

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棧橋計画地、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。

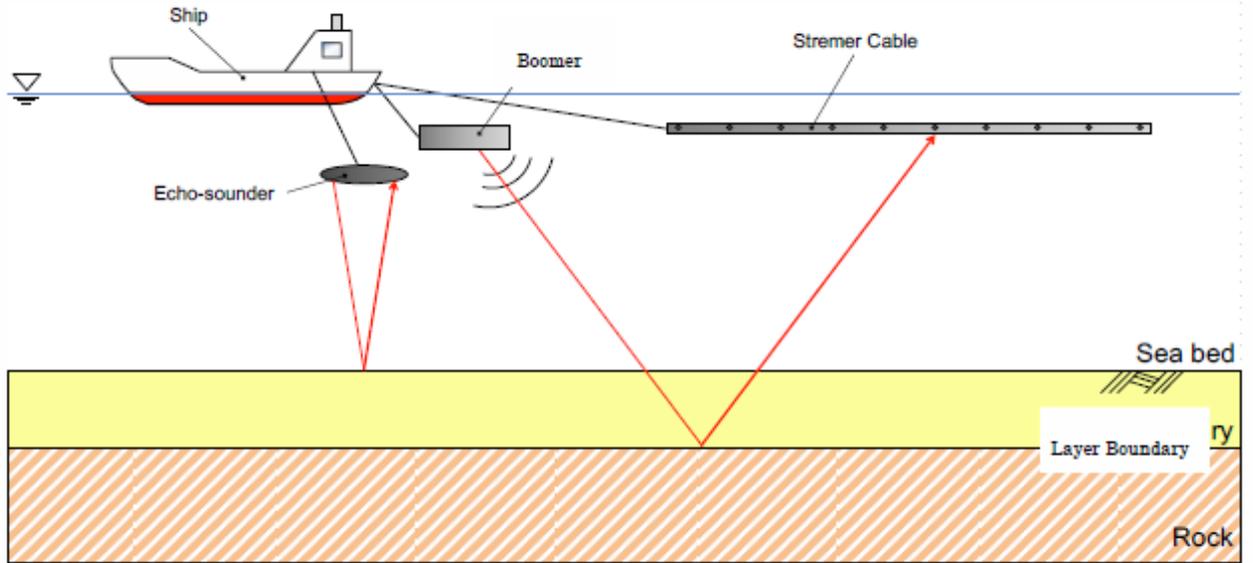


図 17.3-4 音波探査の概要図

(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
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 $e\text{-log}P$ 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 $\leq 5\text{mm} + 2 \text{ ppm RMS}$
 - 衛生の数 ≥ 5
 - 衛生との鉛直角 $\leq 75^{\circ}$ (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)

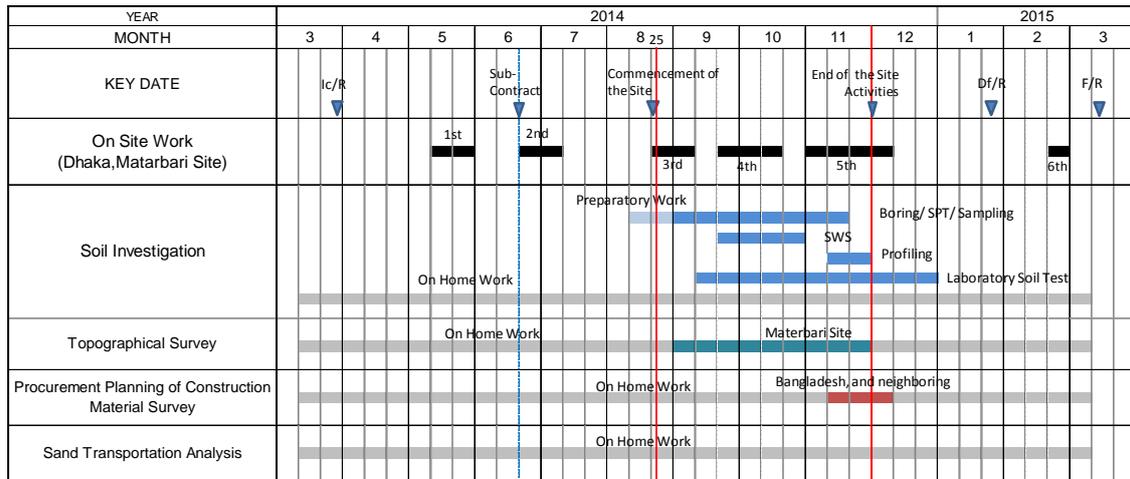


図 17.4-1 実績工程

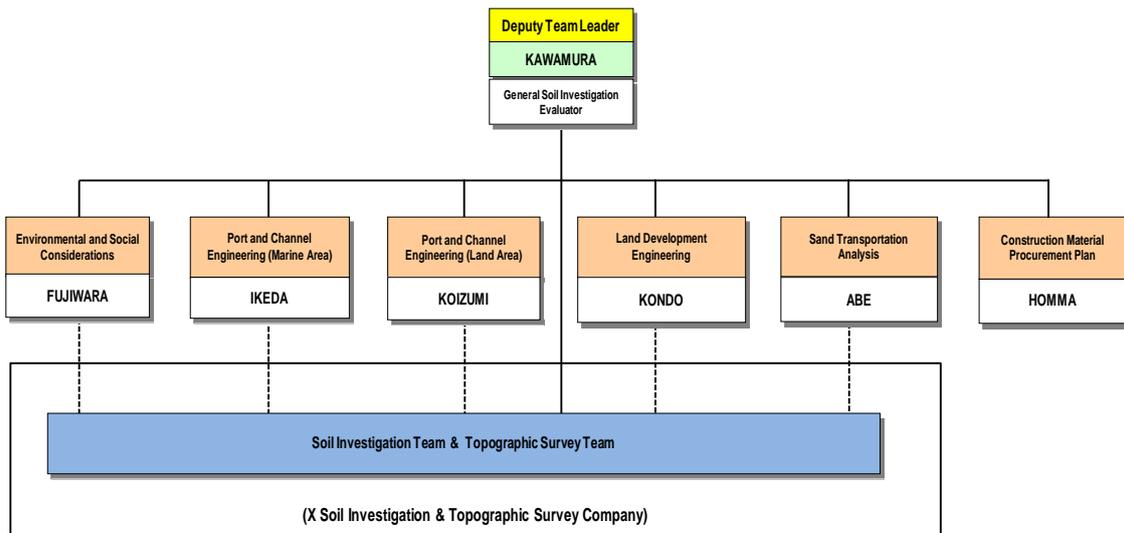


図 17.4-2 調査団要員体制

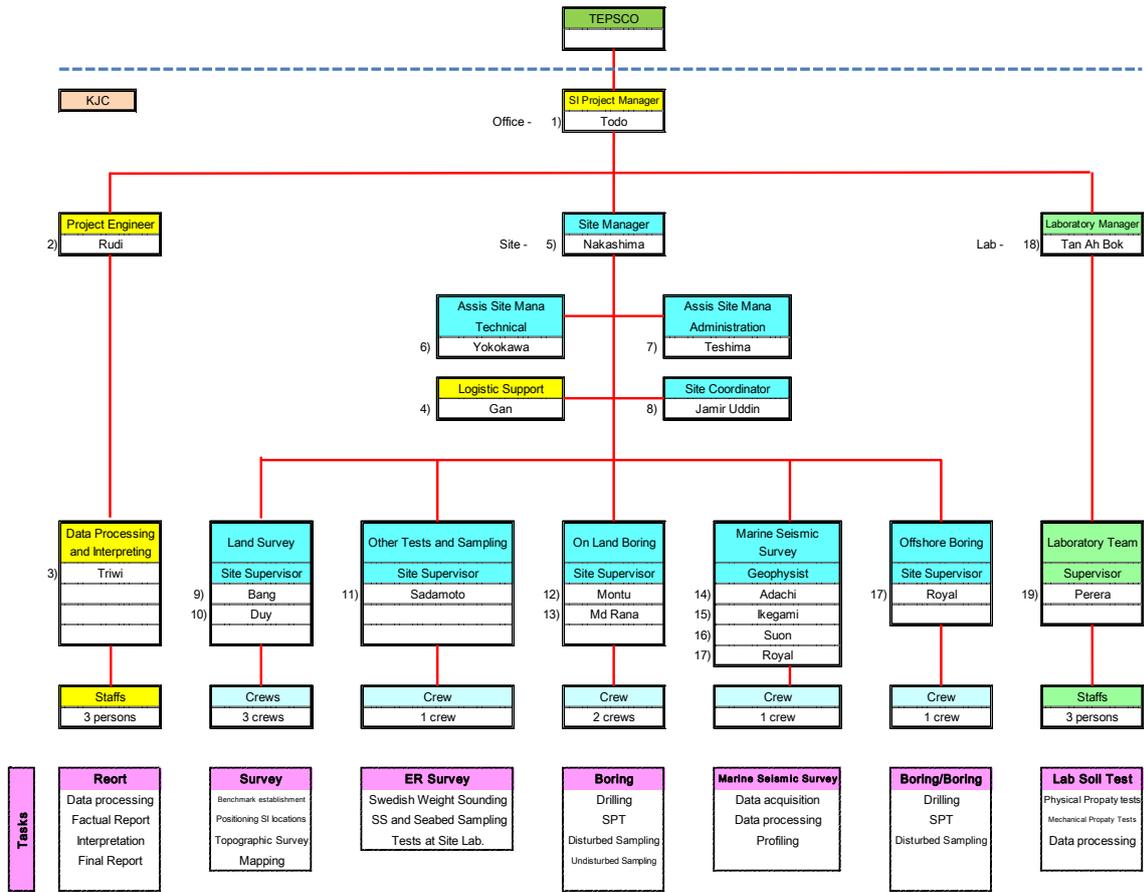


図 17.4-3 再委託先要員体制

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量を表 17.5-1 に、調査地点を図 17.5-1 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)

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	Water Level	Location	Symbol	Line	Rig	Completed on	Bor Length (m)			Test / Sampling Done (nos)						
		North(m)	East(m)								MSL(m)	G.L.(+m)	Total	0-30m	30-60m	SPT		D-sampling		HP-sampling
				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	13.45	13.45	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	382,484.71	-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	26.45	26.45	0.00	15	11				
	13	OF-05-3	2,399,933.03	382,085.86	-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	381,819.82	-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	69	0	1	0
Channel Area	1	LD2-12-1	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	2,400,362.52	382,869.30	0.16	0.85	Offshore	Hazaro 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	Hazaro 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	Hazaro 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	Hazaro C		L-1	2014/10/31	23.45	23.45	0.00	15	6			1	
	8	LD2-13-1	2,400,518.79	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	2014/11/11	22.95	22.95	0.00	15	7			1	
		Subtotal										255.55	241.95	13.60	169	15	46	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	2014/9/9	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	2014/11/16	30.00	30.00	0.00	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	0.65	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	2014/11/07	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	16	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	2014/11/18	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	2014/11/19	16.45	16.45	0.00	12				4	
	13	PP3-19-1	2,400,363.25	384,491.45	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	0.57	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	2,400,362.65	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	2,399,796.85	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	2,400,366.09	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	92	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	551.55	102.24	411	57	53	0	70	0	
							Channel and Plant Areas				767.84	686.30	111.54	484	107	67	0	84	0	
							All				1,011.54	900.00	111.54	648	107	136	0	85	0	

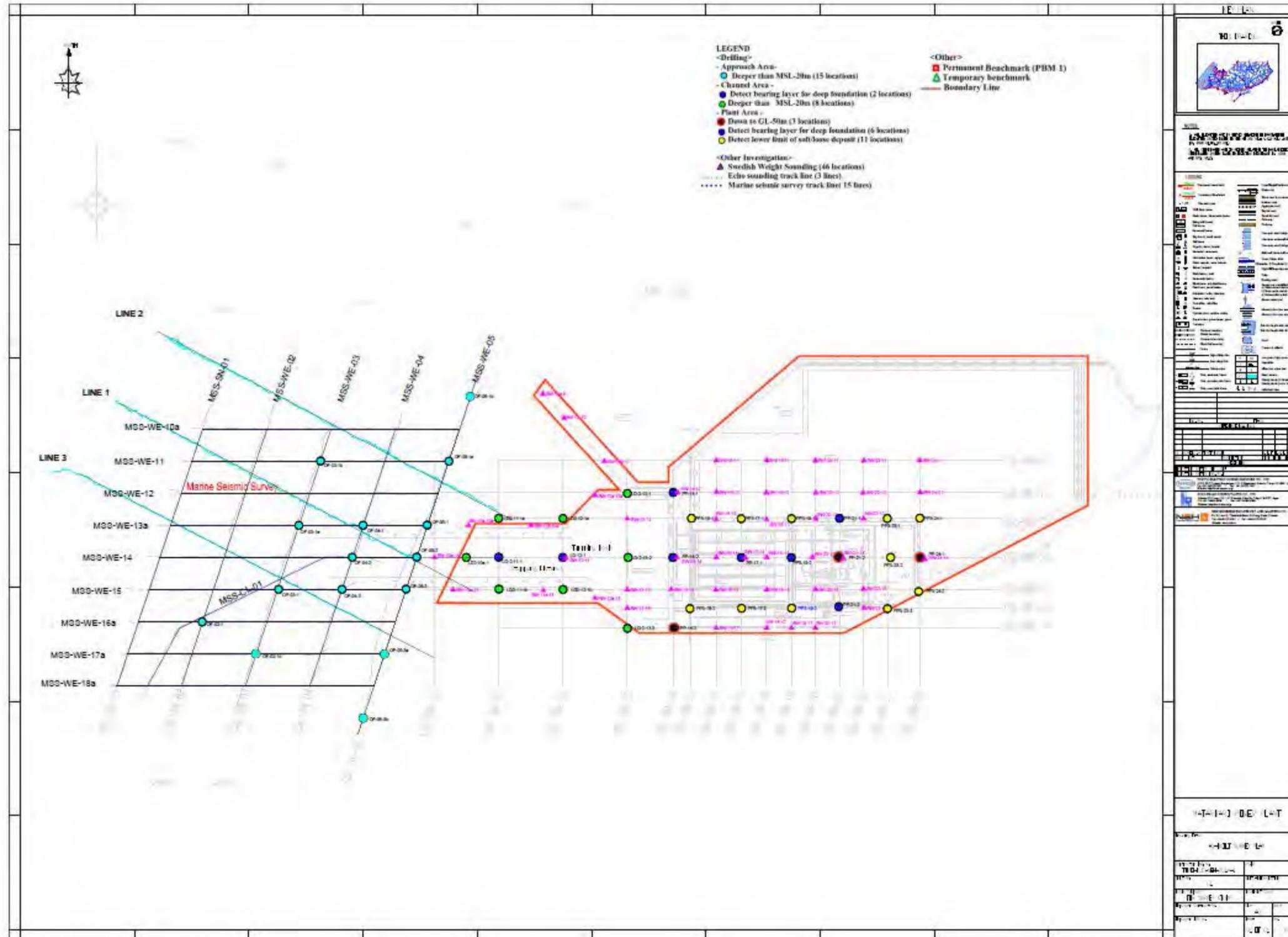


図 17.5-1 調査位置図

(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。

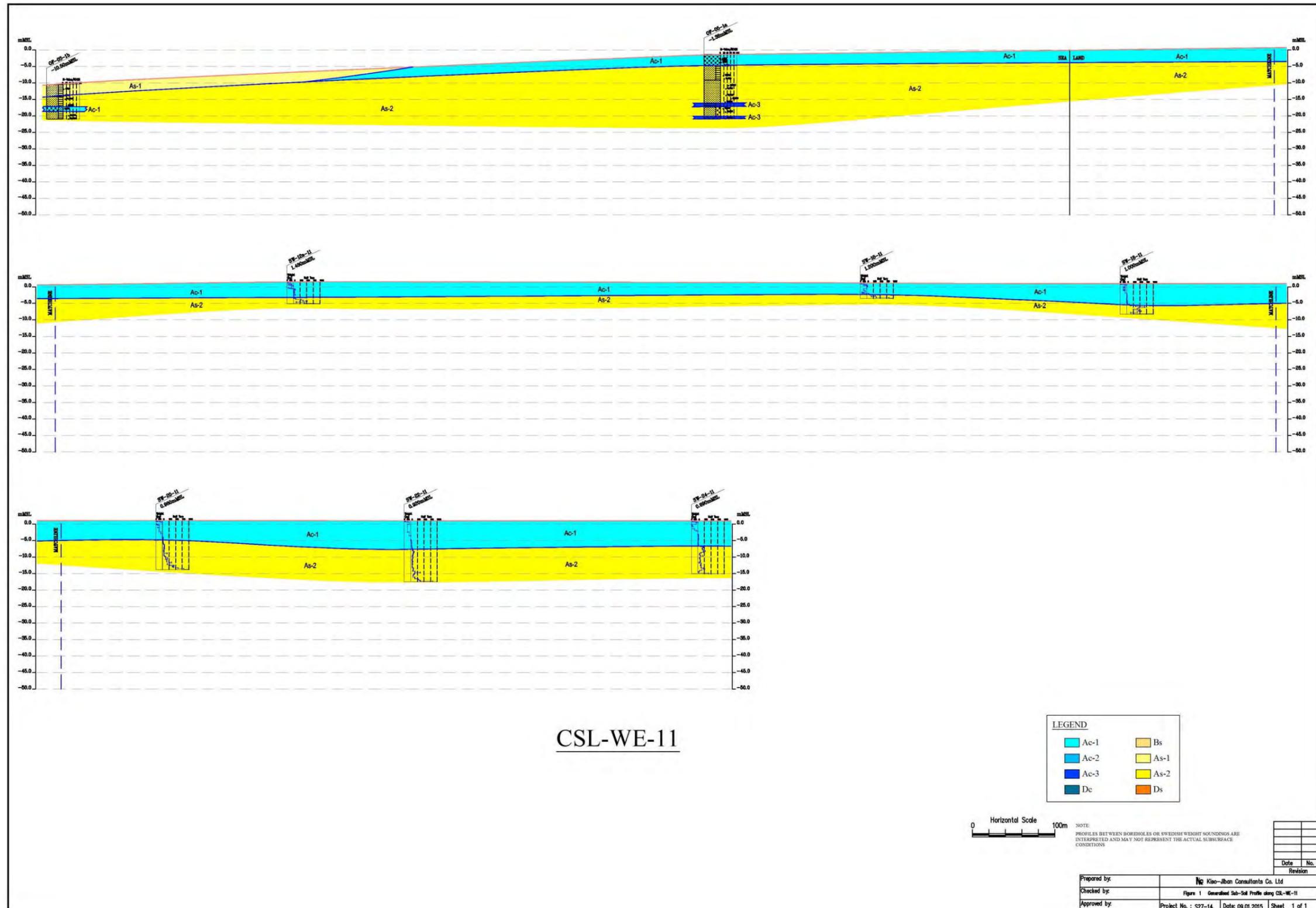


図 17.5-2 地層想定断面図(CSL-WE-11)

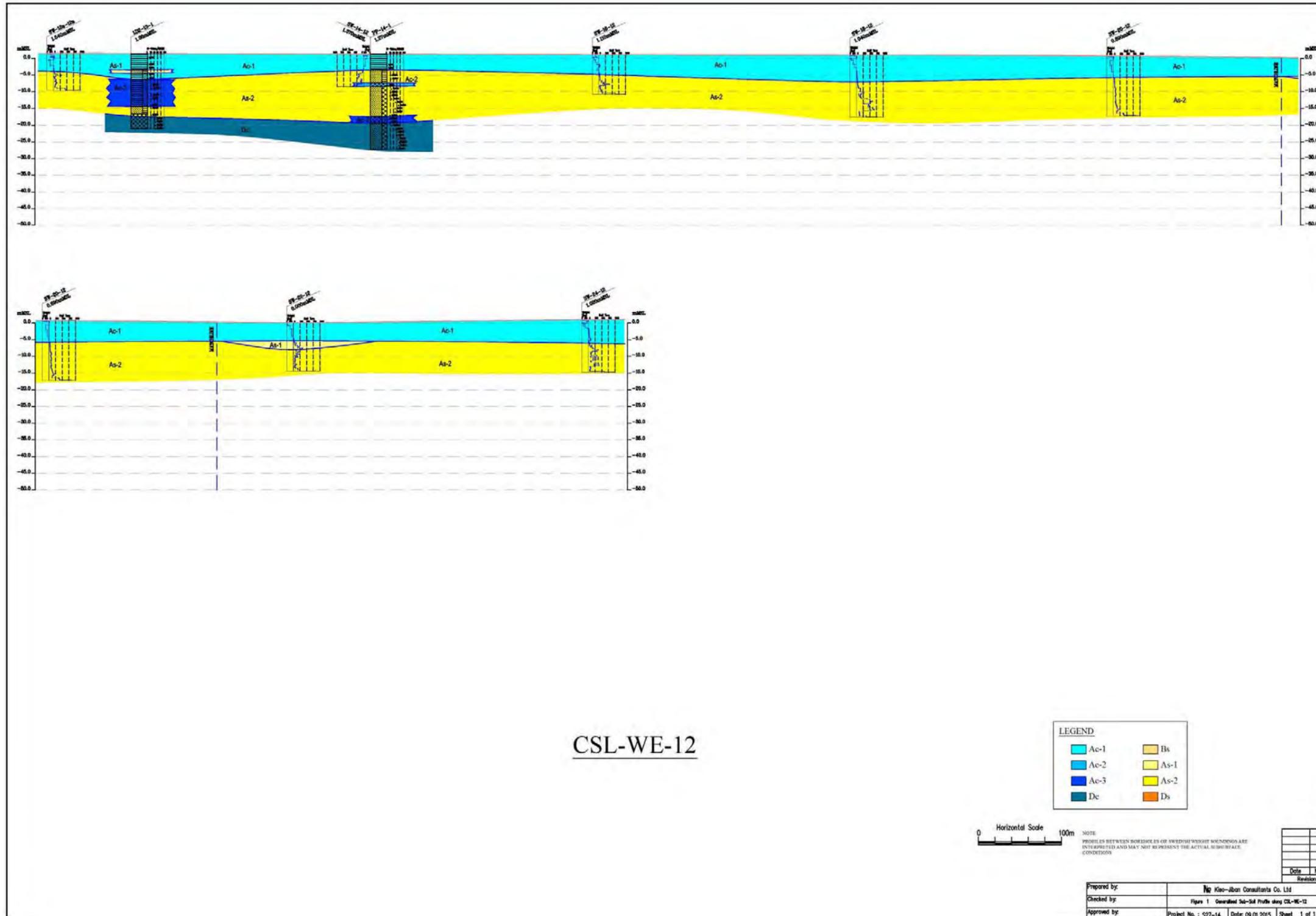


図 17.5-3 地層想定断面図(CSL-WE-12)

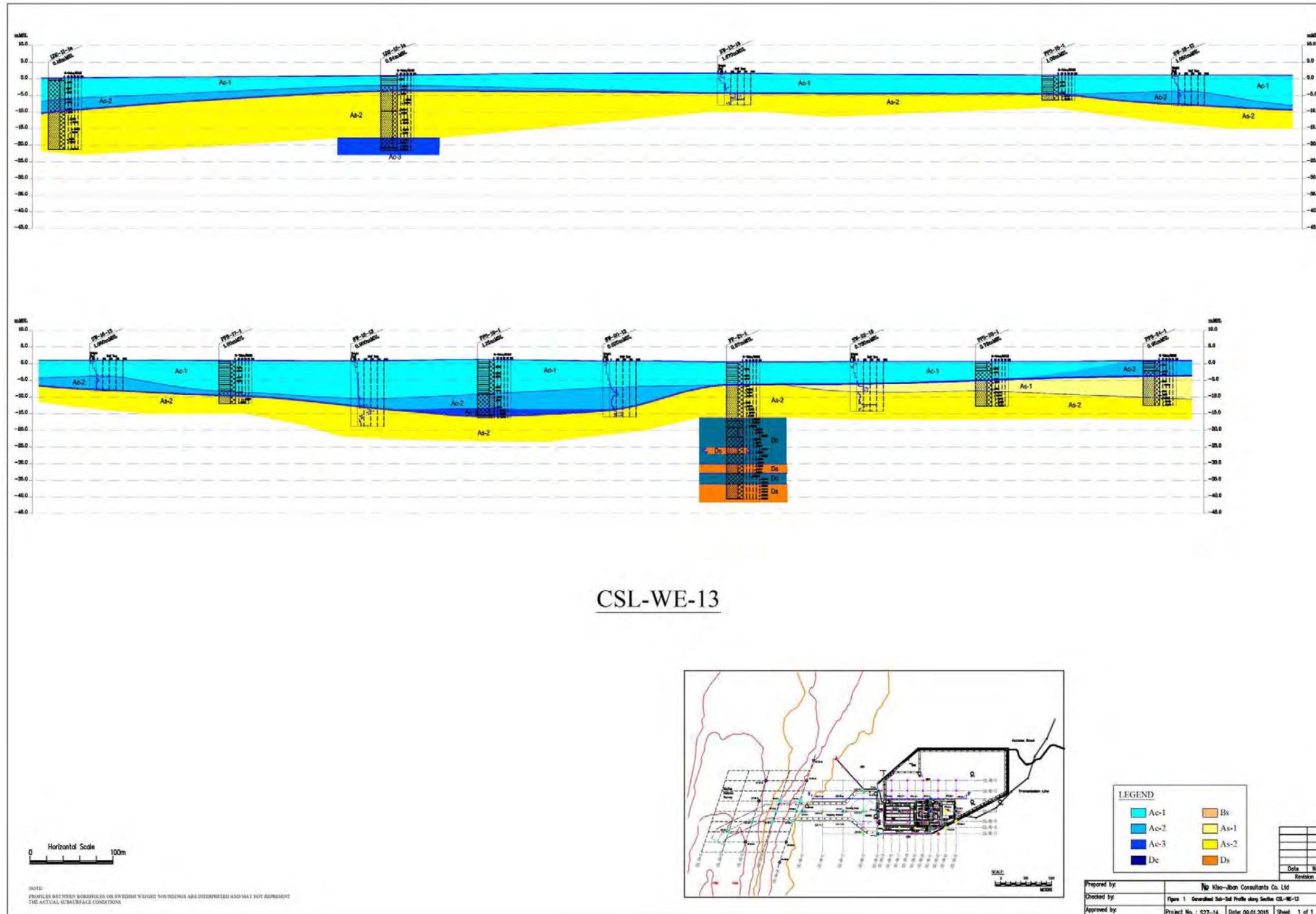


図 17.5-4 地層想定断面図(CSL-WE-13)

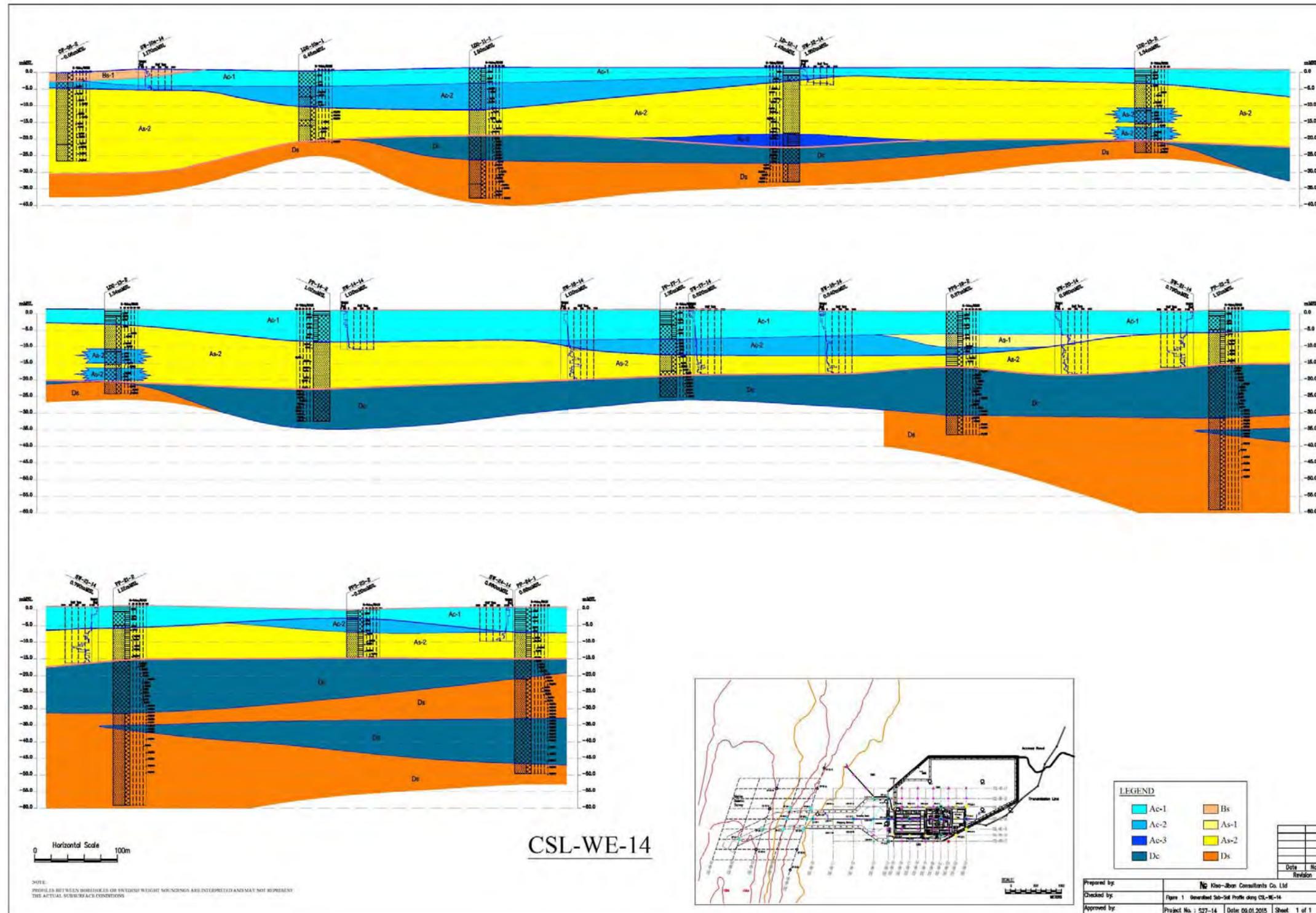


図 17.5-5 地層想定断面図(CSL-WE-14)

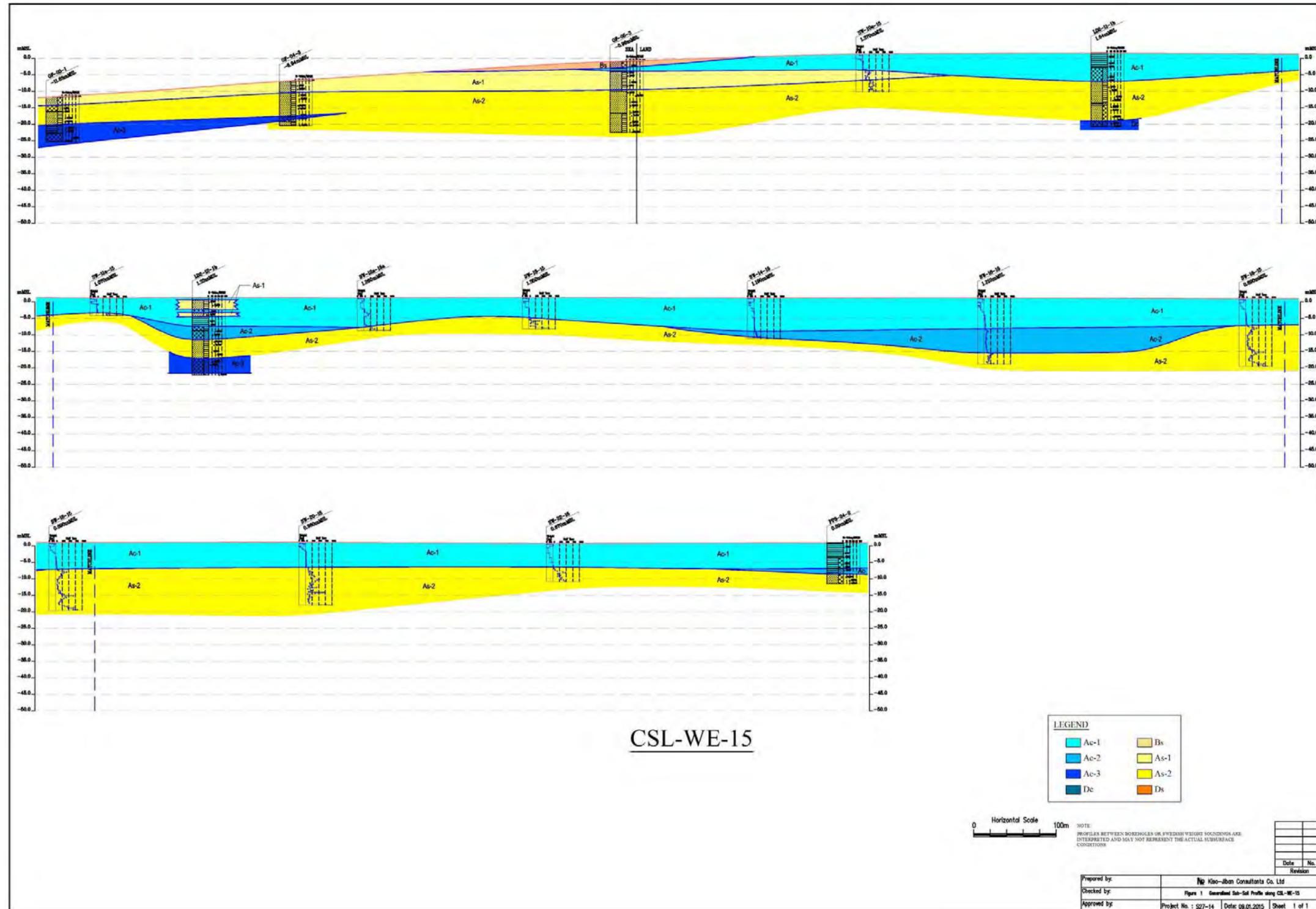


図 17.5-6 地層想定断面図(CSL-WE-15)

