

第4章 外郭環状道路放水路基本設計

4.1 検討内容

外郭環状道路放水路（以下、放水路と記載する。）の平面線形は図 4.1.1 に示すように、特に南部では軟弱地盤の厚く堆積する区間に計画している。同図はカセサート大学から公表されているもので、軟弱地盤層厚、含水比等に着眼し、A~Fの6段階で軟弱地盤の平面分布を示したものである。放水路の計画位置は、相対的には地盤条件のよい北部C区間から、地盤条件の悪い南部F区間に該当する。

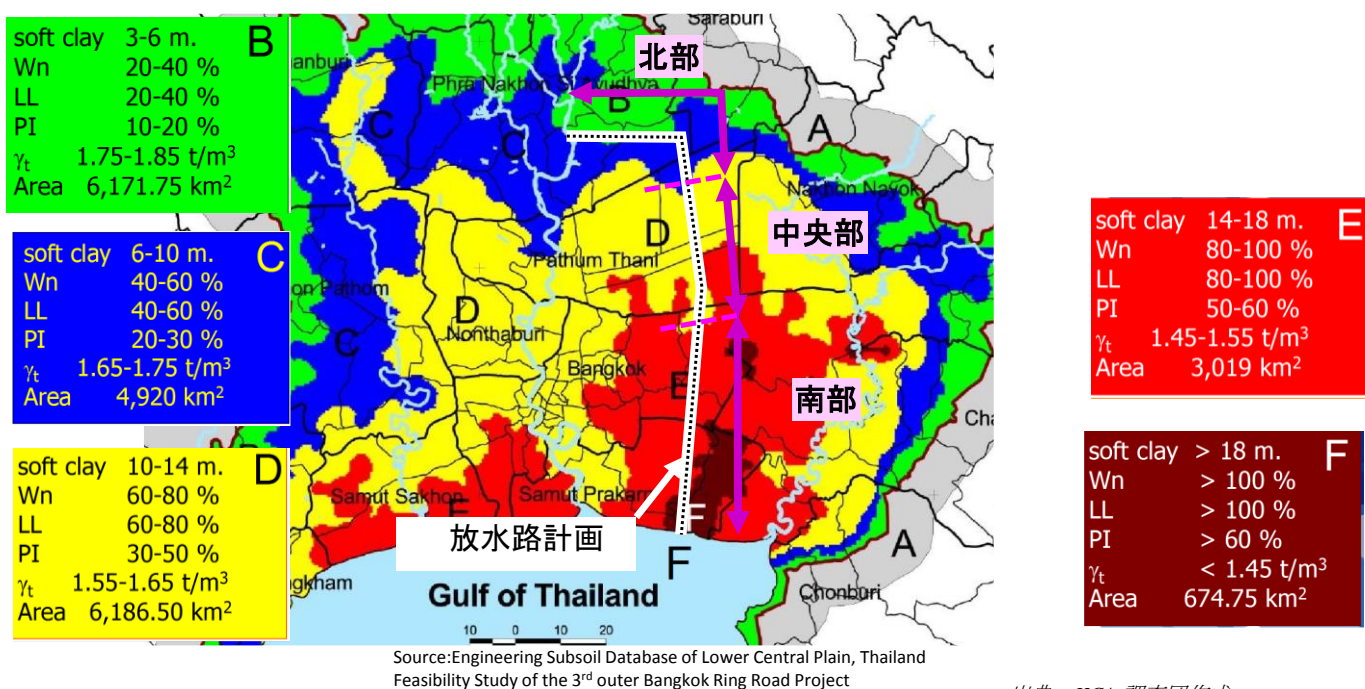


図 4.1.1 軟弱地盤の分布と放水路計画位置との関係

一方、放水路の計画断面を以下に示す。現地盤からの掘削深度は 6.0m、築堤盛土高は 2.8m、のり勾配は 1 : 3.0 である。また、河床幅で 70m であり、用地幅としては約 166m となる。

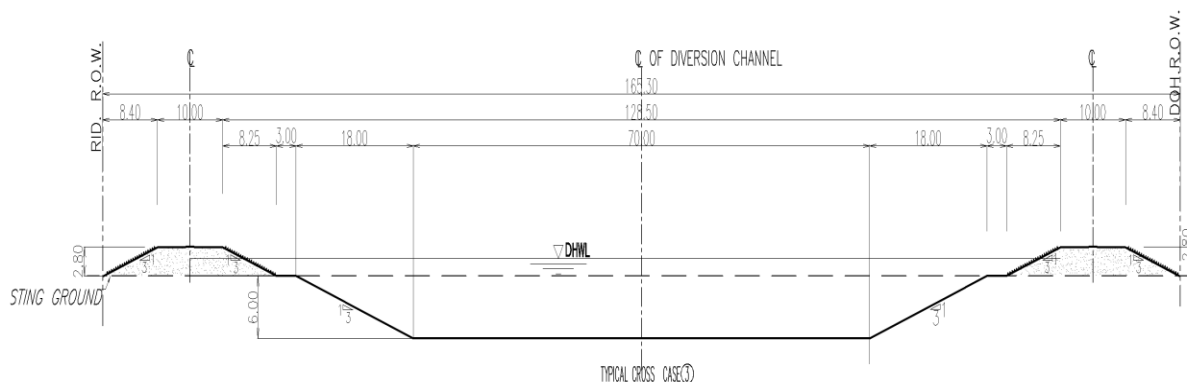
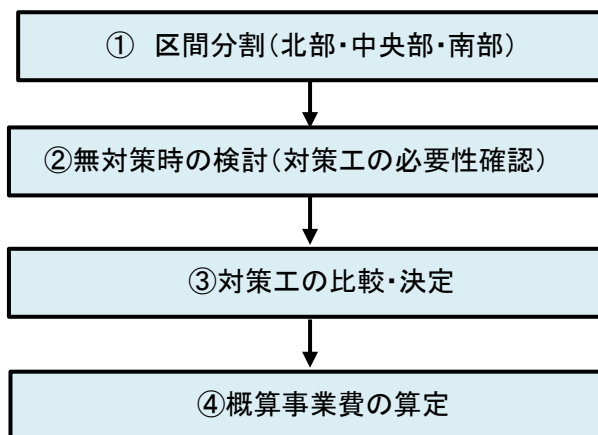


図 4.1.2 放水路計画断面

本検討フローを図 4.1.3 に示す。

本検討は軟弱地盤層厚に着眼し、区間を3つに分割すると共に、放水路掘削時における「のり面安定」、および堤防盛土時における「圧密沈下」に対し、①対策工の必要性確認、②対策工の比較決定、③概算事業費の算定を行った。

また、本業務において3区間で各1箇所、新たに地質調査を行っている。調査時期との関係から、中部・南部区間については既往の地質調査結果をもとに、①～④の検討を行うと共に、新規調査結果を踏まえ、再度②～④の検討を行った。ただし、③対策工については、既往の地質調査結果及び本検討で実施した調査の結果から対策工諸元（対策規模）を設定した。



出典：JICA 調査団作成

図 4.1.3 検討フロー

4.2 区間分割

本検討では軟弱地盤の層厚分布から放水路の全区間を北部、中央部、南部の3区間に分割した。南部には軟弱地盤が厚く堆積し、中央部ではやや厚い軟弱地盤が堆積している。北部では軟弱地盤の確認されているボーリングは限定的である。

表 4.2.1 区間分割

区間	カセサート分類	軟弱地盤層厚	備考
北部	C (青)	縦断方向に不連続に堆積	
中央部	D (黄)	層厚 H=12m 程度	
南部	E (赤) ・ F (茶)	層厚 H=18~25m 程度	

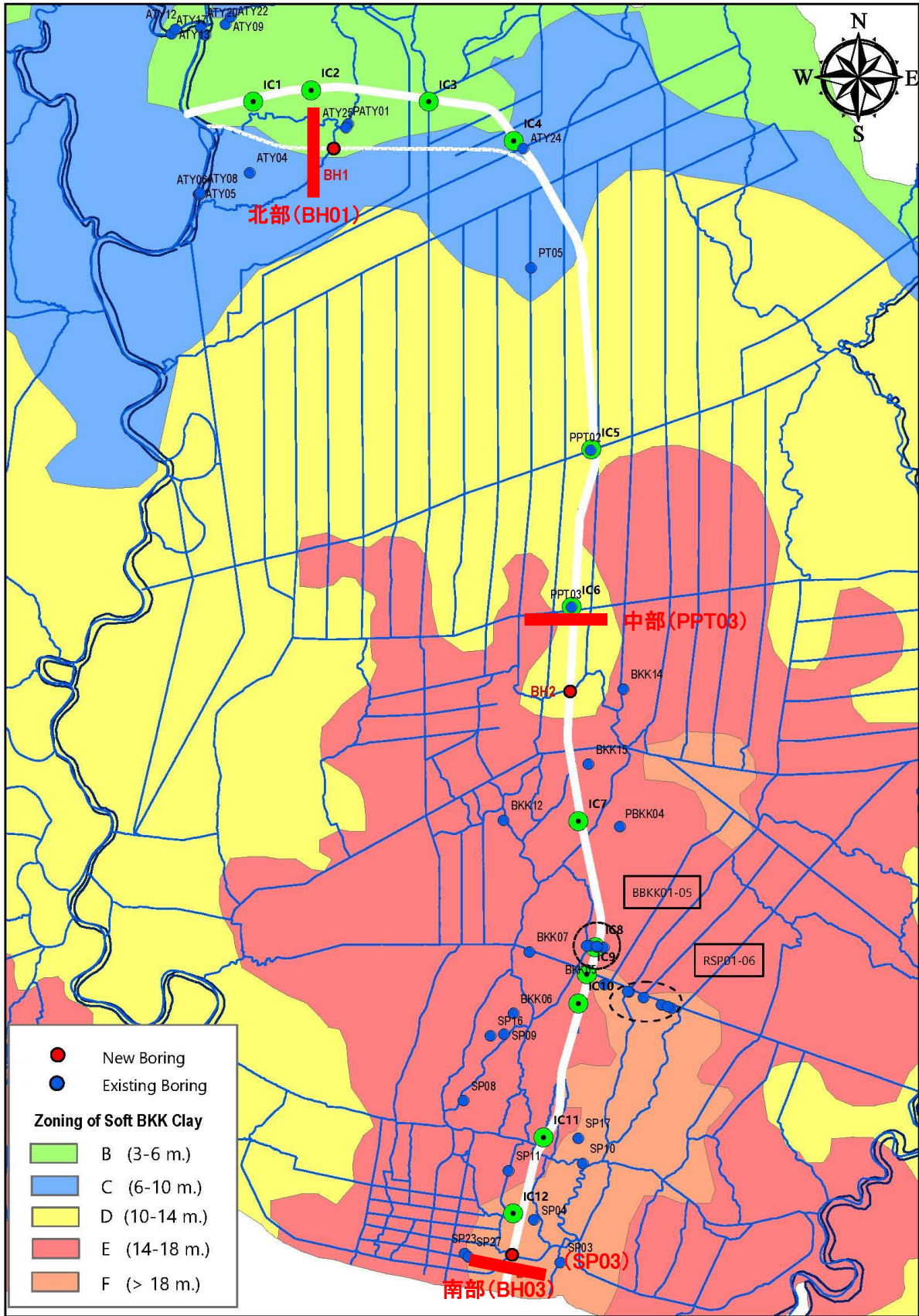
出典：JICA 調査団作成

また、検討断面は、既往の地質調査を用いた検討では、周辺の地質調査結果の中で、軟弱地盤層厚の最も厚い地点に設定した。新規地質調査後の検討では、放水路の計画線上にある地質調査結果の中で、最も層厚の厚い地点に検討断面を設定した。

表 4.2.2 検討断面

区間	段階	検討断面位置	選定理由
北部	最終検討	新規ボーリング地点 (BH1)	放水路計画線上の地質調査地点
中部	比較検討	既往ボーリング地点 (PPT03)	既往の地質調査に基づく検討では軟弱地盤層厚の厚いボーリング (PPT03) 地点を採用
	最終検討	既往ボーリング地点 (PPT03)	新規地質調査後の検討でも、放水路計画線上で最も軟弱地盤層厚の厚いボーリング (PPT03) 地点を採用
南部	比較検討	既往ボーリング地点 (SP03)	既往の地質調査に基づく検討では軟弱地盤層厚の厚いボーリング (SP03) 地点を採用
	最終検討	新規ボーリング地点 (BH03)	新規地質調査後の検討でも、放水路計画線上で最も軟弱地盤層厚の厚いボーリング (BH03) 地点を採用

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 4.2.1 既往ボーリングおよび新規ボーリング位置図

4.3 無対策時の検討（対策の必要性確認）

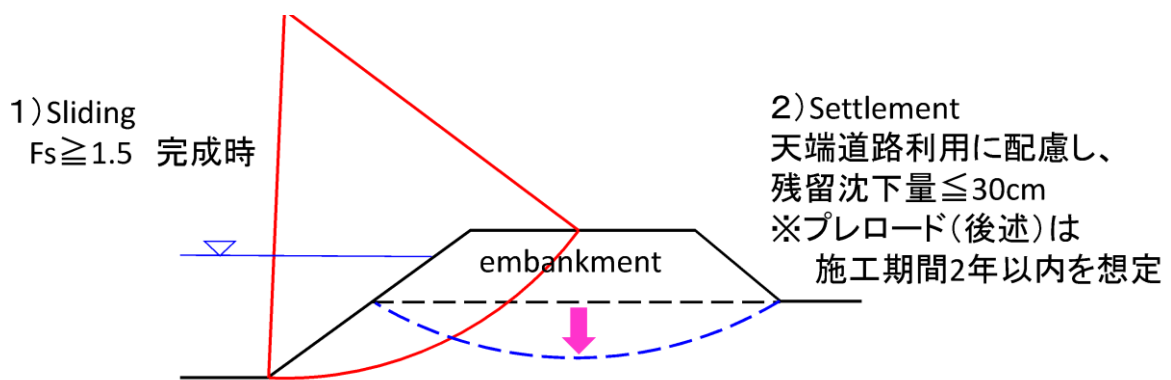
4.3.1 検討項目

無対策時の検討は、放水路掘削後の断面および、築堤盛土後の断面を用いて、掘削のり面のすべり安定性の照査および、築堤盛土後の圧密沈下計算を行った。

すべり安定計算では完成直後を想定し、築堤盛土に伴う基礎地盤、粘性土の強度増加は期待しない条件とし、堤防天端についてはサービスロード兼用区間があることを踏まえ、等分布荷重を考慮して計算を行い、対策の必要性確認を行った。

圧密沈下計算では、堤防天端をサービスロードとして兼用する区間があることを踏まえ、供用開始後の残留沈下量に着眼し、対策の必要性確認を行った。また、一体化事業工程に配慮し、プレロード等、対策工の施工期間は2年以内とした。

また、築堤により基礎地盤が沈下しても計画堤防高を満足させるため、最終沈下量相当の余盛高を確保する計画とした。



出典：JICA 調査団作成

図 4.3.1 すべり・沈下の概要図

(1) 検討方法

1) すべり検討

下記の式で安全率を検討する。

$$F_s = \frac{\sum \{c_i \cdot l_i + (W_i - u_i \cdot b_i) \cos \theta_i \cdot \tan \phi_i\}}{\sum W_i \cdot \sin \theta_i}$$

ここに、

F_s : 安全率

c_i, ϕ_i : すべり面上の粘着力 (kN/m^2) およびせん断抵抗角 (度)

l_i : 分割片のすべり面の長さ (m)

W_i : 分割片の土の全重量 (kN/m)

u_i : すべり面上の間隙水圧 (kN/m^2)

b_i : スライスの幅 (m)

θ_i : 分割片のすべり面平均傾斜角 (度)

2) 沈下検討

i. 沈下量

地盤の圧密沈下量は、以下の△e法により求める。

$$S = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} \cdot H$$

ここに、

S : 圧密沈下量 (m)

e_0 : 圧密層の初期間ゲキ比

e_1 : 圧密後の間ゲキ比 ($e \sim \log p$ 曲線より $P_0 + \Delta P$ の e を用いる)

ΔP : 盛土荷重などによる鉛直増加応力 (kN/m^2)

P_0 : 圧密先行荷重による鉛直応力の増加量 (kN/m^2)

H : 圧密層の層厚 (m)

ii. 沈下時間

圧密に要する時間は、次式を用いて算定する。

$$t = \frac{T_v \cdot d}{C_v}$$

ここに、

t : 圧密度 U に達するに要する時間 (day)

T_v : 圧密度 U に対応する時間係数 (下表)

● 単位体積重量 γt

土質試験結果で得られた値の平均値とする。なお、飽和重量 γ_{sat} は湿潤重量 $\gamma t + 1.0 \text{ kN/m}^3$ とする。

● 粘着力 C

力学試験結果の平均値とする。なお、土質柱状図では同一層として評価された深度の試験値でも、含水比、湿潤重量、粒度試験等に着眼し、異なる土質と想定される場合、層境界付近で行った試験値は棄却する。また、深部において、力学試験が行われていない土層については、代表 N 値に基づき以下に示す Terzaghi and Peck の推定式で設定する。

$$c = q_u / 2 = N / 0.16 = 6.25N$$

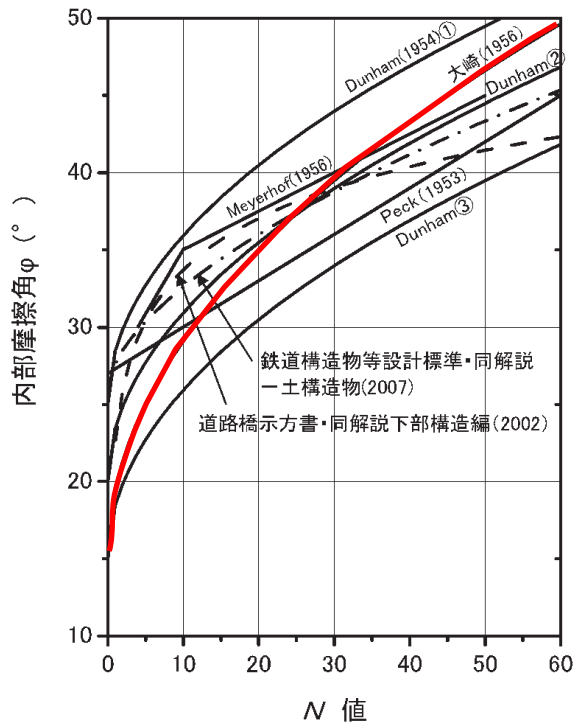
ここに、 c : 粘着力 (kN/m^2)、 q_u : 一軸圧縮強さ (kN/m^2)、 N : 代表 N 値。

(出典 : 道路土工—仮設構造物工指針、日本道路協会、H11.3)

● 内部摩擦角 ϕ

力学試験結果の平均値とする。試験値が無い場合には代表 N 値に基づき、「大崎の式※」を用いて推定する。

※推定値の曲線・直線の中でも比較的、中央付近を示している。



出典 : 「河川堤防の構造検討の手引き (改訂版) H24.2」

図 4.3.3 N 値と内部摩擦角 ϕ の関係

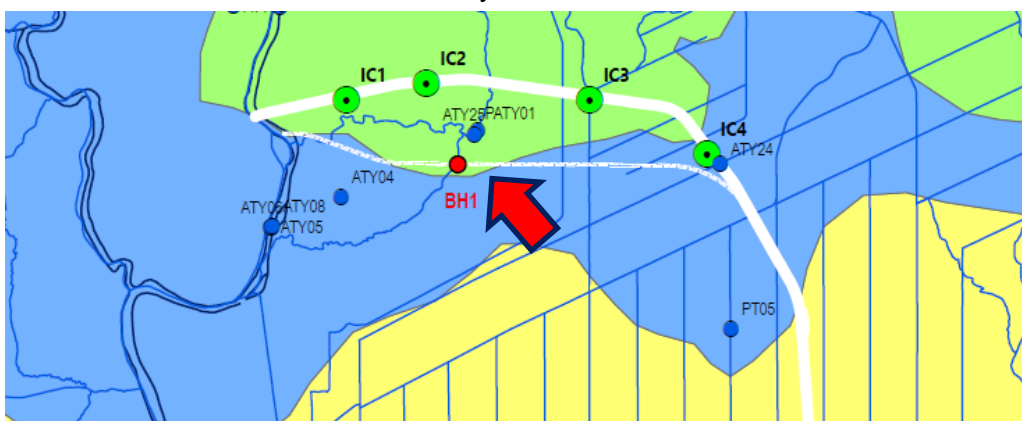
● 圧密特性

圧密試験結果の平均値とする。ただし、北部については既往ボーリングで圧密試験を実施していない。そのため、既往ボーリングにおける検討段階では、中央部における既往の圧密試験を参考に検討する。

1) 北部

● 土層構成

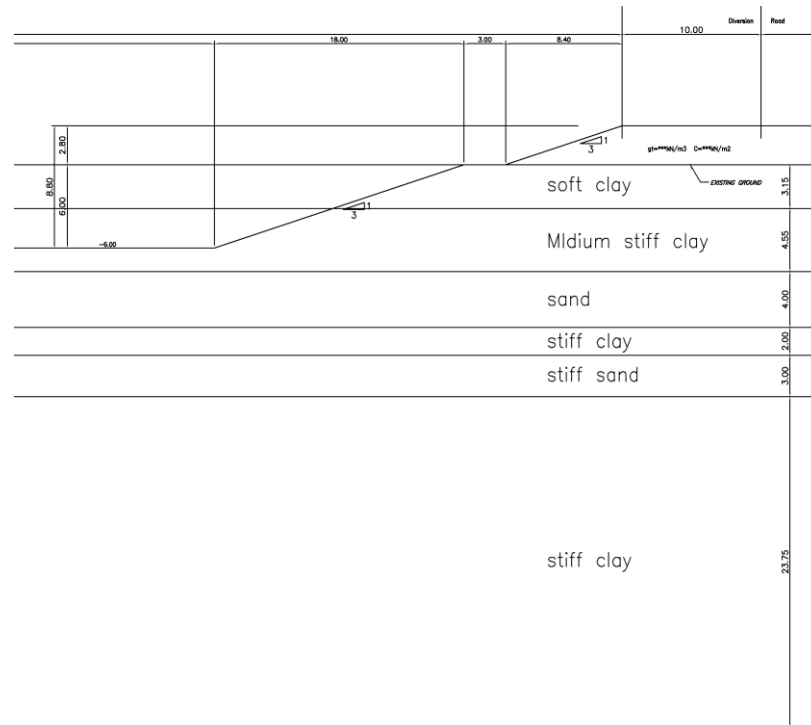
検討に用いたボーリング柱状図を次頁に示す。同地点は区間の中央付近に位置し、近傍の既往ボーリングでも唯一、軟弱地盤（Soft clay）の確認された地点である。



出典：JICA 調査団作成

図 4.3.4 ボーリング位置図

Soft clay は現地盤高から 3m 程度の深度まで堆積し、その下位には、Medeium clay、Coase sand、Stiff clay が堆積する。本検討では上位の Soft clay を圧密層と想定した。



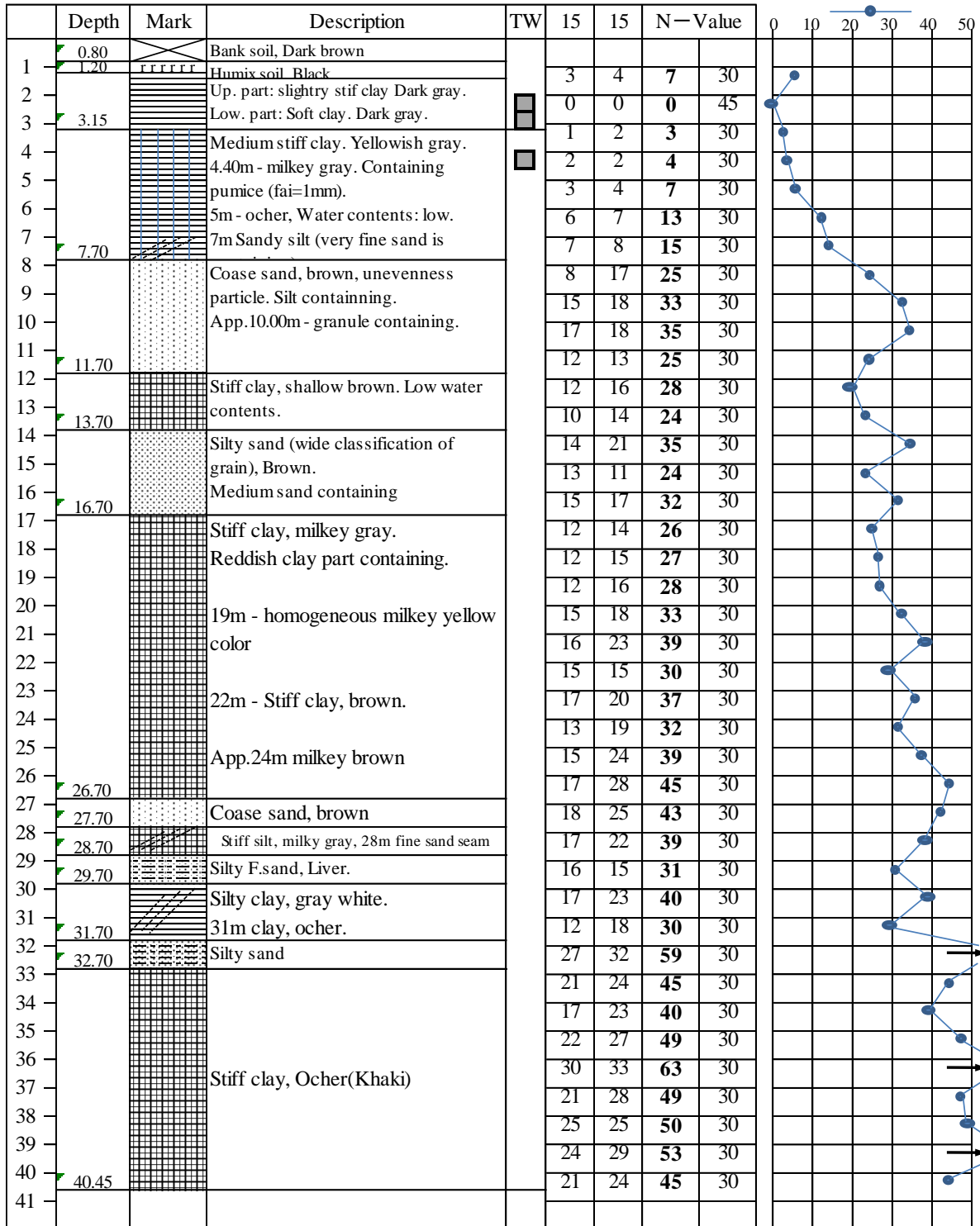
出典：JICA 調査団作成

図 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）

BH1

Coordinates : X=680015. Y=1577587

GWL: GL-1.50m



出典 : JICA 調査団作成

図 4.3.6 本検討におけるボーリング調査結果 (BH1)

