## タイ国

農業共同組合省 王室灌漑局

## タイ国

チャオプラヤ川流域総合洪水管理計画 における外郭環状道路放水路に関する 情報収集・確認調査

# ファイナルレポート (サポーティングレポート)

## 平成 30 年 6 月 (2018 年 6 月)

独立行政法人 国際協力機構(JICA)

パ シ フ ィ ッ ク コ ン サ ル タ ン ツ 株 式 会 社 株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル

環境
JR
18-089

## 目次

第1章	水文・水理解析	1 <b>-</b> 1
1.1	浸水解析モデル	1-1
1.2	RID 計画との洪水低減比較(アユタヤバイパス優先整備の影響)	1-35
1.3	外郭環状道路放水路の断面検討	1-37
1.4	外郭環状道路放水路における河口処理方式の検討	1-51
1.5	外郭環状道路放水路への分派方式の検討	1-57
第2章	平面線形の検討	2-1
2.1	平面線形の方針	
2.2	平面線形の抽出	
2.3	放水路線形の評価項目	
2.4	放水路線形の評価結果	
第3章	土質調査	
3.1	はじめに	
3.2	調查方法	3-3
3.3	調査結果	
第4章	外郭環状道路放水路基本設計	
4.1	検討内容	
4.2	区間分割	4-3
4.3	無対策時の検討(対策の必要性確認)	4-6
4.4	対策工の比較決定	4-38
4.5	放水路事業費	4-57
4.6	提言	4-60
第5章	平時の利用検討	5-2
5.1	タイにおける親水利用の事例	5-2
5.2	灌漑水路の調査	5-3
5.3	平時の放水路利用	5-14
第6章	外郭環状道路の計画見直し	6-1
6.1	FS レポートの概要	6-1
6.2	施工可能性検討(道路構造検討:FS レポートの照査)	6-8
6.3	提言	6-17
6.4	<b>DOH</b> の工費縮減に向けた試算	6-21
第7章	施工計画・調達計画	
7.1	主要工事数量	

7.2	交替制と拘束時間	
7.3	施工可能日数	
7.4	運土計画	
7.5	施工期間と工区分割	
7.6	施工区間	
7.7	施工手順	
7.8	工区における施工の概要	
7.9	各施工段階での施工内容	
7.10	工程計画	
7.11	調達計画	
7.12	追加調査の提案	
第8章	環境・社会配慮	
8.1	外郭環状道路建設にかかる環境社会配慮の概要	
8.2	放水路建設に向けた環境社会配慮の必要性	
8.3	提言	
第9章	事業評価	
9.1	治水経済評価のための水理解析条件	
9.2	事業費	
9.3	事業評価	
第 10 章	電 RID の現計画と JICA の見解	
10.1	RID の現計画(RID Plan)	
10.2	JICA の見解	

义	1.1.1	浸水解析モデルの概要	1-1
义	1.1.2	NAM の概要およびパラメーター	1-2
义	1.1.3	本検討におけるチャオプラヤ川水系の小流域区分	1-3
义	1.1.4	本流出モデルで考慮するダム位置図	1-5
义	1.1.5	TMD 気象観測所位置図及びティーセン分割図(46 観測所)	1-6
义	1.1.6	既往 MP 検討における横断測量追加調査地点 1·	·11
义	1.1.7	二線堤の位置図1-	12
义	1.1.8	モデルに反映されるポンプ位置及び設定1-	16
义	1.1.9	残留域からの流出量の流入設定1-	17
义	1.1.10	下流端潮位ハイドロ1-	18
义	1.1.11	2011 年洪水での破堤地点1-	19
义	1.1.12	河道網モデル図1-	20
义	1.1.13	氾濫解析モデルのイメージ図1-	21
义	1.1.14	LiDAR による地盤高データ1-	22
义	1.1.15	粗度係数の算出方法1-	23
义	1.1.16	浸水域での挙動の違い(上:2011 年 ver.、下:2016 年 ver.) 1-	25
义	1.1.17	支川 Yom 川の計算発散状況1-	26
义	1.1.18	距離標と平面位置の関係1-	27
义	1.2.1	Ayutthaya Bypass 優先整備による Chaophraya 川下流水位への影響 1-	37
义	1.3.1	Outer Ring Road $\mathcal{O}/\mathcal{V}$ +	38
义	1.3.2	Pom Prachul 観測地点の潮位変動1-	44
义	1.3.3	外郭環状道路放水路への放水量(500m <sup>3</sup> /s ケース)1-	45
义	1.3.4	Outer Ring Road Diversion ピーク水位縦断1-	46
义	1.3.5	Outer Ring Road Diversion ピーク流量縦断1-	46
义	1.3.6	Outer Ring Road Diversion ピーク水位縦断1-	48
义	1.3.7	Outer Ring Road Diversion ピーク流量縦断1-	48
义	1.3.8	Outer Ring Road Diversion ピーク水位縦断1-	49
义	1.3.9	Outer Ring Road Diversion ピーク流量縦断1-	49
义	1.3.10	Outer Ring Road Diversion ピーク水位縦断1-	50
义	1.3.11	Outer Ring Road Diversion ピーク流量縦断1-	50
义	1.4.1	沖合い方向の掘削イメージ1-	52
义	1.4.2	沖合い方向の掘削範囲の違いによる不定流計算水位1-	53
义	1.4.3	掘削高の違いによる不定流計算水位1-	55
义	1.5.1	h1,h2の関係1-	57
义	1.5.2	分派地点現地状況1-	59

図目次

义	1.5.3	固定堰方式での越流計算結果	1-60
义	1.5.4	洪水規模別の分派地点でのチャオプラヤ川水位ハイドロ	1-60
义	1.5.5	ゲート方式での越流計算結果	1-61
汊	2.2.1	放水路線形の比較ケースの抽出	2-2
汊	2.3.1	ケース1の線形(IC1及び IC2 付近)	2-5
义	2.3.2	ケース1の線形(IC6 付近)	
义	2.3.3	ケース1に線形(IC7 付近)	
义	2.3.4	ケース1の線形(IC11付近)	
义	2.3.5	ケース 2 の線形(IC1 から IC5 まで)	2-10
义	2.3.6	ケース 2 の線形(IC5 及び IC6 付近)	2-11
汊	2.3.7	ケース2の線形(IC6 から IC10 まで)	2-12
义	2.3.8	ケース2の線形(IC8より南部)	2-13
汊	3.1.1	バンコククレイの層厚	3-1
汊	3.1.1	ボーリング掘削方法	3 <b>-</b> 3
汊	3.2.2	標準貫入試験概要図	3 <b>-</b> 3
汊	3.2.3	ベーンせん断試験概要図	
汊	3.2.4	簡易コーン貫入試験器概要図	3 <b>-</b> 6
汊	3.2.5	乾燥法による比較	
汊	3.3.1	想定地質断面図	
汊	3.3.2	塑性図	3-10
汊	3.3.3	自然含水比と液性限界	3-10
汊	3.3.4	バンコククレーの強度試験結果(BH-2)	3-11
义	3.3.5	バンコククレーの強度試験結果(BH-3)	3-12
汊	3.3.6	発生土の活用に関する試験フロー	3 <b>-</b> 14
汊	3.3.7	突固め試験結果とコーン指数	3 <b>-</b> 14
汊	3.3.8	突固め試験結果とコーン指数	3-15
汊	3.3.9	突固め試験結果とコーン指数	3-15
汊	3.3.10	突固め曲線とコーン指数の地域比較	3-15
汊	3.3.11	手混ぜ試料による突固めおよびコーン貫入試験結果(S1)	3-16
汊	3.3.12	手混ぜ試料による突固めおよびコーン貫入試験結果(S2)	3-17
汊	3.3.13	手混ぜ試料による突固めおよびコーン貫入試験結果(S3)	3-18
汊	4.1.1	軟弱地盤の分布と放水路計画位置との関係	4-1
义	4.1.2	放水路計画断面	4-1
汊	4.1.3	検討フロー	4-2
汊	4.2.1	既往ボーリングおよび新規ボーリング位置図	
汊	4.3.1	すべり・沈下の概要図	4-6

义	4.3.2	放水路計画断面(再掲) 4-8
义	4.3.3	N 値と内部摩擦角 $\phi$ の関係
义	4.3.4	ボーリング位置図
义	4.3.5	北部の地層図(本検討でのボーリング結果(BH1)から設定)4-11
义	4.3.6	本検討におけるボーリング調査結果(BH1)
义	4.3.7	既往ボーリングのサンプルを参考に設定した単位体積重量4-13
义	4.3.8	既往ボーリングのサンプルを参考に設定した一軸圧縮強度4-14
义	4.3.9	ボーリングのサンプルを参考に設定した圧密応力と間隙比の関係4-15
义	4.3.10	ボーリングのサンプルを参考に設定した圧密応力と圧密係数の関係 4-15
义	4.3.11	ボーリング位置図
义	4.3.12	中央部の地層図(既往のボーリング結果から設定)4-16
义	4.3.13	既往のボーリング調査結果(PPT03)4-17
义	4.3.14	既往のボーリング調査結果(PPT03)4-18
义	4.3.15	新規ボーリング調査結果(BH02) 4-19
义	4.3.16	ボーリングのサンプルをもとに設定した単位体積重量4-20
义	4.3.17	既往ボーリングのサンプルを参考に設定した一軸圧縮強度4-21
义	4.3.18	ボーリングのサンプルを参考に設定した圧密応力と間隙比の関係 4-22
义	4.3.19	ボーリングのサンプルを参考に設定した圧密応力と圧密係数の関係 4-23
义	4.3.20	南部の地層図(新規のボーリング結果から設定)
义	4.3.21	既往のボーリング調査結果(SP03)4-25
义	4.3.22	新規に行ったボーリング調査結果(BH3)4-26
义	4.3.23	既往ボーリング及び本検討で実施したボーリングから設定した単位体積重
	量	
义	4.3.24	既往ボーリング及び本検討で実施したボーリングから設定した一軸圧縮強
	度	
义	4.3.25	ボーリングのサンプルを参考に設定した圧密応力と間隙比の関係 4-30
义	4.3.26	ボーリングのサンプルを参考に設定した圧密応力と間隙比の関係 4-31
义	4.3.27	三軸圧縮試験結果4-32
义	4.3.28	コーン試験、締固め試験結果4-33
义	4.3.29	円弧すべり計算結果4-34
义	4.3.30	沈下量・圧密度と経過時間との関係4-35
义	4.3.31	円弧すべり計算結果4-35
义	4.3.32	沈下量・圧密度と経過時間との関係4-36
义	4.3.33	円弧すべり計算結果4-37
义	4.3.34	沈下量・圧密度と経過時間との関係4-37
叉	4.4.1	格子状改良の配置

义	4.4.2	固結工法(SCC)の事例(タイ国のスワナプーム空港排水路)	4-43
义	4.4.3	固結工法(SCC)の照査項目	4-45
义	4.4.4	必要な盛土高の設定	4-46
义	4.4.5	沈下量・圧密度と経過時間との関係	4-47
汊	4.4.6	必要な盛土高の設定	4-48
汊	4.4.7	限界盛土高の設定	4-48
汊	4.4.8	沈下量・圧密度と経過時間との関係	4-49
汊	4.4.9	三軸圧縮試験結果に基づく強度増加率の整理	4-51
义	4.4.10	改良体の平面、断面図	4-52
义	4.4.11	改良体の外的・内的安定計算結果	4-53
义	4.4.12	円弧すべり計算結果	4-53
义	4.4.13	円弧すべり計算結果(格子内で発生するすべり)	4-54
义	4.4.14	放水路標準断面図	4-56
义	4.5.1	放水路構造検討における区間分割	4-57
义	4.5.2	購入砂、掘削土の運搬距離	4-58
义	5.1.1	タイにおける親水利用の事例 (1)	5-2
义	5.1.2	タイにおける親水利用の事例 (2)	5-2
义	5.2.1	ゲート設置位置	5-3
义	5.2.2	交差部でのゲート設置位置	5-4
义	5.2.3	代表 2 観測所における 2015 年の位況例	5-6
义	5.2.4	各観測所における 2015 年の位況例(1/5)	5-7
义	5.2.5	各観測所における 2015 年の位況例(2/5)	5-8
义	5.2.6	各観測所における 2015 年の位況例(3/5)	5-9
义	5.2.7	各観測所における 2015 年の位況例(4/5)	5-10
义	5.2.8	各観測所における 2015 年の位況例(5/5)	5-11
义	5.2.9	灌漑用水網の湛水ブロック	5-12
义	5.2.10	2015 年における季別の位況	<b>5-</b> 13
义	5.3.1	既存灌漑水路の機能の維持の概念図	<b>5-</b> 14
义	5.3.2	Channel 1 $\sim$ Channel 4 $の$ 解説	5-15
义	5.3.3	Channel 1 ~ Channel 4 の概要(現地確認結果)	5-15
义	5.3.4	既存灌漑水路と放水路の交差部	5-16
义	5.3.5	既存水路網による洪水排水計画	5-17
义	5.3.6	既存水路による灌漑配水・洪水排水系統図	5-18
义	5.3.7	放水路完成後の水位管理のイメージ	5-19
义	6.1.1	第3次外郭環状道路 選定ルート	6-3
义	6.1.2	第3次外郭環状道路 標準断面図	6-5

义	6.2.1	スワナンプーム空港排水路 動態観測位置6-9
义	6.2.2	スワナンプーム空港排水路 動態観測結果(傾斜計の例)6-9
义	6.3.1	外郭環状道路を盤下げ(1.5 m)する場合の標準断面6-19
义	6.4.1	放水路と道路の推奨線形(Case-2)6-21
义	6.4.2	道路の工費縮減に向けた構造検討ケース6-22
义	7.4.1	外郭環状道路・放水路一体化施工の運土計画図7-3
义	7.5.1	工区分割図7-4
义	7.5.2	工区と小工区と単位掘削区域7-4
义	7.6.1	施工区間
义	7.7.1	施工手順
义	7.8.1	環状道路・放水路一体的整備の施工手順(工区内の5年間の施工手順) 7-8
义	7.8.2	工区における施工手順
义	7.8.3	施工手順(2 年目の乾期)
义	7.9.1	既存施設撤去
义	7.9.2	外郭環状道路放水路南部における湿地埋立
义	7.9.3	スワナプーム空港排水路施工時の工事用道路敷設状況
义	7.9.4	スワナプーム空港排水路施工時の工事用道路敷設状況
义	7.9.5	スワナプーム空港排水路施工時の既存灌漑水路切替状況
义	7.9.6	SCC 施工の標準的な機械配置
义	7.9.7	放水路掘削計画横断図7-16
义	7.9.8	放水路掘削計画平面図7-16
义	7.9.9	工区 (Unit)
义	7.9.10	放水路掘削手順
义	7.9.11	粘性土と砂を交互に積み上げるストックパイル
义	7.9.12	環状道路・放水路一体的整備の施工手順(工区内の 2 年間目の乾期の施工
	手順)	
义	7.9.13	RID における杭打ち工事の実施状況
义	7.9.14	RID 敷地内の杭打ち工事の実施箇所
义	7.9.15	RID 敷地内の杭打ち現場で発生した粘性土の物性値(D,E ランク粘性土と
	の比較	效)
义	7.9.16	天日乾燥後の粘性土(試料採取から2日後)
义	7.9.17	天日乾燥後の粘性土(試料採取から 3 日後、Sample-7,8,9 は 2 分割後)
义	7.9.18	天日乾燥後の粘性土(試料採取から 21 日後、Sample-7,8,9 は 4 分割後)
	•••••	
义	7.9.19	天日乾燥後の粘性土(試料採取から 28 日後、Sample-7,8,9 は 8 分割後)

7-32 図 7.9.24 RID 敷地内の杭打ち工事現場で掘削後に数日間放置された粘性土の状況... 7-37 図 8.2.1 タイ国天然資源・環境省(MNRE) 布告「環境保護区と環境保全のための措 図 8.2.3 図 9.1.1 図 9.1.2 図 9.1.3 2011 年洪水再現計算での破堤条件該当地点と実際の破堤地点の比較......9-6 図 9.1.5 図 9.1.7 叉 9.1.8 図 9.3.2 図 9.3.4 図 10.1.1 RID による 9 事業位置図 (RID Plan) ......10-1 図 10.1.2 RID Plan の流量配分図......10-2 日本の洪水防御計画の検討フロー.....10-4 図 10.2.1 図 10.2.2 JICA マスタープランの流量配分図......10-5 図 10.2.3 氾濫面積軽減からみた事業効果の比較 ......10-6 図 10.2.4 上流端流量設定地点の変更図...... 10-7

义	10.2.5	分派方式の変更図	10-8
义	10.2.6	浸水図(2 年確率)	10-9
义	10.2.7	浸水図(3 年確率)	10-9
义	10.2.8	浸水図(5 年確率)	10-10
义	10.2.9	浸水図(10 年確率)	10-10
义	10.2.10	浸水図(30 年確率)	10-11
义	10.2.11	浸水図(50 年確率)	10-11
义	10.2.12	浸水図(100 年確率)	10-12
义	10.2.13	アユタヤバイパスの建設を先行した場合の水位比較	10-13
义	10.2.14	チャイナート・パサック水路の拡幅を先行させた場合の効果	10-14
义	10.2.15	ダム操作改善とチャオプラヤ川下流の堤防嵩上げを先行した場合	の効果
			10-15
义	10.2.16	DC とアユタヤバイパス事業を同時に実施した場合の効果	10-15
义	10.2.17	2011 年洪水規模での氾濫状況の時系列変化	10-17
义	10.2.18	中小規模洪水時における氾濫状況	10-18
义	10.2.19	各種洪水対策の実施箇所	10-19
义	10.2.20	概算事業費算定根拠(チャイナート・パサック水路の拡幅)	10-21
汊	10.2.21	概算事業費算定根拠(パサック・タイ湾水路)	10-21

表	1.1.1	本検討におけるチャオプラヤ川水系の小流域	1-4
表	1.1.2	本流出モデルで考慮するダム一覧	1-4
表	1.1.3	NAM のパラメータ(地表面~根群層)	1-7
表	1.1.4	NAM のパラメータ(地下水層)	1-8
表	1.1.5	河道網モデルの概要	1-8
表	1.1.6	計算対象河川一覧	1-9
表	1.1.7	使用断面データ(RID 提供)	. 1-10
表	1.1.8	河道粗度係数の設定値	. 1-13
表	1.1.9	モデルに反映される堰諸元一覧	. 1-14
表	1.1.10	モデルに反映されるダム諸元一覧	. 1-15
表	1.1.11	モデルに反映されるポンプ諸元一覧	. 1-16
表	1.1.12	下流端水位として設定した観測所	. 1-17
表	1.1.13	氾濫モデルの概要	. 1-21
表	1.1.14	標高データ諸元	. 1-22
表	1.1.15	氾濫源の粗度係数(標準値)	. 1-23
表	1.1.16	モデルに反映した連続構造物	. 1-23
表	1.1.17	2011 年洪水再現計算(Case0)の浸水深比較	. 1-28
表	1.1.18	チャオプラヤ川におけるピーク水位・流量縦断図	. 1-29
表	1.1.19	Ping 川におけるピーク水位・流量縦断図	. 1-30
表	1.1.20	Yom 川におけるピーク水位・流量縦断図	. 1-31
表	1.1.21	Nan 川におけるピーク水位・流量縦断図	. 1-32
表	1.1.22	Pasak 川におけるピーク水位・流量縦断図	. 1-33
表	1.1.23	Tachin 川におけるピーク水位・流量縦断図	. 1-34
表	1.2.1	検討ケース表	. 1-35
表	1.2.2	Ayutthaya Bypass の整備のみを実施した場合の浸水図	. 1-36
表	1.2.3	Ayutthaya Bypass の整備のみを実施した場合の浸水面積比較	. 1-37
表	1.3.1	変更事項一覧	. 1-38
表	1.3.2	検討ケース一覧	. 1-38
表	1.3.3	二次設定河道諸元	. 1-47
表	1.4.1	河口処置の比較案	. 1-56
表	1.5.1	検討条件	. 1-58
表	2.3.1	放水路線形の評価項目	2-3
表	2.3.2	ケース1の評価内容	2-4
表	2.3.3	ケース 2 の評価内容	2-9
表	2.3.4	ケース3の評価内容	. 2-14

## 表 目 次

表	2.3.5	ケース4の評価内容
表	2.4.1	放水路線形の評価結果
表	3.1.1	調査項目とその目的
表	3.2.1	土質試験方法一覧
表	3.3.1	地質層序と特徴
表	3.3.2	放水路掘削土活用の判断基準
表	3.3.3	生石灰配合試料(粘土 2:砂 1+生石灰 5%、7%、9%)の CBR 試験結果 3-19
表	3.3.4	三軸圧縮試験(CUB)結果一覧表
表	3.3.5	手混ぜ試料(1.5~2.0 cm)の一軸圧縮試験結果
表	4.2.1	区間分割
表	4.2.2	検討断面
表	4.2.3	既往の土質調査における室内土質試験実施項目リスト4-5
表	4.3.1	北部における土質定数の設定値 4-13
表	4.3.2	中央部における土質定数の設定値4-20
表	4.3.3	南部における土質定数の設定値
表	4.3.4	設計土質定数
表	4.3.5	無対策時の検討結果
表	4.4.1	軟弱地盤対策工法の選定
表	4.4.2	対策工諸元 4-46
表	4.4.3	強度増加量の算定
表	4.4.4	南部区間における工法比較
表	4.5.1	放水路事業費
表	4.5.2	放水路事業費算定結果
表	5.2.1	各水位観測所での水位データの所在(1/5)5-4
表	5.2.2	各水位観測所での水位データの所在(2/5)
表	5.2.3	各水位観測所での水位データの所在(3/5)5-5
表	5.2.4	各水位観測所での水位データの所在(4/5)5-5
表	5.2.5	各水位観測所での水位データの所在(5/5)5-5
表	6.1.1	車線数及びインターチェンジ・側道位置(第3次外郭環状道路 東区間)6-4
表	6.1.2	第3次環状道路 概算事業費総括表 6-7
表	6.2.1	道路盛土の残留沈下抑制工法の検討6-11
表	6.2.2	放水路掘削時現地発生土(粘土)の道路盛土材への転用(配合例) 6-13
表	6.2.3	現地発生土の利用の有無による道路盛土(路床・路体)費用項目の比較
表	6.2.4	一体化施工における補助工法選定理由の要点
表	6.2.5	第3次環状道路の施工区分の提案 (Tentative)