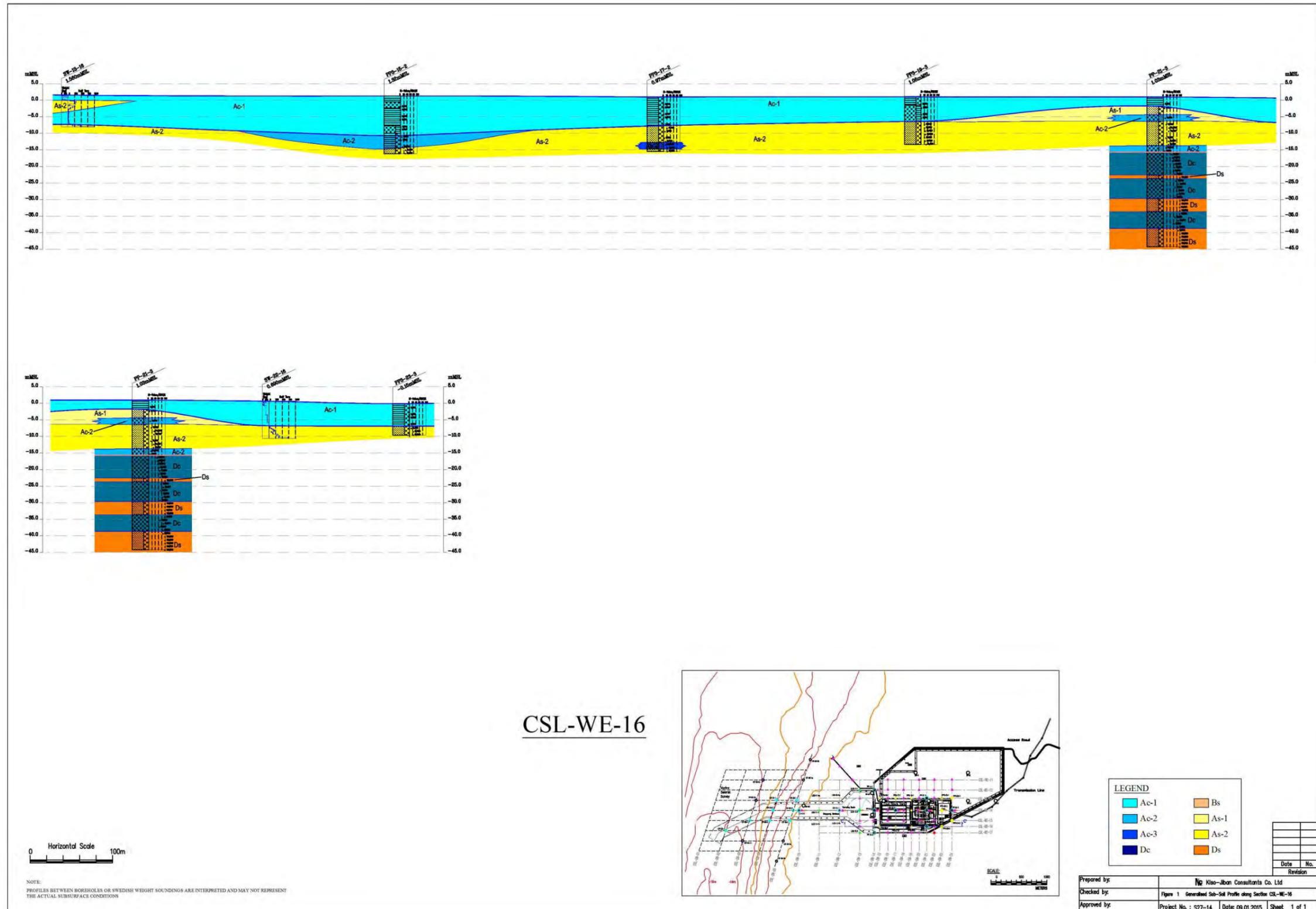


図 17.5-7 地層想定断面図(CSL-WE-16)

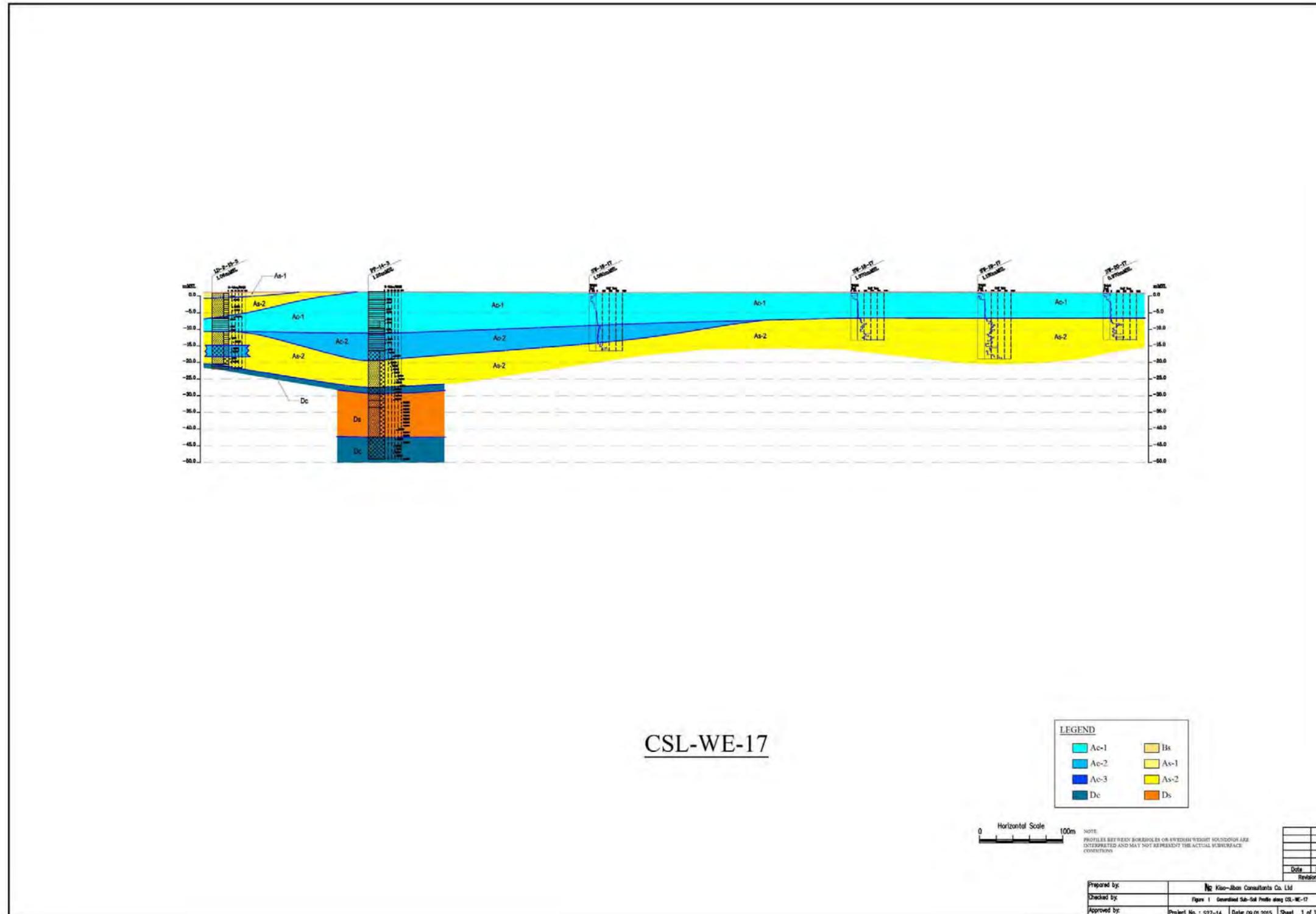


図 17.5-8 地層想定断面図(CSL-WE-17)

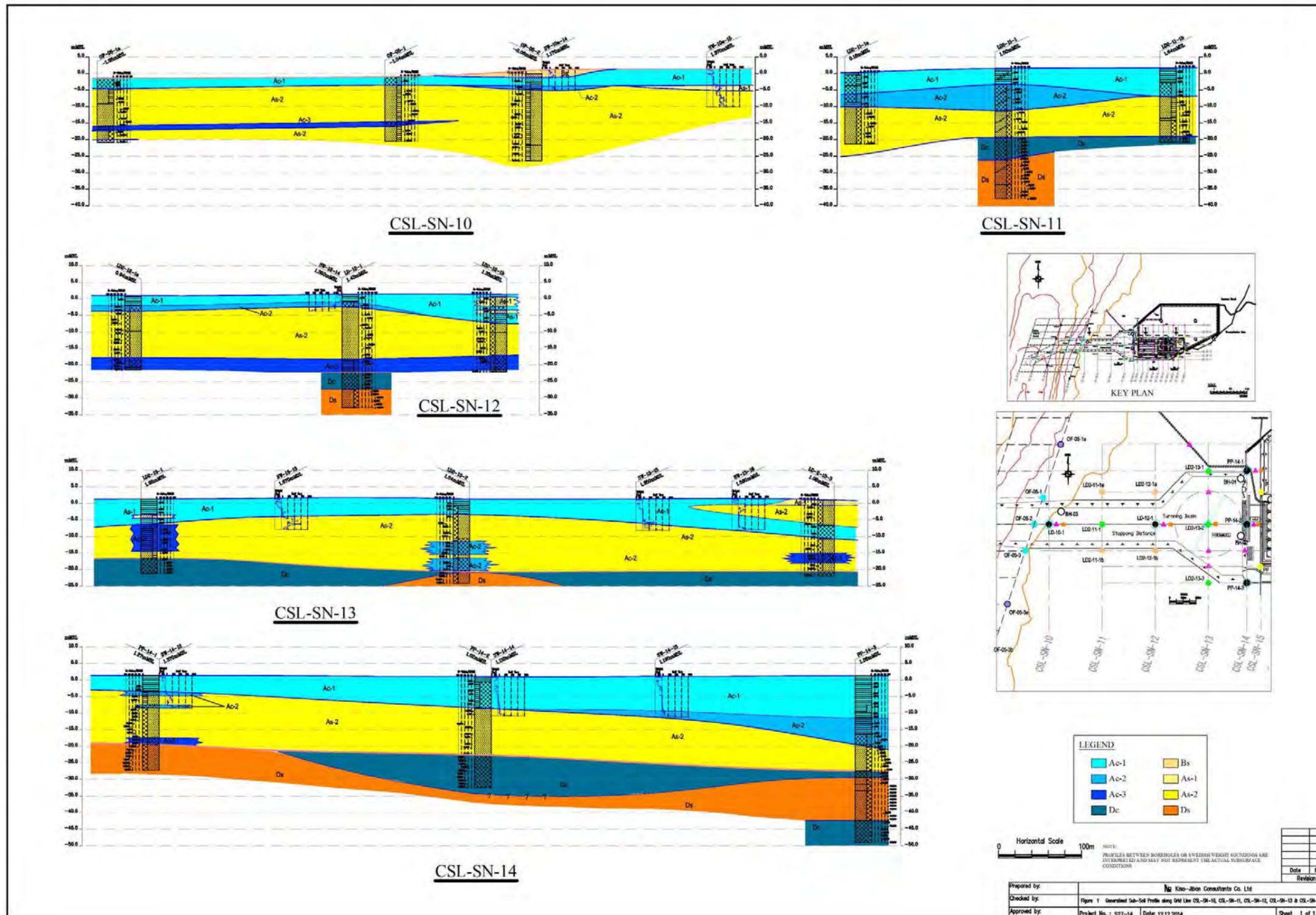


図 17.5-9 地層想定断面図(CSL-SN-10 and CSL-SN-14)

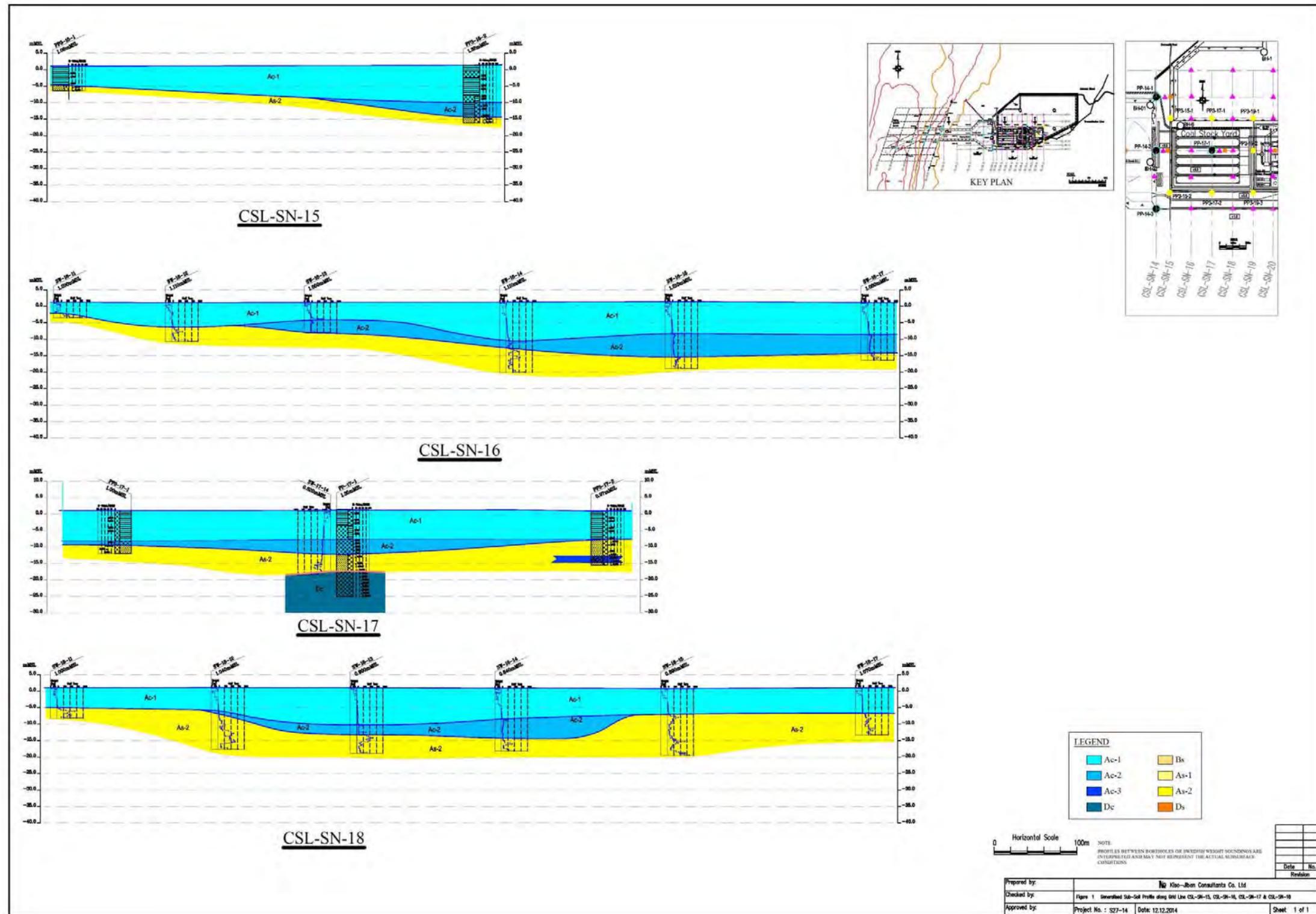


図 17.5-10 地層想定断面図(CSL-SN-15 and CSL-SN-18)

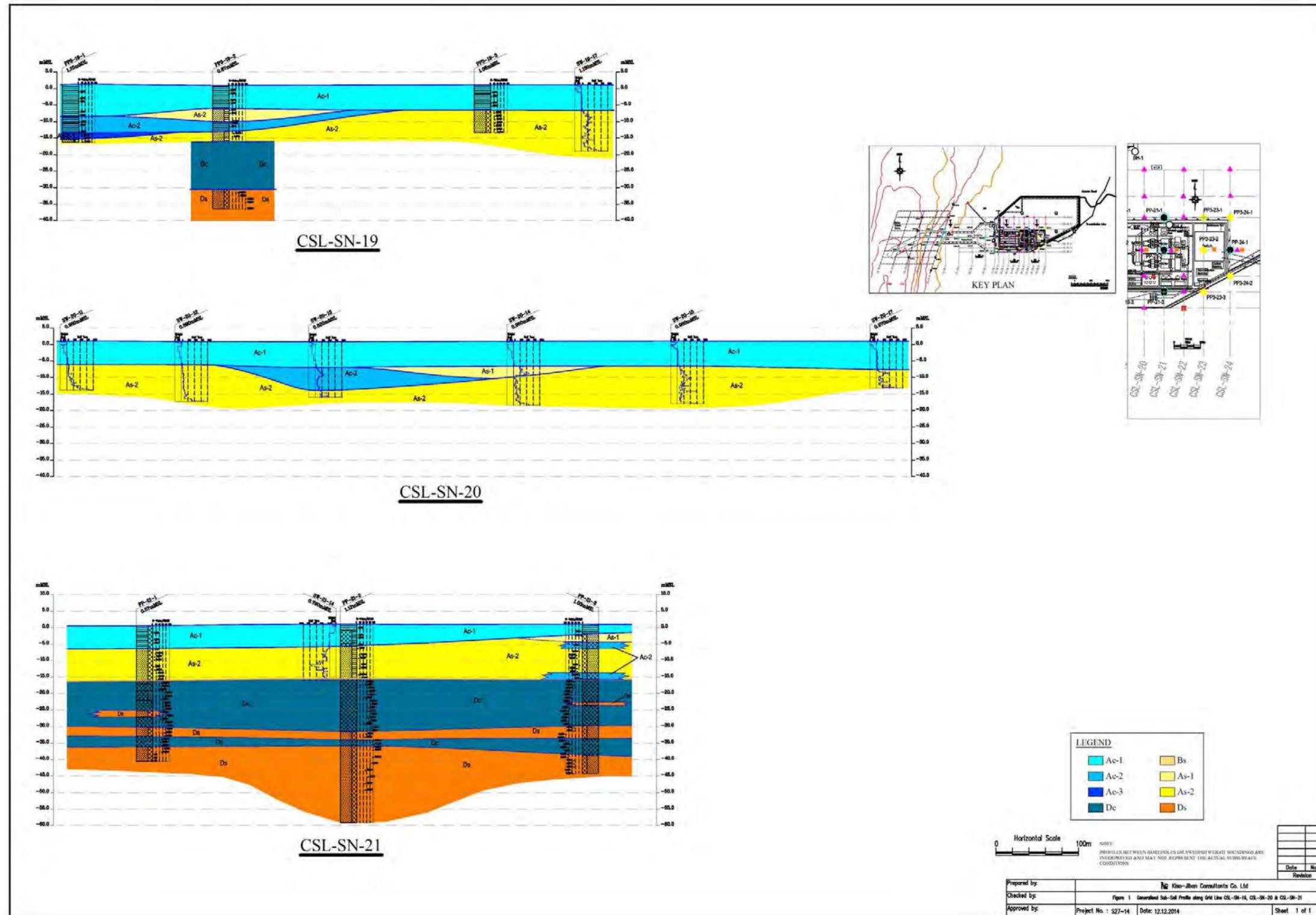


図 17.5-11 地層想定断面図(CSL-SN-19and CSL-SN-21)

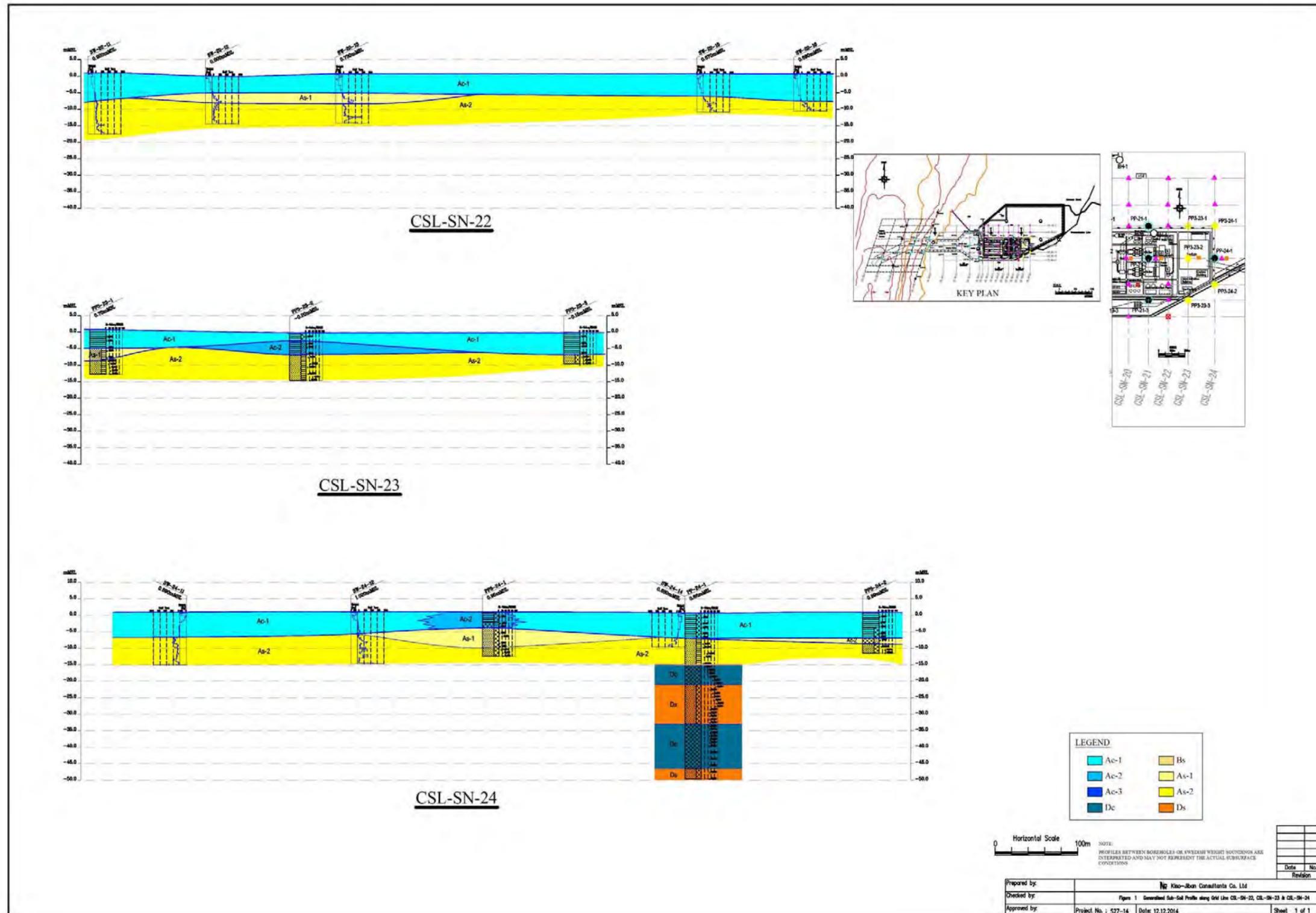


図 17.5-12 地層想定断面図(CSL-SN-22 and CSL-SN-24)

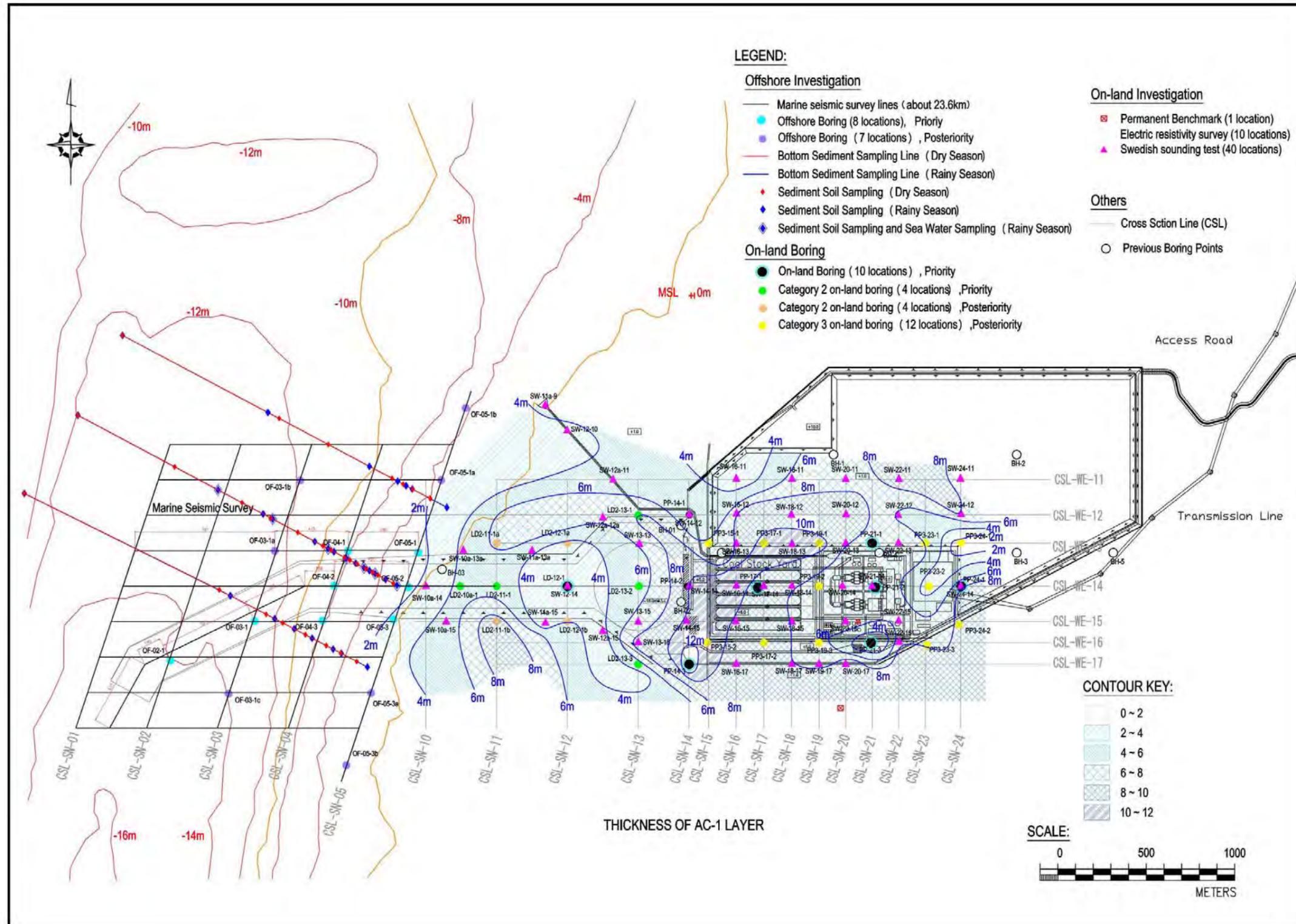


図 17.5-13 Ac-1 層の層厚分布図

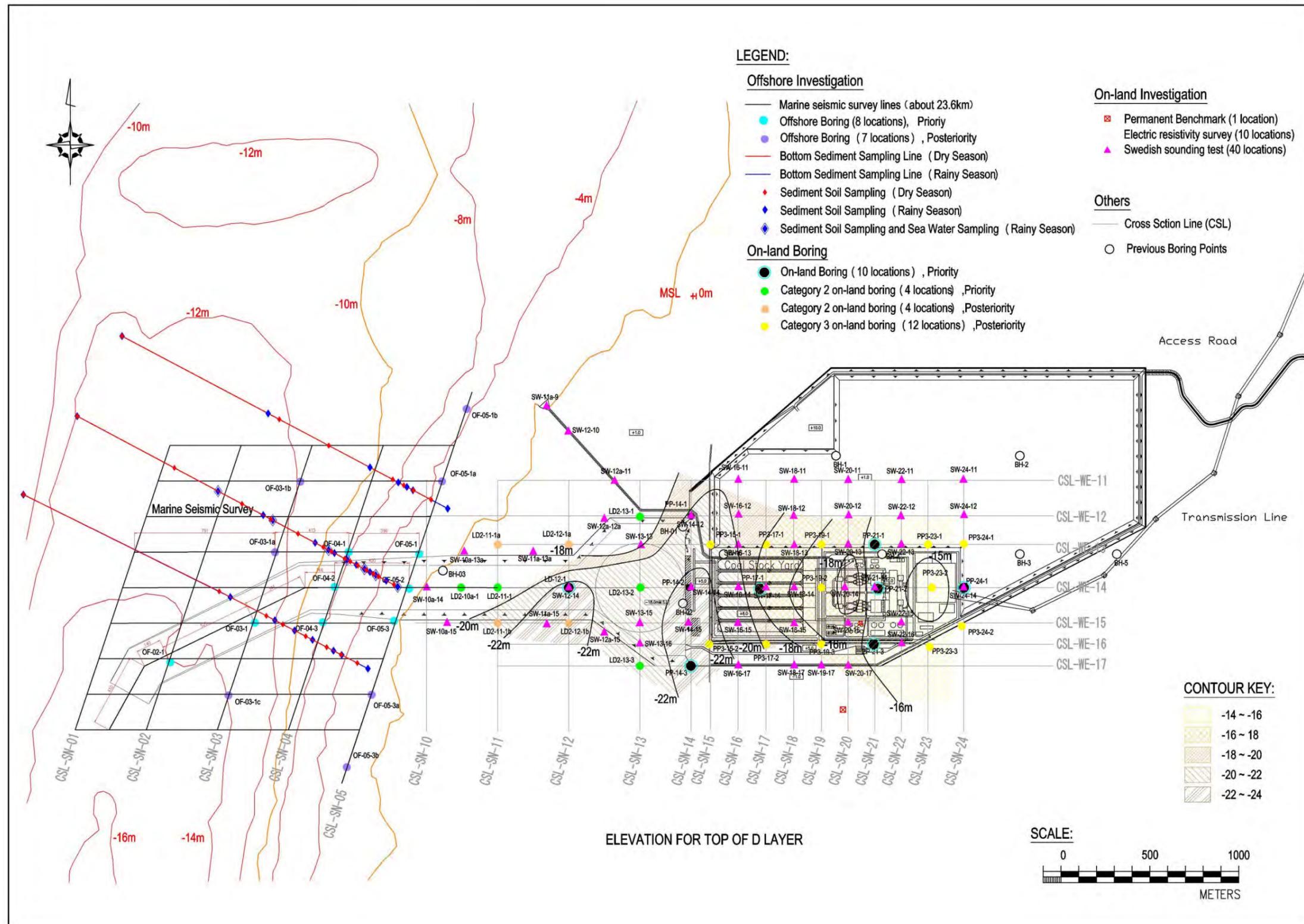


図 17.5-14 洪積土層出現深度分布図

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。

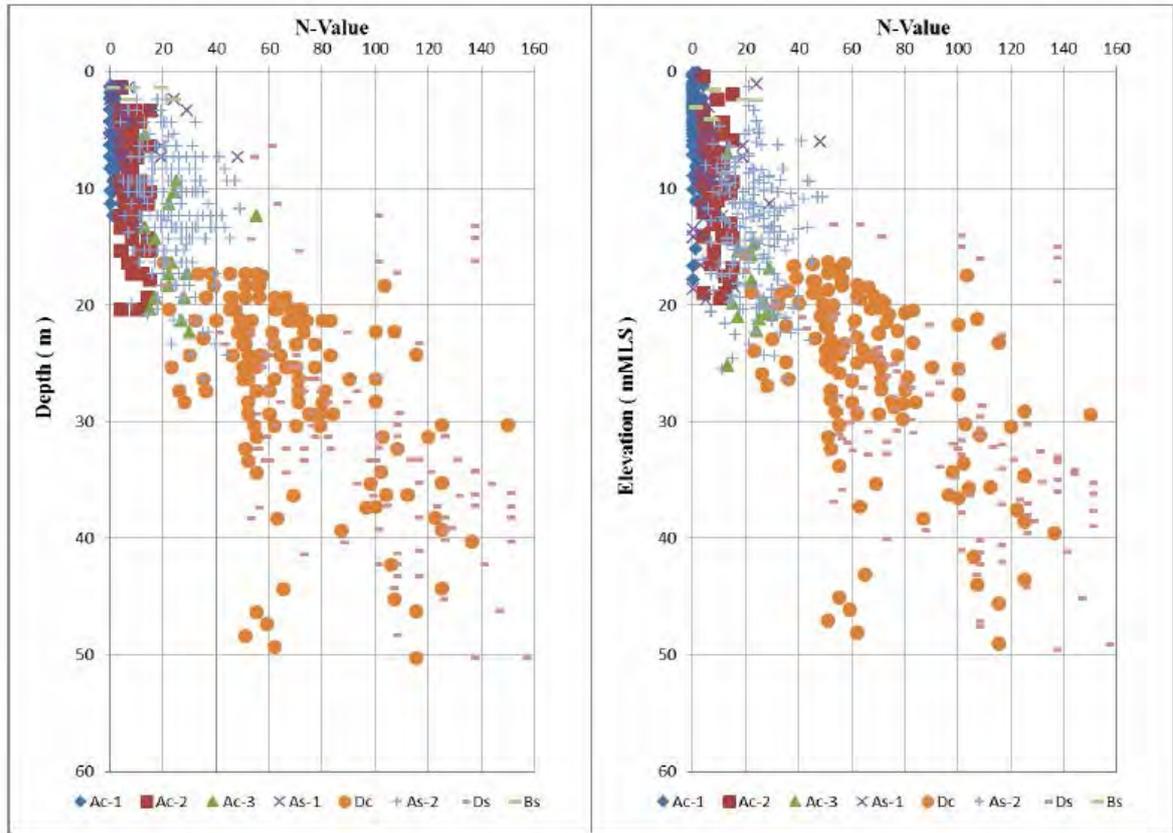


図 17.5-15 N 値分布図（深度、標高）

(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	2,400,920	380,825	2014/11/30	sn	-184.0	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	2,400,920	381,225	2014/11/27	rs	-200.0	1,789.7	1,989.7	-220.5	1,768.2	1,989.7	-250.0	1,890.5	1,942.5	24 ch	OF-02-1	Started
		s	2,399,320	380,692														
	3	n	2,400,920	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	1,919.0	24 ch	OF-03-1a,1a,1,1b	
	s	2,399,320	381,092															
	4	n	2,400,920	382,025	2014/11/28	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	2,400,920	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	2,400,920	382,425														
	7	w	2,400,720	380,758	2014/11/28	ew	-100.0	1,300.0	1,400.0	-77.8	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	382,358														
	8	w	2,400,520	380,692	2014/11/28	we	-100.0	1,409.0	1,509.0	-120.5	1,377.3	1,497.8	-138.6	1,384.3	1,520.9	12 ch	-	
		e	2,400,520	382,292														
	9	w	2,400,520	380,625	2014/11/28	sw	-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-05-1	
		e	2,400,320	382,225														
	10	w	2,400,120	380,558	2014/11/28	we	-80.0	1,385.0	1,485.0	-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	2,400,120	382,158														
	11	w	2,399,920	380,492	2014/11/29	ew	-149.0	1,290.0	1,439.0	-128.5	1,310.5	1,439.0	-128.5	1,326.5	1,455.0	12 ch	OF-03-1,OF-04-1,OF-05-3	
		e	2,399,920	382,032														
	12	w	2,399,720	380,425	2014/11/29	we	-52.0	1,323.0	1,375.0	-72.5	1,302.5	1,375.0	-88.7	1,302.5	1,381.2	12 ch	OF-02-1	
		e	2,399,720	382,025														
13	w	2,399,520	380,358	2014/11/29	sw	-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	we	-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				9			12,939.5			12,899.5			13,069.9				
CC Line	15	a	2,399,320	380,482	2014/11/30	sw-ne	-147.0	1,416.5	1,563.5	-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	2,399,679	380,681														
		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			24,329.9			24,618.2				

