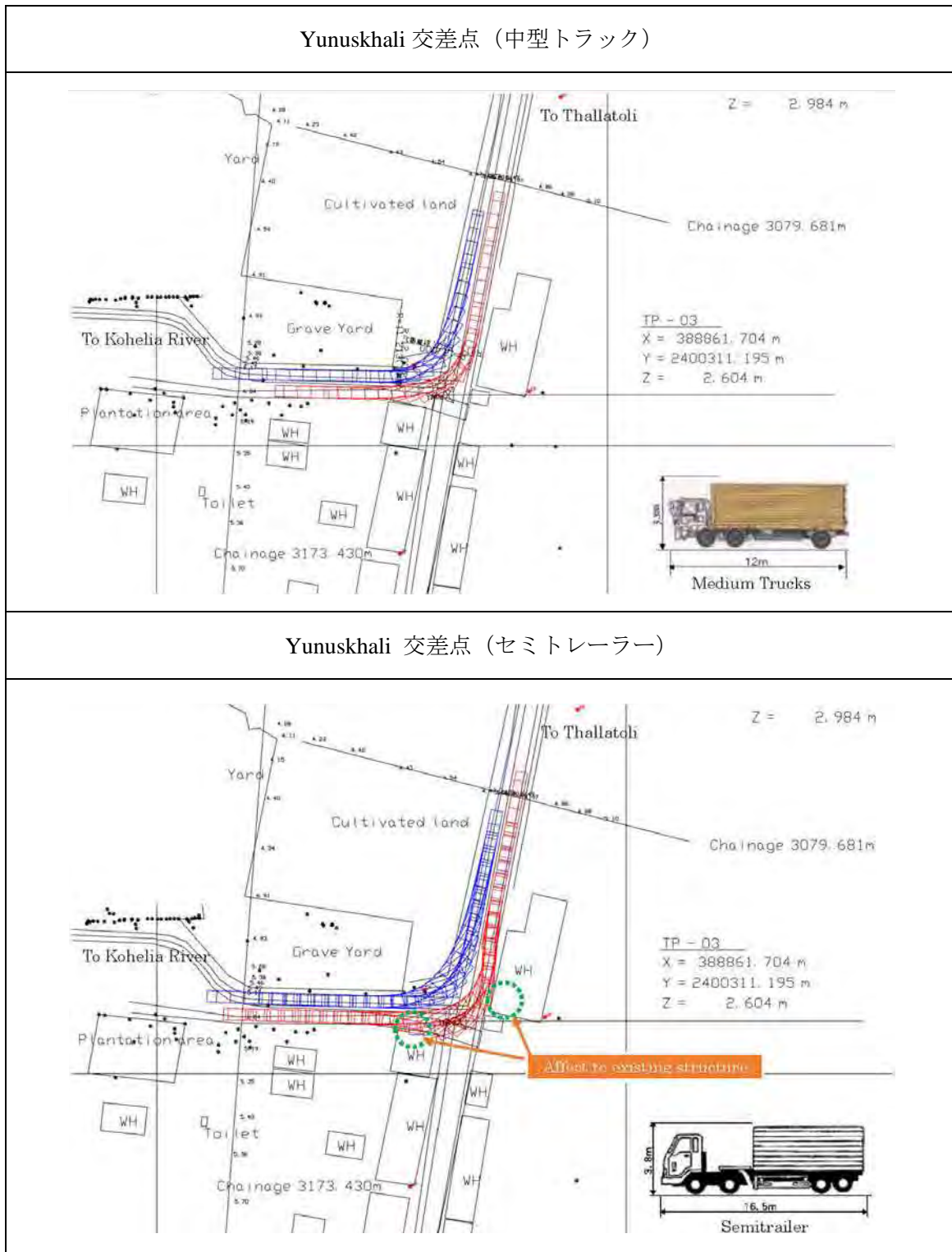


Eidmoni 交差点（セミトレーラー）



(出典: JICA 調査団)

図 16.3-14 車両走行軌跡 3



（出典: JICA 調査団）

図 16.3-15 車両走行軌跡 4

(5) 道路建設及び改修工事

1) 工事の概要

a 路肩の補修・修復

路肩は必要な傾斜と高さを有していない場合がある。その対策として、盛土、再締固め、植生工等により補修・修復をする。

b 損傷した法面の修復

既存の法面は、滑りや雨水による作用のため、正しい形状を保持していない場合がある。この対策として、伐開除根、盛土、締固め及び植生工等が必要である。

c 表面シール

通常、雨季が始まる前に、アスファルト表面をシール処理する必要がある。これは 12mm のシールコートを施すことにより対応する。

d 大きな破損部分の修復（道路に生じた穴/くぼみの補修）

路面には大きな穴、くぼみ及び轍痕等が生じている。深さ 75mm までの破損については瀝青材料による修理で対応し、深さが 75mm 以上の場合は、道路基盤材料による下層の修復後に上層を瀝青材料により修復することが必要である。

e アスファルト上塗り（オーバーレイ）

車道のアスファルト面に大きな幅の亀裂を生じ、アスファルト結合材が不足している場合は、アスファルトの上塗りを必要とする。処理厚は通常 40-50mm である。

2) 道路付帯構造物

計画されている道路付帯構造物は以下に記述するものである。位置は図 3.3-7 に示す。

a 丘陵地の排水システムの改善

Janata Bazar から通過する丘陵地では、Zilla 道路（Z1004）沿いの排水システムが適切に機能していない。対策として断面が V 字型の側溝に交換することを提案する。

b Yunuskhali 交差点近くのコーズウェイの修復

既存のコーズウェイは丘陵地から下流域へ雨水を排水するために設けられているが、道路縦断方向の勾配が急過ぎるために円滑な車両の通過を妨げている。そのため、より緩やかな勾配で再構築する。

c Kalarmachara、Maheshikahli のボックスカルバート

-Yunuskhali 交差点では、道路沿いに在る墓地を回避するために道路の反対側に沿っている既存の

水路上を利用することにより道路幅を確保することを提案する。

- 既存の小さなカルバートは、より大きなボックスカルバートに置き換える。
- 塩田部では、新しいボックスカルバートを水流が維持されるよう設置する。

d 側壁

道路側壁は、多くの区間で設置される。特に **Kalarmachara** では土地購入面積を最小化し、道路法面を保護する。

e Matarbari のボックスカルバート

- 塩田部の政府所有の土地において、海水の流れを維持するために、少なくとも 2 ヶ所でボックスカルバートが設置される必要がある。
- 私有地の塩田部では、海水の流れの維持と降雨による内水の排除のために 1 ヶ所にボックスカルバートを設置する。

f レギュレータ

洪水調節のためのレギュレータが **BWDB** の堤防部分に新設される。

g 樋門

海水の流入、流出を維持するために新しい樋門が建設される必要がある。

h 丘陵地のコーズウェイ

この区間には既存のコーズウェイが存在する。それはかなり古いもので、極めて単純な設計であり、スムーズなアプローチ形状となっていない。RHD と地域住民との協議の結果、この構造物は、既存の灌漑水路への水供給を確実にするために非常に有用であることが確認された。上記の視点に基づき、新たなコーズウェイは、適切な排水経路とスムーズなアプローチとなることを考慮して設計する必要がある。

(1) Kararmachara 側



(2) Matarbari 側

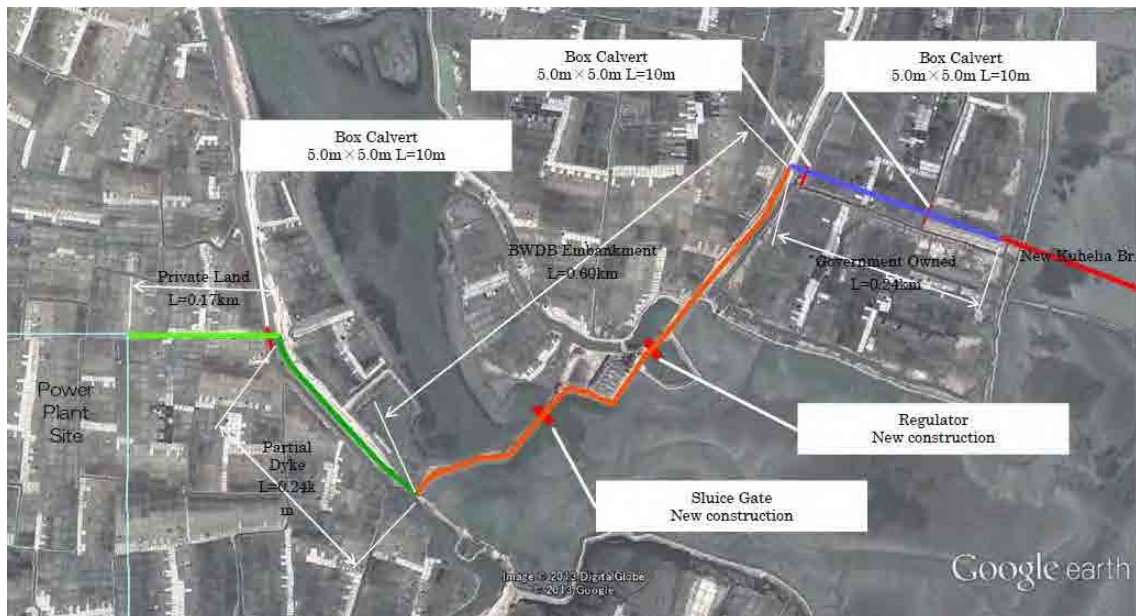


図 16.3-16 主要構造物の配置

提案された舗装構造の詳細は表 16.3-21 に示す。

表 16.3-21 舗装詳細

SI#	区間	長さ(Km)	提案された工 事	提案設計		横断面の参 照
				車道	路肩の建設	
1.	Ekata- Pekua	Total Length= 11.8 Km Applicable Length= 5.9 Km(Ch- From 0+000 to 5+900)	Asphaltic overlay and construction of hard shoulder	Asphaltic overlay	Providing 25 mm dense carpeting over road-base type-1 ; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	1. (a) As attached below
2.	Pekua- Ekata	Total Length= 11.8 Km Applicable Length= 5.9 Km(Ch- From 5+900 to 11+800)	Partial reconstruction	40 mm asphaltic wearing course;60 mm asphalt binder course;200mm road base type-1	Providing 25 mm dense carpeting over road-base type-1 ; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	1. (b) As attached below
3.	Pekua- Eidmoni	Total Length= 10.9 Km	Partial reconstruction	40 mm asphaltic wearing course;60 mm asphalt binder course;200mm road base type-1	Providing 25 mm dense carpeting over road-base type-1 ; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	2. As attached below
4.	Eidmoni- Janata Bazar	Total Length= 8.6 Km	Asphaltic overlay and construction of hard shoulder	Asphaltic overlay	Providing 25 mm dense carpeting over road-base type-1 ; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	3. As attached below
5.	Janata Bazar- Yunuskhali	Total Length= 1.9 Km	Full re-construction	40 mm asphaltic wearing course;60 mm asphalt binder course;200mm road base type-1; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	Providing 25 mm dense carpeting over road-base type-1 ; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	4. As attached below

বাংলাদেশ国 চিত্তাগন石炭火力発電所建設事業準備調査
 ファイナルレポート (発電所・港湾・送電線・アクセス道路・自然条件調査)

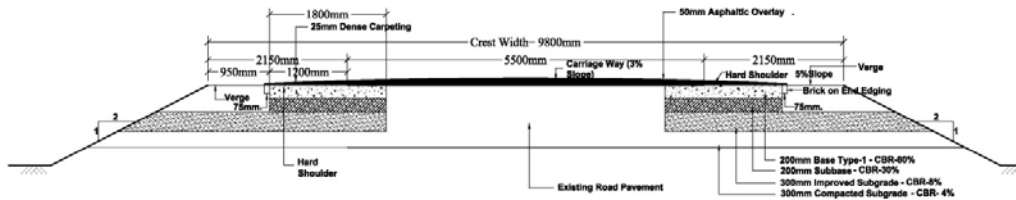
6.	Yunuskhali-Power Plant	Total Length= 6.56 Km Applicable Length= 1.071 Km (through Yunuskhali village)	New construction	40 mm asphaltic wearing course; 60 mm asphalt binder course; 200 mm road base type-1; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	Providing 25 mm dense carpeting over road-base type-1 ; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	5. (a) As attached below
7.	Yunuskhali-Power Plant	Total Length= 6.56 Km Applicable Length= 0.452 Km (through salt field at Yunuskhali end)	New construction	40 mm asphaltic wearing course; 60 mm asphalt binder course; 200 mm road base type-1; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	Providing 25 mm dense carpeting over road-base type-1 ; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	5. (b) As attached below
8.	Yunuskhali-Power Plant	Total Length= 6.56 Km Applicable Length= 0.234 Km (through salt field from Bridge to BWDB Embankment)	New construction	40 mm asphaltic wearing course; 60 mm asphalt binder course; 200 mm road base type-1; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	Providing 25 mm dense carpeting over road-base type-1 ; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	6. (a) As attached below
9.	Yunuskhali-Power Plant	Total Length= 6.56 Km Applicable Length= 0.606 Km (along BWDB Embankment at Matarbari end)	New construction	40 mm asphaltic wearing course; 60 mm asphalt binder course; 200 mm road base type-1; 200 mm	Providing 25 mm dense carpeting over road-base type-1 ; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	6. (b) As attached below

Bangladesh 国 チッタゴン石炭火力発電所建設事業準備調査
 ファイナルレポート（発電所・港湾・送電線・アクセス道路・自然条件調査）

				sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade		
10.	Yunuskhali- Power Plant	Total Length= 6.56 Km Applicable Length= 0.257 Km(along BWDB Dyke at Matarbari end)	New construction	40 mm asphaltic wearing course;60 mm asphalt binder course;200mm road base type-1; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	Providing 25 mm dense carpeting over road-base type-1 ; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	6. (c) As attached below
11..	Yunuskhali- Power Plant	Total Length= 6.56 Km Applicable Length= 0.170 Km(through salt field from BWDB Dyke to Power Plant)	New construction	40 mm asphaltic wearing course;60 mm asphalt binder course;200mm road base type-1; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	Providing 25 mm dense carpeting over road-base type-1 ; 200 mm sub-base ; 300 mm Improved subgrade over 300 mm compacted subgrade	6. (d) As attached below

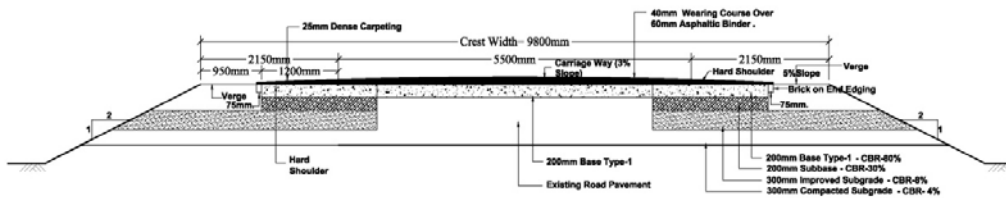
(Source; JICA Study Team)

1. (a)Ekota Bazar to Pekua Intersection, 5.90 Km. to be Asphaltic Overlay



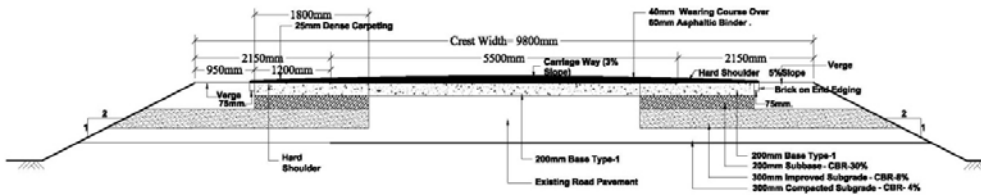
Section: Ekota Bazar to Pekua Intersection, from Km. 0.00 to 5.90 (Length Approx. 5.90 Km.)

1. (b)Ekota Bazar to Pekua Intersection, 5.90 Km to be Partial Reconstruction



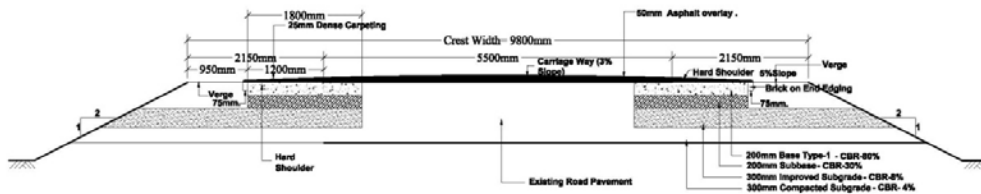
Section: Ekota Bazar to Pekua Intersection, From Km. 5.90 to 11.80 (Length 5.90 km.)

2. Pekua Intersection to Eidmoni Intersection Partial Reconstruction



Section: Pekua Intersection to Eidmoni Intersection (Length Approx. 10.90Km)

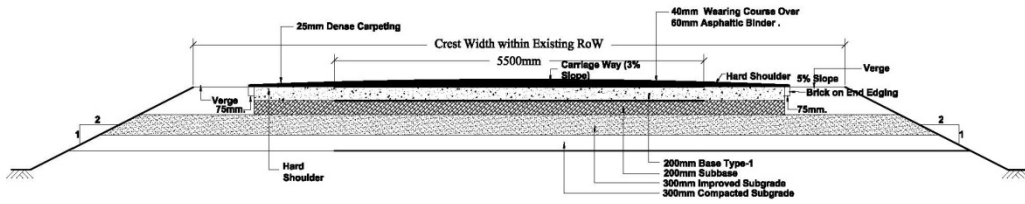
3. Eidmoni Intersection to Janata Bazar Asphaltic Overlay



Section: Eidmoni Intersection to Janata Bazar (Length Approx. 8.6Km)

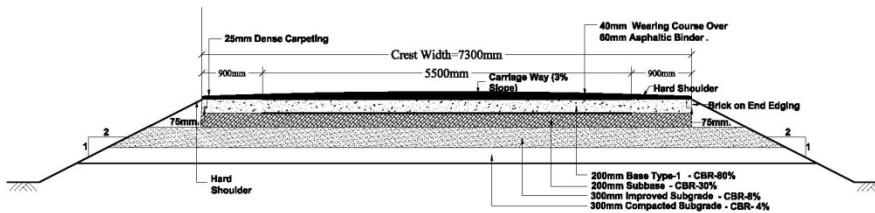
図 16.3-17 既存及び新設道路の断面図

4. Janata Bazar to Yunuskhali Intersection Full Reconstruction



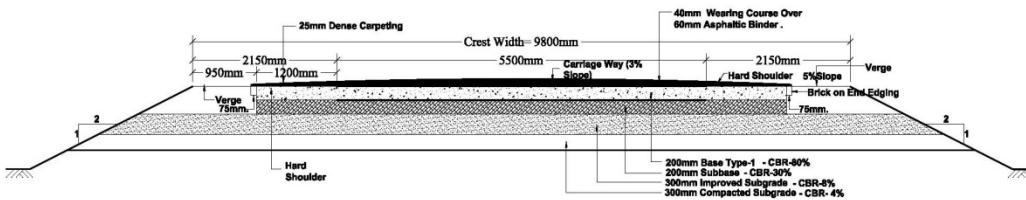
Section: Janata Bazar to Yunuskhali Intersection (Length Approx. 1.9Km)

5. a. Yunuskhali End New Construction



Section: Through Yunuskhali village. (Length Approx. 1071.44 m, Ch-3125.56m to 4197m)

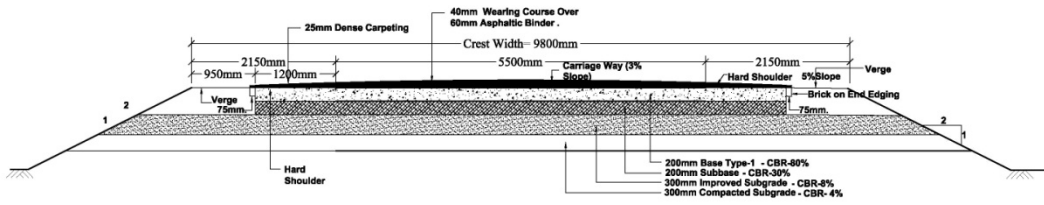
5. b. Yunuskhali End New Construction



Section: New Construction through Salt Field at Yunuskhali End (Length Approx. 452m, Ch-4194.84 to 4647.84)

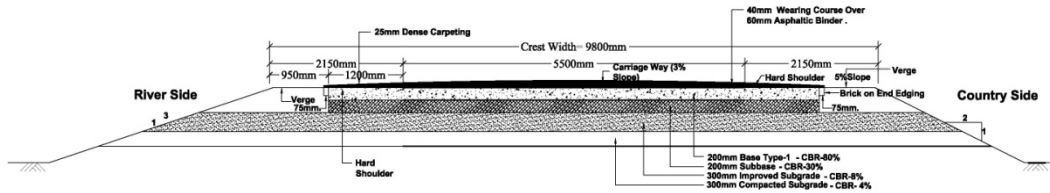
図 16.3-18 既存及び新設道路の断面図

6. (a) New Construction through Salt Field at Matarbari End



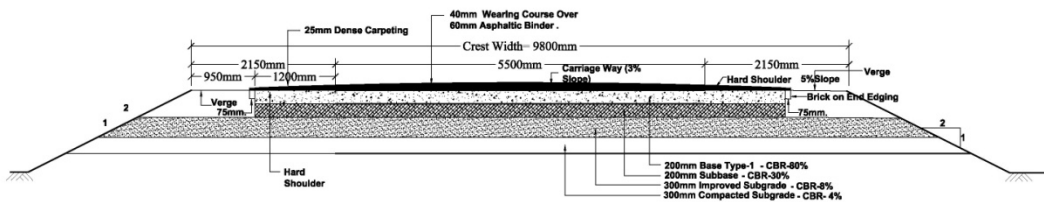
Section: New Construction through Salt Field from Bridge to BWDB Embankment (Length 0.234 Km.)

6. (b) New Construction along BWDB Embankment



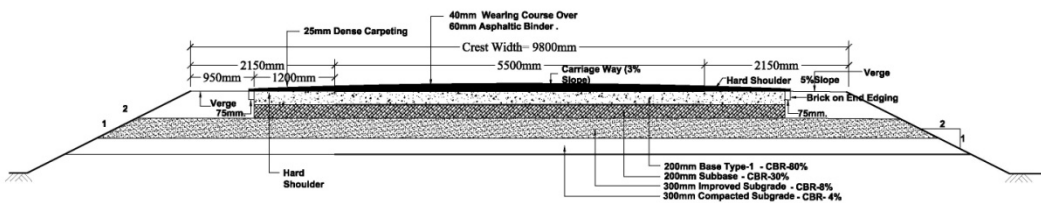
Section: New Construction along BWDB Embankment (Length Approx.605.75m)

6. (c) New Construction Along BWDB Dyke



Section: New Construction along BWDB Dyke (Length 0.257 Km.)

6. (d) New Construction through Salt Field from Dyke to Power-plant



Section: New Construction through Salt Field from Dyke to Power-plant (Length 0.170 Km.)

(出典: JICA 調査団)

図 16.3-19 既存及び新設道路の断面図

16.3.4 橋梁部門

(1) 設計及び建設コンセプト

橋梁の解析、設計は、現在、「バ」国で用いられている荷重抵抗係数設計法（Load and Resistance Factor Design: LRFD 2007）に従った。これは AASHTO 最新版の高速道路橋梁のための標準仕様書に準拠したものである。

負荷に関わる設計仕様は、AASHTO HS 20-44 とインド道路委員会（Indian Road Congress; IRC）基準によって示されているクラス A の負荷を用いた。RHD の設計基準、AASHTO、IRC 基準及び日本道路協会基準等が RHD との技術協議会で検討された参照された基準を表 16.3-22 に示す。

表 16.3-22 参照設計基準

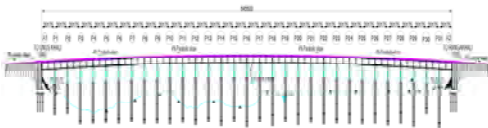
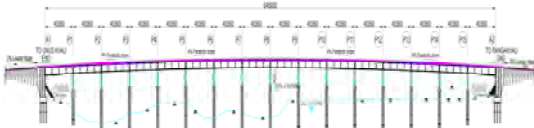
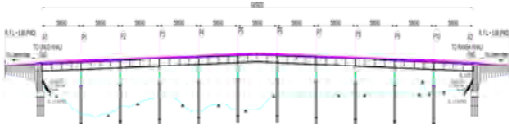
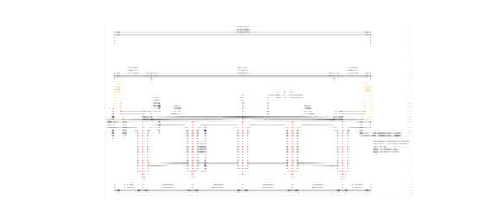
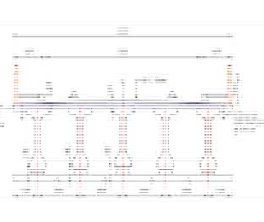
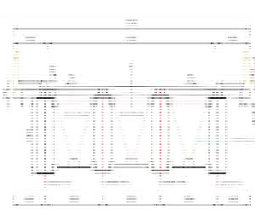
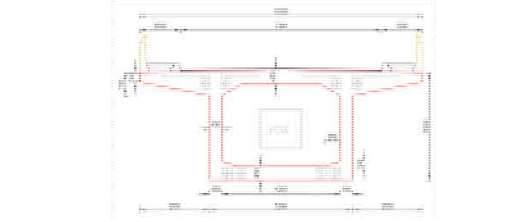
Soil condition		① RHD		② AASHTO		③ IRC		④ JRA	
Bearing layer		sandy soil (N>15) cohesive soil (N>20)		sandy soil (N>15) cohesive soil (N>20)		sandy soil (N>15) cohesive soil (N>20)		sandy soil (N>30) cohesive soil (N>20)	
Dead load		① RHD		② AASHTO		③ IRC		④ JRA	
① steel		78.5	KN/m ³	78.5	KN/m ³	78.5	KN/m ³	77.0	KN/m ³
② reinforced concrete		24.0	KN/m ³	24.0	KN/m ³	24.0	KN/m ³	24.5	KN/m ³
③ prestressed concrete		24.0	KN/m ³	24.0	KN/m ³	24.0	KN/m ³	24.5	KN/m ³
④ plain concrete		23.0	KN/m ³	23.0	KN/m ³	23.0	KN/m ³	23.0	KN/m ³
⑤ asphalt pavement		22.0	KN/m ³	22.0	KN/m ³	22.0	KN/m ³	22.5	KN/m ³
Live load		① RHD		② AASHTO		③ IRC		④ JRA	
① For a deck slab design	Load on wheel	Truck load 32.5 Lane load 3.1	kN kN/m ²	Truck load 32.5 Lane load 3.1	kN kN/m ²	Class-A=554.0 Class-AA=700.0	kN kN	100 (axle load=200KN)	KN
	Width							200×500	mm
	impact coefficient	0.33		0.33		$\frac{A}{B+L}$ L=span, A=4.5, B=6.0		$\frac{20}{(50+L)}$ L=span	
② For a girder design	Track load	Truck load 32.5	kN	Truck load 32.5	kN	Truck C-A 554.0	kN	L-load(245KN)	KN
	Distributed load	Lane load 3.1	kN/m ²	Lane load 3.1	kN/m ²	Truck Class-A=554, Class-AA=700	kN	—	kN/m
	Reduction coefficient	1-Lane 1.0 2-Lane 0.85 3-Lane or more 0.80		1-Lane 1.0 2-Lane 0.85 3-Lane or more 0.80		-	-	—	
	impact coefficient	0.33		0.33		$\frac{A}{B+L}$ L=span, A=4.5, B=6.0		$\frac{7}{(20+L)}$ L=span	

বাংলাদেশ国 চিত্তাগন石炭火力発電所建設事業準備調査
 ファイナルレポート (発電所・港湾・送電線・アクセス道路・自然条件調査)

		① RHD	② AASHTO	③ IRC	④ JRA	
Earthquake force		As per BNBC code for zone II	As per AASHTO code zone wise	Zone I = 0.01, II = 0.02, III=0.04,	Earthquake motion level I	kh=0.20
		c = 0.15	Zone-1 = 0.09, zone-2 = 0.19, zone-3 = 0.29, zone-4 = >0.29	IV = 0.05, V = 0.08	Earthquake motion level II	kh=0.75
		① RHD	② AASHTO	③ IRC	④ JRA	
Wind load		AS per BNBC, V = 180 km/h	Vb = 160 km/h	According to height, (0 to 25.0m), V = (80 to 142 km/h)	Concrete bridge 0.75~3.0KN/m ² Steel bridge less 6.0KN/m ²	
		① RHD	② AASHTO	③ IRC	④ JRA	
Temperature load		Temp. difference = 48 degree considered.	For moderate : -12 to 27 deg. C, and for cold : -18 to 27 deg. C	Thermal co-eff : 11.7x10 ⁻⁶ /c for steel and 10.8x ⁻⁶ /c for concrete.	Concrete bridge -5°C~+35°C Steel bridge -10°C~+40°C	
		① RHD	② AASHTO	③ IRC	④ JRA	
Combination of load And a load coefficient		As per LRFD, STRANGTH-I, II, III, IV, V and EVENT-I, II and SERVICE-I, II, III, IV	As per LRFD, STRANGTH-I, II, III, IV, V and EVENT-I, II and SERVICE-I, II, III, IV	As per IRC, I, IIA, IIB, IIA, IIIB, IV, V, VI, VII, VIII & IX	<ul style="list-style-type: none"> •Normal(dead load+live load) •Temperature(dead load+live load+temperature load) •Earthquake(dead load+earthquake load) 	
		① RHD	② AASHTO	③ IRC	④ JRA	
Concrete	main girder	For RCC f _c = 25 Mpa but for PC, f _c = 40 Mpa	For RCC f _c = 25 Mpa but for PC, f _c = 40 Mpa	For RCC, Grade M-35 Mpa but for PC, Grade M-40 Mpa	40	N/mm ²
	cross beam	For RCC f _c = 25 Mpa but for PC, f _c = 30 Mpa	For RCC f _c = 25 Mpa but for PC, f _c = 30 Mpa	For RCC, Grade M-20 Mpa but for PC, Grade M-30Mpa	30	N/mm ²
	cast-in-place slab	For RCC f _c = 25 Mpa but for PC, f _c = 35 Mpa	For RCC f _c = 25 Mpa but for PC, f _c = 30Mpa	For RCC, Grade M-30Mpa but for PC, Grade M-35Mpa	24	N/mm ²
	abutment	f _c = 30Mpa	f _c = 25Mpa	f _c = 30Mpa	24	N/mm ²
	pier	f _c = 30Mpa	f _c = 25Mpa	f _c = 30Mpa	24	N/mm ²

表 16.3-23 に橋梁構造形式の比較を示す。検討の結果、PCT ガーダー橋が選定された。

表 16.3-23 橋梁構造形式の比較

	RCT Girder Bridge	PCT Girder Bridge	Steel Girder Bridge	PC Box Girder Bridge
Evaluation Items	20 m Span	40 m Span	40 m Span	60 m Span
Typical Side View				
Typical Sectional View				
Environmental Consideration	River water flow will be obstructed more which will cause the constricted scour which will affect the environment.	It will not cause serious scour with appropriate foundation and sub-structure design.	It will not cause serious scour with appropriate foundation and substructure design.	For construction of this type of bridge, land acquisition will be required more for construction yard which may be affect surrounding environmental conditions.
Social Consideration	Due to small span length, it will affect river navigation and then affect regional movement of people and goods.	This type of bridge provides enough navigational clearance. It will secure smooth river traffic and it will not cause negative impact to the region.	This type of bridge provides enough navigational clearance. It will secure smooth river traffic and it will not cause negative impact to the region.	For construction of segmental box, land acquisition will be required more for construction yard to casting segmental box which will affect affect the cultivated land and then affect farmers in the area.
Construction Cost				

(出典: JICA 調査団)

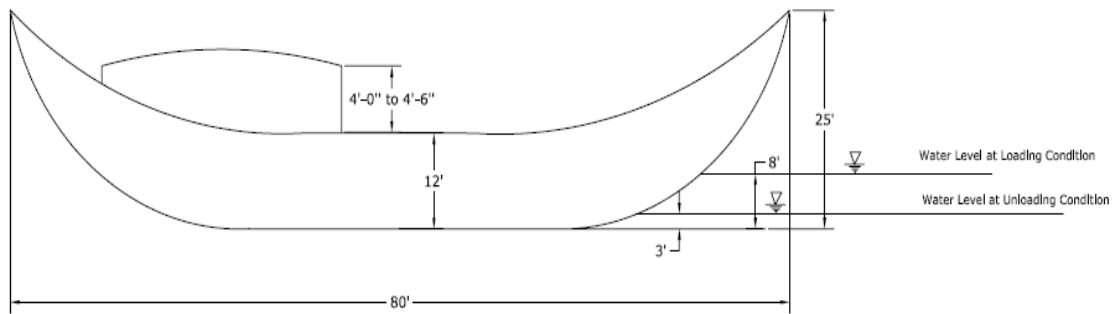
বাংলাদেশ国 চিত্তা গন শিল্প বিদ্যুৎ কেন্দ্র নির্মাণ প্রকল্পের প্রস্তুতি
 ফাইনাল রিপোর্ট (বিদ্যুৎ কেন্দ্র • হাট • বিদ্যুৎ লাইন • এক্সেস রাস্তা • প্রাকৃতিক পরিস্থিতি পরীক্ষা)

Construction Works	From technical easiness & availability of equipment, RCC girder bridge construction	PCT girder construction is widely constructed in Bangladesh. Construction equipment & accessories are available and local contractor are well trained & capable to construct PCT girder Bridge.	Steel girder is pre-fabricated and to be procured from out side of Bangladesh. Only the foundation & sub-structure is constructed. Installation and setting is done by the manufacturer's company. Now a days steel girder is not constructed in Bangladesh. Before 25 to 30 years back RHD constructed steel girder bridges for long span more than 20.0m. Because during that time PC girder was not constructed widely in Bangladesh. Skilled manpower, construction cost, and construction equipment was not available. Now RHD and also LGED donot construct any steel girder Bridge.	For construction of PC segmental box girder, equipment and materials are not available. So heavy equipment & other accessories related to construction work will be required to procure from abroad. Also the local contractor are not capable to construct this type of bridge.
Construction Period	For easiness of construction, availability of equipment and materials, a reasonable (moderate) time will be required but on the other hand due to small span length, number of pier will be more as well as foundation which will increase construction time compared PCT girder.	Due to large span length, number of pier will be required less than that of RCCT. So time for construction of sub-structure & foundation will be required less compared to RCCT bridge.	For procurement of steel girder from out side of country, an additional time will be required.	For procurement of construction equipment, accessories and construction materials from out side of the country, an extra time will be required. Total construction time will be required more than other type.
Operation & Maintenance	Above 25.0m span, RCCT girder is not economical. For providing small span length, number of pier will be increased. After all river water flow will be obstructed more which will cause the constricted scour of river. Not only that due to small span length horizontal navigational clearance could not be maintained. So RCCT type bridge will not be feasible. For smaller length of RCCT girder and more number of span maintenance cost will be more compared to PCT girder. Because after 25 to 30 years if expansion joint or bearing pad is needed to replace then there may have to replace more number. So maintenance may be more than other.	PCT Girder Bridge is widely constructed both in RHD & LGED. of PCT girder, both horizontal and vertical navigational clearance could be maintained. All the prestressing equipment, accessories and skilled manpower are available. For providing of large span length compare to RCCT type girder, number of pier will be required less. So river flow obstruction will be less. For less number of span, number of bearing pad and expansion joint will be required a minimum. So maintenance cost will be required minimum in future if needed to be replaced.	There is no any international standard manufacturer company to produce quality base steel girder in Bangladesh. So steel girder to be procured from out side of Bangladesh. Also for installation & setting skilled of girder skilled manpower to be required from out side.	For construction of PC segmental box, local contractor, construction equipment and accessories etc. are not available. Construction equipment & accessories will be required to procure from outside of country. For construction of segmental box, land acquisition will be required more for construction yard to casting segmental box which will effect the cultivated land of the farmer. But PCT girder can be constructed in place by making some arrangement and using erection, shifting & lifting method. In case of segmental box pot bearing is normally used. So for provision of pot bearing, maintenance cost may be required more than normal type.
Overall Evaluation Result	Not feasible for horizontal navigational clearance due to short span length.	As per site condition, construction facilities, material availability, navigational clearance, type & size of river traffic movement, economic consideration and also from social & environmental consideration PCT girder bridge is more feasible and viable than other type of Bridges.	For procurement of girder from out side, cost will be more. Its maintenance cost will be more compared to PCT girder. If any repair or maintenance is required for steel girder then it will be required to get help from manufacturer's company. Even yearly anti corrosive emulsion paint to be provided on the structure to protect from causing corrosiveness. Considering all difficulties, more construction cost and for long time maintenance cost, steel girder is not feasible.	Not feasible for more construction cost, nonavailability of construction equipment, accessories and materials.

(出典: JICA 調査団)

計画されている架橋位置を航行する交通量、船舶の種類、船舶のサイズを把握するために簡易な水上交通現況調査が行われた。

観測された最大船舶の形状と寸法



BOAT WIDTH = 20 Ft.

最大船舶	調査概要
Length of Boat= 80ft	Survey Date: 27 June 2013
Width of Boat= 20ft	River Traffic survey
Height at Front Side of Boat= 25ft	Location: Matarbari Bridge
Height at Middle Side of Boat= 12ft	Weather condition: Rainy
Draft at Loading Condition= 17ft(5.198 m)	Time: 7 a.m.- 6 p.m.
Draft at Unloading Condition= 22ft.(6.7 m)	Large Boats: 7 ea.
Height of Shed=4~4'-6" over deck	Medium Boats: 4 ea.
	Small Boats: 8 ea.

(出典: JICA 調査団)

図 16.3-20 簡易水上交通調査の結果

表 16.3-24 アクセス道路の橋梁構造の設計コンセプト

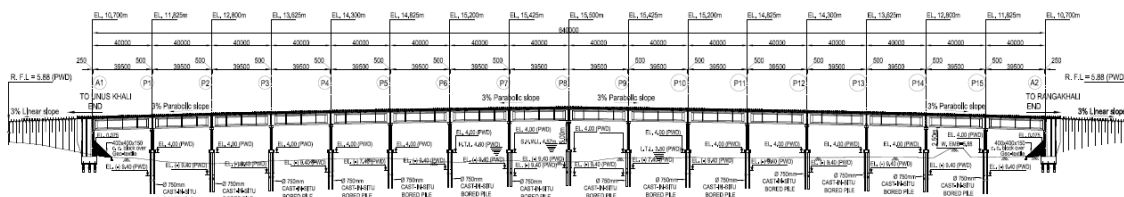
項目	内容
Live Load	AASHTO IRC Class A
Type	Pre-stressed Concrete Girder
Length	640 m
Total Width	10.25 m
Carriage way Width	7.30 m (Double lanes)
Foot pass	1.475 m x 2
Span Length	40.0 m
Surfacing Thickness	50 mm
Alignment	$R = \infty$
Crest Level	10 m from Mean Sea Level
Concrete Strength	Superstructure $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ Substructure $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$
Reinforcement	$f_y = 410 \text{ Mpa}$ (Grade-60)
PC Steel Material	Grade-270
Navigational Clearance	8 m from Highest High Tide Level River traffic survey result shows that the tallest boat is 25'-0", about 7.62 m. During unloading condition draft is 3'-0", about 0.91 m. Net height is about 6.71 m. Safety allowance 1.0 m shall be considered. Total height becomes $(6.71 + 1.0) \text{ m} = 7.71 \text{ m}$, then rounded to 8 m.
Design References	AASHTO Standard Specification for Highway Bridge Design

	<p>Indian Road Congress (IRC)</p> <p>RHD bridge Designer's Handbook</p> <p>Geometric Design Standard of RHD</p>
--	---

(出典: JICA 調査団)

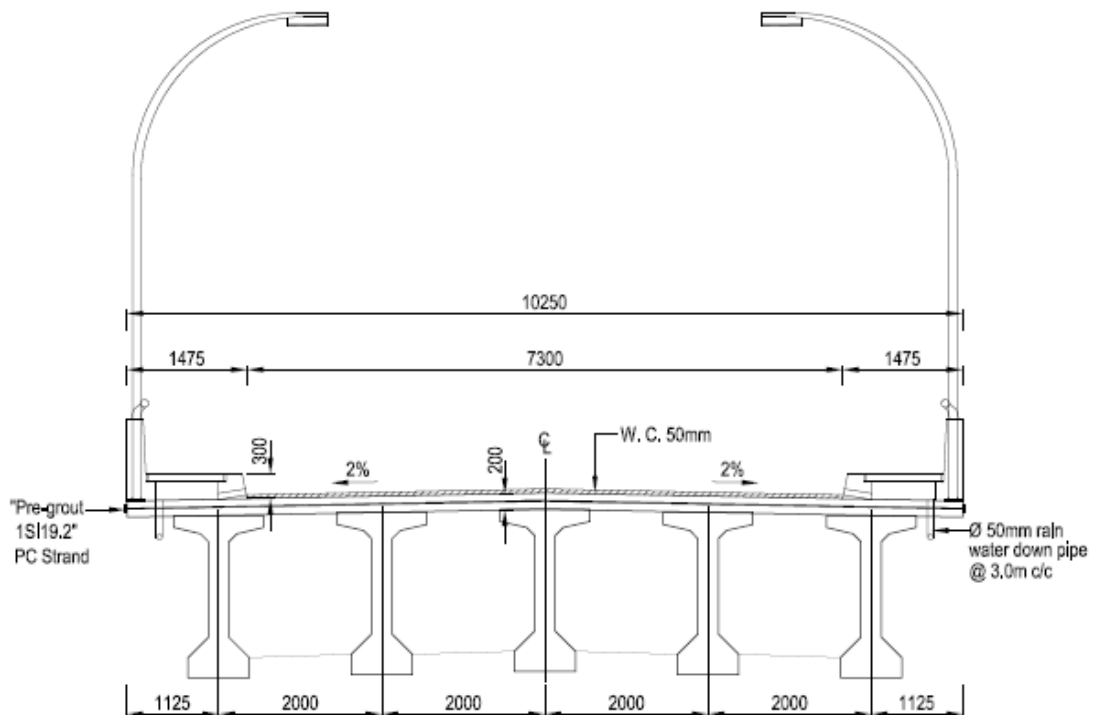
(2) 橋梁設計

縦断面及び断面図を図 16.3-21、図 16.3-22 に示す。



(出典: JICA 調査団)

図 16.3-21 Kohelia 川における計画橋梁の縦断面図



(出

典: JICA 調査団)

図 16.3-22 Kohelia 川に計画されている橋梁の断面図

16.3.5 想定荷重

橋梁設計 HL-93 については、負荷が考慮される。解析は最新版の AASHTO LRFD 2007 に基づいて行った。以下の負荷が含まれる。

(1) 死荷重

死荷重は設計対象構造物の自重とその上に載る積載荷重の組み合わせである。

(2) 活荷重

橋梁の歩道上の歩行者の動きを反映するもので、AASHTO は、4.07 kN/sq.m を推奨している。

(3) 衝撃

33%

この衝撃係数は LRFD2007 最新版及び AASHTO の最新版に従って採用された。LRFD 旧版では 30% が最大値であった。従来版では、SI 単位で下記の計算式が示されていた。

$$IMP = [15.24/(L+38)]$$

計算値が 30% を超える場合には、30% とみなされる。

(4) 制動力

LRFD2007 の最新版に従えば制動力 (BF) の推奨値は下記が最大とされている:

Case-I: 25% of (Truck Load + Tendon Load)

Case-II: 5% of (Truck Load+ Lane Load)/ OR 5% of (Tendon Load+Lane Load)

最大値は上記から得られる数値とする。

(5) トラック負荷

最新の LRFD2007 では負荷パターンは下記の通りである。

- 1) トラック負荷: HS20-44 負荷 (前輪負荷 35 kN、中輪負荷 145 kN、後輪負荷 145 kN) 各車輪は走行方向にそれぞれ 4.26m 離れていることとする。車体の横断方向には、車輪は 1.83m 離れていることとする。
- 2) タンデム負荷: LRFD の最新版によれば、各軸について 110kN という値が採用されている。
- 3) 車線負荷 : LRFD では 3m の幅員で 9.3 kN/m² が採用されている。

(6) タンデム負荷 Tandem Load

LRFD では各軸につき 110kN が採用されている。

(7) 地震負荷(Force)

「バ」国では BNBC（Bangladesh National Building Code）に 3つの地震帯が記載されている。プロジェクト計画地はゾーン II に位置し、ゾーンの係数=0.15 が BNBC コードに従い考慮される。

(8) 風荷重

「バ」国では、BNBC に従う。本プロジェクトでは、コックスバザール地区のガイドラインが採用される。BNBC におけるコックスバザール地区の風速は 260km/h である。

(9) 温度効果

RHD は AASHTO 標準仕様に従っている。

(10) 水流による負荷

水文調査、解析により、水路の最大流速が把握された。最大流速を、AASHTO によって提示されている計算式に反映させることで、水面下のパイルまたは橋梁下部構造にかかる水流による負荷を特定出来る。AASHTO が規定する負荷も考慮された。設計の最終段階で決定される。

(11) 沿岸域における高潮による負荷

BNBC コードは、沿岸地域に建設される構造物については高潮による負荷を考慮することを求めている。平均潮位から、14' (4.26m)の高潮負荷を考慮することが推奨されている。

(12) 橋梁幾何学設計基準：標準橋梁断面

RHD により承認された幾何学設計標準マニュアル（改訂版；2005年6月）に基づき、標準橋梁断面が設計された。橋梁断面図で採用された全幅は歩道を含め 10.30m である。歩道及び手すりを除く車道幅は 7.3m である。歩道の幅は片側 1.50m であり、これにはパラペット幅 0.25m が含まれる。

(13) 縦断勾配:

橋梁の縦断勾配は橋梁本体部分で 4.0%が放物線形状でとられており、アプローチ部分では 3%が直線でとられている。

(14) デッキ横断勾配：

RHD の橋梁設計基準／2004 年 1 月版の Sl. No.5.3 に基づき、2%の横断勾配が検討された。

(15) ナビゲーション・クリアランス：

ナビゲーション・クリアランスは、 Bangladesh 内陸水上交通局（BIWTA）の規定に従って検討された。以下の表 16.3-25 は、情報として提供されたものであり、最小垂直及び水平方向のナビゲーションクリアランスが示されている。新規橋梁の最小垂直クリアランスの最終決定には、架橋地点を航行する船舶の最低要求事項を検討する必要がある。計画されている橋梁は、BIWTA による区分外の水路であるため、最小垂直クリアランスは地域の要求事項と RHD や他の機関との協議に基づいて決定される必要がある。

表 16.3-25 BIWTA による最小垂直、水平ナビゲーションクリアランス

Sl. No.	Classification of Waterways	Minimum Vertical Clearance (m)	Minimum Horizontal Clearance (m)
1	Class – I	18.30	76.22
2	Class – II	12.20	76.22
3	Class – III	7.62	30.48
4	Class – VI	5.00	20.00

(出典: JICA 調査団)

16.3.6 工事のスコープ

計画されている工事のスコープ概要を以下に示す。

表 16.3-26 アクセス道路のスコープ(1)

区間	Ekata bazar から Pekua Bazar		
道路分類	Z1125	距離	11.80km
工事の主要項目	<ul style="list-style-type: none"> • Earth work on shoulder and slopes • Aggregate road base course • Construction of hard shoulders with bituminous surface sealing • Asphalt work 		
区間	1. (a) Ekata Bazar to Pekua Intersection, 50% Length to be Asphaltic Overlay		
1. (b) Ekata Bazar to Pekua Intersection 50% Partial Reconstruction			



図 16.3-23 選定ルートの写真（Ekata Bazar から Pekua Bazar）

表 16.3-27 アクセス道路のスコープ (2)

区間	Pekua Bazaar から Eidmoni 交差点		
道路分類	Z170	距離	10.90km
主要工事項目	<ul style="list-style-type: none"> • Earth work on shoulders and slopes • Aggregate road base course • Construction of hard shoulders with bituminous surface sealing • Asphalt work 		
区間	2. Pekua Intersection to Eidmoni Intersection Partial Reconstruction		



図 16.3-24 選定ルートの写真（Pekua Bazar から Eidmoni 交差点）

表 16.3-28 アクセス道路の工事のスコープ(3)

区間	Eidomoni から Badarkhali 橋を通り Yunuskhali 交差点		
道路分類	Z170/Z1004	距離	10.65km
主要な工事項目	<ul style="list-style-type: none"> • Repairing potholes • Earth work on shoulders and slopes • Construction of hard shoulders with bituminous surface sealing • Asphaltic overlay • Aggregate subbase course, road base course • Providing surface drains; Construction of a causeway 		
区間	3. Eidmomi Intersection to Janata Bazar Asphaltic Overlay		
4. Janata Bazar to Yunuskhali Intersection Full Reconstruction			



図 16.3-25 選定ルートの写真（Eidomoni 交差点から Badarkhali 橋を通り、Yunuskhali 交差点へ）

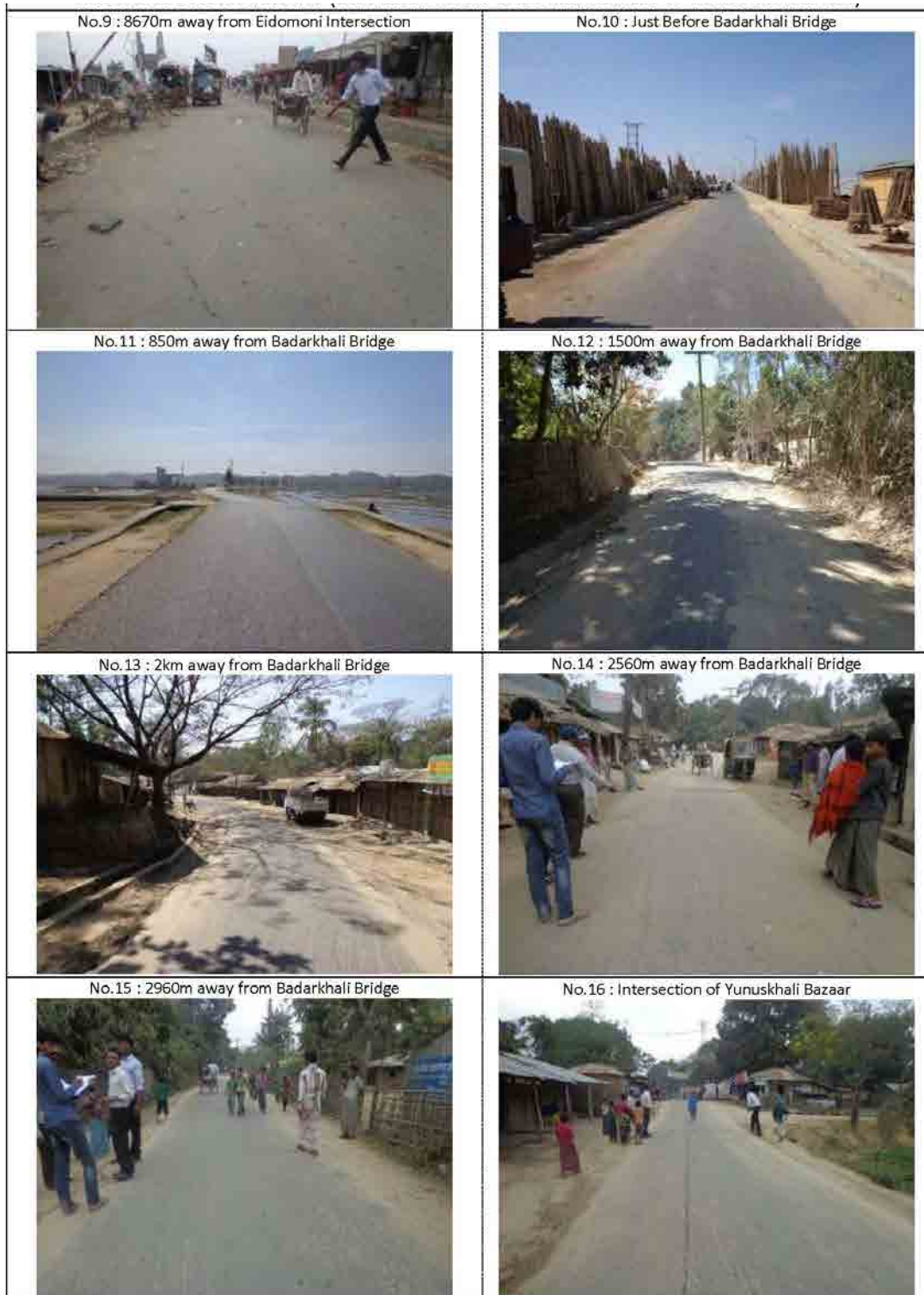


図 16.3-26 選定ルートの写真（Eidmoni 交差点から Badarkhali 橋を通り Yunuskhali 交差点へ）

表 16.3-29 アクセス道路の工事のスコープ(4)

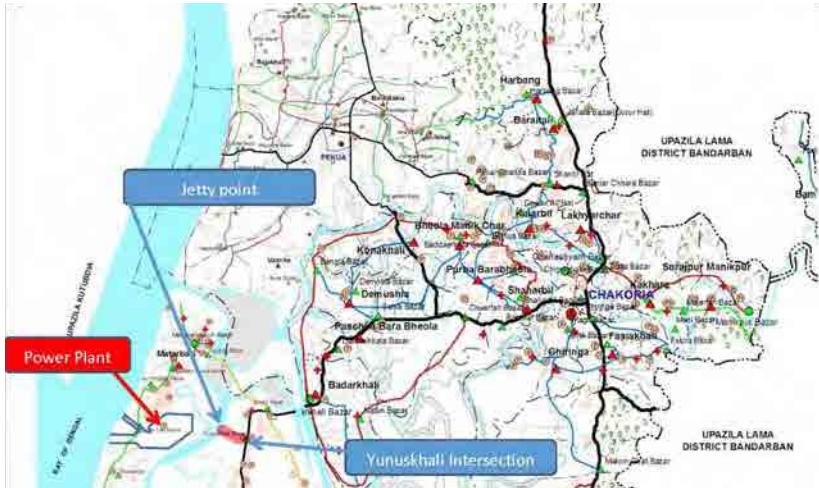
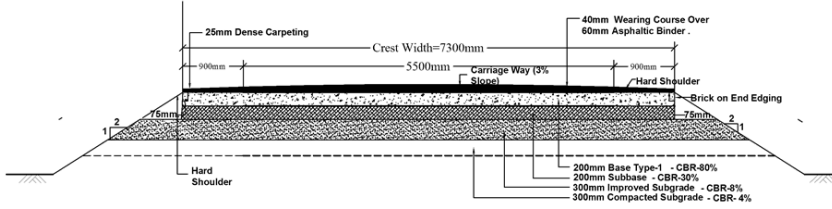
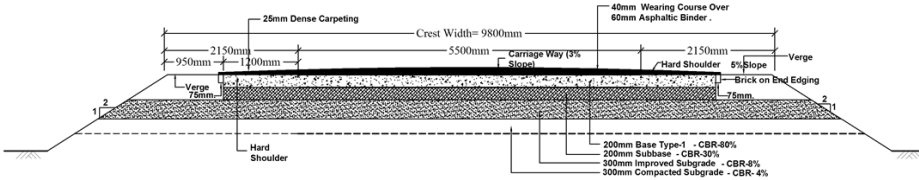
区間	Yunuskhali 交差点から Jetty 地点		
道路分類	Village Road	道路分類	Village Road
			
主要な工事項目	<ul style="list-style-type: none"> • Earth work on shoulders and slopes • Aggregate subbase course, road base course • Construction of hard shoulders with bituminous surface sealing • Asphalt work • Providing irrigation drains ; Construction of Earth-retaining wall; Slope protection works by CC/RCC • Soft ground countermeasure work shall be considered 		
区間	5. Yunuskhali End New Construction		
			
5. Yunuskhali End New Construction			
			



図 16.3-27 選定ルートの写真（Eidmoni 交差点から Badarkhali 橋を通り Yunuskhali 交差点へ）

表 16.3-30 アクセス道路の工事のスコープ (5)


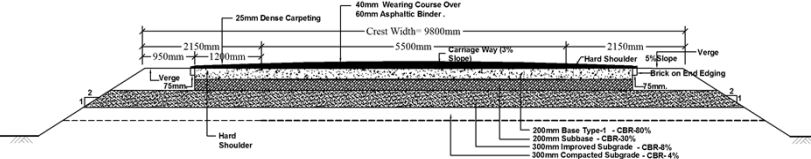
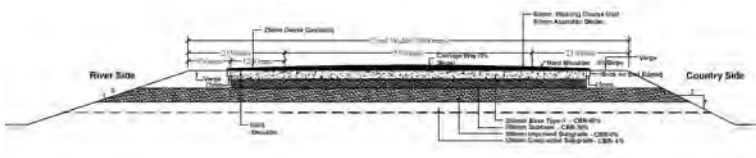
区間	New Road on government land , BWDB embankment and private land		
道路分類	BWDB embankment	距離	1.25km
			
工事の主要項目	<ul style="list-style-type: none"> • Construction of Earth Embankment • Aggregate subbase course , road base course • Construction of hard shoulders with bituminous surface sealing • Asphalt work • Providing irrigation drains ; Construction of Earth-retaining wall; Slope • protection works by CC/RCC • Soft ground countermeasure work shall be considered 		
<p>区間</p> <p>6. (a) New Construction through Salt Field</p>  <p>6. (b) New Construction over BWDB Embankment</p>  <p>Section: New Construction over BWDB Embankment (Length Approx.605.75m)</p>			



図 16.3-28 選定ルートの写真（Eidmoni 交差点から Badarkhali 橋を通り、 Yunuskhali 交差点
～）

16.4 プロジェクトの実施

16.4.1 概算プロジェクトコスト

(1) 項目

- (a) 建設費
- (b) コンサルティング・サービス費
- (c) 車両費
- (d) 土地購入費

表 16.4-1 はアクセス道路プロジェクトの基本コストを示す。

コストは 2 種類の通貨建てで概算されている。一つは現地通貨のバングラデシュタカ（BDT）であり、他は日本円である。

1) 建設費

建設費は、表 16.4-2 に示す数量と単価に基づき算定した。各工種の単価は、「バ」国のコントラクターから得た市場価格により見積られている。工事作業項目は、RHD の積算単価表（Schedule of Rate）を参照した。

2) コンサルティングサービス

技術者及びサポーティングスタッフに関わる報酬額は、必要と想定される投入時間に基づき積算されている。直接費は所定の単価と必要な数量に基づいて積算されている。

技術者とサポーティングスタッフの単価は JICA ガイドラインに基づいて見積られている。これらコストは、外貨部分と現地通貨部分によって構成されている。表 16.4-3 はコンサルティングサービスの詳細コストを示し、表 16.4-4 は想定される工程を示している。

コンサルティングサービスのコストは、コンサルティングスケジュールに基づいて積算されている。

コンサルティングサービスの内訳は以下の通りである。

- 詳細設計
 - 施工図面作成のための補足調査
 - 図面の作成
 - 数量表の作成
 - 事前資格審査書類（PQ）の作成
 - 入札書類の作成
 - 入札支援

- 施工監理
 - 施工図面の確認
 - 施工監理
 - 数量管理
 - 進捗管理
 - 請求作業
 - 安全及び環境管理
- 外貨部分
 - 外国人技術者の報酬
 - 国際航空運賃
 - 輸送費
 - 外国資機材購入費
- 現地通貨部分
 - 現地要員の報酬
 - 管理費
 - 事務所管理費

3) 施工監理のための車両

実施機関により、施工監理のために4台（ジープ型4WD：2台、ピックアップトラック：2台）が用意される。このコストは、非適格項目であるため、「バ」国側の負担となる。

4) 土地購入費

土地購入費は必要な用地面積に基づき積算した。土地購入費は、非適格項目であるため、「バ」国側の負担となる。

(2) 為替レート

JICA ガイドラインに基づき、為替レートは 1.28 円=1BDT に設定されている。

(3) 建設期間中の道路補修工事費

16.4.2 維持管理予算

アクセス道路の完了後には2種類の維持管理が必要となる；

- a) 反復的：毎年繰り返して必要となる定常的な維持管理。車道外の部分の定常的な維持管理、道路面の穴の修復、ひび割れの修復、道路端の修復等が含まれる。
- b) 定期的:定期的に必要とされる維持管理に要する予算。通常5～7年で定期的なオーバーレイが必要とされる。維持管理は、RHD の HDM 分析により道路データを分析することにより必要性が

判断されている。道路が 20 年の設計寿命の場合には、そのライフサイクル期間中に少なくとも 2 回の定期的な対応が必要となる。

表 16.4-1 アクセス道路プロジェクトのベースコスト

（この表は秘匿性の高い情報が含まれるため掲載致しません。）

表 16.4-2 橋梁及び道路の主要項目の数量

橋梁

（この表は秘匿性の高い情報が含まれるため掲載致しません。）

道路

（この表は秘匿性の高い情報が含まれるため掲載致しません。）

表 16.4-3 コンサルティングサービス費の詳細

（この表は秘匿性の高い情報が含まれるため掲載致しません。）

表 16.4-4 コンサルティングサービスのアサイメントスケジュール

（この表は秘匿性の高い情報が含まれるため掲載致しません。）

16.4.3 実施計画

- 円借款（LA）のプレッジ : 2014年1月
- 詳細設計 : 2014年11月開始
- 建設工事 : 2017年2月から2020年8月

表 16.4-5 実施計画

（この表は秘匿性の高い情報が含まれるため掲載致しません。）

建設スケジュール設定の主要な手順

建設を予定している橋梁に隣接する河川の水路の半分は、堆砂によって浅くなっているため、船舶の航行に必要な十分な深さが無い。残りの半分の水路について、航行に支障が無い十分な深さを維持するよう管理する必要がある。

そのため、水路を、航行のため十分な深さを有する2つの部分に分割することが適切と判断した。アクセス道路建設は、発電所建設に関わるクリティカルな工事ではない。プロジェクトのコストを考慮すると、橋梁建設の最善の方法は、一方向からの工事を実施することである。

表 16.4-6 建設スケジュール

（この表は秘匿性の高い情報が含まれるため掲載致しません。）

表 16.4-7 コンサルティングサービス・スケジュール

（この表は秘匿性の高い情報が含まれるため掲載致しません。）

16.4.4 調達方法

(1) 概要

プロジェクトは国際競争入札（ICB）の下で実施される。JICA も調達のガイドラインで ICB を推奨している。いくつかの同種の事業、例えば「バ」国政府資金により RHD が実施したダッカーチッタゴン高速道路建設プロジェクト、JICA 資金提供により RHD が実施した東部バングラデシュ橋梁改善プロジェクトでは、ICB ベースで実施された。従って、アクセス道路建設プロジェクトも ICB で実施されることを提言する。上記に述べた類似プロジェクトの詳細は表 16.4-11 に示した。各省庁及び部局は積算単価表（Schedule of Rate）を発行している。実施機関である RHD も発行しており、毎年見直しをしている。「バ」国政府資金により RHD が実施する場合、国内競争入札（LCB）方式であり、RHD 発行の積算単価表に基づき積算される。一方、アクセス道路プロジェクトは、ICB により実施される。そのため入札者は、「バ」国内のコントラクターから見積もりを取り、市場価格をベースに入札価格を積算することになる。コストは「バ」国における市場価格をベースに積算されている。

(2) 労働力及び資機材の調達

1) 労働力

a. 技術者及び労働者のリクルート能力

「バ」国の技術者の大半は同国の大学を卒業している。各省庁には留学奨学金の支援を受けた海外留学の経験を有する技術者もいる。また日本の大学を卒業し、工学の学位を取得し、同国に戻り重要なポストについている者もいる。更にその他の外国で技術を習得したテクニシャンや労働者が多数いる。彼らは海外からの送金という形で政府の収入の一部を生み出している。「バ」国には豊富な人的資源があると言える。

b. 労働法及び規制

労働法は、バングラデシュ国労働法 2006 として、公布されている。

同法における、建設労働者に関する主要な規制は下記の通りである；

1. 1 週間の通常労働時間は 48 時間以内に制限される。
2. 最長労働時間は一週間で 60 時間を越えてはならない。

(3) 材料

プロジェクトの主な材料の調達計画は下記の通りである；

- セメント及び鉄筋は、チッタゴン地域で生産されている。同地域からこれらの材料を調達することが可能である。生産量は、需要を十分に満たしている。
- 舗装のための骨材及び砂及びコンクリートは、「バ」国の北東に位置する Sylhet から調達される。需要は徐々に増えてきており、価格もそれに応じて上昇傾向にある。
- 土盛り用の砂は、Maheshkhalī 島の Janata Bazar の丘陵周辺から購入される。生産量は需要を満

たしている。

- 堤防用の土盛り材料は、隣接する土取場から調達する。
- 橋梁に用いる PC スtrand/ワイヤー及び付属品は日本、中国、インド等から輸入される。
- 舗装用のアスファルトはシンガポール他から調達される。

表 16.4-8 主要材料の購入

（この表は秘匿性の高い情報が含まれるため掲載致しません。）

(4) 機材

機材調達の基本計画は以下の通りである。

- 基本的な機材は、「バ」国内で調達する。調査の結果、ほとんどのコントラクターが必要とされる機材を保有していた。
- 橋梁のエレクションガーダー及び付帯品は、暫定的な計画として、日本から輸入することとした。

表 16.4-9 主要機器の購入

（この表は秘匿性の高い情報が含まれるため掲載致しません。）

1) 輸送

資機材の輸送及び梱包計画は以下の通りである。

チッタゴン港は、Karnaphuli 川の河口に位置し、「バ」国における最大の河川港である。港湾施設として一般貨物のための6ヶ所の積み下ろしスペースとコンテナ用の11ヶ所の積み下ろしスペースを有している。2010/2011年の年次出荷量は4500万F/Tである。水深は8m以上あり、排水量3万トン超の船舶が接岸可能である。



図 16.4-1 Chittagong 港及び国道1号

輸入された資機材は、同港で通関後、船舶やトラックにより現場に輸送される。

(5) 通関

チッタゴン港の通関手続きには約3日間を要する。

1) 輸送

a 横浜からチッタゴンへ

日本からの輸入機材は、横浜で船積みされチッタゴンに輸送される。輸送に要する日数は20日程度である。一方、インドのムンバイ港からチッタゴン港への輸送に要する日数は10日程度であ