● 土質定数

北部における土質定数の設定値を下表に示す。

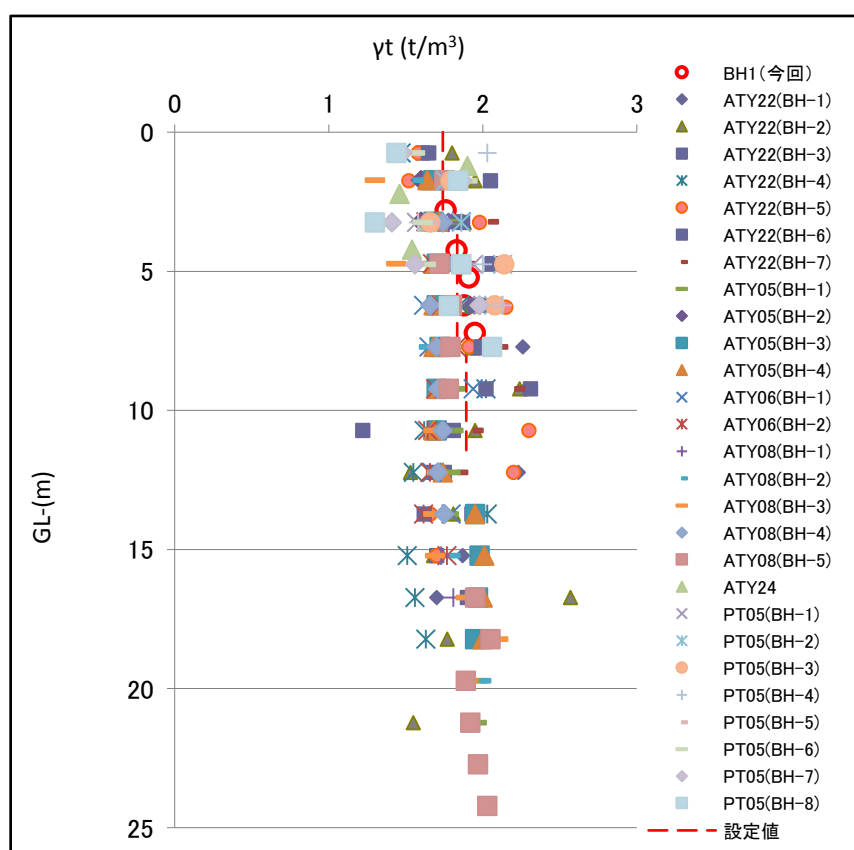
表 4.3.1 北部における土質定数の設定値

地層名	含水比 W (%)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	内部摩擦角 ϕ (°)	粘着力 C (kN/m ²)	圧密曲線 (e-logP, Cv)
Soft clay	33	17.4	0	29.0 (GL-3.15mまで)	設計曲線1
Medium stiff clay	35	18.3	0	-0.55Z + 27.3 (Z:深度GL-m)	設計曲線2
sand	-	18.9	39	-	排水層
Very Stiff clay	-	19.8	0	-	排水層

出典：JICA 調査団作成

● 単位体積重量

単位体積重量 γ_t は北部（カセサートC区分【青】）における既往のボーリング、および新規ボーリング（BH01）のサンプルの平均値とした。

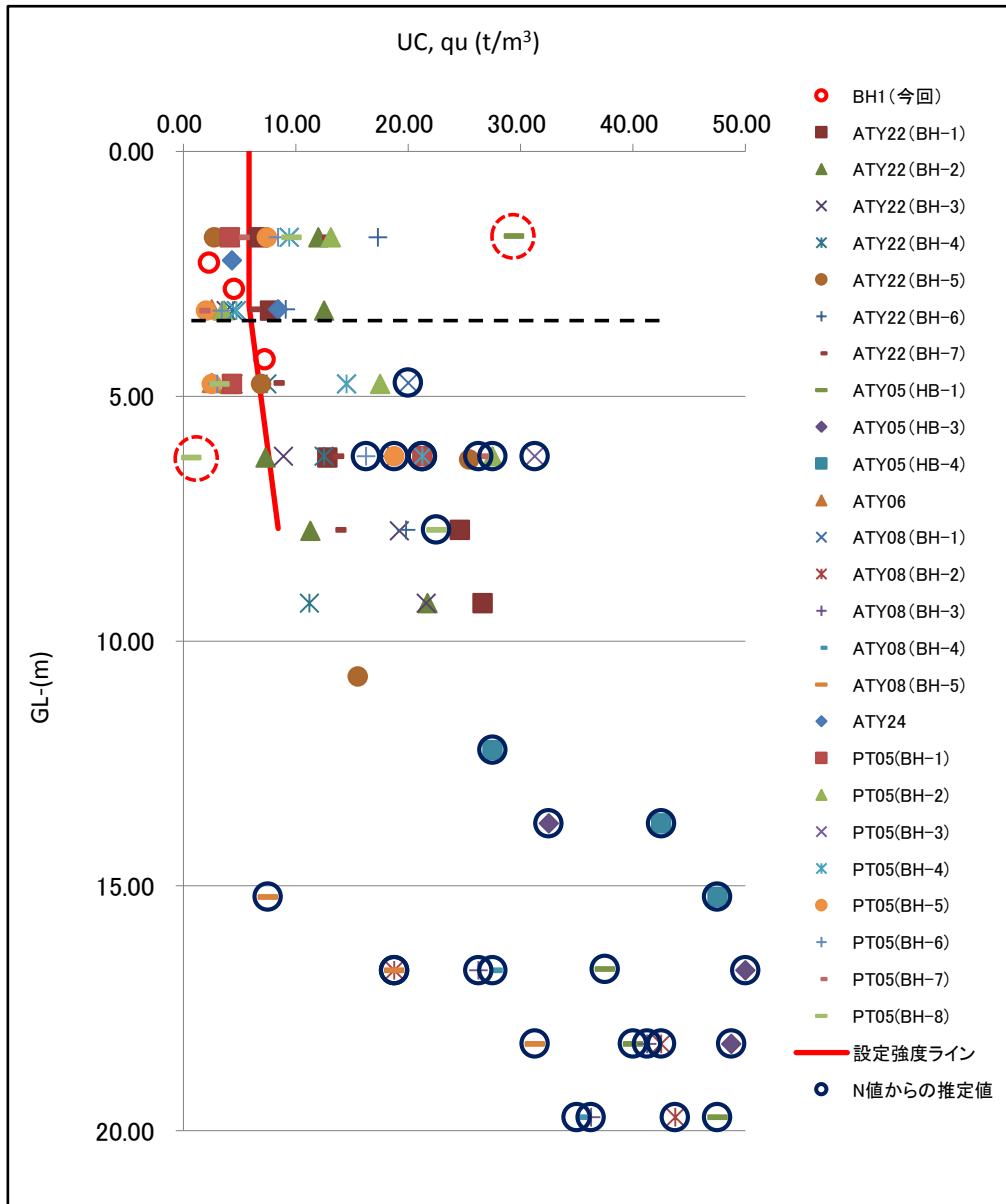


出典：JICA 調査団作成

図 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

● 粘着力C

既往の一軸圧縮試験結果を踏まえ、一軸圧縮強度は北部（カセサートC区分【青】）における既往のボーリング、および新規ボーリング（BH01）のサンプルの平均値とした。図中の赤破線で囲んだ点は異常値と判断し棄却した。深度 3m 付近に示す破線より浅い領域ではこの領域のサンプルの平均値とした。破線より深い領域では破線で示す深度における設定値と深度 5m 付近の平均値を結ぶ直線で近似した。



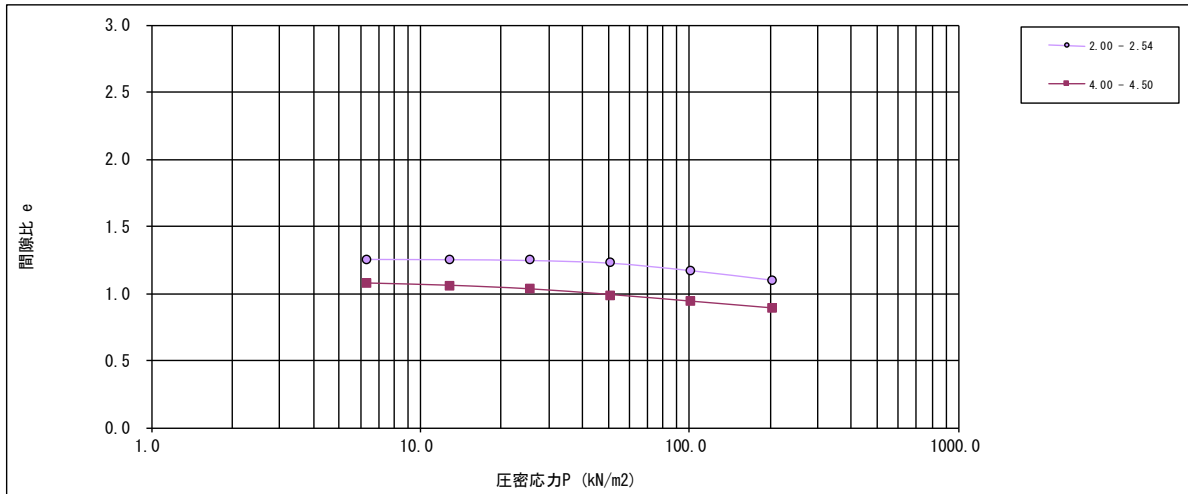
出典：JICA 調査団作成

図 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

● 圧密曲線

e-logP曲線									
Boring No.	圧密応力 P(kN/m ²)※ Depth	0.0	6.3	12.8	25.5	50.8	101.5	203.0	備考
BH1	2.00 - 2.54	1.266	1.256	1.254	1.248	1.228	1.172	1.101	設計曲線1
Boring No.	圧密応力 P(kN/m ²)※ Depth	0.0	10.0	20.0	40.0	80.0	160.0	320.0	備考
BH1	4.00 - 4.50	1.198	1.076	1.059	1.032	0.989	0.939	0.888	設計曲線2

※データシートはt/m²のため、SI単位へ換算済

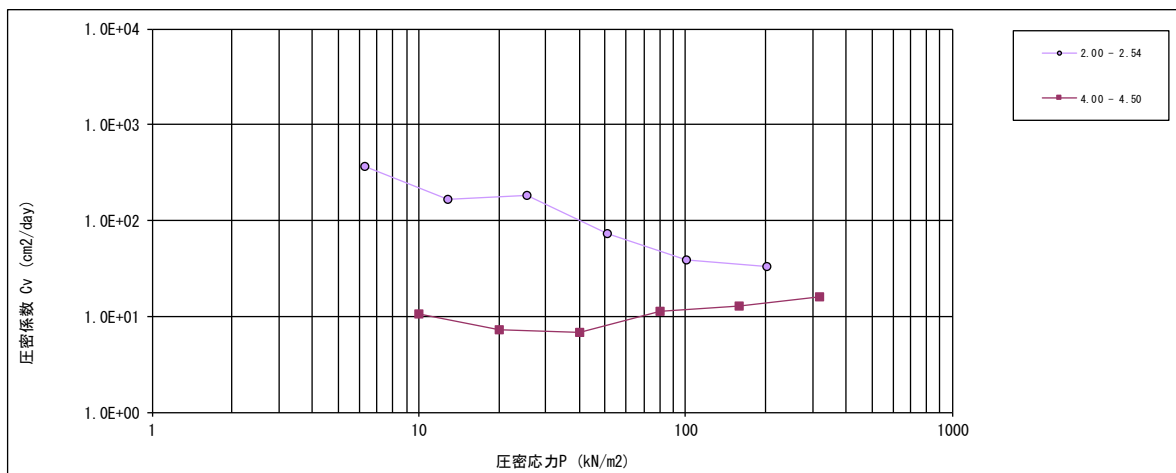


出典：JICA 調査団作成

図 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

Cv曲線									
Boring No.	圧密応力 P(kN/m ²)※ Depth	0.00	6.3	12.8	25.5	50.8	101.5	203	設計曲線1
BH6	2.00 - 2.54		362.02	164.85	184.55	73.35	38.19	33.00	
Boring No.	圧密応力 P(kN/m ²)※ Depth	0.0	10.0	20.0	40.0	80.0	160.0	320.0	設計曲線2
BH7	4.00 - 4.50		10.454	7.171	6.739	11.232	12.960	15.898	

※データシートの圧密応力はt/m²のため、SI単位へ換算済



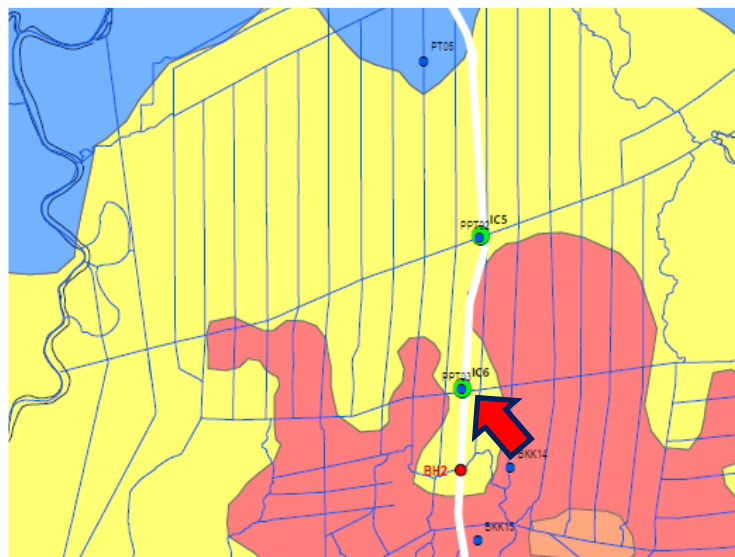
出典：JICA 調査団作成

図 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

2) 中部

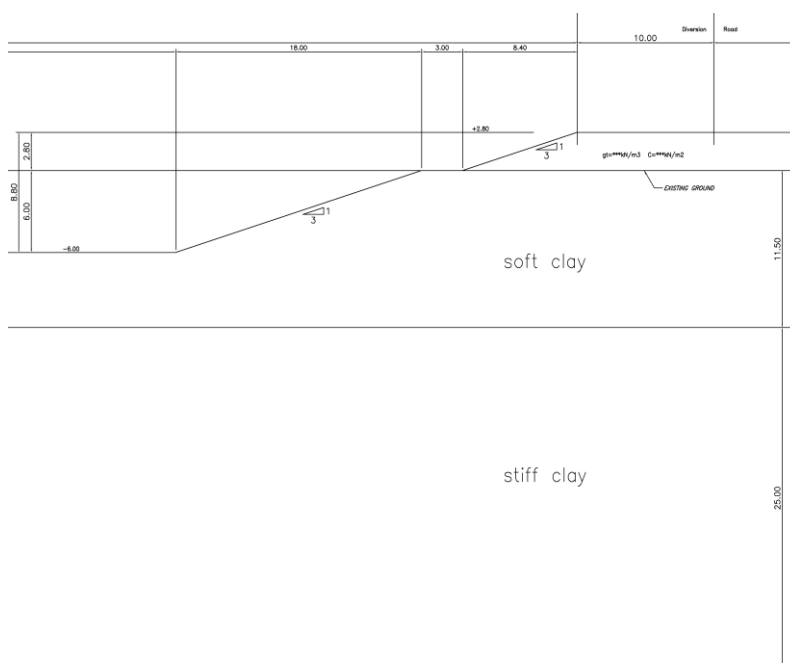
● 土層構成

検討に用いたボーリング柱状図を次頁に示す。中央部区間の既往ボーリングのうち軟弱地盤層厚の厚い南部のデータを用いる。



出典：JICA 調査団作成

図 4.3.11 ボーリング位置図



出典：JICA 調査団作成

図 4.3.12 中央部の地層図（既往のボーリング結果から設定）

BORING LOG

PROJECT โครงการทางหลวงสายวงแหวนรอบนอก กรุงเทพมหานคร รอบที่ 3 BORING STARTED 30/01/2008
 LOCATION อ. ลำลูกกา จ. ปทุมธานี BORING COMPLETED 31/01/2008
 BORING NO. BH-7 N=1543220 E=697496 TOTAL DEPTH 36.45 M. SURFACE ELEVATION 0.00 M.
 DRILLER สมชาย INSPECTOR ชินวัตร OBSERVED WL -1.50 M.

SOIL DESCRIPTION	DEPTH (M.)	GRAPHIC LOG	METHOD & SAMPLING & RECOVERY	PL	Wn	LL	C=qu/2				SPT-N				γ _t			
				—○—			X=Stv. (t/m. ²)				(blow/ft.)				(t/m. ³)			
				20	40	60	80	2	4	6	8	10	20	30	40	1.60	1.75	2.00
Very soft to soft CLAY, grey. (CH)	0																	
	1																	
	2		ST 1															
	3																	
	4		ST 2															
	5		ST 3															
	6																	
	7		ST 4															
	8		ST 5															
	9																	
	10		ST 6															
11		ST 7																
12																		
13		ST 8																
Medium to stiff CLAY, grey. (CH)	14		SS 1										19					
	15																	
	16		SS 2										17					
	17		SS 3										20					
	18																	
	19		SS 4										20					
	20																	
	21		SS 5											22				

出典 : Feasibility Study of Outer Bangkok Ring Road Project 3rd

図 4.3.13 既往のボーリング調査結果 (PPT03)

BORING LOG

PROJECT โครงการทางหลวงสายวงแหวนรอบนอก กรุงเทพมหานคร รอบที่ 3 BORING STARTED 30/01/2008
 LOCATION อ. ลำลูกกา จ. ปทุมธานี BORING COMPLETED 31/01/2008
 BORING NO. BH-7 N=1543220
E=697496 TOTAL DEPTH 36.45 M. SURFACE ELEVATION 0.00 M.
 DRILLER สมชาย INSPECTOR จันทิร OBSERVED WL -1.50 M.

SOIL DESCRIPTION	DEPTH (M.)	GRAPHIC LOG	METHOD SAMPLING & RECOVERY	PL Wn LL (%)				σ=qu/2 X=Stv. (t/m. ²)				SPT-N (blow/ft.)			γ _t (t/m. ³)			
				20	40	60	80	2	4	6	8	10	20	30	40	1.50	1.75	2.00
Same as above	21																	
	22	SS 6											30					
	23	SS 7											23					
	24																	
	25	SS 8											21					
	26	SS 9												23				
	27																	
	28	SS 10																
	29	SS 11																
	30																	
	31	SS 12																46
	32	SS 13																50
	33																	
	34	SS 14																50
	35	SS 15																59
	36																	
37	SS 16																70	
bottom of hole at 36.45 m.	37																	
	38																	
	39																	
	40																	
	41																	

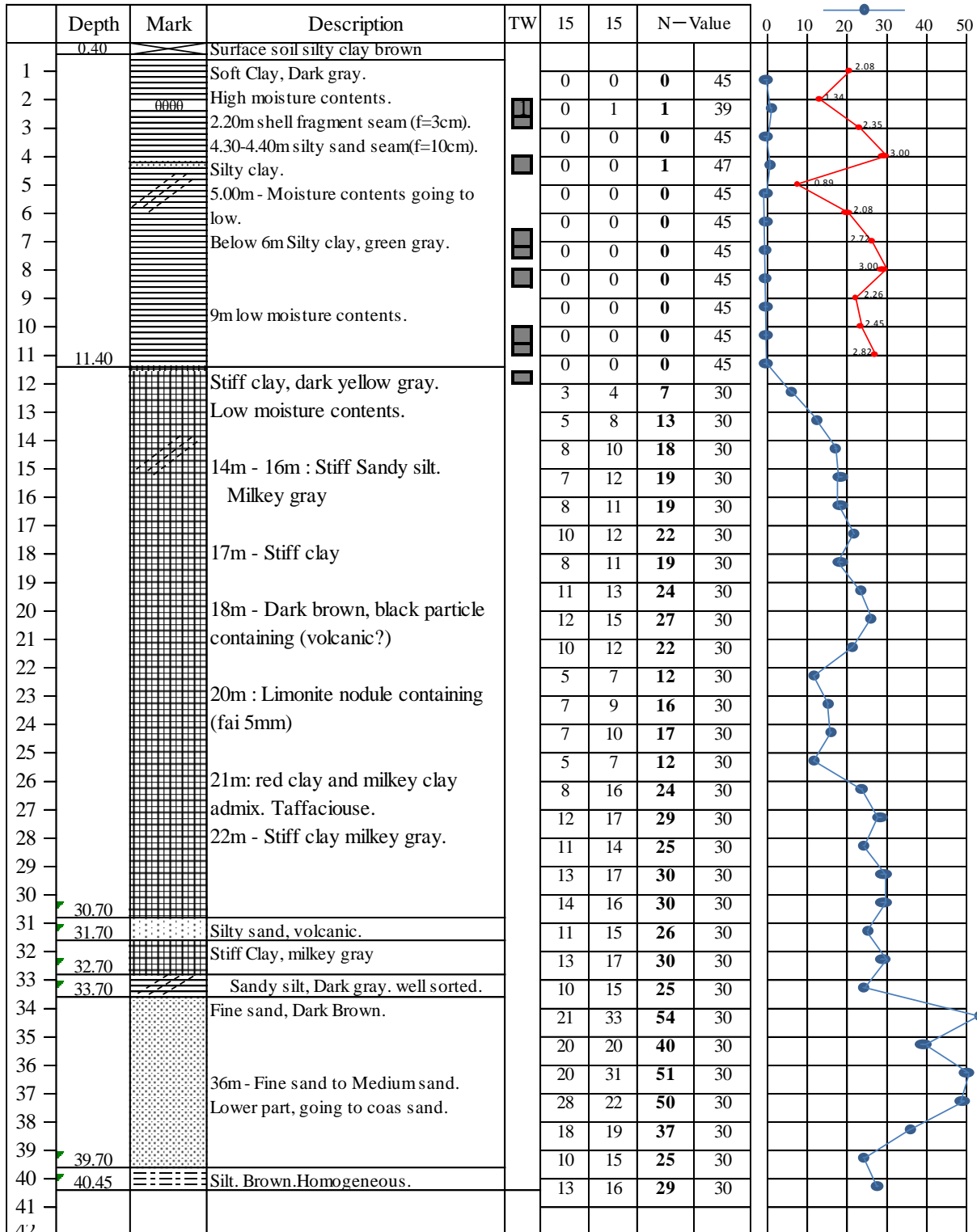
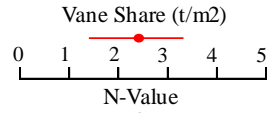
出典 : Feasibility Study of Outer Bangkok Ring Road Project 3rd

図 4.3.14 既往のボーリング調査結果 (PPT03)

BH2

Coordinates : X=698581. Y=1538724

GWL: GL-1.50m



出典 : JICA 調査団作成

図 4.3.15 新規ボーリング調査結果 (BH02)

● 土質定数

中央部において設定した土質定数を下表に示す。これらの設定値は新規ボーリング調査も反映した設定値であり、対策工諸元の最終設定にはこれらの値を用いた。

表 4.3.2 中央部における土質定数の設定値

地層名	含水比 W (%)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	内部摩擦角 ϕ (°)	粘着力 C (kN/m ²)	圧密曲線 (e-logP, Cv)
Very soft to soft clay	73	16.1	0	-1.70Z+10.2 (Z:深度GL-m)	設計曲線
Midium to stiff clay	-	19.4	-	-1.70Z+30.6 (Z:深度GL-m)	-