表	6.2.6	施工区分ごとの施工法の提案及び詳細設計時の留意点	6-17
表	6.4.1	道路単独建設費	6-22
表	6.4.2	一体化事業費	6-23
表	6.4.3	一体化による DOH の負担減額	6-23
表	6.4.4	価格積上げ結果表 (Case a. b. c. d.~f.)	6-24
表	6.4.5	Type-A ~ Type-C の概算工事費	6-25
表	7.1.1	主要工事数量(外郭環状道路放水路)	
表	7.3.1	施工可能日数	
表	7.6.1	施工区間	
表	7.9.1	地盤改良工事数量(小工区 500m あたり)	<b>7-</b> 14
表	7.9.2	掘削工工事数量(小工区 500m あたり)	7-16
表	7.9.3	粘性土と砂の混合方法	
表	7.9.4	ストックパイルの面積と容量 (Area and volume of stock pile)	
表	7.9.5	ストックパイル造成日数算定表(日作業時間7時間の場合)	
表	7.9.6	ストックパイル造成日数算定表(日作業時間 24 時間の場合)	
表	7.9.7	含水比測定計画表	
表	7.9.8	天日乾燥による粘性土の含水比の低減状況(測定結果)	
表	7.9.9	含水比を最適含水比24%に低減させるため必要な天日乾燥日数(	(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)
			<b>7-</b> 34
表	7.9.10	プラントミキシング工事数量(小工区 500m あたり)	7-38
表	7.9.11	放水路堤防・道路盛土工事数量(小工区 500m あたり)	
表	7.10.1	小工区における各施工段階での工事日数(北部)	
表	7.10.2	小工区における各施工段階での工事日数(中部)	
表	7.10.3	小工区における各施工段階での工事日数(南部)	
表	7.10.4	工区における施工工程	
表	8.1.1	騒音レベルの影響を受けやすい地域(太字の24ヶ所の集落等).	
表	8.2.1	EIA を必要とする事業の種類等(35 種)	8-5
表	8.3.1	外郭環状道路放水路の計画時に配慮すべき支障物件	8-9
表	9.1.1	下流端水位の諸元	
表	9.1.2	各ケースの最大浸水深図(100年確率)	9-10
表	9.1.3	各ケースの最大浸水深図(50年確率)	9-11
表	9.1.4	各ケースの最大浸水深図(30年確率)	9-12
表	9.1.5	各ケースの最大浸水深図(10年確率)	9-13
表	9.1.6	各ケースの最大浸水深図(5年確率)	
表	9.1.7	各ケースの最大浸水深図(3年確率)	

表	9.1.9	浸水面積(Protected Area 内)	. 9-16
表	9.1.10	河道流量(チャオプラヤ川 116km 地点)	. 9-16
表	9.2.1	放水路の概算事業費総括表	. 9-17
表	9.2.2	放水路の概算事業費	. 9-18
表	9.2.3	外郭環状道路の概算事業費比較	. 9-21
表	9.3.1	洪水対策の便益区分	. 9-23
表	9.3.2	2011 年 12 月 1 日時点の被害	. 9-25
表	9.3.3	2011 年洪水セクター別被害額	. 9-25
表	9.3.4	県別業種別従業員一人当たり資産額(固定資産・在庫資産)	. 9-27
表	9.3.5	県別工場資産額(単位:Million THB)	. 9-28
表	9.3.6	製造業セクターにおける被害率(工場資産と在庫資産)	. 9-30
表	9.3.7	県別家計資産額	. 9-32
表	9.3.8	県別一世帯当たり資産額	. 9-33
表	9.3.9	家計セクター被害率	. 9-35
表	9.3.10	2011 年洪水被害額	. 9-36
表	9.3.11	2011 年洪水における製造業・家計セクターと他セクターの直接被害比	と率と
	各セク	7 ターの直接被害・間接被害比率	. 9-36
表	9.3.12	放水路事業費	. 9-37
表	9.3.13	放水路事業費算定結果	. 9-40
表	9.3.14	道路事業費	. 9-41
表	9.3.15	道路事業費算定結果	. 9-42
表	9.3.16	外郭環状道路の維持管理費	. 9-43
表	9.3.17	便益計算表	. 9-44
表	9.3.18	タイ経済実質経済成長率の推移	. 9-44
表	9.3.19	製造業セクターの便益計算表	. 9-45
表	9.3.20	家計セクターの便益計算表	. 9-45
表	9.3.21	便益及び費用	. 9-46
表	9.3.22	放水路事業の各経済指標	. 9-47
表	10.2.1	事業全体の経済評価	. 10-6
表	10.2.2	規模別浸水面積	. 10-8
表	10.2.3	洪水対策の費用便益費の比較対象としたケース	10-19
表	10.2.4	RID の 9 つの事業の事業費(RID 提示資料)	10-20
表	10.2.5	概算事業費	10-20
表	10.2.6	各ケースの事業費	10-21
表	10.2.7	年平均被害軽減期待額算出表(ケース 1)	10-22
表	10.2.8	年平均被害軽減期待額算出表(ケース 2)	10-23

表 10.2.9	費用便益比算定表	. <b>10-2</b> 4
----------	----------	-----------------

## 第1章 水文・水理解析

1.1 浸水解析モデル

#### 1.1.1 浸水解析モデルの概要

事業効果確認のための浸水解析モデルには「タイ王国チャオプラヤ川流域洪水対策プロジェ クト 最終報告書 平成 25 年 9 月」(以降、既往 MP 検討報告書)での MP の検討に使用され た、MIKE FLOOD による平面二次元解析モデル(以降、本モデル)を用いた。モデルの構成は 以下のとおりである。



出典:既往MP 検討報告書

#### 図 1.1.1 浸水解析モデルの概要

次項以降には、各モデルの詳細を既往 MP 検討報告書より整理した。

#### 1.1.2 流出モデル

各流域からの流出量の計算には、NAM Module を用いた。NAM はデンマーク工科大学が開発したタンク型の集中型流出モデルである。表面流、中間流、地下水流を含む4 つのタンクで

流出現象を表現しており、短期および長期の流出現象を解析できる。NAM の概要及びモデル のパラメーターについて下図に示す。



出典:既往MP 検討報告書

図 1.1.2 NAM の概要およびパラメーター

#### (1) 集水域

チャオプラヤ川水系は8つの主要支川から成り、既往MP検討及び本検討においては、流出 解析のために流域を27の小流域に分割した。



出典:既往MP 検討報告書

図 1.1.3 本検討におけるチャオプラヤ川水系の小流域区分

No.	小流域	面積(km <sup>2</sup> )*	主要河川流域
1	Ping_Ngad	1,280	
2	Ping_Kwang	570	Ding
3	Ping_Bhumipl	24,310	ring
4	Ping_D	8,380	
5	Wang_Kew_Kho_Ma	1,350	
6	Wang_Kew_Lom	1,420	Wang
7	Wang_D	8,020	
8	Yom_U	5,580	
9	Yom_M	12,120	Yom
10	Yom_D	6,350	
11	Nan_U	13,130	
12	Nan_M1	5,660	
13	Nan_Kwae_Noi	3,790	
14	Nan_M2	2,310	Nan
15	Nan_M3	3,960	
16	Nan_M4	4,100	
17	Nan_D	1,720	
18	Chao Phraya_U1	4,790	
19	Chao Phraya_U2	1,890	Chao Phraya
20	Chao Phraya_D	17,190	
21	Sakae_Krang	3,480	
22	Tab_Salao_Dam	540	Sakae Krang
23	Tab_Salao_D	880	
24	Pasak_Dam	12,840	Pagalz
25	Pasak_D	2,790	газак
26	Thachin_KraSiew	1,190	Tashin
27	Tha Chin	13,000	raciili
		162,640	

## 表 1.1.1 本検討におけるチャオプラヤ川水系の小流域

\*Shape data of river basin (UTM Zone47) provided by RID. Catchment area is estimated with ArcGIS.

出典:既往MP 検討報告書

## (2) ダム集水域

広い集水域を持つダムを流出モデルに組み込んだ。ダム一覧を表 1.1.2 に、位置図を出典:既 往 MP 検討報告書

図 1.1.4 に示す。

#### 表 1.1.2 本流出モデルで考慮するダム一覧

No	Nomo	Divor	Divor Dogin	Catchment	Storage Volume (MCM)		
INO.	Iname	Kivei	River Dasin	Area(km <sup>2</sup> )	Maximum	Retention	
1	Mae Ngad Somboon Chol	Ping	Ping_Ngad	1,283	325	265	
2	Mae Kwang Udom Thara	Ping	Ping_Kwang	566	263	263	
3	Bhumibol	Ping	Ping_Bhumibol	24,305	13,462	13,462	
4	Kiew Ko Ma	Wang	Wang_Kiew_Ko_Ma	1,354	209	170	
5	Kiew Lom	Wang	Wang_Kiew_Lom	1,422	106	106	
6	Sirikit	Nan	Nan_U	13,131	10,640	9,510	
7	Kwae Noi Bumrung Dan	Nan	Nan_Kwae_Noi	3,793	1,080	939	
8	Pasak Chollasith	Pasak	Pasak_Dam	12,835	960	785	
9	Tab Salao	Sakae krang	Tab_Salao_Dam	543	198	160	
10	Kra Siew	Tha chin	Thachin_Kra_Siew	1,193	363	240	



図 1.1.4 本流出モデルで考慮するダム位置図

#### (3) 降雨量

RID 及び TMD (Thailand Meteorological Department) により観測されている日雨量データを用い、ティーセン法により小流域毎の流域平均雨量を算出した。



図 1.1.5 TMD 気象観測所位置図及びティーセン分割図(46 観測所)

(4) 蒸発量

TMD synoptic station (46 地点) で観測されるパン蒸発量の 80%値をティーセン分割し、各章 流域における日蒸発量として与えた。パン蒸発量は生じうる最大の蒸発量(可能蒸発量) で定 義されるため、蒸発係数(実際の蒸発量/可能蒸発量)を用いて実際の蒸発量に換算した。蒸 発係数の計算は式(1)に従い、シリキットダム、プミポンダム、C2 それぞれの地点における 1980~2011 年の日雨量、ダム流入量、河川流量、蒸発散量データを用いた。

蒸発係数の計算結果はシリキットダムで 0.82、プミポンダムで 0.75、C2 地点で 0.84 であり、 これらの平均値 0.80 を流域全体で用いる値とした。

C(蒸発係数) = 実際の蒸発量/生じうる最大蒸発量(パン蒸発量)

$$= \frac{\sum R - \sum Q}{\sum evap} \qquad (1)$$

#### (5) モデルパラメータ

NAM のパラメータは、1999 年マスタープラン調査時に使われた値を初期値として、キャリ ブレーションを行った。各パラメータの最終値を表 1.1.3、表 1.1.4 に示す。

Area	夕前	्याम	面積	地表面~根群層						
No	白肌	74J / 1	$(km^2)$	U <sub>max</sub>	L <sub>max</sub>	CQOF	CKIF	CK <sub>1,2</sub>	TOF	TIF
1	PING_NGAD		1,283	10	100	0.6	1000	30	0.2	0.3
2	PING_KWANG	Ding	566	20	200	0.6	900	30	0.2	0.3
3	PING_BHUMIPOL	1 mg	24,305	20	800	0.6	300	30	0.2	0.1
4	PING_D		8,383	30	300	0.8	1000	20	0.6	0.6
5	WANG_KIEW_KO_MA		1,354	40	1000	0.6	1000	20	0.2	0.7
6	WANG_KIEW_LOM	Wang	1,422	50	1500	0.9	1000	20	0	0.8
7	WANG_D		8,017	20	100	0.5	800	30	0.4	0.4
8	YOM_U		5,580	20	200	0.3	1000	20	0.2	0.2
9	YOM_M	Yom	12,120	20	200	0.9	500	15	0	0.1
10	YOM_D		6,347	20	300	0.9	1000	150	0.5	0.5
11	NAN_U		13,131	10	1000	0.9	1000	30	0.1	0.4
12	NAN_M1		5,660	10	50	0.5	1000	100	0.2	0.3
13	NAN_KWAE_NOI		3,793	80	130	0.1	1000	100	0	0
14	NAN_M2	Non	2,315	10	100	0.5	1500	100	0.5	0.5
15	NAN_M3	Inan	3,962	10	100	0.5	1500	150	0.3	0.3
16	NAN_M4		4,103	50	500	0.3	1500	150	0.5	0.2
17	NAN_D		1,718	20	500	0.6	1500	150	0.5	0.5
18	CHAOPHRAYA_U1		4,786	30	200	0.3	1000	50	0.7	0.5
19	CHAOPHRAYA_U2	Chaophr	1,894	10	100	0.2	1000	50	0.9	0.3
20	CHAOPHRAYA_D	aya	7,572	10	150	0.5	1500	20	0.7	0.5
21	SAKAE_KRANG	Sakae_	3,482	10	100	0.4	1000	30	0.5	0.5
		Krang								
22	TAB_SALAO_DAM	Tab_Sal	543	30	700	0.3	500	5	0.5	0.99
23	TAB_SALAO_D	ao	882	10	100	0.6	1200	30	0.3	0.3
24	PASAK_DAM	Pasak	12,835	10	1000	0.1	1000	30	0.3	0.5
25	PASAK_D	1 abak	2,657	10	200	0.6	1000	20	0.5	0.5
26	THACHIN_KRA_SIEW	Tachin	1,193	10	300	0.6	1000	20	0.7	0.9
27	THACHIN	racinii	11,169	10	50	0.3	1000	30	0.3	0.3

表 1.1.3 NAM のパラメータ(地表面~根群層)

## 表 1.1.4 NAM のパラメータ(地下水層)

Area	夕前	्ताम	面積	地下水層							
No	1 1 10	7HJ 7H	(km2)	TG	CK <sub>BF</sub>	Carea	Sy	GWL <sub>BF0</sub>	GWL <sub>BF1</sub>	Cq <sub>low</sub>	Ck <sub>low</sub>
1	PING_NGAD	Ping	1,283	0.1	1000	1	0.15	10	0	10	1500
2	PING_KWANG		566	0.1	1000	1	0.15	10	0	10	1500
3	PING_BHUMIPOL		24,305	0.3	1000	1	0.15	10	0	10	1500
4	PING_D		8,383	0.1	500	1	0.15	10	0	10	1500
5	WANG_KIEW_KO_MA	Wang	1,354	0.3	700	1	0.15	10	0	10	1000
6	WANG_KIEW_LOM		1,422	0	1000	1	0.15	10	0	10	1000
7	WANG_D		8,017	0.4	1000	1	0.15	10	0	10	1000
8	YOM_U	Yom	5,580	0.6	700	1	0.1	10	0	50	1000
9	YOM_M		12,120	0	500	1	0.05	10	0	50	8000
10	YOM_D		6,347	0.1	1000	1	0.05	10	0	50	1000
11	NAN_U	Nan	13,131	0.1	800	1	0.2	10	0	0	10000
12	NAN_M1		5,660	0.4	600	1	0.15	10	0	0	10000
13	NAN_KWAE_NOI		3,793	0.5	200	1	0.05	10	0	0	10000
14	NAN_M2		2,315	0.1	1500	1	0.05	10	0	0	10000
15	NAN_M3		3,962	0.4	1500	1	0.05	10	0	0	10000
16	NAN_M4		4,103	0.5	1500	1	0.05	10	0	0	10000
17	NAN_D		1,718	0.1	1000	1	0.05	10	0	0	10000
18	CHAOPHRAYA_U1		4,786	0.1	1000	1	0.05	10	0	0	10000
19	CHAOPHRAYA_U2	Chaophr	1,894	0.1	1000	1	0.05	10	0	0	10000
20	CHAOPHRAYA_D	aya	7,572	0.1	500	1	0.1	10	0	0	10000
21	SAKAE_KRANG	Sakae_K	3,482	0.1	500	1	0.1	10	0	0	10000
		rang									
22	TAB_SALAO_DAM	Tab_Sal	543	0.5	500	1	0.1	10	0	0	10000
23	TAB_SALAO_D	ao	882	0.3	800	1	0.1	10	0	0	10000
24	PASAK_DAM	Pasak	12,835	0.1	800	1	0.15	10	0	0	10000
25	PASAK_D		2,657	0.1	1000	1	0.1	10	0	0	10000
26	THACHIN_KRA_SIEW	Tachin	1,193	0.1	400	1	0.1	10	0	0	10000
27	THACHIN		11,169	0.8	300	1	0.1	10	0	0	10000

出典:既往MP 検討報告書

#### 1.1.3 河道網モデル

河道の水位流量計算には一次元不定流モデル(MIKE11)を用いた。

### 表 1.1.5 河道網モデルの概要

項目	内容
水理モデル	一次元不定流解析 (ダイナミックウェーブモデル)
MEL / /	DHI-MIKE11 HD module
河道網	図 8.3.18 参照。
河滨艇型	RID から提供された 2005 年および 2006 年測量成果
们担例阻	JST が実施した 2012 年測量成果
構造物	大規模ダム、水門など
	上流端:流出モデルで計算されたハイドログラフ、またはダム
境界条件	からの放流量の実績値
	下流端 : 潮位の観測データ

出典:JICA 調査団作成

### (1) 計算対象河道

計算対象河川の一覧を表 1.1.6 に示す。基本的には、横断測量が実施されている河川を全て 対象とした。 ただし、Chainat-Ayutthaya 水路はチャオプラヤ川の左岸川に沿って流下しており、氾濫流に 影響を及ぼさないため、対象とはしない。また、タチン側西部に位置するメクロン川は、灌漑 用水路によりタチン川と接続しているが、2006年洪水において、タチン川との水位相関が見ら れなかったため、灌漑用水路も含め、対象外とした。

No.	河川名	2012年 調査	1999年 調査	備考
1	Chao Phraya	Yes	Yes	
2	Ping	Yes	Yes	
3	Wang	Yes	-	
4	Yom	Yes	Yes	
5	Nan	Yes	Yes	
6	Sakae Krang	Yes	-	2005 年調査時の河川名は Mae Wong.
7	Tub Salao	Yes	-	
8	Tachin	Yes	Yes	
9	Noi	Yes	Yes	
10	Lop Buri	Yes	Yes	
11	Bang_Kaeo	Yes	Yes	
12	Pasak	Yes	Yes	
13	Chainat-Pasak Canal	Yes	-	according to the state of the s
14	Phong-Peng Canal	Yes	Yes	2005 年調査時の河川名は Bang Luang
15	Yom Koa River	Yes	-	
16	Bang Ban Canal	Yes	-	and a fet some iss is of itilities
17	Bonlue Canal	Yes	-	2012 年 JST による調査
18	Chao Chet Bang Yi Hon Canal	Yes	-	同上
19	Mahashat Canal	Yes	-	同上
20	Machanthao Uthong Canal	Yes	-	F)
21	Pasicharoen Canal	Yes	-	同上
23	Phra Phimon Canal	Yes		同上
24	Prawetburiom East Canal	Yes	-	同上
25	Prawetburiom West Canal	Yes	-	同上
26	Prem Prachkon Canal	Yes	-	同上
27	Raphiphat Canal	Yes	-	同上
28	Raphiphat Yeak Tok Canal	Yes	-	同上
29	Rung Sitprayunsak Canal	Yes	-	同上
30	Saen Saep East Canal	Yes	-	n 1:
31	Saen Saep West Canal	Yes	-	同上
32	Sai Si Canal	Yes	-	同上
33	West Raphiphat Canal	Yes	-	同上

表 1.1.6 計算対象河川一覧

出典:既往MP 検討報告書

#### (2) 横断データ

RID より提供された断面データー覧を表 1.1.7 に示す。また、既往 MP 検討において追加調 査した横断測量位置図を出典:既往 MP 検討報告書

図 1.1.6 に示す。

上述のとおり、測量成果が存在する河道については基本的に一次元不等流計算に組み込むものとした。加えて、ヨムコア川・ヨムナン水路等の洪水管理上重要である(RID 指摘より)河川・水路についてもモデルに組み込んでいる。

表 1.1.7	使用断面データ	(RID 提供)
---------	---------	----------

河川/水路	測量年	距離(km) <sup>*</sup>
Chao Phraya River	0-141km (2006) 141-379km (2005)	379
Ping River	2005	256
Wang River	2005	236
Yom River	2005	597
Nan River	2005	449
Sakae Krang River	2005	141
Tub Salao River	2005	99
Tachin River	2006	318
Noi River	2005	166
Lop Buri River	2005	99
Bang_Kaeo River	2005	15
Pasak River	2005	102
Chainat-Pasak Canal	2005	166
Phong-Peng Canal	2005	13
Bang Ban Canal	2005	17
	<ul> <li>河川/水路</li> <li>Chao Phraya River</li> <li>Ping River</li> <li>Wang River</li> <li>Wang River</li> <li>Yom River</li> <li>Nan River</li> <li>Sakae Krang River</li> <li>Tub Salao River</li> <li>Tachin River</li> <li>Noi River</li> <li>Lop Buri River</li> <li>Lop Buri River</li> <li>Bang_Kaeo River</li> <li>Pasak River</li> <li>Chainat-Pasak Canal</li> <li>Phong-Peng Canal</li> <li>Bang Ban Canal</li> </ul>	河川/水路測量年Chao Phraya River0-141km (2006) 141-379km (2005)Ping River2005Wang River2005Wang River2005Yom River2005Sakae Krang River2005Sakae Krang River2005Tub Salao River2005Tachin River2005Noi River2005Lop Buri River2005Bang Kaeo River2005Chainat-Pasak Canal2005Phong-Peng Canal2005Bang Ban Canal2005