る。

b チッタゴンからプロジェクトサイトへ

陸上輸送

内陸輸送のルートは、チッタゴン市街の中心部の国道1号線を南下し、南部の Ekata 交差点に下り、アクセス道路の開始点に至る。チッタゴンから Ekata 交差点までは 85km である。Ekata 交差点から Yunuskhal Bazar へは 30km である。チッタゴン港から、プロジェクト計画地までの総距離は約 115km である。現在、普通サイズのトラックが Yunuskhali Bazar からプロジェクトサイトまで通行できない部分が 2.5km ある。Yunuskhali からプロジェクトサイトまでの道路が完成するまでは、陸上輸送は制約される。チッタゴンから Yunuskhali Bazar への陸上輸送にかかる時間は約 5 時間である。

水上輸送

船舶は、チッタゴン港の南から、ベンガル湾を 80km 航行し、Matarbari 島の岬から Kohelia 川を通りおよそ 10km でプロジェクトサイトに至る。Kohelia 川は、深さと幅があり、船舶やバージの航行に十分な容量を有している。輸送時間はおよそ 6 時間である。



図 16.4-2 輸送ルート：Chittagong 港から発電所サイトまで

16.4.5 建設計画

(1) セクター

表 16.4-10 に示すように、アクセス道路に関わる工事は、道路と橋梁の 2 つのセクターに分けられる。

表 16.4-10 アクセス道路のセクターリスト

Sector	Sub-lot	Description	Quantity
Road	Section 1	From Ekata Bazar to Pekua intersection	11.80km
	Section 2	From Pekua intersection to Eidmoni intersection	10.90km
	Section 3	From Eidmoni intersection to Badakhali bridge	7.40km
	Section 4	From Badakhali bridge to Janata Bazar	1.35km
	Section 5	From Janata Bazar to Thallatoli Inter.	1.60km
	Section 6	From Thallatoli Inter. To Yunuskhali Bazar	0.3km
	Section 7	From Yunuskhali Bazar to Nyaghata Jetty point	2.56km
	Section 8	From Kohelia bridge to Power Plant	1.25km
Bridge	Kohelia bridge	PCT girder simple beam	L=640m (16span) Span length=40m Width=10.3m

出典： JICA 調査団

(2) 建設方法

1) 直接工事

5 月から 10 月までの雨季には降雨が 10mm/日以上あることを想定して道路工事は中断される。橋梁工事は年間を通じて実施される。

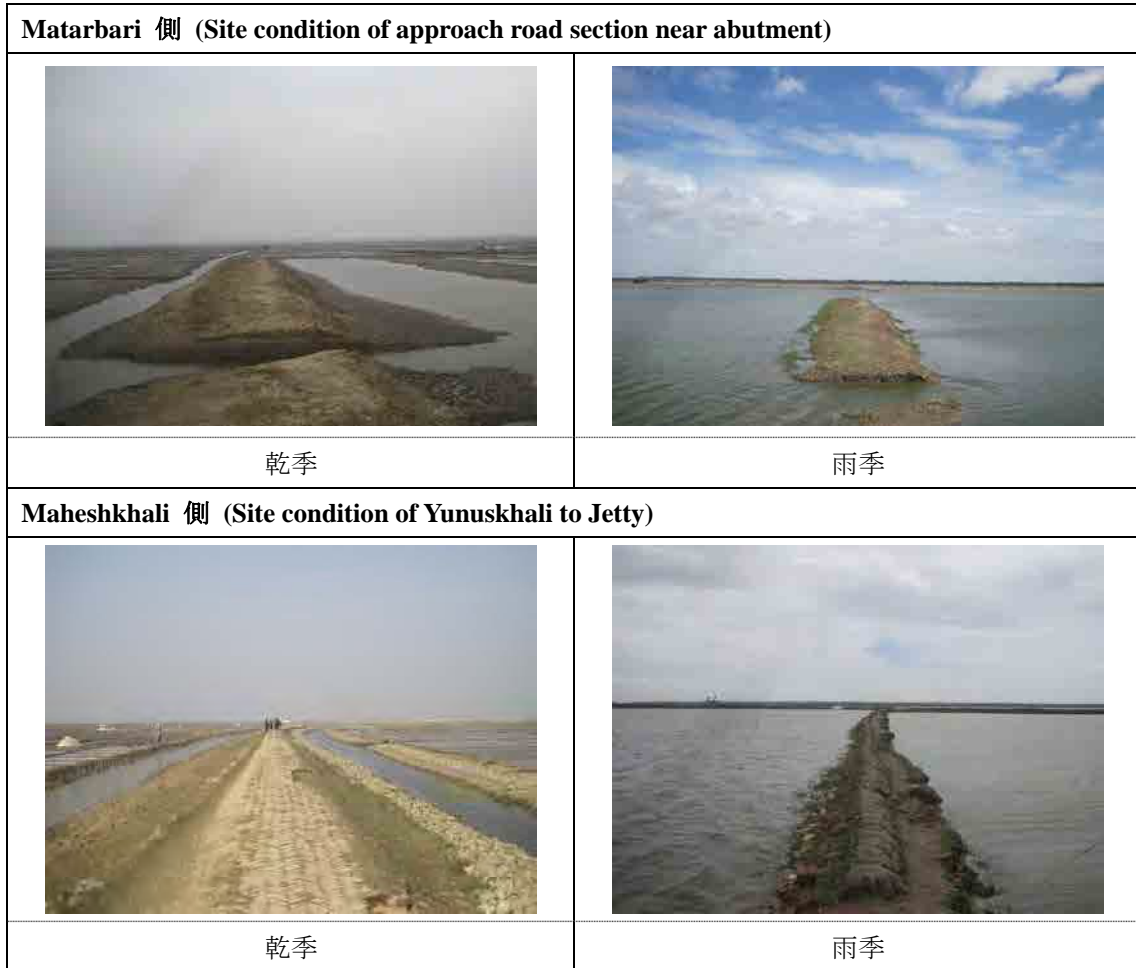


図 16.4-3 乾季及び雨季のサイト状況

2) 建設ヤードの準備

建設ヤードが Kohelia 川の兩岸、Maheshkhali 島側と Matarbari 島側の両方に設けられる。図 16.4-4 に仮設ヤード、栈橋及び浚渫エリアを示す。プロジェクトの完了後には、利用された場所は現状回復される。

a 橋梁の建設ヤードの準備

Maheshkhali 島側の橋桁製作ヤードの必要面積は、4000m² と見積もられており、倉庫、資材置場、駐車場、現場事務所などが含まれる。ヤードはアクセス道路の将来の配置を考慮して設けられる。Matarbari 島側の橋桁製作ヤードの必要面積は、2000m² と見積もられており、倉庫、資材置場、駐車場、現場事務所などが含まれる。ヤードはアクセス道路の将来の配置を考慮して設けられる。建設ヤードの標高は、アクセス道路の標高と同様に MSL+5.5m として雨季の水没を回避する。大型車両と重機の安全な走行、操作のため、建設ヤードは砂により CBR8% となるよう改良され、

所定の高さまで土盛りをする。土盛り後、砂利散布と締固めを行い、支持力がアクセス道路の路盤の CBR と同等の CBR80%以上となることを確実にする。また DBS 表層処理を施すこととする。建設資機材のほとんどは船舶により輸送され、一部が陸上輸送によりサイトに届けられる。そのため、仮設の栈橋は架橋位置の南側で、船舶の航行を考慮し、川の両側に建設される必要がある。

b 道路建設のためのヤードの準備

道路建設ヤードは、橋梁の建設ヤードと共有することとなる。材料は、船舶と陸上輸送でサイトまで運ばれる。

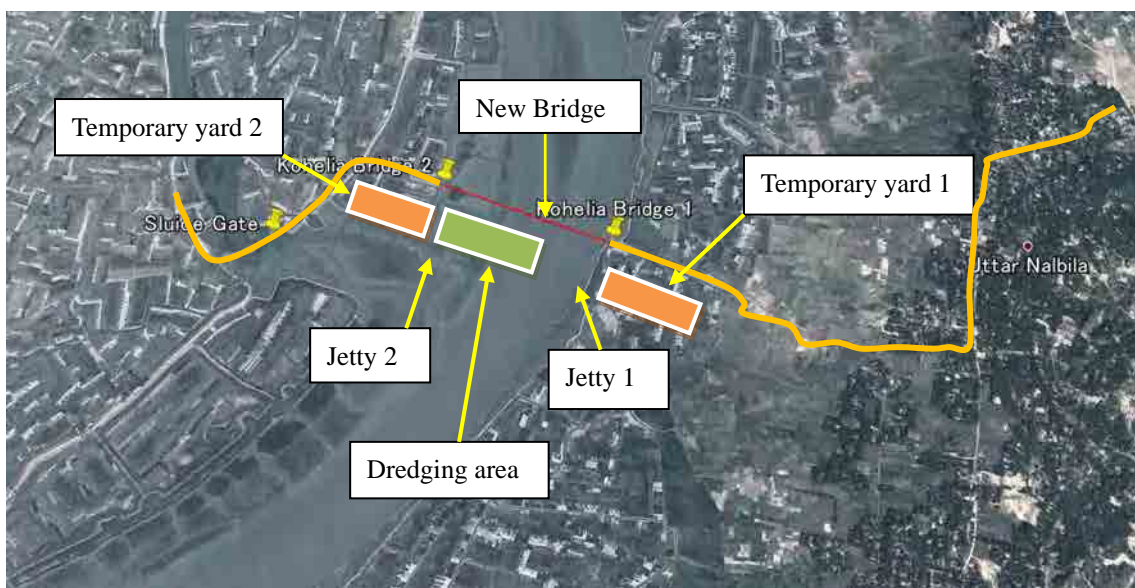


図 16.4-4 仮設ヤード、栈橋、浚渫エリアの配置

3) 道路建設

アクセス道路は、発電所建設、発電所の維持管理及び広く一般住民のために、建設される。道路構造の概要は以下の通りである；

- 車道幅員 : 5.5m、2 車線
- 路肩幅 : 2.15m または 0.9m、両側
- 合計クレスト幅 : 9.8m または 7.3m

表 16.4-10 で示された通り、アクセス道路は、既存の道路部分と新設部分の 2 つの部分から構成されている。既存部分は、Ekata Bazar から Yunuskhali Bazar の区間である。新設部分は、Yunuskhali Bazar から Nyaghata Jetty 地点及び新規橋梁から発電所の区間である。改修、拡幅及び新設工事については、アクセス道路は 8 つの区間に分けられる。図 16.4-5 は、Ekata Bazar から発電所へのアクセス道路の全体線形を示す。

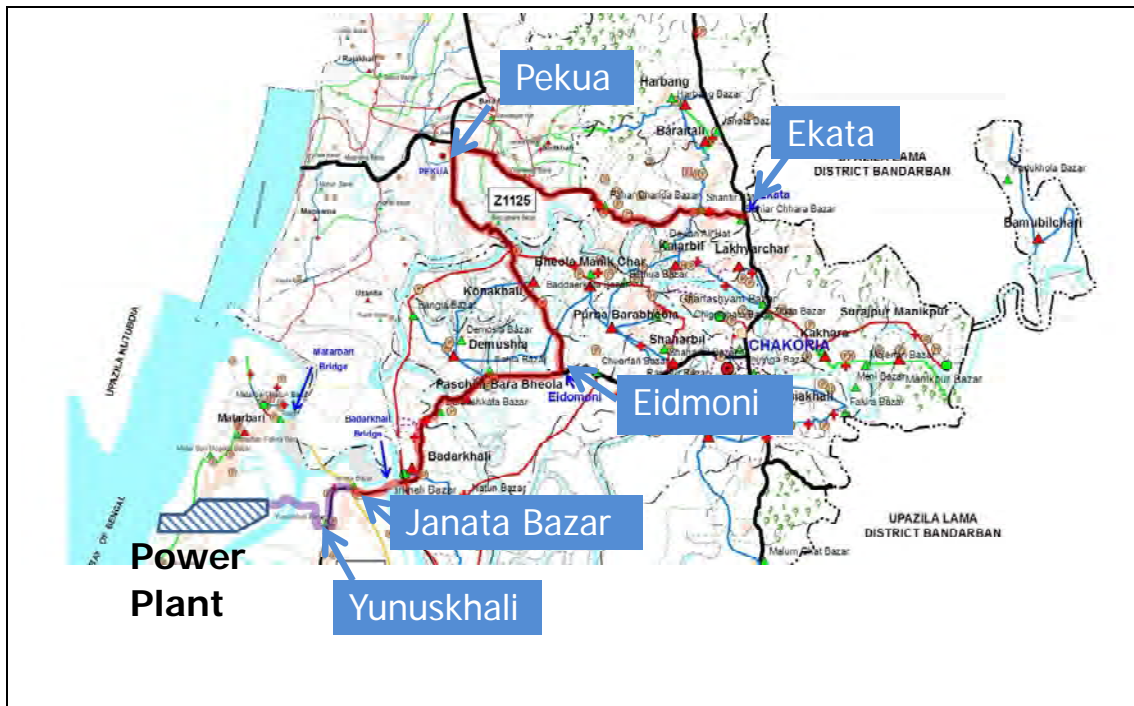


図 16.4-5 アクセス道路ルートと主要な交差点

各区間での道路工事は以下の通りである。

a Ekata Bazar から Pekua 交差点

この区間は適切に維持管理されている。車道幅は、「バ」国の基準を満たしている。同区間はオーバーレイで舗装される。

b Pekua 交差点から Eidmoni 交差点

道路にはアスファルト表面のくぼみ、亀裂や凸凹がある。通常の補修工事が必要となる。この区間もオーバーレイにより舗装される。車道の幅員は、「バ」国の基準を満たしている。この区間は拡幅工事は不要である。

c Eidmoni 交差点から Badarkhali 橋

道路には、アスファルト表面にくぼみ、亀裂があり、通常の補修工事が必要となる。この区間もオーバーレイにより舗装される。この区間の一部は、車道の幅員が「バ」国の基準を満たさない。しかし、交通状況の実情を考慮し、拡幅工事は必要とされない。

d Badarkhali 橋から Janata Bazar

道路のアスファルト表面にくぼみ、亀裂がある。いくつかの区域では、表面の舗装が破損している。通常の補修工事が必要となる。車道の幅員は「バ」国の基準を満たさないが交通現況を考

慮し、拡幅工事は必要とされない。

e Janata Bazar から Thallatoli 交差点

全体の改修作業が必要となる。車道の幅員は、「バ」国の基準を満たしている。この区間では、拡幅工事が必要となる。拡幅工事では、側面盛土及び舗装工事が行われる。工事中は、住民のための交通路を確保する必要がある。拡幅のために、既存のカルバートの入水口と出水口は解体される。

f Thallatoli 交差点から Yunuskhali Bazar

全体の改修工事が必要となる。車道の幅員は、「バ」国の基準を満たしていないため、拡幅工事を必要とする。拡幅工事では、側面盛土及び舗装工事が行われる。建設中には住民のための交通路を確保する必要がある。拡幅のために、既存のカルバートの入水口と出水口は解体される。排水システムに関わる工事は丘陵地の道路沿いで行われる。

g Yunuskhali Bazar から Nyaghata Jetty 地点

この区間は、新規建設区間である。まず地盤沈下に対する支持力を確保するために砂を用いた軟弱地盤対策を講じる必要がある。居住地沿いでは道路両側に側壁を設け、盛土を保護する。排水と道路横断の利便を考慮して、カルバートが適切な間隔で設置される。

h 新規橋梁と発電所

この区間は、新規に建設される区間である。まず地盤沈下に対する支持力を確保するために砂を用いた軟弱地盤対策を講じる必要がある。排水を考慮してカルバートが適切な間隔で設置される。樋門は上流の貯水池と下流河川の標高の差を考慮して建設される。樋門の建設時にはコファダム（仮締切）を設けて貯水池の水を排水させる。

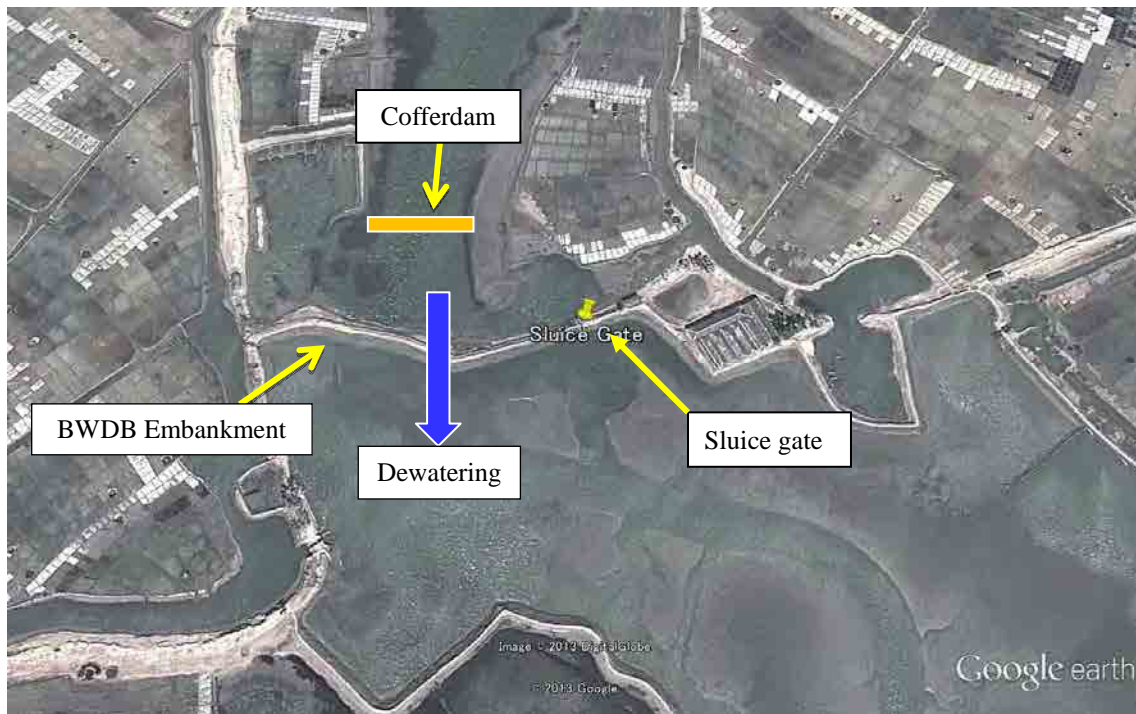


図 16.4-6 水門の配置

i 建設期間の修復工事

建設工事期間中に生じる道路損傷区域の修復は、建設工事の一環としてアクセス道路の工事期間中にコントラクターによって行われる。

4) 橋梁建設

Kohelia 川は Mahesikhali 島と Matarbari 島の間位置する。橋梁のタイプは、経済、景観、施工の容易さ、環境等の適切な要素を考慮し検討された。最終的に上部構造は、単純梁 PCT 桁橋と決定された。推奨された選定方法に従い桁方法が選定された。架橋はエレクションガーダー工法とする。

下部構造のタイプは、最も経済的で、施工が容易な構造であるパイルベント方法とした。現場打設の杭打ち方法は、河床、杭の長さ、土壌条件、流速・水量及び過去の経験を考慮して決定されるものとする。

現場打設の杭打ち工事は、浚渫工事後にはしけを用いて行われる。

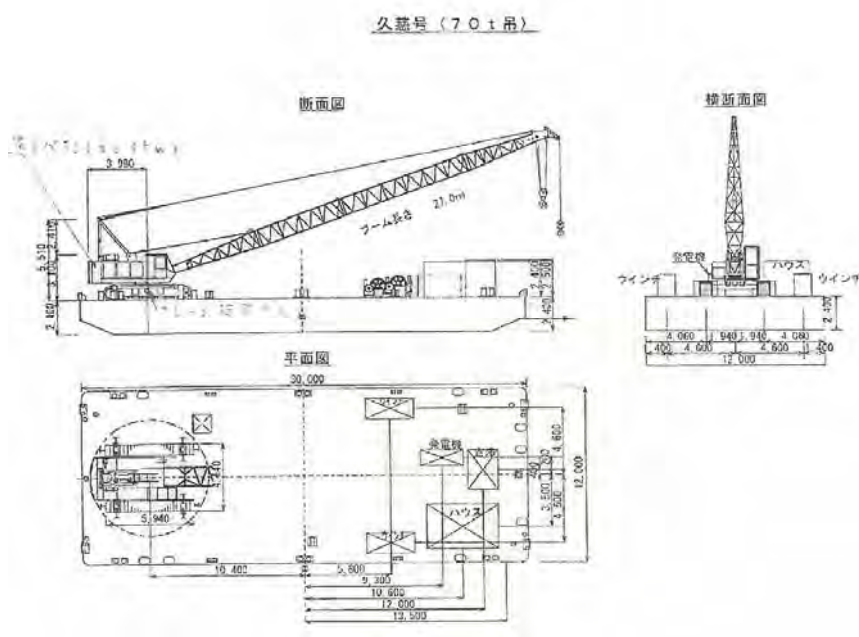


図 16.4-7 バージの概略図

a 下部構造工事

a) 橋台

杭打ちは陸上工事として行われる。杭打ちは、現場打設法により行われる。掘削が適切な深さまで行われ、基礎床が整備され、貧配合コンクリートを打設後、構造工事が行われる。

b) 橋脚

川では、はしけを用いて杭打ち工事や構造工事が行われる。河川の浚渫工事が Matarbari 側から半分の領域で、はしけの安定に適切な深さを確保するために行われる。浚渫作業中に川の泥から保護するために、保護シートが必要な面積で設置される。下部構造の基盤のための、現場打設による杭打ち工事は、仮設の人工島とはしけにリバース杭打機を設置して行われる。

c) 構造工事

河川内に仮設の人工島が支保工のために建設される。構造工事のために製作された鉄筋と材料は、工場からボートで出荷され、クレーンとはしけによって組み立てられる。構造工事の資材は、合板、フォームタイ、セパレーター等である。コンクリートのバッチプラントはヤードに設置される。生コンクリートは、船舶により輸送され、はしけのクレーンで打設箇所に供給される。

b 上部構造工事

a) 主桁

PCT ガーダーのコンクリートの設計強度は 40N/mm^2 である。

スパンの長さや河川の水量を考慮し、エレクションガーダー工法が推奨される。

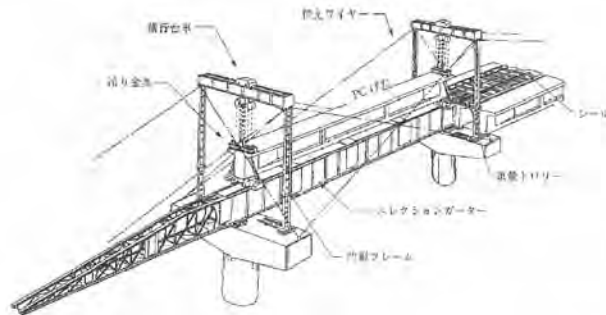


図 16.4-8 エレクションガーダー工法の参考図



図 16.4-9 エレクションガーダー工法の参考図

図 16.4-10 に上部構造工事のフローチャートを示す。

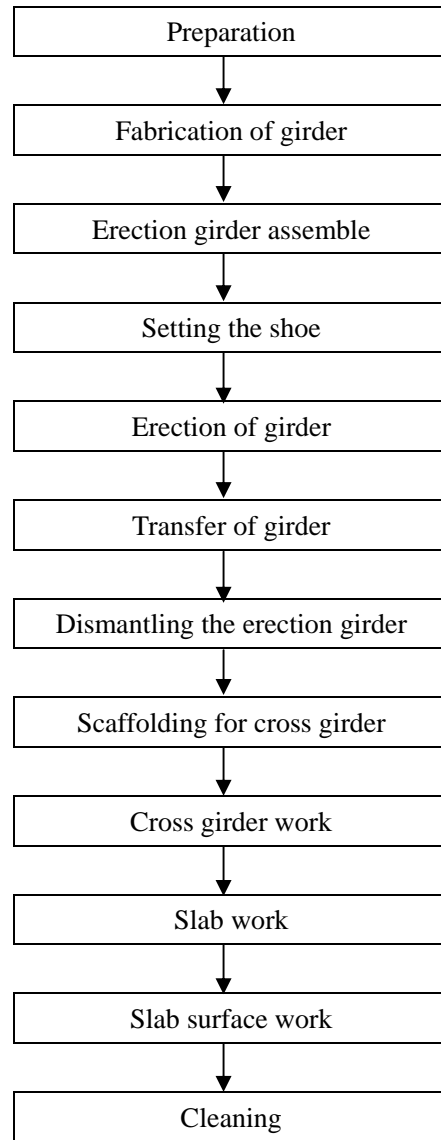


図 16.4-10 上部構造工事のフローチャート

c 横断ガーダー工事

主桁の建設後、横断ガーダー工事が開始される。

d 床板工事

横断ガーダー工事後、床板工事が開始される。横締めが行われる。

e シュー工事

橋脚工事後、シュー工事が行われる。ラバーベアリングシューが設置される。

f 伸縮ジョイント

床板工事後、伸縮ジョイント工事が行われる。ストリップシールジョイントが設置される。

g 排水

床板工事後、排水工事が行われる。

h 防水

床板工事後、防水工事が行われる。

i 橋梁欄干

外郭工事後、橋梁欄干の工事が行われる。

j 歩道/縁石

外郭工事後、歩道／縁石工事が行われる。

k アスファルト舗装

a)から j)の工事後、アスファルト舗装工事が実施される。

l 銘板

最後に、橋梁の両側に銘板が設置される。

m 護岸

水流による橋台に対する侵食対策として、平坦な表面を有するコンクリートブロックを用いた護岸工を建設する。

n 栈橋

仮設の栈橋は、橋梁のアライメントの南にある川からの荷降ろしのために設置される。

類似プロジェクト

(3) 類似プロジェクトのリスト

類似プロジェクトを表 5.5.-1 に示す。

類似プロジェクトに関わる主要な比較項目は以下の通りである；

- 二車線の橋梁の単価: 2.15mil BDT/m, 2.19mil BDT/m.
- 調達: ICB または LCB
- 一般的な条件: FIDIC (ICB)
- 設計/仕様: バングラデシュ高速道路基準
- 契約: BOQ
- 支払い: 月ごと
- パフォーマンスボンド: 10% (ICB)
- P/Q: YES (ICB) または Not Applicable (LCB)
- 施工監理: コンサルタント(ICB) または RHD が直接行う(LCB)
- 建設期間: 215.7m/24 ヶ月(ダッカーチッタゴンハイウェイプロジェクト)

表 16.4-11 類似プロジェクトの比較表

Eastern Bangladesh Bridge Improvement Project: Loan Agreement 7,824mil Yen (JICA)						
Scope of works	Implementation period		Required method for Design & Specification	PQ and Tender	Condition of contract	Supervision of construction
Contract No. EBBIP/Dhaka/CP-01 Reconstruction and replacement of 31 bridges	22 months		-Bangladesh Highway Standard -Bored Cast-in-situ Piles -Casting of piles Caps under water for piers -Vertical static pile load test -Methodology for superstructure elements	1. P/Q: -Historical Contract -Non-performance -Financial situation for previous 5 years -Average Annual construction Turnover for last 5 years -Financial resources -Current contract commitments /Works in progress 2. Tender: March 2011 3. ICB	1. G.C. FIDIC 2. BOQ 3. Work item: RHD code 4. Payment: - Advance payment 10% - Monthly interim payment 5. Performance security 10%	National Consultant
Contract No. EBBIP/Chittagong/CP-02 Reconstruction and replacement of 40 bridges	22 months					
Contract No. EBBIP/Comilla/CP-03 Reconstruction and replacement of 16 bridges	20 months					
Contract No. EBBIP/Sylhet/CP-04 Reconstruction and replacement of 18 bridges	22 months					
Laning of Dhaka – Chittagong highway Project: Contract Amount BDT1,368,281,344-(including Tax 10.5%) BDT2.38mil/linear m						
Bridge Package B2 Lalpul Bridge(progress 85% as of June 2013)	From 14/02/2012		-Bangladesh Highway Standard -Bored Cast-in-situ Piles	1. PQ: 2. Tender	1. G. C. FIDIC	National Consultant

Bangladesh 国 チッタゴン石炭火力発電所建設事業準備調査
 ファイナルレポート (発電所・港湾・送電線・アクセス道路・自然条件調査)

L=22.1m(22.1m) two lanes Lamua Bridge(progress 45% as of June 2013) L=93.3m(28.6m+36.1m+28.6m) two lanes Muhuri Bridge(progress 50% as of June 2013) L=188.6m(18.1m+29.6m+35.1m+40.1m+35.6m +30.1m) two lanes Dhumghat Bridge(progress -) L=215.7m(28.1m+28.6m+28.1m+30.1m+48.1m +29.1m+23.6m) two lanes Chittagong Rail Crossing L=53.9m(11.0m+31.9m+11.0m) two lanes	to 14/02/2014 M 24 months	-Casting of piles Caps under water for piers -Methodology for superstructure elements	- Six Indians - Two China - Two national 3. ICB: -Indian Contractor won the bid	2. BOQ 3. Work item: RHD code	
Eidgah Bridge: BDT 70 crore(BDT700,000,000-) BDT2.19mil/linear m					
Cox's – Chittagong Bypass Road, National highway No. 1 L=320m two lanes PCI girder, simple beam 40m@8 spans	From 2004 to 2013 7 years (The project has been suspended after the completion of the substructures)	-Bangladesh Highway Standard -Bored Cast-in-situ Piles -Casting of piles Caps under water for piers -Methodology for superstructure elements	1. PQ: not applicable 2. LCB	BOQ	RHD
Badarkhali Bridge:					
65km from Cox's Bazar PCT simple beam L=360m. two lanes 40m@9 span	-	-Bangladesh Highway Standard -Bored Cast-in-situ Piles -Casting of piles Caps under water for piers Methodology for superstructure elements	1. PQ: not applicable 2. LCB	BOQ	RHD

Muhuri 橋: Dhaka-Chittagong ハイウェイプロジェクトにおける進行中のプロジェクト

表 16.4-12 Muhuri 橋プロジェクトの概要

実施省庁	RHD	
Highway	National highway Route No. 1	
Location	13 km from Feni	
Type of Bridge	PCT simple beam	
Bridge length	188.6m	
Lanes	2 lanes	
Span length	18.1m+29.6m+35.1m+40.1m+35.6m+30.1m	
Design	Bangladesh Highway Standard	

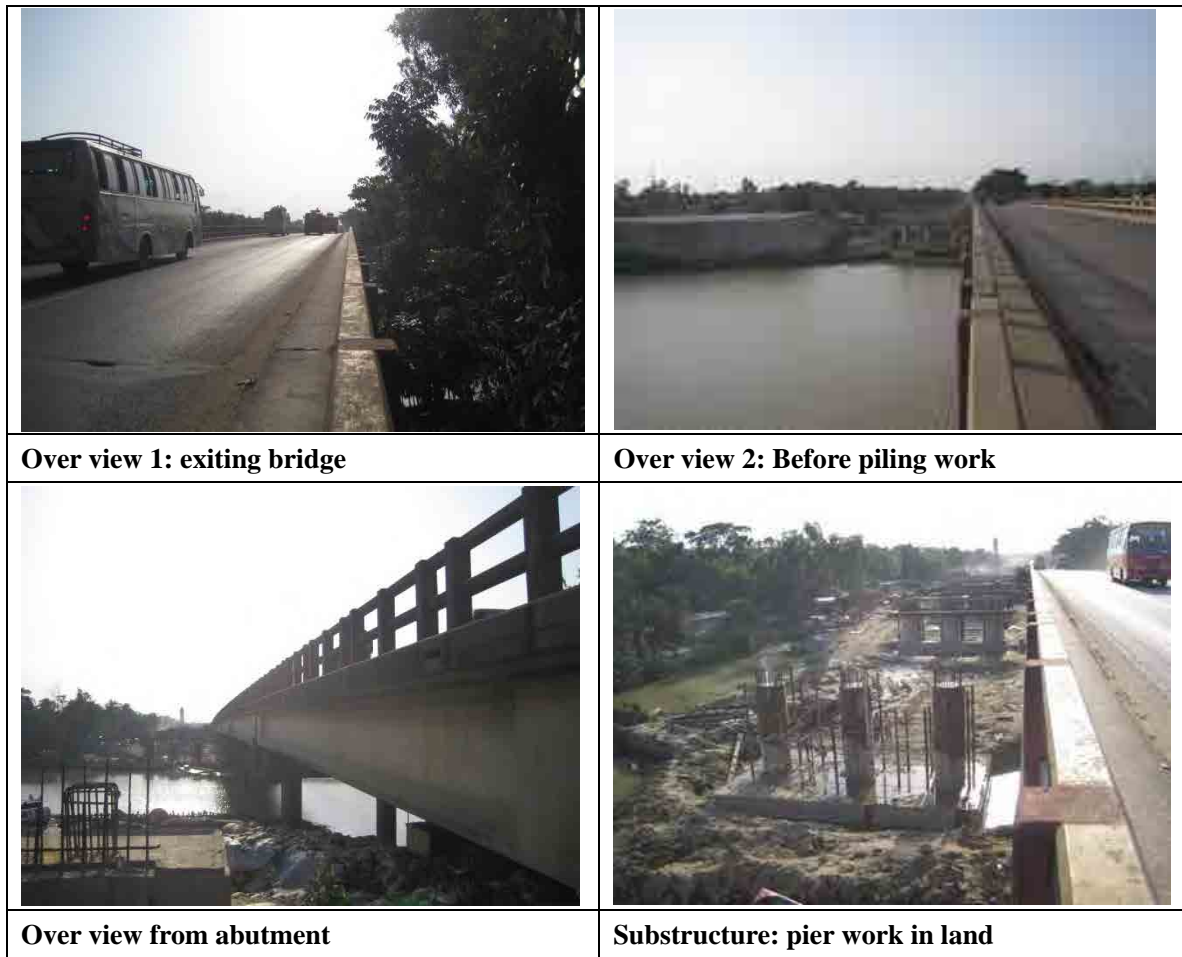


図 16.4-11 Muhuri 橋プロジェクトの概要

Lamua 橋: Dhaka-Chittagong ハイウェイプロジェクト

表 16.4-13 Lamua 橋プロジェクトの概要

Executing Agency	RHD	
Highway	National highway Route No. 1	
Location	10 km from Feni	
Type of Bridge	PCT simple beam	
Bridge length	93.3m	
Lanes	2 lanes	
Span length	28.6m+36.1m+28.6m	
Design	Bangladesh Highway Standard	



図 16.4-12 Lamua 橋プロジェクトの概要

Eidgah 橋: BDT2.19mil/linear m

表 16.4-14 Eidgah 橋プロジェクトの概要

Executing Agency	RHD	
Highway	Cox's – Chittagong Bypass Road National Highway Route No. 1	
Location	5km from Cox's Bazar	
Type of Bridge	PCT simple beam	
Bridge length	320m	
Lanes	2 lanes	
Span length	40m@8 span	
Design	National Highway Standard	



図 16.4-13 Eidgah 橋プロジェクトの概要

Badarkhali 橋 (Maheshkhali 川)

表 16.4-15 Badarkhali 橋プロジェクトの概要

Executing Agency	RHD	
Highway	Regional way	
Location	65km from Cox's Bazar	
Type of Bridge	PCT simple beam	
Bridge length	360m	
Lanes	2 lanes	
Span length	40m@9 span	
Design	Bangladesh Highway Standard	



図 16.4-14 Badarkhali 橋プロジェクトの概要

第 17 章

自然条件調査

第 17 章 自然条件調査

概要

チッタゴン石炭火力発電所建設事業（以下プロジェクト）の準備調査において、これまでの調査結果に基づき掘り込み港湾形式が選ばれた。一方候補地が海拔約 1m と低いため高潮による洪水から発電所を守る必要があり、そのための盛り土の造成工事が提案され、航路・港湾建設に伴う浚渫土を活用することとした。しかしこれまでの情報収集を十分なものとすべく、準備調査の補完として現地調査（ボーリングや測量など）を行って、自然条件の収集および分析を実施することを 2014 年 2 月に JICA は決定した。

以下の優先項目を調査し、調査結果の評価分析に加え、詳細設計時に考慮すべきと思われる問題点や課題について調査団としての見解を述べることにした。

- 1) 浚渫区域と深度内の砂の分布と存在量
- 2) 浚渫区域と深度内の砂の物性値と埋め立てとしての適用性
- 3) 港湾と航路における漂砂もしくはシルテーションの影響
- 4) 発電所区域の軟弱層の分布と厚さ
- 5) 発電所区域の軟弱層と支持層の物性値（圧密特性、せん断強度、等）

また、利用を考えている浚渫砂が不足する結果に備え、さらに土木・港湾施設的设计情報として、建設材料の調達先に関する調査も並行して行うことになった。

今回の調査ではボーリング調査を海上・陸上合わせて 45 箇所、スウェーデン式サウンディングを 46 箇所、海上音波探査を 15 測線、および現場とシンガポールにて攪乱・不攪乱試料の室内試験を実施した。調査にはプロジェクトサイトを包括する 632ha の地形測量も含まれている。

自然条件調査の結果は以下の通りである。

- 1) サイト内地盤には沖積砂質土層（As-1 層および As-2 層）が分布し、浚渫砂の純体積と盛土土量を比べると、概ね土量がバランスすることがわかった。
- 2) 地盤の各土層の物性値が求められた（17.5 (8)参照）。国内と海外基準を参照し、土層 As-1 層および As-2 層が盛土材料として適用性があることがわかった。地盤内の汚染物質の濃度は基準値以下であった。
- 3) 航路の地形変化に波による影響が顕著ではなく、高波浪時、粒径が小さいとき、SS 濃度が高いときに航路内に堆積することがわかった。そこで、定期的に浚渫し、航路水深を確保する、浮遊砂による航路への堆積が考えられることから航路沿い

に防波堤を設置し、航路内への堆積を防ぐなどの対策を提言する。今後は、当該地域の特性を詳細に反映した漂砂シミュレーションを実施すべきで、波浪調査（通年）、流向流速分布（定期的）、底質調査（雨季と乾季）、濃度分布（雨季と乾季）を提言する。

- 4) 発電所区域地盤には厚さは6～14mの沖積粘性土層 (Ac-1, Ac-2 and Ac-3)が分布し、圧密特性などの物性値を求められた (17.6.2 参照)。概略沈下計算の結果より発電所建設工程に影響がある可能性があるため、地盤改良が不可欠であると示唆する。
- 5) サイト地盤には、支持層になると考えられる、N 値 30 以上の洪積粘性土層 (Dc)、その下に N 値 50 以上の洪積砂質土層 (Ds)が存在することがわかり、その物性値が求められた。
- 6) 材料調達先調査結果から、本事業の主要建設材料のうち、大きなサイズの石材（導流堤/岸壁用）以外の主要建設材料については調達リスクが少ないことがわかった。石材調達に関し、出来る限りサイトから近い地域での石切り場を見つける、最小限の石材使用とするような設計を助言する。材料調達全般では、以下の項目を今後の調査に提言する。

詳細な費用調査

「バ」国内の公的検査機関との協力

材料の物理試験の実施

インドを含めた材料の陸上輸送ルート of 調査など

現地調査に先立ち CPGCBL より entry permission が発効された。これに基づき、機材・機器の盗難防止や配置人員の安全の確保を目的とし、警察が現場に泊まり込みで昼夜常駐し、Coastal guard は日中を基本とし必要な場合に昼夜で警備が行われた。

なお、自然条件調査では、詳細設計の所掌を考慮しその期間に実施する、1)プロジェクト遂行時の詳細設計に必要な追加情報、2)設計パラメーターの決定、3)技術的課題の対策の検討などは含まれない。

17.1 調査の背景と目的

チッタゴン石炭火力発電所建設事業（以下プロジェクト）の準備調査において、Matarbari 地区が建設候補地に選定された。石炭火力発電所の計画では、発電所に不可欠な燃料（本件では海外炭）を輸入する輸送船を安全に港に導き、接岸させるために港湾と航路を設置しなければならない。環境上の配慮から外側に jetty を配置することは望ましくなく、これまでの調査においては掘り込み港湾形式が選ばれた。一方候補地が海拔約 1m と低いため高潮による洪水から発電所を守る必要があり、そのための盛り土の造成工事が提案され、航路・港湾建設に伴う浚渫土を活用することとした。

2012 年 7 月に準備調査は開始され、60 万 KW² 基の世界最新鋭の USC 石炭火力プラントの基本設計、組織・運営、石炭調達、送電線、環境社会配慮、アクセス道路などの検討（Matarbari 島の希少動物の観察含む）が行われ、環境社会配慮の実施にあたっては、スコーピング時の初期の段階と DFR 作成時の最終段階において、助言委員会の助言を反映させ、調査や緩和策などの策定を行い、環境アセスメント報告書案・住民移転計画案が作成され、2013 年 9 月にドラフトファイナルレポートと共に JICA に提出された。

本プロジェクトは「バ」国で最初の大規模発電所工事になるが、この数十年間新規の港湾工事は行われておらず、また、政府による大きな開発工事や組織的な調査も実施されていない。

さらに、これまでの準備調査での情報収集のみでは詳細設計を行うためには不十分であり、準備調査の補完として現地調査（ボーリングや測量など）を行って、自然条件の収集および分析を実施することを 2014 年 2 月に JICA は決定した。

17.2 調査方針

上記の背景と目的に加え、プロジェクト遂行時のエンジニアリングに資する観点から、限られた期間内での効率的な調査のため、優先または先行すべき項目を調査する方針とした。項目については下記を考慮した。

港湾工事と土地造成では、浚渫、盛り土および地盤改良に時間にかかる。ここで、浚渫土量は 1,700 万 m³、そのうち 900 万 m³ の浚渫砂が盛り土のために必要と見積もられている。浚渫と土地造成工事は BOQ 契約になるが、最も時間を要するため発電所建設の全体工程の中で遅延の原因となり得るクリチカル工事である。

さらに、準備調査の結果から、発電所区域の地盤上部には軟弱地盤が堆積していることが判明し盛り土による沈下が想定されているので、軟弱土の分布や物性値を確認する事が必要となった。

また、沿岸の漂砂やシルテーションは浚渫後に港湾の建設工程進捗や維持に影響し、沿岸地形変化をもたらすので、それらの要因に十分な注意が必要となる。

上記の考慮から、調査では以下の優先項目を調査し、調査結果の評価分析に加え、詳細設計時に考慮すべきと思われる問題点や課題について調査団としての見解を述べることにした。

- 1) 浚渫区域と深度内の砂の分布と存在量
- 2) 浚渫区域と深度内の砂の物性値と埋め立てとしての適用性
- 3) 港湾と航路における漂砂もしくはシルテーションの影響
- 4) 発電所区域の軟弱層の分布と厚さ
- 5) 発電所区域の軟弱層と支持層の物性値（圧密特性、せん断強度、等）

なお、自然条件調査では、詳細設計の所掌を考慮しその期間に実施する、1)プロジェクト遂行時の詳細設計に必要な追加情報、2)設計パラメーターの決定、3)技術的課題の対策の検討などは含まれない。

また、利用を考えている浚渫砂が不足する結果に備え、さらに BOQ 契約となる施設の設計情報として、建設材料の調達先に関する調査も並行して行うことになった。

17.3 調査方法と内容

17.3.1 土質調査

17.1 に示したとおり土質調査は、浚渫計画範囲で浚渫砂の有無を確認しその物性値を把握すること、および発電所予定地の現地盤の性状を把握することを主眼に実施した。以下に土質調査の内容とその方法について調査項目ごと示す。

(1) ボーリング調査

1) 調査地点

ボーリング調査は、Matarbari 発電所レイアウト計画図に基づいて、目的に応じて位置とその掘削深度を設定した。すなわち、港湾浚渫計画の範囲では、浚渫砂の有無とその物性値を把握することが目的であるため、概ね範囲全体を網羅するよう浚渫計画範囲内の航路センターライン上および範囲端に調査地点を配置した。また、浚渫範囲外についても砂の堆積状況を確認する必要があったため、浅海域を中心に汀線平行方向(南北方向)に広く配置した。

一方、発電所予定地の範囲では、地盤の硬軟や地盤状況、建設する構造物基礎形式を考慮し、次の三つのタイプに分けて実施することとした。

- ・軟弱地盤を確認するボーリング
- ・発電所設備の深い基礎を想定し、支持層を確認するボーリング

- ・支持層下部（深度 50m まで）の地盤の状況を確認するボーリング

軟弱地盤を確認するボーリングは、平面的に広くその分布状況を確認するため発電所計画地内に均等配置した。支持層を確認するボーリングは、発電所レイアウトを基に港湾栈橋計画地、貯炭場、そして発電所主要建屋の主要予定地に配置した。支持層下部を確認するボーリング地点は、発電所計画地の東西端部、および中央に配置させた。

これら調査ボーリングの本数をまとめて表 17.3-1 に示す。

なお、実施したボーリングの位置・座標および深さについては 17.5.1 土質調査結果のうち、図 17.5-1 および表 17.5-1 に示す。

表 17.3-1 ボーリング調査数量

調査エリアと目的		ボーリング本数
港湾(航路含む)浚渫エリア		25 本
発電所予定地 エリア	軟弱地盤の確認	11 本
	支持層の確認	6 本
	支持層下部の確認	3 本
	小計	20 本
合計		45 本

2) ボーリングの掘止深度

ボーリング調査の目的に応じて掘止規定を設定し、これを満足する深度まで掘削を行った。本調査において設定した掘止規定は以下のとおりである。

・港湾(航路を含む)浚渫エリア

浚渫計画底面から余掘り分 2m を加えた深度を掘止とし、概ね M.S.L.-20m とした。

・軟弱地盤を確認するボーリング

表層に堆積する軟弱な地盤を対象とし、N 値 20 回以上を連続 2m 以上確認できる深度を掘止とした。

・支持層を確認するボーリング

砂層を対象に、N 値 50 回以上を連続 5m 以上確認できる深度を掘止とした。

・支持層下部の地盤の状況を確認するためのボーリング

土質性状は問わず、掘削深度 50m を掘止とした。

3) ボーリング機械と作業船

a. 作業台船

調査地点の陸域現況は塩田であり周囲全域に常時水域が広がっていた。このため、ボーリングを行う上での移動性や作業性を考慮して、ポンツーン台船を調査範囲に投入し、ボーリ

ング機材や機械はその船上に搭載して調査を行った。陸域ではポンツーン台船を2基投入した。

一方海域は、機材・機器を搭載した作業船（以降ドリリング船と示す）を一隻投入した。さらに、一部檣式土台も構築してボーリング調査を行った。これらの状況写真を図 17.3-1～図 17.3-3 に示す。

b. ボーリング機械

本調査で使用したボーリング機械は、ロータリー式ボーリングおよびパーカッション式ボーリングである。陸域で使用したロータリー式ボーリングは、地層構成を明らかにするとともに、ボーリング孔を利用して原位置試験（標準貫入試験）および試料採取を行うための主要な手法である。掘削推進時はスライム除去と孔壁崩壊防止を図るため、ケーシングパイプを挿入し、泥水を使用して実施した。

一方、海域ボーリングでは、調査期間中海象条件が厳しく海域ボーリング調査の工程に遅れが出たため一部の範囲でボーリング機械を増強する必要があった。このため、一部パーカッション式ボーリングを使用して掘削を行った。パーカッション式ボーリングは重いビットを上下させて地盤を粉碎しながら掘進する方法であり、あらかじめ砂層が堆積していることが想定され粘性土の試料採取が必要ない本海域では有益な手法となる。この手法を用いて実施したボーリング孔は OF-05-1a, OF-05-1b, OF-05-3a および OF-05-3b であるが、主として使用したロータリー式ボーリングと手法は異なるものの、調査結果の評価方法に相違はない。



図 17.3-1 浅水深におけるボーリング台船



図 17.3-2 海域におけるボーリング船



図 17.3-3 櫓式ボーリング

(2) 標準貫入試験

標準貫入試験は、土の締め具合や硬・軟の指標となるN値を測定すると共に、構成地層の判定や物理試験に供する試料を得ることを目的として実施した。この原位置試験は、ASTEM D1586 に準じ、サンプリング深度を除いた深度 1 m ごとに試験を実施した。具体的には、円筒型のサンプラーを測定位置に設置し、 $63.5 \pm 0.5\text{kg}$ の鋼製ドライブハンマー（モンケン）を $76 \pm 1\text{cm}$ の高さから自由落下させ、先端のサンプラーを地中に打ち込む方法で行っ

た。打ち込む深さは、原則として予備打ち15cm、本打ち30cm 計45cmとした。記録は、本打ち30cm区間を貫入量15cm毎の打撃回数で行い、予備打ちを含めて総回数100回、そのうち本打ち15cmで50回以上の場合は試験を打ち切り、その時の貫入量を記録した。モンケンの打撃方法は半自動落下法とした。

標準貫入試験により得られた試料は、土質区分などの肉眼判定を行い、土質標本箱に順次納め整理した。

(3) サンプルング

サンプルングは、土質試験の試料を採取することを目的として実施した。土質試験は、現地盤の分類、変形やせん断強さなどの力学特性をはじめとした土の基本的性質を知るために行うものであり、試験の種類により、乱れの少ない試料と乱した試料を使い分ける必要がある。

上部軟弱層を対象としたサンプルングでは、乱れの少ない試料を概ね 3m間隔で採取し、表層の軟弱層（粘性土・シルト質土）の分類、変形や力学的特性把握のための試験試料に資した。サンプラーは、固定式ピストンサンプラー（水圧式：JGS1221-1995）を使用した。

一方、浚渫計画範囲の砂質土を対象としたサンプルングでは、乱した試料を概ね 3m 間隔で採取し、浚渫土の分類のための土質試験、盛土材料の締固め特性把握のための試験試料に資した。サンプラーは、Open Drive Sampler を使用した。

(4) 音波探査

音波探査は、発電所計画地前面海域の地質構造および地質の分布状況を把握するために実施した。特に別途行った海域ボーリング調査結果と対比させて、計画地前面海底全域の砂質土分布を明らかにすることが出来る。

音波探査は、音波を発生させる装置と音波の反射波を受信する装置を一緒に移動させながら連続的に地層の反射面をとらえ、同時に反射波形の図示もしくは記憶を図り、ボーリング調査結果と対比させながらこれを解析し、地層構造や地質を把握する手段である。

図 17.3-4 に音波探査の調査概要を示す。船内には周波数 200kHz の音波探査装置を設置し、これを連絡する電線を船尾から 75～150m 程海水中に流し、予定測線上を航行して調査を行った。電線の先端には送波器および受波器を装着し、海上位置の決定は、RTK-GPS を用いて行った。

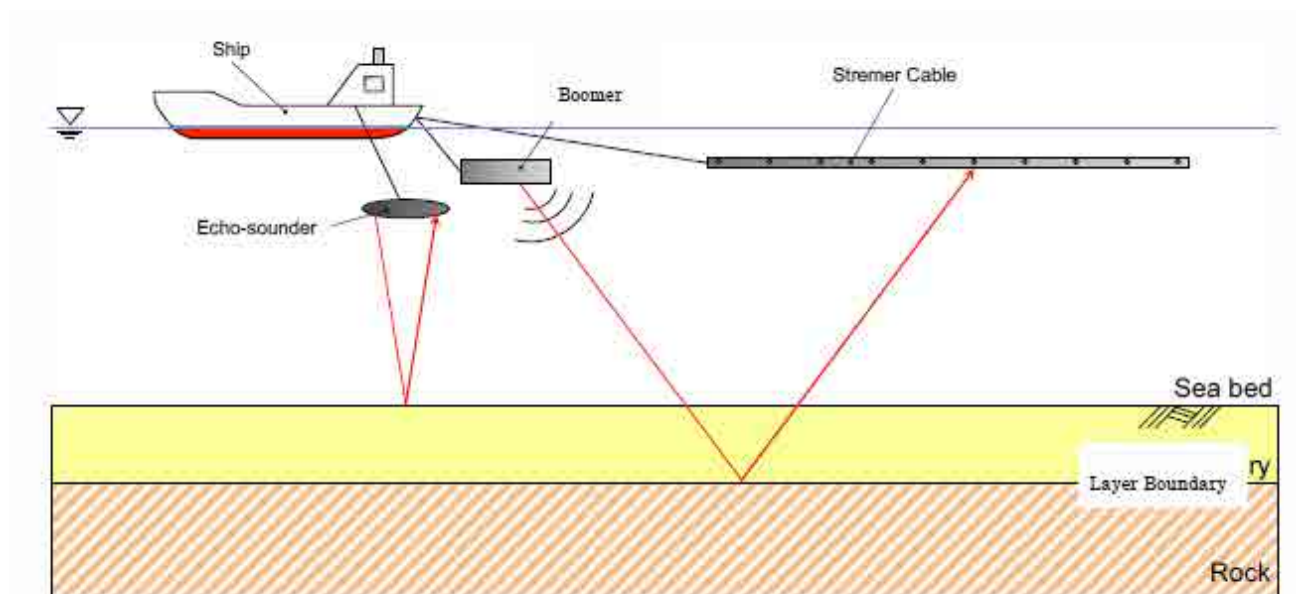


図 17.3-4 音波探査の概要図

(5) 電気探査

電気探査は、調査地点を中心に地表で電極を等間隔にさしこみ、電極間で電流を流すことで地盤の比抵抗値から陸域の地質構造および地質の分布状況を把握する調査である。本調査では、発電所計画地陸域の上部軟弱層の分布を把握することを目的に計画した。しかしながら、調査期間中（9月～11月）の陸域塩田は常時水で覆われていたため本調査が実施出来なかった。なお、この調査の代用として、次項に示すスウェーデン式サウンディング(SWS)調査を追加実施した。

(6) スウェーデン式サウンディング(SWS)

スウェーデン式サウンディング(以下 SWS と示す)は、発電所計画地の陸域に堆積する上部軟弱層の分布状況を把握するために実施した。

SWS は、JIS A 1221(ASTM 同様) に準拠して行った。具体的には、ロッドの先端につけた抵抗体を地中に挿入し、100kgf 以下のおもりで沈下する場合は、沈下を生じさせるおもりの重量をあらわし、100kgf を載せても沈下しなくなった場合は、25cm 貫入に要する半回転数を貫入長 1m あたりに換算した値 N_{sw} で抵抗値を表現しこれを深度と対応して図示させて整理した。この調査は、別途行うボーリング調査結果と対比させながら上部軟弱層の層厚確認が出来る有効なサンウンディング調査であるため、電気探査の代用として追加実施した。SWS 調査の実施状況を図 17.3-5 に示す。



図 17.3-5 スウェーデン式サウンディング実施状況

(7) 底質および水質調査

航路埋没の検討では、発電所計画地の前面海域をモデル化して航路・港湾の埋没特性、海底地形の変化に対する漂砂特性のシミュレーションを実施した。このシミュレーションモデルの精度の向上を図るため、本調査期間中、底質の粒度ならびに海水中に含まれる土粒子の量を現地にて計測することとした。

底質調査では、海底面の土を採取して室内土質試験（粒度試験）を行い底質の粒径を設定した。水質調査では、海水を採取して浮遊する土粒子の量を計測し、それぞれシミュレーションの入力条件とした。

表 17.3-2 に本調査の実施数量を示す。

表 17.3-2 底質・水質調査の実施数量

項目	調査時期	測点数
底質調査	雨季(9月)、乾季(11月)	61箇所
水質調査	雨季(9月)	14箇所

(8) 汚染物質に関する化学試験

浚渫される砂質土は、発電所の敷地盛土材料に有効活用する計画である。砂質土以外のシルト・粘性土も同様に、発電所敷地内の灰捨て場へ埋め立てる計画としている。このことから、環境面に与える影響を考え、本調査では浚渫土に含まれる重金属等の有害な物質の含有濃度を確認することを目的に、汚染物質に関する化学試験を実施した。

化学試験は、日本国内で施行されている省令『水底土砂に係る判定基準』に準拠して行うものとした。同判定基準は、浚渫された土砂を海面埋め立て等に利用する際の海洋汚染等及び海上災害の防止を規定する省令に基づき施行されているものであり、「バ」国内においても環境面から十分適用できるものと考えた。同判定基準を表 17.3-3 に示した。

表 17.3-3 本試験で用いた判定基準（水底土砂に係る判定基準）

昭和48年2月17日総令6号 改正平成26年6月1日

項目	判定基準
アルキル水銀化合物	検出されないこと
水銀又はその化合物	検液1Lにつき0.005mg以下
カドミウム又はその化合物	検液1Lにつき0.1mg以下
鉛又はその化合物	検液1Lにつき0.1mg以下
有機リン化合物	検液1Lにつき1mg以下
六価クロム化合物	検液1Lにつき0.5mg以下
砒素又はその化合物	検液1Lにつき0.1mg以下
シアン化合物	検液1Lにつき1mg以下
ポリ塩化ビフェニル	検液1Lにつき0.003mg以下
銅又はその化合物	検液1Lにつき3mg以下
亜鉛又はその化合物	検液1Lにつき2mg以下
ふっ素化合物	検液1Lにつき15mg以下
トリクロロエチレン	検液1Lにつき0.3mg以下
テトラクロロエチレン	検液1Lにつき0.1mg以下
ベリリウム又はその化合物	検液1Lにつき2.5mg以下
クロム又はその化合物	検液1Lにつき2mg以下
ニッケル又はその化合物	検液1Lにつき1.2mg以下
バナジウム又はその化合物	検液1Lにつき1.5mg以下
有機塩素化合物	試料1kgにつき40mg以下
ジクロロメタン	検液1Lにつき0.2mg以下
四塩化炭素	検液1Lにつき0.02mg以下
1,2-ジクロロエタン	検液1Lにつき0.04mg以下
1,1-ジクロロエチレン	検液1Lにつき1mg以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	検液1Lにつき0.4mg以下
1,1,1-トリクロロエタン	検液1Lにつき3mg以下
1,1,2-トリクロロエタン	検液1Lにつき0.06mg以下
1,3-ジクロロプロペン	検液1Lにつき0.02mg以下
チウラム	検液1Lにつき0.06mg以下
シマジン	検液1Lにつき0.03mg以下
チオベンカルブ	検液1Lにつき0.2mg以下
ベンゼン	検液1Lにつき0.1mg以下
セレン又はその化合物	検液1Lにつき0.1mg以下
1,4-ジオキサン	検液1Lにつき0.5mg以下
ダイオキシン類	検液1Lにつき10pg-TEQ以下

総令6「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行令第5条第1項に規定する埋立等に排出しようとする金属等を含む
 廃棄物に係る判定基準を定める省令」(昭和48年総理府令第6号)

(9) 室内土質試験

室内土質試験はボーリングで得られた試料を用いて、原則 ASTM の基準・規格に準拠して実施した。実施した試験項目および準拠基準の一覧表を表 17.3-4 に示す。

表 17.3-4 室内土質試験項目および基準・規格

Samples	No.	Types	Applied Standard
From Exploratory Drilling	1	Natural Water Content	ASTM D2216-10
	2	Specific gravity	ASTM D854-10
	3	Unit Weight	ASTM D7263-09
	4	Atterberg limit determination (LL + PL)	ASTM D4318-10
	5	Grain size (Sieve analysis only)	ASTM D422-63
	6	Grain size (with Hydrometer Test)	ASTM D422-63
	7	Unconfined Compression Test	ASTM 2166-06
	8	UU Triaxial Test	ASTM D2850-03a
	9	CU Triaxial Test	ASTM D4767-11
	10	CD Triaxial Test	ASTM D7181-11
	11	One Dimensional Consolidation Test	ASTM D2435-11
	12	Compaction Tests by 10cm diameter mold	ASTM D698-07 or D1557-09
	13	Chemical Property Tests Metal contents to be checked for the waste for reclamation, The Prime Minister's Office Ordinance No. 6, 1973 and Dioxins	Appropriate JIS See individual data sheets.
From Sea Bottom	14	Grain size (Sieve analysis only)	ASTM D422-63
Seawater	15	Total Suspended Solids	ASTM D5907-13

上表試験項目のうち、力学試験項目についてその実施内容を詳述する。

a 締固め試験

盛土材料に着目した場合、一般的に締め固めやすく、盛土の安定上乾燥密度やせん断強度が大きいことが望まれる。本調査では、発電所敷地の代表的な盛土材料として考える浚渫砂に対し締固め試験を実施し、締め固めた時の含水比と乾燥密度の関係を求めることで締固め特性を把握することとした。具体的には、ASTM D698-07 に準拠し、2.5kg のランマーを 30cm の高さから自由落下させる突き固め方法を採用し、締め固めた時の含水比と

乾燥密度を求めることで締め固め曲線を作成した。

採取した浚渫土試料は、浚渫計画範囲の各ボーリングから広くサンプリングすることとした。

また、本試験では、盛土材料にシルト質土が混合した場合を想定し、表 17.3-5 に示す砂とシルトのブレンド処理をした材料についても試験を行った。

表 17.3-5 締め固め試験の試料の種類

サンプリング箇所	種類	土質	
		砂質土	シルト質土
表 17.5-9 に示す位置	Type A	100%	0%
LD2-13-2	Type B	90%	10%
	Type C	80%	20%

b. 盛土材料のせん断特性

盛土材料のせん断特性を把握する目的から、上記 a.締め固め試験を行った試料を用いて三軸圧縮試験を行い、せん断特性 (c, ϕ) を求めた。

c. 現地盤のせん断特性

発電所予定地では標高 10m までの盛土造成、航路護岸位置では標高 6.5m までの土堰堤の構築計画がある。このため、現地盤のせん断特性を把握する目的から、現地盤から採取した試料に対し三軸圧縮試験を行い、せん断特性 (c, ϕ) を求めた。試験は、シルト・粘性土層に対しては現地盤の乱さない試料を用いて非圧密非排水試験 (UU 試験) を行った。砂層に対しては、乱した試料で現地盤に即したある側圧のもとで圧密した後、排水試験 (CD 試験) を行った。

d. 圧密試験

上記 c.現地盤のせん断特性と同様、現地盤の軟弱層の圧密特性を把握する目的から、現地盤の乱れの少ない試料を用いて圧密試験を行い、沈下計算に必要となる e-logP 曲線, C_c, P_o, C_v などの諸係数を求めた。

17.3.2 測量調査

地形測量は発電所計画地の地形現況や標高を確認する目的で実施した。実施に先立ち、現地サイト近傍にある「バ国」の国家測量基準点の設置状況を調査し、この座標、標高に基づき Matarbari サイトに測量基準点ならびに仮測量基準点を設置した。本調査における各ボーリング調査位置の座標、標高ならびに Matarbari サイト全域の地形測量は、これらサイトに設置した基準点を用いて測量を行った。

本項では、本測量調査で行った測量項目、準拠基準ならびに測量機材を示した。

〈測量項目〉

- 1) 各ボーリング調査位置の座標、現地盤標高（陸域、海域）
- 2) 測量基準点の設置
- 3) 仮測量点の設置
- 4) 地形測量

〈準拠基準〉

測量調査は以下に示す基準および資料に基づき実施した。

- 1) ISO/TC 211 Geographic information/ Geomatics.
- 2) GB 50026-2007 code for engineering surveying.
- 3) BS 5964 : 1st issued 1990 - Building setting out and measurement. Methods of measuring, planning and organization and acceptance criteria.
- 4) BS 5964 : 2nd issued 1996 - Building setting out and measurement. Measuring stations and targets
- 5) BS 5964 : 3rd issued 1996 - Building setting out and measurement. Check-lists for the procurement of surveys and measurement services
- 6) Letter No : **Ph 02-9131193 – Coordinates, Heights and location of Geodetic Control Point** issued at 04 Sep 2014 from Survey of Bangladesh for national benchmark information

〈測量機材〉

- 1) スタティック GPS :
 - GPS レシーバによる水平測位の誤差 $\leq 5\text{mm} + 2\text{ ppm RMS}$
 - 衛星の数 ≥ 5
 - 衛星との鉛直角 $\leq 75^{\circ}$ (elevation mask $\geq 15^{\circ}$)
 - データ記録時間 $\geq 2\text{ hours}$
 - 中心位置誤差 $\leq 1\text{mm}$
 - アンテナの感度高 1mm

2) トータルステーション：

- 測距平均: 8 times
- 各測距の相違: $\leq 2\text{mm}$
- 大気諸元を補正するため気温、湿度、気圧を入力

測量データはスタティック GPS およびトータルステーションを駆使し、ソフトウェアと要求精度や技術文献を鑑み調査を進めた。以下に今回実施した際の精度・誤差の一例を示す。

単位誤差平均 : $M_0 = 2.16(\text{"})$

測位誤差平均 :

最大 : (TBM1) = 0.014(m)

最小 : (TBM4) = 0.002(m)

精度 :

最大 : (TBM4 - PBM1) = 1/ 67200

最小 : (TBM7 - PBM1) = 1/ 594300

方位角誤差 :

最大 : (TBM1 - TBM2) = 1.45(")

最小 : (TBM7 - PBM1) = 0.66(")

17.4 調査の実施と工程

調査には、詳細設計で求められる精度と品質で現場情報を得るために、十分な経験、技術や分析能力が必要であり、加えて、周辺住民への影響を最小限にする社会配慮も不可欠であった。これらの必要性より、調査団は、本邦業者へ再委託することにより日本人技術者をサイトに常駐させ調査の管理を行う体制を決定した。調査団からは各専門分野の専門家を随時サイトへ派遣し現場作業の監理を行う事とした。

本邦再委託業者は、JICA の「コンサルタント等契約における現地再委託契約ガイドライン」を準拠し、指名見積もり競争により、基礎地盤コンサルタンツが選定された。

プロジェクトの実施機関である CPGCBL によるサイト土地取得は 8 月に完了、その後サイトへのアクセス許可を得て現地における調査は 8 月 25 日より開始され 11 月 30 日に終了した。実績工程を図 17.4-1 に、調査団と再委託先の要員体制をそれぞれ図 17.4-2 と図 17.4-3 に示す。