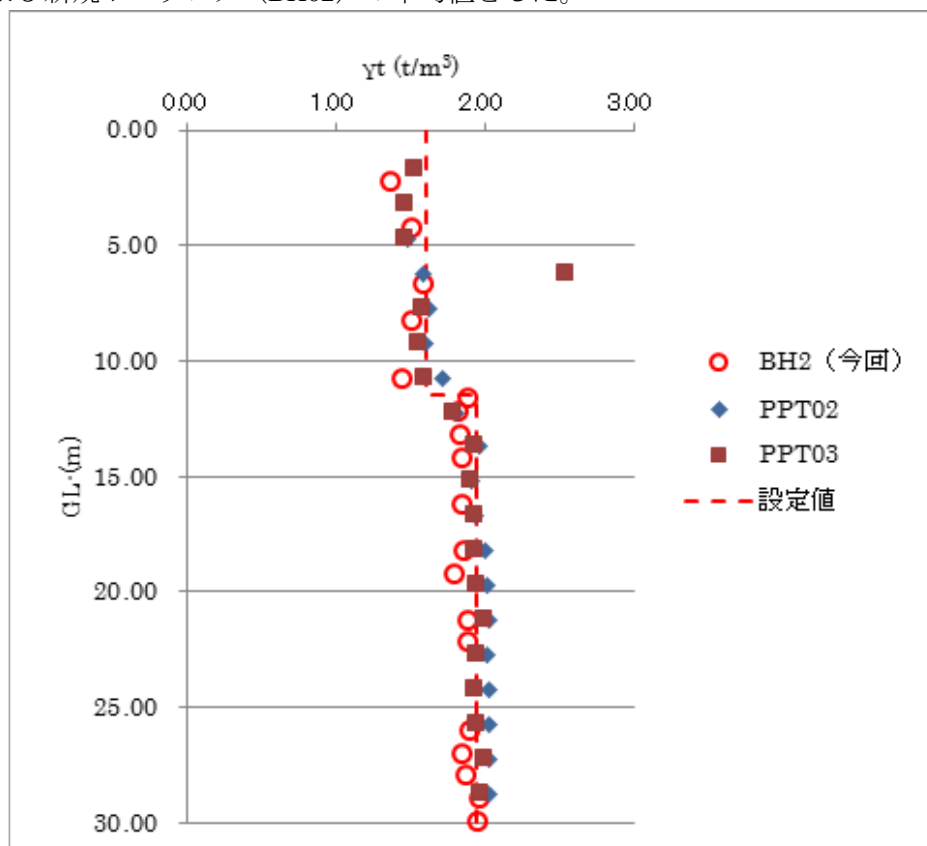
既往のボーリング調査による設定値：対策工法の比較検討に用いた。

地層名	含水比 W (%)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	内部摩擦角 ϕ (°)	粘着力 C (kN/m ²)	圧密曲線 (e-logP, Cv)
Very soft to soft clay	68	16.5	0	-2.10Z+6.75 (Z:深度GL-m)	設計曲線

出典：JICA 調査団作成

● 単位体積重量

単位体積重量 γ_t は中央部（カセサートD区分【黄】）における既往のボーリングのサンプル、および新規ボーリング（BH02）の平均値とした。

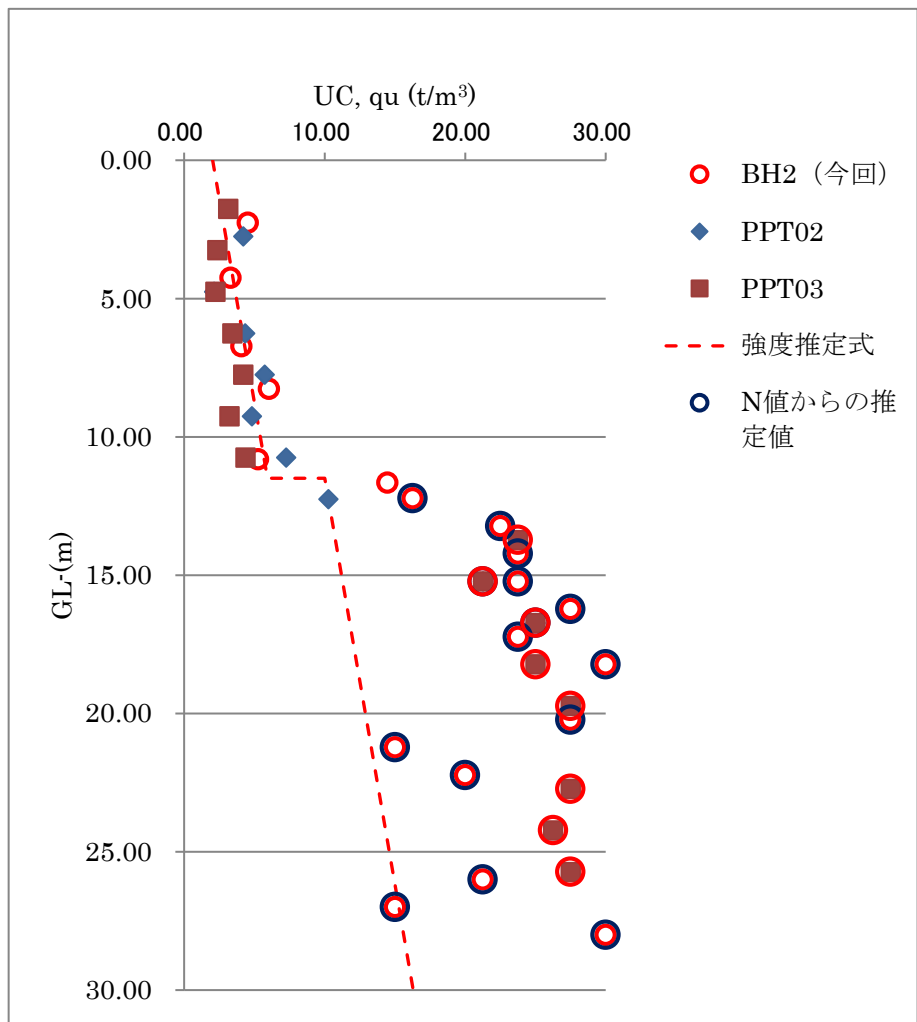


出典：JICA 調査団作成

図 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

● 粘着力C

粘着力は中央部（カセサートD区分【黄】）における既往のボーリングのサンプルの一軸圧縮強度、および新規ボーリング（BH02）で行った一軸・三軸圧縮強度をもとに深度方向の強度増加を期待して下図の赤色破線で示す値とした。



出典：JICA 調査団作成

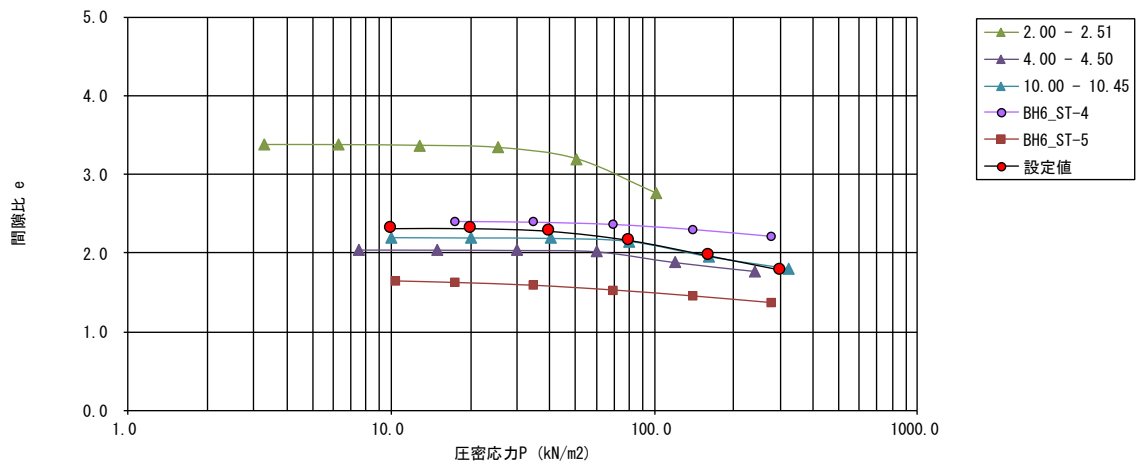
図 4.3.17 既往ボーリングのサンプルを参考に設定した一軸圧縮強度

● 圧密曲線

ボーリングのサンプルを用いた圧密試験の結果を踏まえ下図に示すとおり設定した。

e-logP曲線									
Boring No.	圧密応力 P(kN/m ²)※ Depth	0.0	3.3	6.3	12.8	25.3	50.6	101.5	
BH2	2.00 - 2.51	3.405	3.379	3.378	3.369	3.343	3.199	2.762	
Boring No.	圧密応力 P(kN/m ²)※ Depth	0.0	7.5	15.0	30.0	60.0	119.5	239.5	
BH2	4.00 - 4.50	2.052	2.042	2.04	2.036	2.019	1.882	1.771	
Boring No.	圧密応力 P(kN/m ²)※ Depth	0.0	10.0	20.0	40.5	80.5	161.0	322.0	
BH2	10.00 - 10.45	2.224	2.205	2.201	2.195	2.154	1.953	1.795	
Boring No.	圧密応力 P(kN/m ²)※ Sample No.	0.00	10.4	17.4	34.7	69.5	138.9	277.9	138.9
BH6	ST-4	2.424	-	2.406	2.396	2.367	2.303	2.214	2.240
BH7	ST-5	1.906	1.655	1.635	1.597	1.535	1.456	1.366	1.389
	圧密応力 P(kN/m ²)※	0.00	10	20	40	80	160	300	備考
設定値			2.320	2.320	2.285	2.167	1.970	1.786	設計曲線

※データシートはKscのため、SI単位へ換算済

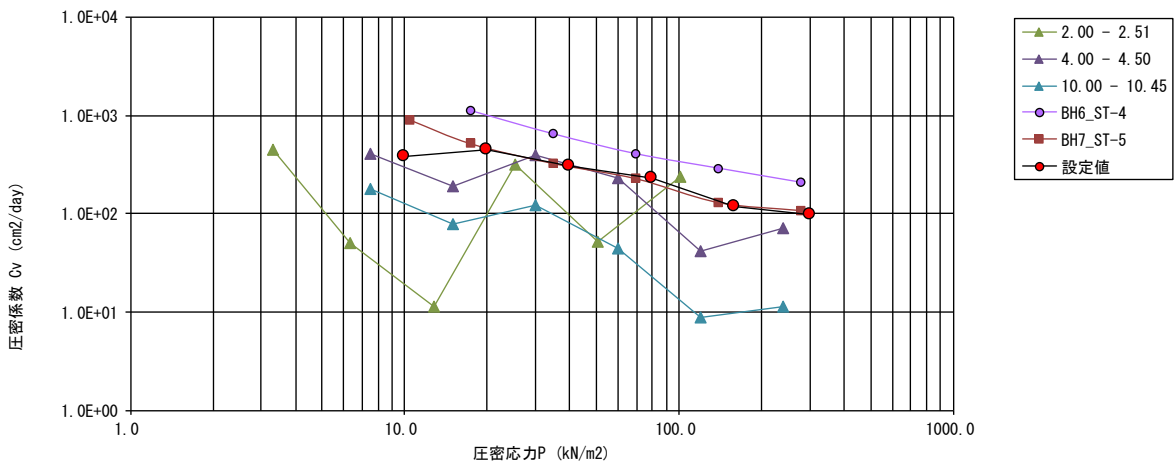


出典：JICA 調査団作成

図 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

Cv曲線									
Boring No.	圧密応力 P(kN/m ²)※ Depth	0.0	3.3	6.3	12.8	25.3	50.6	101.5	
BH2	2.00 - 2.51		443.664	50.112	11.5776	320.112	52.7904	237.168	
Boring No.	圧密応力 P(kN/m ²)※ Depth	0.0	7.5	15.0	30.0	60.0	119.5	239.5	
BH2	4.00 - 4.50		407.2896	193.1904	391.9104	227.664	41.5584	71.0208	
Boring No.	圧密応力 P(kN/m ²)※ Depth	0.0	7.5	15.0	30.0	60.0	119.5	239.5	
BH2	10.00 - 10.45		179.0208	78.192	120.7008	44.928	8.8992	11.232	
Boring No.	圧密応力 P(kN/m ²)※ Sample No.	0.00	10.4	17.4	34.7	69.5	138.9	277.9	138.9
BH6	ST-4	-	-	1127.779	652.579	407.549	289.613	207.360	-
BH7	ST-5	-	908.323	519.178	327.110	229.219	131.069	108.518	-
	圧密応力 P(kN/m ²)※ Sample No.	0.00	10	20	40	80	160	300	備考
	設定値		376.553	447.690	309.018	229.306	117.785	99.533	設計曲線

※データシートはK_{sc}のため、SI単位へ換算済



注) 設定値は同じ圧力荷重での平均を用いるが、曲線のスムーズ化を図るために一部補正を行っている。

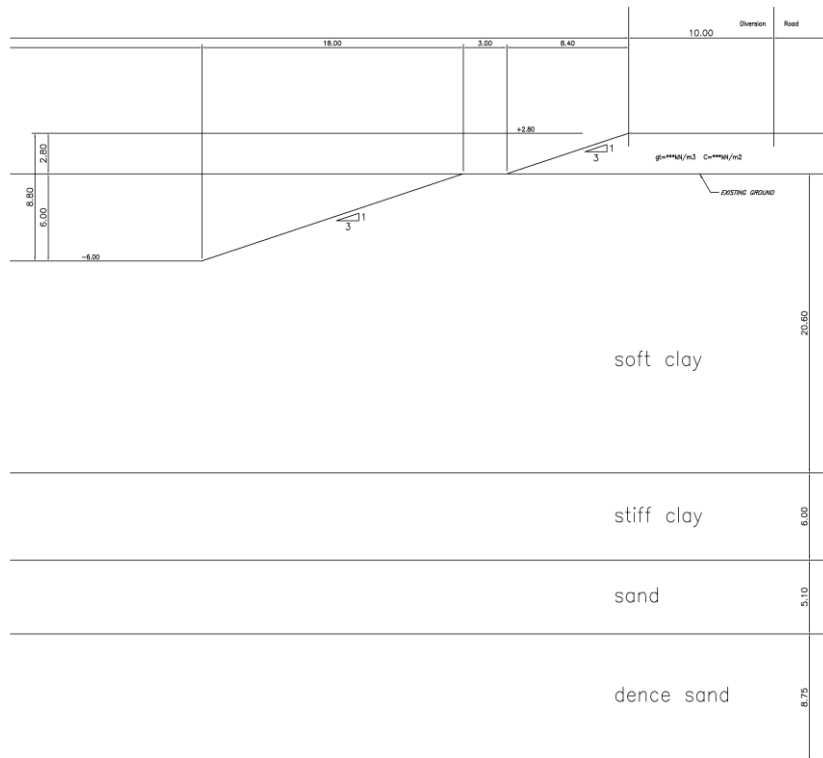
出典 : JICA 調査団作成

図 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

3) 南部

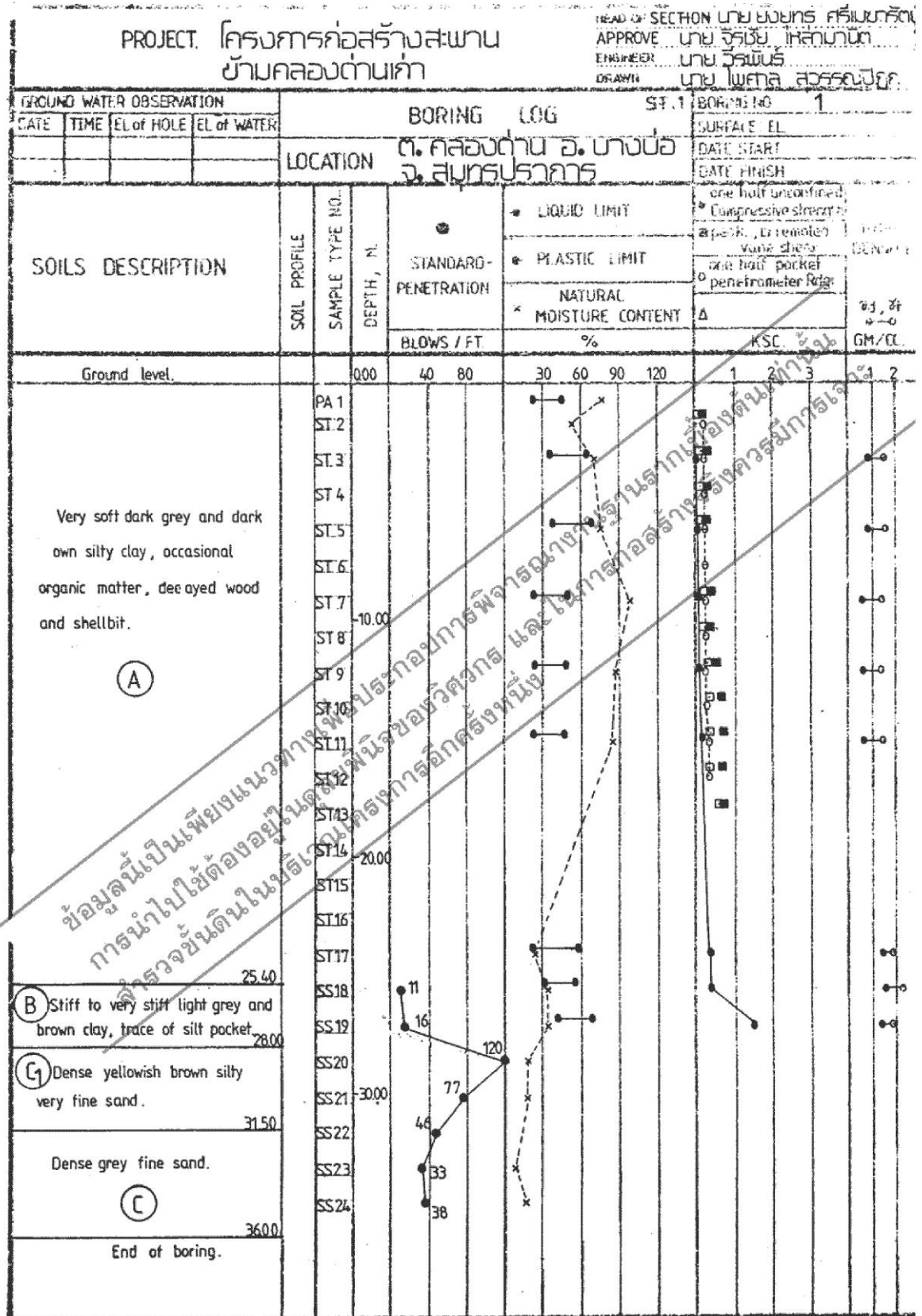
● 土層構成

南部区間（カセサートE，F区分【赤・茶】）では、最も軟弱地盤層厚の厚い位置で実施された既往のボーリング（SP03 BH01）で把握した土層構成を用いて軟弱地盤対策工の比較検討を行った。その後、本検討で実施したボーリング（BH3）の結果を反映させて対策諸元の再検討を行った。検討結果は以下に示すとおりである。



出典：JICA 調査団作成

図 4.3.20 南部の地層図（新規のボーリング結果から設定）

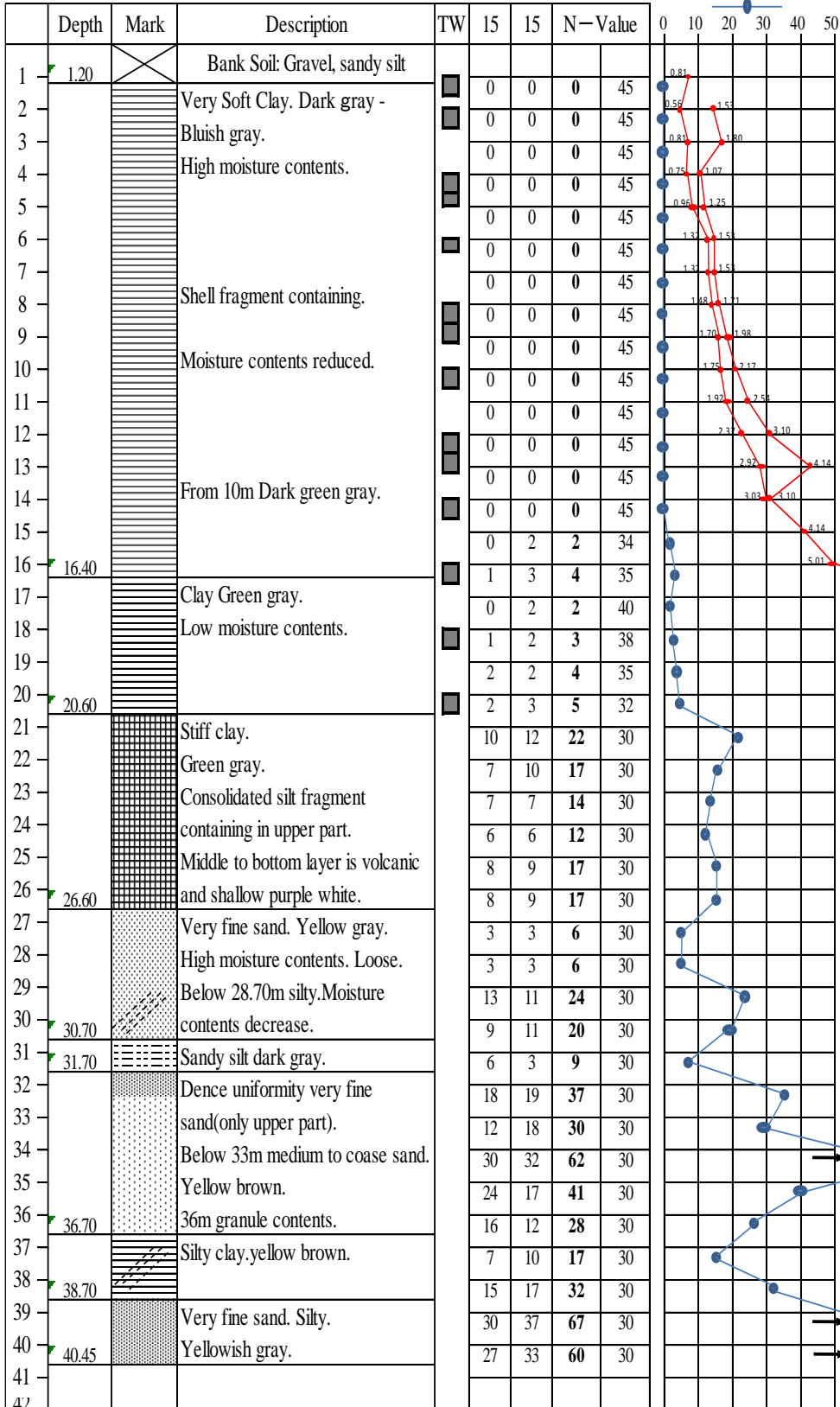
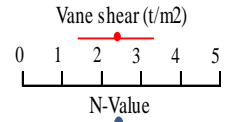


出典 : Feasibility Study of Outer Bangkok Ring Road Project 3rd

図 4.3.21 既往のボーリング調査結果 (SP03)

BH3

Coordinates : X=696075. Y=1494944



出典 : JICA 調査団作成

図 4.3.22 新規に行ったボーリング調査結果 (BH3)

中央部において設定した土質定数を下表に示す。

表 4.3.3 南部における土質定数の設定値

既往のボーリング調査による設定値：対策工法の比較検討に用いた。

地層名	平均 N値 (SP03)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	内部摩擦角 ϕ (°)	粘着力 C(kN/m ²)	変形係数 (kN/m ²)	圧密曲線 (e-logP, Cv)
embankment	-	16	0	15	-	-
Soft clay	-	15.3	0	GL0~-10m: 10kN/m ² GL-10~: C=-1.0Z (Z:深度GL-m)	500	設計曲線
stiff clay	-	20.0	0	140.7	-	-
Dence sand	62.8	18.8	31	0	-	-

新規ボーリング調査も反映した設定値：対策工諸元の最終設定に用いた。

地層名	平均 N値	層厚 GL- (m)	含水比 W (%)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	内部摩擦角 ϕ (°)	粘着力 C(kN/m ²)	圧密曲線 (e-logP, Cv)
Very Soft clay ~ Clay	1	0.0 ~ 10.0	93	14.6	0	10.0	設計曲線
		10.0 ~ 20.6				-1.00Z (Z:深度GL-m)	
Stiff clay	16	20.6~26.6	-	18.9	-	130.5	-