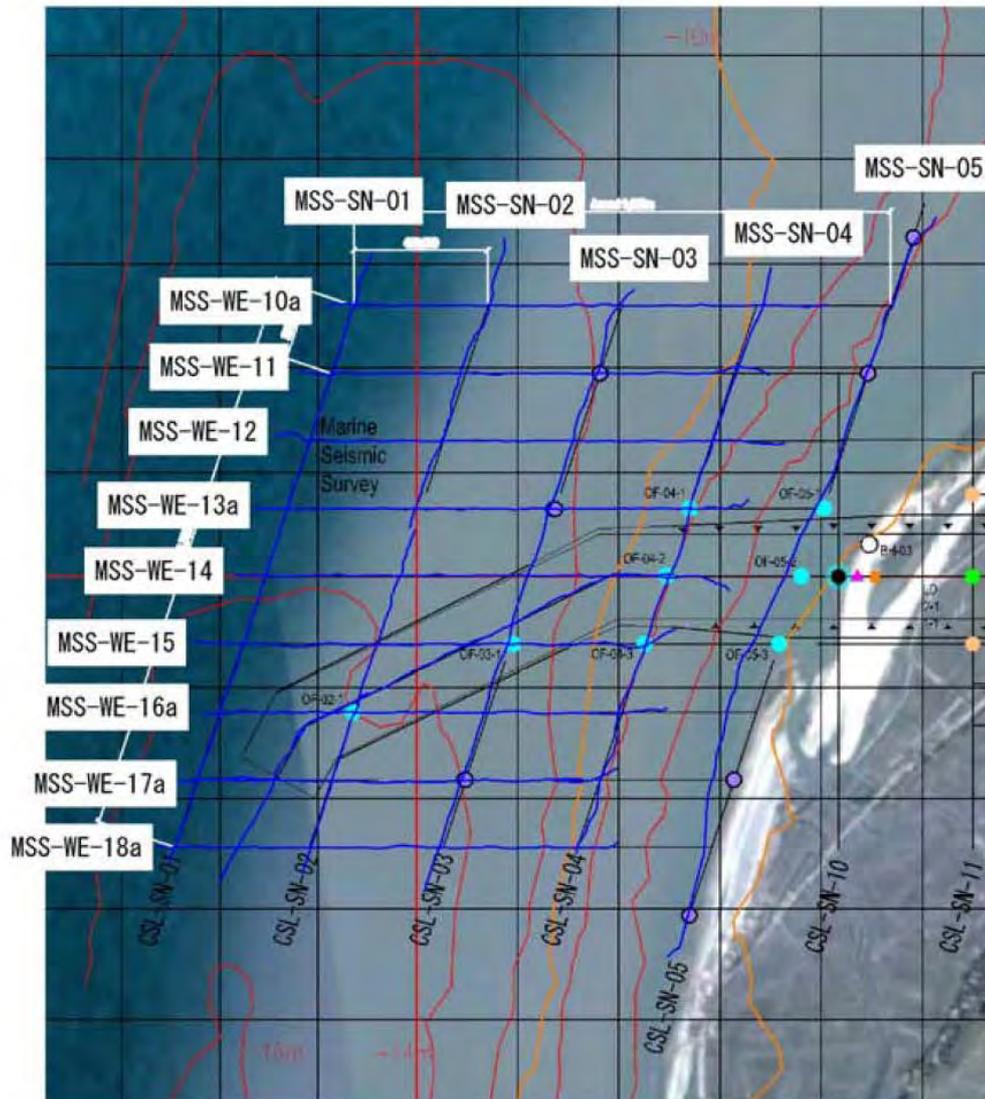


Photo Data by Google Earth

図 17.5-16 音波探査位置

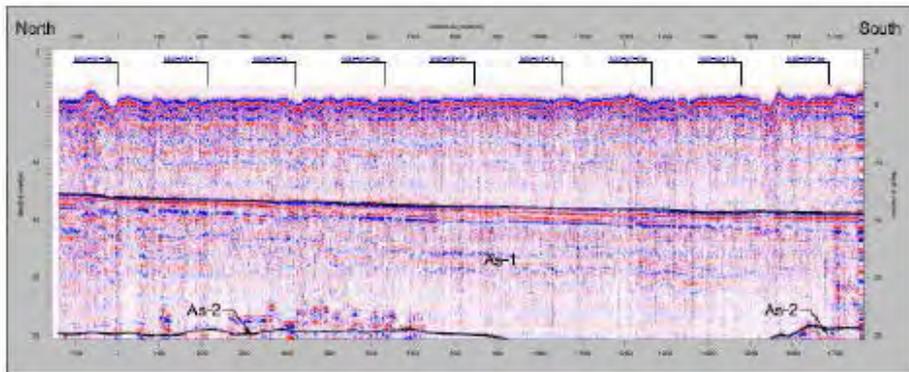
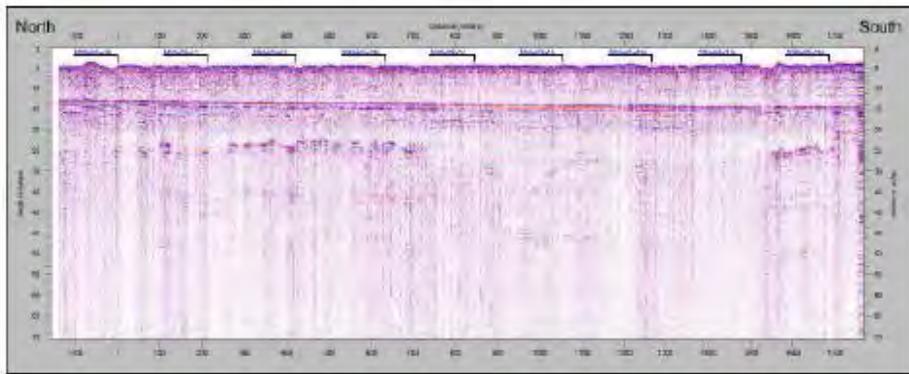


図 17.5-17 (1) 地層断面(Survey Line : MSS-CL-01)

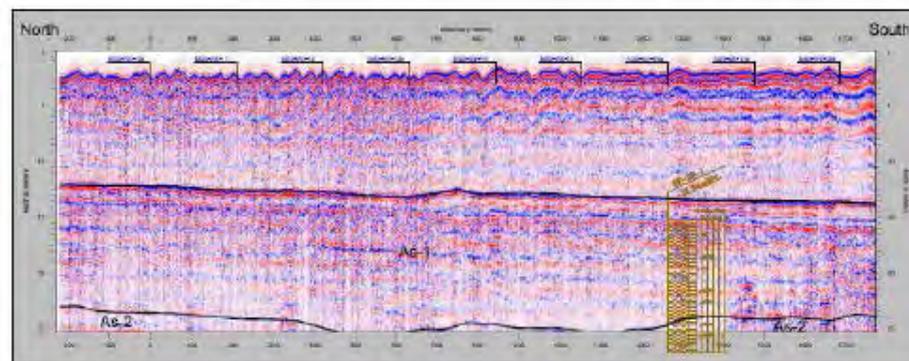
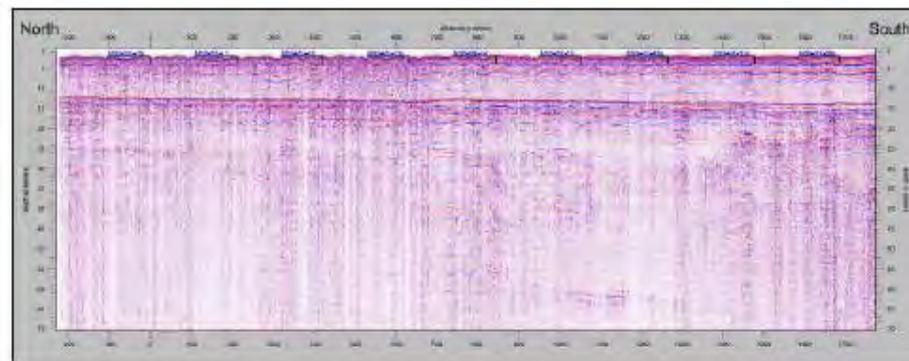


図 17.5-17 (2) 地層断面(Survey Line : MSS-CL-02)

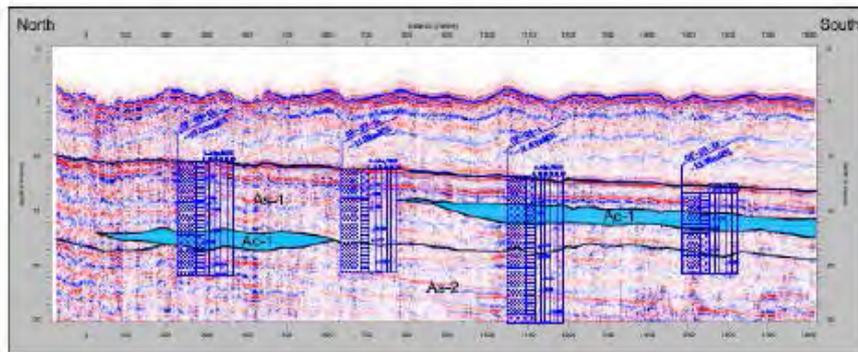
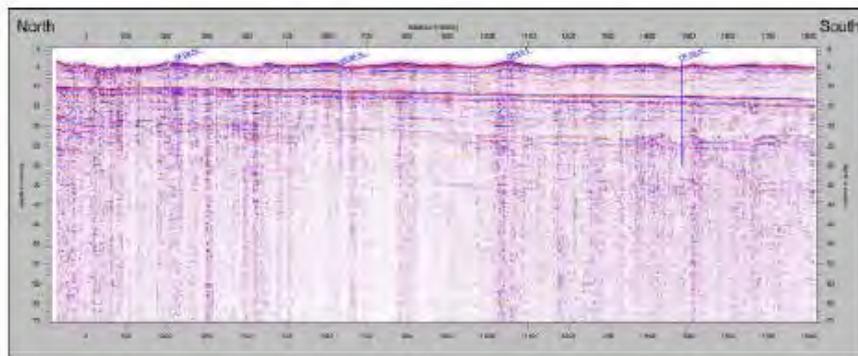


図 17.5-17 (3) 地層断面(Survey Line : MSS-SN-03)

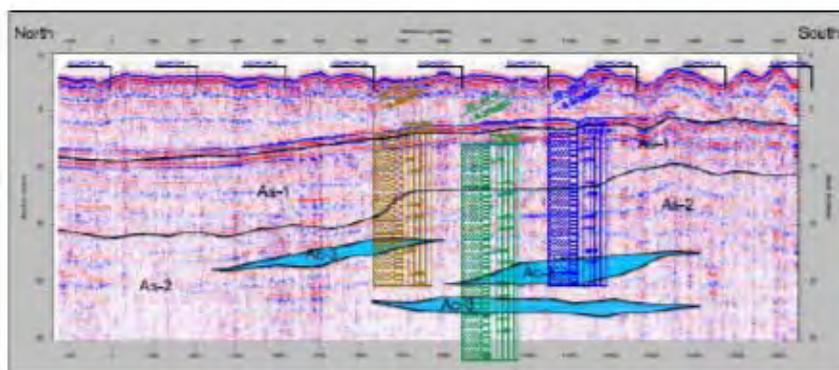
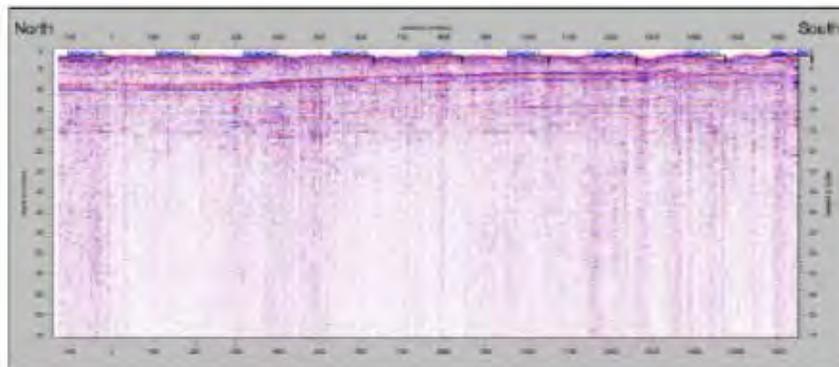


図 17.5-17 (4) 地層断面(Survey Line : MSS-SN-04)

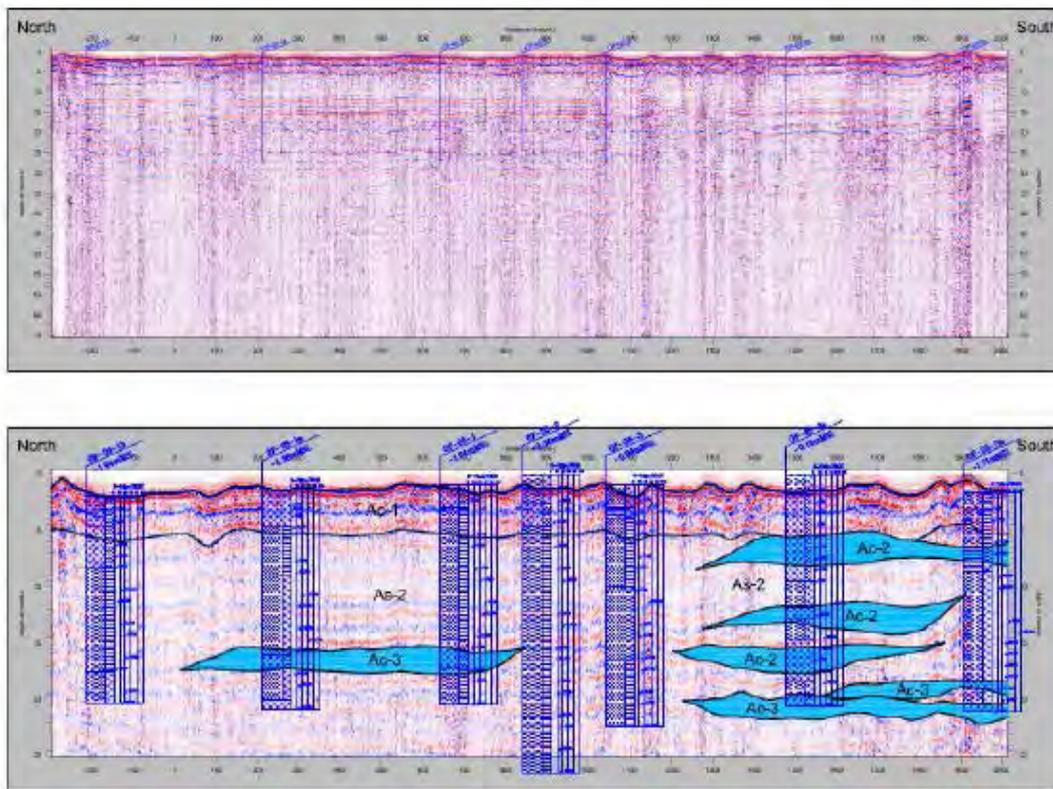


図 17.5-17 (5) 地層断面(Survey Line : MSS-SN-05)

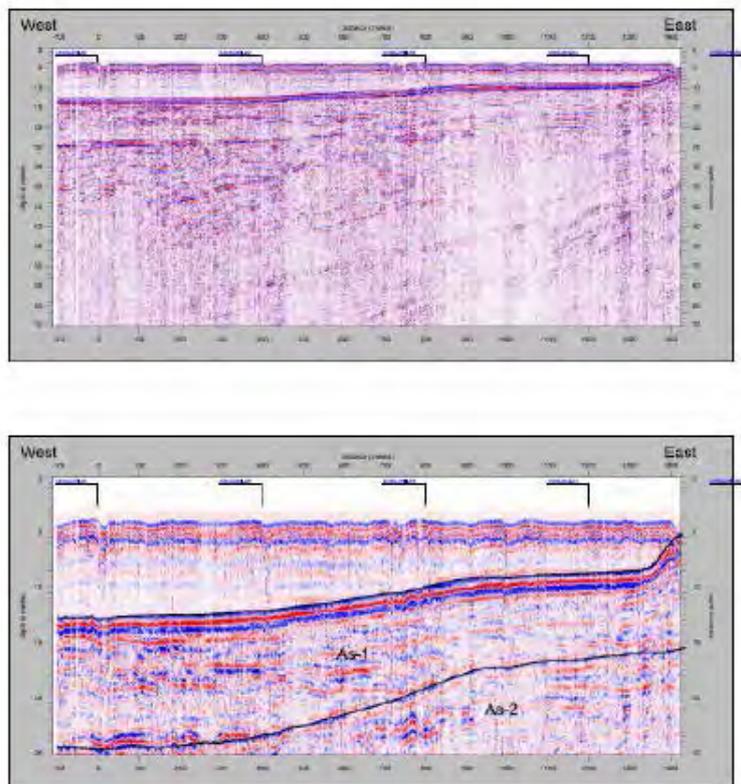


図 17.5-17 (6) 地層断面(Survey Line : MSS-WE-10a)

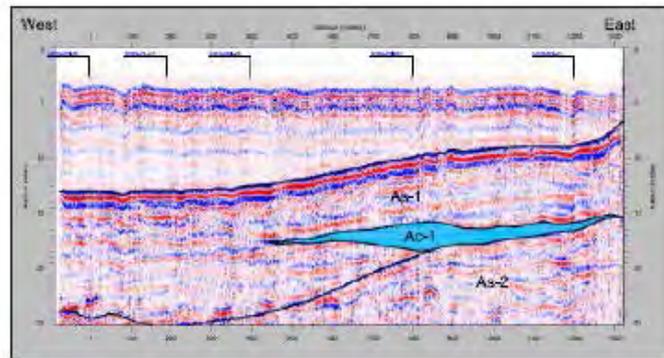
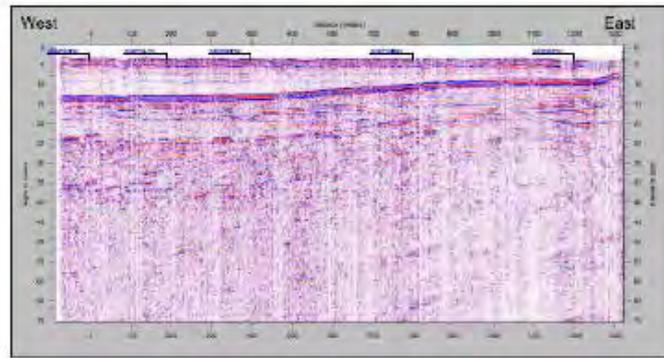


図 17.5-17 (7) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-11)

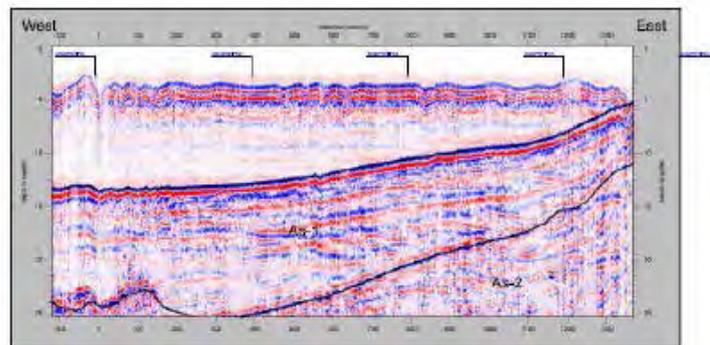
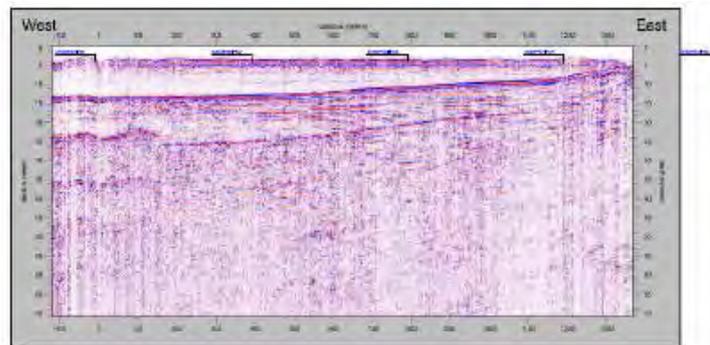


図 17.5-17 (8) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-12)

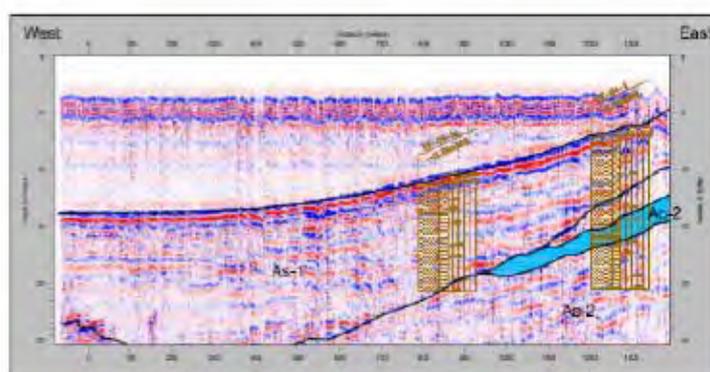
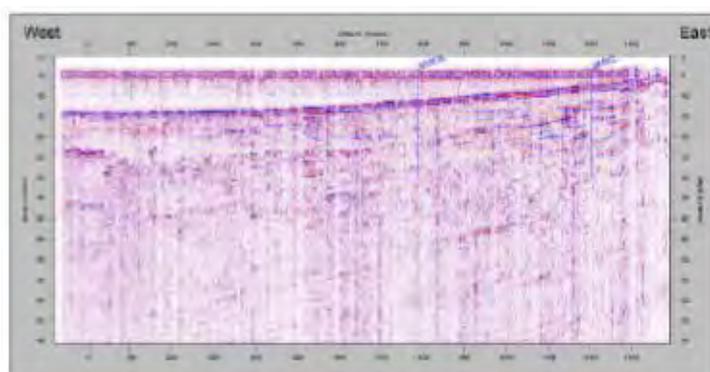


図 17.5-17 (9) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-13)

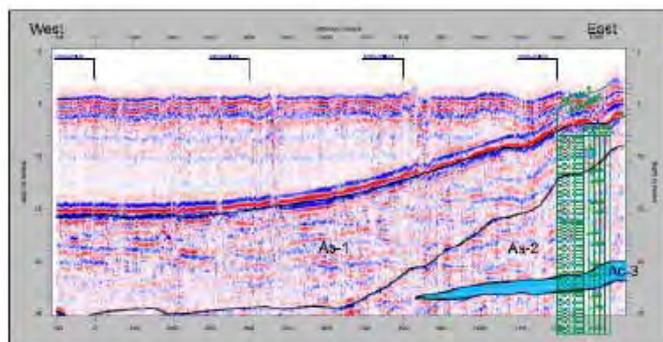
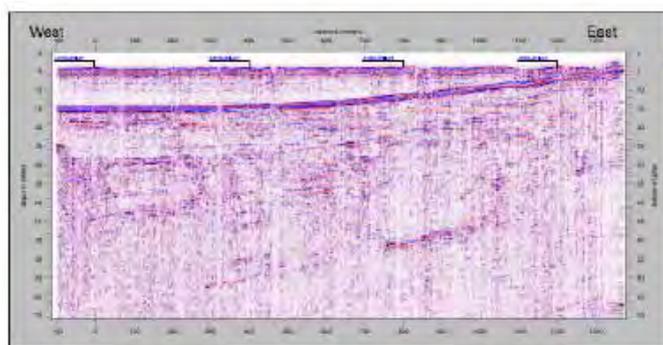


図 17.5-17 (10) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-14)

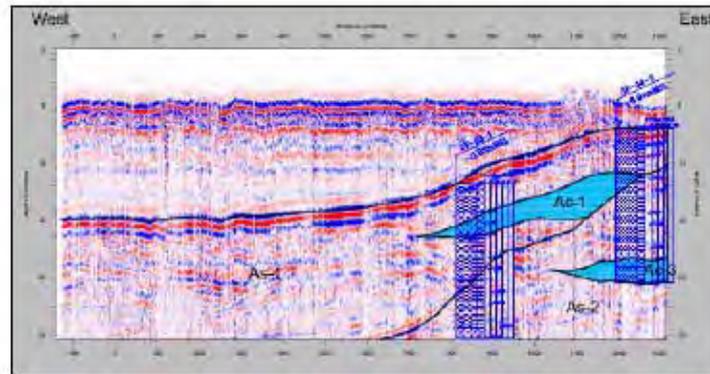
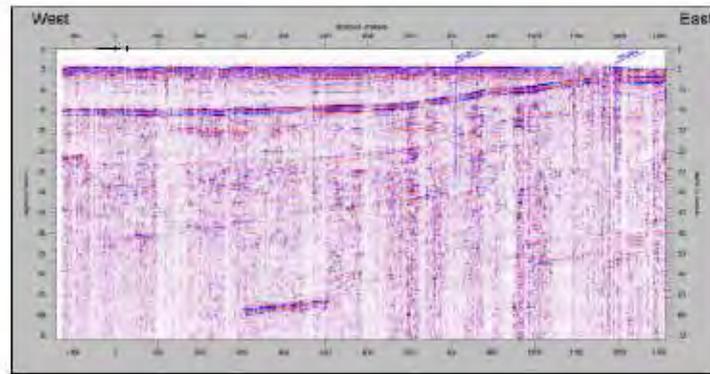


図 17.5-17 (11) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-15)

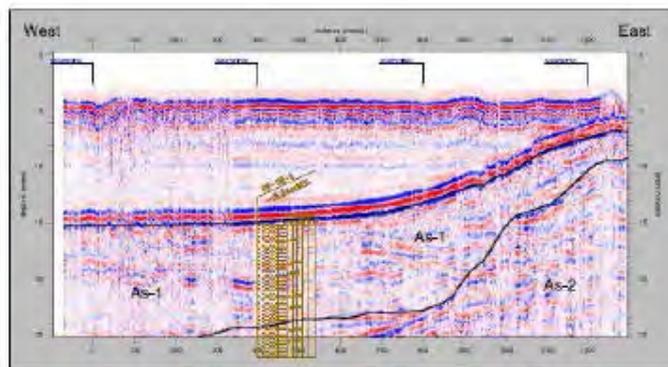
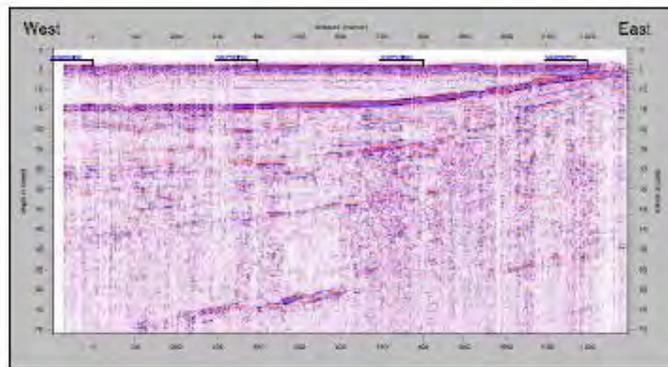


図 17.5-17 (12) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-16a)

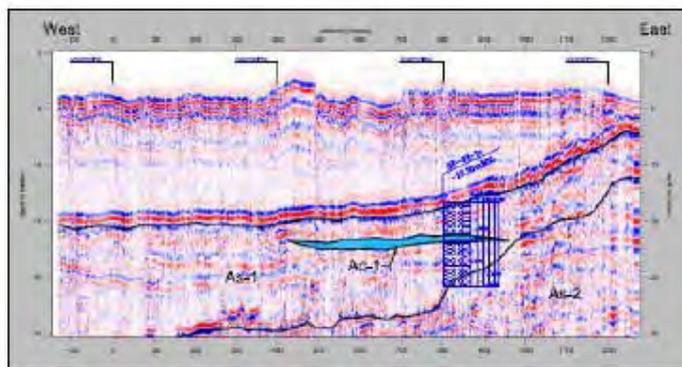
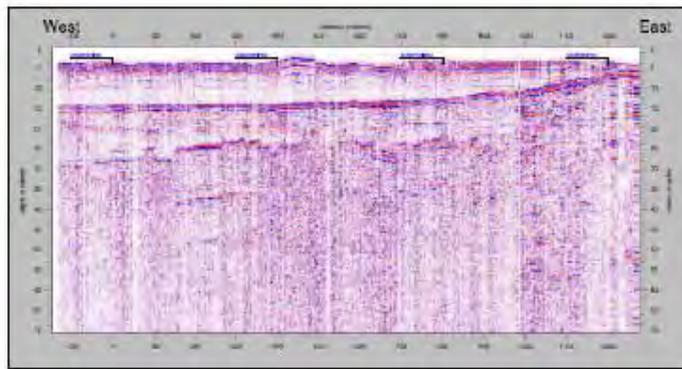


図 17.5-17 (13) 地層断面(Survey Line : MSS-WE-17a)

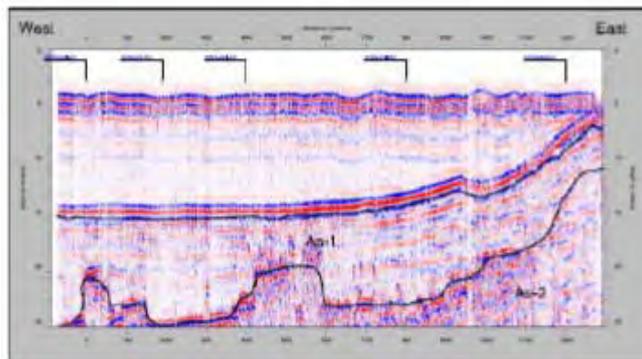
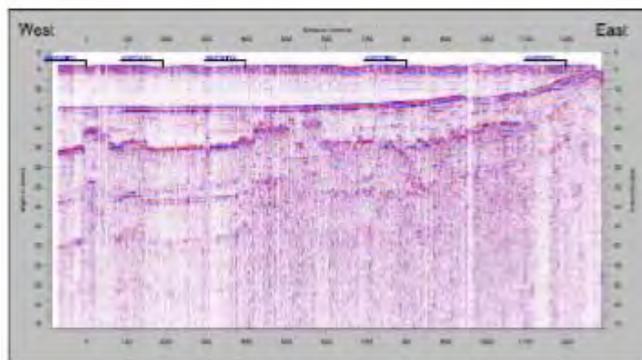


図 17.5-17 (14) 地層断面(Survey Line : MSS- WE-18a)

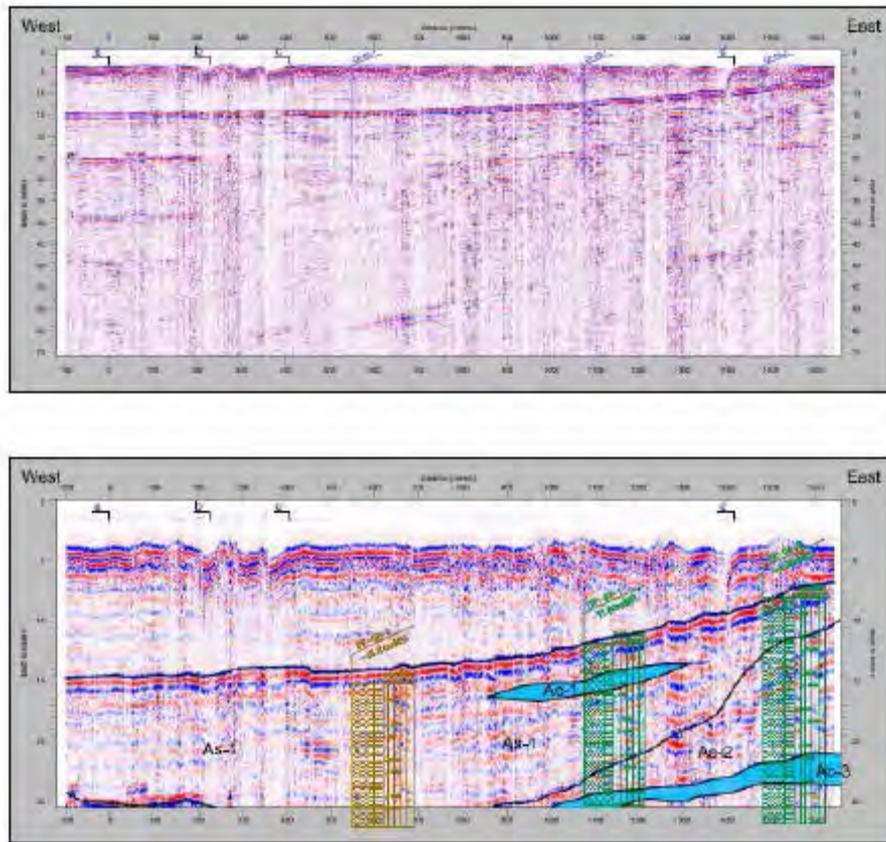


図 17.5-17 (15) 地層断面(Survey Line : MSS- CC-01)

(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	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	382,889.29	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	16.28
	8	SW-12-14	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	383,269.28	2,399,866.59	1.26	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	2,400,522.67	1.37	2014/9/25	9.82
	16	SW-14-14	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	12.30
	18	SW-16-11	384,023.23	2,400,724.61	1.20	2014/10/6	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	384,024.51	2,400,120.13	1.11	2014/9/22	21.20
	22	SW-16-15	384,020.89	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	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	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	20.43
	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	20.05
	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	18.11
	34	SW-20-13	384,642.32	2,400,361.98	0.82	2014/10/9	16.80
	35	SW-20-14	384,622.92	2,400,120.58	0.95	2014/9/19	19.39
	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	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	384,940.32	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	385,292.18	2,400,120.01	0.68	2014/10/12	10.30
Subtotal						32	491.20
Total						46	625.93

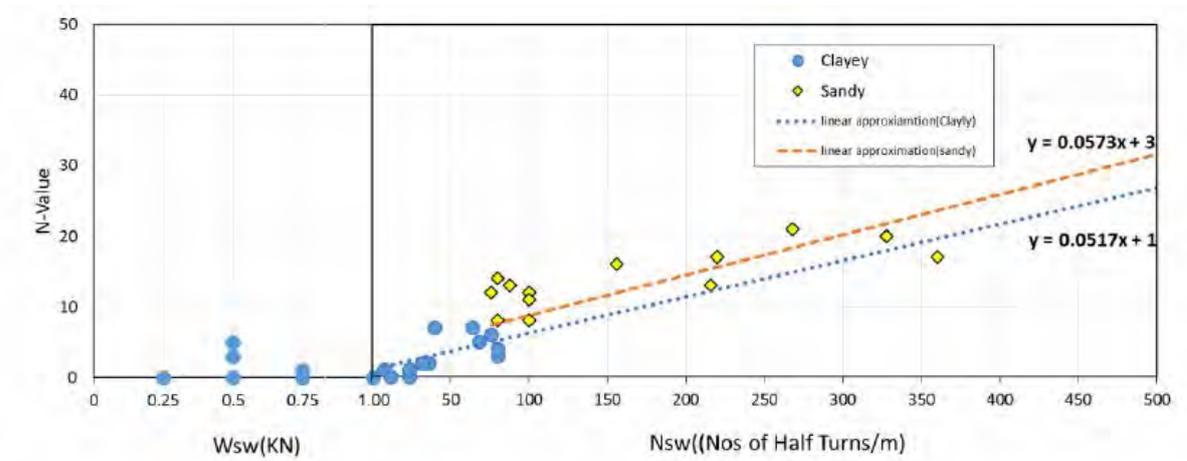


図 17.5-18 Wsw, Nsw と N 値の相関図

(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.