\*距離は 2005 年、2006 年調査時の区間距離から算出した。チャオプラヤ川およびタチン川の下流部の一部を除いて、1,000m 間隔で測量が行われている。



出典:既往MP 検討報告書

図 1.1.6 既往 MP 検討における横断測量追加調査地点

低平地においては、河川・水路に沿って、自然堤防(本堤)と灌漑用水路に沿って築かれた 堤防道路(二線堤)が存在する。二線堤が築かれている範囲については、基本的にLPデータを 用いてデータを補間し、二線堤の効果をモデルに反映した。LPデータが不足している箇所につ いては、データが得られている上下流の二線堤高さから内挿して高さを与える等の対応をして いる。



出典:既往MP 検討報告書

図 1.1.7 二線堤の位置図

#### (3) 粗度係数

各河道の粗度係数は、低水路・高水敷を分けて設定した。低水路における設定は 1999 年マス タープラン調査時の値を参考に設定した。高水敷における設定は、低水路粗度の3倍を初期値 とし、2011 年洪水再現計算によるキャリブレーションにより最終的な設定をした。

No	Piwar	Pooch(km)	Resistance (Manning <i>n</i> )			
INO.	Kivei	Keach(Khii)	Low flow zone	High flow zone		
		0~141	0.022	0.066		
1	CHAOPHRAYA	142 ~ 225	0.033	0.099		
		226 ~ 379	0.040	0.120		
		0~43	0.028	0.084		
2	PING	44 ~ 135	0.033	0.099		
		136 ~ 256	0.050	0.150		
3	WANG	$0 \sim 286$	0.033	0.099		
4	NOM	$0 \sim 260$	0.033	0.099		
4	YOM	261 ~ 597	0.050	0.150		
-	NAN	0~129	0.050	0.150		
5		130 ~ 449	0.040	0.120		
6	SAKAE KRANG	0~141	0.033	0.099		
7	TUB SALAO	0~99	0.033	0.099		
8	THACHIN	0~318	0.033	0.099		
9	NOI	0~166	0.029	0.087		
10	LOP BURI	0~99	0.029	0.087		
11	BANG KAEW	0~15	0.029	0.087		
12	PASAK	$0 \sim 107$	0.033	0.099		
13	CHAINAT-PASAK Canal	0~166	0.033	0.099		
14	PHONG PEN Canal	0~13	0.029	0.087		
15	BANG BAN Canal	0~17	0.029	0.087		
-	Other Canals	-	0.033	0.099		

## 表 1.1.8 河道粗度係数の設定値

#### (4) 構造物

## 1) 堰

モデルに組み込んだ堰の一覧を表 1.1.9 に示す。

				Discharge regulation			Gate informat		nation	
No.	T YPE	NAME	RIVER (CANAL)	(m <sup>3</sup> /s)	POINT_X	POINT_Y	Number	Wide	Height	
1	Regulator	HAD SAPAN CHAN RE.	Yom River	1804	587700	1918800	5	12.00	10.25	
2	Regulator	KLONG HOK BAHT RE.	Hok Baht Canal (Conneting Yom River to Yom-Nan	280	585800	1921400	3	6.00	6.00	
3	Regulator	YOM NAN RE.	Yom-Nan Diversion Channel	100	589900	1920600	3	6.00	5.00	
4	Regulator	YOM KAO RE.	Yom Koa River (Old Yom River)	180	589900	1920100	4	6.00	5.00	
5	Regulator	DR.15.8 YOM RE.	DR15.8 Canal (connecting Yom and Nan)	60	622775	1852906	2	6.00	4.00	
6	Regulator	YANGSAI RE.	Yom River	630	587700	1873985	7	6.00	6.00	
7	Regulator	NARESWAN DAM	Nan River	1600	626217	1884844	5	12.50	7.60	
8	Regulator	DR.15.8 NAN RE.	DR15.8 Canal (connecting Yom and Nan)	80	633500	1842900	5	3.55	4.00	
9	Regulator	DR2.8 RE.	DR2.8 Canal (connecting Yom and Nan)	360	633466	1837686	4	6.00	7.00	
10	Regulator	MAKHAMTHAD-UTONG RE	MAKHAMTHAD -UTONG CANAL	35	614167	1683281	6	1.75	2.00	
11	Regulator	PHONLATEP RE. (POLLATHEP RE.)	SUPHAN RIVER (connect to Tha Chin river)	318	615202	1682487	4	6.50	7.30	
12	Regulator	BARROMTAT RE(BORROMTAT RE.)	NOIRIVER	260	624200	1675700	4	6.00	6.00	
13	Regulator	MANOROM RE.	CHAINAT PASAK CANAL	210	618411	1695021	6	6.00	3.50	
14	Diversion Weir	CHAO PHRA YA DAM	CHAOPHRA YA RIVER	3300	626783	1676221	16	12.50	7.50	
15	Regulator	MAHARAJ RE.	CHAINAT A YUTHA YA CANAL (=BANG_PRANAKHON)	75	626050	1676403	6	6.00	2.50	
16	Regulator	RAMA VI BARRAGE (PHRARAM 6 DAM)	PASAK RIVER	1800	690100	1609950	6	12.50	7.80	
17	Regulator	PHRA NARAI RE.	RAPI PAT Canal (discharged into EAST BANK PROJECT	150	690115	1609945	8	4.20	3.56	
18	Regulator	LOPBURI RE.	LOPBURI RIVER	270	652500	1643595	4	6.00	9.20	
19	Regulator (Drainage)	BAN CHOM SRI RE.	Drainage Canal in Mahajaj Project Area	120	641856	1664819	3	4.00	6.50	
20	Regulator	PAKHAI RE.	NOIRIVER	150	648206	1597023	3	6.00	6.00	
21	Regulator	LAD CHADO RE.	SUPAN4 Canal (connecting Ta Chin and Noi)	80	647063	1599918	3	6.00	5.00	
22	Regulator	PHO PHRAYA RE.	THA CHIN RIVER	318	620776	1606925	2	12.50	6.00	
23	Regulator	SAM CHUK RE.	THA CHIN RIVER	318	617300	1633200	2	12.50	7.00	
24	Regulator	BANG PLA MAA RE.	SUPAN4 CANAL (connecting Ta Chin and Noi)	78	625861	1592477	3	6.00	4.80	

### 表 1.1.9 モデルに反映される堰諸元一覧

出典:既往MP 検討報告書

## 2) ダム

ダムについては、表 1.1.10 に示すダムの貯水機能を考慮した。

2011 年洪水の再現計算では、実績放流量を、対策の比較検討計算においては提案する操作改善ルールに基づいた放流量を、解析上の境界条件とした。

				Storage (MCM)		Maximum	
No	Туре	Name	River (Canal)	Maxim um	Retention	Release (m <sup>3</sup> /s)	Remarks
1	Dam	Bhumibol Dam	Ping River	13,462	13,462	-	Calibration of runoff from upstream of dam was completed.
2	Dam	Sirikit Dam	Nan River	10,640	9,510	-	Calibration of runoff from
3	Dam	Kwae Noi Bumrung Dan	Nan River	1,080	939	-	upstream of dam was
4	Dam	Pasak Chollasith Dam	Pasak River	960	785	-	completed. Actual release
5	Dam	Tab Salao Dam	Sakae Kurang River	198	160	-	water from dams is employed as upstream
6	Dam	Kra Siew Dam	Ta Chin River	363	240	-	boundary condition.
7	Regulator	Phonlatep Regulator (POLLATHEP RE.)	Suphan River (connect to Ta Chin river)			360	Observed discharge through the regulator was re-created well.
8	Regulator	Barromtat Regulator (BORROMTAT RE.)	Noi River			260	
9	Regulator	Manorom Regulator.	Chainat Pasak Canal			210	
10	Diversion Weir	Chao Phraya Dam	Chao Phraya River			3,300	Water level and discharge at C.13 station located downstream of the Chao Phraya dam was re-created.
11	Regulator	Phra Narai regulator	Rapipat Canal (discharged into East bank project area)			150	Observed discharge through the regulator was re-created.
12	Regulator	Pakhai Regulator	Noi River			150	

## 表 1.1.10 モデルに反映されるダム諸元一覧

出典:既往MP 検討報告書

#### 3) ポンプ

ポンプについては、大小全てのポンプ場をモデルに反映することが困難であるため、排水域 内な複数のポンプ場を統合し、排水能力の合計値を主要な水路に与えた。モデルに反映される ポンプの一覧を表 1.1.11 に、位置図を図 1.1.8 に示す。

ただし、ポンプの運用実績が不明であるため、各ポンプの最大能力で排水するものとし、水 路が満杯になる程度まで水位が上昇した際に運転を開始し、水位が一定の高さまで下がった時 点で運転を停止するものとした。

## 表 1.1.11 モデルに反映されるポンプ諸元一覧

No	Outlat		Domorlya		
INO	Outlet	Permanent	Semi-permanent	Total	Kelliaiks
	Chao Phraya R.	167.2	54.0	221.2	
	Nakorn Nayok R.	33.6	54.0	87.6	
Fact	Bang Pakorn R.	101.6	90.0	191.6	
Last	Gulf	336.8	48.0	384.8	
	Internal drain	136.0	114.0	250.0	
	Subtotal	639.2	360.0	999.2	
West	Chao Phraya R.	53.0	93.0	146.0	
	Tha Chin R.	276.4	267.0	543.4	
	Internal Drain	1.6	-	1.6	
	Sub-total	329.4	360.0	689.4	
Total		968.6	720.0	1,688.6	

出典:既往MP 検討報告書



出典:既往MP 検討報告書

## 図 1.1.8 モデルに反映されるポンプ位置及び設定

(5) 境界条件

#### 1) 上流端流量

河川の上流端やダムサイトにおいては、流出計算結果の流量ハイドロやダムからの放流量を 上流端流量として与えた。

#### 2) 残流域からの流入

残留域からの流入がある河道については、流出解析結果による流出量を河道に沿って等しく 流入してくるもとして設定した。



出典:既往MP 検討報告書

#### 図 1.1.9 残留域からの流出量の流入設定

#### 3) 下流端水位

下流端水位はタイ湾の潮位を与えるものとした。タチン川・チャオプラヤ川それぞれの下流 端条件に対応する観測所を示す。

表	1.1.12	下流端水位と	して設定し	した観測所
---	--------	--------	-------	-------

境界地点	地点	潮位観測所
下法理	タチン川河口	Samut Sakon
目初時	チャオプラヤ川河口	Pomprachul

ただし、痕跡調査結果より、各観測所潮位データは実際の潮位より高い数値を示していることが分かっており、Pom Phrachul で 16cm、Samut Sakon で 34cm 観測値より差し引いた値を計算に用いた。



図 1.1.10 下流端潮位ハイドロ

#### (6) 破堤

2011 年洪水では、図 1.1.11 に示す地点、チャオプラヤ川左岸沿いのおよそ 10 地点で破堤が 生じた。氾濫が生じると下流へ流下する河道流量が減少するため、再現計算において、破堤を 考慮した。

本モデルにおいては、破堤現象をシミュレーションするため、破堤地点に越流堤を設定し、 河川水位が越流高を上回ると河川水が低内地に氾濫する。越流幅は 2011 年洪水の実際の破堤状 況を参考に設定した。



図 1.1.11 2011 年洪水での破堤地点



出典:JICA 調査団作成

図 1.1.12 河道網モデル図

#### 1.1.4 氾濫モデル

堤内地における氾濫流の解析には、二次元不定流モデルを用いる。二次元不定流モデルの概 要およびイメージ図を表 1.1.13、図 1.1.13 に示す。

項目	内容
ソフトウェア	DHI-MIKE-FLOOD
グリッドサイズ	2,000m
モデル化範囲	X: 338,000 - 838,000 Y: 1,460,000 - 2,210,000 (座標系: WGS84 UTM Zone 47N)
標高	2012 年に実施された空中測量成果(LiDAR)をもとに平均地盤高を設定
粗度係数 2010年の土地利用状況をもとに設定(LANDAST 2009~2010年)	
連続構造物	主要道路、King's Dike (バンコク)、Surrounding dike (主要都市) 構造物の高さは LiDAR データをもとに設定

表 1.1.13 氾濫モデルの概要

出典:JICA 調査団作成



出典:既往MP 検討報告書

#### 図 1.1.13 氾濫解析モデルのイメージ図

#### (1) 地盤高データ

地盤高は、JICA LiDAR チームによる 2012 年の航空レーザー測量結果を使用した。一部 LiDAR データが提供されない地域については、1/50,000 地形巣の点データを用いて保管している。

計算メッシュは、計算対象エリアが非常に広いことを考慮し、2km メッシュとした。
# 表 1.1.14 標高データ諸元

項目	内容	備考
測量期間	2012年3月	
解像度	観測密度:1地点/4m <sup>2</sup>	本調査では、グリッドサイズを 2,000 m とする。
範囲	X: 396,000 - 808,000 m Y: 1,460,000 - 2,044,000 m *座標系: WGS1984 UTM Zone 47N	セキュリティー上、軍の管轄エリアにおける標 高データは提供されなかった。このエリアおよ び LiDAR データの範囲外のエリアについては、 1/50,000 地形図の点データを用いて補完した。

出典:JICA 調査団作成





### (2) 氾濫原の粗度係数

LANDSAT2011 から得られる土地利用状況(2009~2010 年に実施)をもとに、粗度係数を設定した。一つのメッシュに 2 つ以上の土地利用区分が含まれている場合は、それぞれの土地利用の面積比率に応じた粗度係数を設定した。

土地利用	粗度の標準値
農地	0.060
道路	0.047
その他	0.050

表 1.1.15 氾濫源の粗度係数(標準値)



 $n = \frac{0.060 \times Area1 + 0.047 \times Area2 + 0.050 \times Area3}{Area1 + Area2 + Area3}$ 

出典:既往MP 検討報告書

#### 図 1.1.15 粗度係数の算出方法

#### (3) 連続構造物

都市域における主要な連続構造物は、氾濫流の挙動に影響するため、氾濫モデルに反映した。

## 表 1.1.16 モデルに反映した連続構造物

種類	名前	内容
	Kings Dike	総延長: 156km
	Kings Dike	高さ: 0~3 (m MSL)
坦防	Ring Dilto	総延長: 530km
步的	King Dike	高さ: 0~4 (m MSL)
	经济共产	総延長: 126km
	程/[地区	高さ: 0~3 (m MSL)
ざ取	主要国道 Route number 1、2、3、	総延長: 1,376km
111-111	4、7、9ほか.	高さ: 0~4 (m MSL)

出典: JICA 調査団作成

#### (4) 浸透量

本モデルでは土壌への浸透量および小規模水路からの排水量を考慮し、各グリッドで 10mm /日が浸透するものとした。

#### (5) 蒸発量

浸水時に氾濫源からの蒸発を考慮した。蒸発量は、TMD synoptic station (46 地点) で得られ るカバー範囲をティーセン法で設定し、各グリッドに設定した。ティーセン分割は図 1.1.5 を 参照されたい。

#### 1.1.5 浸水解析モデル(MIKE FLOOD)のバージョンでの解析結果の差

既往検討の際に公開されていた最新の MIKE FLOOD は 2011 年 ver.であり、浸水解析につい てもこのプログラムを用いて実施している。今回の検討では当初、MIKE FLOOD の最新版であ る MIKE FLOOD 2016 年 ver.を用いて計算を行う予定であったが、MIKE FLOOD 2011 年 ver.と 2016 年 ver.では溢水・越水した流水の挙動が大きく異なっていたため、浸水範囲・浸水深が既 往検討結果と大きく異なった。

このため、今回の検討では浸水解析プログラムとして MIKE FLOOD 2011 年 ver.を用いることとした。

以下に 2011 年洪水再現計算における MIKE FLOOD 2011 年 ver.と 2016 年 ver.の流水の挙動の 差と浸水範囲・浸水深、河道水位縦断の差を示す。

■浸水域での挙動の違い

MIKE FLOOD 2011 年 ver.と 2016 年 ver.では氾濫原での流水の挙動の差が生じている。具体的には、以下のような違いが生じている。

- 図 1.1.16 に赤丸で示した箇所で、2016 年 ver.では氾濫原から河道に流入する流れ が卓越しているが、2011 年 ver.では氾濫原でほぼ同程度の浸水深があるにもかかわ らず、河道に流入する流れがほとんどない
- ・ 図 1.1.18 のような計算の発散も生じており、これは河道からの溢水・越水による 1 次元不定流モデルと平面 2 次元モデル間での不安定性が要因であると推定





図 1.1.16 浸水域での挙動の違い(上: 2011 年 ver.、下: 2016 年 ver.)





■解析結果の違い

表 1.1.17 にバージョンの違いによる浸水範囲・浸水深の違いを示す。また、チャオプラヤ川 本支川の水位縦断図についても表 1.1.18~表 1.1.23 に示す。



図 1.1.18 距離標と平面位置の関係



1-28



表 1.1.18 チャオプラヤ川におけるピーク水位・流量縦断図



表 1.1.19 Ping 川におけるピーク水位・流量縦断図

出典:JICA 調査団作成



表 1.1.20 Yom 川におけるピーク水位・流量縦断図



表 1.1.21 Nan 川におけるピーク水位・流量縦断図



表 1.1.22 Pasak 川におけるピーク水位・流量縦断図



表 1.1.23 Tachin 川におけるピーク水位・流量縦断図

出典:JICA 調査団作成

#### 1.2 RID 計画との洪水低減比較(アユタヤバイパス優先整備の影響)

RID では整備延長が短い Ayutthaya Bypass の整備を優先させる計画がある。治水整備は、下流から整備していくことが原則であり、Outer Ring Road Diversion C. より先に Ayutthaya Bypass を整備した場合、Outer Ring Road Diversion C. 下流で浸水被害が助長される恐れがある。

このため、Ayutthaya Bypass の整備のみを実施したケースについても浸水解析を実施した。検討 ケースは以下の3ケースである。

Case A : JICA MP

Case B: Ayutthaya Bypass のみ

Case C: Ayutthaya Bypass および Outer Ring Road Diversion C.未整備

Case A	Ayutthaya Bypass および Outer
	Ring Road Diversion C.
Case B	Ayutthaya Bypass のみ
Case C	共通対策のみ
	<ul> <li>経済重要地域の周囲堤の嵩上げ</li> </ul>
	・ 堤防建設(チャオプラヤ川下流)
共通	・ 堤防嵩上げ(タチン川下流)
	・ 4 捷水路(タチン川下流)
	・ 既存ダムの運用ルール改善

表 1.2.1	検討ケ	ース表

出典:JICA 調査団作成

解析結果は以下のとおりである。

- Case C では Protected Area 内での浸水面積は 412km2 であり、Ayutthaya Bypass が 整備される(Case B) ことにより、約 200km2 の浸水面積削減効果あり
- ・ 但し、Case B の Ayutthaya Bypass の優先整備では Chaophraya 川下流の水位が整 備前よりも上昇し、DHWL 程度まで水位が上昇 (超過洪水時には Chaophraya 川下流での氾濫リスクが Ayutthaya Bypas 先行整備で 増大するおそれ有り)
- Ayutthaya Bypass および Outer Ring Road Diversion C.の整備(Case A) により、 Chaophraya 川の水位はほぼ全ての区間で DHWL を下回り、Protected Area 内の浸水 をほぼ防ぐことが可能

以上より、Ayutthaya Bypass を優先整備することにより浸水の軽減効果が得られるものの、下流 域の治水安全度が低下すること、超過洪水(1/100 確率規模以上の洪水)が発生した場合に Ayutthaya Bypass 優先整備により下流域の被害を助長する可能性があることから、Ayutthaya Bypass に優先し て Outer Ring Road Diversion C.の整備を進めることが望ましい。





出典:JICA 調查団作成

(km <sup>2</sup> )	Protected Area 外	Protected Area	全体	500m	n³/s ケースと	の差
Case A	14,783	13	14,796	P Area 外	P Area	全体
Case B	14,831	217	15,048	48	204	252
Case C	14,904	412	15,316	121	399	520

表 1.2.3 Ayutthaya Bypass の整備のみを実施した場合の浸水面積比較



出典: JICA 調查団作成



## 1.3 外郭環状道路放水路の断面検討

## 1.3.1 検討ケース

DOH 計画ルートを踏まえて修正した縦断勾配(延長とチャオプラヤ川の分派点での高さを修 正)より横断面の修正検討を実施した。検討ケースはの3ケースである。ただし流下流量はす べて 500m<sup>3</sup>/s とした。



図 1.3.1 Outer Ring Road のルート

表 1.3.1 変更事項一覧

変更項目	MP バレート	DOH 計画ルート
延長 (km)	98.4	114.2
上流端 DHWL(m)	4.2	4.5

表 1.3.2 検討ケース一覧

ケース	検討趣旨
Case 0 :	・ MP 検討時の計画断面(500m³/s 放流案)
(原案)MP計画	
Case 1 :	・ MP計画断面の修正ケース
最大掘削ケース	・ MP 計画縦断の計画水深を踏襲
Case 2 :	
最大拡幅ケース	• MP 計画断面 1000m <sup>3</sup> /s 柔の設定幅で掘削深を浅くしたゲース
Case 3 :	①DHWL の設定方法
掘り込み河道ケース	・ 80km より上流では現況地盤高に沿って計画水位を設定
	<ul> <li>河口から 30km では堤防高・計画水位を一定</li> <li>30 - 001 - ではして流さぬ形ではいだ点さ</li> </ul>
	<ul> <li>30~80km では上下流を緑形で結んに高さ</li> </ul>
	②河床高の設定方法
	<ul> <li>河床勾配:80kmより上流の水面勾配と等しく、1/68,400に設定</li> </ul>
	・ 基準とした河床高:河口 EL-6.0m

検討手順は以下のとおりである。

- ・ 等流計算により、MP計画断面相当の流量を流下できる断面を一次設定
- ・ 一次設定河道に対し MIKE11 を用いて不定流計算を実施し修正断面を設定(二次設 定河道)

## 1.3.2 検討結果

## (1) 等流計算による河道の一次設定結果

等流計算によるルート変更に伴う縦横断計画の修正及び掘削、盛土量は以下の通りであった。

- ・ ルート延長が 98km から 114m へ、約 16% 増加
- ・ 縦断は上流端水位が高くなることで河床勾配が大きく変化しないため、横断も大き く変化せず
- ・ 土量はルート延長程度が増加