出典：JICA 調査団作成

● 単位体積重量 γ_t

単位体積重量 γ_t は南部（カセサート F 区分【茶】）における既往のボーリングのサンプル、および新規ボーリング（BH03）の平均値とした。

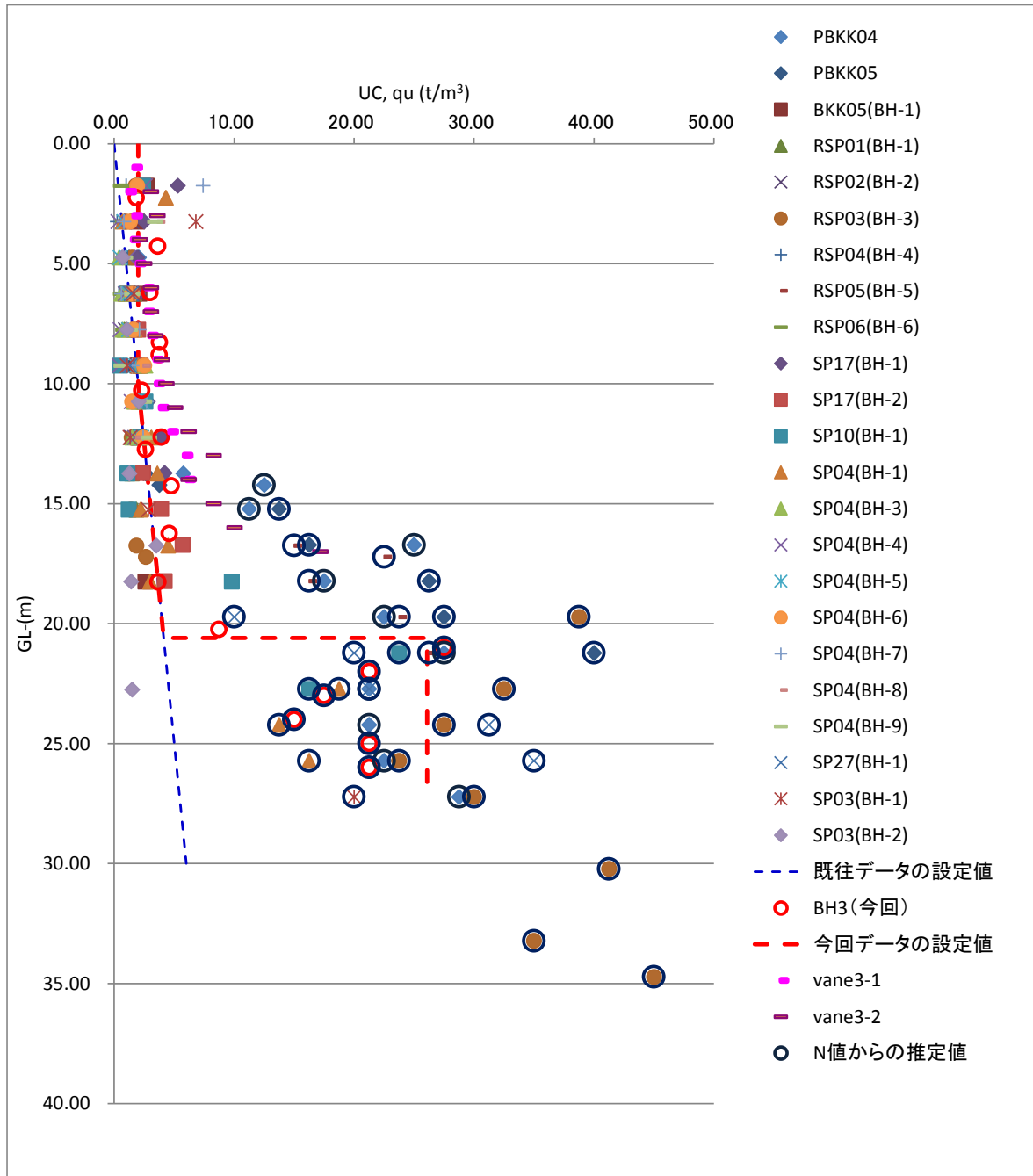


出典：JICA 調査団作成

図 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

● 粘着力C

南部（カセサート F 区分【茶】）における既往のボーリングのサンプルを用いた一軸圧縮強度の平均値、本検討で実施したボーリングのサンプルを用いた三軸圧縮（UU）試験結果の平均値を基本として、10m 以深では深度方向の強度増加を期待して、下図に示すとおり設定した。



出典：JICA 調査団作成

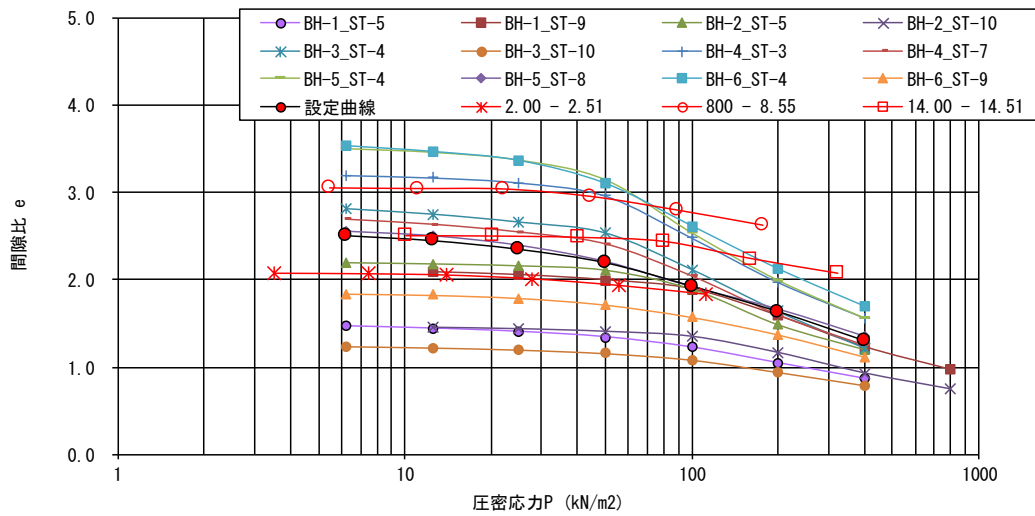
図 4.3.24 既往ボーリング及び本検討で実施したボーリングから設定した一軸圧縮強度

● 圧密曲線

既往のボーリングのサンプルを用いた圧密試験結果及び本検討で実施したボーリングのサンプルを用いた圧密試験結果を参考に以下のとおり設定する。

※既往データ(今回データ含む)

e-logP曲線									
Boring No.	圧密応力 P(kN/m ²) Sample No.	6.25	12.5	25	50	100	200	400	800
BH-1	ST-5	1.470	1.444	1.407	1.346	1.230	1.052	0.875	
BH-1	ST-9		2.088	2.056	1.998	1.896	1.594	1.242	0.982
BH-2	ST-5	2.201	2.188	2.166	2.115	1.898	1.491	1.207	
BH-2	ST-10		1.457	1.441	1.411	1.354	1.168	0.934	0.749
BH-3	ST-4	2.812	2.750	2.660	2.536	2.119	1.640	1.224	
BH-3	ST-10	1.243	1.226	1.202	1.161	1.085	0.941	0.789	
BH-4	ST-3	3.198	3.170	3.113	2.962	2.481	1.972	1.565	
BH-4	ST-7	2.687	2.630	2.542	2.407	2.044	1.602	1.260	
BH-5	ST-4	3.502	3.460	3.371	3.146	2.539	1.996	1.565	
BH-5	ST-8	2.550	2.498	2.390	2.205	1.919	1.664	1.355	
BH-6	ST-4	3.534	3.467	3.364	3.102	2.614	2.122	1.692	
BH-6	ST-9	1.844	1.829	1.794	1.715	1.571	1.366	1.108	
設定値		2.508	2.450	2.350	2.196	1.926	1.634	1.299	0.866



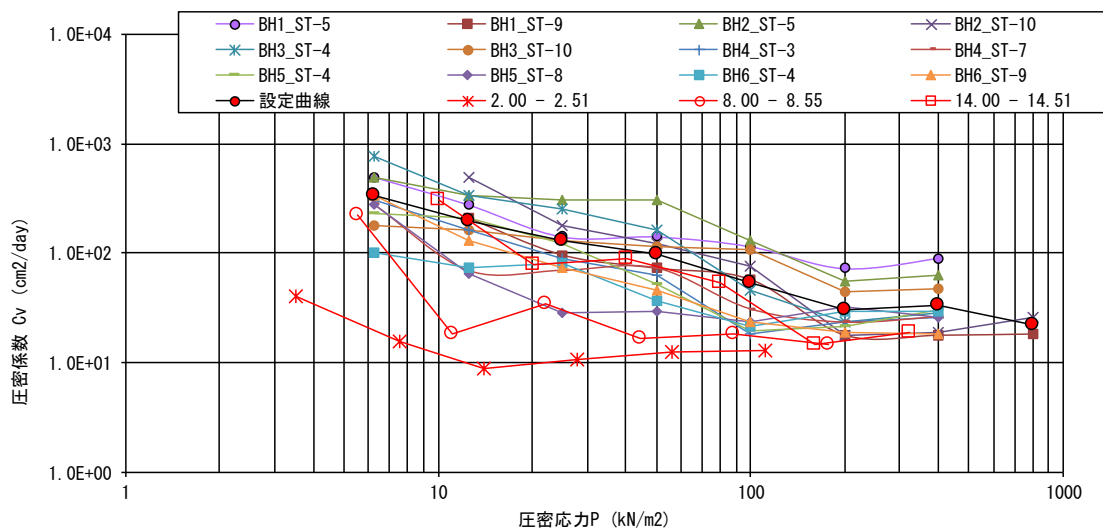
なお、上記曲線は各圧密圧力の平均を採用しているが、一部補正を行って設定している。

出典：JICA 調査団作成

図 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空隙比の関係

※既往データ(今回データ含む)

Cv曲線									
Boring No.	圧密応力 P(kN/m ²) Sample No.	6.25	12.5	25	50	100	200	400	800
BH-1	ST-5	491.869	276.676	141.161	141.161	115.162	72.762	90.343	
BH-1	ST-9		209.207	95.736	72.762	57.165	17.733	17.733	18.190
BH-2	ST-5	491.869	341.576	306.567	306.567	131.594	54.652	62.738	
BH-2	ST-10		491.869	177.073	122.967	76.642	17.733	19.160	26.194
BH-3	ST-4	768.546	341.576	250.954	163.714	46.094	23.245	28.790	
BH-3	ST-10	177.073	163.714	131.594	115.162	108.077	44.268	48.034	
BH-4	ST-3	306.567	163.714	90.343	62.738	18.190	23.245	26.194	
BH-4	ST-7	276.676	69.169	69.169	72.762	30.742	23.245	26.194	
BH-5	ST-4	228.658	209.207	122.967	52.302	19.675	21.348	30.742	
BH-5	ST-8	276.676	65.836	28.790	29.742	23.934	32.899	26.194	
BH-6	ST-4	101.626	72.762	80.840	36.585	21.348	29.742	29.742	
BH-6	ST-9	341.576	131.594	72.762	46.094	23.934	19.160	18.190	
設定値		331.201	197.874	130.663	97.519	52.915	30.414	33.907	22.192



出典 : JICA 調査団作成

図 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

(3) 盛土材の土質定数

盛土材の土質定数は、現地発生土（放水路掘削時に発生する粘性土）と砂との混合土を試料として実施した室内土質試験結果より設定した。

湿潤密度は、混合土を試料として行った締めめ試験およびコーン試験結果から、コーン指数が 400kN/m² となる含水比を用いて設定した。

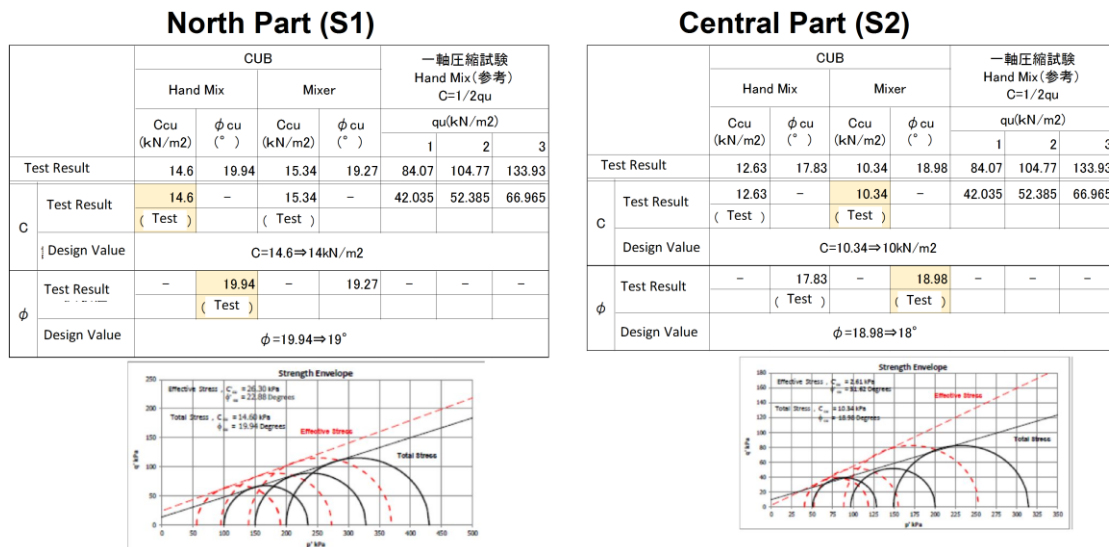
強度定数 C、Φは、三軸圧縮試験（CUB）試験結果をもとに設定した。

北部の計算では、北部（S1）で採取した試料を用いた土質試験結果をもとに設定した土質定数を用いた。中部、南部の計算では、中部（S2）で採取した試料を用いた土質試験結果をもとに設定した土質定数を用いた。

表 4.3.4 設計土質定数

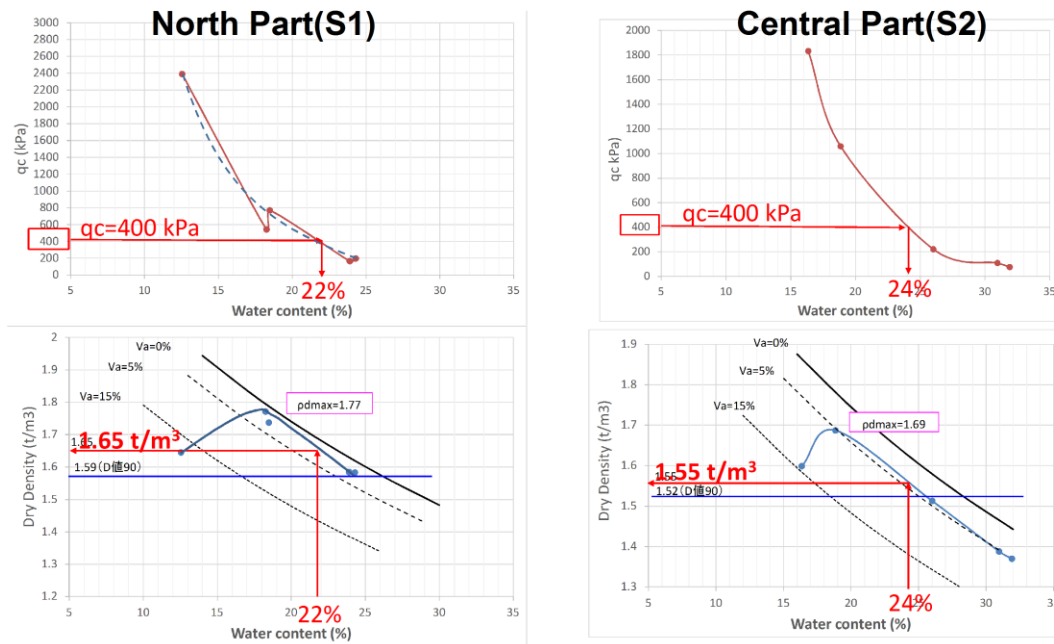
北部			中部		
γt(kN/m ³)	C(kN/m ²)	Φ(°)	γt(kN/m ³)	C(kN/m ²)	Φ(°)
16.5	14	19	15.5	10	18

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 4.3.27 三軸圧縮試験結果



出典：JICA 調査団作成

図 4.3.28 コーン試験、締固め試験結果

(4) 上載荷重

完成時に堤防天端に $q=10\text{kN/m}^2$ を載荷する。

(5) 設計震度

鋼矢板等、構造物設計時に用いる設計水平深度は、 $kh=0.04$ とする。

(6) 目標安全率

円弧すべり計算における目標安全率は下記の値を採用する。なお、本検討では完成時における安定性を確認し対策構造を決定する。

施工時：1.3

完成時：1.5

4.3.3 検討結果

新規の地質調査結果を反映した土質定数を用いた、無対策時の検討結果を以下に示す。

北部では、すべりおよび圧密沈下に対する対策工は不要である。中部では無対策の場合、供用開始後（盛土・掘削後）の残留沈下量が 30cm を僅かに上回る。また、掘削のり面におけるすべりに対する安定性が確保できない。南部でも、掘削のり面におけるすべりに対する安定性が確保できない。

なお、計画堤防高を確保する必要性から、最終沈下量を踏まえ、余盛を行う必要がある。特に南部では最終沈下量が 140cm と値が大きいため、限界盛土高を踏まえ適切な盛土高の設定を行う必要がある。

表 4.3.5 無対策時の検討結果

区間	すべり安全率 (完成時)	残留沈下量	最終沈下量	沈下時間 圧密度 90%に達 する時間
北部	1.51	9.2cm	17.8cm	3410 日
中部	1.11 ×	30.4cm ×	58.8cm	4400 日
南部	0.50 ×	20.9cm	140.0cm	51000 日

出典：JICA 調査団作成

● 北部計算結果

○すべり安定

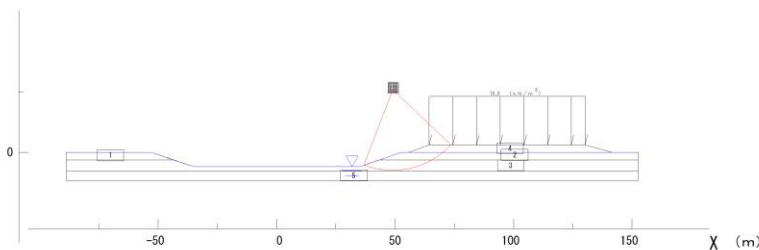
道路供用開始直後（盛土による強度増加は期待しない、天端交通荷重考慮）のすべり安定計算を行った。放水路内は安全側の条件として、ドライの状態（空水時）を想定した。

すべり安全率は目標値を上回り（ $F_s=1.51 > 1.5$ ）、対策工は不要と判断した。

C_zone：工事出来形+30cm余盛考慮
作用番号 - 1
要求性能：性能 1
作用名称：常時の作用

縮尺：1/2000

許容安全率 $F_s = 1.500$
 最小安全率 $= 1.506 \geq 1.500$ (OK)
 円弧の中心 $X = 49.00$ (m)
 $Y = 26.00$ (m)
 半径 $R = 33.60$ (m)
 抵抗モーメント $M_R = 39557.0$ (kN・m)
 起動モーメント $M_D = 26265.9$ (kN・m)



【土質条件表（入力値）】

層番号	飽和重量 (kN/m ³)	浸透重量 (kN/m ³)	内摩擦角外 (度)	粘着力 (kN/m ²)	粘着力の 一次係数	水平面係 数	粘着係数
1	18.40	17.40	0.00	29.00	0.00	0.000	0.000
2	18.40	17.40	0.00	29.00	0.00	0.000	0.000
3	18.30	18.30	0.00	27.30	0.55	0.000	0.000
4	19.00	18.00	19.00	14.00	0.00	0.000	0.000
5	19.90	18.90	20.00	0.00	0.00	0.000	0.000

粘着力の基準Y座標 = 0.000 (m)
 水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

出典：JICA 調査団作成

図 4.3.29 円弧すべり計算結果

○圧密沈下

1) 最終沈下量 (最大) : Sf=17.8cm

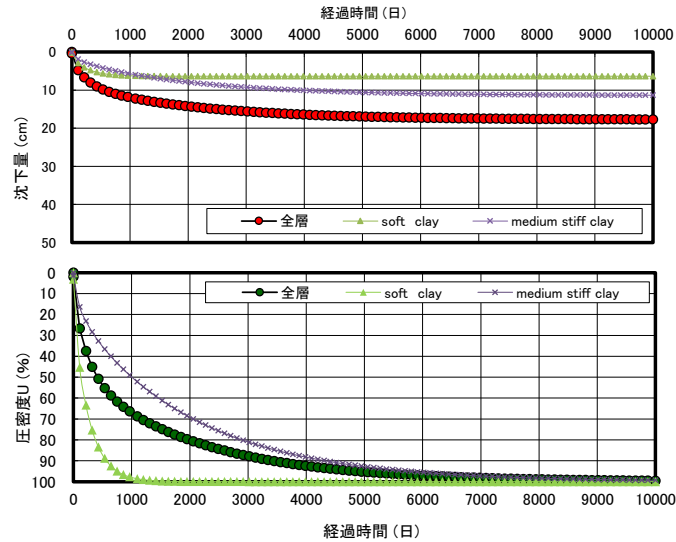
(発生箇所 : 道路盛土 CL)

2) 沈下時間

a. 圧密度 U=90%に達する時間 : t ≒ 3410 日

b. 残留沈下量 : 9.2cm < 30cm

残留沈下量が 30cm 以下であることから、沈下に対して対策は不要であるが、残留沈下量分として 30cm を余盛する計画とする。



出典 : JICA 調査団作成

図 4.3.30 沈下量・圧密度と経過時間との関係

● 中部計算結果

○すべり安定

道路供用開始直後 (盛土による強度増加は期待しない、天端交通荷重考慮) のすべり安定計算を行った。放水路内は安全側の条件として、ドライの状態 (空水時) を想定した。

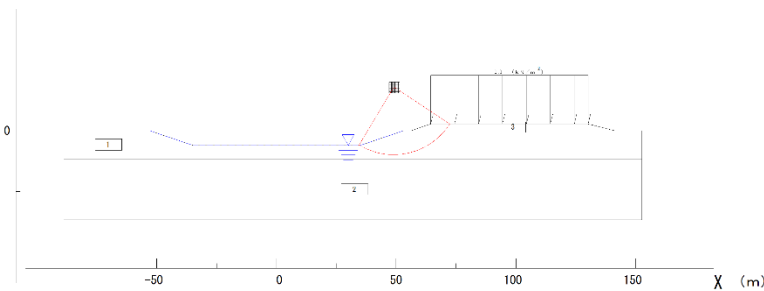
すべり安全率は目標値を下回り (Fs=1.11 < 1.5)、対策工が必要と判断した。

D_zone : 河道掘削 : 出来形H+2.80m-再解析

作用番号 : 1
 要求性能 : 性能1
 作用名称 : 常時の作用

縮尺 : 1/ 2000

許容安全率 F s = 1.500
 最小安全率 = 1.115 < 1.500 (NG)
 円弧の中心 X = 49.00 (m)
 Y = 18.00 (m)
 半径 R = 28.00 (m)
 抵抗モーメント M R = 26453.4 (k N · m)
 起動モーメント M O = 23730.1 (k N · m)



【土質条件表 (入力値)】

区番号	飽和密度 (kN/m ³)	土質密度 (kN/m ³)	内摩擦角φ (度)	粘着力 (kN/m ²)	粘着力の一次係数	水平面係	鉛直面係
1	17.10	16.12	0.00	10.22	1.70	0.000	0.000
2	22.40	19.42	0.00	30.80	1.70	0.000	0.000
3	18.00	17.00	18.00	10.00	0.00	0.000	0.000

粘着力の減衰係数 = 0.000 (m)
 水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

出典 : JICA 調査団作成

図 4.3.31 円弧すべり計算結果

○圧密沈下

1) 最終沈下量（最大）：Sf=58.8cm

（発生箇所：道路盛土 CL）

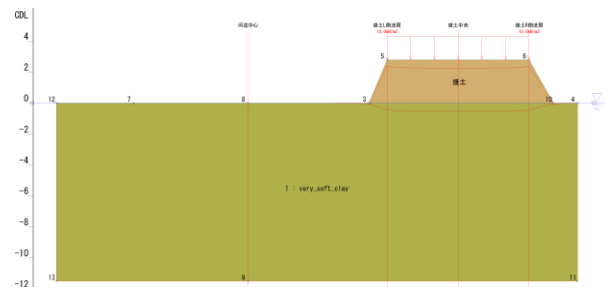
2) 沈下時間

a. 圧密度 U=90%に達する時間：t ≒ 4420 日

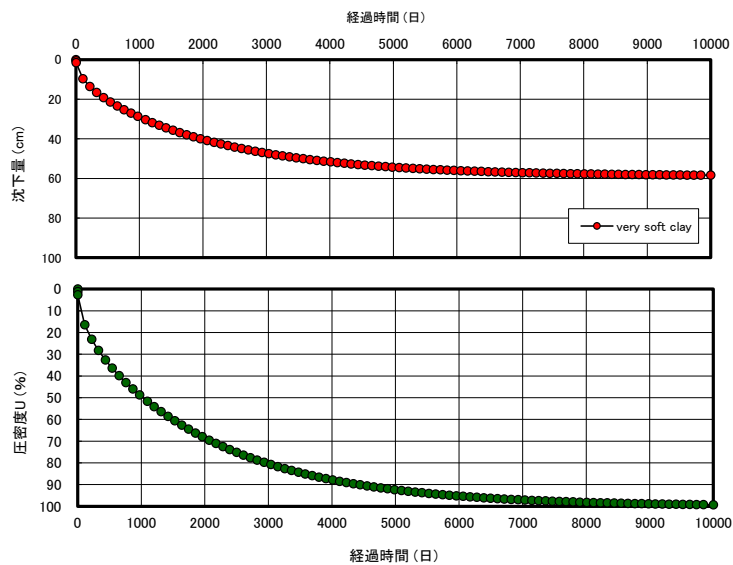
b. 残留沈下量：30.4cm

残留沈下量が 30cm 以上であることから、沈下に対

する対策工を選定し、強度増加を図りつつ、築堤盛土を行う計画とする。



出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 4.3.32 沈下量・圧密度と経過時間との関係

● 南部計算結果

○すべり安定

道路供用開始直後（盛土による強度増加は期待しない、天端交通荷重考慮）のすべり安定計算を行った。放水路内は安全側の条件として、ドライの状態（空水時）を想定した。

すべり安全率は目標値を下回り（ $F_s=0.50 < 1.5$ ）、対策工が必要と判断した。

F_zone : 現況解析 : 出来形H+2.0m再解析
 作用番号 : 1
 要求性能 : 性能1
 作用名称 : 常時の作用

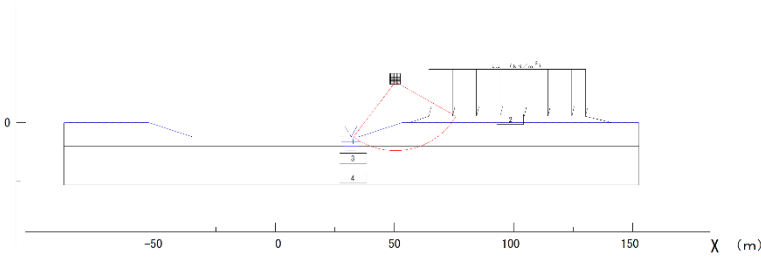
縮尺 : 1/2000

許容安全率 $F_s = 1.500$
 最小安全率 $= 0.497 < 1.500$ (NG)
 円弧の中心 $X = 50.50$ (m)
 $Y = 17.50$ (m)
 半径 $R = 29.40$ (m)
 抵抗モーメント $M_R = 15753.2$ (kN・m)
 起動モーメント $M_D = 31681.6$ (kN・m)