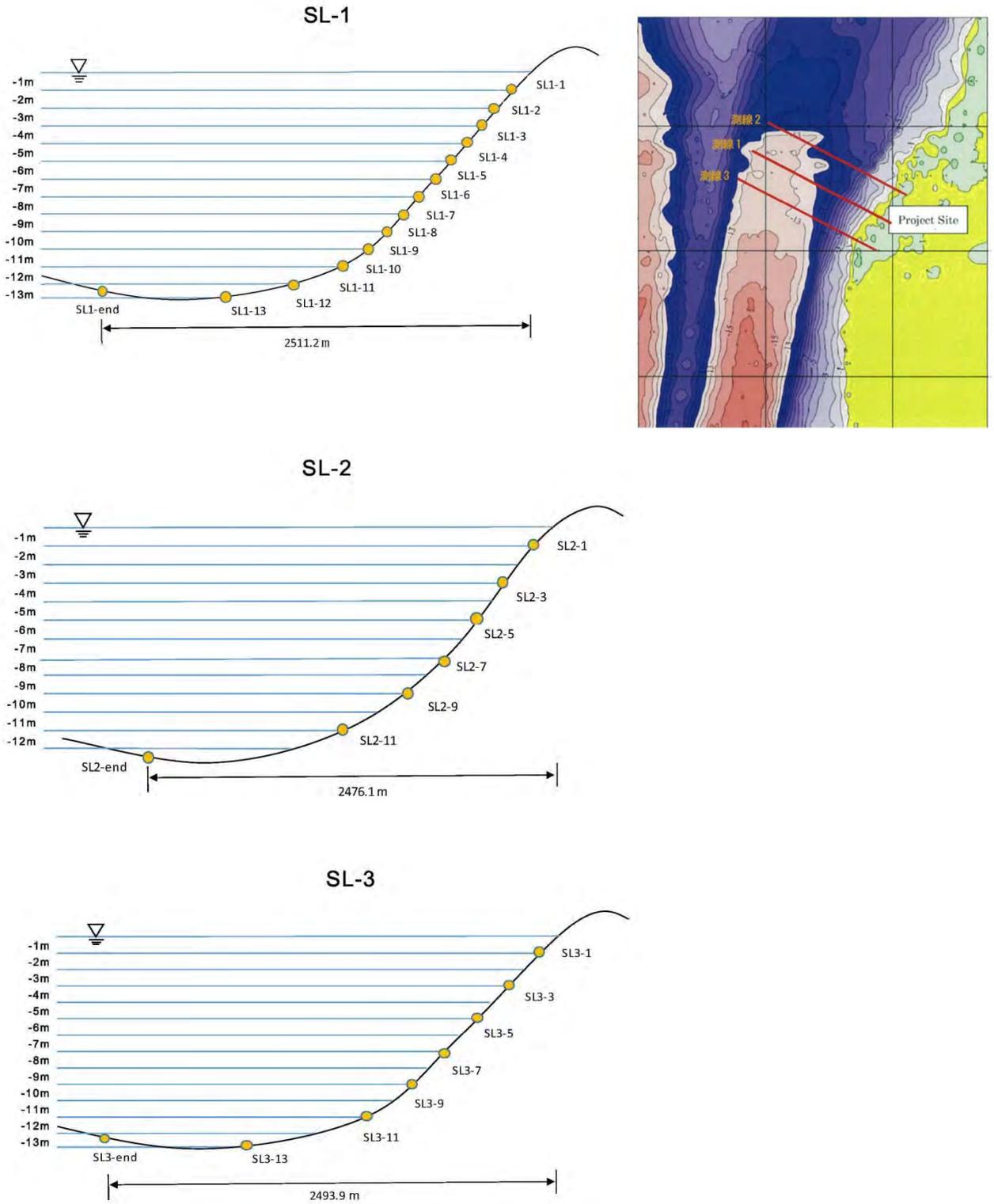
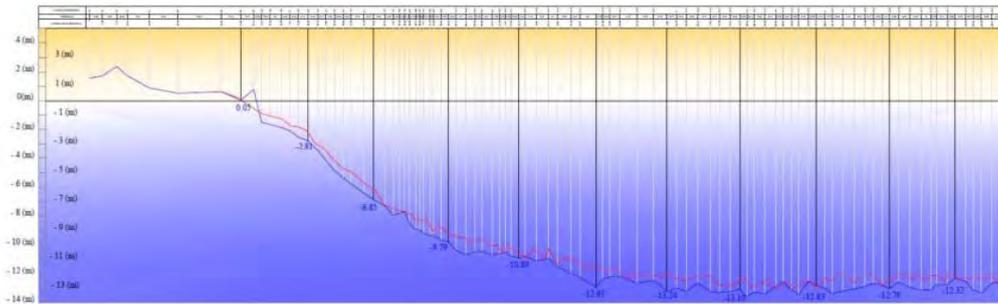
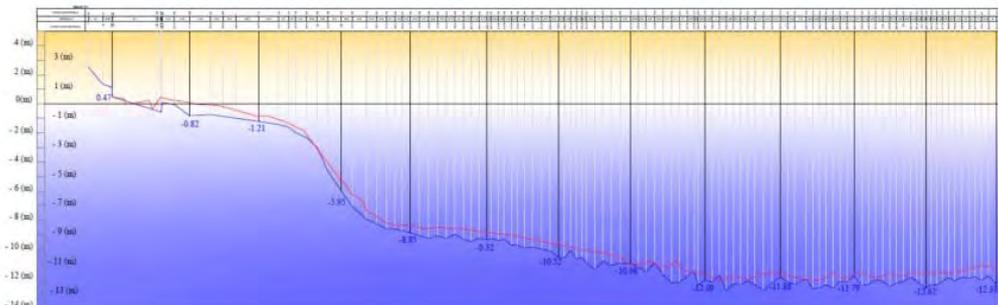


図 17.5-19 サンプルング位置

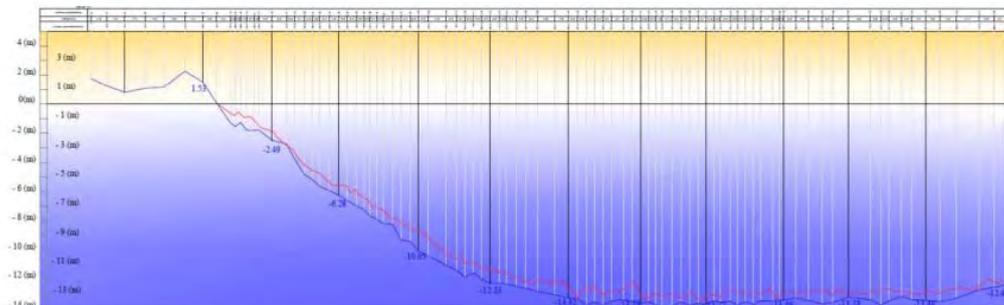
なお、3 測線のサンプリング箇所の海底の標高は、エコーサウンディングにて雨季（9 月）と乾季（11 月）の両方で測定された。エコーサウンディングによる海底地形断面を図 17.5-20 に示す。



Line-1



Line-2



Line-3

図 17.5-20 エコーサウンディング結果

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
 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	

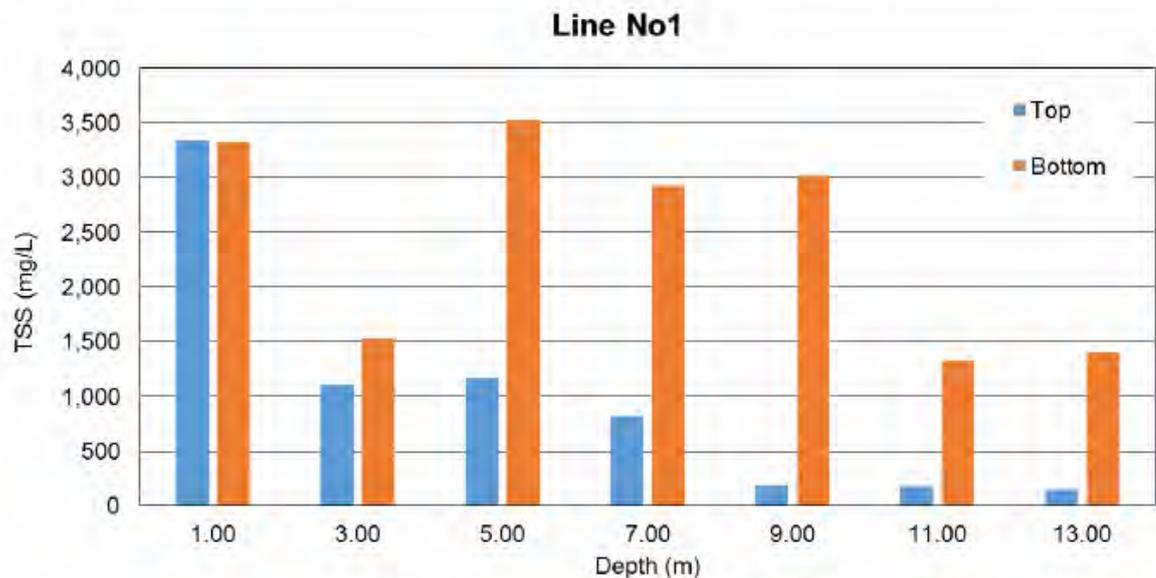


図 17.5-21 浮遊物質(TSS)集計結果 (側線 No.1)

(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	
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