## (2) 不定流計算による修正断面設定

## 1) 計算条件

不定流計算の境界条件は以下のとおりであり、粗度係数は等流計算と同じ条件にて設定した。

<下流端水位条件>

- 既往検討:
   下流端水位はチャオプラヤ川河口付近の Pom Prachul 観測地点の潮位変動(図 1.3.2)から最大となる 2.0m で設定
- ・ 今回検討:
   既往検討を踏襲



図 1.3.2 Pom Prachul 観測地点の潮位変動

<上流端流量条件>

•

既往検討:

チャオプラヤ川の河道・氾濫解析で設定している Outer Ring Road Diversion C. への分流ハイドロ(図 1.3.3)を放水路の投入流量として設定

今回検討:

既往検討を踏襲



図 1.3.3 外郭環状道路放水路への放水量(500m<sup>3</sup>/s ケース)

### 2) 最大掘削ケース(MPにおける 500m3/s 案の修正案)の計算結果

i. 一次設定河道における計算結果

図 1.3.4 は、一次設定河道に対する不定流計算結果のピーク水位縦断図であり、図から、 分派点では DHWL に対して 0.46m の余裕がある結果となった。この為、次項において、 掘削高の底上げについて更に検討を行う事とした。

尚、ピーク水位縦断図は、河口から 50km 程度までは下流端水位の影響で水面勾配が 50km 上流より緩やかになる傾向となっている。



図 1.3.4 Outer Ring Road Diversion ピーク水位縦断



図 1.3.5 Outer Ring Road Diversion ピーク流量縦断

#### **ii.** 二次設定河道の設定

二次設定河道は掘削高を一次設定河道より一律底上げし、計算水位が DHWL 以下とな る高さを検討した。図 1.3.6 は断面修正前後のピーク水位縦断図であり、一次設定河道 (Case1)に対し、河床高は 0.8m まで高く設定出来る結果(Case4)となった。修正した二 次設定河道の諸元は、表 1.3.3 の通りである。



表 1.3.3 二次設定河道諸元



図 1.3.6 Outer Ring Road Diversion ピーク水位縦断



出典:JICA 調査団作成

図 1.3.7 Outer Ring Road Diversion ピーク流量縦断

### 3) 最大拡幅ケース(1000m3/s での設定幅を基本としたケース)の計算結果

図 1.3.8 は、1000m<sup>3</sup>/s での設定幅を基本としたケースでのピーク水位縦断図であり、分派点 における DWL に対する余裕は 0.065m と小さい結果となった。この為、更なる断面修正検討は 実施しないこととした。





出典: JICA 調査団作成

図 1.3.8 Outer Ring Road Diversion ピーク水位縦断



出典: JICA 調査団作成

## 図 1.3.9 Outer Ring Road Diversion ピーク流量縦断

### 4) 掘り込み河道ケースの計算結果

図 1.3.10 は堀込み河道とした場合のピーク水位縦断図であり、縦断距離 30~50km における DWL に対する余裕が 0.1m 未満と小さい結果となった。この為、更なる断面修正検討は実施し ないこととした。



出典: JICA 調査団作成

図 1.3.10 Outer Ring Road Diversion ピーク水位縦断



図 1.3.11 Outer Ring Road Diversion ピーク流量縦断

### 1.4 外郭環状道路放水路における河口処理方式の検討

## 1.4.1 河口処理検討上のポイント

河口部の現状を踏まえ、河口処理は以下の観点から検討を実施した。

- · 沖合いからの漂砂により放水路内で堆砂が生じるおそれ
- 沖合い部でも流下能力確保のための掘削が必要であるが、維持浚渫が必要
- ・ 過度な維持管理対策は費用対効果、メンテナンス性から課題

## (1) 堆砂を考慮した掘削基本形状の設定

検討は、堆砂を考慮した掘削基本形状の設定(沖合い掘削範囲、河床掘削高)した上で、基 本形状を踏まえた処理方策について比較検討を行った。

#### (2) 沖合い部における必要掘削範囲の検討

## 1) 掘削方法

沖合い方向の河道幅は、急拡の11度を考慮して設定し、放水路への影響がほぼ解消される掘 削範囲を検討した。尚、掘削下流端における海底地形との縦断的なすりつけは3割にて設定した。



出典: JICA 調査団作成

図 1.4.1 沖合い方向の掘削イメージ

## 2) 検討ケース

日本では沖合い方向の掘削範囲として川幅程度で計画している事例(「千田稔「中小河川計 画」)がある。放水路は水面幅が120m程度であることから、検討は川幅の倍数程度となる以下 のケースを設定した。

・ 沖合い方向:10m、100m、200m、300m

#### 3) 検討条件

- ・ 河道設定範囲:沖合い 500m まで計算範囲を延伸
- ・ 下流端水位:沖合 500m 地点で実績潮位データ(放水路断面の不定流計算条件踏襲) を設定
- ・ 上流端流量:500m3/s 放流時のハイドロにて設定(放水路断面の不定流計算条件踏 襲)
- ・ 河道粗度:延伸部の粗度は放水路部と同じ n=0.025 にて設定

#### 4) 検討結果

図 1.4.2 は、沖合い方向の掘削範囲の違いに対する不定流計算水位の比較図であり、10m で も放水路への影響は軽微な結果となった。これは、干満による影響が大きいために満潮時には 殆ど沖合い方向の掘削は水位へ影響しないことに起因する。

従って、沖合い方向の掘削は、水理的にほぼ不要であり、掘削下流端での縦断的なすり付け 程度で十分と判断された。



図 1.4.2 沖合い方向の掘削範囲の違いによる不定流計算水位

#### (3) 河口部掘削高の修正検討

河口部では掘削深が深くなるほど再堆砂し易く、維持管理労力が増加すると考えられる。このため、DWLを超過せずに河口掘削高を浅く出来る案を以下のケースから検討した。

### 1) 掘削方法

 河口付近の掘削深を EL-6.0m から 0.5m ずつ底上げし、DHWL を超えない河床高を 検討

### 2) 検討条件

・ 基本条件は掘削範囲の検討を踏襲し、沖合い方向の掘削は 100m 掘削したケースを 使用

## 3) 検討結果

不定流計算の結果、計算水位は EL-4.0m となると DWL を超過することから、放水路の河床 高は計算水位が、DWL 未満となる EL-4.5m まで高くすることが可能と判断された。



図 1.4.3 掘削高の違いによる不定流計算水位

## 1.4.2 河口処理案の比較

表 1.4.1 は、放水路河口部で想定される河口処理案であり、「a.掘削案、 b.ポンプ案、 c. ゲート設置案」の3案が主に考えられる。

	。描当资	トポンプ数	「ゲート設置客
イプイン	必要範囲で掘削	空港放水路のようにポンプで洪水流を持ち上 げて沖合い部の掘削を解消する他、沖合いか らの堆砂を抑止	A 案に対して河口にゲートを設置し、沖合 いから漂砂による放水路部での堆砂を抑制
概 ②	<ul> <li>17線</li> <li>放水路</li> <li>加速からの</li> <li>土砂流入に</li> <li>上砂流入に</li> <li>よる再堆砂</li> <li>(すり付け)</li> </ul>		ゲート ゲート カ水路 J フラッシュ ゴ線
長所	初期費用はもっとも安価 ※但し、灌漑のための塩水防止ゲートが別途 必要なため、C 案と事業規模は大きく変わら ないおそれあり	河口部は、現河口地盤高より掘り込まないことから堆砂はほぼ発生しないと考えられる。	<ul> <li>・放水路での堆砂を抑制</li> <li>・ゲート操作で沖合い部の堆砂もある程度 抑制可能</li> </ul>
短所	定期的な維持浚渫が必要	・ポンプ規模や揚程から設置費用は高い	・沖合い部での維持浚渫が必要
主な初期費 用	・掘削(放水路、沖合い)	・掘削(放水路) ・ポンプ場 ・高架水路 ※空港放水路事業費を参考に算出	<ul> <li>・ 掘削(放水路、沖合い)</li> <li>・ ゲート</li> </ul>
維持管理費 用	・浚渫(放水路、沖合い)	・ポンプ稼動費用 ・設備更新	<ul> <li>・浚渫(沖合い)</li> <li>※ゲート操作によるフラッシュで浚渫規模 は軽減</li> <li>・ゲート設備更新</li> </ul>

表 1.4.1 河口処置の比較案

出典:JICA 調査団作成

1-56

#### 1.5 外郭環状道路放水路への分派方式の検討

## 1.5.1 計算方法

越流計算は「本間の正面越流公式」にて算出した。尚、越流形状は横越流形式となるが、分派地点におけるチャオプラヤ川の河床勾配は 1/50,000 程度であるため、「栗城等の式」から横流入ロスは考慮しないこととした。

① 正面越流公式(本間の正面越流公式)

完全越流 (h2/h1 < 2/3) の時 :  $Q_0 = 0.35Bh_1\sqrt{2gh_1}$ 

もぐり越流(h2/h1  $\geq$  2/3)の時: $Q_0 = 0.91Bh_2\sqrt{2g(h_1 - h_2)}$ 



※h1、h2は堰高からの水深とし、h1>h2とする。Bは越流幅である。

出典:JICA 調査団作成



② 横越流公式 (栗城等の式)

本間の越流公式を補正し、横越流公式とした。

$$Q_N = \alpha Q_0 \cos \theta$$
  $Q_S = \alpha Q_0 \sin \theta$ 



ここで、QN、QS は横越流量の越流堰法線/接線方向成分、Q0 は本間の越流公式による正面 越流量である。

本間の正面越流公式による越流量 Q0 を方向角度 θ と補正係数 α で修正することにより横越 流量を定式化したものである。河床勾配 I により流出角度、補正係数を表している。

・I > 1/1,580 の場合 :  $\alpha = 0.14 + 0.19 \log_{10}(1/I), \theta = 48 - 15 \log_{10}(1/I)$ 

・1/1,580  $\geq$  I > 1/33,600 の場合 :  $\alpha = 0.14 + 0.19 \log_{10}(1/I), \theta = 0$ 

・1/33,600 
$$\geq$$
 I の場合 :  $\alpha = 1, \theta = 0$
# 1.5.2 検討条件及び検討条件

検討ケースは、固定堰方式とゲート方式について以下のコンセプトにて諸元を検討した。

- ・固定堰方式:極力放水路への流入頻度を抑えられる堰高
  - (越流堤長を最大確保できる 320m\*としたケース)
- ・ゲート方式:横流入を考慮した最低限必要な川幅

※現地の制約条件による(図 1.5.2 参照)

尚、検討条件は表 1.5.1 のとおりである。

表 1.5.1 検討条件

		固定堰方式	ゲート方式
流量(n	n3/s)		500
越流長	:(m)	320	越流計算より最小となる幅を算出
水谷	本川	EL+4.5	m (DHWL)
<u>/////</u> .	放水路	EL+4.4m (7	不定流計算水位)
地运担	古		0.05
越伽坂	同	歴仇訂 昇より取八となる前さを昇山	(堰高が無いと計算できないため、便宜上設定)

出典:JICA 調査団作成



図 1.5.2 分派地点現地状況

# 1.5.3 検討結果

# (1) 固定堰方式

図 1.5.3 は、現地の制約条件より設定可能な最大越流幅 320m とした場合の計算結果である。 図から、流量 500m3/s を越流させるのに必要な堰高は EL+3.1m 程度となった。

図 1.5.4 は、分派点における確率規模別の水位ハイドロと堰高 EL+3.1m を比較した物である。 図から、流入頻度は概ね3年に1度と判断された。





【横断図】







## (2) ゲート方式

越流計算により必要とされたゲート幅は、50m 程度と放水路部の水面幅 120m の内数となる結果となった。従って、ゲート幅は、放水路の水面幅にて設定した。



# (3) 適切と考えられる分派方式

以上から、固定堰方式でも3年に1度の流入頻度で対応が可能能ではあるが、320mと長くなることから、流入頻度を調整できて平常時利用などにも柔軟に対応できるゲート方式が優位と 判断した。

# 第2章 平面線形の検討

### 2.1 平面線形の方針

第三次外郭環状道路(東側)は、アユタヤ県からパトゥンターニ県を通って、海岸沿いに通じ第三次外郭環状道路(南側)と連絡する全長 97km の道路計画である。第三次外郭環状道路 (東側)は第二次外郭環状道路の外側約15kmに位置する。

外郭環状道路放水路は、この第三次外郭環状道路(東側)に沿って計画されたアユタヤから タイ湾までの全長約110kmの放水路である。JICAは、DOHの第三次外郭環状道路(東側)の 計画に十分な注意と敬意を払いながら検討を進めている。

第三次外郭環状道路(東側)は、2009年8月に既にフィジビリティ調査が完了している。用 地幅は85~100m、3車線のメイン道路上下線(用地幅70m)とサービス道路(両側各15m)に より構成されている。

外郭環状道路放水路の平面線形を検討するにあたっての基本的な考え方は、以下とする。

### 外郭環状道路放水路の機能

- 外郭放水路は、チャオプラヤ川流域で、中上流域の農地と下流域の都市部との バランスを踏まえたマスタープランにおける最も重要なコンポーネントである。
- ・ 外郭放水路の計画流量は 500 m<sup>3</sup>/s とし、最短距離かつ滑らかな線形で、バンコ クの東側を流下させる。
- チャオプラヤ川からの分流点は、アユタヤよりも下流側とする。

### 環境社会面の配慮

- 移転不可の支障物件(寺院、モスク、学校、病院等)は、回避する。
- 移転建物数(家屋、工場等)を最小化する。

### 事業効率性の向上

事業効果の早期発現に向けて、第3次外郭環状道路と外郭放水路を一体的に整備する。

### 2.2 平面線形の抽出

本調査で比較検討を行った4ケースのコンセプトは、以下である。

- ケース1は、道路の外側を放水路が併走し全区間に亘って一体化となる線形である。
   このケースでは移転家屋数が多大となり、また、一部の移転不可な支障物件も回避できない。
- ケース2は、ケース1の一体化の考え方は保持しつつ、放水路が、重要施設を回避し

て、移転家屋数を減少させたケースである。一部、放水路が、道路から 3~5km 程度 離れる区間が生じる。水理面・構造面・環境社会面で、バランスが確保されると考え られる。

- ケース3は、放水路による移転家屋数が最も少なくなるケースである。放水路が、道路から5~10km程度離れる区間が生じる。ただし、一体施工の可能性についての検討が、必要と考えられる。
- ケース4は、外環道路の F/S による線形に拘らず、放水路と外環道路の双方による移転家屋数が最も少なくなるケースである。ただし、道路 FS の大幅な修正、EIA のやり直しが、必要と考えられる。



出典:JICA 調査団作成

# 図 2.2.1 放水路線形の比較ケースの抽出

本調査では、RIDがプロジェクトの事業評価を行う際に用いる4つの評価指標である施工性、 社会性、環境性、経済性に準拠し、比較検討を行った。上記の各ケースの各評価指標における スコアを総合的に勘案した結果、Case2 を最適案として選定した。

各ケースの検討内容は、次頁以降に整理する。

2.3 放水路線形の評価項目

本検討では放水路線形の評価項目を以下のとおりとした。

# 表 2.3.1 放水路線形の評価項目

<b>Evaluation Aspects</b>	Evaluation Items	Description
	Channel Length (D. C.)	Length of the Diversion Channel
	Road Length (R. R.)	Length of the Ring Road
Eugureeung	Structural Condition	Length of soft clay zone (Structural countermeasures are necessary)
	Hydraulic Condition (D. C.)	Efficiency of the flow of the Diversion Channel
1 0	Relocation (House)	Number of possibly relocated houses due to the construction
Social Impact	Relocation (Factory)	Number of possibly relocated factories due to the construction
Environmental Impact	Environmental Impact**	Environmental Impact caused by the Diversion Channel and the Ring Road.
	Land Cost* (D.C. + R.R.)	Land acquisition cost for the Diversion Channel and the Ring Road
Cont and Dansfit	TotalConstruction CostCost(D.C.)	Construction cost for the Diversion Channel
	Construction Cost (R.R.)	Construction cost for the Ring Road
	Benefit**	Benefit to be provided from the Diversion Channel and the Ring Road.
<rating index=""> A: Very Good B: Good C: Fair</rating>		*Note: Relocation cost is not included. **Note: "Environmental Impact" and "Benefit" are going to be surveyed from July 2017. However, the result is expected to be almost same in 4 cases.

出典:RID 内規に基づき JICA 調査団作成

2-3

(1) ケース 1

表 2.3.2 ケース1の評価内容

Vonteore Contraction of the second seco	<ul> <li>The Channel (ex (expected width 1)</li> </ul>	pected width 160 m) 00 m).	runs side by side outsi	de the Road
	♦ Channel Length (	cm)	114	В
	<ul> <li>Road Length (</li> </ul>	cm)	76	A
	<ul> <li>Structural Condit</li> <li>Length of soft cla hereinafter)</li> <li>(Basic design of I</li> </ul>	ion y zone: 44 km (see "So Cs needs to be changed	il Classification Chart" at all 11 sites).	A
	<ul> <li>Hydraulic Condit</li> <li>From diversion pother</li> </ul>	ion of the Channel bint to north part, secur be difficult.	ing vertical gradient of	В
	◆ Number of Reloc	ation		
	• House	Many	(100)*	U
	• Factory	Many	(100)*	
La cardinal de	◆ Environmental In	ipact		1
Cult of Thailand Cuter Ring Road	<ul> <li>Land Cost</li> </ul>	Moderate	(100)*	В

\*Note: Benchmark index number for comparison 出典: JICA 調査団作成





図 2.3.1 ケース 1 の線形 (IC1 及び IC2 付近)

2-5



ケース1においては、IC6付近で移転数が大きくなる。配慮が必要な建物は通過しない。.

図 2.3.2 ケース1の線形 (IC6付近)

2-6



ケース1において、 IC7付近で移転数が大きくなる。配慮が必要な建物は通過しない。

図 2.3.3 ケース1に線形 (IC7 付近)



ケース1において、 ICII 付近で移転数が大きくなる。しかし、配慮が必要な建物は通過しない。

図 2.3.4 ケース1の線形 (ICII 付近)

(2) ケース 2

表 2.3.3 ケース 2 の評価内容

А	*(66)	Low	<ul> <li>Land Cost</li> </ul>	The 3rd Outer Ring Road	-
		pact	Environmental Im	Cute of Trainand	
	(71)*	Moderate	Factory		
a	(60)*	Moderate	House		
α	l between the Channel	tion areas are not generated	<ul> <li>Number of Reloca Narrow &amp; isolated and the Road.</li> </ul>		
A	ured (straight line $\&$	on of the Channel oth alignment is sec	<ul> <li>Hydraulic Conditi</li> <li>Hydraulically smo gentle curve).</li> </ul>		V
A	l Classification Chart" ced from 11 sites to 4	on zone: 43 km (see "Soi t change of ICs is redu 1)).	<ul> <li>Structural Conditi</li> <li>Length of soft clay hereinafter)</li> <li>(Number of design sites (IC5, 9, 10, 1)</li> </ul>		C
А	97	m)	<ul> <li>Road Length (k</li> </ul>		
А	111	(m	Channel Length (k		
th side of the oad by about	l is set apart on the sour on the east side of the R loped residents.	int to IC4, the Channel 1. he Channel is set apart emples and newly deve	<ul> <li>From diversion po Road by about 5kn</li> <li>From IC6 to IC7, tj 3km by avoiding te</li> </ul>	• •	Aut

\*Note: Index number compared to Case 1 出典:JICA 調査団作成





図 2.3.5 ケース 2 の線形 (IC1 から IC5 まで)

出典:JICA 調查団作成



ケース2においては、IC6付近での移転家屋数を減らすために、放水路の線形を東側にシフトさせている。

図 2.3.6 ケース 2 の線形 (IC5 及び IC6 付近)

出典:JICA 調查団作成

2-11



ケース2においては、IC7付近での移転家屋数を減らし、かつ移転不可の支障物件を回避している。

図 2.3.7 ケース 2 の線形 (IC6 から IC10 まで)

出典:JICA 調查団作成

2-12





2-13

図 2.3.8 ケース2の線形 (IC8より南部)

e
ケーメ
$\widehat{\mathbf{e}}$

表 2.3.4 ケース 3 の評価内容

th side of the oad by about	В	Υ	B	A		Α		ı	В
is set apart on the sou a the east side of the r to be checked.	114	97	Classification Chart" ced from 11 sites to 3	rred (straight line &	between the Channel	(51)*	(56)*		(100)*
int to IC4, the Channel 1. the Channel detours or ombined project needs	m)	m)	on zone: 65 km (see "Soil t change of ICs is reduc	on of the Channel oth alignment is secu	tion areas are not generated	Small	Small	pact	Moderate
<ul> <li>From diversion po Road by about 5kn</li> <li>From IC5 to IC7, 10km.</li> <li>Possibility of the c</li> </ul>	◆ Channel Length (k	<ul> <li>Road Length (k</li> </ul>	<ul> <li>Structural Condition</li> <li>Length of soft clay hereinafter)</li> <li>(Number of design sites (IC9, 10, 11))</li> </ul>	<ul> <li>Hydraulic Conditi</li> <li>Hydraulically smc gentle curve).</li> </ul>	<ul> <li>Number of Reloca</li> <li>Narrow &amp; isolated and the Road.</li> </ul>	• House	• Factory	• Environmental Im	<ul> <li>Land Cost</li> </ul>
vorteoro Contraction of the second seco								Guif of Tholland The Sta Outer Ring Road	Case 3 of the Diversion Channel