【土質条件表（入力値）】

層番号	総厚 [m]	単位重量 [kN/m ³]	内摩擦角 [度]	粘聚力 [kN/m ²]	粘着力の一次係数	水平変位	鉛直変位
1	15.00	14.80	0.00	13.00	0.00	0.000	0.000
2	18.00	17.00	18.00	12.00	0.00	0.000	0.000
3	15.00	14.80	0.00	0.00	1.00	0.000	0.000
4	15.00	18.90	0.00	120.50	0.00	0.000	0.000

粘着力の基準圧度係数 = 0.200 (m)
 水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)



出典 : JICA 調査団作成

図 4.3.33 円弧すべり計算結果

○圧密沈下

1) 最終沈下量（最大）: $S_f=140.0\text{cm}$

（発生箇所：道路盛土 CL）

2) 沈下時間

a. 圧密度 $U=90\%$ に達する時間 : $t \approx 51000$ 日

b. 残留沈下量 : 20.9cm

最終沈下量が 140cm と大きく、限界盛土高を上回ることから、圧密沈下を促進する対策工を選定し、強度増加を図りつつ、築堤盛土を行う計画とする。

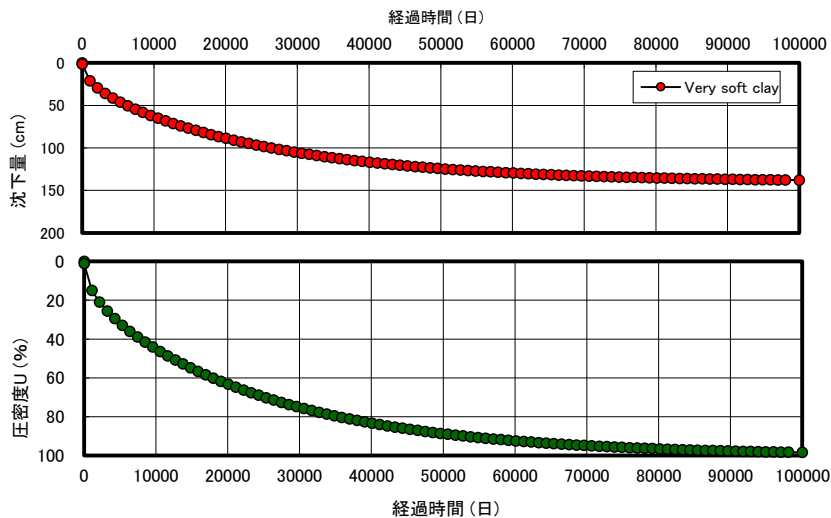
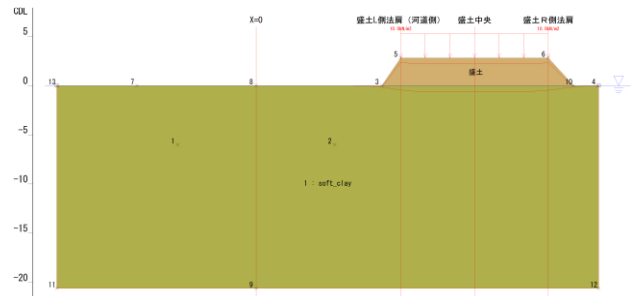


図 4.3.34 沈下量・圧密度と経過時間との関係

4.4 対策工の比較決定

(1) 対策工法の選定

無対策時の検討結果に示すとおり、中部と南部ではすべり及び沈下に対する対策を行う必要がある。対策工法は表 4.4.1 に示すとおり適用の可能性がある工法の中から以下に示す案 1～案 3 を選定した。案 2 と案 3 は主として掘削のり面（断面形状）を安定化させることを目的とした工法であり、築堤盛土下の圧密沈下対策が必要な場合には必要に応じて案 1 を併用する必要がある。中部では圧密沈下対策として案 1 の適用性を検討した。南部ではすべり・沈下対策として案 1～3 の適用を検討した。

案 1：プレファブリケイティッドバーチカルドレーン（PVD）工法

圧密沈下を促進すると共に、圧密層の強度増加を期待し、すべりに対する安定性を確保する工法である。強度増加のみですべり安定性が確保できない場合には、掘削勾配の緩傾斜化を行い、所要の安定性が確保できる断面形状を決定する。タイ国での施工実績は多い工法である。

案 2：固結工法

ソイルセメント柱を地中に構築し、すべりに対する安定性を確保する工法である。タイ国ではスワナプーム空港排水路等で施工実績があるが、当該排水路では施工時に崩壊事故が発生しており、この事故を教訓とすると、①不等沈下の影響を最小限とするため軟弱層途中での浮き杭形式は採用すべきでなく、②改良杭間のすり抜け防止の観点から柱式は避け格子状配置を基本とすべきである。

案 3：鋼材を用いた工法（南部）

南部については、地盤対策の他にも鋼材を用いた構造物対策も含め比較検討を行った。タイ国ではコンクリート矢板の施工実績が多いが、コンクリート矢板では必要な強度が得られないため鋼矢板について検討した。

表 4.4.1 軟弱地盤対策工法の選定

原理	代表的な対策工法	効果														テ ィ ラ フ ィ カ ビ リ			
		沈下		安定			変形		液状化										
		低進 減・密 沈下 量の 促	減全 沈下 量の 低	度圧 増加 による 強	増す べり 抵抗 の	のす べり 滑動 力	応力 の遮 断	応力 の軽 減	液状化の発生を防止する対策										
									砂地盤の性質改良				の有 効大 応力	散水過 剰の 間隙	形せ のん 抑制		害生液 軽許状 減容化 対の発 策被		
大密 度増	固 結	改粒 度の の	の飽 低下 度																
圧密・排水	表層排水工法																	○	
	サンドマット工法	○																○	
	緩速載荷工法				○														
	盛土載荷重工法	○			○														
	パーティカルドレ ン工法	サンドドレ ン工法	○			○													
		プレファブリケ ィティド パーティカルド レ ン工法	○			○													
	真空圧密工法	○			○														
	地下水位低下工 法	○			○							○	○						
	振動締め工 法	サンドコンパ クシ ョンパ イル 工 法	○	○	○	○				○	○								
		振動棒工法		○※)							○								
バイプロローテ ィ ション 工 法			○※)							○									
バイプロタン パー 工 法			○※)							○									
	垂錘落下締め 工 法		○※)							○									
締め固め	静的締め固 め 工 法	静的締め固 め 砂 杭 工 法	○	○	○	○				○	○								
		静的圧入締め 固 め 工 法									○								
固結	表層混合処理 工 法		○		○													○	
	深層混合処 理 工 法	深層混合処 理 工 法 (機 械 攪 拌 工 法)		○		○												○	
		高圧噴射攪 拌 工 法		○		○			○	○							○	○	
	石灰パイル 工 法		○		○			○	○										
	薬液注入工 法		○		○				○	○									
	凍結工法				○					○									
掘削置換	掘削置換工 法		○		○			○			○								
間隙水圧消 散	間隙水圧消 散 工 法												○						
荷重軽減	軽量盛土工 法	発泡スチ ロール ブ ロ ック 工 法		○						○									
		気泡混合 軽 量 土 工 法		○						○									
		発砲ビーズ 混 合 軽 量 土 工 法		○						○									
	カルバート 工 法		○						○										
盛土の補強	盛土補強工 法				○												○		
構造物に よる対策	押え盛土後 方				○													○	
	地中連続壁 工 法															○			
	矢板工法				○													○	
補強材の敷 設	杭工法		○		○												○		
補強材の敷 設	補強材の敷 設				○													○	

①パーティカルドレ
ン工
法
道路盛土では PVD 等実績あり

②固結工法（空港排水路等、施工実績あり）

③鋼材を用いた工法

※)砂地盤について有効
※※)排水機能付きの場合

(2) 検討方法

1) プレファブリケイティッドバーチカルドレーン (PVD)

プレロードは盛土予定区域に盛土材料を混合するためのストックパイルを造成することにより行う。ストックパイルは放水路掘削土及び購入砂を互層に積み重ねて造成する。ストックパイルの高さは築堤盛土高と同等程度の 3.0m とした。なお、施工時の盛土安定性を確保する方法については今後の詳細検討に委ねる事とし、本計画では同荷重を載荷することを想定し、圧密促進を図り、盛土直下については強度増加を想定することとした。

圧密放置期間は隣接する道路事業と同様、最大 2 箇年を想定し、残留沈下量が 30cm 以下に収まることを条件とした。ドレーンの配置間隔は施工実績から 1.0m~2.0m とし、圧密度 U=90% となる間隔とした。円弧滑り計算では、盛土の下の圧密層の強度を圧密度 U=90% 相当の強度とした。

$$t = \frac{T_h}{c_h} \cdot d_e^2 \dots\dots\dots (解 6-1)$$

ここに、

t : 圧密時間 (日)

T_h : 水平圧密の時間係数 (無次元)

c_h : 水平方向の圧密係数 (m²/日)

(一般に標準圧密試験結果の鉛直方向圧密係数 c_v を用いる)

d_e : 有効径 (m)

d_e は次式で与えられる。(解図 6-53 参照)

$$d_e = 1.05d \text{ 正三角形配置}$$

$$d_e = 1.13d \text{ 正方形配置}$$

d : サンドドレーンの設置間隔 (m)

一般には、鉛直方向の圧密排水距離 H に比べて d_e が非常に小さいため、鉛直方向の排水を無視すると、圧密度 U_h と時間係数 T_h は、有効径 d_e とサンドドレーンの直径 d_w の比 n をパラメータとして、解図 6-54 に示す関係にある。また、近似的には式(解 6-2) で与えられる⁰⁾。

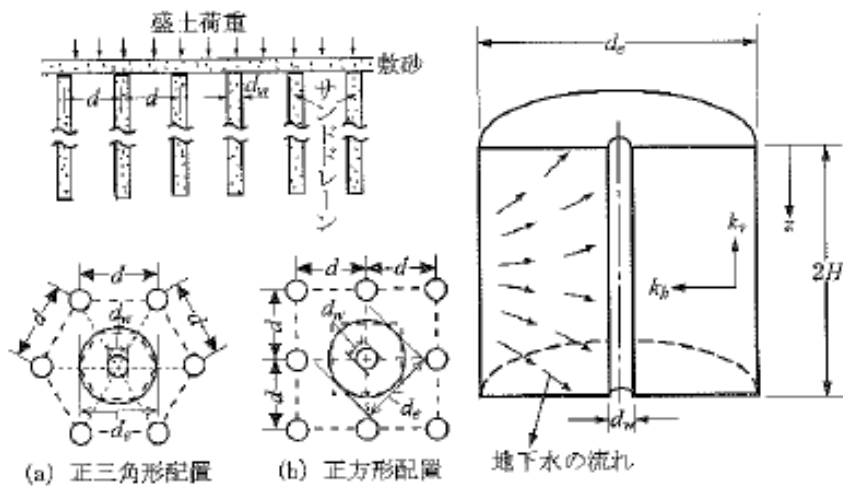
$$U(T_h) = 1 - \exp \left\{ -\frac{8T_h}{F(n)} \right\} \dots\dots\dots (解 6-2)$$

ここに、

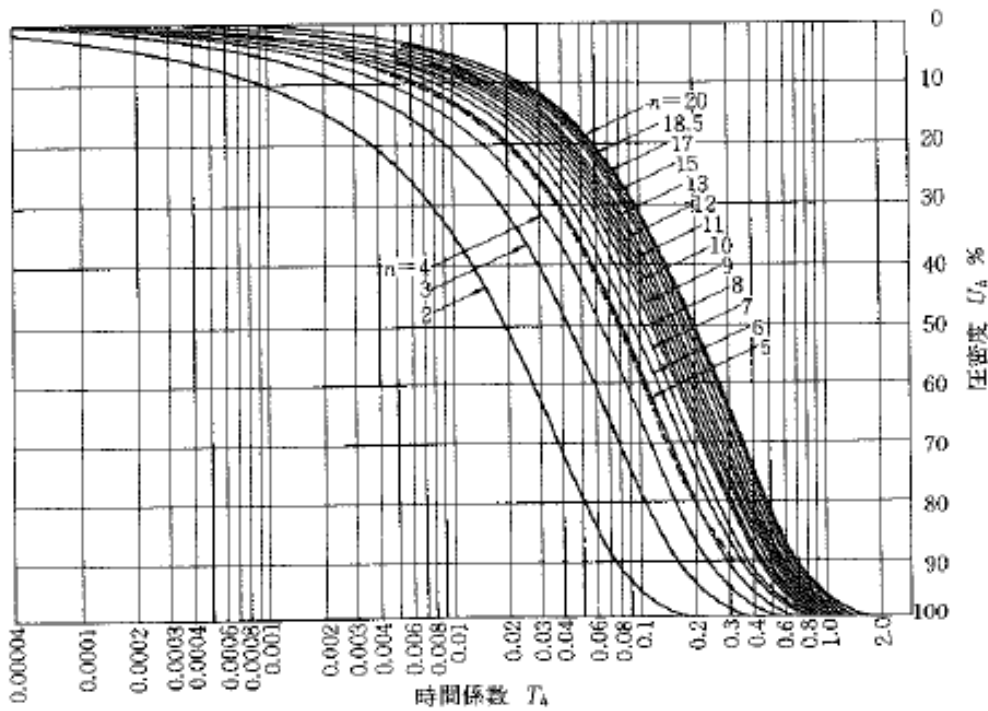
$$\left. \begin{aligned} F(n) &= \frac{n^2}{n^2-1} \log_e n - \frac{3n^2-1}{4n^2} \\ n &= \frac{d_e}{d_w} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (解 6-3)$$

d_w : サンドドレーンの直径 (m)

サンドドレーンの設計では、施工法やドレーン径、ドレーン間隔及び改良範囲(深さ及び幅)を仮定し、圧密度を求め、安定及び沈下の検討を行う。所定の圧密時間において目標とする圧密度や盛土の安全率及び残留沈下量が許容値を満足しない場合は、ドレーン間隔や改良範囲を修正し、再度検討を加える。



解図6-53 サンドドレーンの配置と圧密排水の状況



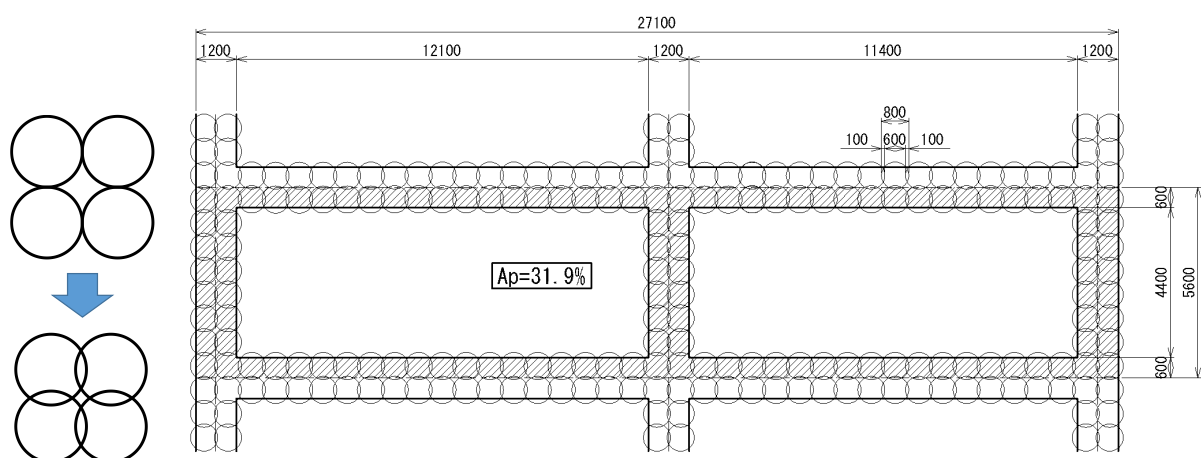
解図6-54 圧密度 U_v と時間係数 T_v の関係⁷⁾

出展：道路土工 軟弱地盤対策工指針（平成24年度版）P250-251

2) 固結工法 (SCC)

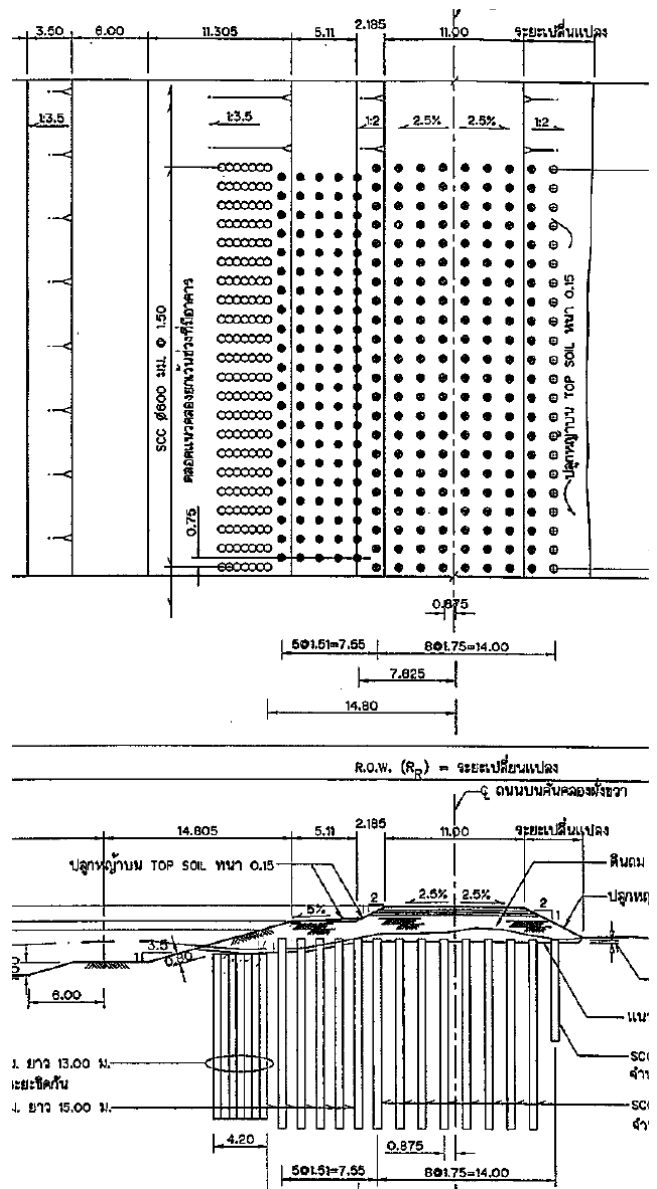
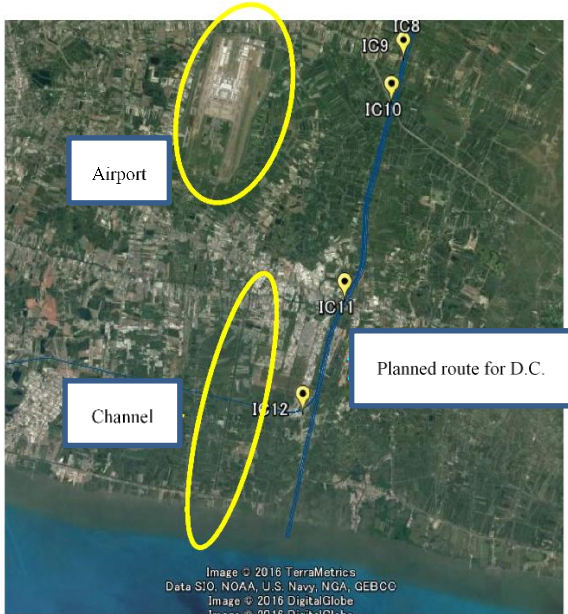
固結工法はタイ国のスワナプーム空港排水路の補強工法としても採用されている工法であり、同排水路では柱状改良で施工されている。一方、日本の基準ではブロック・接円改良を基本としている。柱状改良ではセメントコラム同士が接していないが、ブロック・接円改良では隣接するコラムが全て接することで複数のコラムによる一体的な強度増加が期待できる。

本検討ではコスト縮減の観点、フェイルセーフの観点から、日本の基準類を参考に、柱状改良の複合地盤でなく、構造体として安定性を確保する「格子状改良」を採用し、隣接するコラムをラップさせることとした。改良体諸元は、改良体の外的・内的安定性を満足しつつ、円弧すべり安定性が確保できる形状とした。



出典：JICA 調査団作成

図 4.4.1 格子状改良の配置



出典：JICA 調査団作成

図 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)

7.1.3 掘削のり面へ適用する際の留意点

河川改修または構造物基礎地盤における掘削において、その掘削のり面の安定対策として深層混合処理工法を適用する場合がある。改良地盤の検討には円弧すべり計算手法が用いられることが多く、目標安全率を満足するのにな・低改良率の改良で可能という計算結果が得られることがある。この場合、杭状改良した掘削のり面において改良体が掘削側にもたれるように倒れ、のり面崩壊を生じることがある。

これは、改良地盤の受働側が掘削されることにより、改良体どうしが将棋倒し破壊を生じたことによる。掘削のり面の安定対策として深層混合処理工法を採用する場合は、前記した現象を生じさせないために、少なくとも掘削断面方向には改良体をラップさせるか、改良地盤として接円配置やブロック式を検討するのがよい。

また、掘削のり面の検討においては掘削による応力解放による原地盤の強度低下、および掘削背後地盤における地下水位の変化に十分な検討が必要であることは言うまでもない。

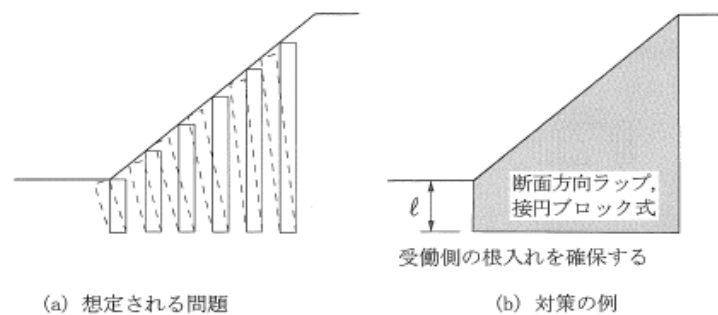


図-7.1.6 掘削への適用における留意点

出典：陸上工事における深層混合処理工法・施工マニュアル改訂版
平成16年 財団法人土木研究センター P174

i. 改良体諸元

改良体の設計基準強度は国内での施工事例の多い $quck=200\sim 500\text{kN/m}^2$ の幅の中で最大の、 500kN/m^2 を採用した。改良率は安定性が確保できることを前提に、50%以下にも下げた検討を行った。

その場合のすべり安定計算における複合地盤強度は、「陸上工事における深層混合処理工法・施工マニュアル改訂版_平成17年 財団法人土木研究センター」および「泥炭性軟弱地盤対策マニュアル, pp,111-123, 2002. 独立行政法人 北海道開発土木研究所」を踏まえ、下式より算定した。

$$C = C_p \times ap + \alpha \times C_o(1 - ap)$$

ここで、
 C : 複合地盤強度 (kN/m^2)
 C_p : 改良体強度 (kN/m^2) = $quck/2$
 C_o : 原地盤強度 (kN/m^2) ここでは、安全側を考慮して一律 $10 (\text{kN/m}^2)$ と設定する。
 α : 破壊ひずみ低減率(通常 $1/2\sim 1/3$ 、ここでは $1/2$ とする)
 ap : 地盤改良率

ii. 改良体の外的・内的安定

照査項目を以下に示す。

滑動	転倒	支持力

端趾圧	水平せん断

抜きし水平せん断	鉛直せん断
<p data-bbox="347 1532 715 1563">図-8.7.2 格子状改良体の抜きし破壊</p>	<p data-bbox="948 1523 1267 1554">図-8.7.3 鉛直せん断の検討モード</p>