Bangladesh 国 チッタゴン石炭火力発電所建設事業準備調査
 ファイナルレポート（発電所・港湾・送電線・アクセス道路・自然条件調査）

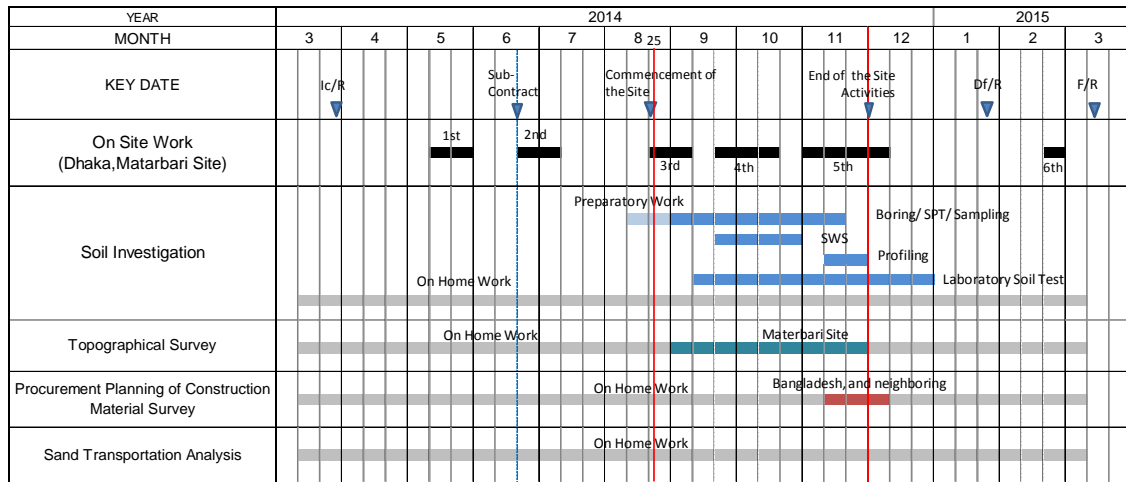


図 17.4-1 実績工程

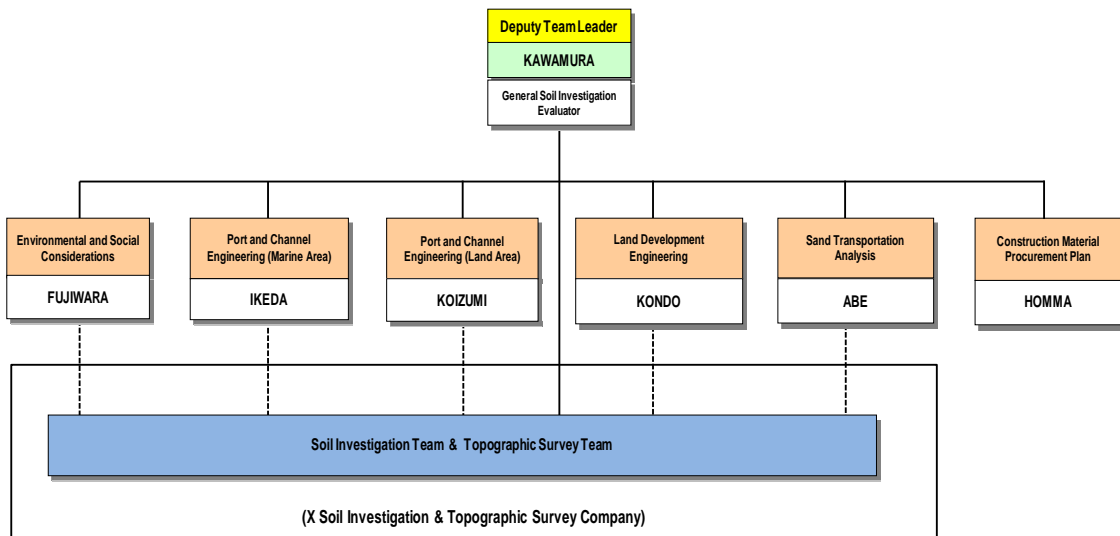


図 17.4-2 調査団要員体制

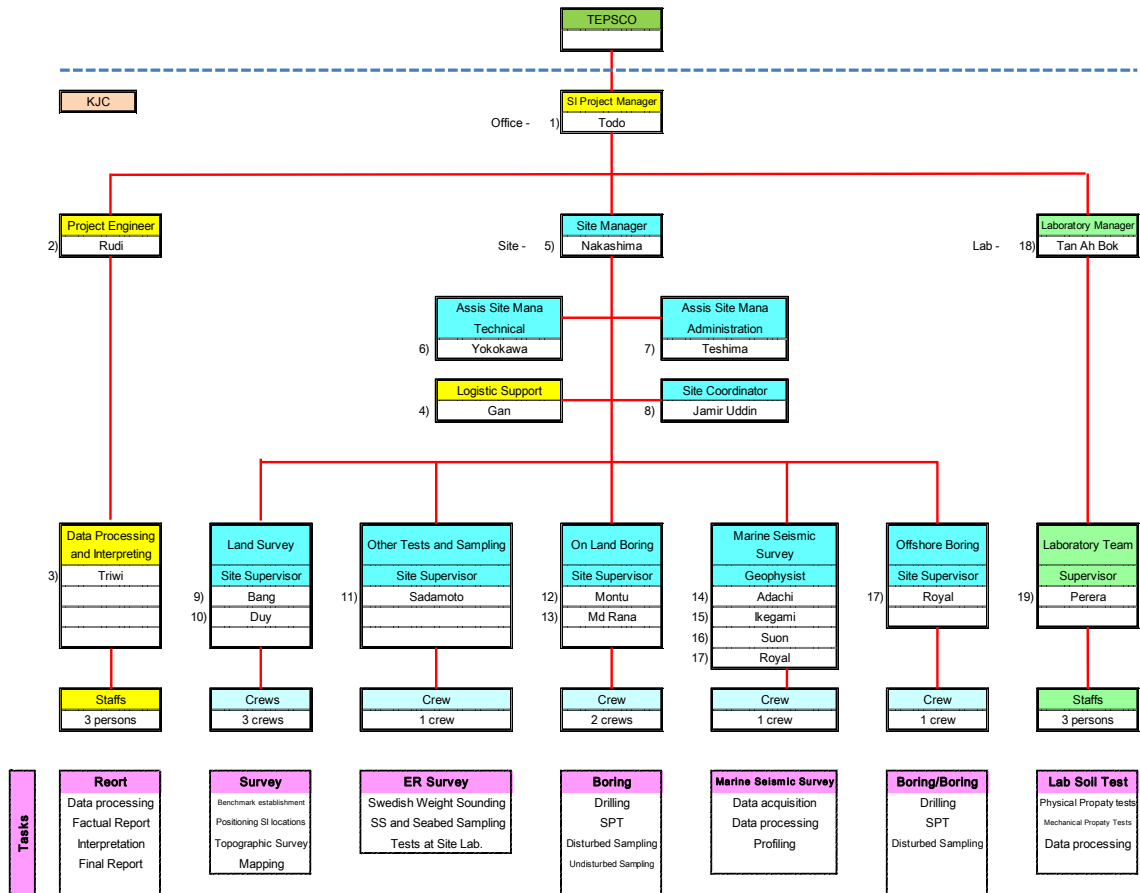


図 17.4-3 再委託先要員体制

17.5 調査結果

17.5.1 土質調査結果

(1) 土質調査

今回の調査ではボーリング調査を海上・陸上合わせて 45 箇所、スウェーデン式サウンディングを 46 箇所、海上音波探査を 15 測線で実施した。各地点における試験数を表 17.5-1 に、調査地点を図 17.5-1 に示す。

বাংলাদেশ国 চিত্তাগন石炭火力発電所建設事業準備調査
 ファイナルレポート (発電所・港湾・送電線・アクセス道路・自然条件調査)

表 17.5-1 ボーリング、貫入試験、試料サンプリング数量表

	BH No.	Coordinates		Elevation MSL(m)	Water Level G.L.(+m)	Location	Symbol	Line	Rig	Completed on	Bor Length (m)			Test / Sampling Done (nos)						
		North(m)	East(m)								Done			SPT		D-sampling		HP-sampling		
											Total	0-30m	30-60m	0-30m	30-60m	0-30m	30-60m			
Approach Area	1	OF-02-1	2,399,700.61	380,826.80	-15.24	15.24	Offshore	Bulue C	Chanel C	S-1	2014/11/15	11.90	11.90	0.00	7	4				
	2	OF-03-1	2,399,923.31	381,302.17	-11.83	11.83	Offshore	Bulue C	Chanel C	S-1	2014/11/16	13.46	13.46	0.00	9	4				
	3	OF-03-1a	2,400,316.93	381,415.04	-11.26	11.26	Offshore	Purple C		S-1	2014/11/11	9.45	9.45	0.00	7	2				
	4	OF-03-1b	2,400,713.36	381,558.04	-10.80	10.80	Offshore	Purple C		S-1	2014/11/17	10.45	10.45	0.00	7	3				
	5	OF-03-1c	2,399,514.59	381,154.28	-13.36	13.36	Offshore	Purple C		S-1	2014/11/12	7.45	7.45	0.00	5	1				
	6	OF-04-1	2,400,320.20	381,830.85	-6.99	6.99	Offshore	Bulue C		S-1	2014/11/10	13.45	13.45	0.00	8	3	1			
	7	OF-04-2	2,400,124.00	381,751.56	-8.00	8.00	Offshore	Bulue C	Chanel C	S-1	2014/11/17	18.95	18.95	0.00	11	5				
	8	OF-04-3	2,399,925.55	381,685.21	-6.94	6.94	Offshore	Bulue C		S-1	2014/11/13	13.45	13.45	0.00	9	4				
	9	OF-05-1	2,400,309.57	382,227.53	-1.04	1.04	Offshore	Bulue C		L-2	2014/10/31	19.45	19.45	0.00	12	8				
	10	OF-05-1a	2,400,717.48	382,356.12	-1.38	1.38	Offshore	Purple C		S-3	2014/11/17	19.45	19.45	0.00	14	6				
	11	OF-05-1b	2,401,124.50	382,494.71	-1.94	1.94	Offshore	Purple C		S-2	2014/11/14	18.45	18.45	0.00	14	4				
	12	OF-05-2	2,400,114.54	382,171.45	-0.06	0.06	Offshore	Bulue C	Chanel C	L-2	2014/10/28	26.46	26.46	0.00	15	11				
	13	OF-05-3	2,399,933.03	382,085.98	-0.99	0.99	Offshore	Bulue C		L-2	2014/10/30	21.45	21.45	0.00	14	7				
	14	OF-05-3a	2,399,517.85	381,960.07	-0.15	0.15	Offshore	Purple C		S-2	2014/11/17	20.45	20.45	0.00	17	3				
	15	OF-05-3b	2,399,110.71	381,819.92	-1.71	1.71	Offshore	Purple C		S-2	2014/11/12	19.45	19.45	0.00	15	4				
			Subtotal									243.70	243.70	0.00	164	0	89	0	1	0
Channel Area	1	LD-12-1	2,400,120.42	383,068.87	1.43	0.25	Wetland	Black C	Chanel C	L-2	2014/9/27	34.30	30.00	4.30	21	5	6		1	
	2	LD2-10a-1	2,400,119.95	382,463.86	0.45	0.40	Offshore	Green C	Chanel C	L-2	2014/10/14	21.30	21.30	0.00	15	4		2		
	3	LD2-11-1	2,400,120.34	382,869.58	1.50	0.30	Offshore	Green C	Chanel C	S-1	2014/9/19	38.30	30.00	8.30	22	10	3	4		
	4	LD2-11-1a	2,400,362.62	382,869.30	0.16	0.65	Offshore	Hazero C		L-2	2014/1/09	21.45	21.45	0.00	14	4		3		
	5	LD2-11-1b	2,399,921.61	382,869.21	1.64	0.20	Offshore	Hazero C		L-2	2014/1/01	22.45	22.45	0.00	15	3		3		
	6	LD2-12-1a	2,400,362.70	383,069.83	0.94	0.30	Wetland	Hazero C		L-2	2014/9/21	22.45	22.45	0.00	16	4		1		
	7	LD2-12-1b	2,399,921.47	383,069.02	1.33	0.40	Wetland	Hazero C		L-1	2014/10/31	23.45	23.45	0.00	15	6		1		
	8	LD2-13-1	2,400,519.79	383,469.98	1.38	0.40	Wetland	Green C		L-2	2014/10/14	22.45	22.45	0.00	16	3		3		
	9	LD2-13-2	2,400,120.52	383,473.46	1.34	0.35	Wetland	Green C	Chanel C	L-1	2014/9/2	25.45	25.45	0.00	20	5		1		
	10	LD2-13-3	2,399,680.09	383,469.28	1.06	0.45	Wetland	Green C		L-1	2014/1/11	22.95	22.95	0.00	15	7		1		
			Subtotal									255.55	241.95	13.60	169	15	45	0	20	0
Plant Area	1	PP-14-1	2,400,522.22	383,758.29	1.27	0.25	Wetland	Black C		L-1	2014/10/30	28.45	28.45	0.00	24		1		3	
	2	PP-14-2	2,400,120.09	383,745.41	1.02	0.45	Wetland	Black C	Plant C	L-1	2014/9/8	33.45	30.00	3.45	21	4	4		3	
	3	PP-14-3	2,399,680.04	383,757.14	1.26	0.25	Wetland	Black C		L-1	2014/1/16	50.28	30.00	20.28	23	21			6	
	4	PP-17-1	2,400,112.76	384,144.80	1.35	0.20	Wetland	Black C	Plant C	L-1	2014/9/10	26.45	26.45	0.00	22		1		3	
	5	PP-21-1	2,400,362.66	384,791.13	0.57	0.85	Wetland	Black C		L-1	2014/10/25	41.13	30.00	11.13	25	12	1		3	
	6	PP-21-2	2,400,114.87	384,808.77	1.12	0.30	Wetland	Black C	Plant C	L-1	2014/1/07	50.25	30.00	20.25	24	15	3		3	
	7	PP-21-3	2,399,801.12	384,785.11	1.03	0.30	Wetland	Black C		L-2	2014/10/24	46.28	30.00	16.28	24	15	3		2	
	8	PP-24-1	2,400,120.10	385,294.22	0.68	0.65	Wetland	Black C	Plant C	L-1	2014/10/18	50.26	30.00	20.26	24	16	3		2	
	9	PP3-15-1	2,400,362.64	383,867.15	1.08	0.30	Wetland	Yellow C		L-1	2014/10/28	7.45	7.45	0.00	5				2	
	10	PP3-15-2	2,399,802.40	383,880.15	1.32	0.10	Wetland	Yellow C		L-1	2014/1/18	17.45	17.45	0.00	11				6	
	11	PP3-17-1	2,400,362.66	384,179.15	1.00	0.20	Wetland	Yellow C		L-1	2014/10/27	12.95	12.95	0.00	8				4	
	12	PP3-17-2	2,399,802.42	384,179.17	0.97	0.50	Wetland	Yellow C		L-1	2014/1/19	16.45	16.45	0.00	12				4	
	13	PP3-19-1	2,400,363.25	384,491.46	1.25	0.10	Wetland	Yellow C		L-1	2014/10/27	17.45	17.45	0.00	11				6	
	14	PP3-19-2	2,400,120.46	384,491.55	0.87	0.55	Wetland	Yellow C	Plant C	L-1	2014/9/14	37.29	30.00	7.29	24	8	1		4	
	15	PP3-19-3	2,399,802.41	384,491.11	1.08	0.40	Wetland	Yellow C		L-1	2014/11/10	14.45	14.45	0.00	11				3	
	16	PP3-23-1	2,400,362.68	385,091.13	0.73	0.30	Wetland	Yellow C		L-1	2014/10/21	13.45	13.45	0.00	10		1		2	
	17	PP3-23-2	2,400,120.44	385,111.24	0.20	0.70	Wetland	Yellow C	Plant C	L-1	2014/10/10	14.45	14.45	0.00	10		2		2	
	18	PP3-23-3	2,399,798.85	385,101.27	-0.15	0.70	River	Yellow C		L-2	2014/10/16	9.45	9.45	0.00	7				2	
	19	PP3-24-1	2,400,368.09	385,292.70	0.95	0.35	Wetland	Yellow C		L-1	2014/10/20	13.45	13.45	0.00	10		1		2	
	20	PP3-24-2	2,399,904.30	385,281.19	0.89	0.55	Wetland	Yellow C		L-1	2014/10/19	12.45	12.45	0.00	9		1		2	
			Subtotal									512.29	414.36	97.94	315	82	22	0	64	0
Total							Offshore and River				367.65	348.36	9.30	237	10	83	0	15	0	
							On-land (Wetland)				653.89	551.65	102.24	411	97	53	0	70	5	
							Channel and Plant Areas				767.84	856.30	111.54	484	107	67	0	84	0	
							All				1,011.54	900.00	111.54	648	107	136	0	85	0	

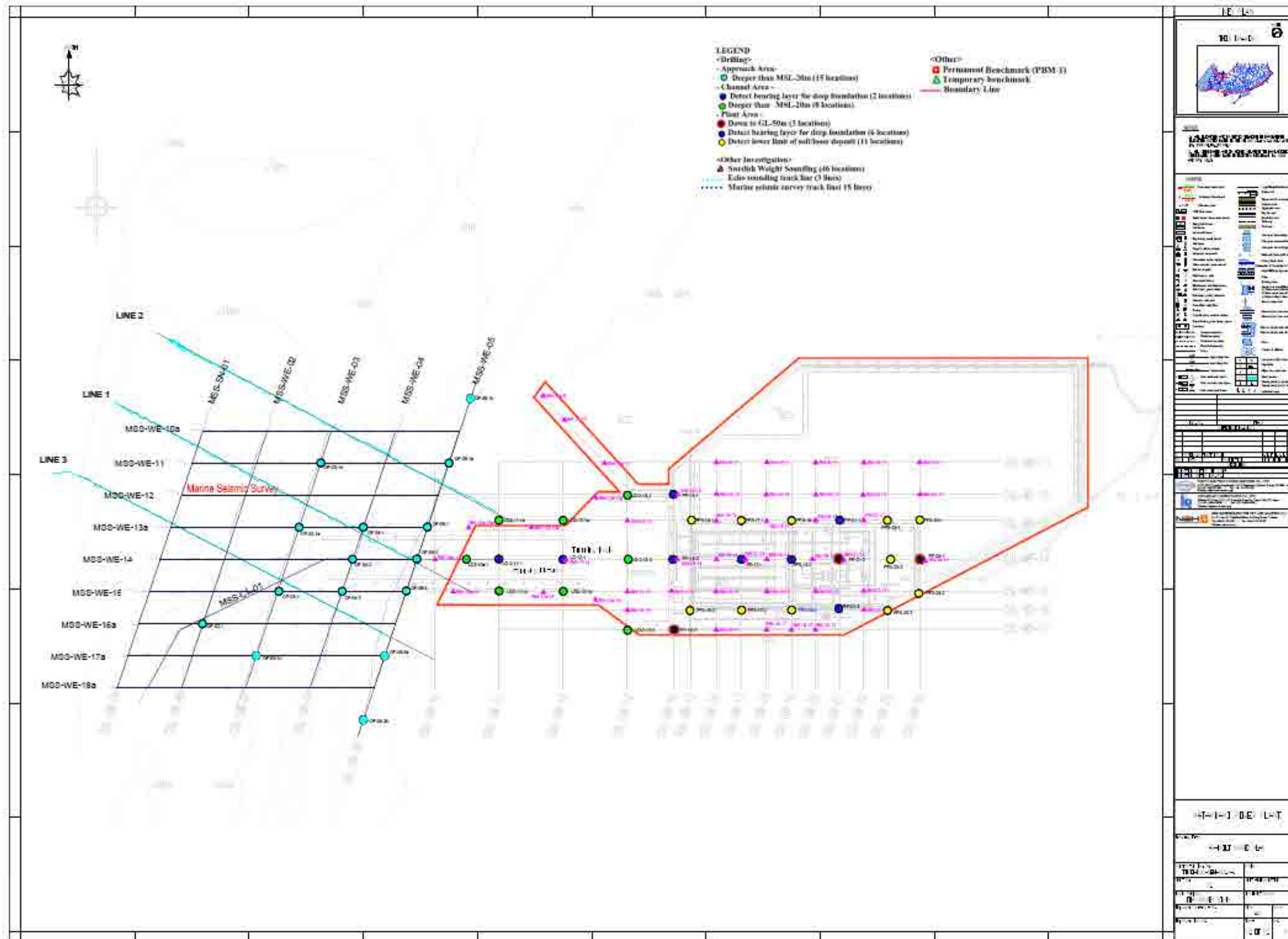


図 17.5-1 調査位置図

(2) 地層構成

土質調査結果をもとに、調査地の土質状況をより良く判断するために地層想定断面図を作成した（図 17.5-2 ～17.5-12 地層想定断面図）。これらの想定断面図から調査地の土層は以下の通りに分類される。

- a) 海砂層: Bs
- b) 沖積粘性土層: Ac-1, Ac-2 and Ac-3
- c) 沖積砂質土層: As-1 and As-2
- d) 洪積粘性土層: Dc
- e) 洪積砂質土層: Ds

各層の地盤特性は以下の通り。

1) 海砂 (Bs)

海砂（以下、略称 Bs）は海岸線の沖合地帯にのみ出現する。Bs 層は流動性の材料で潮の満ち引きの影響を受ける。層厚は 0.6m～2.6m から成り、Ac 層や As 層の上に堆積する。性状は N 値で 4～24 程度であり、ゆる目から中位程度の密な硬さとなっている。茶、灰色を呈し、貝殻片や有機物、雲母断片を混入する。

2) 沖積粘性土層 (Ac-1, Ac-2 and Ac-3)

沖積粘性土層はプロジェクト用地の全域で出現する。この土層の種類は沖積粘性土-1（以下、略称 Ac-1）、沖積粘性土-2（以下、略称 Ac-2）、沖積粘性土-3（以下、略称 Ac-3）である。

Ac-1 層の層厚は 0.8m～12.7m で、Ac-1 層の層厚分布は図 17.5-13 に示されている。Ac-1 層の分布状況に関して、沖合と発電所東側エリアでは薄く分布し、用地の中心部分では厚く分布している。Ac-1 層が最も厚く分布しているのは、後述されている地質調査 PP-14-3 地点の 12.7m である。性状は N 値で 4 以下であり、非常にゆるい～ゆる目の密な硬さとなっている。灰色、緑がかった灰色、茶色がかった灰色を呈し、貝殻片や有機物、雲母断片を混入する。

Ac-2 層は Ac-1 層の下部に位置し、その層厚は 0.9m～8.7m である。性状は N 値で 4～15 であり、中位の堅い～堅い状態となっている。灰色、黄色がかった茶色を呈し、貝殻片や有機物、雲母断片、細粒砂を混入する。

Ac-3 層は Ac-2 層内に部分的に存在するか、下部に位置し、その層厚は 1.1m～9.0m である。性状は N 値で 15～30 であり、非常に堅い状態となっている。灰色を呈し、貝殻片や有機物、雲母断片、細粒砂を混入する。

3) 沖積砂質土層 (As-1 and As-2)

沖積砂質土層はプロジェクト用地の全域で出現する。この土層の種類は沖積砂質土-1（以下、略称 As-1）、沖積砂質土-2（以下、略称 As-2）で、主に細粒砂である。

As-1 層は発電所エリアでは Ac-1 層、Ac-2 層の下部に位置し、海岸陸域では As-2 層の上部に位置し、層厚は 1.1m～6.0m である。性状は N 値で 10 以下であり、非常にゆるい～ゆる目の密な硬さとなっている。灰色、茶色を呈し、貝殻片や有機物、雲母断片を混入する。

As-2 層は Ac-1 層、Ac-2 層の下部に位置し、その層厚は 0.75m～21.85m である。性状は N 値で 10～30 であり、中位程度の密から密な硬さとなっている。薄灰色、灰色、茶色がかった灰色、黄色がかった灰色を呈し、貝殻片や有機物、雲母断片、そして時折、層状のシルトを挟む。

4) 洪積粘性土層 (Dc)

洪積粘性土層（以下、略称 Dc）はプロジェクト用地の海岸陸域と発電所エリアで出現する。

Dc 層は As-2 層の下部に位置し、性状は N 値で 30 以上であり、堅固な状態である。灰色を呈し、貝殻片や有機物、雲母断片、そして時折、レンズ状の砂や層状のシルトを挟む。

5) 洪積砂質土層 (Ds)

洪積砂質土層（以下、略称 Ds）はプロジェクト用地の海岸陸域と発電所エリアで出現する。

Ds 層は Dc 層の下部に位置し、性状は N 値で 50 以上であり、非常に密な硬さとなっている。薄灰色、灰色、黄色がかった灰色を呈している。

洪積土層の出現深度分布図を図 17.5-14 に示す。出現深度は GL-15m～24m の範囲で、発電所西側より陸域に向かって徐々に深くなっていく。洪積層上端の最も深い位置は PP-14-3 地点の 24.60m である。

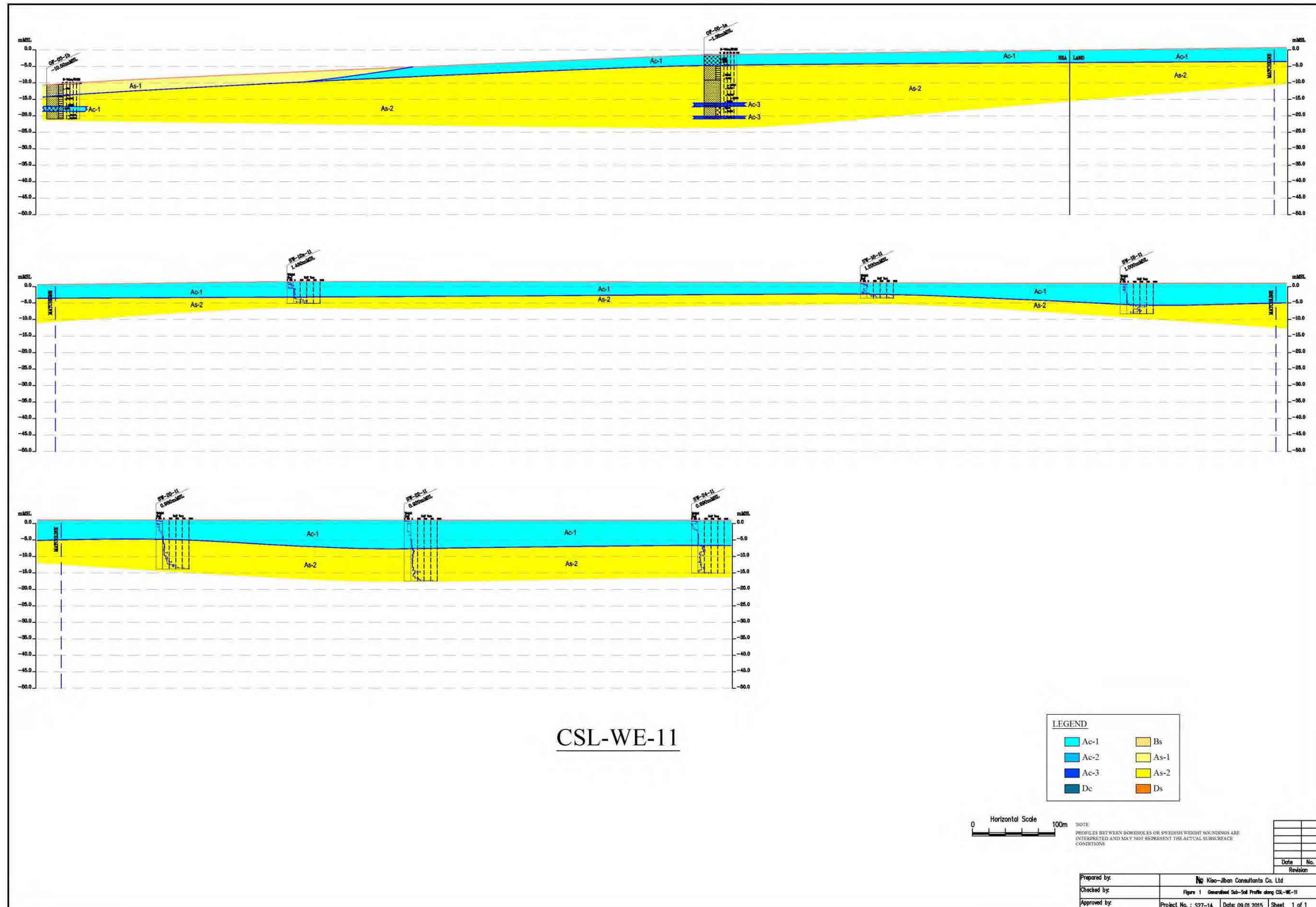


図 17.5-2 地層想定断面図(CSL-WE-11)

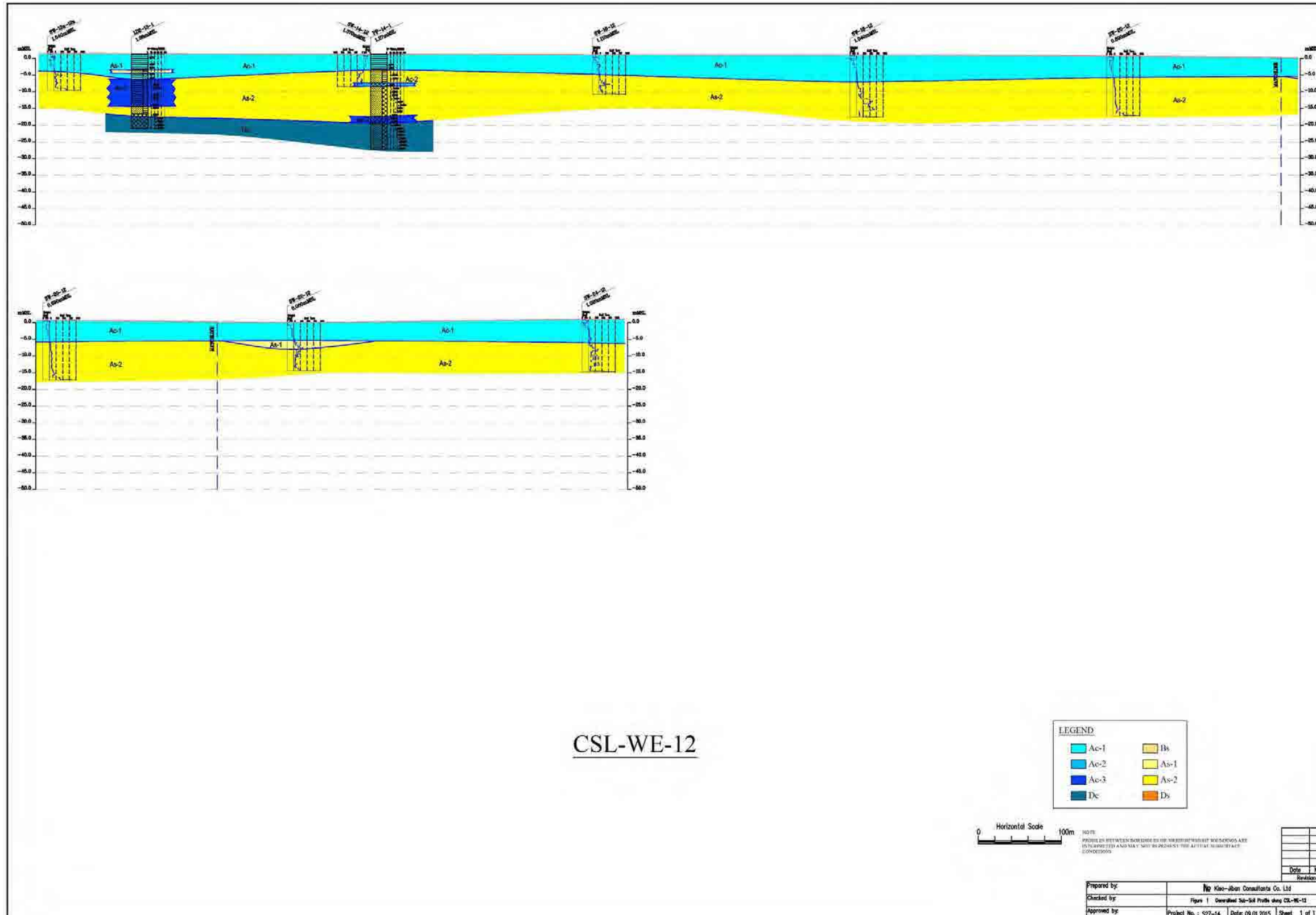


図 17.5-3 地層想定断面図(CSL-WE-12)

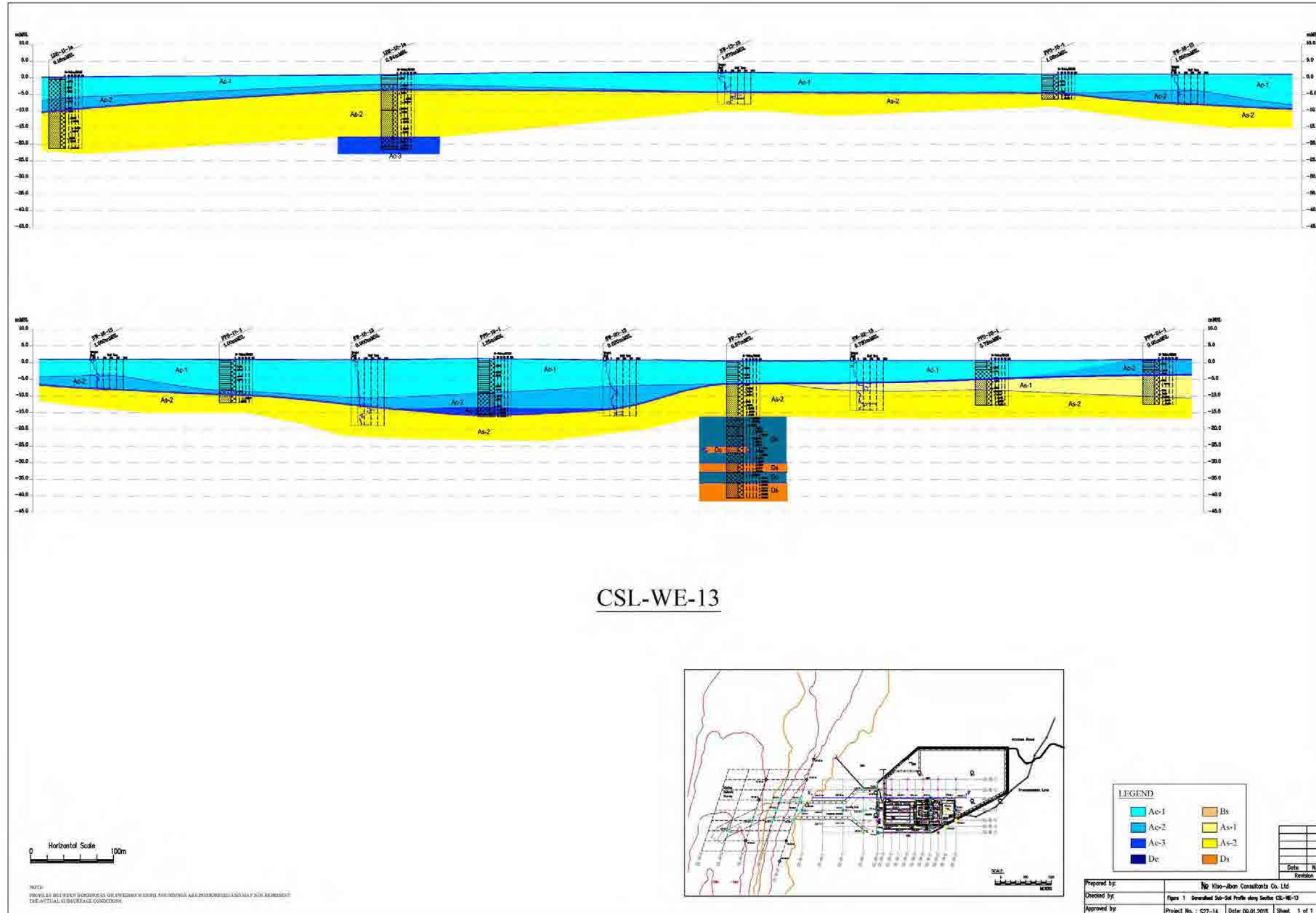


図 17.5-4 地層想定断面図(CSL-WE-13)

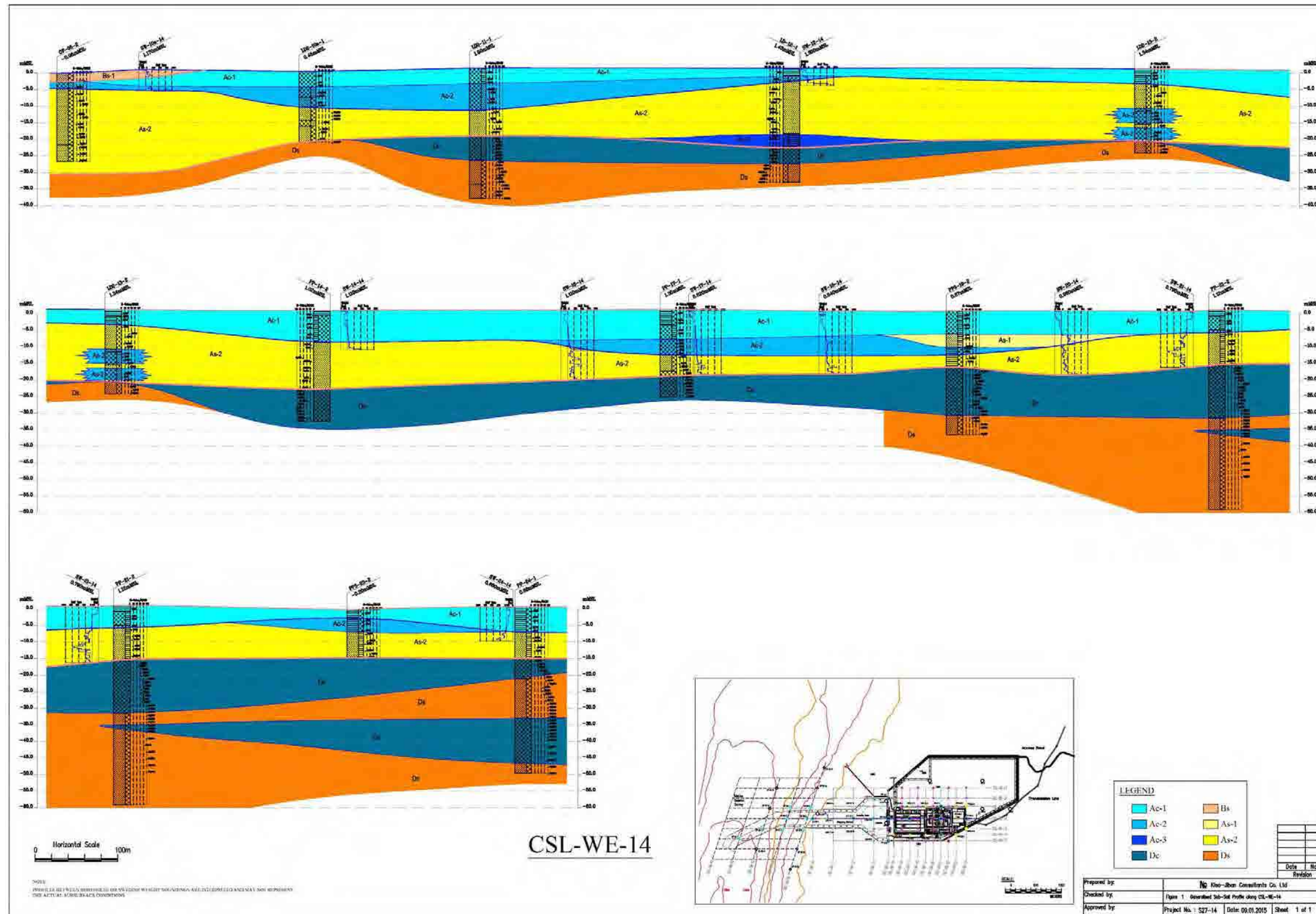


図 17.5-5 地層想定断面図(CSL-WE-14)

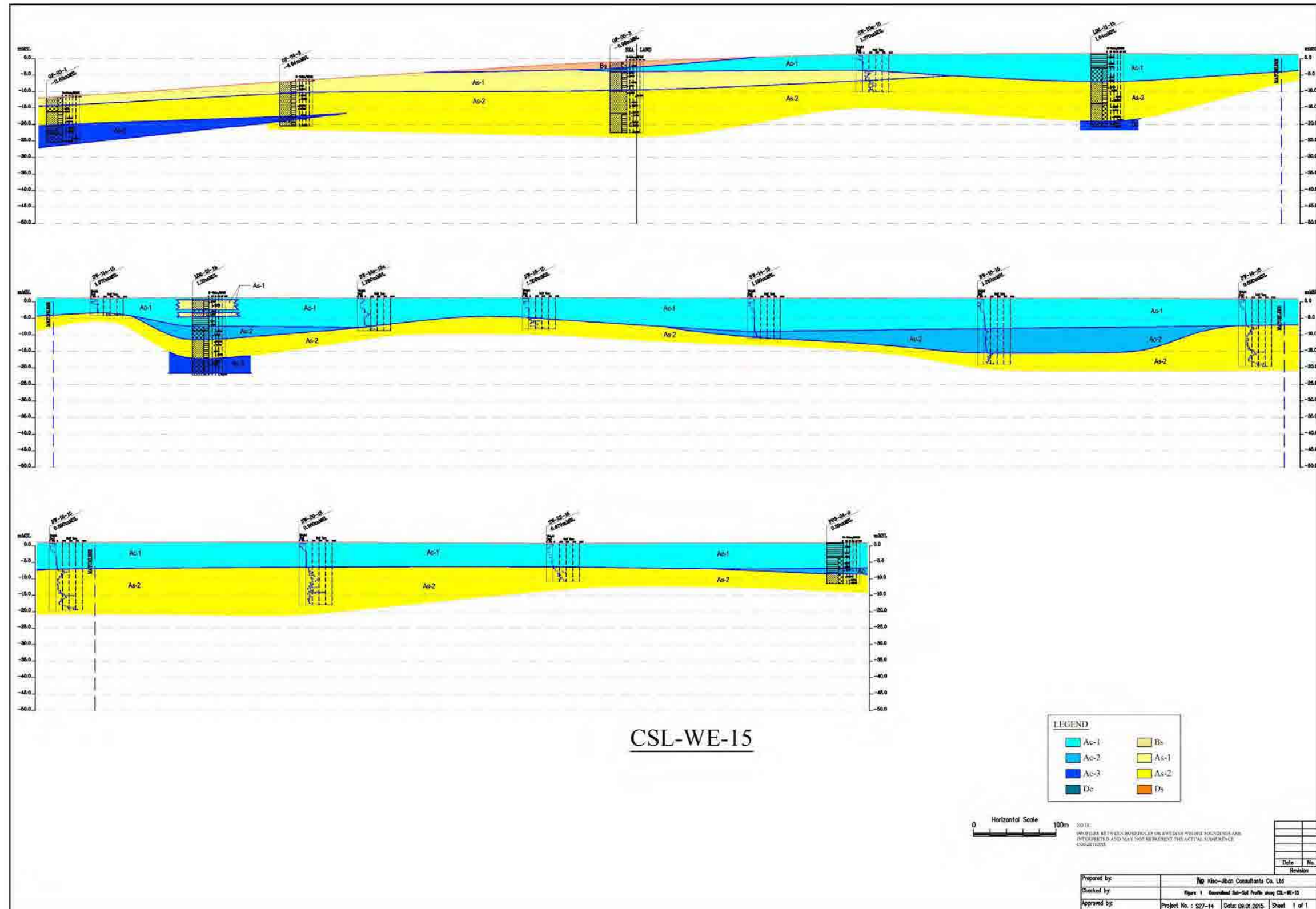


図 17.5-6 地層想定断面図(CSL-WE-15)

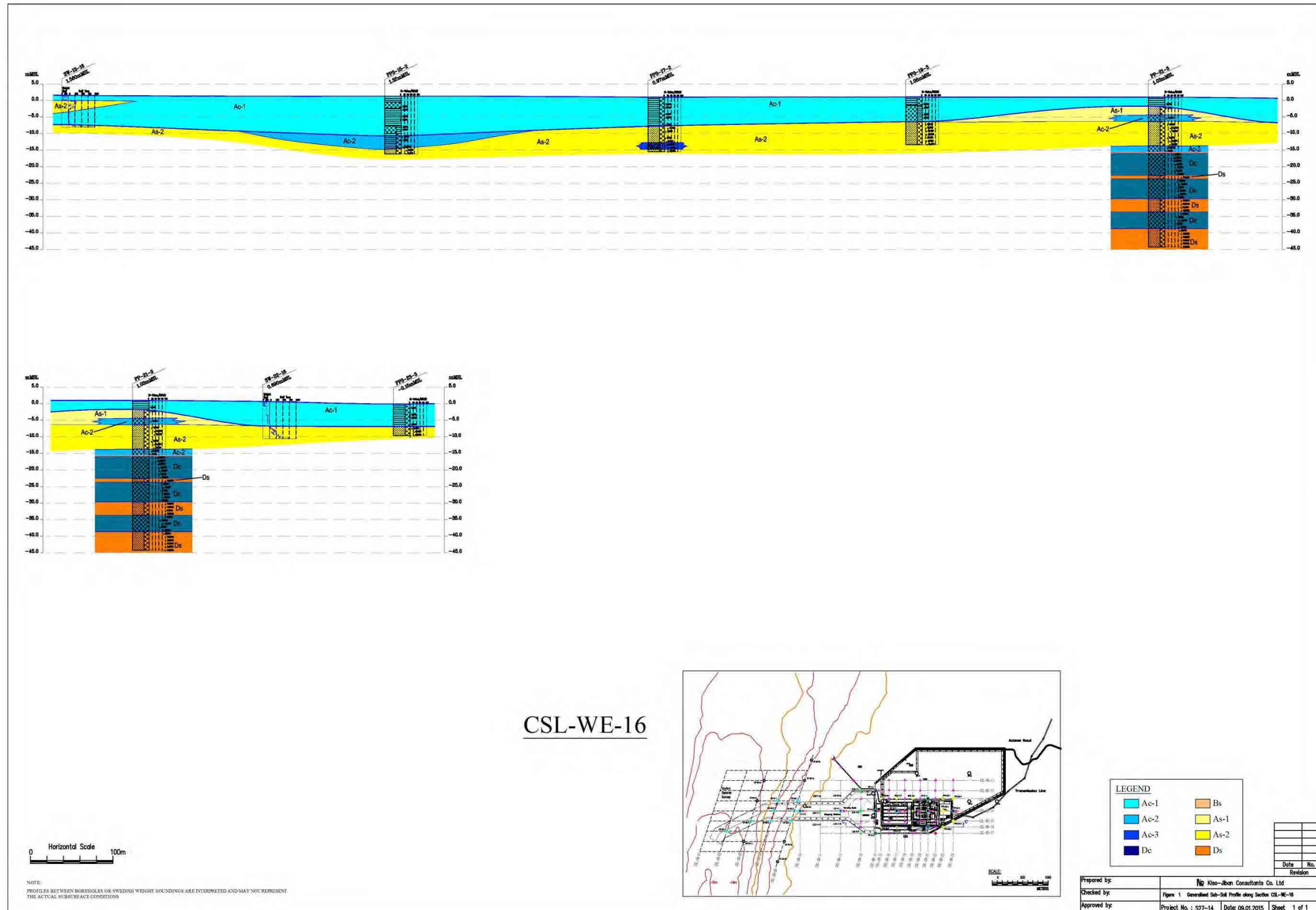


図 17.5-7 地層想定断面図(CSL-WE-16)

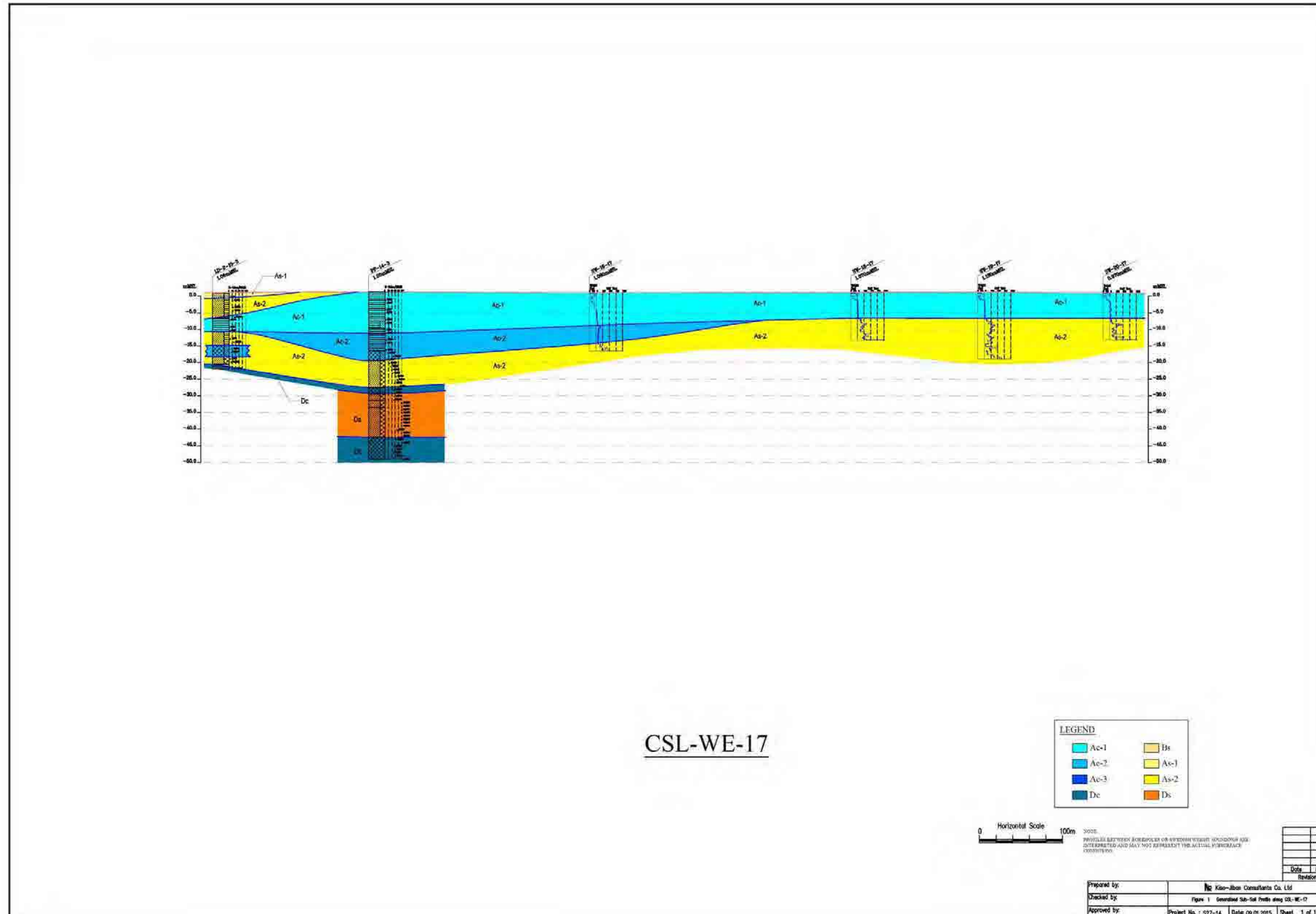


図 17.5-8 地層想定断面図(CSL-WE-17)

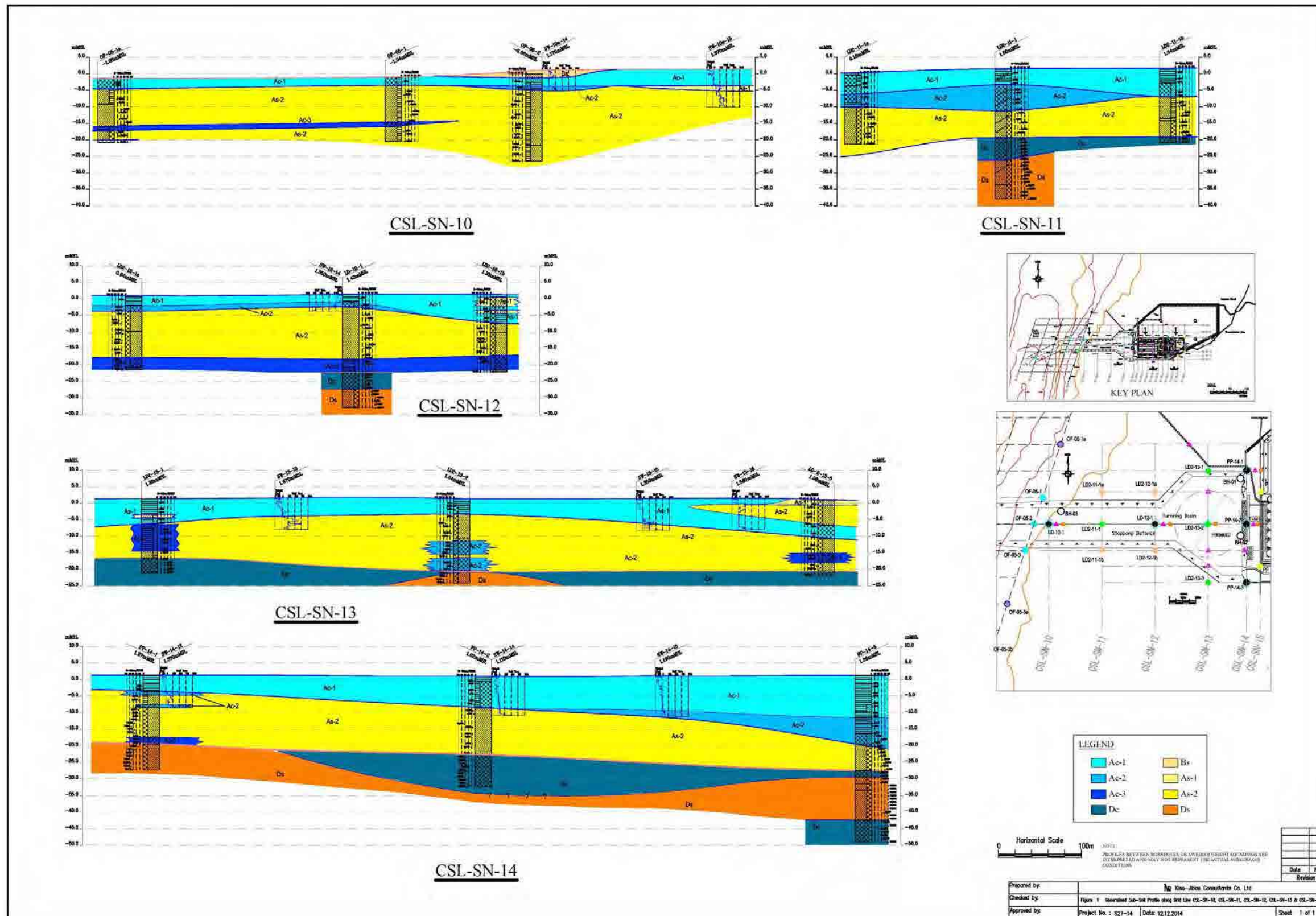


図 17.5-9 地層想定断面図(CSL-SN-10 and CSL-SN-14)

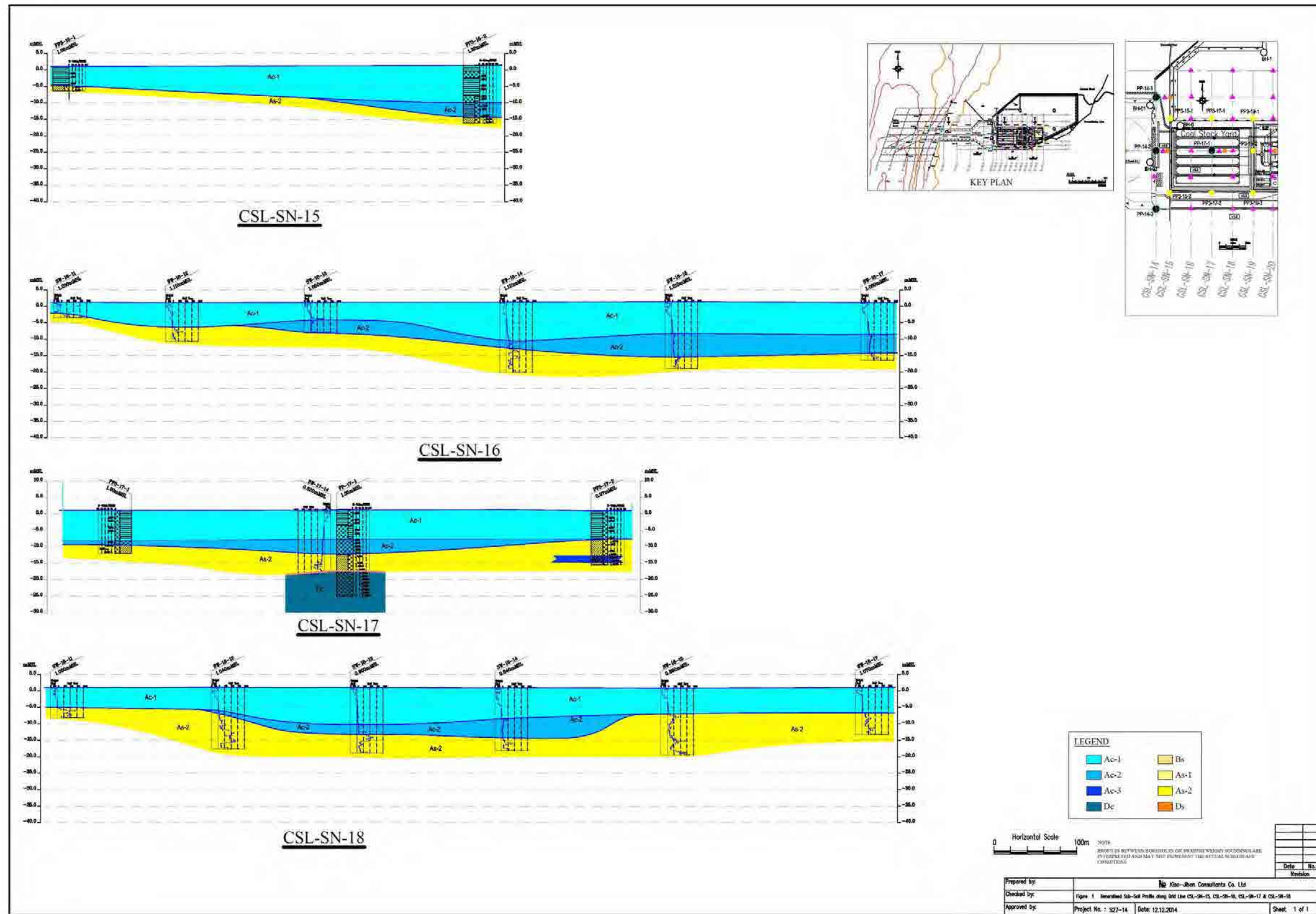


図 17.5-10 地層想定断面図(CSL-SN-15 and CSL-SN-18)

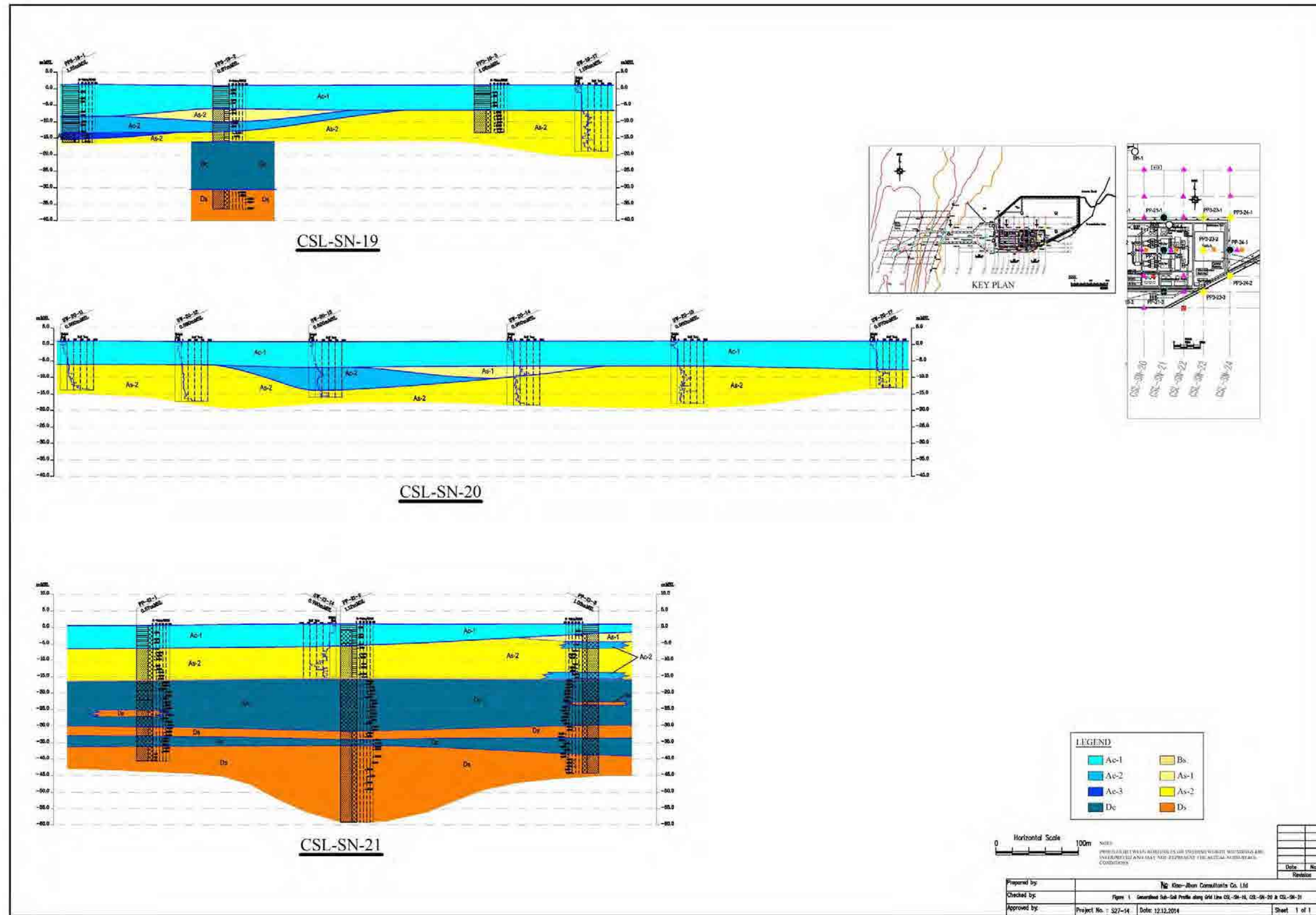


図 17.5-11 地層想定断面図(CSL-SN-19and CSL-SN-21)

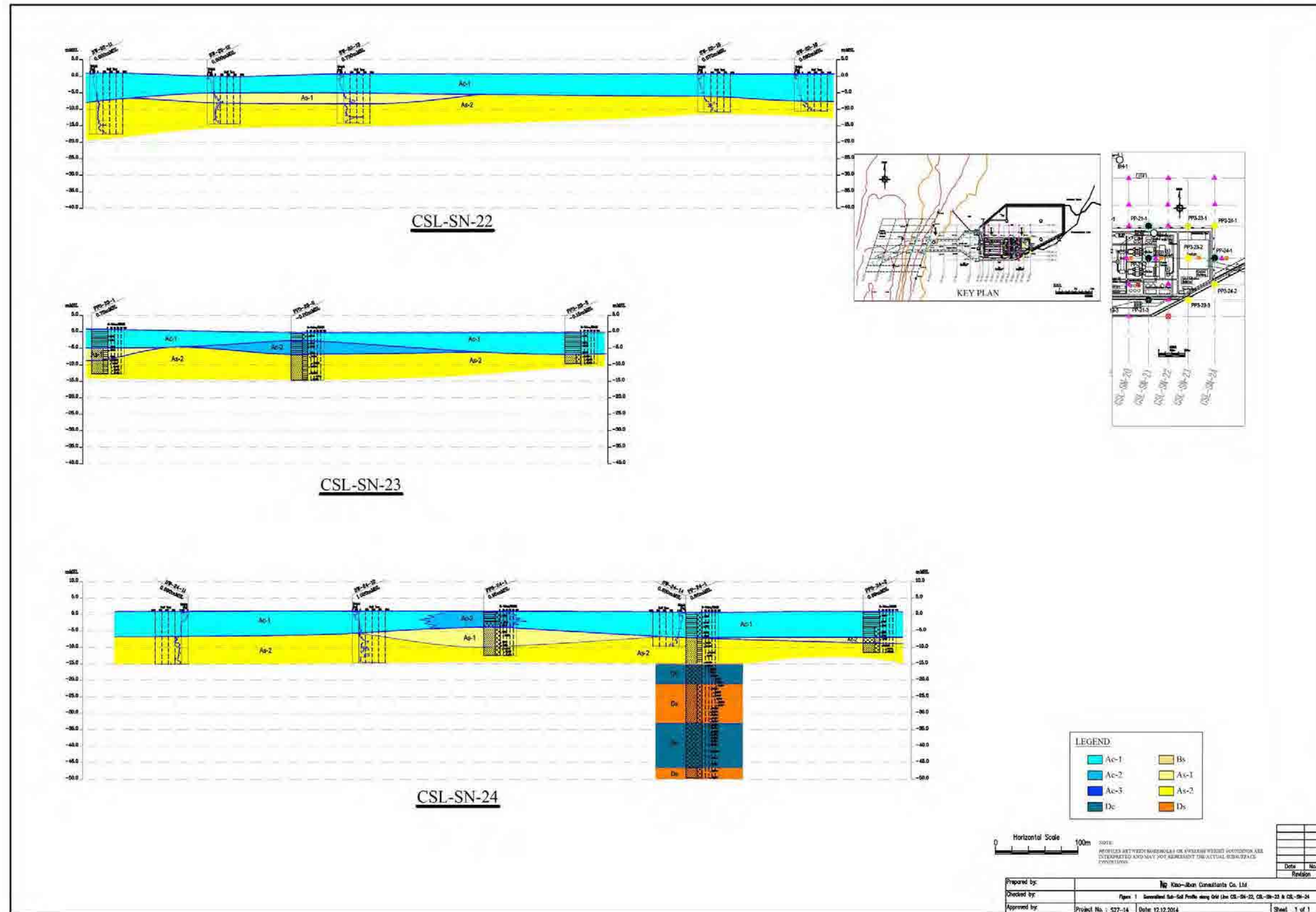


図 17.5-12 地層想定断面図(CSL-SN-22 and CSL-SN-24)