\*Note: Index number compared to Case 1 出典:JICA 調査団作成

(4) ケース 4

表 2.3.5 ケース4の評価内容

	<ul><li>♦ Fron</li><li>Road</li><li>♦ Fron</li><li>area</li></ul>	n diversion poi d by about 5km n IC5 to IC7, th by about 10km	nt to IC4, the Char . Alignment of the e Channel and the R	nel is set apart on the so Road is adapted to the Ch oad detours on the east si	uth side of the annel. de of the urban
	◆ Chai	nnel Length (kn	(u	114	В
	<ul><li>♦ Road</li></ul>	d Length (kn	(1	102	В
	<ul> <li>◆ Stru</li> <li>• Leng</li> <li>here</li> <li>(FS (</li> </ul>	actural Conditio gth of soft clay : sinafter) of the Road nee	n zone: 65 km (see "' ds to be revised sul	Soil Classification Chart" ostantially.)	В
	<ul> <li>♦ Hyd</li> <li>• Hyd</li> <li>gent</li> </ul>	lraulic Conditio lraulically smoo ile curve).	n of the Channel oth alignment is s	ecured (straight line &	A
	♦ Nun	nber of Relocat	ion		
	• Hous	ISe	Small	(43)*	A
	• Fact	tory	Moderate	(67)*	
Gut of Theiland Legend	<ul><li>◆ Env.</li><li>(EIA)</li></ul>	irronmental Imp A of the Road ne	act eeds to be revised s	ubstantially.)	r
case 4 of the Diversion Claime	◆ Land	id Cost	High	(102)*	С

\*Note: Index number compared to Case 1 出典:JICA 調查団作成

放水路線形の評価結果 2.4 表 2.4.1 放水路線形の評価結果

	Case	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	
	Channel Length (D. C.)	114 km B	111 km A	114 km B	114 km	В
	Road Length (R. R.)	97 km A	97 km A	97 km A	102 km	В
Engineering	Structural Condition (D. C.)	Length of soft clay zone: A 44 km	Length of soft clay zone: A 43 km	Length of soft clay zone: B 65 km	Length of soft clay zone: 65 km	В
	Hydraulic Condition (D. C.)	Not smooth in the north B part	Smooth A	Smooth A	Smooth	A
	Sub-Total Score	B	Α	B	С	
	Relocation of House	Many (100)* C	Moderate (60)* B	Small (51)* A	Small (43)*	A
Social Impact	Relocation of Factory	Many (100)* C	Moderate (71)* B	Small (51)* A	Moderate (67)*	В
	Sub-Total Score	С	B	Α	Α	
Environmental	Impact		Almost same	in 4 cases**		
	Land Cost (D.C. & R.R.)	(100)*	*(66)	(100)*	(102)*	
	Construction Cost (D.C.)	(100)*	(67)*	(108)*	(108)*	
Cost and	Construction Cost (R.R.)	(100)*	(95)*	(94)*	(103)*	
Benefit	Total Cost	Moderate (100)* B	Low (96)* A	Moderate (101)* B	High (105)*	C
	Benefit		Almost sam	e in 4 cases		
	Sub-Total Score	B	Α	B	С	
	Total Score		Α			

\*備考:指数はケース1を 100 としたときの比較を示す。\*\*備考:ケース4の場合は外郭環状道路の EIA の再考が必要である。. *出典:JICA 調査団作成* 

# 第3章 土質調査

### 3.1 はじめに

土質調査は外郭環状道路放水路に沿った地区で、地盤の安定性や、放水路建設に伴い発生す る土砂(バンコククレイと呼ばれる粘性土)の転用性を検討するために行われた。

放水路建設ルートは、カセサート大学の調査により、バンコククレイ(粘性土)の層厚で、Zone B(3~6m)から Zone F(18m 以上)の5段階区分されている(下図参照)。本調査では、B-C Zone, D Zone, E-F Zone の3段階にくくり、それぞれの地域で1か所の土質調査を行った。



出典:カセサート大学の資料をもとに調査団が作成

図 3.1.1 バンコククレイの層厚

調査項目とその目的の一覧を下表に示す。

表 3.1.1	調査項目	とその目的
---------	------	-------

調	查項目	得られる値	目的	利用
ボーリング	標準貫入試験	N 値	自然地盤の強度把 握	地層区分、地盤の 安定検討
	乱した試料によ	土粒子の比重	土の分類	
	る室内土質試験	含水比	土の性質把握	
		液性塑性限界		
		粒度分布		
	乱さない試料に	土の密度	自然地盤の力学的	建設による地盤の
	よる室内土質試	一軸圧縮強度	性質把握	挙動・安定性検討
	験	圧密定数		
		粘着力/せん断角		
ベーン試験		土のせん断強度		
		鋭敏比	土の性質把握	土を乱した場合の 強度低下を検討
ピットの掘	混合土の突固め	突固め曲線	締め固めた混合土	盛土材としての転
削および乱	試験	最適含水比	の強度	用の可能性検討
した試料採		最大乾燥密度	砂の混入割合の決	
取			定	
	混合土のコーン	コーン指数	混合土の強度把握	放水路盛土への転
	貫入試験			用可否検討
	混合土の一軸圧 縮試験	一軸圧縮強度	混合土の強度特性	放水路盛土の安定
	混合十の三軸圧	粘着力/せん断角	把握	性検討
	縮試驗(圧密非			
	排水)			
	生石灰配合	CBR 値	改良土の強度把握	道路盛土(路体・路
	CBR 試験			床材)材への転用
				可能性検討
	セメント配合	CBR 値	改良土の強度把握	道路盛土(路盤材)
	CBR 試験			材への転用可能性
	セメント配合一	一軸圧縮強度	改良土の強度把握	検討
	軸圧縮試験	粘着力/せん断角		

出展:JICA 調査団

### 3.2 調査方法

### (1) 調査ボーリング

調査ボーリングはロータリー式油圧フィード ボーリングマシンを使用しているが、掘削は パーカッション方式の泥水掘りで行われた。掘 削は 1m 置きに標準貫入試験を実施し、地質状 況を把握し、乱さない試料の採取深度を決定し、 乱さない試料の採取は別孔で行った。図 3.2.1 に 掘削方法の概要図を示した。

### (2) 標準貫入試験

標準貫入試験は地盤の固さを判定すると共 に、その地盤のサンプルを採取する試験で、地



層の構成を把握することや、概略の地盤強度を知ることに利用される。掘削ロッドの先端にレ イモンドサンプラーを取り付けて孔底におろし、140 ポンド(約 63.5 kg)の重錘を 75 cmの高さか らロッドの上部に取り付けたノッキングヘッドに自由落下させ 30 cm貫入するのに必要な打撃 回数を N 値として記録するもので、1m 毎に実施した。試験は予備打ち 15 cm、本試験 30 cm、 後打ち 5 cmとした。タイでは、軟弱地盤層に対しては標準貫入試験を実施せず、その代りに乱 さない試料を採取し、圧縮試験を実施する習慣の様であるが、今回は標準貫入試験をすべての 深度で実施した。試験の概要図およびレイモンドサンプラーを図 3.2.2 に示す。採取した試料は 物理的性質を把握するため、物理試験(自然含水比、土粒子の比重、液性塑性限界、土の密度、 粒度試験)を実施した。





### (3) 乱さない試料採取

乱さない試料はシンウォールと呼ばれる金属の筒を、地盤に静的に押し込むことにより、地 盤を乱さない状態で採取する方法で、地盤の力学的特性を知るための室内試験に供される。シ ンウォールはステンレス製で長さ 60cm、内径 75mm である。標準貫入試験を実施した本孔で把 握された地層構成を見て、採取深度を決定した。シンウォールサンプルは N 値がおよそ4以下 の粘性土地盤で採用されるサンプリング方法であり、本調査ではバンコククレーを採取の対象 とした。採取試料は上下面が乾燥しないようにパラフィンでシールし、地盤中の状態をできる だけ保つため、立てた状態で試験室へ運搬し、試験室へ搬入後は速やかに試料を抜出、試験(圧 密試験、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験(UU 条件・CUB 条件))を実施した。

### (4) ベーンせん断試験

ベーンせん断試験は原位置で地盤の強度を測定するもので、図 3.2.3 に示すような、ベーンブ レードを地盤に圧入させ、所定の深度まで押し込んだところで、ブレードを回転させ、その時 の軸に係るトルクから、土のせん断強度を求めるものである。



図 3.2.3 ベーンせん断試験概要図

# (5) 乱した試料採取

本調査では、放水路掘削時の発生土(バンコククレー)の盛土材への転用性を検討するため、良 質土(砂)との混合土や生石灰やセメント配合による土質試験を実施した。混合土の突固め試験 や締固め土の強度試験(コーン貫入試験、CBR 試験、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験)を実施す るためには大量の土が必要となるため、各ボーリング調査地点の脇でバックホーにてピットを 掘削し、GL-2m~3m間において現地盤の土をおよそ 1m<sup>3</sup>採取した。

# (6) 室内土質試験

室内土質試験はASTMの基準に従い実施した。試験項目と試験方法の一覧を表 3.2.1 に示す。

	試 験 項 目	試験基準	対象土
	土粒子の比重	ASTM D-845	不攪乱・攪乱土
物理試驗	土の含水比試験	ASTM D-2166	不攪乱・攪乱土
初坦武厥	液性・塑性限界試験	ASTM D-4318	不攪乱・攪乱土
	粒度試験	ASTM D-422	不攪乱・攪乱土
	土の密度試験	ASTM D-7263	不攪乱・攪乱土
	一軸圧縮試験	ASTM D-2166	不攪乱・攪乱土
	圧密試験	ASTM D-2435	不攪乱土
	三軸圧縮試験(UU)	ASTM D-2850	不攪乱土
力学試験	三軸圧縮試験(CUB)	ASTM D-4767	不攪乱・攪乱土
	突固め試験	ASTM D-698-78	攪乱土
	フォールコーン試験	ISO/TS 117882-6	攪乱土
	簡易コーン貫入試験	JIS A 1228	攪乱土
	締固め土の CBR 試験	ASTM D-1883	攪乱土

表 3.2.1 土質試験方法一覧

出展:JICA 調査団

土の施工性を議論するときに、どのよ うな重機が使用できるかの判断をコーン 貫入試験による試験結果(コーン指数:qc (kPa))が利用される。本調査では、砂を 現地発生土に混合させて作成した突固め 試験試料に対して、コーン貫入試験を実 施した。

しかし、実施する段階になって、タイで は簡易コーン貫入試験器が一般的ではな く、試験自体が知られていないことが判 明し、使用コーン形状が同じである フォールコーン試験を急遽実施した。し かし、フォールコーン試験は液性限界試 験器として利用されるものであり、試験 の荷重規模が非常に小さく、不均質(今回 は砂との混合材)な試料には不適切であ



図 3.2.4 簡易コーン貫入試験器概要図

るため、日本から簡易コーン貫入試験器を持ち込み、その後はこれにより試験を実施した。図 3.2.4 に簡易コーン貫入試験器の概要図を示す。

一方、突固め試験の試料調整に関してタイでは対象土砂を完全に乾燥させ、その後設定した 含水比になるように土と水を混合する乾燥法が用いられている(ASTM D 698)。 粘性土は、完全に乾燥させることにより、粘土粒子表面を覆う吸着水までが失われ、粘土粒 子同士をつなぐ力が変わってしまう(粘着力が低下する)ため、タイで行われている方法での 試験試料調整は好ましくないため、湿潤法(自然含水比から目標の含水比へ向けて乾燥させて 行く方法)での試料調整を行った。乾燥過程では、極端に乾燥してしまう部分ができないよう に、こまめに試料を確認し所定の含水比に調整を行った。

具体的な手順は以下の通り。

- i 突固め試験の目標含水比を設定する(たとえば、10%、15%、20%、25%、30% など)
- ii 粘土の含水比と混合させる砂の含水比を測定する。
- iii 粘土と砂の混合率(重量比)を決める(たとえば粘土:砂=2:1)
- iv 粘土と砂の含水比から粘土2、砂1それぞれの土に含まれる水分量を計算し、目標の含水比の時の水分量とするために、減らすべき水分量を求める。
- v 自然状態の粘性土の重量から減らすべき水分量の重量を引いた重さとなるよう に粘性土の含水比を落としてゆく。
- vi 粘性土が所定の重量になった時点で所定の量の砂をミキサーを用いて混ぜて試 験試料とする。

vの乾燥過程が一番重要であり、また時間がかかるため、ます、空気乾燥とオーブンによる乾燥を比較し、どちらを採用するかの判定を行った。その結果は図 3.2.5 に示すように整合性があったため、早い方法(空気乾燥)で試料調整をすることとした。



出典:JICA 調査団

図 3.2.5 乾燥法による比較

乾燥過程ではできるだけ均等に乾燥してゆくことが望ましく、また予定の質量になるようこ まめに計量する必要があるため、以下のような方法で行った。

a. 5 トレーを用意し、それぞれのトレーに所定の重量の粘土を入れ重量を測定する。



- b. トレー毎に土の表面が乾いてきたら小割にして内側の湿った部分を表に出す、また、乾燥しすぎた部分は含水比の高い部分でカバーし、乾燥が進まないようにしその後計量する。
- c. 粘土の分割とトレーの計量を繰り返す。計量を繰り返すことにより予定の含水比 に落ちる時間が想定できる。もし夜中や休み中に予定含水比になりそうな場合は ラッピングし、乾燥しすぎないように調節する。
- d. 所定の含水比に落ちたら所定の重量の砂とミキサーで混合し、突固めを実施する。

### 3.3 調査結果

# (1) 地層構成

対象地域の地質はボーリング結果によると、表層を覆う軟弱なバンコククレー(Ac1:沖積世 粘性土層)は BH1 付近では2m程度と非常に薄いが、内陸部から海岸に向かって層厚を増し BH3 地点では18m 程度の層厚となる。バンコククレーの下位は洪積世の堆積物と考えられる粘 性土および砂質土が分布している。調査した3地点のボーリングから想定される地質断面図を 図 3.3.1 想定地質断面図に示す。各層の特徴を表3.3.1にまとめた。

時	代	記号	特徵	N 値範囲 (平均)
	沖積	Ac1	粘土分を主体とする非常に軟弱な暗灰から暗青灰色の粘性 土。バンコククレーと呼ばれている。北部 BH1 で薄く(2m)、 南部 BH3 で厚く(18m)分布する。	0~2 (0)
新	世	Ac2	BH3 付近の Ac1 の下位に約 4m の厚さで分布する緑灰色の 粘土で含水比はやや低めである。	2~4 (3)
生代		Dc1	バンコククレーの下位に広く分布する粘性土で、低含水比 で黄灰色〜乳茶灰色を呈する。中間部に砂層を挟在する。	3~45 (22)
第 四	洪	Ds1	BH1 地点において GL-8~17m 付近に分布する茶灰色の砂 層で、上部は粗砂、下部はシルト分を含む。	24~35 (30)
1紀	積世	Ds2	BH1 で薄く南部に向かって厚く分布する暗茶色の砂層で、 細砂を主体としている。GL-36m 前後に粗砂〜細礫層を挟在 している。	6~67 (34)
		Dc2	BH1 の GL-28m 以深に分布しする硬質粘土で黄土色を呈している。	39~63 (45.6)

表 3.3.1 地質層序と特徴

出展: JICA 調査団



図 3.3.1 想定地質断面図

ベーンせん断試験は BH2 および BH3 地点で実施した。結果は図 3.3.1 の想定地質断面図に赤 いグラフで示したが、BH2 地点ではせん断強度 0.89~3.00 (t/m<sup>2</sup>)を示し、やや深度方向に増加 している傾向がみられる。BH3 地点では 1.07~8.6 (t/m<sup>2</sup>)を示している。GL-12m 付近までは BH2 地点とほぼ同様の値 (1~3t/m<sup>2</sup>)を示しているが、13m 付近から値が高くなり、Ac1 (バン コククレーの最下部で 8.6t/m<sup>2</sup>を示している。

ボーリング柱状図およびベーン試験結果を3章別添資料に示す。

### (2) 各層の物理特性

想定地質断面図に示したように沖積世の軟弱粘性土と洪積世の硬質粘土が分布し、洪積の硬 質粘土中に細砂を主体とする砂層が指交状に分布している。沖積粘性土はバンコククレー(Ac1) と呼ばれ、高含水比の軟弱粘性土である。洪積粘土は圧密が進んでおり、上部 Dc1 で平均含水 比 20%、N 値 30、下部 Dc2 で平均含水比 17.5%、平均 N 値 45 と安定した地層となっている。 図 3.3.2 に塑性図を示す。



図 3.3.2 塑性図

塑性図において A 線は粘土とシルトを分ける線で、バンコククレーは A 線の上側(高い塑性 指数)に位置し粘土に分類される。また、BH-3 と BH-2 のバンコククレーは同一層準と判断され るが、液性限界が明らかに異なり、南部地域のバンコククレーは 100~150%の液性限界を示し、 BH-2 のバンコククレーは 50~100%の液性限界となっている。

B線は圧縮性の大小を表し、B線の右に位置する場合、圧縮性が高く、左に位置する場合は 圧縮性が低い。含水比が高い場合、一般的傾向として液性限界も高いため、圧縮性が高いと言 える。Dc1やDc2もほぼ半分がB線の右に位置しているが、図3.3.3に示すように、自然含水 比が20%付近に集中し、既に圧縮されている状態であり、実際には圧縮性は大きくないと言え る。



出展: JICA 調査団

### 図 3.3.3 自然含水比と液性限界

### (3) バンコククレーの力学特性

バンコククレーを対象に実施した標準貫入試験結果はほぼ全区間にわたりゼロ(ロッドある いはハンマーを載せた重みでサンプラーが地盤に貫入してゆく状態)を示したため、標準貫入 試験値での評価はできない。その代りとして、別項でのベーンせん断試験と乱さない試料採取 による力学試験を実施した。

実施した強度試験はそれぞれ一軸圧縮強度と相関があり、試験結果を図 3.3.4、図 3.3.5 にま とめた。

ここに、 qu:一軸圧縮強度(t/m<sup>2</sup>)
 C(uu):三軸圧縮強度(UU)条件の粘着力:c=qu/2 より、2×cで比較
 Pc: 圧密試験結果の圧密降伏応力(t/m<sup>2</sup>)
 Vane Share: せん断強度は粘着力と同等であり、三軸試験結果と同様2倍で比較

Effective Stress: 土の密度を平均 1.5 (t/m<sup>3</sup>)、地下水位を GL-1.5m とした場合の 有効地中応力 (t/m<sup>3</sup>)



出展:JICA 調査団

図 3.3.4 バンコククレーの強度試験結果(BH-2)

図 3.3.4 は BH-2 地点のグラフで、有効地中応力(Effective Stress)は現在の地盤状況で地中に 働いている応力でであり、通常同等の応力に耐える強度を有していると考えられる。一軸圧縮 試験、三軸圧縮試験の粘着力、ベーンせん断試験結果はバラつきはあるものの、有効地中応力 線に沿った値を示していると言える。圧密降伏応力についてはやや高めの値であり、やや過圧 密状態にある結果となっている。 土質定数は正規圧密土であることを考慮して設定する。



出展: JICA 調査団

図 3.3.5 バンコククレーの強度試験結果(BH-3)

図 3.3.5 は BH-3 地点について同様にまとめたものであるが、ベーンせん断試験結果が 11m 以 深で急激に高くなり、地質状況が変わったことを示唆している。また、BH-2 に比べて明らかに 有効地中応力より、低い強度を示している。BH3 のバンコククレーの形成は BH-2 のそれより 新しいと考えられ、BH-3 の表層 15m のバンコククレーは圧密が完了していない状態にあると 言える。設計に使用する定数は上記のことを考慮して設定する。

### 【掘削土の転用性試験結果】

本調査では、放水路の掘削土を放水路堤防の材料または外郭環状道路の盛土材料として活用 することを検討しているが、活用方法に応じて活用可否の判定基準が異なる。表 3.3.2 に活用方 法と判定基準をまとめた。

活用方法		改良方法	試験方法	判定基準	試験対象土
放水路 堤防	堤体	Clay:Sand=2:1 D90 ※手混ぜも実施	コーン貫入試験	コーン指数:qc ≧400kPa	重機による築堤作 業が可能
外郭環 状道路	路体	Clay:Sand=2:1	コーン貫入試験	コーン指数:qc ≧400kPa	重機による築堤作 業が可能
	路床	Clay:Sand=2:1 Quick Lime 5%, 7%,9%	CBR	CBR≧4	CBR 値が高いほど 舗装厚さが薄くで きる
	路盤	Clay:Sand=2:1 Cement 8%	一軸圧縮試験	qu≧0.75 MPa	

表 3.3.2 放水路掘削土活用の判断基準

出展: JICA 調査団

試験手順としては、粘土と砂の配合率を1:2、1:1、2:1 として突固め試験を実施し、コーン指数(qc)の確認を行い、qc≧400kPa が確保できる砂の最小配合率を決定し、その配合量で放水路 堤体盛土の安定性を評価するための力学定数を設定するため三軸圧縮試験(CU条件) を実施 した。

一方、外郭環状道路の盛土材料としては、購入砂を多く使用するのはコストが上がり、現実 的でないため、粘土2に対し、砂1の混合割合で、それぞれ生石灰改良とセメント改良の効果 を検証した。

粘土と砂の混合は、道路盛土の実施工時にはミキシングプラントで混合することを想定して ミキサーを使用して行った。ただし、放水路堤防の施工時には、粘土と砂を層状に積み上げた ストックパイルをブルドーザで切り崩す方法で粘土と砂を混合する(ミキシングプラントは使 用しない)ことを想定しているので、粘土と砂を手混ぜで混合した試料での試験も追加で実施 した。

結果として、砂の配合量が最も少ないケースでも qc ≥400kPa が確保できることが分かったため、その後の試験は全て粘土2:砂1の混合率での試験のみ実施することとした。

図 3.3.6 に発生土の活用に関する試験のフローを示す。



図 3.3.6 発生土の活用に関する試験フロー

### 【堤体盛土のための突固め試験】

粘土2:砂1の混合比による突固め試 験およびその締固め試料に対して実施し たコーン貫入試験結果を図 3.3.7~9 に示 す。

S1(北部)の試料の突固め試験結果(青線)から最適含水比18%程度、最大乾燥 密度17.7t/m<sup>3</sup>を示している。最大乾燥密 度における qc 値は550~770 kPa であり qc≧400kPa を満足する値となっている。



出展: JICA 調査団

図 3.3.7 突固め試験結果とコーン指数

S2(中部)の試料の突固め試験結果(青線) から最適含水比 19%程度、最大乾燥密度 1.69t/m<sup>3</sup>を示している。最大乾燥密度にお ける qc 値は 1,000 kPa であり qc≧400kPa を満足する値となっている。