<p data-bbox="236 1621 379 1653">すべり安定</p>
--

参考文献：液状化対策工法設計・施工マニュアル（案）

図 4.4.3 固結工法（SCC）の照査項目

(3) 検討結果

設定した対策工諸元を以下に示す。

表 4.4.2 対策工諸元

区間	のり勾配	対策工法	諸元 (既往 BH)
中部	1 : 3.0	バーチカルドレーン工法	□3.0m×3.0m
	1 : 3.0	固結工法	φ800、ap=34%
南部	1 : 11.0	バーチカルドレーン工法+緩傾斜化	□1.0m×1.0m
	1 : 3.0	固結工法	φ800、ap=34%

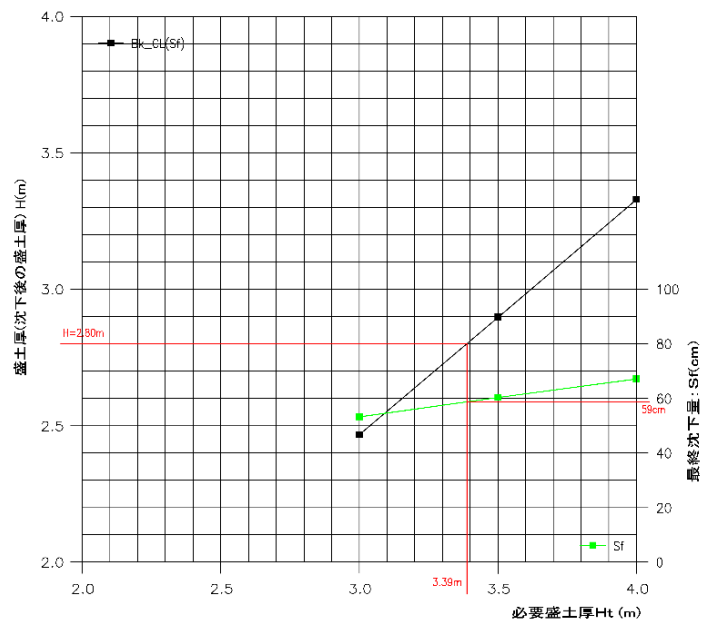
出典：JICA 調査団作成

(A) 中央部

以下の施工手順を想定し、対策工を決定した。

- ① 現地盤を施工基面に地盤改良工を実施
- ② プレロードとして築堤盛土を行う区域にストックパイルを造成し沈下促進を合せて行う。(※ストックパイル高 3.0m として圧密沈下計算、2 箇年以内で圧密度 90%となるドレーンピッチを算定)
- ③ ストックパイルを切り崩しながら築堤盛土
(※供用開始直後〔築堤盛土 (余盛高考慮)、放水路掘削、交通荷重作用〕にすべりに対する安定性を確保するために必要な改良体諸元を設定)

施工盛土高は、必要盛土厚 (施工盛土高) 横軸、と沈下後の盛土厚 (縦軸) との関係を参考に、沈下後の盛土厚を計画堤防高 (2.8m) とするために必要な盛土厚、および最終沈下量の関係から 3.40m とし、余盛高は 60cm とした。



出典：JICA 調査団作成

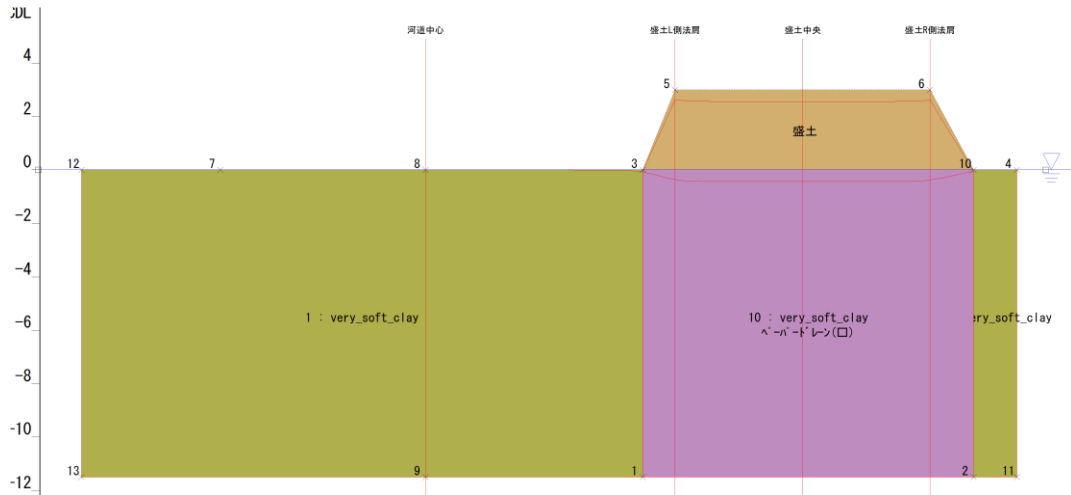
図 4.4.4 必要な盛土高の設定

○PVD (□3.0m×3.0m)

1) 圧密沈下量 (U=90%時) : St=39.5cm

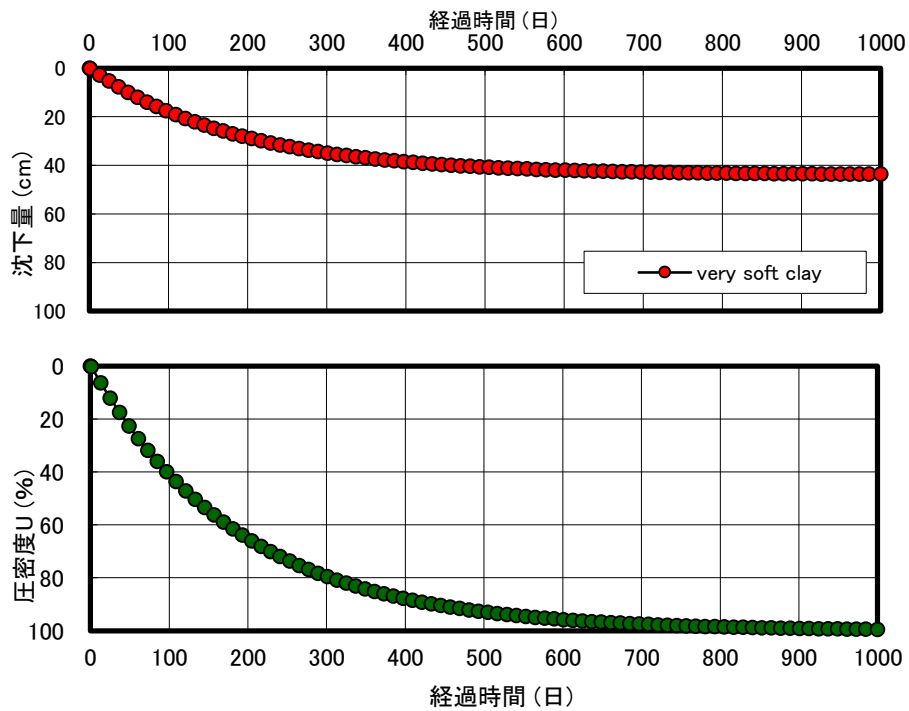
最終沈下量 : Sf=43.9cm

発生箇所 : 道路盛土 CL



2) 沈下時間

圧密度 U=90%に達する時間 : t ≒ 440 日



出典 : JICA 調査団作成

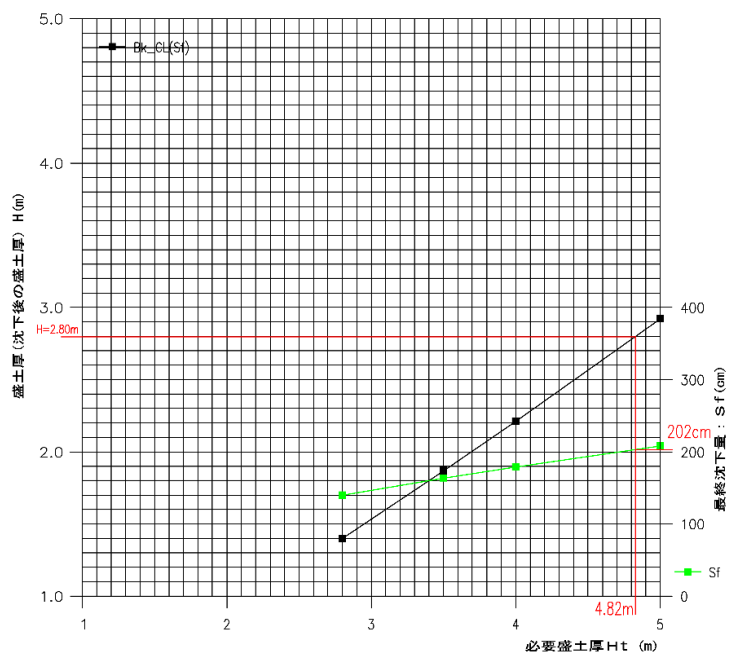
図 4.4.5 沈下量・圧密度と経過時間との関係

○SCC

余盛高 60cm として、施工時の検討を行った。

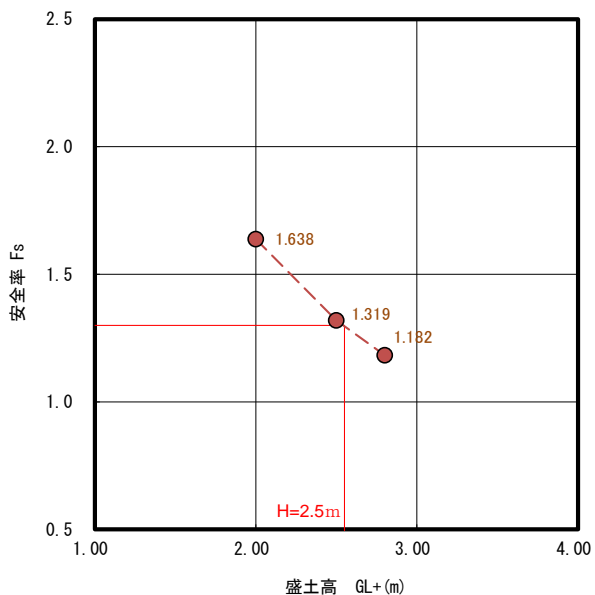
(B) 南部

施工盛土高は、必要盛土厚（施工盛土高）横軸、と沈下後の盛土厚（縦軸）との関係を参考に、沈下後の盛土厚を計画堤防高（2.8m）とするために必要な盛土厚、および最終沈下量の関係から4.90mとし、余盛高は210cmとした。次に、限界盛土高を確認し、施工時安全率1.3を満足可能な一次盛土高は2.5mとした。



出典：JICA 調査団作成

図 4.4.6 必要な盛土高の設定

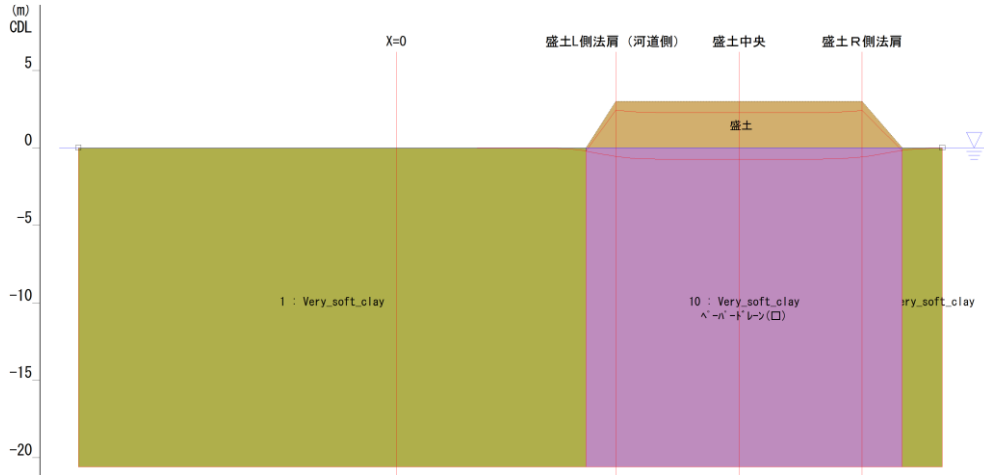


出典：JICA 調査団作成

図 4.4.7 限界盛土高の設定

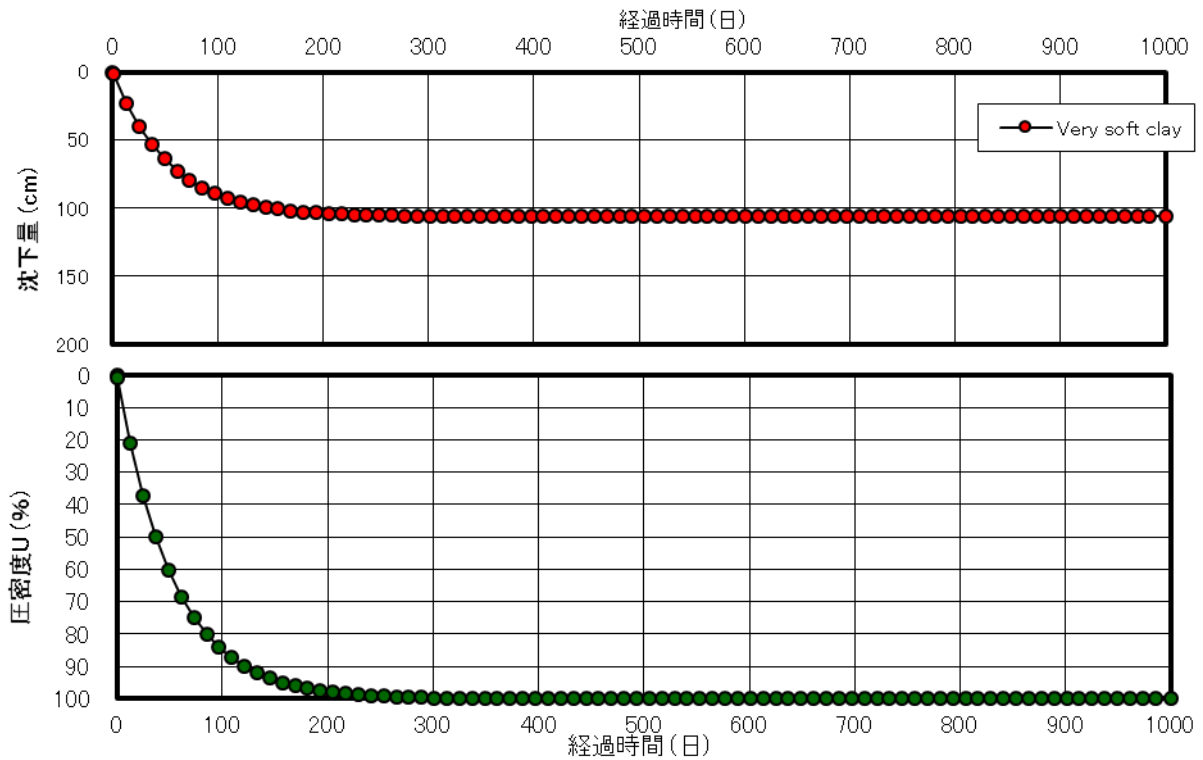
一方、圧密沈下対策について、バーチカルドレーン工法の適用を検討した。

- ・ ドレーンピッチは 1.0m とする。
- ・ 施工盛土厚は $H_{t1}=2.50\text{m}$ (一次盛土) とし、強度増加は圧密度 $U=90\%$ を目標とする。



出典：JICA 調査団作成

- 1) H_{t1} の最終沈下量： $S=106.0\text{cm}$ (発生箇所：中心)
- 2) 沈下時間
 - a. 圧密度 $U=90\%$ に達する時間： $t=122$ 日
 - b. 圧密度 $U=90\%$ 時の沈下量： $S \approx 95\text{cm}$



出典：JICA 調査団作成

図 4.4.8 沈下量・圧密度と経過時間との関係

PVD 工法による地盤改良効果として、圧密度 $U=90\%$ に到達時の強度増加を整理する。後述する SCC 工法の改良規模を過度に大きくしないよう P_c 以上の増加荷重に対する強度増加を期待することとした。

- ・ 圧密度は $U90\%$ に達した時点を想定する。
- ・ 強度増加率 m は CUB 試験を参考に設定した。 ($m=0.22$)

表 4.4.3 強度増加量の算定

土質名	対象層厚 (m)	初期強度 C_{u0} (kN/m ²)	強度増加率 m ※2	施工盛土厚 H_{t1} (m)	初期応力 P_0 (kN/m ²)	増加荷重 (kN/m ²)			$U \varepsilon$ (%)	ΔC_u (kN/m ²)
						(計画盛土) ΔP	圧密降伏応力 p_c ※3	($P_0 + \Delta P - P_c$) $\Delta P'$		
soft clay (上)	10.00	10.0	0.22	2.50	28.00	34.25	31.50	30.75	90	6.1
soft clay (下)	10.60	$-1.0 \times Z + 1$ ※1	0.22	2.50	85.68	33.57	80.00	39.25	90	7.8

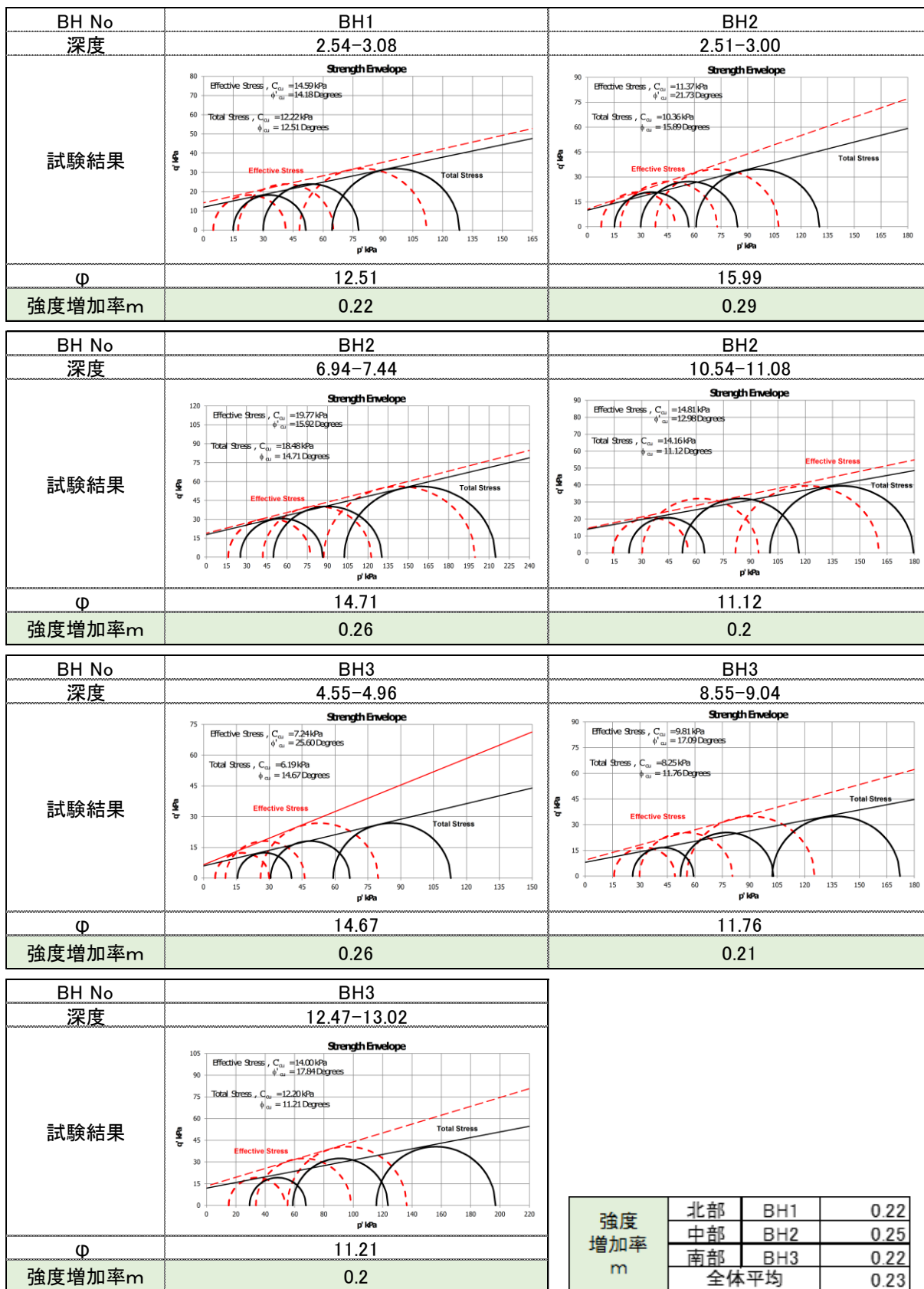
出典：JICA 調査団作成

※1 Zは深度（基準深度を GL とした場合）

※2 今回 CUB 結果より、 $m=0.22$ と設定

※3 圧密降伏応力 P_c は、上部は深度 2.00m の試験値 ($\sigma'_{vm}=28.00\text{kN/m}^2$) と深度 8.00m の試験値 ($\sigma'_{vm}=35.0\text{kN/m}^2$) の平均値、下部は深度 14.00m の試験値 ($\sigma'_{vm}=80\text{kN/m}^2$) を採用した

上表より、盛土直下の地盤強度は Soft clay（上位層） $C=16.1$ (kN/m²)、Soft clay（下位層） $C=-1.00Z+7.8$ (kN/m²) と設定する。



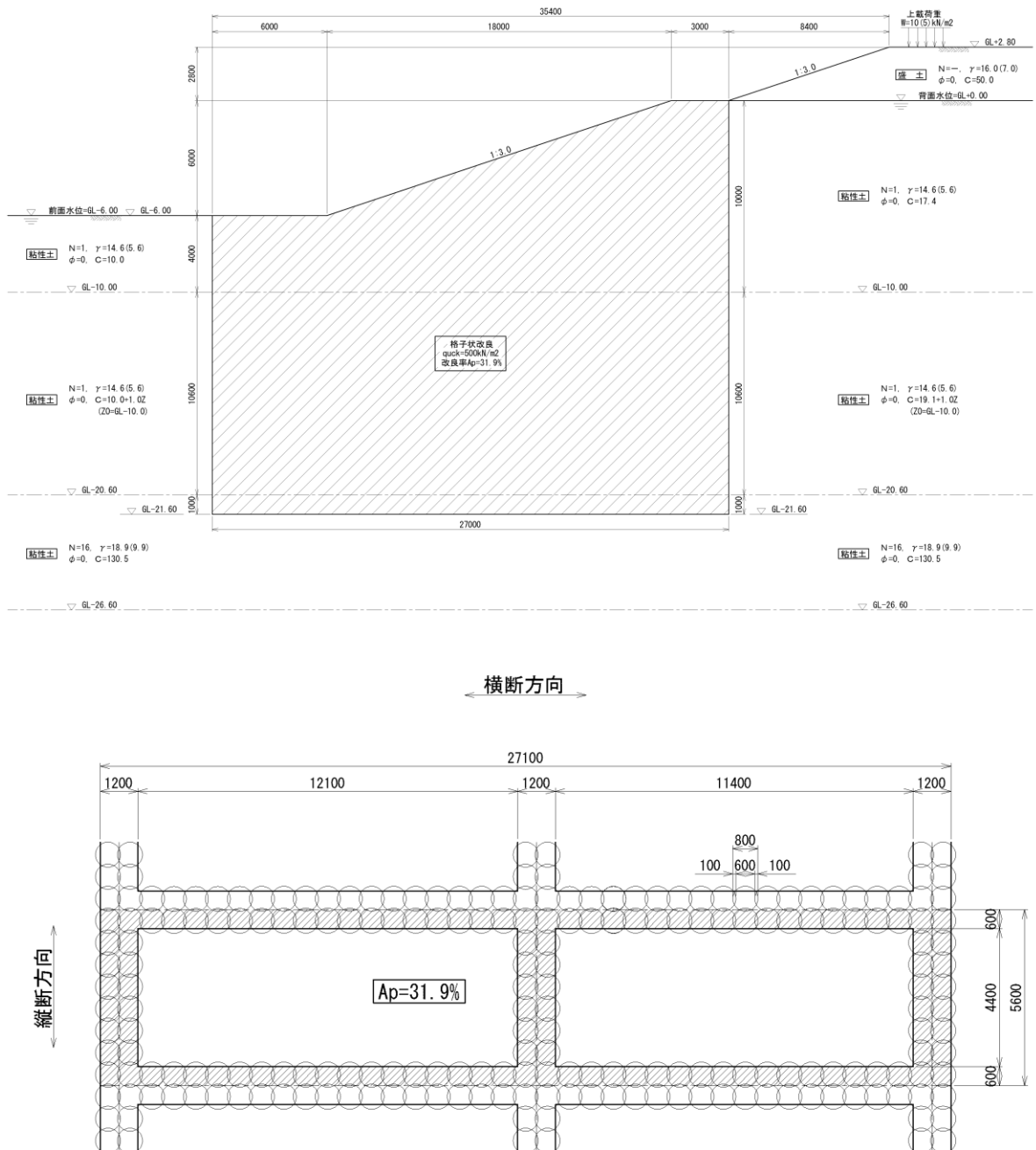
出典：JICA 調査団作成

図 4.4.9 三軸圧縮試験結果に基づく強度増加率の整理

● SCC 工法

SCC 工法は改良体の外的・内的安定、およびすべりに対する安全性を確保するよう諸元を決定した。

改良体は施工時の品質の不確実性に配慮し、改良体 2 本をラップ施工するとともに、横断方向に 2 列の改良壁を配置する計画とした。



出典：JICA 調査団作成

図 4.4.10 改良体の平面、断面図

		常時		地震時		参考文献
		計算結果	許容値	計算結果	許容値	
外的安定	円弧すべり		≧ 1.5			陸
	滑動	1.789	≧ 1.2	1.563	≧ 1.0	陸
	転倒	2.505	≧ 1.2	2.223	≧ 1.1	陸
	支持力(kN/m ²)	281.76	≧ 313.51	418.76	≧ 424.44	陸
内的安定	端趾圧(kN/m ²)	281.76	≧ 500	418.76	≧ 750	液
	水平せん断(kN/m ²)	177.50	≧ 250	221.68	≧ 375	液
	抜け出し破壊(kN/m ²)	155.86	≧ 250	164.11	≧ 375	液
	鉛直せん断(kN/m ²)	211.18	≧ 250	271.24	≧ 375	液