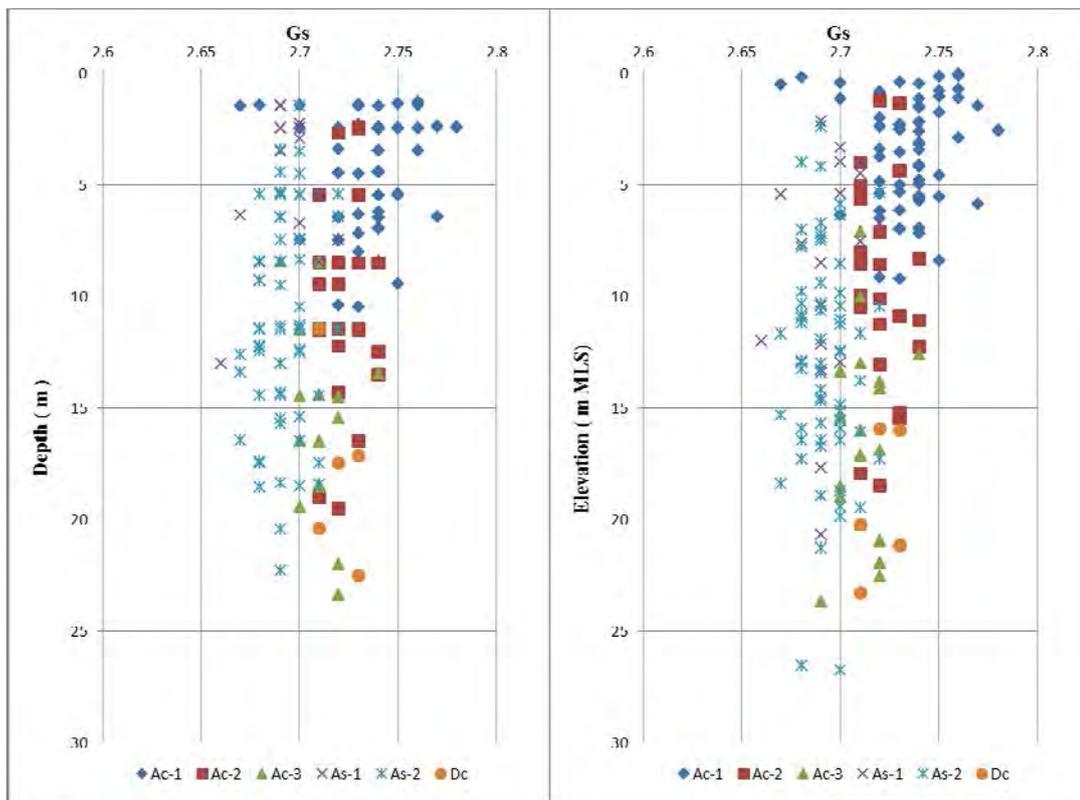


図 17.5-22 土粒子の密度の深度分布図

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

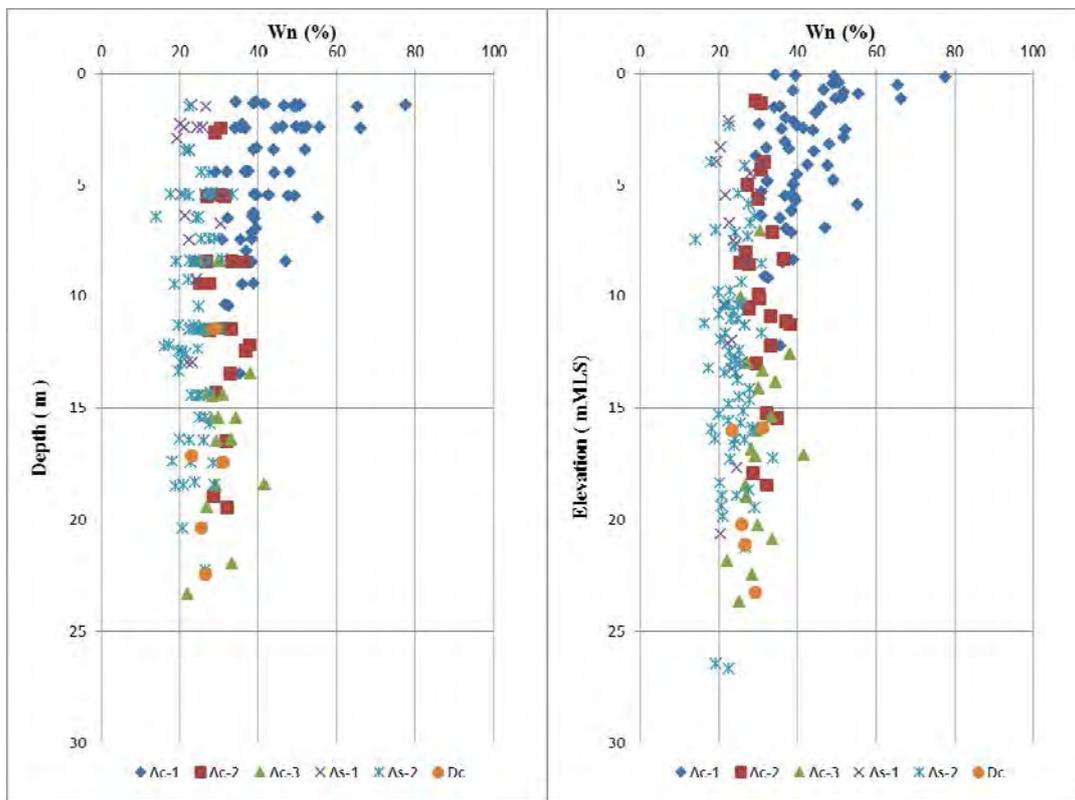


図 17.5-23 含水比の深度分布図

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

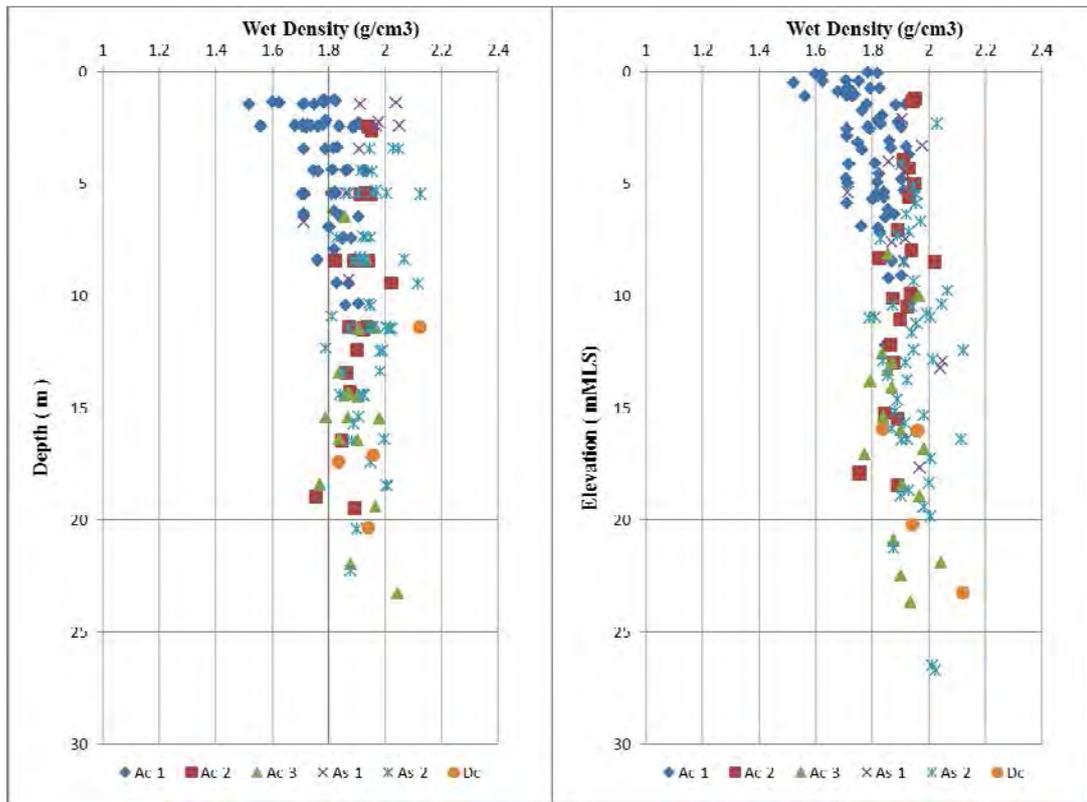


図 17.5-24 湿潤密度の深度分布図

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

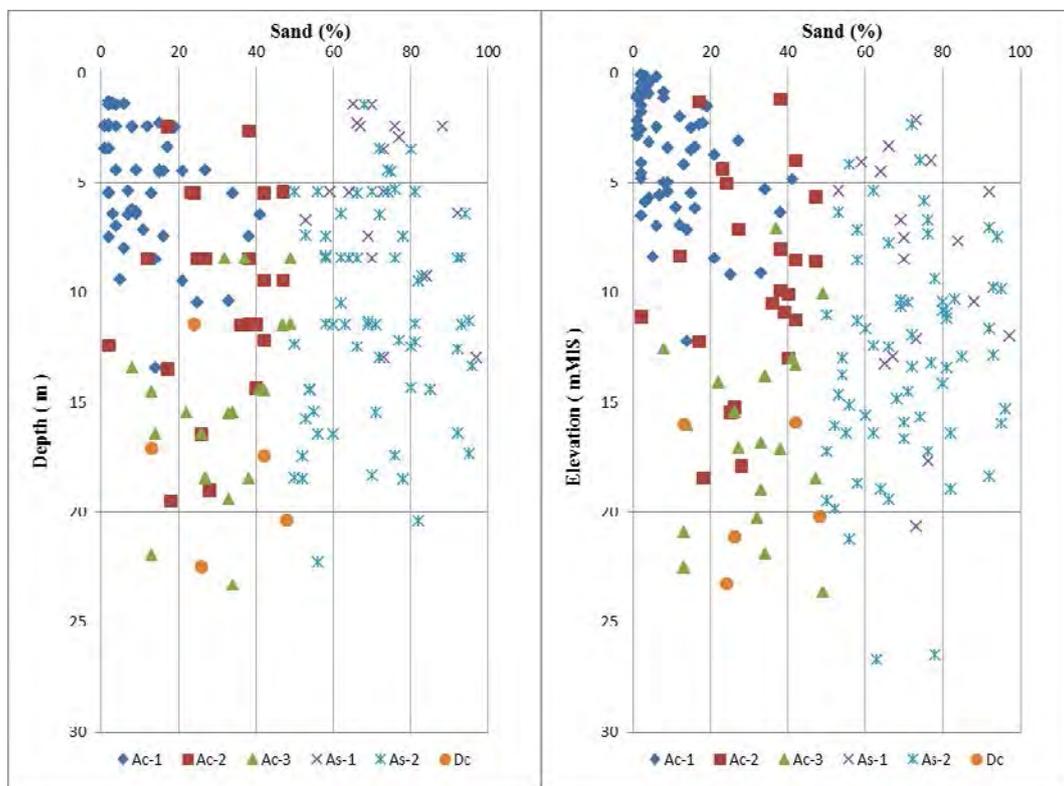


図 17.5-25 砂分の深度分布図

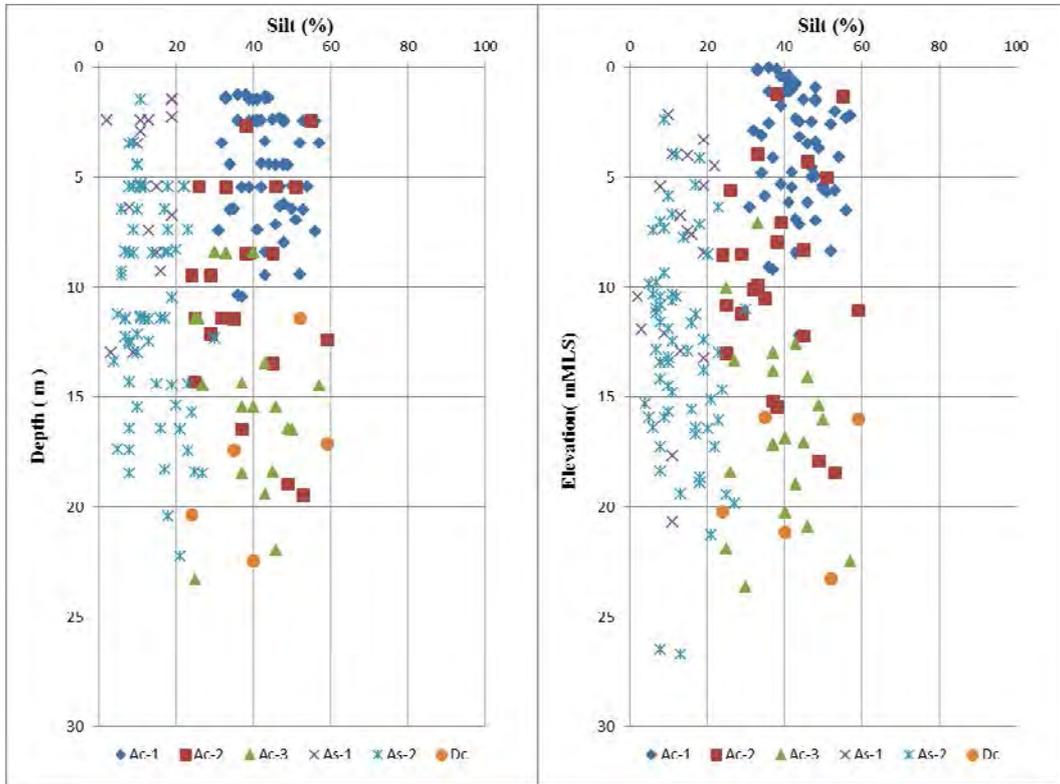


図 17.5-26 シルト分の深度分布図

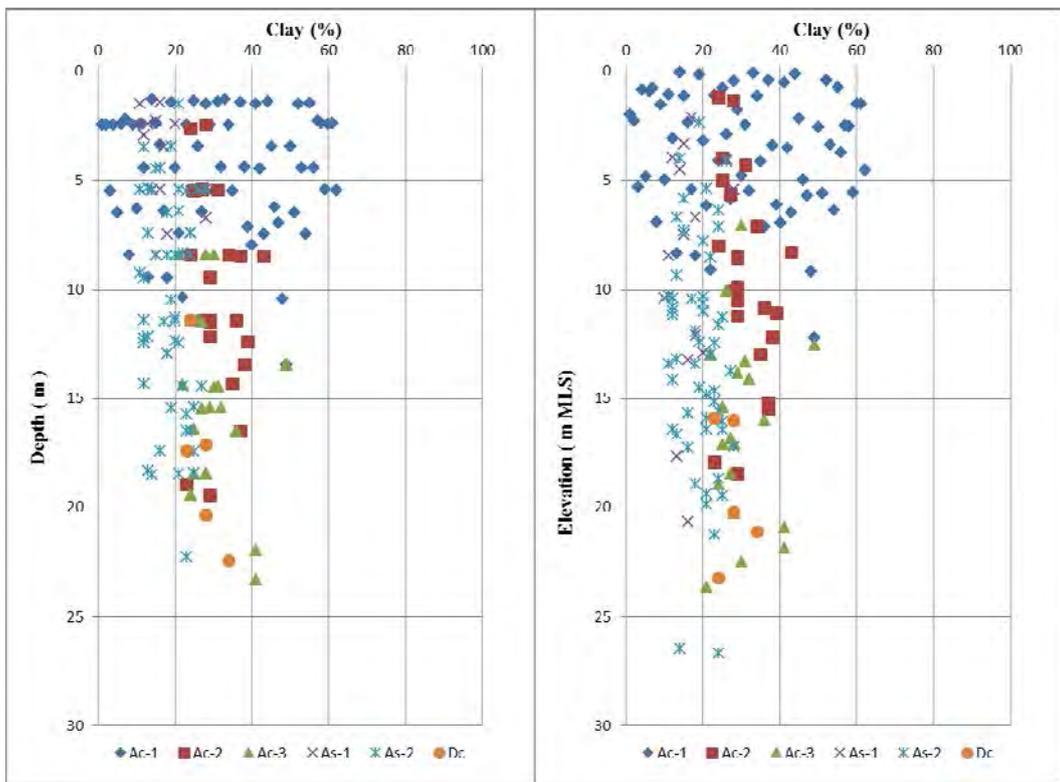


図 17.5-27 粘土および微粒子分の深度分布図

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。

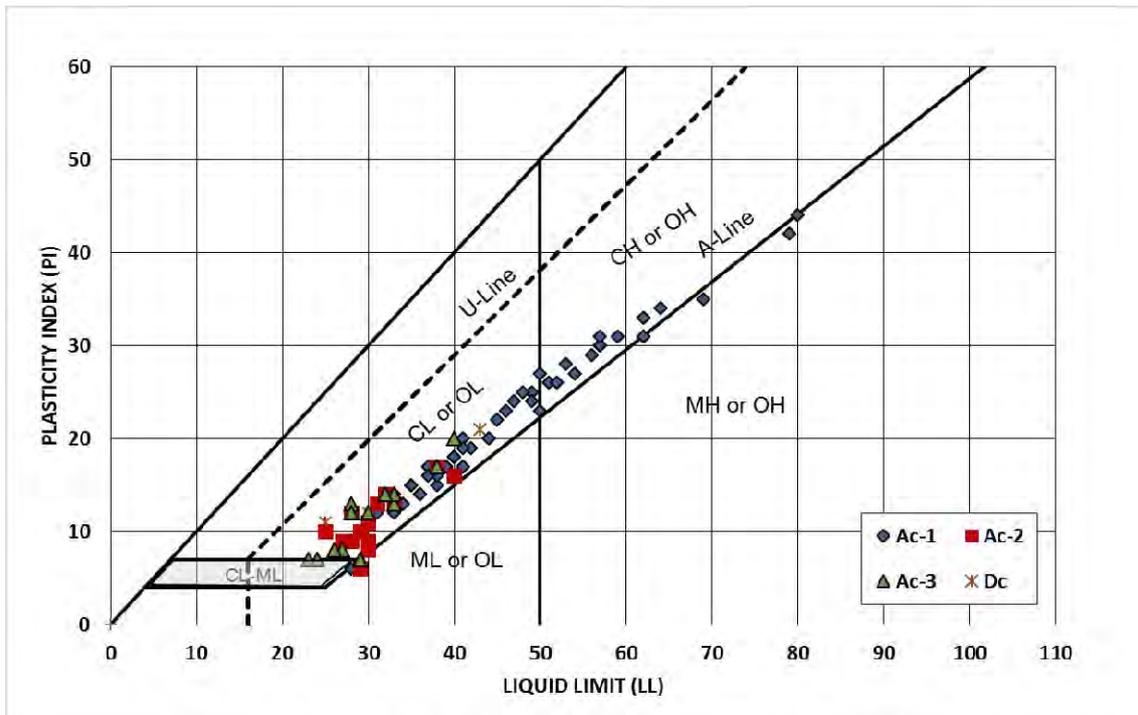


図 17.5-28 液性限界と塑性指数の関係（塑性図）

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

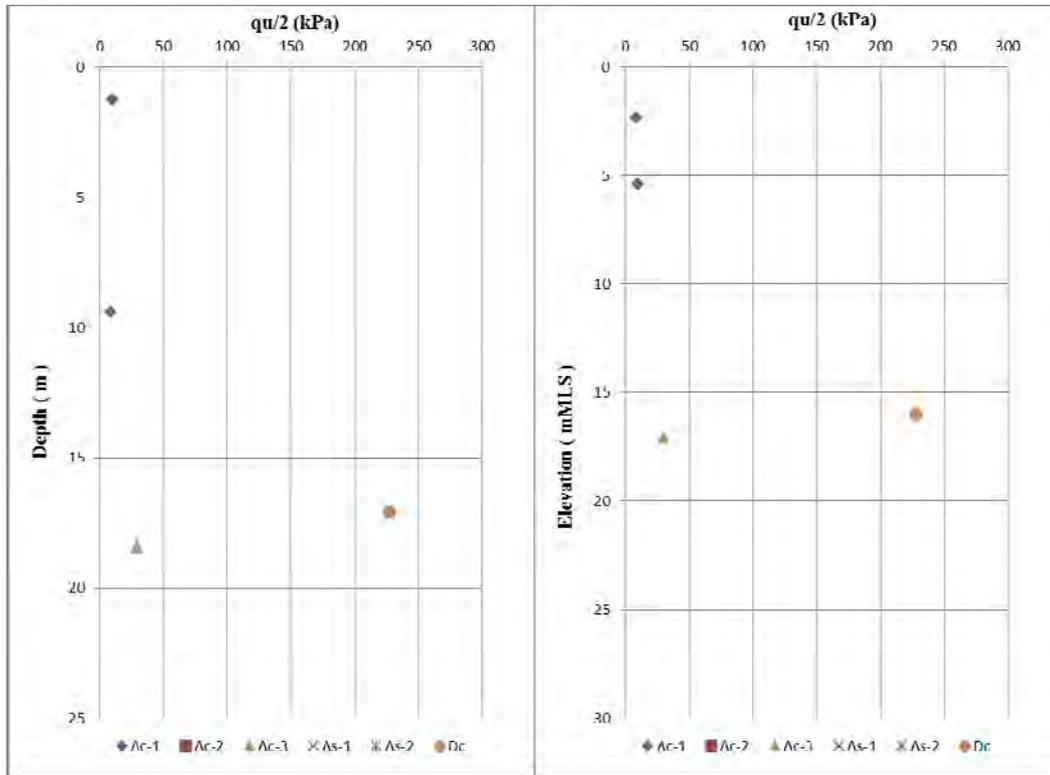


図 17.5-29 一軸圧縮強度の深度分布図

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

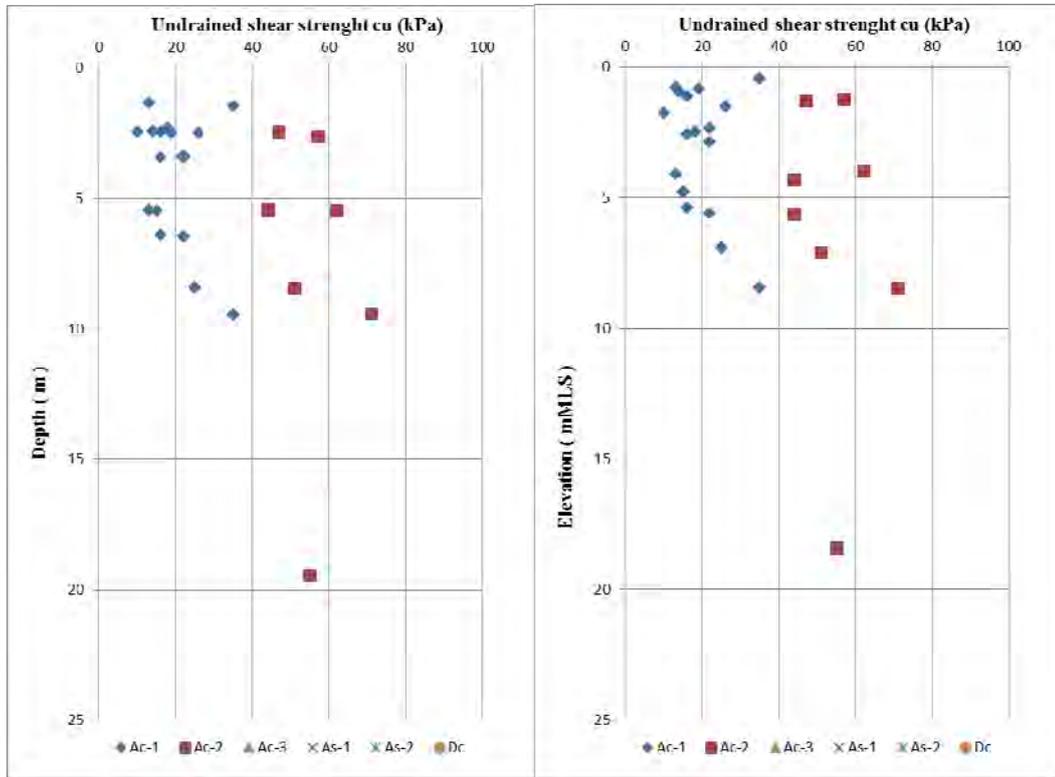


図 17.5-30 非排水せん断強度の深度分布図

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

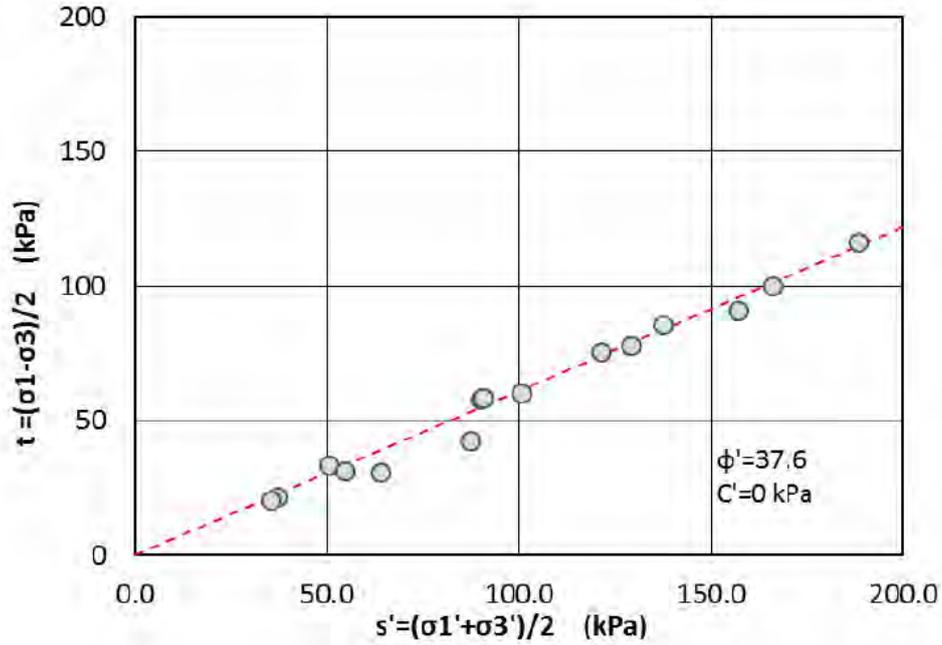


図 17.5-31 非排水せん断強度と平均主応力の相関図（CU 試験）

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

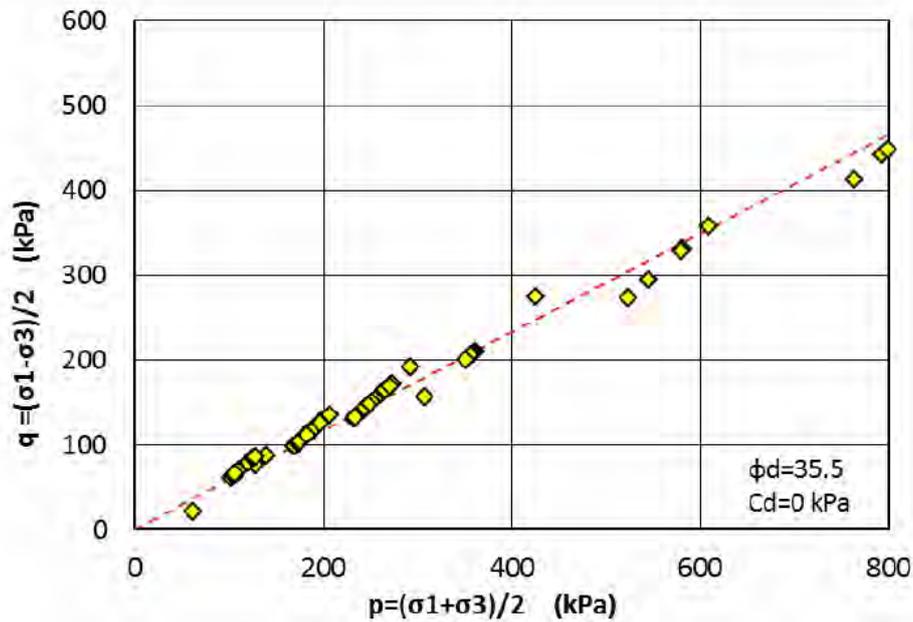


図 17.5-32 排水せん断強度と平均主応力の相関図 (CD 試験)

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	-	-

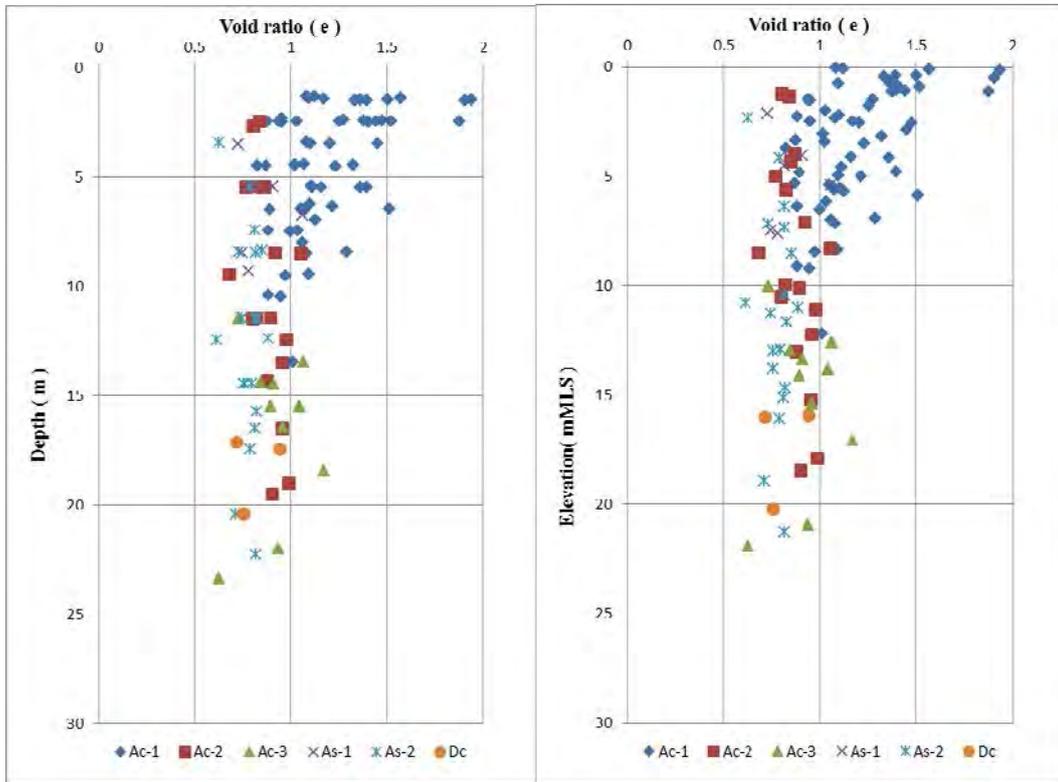


図 17.5-33 間隙比の深度分布図

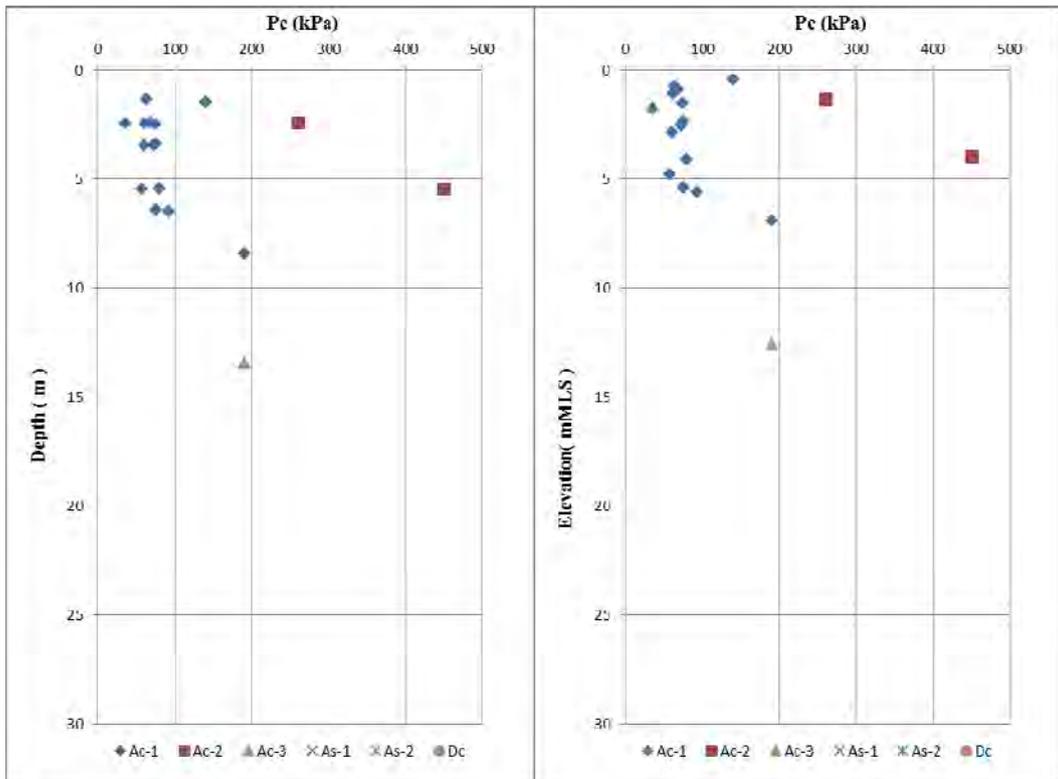


図 17.5-34 先行圧密圧力の深度分布図

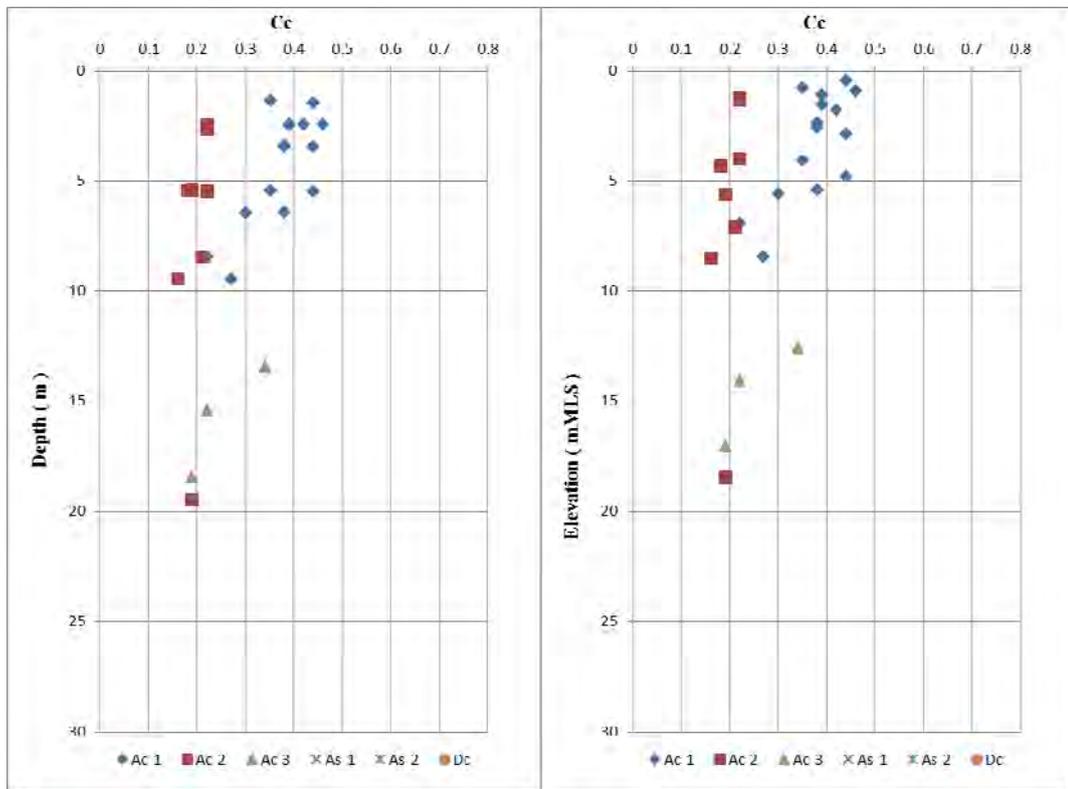


図 17.5-35 圧縮指数の深度分布図

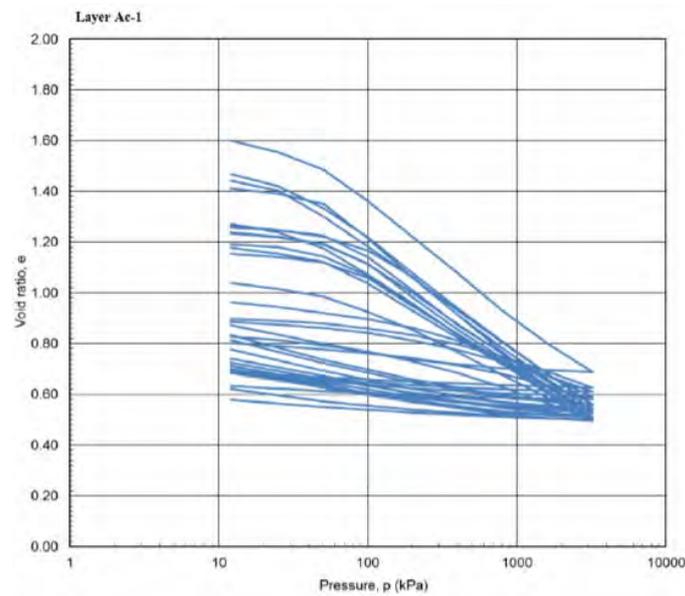


図 17.5-36 E-log P 曲線 (Ac-1 層)

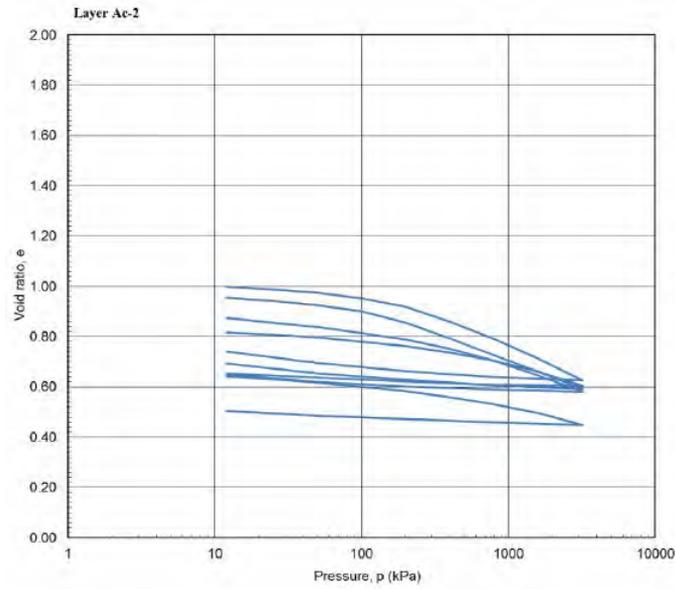


図 17.5-37 E-log P 曲線 (Ac-2 層)

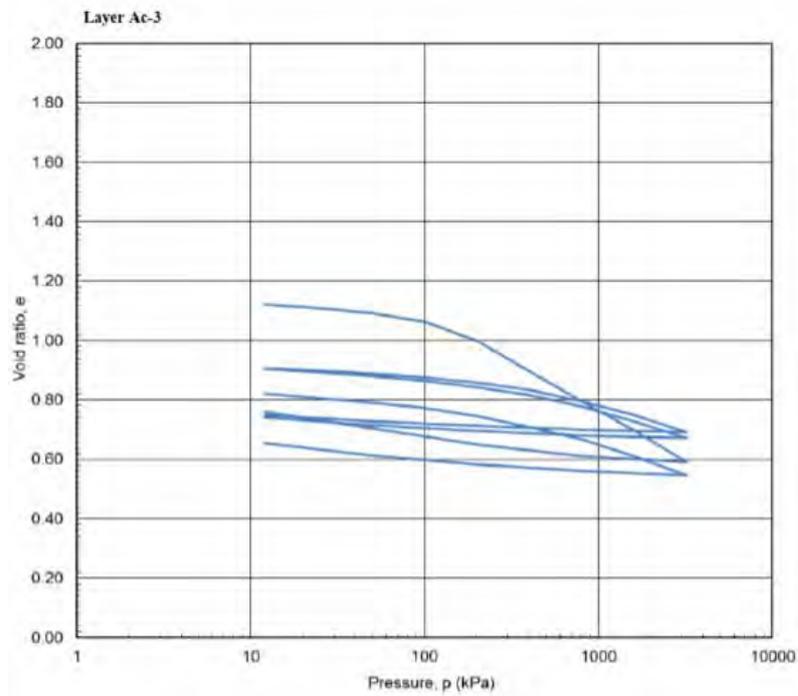


図 17.5-38 E-log P 曲線 (Ac-3 層)

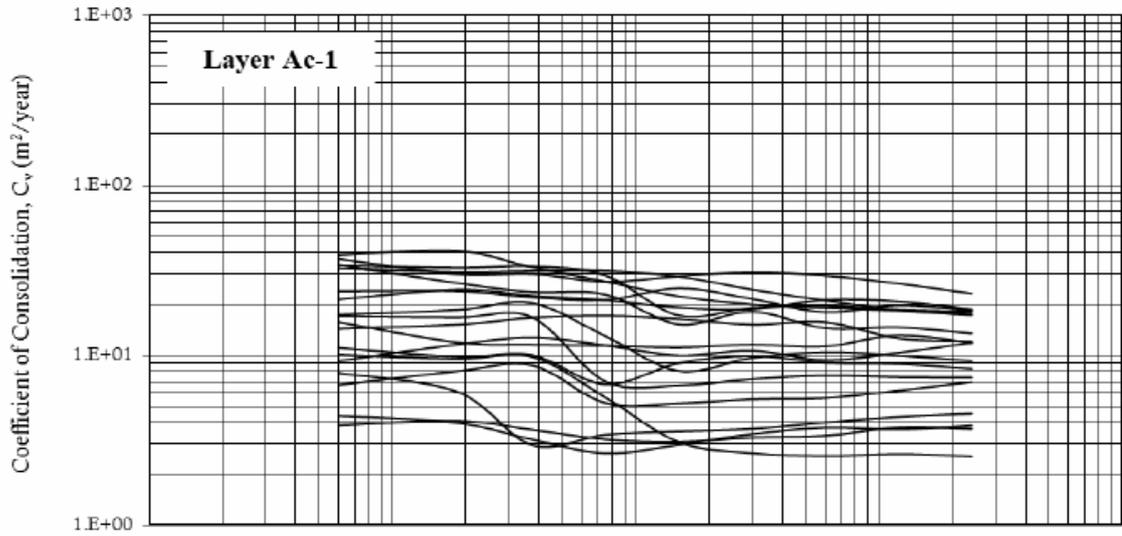


図 17.5-39 Cv 曲線 (Ac-1 層)

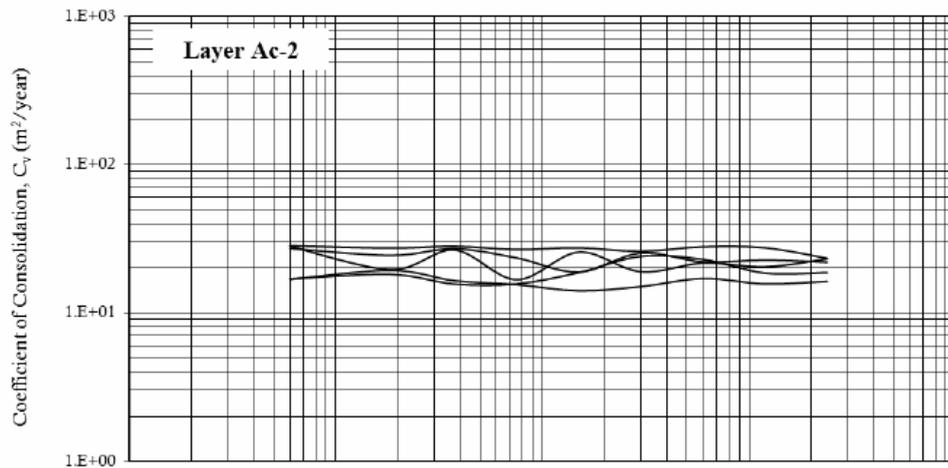


図 17.5-40 Cv 曲線 (Ac-2 層)

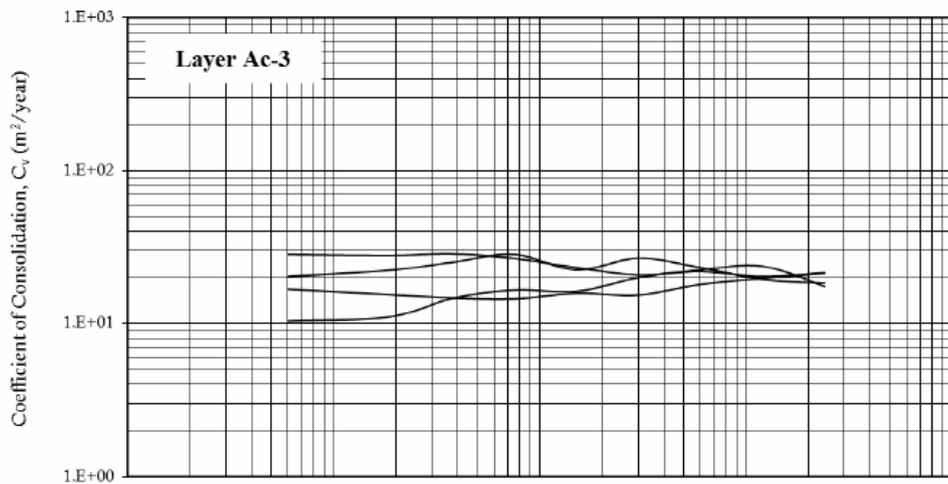


図 17.5-41 Cv 曲線 (Ac-3 層)