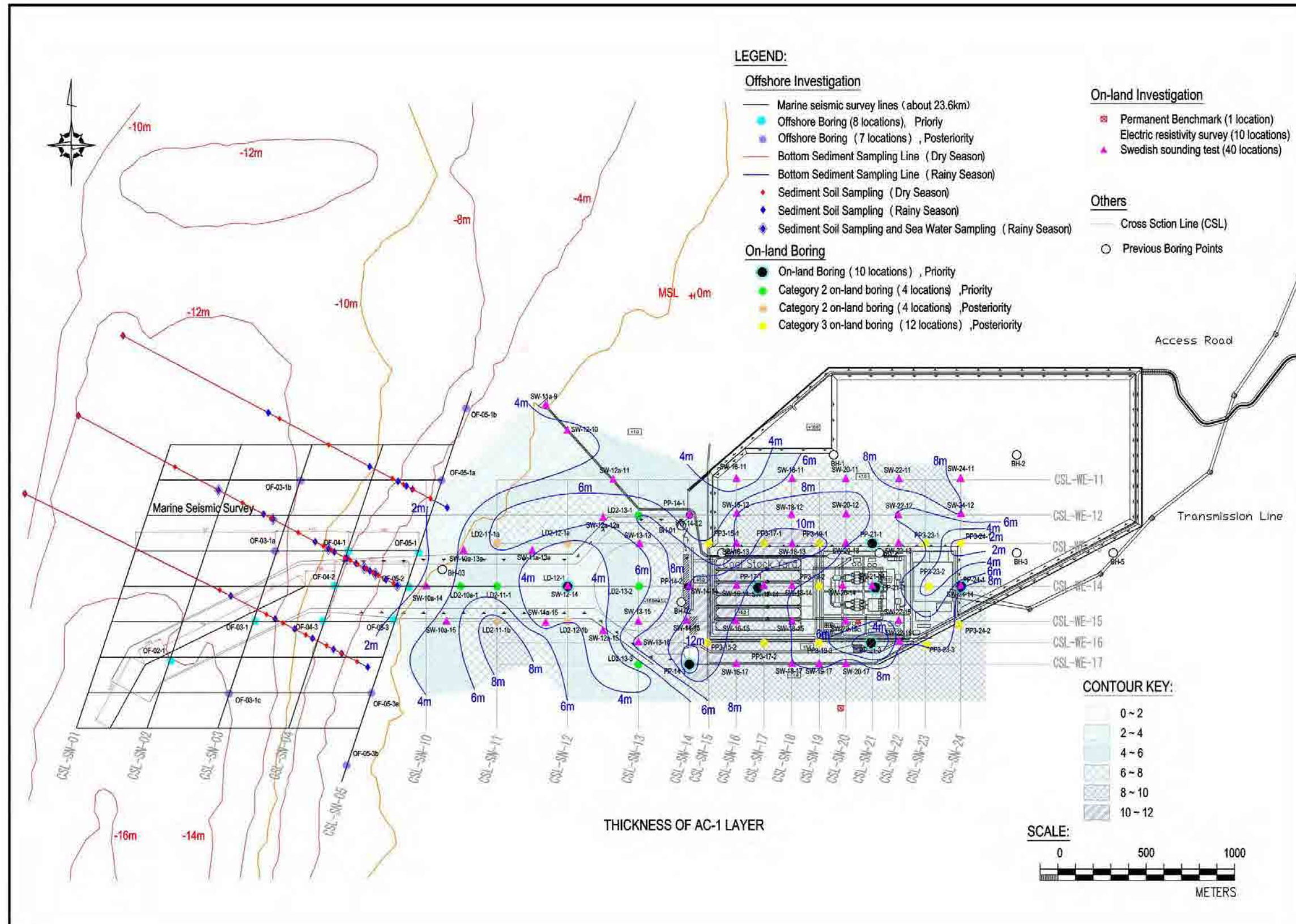


図 17.5-13 Ac-1 層の層厚分布図

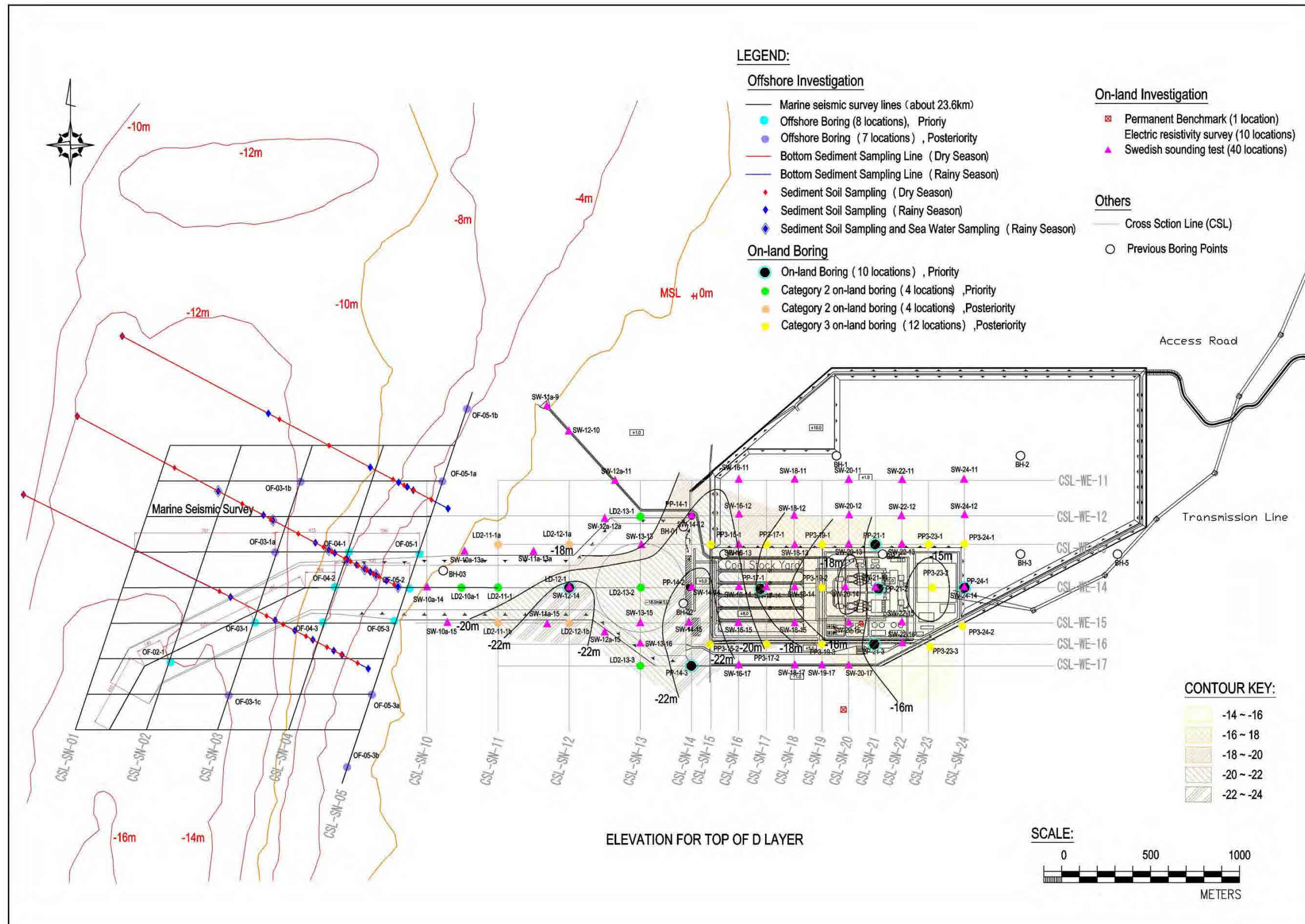


図 17.5-14 洪積土層出現深度分布図

各地点のボーリング結果は参考資料の柱状図に示されている。調査地点の地質層序の概要は以下の通り。

表 17.5-2 調査地の地質層序

Layer	Distribution of Area	Thickness of Layer (m)	Color	Relative Density or Consistency	Material	N value
Bs	Land Offshore	0.6 to 2.6	Brown, Grey	Loose to Medium Dense	Sandy Soil	4 to 24
Ac-1	Land Power Plant	0.8 to 12.7	Grey, Greenish Grey, Brownish Grey	Very Soft to Soft	Clayey Soil	0 to 4
Ac-2	Land Power Plant Offshore	0.9 to 8.7	Grey	Medium Stiff to Stiff	Clayey Soil	4 to 15
Ac-3	Land Power Plant Offshore	1.1 to 9.0	Grey	Stiff to Hard	Clayey Soil	15 to 30
As-1	Land Power Plant Offshore	1.1 to 6.0	Grey	Very Loose to Loose	Sandy Soil	0 to 10
As-2	Land Power Plant Offshore	0.7 to 21.9	Light Grey, Brownish Grey, Yellowish Grey,	Medium Dense to Dense	Sandy Soil	10 to 50
Dc	Land Power Plant	1.4 to 17.3	Grey	Hard	Clayey Soil	≥ 30
Ds	Land Power Plant	0.5 to 13.2	Light Grey, Grey, Yellowish Grey	Very Dense	Sandy Soil	≥ 50

各層の標準貫入試験 N 値の概要は以下の通り。

表 17.5-3 各層の N 値分布

Layer	SPT-N Value	Term
Ac-1	0 to 4	Very Soft to Soft
Ac-2	4 to 15	Medium Stiff to Stiff
Ac-3	15 to 30	Stiff to Hard
As-1	0 to 10	Very Loose to Loose
As-2	10 to 50	Medium Dense to Dense
Dc	More than 30	Hard
Ds	More than 50	Very Dense
Bs	4 to 24	Very Loose to Medium Dense

(3) 標準貫入試験

各土層を深度分布図で N 値に従い分類した。深度および標高に対する N 値分布を図 17.5-15 に表示する。

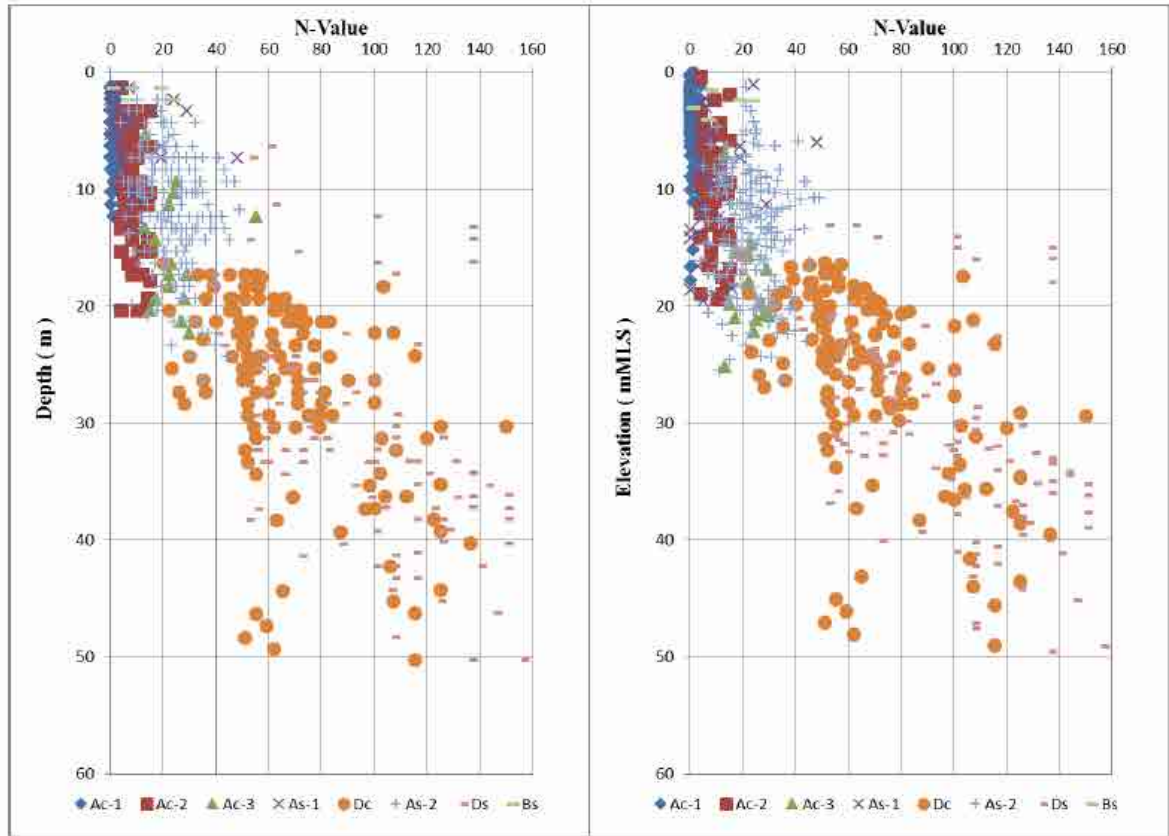


図 17.5-15 N 値分布図（深度、標高）

(4) 海上音波探査

海域における地質構造を把握するために、15 測線にて音波探査(Marine Seismic Survey: MSS)を実施した。各地点における探査数量を表 17.5-4 に、調査地点を図 17.5-16 に、各側線における音波探査結果を図 17.5-17(測線 1-15)に示す。

表 17.5-4 海上音波探査数量

Line No	point	Planned Coordinate		Completed on	Direction	GPS Antenna Position (m)			Profile, Single (m)			Profile, Multiple (m)			Record	Reference Borehole	Remarks	
		North (m)	East (m)			North or West Point	South or East Point	Length	North or West Point	South or East Point	Length	North or West Point	South or East Point	Length				
SN Direction Lines	1	n	2,400,500	380,825	2014/11/30	sn	-164.0	1,736.0	1,900.0	-142.9	1,757.1	1,900.0	-142.7	1,792.4	1,935.1	24 ch	-	Completion
		s	2,399,320	380,202														
	2	n	2,400,520	381,225	2014/11/27	rs	-200.0	1,769.7	1,989.7	-220.5	1,769.2	1,989.7	-250.0	1,866.5	1,942.5	24 ch	OF-02-1	Stated
		s	2,399,320	380,692														
	3	n	2,400,520	381,625	2014/11/29	rs	-57.0	1,829.0	1,886.0	-77.5	1,805.7	1,883.2	-112.0	1,807.0	1,819.0	24 ch	OF-03-1a, 1a, 1, 1c	
s		2,399,320	381,092															
4	n	2,400,520	382,025	2014/11/29	sn	-114.0	1,706.0	1,820.0	-93.5	1,726.5	1,820.0	-92.6	1,782.4	1,855.0	24 ch	OF-04-1, 2, 3		
	s	2,399,320	381,492															
5	n	2,401,220	382,525	2014/11/28	rs	-288.4	2,030.0	2,318.4	-308.5	2,011.3	2,319.8	-344.8	2,009.5	2,334.3	24 ch	OF-05-1b, 1a, 1, 2, 3, 3a, 3b		
	s	2,399,020	381,791															
Subtotal				5				9,914.1			9,912.7			10,005.9				
WE Direction Lines	6	w	2,400,520	380,825	2014/11/28	we	-80.0	1,413.5	1,493.5	-100.5	1,392.2	1,492.7	-117.7	1,392.2	1,509.9	12 ch	-	
		e	2,400,020	382,426														
	7	w	2,400,720	380,758	2014/11/28	ew	-100.0	1,300.0	1,400.0	-77.6	1,320.5	1,398.1	-79.5	1,398.7	1,418.2	12 ch	OF-03-1b, OF-05-1a	
		e	2,400,720	382,398														
	8	w	2,400,520	380,692	2014/11/29	we	-100.0	1,409.0	1,509.0	-120.5	1,377.3	1,497.8	-136.0	1,364.3	1,520.9	12 ch	-	
		e	2,400,520	382,202														
	9	w	2,400,520	380,625	2014/11/28	ew	-100.0	1,377.0	1,477.0	-88.2	1,397.5	1,465.7	-75.8	1,414.7	1,490.5	12 ch	OF-03-1a, OF-04-1, OF-06-1	
		e	2,400,520	382,226														
	10	w	2,400,720	380,598	2014/11/28	we	-80.0	1,385.0	1,465.0	-100.5	1,359.7	1,460.2	-117.7	1,359.5	1,477.2	12 ch	OF-04-2, OF-05-2	
		e	2,400,720	382,199														
	11	w	2,399,920	380,492	2014/11/29	ew	-149.0	1,280.0	1,439.0	-128.5	1,310.5	1,439.0	-128.5	1,326.5	1,455.0	12 ch	OF-05-1, OF-04-1, OF-05-3	
		e	2,399,920	382,092														
	12	w	2,399,720	380,425	2014/11/29	we	-52.0	1,323.0	1,375.0	-72.5	1,302.5	1,376.0	-86.7	1,302.5	1,391.2	12 ch	OF-02-1	
		e	2,399,720	382,025														
13	w	2,399,520	380,358	2014/11/29	ew	-158.0	1,251.0	1,409.0	-134.5	1,264.5	1,399.0	-133.6	1,288.7	1,422.3	12 ch	OF-03-1c, OF-05-3a		
	e	2,399,520	381,958															
14	w	2,399,320	380,292	2014/11/29	wo	53.0	1,319.0	1,372.0	-73.5	1,298.5	1,372.0	-90.7	1,295.4	1,388.1	12 ch	-		
	e	2,399,320	381,892															
Subtotal				14				12,899.5			12,899.5			13,009.3				
CC Line	15	a	2,399,520	380,482	2014/11/30	sw-ne	-147.0	1,416.5	1,583.5	-100.8	1,416.5	1,517.3	-126.5	1,416.5	1,543.0	12 ch	OF-02-1, OF-03-1,	Channel Center Line
		b	2,399,520	380,593														
		c	2,399,620	380,881														
		d	2,400,120	381,585														
		e	2,400,120	381,585														
		f	2,400,120	382,199														
Subtotal				1				1,563.5			1,517.3			1,543.0				
Total				15	lines			24,417.1			24,329.5			24,616.2				

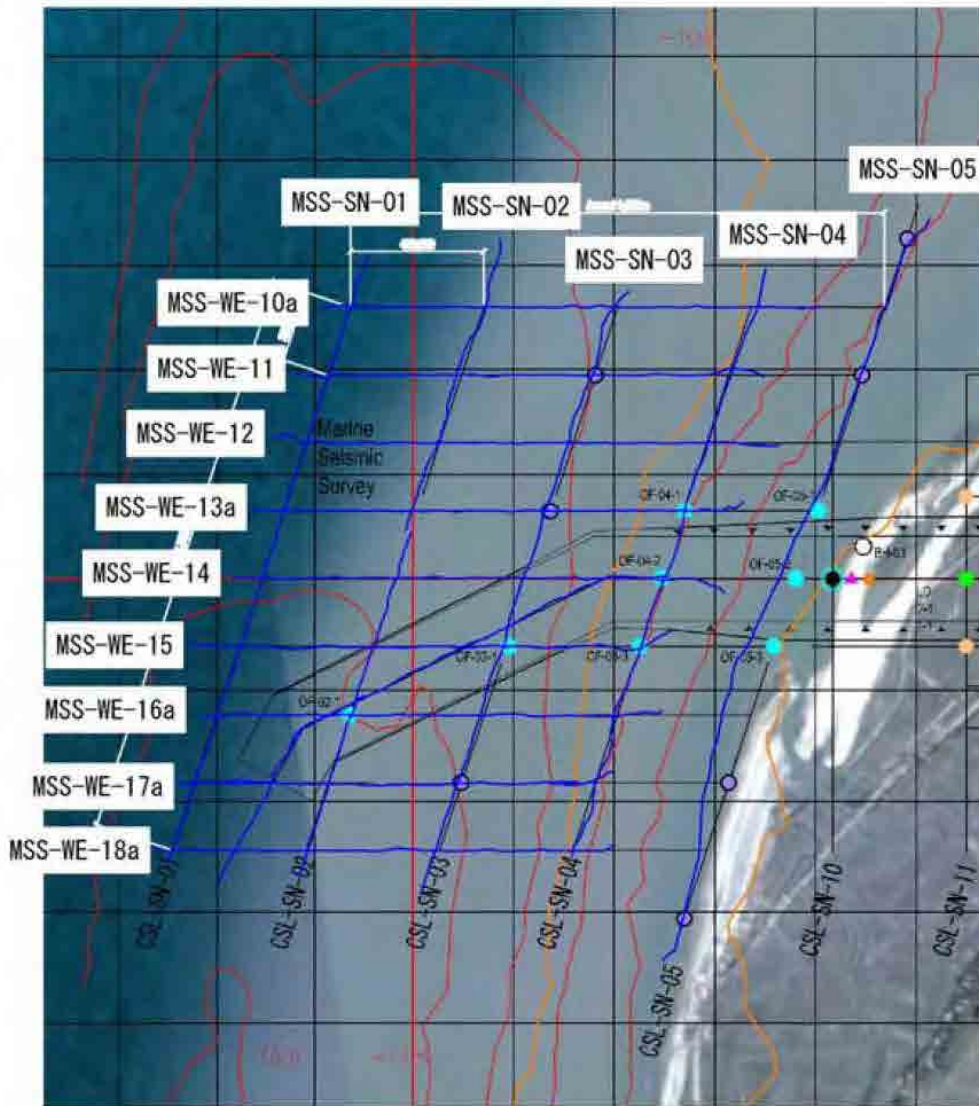


Photo Data by Google Earth

図 17.5-16 音波探査位置

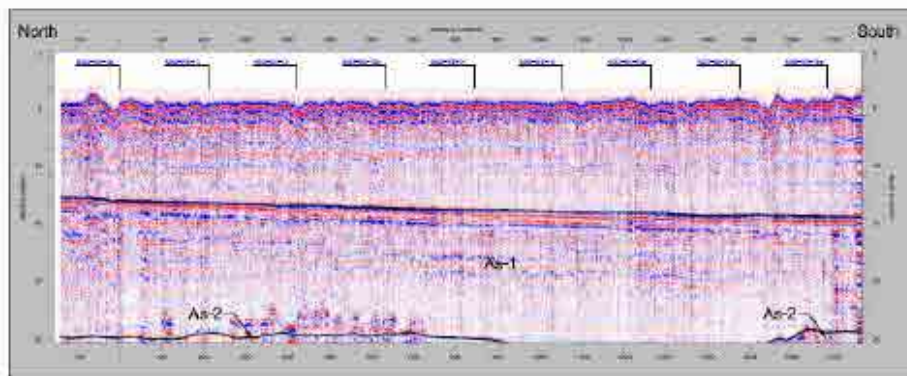
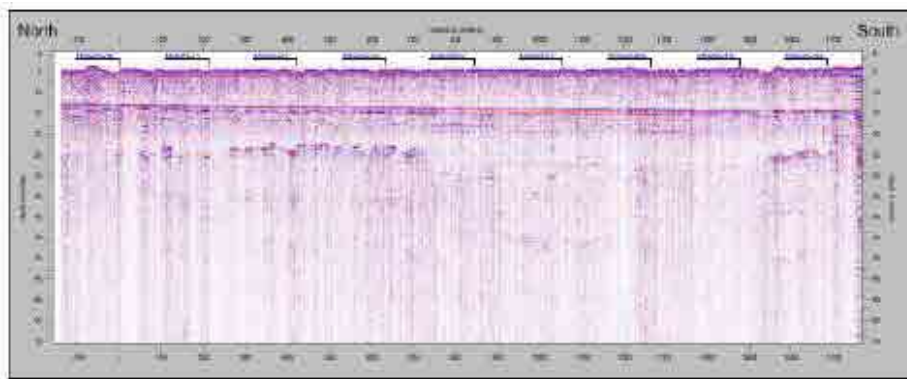


図 17.5-17 (1) 地層断面(Survey Line : MSS-CL-01)

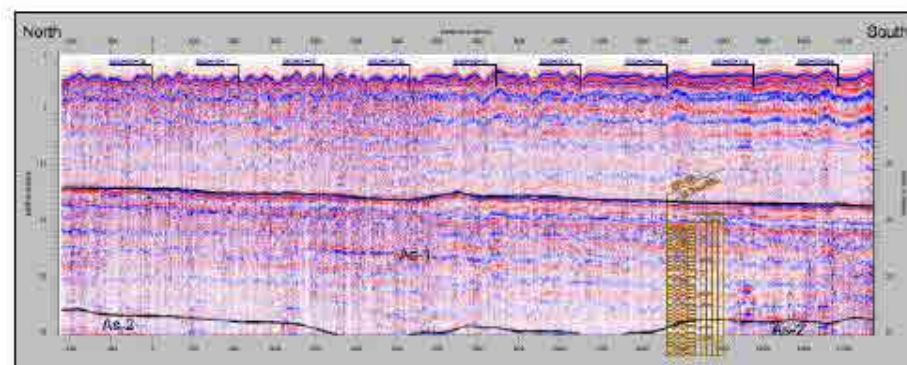
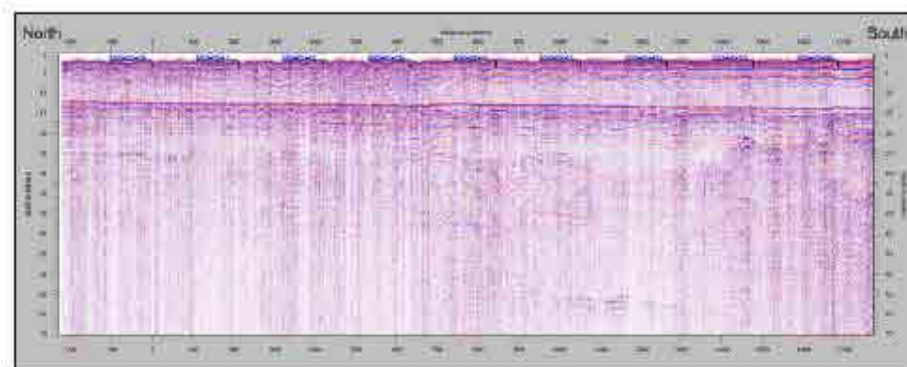


図 17.5-17 (2) 地層断面(Survey Line : MSS-CL-02)

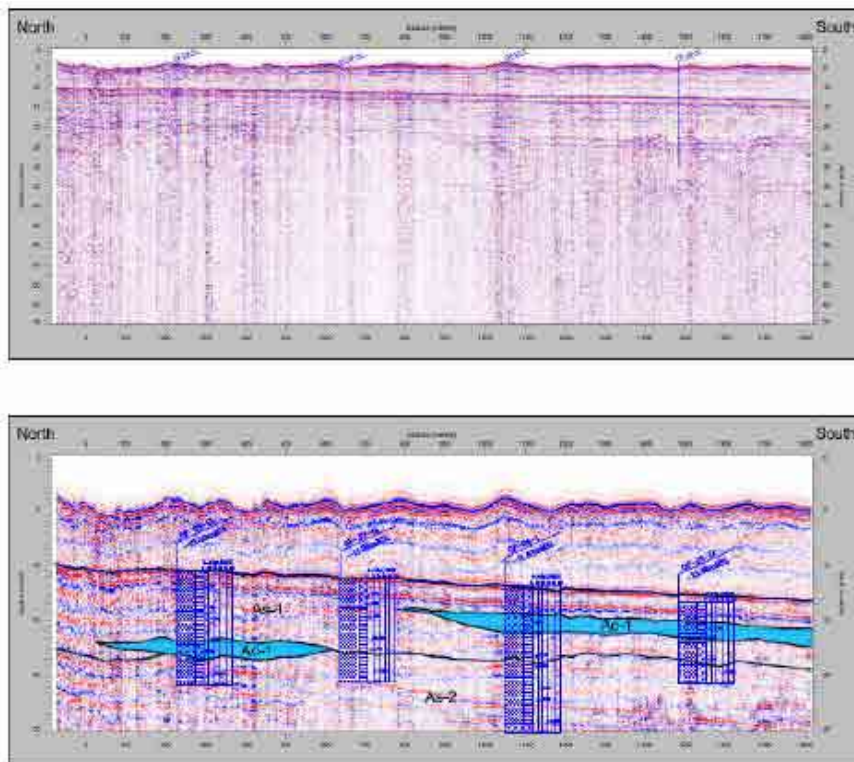


図 17.5-17 (3) 地層断面(Survey Line : MSS-SN-03)

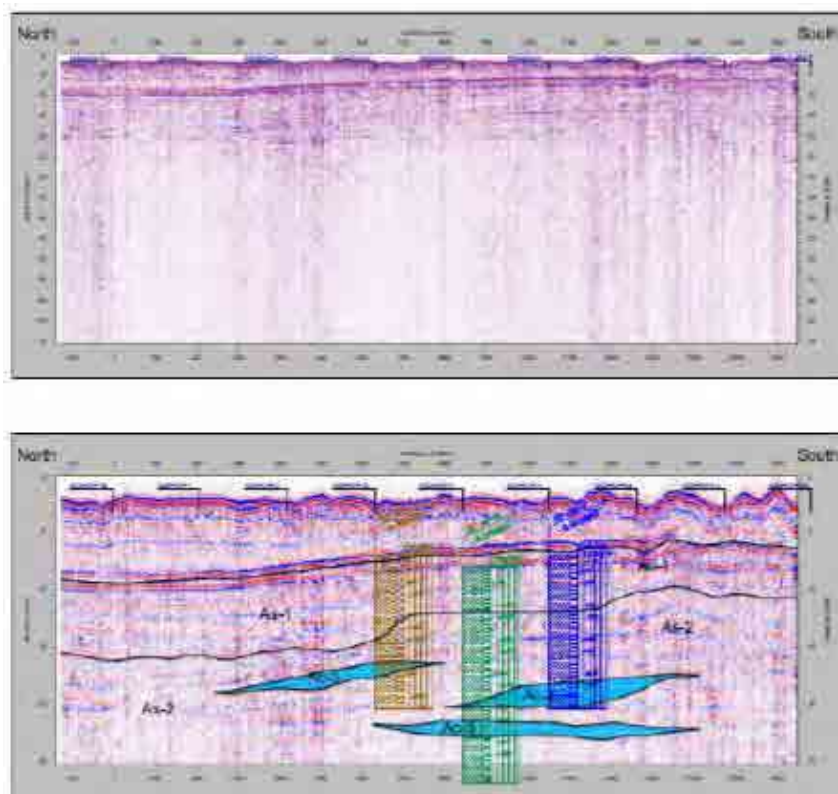


図 17.5-17 (4) 地層断面(Survey Line : MSS-SN-04)

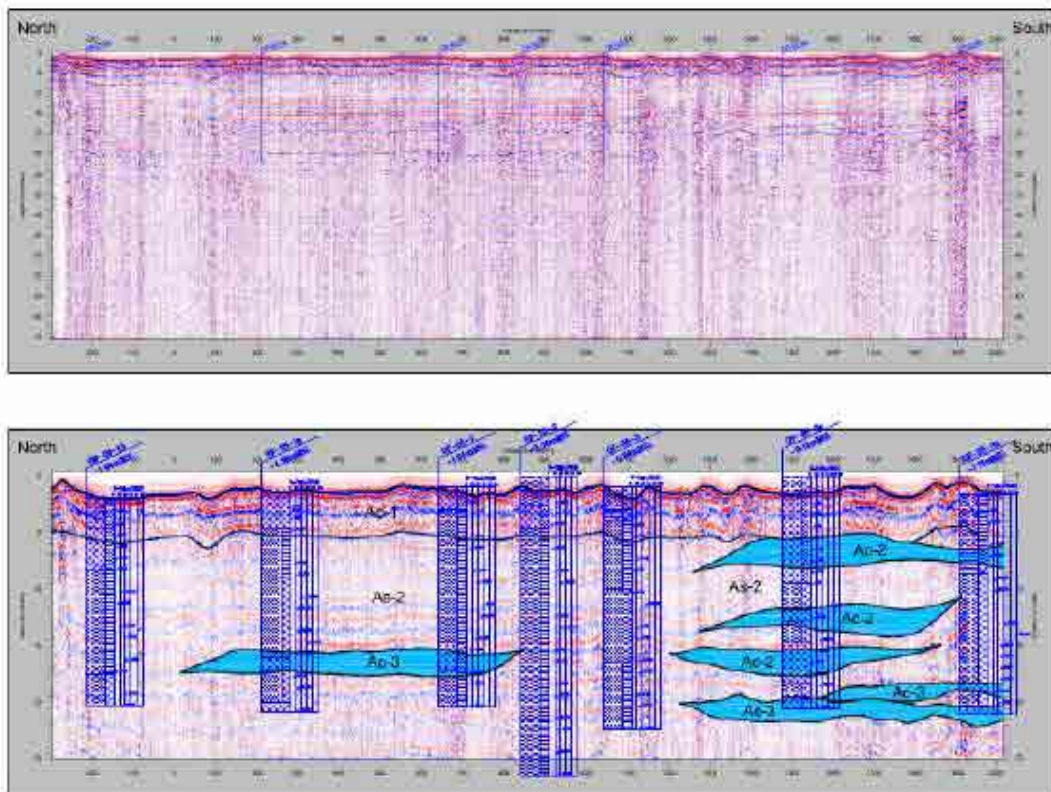


図 17.5-17 (5) 地層断面(Survey Line : MSS-SN-05)

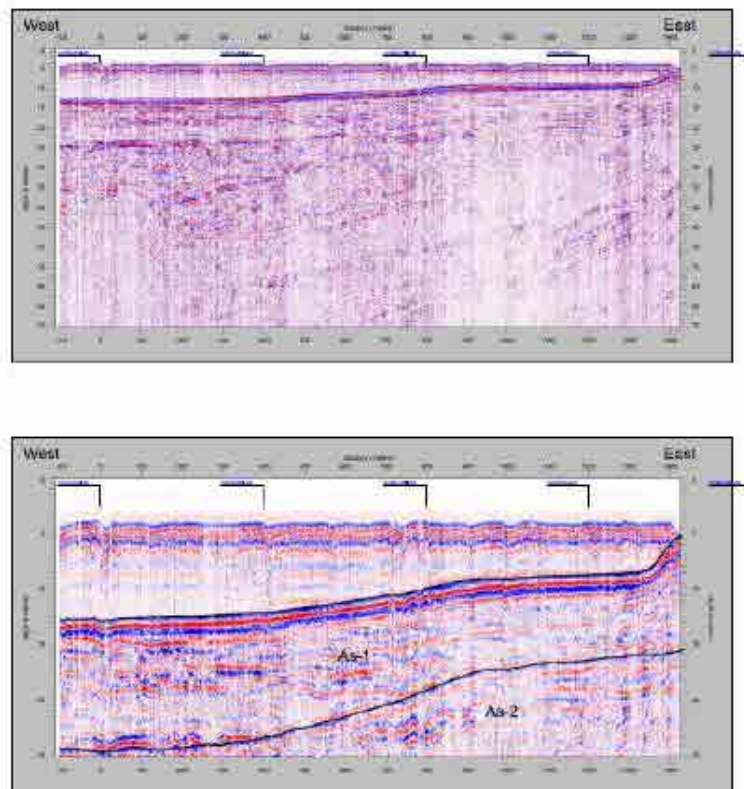


図 17.5-17 (6) 地層断面(Survey Line : MSS-WE-10a)

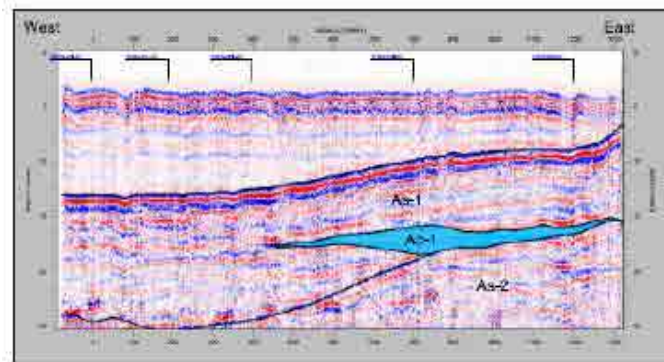
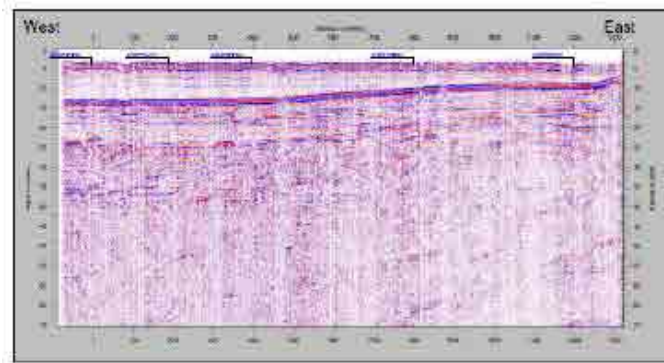


図 17.5-17 (7) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-11)

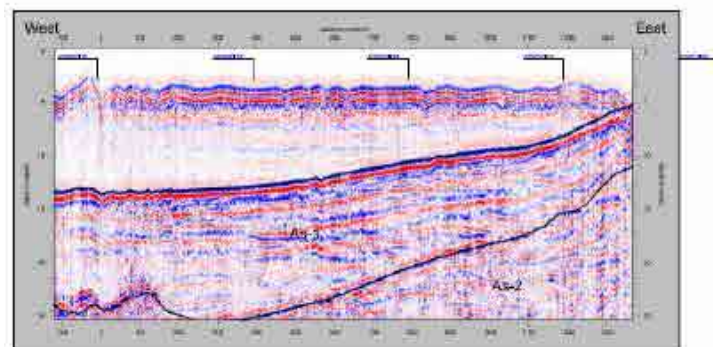
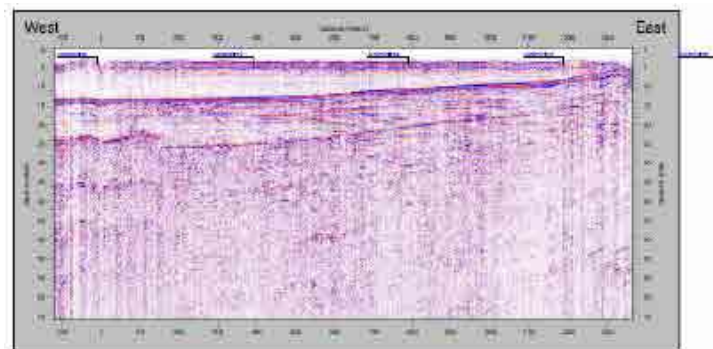


図 17.5-17 (8) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-12)

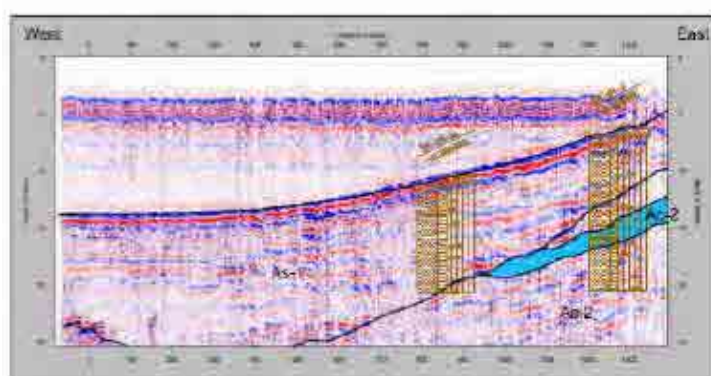
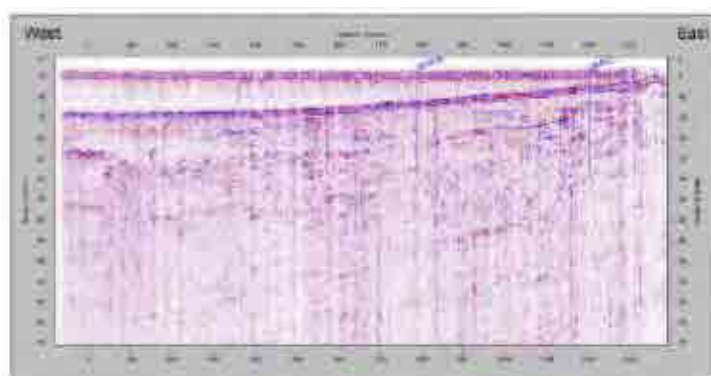


図 17.5-17 (9) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-13)

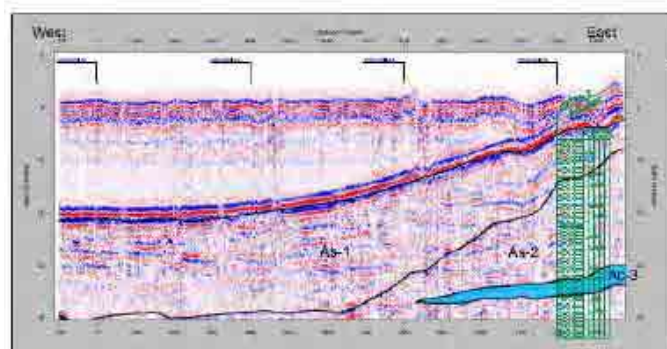
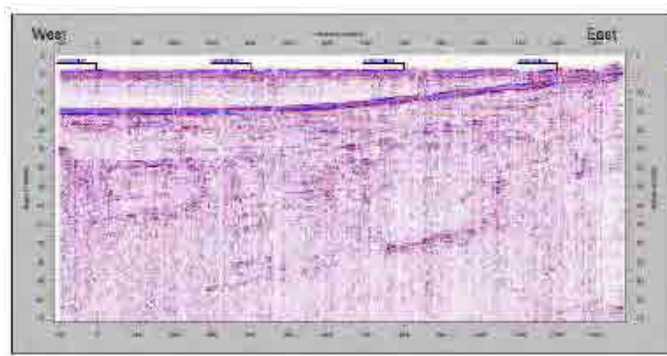


図 17.5-17 (10) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-14)

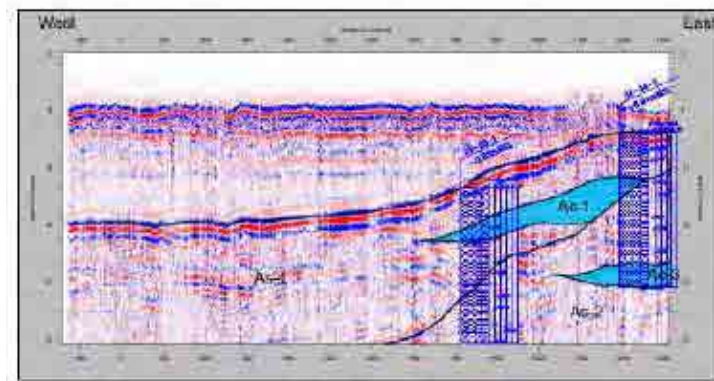
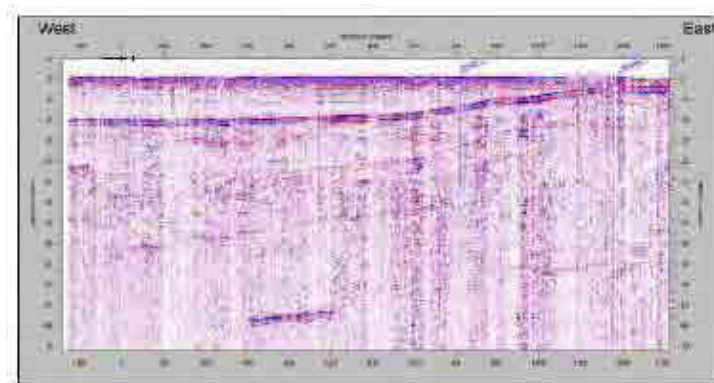


図 17.5-17 (11) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-15)

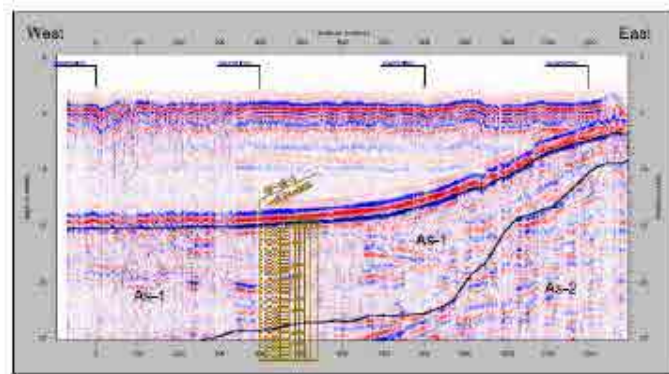
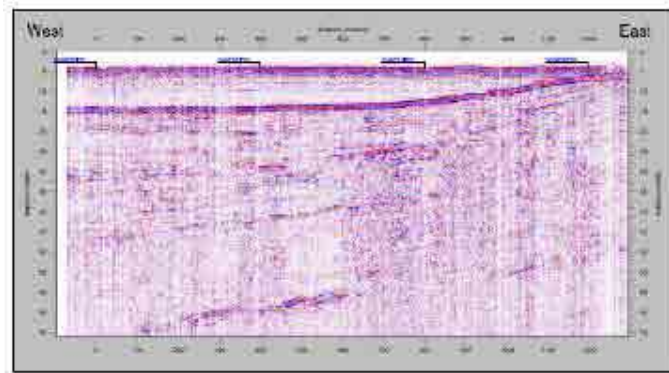


図 17.5-17 (12) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-16a)

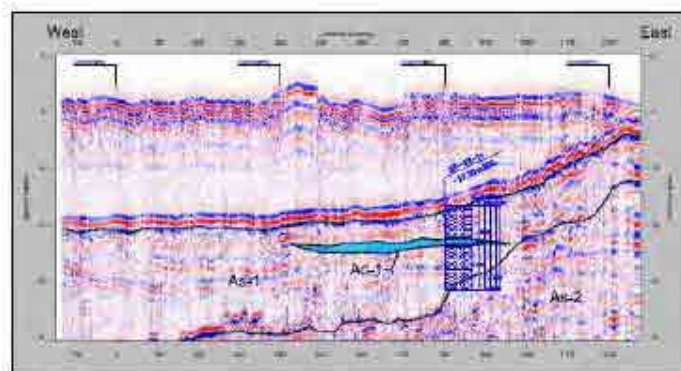
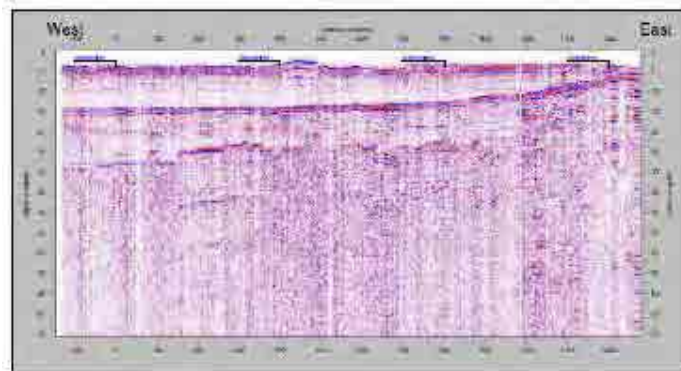


図 17.5-17 (13) 地層断面(Survey Line : MSS-WE-17a)

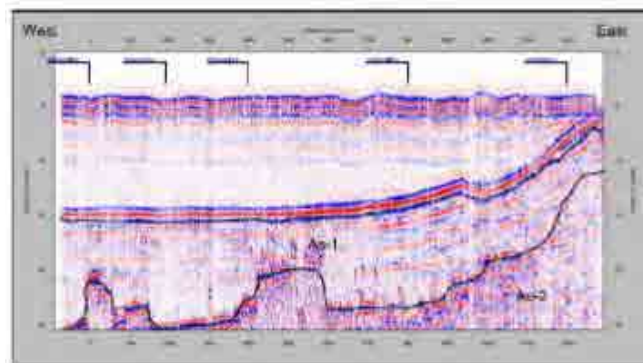
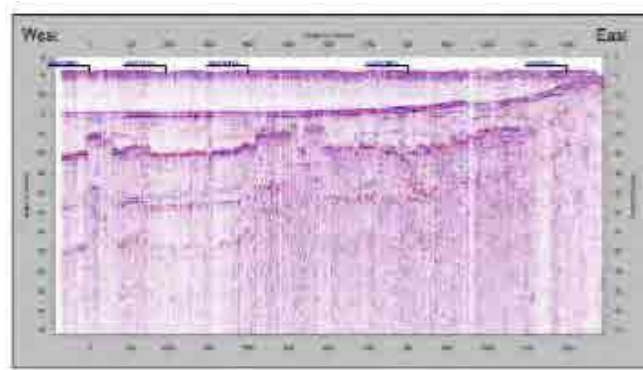


図 17.5-17 (14) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-18a)

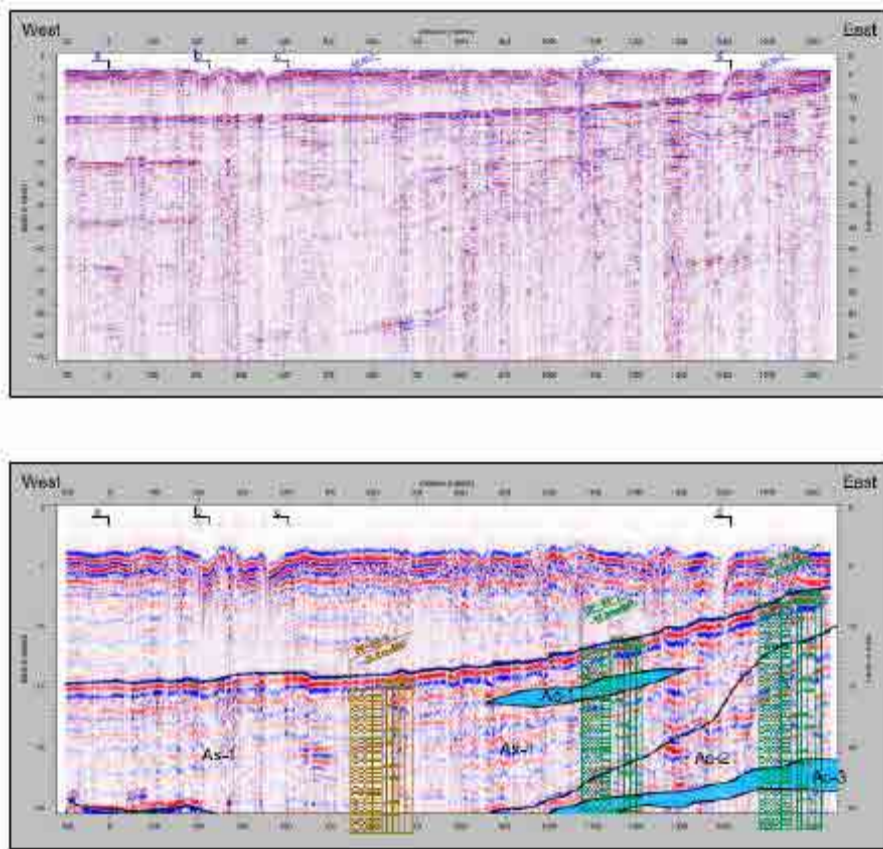


図 17.5-17 (15) 地層断面(Survey Line : MSS- CC-01)

(5) スウェーデン式サウンディング

ボーリング調査位置の間の地盤の性状、及び砂質土出現深度を把握するために、46 地点にてスウェーデン式サウンディングを実施した。各地点の位置と調査深度を表 17.5-5 に示し、調査位置を図 17.5-1 に、Ac-1 層の層厚と洪積土層の標高をそれぞれ図 17.5-13、17.5-14 に示す。

表 17.5-5 サウンディング数量表

	SW No	Line	Coordinates		GL (MSL m)	Completed on	Final Depth (m)	
			Easting (m)	Northing (m)				
Approach & Channel Area	1	SW-10a-13a	382,480.85	2,400,321.06	0.42	2014/10/27	12.58	
	2	SW-10a-14	Channel Center	382,270.29	2,400,119.57	1.17	2014/10/2	6.39
	3	SW-10a-15		382,384.63	2,399,919.98	1.37	2014/10/28	11.50
	4	SW-11a-09		382,944.51	2,401,138.27	-0.78	2014/10/1	7.37
	5	SW-11a-13a		382,869.29	2,400,319.97	1.53	2014/10/30	13.92
	6	SW-11a-15		382,945.54	2,399,912.91	1.07	2014/10/24	5.20
	7	SW-12-10		383,076.73	2,400,996.10	1.87	2014/9/30	16.26
	8	SW-12-14	Channel Center	383,059.75	2,400,120.04	1.35	2014/9/28	5.14
	9	SW-12a-11		383,327.49	2,400,718.41	1.48	2014/9/29	6.59
	10	SW-12a-12a		383,269.33	2,400,505.14	1.54	2014/10/31	11.16
	11	SW-12a-15a		383,259.26	2,399,866.59	1.25	2014/10/24	9.88
	12	SW-13-13		383,475.69	2,400,356.68	1.67	2014/9/27	9.60
	13	SW-13-15		383,469.07	2,399,919.28	1.35	2014/9/26	9.53
	14	SW-13-16		383,469.25	2,399,803.75	1.56	2014/9/26	9.59
Subtotal						14	134.73	
Plant Area	15	SW-14-12		383,758.03	2,400,622.67	1.37	2014/9/25	9.82
	16	SW-14-14	Plant Center	383,758.15	2,400,120.10	1.11	2014/9/22	11.93
	17	SW-14-15		383,742.37	2,399,922.10	1.19	2014/9/25	12.90
	18	SW-16-11		384,023.23	2,400,724.61	1.20	2014/10/8	4.72
	19	SW-16-12		384,024.99	2,400,526.71	1.11	2014/10/7	11.79
	20	SW-16-13		384,023.21	2,400,357.63	1.05	2014/10/7	9.19
	21	SW-16-14	Plant Center	384,024.51	2,400,120.13	1.11	2014/9/22	21.20
	22	SW-16-15		384,020.69	2,399,918.38	1.21	2014/10/3	20.05
	23	SW-16-17		384,023.40	2,399,681.52	1.08	2014/10/3	17.48
	24	SW-17-14	Plant Center	384,179.12	2,400,120.00	0.82	2014/9/20	19.25
	25	SW-18-11		384,338.02	2,400,724.93	1.00	2014/10/22	9.24
	26	SW-18-12		384,334.91	2,400,523.71	1.04	2014/10/21	18.63
	27	SW-18-13		384,337.66	2,400,358.21	0.90	2014/10/20	19.69
	28	SW-18-14	Plant Center	384,337.61	2,400,120.17	0.84	2014/9/20	19.00
	29	SW-18-15		384,338.04	2,399,919.02	0.89	2014/10/18	20.49
	30	SW-18-17		384,338.12	2,399,681.50	1.07	2014/10/17	14.35
	31	SW-19-17		384,491.12	2,399,680.61	1.13	2014/10/17	20.06
	32	SW-20-11		384,642.02	2,400,723.56	0.98	2014/10/8	14.80
	33	SW-20-12		384,643.55	2,400,525.67	0.89	2014/10/9	16.11
	34	SW-20-13		384,642.32	2,400,361.98	0.82	2014/10/9	16.80
	35	SW-20-14	Plant Center	384,622.92	2,400,120.58	0.96	2014/9/19	19.35
	36	SW-20-15		384,641.54	2,399,921.60	0.98	2014/10/10	18.93
	37	SW-20-17		384,641.96	2,399,680.00	0.97	2014/10/11	14.20
	38	SW-21-14	Plant Center	384,791.12	2,400,119.98	0.79	2014/9/18	16.95
	39	SW-22-11		384,942.53	2,400,723.40	0.92	2014/10/15	18.43
	40	SW-22-12		384,938.19	2,400,522.42	0.00	2014/10/15	14.47
	41	SW-22-13		384,940.34	2,400,362.21	0.73	2014/10/14	15.03
	42	SW-22-15		384,940.92	2,399,923.67	0.67	2014/9/17	11.55
	43	SW-22-16		384,943.27	2,399,805.42	0.69	2014/10/16	11.29
	44	SW-24-11		385,290.26	2,400,725.39	0.89	2014/10/14	16.03
	45	SW-24-12		385,293.53	2,400,525.82	1.02	2014/10/13	15.80
	46	SW-24-14	Plant Center	385,292.18	2,400,120.01	0.68	2014/10/12	10.30
Subtotal						32	491.20	
Total						46	625.93	

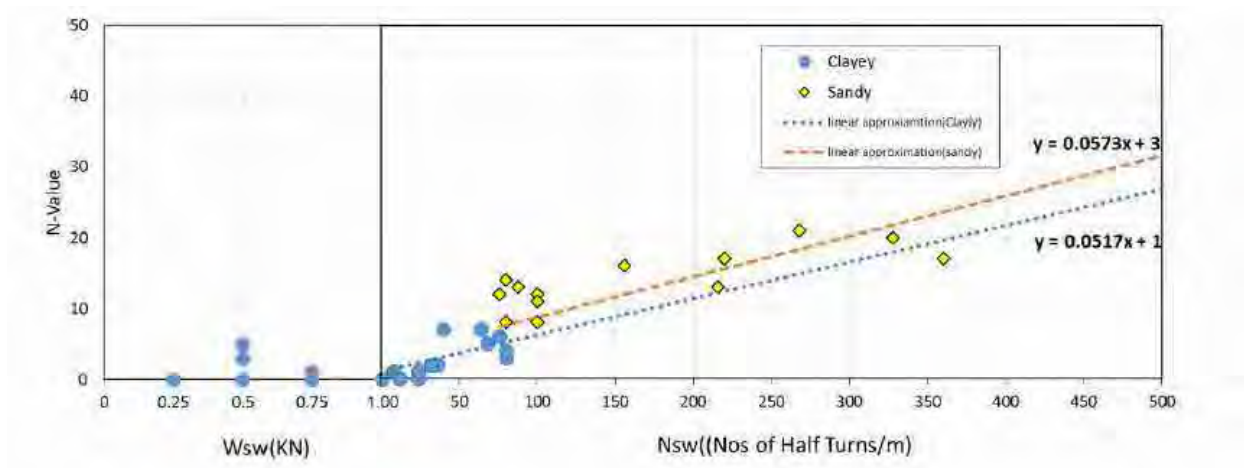


図 17.5-18 Wsw, Nsw と N 値の相関図

(6) 水質試験、底質試験

海域における水質と濁度、海底面の地質性状を把握するために、3 測線にてサンプリングを実施した。底質のサンプリングは雨季（9 月 11 日～15 日）と乾季（11 月 4 日～8 日）の計 2 回実施している。各地点における調査数量を表 17.5-6 に、調査地点を図 17.5-19 示す。

表 17.5-6 水質、低湿調査数量

Line	Point		Coordinates		Rainy Season (Sampling on 11 to 15 September)			Dry Season (Sampling on 4th to 8th November)		Remarks	
	No	Name	N (m)	E (m)	Elevation* (MSL m)	Water Sampling**		Sediment Sampling**	Elevation*** (MSL m)		Sediment Sampling**
						Top	Bottom				
Line 1	1	Start of Line	2,400,376	382,744	1.56				1.56		
	2	SL-1-0	2,400,102	382,150	0.00				0.05	1	****
	3	SL-1-1	2,400,125	382,107	-1.00	1	1	1	-0.79	1	
	4	SL-1-2	2,400,159	382,042	-2.00			1	-1.51	1	
	5	SL-1-3	2,400,191	381,983	-3.00	1	1	1	-2.52	1	
	6	SL-1-4	2,400,208	381,951	-4.00			1	-3.31	1	
	7	SL-1-5	2,400,224	381,919	-5.00	1	1	1	-4.33	1	
	8	SL-1-6	2,400,249	381,874	-6.00			1	-5.23	1	
	9	SL-1-7	2,400,276	381,821	-7.00	1	1	1	-6.46	1	
	10	SL-1-8	2,400,314	381,750	-8.00			1	-7.77	1	
	11	SL-1-9	2,400,332	381,717	-9.00	1	1	1	-8.23	1	
	12	SL-1-10	2,400,372	381,642	-10.00			1	-9.27	1	
	13	SL-1-11	2,400,499	381,404	-11.00	1	1	1	-10.28	1	
	14	SL-1-12	2,400,527	381,350	-12.00			1	-11.05	1	
	15	SL-1-13	2,400,662	381,095	-13.00	1	1	1	-12.32	1	
	16	SL-1-end	2,401,084	380,303	-12.63			1	-12.39	1	
Subtotal						7	7	14		15	
Line 2	1	Start of Line	2,399,904	382,520	2.54				2.54		
	2	SL-2-0	2,400,424	382,654	0.00				0.11	1	****
	3	SL-2-1	2,400,564	382,388	-1.00			1	-0.43	1	
	4	SL-2-2	2,400,641	382,243	-2.00				-1.60		
	5	SL-2-3	2,400,668	382,193	-3.00			1	-3.08	1	
	6	SL-2-4	2,400,676	382,177	-4.00				-3.69		
	7	SL-2-5	2,400,686	382,158	-5.00			1	-4.39	1	
	8	SL-2-6	2,400,699	382,134	-6.00				-5.25		
	9	SL-2-7	2,400,712	382,110	-7.00			1	-6.15	1	
	10	SL-2-8	2,400,734	382,068	-8.00				-7.42		
	11	SL-2-9	2,400,796	381,950	-9.00			1	-8.48	1	
	12	SL-2-10	2,400,957	381,646	-10.00				-9.47		
	13	SL-2-11	2,401,099	381,377	-11.00			1	-11.02	1	
	14	SL-2-12	2,401,114	381,349	-12.00				-11.21		
	15	SL-2-end	2,401,534	380,555	-12.38			1	-11.32	1	
Subtotal						0	0	7		8	
Line 3	1	Start of Line	2,399,493	382,269	1.76				1.76		
	2	SL-3-0	2,399,653	381,962	0.00				0.37	1	****
	3	SL-3-1	2,399,665	381,939	-1.00			1	-0.50	1	
	4	SL-3-2	2,399,709	381,854	-2.00				-1.66		
	5	SL-3-3	2,399,741	381,792	-3.00			1	-2.92	1	
	6	SL-3-4	2,399,751	381,772	-4.00				-3.54		
	7	SL-3-5	2,399,765	381,745	-5.00			1	-4.32	1	
	8	SL-3-6	2,399,794	381,689	-6.00				-5.47		
	9	SL-3-7	2,399,827	381,627	-7.00			1	-6.02	1	
	10	SL-3-8	2,399,855	381,573	-8.00				-7.17		
	11	SL-3-9	2,399,879	381,526	-9.00			1	-8.00	1	
	12	SL-3-10	2,399,903	381,480	-10.00				-8.65		
	13	SL-3-11	2,399,937	381,415	-11.00			1	-10.06	1	
	14	SL-3-12	2,399,983	381,326	-12.00				-11.25		
	15	SL-3-13	2,400,067	381,165	-13.00			1	-12.23	1	
	16	SL-3-end	2,400,643	380,000	-12.42			1	-12.00	1	
Subtotal						0	0	6		9	
Total						7	7	29		32	

 : Sampling Point
 * Elevations were measured by echo sounder and land survey from 11 to 15 September.
 ** All the samples were subjected to laboratory tests.
 Sediments were to sieve analysis and water samples were to Total Suspended Solid determination.
 *** Elevations were measured by echo sounder on 22 November/
 **** Additional Sampling on 22 November.