参考文献 陸；陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル
 液；液状化対策工法設計・施工マニュアル(案)

図 4.4.11 改良体の外的・内的安定計算結果

(2) 複合地盤強度

$$C = Cp \times ap + \alpha \times Co(1 - ap)$$

※『独立行政法人 北海道開発土木研究所：泥炭性軟弱地盤対策マニュアル，pp.111-123，2002.』
 (Q について、『財団法人土木研究センター：陸上工事における深層混合処理工法・施工マニュアル改訂版・平成17年』を一部加筆)

ここで、
 C : 複合地盤強度 (kN/m²)
 Cp : 改良体強度 (kN/m²) = $qu_{ck}/2$
 Co : 原地盤強度 (kN/m²) ここでは、安全側を考慮して一律10 (kN/m²) と設定する。
 α : 破壊ひずみ低減率 (通常1/2~1/3、ここでは1/2とする)
 ap : 地盤改良率

$$C = 500/2 \times 0.319 + 0.5 \times 10 \times (1 - 0.319) = 83.2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

∴ **複合地盤強度: C=83.2 kN/m²**

F_zone : 固結工法 : B=27.0m, Ap=31.9% (検証)

作用番号 - 1
 要求性能 :
 作用名称 : 常時の作用

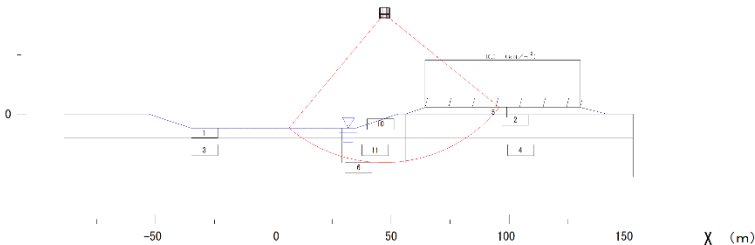
縮尺 : 1/ 2000

許容安全率 F s = 1.500
 最小安全率 = 1.521 ≧ 1.500 (OK)
 円弧の中心 X = 47.00 (m)
 Y = 42.50 (m)
 半径 R = 63.10 (m)
 抵抗モーメント M R = 225731.5 (kN・m)
 起動モーメント M D = 148387.4 (kN・m)

【土質条件表 (入力値)】

層番号	地盤深度 (3桁/m)	層厚 (3桁/m)	自重密度 (kN/m ³)	粘聚力 (kN/m ²)	粘着力の 一次係数	水平強度 (kN/m ²)	鉛直強度 (kN/m ²)
1	15.80	14.80	0.00	10.00	0.0E	0.000	0.000
2	16.80	14.00	0.00	16.10	0.0E	0.000	0.000
3	15.80	14.80	0.00	0.00	1.0E	0.000	0.000
4	15.80	14.80	0.00	7.80	1.0E	0.000	0.000
5	18.00	17.00	18.00	10.00	0.0E	0.000	0.000
6	19.80	16.00	0.00	100.00	0.0E	0.000	0.000
10	15.80	14.80	0.00	83.20	0.0E	0.000	0.000
11	15.80	14.80	0.00	83.20	0.0E	0.000	0.000

粘着力の基準Y座標 = 0.000 (m)
 水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

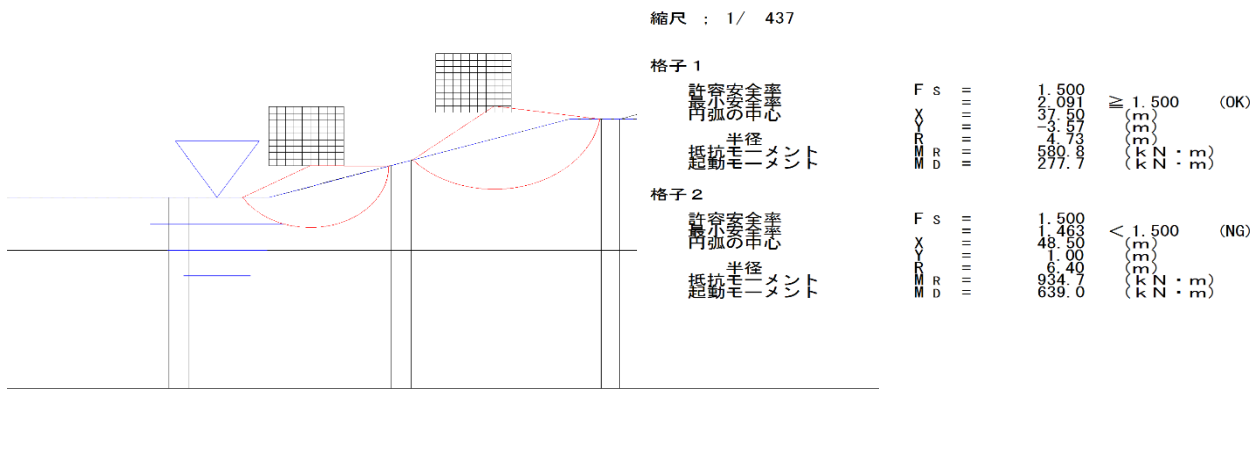


出典：JICA 調査団作成

図 4.4.12 円弧すべり計算結果

格子間隔が広いことから、格子内の表層で発生するすべりについて安全率を確認した。

その結果、目標安全率 1.5 を僅かに下回るもの、1.4 以上の安全率を有していることを確認した。



出典 : JICA 調査団作成

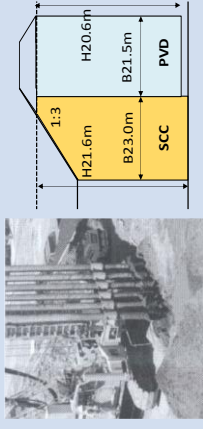
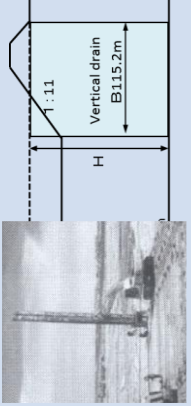
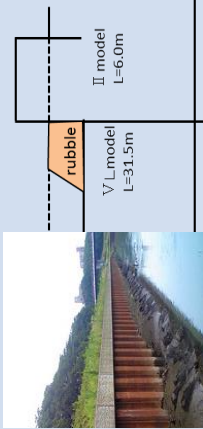
図 4.4.13 円弧すべり計算結果（格子内で発生するすべり）

(4) 総合比較

中央部は圧密沈下対策としてバーチカルドレーン工法を採用する。

南部は SCC 工法が工事費の面で最も優れ、かつ、タイでの実績があることから最適案として選定した。また、築堤盛土下では圧密沈下対策として、バーチカルドレーン工法を併用する。

表 4.4.4 南部区間における工法比較

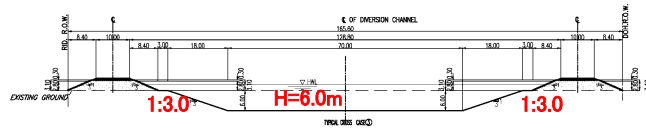
Countermeasure construction	1 Soil strengthening method (SCC) <under the embankment: PVD>	2 Vertical drain method	3 Steel sheet pile method
Image of construction method			
Overview	To construct soil cement columns (SCC) in the ground and arrange them in a grid shape. (37% improved)	To lay vertical drain on in order to accelerate consolidation and increase strength of basic foundation.	To install steel sheet piles doubly and raise the ground level(banking) among steel sheet piles.
Width of land acquisition	160m	238m	139m
Cost performance Thousand TBH/10m	Construction cost	10,228	18,765
	Land cost	3,952	3,425
	Total cost	14,885	22,190
Constraints of construction	Its constraints of construction is better than those of other methods.	It is needed to leave for a year. It takes long time to set pre-road bank and remove them.	No data about installation achievements of steel sheet piles, those width is over 30m
Construction experience	Some achievements for diversion channels	A lot of achievements for road embankment	A lot of achievements for concrete sheet pile
Operation and Maintenance	The risk of its banking deformation is lower than those of other methods.	O&M is needed, viewing from the long term. For example, top end of the foundation, etc.	Countermeasure against settlement is needed for bank among double sheet piles.
Assessment	○	△	△

出典：JICA 調査団作成

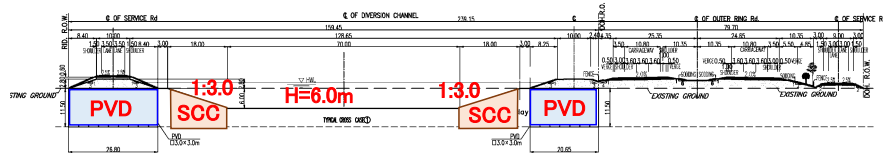
(5) 標準断面図

北部、中部、南部の各区間における標準断面図は以下に示すとおりである。

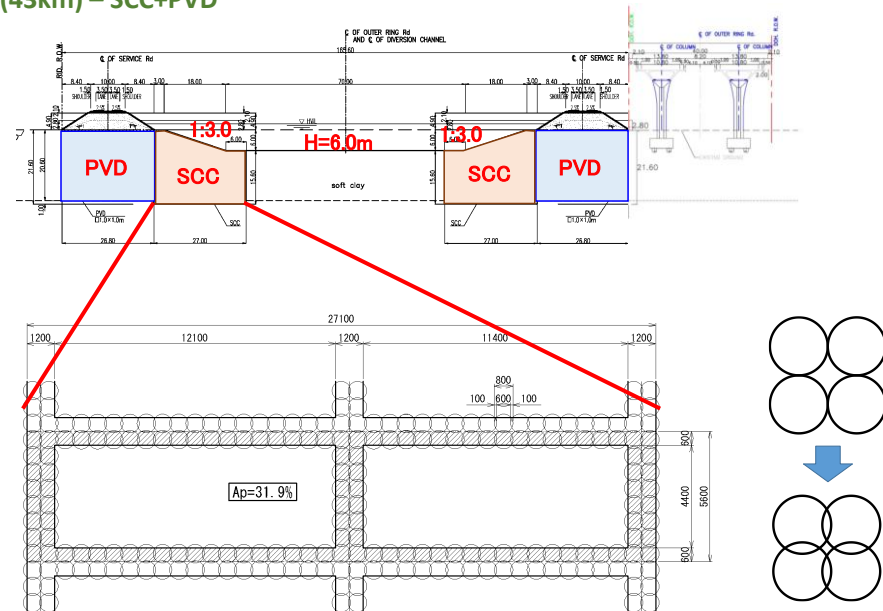
■ North part (36km) – No counter measure



■ Central part (32km) – SCC+PVD



■ South part (43km) – SCC+PVD



出典：JICA 調査団作成

図 4.4.14 放水路標準断面図

4.5 放水路事業費

放水路事業費の算定結果は下表に示すとおりである。

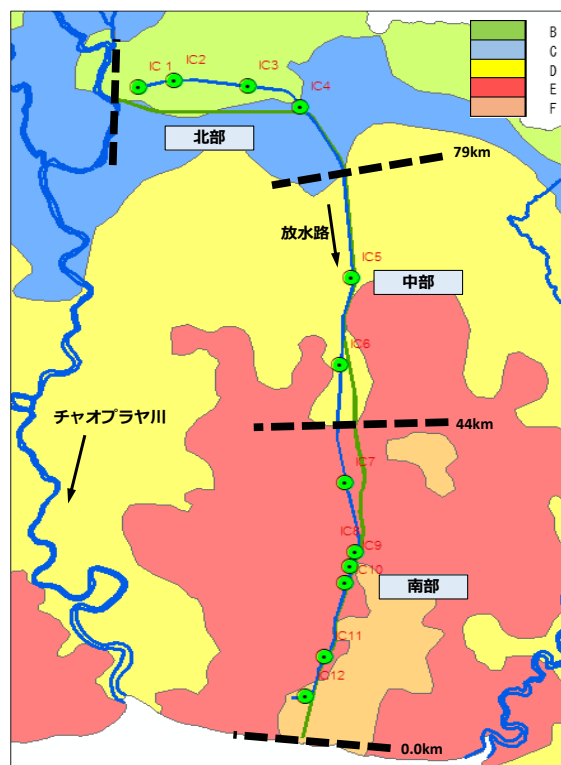
表 4.5.1 放水路事業費

	① 本検討 残土全量処分費見込む (単位 Mil THB)
水路工事費	50,627
付帯構造物工事費	21,331
用地費	74,788
Engineering	5,596
Other(EIA/Adm)	9,233
Physical Contingency	7,078
Compensation	563
Project Cost	169,216

出典：JICA 調査団作成

算定に当たっては、

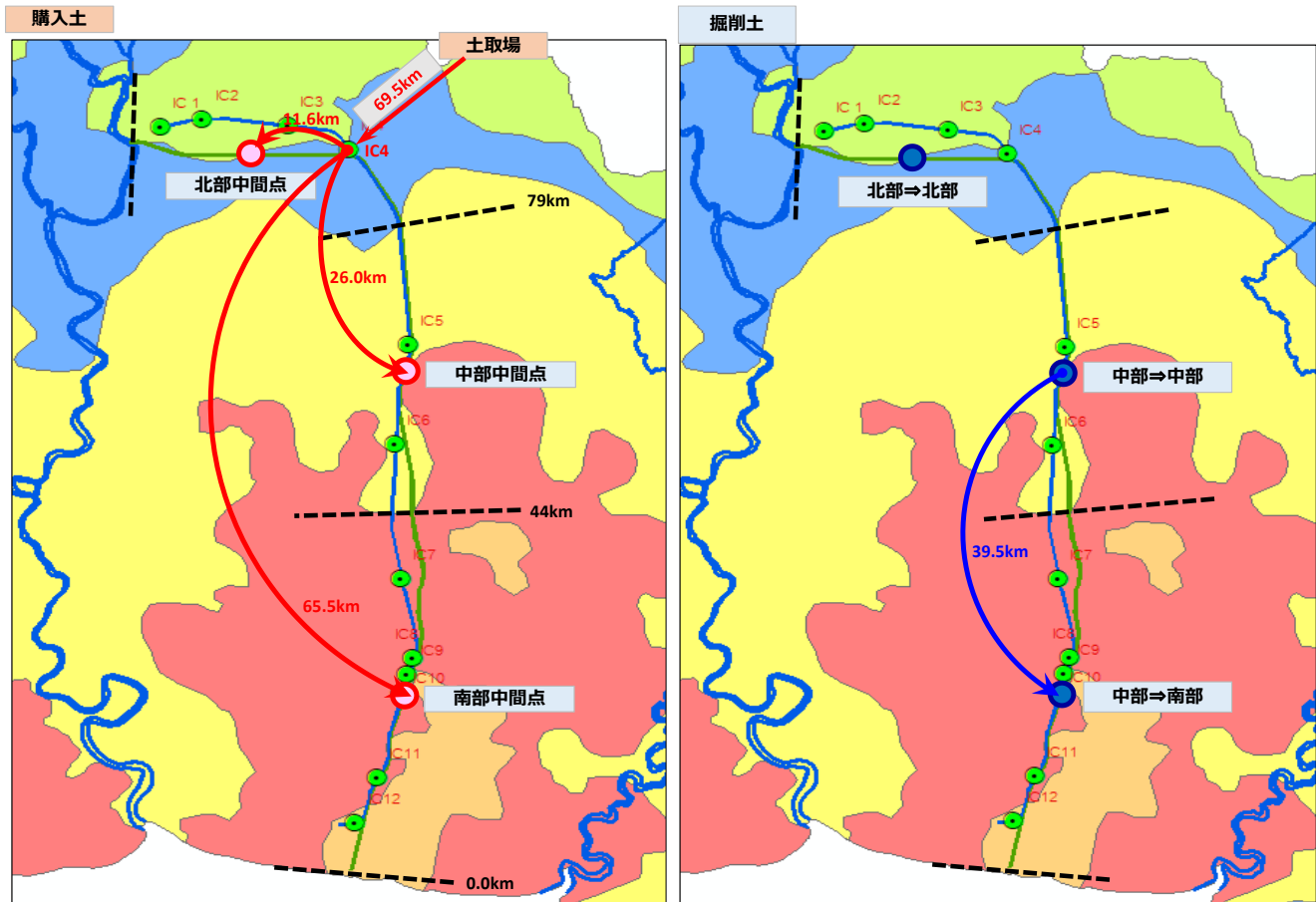
- ・ 全区間を土質条件に応じて 3 区間（北部・中部・南部）に分け、地盤改良の内容に応じて区間ごとの放水路建設費を算定した。
- ・ 放水路本体工事費とゲート・サイフォン等の付帯構造物工事費に分けて積算を行った。
- ・ 放水路掘削土を残土として処分する場合には、残土処分地までの運搬費用を見込んだ。
- ・ Factor F(直接工事費を算定する際に見込む諸経費の比率)は 13%と設定した。
- ・ 用地費は、Treasurely Departmentの最新データに基づき算定した。
- ・ それ以外のコストについては、M/P時の積算結果に、物価上昇率を考慮して算定した。



出典：JICA 調査団作成

図 4.5.1 放水路構造検討における区間分割

購入砂の運搬費は土取場から IC4 までの運搬距離および、IC4 から各サイトまでの運搬距離を合計して算定した。掘削土については、北部は北部の放水路盛土へ、中部は中部の放水路盛土への活用とし、南部は中部からの運搬費を計上した。運搬距離は中部・南部の中間点で設定した。



出典：JICA 調査団作成

購入砂の運搬距離

掘削土の運搬距離

図 4.5.2 購入砂、掘削土の運搬距離

表 4.5.2 放水路事業費算定結果

費目		数量	単位	単価 (THB)	金額(THB)	備考	
土工	掘削	58,783,824	m ³	20	1,175,676,480	44,795,262,061 a)	
	盛土	ミキシング・締固め (V)	16,004,910	m ³	292.2		4,676,634,702
		混合用の購入砂 (V/3)	5,334,970	m ³	135		720,221,085
		購入砂運搬費 (土取場→インターチェンジ4)	5,334,970	m ³	240		1,280,393,040
		購入砂運搬費 (インターチェンジ4→施工ヤード)	5,334,970	m ³			995,262,785
	残土処分	残土処分	38,231,309	m ³	282		10,781,229,138
		掘削土量	58,783,824	m ³			
盛土材料として利用する量		-10,669,939	m ³				
	道路盛土材	-9,882,576	m ³				
植生工	張芝	3,786,795	m ²	65	246,141,675		
天端舗装 2レーン幅10m	下層路盤 t=200mm	437,432	m ³	118.8	51,966,922		
	上層路盤 t=150mm	308,729	m ³	313.6	96,817,414		
	表層工 t=150mm	292,101	m ³	930.0	271,653,930		
地盤改良工	SCC (Soil Cement Column)	16,695,704	m ³	1,200	20,034,844,800		
	PVD (Prefabricated Vertical Drain)	42,938,001	m	90	3,864,420,090		
ボックスカルバート	インターチェンジ11 (4基)	4	箇所	150,000,000	600,000,000		
Factor F(間接工事費率)					5,823,384,068	b)=a)×0.13	
放水路工事費					50,618,646,129	c)=a)+b)	
施設 構造物	道路橋	27,000	m ²	82,000	2,214,000,000	18,876,624,000 d)	
	鉄道橋	677,000	m	800	541,600,000		
	水門	分流部、河口部(2箇所)	2	箇所	5,466,000,000		
	サイフォン	14箇所	1	式	7,429,000,000		
	こう門		1	式	2,500,000,000		
	雑工	4% of the above			726,024,000		
Factor F(間接工事費率)					2,453,961,120	e)=d)×0.13	
施設構造物工事費					21,330,585,120	f)=d)+e)	
建設費					71,949,231,249	g)=c)+f)	
技術経費・施工調整費					5,755,938,500	h)=g)×0.08	
事業管理費・処理費					2,158,476,937	i)=g)×0.03	
付加価値税					0		
用地収容費					52,450,447,449	j)	
事業費計					132,314,094,135	k)=g)+h)+i)+j)	

4.6 提言

ここでは RID が事業化を進めるために必要な事項について、以下の提案を行った。

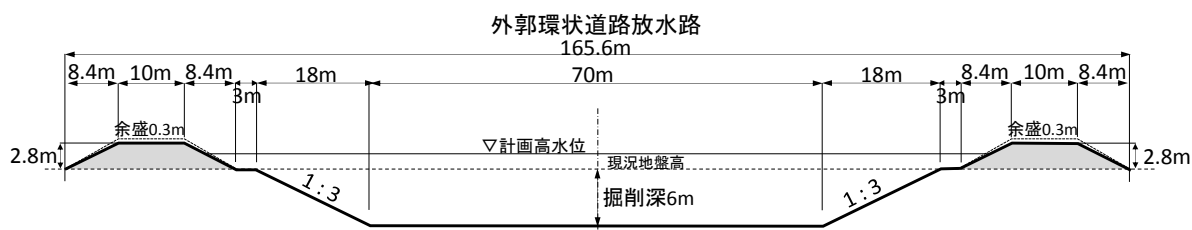
- i. 追加すべき地質調査の必要項目・留意事項の提案
- ii. 外郭環状道路放水路の詳細設計および建設に際しての留意事項

4.6.1 RID による地質調査の必要項目・留意事項

外郭環状道路放水路では、追加で実施する地盤調査の結果によっては、下記のように事業費に大きく影響する設計変更が必要となる場合がある。留意事項を以下に示す。

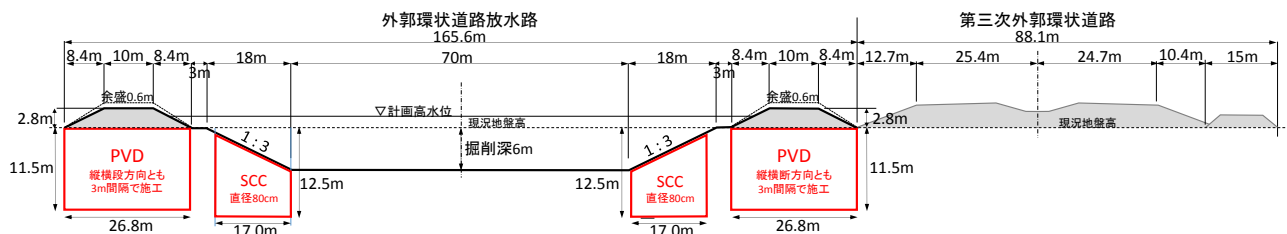
(a) 北部 築堤区間 (36km)

- ・ 沈下量の見直しにより、余盛量が見直される。



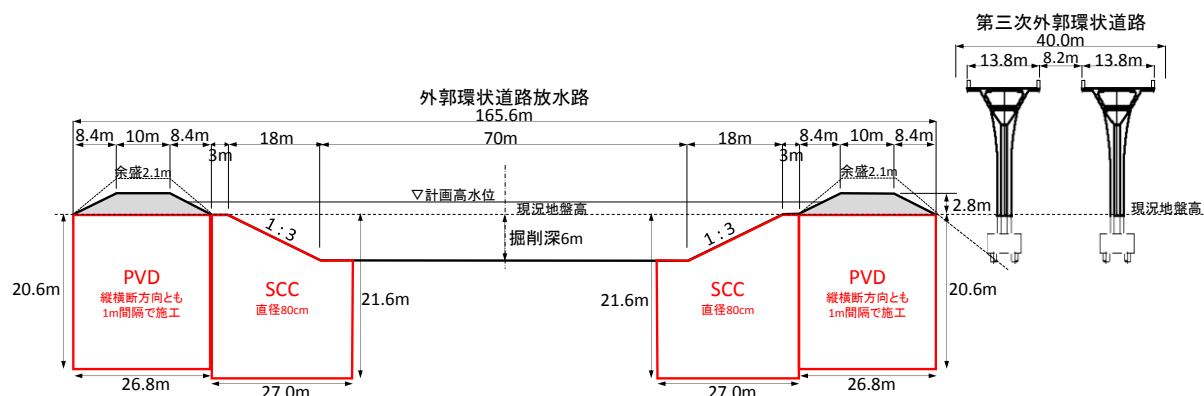
(b) 中部 SCC 工法+PVD 工法の適用区間 (32km)

- ・ SCC 工法の必要区間、改良長、改良幅、格子形状が見直される。
- ・ PVD の長さ、配置間隔が見直される。
- ・ プレローディングによる沈下量の見直しにより、盛土量が見直される。
- ・ 混合材（購入砂）の配合比が見直される。



(c) 南部 SCC 工法+PVD 工法の適用区間 (43km)

- ・ SCC による改良長、改良幅、格子形状が見直される。
- ・ PVD の長さ、配置間隔が見直される。
- ・ プレローディングによる沈下量の見直しにより、盛土量が見直される。