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

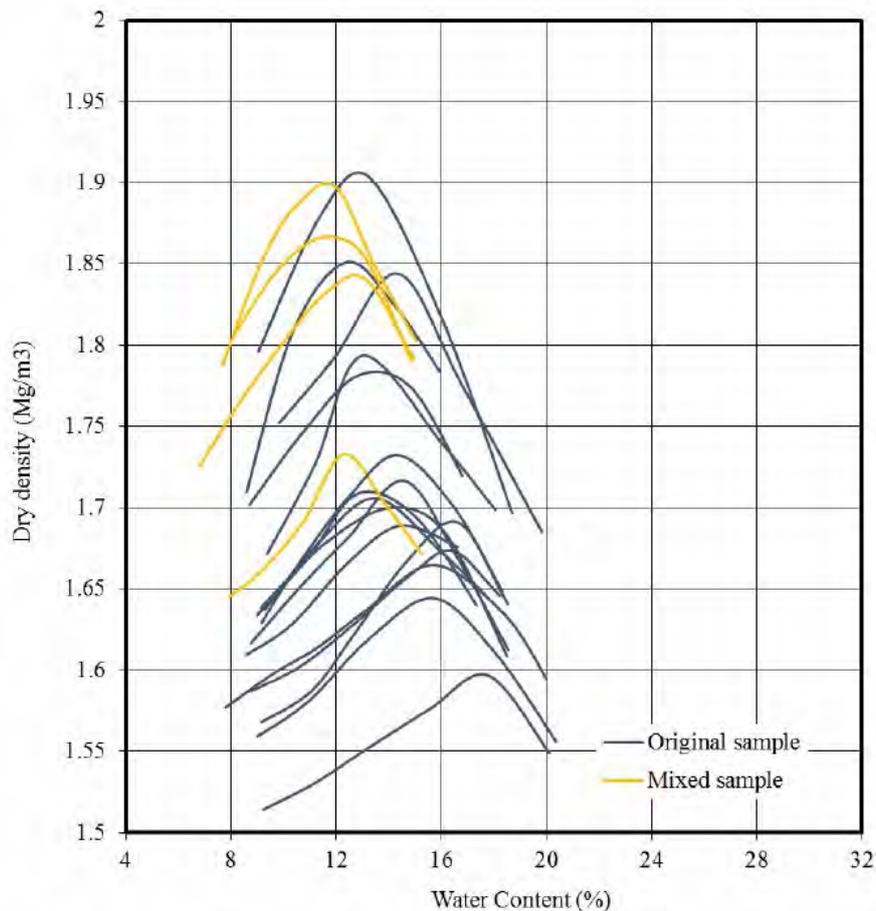


図 17.5-42 締め固め曲線

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

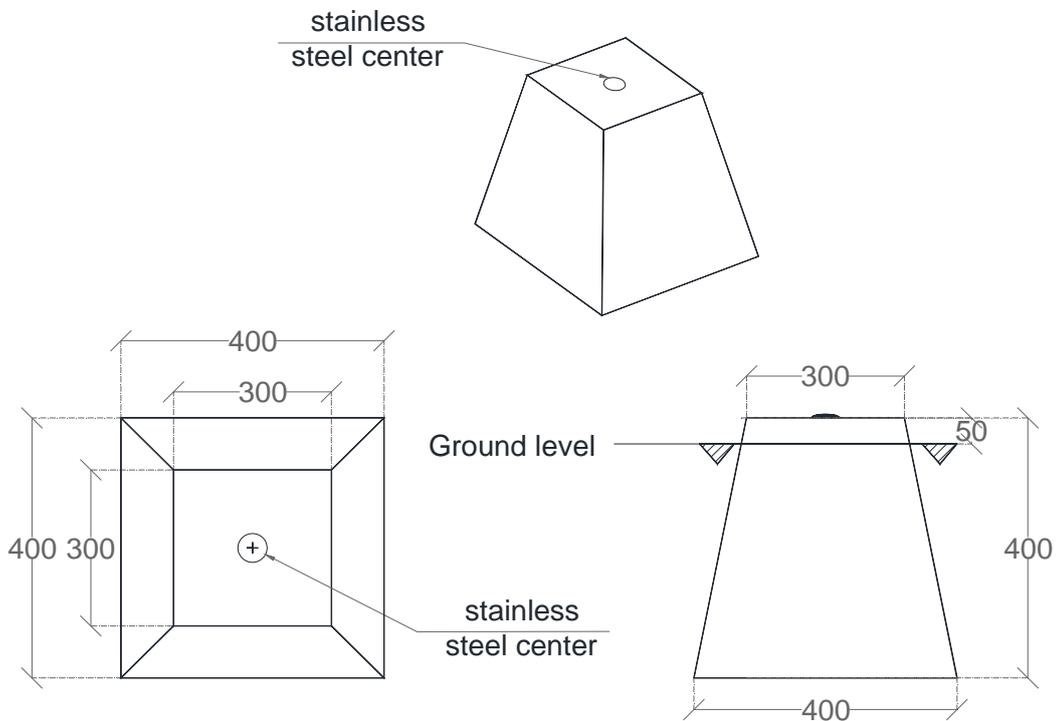


図 17.5-44 仮基準点の構造

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

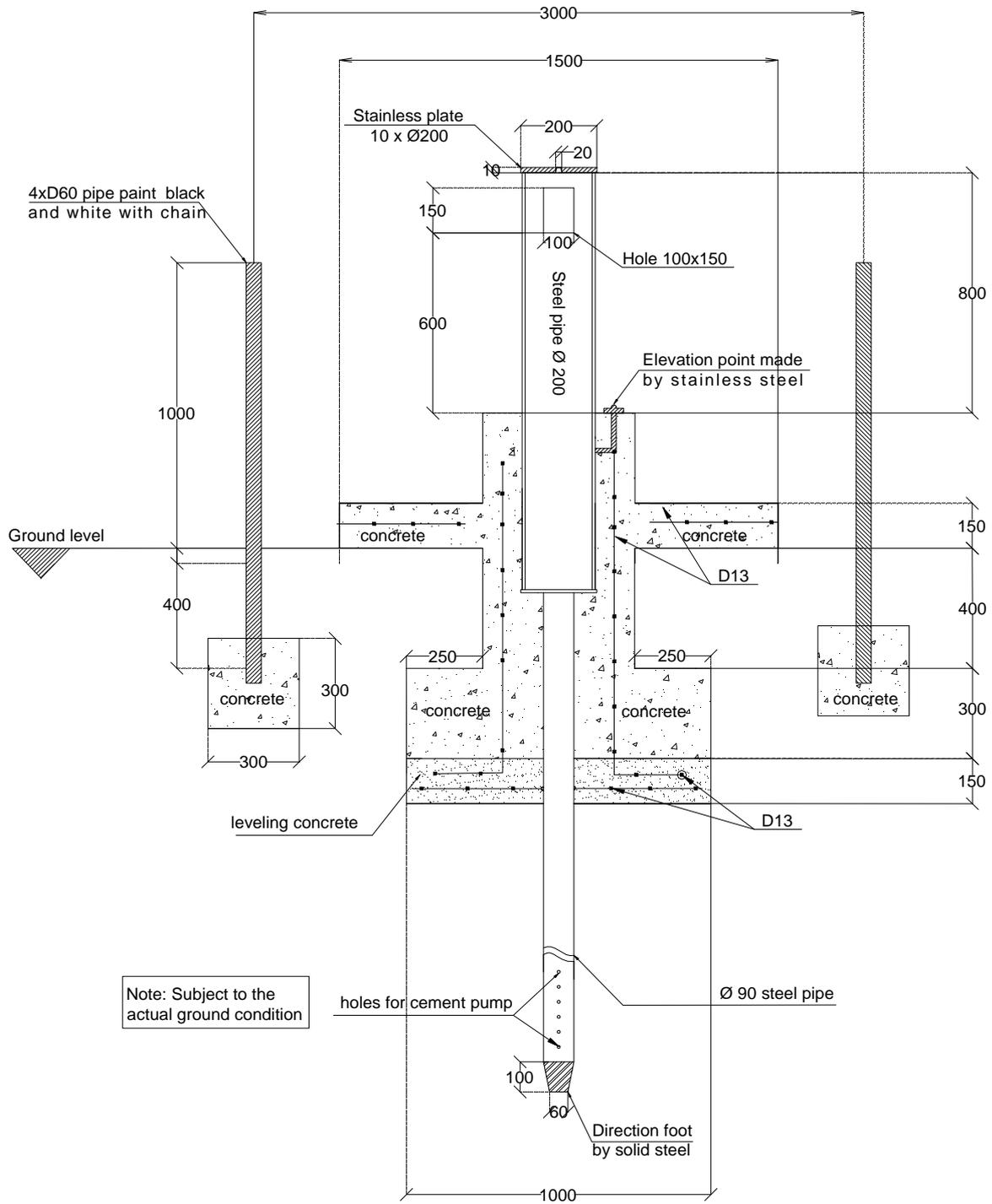


図 17.5-47 測量基準点の構造図

(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。

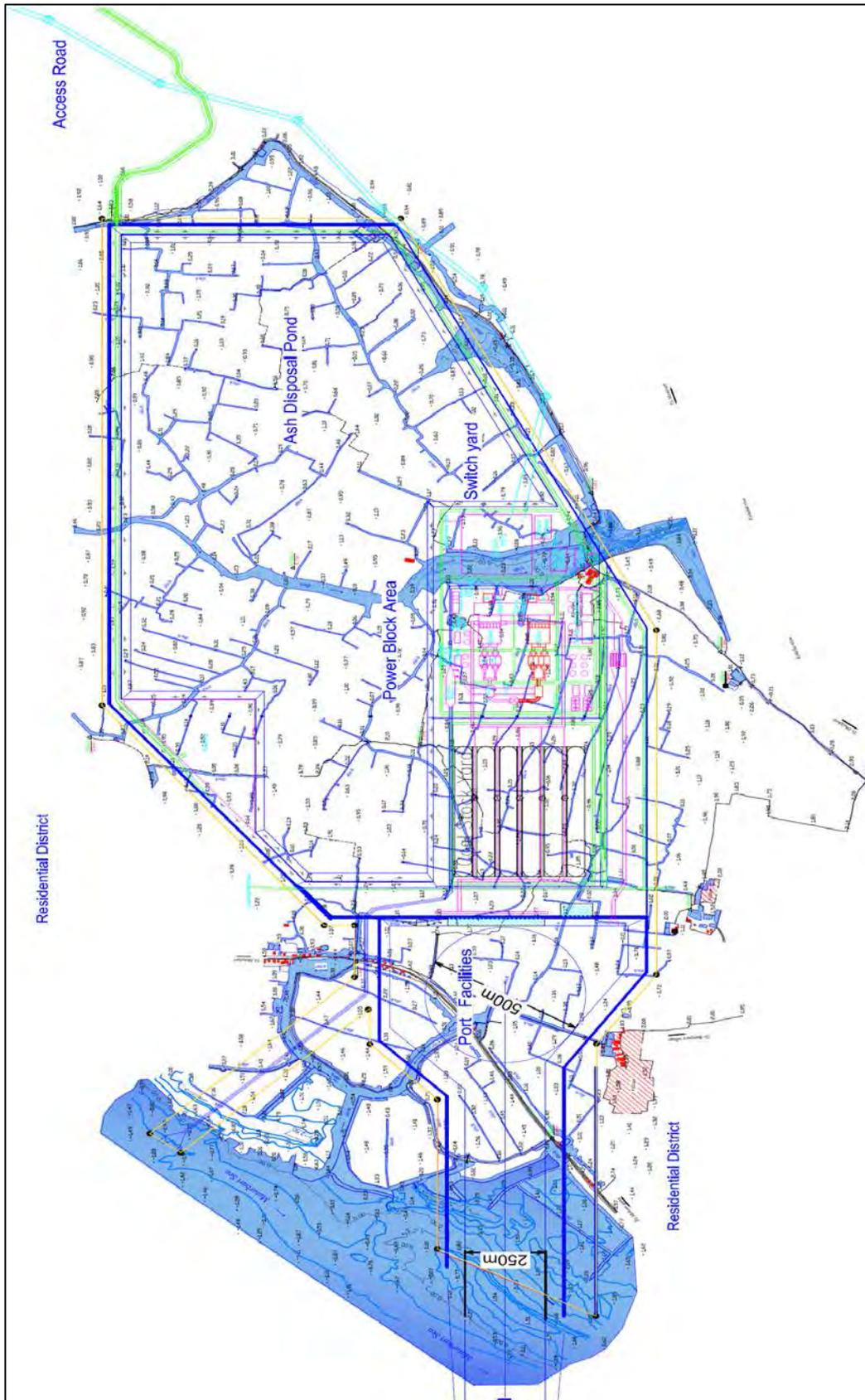


図 17.5-48 地形測量図

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。

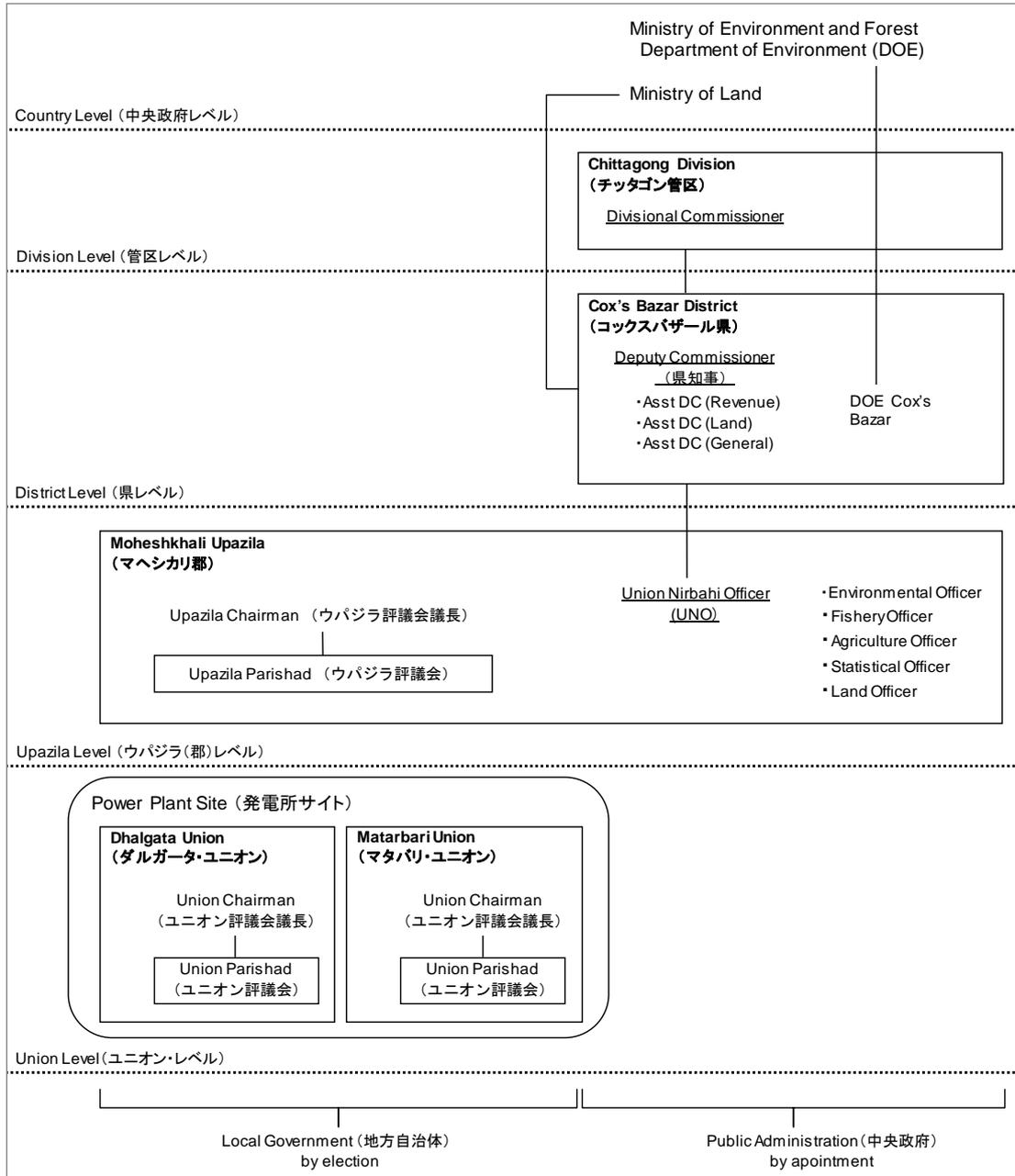


図 17.5-51 本調査に関係する現地当局の相関

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

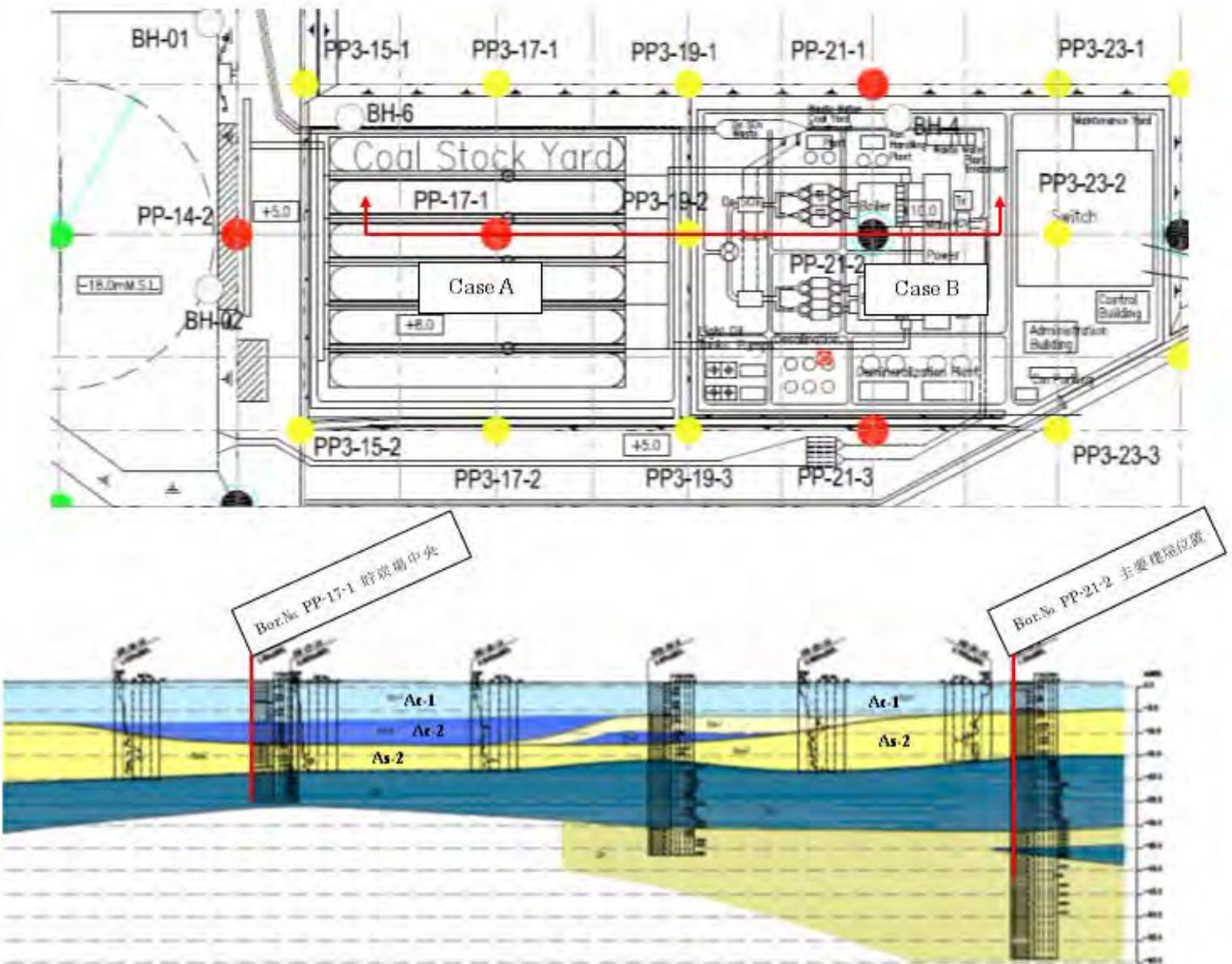


図 17.6-1 発電所計画地の土層縦断面図

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

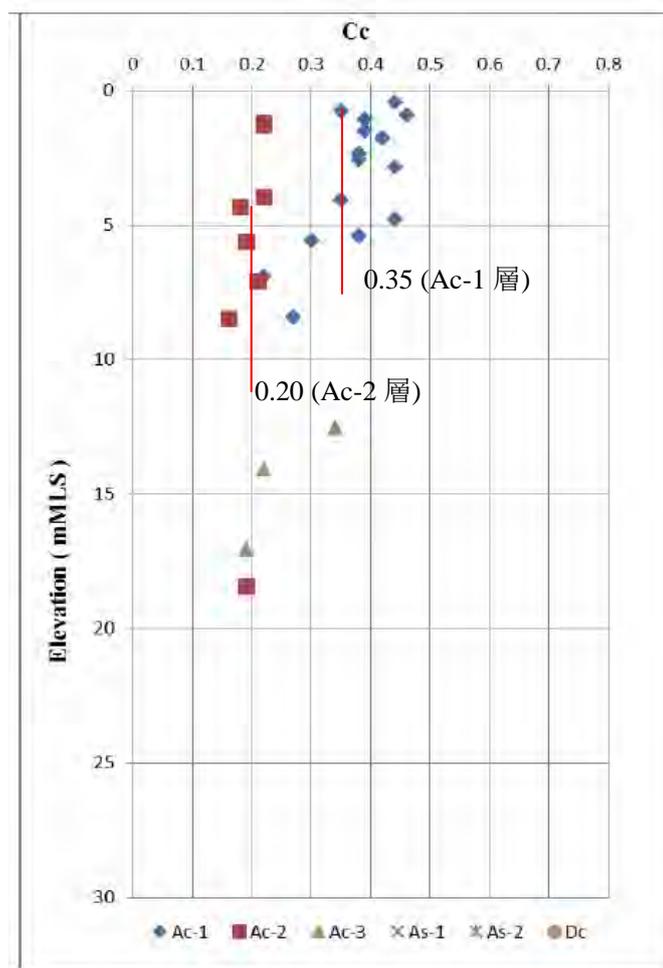
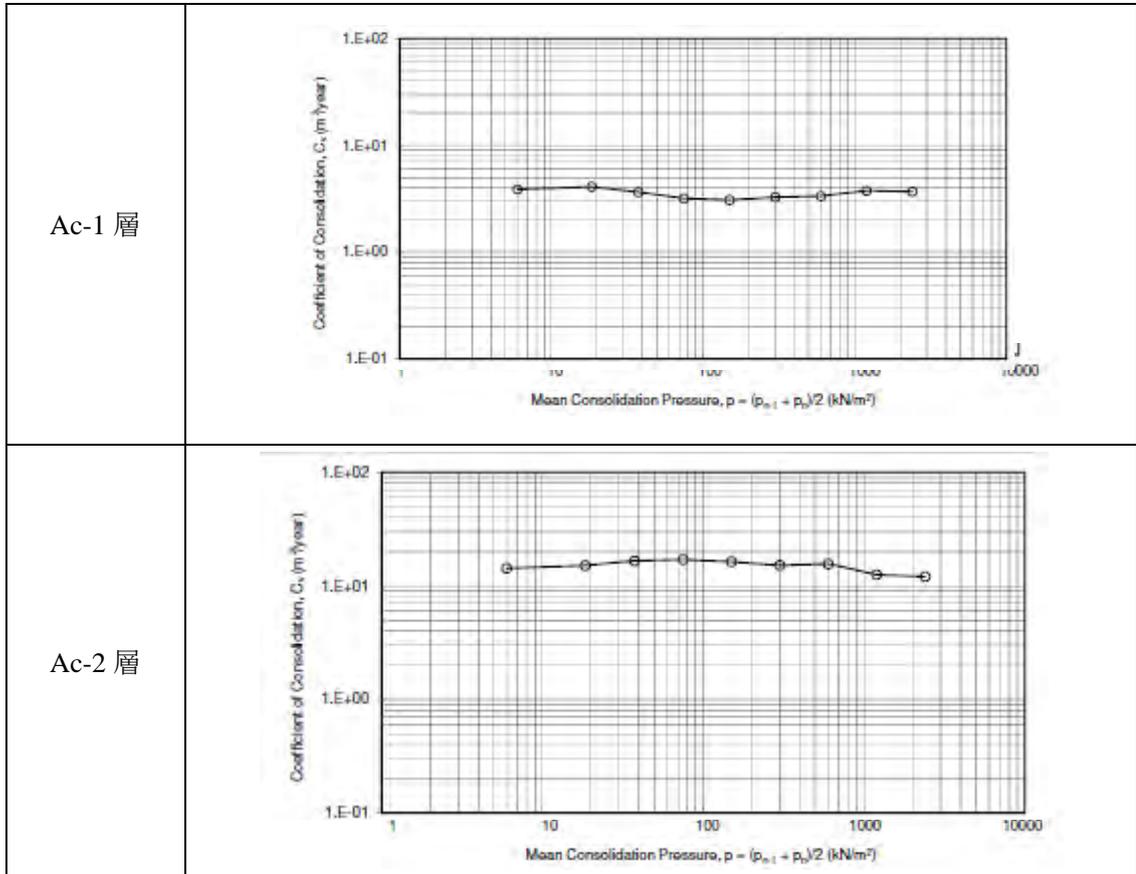


図 17.6-2 深度方向における土層ごとの圧縮指数

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

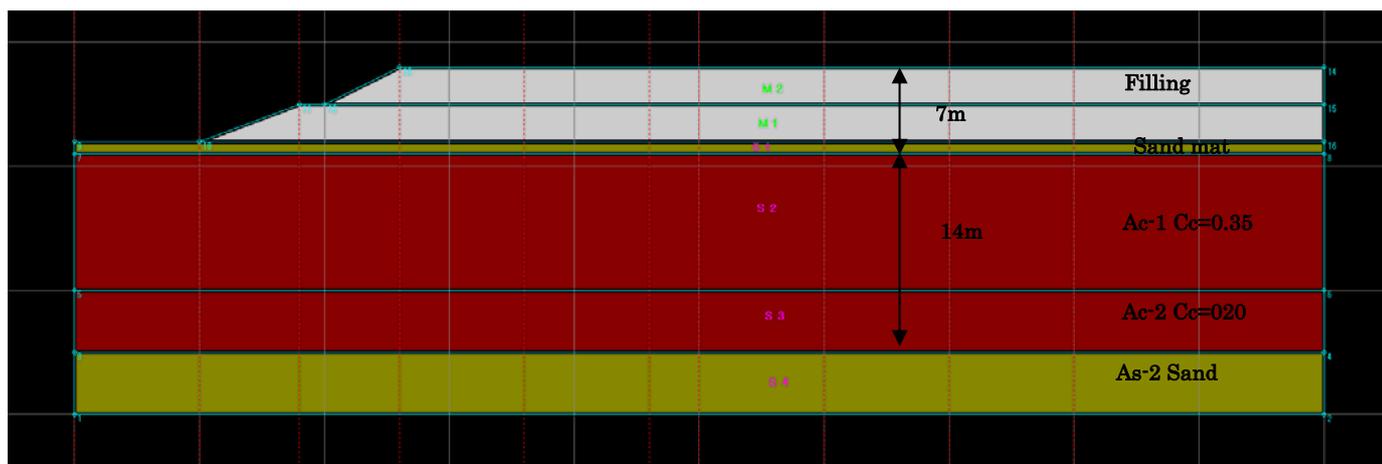


図 17.6-3 検討土層モデル図(ケース A)

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

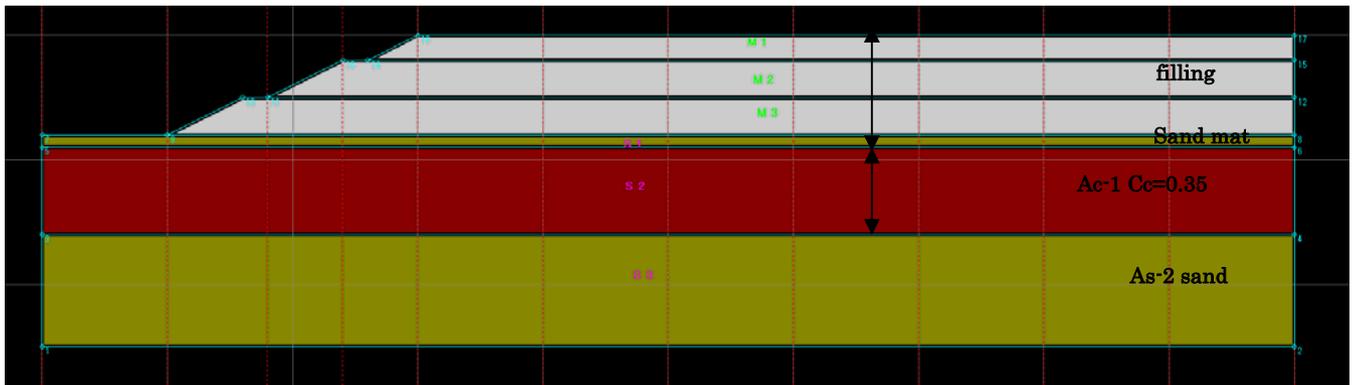


図 17.6-4 検討土層モデル図(ケース B)

(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

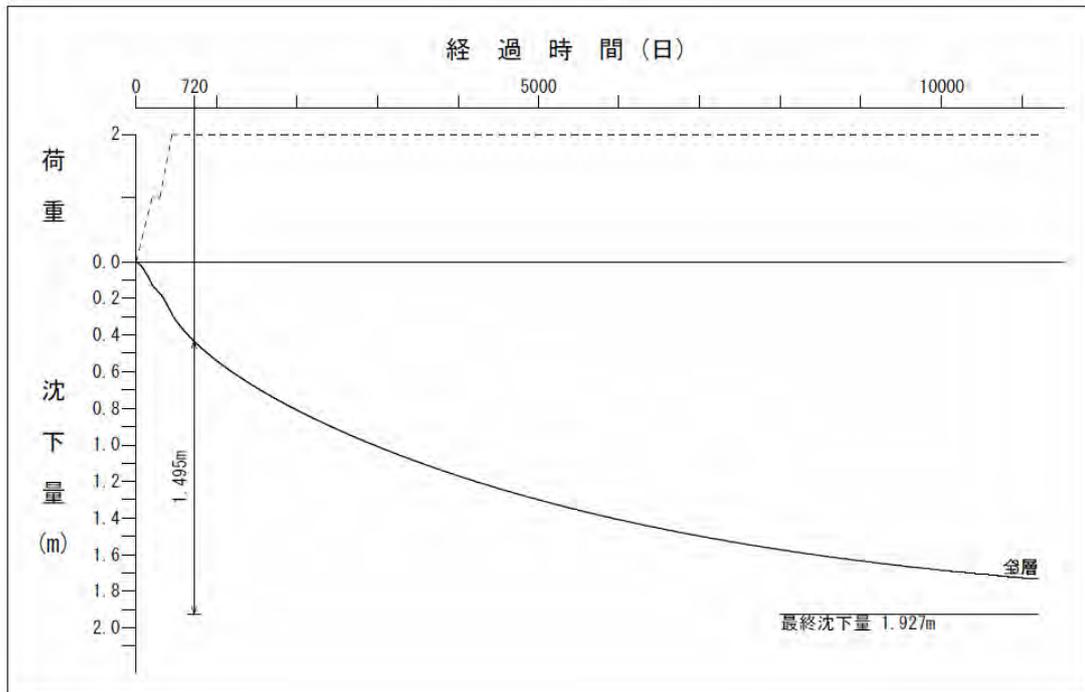


図 17.6-5 沈下量と経過時間の関係（ケース A モデル）

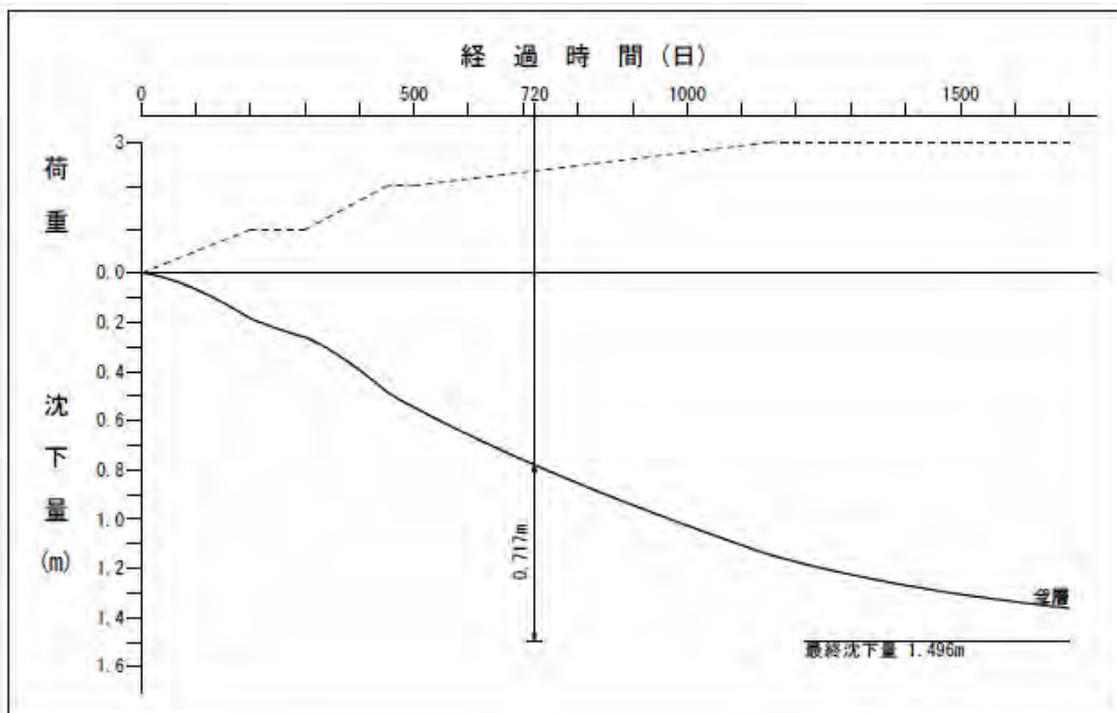


図 17.6-6 沈下量と経過時間の関係（ケース B モデル）

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。この様な場合、発電所建屋の造成地においては、浚渫・敷地造成工事に係るクリティカルパスは約 2 年程度伸び、工費は約 200 million USD 増額となる可能性が想定される。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。

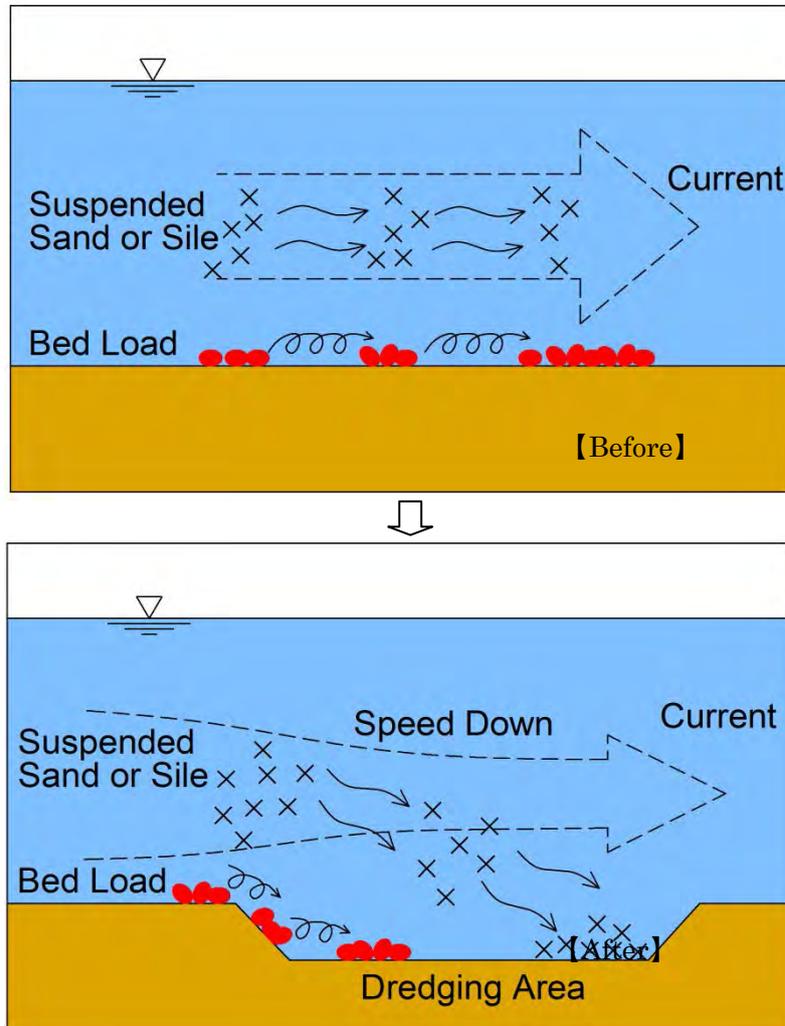


図 17.7-1 航路埋没のメカニズムの模式図

(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。

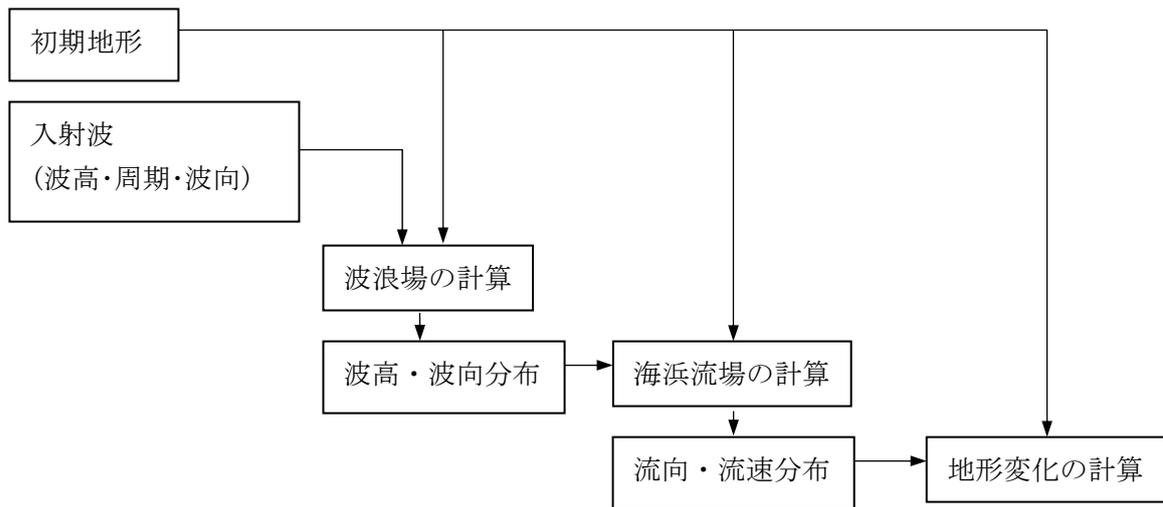


図 17.7-2 波による漂砂シミュレーションのフロー

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。

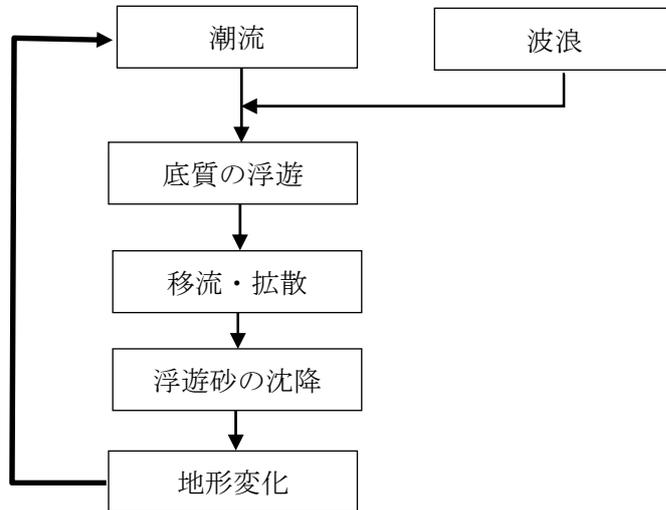


図 17.7-3 潮流による漂砂シミュレーションのフロー

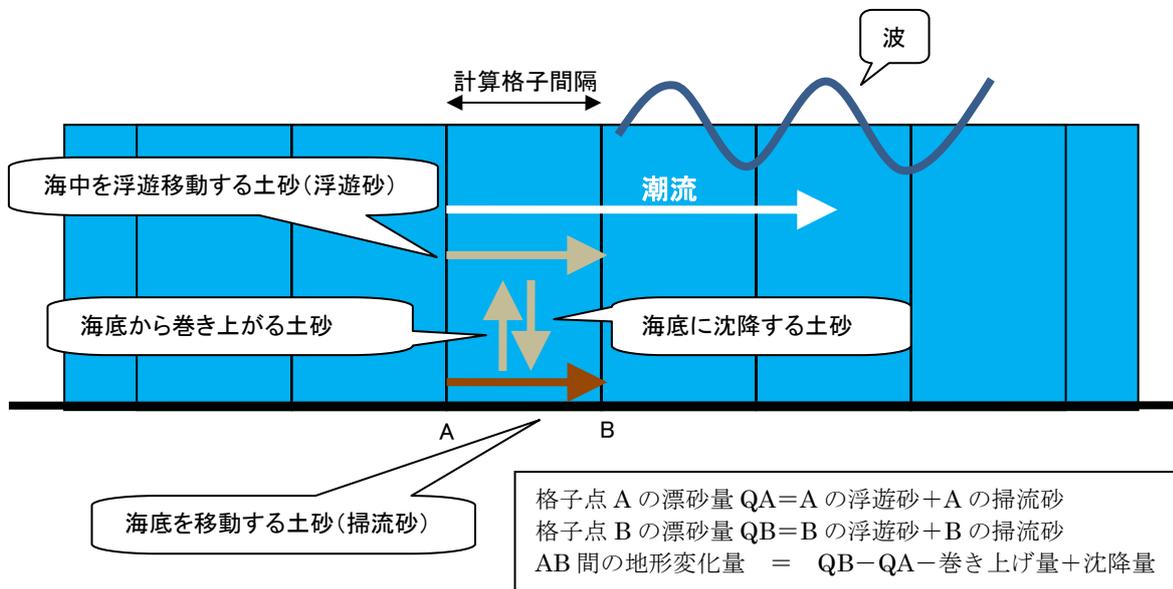


図 17.7-4 潮流による地形変化のイメージ

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	$\Delta x=10 m$			
	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	$\varepsilon =10.0$			
	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				