出展:JICA 調査団

図 3.3.8 突固め試験結果とコーン指数

S3(南部)の試料の突固め試験結果(青線) から最適含水比は22.5%程度、最大乾燥密 度1.55t/m<sup>3</sup>を示している。最大乾燥密度に おける qc 値は1,050 kPa であり qc  $\geq$ 400kPa を満足する値となっている。なお、qc の値 が 2800kPa あたりで頭打ちになっている が、これは使用したコーン貫入試験器の最 大測定能力であり、実際にはさらに大きな 値を有している。

3 地域の特性を比較したものを図 3.3.10 に示す。







(a) Compaction Curve

(b) Cone Index Cueve

出典:JICA 調査団作成

図 3.3.10 突固め曲線とコーン指数の地域比較

南部の試料ほど最大乾燥密度が小さく、最適含水比が高くなっている。また、コーン指数の 曲線は南部ほど含水比が高い方に曲線が描かれている(S2,S3はそれぞれおよそ1%、3%含水 比が高い状態で同様の強度が発現している)。 手混ぜ試料は、放水路堤防の材料を、粘土と砂を層状に積み上げたストックパイルを切り崩 すことにより混合することを想定して用意した試料である。粘土と砂を混合して作成する試料 として、最大 1.5~2.0 cmの粘土塊を残して混合した試料と、3~4 cmの粘土塊を残して混合した資 料を二種類用意した。

試料の含水比については、ミキサーで混ぜた場合の最適含水比となるよう調整し、試料が不 均質であるためバラツキを考慮して、4つの供試体を用いた試験を行い、平均を求めた。



手混ぜによる突固め試料を用いたコーン貫入試験結果を図 3.3.11~13 に示す。

出典: JICA 調查団作成

### 図 3.3.11 手混ぜ試料による突固めおよびコーン貫入試験結果(S1)

S1の試験結果では、1.5~2.0 cmの場合も、3.0~4.0 cmの場合もほぼ同様の結果が得られている。 手混ぜ試料の場合、砂分が固まることにより、粘性土で間隙が埋まらず空隙が大きくなり、乾 燥密度も必然的に大きくなると考えられるが、今回の試験ではミキサーで混合した試料より、 大きな乾燥密度を示している。本地点は自然含水比がすでに 30%と低く、ミキサーでも砂との 混合が良好ではなかったことが想定される。一方乾燥密度が大きいにもかかわらず、コーン貫 入試験値はミキサーで混合した場合に比べて小さい値となっている。不均質な混合状態の場合 qc 値が低下すると予想されており、1.5~2.0 cmの場合は 35%の低下、3.0~4.0 cmの場合は 45%の 低下となっている。


出典:JICA 調査団作成

### 図 3.3.12 手混ぜ試料による突固めおよびコーン貫入試験結果(S2)

乾燥密度は 1.5~2.0 cmの場合も 3.0~4.0 cmの場合もほぼ同様で、ミキサーを使用したケースの 90%程度の値を示した。手混ぜ試料とミキサー混合試料でコーン指数を比較すると、1.5~2.0 cm の場合には、手混ぜ試料のコーン指数がミキサー混合試料のコーン指数の 70%程度となるが、 400kPa 以上の値が得られた。3.0~4.0 cm の場合には両者はほぼ同等であり 400kPa 以上であった。



出典: JICA 調查団作成

### 図 3.3.13 手混ぜ試料による突固めおよびコーン貫入試験結果(S3)

手混ぜ試料はミキサーによる突固め曲線に対し最大粘土塊 1.5~2.0 cmの場合は少しバラつき があり 90~95%、最大粘土塊 3~4 cmの場合で 95%程度の乾燥密度となった。コーン指数につい ては、1.5~2.0 cmで 55%~100%、3.0~4.0 cmで 40~70%の値であり、400kPa 以上であった。

今回手混ぜで実施した試験は、乾燥密度で見るとすべて空隙率が 15%~20%程度の位置にプ ロットされていて、その原因は混合試料の不均質性に起因していると考えられる。

また、コーン貫入試験結果についてはバラつきが多いが、混合度が低い場合はコーン指数として 30%程度の低下は想定しておく必要が示唆される。

### 【道路盛土材としての評価】

放水路掘削土の道路盛土の路体としての活用については、放水路堤防と同様、粘土2:砂1 の混合割合の試料を用いて確認した。道路盛土の路床としての活用については、生石灰の混合 による配合試験を実施し、路盤材としての活用についてはセメント配合で強度確保を目指した。 路床材としては CBR4 以上を目標に、生石灰配合量 5%、7%、9%の3段階で実施し、路盤材と しては一軸圧縮強度 0.75MPa 以上を目指してセメント配合量を 8%で実施した。

S2の生石灰配合処理試験結果を表 3.3.5 に示す。

### 表 3.3.3 生石灰配合試料(粘土 2:砂1+生石灰 5%、7%、9%)の CBR 試験結果

生石灰混合率	5%	7%	9%
CBR 値	42.42	50.54	63.55

出典: JICA 調查団作成

粘土 2:砂 1 の混合土は 5%の生石灰の配合により路床材として転用できることが確認された。

セメント配合試料の試験結果を表 3.3.6 に示す。

表 3.3.6 セメント配合試料(粘土2:砂1 +セメント8%)の一軸圧縮試験結果

試験項目	S1	S2	S3
密度(t/m³)	2.02	1.99	1.98
含水比(%)	17.35	15.27	17.47
一軸圧縮強度:qu (t/m²)	18.41	23.61	25.45

出典: JICA 調査団作成

路盤材としての目標強度 0.75MPa はおよそ 76 t/m<sup>2</sup> であり、本試験結果から、路盤材としての 利用は不可能であることが分かった。なお、セメントの配合量の増加や、砂の混合率を増やす などの方法もあるが、改良コストがかかるため、現実的に採用は困難と判断した。

### 【混合土による放水路堤体安定評価】

放水路の堤体安定性評価のために圧密非排水条件の三軸圧縮試験を実施した。試験結果の一 覧を表 3.3.3 に示す。粘土と砂の混合率は2:1でミキサーおよび手混ぜ両方により調整した。。

S	1	S	2	S3
ミキサー	手練り	ミキサー	手練り	ミキサー
13.49	27.01	20.12	35.33	51.85
2.057	2.01	1.933	1.94	1.627
25.86	26.30	2.61	22.97	16.01
19.81	22.88	31.62	18.07	24.68
15.34	14.60	10.34	12.63	7.80
19.27	19.94	18.98	17.83	20.85
	S ミキサー 13.49 2.057 25.86 19.81 15.34 19.27	S1ミキサー手練り13.4927.012.0572.0125.8626.3019.8122.8815.3414.6019.2719.94	S1S1ミキサー手練りミキサー13.4927.0120.122.0572.011.93325.8626.302.6119.8122.8831.6215.3414.6010.3419.2719.9418.98	S1S2ミキサー手練りミキサー手練り13.4927.0120.1235.332.0572.011.9331.9425.8626.302.6122.9719.8122.8831.6218.0715.3414.6010.3412.6319.2719.9418.9817.83

表 3.3.4 三軸圧縮試験(CUB)結果一覧表

出典:JICA 調查団作成

なお、手混ぜによる試料については、三軸圧縮試験のモールド径が、3.8 cmと細いため、最大 1.5~2.0 cmの粘土塊を残した試料にのみで実施した。

手混ぜ試料については、参考までに別途大きなモールド(径 50mm)で作成した供試体で一軸圧 縮強度試験を実施した。試験結果は下表に示す。供試体は砂と粘土が不均質に混合している状態であるため、試料につき3供試体を作成し平均値を記載した。

試験項目		<b>S</b> 1			S2			<b>S</b> 3				
密度(t/m³)	1.96	1.94	1.95	1.84	1.98	1.99	1.89	1.88	1.84			
		1.95			1.94			1.87				
含水比(%)	18.48	17.36	17.23	22.06	20.40	18.92	22.59	19.46	21.41			
		17.69			20.46			21.15				
一軸圧縮強度	21.22	21.22 10.60		8.11	9.87	12.33	12.05	19.33	12.39			
: qu (t/m <sup>2</sup> )		18.36			10.10		14.59					

表 3.3.5 手混ぜ試料(1.5~2.0 cm)の一軸圧縮試験結果

出典:JICA 調査団作成

土質試験結果を3章別添資料に示す。

### 3章 別添資料

									BORING	LOG	
		PROJECT	: Data C	ollecti	on S	urvey	y on The O	uter Rir	ng Road diversion cha	nnel in The Comprehensiv	9
			Flood	Manag	eme	nt Pla	an of Chao	Phaya	River Basin in The Kin	ngdom of Thailand	BORING STARTED : 11/5/2017
	KRUNGTHEP GEOTECHNIQUE	LOCATION	: Phra N	lakhon	Si A	yutth	naya			N : 1,577,584	BORING COMPLETED : 12/5/2017
	CO., LTD.	BORING NO	: BH-1					TOTAL	DEPTH : 40.45 m	E:680,016	GROUND WATER LEVEL -1.50 m
Ê		I	۲	0	Ŷ	ïRΥ			STANDARD	UNDRAINED SHEAR	ATTERBERG LIMITS TOTAL UNIT
HL	SOIL DESC	RIPTION	SOIL	ЕТНС	APLE	COVE	SPT-N (blows/ft)		PENETRATION	STRENGTH	PL Wn LL WEIGHT
В			ິ໌	Σ	SAN	RE			(blows/ft)	(t/m²)	(%) (t/m³)
0.00-	Ground S	urface						0.00	0 25 50 75 100	0 2 4 6 8	0 20 40 60 80 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4
-	(0.00 - 2.00 m) Silty	CLAY (CH)		wo				0.00			
	Grey, medium, high	plasticity.		SS WO	1	X	7/30 cm		• 7/30 cm		
2.00-				SS	2	-	0/45 cm	2.00	•0		
	(2.00 - 3.00 m) Silty Grey, very soft, low	CLAY (CL) plasticity.		WO	3	<b>•</b>	3/30 cm		2/20 om		
-	(3.00 - 5.00 m) Silty	CLAY (CH)		wo	J	X	5/50 Cm		- 3/30 CM		
4.00-	Grey, soft, high plas <b>SS-4</b> is Silty CLAY t	ticity. race to some		SS WO	4	×	4/30 cm	4.00	• 4/30 cm		
-	gravel (CH)			SS	5	X	7/30 cm		• 7/30 cm		• 1.91
6.00-	(5.00 - 6.00 m) Silty Grey, medium, high	CLAY (CH) plasticity.		WO SS	6		13/30 cm	6.00	13/30 cm		
-	(6.00 - 7.00 m) Silty	CLAY (CH)		wo		×.	10,00 011				
-	Brown, stiff, high pla (7.00 - 8.00 m) Silty	CLAY (CL)		ss wo	7	X	15/30 cm		•15/30 cm		
8.00-	Brown, stiff, low pla	sticity.		ss	8		25/30 cm	8.00	25/30 cm		
-	(8.00 - 9.00 m) Claye Brown, medium den	ey SAND (SC) Ise,		WO SS	9		33/30 cm		33/30 cm		NP
-	fine to coarse graine	ed. /	宦官	wo		×.					
10.00-	Brown, medium den	y SAND (SM) ise to dense,	188	SS WO	10	X	35/30 cm	10.00	• 35/30 cm		•NP
-	fine to coarse graine	ed.	韶	SS	11	X	25/30 cm		• 25/30 cm		NP
- 12.00-				WO SS	12		28/30 cm	12.00	• 28/30 cm		
-	(12.00 - 13.00 m) Sil	ty CLAY (CH)		wo	40	•	0.4/00				
-	(13.00 - 14.00 m) Sil	ty CLAY (CL)		WO	13	X	24/30 CM		•24/30 cm		
14.00-	Brown, very stiff, lo (14.00 - 17.00 m) Sil	w plasticity tv SAND (SM)		SS	14	X	35/30 cm	14.00	• 35/30 cm		NP NP
-	Brown, medium den	ise to dense,	超過	ss	15	<b>X</b>	24/30 cm		• 24/30 cm		NP
- 16.00-	tine grained.		1993	WO SS	16		32/30 cm	16.00	• 32/30 cm		•NP
-			招告	wo		¥.					
-	(17.00 - 18.00 m) Sil	ty CLAY (CL)		85 WO	17	X	26/30 CM		●26/30 cm		• 1.94
18.00-	Brown, very stiff, lo	w plasticity.		SS	18	X	27/30 cm	18.00	• 27/30 cm		• 1.93
-	Brown, very stiff to h	hard, high plasticit	,	SS	19	<b>•</b>	28/30 cm		•28/30 cm		•
-				WO SS	20		33/30 cm	20.00	23/30 cm		
-				wo		×.					
				ss wo	21	X	39/30 cm		• 39/30 cm		
22.00-				SS	22	X	30/30 cm	22.00	•30/30 cm		1.98
				ss	23		37/30 cm		•37/30 cm		
-				WO Se	24		32/30	24 00	22/20		
-				wo	24	X	JEI JU CITI	24.00	- 32/30 CM		
-				ss wo	25	X	39/30 cm		•39/30 cm		
26.00-				ss	26	Y	45/30 cm	26.00	45/30 cm		
:				WO SS	27		43/30 cm		43/30 cm		
-				wo		×.					
28.00-	(28.00 - 29.00 m) Sil	ty CLAY (CL)		ss wo	28	X	39/30 cm	28.00	●39/30 cm		
-	Brown, hard, low p	lasticity.		SS	29	×	31/30 cm		•31/30 cm		
- 30.00-	Brown, dense, fine t	to medium grained	1	ss	30	Ľ	40/30 cm	30.00	40/30 cm		
	Thin Wall Tube		Wash	Out		-		uc	C : Unconfined Corr	npression Test	PL : Plastic Limit
	Calif Crass		A					FV	T : Field Vane Shea	r Test	Wn : Natural Water Content
	Split Spoon		Augeri	ng					- : Pocket Penetron		LE : Liquia Limit

									BORING	LOG		
		PROJECT :	Data C	ollecti	on S	urvey	y on The O	uter Rin	g Road diversion char	nnel in The Comprehensiv	9	
			Flood	Manag	jeme	nt Pla	an of Chao	Phaya	River Basin in The Kin	gdom of Thailand	BORING STARTED	: 11/5/2017
	KRUNGTHEP GEOTECHNIQUE	LOCATION :	Phra N	lakhor	n Si A	yutth	naya			N : 1,577,584	BORING COMPLETED	: 12/5/2017
	CO., LTD.	BORING NO :	BH-1					TOTAL	DEPTH : 40.45 m	E:680,016	GROUND WATER LEVEL	-1.50 m
(E)			Б	9	NO NO	ΞRΥ			STANDARD	UNDRAINED SHEAR	ATTERBERG LIMITS	TOTAL UNIT
PTH	SOIL DESCI	RIPTION	XMB(	ETH	MPLE	COVI	SPT-N (blows/ft)		PENETRATION TEST VALUE	STRENGTH	PL Wn LL	WEIGHT
DE			ŝ	Σ	SAI	RE			(blows/ft)	(t/m²)	(%)	(t/m³)
30.00-				ss	30		40/30 cm	30.00	0 25 50 75 100	0 2 4 6 8	0 20 40 60 80	1.6 1.8 2.0 2.2 2.4
-	(30.00 - 31.00 m) Sil	ty CLAY (CL)		wo		×.						
-	(31.00 - 32.00 m) Sil	ty CLAY (CH)		ss wo	31	X	30/30 cm		•30/30 cm			• 1.98
32.00-	Brown, very stiff, hig	h plasticity.		SS	32	X	59/30 cm	32.00	•59/30 cm			• 1.96
	Brown, hard, low pla	asticity.		wo ss	33		45/30 cm		• 45/30 cm			
-	(33.00 - 34.00 m) Sil	ty CLAY (CH)		wo		<b>*</b>						
34.00-	(34.00 - 35.00 m) Cla	ayey SAND (SC)		ss wo	34	X	40/30 cm	34.00	•40/30 cm			
-	Brown, medium den	se, ad. /		SS	35	×	49/30 cm		•49/30 cm			• 1.96
- 36.00-	(35.00 - 40.00 m) Sil	ty CLAY (CH)		wo ss	36	Ľ	63/30 cm	36.00	<b>63/30</b> cm			• 1.97
-	Brown, hard, high p	trace gravel (CH)		wo		Ē	40/00					
		adde graver (ori)		wo	37	X	49/30 cm		●49/30 cm			• 1.93
38.00-				SS	38	×	50/30 cm	38.00	●50/30 cm			
				ss	39		53/30 cm		•53/30 cm			• 1.98
-				wo	40	<b>•</b>	4E/20 om	40.00	45/20 am			
40.00-	(40.00 - 40.45 m) Sil	ty CLAY (CL)	<i>[]]]]</i> ]	33	40	×.	45/50 CIII	40.00	45/30 CM			
-	Brown, hard, low pla	asticity/										
- 42.00-								42.00				
44.00-								44.00				
-												
- 46.00-								46.00				
-												
48.00-								48.00				
-						·		50.00				
-								50.00				
-												
52.00-								52.00				
-						.		<b>_</b>				
54.00-								54.00				
-						.						
- 56.00-								56.00				
-						.						
58.00-						.		58.00				
- 60.00-								60.00				
	Thin Wall Tube		Wash	0+			L			I	DI · Diactia Limit	·
			wasn	Jut				FV	T : Field Vane Shear	r Test	Wn : Natural Water (	Content
≭	Split Spoon		Augeri	ing				PP	': Pocket Penetrom	neter Test	LL : Liquid Limit	

									BORING	G LOG					
		PROJECT :	: Data C	ollecti	on S	urvey	on The O	uter Rin	g Road diversion cha	unnel in The Comprehensiv	e				
			Flood I	Manag	jeme	nt Plai	n of Chao	Phaya I	River Basin in The Kir	ngdom of Thailand	BORING STARTED :	8/5/2017			
	KRUNGTHEP GEOTECHNIQUE	LOCATION :	: Nong C	Chok ,	Bang	gkok				N : 1,538,721	BORING COMPLETED :	9/5/2017			
	CO., LTD.	BORING NO	: BH-2					TOTAL	. DEPTH :40.45 m	E:698,582	GROUND WATER LEVEL	-1.50 m			
(L		4	F	Q	Ŷ	RΥ			STANDARD	UNDRAINED SHEAR	ATTERBERG LIMITS	TOTAL UNIT			
PTH	SOIL DESC	RIPTION	Soll	ЕТНС	APLE	No.	SPT-N (blows/ft)		PENETRATION	STRENGTH	PL Wn LL	WEIGHT			
DE			ŝ	Σ	SAN	Ä			(blows/ft)	(t/m²)	(%)	(t/m³)			
0.00-	Ground S	urface						0.00	0 25 50 75 100	0 2 4 6 8	0 25 50 75 100	1.6 1.8 2.0 2.2 2.4			
-	(0.00 - 12.00 m) CLA	AY (CH)		wo		-									
	Grey, very soft, nigr	i plasticity.		SS WO	1	X	0/45 cm		• 0	• 2.08					
2.00-				SS	2	$\mathbf{T}$	1/49 cm	2.00	• 1/49 cm	• 1.34					
				WO SS	3		0/45 cm		0	• 2.35					
-				wo		<b>X</b>									
4.00-				SS WO	4	X	1/47 cm	4.00	• 1/47 cm	• 3.00					
-				SS	5	$\mathbf{T}$	0/45 cm		•0	• 0.89					
6.00-				WO SS	6		0/45 cm	6.00		2.08					
-				wo	-	×.									
				SS WO	7	X	0/45 cm		•0	• 2.72	↓ <b>→</b>				
8.00-				SS	8	$\mathbf{T}$	0/45 cm	8.00	•0	<b>3</b> .00					
				WO SS	9		0/45 cm		• 0	• 2.26					
-				wo		×.									
10.00-				ss wo	10	X	0/45 cm	10.00	•0	• 2.45					
-				SS	11		0/45 cm		•0	• 2.82					
- 12.00-				SS	12		7/30 cm	12.00	●7/30 cm			• 1.83			
-	(12.00 - 13.00 m) CL Grey, medium, high	AY (CH) plasticity.		WO	13		13/30 cm		13/30 cm			1 04			
-	(13.00 - 20.00 m) CL	AY (CH)		wo		×.	10,00 0111					1.04			
14.00-	Grey, stiff to very sti	in, nign plasticity.		SS WO	14	X	18/30 cm	14.00	●18/30 cm			• 1.86			
-				SS	15	X	19/30 cm		•19/30 cm						
- 16.00-				SS	16	<u> </u>	19/30 cm	16.00	•19/30 cm			• 1.86			
				WO SS	17		22/30 cm		• 22/30 cm						
-				wo	10		10/20 om	40.00							
18.00-				wo	10	X	19/30 Cm	18.00	•19/30 cm			1.86			
				SS WO	19	X	24/30 cm		• 24/30 cm		• I • I	• 1.80			
20.00-	/00.00.01.0-	<b></b>		ss	20		27/30 cm	20.00	• 27/30 cm						
	(20.00 - 21.00 m) Cla Brown, very stiff, hig	ayey SILI (MH) ph plasticity.	∭∭	WO SS	21		22/30 cm		22/30 cm			• 1.89			
-	(21.00 - 25.00 m) Sil	ty CLAY (CH)		wo		<b>Ĭ</b>	10/07								
22.00-	high plasticity.	vory oull,		SS WO	22	X	12/30 cm	22.00	•12/30 cm			<b>•</b> 1.89			
-				SS WO	23		16/30 cm		•16/30 cm						
24.00-				ss	24	<b>F</b>	17/30 cm	24.00	•17/30 cm						
-				WO SS	25		12/30 cm		•12/30 cm						
-	(25.00 - 26.00 m) Cla	ayey SILT (MH)		wo		<b>Ĭ</b> .									
26.00-	(26.00 - 33.00 m) Sil	ity CLAY (CH)		SS WO	26	×	24/30 cm	26.00	•24/30 cm			• 1.90			
-	Brown, greyish brow	vn, very stiff,		SS	27		29/30 cm		• 29/30 cm			• 1.85			
- 28.00-	SS-31 is Sandy CLA	AY (CH)		SS SS	28	Ļ	25/30 cm	28.00	25/30 cm			1,88			
-				wo	20		30/30 ~~								
				wo	23	X	50/30 CM		■ 30/30 cm			• 1.9/			
30.00-				SS	30	×	30/30 cm	30.00	<mark>● 30/30 cm</mark>			↓ <u>• 1.95</u>			
	Thin Wall Tube		Wash (	Dut				UC FV	: Unconfined Con T : Field Vane Shea	npression Test r Test	PL : Plastic Limit Wn : Natural Water Co	ontent			
X	Split Spoon		Augeri	ng				PP	: Pocket Penetron	neter Test	LL : Liquid Limit				
											LL : Liquid Limit				