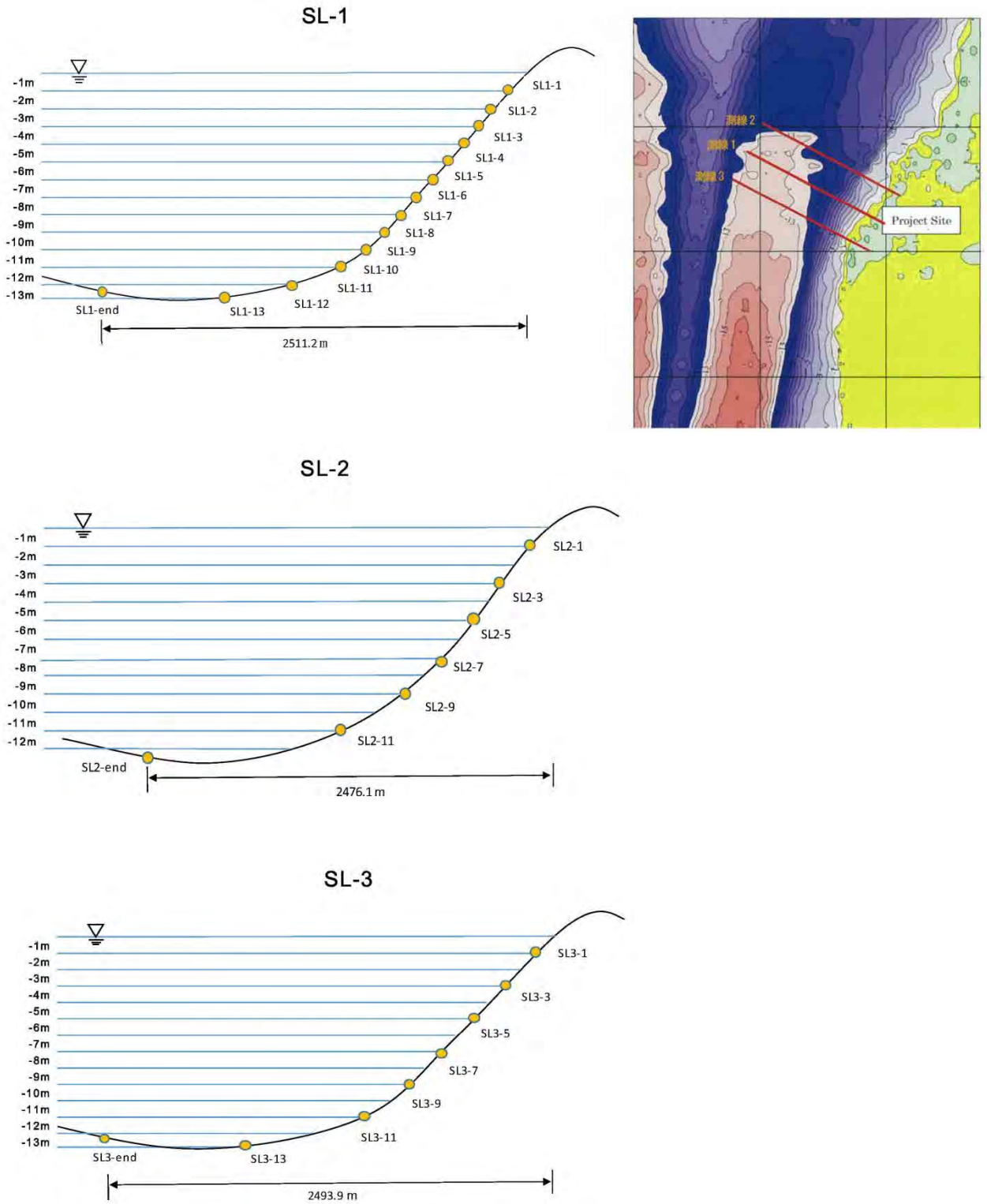
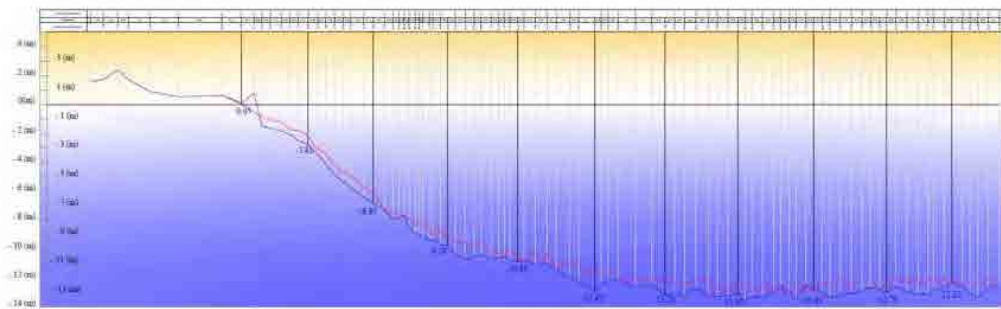
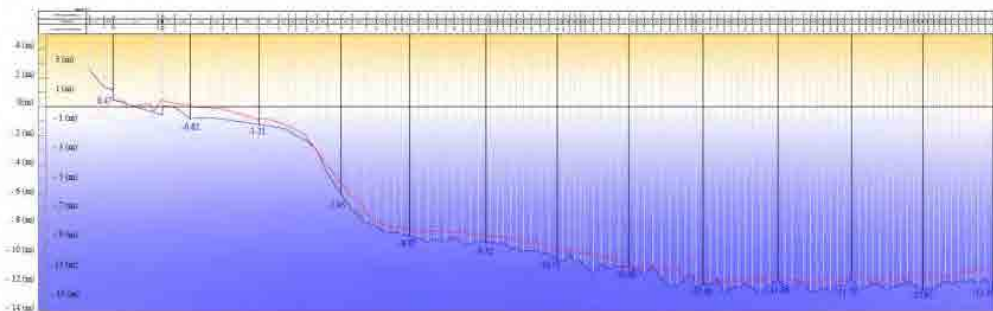


図 17.5-19 サンプルング位置

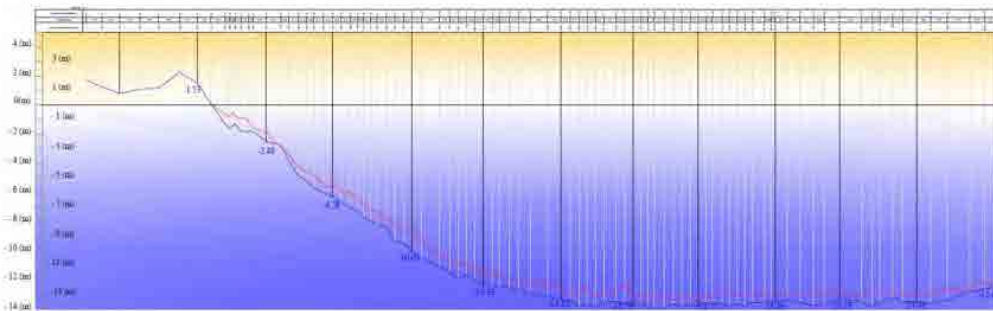
なお、3 測線のサンプリング箇所の海底の標高は、エコーサウンディングにて雨季（9 月）と乾季（11 月）の両方で測定された。エコーサウンディングによる海底地形断面を図 17.5-20 に示す。



Line-1



Line-2



Line-3

図 17.5-20 エコーサウンディング結果

Bangladesh 国 チッタゴン石炭火力発電所建設事業準備調査
ファイナルレポート（発電所・港湾・送電線・アクセス道路・自然条件調査）

表 17.5-7 に調査地の粒度組成（雨期、乾期）を示す。

表 17.5-7 水質、低湿調査試験結果一覧

Line	Points		Coordinate		Rainy Season (Sampling on 11 to 15 September)				Dry Season (Sampling on 4th to 8th November)				Remarks		
	No	Name	N (m)	E (m)	Elevation* (MSL m)	Contents (%)			D50 (mm)	Elevation* (MSL m)	Contents (%)			D50 (mm)	
						Clay & Silt	Sand	Gravel			Clay & Silt	Sand			Gravel
Line 1	1	SL-1-0	2,400,102	382,150	0.00	-	-	-	-	0.05	1.5	98.5	0.0	0.265	***
	2	SL-1-1	2,400,125	382,107	-1.00	0.9	99.1	0.0	0.276	-0.79	5.9	94.1	0.0	0.155	
	3	SL-1-2	2,400,159	382,042	-2.00	46.8	53.2	0.0	0.077	-1.51	21.5	78.5	0.0	0.095	
	4	SL-1-3	2,400,191	381,983	-3.00	27.6	72.4	0.0	0.088	-2.52	41.2	58.8	0.0	0.080	
	5	SL-1-4	2,400,208	381,951	-4.00	21.6	78.4	0.0	0.096	-3.31	19.6	80.4	0.0	0.125	
	6	SL-1-5	2,400,224	381,919	-5.00	19.6	80.4	0.0	0.101	-4.33	18.7	81.3	0.0	0.106	
	7	SL-1-6	2,400,249	381,874	-6.00	23.3	76.7	0.0	0.088	-5.23	14.7	85.3	0.0	0.102	
	8	SL-1-7	2,400,276	381,821	-7.00	21.6	78.4	0.0	0.088	-6.46	15.3	84.7	0.0	0.091	
	9	SL-1-8	2,400,314	381,750	-8.00	21.3	78.7	0.0	0.086	-7.77	14.2	85.8	0.0	0.094	
	10	SL-1-9	2,400,332	381,717	-9.00	21.0	79.0	0.0	0.087	-8.23	10.8	89.2	0.0	0.099	
	11	SL-1-10	2,400,372	381,642	-10.00	20.7	79.3	0.0	0.093	-9.27	15.7	84.3	0.0	0.099	
	12	SL-1-11	2,400,499	381,404	-11.00	13.5	86.5	0.0	0.100	-10.28	31.3	68.7	0.0	0.084	
	13	SL-1-12	2,400,527	381,350	-12.00	21.5	78.5	0.0	0.092	-11.05	30.0	70.0	0.0	0.084	
	14	SL-1-13	2,400,662	381,095	-13.00	23.2	76.8	0.0	0.115	-12.32	64.4	35.6	0.0	-	
	15	SL-1-end	2,401,084	380,303	-12.63	22.9	76.7	0.4	0.287	-12.39	89.9	10.1	0.0	-	
Line 2	1	SL-2-0	2,400,424	382,654	0.00	-	-	-	-	0.11	45.8	54.2	0.0	0.088	***
	2	SL-2-1	2,400,564	382,388	-1.00	1.4	98.6	0.0	0.161	-0.43	4.6	95.4	0.0	0.146	
	3	SL-2-3	2,400,668	382,193	-3.00	7.8	92.2	0.0	0.144	-3.08	20.5	79.5	0.0	0.103	
	4	SL-2-5	2,400,686	382,158	-5.00	2.7	97.2	0.1	0.175	-4.39	11.3	88.7	0.0	0.162	
	5	SL-2-7	2,400,712	382,110	-7.00	13.9	86.1	0.0	0.101	-6.15	13.2	86.8	0.0	0.130	
	6	SL-2-9	2,400,796	381,950	-9.00	20.5	79.5	0.0	0.087	-8.48	9.4	90.6	0.0	0.116	
	7	SL-2-11	2,401,099	381,377	-11.00	1.7	98.3	0.0	0.124	-11.02	24.1	75.9	0.0	0.088	
	8	SL-2-end	2,401,534	380,555	-12.38	98.1	1.9	0.0	-	-11.32	94.0	6.0	0.0	-	
Line 3	1	SL-3-0	2,399,653	381,962	0.00	-	-	-	-	0.37	2.3	97.7	0.0	0.276	***
	2	SL-3-1	2,399,665	381,939	-1.00	7.3	92.7	0.0	0.241	-0.50	14.5	85.5	0.0	0.098	
	3	SL-3-3	2,399,741	381,792	-3.00	25.0	75.0	0.0	0.091	-2.92	9.0	91.0	0.0	0.130	
	4	SL-3-5	2,399,765	381,745	-5.00	14.6	85.4	0.0	0.164	-4.32	9.2	90.8	0.0	0.105	
	5	SL-3-7	2,399,827	381,627	-7.00	20.4	79.6	0.0	0.093	-6.02	8.7	91.3	0.0	0.106	
	6	SL-3-9	2,399,879	381,526	-9.00	24.7	75.3	0.0	0.090	-8.00	9.4	90.6	0.0	0.116	
	7	SL-3-11	2,399,937	381,415	-11.00	23.9	76.1	0.0	0.087	-10.06	11.7	88.3	0.0	0.112	
	8	SL-3-13	2,400,067	381,165	-13.00	15.1	84.9	0.0	0.108	-12.23	30.4	69.6	0.0	0.084	
	9	SL-3-end	2,400,643	380,000	-12.42	38.9	61.1	0.0	0.123	-12.00	8.4	91.6	0.0	0.176	

* Elevations were measured by echo sounder and land survey from 11 to 15 September.
** Elevations were measured by echo sounder on 22 November
*** Additional Sampling on 22 November.

調査地点における浮遊物質 (Total Suspended Solids: TSS) の集計結果を表 17.5-8、図 17.5-21 に示す。

表 17.5-8 浮遊物質(TSS)集計結果

Sample Depth (m)		Cup No	Cup+ Filter (mg)	Sample Volume (ml)	SS+Cup+ Filter (mg)	TSS (mg/L)	Remarks
1.00	Top	1	12831.00	102	13172.00	3343.14	
1.00	Bottom	2	12777.00	50	12943.00	3320.00	
3.00	Top	3	12582.00	88	12680.00	1113.64	
3.00	Bottom	4	12580.00	75	12695.00	1533.33	
5.00	Top	5	12602.00	60	12672.00	1166.67	
5.00	Bottom	6	12820.00	70	13067.00	3528.57	
7.00	Top	7	12566.00	72	12625.00	819.44	
7.00	Bottom	8	12850.00	40	12967.00	2925.00	
9.00	Top	9	12476.00	186	12510.00	182.80	
9.00	Bottom	10	12615.00	100	12917.00	3020.00	
11.00	Top	11	12671.00	118	12692.00	177.97	
11.00	Bottom	12	12674.00	68	12764.00	1323.53	
13.00	Top	13	12572.00	149	12595.00	154.36	
13.00	Bottom	14	12918.00	50	12988.00	1400.00	

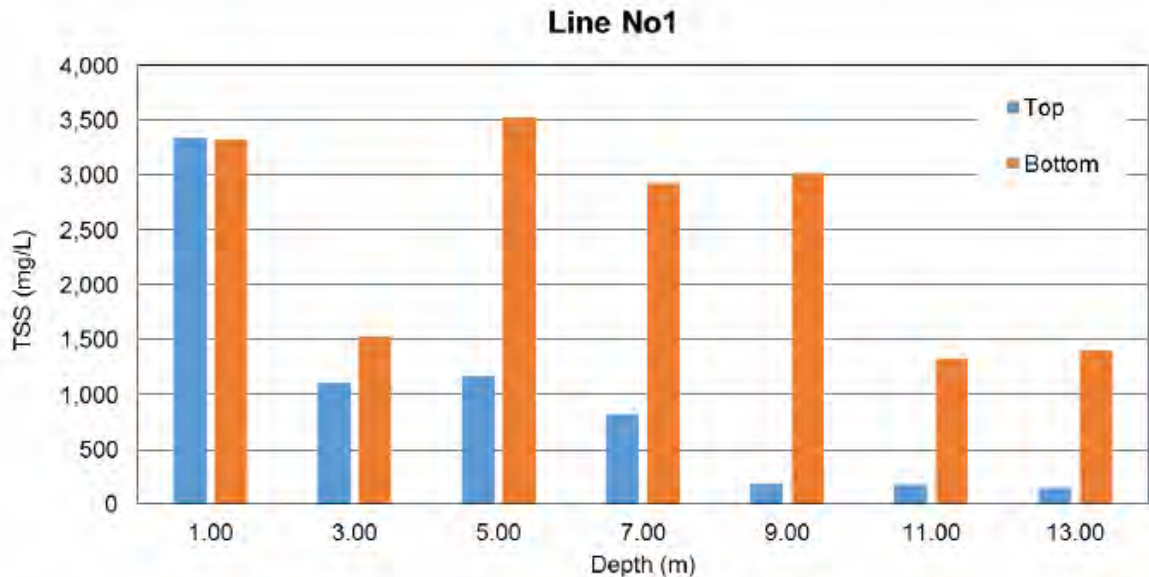


図 17.5-21 浮遊物質(TSS)集計結果 (側線 No.1)

(7) 汚染物質に関する化学試験結果

調査地の土質及び浮遊部室の化学特性は室内試験にて測定された。試験結果の詳細を表 17.5-9 に示す。

表 17.5-9 化学試験結果

	Pollutant	Allowable contents* (per test solution 1L otherwise stated)	Borehole No.	Result of Analysis (mg/L)								Detection Limit)	
				Sample No.	OF-05-2			LD-2-13-2					
					D-1	D-2	D-4	SPT-2	D-3	SPT-10	D-5		
					Depth from to (m)	1.00	3.00	7.00	2.00	9.00	14.00		18.00
1	Alkyl mercury compound	Not be detected		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005		
2	Mercury and its compounds	0.005mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005		
3	Cadmium and its compounds	0.1mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.001		
4	Lead and its compounds	0.1mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01		
5	Organic phosphorus compound	1mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1		
6	Hexavalent chromium compound	0.5mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.04		
7	Arsenic and its compounds	0.1mg or less		ND	0.008	ND	0.005	ND	0.007	0.012	0.005		
8	Cyanides	1mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1		
9	Polychlorinated biphenyls (PCBs)	0.003mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005		
10	Copper and its compounds	3mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02		
11	Zinc and its compounds	2mg or less		0.005	0.006	0.087	ND	0.008	ND	ND	0.005		
12	Fluorides	15mg or less		ND	0.1	ND	0.2	ND	ND	ND	0.1		
13	Trichloroethylene	0.3mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002		
14	Tetrachloroethylene	0.1mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005		
15	Beryllium and its compounds	2.5mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05		
16	Chromium and its compounds	2mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.04		
17	Nickel and its compounds	1.2mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01		
18	Vanadium and its compounds	1.5mg or less		ND	0.02	ND	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01		
19	Organochlorine compound	40mg or less per sample 1kg		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4mg/kg-wet		
20	Dichloromethane	0.2mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002		
21	Carbon tetrachloride	0.02mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0002		
22	1,2 - dichloroethane	0.04mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0004		
23	1,1 - dichloroethylene	1mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002		
24	Cis-1,2 - dichloroethylene	0.4mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.004		
25	1,1,1 - trichloroethane	3mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005		
26	1,1,2 - trichloroethane	0.06mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0006		
27	1,3 - dichloropropene	0.02mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0002		
28	Thiuram	0.06mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0006		
29	Simazine	0.03mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0003		
30	Thiobencarb	0.2mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002		
31	Benzene	0.1mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.001		
32	Selenium and its compounds	0.1mg or less		ND	ND	ND	0.004	0.002	ND	ND	0.002		
33	1,4 - dioxane	0.5mg or less		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05		
34	Dioxins	10pg-TEQ or less		0.00021	0.086	0.0012	0.012	0.00058	0.018	0.000087	-		

*Allowable metal contents in the waste to be used for reclamation, The Prime Minister's Office Ordinance No. 6, 1973
 ND indicates value below the detection limit.

(8) 室内試験結果

地盤の土質特性を把握することを目的として、粘性土層からサンプリングした不攪乱試料および砂質土層からサンプリングした攪乱試料を用いて室内土質試験を実施した。その結果は添付資料のデータシートに示したとおりである。各地点における試験の種類と数量を表 17.5-10 に示す。また、表 17.5-11 に試験結果を示す。

Bangladesh 国 チッタゴン石炭火力発電所建設事業準備調査
 ファイナルレポート (発電所・港湾・送電線・アクセス道路・自然条件調査)

表 17.5-10 各地点の試験種類と数量一覧

Lab Test Plan

At Off-Site Laboratory

Area	BH No	Physical Property Tests						Test Item				Cons	Compaction Tests	Chemical Pro. Tests	TSS	Remarks
		Gt*	Wn	Gs	LL & PL	Sieve	Hydro	QU	Triaxial Tests							
								UU	CU bar	CD						
Approach Area	OF-02-1		4	4		4	4									
	OF-03-1		4	4	2	4	4									
	OF-03-1a		2	2		2	2									
	OF-03-1b		3	3		3	3									
	OF-03-1c		1	1		1	1			1			1			
	OF-04-1	1	4	4	2	4	4									
	OF-04-2		5	5		5	5			1			1			
	OF-04-3		4	4		4	4									
	OF-05-1		8	8	2	8	8									
	OF-05-1a		6	6	1	6	6									
	OF-05-1b		4	4		4	4									
	OF-05-2		11	11		11	11			3			3	3		
	OF-05-3		7	7	2	7	7									
OF-05-3a		3	3		3	3				1		1				
OF-05-3b		3	3	1	3	3			1			1				
Channel Area	LD-12-1	1	7	7	1	7	7		1	4		1	3			
	LD2-10a-1	2	6	6	2	6	6									
	LD2-11-1	4	7	7	2	7	7		3	1	1	3	1			
	LD2-11-1a	3	7	7	3	7	7				1		1			
	LD2-11-1b	3	6	6	2	6	6		1	1						
	LD2-12-1a	1	6	6	3	6	6		2		3	2				
	LD2-12-1b	2	8	8	2	8	8				1		1			
	LD2-13-1	3	6	6	3	6	6				1		1			
LD2-13-2	1	7	7	3	7	7	1			4	1	5	4			
LD2-13-3	1	8	8	3	8	8				2		2				
Power Plant Area	PP-14-1	3	4	4	2	4	4									
	PP-14-2	3	7	7	5	7	7	2	4		2	4				
	PP-14-3	6	6	6	6	6	6									
	PP-17-1	3	4	4	4	4	4		3	2		4				
	PP-21-1	3	4	4	4	4	4		2	1	1	2				
	PP-21-2	3	6	6	3	6	6	1	2	1	1	2				
	PP-21-3	2	5	5	2	5	5		1		1	1	1			
	PP-24-1	2	5	5	2	5	5		2		1	2				
	PP3-15-1	2	2	2	2	2	2									
	PP3-15-2	6	6	6	6	6	6									
	PP3-17-1	3	4	4	4	4	4									
	PP3-17-2	4	4	4	4	4	4									
	PP3-19-1	6	6	6	6	6	6									
	PP3-19-2	3	5	5	3	5	5		2	1		3				
	PP3-19-3	3	3	3	3	3	3									
	PP3-23-1	2	3	3	1	3	3									
	PP3-23-2	2	4	4	2	4	4		2			2				
PP3-23-3	2	2	2	2	2	2										
PP3-24-1	2	3	3	1	3	3										
PP3-24-2	2	3	3	2	3	3										
SBS Samples					3	3									Sediment soil sample	
Additional					2	2									From outcrops	
Total		84	223	223	98	228	228	4	25	7	30	27	22	7	0	

*Gt: All the bulk density measurements were done at the site laboratory.

At Site Laboratory

Area	BH No	Physical Property Tests						Test Item				Cons	Compaction Tests	Chemical Pro. Tests	TSS	Remarks
		Gt	Wn	Gs	LL & PL	Sieve	Hydro	QU	Triaxial Tests							
								UU	CU bar	CD						
SBS	SL-1					28									14	
	SL-2					14										
	SL-3					16										
Drilling	LD2-11-1					16										
	LD2-13-2				6	14										
	PP-14-2					11										
AD	PP-21-2					14										
	Additional					3									From outcrops	
Total		0	0	0	6	116	0	0	0	0	0	0	0	0	14	

Total

Area	BH No	Physical Property Tests						Test Item				Cons	Compaction Tests	Chemical Pro. Tests	TSS	Remarks
		Gt	Wn	Gs	LL & PL	Sieve	Hydro	QU	Triaxial Tests							
								UU	CU bar	CD						
Total		84	223	223	104	344	228	4	25	7	30	27	22	7	14	

表 17.5-11 各土質試験結果一覧

Layer	Distribution of Area	Thickness of Layer (m)	Color	Relative Density or Consistency	Material	N value	Wn (%)	Wet Density (g/cm ³)	Gs	Grained Size			LL	PL	PI	qu/2 (kPa)	cu (kPa)	C (kPa)	φ (deg)	e	Pc (kPa)	Cc
										Sand (%)	Silt (%)	Clay and Colloid (%)										
Bs	Land Offshore	0.6 to 2.6	Brown, Grey	Loose to Medium Dense	Sandy Soil	4 to 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ac-1	Land Power Plant	0.8 to 12.7	Grey, Greenish Grey, Brownish Grey	Very Soft to Soft	Clayey Soil	0 to 4	29.3 to 77.6	1.52 to 1.93	2.68 to 2.78	1 to 41	31 to 57	25 to 67	28 to 80	19 to 37	6 to 44	8.6 to 9.8	10 to 35	38 to 40	0	0.82 to 1.93	35 to 190	0.22
Ac-2	Land Power Plant Offshore	0.9 to 8.7	Grey	Medium Stiff to Stiff	Clayey Soil	4 to 15	25.2 to 37.9	1.75 to 2.02	2.71 to 2.74	2 to 47	24 to 50	23 to 43	25 to 40	15 to 24	6 to 17	-	44 to 71	37	0 to 4	0.69 to 1.05	260 to 450	0.16 to 0.22
Ac-3	Land Power Plant Offshore	1.1 to 9.0	Grey	Stiff to Hard	Clayey Soil	15 to 30	22.0 to 41.6	1.77 to 2.04	2.69 to 2.74	8 to 49	25 to 57	21 to 49	23 to 40	15 to 22	7 to 20	29.2	-	-	-	0.63 to 1.17	190	0.19
As-1	Land Power Plant Offshore	1.1 to 6.0	Grey	Very Loose to Loose	Sandy Soil	0 to 10	19.3 to 30.8	1.71 to 2.05	2.66 to 2.72	53 to 97	2 to 22	10 to 28	-	-	-	-	-	-	-	0.73 to 1.06	-	-
As-2	Land Power Plant Offshore	0.75 to 21.85	Light Grey, Brownish Grey, Yellowish Grey,	Medium Dense to Dense	Sandy Soil	10 to 50	13.9 to 33.6	1.79 to 2.12	2.67 to 2.72	50 to 96	4 to 30	11 to 28	-	-	-	-	-	-	-	0.61 to 0.88	-	-
Dc	Land Power Plant	1.45 to 17.3	Grey	Hard	Clayey Soil	≥ 30	23.1 to 31.0	1.83 to 2.12	2.71 to 2.73	13 to 48	24 to 59	23 to 34	25 to 43	14 to 22	11 to 21	227	-	-	-	0.72 to 0.94	-	-
Ds	Land Power Plant	0.55 to 13.2	Light Grey, Grey, Yellowish Grey	Very Dense	Sandy Soil	≥ 50	12.9	1.97	2.69	94	6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1) 物理特性

①土粒子の密度

各土層の土粒子の密度と深度及び標高における分布図を図 17.5-22 に示す。各土層の概要は以下の通り。

表 17.5-12 各土層の土粒子の密度範囲

Layer	Range of Specific Gravity
Ac-1	2.68 to 2.78
Ac-2	2.71 to 2.74
Ac-3	2.69 to 2.74
As-1	2.66 to 2.72
As-2	2.67 to 2.72
Dc	2.71 to 2.73
Ds	2.69

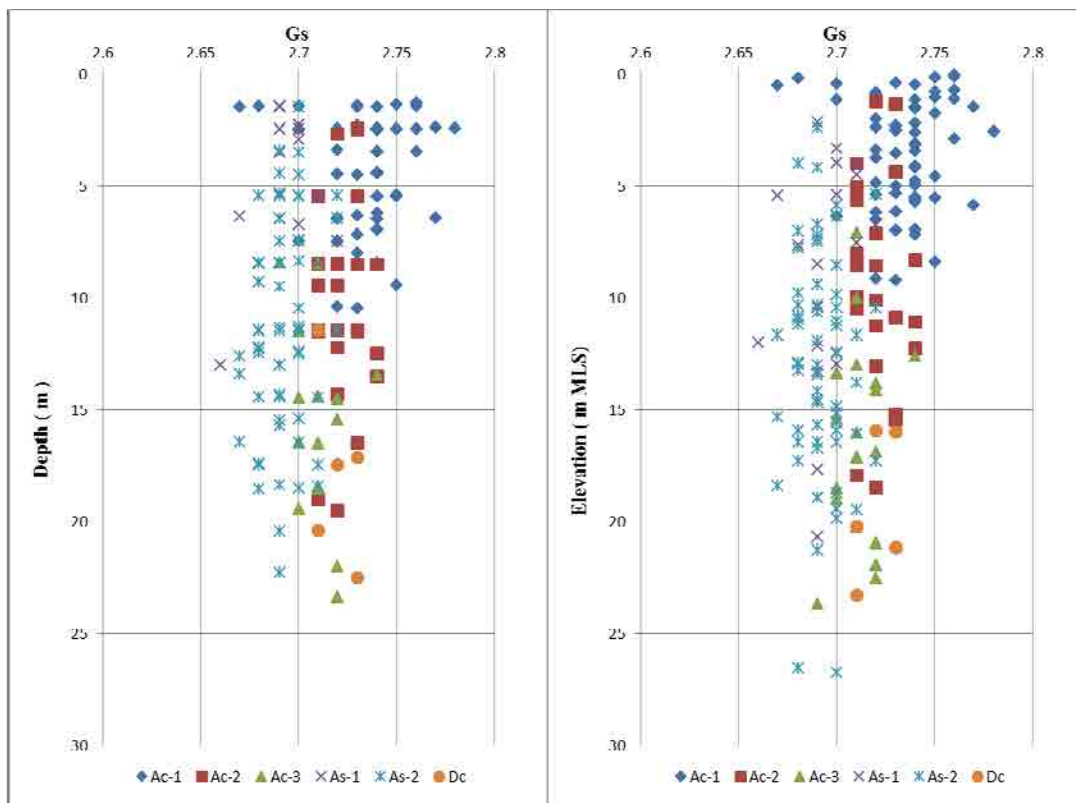


図 17.5-22 土粒子の密度の深度分布図

②含水比と湿潤密度

各土層の含水比と深度及び標高における分布図を図 17.5-23 に示す。各土層の概要は以下の通り。

表 17.5-13 各土層の含水比範囲

Layer	Range of Natural Water Content (%)
Ac-1	29.3 to 77.6
Ac-2	25.2 to 37.9
Ac-3	22.0 to 41.6
As-1	19.3 to 30.8
As-2	13.9 to 33.6
Dc	23.1 to 31.0
Ds	12.9

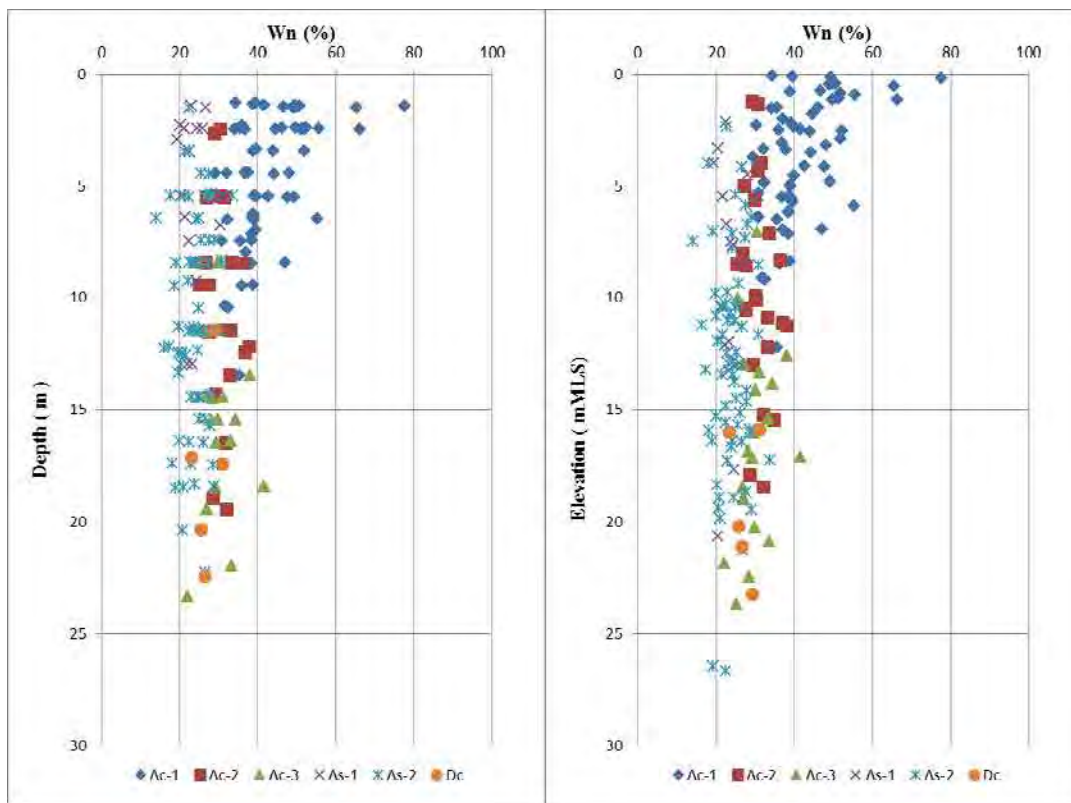


図 17.5-23 含水比の深度分布図

各土層の湿潤密度と深度及び標高における分布図を図 17.5-24 に示す。各土層の概要は以下の通り。

表 17.5-14 各土層の湿潤密度範囲

Layer	Range of Wet density (g/cm^3)
Ac-1	1.52 to 1.93
Ac-2	1.75 to 2.02
Ac-3	1.77 to 2.04
As-1	1.71 to 2.05
As-2	1.79 to 2.12
Dc	1.83 to 2.12
Ds	1.97

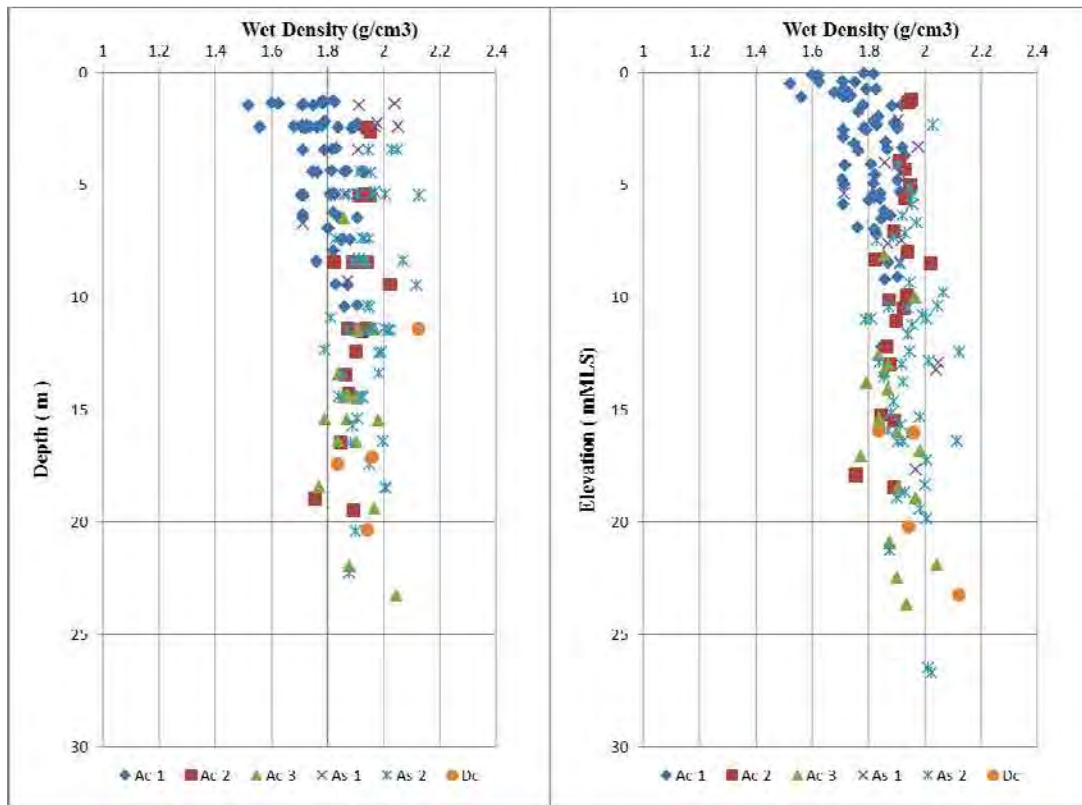


図 17.5-24 湿潤密度の深度分布図

③粒度特性

各土層の粒度組成と深度及び標高における分布図を図 17.5-25, 17.5-26, 17.5-27 に示す。各土層

の概要は以下の通り。

表 17.5-15 各土層の粒度組成範囲

Layer	Range of Sand Content (%)	Range of Silt Content (%)	Range of Clay and Colloid Content (%)
Ac-1	1 to 41	31 to 57	25 to 67
Ac-2	2 to 47	24 to 50	23 to 43
Ac-3	8 to 49	25 to 57	21 to 49
As-1	53 to 97	2 to 22	10 to 28
As-2	50 to 96	4 to 30	11 to 28
Dc	13 to 48	24 to 59	23 to 34
Ds	94	6	0

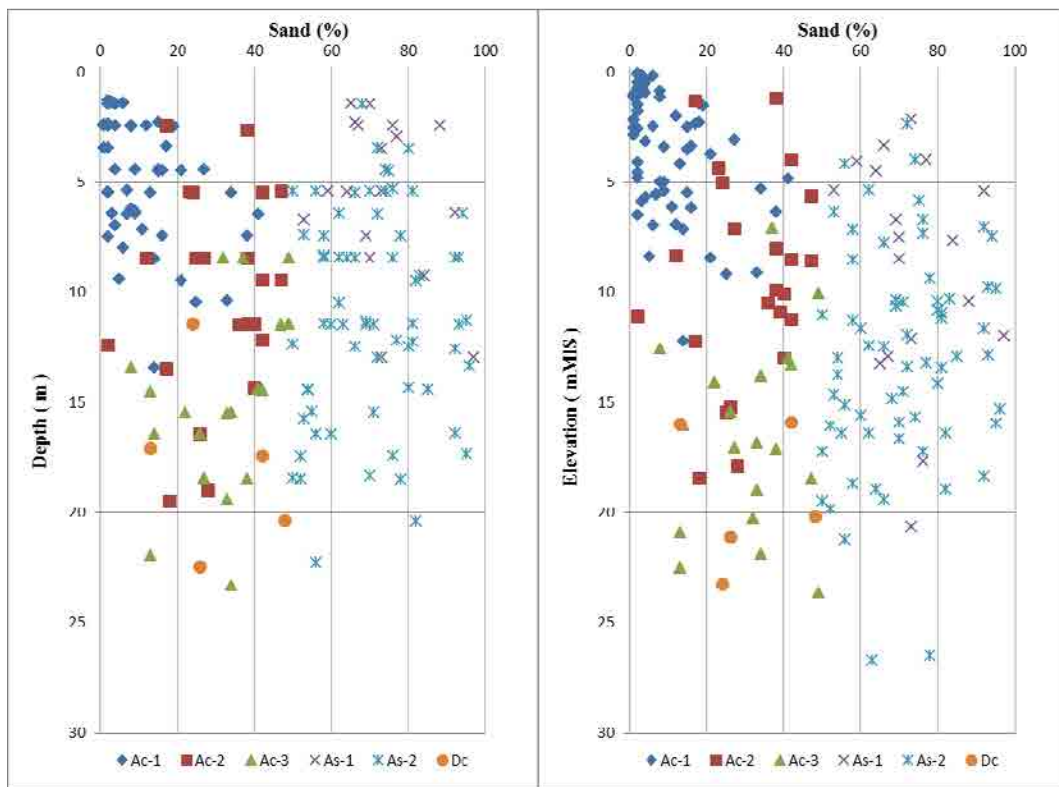


図 17.5-25 砂分の深度分布図

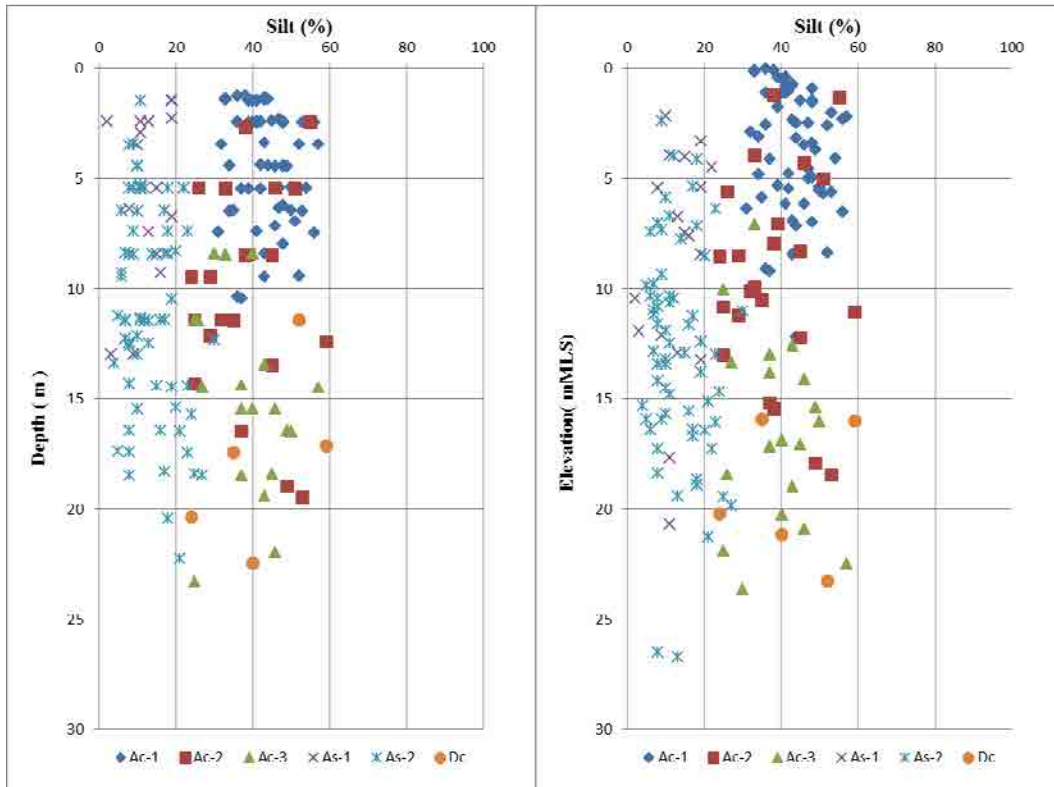


図 17.5-26 シルト分の深度分布図

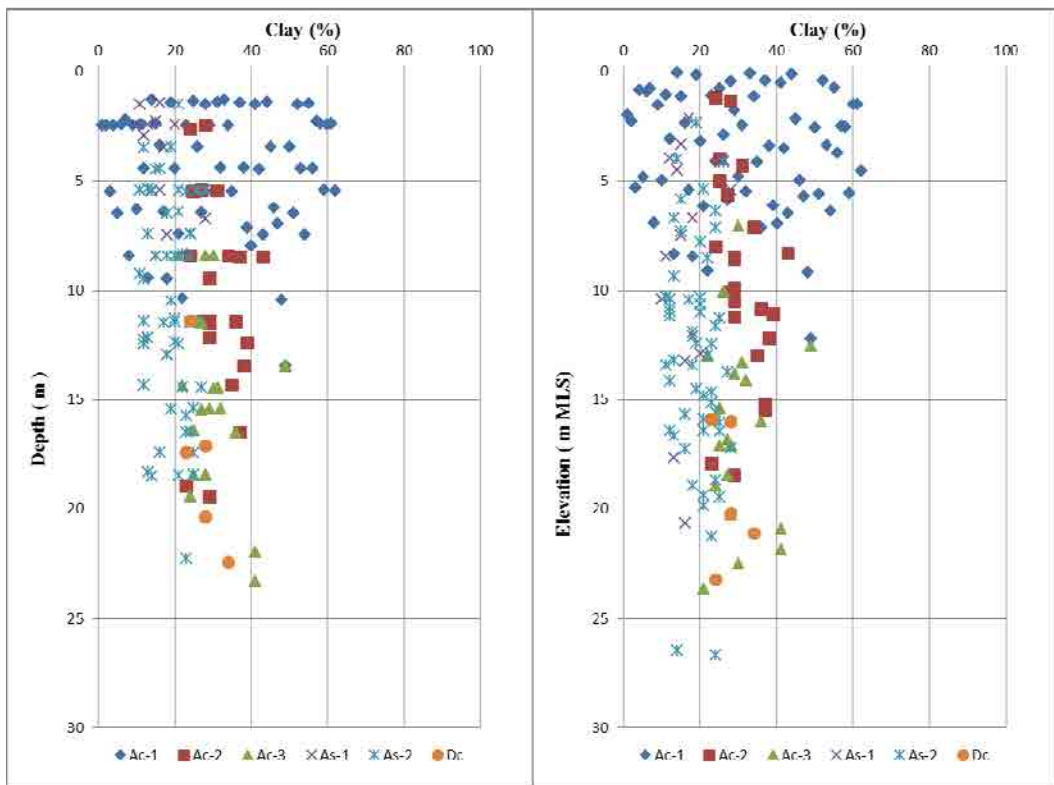


図 17.5-27 粘土および微粒子分の深度分布図

④コンシステンシー特性

液性限界と塑性指数の相関図を図 17.5-28 に示す。この塑性図で見られるように、ほぼ全ての Ac-1 層は CL or OL から CH or OH に分類される。Ac-2 層は CL or OL、Ac-3 層は CL-ML から CL or OL、Dc 層は CL or OL に分類される。

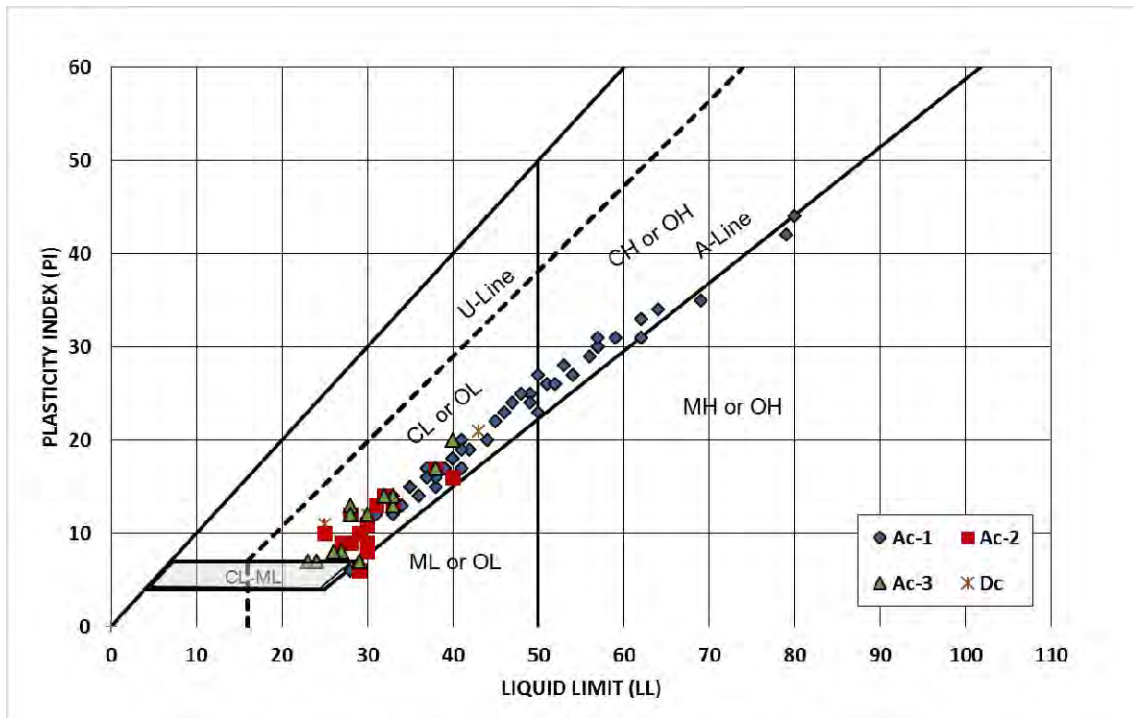


図 17.5-28 液性限界と塑性指数の関係（塑性図）

2) 力学特性

①圧縮強度

i) 一軸圧縮強度

各層の一軸圧縮強度と深度及び標高の深度分布図を図 17.5-29 に示す。試験値は一軸圧縮試験 (QU) より得られ、各層の概要は以下の通り。

表 17.5-16 各層の一軸圧縮強度の範囲

Layer	Range of Unconfined Compression Strength qu/2 (kPa)
Ac-1	8.6 to 9.8
Ac-2	-
Ac-3	29.2
Dc	227.0

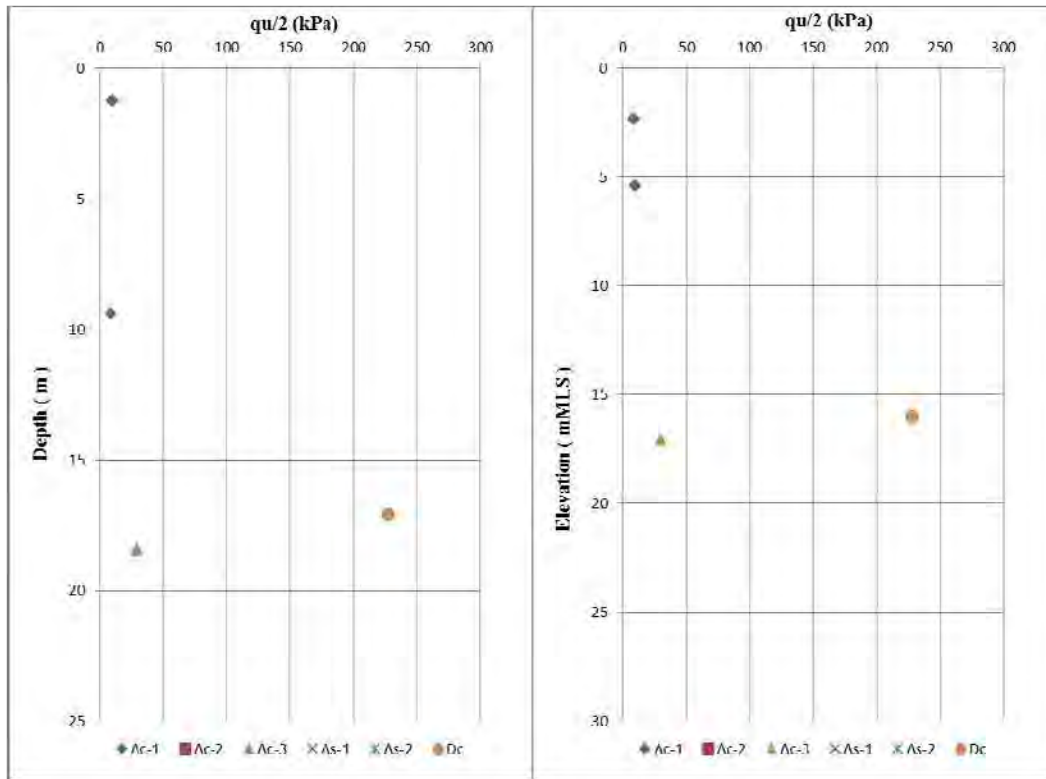


図 17.5-29 一軸圧縮強度の深度分布図

ii) せん断強度

各層の非排水せん断強度と深度及び標高の深度分布図を図 17.5-30 に示す。試験値は非圧密非排水（UU）三軸圧縮試験より得られ、各層の概要は以下の通り。

表 17.5-17 各層の非排水せん断強度の範囲

Layer	Range of Undrained Shear Strength (kPa)
Ac-1	10 to 35
Ac-2	44 to 71

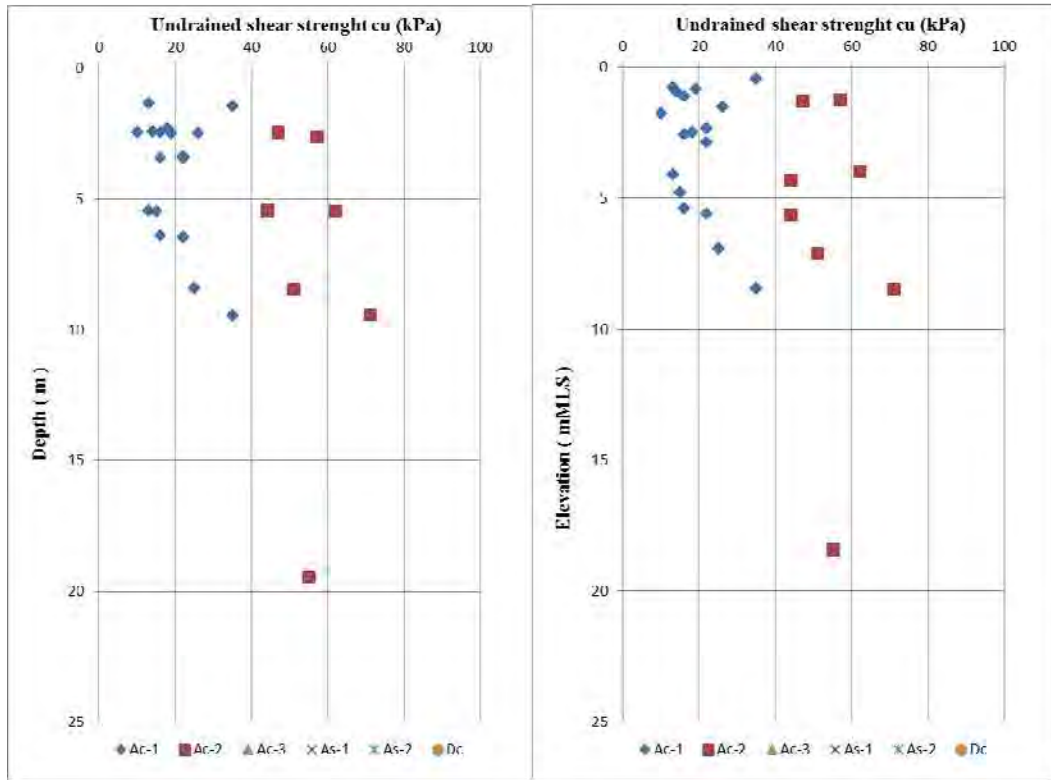


図 17.5-30 非排水せん断強度の深度分布図

iii) 圧密非排水（CU）三軸圧縮試験

非排水せん断強度と平均主応力との相関図を図 17.5-31 に示す。内部摩擦角と粘着力は圧密非排水三軸圧縮試験より得られ、各層の概要は以下の通り。

表 17.5-18 粘着力 (C) と内部摩擦角 (ϕ) の範囲 (CU 試験)

Layer	Range of c' (kPa)	Range of ϕ' (deg)
Ac-1	0	38 to 40
Ac-2	0 to 4	37

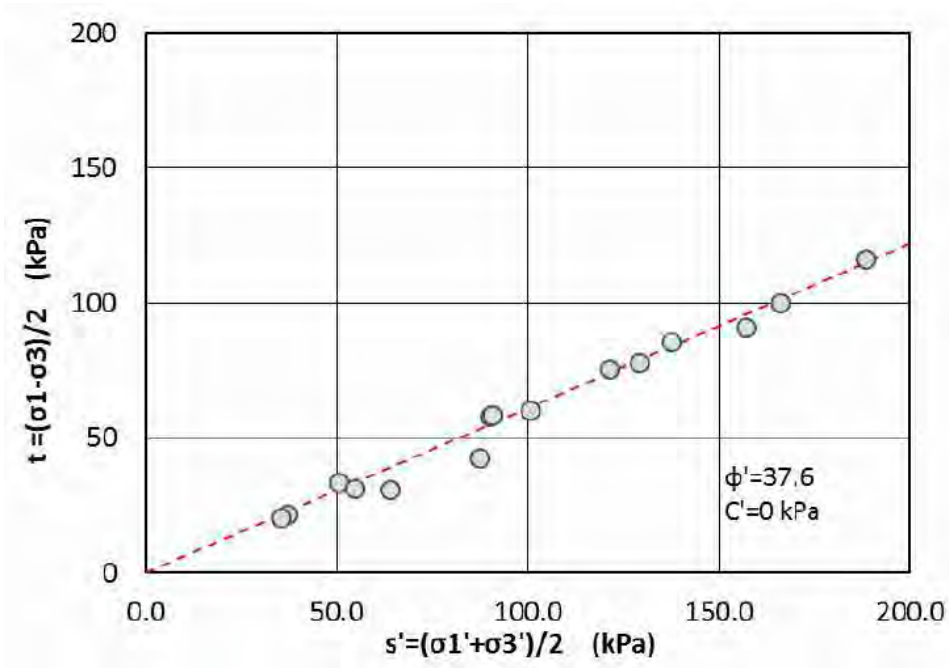


図 17.5-31 非排水せん断強度と平均主応力の相関図（CU 試験）

iv) 圧密排水（CD）三軸圧縮試験

排水せん断強度と平均主応力との相関図を図 17.5-32 に示す。内部摩擦角と粘着力は圧密非排水三軸圧縮試験より得られ、各層の概要は以下の通り。

表 17.5-19 粘着力 (C) と内部摩擦角 (ϕ) の範囲 (CD 試験)

Layer	Range of c_d (kPa)	Range of ϕ_d (deg)
As-1	0	36 to 39
As-2	0	30 to 41
Ds	0	35

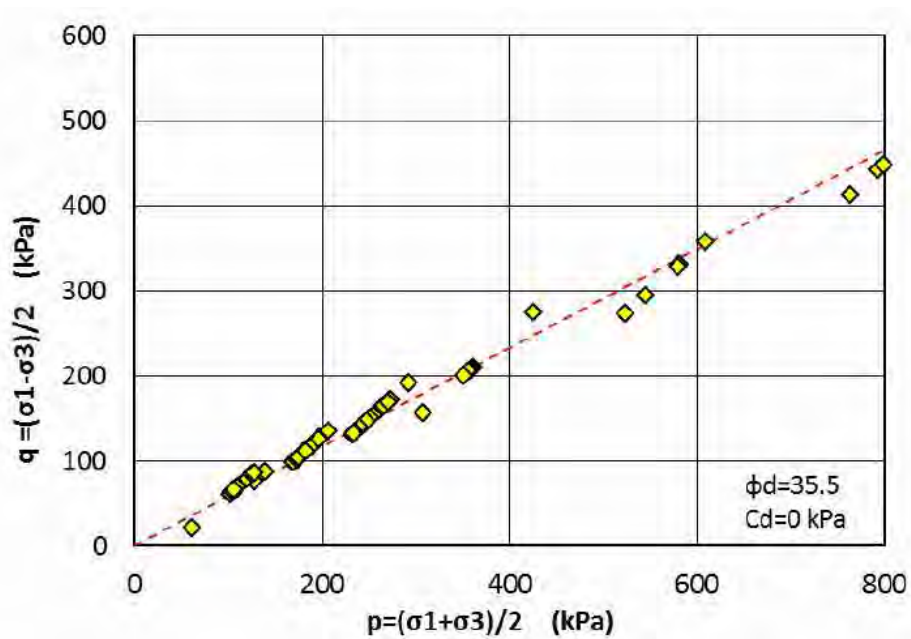


図 17.5-32 排水せん断強度と平均主応力の相関図（CD 試験）

③ 圧密特性

間隙比、先行圧密圧力 P_c 、圧縮指数 C_c と深度及び標高の深度分布図をそれぞれ図 17.5-33～図 17.5-41 に示す。各層の概要は以下の通り。

表 17.5-20 各層の間隙比、先行圧密圧力 P_c 、圧縮指数 C_c の範囲

Layer	Range of Initial Void Ratio e_0	Range of Preconsolidation Pressure P_c (kPa)	Range of Compression Index C_c
Ac-1	0.82 to 1.93	35 to 190	0.22
Ac-2	0.68 to 1.05	260 to 450	0.16 to 0.22
Ac-3	0.63 to 1.17	190	0.19
As-1	0.73 to 1.06	-	-
As-2	0.61 to 0.88	-	-
Dc	0.72 to 0.94	-	-

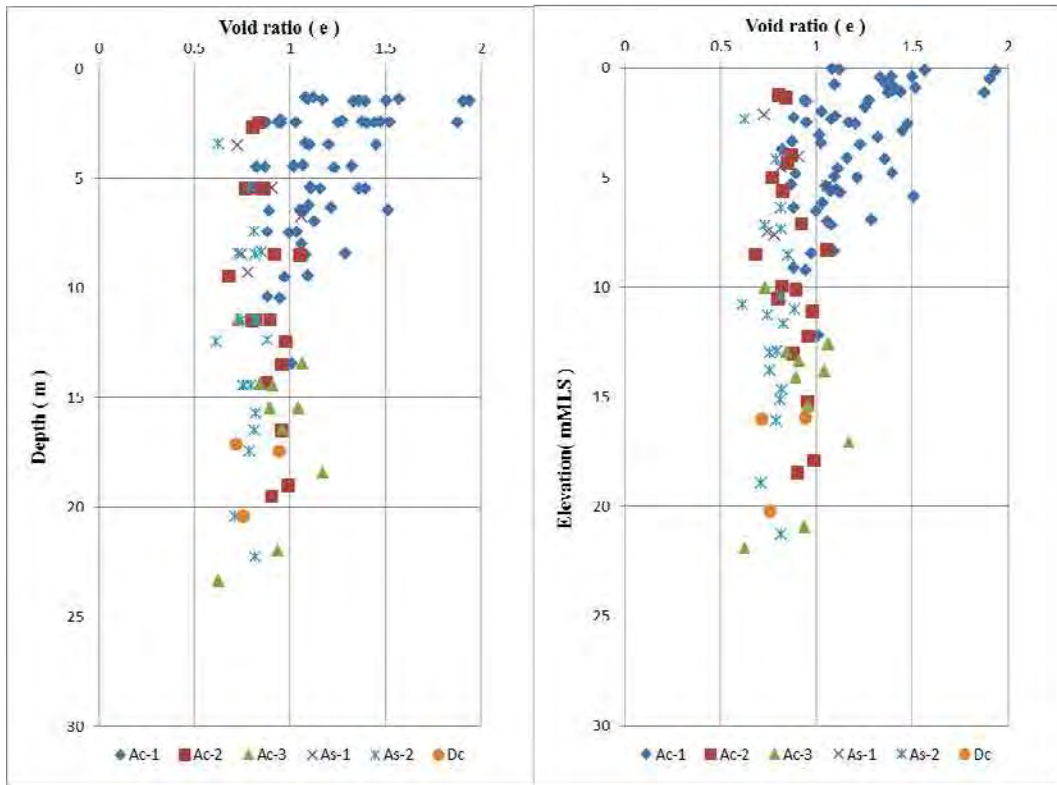


図 17.5-33 間隙比の深度分布図

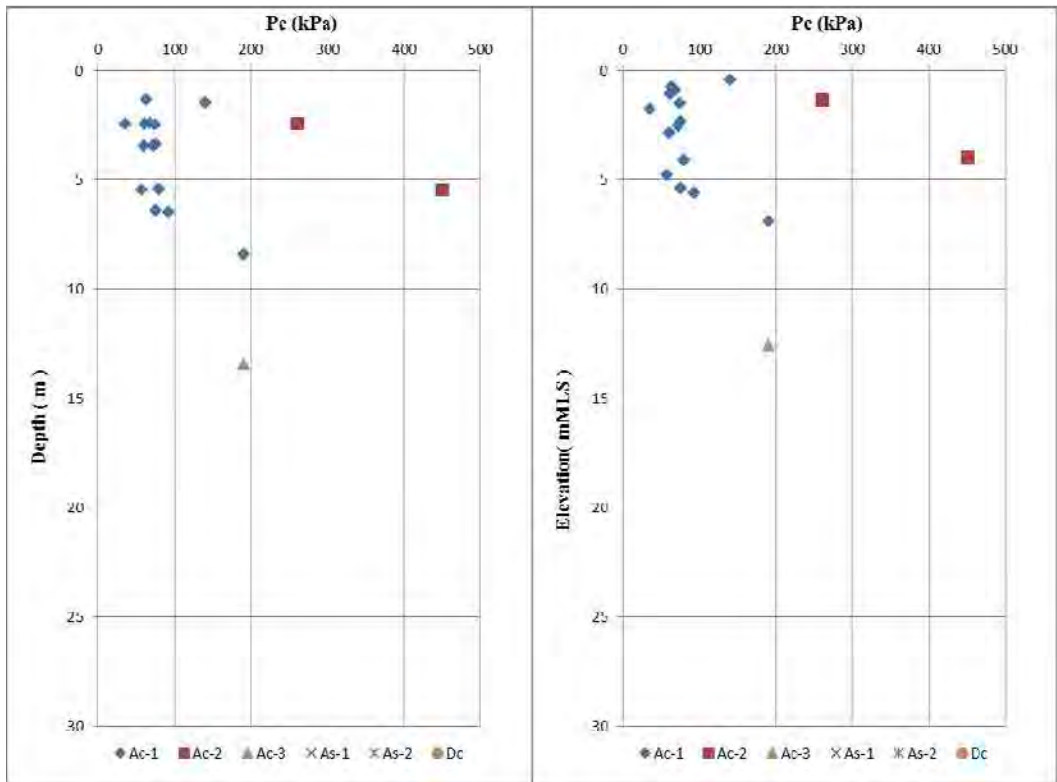


図 17.5-34 先行圧密圧力の深度分布図

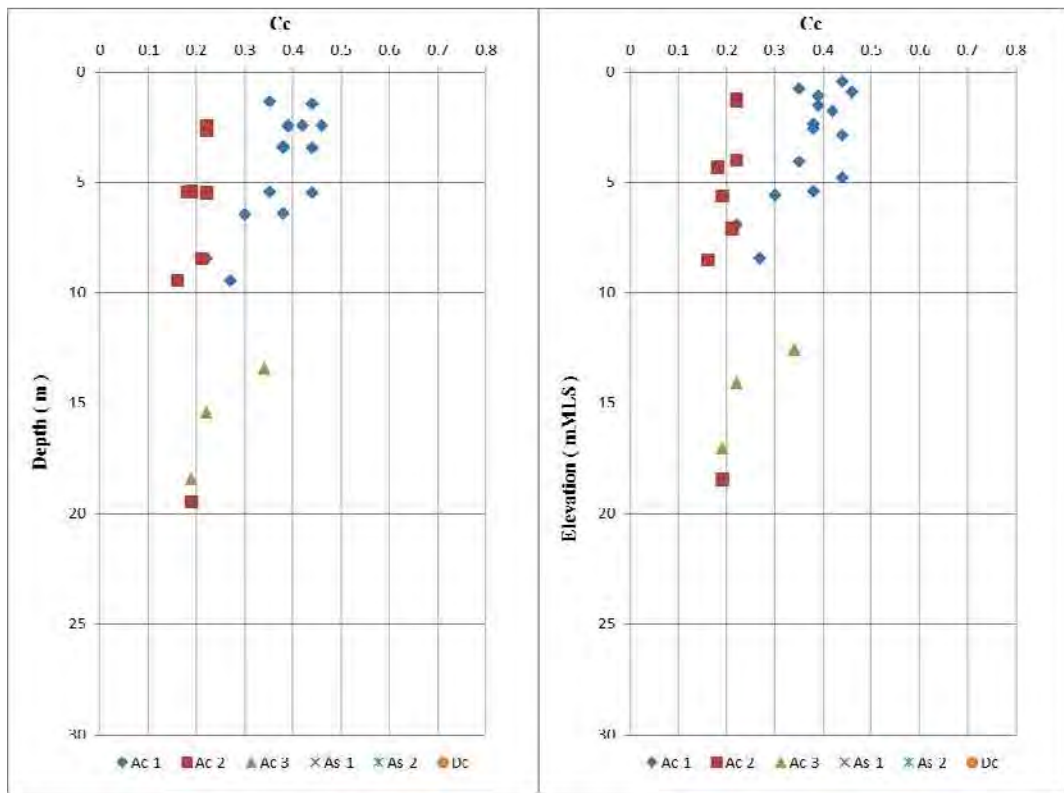


図 17.5-35 圧縮指数の深度分布図

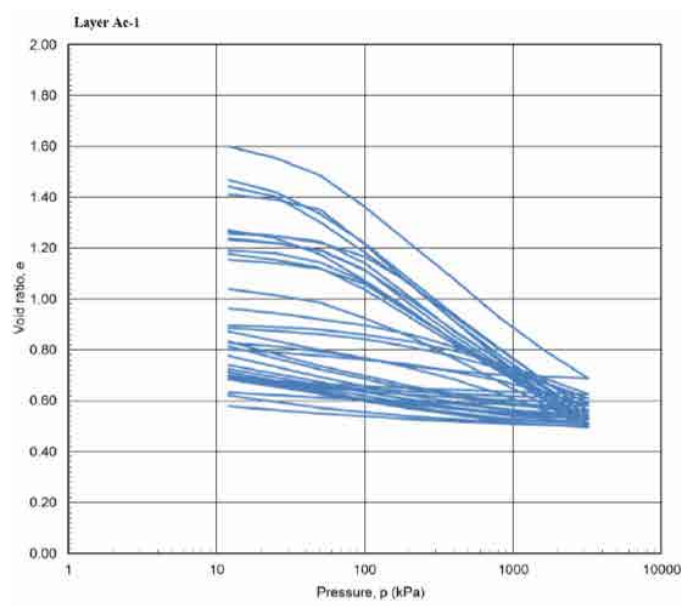


図 17.5-36 E-log P 曲線 (Ac-1 層)

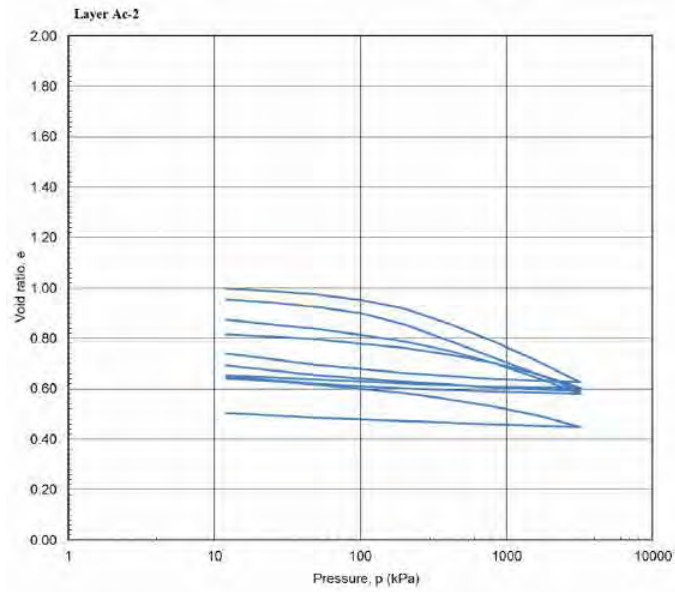


図 17.5-37 E-log P 曲線 (Ac-2 層)