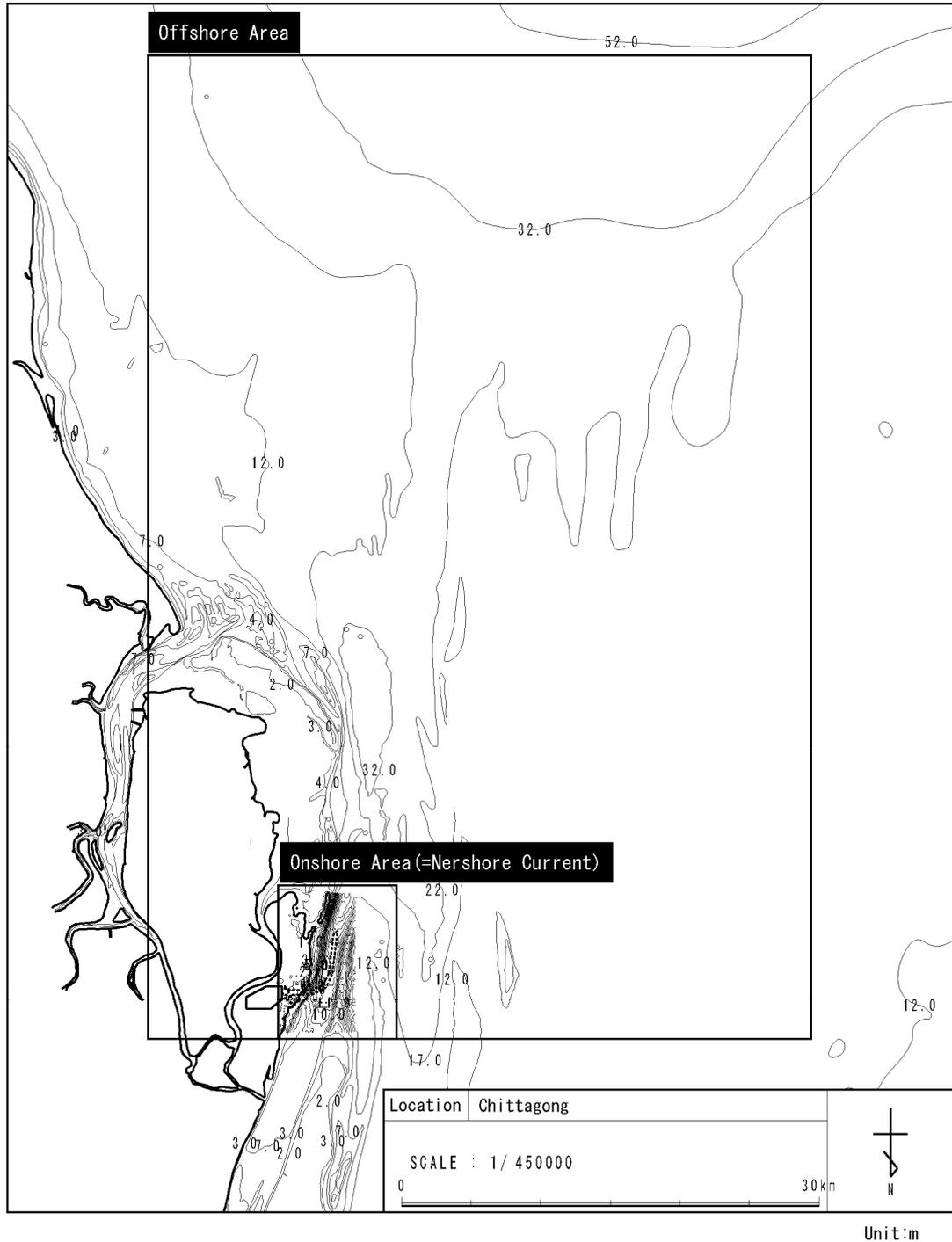


図 17.7-5 解析領域

Bangladesh 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)

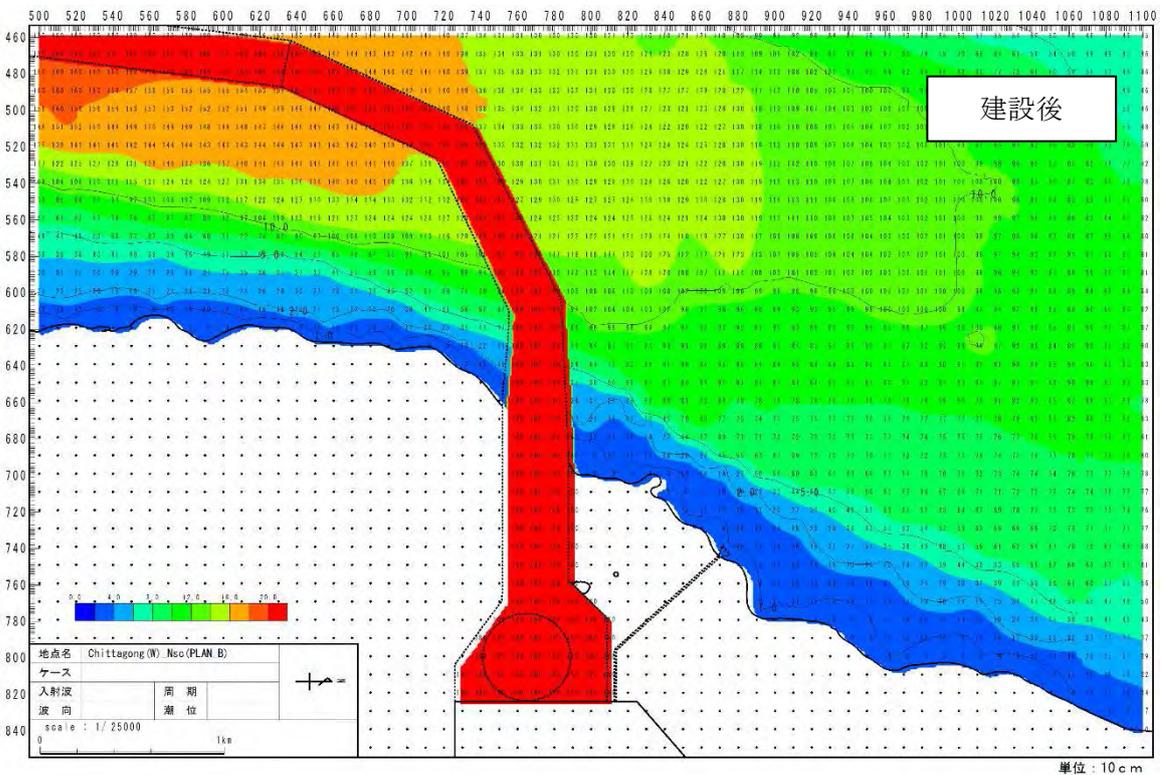
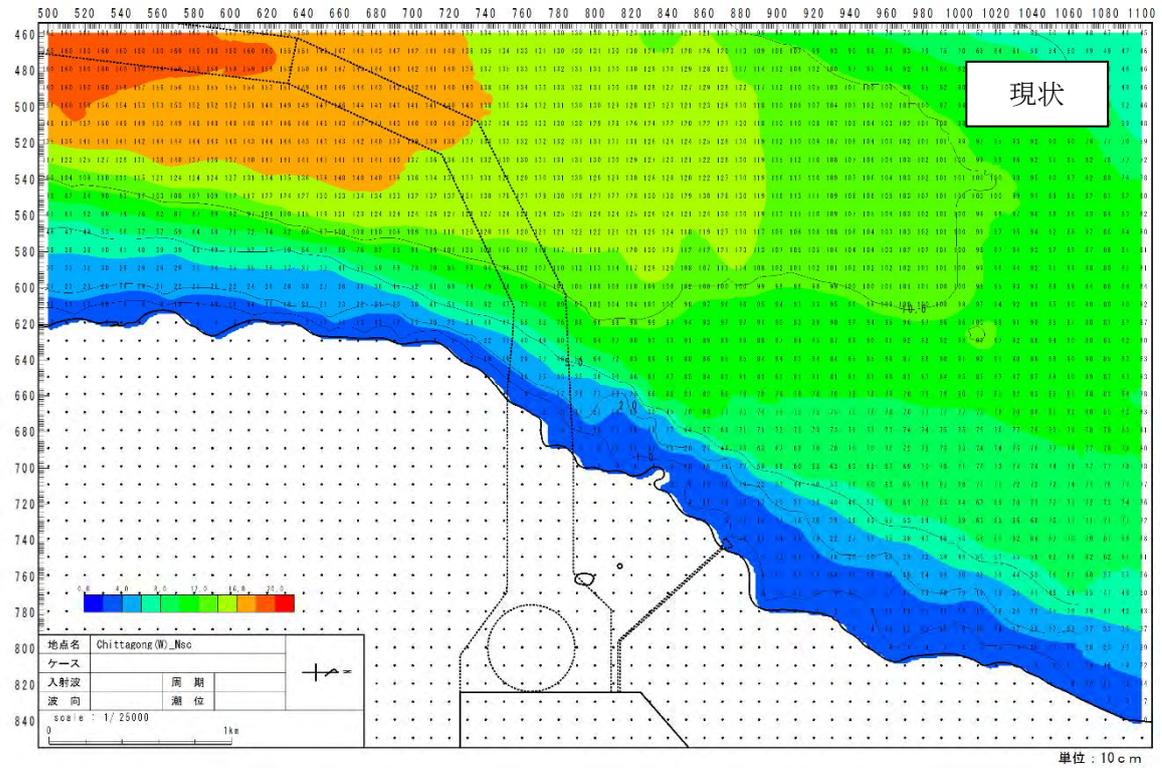


図 17.7-6 海底地形

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

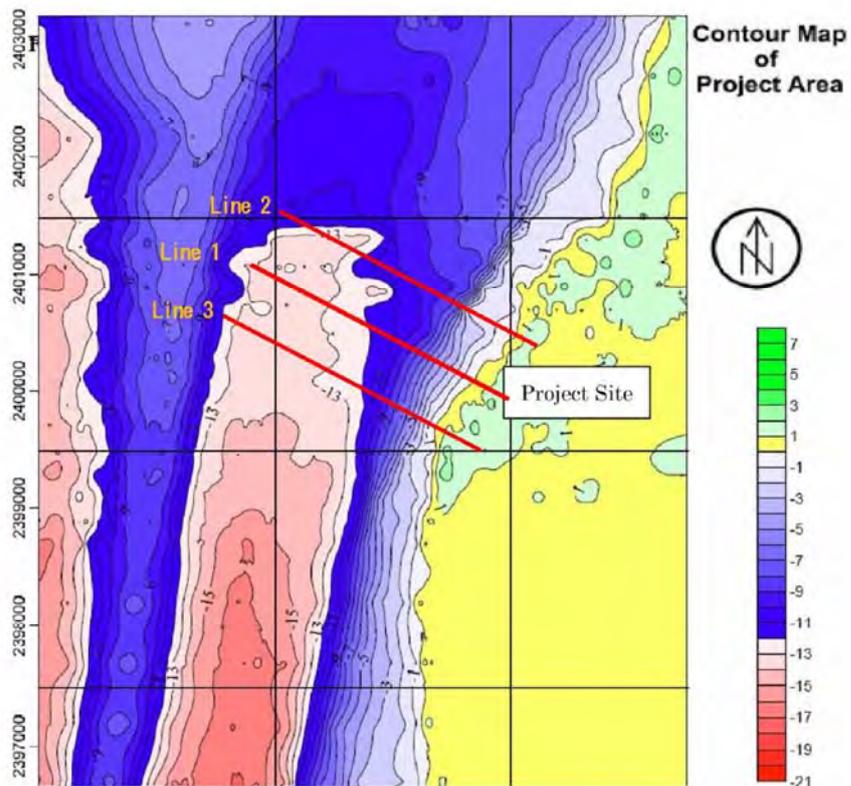
Point : E91.5 , N20.5
 Term : 2006.1.1 ~ 2010.12.31

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)	1486 (19.8)	288 (3.4)	251 (0.7)	239 (0.6)	317 (0.5)	389 (0.9)	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)	182 (4.1)	105 (0.4)	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)	3 (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)

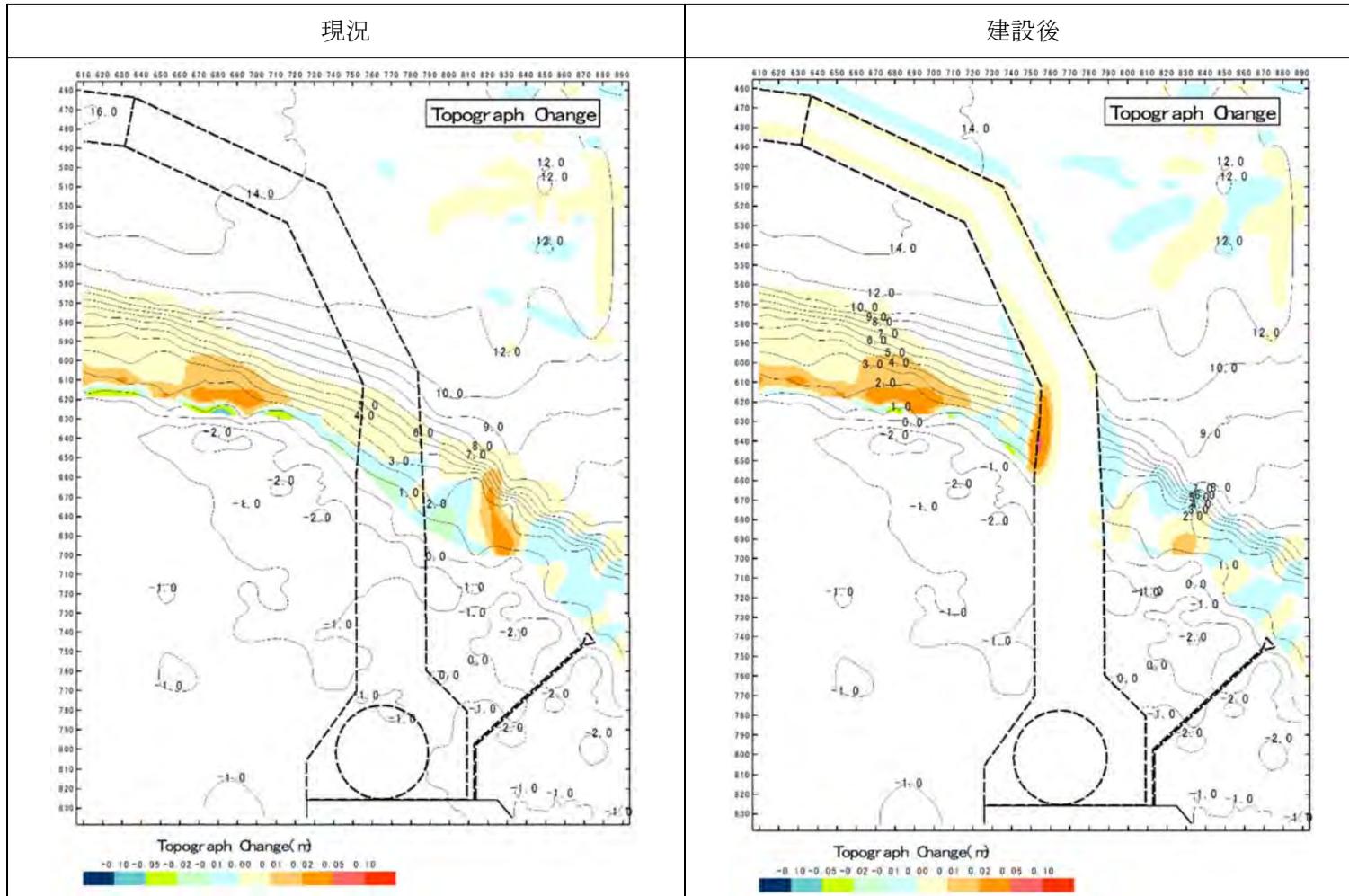


表 17.7-6 (2) 地形変化（現況：平均波,乾季,D₅₀=0.2mm）

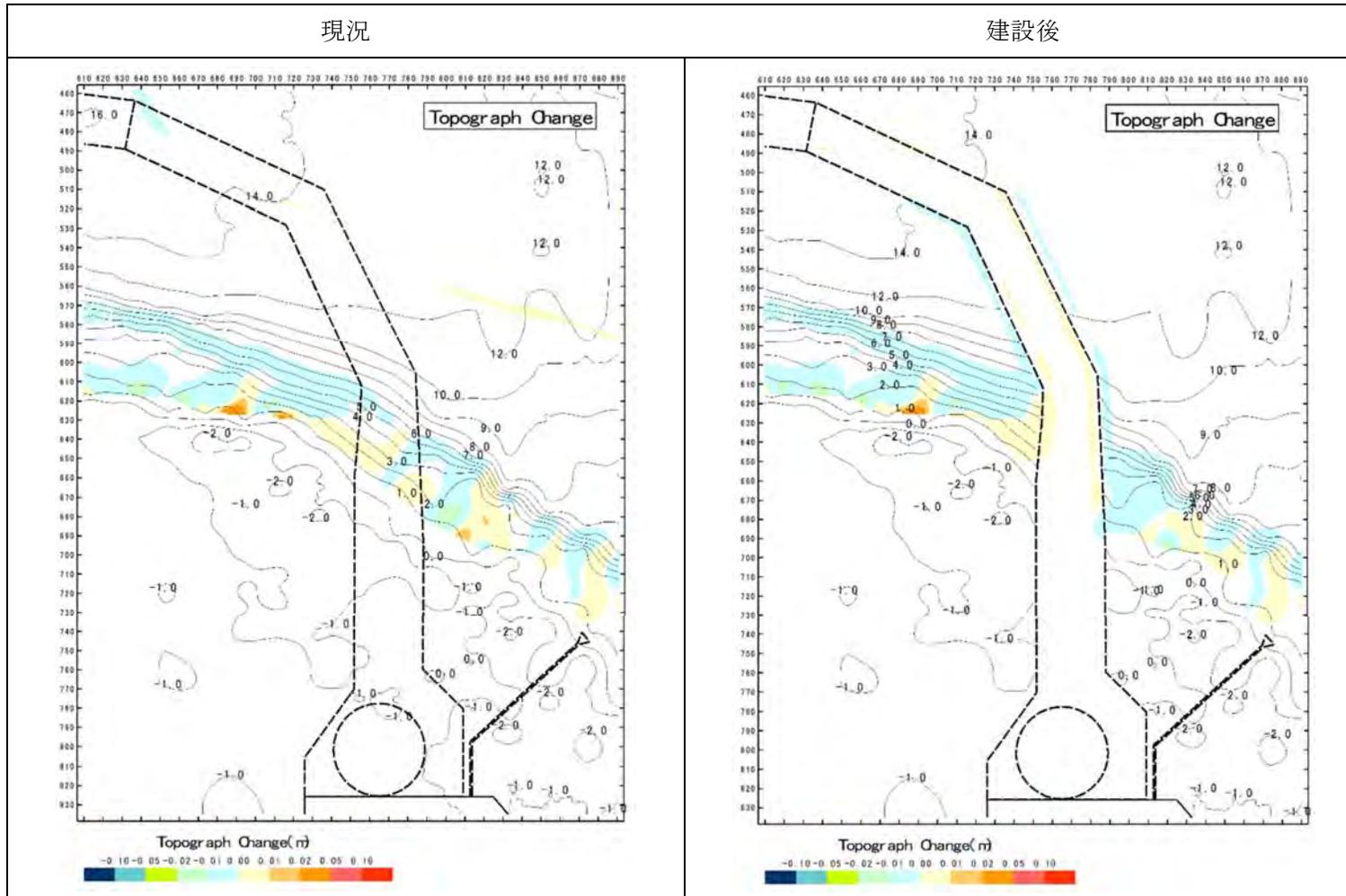


表 17.7-6 (3) 地形変化（現況：年最大波,雨季,D₅₀=0.1mm）

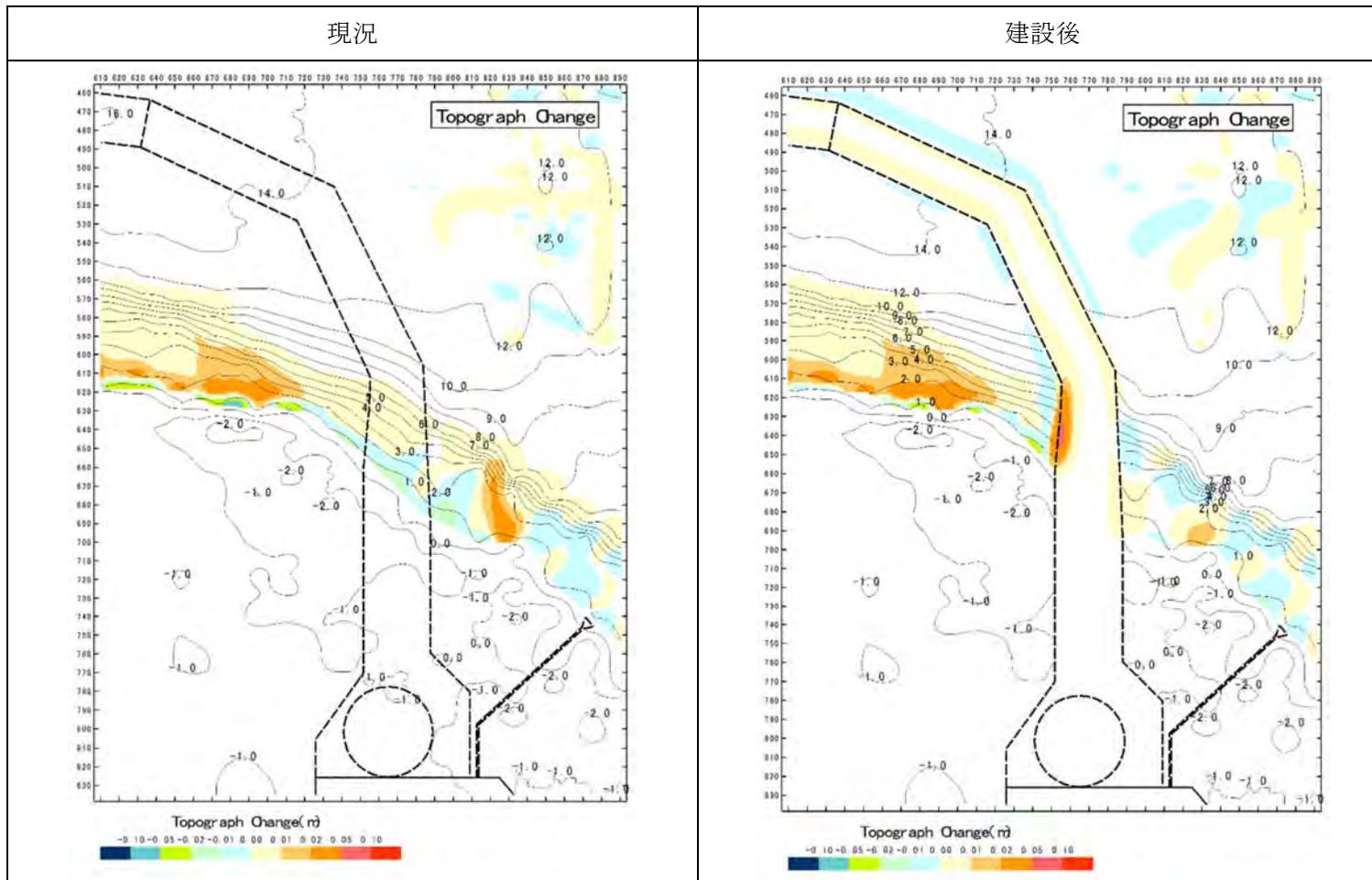
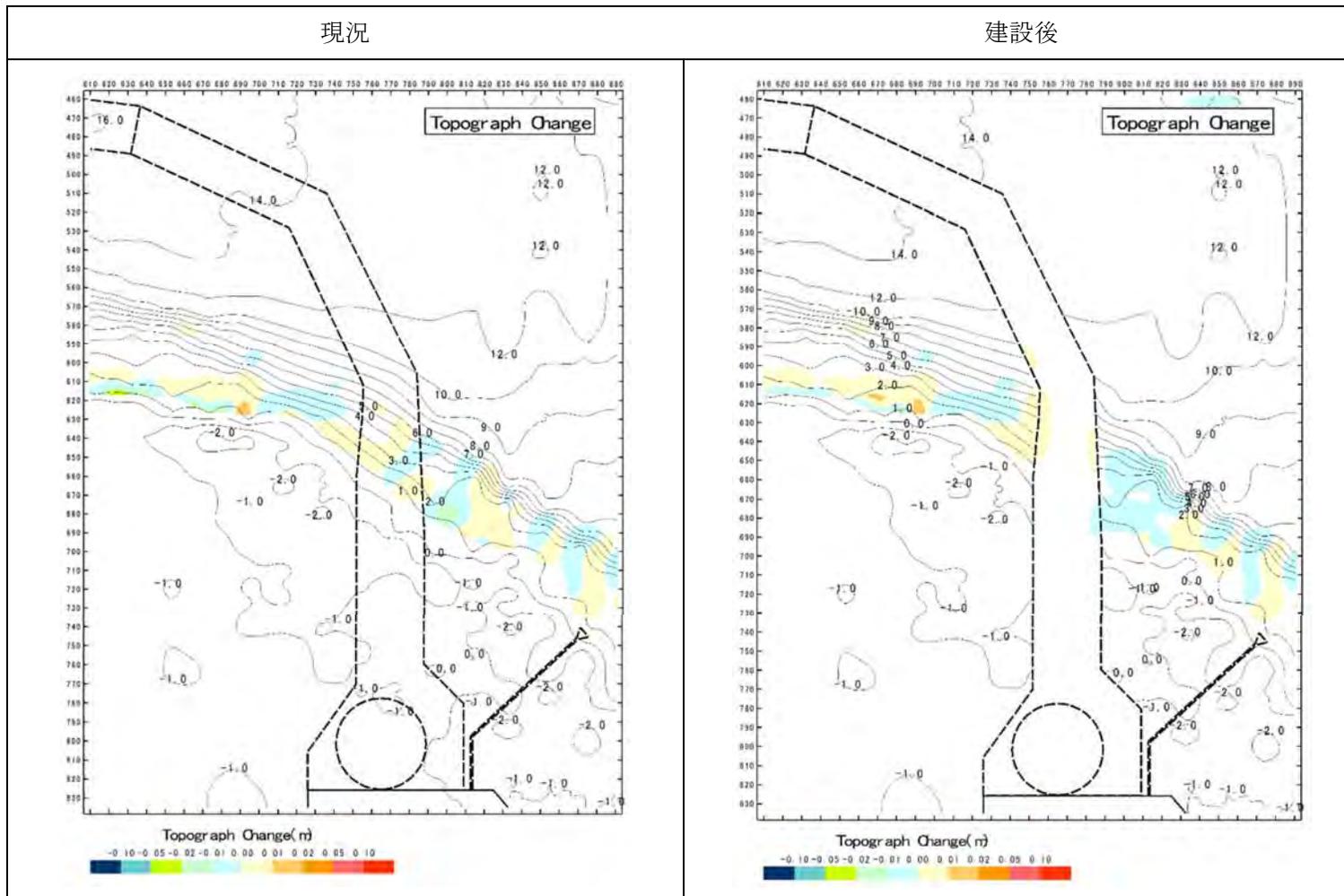


表 17.7-6 (4) 地形変化 (現況: 平均波, 雨季, $D_{50}=0.1\text{mm}$)



(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		

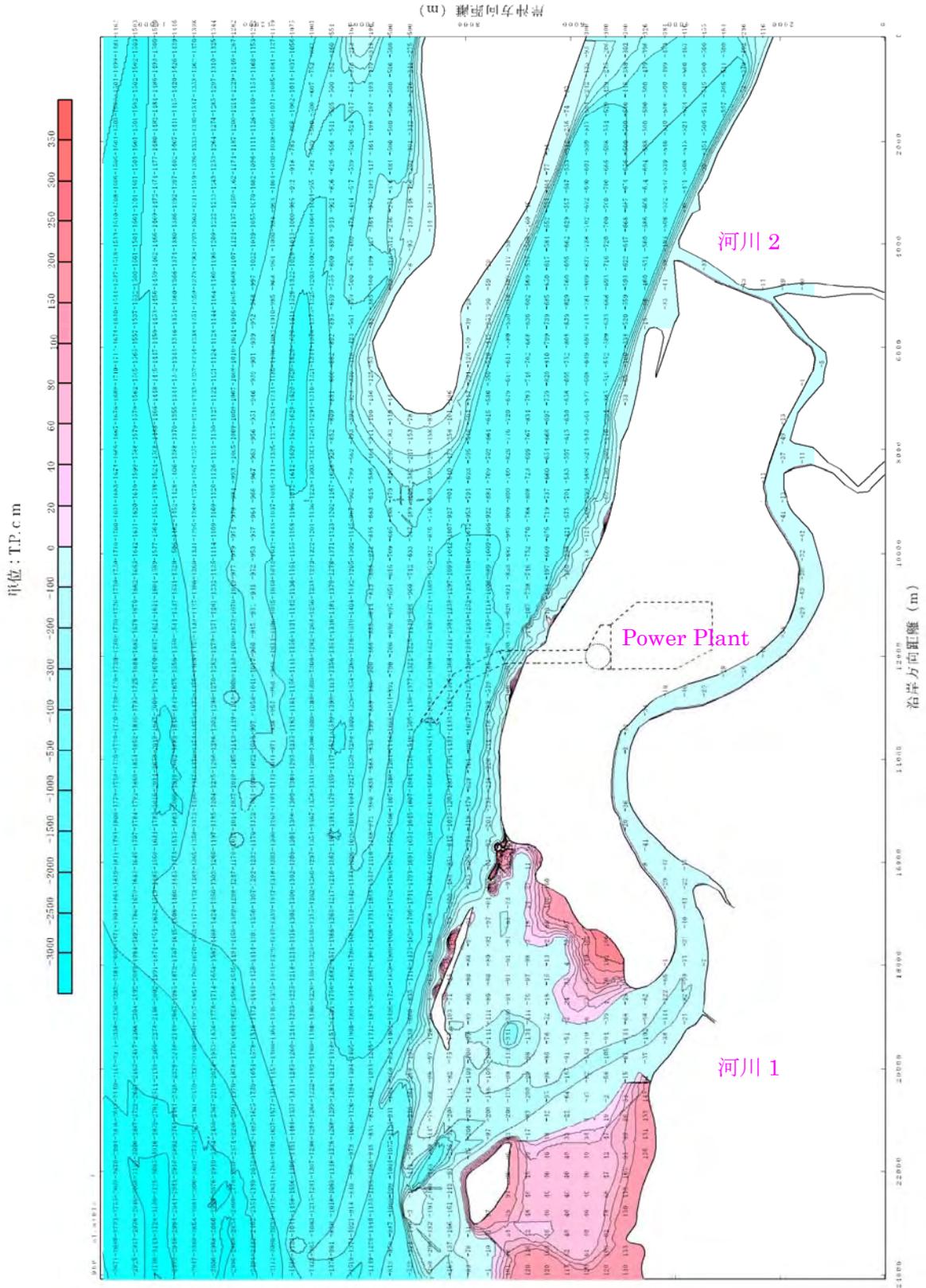


図 17.7-7 解析領域

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)