									BORING	G LOG		
		PROJECT :	Data C	ollecti	ion S	urve	y on The O	uter Rin	g Road diversion cha	nnel in The Comprehensiv	9	
			Flood	Manag	geme	nt Pl	an of Chao	Phaya	River Basin in The Kir	ngdom of Thailand	BORING STARTED :	8/5/2017
	KRUNGTHEP GEOTECHNIQUE CO., LTD.	LOCATION :	Nong	Chok ,	Bang	gkok				N : 1,538,721	BORING COMPLETED :	9/5/2017
		BORING NO :	BH-2				1	TOTAL	. DEPTH :40.45 m	E : 698,582	GROUND WATER LEVEL	: -1.50 m
(m) T	001 0500		چ ا	₽	E NO	/ERY	SPT-N		STANDARD PENETRATION	UNDRAINED SHEAR STRENGTH	ATTERBERG LIMITS	TOTAL UNIT WEIGHT
EPT	SOIL DESC	RIPTION	SYME	METH	AMPL	БСО	(blows/ft)		TEST VALUE	• UC • FVT • PP		(4/m <sup>3</sup> )
					ŝ	<u>~</u>			(blows/ft)	(t/m²)	(%)	
30.00-				ss	30	×	30/30 cm	30.00	• 30/30 cm			+1.95
-				ss	31	L.	26/30 cm		•26/30 cm		•	• 1.91
- 32.00-	Same As	Above		wo ss	32		30/30 cm	32.00	30/30 cm			1 91
-				wo		ľ.						
-	(33.00 - 34.00 m) Sil	ity CLAY (CL)		ss wo	33	X	25/30 cm		●25/30 cm			• 1.94
34.00-	Brown, very stiff, lo (34.00 - 35.00 m) Cla	w plasticity. avev SAND (SC)		ss	34	×	54/30 cm	34.00	• 54/30 cm			
-	Brown, very dense,	fine grained.		ss	35		40/30 cm		•40/30 cm		• NP	
- 36.00-	(35.00 - 39.00 m) Sil Brown, dense to ver	ry SAND (SM) ry dense,		wo ss	36		51/30 cm	36.00	●51/30 cm		•NP	
-	fine to medium grair	ned.		wo	-	ľ.	40/00					
-				wo	37	:	40/30 cm		●40/30 cm		NO RECOVERY	
38.00-			謸	ss	38	·	37/30 cm	38.00	•37/30 cm		NO RECOVERY	
-	(00.00.40.45) 0//			ss	39	T	25/30 cm		•25/30 cm		<b>▶</b> →	
- 40.00-	(39.00 - 40.45 m) Sil Brown, very stiff, lov	v plasticity.		wo ss	40		29/30 cm	40.00	• 29/30 cm			• 1.96
	End of borin	a 40 45 m				ľ.						
-		g 40.45 m										
42.00-						·		42.00				
-												
- 44.00-						2		44.00				
-						.						
-												
46.00-								46.00				
-												
- 48.00-						:		48.00				
-												
-												
50.00-						2		50.00				
-						-						
- 52.00-						:		52.00				
-						-						
						.						
54.00-						:		54.00				
-						-						
56.00-						]		56.00				
-						:						
-						-						
58.00-						:		58.00				
-						-						
60.00-								60.00				
	Thin Wall Tube		Wash	Out				UC	: Unconfined Con	npression Test	PL : Plastic Limit	
T	Split Spoon		Auger	ina				FV PP	T : Field Vane Shea	r Test neter Test	Wn : Natural Water C	ontent
	opin opioni		Augel						. I Joket Perfection			

									BORING	LOG							
		PROJECT :	Data C	ollecti	on S	urvey	on The O	uter Rin	ng Road diversion cha	nnel in The Comprehensiv	9						
			Flood	Manag	jeme	nt Pla	in of Chao	Phaya I	River Basin in The Kin	ngdom of Thailand	BORING STARTED :	5/5/2017					
	KRUNGTHEP GEOTECHNIQUE	LOCATION :	Bang B	3o, Sa	mut F	Praka	n			N : 1,494,868	BORING COMPLETED	: 6/5/2017					
	CO., LID.	BORING NO	BH-3					TOTAL	DEPTH :40.45 m	E:696,090	GROUND WATER LEVEL	-1.20 m					
Ê.			L I	0	Ŷ	RY			STANDARD	UNDRAINED SHEAR	ATTERBERG LIMITS	TOTAL UNIT					
TH (	SOIL DESCI	RIPTION		ТНО	PLE	No CE	SPT-N (blows/ft)			STRENGTH	PL Wn LL	WEIGHT					
DEI			s, s	W	SAN	REC	. ,		(blows/ft)	(t/m <sup>2</sup> )	(%)	(t/m³)					
	Ground St	urface							0 25 50 75 100	0 3 6 9 12	0 40 80 120 160	1.6 1.8 2.0 2.2 2.4					
0.00-	(0.00 - 6.00 m) CLA	Y (CH)		wo		-		0.00									
-	Grey, very soft, high	n plasticity.		SS	1	X	2/30 cm		•2/30 cm		<b>⊢</b>						
2.00-	gravel (CH)	race to some		WO SS	2	-	2/30 cm	2.00	2/30 cm	• 1 53							
-				wo	_	×.											
-				SS WO	3	X	0/45 cm		• 0	• 1.80	<b>↓ ↓ ↓ ↓</b>						
4.00-				ss	4		0/45 cm	4.00	• 0	<b>•</b> 1.07	•                 •                   •                       •                   •         •               •                                   •                 •						
-				wo	_	<b>^</b>	0/4E am										
-				wo	5	-	0/45 CIII		• 0	• 1.25	NORECOVERY						
6.00-	(6 00 - 9 00 m) SH T	( <b>MH</b> )		SS	6	X	0/45 cm	6.00	• 0	• 1.53							
	Clayey SILT trace gra	(MH) avel (MH)		w0 ss	7		0/45 cm		• 0	• 1.53							
-	Grey, very soft, high	n plasticity.		wo		X,											
8.00-	(8.00 - 18.00 m) CLA	AY (CH)		SS WO	8	X	0/45 cm	8.00	• 0	• 1.71	↓ <del>•</del> •						
-	Grey, very soft to so	oft, high plasticity.		SS	9		0/45 cm		• 0	• 1.98							
-				WO	10	<b></b>	0/4E am	10.00									
- 10.00				wo	10	X	0/45 CIII	10.00	0	• 2.11							
-				SS	11	X	0/45 cm		• 0	• 2.54	↓ <del>• •</del> •						
- 12.00-				wo ss	12		0/45 cm	12.00	• 0	• 3.10							
-				wo		X,											
-				ss wo	13	X	0/45 cm		• 0	• 4.33							
14.00-				SS	14	Ŧ	0/45 cm	14.00	• 0	<b>3.10</b>							
-				WO SS	15		2/40 cm		2/40 cm								
-			SS 15 2/40 cm •2/40 cm														
16.00-		S 16 ↓ 4/35 cm 16.00 •4/35 cm							•4/35 cm	• 5.01							
-		wo ss 17 - 2/40 cm +2/40 cm							2/40 cm	8.60	NO RECOVERY						
-				wo	10	-	2/20 om	10.00	2/20								
18.00-	(18.00 - 19.00 m) SI	LT (MH)		WO	10	X	3/36 CM	18.00	3/38 cm								
-	Grey, soft, high plas			SS	19	X	4/35 cm		•4/35 cm								
- 20.00-	Grey, soft, high plas	sticity.		wo ss	20		5/32 cm	20.00	• 5/32 cm								
-	(20.00 - 21.00 m) Sil	Ity CLAY (CH)		wo		Ă.											
	(21.00 - 22.00 m) Sa	indy CLAY (CL)		SS WO	21	X	22/30 cm		22/30 cm								
22.00-	Grey, very stiff, low	plasticity.		SS	22	x	17/30 cm	22.00	•17/30 cm								
	(22.00 - 24.00 m) Cla Brown, medium den	ayey SAND (SC) ise,	臣曰	WO SS	23		14/30 cm		14/30 cm								
-	fine to coarse graine	ed.	63	wo	23	×.	1-1,00 CIII										
24.00-	(24.00 - 27.00 m) Sil	ty CLAY (CL)		SS	24	×	12/30 cm	24.00	•12/30 cm								
	Brown, stiff to very s	stiff, low plasticity.		SS	25	<u> </u>	17/30 cm		•17/30 cm			• 1.85					
-				wo		<b>^</b>	47/00										
26.00-				SS WO	26		17730 cm	26.00	•17/30 cm		NO RECOVERY						
-	(27.00 20.00) 0//		¥///	SS	27	×	6/30 cm		●6/30 cm								
- 28.00-	Brown, medium, low	v plasticity.		w0 SS	28	Ľ	6/30 cm	28.00	6/30 cm								
-				wo		Ť.											
	(29.00 - 31.00 m) Sil	ity SAND (SM)		SS WO	29	X	24/30 cm		●24/30 cm		· ●NP						
30.00-	Grey, medium dense	e, fine grained.	만리	ss	30	Ţ	20/30 cm	30.00	•20/30 cm		NP						
	Thin Wall Tube		Wach	Out				110	: Unconfined Corr	pression Test	PI : Plastic Limit						
			wasil	Jui				FV	T : Field Vane Shear	r Test	Wn : Natural Water C	ontent					
	Split Spoon		Augeri	ng				LL : Liquid Limit									

									BORING	LOG		
		PROJECT :	Data C	ollecti	ion S	urve	y on The O	uter Rir	ng Road diversion cha	nnel in The Comprehensiv	9	
			Flood	Manag	geme	nt Pla	an of Chao	Phaya	River Basin in The Kin	gdom of Thailand	BORING STARTED :	5/5/2017
	KRUNGTHEP GEOTECHNIQUE	LOCATION :	Bang I	Bo, Sa	mut I	Praka	in			N : 1,494,868	BORING COMPLETED	6/5/2017
	CO., LID.	BORING NO :	BH-3					ΤΟΤΑΙ	DEPTH : 40.45 m	E:696,090	GROUND WATER LEVEL	-1.20 m
H (m)	SOIL DESCI		BOL	дон	LE NO	VERY	SPT-N		STANDARD PENETRATION	UNDRAINED SHEAR STRENGTH	ATTERBERG LIMITS PL Wn LL	TOTAL UNIT WEIGHT
DEPT			SC SYM	MET	SAMP	RECO	(blows/ft)		TEST VALUE (blows/ft)	<ul> <li>UC</li> <li>FVT</li> <li>PP (t/m<sup>2</sup>)</li> </ul>	(%)	(t/m³)
30.00-				ss	30	Ļ	20/30 cm	30.00	0 25 50 75 100	0 2 4 6 8	0 10 20 30 40	1.6 1.8 2.0 2.2 2.4
-	Same As A	Above		wo ss	31		9/30 cm		• 9/30 cm		•NP	
-	(31.00 - 32.00 m) Sil Grey, loose, fine gra	ty SAND (SM) iined.		wo	32	<b>Å</b>	37/30 cm	32.00	37/30 cm		ND	
-	(32.00 - 33.00 m) Poo	orly Graded Silty		wo			57750 CIII	32.00	-37/30 Cm		Ňr	
-	(33.00 - 35.00 m) Sil	dense, fine graine ty SAND (SM)		ss wo	33	X	30/30 cm		• 30/30 cm		●NP	
34.00-	Brown, medium den	se to very dense,	協議	ss	34	×	62/30 cm	34.00	•62/30 cm		NP	
			出出	wo ss	35	Ľ	41/30 cm		•41/30 cm		•NP	
-	(35.00 - 37.00 m) Po	orly Graded Silty		wo		·	00/00	20.00				
36.00-	SAND (SW-SM) Bro	own, medium dense		wo	36	▲.	28/30 cm	36.00	• 28/30 cm		•NP	
-	to dense, fine to coa (37.00 - 38.00 m) Cla	arse grained. avev SAND some	 	ss	37	×	17/30 cm		•17/30 cm		<b>↓ ↓ ↓</b>	
38.00-	gravel (SC) Brown,	medium dense,		ss	38	<u> </u>	32/30 cm	38.00	• 32/30 cm			• 1.93
-	(38.00 - 39.00 m) Sa	ndy CLAY (CL)		wo ss	39		67/30 cm		67/30 cm			
-	Brown, hard, low pla	asticity.		wo		▲.						
40.00-	Brown, very dense,	fine grained.		SS	40		60/30 cm	40.00	● 60/30 cm		NO RECOVERY	
-	End of boring	g 40.45 m				-						
- 42.00-								42.00				
						:						
-						-						
44.00-								44.00				
-					-							
- 46.00-								46.00				
-												
-						-						
48.00-								48.00				
-						-						
- 50.00-						-		50.00				
52.00- -								52.00				
-						-						
- 54.00-								54.00				
-						-						
56.00- -								56.00				
-						-						
- 58.00-								58.00				
-						-						
60.00-						-		60.00				
						1						I
	Thin Wall Tube		Wash	Out				U( F\	C : Unconfined Com /T : Field Vane Shear	pression Test <sup>-</sup> Test	PL : Plastic Limit Wn : Natural Water C	content
×	Split Spoon		Auger	ing				PF	P : Pocket Penetrom	neter Test	LL : Liquid Limit	

### Project : Data Collection Survey on the Outer Ring Road Diversion Channel Location: Nong Jok District, Bangkok Job no.: Serial Geonor no. : Station : VS-2 2593 Date : 10-May-17 Co-ordinate by handheld GPS : E 698585 N 1538725 St Depth(m) Su<sub>FV</sub> (undis) Su<sub>FV</sub> (rem) Vane Size ,mm 2.08 1.0 0.53 55x110 3.9 0.44 2.0 1.34 55x110 3.0 3.0 2.35 0.71 55x110 3.3 4.0 3.00 0.44 6.8 55x110 5.0 0.89 0.35 2.5 55x110 6.0 2.08 0.62 3.3 55x110 7.0 2.72 0.44 55x110 6.1 8.0 3.00 0.62 4.8 55x110 9.0 2.26 0.53 4.2 55x110 10.0 2.45 0.44 5.5 55x110 11.0 2.82 0.80 3.5 55x110 11.4 Can't push below this level. Note: 0.00 - 0.50 m Silty CLAY, li-greyish brown. (Top Soil) Vane Shear Strength (t/m<sup>2</sup>) 0 2 4 6 8 0 2 4 6 Depth (m) 8 10 12 14 16 - Undis. - Rem. $\mathbf{a}$ -Notes: (i) $Su_{FV}$ (Undis) = Undisturbed Field Vane Shear Strength ( iii ) $\,\, Su_{FV}\,$ ( Undis ) and $Su_{FV}\,$ ( Rem ) are in t/m $^2$ ( iiii ) Sensitivity , S\_t = Su\_{FV} ( Undis ) / Su\_{FV} ( Rem ) (ii) Su<sub>FV</sub> (Rem) = Remolded Field Vane Shear Strength STS Instruments Company Limited

### FIELD VANE SHEAR TEST RESULTS



### FIELD VANE SHEAR TEST RESULTS

C X	Т Т	EST F	RESU	LTS														
ction Su		urvey on	The Oute	er Ring Ro	ad divers	sion chai	nnel	Date of	Boring :	11-12/5/	2017		Ground	Water L	evel (m):	-1.50		
nprehe	-	nsive Flo	od Mana	gement Pl	lan of Ch	ao Phaya	a River	Boring <b>N</b>	 9	BH-1			North :	1,577,58	34	East :	680,016	
Je Kinç	ň	dom of T	Thailand					Location		Phra Na	khon Si /	Ayutthay	a					
E	<b>—</b>	Мn	Atter	berg Limits	(%)			Grain Siz	<u>r</u> e Analysi	.s		nscs	$\gamma_{\rm t}$	S <sub>U</sub>	-TqS	N ,(blows/	inch)	ənlı
То		(%)	LL	Ы	Ы	3/8"	#4	#10	#40	#100	#200	Group	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	1st	2nd	3rd	ev N
1.4	5	32.46	43.56	25.93	17.63	100.00	100.00	99.80	99.38	99.10	98.75	CL			0/15	3/15	4/15	7/30
Ň	45	35.18	48.33	28.02	20.31	100.00	100.00	98.90	97.05	91.42	85.47	CL			-	T	ı	0/45
Э	.45	35.37	50.09	24.65	25.44	100.00	100.00	98.34	97.75	96.86	94.84	СН			0/15	1/15	2/15	3/30
4	.45	35.15	50.56	25.78	24.78	89.58	89.22	87.32	85.62	84.19	82.22	СН			0/15	2/15	2/15	4/30
ц)	6.45	22.93	62.97	26.45	36.52	100.00	100.00	99.87	99.44	99.23	98.26	СН	1.91		0/15	3/15	4/15	7/30
9	6.45	20.69	57.93	25.43	32.50	100.00	100.00	100.00	99.63	99.10	96.73	СН	1.88		0/15	6/15	7/15	13/30
	7.45	18.63	46.37	24.37	22.00	100.00	100.00	100.00	99.54	93.48	77.63	CL	1.95		0/15	7/15	8/15	15/30
	8.45	14.66	30.55	20.56	9.99	100.00	96.23	89.92	53.12	43.33	34.84	SC			5/15	8/15	17/15	25/30
	9.45	18.04	NP	ЧN	NP	100.00	96.84	90.69	45.87	31.13	26.70	SM			13/15	15/15	18/15	33/30
<u> </u>	0.45	18.40	NP	ЧN	NP	100.00	95.40	87.55	26.83	17.34	14.65	SM			16/15	17/15	18/15	35/30
<u> </u>	1.45	22.89	NP	ЧN	NP	100.00	100.00	98.37	52.36	22.38	18.53	SM			12/15	12/15	13/15	25/30
<u> </u>	2.45	17.68	54.80	27.14	27.66	100.00	100.00	100.00	99.75	92.95	87.54	СН			6/15	12/15	16/15	28/30
<u> </u>	3.45	16.76	39.51	21.24	18.27	100.00	100.00	100.00	97.92	84.71	72.16	CL			21/2	10/15	14/15	24/30
<u> </u>	4.45	22.50	NP	NP	NP	100.00	100.00	100.00	92.28	58.56	32.44	SM			21/2	14/15	21/15	35/30
<u> </u>	5.45	20.86	NP	NP	NP	100.00	100.00	100.00	100.00	88.85	48.69	SM			14/15	13/15	11/15	24/30
<u> </u>	6.45	24.06	NP	ЧN	NP	100.00	100.00	100.00	98.91	24.14	19.55	SM			9/15	15/15	17/15	32/30
<u> </u>	7.45	19.99	44.24	21.54	22.70	100.00	100.00	99.28	97.75	95.68	92.59	CL	1.94		9/15	12/15	14/15	26/30

27/30	28/30	33/30	39/30	30/30	37/30	32/30	39/30	45/30	43/30	39/30	31/30	40/30	30/30	59/30	45/30	40/30	49/30	63/30	49/30	50/30	53/30	45/30
15/15	16/15	18/15	23/15	15/15	20/15	19/15	24/15	28/15	25/15	22/15	15/15	23/15	18/15	32/15	24/15	23/15	27/15	33/15	28/15	25/15	29/15	24/15
12/15	12/15	15/15	16/15	15/15	17/15	13/15	15/15	17/15	18/15	17/15	16/15	17/15	12/15	27/15	21/15	17/15	22/15	30/15	21/15	25/15	24/15	21/15
6/15	9/15	9/15	10/15	8/15	13/15	7/15	10/15	9/15	10/15	9/15	16/15	12/15	8/15	13/15	15/15	10/15	12/15	8/15	13/15	15/15	17/15	15/15
1.93		1.93	1.93	1.98	1.99	1.90	1.93	1.92				2.00	1.98	1.96			1.96	1.97	1.93		1.98	
СН	(CH)	CL	SC	CL	СН	CL	СН	SC	СН	СН	СН	СН	СН	CL								
96.59	97.75	93.76	93.92	94.90	96.18	93.59	97.91	82.47		75.72	38.31	84.49	87.72	92.88	89.55	42.88	89.28	76.91	96.95	91.78	93.44	91.80
98.21	98.54	95.36	95.16	96.55	97.83	96.43	98.76	92.67		89.39	49.19	89.15	90.43	94.49	90.78	45.17	90.66	78.07	97.93	93.56	94.79	97.28
99.33	99.36	97.30	96.27	98.21	98.82	99.04	99.65	99.27		99.56	95.66	92.36	94.81	96.16	92.43	76.82	92.79	80.21	99.04	94.86	96.50	100.00
100.00	100.00	98.31	97.25	98.82	99.45	100.00	100.00	99.87		100.00	98.23	94.70	97.31	97.30	93.86	98.82	94.34	84.42	100.00	96.28	98.35	100.00
100.00	100.00	100.00	98.48	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	VERY	100.00	100.00	96.95	100.00	100.00	98.01	100.00	98.21	90.38	100.00	98.83	100.00	100.00
100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	NO RECC	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
36.11	40.54	41.65	24.70	35.44	31.42	36.07	35.37	39.66		28.10	21.91	27.07	48.57	28.49	48.80	47.93	48.78	30.76	49.77	43.49	43.09	37.31
26.87	25.54	23.73	27.74	21.26	22.64	24.22	24.26	16.91		12.83	12.60	12.43	12.74	19.73	15.13	15.31	13.55	29.09	15.00	16.14	15.63	11.71
62.98	66.08	65.38	52.44	56.70	54.06	60.29	59.63	56.57		40.93	34.51	39.50	61.31	48.22	63.93	63.24	62.33	59.85	64.77	59.63	58.72	49.02
18.87	20.15	19.64	19.39	18.63	18.76	16.69	13.55	25.16		15.88	16.39	16.57	18.66	19.41	19.50	12.70	17.19	17.59	20.79	19.01	16.72	17.59
18.45	19.45	20.45	21.45	22.45	23.45	24.45	25.45	26.45	27.45	28.45	29.45	30.45	31.45	32.45	33.45	34.45	35.45	36.45	37.45	38.45	39.45	40.45
18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00	26.00	27.00	28.00	29.00	30.00	31.00	32.00	33.00	34.00	35.00	36.00	37.00	38.00	39.00	40.00
SS-18	SS-19	SS-20	SS-21	SS-22	SS-23	SS-24	SS-25	SS-26	SS-27	SS-28	SS-29	SS-30	SS-31	SS-32	SS-33	SS-34	SS-35	SS-36	SS-37	SS-38	SS-39	SS-40