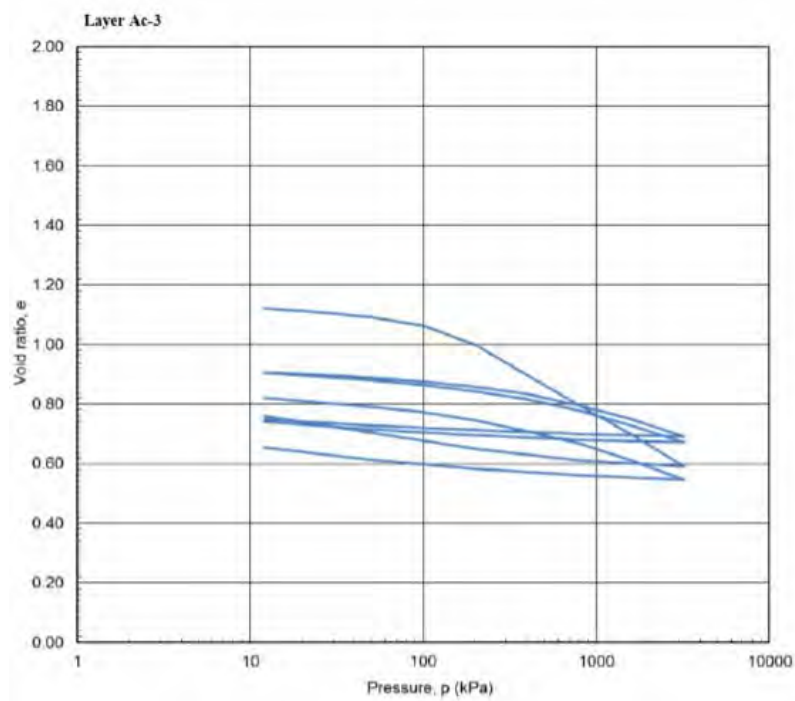


図 17.5-38 E-log P 曲線 (Ac-3 層)

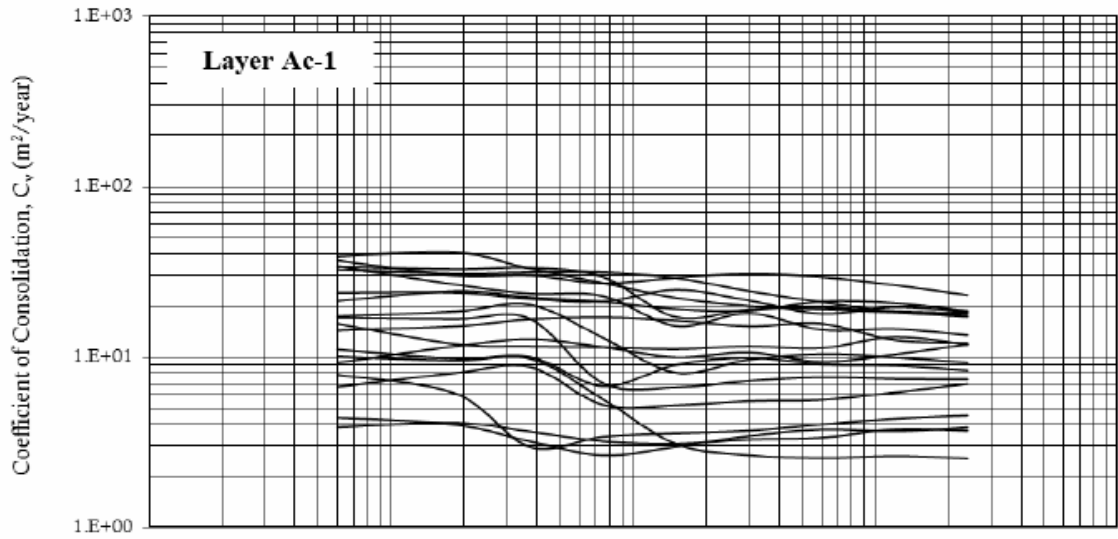


図 17.5-39 Cv 曲線 (Ac-1 層)

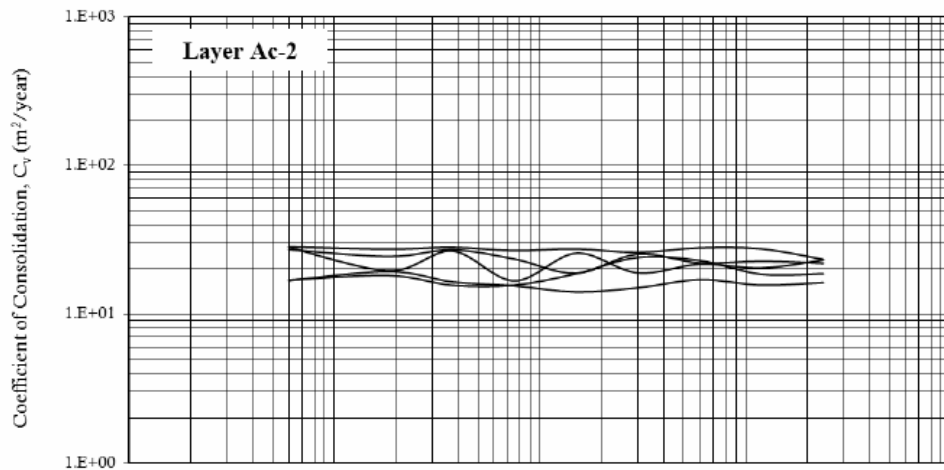


図 17.5-40 Cv 曲線 (Ac-2 層)

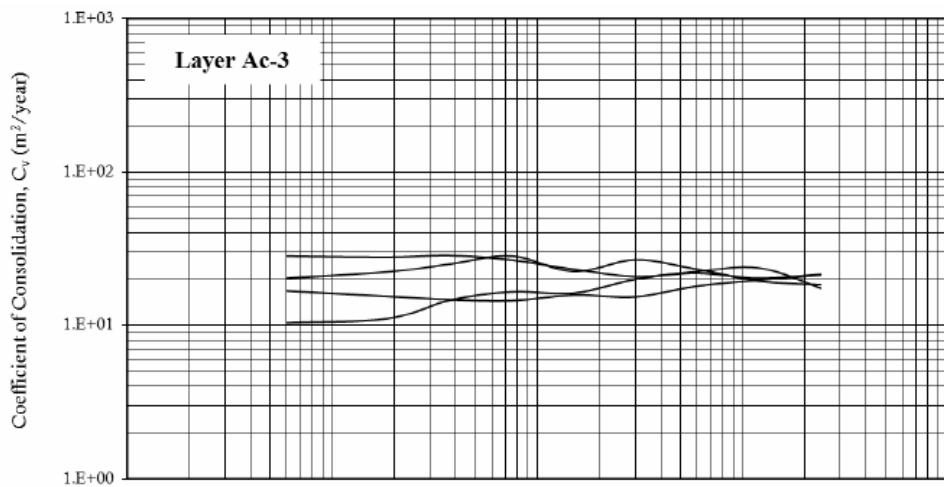


図 17.5-41 Cv 曲線 (Ac-3 層)

④ 締固め特性

砂層のサンプルによりプロクター締固め試験を実施した。試験による最大乾燥密度と最適含水比は以下の通り。

表 17.5-21 締め固め試験結果

Layer	Range of Maximum Dry Density (g/cm^3)	Range of Optimum Water Content (%)
As-1	1.73	14.4
As-2	1.60 to 1.91	11.6 to 17.8
Ds	1.67	16.5

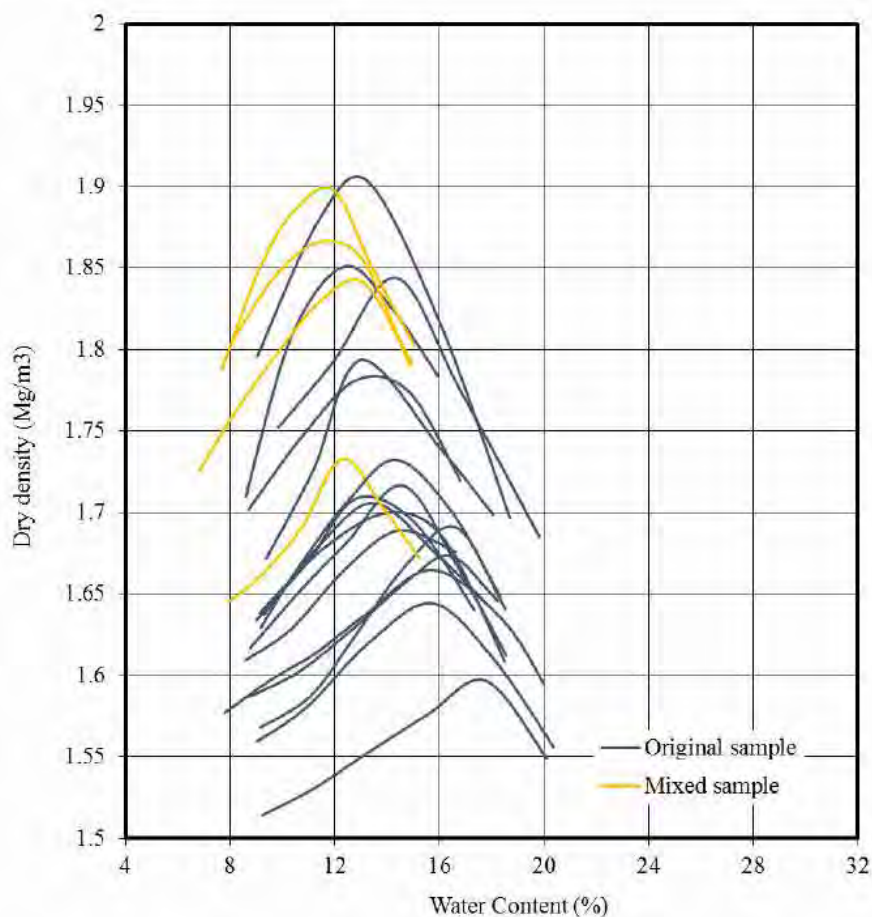


図 17.5-42 締め固め曲線

17.5.2 測量調査結果

(1) 測量調査数量

本調査で実施した調査数量を表 17.5-22 に示す。

表 17.5-22 測量調査数量

調査項目		調査数量
1	土質調査地点の測量 (陸域,海域)	91 箇所
2	測量基準点の設置	1 基
3	仮測量基準点の設置	10 箇所
4	地形測量	632 ha ^{*1}

各土質調査点の測量位置については、ボーリング調査位置図を参照。

*1 地形測量面積は発電所建設に必要な面積に加え外側に周囲 50m の余地を含む。

(2) 測量基準点の設置

1) 構内の座標系

本測量調査では構内座標系を設定した。構内座標系は、UTM 座標系の座標軸を用い、表 17.5-23 に示すターニングベースン中心の UTM 座標および構内座標系の北と UTM 座標系の北を合わせたものである。

表 17.5-23 ターニングベースン中心位置の UTM 座標

Point name	North (m)	East (m)
LD2-13-2	2,400,120.000	383,470.000

2) Matarbari 地区近傍の国家測量基準点

本測量調査は、「バ国」において設置された国家測量基準点(Survey of the Bangladesh Department により設置)を用いて行うこととした。表 17.5-24 は Matarbari 地区近隣に存在する国家測量基準点をまとめたものであり、それぞれ座標、標高を示している。このうち、座標については BM6010 と BM8508、標高については GPS322 に基づいて調査を実施した。

表 17.5-24 Matarbari 地区近傍の国家測量基準点

No	Point name	North (m)	East (m)	Elevation (m)	For
1	GPS322	2395895.991	404305.717	4.6373	Elevation
2	BM6010	2402479.557	384669.838	2.4344	Coordinates
3	BM8508	2398788.388	383295.616	2.1853	Both

出典: Survey of the Bangladesh Department

3) 仮測量基準点(TBM)

本測量調査では、Matarbari サイトに 10 基の仮測量基準点を設置した。設置にあたっては、10 基の名称をそれぞれ TBM-1 から TBM-10 とし、見通しが良く、設置地盤の状況を考慮の上、最良の場所を選んだ。設置位置は図 17.5-43 に示すとおりであり、それぞれの座標と標高は表 17.5-25 に示した。

仮測量基準点は、コンクリート製の躯体を作製し表面にスチールの鉤が打った。設置状況の写真を図 17.5-44 ならびに図 17.5-45 に示す。



図 17.5-43 測量調査範囲と仮基準点の位置図

表 17.5-25 仮基準点の座標と標高

Point name	Coordinates		Elevation
	North(m)	East(m)	
TBM-1	2401350.247	386334.862	1.669
TBM-2	2400394.681	386194.220	4.551
TBM-3	2399852.390	385325.010	3.411
TBM-4	2399450.376	384737.737	3.398
TBM-5	2400383.835	384398.821	1.572
TBM-6	2399545.161	383786.929	1.746
TBM-7	2399973.651	382940.210	3.696
TBM-8	2400584.367	383595.037	3.046
TBM-9	2401414.231	384422.094	2.320
TBM-10	2400780.709	385047.194	1.730

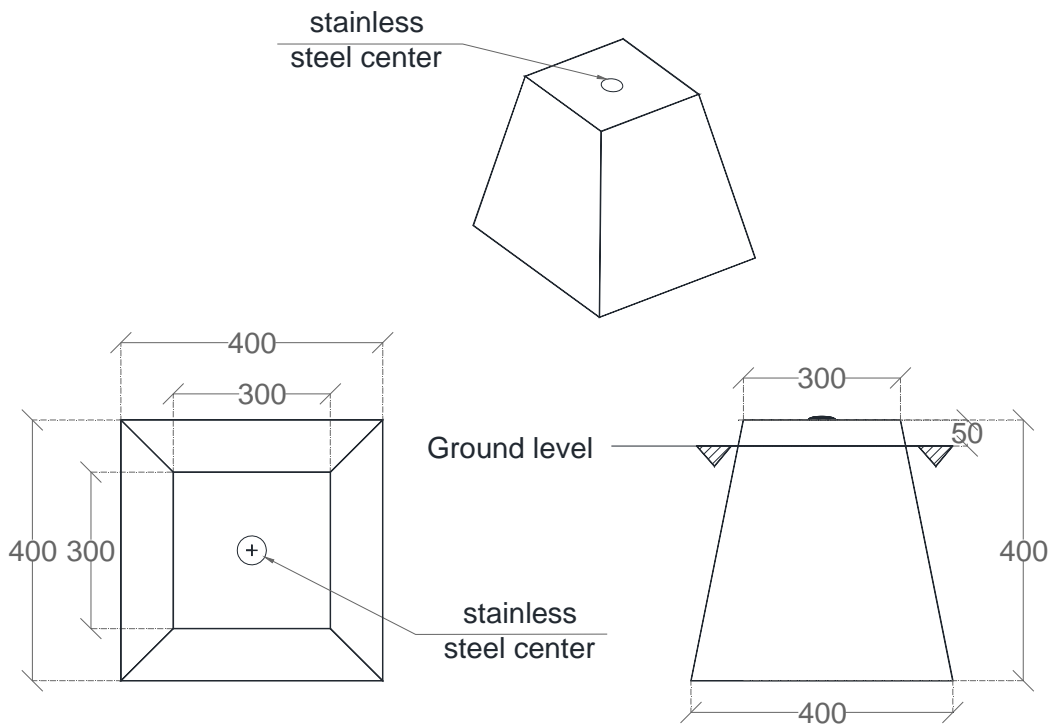


図 17.5-44 仮基準点の構造

Casting TBM core center



TBM-04 at site



図 17.5-45 仮基準点の設置状況

4) 座標と標高のネットワーク

水準測量は、より精度を高めるため、国家基準点 GPS322 と BM8508 を基に水準測量を開始し、Matarbari サイトまで間水準測量を実施しながらサイトに測量基準点（PBM）を設置した。精度を確かめるため、Matarbari サイトにおいて測量基準点(PBM)を始点に 10 箇所の仮測量基準点間で水準測量を繰り返し、測量基準点(PBM)に帰着した際の標高誤差を検討したので、この結果を以下に示す。

Root mean square weighting unit error	: Mo = 0.002(m/Km)
Maximum mean square of height	: (TBM3) = 0.004(m)
Minimum mean square of height	: (TBM7) = 0.002(m)
Maximum mean square of measurement value	: (GPS322 - TBM1) = 0.004(m)
Minimum mean square of measurement value	: (TBM4 - PBM) = 0.001(m)

座標の設定では、国家基準点 BM8508 と BM6010 を基準に Matarbari サイトの測量基準点に座標値を設定した。測量にあつたては、スタティック GPS とトータルステーションを駆使し精度良く実施した。

5) 測量基準点

① 座標と標高

測量基準点の座標と標高を表 17.5-26 に示す。

表 17.5-26 測量基準点の座標と標高

Point name	Coordinates		Elevation
	North(m)	East(m)	
PBM-1	2399433.796	384612.764	3.845

② 構造

測量基準点の設置状況を以下に示す。

- 1) 指定した地点において、ボーリングマシーンで掘削を行った。
- 2) 孔内洗浄をしながら 44.2m 長の掘削を行い、支持層を確認した。
- 3) 支持層は標準貫入試験で N 値 50 以上であることを確認した。
- 4) 掘削孔に径 100mm のスチールパイプを挿入し、パイプ内にコンクリート中詰めを行った。
- 5) スチールパイプはハンマーで最終打撃を行い、数 cm 支持層に根入れを行った。
- 6) 孔壁とスチールパイプ間はベントナイトとセメントで埋め戻した。
- 7) スチールパイプの杭頭においては、基礎コンクリートを構築するために周辺を掘削した。
- 8) 径 100mm のスチールパイプ杭頭に新たに径 200mm のスチールパイプを溶接で接合させた。
- 9) 均しコンクリート、基礎鉄筋コンクリートを打設した。
- 10) 周辺地盤を埋め戻した後、本体保護のため四隅にポールを立てチェーンで囲った。
- 11) 完成、設置後は本設備を CPGCBL へ進呈した。

掘削長ならびにスチールパイプの諸元を表 7.5-27 に示す。

測量基準点の設置状況を図 17.5-46 に示し、構造図を図 17.5-47 に示した。

表 17.5-27 測量基準点構築に伴う基礎の諸元

Point name	Depth of borehole before SPT (from ground level) (m)	Length of steel pipe prepared /installed (from ground level) (m)	Difference (m)	Remark
PBM	44.20	44.44 / 44.20	0.00	Pipe cut off



図 17.5-46 測量基準点の設置状況

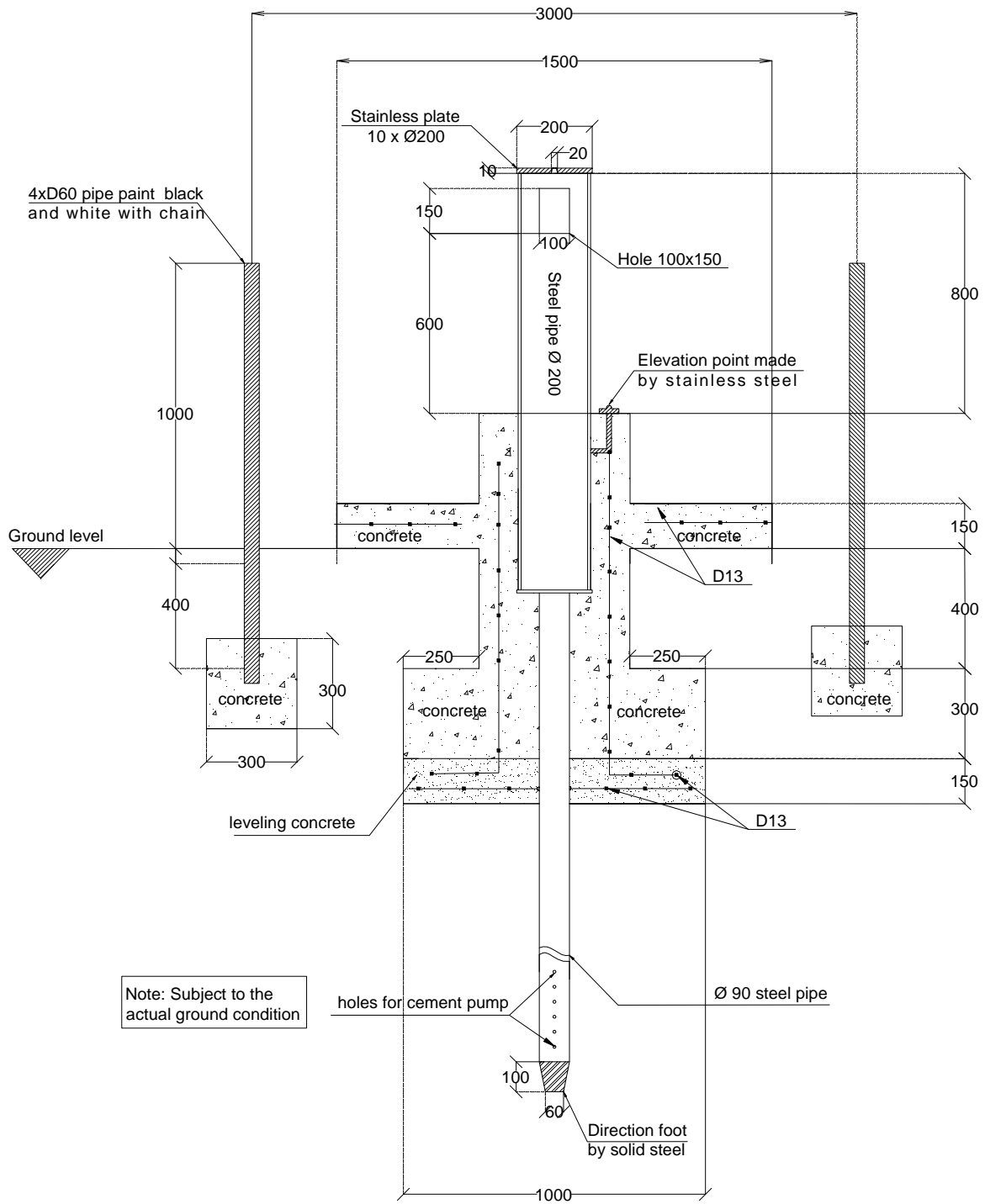


図 17.5-47 測量基準点の構造図

(3) 地形測量結果

前述のとおり、本 Matarbari サイトの構内座標系は、Matarbari サイト近傍の国家測量基準点を基に測量を行い、座標は UTM 座標系、標高は M.S.L 標記で単位はすべてメートルで表している。

Matarbari サイトにおいて、トータルステーション測量ならびに RTK GPS 方法によって地形測量を実施し、本プロジェクトの発電所レイアウト案に基づいた対象範囲からさらに、周囲の外側に 50m 幅の余地を含め、トータル 623ha の広さの地形測量を実施した。

地形図は 5000 分の 1 の縮尺で作成し、Matarbari サイトの現地盤の状況、構造物、河川等の対象物を含め CAD でまとめた。図 17.5-48 に本調査結果の地形測量図を示す。

地形測量図においては、表 17.5-23 に示すターニングベースンの座標を基準に発電所レイアウト計画図を重ねて示した。発電所計画図の北方向は、UTM 座標系の北に従うものとした。

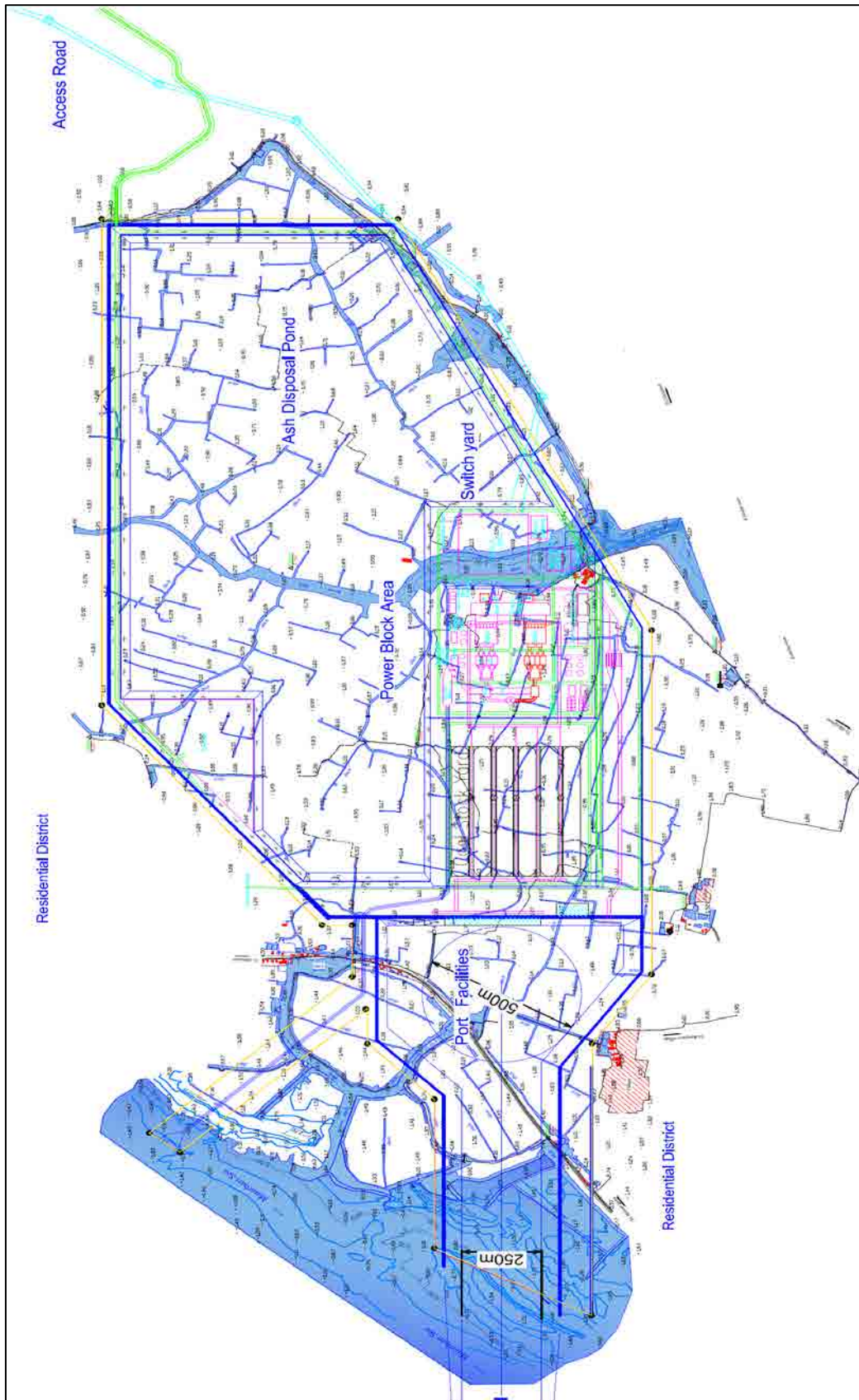


図 17.5-48 地形測量図

17.5.3 調査に関わる環境社会配慮

・本調査に関係する現地当局

本調査における自然環境分野での直接のコンタクト先は、Cox's Bazar 県環境局（Department of Environment, Cox's Bazar）である。また、用地取得・住民移転および地元での調整は Cox's Bazar 県庁（Deputy Commissioner's Office, Cox's Bazar）とマヘシカリ・ウパジラ役場（Maheshkhali Upazila Nirbahi Office）が行っている。これらの機関は、中央政府の地域事務所もしくは県・郡行政府であり、住民への行政サービスが提供されている。各々のトップは中央政府から任命・派遣されている。

こうした中央政府出先機関とは別途、公選によって選出された議員らから形成される地方自治体が存在している。これらの地方自治体は、地方分権の推進を目的として創設されたもので、ウパジラ（郡）レベルでは、同評議会が最高意思決定機関となっている。また、ユニオン・レベルでは、公選されたユニオン評議会議長が行政の実権を握っている。

本調査に関係する現地当局の相関については、巻末の図を参照のこと。

・Entry Permit (EP)の取得と警備の要請、警備の実際

2014年8月11日付けで、CPGCBLより entry permission が発効された（別添 Appendix-C-17-06）。これは、JICA 調査団が8月24日から調査を開始し、調査終了までサイトに立ち入ることを許可するものである。

また、機材・機器の盗難防止や配置人員の安全の確保を目的とし、Local Police/Coastal guard による onshore / offshore protection of people / equipment を得た。警備要員は、基礎地盤コンサルタントが現地で作業を開始した8月25日の翌々日から配置され、警察は現場に泊まり込みで昼夜常駐、Coastal guard は日中を基本とし必要な場合に昼夜で警備が行われた。

・調査期間中の地元状況

<環境>

調査団は、2014年6月30日および12月1日に Cox's Bazar 県環境局に対して追加調査の実施および同調査終了報告を行った。

2013年10月に発電所および港湾の建設・整備に関する環境影響評価（EIA）報告書が環境森林省環境局に承認され、本件追加調査は、本体事業実施エリアおよび内容を対象としたものであり、かつ、あくまで調査に留まることから、同 EIA 報告書において報告を行った内容を超えるものではない。Cox's Bazar 県環境局側はこの点をよく理解していた。

<用地取得およびエビ養殖業への補償>

2014年6月30日の時点で、Bangladesh 国内法に基づく用地取得費および生計補償費予算が CPGCBL 側から Cox's Bazar 県庁に渡り、用地取得およびエビ養殖業補償支払いに関する一切の業務が同県庁に一任されることとなった。2014年7月時点で、発電所サイトにおいて行われていた生計行為はエビ養殖であったことから、Bangladesh 国内法下で補償対象となるのは同エ

ビ養殖業のみとなる。

県庁側の査定に基づく本件事業の用地取得面積は約 1,600 エーカー（およそ 650 ヘクタール）で、このうち約 200 エーカー（約 80 ヘクタール）は BWDB（Bangladesh Water Development Board）の公有地である。

8月24日付けで Cox's Bazar 県は発電所建設用地を CPGCBL に引き渡し、地元紙にも写真入りで大きく掲載された。引渡し式には 400 名程度の村人も参加し、地元議員や UNO (Upazila Nirbahi Officer)、ウパジラ評議会議長、Cox's Bazar 県内国税収入課職員などが出席した。

2014 年 11 月末現在、県庁は用地取得費の支払いは続けている。県庁では毎日県庁職員が支払い手続きや被影響住民の相談に対応し、発電所サイトでは毎週月曜に県庁職員生が常駐して対応に当たっている。県庁側の見通しでは、支払い完了までに更に 1~2 ヶ月を要するとのことであった。一方生計補償対象者について 11 月末時点で依然として特定作業が続いていた。

<塩業>

一方、同サイトでは、乾季を中心として塩業が行われている。塩業がピークを迎えるのは 12 月~2 月頃であるが、雨季明け 8 月~9 月にはそれまで備蓄されていた塩の移送や、塩田の底に沈めて保管していた塩を掘り起こすなどの作業が盛んに行われる。本調査期間中は 11 月まで残った塩を運び出す作業がサイト内で行われていたが、調査には支障は生じていない。

こうした塩業者らが経営する塩工場につき、UNO による宣言・立会いの下 2014 年 8 月 27 日をもって閉鎖措置が取られ、同工場の一角は基礎地盤コンサルタンツの現場事務所としての業務終了日まで提供を受けた。



図 17.5-49 UNO によって封印された塩工場



図 17.5-50 塩工場内に積まれた塩の様子

・ES における留意点

<環境面>

ES における業務実施が、仮に EIA の調査対象エリア・内容を逸脱する場合、DOE（この場合はダッカ本局）への照会および確認を行い、指南を受けることが望ましい。

また、FS 報告書に添付した環境管理計画、環境モニタリングの実施に際し、修正や変更の必要性が生じた場合についても、あわせて DOE に確認を行うことが望ましい。

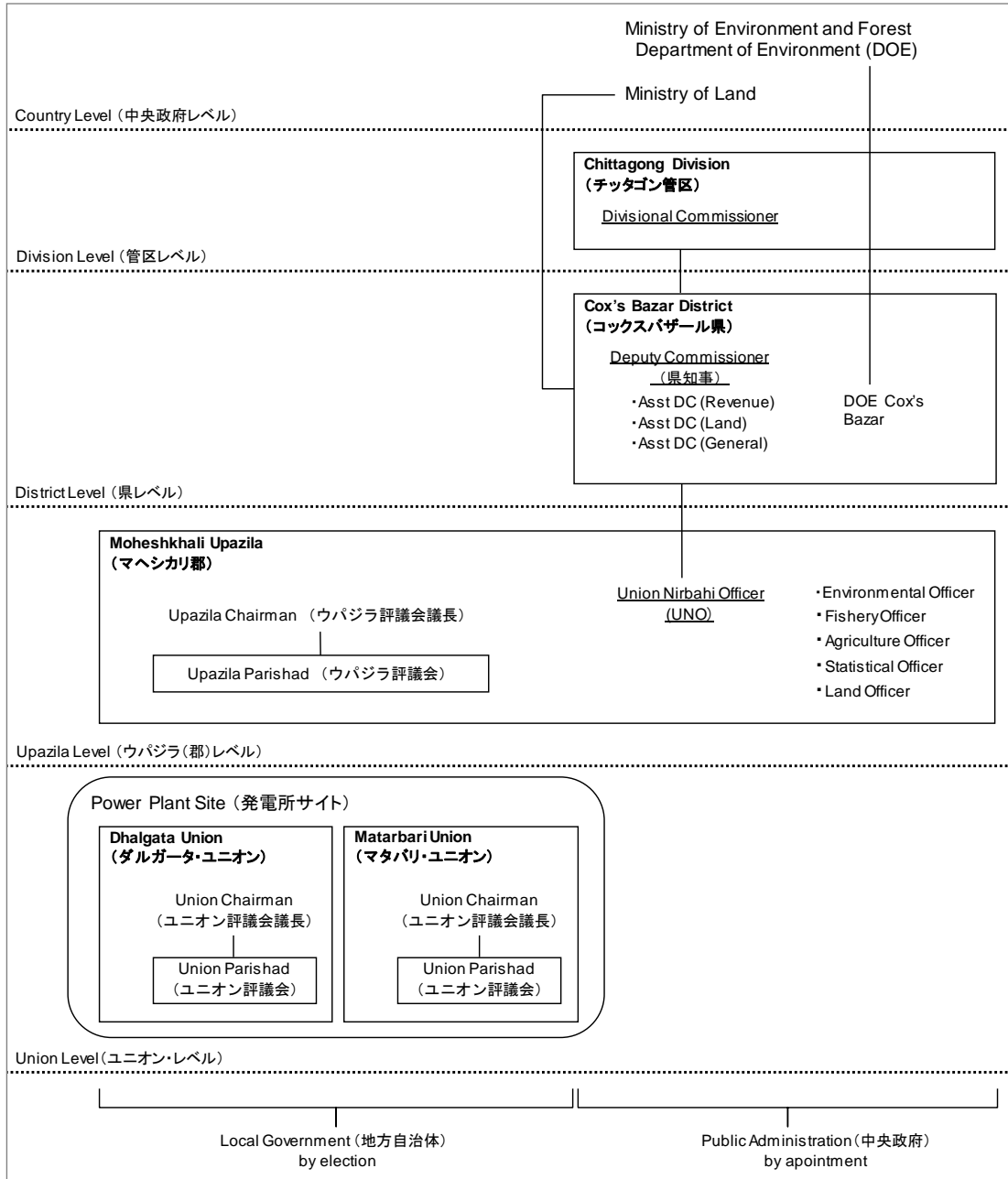


図 17.5-51 本調査に関係する現地当局の相関

17.6 分析と評価

17.6.1 浚渫土の盛土への適用と土量分析

(1) 浚渫土の適用性

盛土への浚渫土の適用については、海外や日本国内の多くのプロジェクトで適用されている、国際基準(AASHTO、BS)や日本国内の基準(日本道路協会、鉄道総合研究所など)に記載がある。

1) AASHTO 基準

AASHTO M145 に示される土の分類と評価は、表 17.6-1 に示したとおりである。粗粒土(0.075mm ふるい通過量が 35%以下)は"優良(Excellent to Good)"に評価されており、これは、路盤としてふさわしい材料であることを意味している。AASHTO M80 においても同様に、A-1,A-2-4,A-2-5 および A-3 グループに分類される材料は、盛土への使用に適していると明記されている。

表 17.6-1 AASHTO M145 の分類

	Granular Materials (35 Percent or Less Passing 0.075mm)							Silt-Clay Materials (More than 35 Percent Passing 0.075mm)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5,6
Sieve analysis, percent passing:											
2.00mm(No.10)	≤50%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.425mm(No.40)	≤30%	≤50%	51% ≤	—	—	—	—	—	—	—	—
0.075mm(No.200)	≤15%	≤25%	≤10%	≤35%	≤35%	≤35%	≤35%	36% ≤	36% ≤	36% ≤	36% ≤
Characteristics of fraction passing 0.425mm(No.40)											
Liquid limit	—	—	—	≤40%	41% ≤	≤40%	41% ≤	≤40%	41% ≤	≤40%	41% ≤
Plasticity index	≤6%	≤6%	NP	≤10%	≤10%	11% ≤	11% ≤	≤10%	≤10%	11% ≤	11% ≤
Usual types of significant constituent materials	Stone fragments, gravel and sand		Fine sand	Silty or clayey gravel and sand				Silty soils		Clayey soils	
General ratings as subgrade	Excellent to Good							Fair to poor			

表 17.6-2 に、各土層の粒径の割合を示した。Ac-1,Ac-2,Ac-3 および Dc 層のシルト・粘土分は 35%以上となっている。また、0.075m 以上の砂分も比較的少なくなっており、これらの層は表 17.6-1 の"可～不良(Fair to poor)"に評価される。

As-1,As-2 および Ds 層は細粒分が比較的少なく、砂分が 50%を越える結果となっている。表

17.6-1"粗粒土"のA-2では、0.075mmを通過するシルト・粘土分が35%以下となる材料としており、A-1、A-3ではさらに少ない分量の場合に適用される。これらの材料は"優良(Excellent to Good)"と評価され、盛土に適しているといえる。

表 17.6-3 は、各土層の LL と PI の試験結果の範囲を示している。Ac-1 等の粘性土に分類される材料ではそれぞれ値を表示しているが、As-1,As-2 および Ds 層は砂質系の材料であり、非塑性材料であると判断されたため表内では"-"と示している。

例えば、As-1,As-2 および Ds 層の試料として、PP3-23-2 の D-1 および D-2、LD2-11-1a の D-3 および D-4 を対象と考えた場合、粒度分布試験結果から 0.075mm 以上、0.425mm 以下となるのは試料の 40%~90%になる。砂分が比較的多いため、これらの材料についてはコンシステンシーの試験は実施不可能となったことから非塑性材料（NP）と判断された。この結果から、As-1,As-2 および Ds 層は、AASHTO の分類のうち A-3 に分類されるものと考えられる。ただし、表 17.6-1 では、0.075mm 通過分が 10%以下であることが A-3 に分類される条件であることも読み取れるが、実際には通過分が 10%を越える場合もあるので、詳細設計において検討が必要となる。

表 17.6-2 各土層の粒度分布試験結果

Layer	Range of Sand Content (%) ≥0.075mm	Range of Silt, Clay and Colloid Content (%) <0.075mm
Ac-1	1 to 41	59 to 99
Ac-2	2 to 47	53 to 98
Ac-3	8 to 49	51 to 92
As-1	53 to 97	3 to 47
As-2	50 to 96	4 to 50
Dc	13 to 48	52 to 87
Ds	94	6

表 17.6-3 各土層の液性・塑性試験結果

Layer	Liquid Limit(LL)	Plasticity Index(PI)
Ac-1	28 to 80	6 to 44
Ac-2	25 to 40	6 to 17
Ac-3	23 to 40	7 to 20
As-1	-	-
As-2	-	-
Dc	25 to 43	11 to 21
Ds	-	-

2) BS 6349

以下は、BS6349 第 5 章 8.3.2 節に示される埋立て材料に関する一般的な説明である。(浚渫と埋立てのための実施基準)

- 実用的な材料は、粒径が 0.1mm~0.6mm の粒度が良く排水性の良い砂である。
- 0.10mm より細かい材料は、浚渫や埋立ての際に過大な損失を受ける可能性がある。
- 細粒分の最大%は、材料の総合的な評価により、干拓材料として許容される。
- 細粒分のかなりの量は、水流による埋立ての間、自然に分離する傾向となることに難しさがある。

As-1,As-2 および Ds 層のかなりの部分は、粒径が 0.1mm~0.6mm の間にある。そのため、これらの層は埋立てにふさわしい材料といえる。前述のように細粒分の最大量については、詳細設計の段階で調べる必要がある。しかしながら、埋立ての際のポンプ圧送において、これらの材料は除去されることも考えられる。

3) 日本道路協会の基準

表 17.6-4 は、道路土工(2010)に示される盛土高さと同面勾配の値を示したものである。

表 17.6-4 日本道路協会の分類

Embankment Materials	Height(m)	Ratio of the inclined plane	Application
Fine sand(S), gravel and silty or clayey gravel (G)	≤5m	1:1.5~1:1.8	• Apply to the embankment: -bearing capacity of a ground is enough -no influence of water -satisfy the compaction management value • () : representative group • other than a ratio of the indication, need a calculation
	5~15m	1:1.8~1:2.0	
Sand ,bad distribution(SG)	≤10m	1:1.8~1:2.0	
Rock(include blasted rock)	≤10m	1:1.5~1:1.8	
	5~15m	1:1.8~1:2.0	
Silty or clayey sand(SF), hard clayey soil, hard clay(hard clayey soil of diluvium, clay, Kanto loam etc.)	≤5m	1:1.5~1:1.8	
	5~10m	1:1.8~1:2.0	
volcanic cohesive soil(V)	≤5m	1:1.8~1:2.0	

細粒分を含む As-1,As-2 および Ds 層の場合、表 17.6-4 のカテゴリー 1 と 3 が適用できる。本計画では高さ 10m の盛土が計画されており、そのため、斜面勾配は 1:1.8~1:2.0 が採用されるものと考えられる。ただし、この斜面勾配は詳細設計において検討が必要となる。

なお、土質分類 ((S),(SG)など) は、同基準の分類に基づいている。

4) 鉄道総合技術研究所の基準

表 17.6-5 は、鉄道構造物等設計標準(2007)に記載される盛土に適用可能な土の分類を示している。上部盛土(The upper side embankment)は、盛土天端から厚さ 3.0m までの盛土のことである。下部盛土(The lower side embankment means)はその下の盛土を示す。

表 17.6-5 土の分類と盛土への適用性

Group	Soil and rock	Suitable for the upper side embankment	Suitable for the lower side embankment
[A]	(GW) (GP) (G-M) (G-C) (G-V) (GM) (SW) (S-M) (S-C) blasted hard rock(remove a fissile rock)	Suitable	<ul style="list-style-type: none"> • Basically, the soil which occurred will put to use. • As a general rule, you must not use D2 group. • You must not use : <ul style="list-style-type: none"> a) distensible soil and rock, e.g. bentonite, acid clay, solfataric clay b) serpentine and mudstone that the weathering is remarkable by the absorbing water expansion. c)high compressible soil, e.g. highly organic soil d)frozen soil
[B]	(G-O) (GC) (S-V) (S-O) (SP) (SM) (SC) blasted hard rock(remove a fissile rock), blasted soft rock, blasted fragile rock(remove a material, that belongs D1 group)	Suitable	
[C]	(GO) (GV) (SV) (ML) (CL)	Need a soil stabilization	
[D1]	(MH) (CH), blasted fragile rock(argillation material, the materials which weathering moved in after construction or the materials which become the mud under compaction)	Need a soil stabilization	
[D2]	(SO) (OL) (OH) (OV) (Pt) (Mk)	Not suitable	
[V]	(VH ₁) (VH ₂)	Need a soil stabilization	

As-1 および As-2 層のシルト・粘土分は 50%以内となっている。そのため、表 17.6-5 のグループ [B] (SM)もしくは(SC)に分類される。Ds 層については、シルト・粘土分は 6%以内となっているので、グループ [A] (S-M)もしくは(S-C)に分類される。これらの分類によれば、As-1, As-2 および Ds 層は、盛土に適した材料と言える。さらに、他の層は D1 層に分類されるため、盛土の下部盛土に適用できると言える。

なお、土質分類 ((SM),(SC)など) は、同基準の分類に基づいている。

(2) 浚渫範囲における堆積砂量の概算

浚渫土を盛土材料として適用することにおいては、先の適用性検討で土層の細粒分含有率を検討した結果、土層 As-1 層および As-2 層の適用性があることがわかった。

As-1 層および As-2 層は、発電所敷地計画の全域に堆積していることが本調査結果による土層縦断面図から確認できている。このことから、本項では浚渫計画の範囲に堆積する浚渫砂(As-1 層, As-2 層)の全体量を把握することとした。試算にあたっては、浚渫横断面を作成し堆積砂の断面積を算定、また横断面を代表とする縦断方向の延長を乗じて砂層の純体積を求めた。

発電所敷地のレイアウト図を図 7.4-4 に示し、図 17.5-2～図 17.5-14 に土質縦断面図を示す。

浚渫砂の純体積を算出した結果、概算 9,7,000 m³ となった。この概算値は、As-1 層および As-2 層の純体積を計算したものであり、今後詳細設計のステージにおいて設定される土層の分類方法、浚渫工に伴う土量変化率によって合計値は変わることが想定される。

一方、発電所敷地の盛土に必要な盛土土量は概算 9,000,000m³ と算出された。同様、この概算値も土の締固め率や仮想の沈下量条件に基づく概算であるため、詳細設計において設定される数々の係数により盛土土量は変わることとなる。

以上より、浚渫砂の純体積と盛土土量を比べると、概ね土量がバランスすることがわかった。

17.6.2 発電所の原地盤の圧密特性

ボーリング調査結果により、発電所建設予定地の現地盤上部には比較的軟弱なシルト・粘性土が堆積していることがわかった。Matarbari 石炭火力発電所建設計画では、港湾施設は標高 M.S.L.+5.0m まで、貯炭場施設は標高 M.S.L.+8.0m、そして発電所建屋周辺施設は M.S.L.+10.0m まで嵩上げて発電所敷地を造成することとなっている。軟弱地盤上に盛土を計画する場合は、軟弱地盤の圧密により現地盤が変形・沈下を引き起こすことに留意が必要となる。

本検討では発電所建設エリアの軟弱地盤を対象に、調査で得られた圧密特性を用い、通常の盛土が行える地盤であるか予備検討を行うこととした。

(1) 検討方法

本予備検討は、普通の盛土が可能な地盤かもしくはどの程度の軟弱地盤であるかを概略判断することを目的として行うこととする。圧密計算を行うにあたっては、一次元圧密計算方法を用いて行うこととし、以下の条件をもとに試算を実施した。

1) 検討ケース

図 17.6-1 に発電所計画地の土層縦断面図を示す。この地質縦断面図から、上部軟弱層厚が最も厚い箇所ならびに盛土計画高が最も高い箇所の 2 ケースを選定して圧密検討することとした。

表 17.6-6 圧密検討ケース一覧表

ケース名	現地盤高 (M.S.L.)	盛土計画諸元		上部軟弱層厚		
		天端高 (M.S.L.)	盛土高	Ac-1 層	Ac-2 層	計
ケース a (貯炭場エリア)	+1.0m	+8.0m	7.0m	8.0m	6.0m	14.0m
ケース b (発電所主建屋エリア)	+1.0m	+10.0m	9.0m	6.0m	-	6.0m

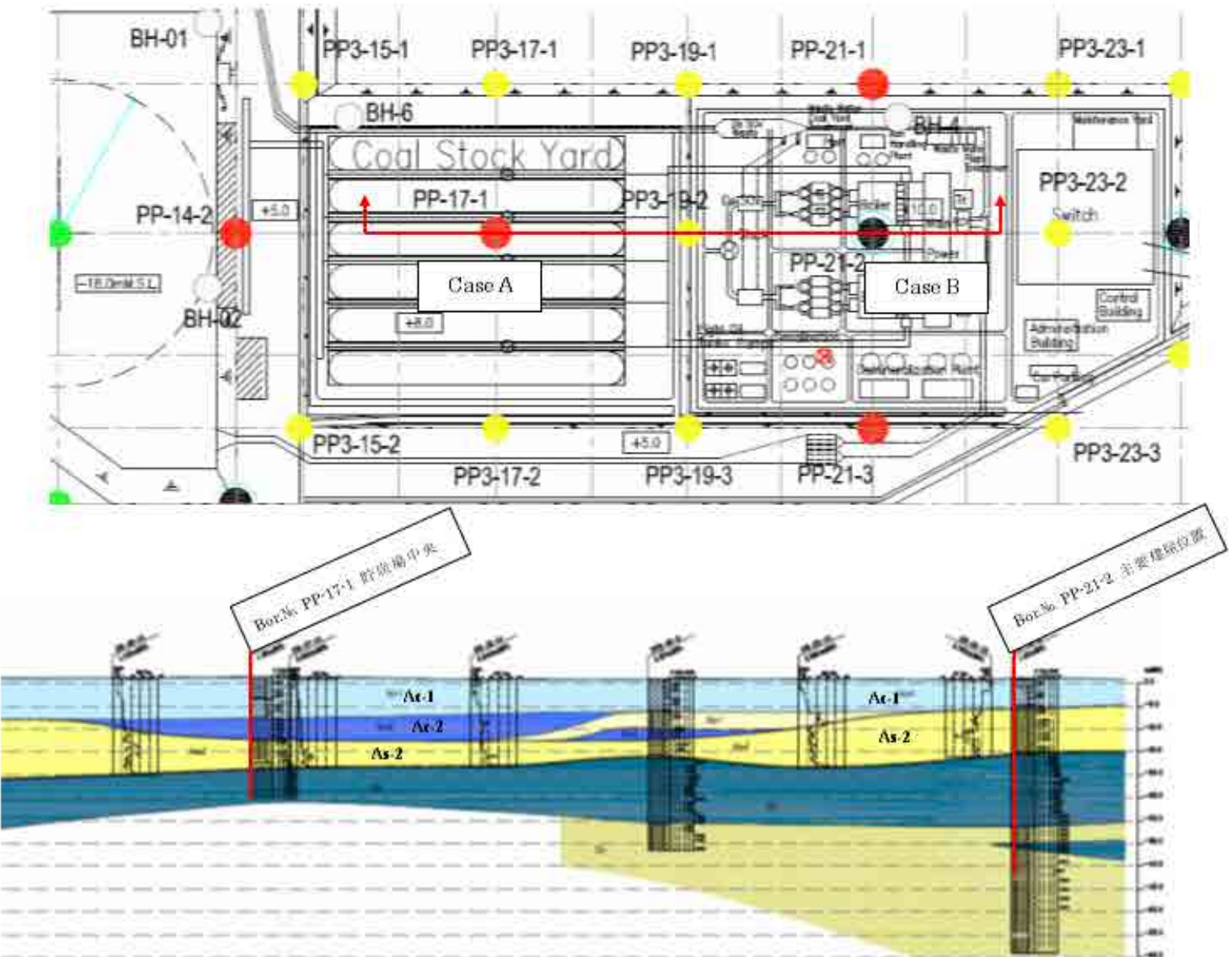


図 17.6-1 発電所計画地の土層縦断面図

2) 検討条件

a. 盛土の単位体積重量

盛土材料は浚渫砂を用いる計画であるが、本検討では 盛土の単位体積重量は次の値を仮定した。

- ・ 盛土材料の単位体積重量 $\gamma_s = 19 \text{ kN/m}^3$

b. 盛土施工速度

盛土施工の速度は、盛土施工方法や工期、地盤の性状に応じて決定されるが、本検討では、次の値を仮定した。

- ・ 盛土速度 2 cm/day

c. 圧密特性

室内土質試験結果に基づき、圧密特性 C_c ならびに C_v を以下のとおりとした。

- ・ $C_c = 0.35$ (Ac-1 層)、 0.20 (Ac-2 層)
- ・ C_v 表 17.4-XX に示す曲線

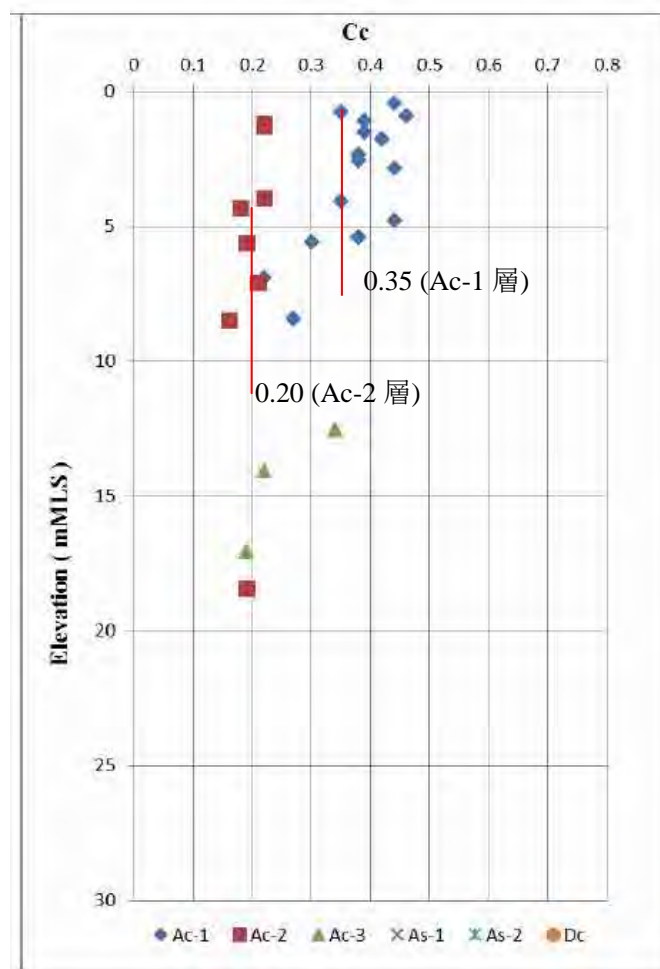
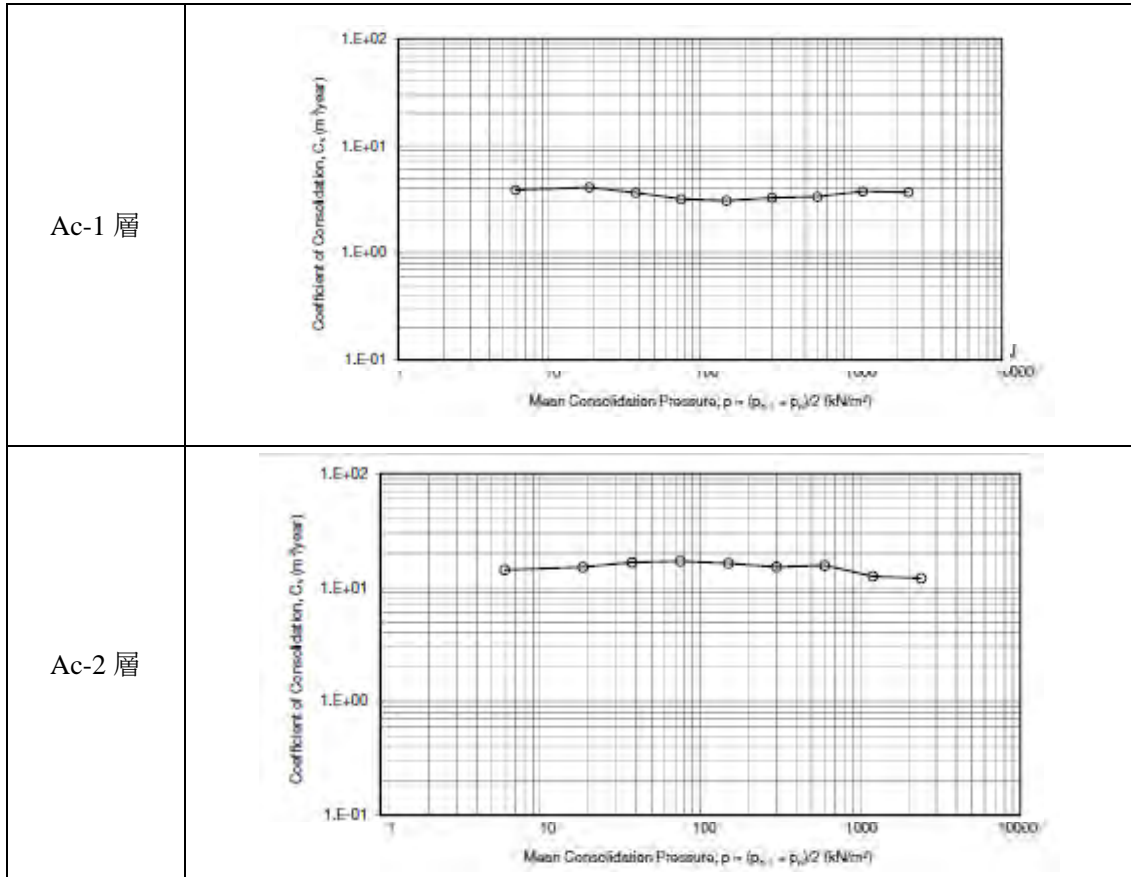


図 17.6-2 深度方向における土層ごとの圧縮指数

表 17.6-7 圧縮係数, C_v (m²/年)



出典：Boring No.PP-17-1 の圧密試験結果

(2) 検討モデル

発電所予定地の土層縦断図（図 17.6-1）によれば、上部軟弱層の層厚は護岸背面で約 9m、貯炭場施設位置で最も厚く約 14m、そして発電所主建屋周辺施設位置で約 6m となっていることがわかる。このように、発電所予定地内で対象層の厚さが変化していることから、敷地盛土の高上げ高さも踏まえ次に示す 2 ケースについて検討モデルを作成した。

a) ケース A：貯炭場エリア

本ケースは発電所計画地のうち上部軟弱層が最も厚い箇所を選定した土層モデルである。この箇所は図 17.6-1 に示すように、貯炭場中央エリアのボーリング No.PP-17-1 付近となる。なお、地下水位面は現地盤高 M.S.L+1.0m と仮定した。

表 17.6-8 土層モデル一覧表(ケース A)

土層名	下端標高 (M.S.L)	層厚 (m)	単位体積重量 γ_s (kN/m ³)	圧密特性
計画地盤面	M.S.L+8.0m、地下水位 M.S.L+1.0m ^{*1}			
盛土層	+ 2.0 m	6.0 m	19.0	-
Sand Mat	+1.0 m	1.0 m	19.0	-
Ac-1 層	- 7.0 m	8.0 m	16.8 ^{*1}	Cc=0.35, Cv=表 17.6-7
Ac-2 層	- 13.0 m	6.0 m	18.5 ^{*1}	Cc=0.20, Cv=表 17.6-7
As-2 層	-20.0 m	7.0 m	18.3 ^{*1}	-

*1 近傍ボーリング PP-17-1 の試験結果に基づく

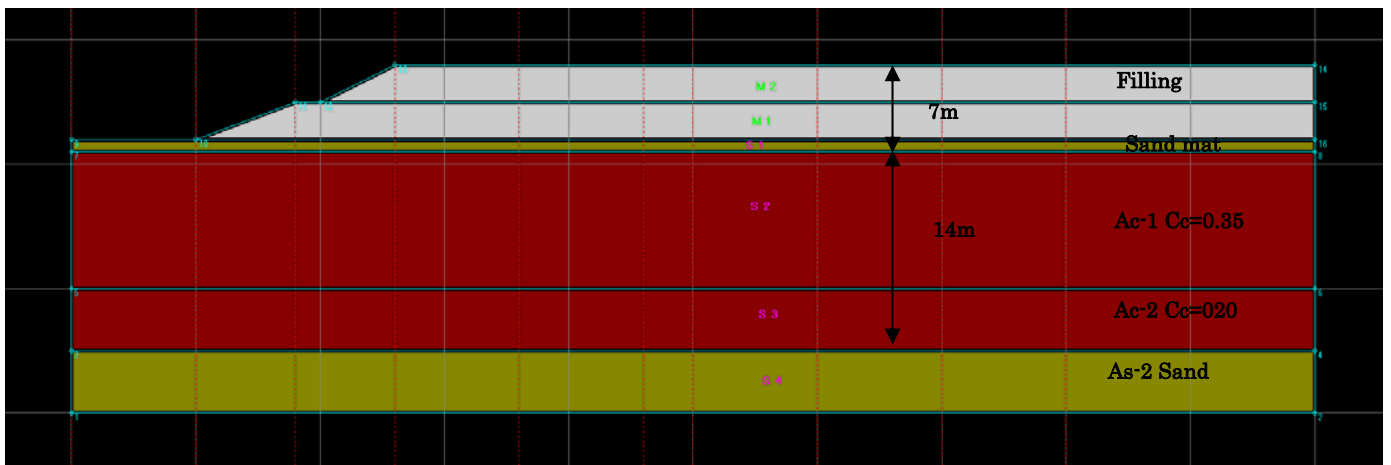


図 17.6-3 検討土層モデル図(ケース A)

b) ケース B：発電所主建屋周辺エリア

本ケースは発電所計画地のうち盛土高が最も高い箇所を選定し、土層モデルを設定した。
 この箇所は図 17.6-1 に示すように、発電所主建屋エリアのボーリングNo.PP-21-2 付近となる。
 なお、地下水位面は現地盤高 M.S.L+1.0m と仮定した。

表 17.6-9 土層モデル一覧表(ケース B)

土層名	下端標高 (M.S.L)	層厚 (m)	単位体積重量 γ_s (kN/m ³)	圧密特性
計画地盤面	M.S.L+10.0m、地下水位 M.S.L+1.0m ^{*1}			
盛土層	+2.0 m	8.0 m	19.0	-
サンドマット	+1.0 m	1.0 m	19.0	-
Ac-1 層	-6.0 m	7.0 m	18.9 ^{*1}	Cc=0.35, Cv=表 17.6-7
As-2 層	-15.0 m	9.0 m	18.1 ^{*1}	-

*1：近傍ボーリング PP-21-2 の試験結果に基づく

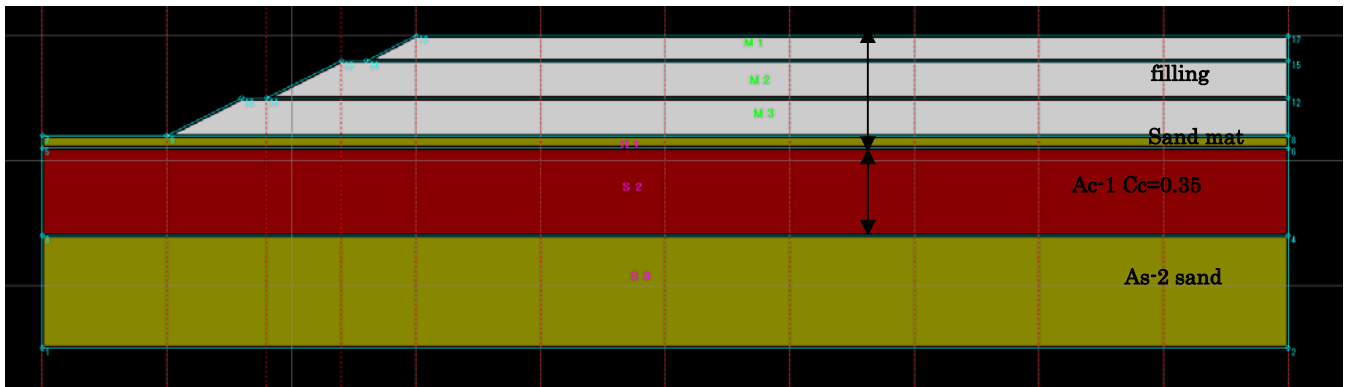


図 17.6-4 検討土層モデル図(ケース B)

(3) 検討結果

上記仮定条件のもと、圧密試算を行った結果を表 17.6-10 にまとめた。

この結果によれば、最終沈下量は貯炭場エリアで約 1.9m、発電所主建屋エリアで約 1.5m となった。また、盛土計画工期約 2 年間(720 日)を目安に考えると、いずれのケースにおいても、90%圧密日数はこの工期をオーバーしてしまうことが分かった。すなわち、現地盤上で所要の高さまで盛土して嵩上げすると、完成予定の 2 年後の後も引き続き地盤は圧密沈下すると想定できる。2 年後の圧密度はそれぞれ 20%,50%という試算結果となった。

これら結果から、圧密沈下対策を行わず盛土施工を行うことは、発電所建設に多大な影響を与えてしまう恐れがあることから、今後圧密沈下対策として地盤改良等の検討が必要と考える。

表 17.6-10 圧密特性の検討結果一覧表

項目	ケース A (貯炭場エリア)	ケース B (発電所主建屋エリア)
最終沈下量	1.9m	1.5 m
90%圧密日数	11,000 day (30 year)	1640 day (4.5 year)
圧密度 (720day*1)	20 %	50 %