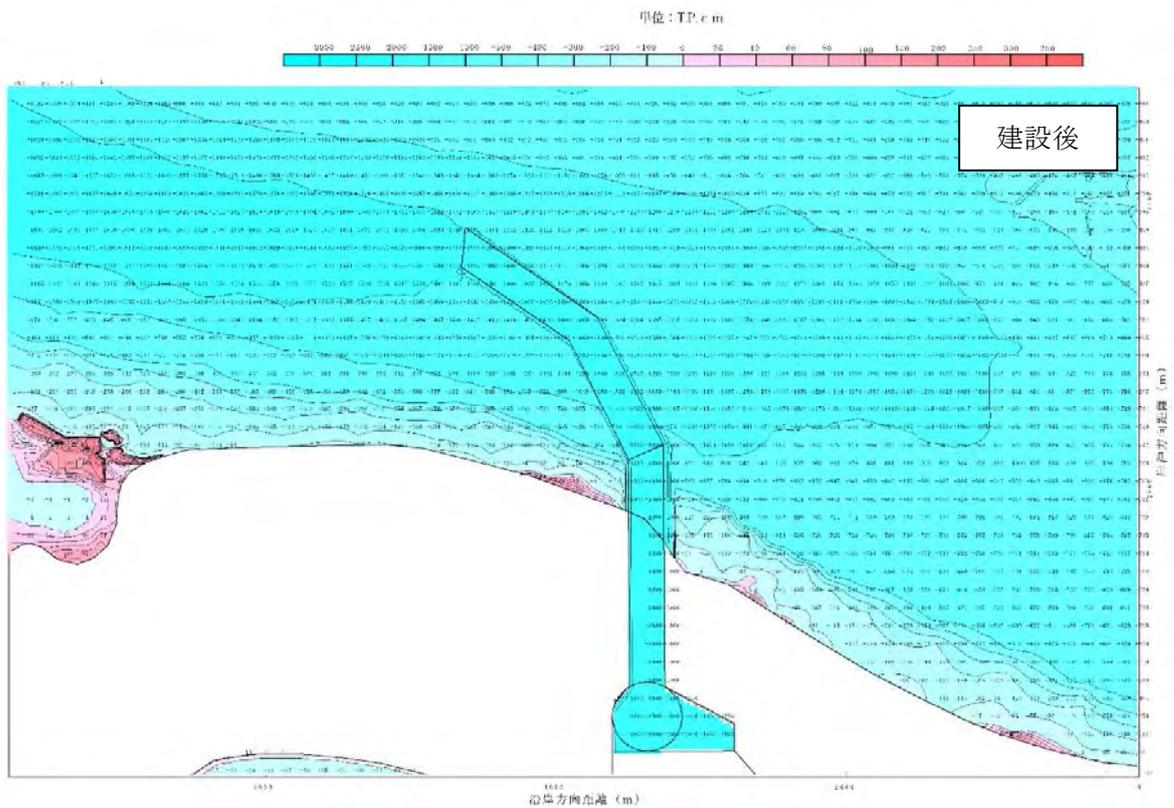
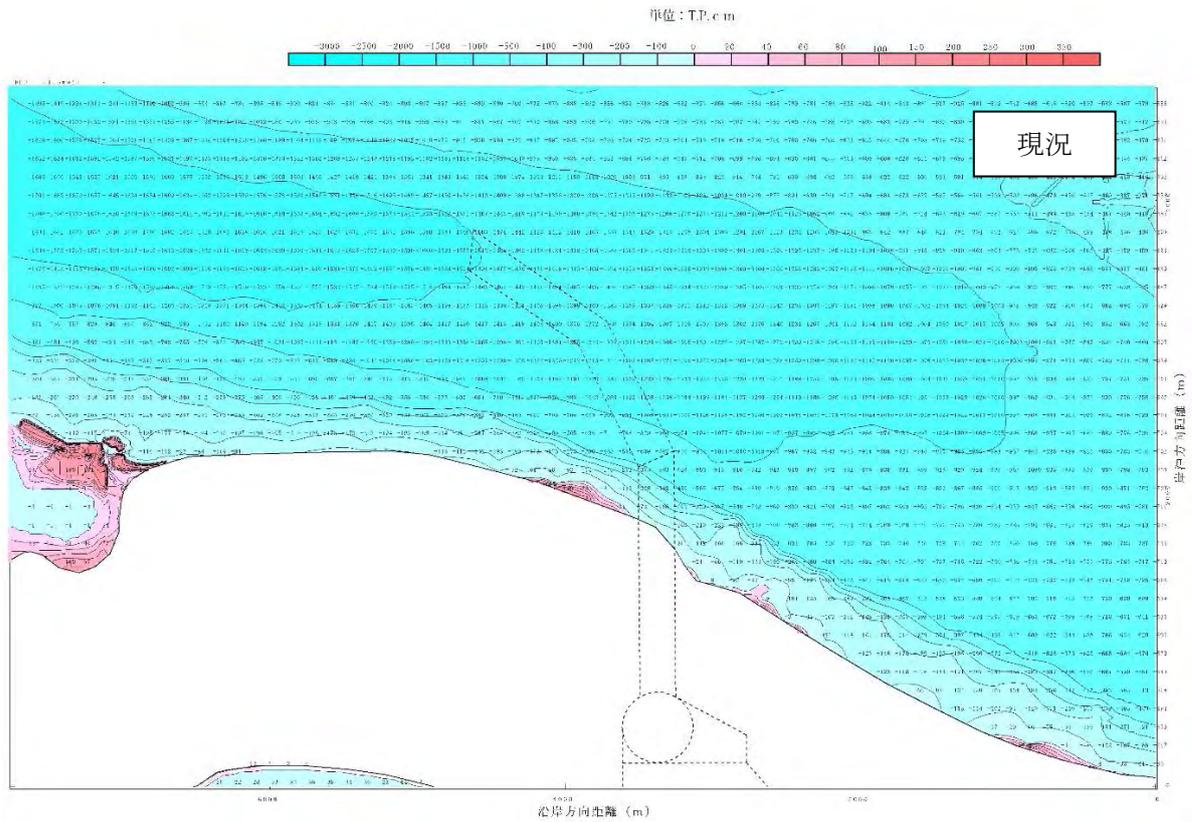


図 17.7-8 水深

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。

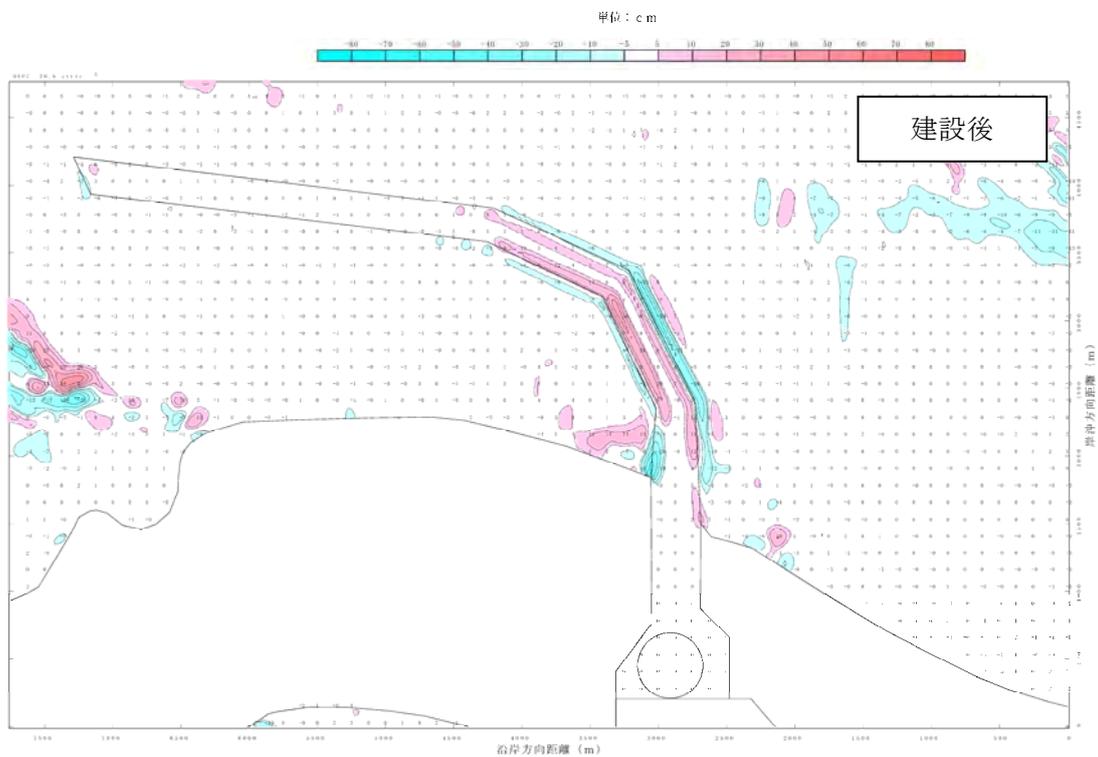
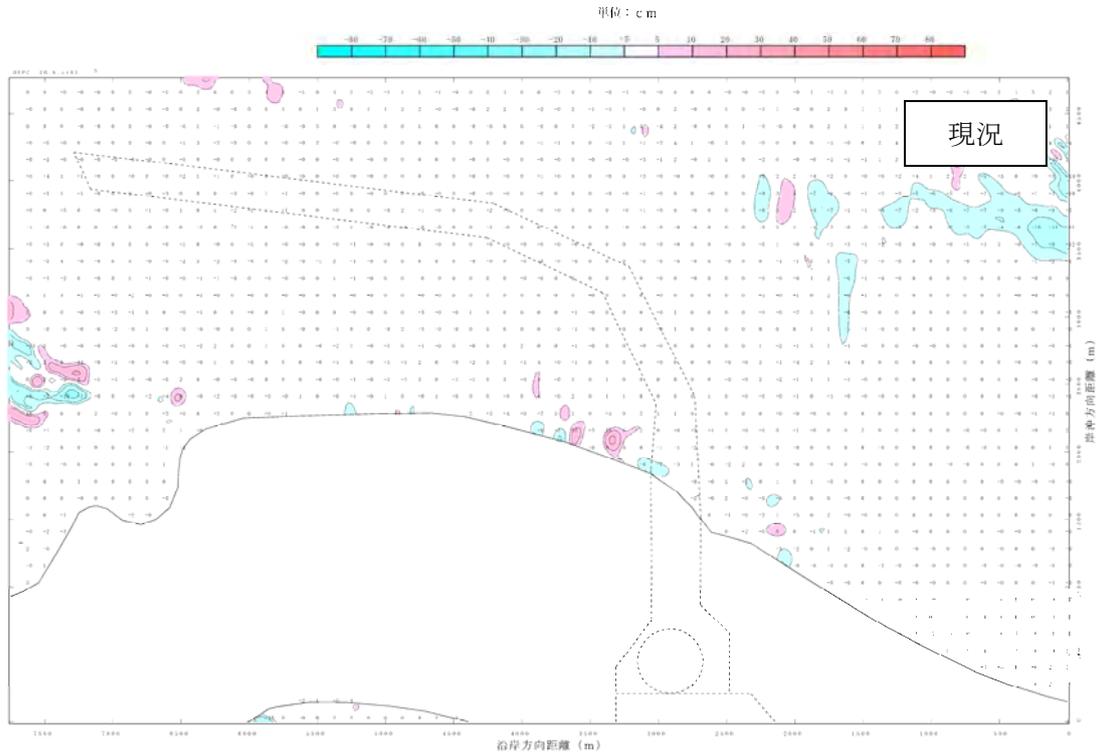
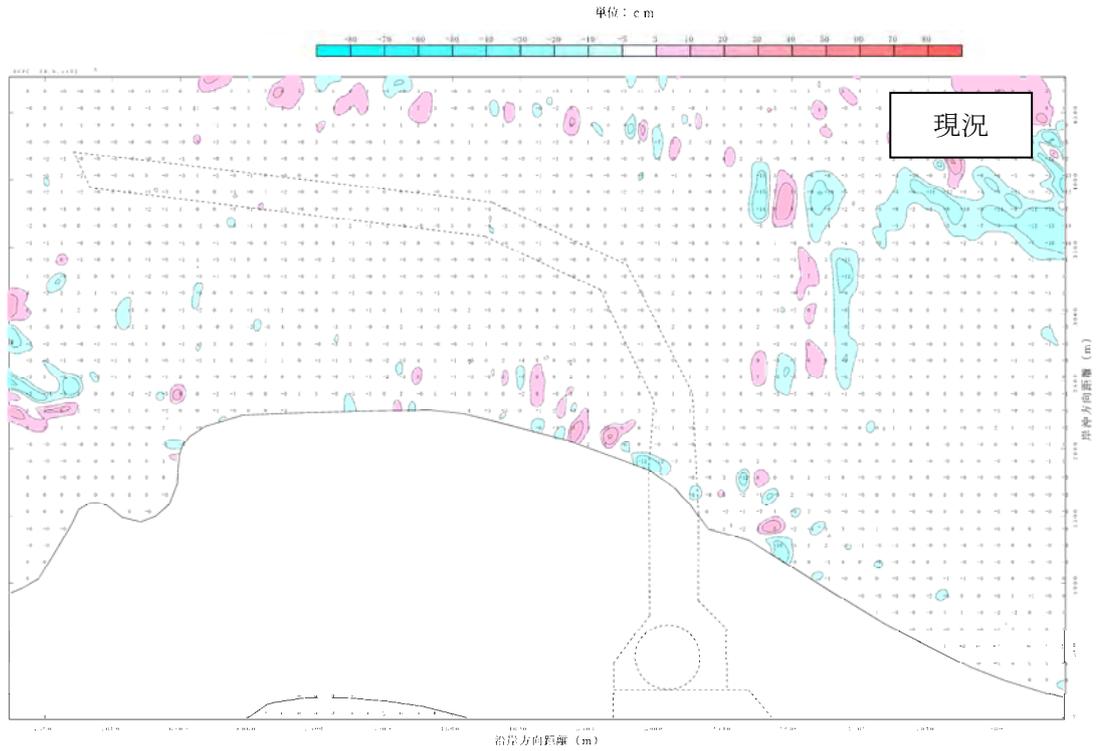
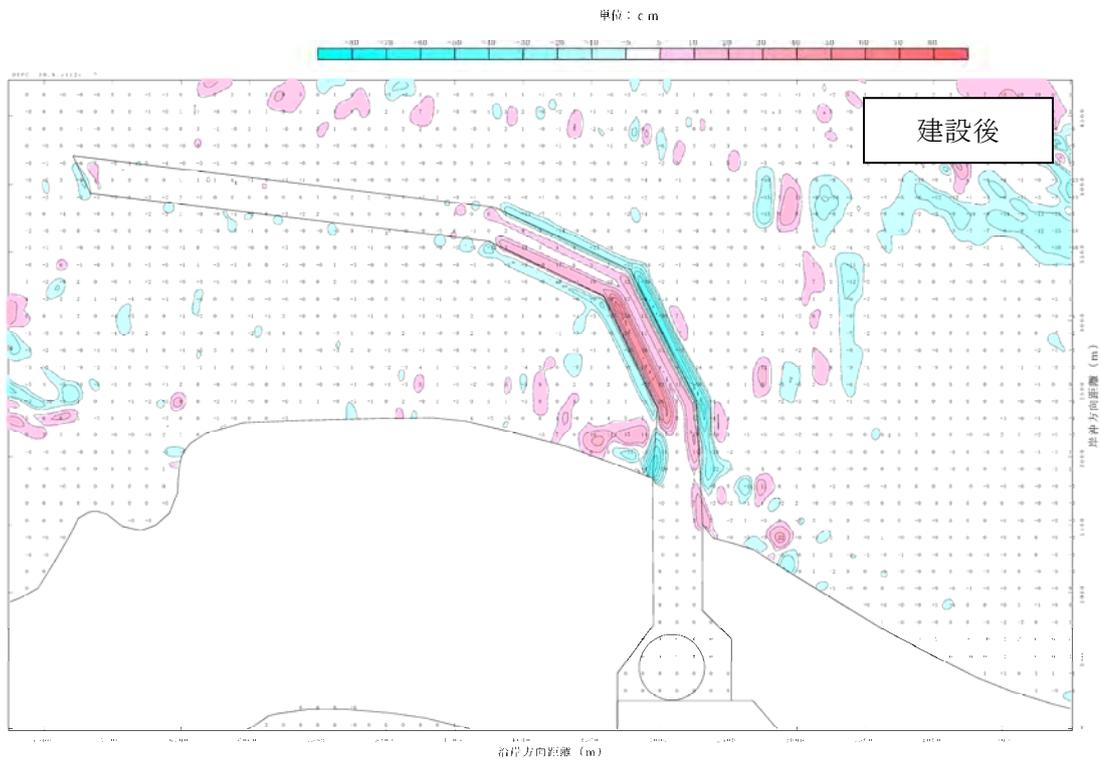


図 17.7-9 (1) 地形変化
 (平均波,雨季,D₅₀=0.1mm,SS 600mg/L)

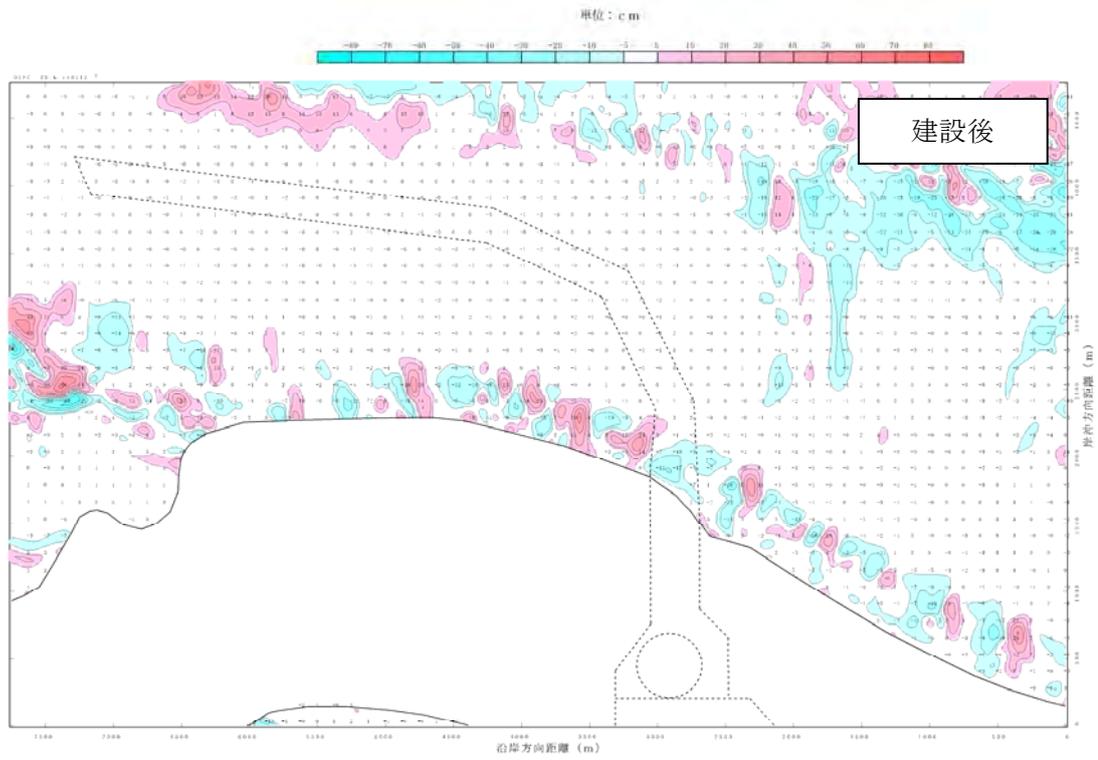


図一 (5) 地形変化量分布 (case02、小領域、10潮汐経過後)

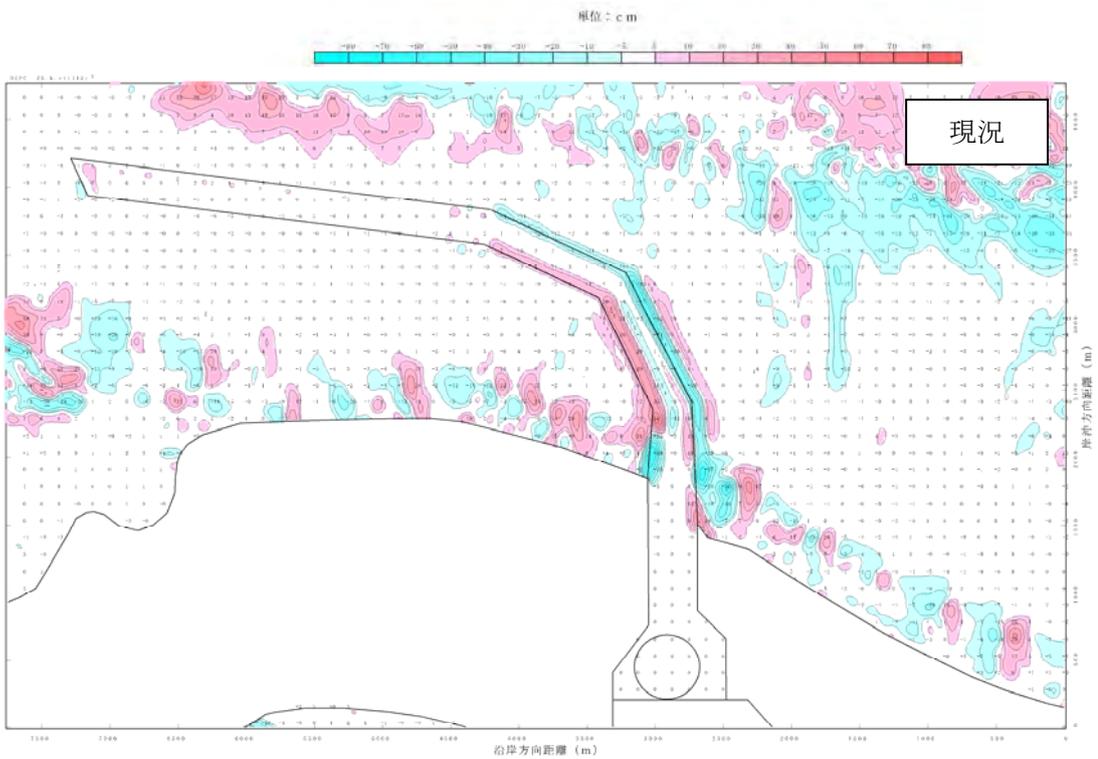


図一 (5) 地形変化量分布 (case12、小領域、10潮汐経過後)

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, $D_{50}=0.2\text{mm}$, $SS\ 600\text{mg/L}$)

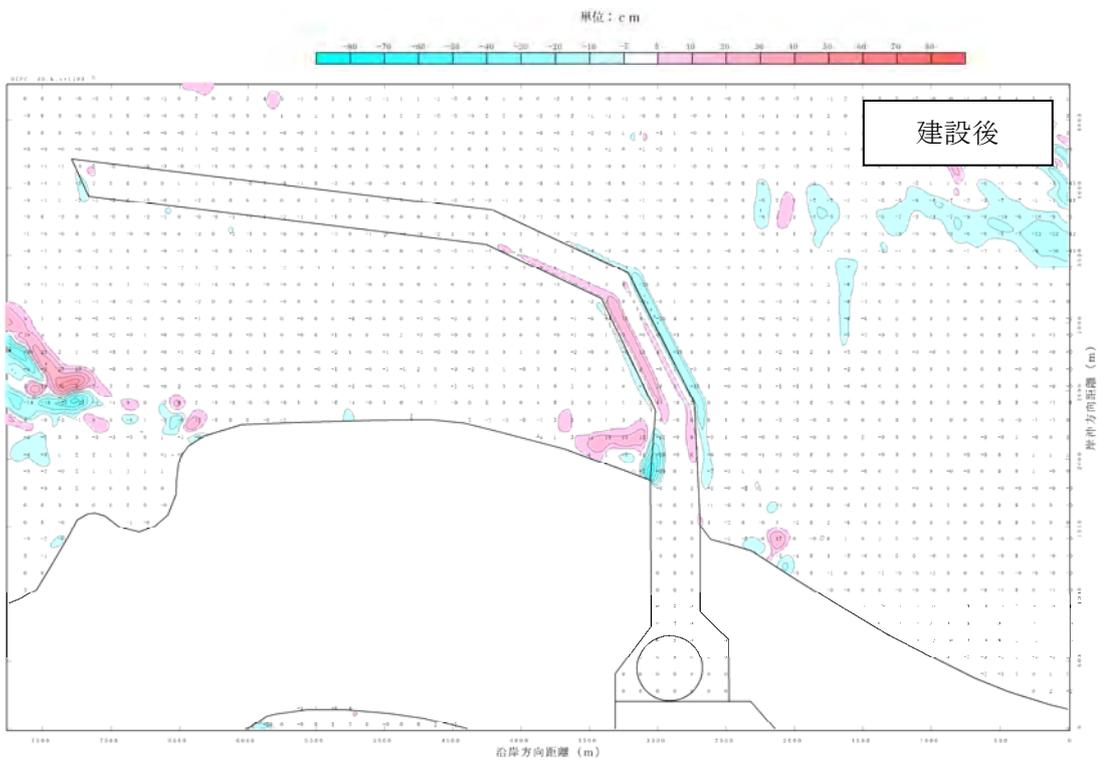
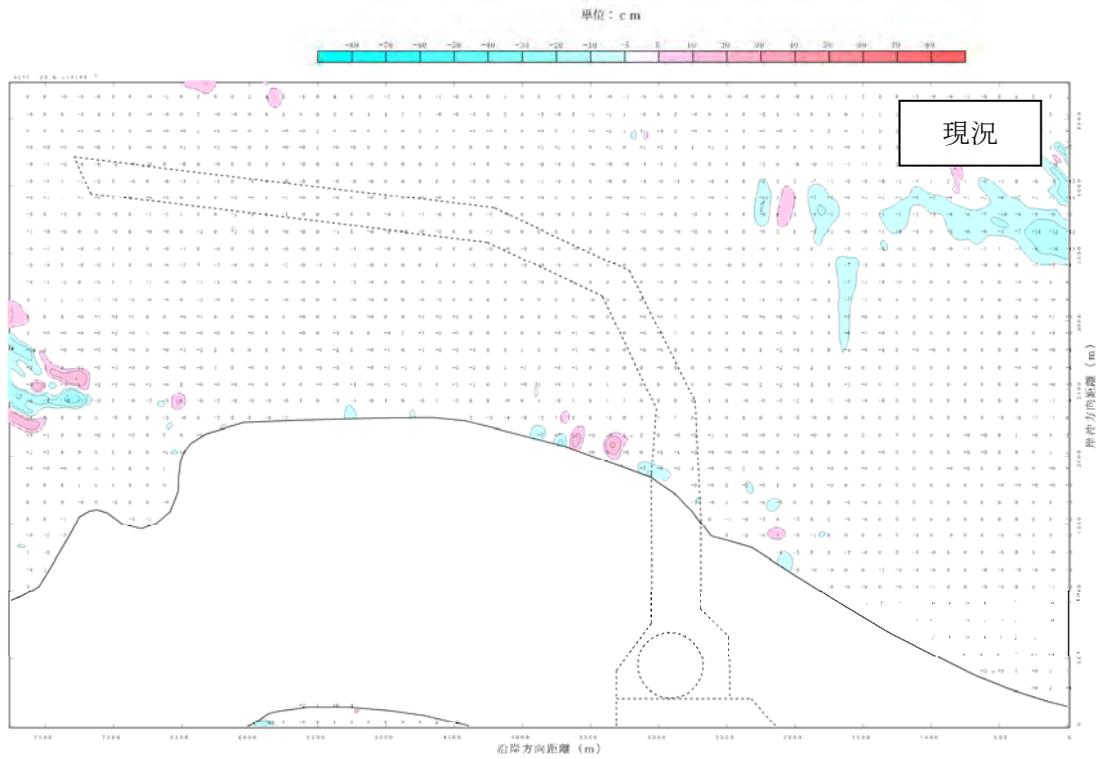


図 17.7-9 (4) 地形変化
 (平均波,雨季, $D_{50}=0.1\text{mm}$,SS 0mg/L)

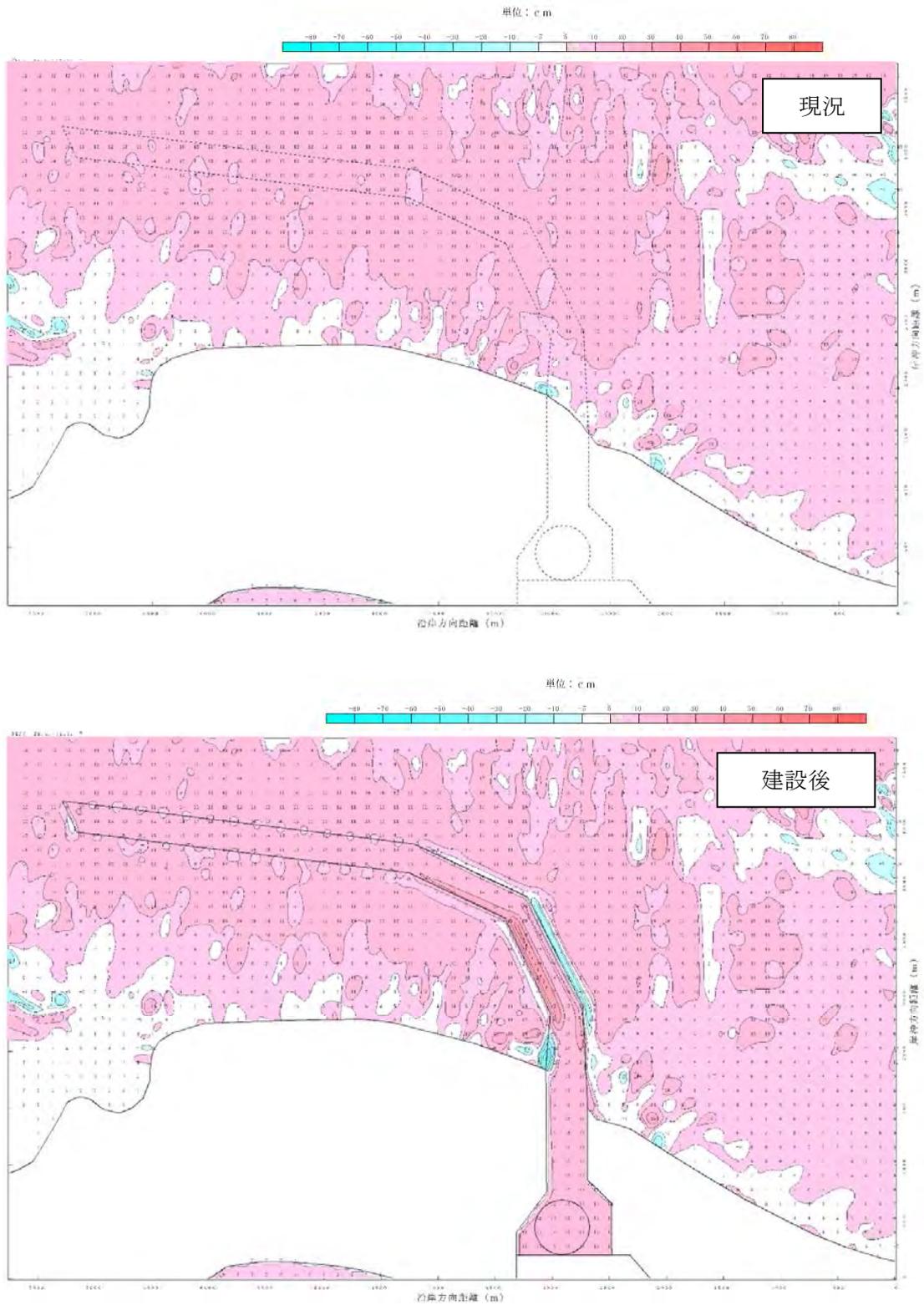


図 17.7-9 (5) 地形変化
(平均波,雨季, $D_{50}=0.1\text{mm}$,SS 1300mg/L)

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

BRIC No. : 11027023814-15CE, 19/2014
 Sent by : Seven Circle Bangladesh Ltd.
 Ref. No : SOB/ICC-CR/EA Test/1512: 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%
 Fineness (Bleed test): 100
 Standard requirement ASTM C595: 100

Note: Sample was received in sealed condition.
 Counter signed by: Dr. Abu Siddique, Professor
 Test performed by: Dr. Md. Mafizur Rahman, Professor

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 Rings Cement, CEM II / B / M (PCC)
 Composition: Clinker: 65 - 70% Gypsum: 0 - 7% Slag: Maximum 4. P/Fmax: 21 - 30%
 Delivery date: 24/09/2014
 Testing date: 25/09/2014

Chemical Composition	Unit	Standard Requirements as per BS EN 197-1:2005	Test Result
Chlorine (Cl) (Calc)	(%)	0.06	0.18
Sulfur (S) (Calc)	(%)	0.05	0.12
Alumina (Al ₂ O ₃)	(%)	0.20	0.20
Free CaO	(%)	0.10	0.10
Unburnt residue	(%)	0.10	0.10
Loss on Ignition	(%)	0.10	0.10
Melior	(%)	0.10	0.10

Physical Property	Unit	Standard Requirements as per BS EN 197-1:2005	Test Result
Fineness (By 45 Micron)	(%)	80	80
Setting Time (Initial)	Min	45	45
Setting Time (Final)	Min	195	195
Initial Setting Time	Min	45	45
Final Setting Time	Min	195	195
Water Consistency	(%)	28	28
Soundness (By Le-Chatelier method)	(%)	0.10	0.10
Compressive Strength (BS EN 197-1)	MPa	Min. 40.0	40.0
2 days		Min. 10.0	10.0
7 days		Min. 22.5	22.5

Remarks: We do confirm & certify that the above test results are for Seven Rings Cement CEM II / B / M conforming to BS EN 197-1:2005 Specification of Portland Composite Cement.

Verified by: Manager (QC)

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。

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。

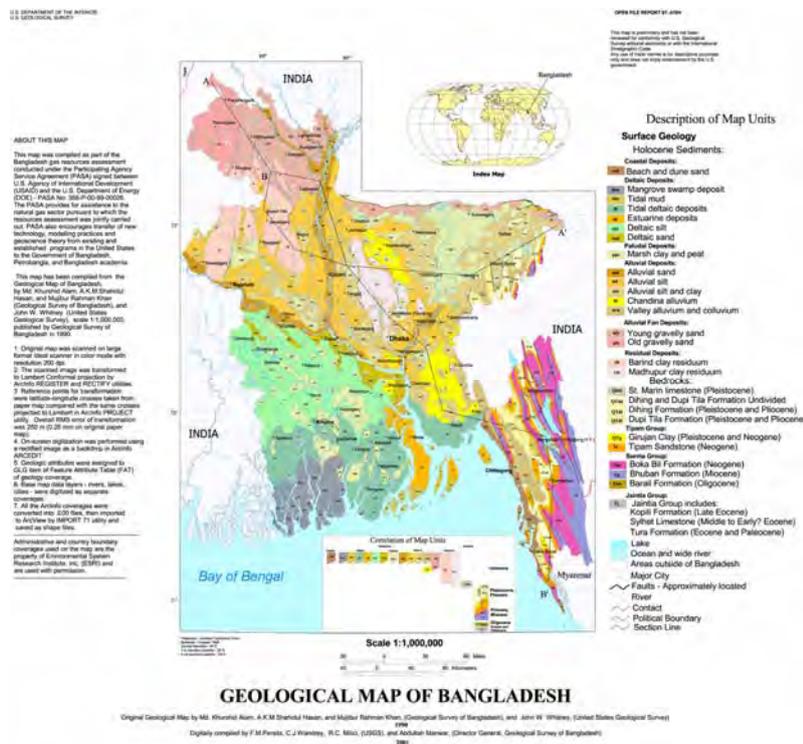


図 17.8-21 バングラデシュ地質図

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 of 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