MM	ARY	OF T	EST	RESU	LTS														
••	Data Col	llection S	urvey on	ι The Outε	er Ring Rc	ad divers	ion char	lanc	Date of	Boring :	8-9/5/20	17		Ground	Water L	evel (m):	-1.50		
••	in The C	omprehe	ansive Flc	ood Mana	gement P	lan of Ché	ao Phaya	a River	Boring N	 of	BH-2			North :	1,538,72	1	East :	698,582	
••	Basin in	The King	Jdom of 1	Thailand					Location	 ц	Nong Ch	nok , Ban	lgkok						
ole	Dept	h ,m	чW	Atter	berg Limits	(%)			Grain Siz	te Analysi	Š		nscs	$\boldsymbol{\gamma}_t$	S <sub>U</sub>	SPT-I	N ,(blows/	inch)	ənjı
	From	То	(%)	LL	Ы	Ы	3/8"	#4	#10	#40	#100	#200	Group	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	1st	2nd	3rd	ev N
~	1.00	1.45	75.09	80.13	32.74	47.39	100.00	100.00	100.00	100.00	99.64	99.61	СН			ı	ı	ı	0/45
-2	2.00	2.45	74.29	79.20	32.22	46.98	100.00	100.00	100.00	99.91	99.77	99.71	СН			0/15	0/15	1/34	1/49
e P	3.00	3.45	86.17	89.19	34.49	54.70	100.00	100.00	100.00	100.00	99.59	99.53	СН			I	ı	I	0/45
-4	4.00	4.45	74.79	84.28	32.50	51.78	100.00	100.00	100.00	100.00	99.81	99.78	СН			0/15	0/15	1/32	1/47
-5	5.00	5.45	47.22	58.05	27.77	30.28	100.00	100.00	100.00	100.00	99.44	98.42	СН			I	ı	I	0/45
9-	6.00	6.45	62.06	67.50	30.92	36.58	100.00	100.00	100.00	100.00	98.51	96.79	СН			I	ı	I	0/45
-7	7.00	7.45	66.95	71.58	30.21	41.37	100.00	100.00	100.00	100.00	99.74	99.58	СН			I	ı	I	0/45
ø-	8.00	8.45	62.29	75.36	32.74	42.62	100.00	100.00	100.00	99.98	99.25	95.36	СН			I	ı	I	0/45
<u>6</u> -	00.6	9.45	70.31	79.87	32.77	47.10	100.00	100.00	100.00	100.00	99.52	99.39	СН			ı		ı	0/45
10	10.00	10.45	72.41	81.40	32.92	48.48	100.00	100.00	100.00	99.97	99.92	99.90	СН			I	ı	I	0/45
11	11.00	11.45	62.44	72.72	24.53	48.19	100.00	100.00	98.82	98.77	98.75	98.68	СН			I	ı	I	0/45
12	12.00	12.45	27.16	84.90	23.04	61.86	100.00	100.00	100.00	100.00	99.91	99.88	СН	1.83		0/15	3/15	4/15	7/30
13	13.00	13.45	26.02	68.75	24.39	44.36	100.00	100.00	100.00	100.00	99.95	99.91	СН	1.84		0/15	5/15	8/15	13/30
14	14.00	14.45	22.85	68.02	21.01	47.01	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.94	СН	1.86		5/15	8/15	10/15	18/30
15	15.00	15.45	17.96	63.82	20.41	43.41	100.00	100.00	100.00	100.00	94.02	88.06	СН			5/15	7/15	12/15	19/30
16	16.00	16.45	21.24	72.58	24.17	48.41	100.00	100.00	100.00	99.97	99.92	99.90	СН	1.86		5/15	8/15	11/15	19/30
17	17.00	17.45	22.42	70.11	23.19	46.92	100.00	100.00	100.00	99.99	99.85	99.83	СН			7/15	10/15	12/15	22/30

SS-18	18.00	18.45	20.99	68.97	22.50	46.47	100.00	100.00	100.00	100.00	99.62	99.50	СН	1.86	4/15	8/15	11/15	19/30
SS-19	19.00	19.45	16.90	65.96	22.16	43.80	100.00	100.00	95.75	94.77	94.29	93.49	СН	1.80	7/15	11/15	13/15	24/30
SS-20	20.00	20.45	18.16	53.96	34.77	19.19	100.00	98.69	98.09	97.00	96.48	93.26	ΗM		6/15	12/15	15/15	27/30
SS-21	21.00	21.45	18.90	63.40	21.47	41.93	100.00	100.00	99.64	98.26	96.71	96.19	СН	1.89	8/15	10/15	12/15	22/30
SS-22	22.00	22.45	24.64	67.12	26.46	40.66	100.00	100.00	100.00	99.47	99.15	99.10	СН	1.89	3/15	5/15	7/15	12/30
SS-23	23.00	23.45	23.35	66.09	23.94	42.15	100.00	100.00	99.87	96.23	93.25	92.43	СН		5/15	7/15	9/15	16/30
SS-24	24.00	24.45	21.75	67.93	22.12	45.81	100.00	100.00	100.00	99.97	98.20	95.82	СН		4/15	7/15	10/15	17/30
SS-25	25.00	25.45	20.00	63.52	29.75	33.77	100.00	100.00	100.00	99.99	95.22	92.42	ΗM		4/16	5/15	7/15	12/30
SS-26	26.00	26.45	18.58	59.98	26.00	33.98	100.00	100.00	99.93	99.72	98.68	97.99	СН	1.90	4/17	8/15	16/15	24/30
SS-27	27.00	27.45	18.00	65.39	23.72	41.67	100.00	100.00	99.97	<u>99.69</u>	99.50	99.46	СН	1.85	8/15	12/15	17/15	29/30
SS-28	28.00	28.45	18.35	66.14	23.60	42.54	100.00	100.00	100.00	99.74	99.57	99.53	СН	1.88	9/15	11/15	14/15	25/30
SS-29	29.00	29.45	19.57	60.83	24.57	36.26	100.00	100.00	100.00	98.64	91.42	90.41	СН	1.97	10/15	13/15	17/15	30/30
SS-30	30.00	30.45	18.37	62.07	22.43	39.64	100.00	100.00	100.00	100.00	99.45	99.22	СН	1.95	12/15	14/15	16/15	30/30
SS-31	31.00	31.45	18.29	50.36	23.56	26.80	100.00	99.11	84.94	75.92	70.60	68.16	СН	1.91	10/15	11/15	15/15	26/30
SS-32	32.00	32.45	17.75	54.13	18.45	35.68	100.00	100.00	100.00	99.44	98.79	96.17	СН	1.91	12/15	13/15	17/15	30/30
SS-33	33.00	33.45	16.92	42.35	21.19	21.16	100.00	100.00	100.00	99.45	89.71	76.00	CL	1.94	 8/15	10/15	15/15	25/30
SS-34	34.00	34.45	17.97	29.66	20.05	9.61	100.00	100.00	100.00	99.93	43.91	30.18	SC		 17/15	21/15	33/15	54/30
SS-35	35.00	35.45	19.06	NP	NP	NP	100.00	100.00	100.00	91.52	25.63	20.78	SM		 15/15	20/15	20/15	40/30
SS-36	36.00	36.45	15.85	NP	NP	ЧN	100.00	100.00	100.00	88.33	27.22	21.40	SM		 16/15	20/15	31/15	51/30
SS-37	37.00	37.45					NO RECO	VERY					(SM)		16/15	0/15	22/15	40/30
SS-38	38.00	38.45				~	NO RECO	VERY					(SM)		12/15	18/15	19/15	37/30
SS-39	39.00	39.45	20.30	35.67	19.40	16.27	100.00	100.00	100.00	100.00	97.75	80.38	CL		 9/15	10/15	15/15	25/30
SS-40	40.00	40.45	19.84	46.20	20.24	25.96	100.00	100.00	99.45	99.42	99.23	99.17	CL	1.96	9/15	13/15	16/15	29/30

										1												
				ənji	ev N	0/45	0/45	0/45	0/45	0/45	0/45	0/45	0/45	0/45	0/45	0/45	0/45	0/45	0/45	2/40	4/35	2/40
		696,090		ʻinch)	3rd	ı	ı	I	I	ı	I	ı	I	I	I	I	I	I	I	1/32	3/25	2/25
	-1.20	East :		N ,(blows,	2nd	ı	ı	I	I	ı	I	I	I	I	I	I	I	I	I	1/8	1/10	0/15
	evel (m):	88		SPT-	1st	ı	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	0/24	1/15	0/15
	Water Le	1,494,86		s	(t/m <sup>2</sup> )																	
	Ground	North :		$\gamma_{\rm t}$	(t/m <sup>3</sup> )																	
			t Prakan	nscs	Group																	
	17		, Samut		#200	98.54	80.32	97.42	98.17		83.16	96.30	99.10	99.59	98.19	99.03	96.88	97.76	92.89	93.90	89.55	
	5-6/5/20	BH-3	Bang Bc	s	#100	98.91	80.90	97.84	98.51		83.92	96.83	99.35	99.74	98.50	99.52	98.47	99.01	95.08	96.59	92.22	
	Boring :	ġ	 c	e Analysi	#40	100.00	82.11	98.50	98.96		85.29	98.11	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	95.75	97.17	92.68	
	Date of	Boring N	Locatio	Grain Siz	#10	100.00	84.28	100.00	100.00		88.47	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
	Inel	a River			#4	100.00	85.34	100.00	100.00	VERY	91.84	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	VERY
	sion cha	ao Phaya			3/8"	100.00	87.56	100.00	100.00	NO RECO	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	NO RECO
	ad divers	lan of Ch		(%)	Ы	64.18	75.83	75.54	71.60		60.59	74.38	92.72	94.06	104.01	101.54	90.12	82.38	86.73	98.06	81.16	
LTS	r Ring Ro	gement P		erg Limits	ΡL	40.77	37.40	41.83	40.88		44.08	51.35	39.55	39.37	40.41	35.25	40.45	47.01	47.36	34.32	43.73	
RESUI	The Oute	od Manaç	hailand	Attert	LL	104.95	113.23	117.37	112.48		104.67	125.73	132.27	133.44	144.43	136.79	130.58	129.39	134.09	132.38	124.89	
EST F	urvey on	nsive Flo	dom of T	٨N	(%)	98.73	92.81	103.08	100.83		106.51	115.38	110.32	104.62	110.63	113.01	101.00	101.89	92.44	86.69	84.61	
DF TI	lection S	omprehe	The King	Ľ,	То	1.45	2.45	3.45	4.45	5.45	6.45	7.45	8.45	9.45	10.45	11.45	12.45	13.45	14.45	15.45	16.45	17.45
ARY (	Data Col	in The Co	Basin in <sup>-</sup>	Depth	From	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
SUMM/	Project :			Sample	No.	SS-1	SS-2	SS-3	SS-4	SS-5	SS-6	SS-7	SS-8	SS-9	SS-10	SS-11	SS-12	SS-13	SS-14	SS-15	SS-16	SS-17

60/30	67/30	32/30	17/30	28/30	41/30	62/30	30/30	37/30	9/30	20/30	24/30	6/30	6/30	17/30	17/30	12/30	14/30	17/30	22/30	5/32	4/35	3/38
33/15	37/15	17/15	10/15	12/15	17/15	32/15	18/15	19/15	6/15	11/15	11/15	3/15	3/15	9/15	9/15	6/15	7/15	10/15	12/15	3/17	2/20	2/23
27/15	30/15	15/15	7/15	16/15	24/15	30/15	12/15	18/15	3/15	9/15	13/15	3/15	3/15	8/15	8/15	6/15	7/15	7/15	10/15	2/15	2/15	1/15
25/15	16/15	17/15	13/15	15/15	22/15	10/15	10/15	12/15	3/15	8/15	6/15	4/15	2/15	7/15	5/15	5/15	6/15	4/15	0/15	0/15	0/15	0/15
		1.93													1.85							
(SC)	sc	CL	sc	SW-SM	SP-SM	SM	SM	SP-SM	SM	SM	SM	CL	CL	(CL)	CL	CL	sc	sc	CL			
	24.93	63.91	35.97	6.14	10.80	12.69	17.55	11.46	47.61	32.33	33.21	78.74	72.02		77.32	73.28	42.97	35.44	70.90	93.10	91.78	93.01
	58.71	87.93	41.23	9.25	16.52	16.96	22.86	16.62	76.00	49.28	49.95	88.48	83.46		93.22	89.97	76.88	66.90	85.97	98.94	97.63	96.86
	100.00	99.11	52.36	26.02	51.19	37.42	40.90	99.08	100.00	100.00	100.00	99.32	99.55		99.36	98.95	100.00	98.30	97.93	100.00	100.00	100.00
	100.00	100.00	65.59	74.79	97.68	82.13	93.62	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	99.66	100.00	100.00	98.95	100.00	100.00	100.00
VERY	100.00	100.00	75.82	92.84	100.00	96.72	96.92	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	VERY	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
NO RECC	100.00	100.00	90.67	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	NO RECC	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	9.57	14.21	15.50	NP	NP	NP	NP	ЧN	ЧN	NP	ЧN	22.64	16.39		16.42	22.51	12.93	18.02	17.87	33.31	30.58	71.86
	18.87	19.29	19.40	ЧN	ЧN	ЧN	ЧN	ЧN	ЧN	NP	ЧN	27.15	25.90		25.90	16.91	14.08	20.03	19.20	28.44	30.28	52.66
	28.44	33.50	34.90	NP	49.79	42.29		42.32	39.42	27.01	38.05	37.07	61.75	60.86	124.53							
	21.68	19.26	19.05	13.33	18.22	12.59	16.91	22.76	22.78	22.12	22.95	26.41	21.73		21.89	22.85	21.96	18.76	22.53	48.21	56.93	71.59
40.45	39.45	38.45	37.45	36.45	35.45	34.45	33.45	32.45	31.45	30.45	29.45	28.45	27.45	26.45	25.45	24.45	23.45	22.45	21.45	20.45	19.45	18.45
40.00	39.00	38.00	37.00	36.00	35.00	34.00	33.00	32.00	31.00	30.00	29.00	28.00	27.00	26.00	25.00	24.00	23.00	22.00	21.00	20.00	19.00	18.00
SS-40	SS-39	SS-38	SS-37	SS-36	SS-35	SS-34	SS-33	SS-32	SS-31	SS-30	SS-29	SS-28	SS-27	SS-26	SS-25	SS-24	SS-23	SS-22	SS-21	SS-20	SS-19	SS-18

Location S1

Diameter 1.5–2 cm Ratio Clay 2: Sand 1

**Cone Index Caluculation** 

$qc = \frac{1527.36}{0} (Qc/A)$	A: 0.000323 m2
Qc = 0.493337 (Qrd+(m0+n*m1)*gn)/1000	Qrd: 484.704 kN
	n: 1 pcs
	m1 : 0.78 kg
	gn:   9.81 m/s2
Qrd = 484.704 (K*D)	K : 4.488 N
	D : 108 Reading
ac = 1527.35 (Simplified formula)	

### **Coen Penetration Data Sheet**

Average					1551.7			12.5	1.689
4	96	104	124	108.0	1527			12.50	1.689
3	85	130	128	114.3	1615			12.29	1.692
2	102	102	122	108.7	1537			12.69	1.686
1	98	110	128	108.0	1527			12.45	1.690
No	5cm	7.5cm	10cm	Average	:qc (kPa)	t (%)	:/m3)	Content	/ Density
Mold		ممانمم	reauting		Corn Index	Water Conten	Dry Density (t	Adjust Water (%)	Adjusted Dry

35

30

25

20

15

10

ഹ

0

500

Moistue content (%)



Location S2 Diameter 1.5–2.0 cm Ratio Clay 2: Sand 1

	¢	2
		5
	Ċ	5
•	÷	Ě
	÷	Ş
	ς	2
	Ξ	3
	6	
	2	۲
	-	,
	•	
	2	Ś
	2	5
	20	くりつ
•		
	> o c u	
•	v n n a v	
•	vabri ac	
•	vabul au	
•	vapal and	
	Cone Indev	

dc =	2805.67 (Qc/A)	A: 0.000323 m2
Qc =	0.906233 (Qrd+(m0+n*m1)*gn)/1000	Qrd : 897.6 kN
		m0: 0.1 kg
		n: 1 pc
		m1: 0.78 kg
		gn: 9.81 m/
Qrd =	897.6 (K*D)	K : 4.488 N
		D : 200 Re
II D	2805.67 (Simplified formula)	

			,,,				
Sample	e No	1	2	3	4	Average	
	շշա	35	60	50	57		
	7.5cm		46	75	75		
reauting	10cm		50	80	80		
	Average	35.0	52.0	68.3	70.7		
Corn Index	:qc (kPa)	513	749	976	1 0 0 9	811.8	
Water Conte	nt (%)	33.41	32.67	32.55	33.86		
Dry Density	(t/m3)	1.32	1.34	1.34	1.33		
Adjust Water	- Content (	18.00	17.60	17.54	18.24	17.8	
Adjusted Dr	v Density	1.49	1.51	1.51	1.51	1.5	





Location Diameter Ratio

S3 1.5–2 cm Clay 2: Sand 1

_	
	-
+	~
<b></b>	
~~~	~
_	
	1
- C 3	5
-	1
_	_
	÷.,
<b>CO</b>	Q
כו	14
	0
	~
-	C
~	ē
- <b>đ</b> h	~
•	
0	
2	_
db	
-	
-	
0	
רח	
_	

one Index Caluculation	
qc = 2805.67 (Qc/A)	A: 0.000323 m2
Qc = 0.906233 (Qrd+(m0+n*m1)*gn)/1000	Qrd : 897.6 kN
	n: UI Kg n: 1 pcs
	m1:  0.78 kg
	gn: 9.81 m/s2
Qrd = 897.6 (K*D)	K : 4.488 N
	D : 200 Reading
<b>qc</b> = 2805.67 (Simplified formula)	

		יו בממ	011000				
Samp	ole No	1	2	3	4	Average	
	5cm	148	78	48	45		
	7.5cm	146	104	64	66		
reading	10cm	152	120	66	68		
	Average	148.7	100.7	59.3	59.7		
Corn Inde:	x :qc (kPa)	2092	1425	851	856	1306	
Water Cor	ntent (%)						
Dry Densi	ty (t/m3)						
adjust Wa <sup>.</sup>	ter Conten	20.56	20.91	21.93	22.21	21.40	
Adiusted F	Density	1 46	1 43	1 40	1 40	1 42	





Location S1 Diameter 3–4 cm Ratio Clay 2: Sand 1

Cone Index Caluculation

.67 (Qc/A) 233 (Qrd+(m0+n*m1)*gn)/1000
d formula)

N ploM	0	1	2	3	4	Average	
	5cm	75	92	92	62		
	7.5cm	78	105	95	95		
reading	10cm	80	120	105	130		
	Average	T.TT	105.7	97.3	95.7		
Corn Index :qc (l	<pa)< td=""><td>1106</td><td>1495</td><td>1379</td><td>1356</td><td>1334.0</td><td></td></pa)<>	1106	1495	1379	1356	1334.0	
Water Content (	(%						
Dry Density (t/n	13)						
Aadjust Water (%)	Content	12.26	11.94	12.28	11.88	12.1	
Adjusted Dry De	nsity	1.69	1.71	1.69	1.70	1.70	





Location S2 Diameter 3-4 cm Ratio Clay 2: Sand 1

lation	
Caluci	
Index	

	סנו מנוטוו שמ	רמ טווקקו					
Samp	ole No	1	2	3	4	Average	
	5cm	100	75	54	125		
Dockie	7.5cm	78	95	104	100		
reading	10cm	96	95	140	121		
	Average	91.3	88.3	99.3	115.3		
Corn Inde	x :qc (kPa)	1296	1254	1407	1629	1397	
Water Conter	nt (%)	33.58	32.75	29.92	30.53		
Dry Density (	t/m3)	1.3	1.33	1.36	1.34		
Adjust Water	Content (%)	18.09	17.64	16.12	16.45	17.08	
Adiusted D	Density	1 47	1 50	1 53	1 50	1 50	





S3 3-4 cm Clay 2: Sand 1 Location Diameter Ratio

Cone Index	Caluculation		
dc =	2805.67 (Qc/A)	0000 : V	0323 m2
Qc =	0.9062328 (Qrd+(m0+n*m1)*gn)/1000	Qrd : 8 m0 :	397.6 kN 0.1 kg
			1 pcs 0.78 kg
		: ug	9.81 m/s2
Qrd =	897.6 (K*D)	A D	1.488 N 200 Reading
11 00	2805.67 (Simplified formula)		

	נומוטוו שמו	מ טוופפר					
Sampl	e No	1	2	3	4	Average	
	շշա	63	145	100	100		
ممانمه	7.5cm	73	06	150	110		
Reading	10cm	70	06	150	106		
	Average	68.7	108.3	133.3	105.3		
Corn Index	:qc (kPa)	981	1532	1879	1490	1471	
Water Content	(%)						
Dry Density (t,	/m3)						
Adjust Water C	Content (%)	18.00	17.60	17.54	18.24	17.85	
Adjusted Dr	y Density	1.47	1.46	1.46	1.46	1.46	