*1 敷地造成盛土の計画工期 2 カ年後の圧密度を示す

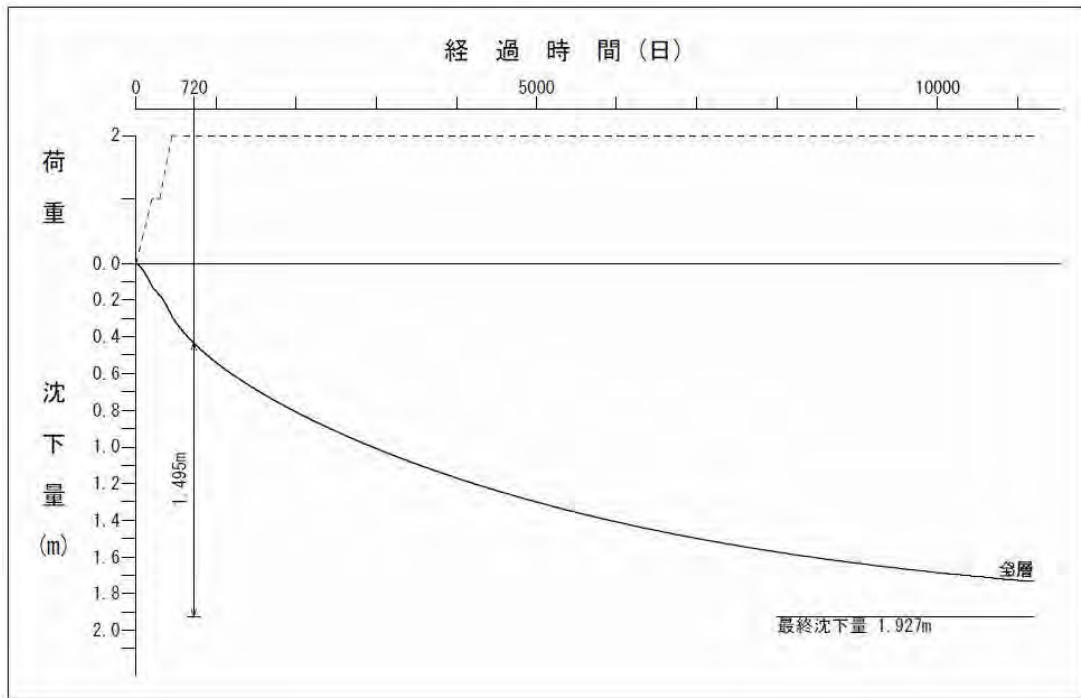


図 17.6-5 沈下量と経過時間の関係（ケース A モデル）

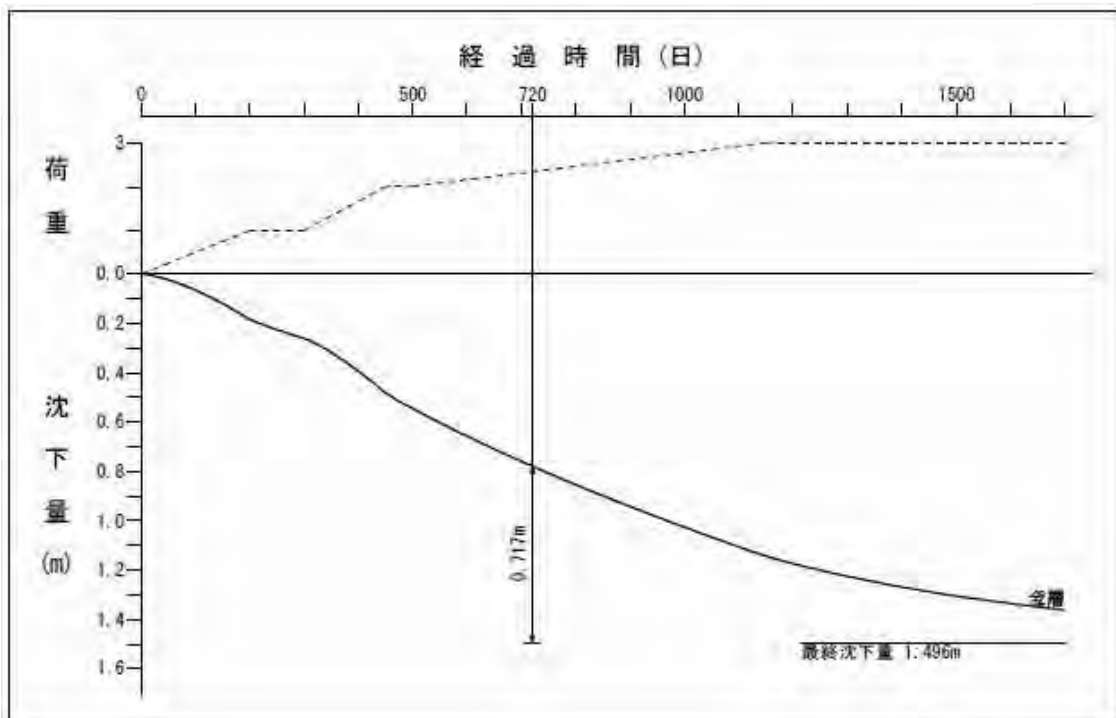


図 17.6-6 沈下量と経過時間の関係（ケース B モデル）

17.6.3 浚渫・敷地造成工事に係る施工手順の再考

8.2.8 節においては、工期短縮を主眼に、浚渫砂に係る前提条件のもと浚渫・敷地造成工事のクリティカルパス工程について検討を行った。

本節では、本自然条件調査結果を踏まえて、図 10.1-1 の工事工程についてチェックを行った。

(1) クリティカルパス工程への主な影響要因

本自然条件調査の結果によれば、浚渫砂においては多くの細粒分（シルト分）またはシルト層が介在するという分析評価が得られた。

シルト分を比較的多く含む浚渫砂は、浚渫段階で砂分とシルト分を分級し仮置きすることが困難となる。このため、浚渫砂は直接流用することができず、含水比が高い浚渫砂の排水時間がより必要となり、その上、浚渫土の仮置き場から敷地造成地までの運搬効率も低くなる。

(2) 工期および工費変更の可能性

上記の影響を考慮すると、8.2.8 で述べた浚渫・敷地造成工事に係るクリティカルパス工程とは別の施工手順・工法が適用される場合が考えられる。このため、今後詳細設計等において浚渫砂の受け入れ方法や敷地造成工におけるクリティカルパスについて十分検討を行う必要がある。

17.7 航路埋没に関する調査

本調査では、これまでの調査結果をもとに、港湾・航路建設後の漂砂シミュレーションを行い、港湾・航路での土砂堆積の要因分析を実施する。さらにこの結果より、当該サイトの航路埋没の可能性や対策の必要性を考察し、今後実施することが望ましい現地調査を提示する。

17.7.1 調査の内容と方法

(1) 漂砂現象と航路埋没のメカニズム

1) 想定される漂砂現象

対象地点が位置する沿岸域は河川の氾濫原地帯であり、河口デルタの地形は常に変化している。ただし、対象地点は河口砂州に含まれているものの、前浜勾配は比較的急勾配で、河口部ほどには変化が大きくなく安定的な様子がうかがえる。デルタを形成する底質の成分は細砂であり、シルト成分によるシルテーションは洪水時の一時的な現象と考え、砂移動を扱うものとした。

2) 航路埋没のメカニズム

移動による航路埋没のメカニズムを単純に記述したものが、図 17.7-1 である。

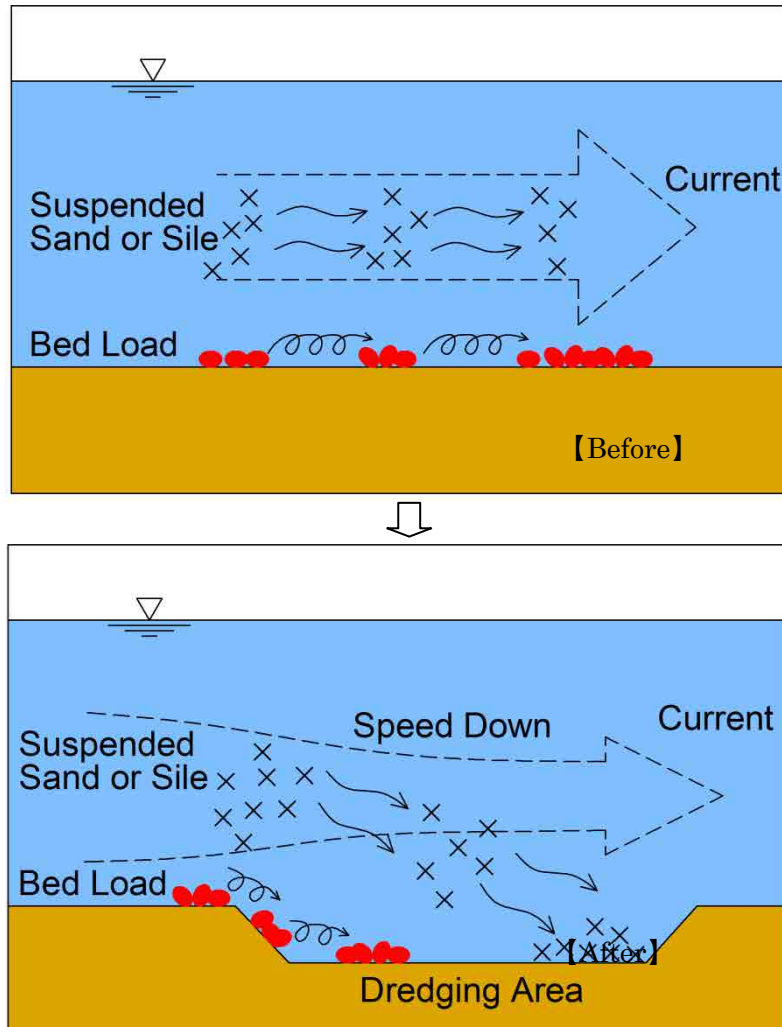


図 17.7-1 航路埋没のメカニズムの模式図

(2) シミュレーション

1) 波による漂砂シミュレーション

漂砂シミュレーションの流れを図 17.7.-2 に示す。

漂砂シミュレーションに用いた解析手法の概要を表 17.7-1 に示す。

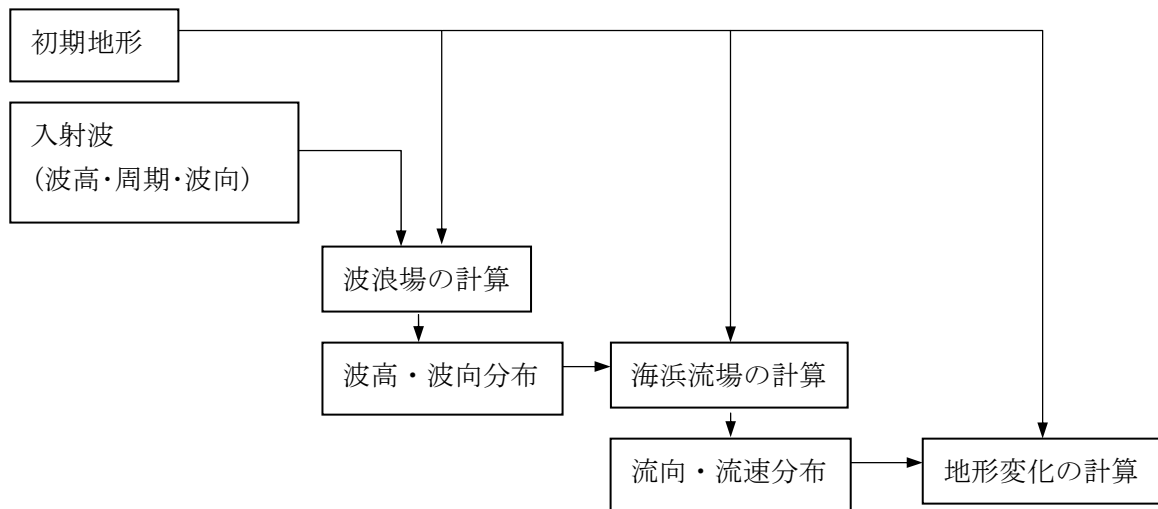


図 17.7-2 波による漂砂シミュレーションのフロー

表 17.7-1 波による漂砂シミュレーションの解析手法の概要

項目	手法
波浪場の計算	<ul style="list-style-type: none"> 基礎式 : エネルギー平衡方程式 [Karlsson(1969)] …屈折、浅水変形 回折の考慮 : 方向分散法 砕波の考慮 : 合田(1975)の不規則波の砕波変形モデルの簡略式
海浜流場の計算	<ul style="list-style-type: none"> 基礎式 : 平均流に関する連続式および運動方程式 計算法 : 時間項、移流項、圧力項、底面摩擦項、水平拡散項、外力項（波の radiation stress による項）を考慮した非定常計算式
地形変化の計算	<ul style="list-style-type: none"> 基礎式 : 漂砂の連続式 局所漂砂量式 : 渡辺ら (1984) の評価式 漂砂量……パワーモデル 移動方向…平均流の方向に一致 底面剪断応力の評価 : 田中・首藤 (1980) の表示

2) 潮汐による漂砂シミュレーション

計算の流れを図 17.7-3 に、計算内容のイメージを図 17.7-4 に示す。

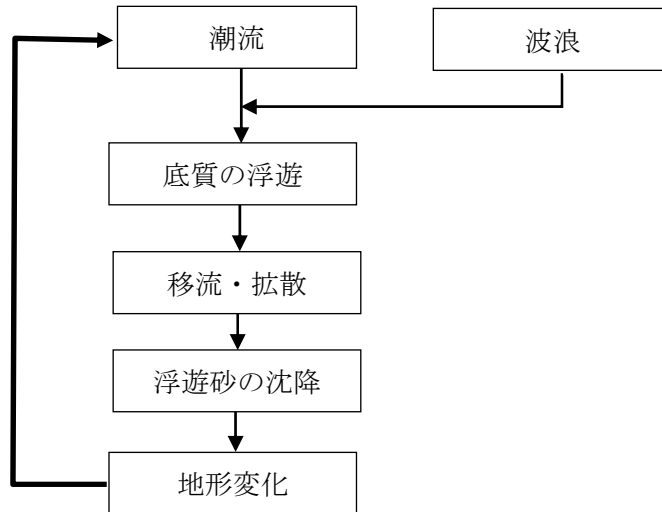


図 17.7-3 潮流による漂砂シミュレーションのフロー

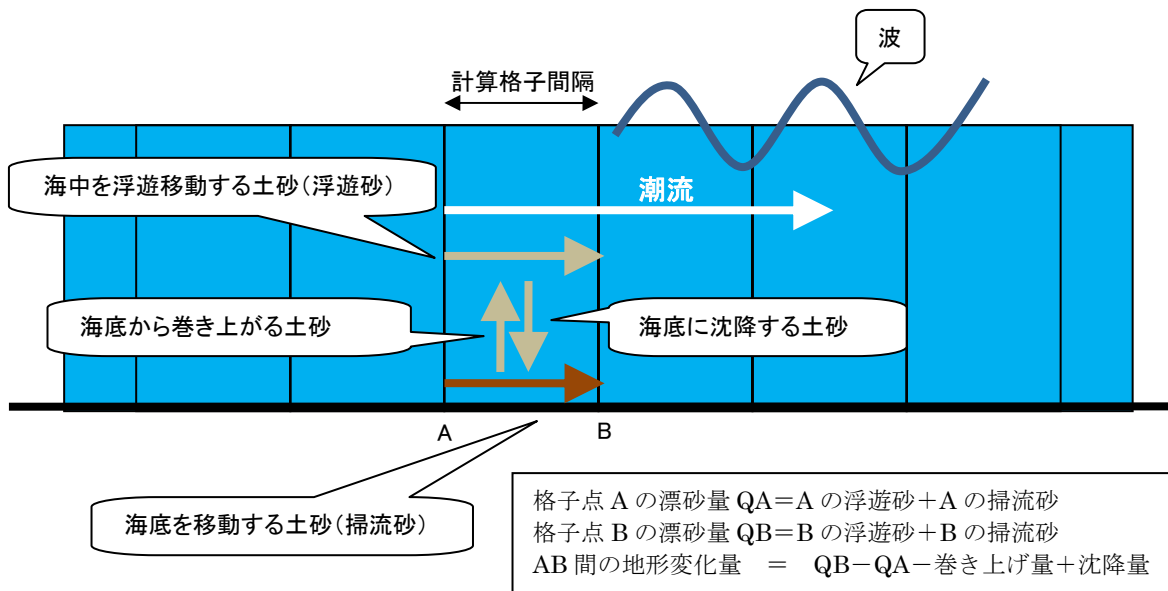


図 17.7-4 潮流による地形変化のイメージ

17.7.2 漂砂シミュレーションの結果

(1) 波による漂砂シミュレーション

1) 検討条件

波による漂砂シミュレーションの検討条件を、表 17.7-2 に示す。

表 17.7-2 波による漂砂シミュレーションの検討条件

項目	検討条件				
解析領域 (図 17.7-5 参照)	波浪場	岸沖 47,600m×沿岸 71,300m			
	海浜流場 地形編	岸沖 8,500m×沿岸 11,150m			
海底地形	図 17.7-6 参照				
波浪条件 (表 17.7-3 参照)		波高 Ho'	周期 T1/3	波向	備考
	年最大波	3.4m	8.5sec	SSW	上位 1%相当波
	平均波	1.22m	8.2sec	SSW	上位 50%相当波
潮位	H.W.L=M.S.L.+2.2m				
波浪場・ 海浜流場の 計算条件	計算メッシュ	$\Delta x=10m$			
	タイムステップ	$\Delta t=0.01sec$			
	摩擦係数	Cf=0.02			
	水平拡散係数	N=0.01			
	境界条件	側方・沖側:開境界 陸側:流速の法線成分=0			
地形変化の 計算条件	計算メッシュ	$\Delta x=10m$			
	タイムステップ	$\Delta t=0.5hr$			
	漂砂量係数	Ac=1.0, Aw=0.2 (標準値)			
	岸沖判定係数	Fd=1.0			
	地形変化の係数	$\epsilon=10.0$			
	中央粒径	D50=0.20mm [乾季を想定] D50=0.10mm [雨季を想定] (表 17.7-4 底質調査結果 参照)			
	作用日数	3日間			
境界条件	側方・沖側:開境界 陸側:漂砂の法線成分=0				

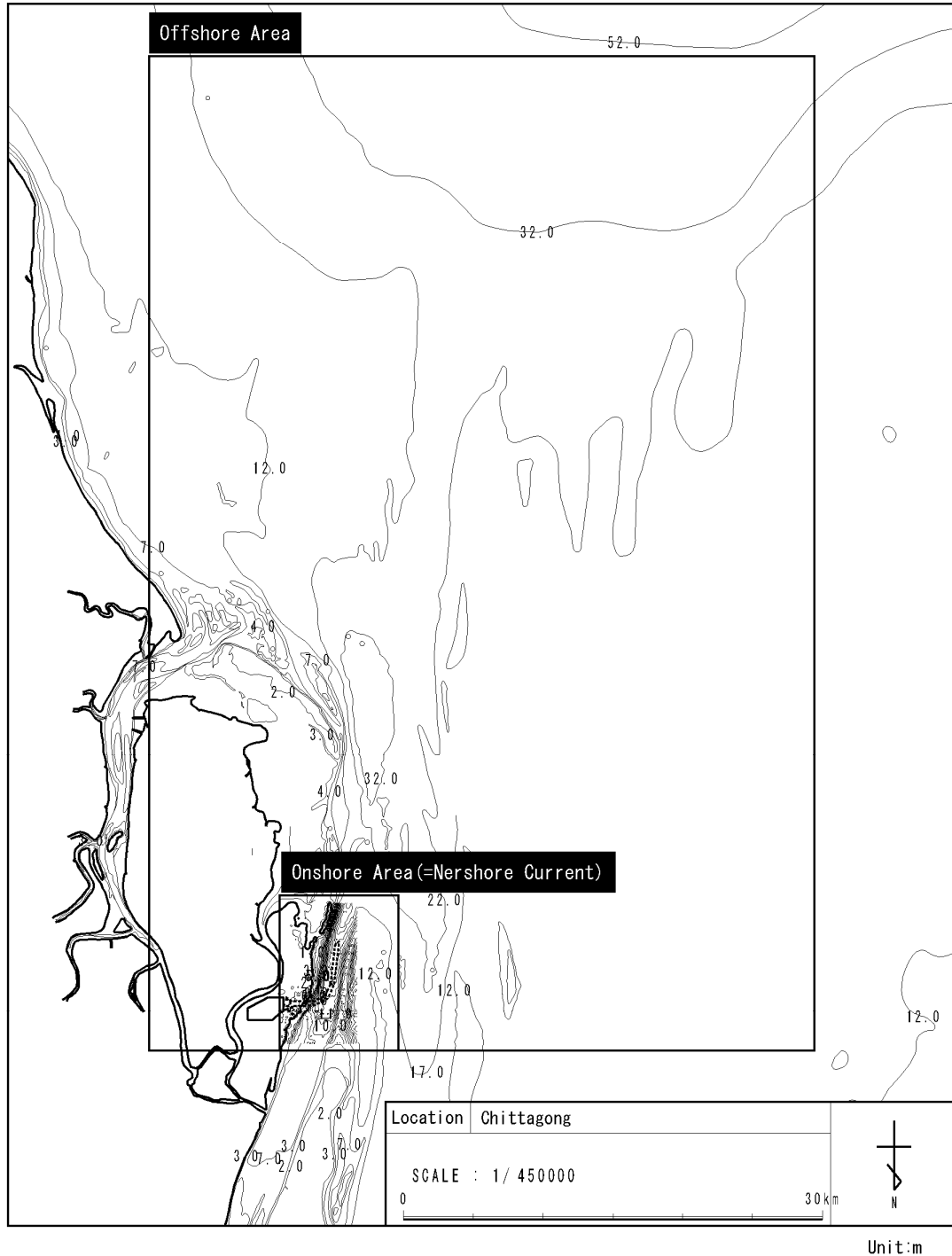


図 17.7-5 解析領域

Bangladesh Chittagong Coal-Fired Power Plant Construction Project Preparation Survey
 Final Report (Power Plant, Port, Transmission Line, Access Road, Natural Condition Survey)

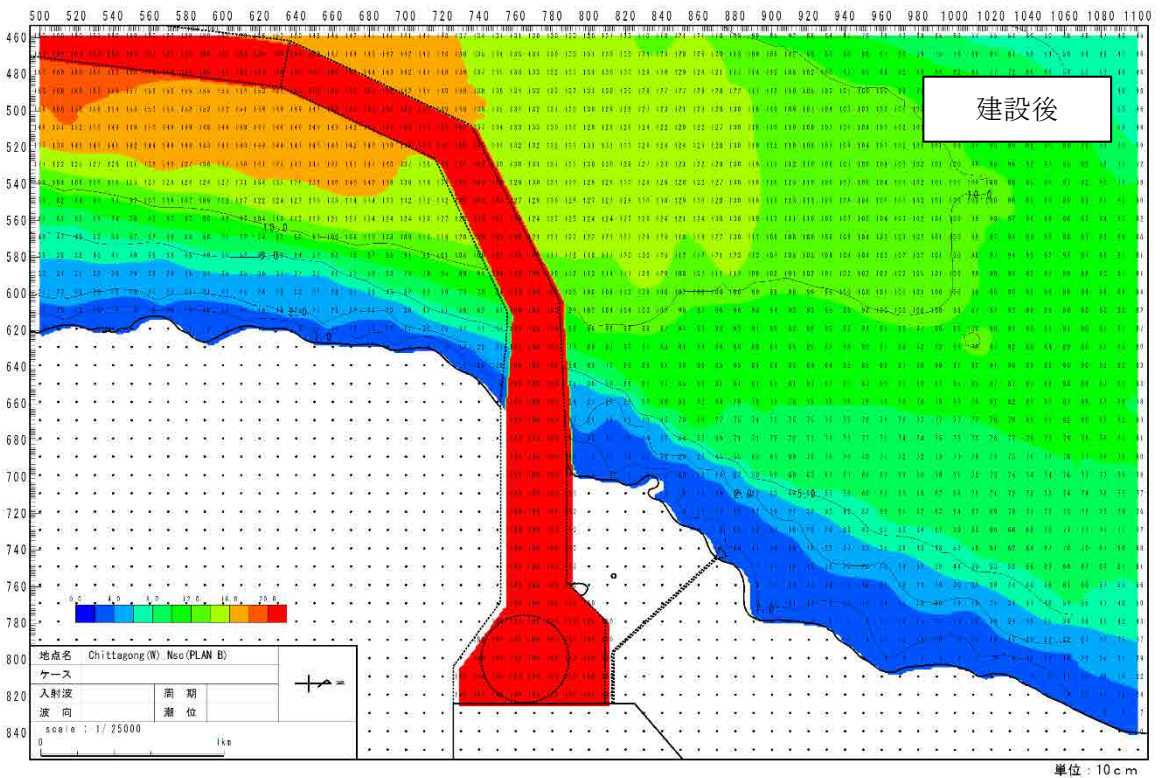
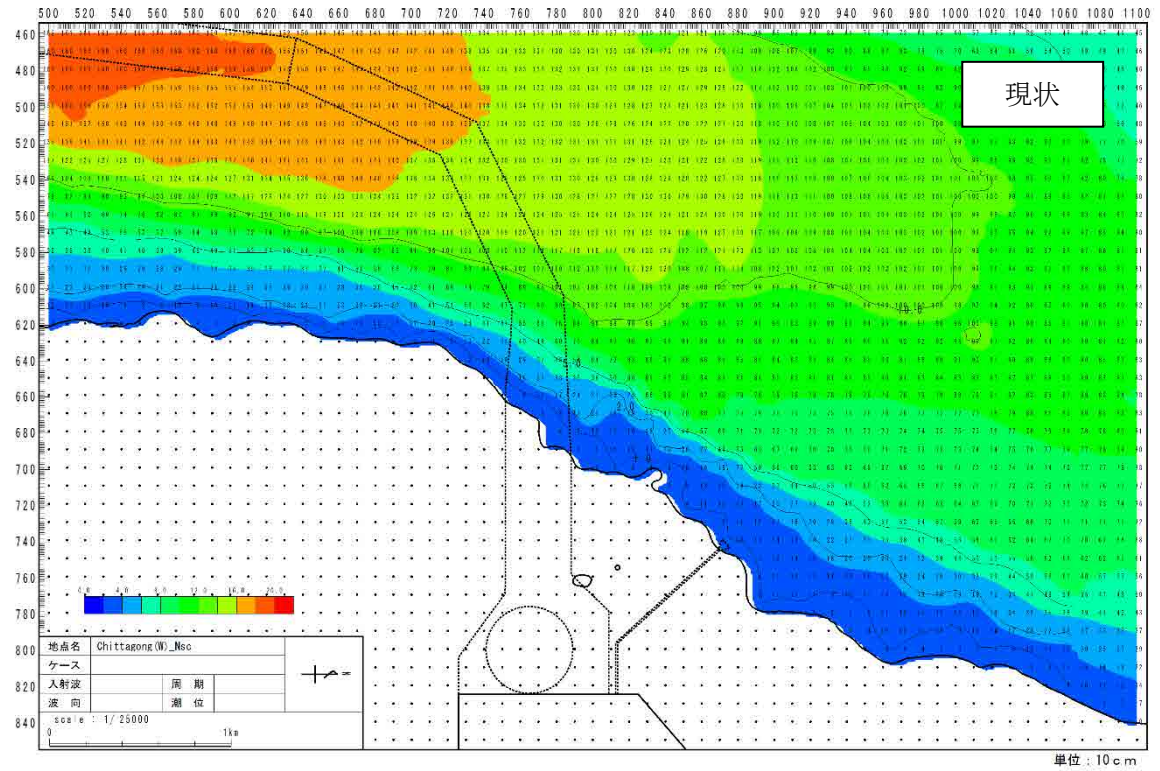


図 17.7-6 海底地形

Bangladesh 国 チッタゴン石炭火力発電所建設事業準備調査
 ファイナルレポート (発電所・港湾・送電線・アクセス道路・自然条件調査)

表 17.7-3 波浪の出現頻度表 (2006年～2011年気象協会波浪推算結果)

Point : E91.5 , N20.5
 Term : 2006.1.1 ~ 2010.12.31

Height (m)	Period (s)															Sum	Total amount
	~ 2.9	3.0 ~ 3.9	4.0 ~ 4.9	5.0 ~ 5.9	6.0 ~ 6.9	7.0 ~ 7.9	8.0 ~ 8.9	9.0 ~ 9.9	10.0 ~ 10.9	11.0 ~ 11.9	12.0 ~ 12.9	13.0 ~ 13.9	14.0 ~ 14.9	15.0 ~			
~ 0.49			18 (0.0)	75 (0.2)	187 (0.4)	323 (0.7)	378 (0.9)	346 (0.8)	131 (0.3)	17 (0.0)					1475 (3.4)	1475 (3.4)	
0.50 ~ 0.99		6 (0.0)	255 (0.6)	948 (2.2)	1729 (3.9)	2533 (5.8)	3765 (8.6)	3280 (7.5)	1734 (4.0)	484 (1.1)	189 (0.4)	19 (0.0)	13 (0.0)		14955 (34.1)	16430 (37.5)	
1.00 ~ 1.49			186 (0.4)	590 (1.3)	1089 (2.5)	2579 (5.9)	2952 (6.7)	1929 (4.4)	1389 (3.2)	917 (2.1)	350 (0.8)	110 (0.3)	18 (0.0)		12109 (27.6)	28539 (65.1)	
1.50 ~ 1.99				144 (0.3)	1295 (3.0)	2644 (6.0)	2617 (6.0)	1209 (2.8)	609 (1.4)	122 (0.3)	61 (0.1)	70 (0.2)	4 (0.0)		8775 (20.0)	37314 (85.1)	
2.00 ~ 2.49				14 (0.0)	765 (1.7)	1560 (3.6)	1158 (2.6)	462 (1.1)	129 (0.3)	67 (0.2)	42 (0.1)				4197 (9.6)	41511 (94.7)	
2.50 ~ 2.99					267 (0.6)	681 (1.6)	369 (0.8)	173 (0.4)	28 (0.1)	13 (0.0)	26 (0.1)				1557 (3.6)	43068 (98.3)	
3.00 ~ 3.49					13 (0.0)	256 (0.6)	128 (0.3)	13 (0.0)	1 (0.0)	13 (0.0)					424 (1.0)	43492 (99.2)	
3.50 ~ 3.99						131 (0.3)	36 (0.1)	9 (0.0)							176 (0.4)	43668 (99.6)	
4.00 ~ 4.49						34 (0.1)	35 (0.1)	6 (0.0)							75 (0.2)	43743 (99.8)	
4.50 ~ 4.99						2 (0.0)	17 (0.0)	10 (0.0)							29 (0.1)	43772 (99.9)	
5.00 ~ 5.49							13 (0.0)	4 (0.0)	2 (0.0)						19 (0.0)	43791 (99.9)	
5.50 ~ 5.99							6 (0.0)	7 (0.0)	4 (0.0)						17 (0.0)	43808 (100.0)	
6.00 ~ 6.49								5 (0.0)	5 (0.0)						10 (0.0)	43818 (100.0)	
6.50 ~ 6.99									6 (0.0)						6 (0.0)	43824 (100.0)	
7.00 ~															0 (0.0)	43824 (100.0)	
Sum	0 (0.0)	6 (0.0)	459 (1.0)	1771 (4.0)	5345 (12.2)	10743 (24.5)	11474 (26.2)	7453 (17.0)	4038 (9.2)	1633 (3.7)	668 (1.5)	199 (0.5)	35 (0.1)	0 (0.0)	43824 (100.0)	43824 (100.0)	
Total amount	0 (0.0)	6 (0.0)	465 (1.1)	2236 (5.1)	7581 (17.3)	18324 (41.8)	29798 (68.0)	37251 (85.0)	41289 (94.2)	42922 (97.9)	43590 (99.5)	43789 (99.9)	43824 (100.0)	43824 (100.0)	43824 (100.0)	43824 (100.0)	

upper : frequency , (lower) : ratio

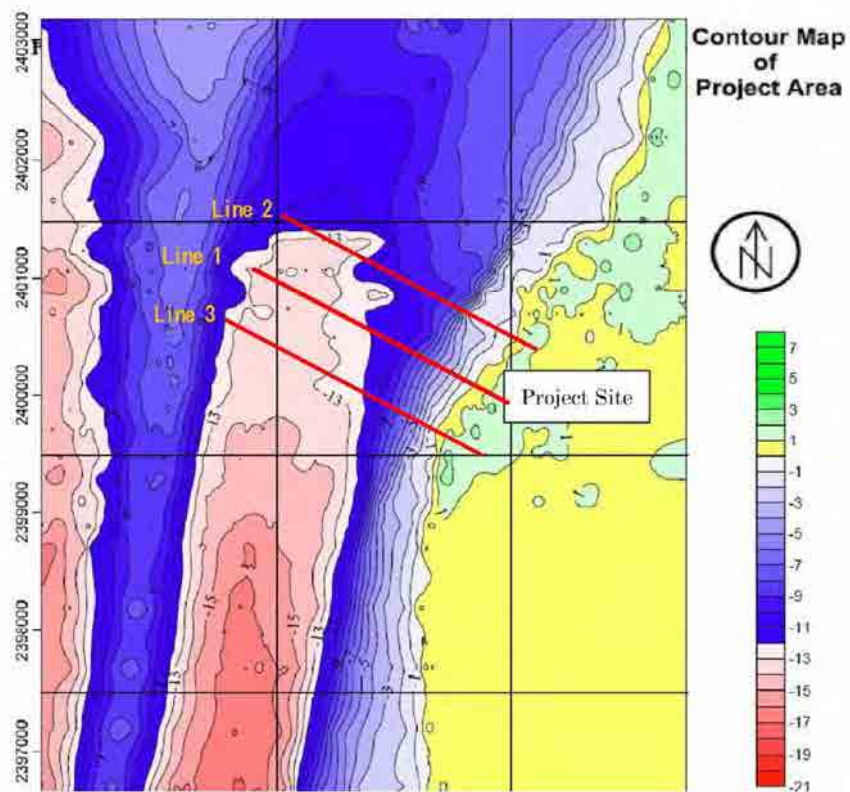
Point : E91.5 , N20.5
 Term : 2006.1.1 ~ 2010.12.31

Height (m)	Direction																Sum
	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	
~ 0.49	10 (0.0)	1 (0.0)	1 (0.0)		1 (0.0)	3 (0.0)	66 (0.2)	890 (2.0)	375 (0.9)	52 (0.1)	19 (0.0)	23 (0.1)	17 (0.0)	12 (0.0)	3 (0.0)	2 (0.0)	1475 (3.4)
0.50 ~ 0.99	55 (0.1)	3 (0.0)	1 (0.0)	2 (0.0)		7 (0.0)	37 (0.1)	2921 (6.7)	8670 (19.8)	288 (3.4)	251 (0.7)	239 (0.6)	317 (0.5)	389 (0.7)	289 (0.7)		14955 (34.1)
1.00 ~ 1.49	15 (0.0)					7 (0.0)	39 (0.1)	816 (1.9)	8201 (18.7)	1781 (4.1)	182 (0.4)	105 (0.2)	92 (0.2)	138 (0.3)	424 (1.0)	309 (0.7)	12109 (27.6)
1.50 ~ 1.99						11 (0.0)	40 (0.1)	532 (1.2)	6711 (15.3)	1396 (3.2)			2 (0.0)	2 (0.0)	28 (0.1)	52 (0.1)	8775 (20.0)
2.00 ~ 2.49						12 (0.0)	86 (0.2)	353 (0.8)	2906 (6.6)	838 (1.9)	2 (0.0)						4197 (9.6)
2.50 ~ 2.99						1 (0.0)	74 (0.2)	125 (0.3)	847 (1.9)	508 (1.2)	2 (0.0)						1557 (3.6)
3.00 ~ 3.49							17 (0.0)	73 (0.2)	258 (0.6)	76 (0.2)							424 (1.0)
3.50 ~ 3.99							33 (0.1)	22 (0.1)	80 (0.2)	41 (0.1)							176 (0.4)
4.00 ~ 4.49							22 (0.1)	5 (0.0)	35 (0.1)	13 (0.0)							75 (0.2)
4.50 ~ 4.99							5 (0.0)	9 (0.0)	15 (0.0)								29 (0.1)
5.00 ~ 5.49							7 (0.0)	6 (0.0)	6 (0.0)								19 (0.0)
5.50 ~ 5.99								7 (0.0)	10 (0.0)								17 (0.0)
6.00 ~ 6.49								6 (0.0)	4 (0.0)								10 (0.0)
6.50 ~ 6.99								1 (0.0)	5 (0.0)								6 (0.0)
7.00 ~																	0 (0.0)
Sum	80 (0.2)	4 (0.0)	2 (0.0)	2 (0.0)	1 (0.0)	41 (0.1)	426 (1.0)	5766 (13.2)	28123 (64.2)	6191 (14.1)	493 (1.1)	379 (0.9)	350 (0.8)	470 (1.1)	844 (1.9)	652 (1.5)	43824 (100.0)

upper : frequency , (lower) : ratio

表 17.7-4 底質調査結果

depth(m)	Dry season			Rainy season		
	Line1 D ₅₀ (mm)	Line2 D ₅₀ (mm)	Line3 D ₅₀ (mm)	Line1 D ₅₀ (mm)	Line2 D ₅₀ (mm)	Line3 D ₅₀ (mm)
-1	0.15	0.15	0.10	0.28	0.16	0.24
-2	0.10			0.08		
-3	0.08	0.10	0.13	0.09	0.14	0.09
-4	0.13			0.10		
-5	0.11	0.09	0.11	0.10	0.18	0.16
-6	0.10			0.09		
-7	0.09	0.12	0.11	0.09	0.10	0.09
-8	0.09			0.09		
-9	0.10	0.13	0.12	0.09	0.09	0.09
-10	0.10			0.09		
-11	0.08	0.16	0.11	0.10	0.12	0.09
-12	0.08			0.09		
-13	—		0.08	0.12	—	0.11
end	—	—	0.18	0.19	—	0.12



[測線位置]

2) シミュレーションケース

シミュレーションのケースを、表 17.7-5 に示す。

表 17.7-5 シミュレーションケース

構造物	波浪	地形変化計算	
		乾季 (D ₅₀ =0.2mm)	雨季 (D ₅₀ =0.1mm)
現況	年最大波	○ 表 17.7-6 (1)	○ 表 17.7-6 (3)
	平均波	○ 表 17.7-6 (2)	○ 表 17.7-6 (4)
建設後	年最大波	○ 表 17.7-6 (1)	○ 表 17.7-6 (3)
	平均波	○ 表 17.7-6 (2)	○ 表 17.7-6 (4)

3) 結果

現況及び建設後のシミュレーション結果を表 17.7-6 に示す。

現況

- ・平均波と最大波による地形変化の結果から、最大波の沿岸部での堆積が平均波の堆積に比べて若干大きい結果となった。
- ・平均波、最大波共に、粒径の違いによる地形変化が生じたが、差異は見られなかった。

建設後

- ・平均波と最大波による地形変化の結果から、最大波の沿岸部での堆積が平均波の堆積に比べて若干大きい結果となった。
- ・平均波、最大波共に、粒径の違いによる地形変化が生じたが、差異は見られなかった。

以上のことから、波による当該地点の地形変化は、顕著ではないと考えられる。

表 17.7-6 (1) 地形変化（現況：年最大波,乾季,D50=0.2mm）

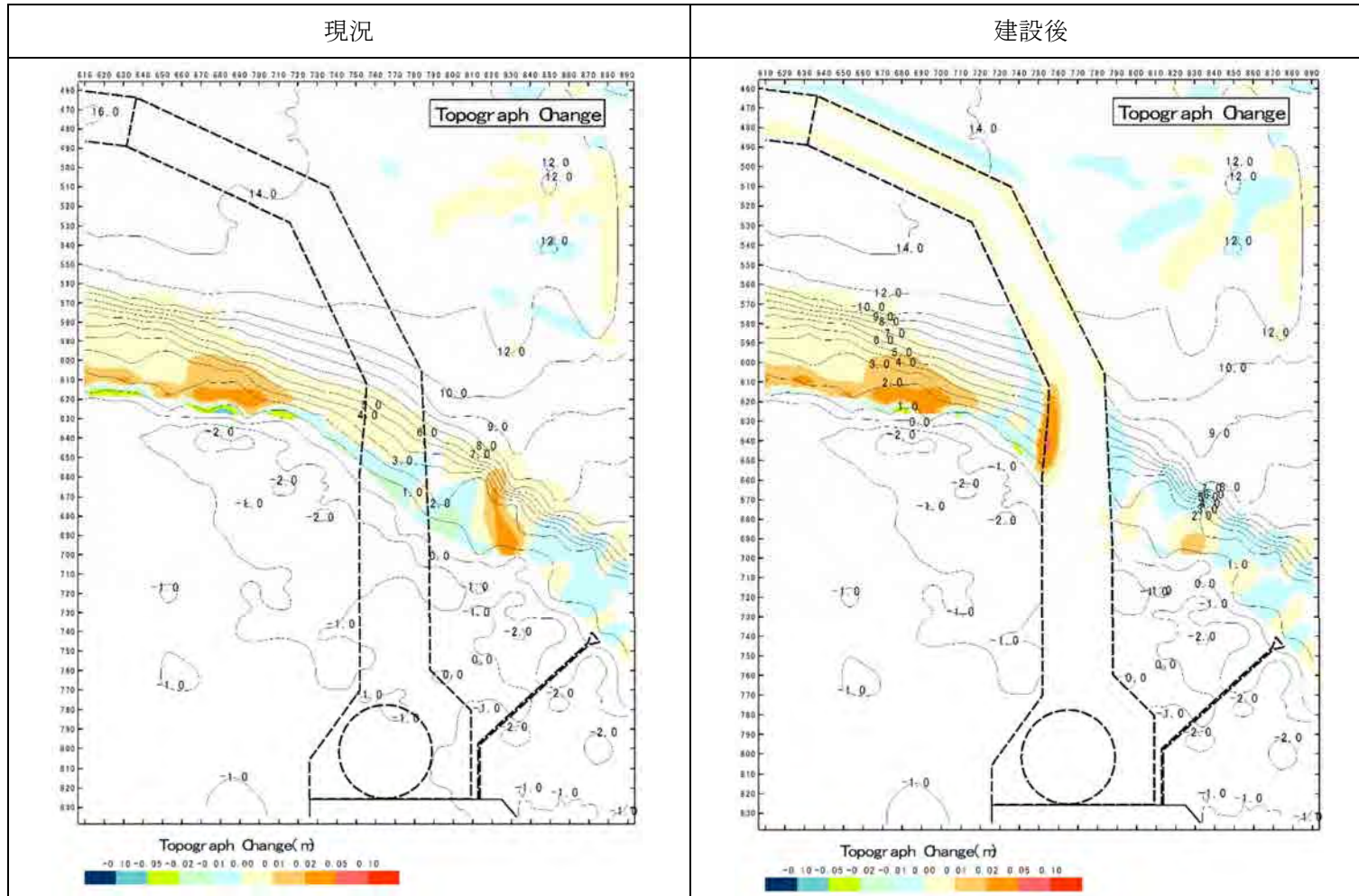


表 17.7-6 (2) 地形変化（現況：平均波,乾季,D₅₀=0.2mm）

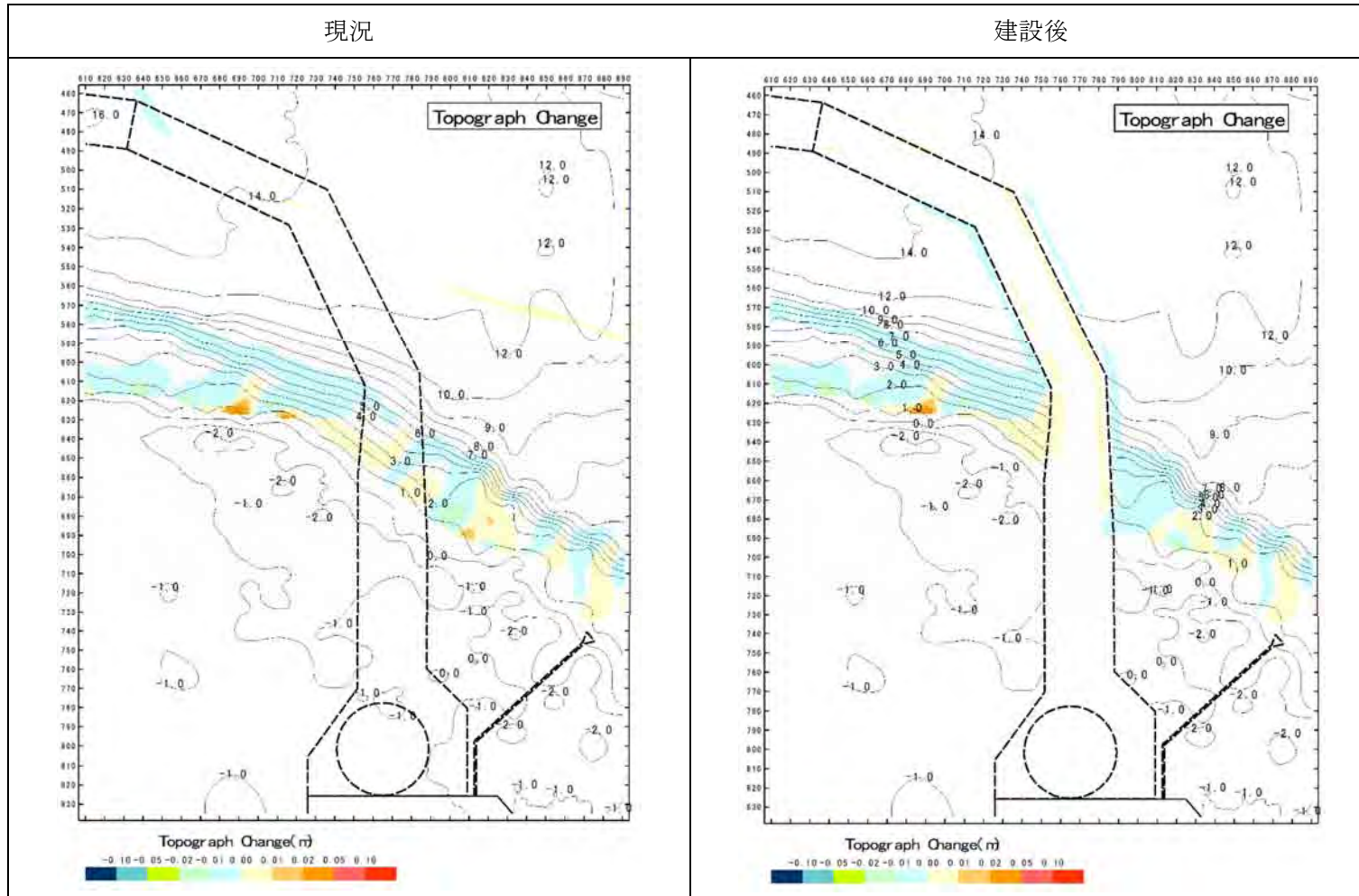


表 17.7-6 (3) 地形変化（現況：年最大波,雨季,D₅₀=0.1mm）

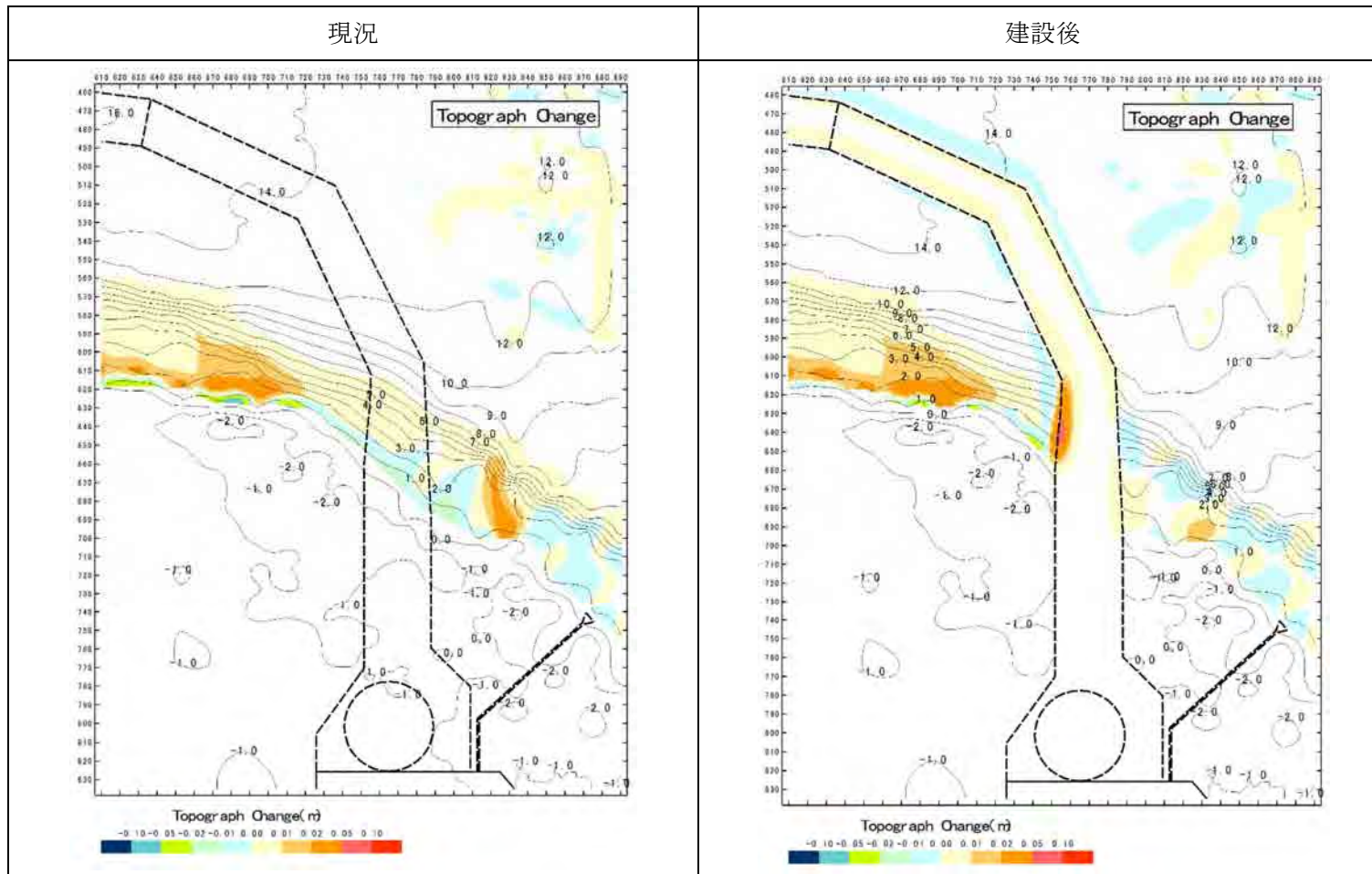
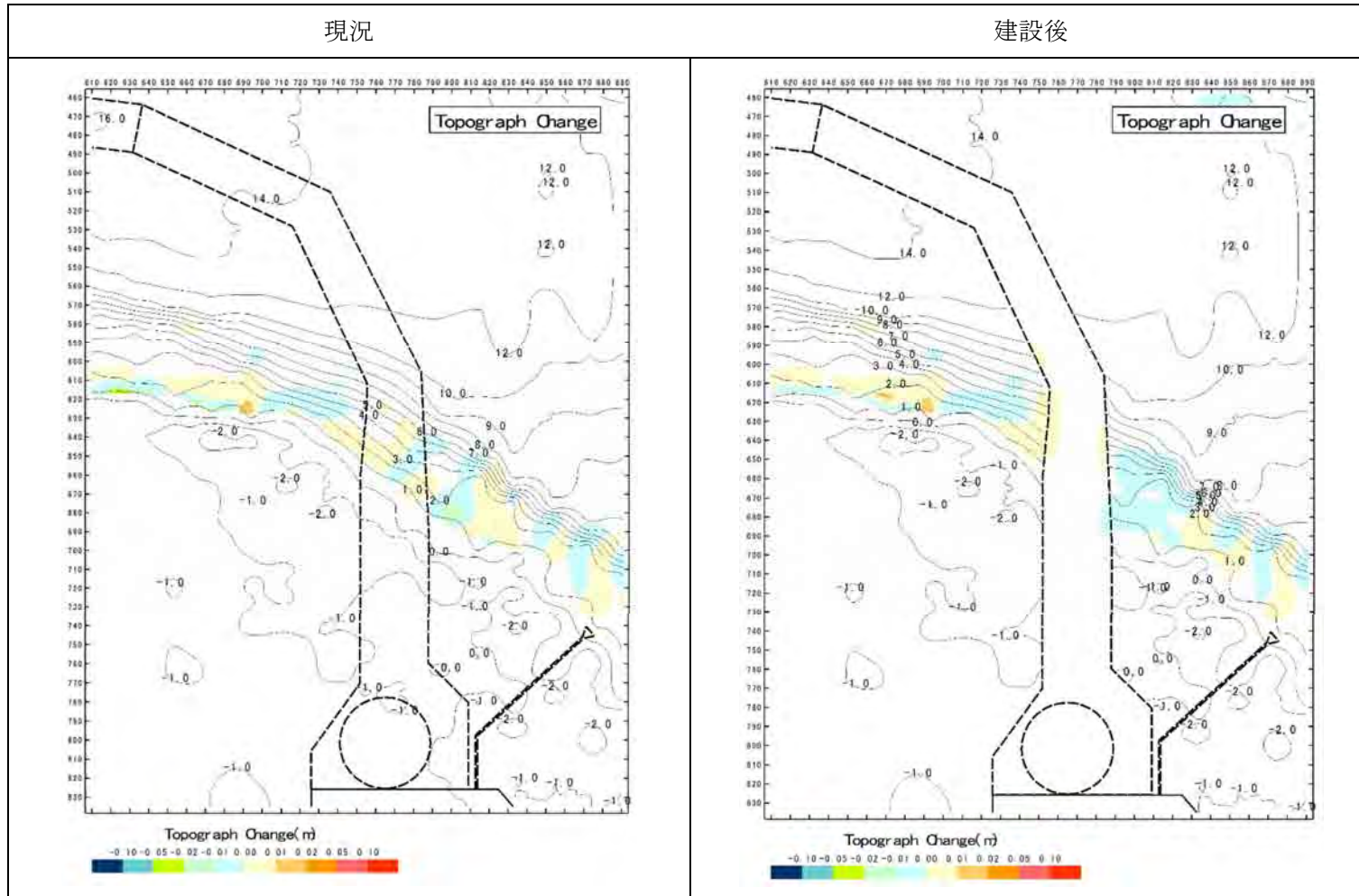


表 17.7-6 (4) 地形変化 (現況: 平均波, 雨季, $D_{50}=0.1\text{mm}$)



(2) 潮汐による漂砂シミュレーション

1) 検討条件

潮汐による漂砂シミュレーションの検討条件を、表 17.7-7 に示す。

表 17.7-7 潮汐による漂砂シミュレーションの検討条件

設定値の項目		設定値		備考
境界条件	境界起流力	水位変動		
	潮汐数	10 潮汐分		
	再現対象	流速 1.45m/s	流向 NNE	昨年度実績
流速 1.20m/s		流向 SSW		
計算領域		沿岸 25km×岸沖 15km		計算領域：図 17.7-7 水深図：図 17.7-8
潮流	計算モデル	非線形長波方程式		
	計算格子	25m		
	粗度係数	0.025		一般値
	水平渦粘性係数	1.00		同上
	計算時間間隔	0.75s		
	繰り返し回数	576,000 回		
河川流量	河川 1	3500m ³ /s		昨年度実績
	河川 2	350m ³ /s		
取水流量	冷却水設備	50 m ³ /s		2unit
波浪	波高	1.22m		出現率 50%波高
	周期	8.2s		
	波向	SSW		
地形変化	底質粒径	D ₅₀ =0.10mm (Off Shore)		雨季の観測値
		D ₅₀ =0.20mm (Off Shore)		乾季の観測値
	掃流砂量の係数	10.0		一般値
	拡散係数	1.0		同上
	砂の捲上係数	0.01		掃流砂の 1%
	砂の沈降速度	0.09mm/s		粒径による
	バックグラウンド SS 濃度	雨季	600mg/L	1300mg/L
乾季		0mg/L		

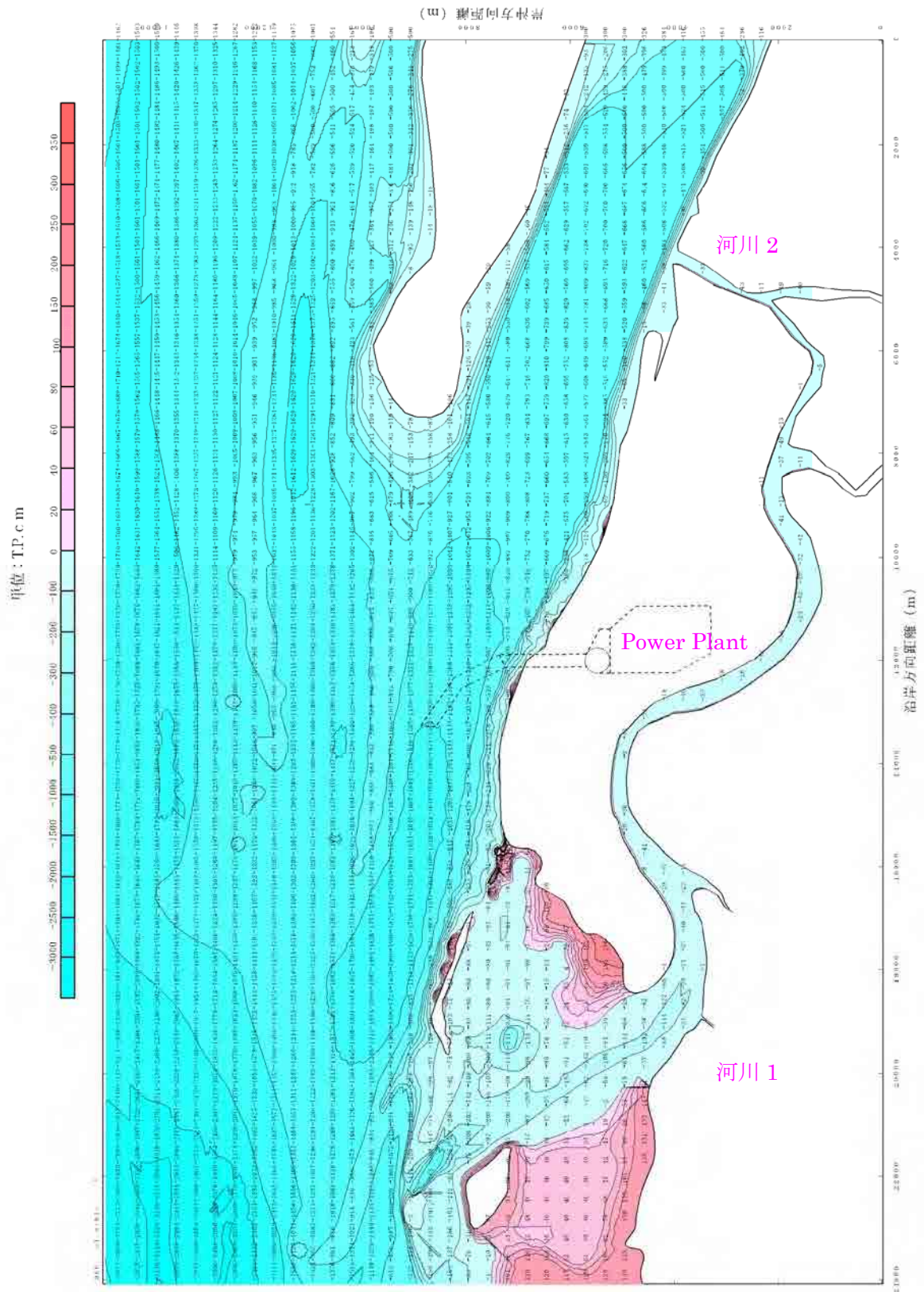


図 17.7-7 解析領域

Bangladesh 国 チッタゴン石炭火力発電所建設事業準備調査
 ファイナルレポート (発電所・港湾・送電線・アクセス道路・自然条件調査)

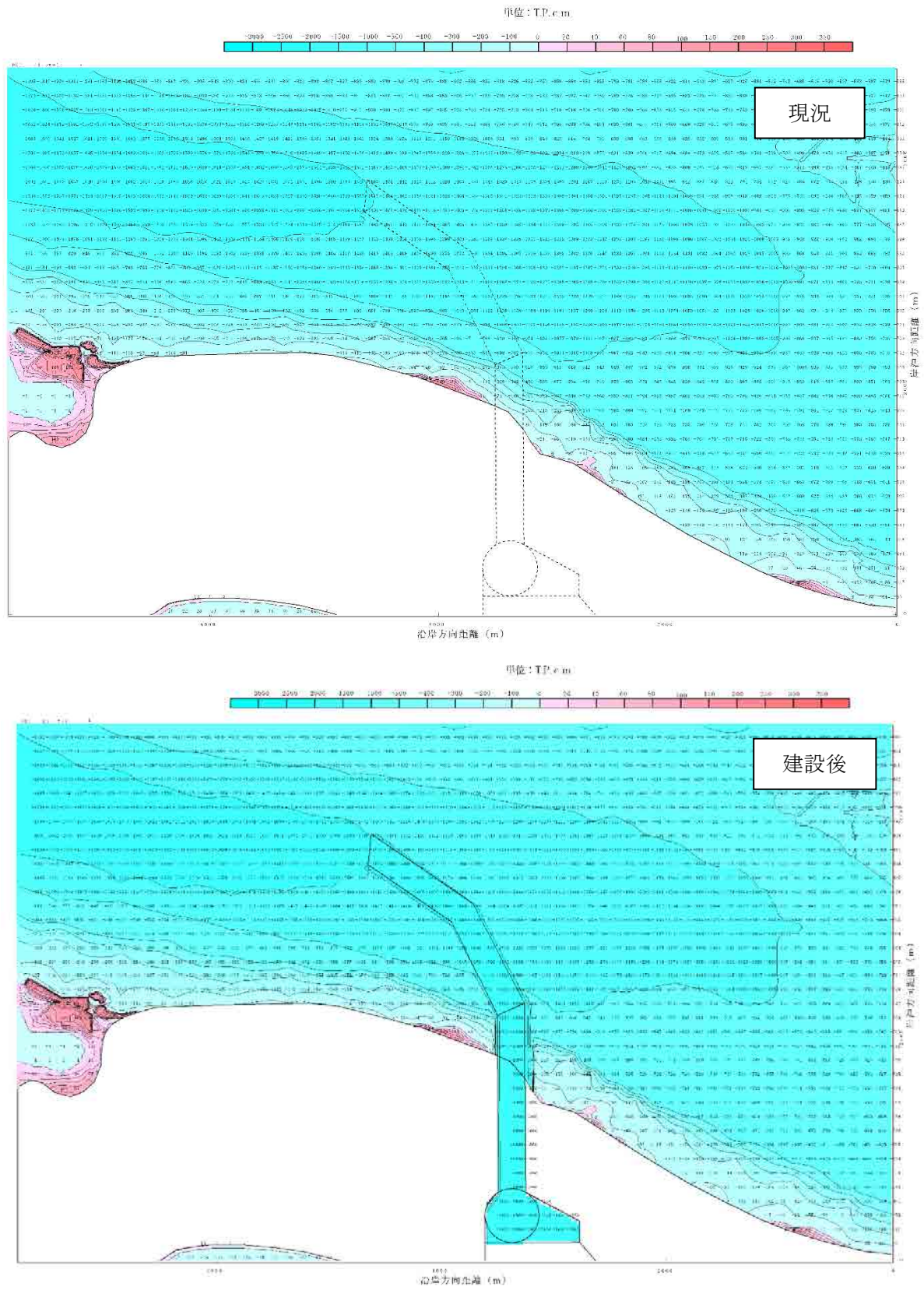


図 17.7-8 水深

表 17.7-8 SS 濃度

unit : mg/L

水深 (m)	調査		表層と底面の中央値	表層の水深で重み付した 平均値	中央値の水深で重み付し た平均値
	表層	底面			
1	3343	3320	3332	3343	3332
3	1114	1533	1324	3342	3971
5	1167	3529	2348	5835	11740
7	819	2925	1872	5733	13104
9	183	3020	1602	1647	14414
11	178	1324	751	1958	8261
13	154	1400	777	2002	10101
average	994	2436	1715	487	1325

2) シミュレーションケース

シミュレーションのケースを、表 17.7-9 に示す。

表 17.7-9 シミュレーションケース

構造物	波浪	D ₅₀ (mm)	SS 濃度 (mg/L)	取水量 (m ³ /s)	備考
現況	平均波	0.1	600	—	図 17.7-9(1)
	年最大波	0.1	600	—	図 17.7-9(2)
	年最大波	0.2	600	—	図 17.7-9(3)
	平均波	0.1	0	—	図 17.7-9(4)
	平均波	0.1	1300	—	図 17.7-9(5)
建設後	平均波	0.1	600	50	図 17.7-9(1)
	年最大波	0.1	600	50	図 17.7-9(2)
	年最大波	0.2	600	50	図 17.7-9(3)
	平均波	0.1	0	50	図 17.7-9(4)
	平均波	0.1	1300	50	図 17.7-9(5)

3) 結果

シミュレーション結果を図 17.7-9 に示す。

現状

- ・平均波と最大波による地形変化の結果では、差異は見られなかった。
- ・最大波による地形変化の結果では、粒径が大きいときの沿岸部での侵食が粒径が小さいときの侵食に比べて若干大きい結果となった。
- ・平均波で SS 濃度を考慮しないときと SS 濃度が 600mg/L による地形変化の結果では、差異はみられなかった。
- ・平均波で SS 濃度が 1300mg/L による地形変化の結果では、海域全体が堆積傾向になった。

建設後

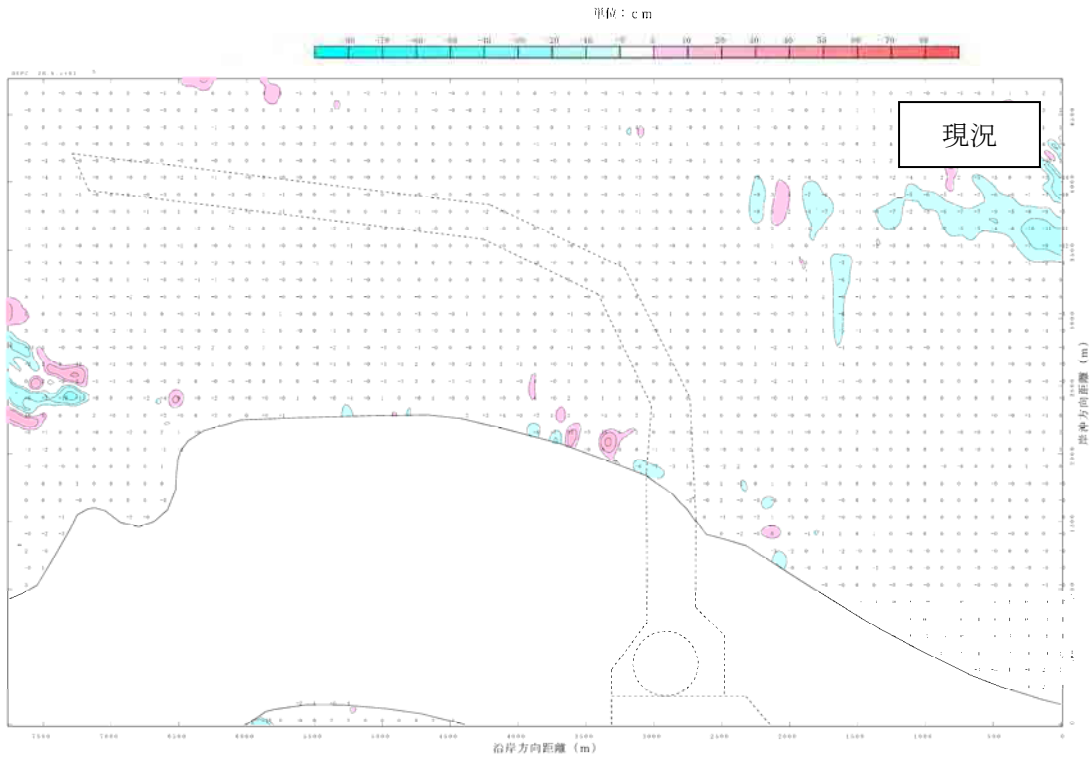
- ・平均波と最大波による地形変化の結果では、最大波の時に航路内での堆積が平均波の堆積に比べて大きい結果となった。
- ・最大波による地形変化の結果では、粒径が小さいときに航路内での堆積が粒径が大きいときに比べて大きい結果となった。
- ・平均波で SS 濃度を考慮しないときと SS 濃度が 600mg/L による地形変化の結果では、SS 濃度が高いときに航路内での堆積が大きくなった。
- ・平均波で SS 濃度が 1300mg/L による地形変化の結果では、海域全体が堆積傾向になった。航路内で局所的に堆積している箇所に着目すると、SS 濃度が 600mg/L と 1300mg/L では同様な堆積状況であった。

以上のことから、地形変化の特徴についてまとめた。

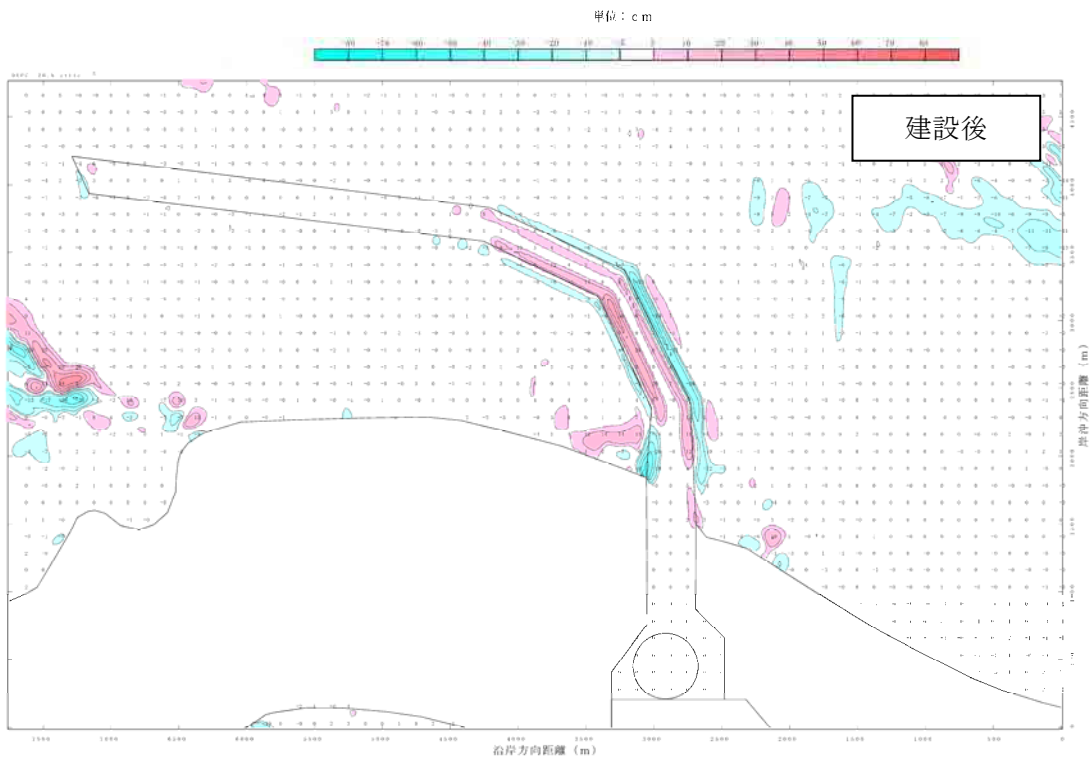
高波浪時に航路内での堆積が大きくなる。

粒径が小さいときに、航路内での堆積が大きくなることから、流れによる浮遊砂が航路内に沈降したと考えられる。

濃度が大きくなると海域全体が堆積傾向になることから、航路もその影響を受ける。

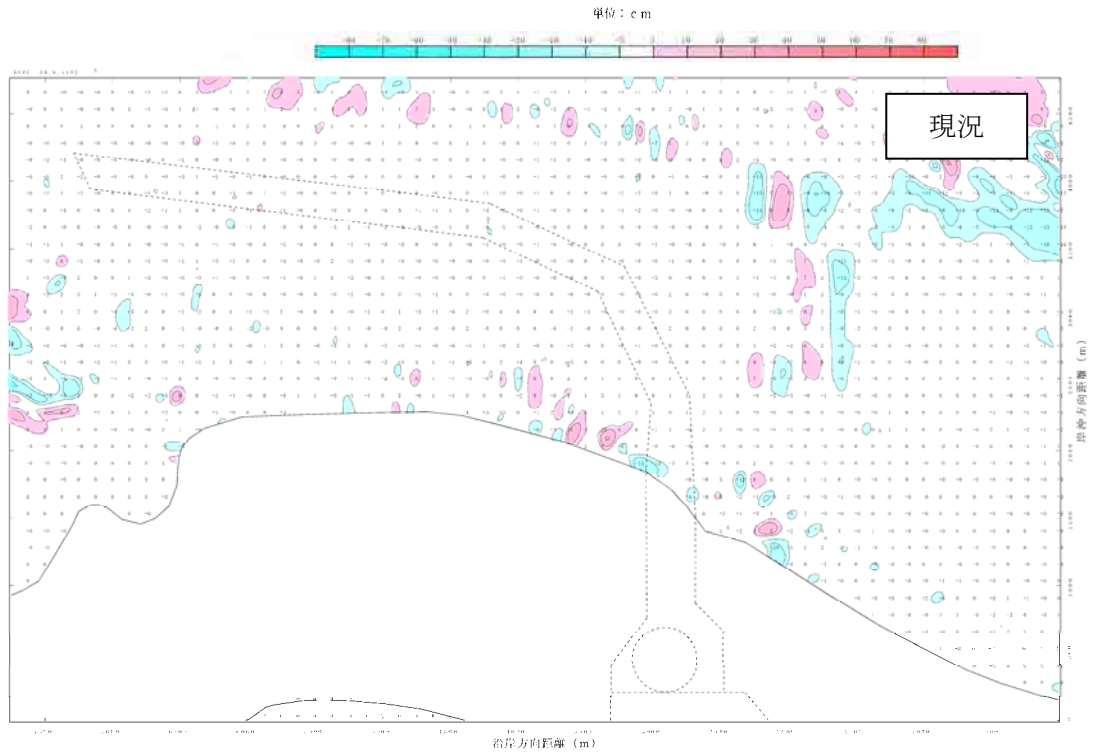


図一 (5) 地形変化量分布 (case01、小領域、10潮汐経過後)

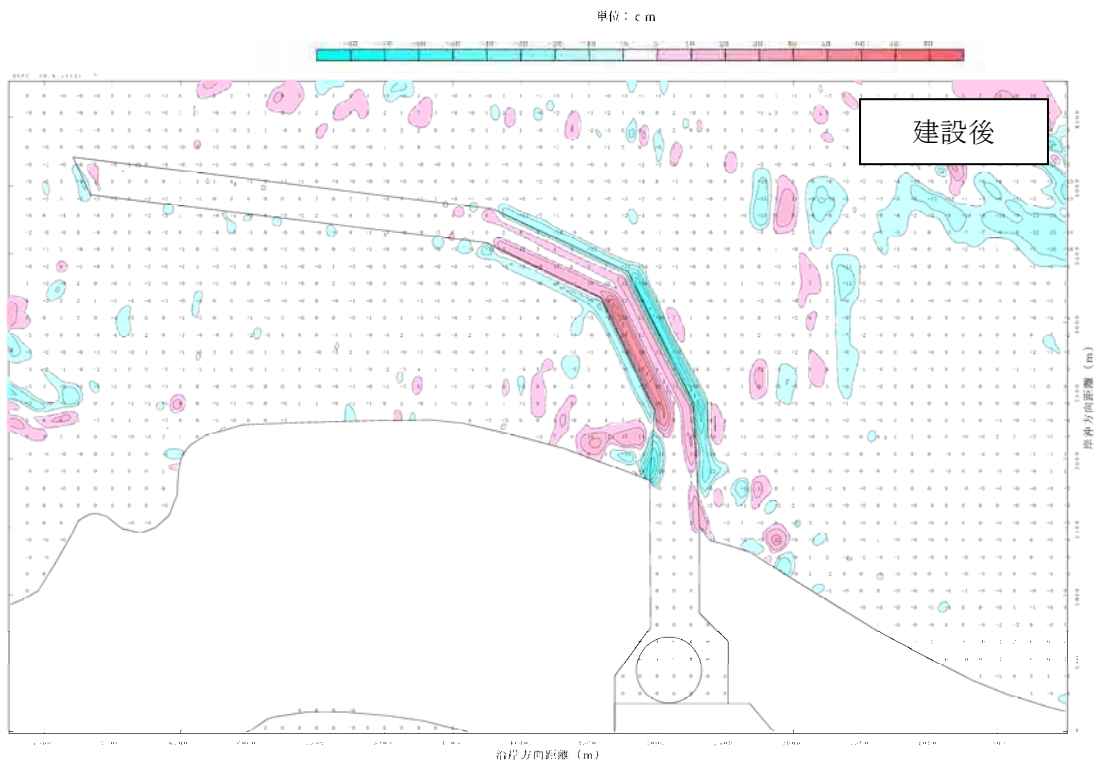


図一 (5) 地形変化量分布 (case01、小領域、10潮汐経過後)

図 17.7-9 (1) 地形変化
 (平均波,雨季, $D_{50}=0.1\text{mm}$,SS 600mg/L)

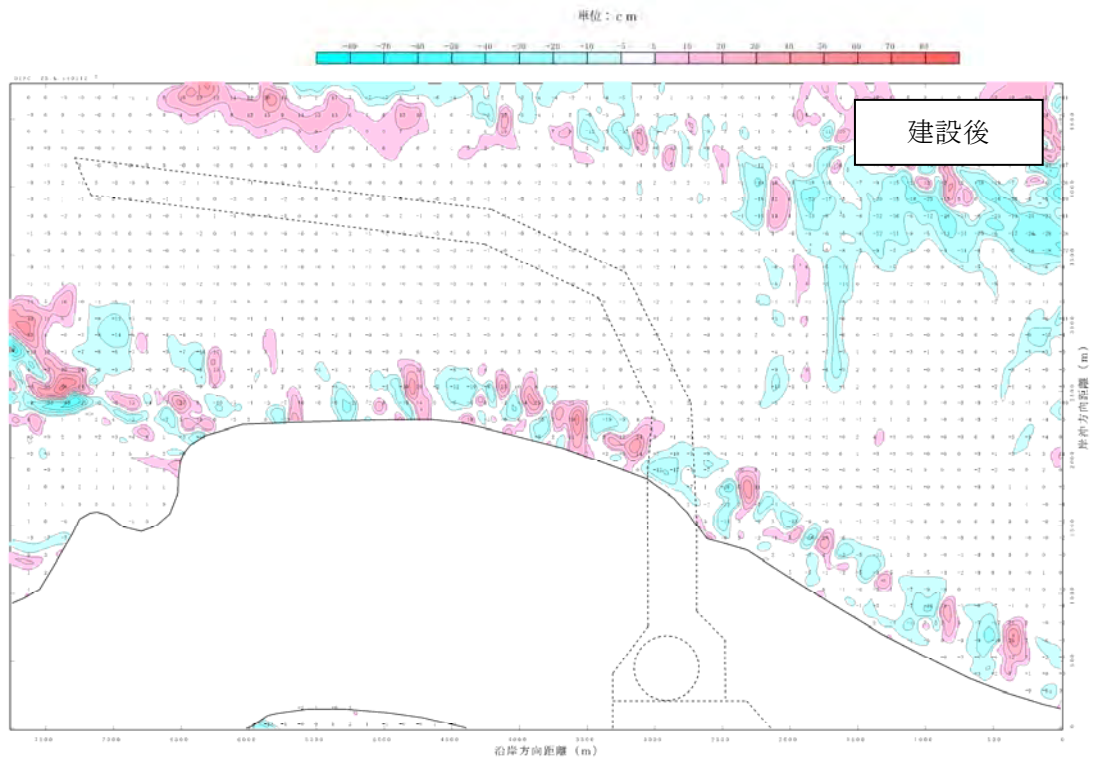


図一 (5) 地形変化量分布 (case02、小領域、10潮汐経過後)

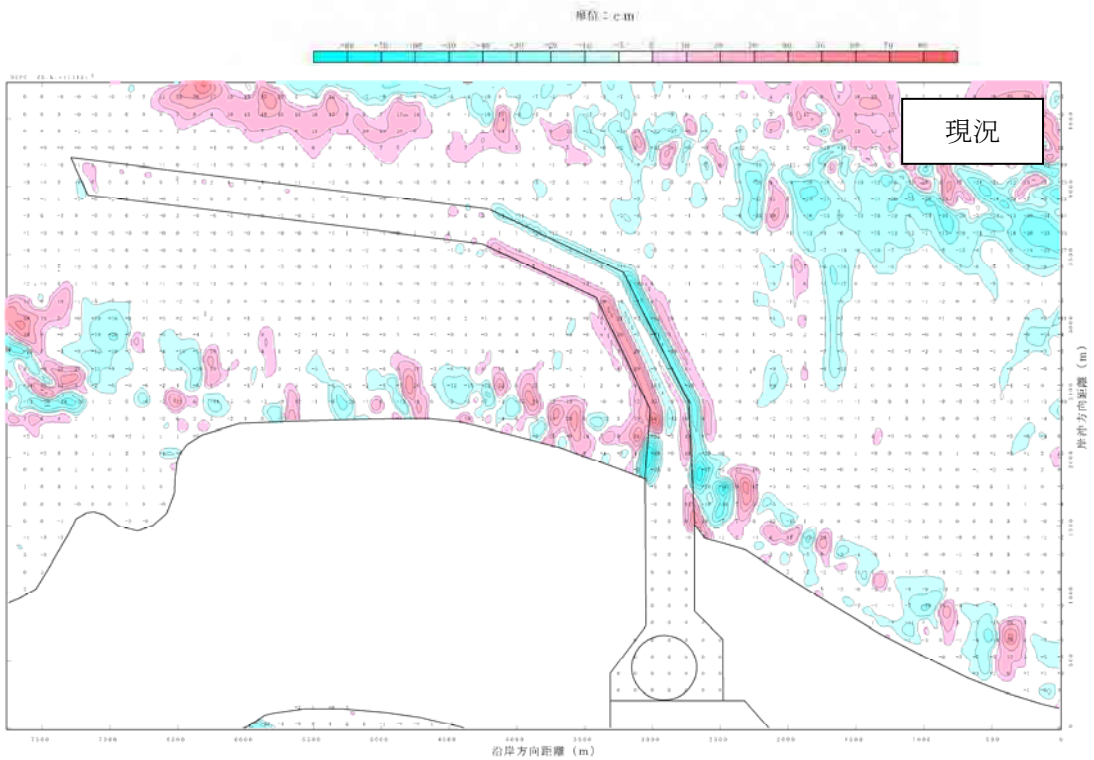


図一 (5) 地形変化量分布 (case12、小領域、10潮汐経過後)

図 17.7-9 (2) 地形変化
 (年最大波,雨季, $D_{50}=0.1\text{mm}$,SS 600mg/L)



図一 (5) 地形変化量分布 (case0112、小領域、10潮汐後)



図一 (5) 地形変化量分布 (case1112、小領域、10潮汐後)

図 17.7-9 (3) 地形変化
 (年最大波, 乾季, $D_{50}=0.2\text{mm}$, $SS\ 600\text{mg/L}$)

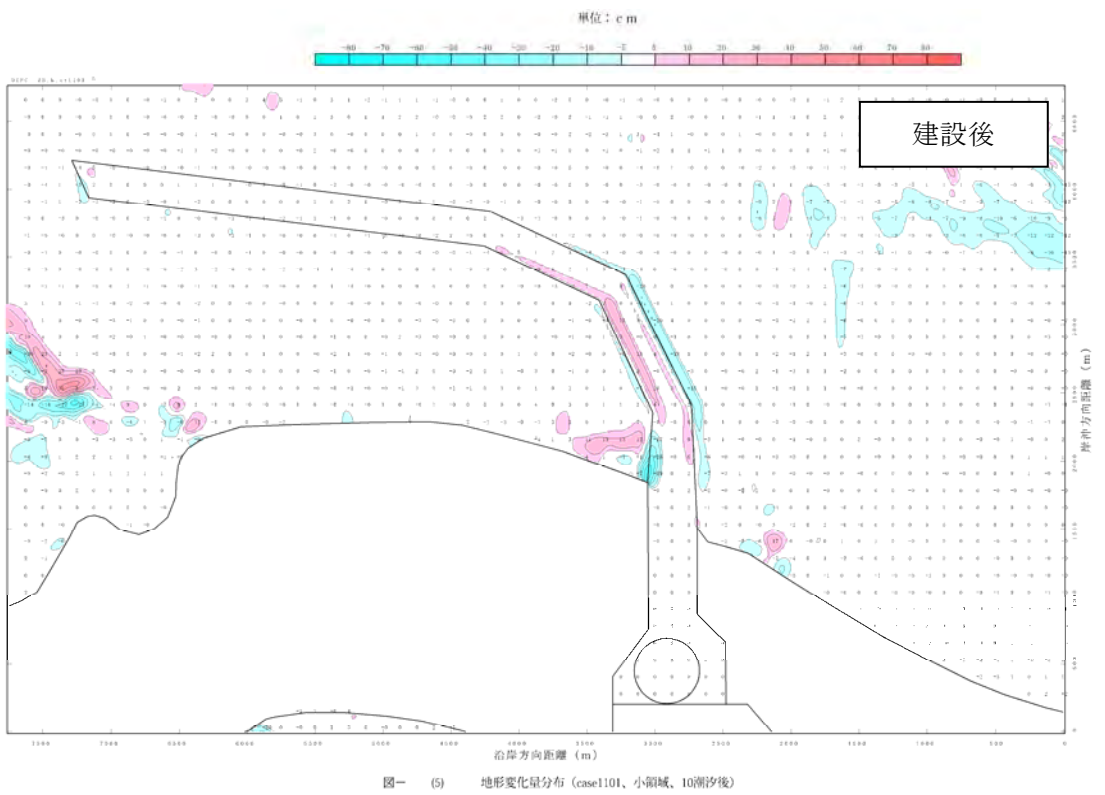
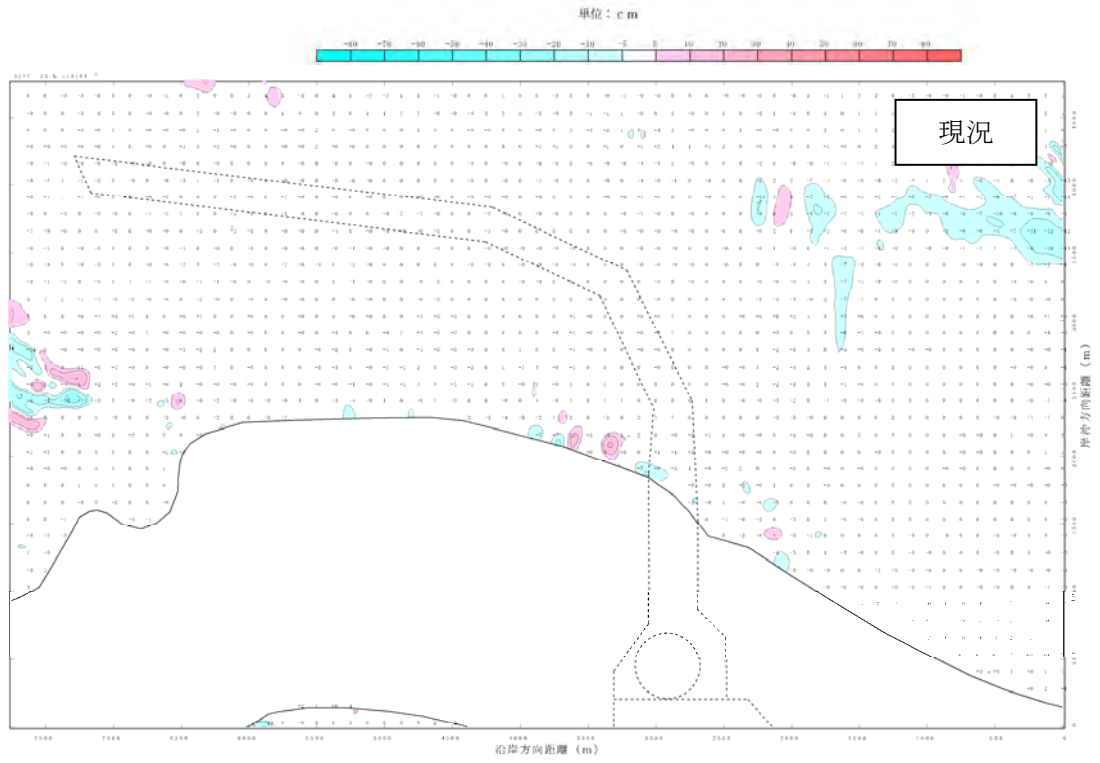


図 17.7-9 (4) 地形変化
 (平均波,雨季, $D_{50}=0.1\text{mm}$,SS 0mg/L)

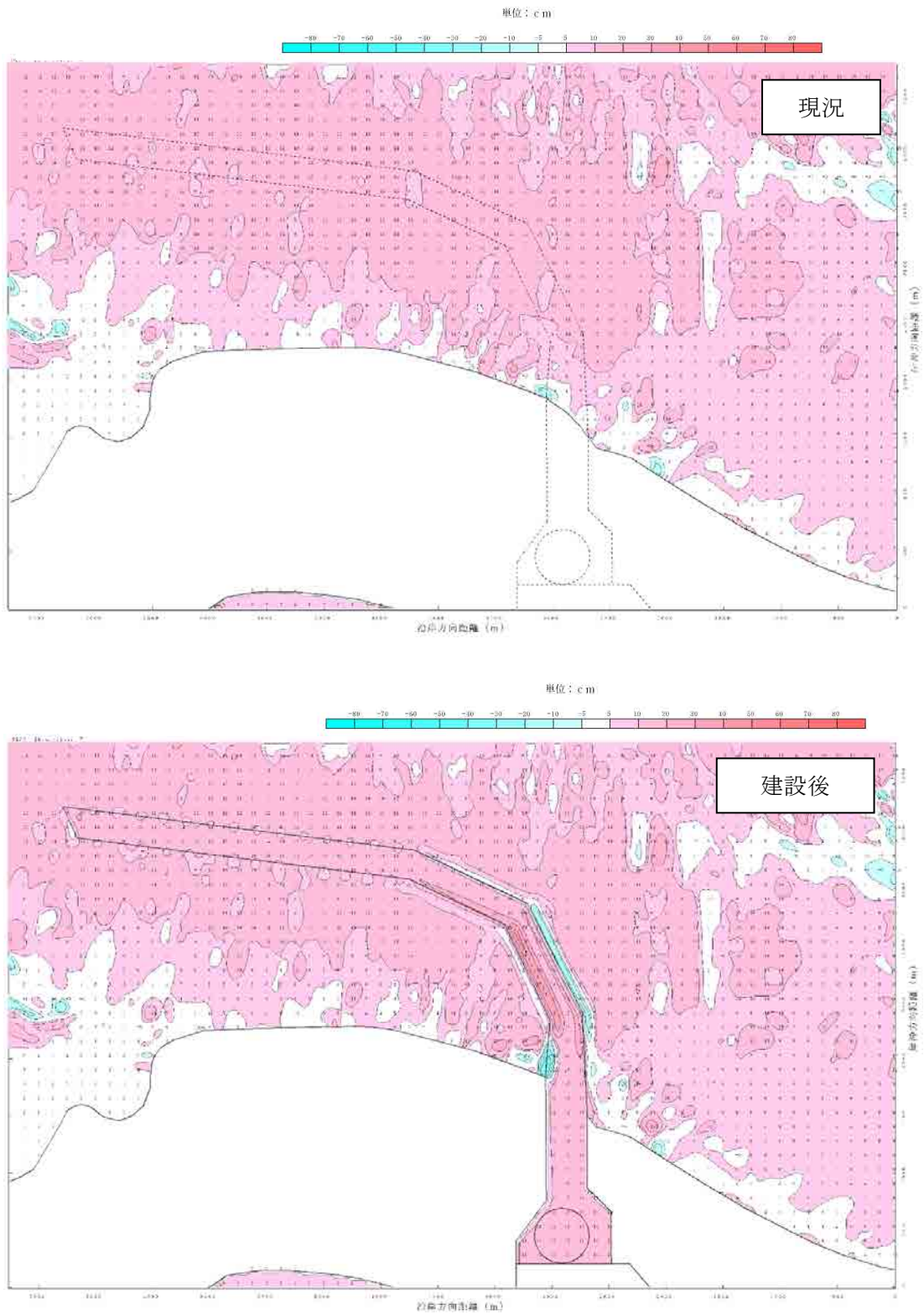


図 17.7-9 (5) 地形変化
(平均波,雨季, $D_{50}=0.1\text{mm}$,SS 1300mg/L)

17.7.3 シミュレーション結果に基づく分析結果

(1) 漂砂シミュレーションに基づく航路埋没の主要因

波による漂砂シミュレーションと潮流によるシミュレーションを実施し、航路建設に伴う地形変化を確認した。

波による漂砂シミュレーションから、航路の地形変化に波による影響が顕著ではないことがわかった。

潮流による漂砂シミュレーションから、高波浪時、粒径が小さいとき、SS濃度が高いときに航路内に堆積することがわかった。

(2) 各種要因の感度分析結果

1) 波による漂砂シミュレーション

波高、粒径による感度分析を実施した結果、地形変化が顕著ではないと考えられる。

2) 潮汐による漂砂シミュレーション

波高、粒径、SS濃度による感度分析を実施した結果、粒径が小さいときに航路内での堆積が大きくなることが確認された。このことから、波により粒径が浮遊し、航路内に堆積したと考えられる。

SS濃度が大きくなると、海域全体が堆積傾向になり、航路もその影響を受けると考えられる。

(3) 航路埋没対策に関する考察

潮流により、航路が堆積する現象が確認されたことから、以下の対策を提案する。

- ・定期的に浚渫し、航路水深を確保する。
- ・浮遊砂による航路への堆積が考えられることから航路沿いに防波堤を設置し、航路内への堆積を防ぐ。

(4) 航路埋没に関する今後の現地調査

今回の解析では、卓越波、雨季と乾季の各1回の土質調査結果による粒径を用いて漂砂シミュレーションを実施した。

そこで、今後は、当該地域の特性を詳細に反映した漂砂シミュレーションを実施すべきであると考えられる。そこで、以下の調査を提案する。

- ・波浪調査（通年）
- ・流向流速分布（定期的）
- ・底質調査（雨季と乾季）
- ・濃度分布（雨季と乾季）

17.8 材料調達先調査

本事業で使用する主要工事材料は現地調達を原則とする。しかしながら、「バ」国では大型高効率石炭火力、石炭輸入、大水深港湾開発等が行われていない事と、建設予定地が僻地に位置する事から、本事業には建設材料調達リスクがある。この為、「バ」国内において主要工事材料の品質、供給量、価格等に関する聞き取り調査を行い現状を把握する。また、調達リスクが生じる材料については近隣諸国からの調達の可能性も考慮する。

(1) 材料調達先調査項目

本事業の主要建設材料であるセメント、鉄筋、細骨材（砂）、粗骨材、埋立砂、地盤改良材（PVD）、石材（導流堤/岸壁用）の調達先を確認する。材料調達は原則として「バ」国内での調査を行うが、事前調査より「バ」国内での調達が困難と想定される以下の2つの材料は近隣第3国での調査を実施する。地盤改良材（PVD）は「バ」国に近く、東南アジアで製造及び施工実績が多数あるマレーシアで現地調査を行う。また、石材（導流堤/岸壁用）は本事業地から近く、大型港湾建設工事の施工実績があるミャンマーで現地調査を行う。

主要建設材料の種類、調査国および概略調査内容を以下に示す。

表 17.8-1 調査材料

主要建設材料	調査国	概略調査内容
セメント	バングラデシュ	品質、製造地、製造量、運搬方法、施工実績、価格等
鉄筋		品質、製造地、製造量、運搬方法、施工実績、価格等
細骨材(砂)		品質、採砂地、供給量、運搬方法、価格等
粗骨材		品質、採石地、供給量、運搬方法、価格等
埋立砂		品質、採砂地、供給量、運搬方法、価格等
地盤改良材	マレーシア	品質、製造量、運搬方法、輸送期間、価格等
石材	ミャンマー	品質、採石地、供給量、運搬方法、価格等

出典：調査団

(2) 材料の品質管理について

建設材料製造メーカーは各製品の規格に沿って製造する。各製品は、製造メーカー自身の試験機関や民間試験機関によって検査を通った証明書とともに出荷されるのが一般的である。加えて、「バ」国の各製造メーカーはカウンターチェックとして公的検査機関による製品検査を行い、更なる品質の証明を行っている事例が多い。

「バ」国内では以下の6つの公的検査機関があり、Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET)が多く利用されている。

- ・ Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET)
- ・ Chittagong University of Engineering and Technology (CUET)
- ・ Dhaka University of Engineering and Technology (DUET)
- ・ Khulna University of Engineering and Technology (KUET)
- ・ Rajshahi University of Engineering and Technology (RUET)
- ・ Bangladesh Council of Scientific and Industrial Research (BCSIR)

上記機関の中には試験・検査できる項目が異なる場合があり、設計・施工管理時には事前に確認をする事が望ましい。

(3) 「バ」国への建設資材の輸入について

1) 輸入品目及び地域規制

「バ」国への輸入には輸入品目規制および地域規制があり、規制に掛かる品目及び地域からは輸入する事が出来ない。

規制については以下の項目に該当するか確認する必要がある。

- a. 輸入品目規制：商務省が制定している「Import policy Order 2012-2015」に記載の品目
 (Web Site) <http://www.mincom.gov.bd/Polices.php> で最新情報を確認出来る。
- b. 輸入地域規制：原産地がイスラエルの物品。イスラエル船籍を利用した第三国商品輸入。

表 17.8-2 主要建設材料の輸入品目規制及び地域規制

主要建設材料	a. 輸入品目規制	b. 輸入地域規制
セメント	該当しない	「バ」国産品で対応可能
鉄筋	該当しない	「バ」国産品で対応可能
細骨材(砂)	該当しない	「バ」国産品で対応可能
粗骨材	該当しない	「バ」国産品で対応可能
埋立砂	該当しない	「バ」国産品で対応可能
地盤改良材	該当しない	輸入時に確認する必要あり
石材	該当しない	輸入時に確認する必要あり

出典：調査団

地盤改良に使用するPVDおよび石材が輸入建設資材となる可能性があるが、上記輸入品目規制には該当しない。

輸入品目規制及び輸入地域規制に掛かる地域の資材の使用が不可である事については、今後、施工時に使用する契約書等に明記をする必要がある。

2) 関税体系

「バ」国での一般関税率は輸入品目により異なり、その他調整税等の以下に記す税項目に関しては計算方法が複雑である。また、輸出入先によっては、『特惠等特別措置』地域が存在することから、今後輸入品目についての関税率はより詳しく調べる必要がある。

「バ」国の輸入関税

- a. 一般関税（CD=Custom Duty）
- b. 調整税（RD=Regulatory Duty）
- c. 補足税（SD=Supplementary Duty）
- d. 付加価値税（VAT=Value Added Tax）
- e. 前払い所得税（AIT=Advanced Income Tax）
- f. 前払い貿易付加価値税（ATV=Advance Trade VAT）

<補足>

- a. 一般関税は0%、2%、5%、10%、25%の5段階に分かれている。一部の地場産業保護対象品目に150%～4,000%が適用される。
- b. 調整税は5%に固定されており、課税されない品目もある。
- c. 補足税は20%～500%で、地場産業保護の対象品目が高税率となっている。
- d. 付加価値税は15%に固定されており、課税されない品目もある。
- e. 前払い所得税は5%に固定されており、課税されない品目もある。
- f. 前払い貿易付加価値税は4%に固定されており、課税されない品目もある。

出典：JETORO ホームページ及びSummary of Taxation Rules in Bangladesh 2013-14より

(4) 主要工事材料の確認

「バ」国ではフィート単位のcftが体積単位として広く使用されている。

ここでは、1cft=0.02832m³としてメートル単位を併記する。

また、換金レートは2013年1月のレートを基準とし1 USD=77.8BDTで換算を行い併記する。

1) セメント

a. 製品と種類について

国内で登録されているセメントメーカーは72社あり、現在36社がセメントの製造を行っている。（Seven Ringsからの聞き取り調査より）聞き取り調査を行ったメーカー5社は、それぞれ全国で約5%から8%の国内シェアを持ち、「バ」国内においては大手セメント製造会社の位置付けになる。各社ともに国内規格BDS-EN-197もしくは国際規格であるASTM C150を準拠して製造をしている。BDS-EN-197は国際規格のEN-197を引用した規格なので、国際規格に準じた製造を行っていると言える。

国内で流通している主要メーカーのセメントは主に2種類ある。普通ポルトランドセメント（OPC）および混合ポルトランドセメント（PCC）である。

b. セメントの製造について

セメントの主原材料となる石灰石等が「バ」国内にない為、クリンカをタイやベトナム、中国などから輸入をしている。スラグは日本及びインドからの輸入が主であり、フライアッシュはインドから輸入されている。石灰岩は国内産（インド国境近く）と日本やタイからの輸入産を使用している。そして、石膏はタイからの輸入されている。「バ」国では原材料を輸入してセメントを製造する製造形態をしていることから、原材料の供給を一国に限らないように材料供給配分を行っている。

輸入される原材料はChittagong港に荷揚げされ、フィーダー船によって各工場まで国内輸送される。

主流ブランドの工場は国内大消費地である Dhaka 近郊、Chittagong 近郊及び Khulna 近郊に位置する。一部のセメントは隣国であるインドにも輸出されている。



図 17.8-1 クリンカ荷揚げ状況



図 17.8-2 セメント製造状況

c. セメントの生産量について

国内の総セメント取扱量はおよそ23.5百万Ton/Year (2014年) と言われている。(Seven Ringsからの聞き取り調査より) 調査を行った各社は3,000-9,500ton/Dayの製造を行っている。

d. 国内流通について

大型車による搬入・搬出が可能な生コンプラント等のセメントサイロ施設にはバルク車でのセメント納入を行っている。しかしながら、全国的に道路状況が悪く、幹線道路から外れると大型車や中型車では通行困難な非常に狭い道路が多い為に、セメントバック（50Kg/袋）によって小売店及び施工場所への運搬を行っている事が多い。河川や海岸等に岸壁設備等がある施設には台船を使用した納入を行っている。



図 17.8-3 パルク車



図 17.8-4 コンテナ車



図 17.8-5 バラ積トラック



図 17.8-6 台船運搬例

e. 国内使用実績について

近年外資系の大型ホテル建設や外資系企業による大型橋梁工事、発電所、浄水場建設などが行われている為、国内の大手主要メーカーは数多くの経験を積んでいる。

f. 運搬方法および価格について

近年の「バ」国におけるセメント単価は、普通ポルトランドセメント (OPC) は約430BDT/袋 (50kg) <110.5USD/ton>、混合ポルトランドセメント (PCC) が約400BDT/袋 (50kg) <102.8USD/ton> (VAT込) <2014年11月現在> で推移している。これに別途輸送費がかかり、Dhaka郊外にある工場から事業地までは一袋当たり60BDT/袋 (50kg) <15.4USD/ton>の輸送費が発生する。これは各工場の距離によって輸送費は変動する。Badarkhaliで行った小売店での価格聞き取りでは445-475BDT/袋 (50kg) <5.7-6.1USD/袋> (VAT込) <2014年11月現在>が現地価格であった。

g. 公的機関による試験結果について

セメントはBUET等において一般的にASTM規格を準拠して検査しており、OPCをASTM C150、PCCをASTM C595の仕様で検査・試験している。これは国内規格のBDS-EN-197と試験方法に一部相違がある事から、国内規格に適合しているかを確認する必要がある。

BANGLADESH UNIVERSITY OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY (BUET)
 DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
 CONCRETE LABORATORY

BRTC No. : 1107703814-15CE, 19/2014
 Sent by : Seven Circle (Bangladesh) Ltd.
 Ref. No : SOB/ICC-CR/EA Test/1412: 98/2014
 Project : Cement Test
 Sample : Cement (Brand name: SEVEN RINGS ID: NH) Our ID: MFH-1
 Date of Casting : 14/9/2014

Test Results of Portland Composite Cement (PCC)

ASTM C150	Age	7 days	28 days
Compressive strength (MPa)	Is Sphre	3319 psi (22.8 MPa)	5440 psi (37.5 MPa)
Standard Requirements for PCC Type III/3, ASTM C595	Test	Three Thousand Three Hundred 8	Five Thousand Four Hundred 8
Minimum water temperature	Test	20.0 MPa	25.0 MPa

Water for Normal Consistency: 27%
 Initial setting time (minutes): 105
 Final setting time (minutes): 330

Counter signed by: *Dr. Abu Siddique, Professor*
 Test performed by: *Dr. Md. Mafizur Rahman, Professor*

Note: Sample was received in sealed condition.

図 17.8-7 試験成績書例(BUET)

Seven Circle (Bangladesh) Ltd.
 Quality Test Certificate

Manufacturer: Seven Circle (Bangladesh) Ltd.
 Product ID: Seven Circle Cement, CEM III / 31 / 3750
 Compliance: BS EN 197-1:2005, BS EN 12068:2002, BS EN 12068:2002, BS EN 12068:2002
 Issued on: 24/09/2014
 Testing date: 23/09/2014

Chemical Composition	Unit	Standard Requirement (per BS EN 197-1:2005)	Test Result
Clayton (max)	%	5.0	4.5
Sulfur (max)	%	3.5	3.2
Alumina (min)	%	5.0	5.5
Alumina (max)	%	1.0	0.8
Iron (max)	%	0.5	0.4
Loss on Ignition	%	3.0	2.8
Major Elements	%	1.0	0.8

Physical Property

Property	Unit	Standard Requirement (per BS EN 197-1:2005)	Test Result
Fineness (Specific Surface)	m ² /kg	3000	3200
Soundness (Le-Chatelier)	mm	10	8
Setting Time (Initial)	min	45	105
Setting Time (Final)	min	300	330
Flow (Normal Consistency)	mm	100	105
Water Requirement Ratio	%	27	27
Compressive Strength (28 days)	MPa	37.5	37.5
Compressive Strength (7 days)	MPa	22.8	22.8

Remarks: We do not warrant a result that the above test results are for Seven Circle Cement CEM III / 31 / 3750 conforming to BS EN 197-1:2005 Specification of Portland Composite Cement.

Certified by: *Dr. Md. Mafizur Rahman, Professor*

図 17.8-8 試験成績書例 (メーカー自社検査 BDS- EN-197 準拠)

h. 聞き取り調査のまとめ

本調査で聞き取り調査を行ったセメント製造メーカーからの情報を下記に示す。

表 17.8-3 聞き取り調査一覧（セメント）

Interview company of Cement Manufacturer

Manufacturer	Production name	Type	Standard Specification		Productivity (ton/Day)	Factory Place	Price Include transport
Confidence Cement	Lion Brand	OPC	BDS EN 197-1:2003	CEM-I	3,000	Chittagong	420-460BDT/Bag(50Kg)
	Lion	PCC		CEM-II/B-M(S-V-L)			
Crown Cement	N/A	OPC	BDS EN 197-1:2003	CEM-I 52.5N	5,800	Munshigonj (Dhaka)	445-475BDT/Bag(50Kg)
	N/A	OPC		CEM-I 42.5N			
	N/A	PCC		CEM-II/A-M(S-V-L) 42.5N			
	N/A	PCC		CEM-II/B-M(S-V-L) 42.5N			
Holcim	Holcim Red	OPC	ASTM C150	TYPE-I	6,600	Meghnaghat*2No's (Dhaka) Mongla	@Badarkhali shop
	Holcim Strong Structure	PCC	BDS EN 197-1:2003	CEM-II/B-M(S-V-L) 42.5N			
Ruby Cement/ Scan Cement	N/A	OPC	BDS EN 197-1:2003	CEM-I 52.5N	6,000	Kanchpur (Dhaka) Chittagong	
	N/A	PCC		CEM-II/B-M(S-V-L) 42.5N			
Seven Rings Cement	Seven Ring Special	OPC	BDS EN 197-1:2003	CEM-I 52.5N	9,580	Gazipur (Dhaka) Khulna	490BDT/Bag(50Kg)
	Seven Ring Gold	PCC		CEM-II/A-M(S-V-L) 42.5N			460BDT/Bag(50Kg)
	Sulphate Resisting Cement	SRC	ASTM C150	TYPE-V		N/A	

Note:

Ordinary Portland Cement (OPC)

Portland Composite Cement (PCC)

Sulphate Resisting Cement (SRC)

出典：調査団

2) 鉄筋

a. 製品と種類について

「バ」国内市場の鉄筋メーカーは297社あると言われている。（BSRMからの聞き取り調査より）本調査では特に大きな製造能力と国内シェアを持つ大手メーカー3社について製品の調査を行った。

「バ」国内で流通している鉄筋は国内規格のBDS-ISO-6935もしくは国際規格のASTM A615に準拠して製造されている。BDS-ISO-6935は国際規格であるISO 6935を引用した規格の為、国際規格に準じた製造を行っている。但し、製造メーカー等の規模により品質管理はかなりばらつきがある。

大手鉄筋製造メーカーは2種類の主力製品があり、BDS-ISO-6935を準拠する、降伏点が500Mpa、引張強さが575Mpa及び伸びが14%以上の製品とASTM A615に準拠する、降伏点が420Mpa、引張

強さが620Mpaの製品が多く製造されている。製造径はメーカーによって違いはあるが、D 8,10,12,16,20,25,28,32 (mm) が主力製品であり、D40およびD50を製造しているメーカーもある。製品長は12mで製造されている。



図 17.8-9 製造ライン
写真提供：BSRM



図 17.8-10 製鉄ボイラー
写真提供：BSRM

b. 鉄筋の製造について

「バ」国に鉄鉱石は無いが、Chittagong地域で大きな廃船解体所がある。そこから出る大量の鉄くずを製鉄所で再精製しビレットにしている。そして、ビレットを鉄筋工場で鉄筋として再製品化をしている。良質なビレットをトルコ、韓国などからも輸入し、鉄筋を製造しているメーカーもある。

上記理由から、多くの鉄筋製造工場はChittagong近郊に位置する。一部の鉄筋は隣国であるインドにも輸出を行っている。



図 17.8-11 ビレット保管
写真提供：BSRM

c. 鉄筋の生産量について

国内の年間総鉄筋製造量は4百万Ton/年と言われている。（BSRMからの聞き取り調査より） 製

造メーカーでは、各社400ton-2,000ton/日の製造を行っている。

d. 国内流通について

大型トレーラーでの搬入が可能な大都市間や、アクセスが良い施工現場へは製造長12mで納入している。しかしながら、全国的に道路状況が悪く、幹線道路から外れると大型車や中型車では通行困難な非常に狭い道路が多い為に、約6mの長さに曲げ中型トラックを使用して小売店や施工場所への運搬を行っている事が多い。



図 17.8-12 トレーラー運搬
写真提供：BSRM



図 17.8-13 中型トラック運搬

e. 国内使用実績について

セメントと同様に国内における主要メーカーの使用実績は多い。

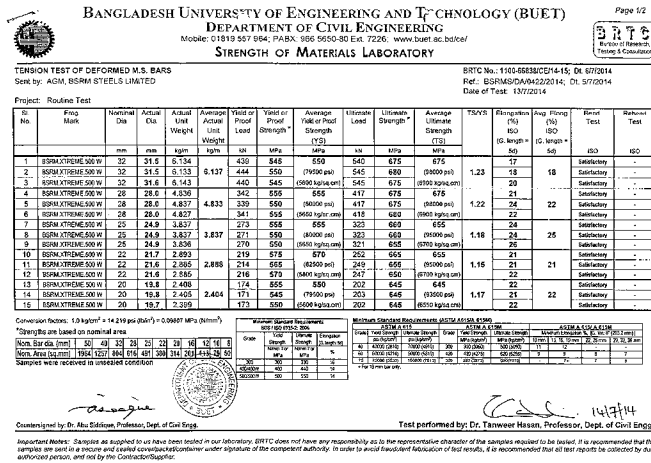
f. 価格について

多くの大手製造メーカーはホームページ上に市場価格を掲示している。鉄筋の価格はおよそ 55,500-58,000BDT/Ton <713.3-745.3USD/ton> (VAT別) <2014年11月現在> で推移している。上記の金額は工場引き渡し価格 (FOB) になり。陸路での運搬費もウェブ上に価格を公開している。主要メーカーの製造工場がある Chittagong 付近から Matarbari 地域までの陸路運搬価格は約 720-1,500BDT/Ton <9.3-19.5USD/ton> (VAT別) となっているが、これは大型車で荷下し出来る場所までの金額であり、本事業地までは小運搬費用が別途必要になる。また、工場から Matarbari 事業地まで台船を利用した運搬価格の調査を行った。BSRM と KSRM からの情報によると、運搬価格はほぼ陸路と同様の 720-1,500BDT/Ton <9.3-19.3USD/ton> (VAT別) となるが事業地まで直接搬入出来るので割安になる。

g. 公的機関による試験結果について

BUETでは鉄筋をISO規格に準拠し検査を行っている。今回聞き取り調査をした各社の製品は、ともBDS-ISO-6935 およびASTM A615を満足する結果となっている。

Bangladesh Bangladesh 国 チッタゴン石炭火力発電所建設事業準備調査
 ファイナルレポート (発電所・港湾・送電線・アクセス道路・自然条件調査)



c. 採取量について

「バ」国全域にこの地域からコンクリート等に使用する良質砂の供給が行われている。供給業者が多数存在し、Sylhet地域からの年間供給量の統計資料が乏しいが、この地域で約57百万m³/年を採砂をしている。（供給業者からの聞き取り調査のまとめより）

供給業者各社当り1,500-4,000m³/月の供給を行っている。また、年間供給量から推定して4.7百万m³/月がこの地域から供給されている。

d. 国内流通について

Sylhet地域からは陸路と水路の2通りで輸送を行っている。陸路の場合は大型車トラック(30-40m³積)で各地へ輸送している。SylhetからChittagongまではおおよそ3日間かかる。したがって、Matarbari地域の大型トラックで直接納入できる場所までは4-5日間になる。また、地方幹線に入ると大型車の通行が困難になる為に、小型トラックに積み替えをして納品を行う必要がある。



図 17.8-15 大型トラック輸送



図 17.8-16 小型台船輸送

水路を利用した輸送の場合は小型台船(500m³積)でSylhet地域から各地への運搬を行っている。Sylhet地域から下流までの河川は水深がおおよそ2.0mほどの場所もある為に、乾季から雨季の河川の水深状況に合わせ、各台船の積み荷量を調整を行い運行している。調査ではSylhet地域からChittagongまで4-5日間かかる。運搬業者からの聞き取り調査をまとめると、Matarbari地域までは5-6日間になる。

Matarbari地域へ運搬する為には、小型台船がベンガル湾沿岸を運行するので、天候および波浪の悪い海象時期は航行に支障がでる懸念がある。

e. 国内使用実績について

「バ」国内全域でコンクリート等の細骨材（砂）として利用されている。

f. 運搬方法および価格について

近年の「バ」国の細骨材の単価は砂の分類を問わず17-24BDT/cft <7.7-10.9USD/m³>（VAT込）

<2014年11月現在> になる。上記の金額はSyhlet地域での現地引き渡し価格（FOB）になる。これに別途運賃が必要になり、大型車で納品できるMatarbari近郊までの陸上運搬価格は78-82BDT/cft <35.4-37.2USD/m3>（VAT込）になる。また、水上運搬価格は69-71BDT/cft <31.3-32.2USD/m3>（VAT込）となる調査結果であった。こちらも、Matarbari近郊にある仮設岸壁までの運賃である。材料費と運賃を組み合わせた金額を以下に示す。

陸上運搬：95-106BDT/cft <43.1-48.1USD/m3>（VAT込）

水上運搬：86-95BDT/cft <39.0-43.1USD/m3>（VAT込）

g. 材料試験結果について

供給業者は砂の材料試験は行っていない。購入者が材料試験結果を確認をしてから購入するのが一般的である。多くのプロジェクトではBUET等の公的機関に砂を持ち込み、検査・試験を行い判断をしている。Syhlet地域の砂は国内のほとんどのコンクリート構造物で使用している実績面では問題ない。

h. 聞き取り調査のまとめ

本調査で聞き取り調査を行った細骨材（砂）供給者からの情報を下記に示す。

表 17.8-5 聞き取り調査一覧（細骨材）

Interview company of fine aggregate/sand supplier

Supplier	Origin	Quality	Supply ability (m3/Month)	Material cost	Transportation cost by waterway	Transportation cost by land way	Total Cost By waterway	Total Cost By land way
Mohammed Eunus & Brothers Pvt. Ltd.	Syhlet	Coarse sand	4,000	19.0-21.0BDT/cft	69.0BDT/cft	78.0BDT/cft	88.0-90.0BDT/cft	97.0-99.0BDT/cft
Grace Builders	Syhlet	Coarse sand	1,400	20.0-24.0BDT/cft	71.0BDT/cft	82.0BDT/cft	91.0-95.0BDT/cft	102.0-106.0BDT/cft
K.K Enterprise	Syhlet	Coarse sand	1,700	18.0-22.0BDT/cft	70.0BDT/cft	80.0BDT/cft	88.0-92.0BDT/cft	98.0-102.0BDT/cft
Quality Engineering	Syhlet	Coarse sand	1,500	17.0-21.0BDT/cft	69.0BDT/cft	78.0BDT/cft	83.0-90.0BDT/cft	95.0-99.0BDT/cft
Tasnia Enterprise	Syhlet	Coarse sand	n/a	30.0BDT/cft	90.0BDT/cft	100.0BDT/cft	120.0BDT/cft	130.0BDT/cft
Ali & Brothers	Syhlet	Coarse sand	2,800	30.0BDT/cft	80.0-90.0BDT/cft	90.0BDT/cft	110.0-120.0BDT/cft	120.0BDT/cft
Average			1,400-4,000	17.0-24.0BDT/cft	69.0-71.0BDT/cft	78.0-82.0BDT/cft	86.0-95.0BDT/cft	95.0-106.0BDT/cft

Note

Exception (general discussion only)

出典：調査団

4) 粗骨材（碎石）

a. 製品と種類について

細骨材（砂）と同様に北東部のSyhlet地域の材料が流通している。石の種類は花崗岩質である。

b. 採石について

原石は Sylhet 地域の川で取れる頭大サイズの川石になる。この川石をクラッシャーで破碎を行い生産している。コンクリート、一般土木工事に使用する 20mm-100mm 程度の物は十分に供給できる。



図 17.8-17 採石状況（人力）
提供提供：Khaja Construction



図 17.8-18 碎石製造状況
写真提供：Khaja Construction

c. 生産量について

砂の供給業者が取り扱いをしている事が多い。細骨材と同様に、Sylhet地域からの年間供給量の統計資料が乏しいが、この地域で約85百万m³/年の生産がある。（供給業者からの聞き取り調査のまとめより）

供給業者一社当り1,500-8,000m³/月の生産を行っている。また、年間供給量から推定して7百万m³/月がこの地域から供給されている。

d. 国内流通について

細骨材（砂）と同様の流通経路の為省略をする。

e. 国内使用実績について

細骨材（砂）と同様の使用実績の為省略をする。

f. 運搬方法および価格について

近年の「バ」国の粗骨材の単価は碎石サイズを問わず102-120BDT/cft <46.3-54.4USD/m³>（VAT込）<2014年11月現在> になる。上記の金額はShyhet地域での現地引き渡し価格（FOB）になる。細骨材（砂）と同様に輸送料が別途かかる。

材料費と運賃を組み合わせた金額を以下に示す。

陸上運搬：180-202BDT/cft <81.7-91.7USD/m³>（VAT込）

水上運搬：171-191BDT/cft <77.6-86.7USD/m³>（VAT込）

g. 材料試験結果について

供給業者は砕石サイズを受注ごとに生産している。細骨材（砂）と同様に購入者が材料試験結果の確認をしてから購入するのが一般的である。多くのプロジェクトではBUET等の公的機関に採石を持ち込み、検査・試験を行い品質の判断をしている。Sylhet地域の砕石は国内コンクリート構造物及び基礎砕石として広く使用されている。

h. 聞き取り調査のまとめ

本調査で聞き取り調査を行った粗骨材供給者からの情報を下記に示す。

表 17.8-6 聞き取り調査一覧（粗骨材）

Interview company of Coarse aggregate supplier

Supplier	Origin	Quality	Supply ability (m3/Month)	Material cost	Transportation cost by waterway	Transportation cost by land way	Total Cost By waterway	Total Cost By land way
Mohammed Eunus & Brothers Pvt. Ltd.	Sylhet	Crashed stone (Granite)	8,000	110.0-118.0BDT/cft	69.0BDT/cft	78.0BDT/cft	179.0-187.0BDT/cft	188.0-196.0BDT/cft
Grace Builders	Sylhet	Crashed stone (Granite)	4,000	114.0-120.0BDT/cft	71.0BDT/cft	82.0BDT/cft	185.0-191.0BDT/cft	186.0-202.0BDT/cft
K.K Enterprise	Sylhet	Crashed stone (Granite)	3,000	110.0-120.0BDT/cft	70.0BDT/cft	80.0BDT/cft	180.0-190.0BDT/cft	190.0-200.0BDT/cft
Quality Engineering	Sylhet	Crashed stone (Granite)	3,000	108.0-120.0BDT/cft	69.0BDT/cft	78.0BDT/cft	177.0-188.0BDT/cft	185.0-198.0BDT/cft
Tasnia Enterprise	Sylhet	Crashed stone (Granite)	n/a	102.0-110.0BDT/cft	90.0BDT/cft	100.0BDT/cft	192.0-200.0BDT/cft	202.0-210.0BDT/cft
Ali & Brothers	Sylhet	Crashed stone (Granite)	2,800	110.0BDT/cft	80.0-90.0BDT/cft	90.0BDT/cft	190.0-200.0BDT/cft	200.0BDT/cft
Average			2,800-8,000	102.0-120.0BDT/cft	69.0-71.0BDT/cft	78.0-82.0BDT/cft	171.0-191.0BDT/cft	180.0-202.0BDT/cft

Note

Exception (general discussion only)

出典：調査団

5) 砂（埋立砂）

「バ」国でも埋立工事は多く施工されている。施工業者からの聞き取り調査では、埋立砂は施工場所から近郊での調達を基本としている。本事業の浚渫砂を利用した埋立砂に数量不足の懸念があるので、不足の事態に備え調査を行った。

a. 種類について

「バ」国内で埋立工事に使用される埋立砂は一般的に近郊の川や海岸及び山から調達を行う。（埋立施工業者からの聞き取り調査より）

b. 採砂場について

浚渫で採取する砂の物性及び埋蔵量を判断するにはボーリング等の現地調査を詳細に行わないと難しい。今回の調査では、簡易的に本事業地から比較的近い Chittagong 近郊の浚渫で採取された川砂、Chittagong 北部から Cox's Bazar にかけて広がる丘陵地域の山砂の調査を行った。砂のふ

るい分け試験結果から Chittagong 近郊の浚渫砂はシルト分（篩目 0.075mm 以下）の値が 1.2% であった。Cox's Bazar から Chakaria の丘陵地域で取れる山砂はシルト分の値が 1.5% であった。この結果からは、どちらも埋立てに利用できる砂と推定出来る。



図 17.8-19 採砂状況(Chittagong)



図 17.8-20 採砂状況(Cox's Bazar)

c. 砂の供給量について

Chittagong 川での維持浚渫は継続的に行われている事と、「バ」国地質図の Chittagong 北部から Cox's Bazar までの海岸線と丘陵地一帯が Beach and Dune Sand の区分になることから不足分の補充には十分な埋蔵量があると推測する。

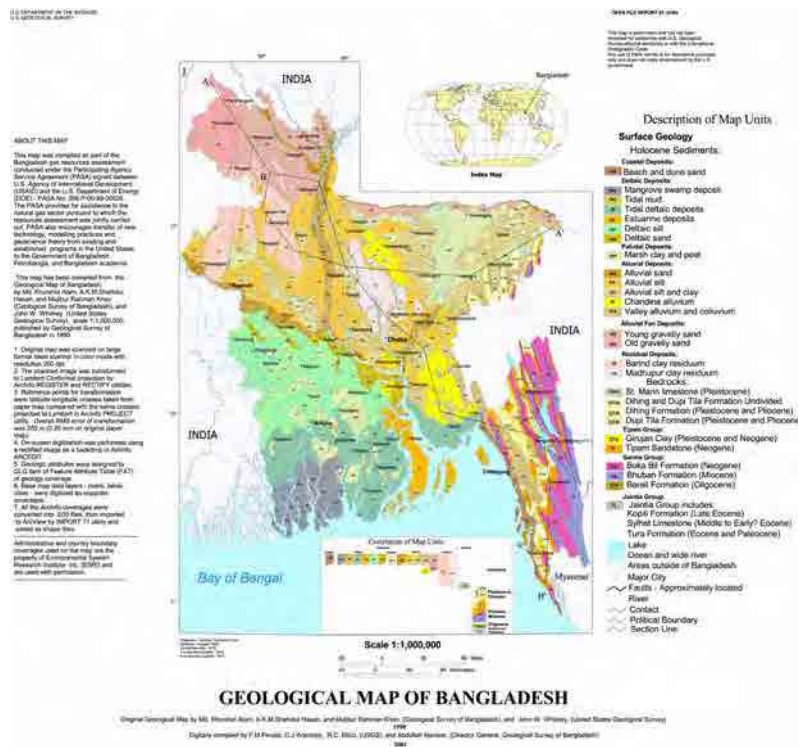


図 17.8-21 バングラデシュ地質図

出典：HP: Ministry of Power, energy and Mineral Resources

d. 運搬方法および価格について

Chittagongからの浚渫砂の運搬価格は浚渫埋立業者の聞き取り調査から推測する。ある施工業者は以前Dhaka近郊で砂の採取浚渫を行い70km先の埋立地に運搬をした価格は23-29BDT/cft <約10.4-13.2USD/m3> (VAT込) <2010年頃>であった。ChittagongからMatarbari地域までは同じくらいの距離があるので。価格は同程度と推測する。また、ChittagongからMatarbariにかけての海岸砂の浚渫埋立を行った施工業者の情報では運搬距離が40kmほどで25BDT/cft <約11.3USD/m3> (VAT込) との情報であった。そして、Cox's Bazar丘陵地域の山砂の価格はMatarbari地域まで運賃込で27-33BDT/cft <約12.3-15.0USD/m3> (VAT込) との情報であった。



図 17.8-22 ローカル浚渫埋立状況

e. 聞き取り調査のまとめ

本調査で聞き取り調査を行った埋立工事経験業者からの情報を下記に示す。

表 17.8-7 聞き取り調査一覧 (埋立砂)

Interview company of dredging/local sand contractor

Contractor	Work experience Location	Quality	Access	Transport Distance	Supply ability (m3/day)	Material cost (Including transport)
Citadel Dredgers Ltd	Narayanganj River sand	Sand	Barge	70km	3,000	23.0-29.0BDT/cft
Tasnia Enterprise	Bashkhali Coastal sand	Sand	Barge	40Km	1,400	25.0BDT/cft
Ali & Brothers	Bashkhali Coastal sand	Minimum sand	Barge	40Km	5,600	25.0BDT/cft
Bismilah Construction	Bashkhali Coastal sand	Sand	Barge	40Km	n/a	25.0BDT/cft
Prime International	Local mountain Sand	Mountain Sand	Track	50km	n/a	29.0-33.0BDT/cft
Fardia Enterprise	Local mountain Sand	Mountain Sand	Track	50km	n/a	27.0-30.0BDT/cft

6) 地盤改良材 Prefabricated Vertical Drains (PVD)

埋立工事等で地盤改良を施工する時には載荷盛土工法と併用したPVD工法が多く採用される。

「バ」国内でPVD工法を利用した施工はあるが、PVD製造ならびに施工管理を行っている業者は存在しない。近隣諸国でPVD工法の実績が多く、PVD製造を行っているマレーシア国で材料調達の可能性と価格調査を行った。

a. 製品と種類について

聞き取り調査を行った3社は「バ」国へのPVDの輸出及び施工実績がある会社であった。各社は主力製品が2,3種類あり、これらの仕様での施工実績が多くある。

PVDは一般的に幅が100mm、長さは300mのロールで製造を行っている。PVDの材料はASTM規格に準じて製造を行っている。

b. PVDの製造について

PVDはPolypropylene製のコアとフィルターに分かれている。製造工場ではコアとフィルターを組み合わせてロールをして製品化している。

東南アジアではマレーシア、タイ、インドネシア等でPVDを製造している。製造と施工管理を両方行う会社が多く、数多くの海外施工実績がある。

c. PVDの生産量について

PVDは比較的小さな工場内で製造できる。1製造レーン当たり1.0Million m/月が目安である。製造レーン保有数に違いはあるが、1.0-7.0 Million m/月が各社の月別生産量である。



図 17.8-23 PVD 製造状況



図 17.8-24 PVD 保管状況

d. 搬入方法について

マレーシア国外へはコンテナに詰め、船で輸出を行っている。

e. 国内使用実績について

一例として聞き取り調査を実施したマレーシア3社の「バ」国内案件例を下記に記す。

- ・ Lekamage Associates(PVT) LTD, Chittagong: 2010, Ce Teau
- ・ Bangladesh Project Builders, Chittagong: 2010, Ce Teau
- ・ Al-Amin, Chittagong: 2007, Ce Teau
- ・ Dhaka North Power Plant Project: 2005, Emaskira
- ・ Construction of double line track from Tongi to Bhairab Bazar:2003,K-Plast
- ・ Jamuna Bridge Railway Link Project (contract1):1999, K-Plast
- ・ Haco Site Haripur 365MW Combined Cycle Powewr Plant project:1999, K-Plast
- ・ 他

f. 価格について

PVDはCIF価格で0.30-0.35USD/mであった。<2014年11月>

g. 公的機関による試験結果について

「バ」国内でPVD工法の実績があり、BUETでPVD材料の試験を行った経験がある。詳細な試験内容等は今後確認する必要がある。

h. 聞き取り調査のまとめ

本調査で聞き取り調査を行ったPVD製造業者からの情報を下記に示す。

表 17.8-8 聞き取り調査一覧（PVD）

Interview company of PVD Manufacturer

Manufacturer	Production name	Width (mm)	Thickness (mm)	Standard Specification	Tensile Strength	Productivity (m/month)	Factory Place	Material Price
CeTeau	N/A	100	various	ASTM	various	7mil	Malaysia	0.3-0.4USD/lm
Emas Kiara Industries (Tencate)	HB63	100	3.5	ASTM	2500N	5mil	Malaysia	N/A
	HB65		5.0	ASTM	2800N			0.30USD/lm
K-Plast technology (Creative Polymer)	FD 747w	100	3.3	ASTM	2000N	1mil	Malaysia	0.35USD/lm
	FD 767w		N/A	ASTM	N/A			N/A

Note

Exception (general discussion only)

出典：調査団

7) 石材

港湾建設をするにあたり、200kgから1000Kg程度の大きさの石は、護岸の張り石工事や築堤工事の基礎捨て石等に多く利用される。

「バ」国内では一般土木工事に使用する砕石はShylet地域の物が多く使用されているが、川石の為に大きさが100kg程度しかなく、港湾建設等に利用する大きな石材は第三国からの輸入に頼るしかない。

第三国調査として本事業地から近郊の大型港湾建設工事の情報収集を行うこととし、建設予定地より約310Km南東に位置する、ミャンマー国Kyaukpyu港で大水深港開発建設工事が行われている情報を得た。

Kyaukpyu港では砕石及び石材をミャンマー国Mon州のMawlamyaine（Kyaukpyuから沿岸に約850kmほど南）から石材を海上輸送して工事を行っている。本調査団はこれを利用した場合の石材の品質及び供給可能性を調査した。

a. 採石場と石の種類について

Kyaukpyu港へ石材の納入実績がある会社の聞き取り調査を行い、採石場の状況、品質と供給量を確認する為に、ミャンマー国Mon州の採石場での現地調査を行った。採石場では花崗岩質の石材を採石している。石の比重は2.70g/cm³程度の石である。この地域からはYangonへも多く輸送されコンクリート用骨材や土木工事の砕石としても利用されている。

石山一帯では政府機関が運営・採石している場所と、民間が政府より許可を得て採石している採石場が点在する。現在はミャンマー国内での石材の需要が少なく、大型機械を出来る限り利用せずに人力での作業をしているが、採石場のワークショップには大型重機が待機していて、必要に応じて生産効率を上げる状況になっている。



図 17.8-25 石山全景(Inn Myaung)



図 17.8-26 採石状況(Mayagone)

b. 石材の生産量について

Kyaukpyu港建設工事には約 170,000m³ の石材が必要である。その内120,000m³を昨年に納入している。Mon州一帯の石山の規模も大きく、本事業への安定した供給が可能である。

c. 運搬方法について

KyaiktoからMotamaにかけて採石場があり、Mawlamyaine港からおおよそ25Kmから130km離れた地

域で採石される。採石場からダンプトラックで積み出し港まで運搬し、台船に積み込む事になる。採石場から積み出し場までの道路事情は大型車が通れるので問題なく運搬出来る。また、採石場によっては軌道が隣接しているので積み出し港まで鉄道による運搬も可能である。



図 17.8-27 積出港集積状況
写真提供：Rockwell Mining



図 17.8-28 軌道使用状況
写真提供：Rockwell Mining

d. 輸出実績について

ミャンマー国から「バ」国への石材の輸出は現在まで行われていない。今後、政府間での協議が必要であるが、石材以外の輸出入は多く行われているので可能であろう。

石材を輸出する場合にMawlamyaine港にも税関があり、ミャンマー国内の状況は良好である。



図 17.8-29 積出ランプ
写真提供：Rockwell Mining



図 17.8-30 台船積込状況
写真提供：Rockwell Mining

e. 価格について

Mawlamyaine港で台船への積込価格 (FOB価格) は約36.5USD/m³となっている。<2014年11月> これに輸送費と関税等を含むCIF価格で80USD/m³になるとの調査結果であった。

f. ミャンマー国以外からの石の値段について

「バ」国内で行った石材の価格調査からはベトナム産の石材が約84USD/m³となっている。<2014年11月現在> このことからミャンマー産の石材を利用できれば、材料供給源の確保と建設価格を抑える為にも有効である。



図 17.8-31 切出した石材