4.6.2 外郭環状道路放水路の詳細設計および建設に際しての提言と留意事項

(1) 横断構造物、周辺の近接構造物への影響検討の必要性

外郭環状道路放水路は現地盤から 6.0m 掘削し、計画高 2.8m の築堤盛土を行う計画である。詳細設計では特に地盤条件の悪い南部、中部では軟弱地盤における掘削・盛土に伴い、周辺の近接家屋・工場、寺院等、構造物に対する近接影響検討を行う必要がある。

(2) 残土処分方法の検討の必要性

放水路工事では約 6000 万 m³ の掘削土が発生し、盛土材への流用によるコスト削減策を検討している。一方、南部で発生する掘削土等は盛土材への流用が困難となる可能性がある。その場合、建設残土として処分する必要がある。現地ヒアリングの結果、掘削土は販売可能との情報が得られた。一方、大量の掘削土が発生するため販売して処分できない場合を想定し、掘削土の処分方法について検討を行う必要がある。

(3) 灌漑施設諸元の確認の必要性

外郭環状道路放水路は、14 箇所ですべて主要な用水路と交差する。交差部にはサイフォンを配置する計画である。詳細設計では各用水路の水利条件を把握し、断面形状を設定する必要がある。

第5章 平時の利用検討

5.1 タイにおける親水利用の事例

平時の活用を検討するに際し、タイにおける水辺空間利用の事例を調査した。タイでは、川岸のレストランや運動広場に加えて、水上マーケット等の事例があり、水面そのものが積極的に活用されている。



左上写真出典 : <http://www.bkkkids.com/listing/amphawa-floating-market/>

右上写真出典 : JICA 調査団撮影

左下写真出典 : <http://www.chiangmai.bangkok.com/top10/top10-restaurants-chiangmai-riverside.htm>

右下写真出典 : <http://www.alamy.com/stock-photo/chao-river-activity-in-bangkok.html>

図 5.1.1 タイにおける親水利用の事例 (1)



左上写真出典 : <http://www.bkkkids.com/listing/amphawa-floating-market/>

右上写真出典 : JICA 調査団撮影

左下写真出典 : <http://www.chiangmai.bangkok.com/top10/top10-restaurants-chiangmai-riverside.htm>

右下写真出典 : <http://www.alamy.com/stock-photo/chao-river-activity-in-bangkok.html>

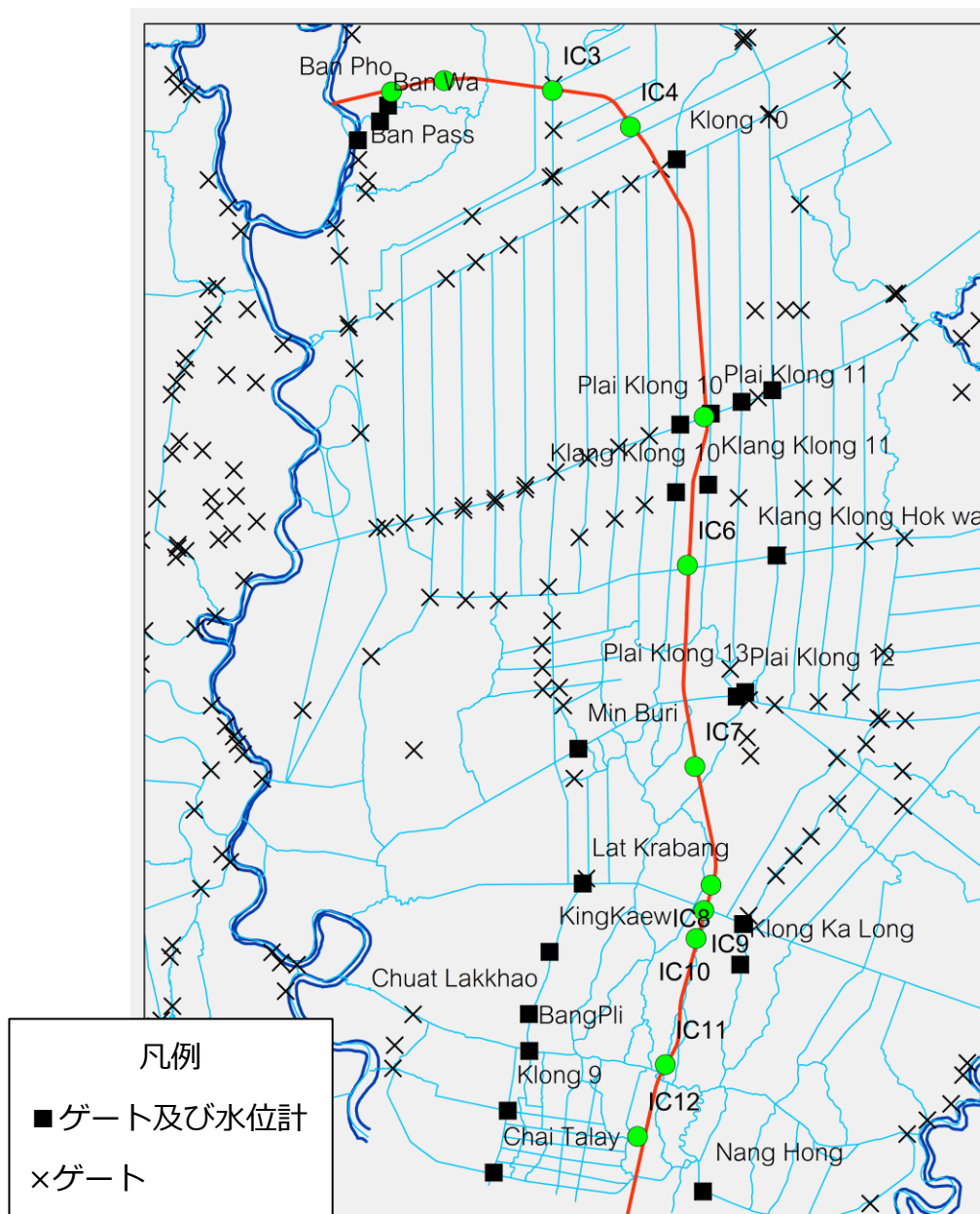
図 5.1.2 タイにおける親水利用の事例 (2)

5.2 灌漑水路の調査

(1) ゲート設置位置の状況

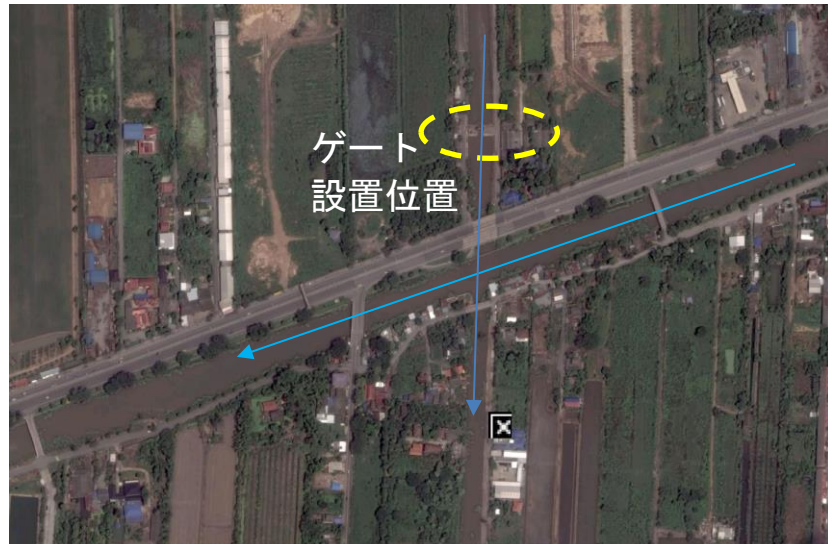
図 5.2.1 は灌漑水路に設置されているゲートの設置状況であり、出典：JCIA 調査団作成

図 5.2.2 のとおりゲートは主に水路交差部にて南北方向の水路の上流側に設置されている。



出典：JCIA 調査団作成

図 5.2.1 ゲート設置位置



出典：JCIA 調査団作成

図 5.2.2 交差点でのゲート設置位置

(2) 水位計測状況

1) データ収集状況

灌漑水路内の水位データは表 5.2.1 の観測所に対して、2011 年から 2016 年まで収集した。

表中にあるとおり、灌漑水路には水位計が 42 箇所設置されているが、22 箇所は欠測で利用できず位況把握で利用可能な水位データは、20 箇所であった。

表 5.2.1 各水位観測所での水位データの所在(1/5)

Chonlaharnphichit Operation and Maintenance project											
Code Number	Name of Gate	Data from RID									
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	Chonlaharnphichit 1	✓	✓	✓	✓	✓	x	□	□	□	✓
2	Chonlaharnphichit 2	✓	✓	✓	✓	✓	x	□	□	□	✓
16	Klang Klong Prawet	✓	✓	✓	✓	✓	x	□	□	□	✓
17	Lat Krabang	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	□	✓	✓
19	King Kaew	✓	✓	✓	✓	✓	x	□	□	□	✓
20	Chuat Lakkhao	✓	✓	✓	✓	✓	x	□	□	✓	✓
21	Bang Pli	✓	✓	✓	✓	✓	x	□	□	□	✓
22	Klong 9	✓	✓	✓	✓	✓	x	□	□	□	✓
24	Klong Kha Long	x	x	x	x	x	x	□	□	□	x
25	Min Buri	x	✓	✓	✓	✓	x	□	□	✓	✓
30	Chai Ta Lay	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	□	✓
35	Chonlaharnphichit	✓	✓	✓	✓	✓	x	□	□	□	✓
36	Suwannaphumi	x	x	x	✓	✓	x	□	□	□	✓
37	Charoen Rat	✓	✓	✓	✓	✓	x	□	□	✓	✓
41	Nong Chok	x	x	✓	✓	✓	x	□	□	□	✓

Note :

✓ Complete data

□ Incomplete data

x No data

出典：JCIA 調査団作成

表 5.2.2 各水位観測所での水位データの所在(2/5)

North Rangsit Operation and Maintenance project											
Code Number	Name of Gate	Data from RID									
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
8	Pak Klong 10	x	✓	✓	✓	□	□	✓	✓	✓	✓
9	Pak Klong Prame	□	✓	✓	✓	□	□	✓	✓	✓	✓
11	Plai Klong 12	□	✓	✓	✓	□	□	✓	✓	✓	✓
12	Plai Klong 10	x	✓	✓	✓	□	□	✓	✓	✓	✓
13	Plai klong 11	x	✓	✓	✓	□	□	✓	✓	✓	✓
14	Pradhammaracha	x	✓	✓	✓	□	□	✓	✓	✓	✓
18	Klang Klong Rangsit 8-9	□	✓	✓	✓	□	x	x	x	x	x
32	lang klong rangsit 12-1	□	✓	✓	✓	□	x	x	x	x	x
40	Pra In Taracha	x	✓	✓	✓	□	□	✓	✓	✓	✓

出典 : JCIA 調査団作成

表 5.2.3 各水位観測所での水位データの所在(3/5)

South Rangsit Operation and Maintenance project											
Code Number	Name of Gate	Data from RID									
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
3	Klang klong 10	x	✓	✓	✓	□	x	✓	✓	✓	✓
4	Plai Klong 13	x	✓	✓	✓	□	□	✓	✓	✓	✓
5	Klang Klong Rangsit 8-9	✓	✓	✓	✓	□	□	✓	✓	✓	✓
6	Klang klong 11	x	✓	✓	✓	□	□	✓	✓	✓	✓
7	Klang klong hok wa	✓	✓	✓	✓	□	□	✓	✓	✓	✓
15	Klang Klong Sansab	Re-check									
23	Klong 20	✓	✓	✓	✓	□	□	□	✓	x	x
26	Plai klong 12	x	✓	✓	✓	□	□	✓	✓	✓	✓
32	lang klong rangsit 12-1	✓	✓	✓	✓	□	□	✓	✓	✓	✓
38	Pak Klong 10 (สายล่าง)	Re-check									
39	Pak Klong 12 (สายล่าง)	Re-check									

出典 : JCIA 調査団作成

表 5.2.4 各水位観測所での水位データの所在(4/5)

Code Number	Name of Gate	Data from RID									
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
27	Ban Pho	✓	✓	✓	✓	□	x	□	✓	✓	✓
28	Ban Wa	✓	✓	✓	✓	□	x	□	✓	✓	✓
29	Ban pass	✓	x	x	x	x	x	□	✓	✓	✓
33	Uthai	Re-check									
34	Wang Noi	Re-check									

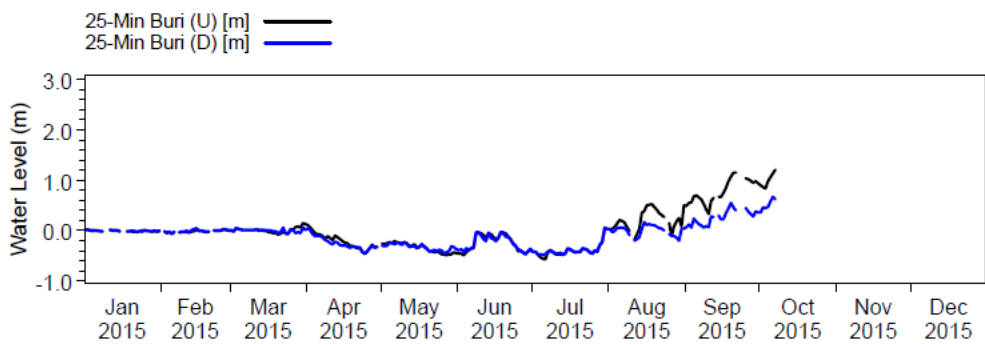
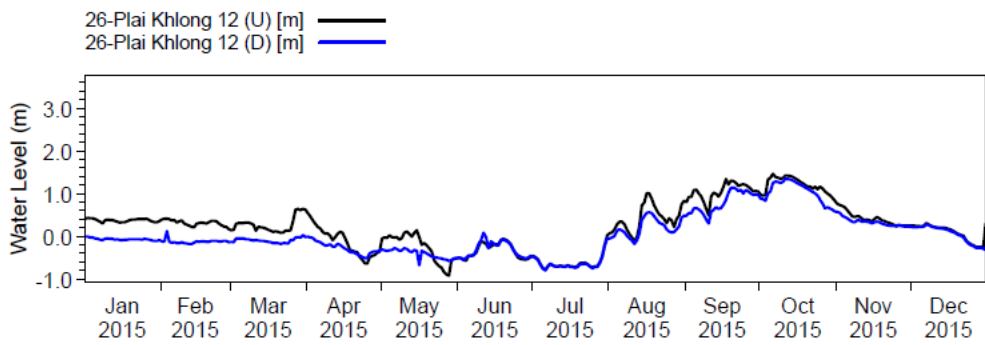
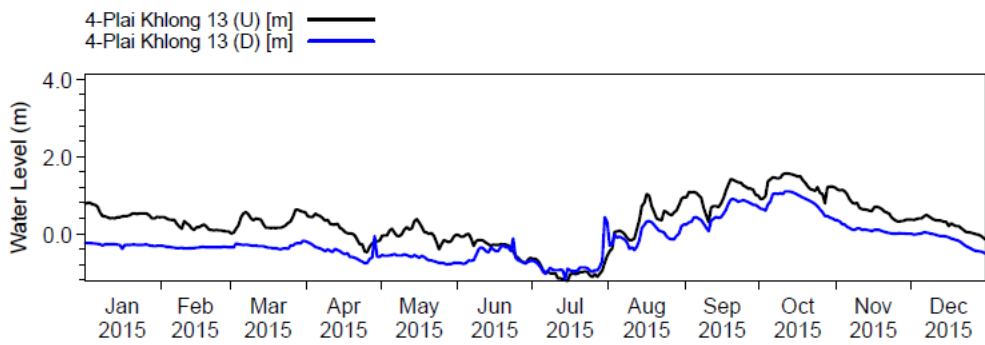
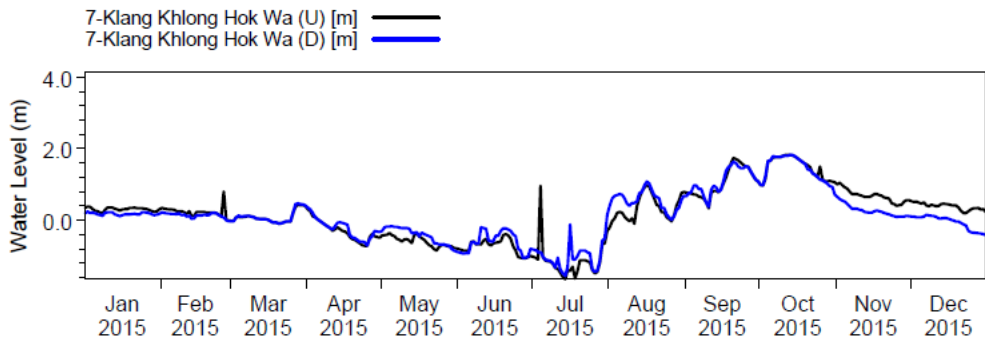
出典 : JCIA 調査団作成

表 5.2.5 各水位観測所での水位データの所在(5/5)

Pra-ong Operation and Maintenance project											
Code Number	Name of Gate	Data from RID									
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
31	Nang Hong	x	✓	✓	✓	□	x	✓	✓	✓	✓

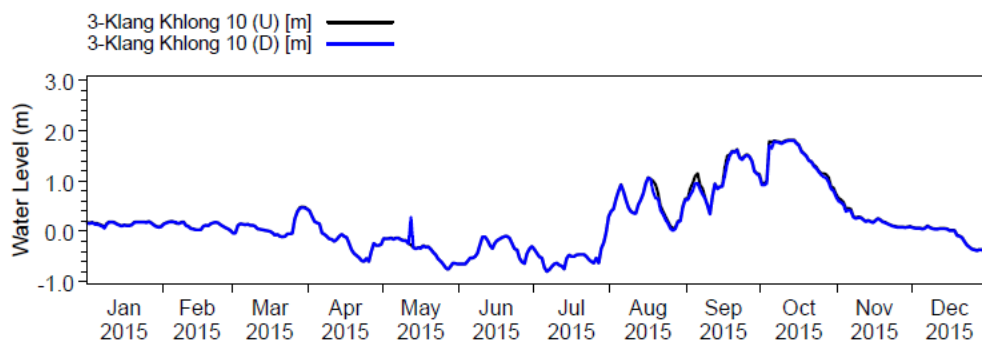
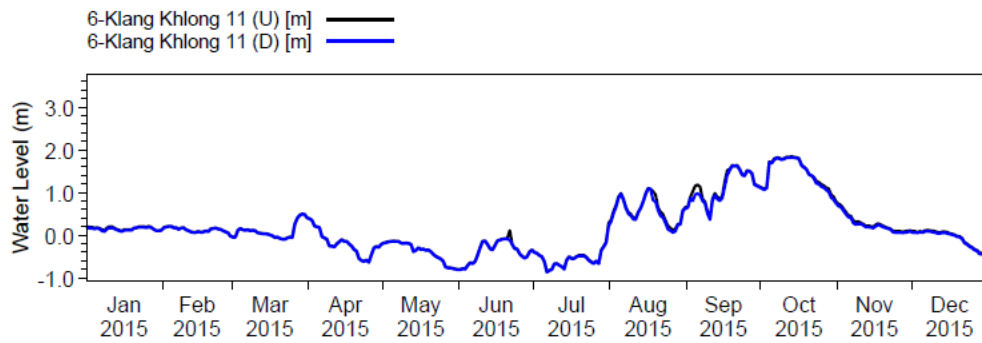
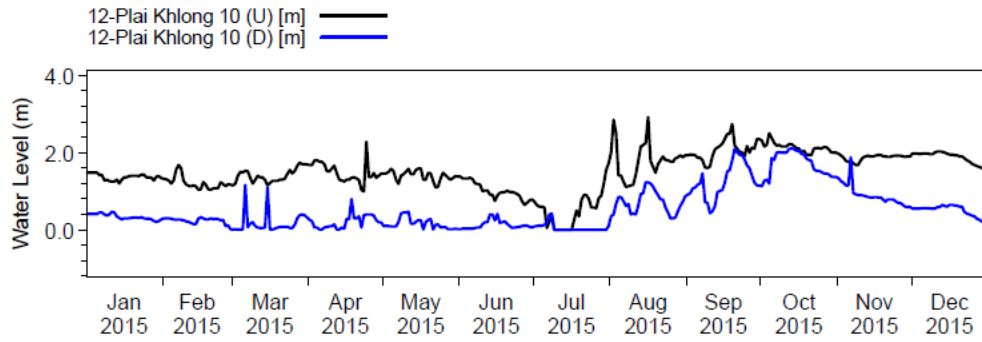
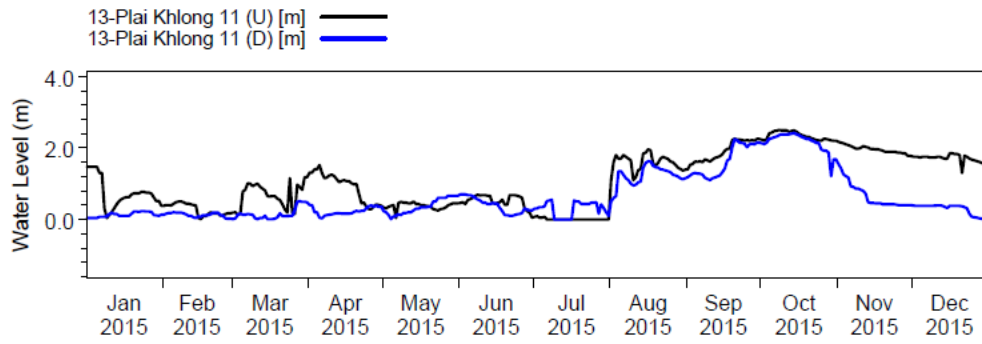
Note :
 ✓ Complete data
 □ Incomplete data
 x No data

出典 : JCIA 調査団作成



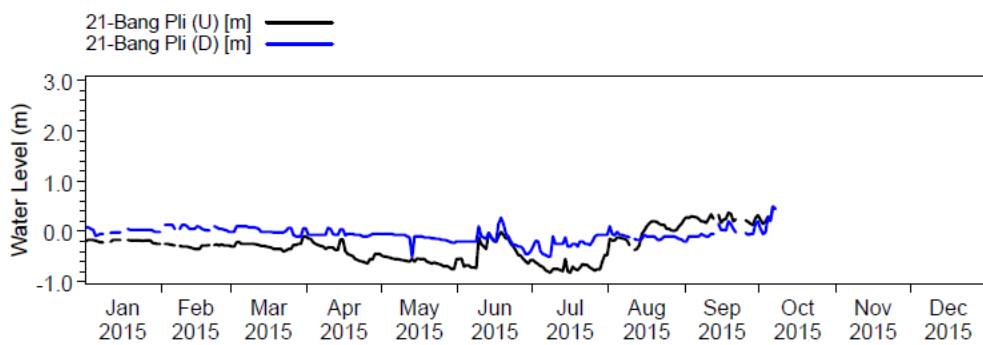
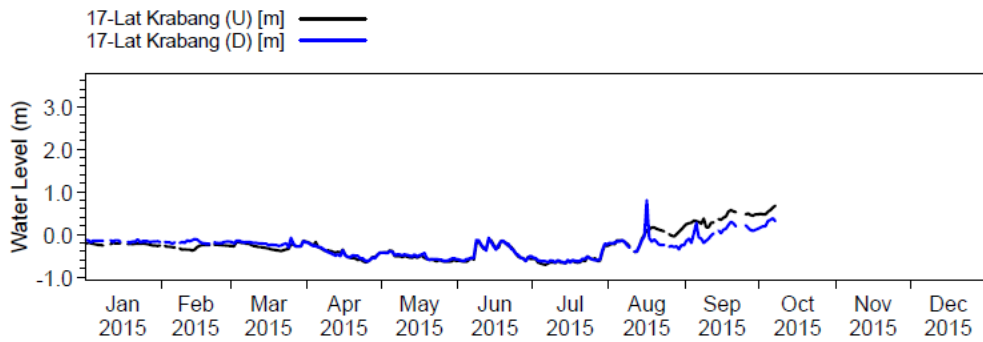
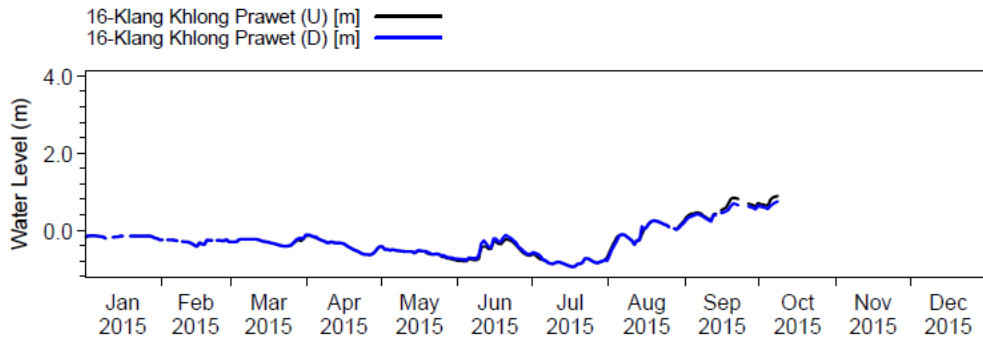
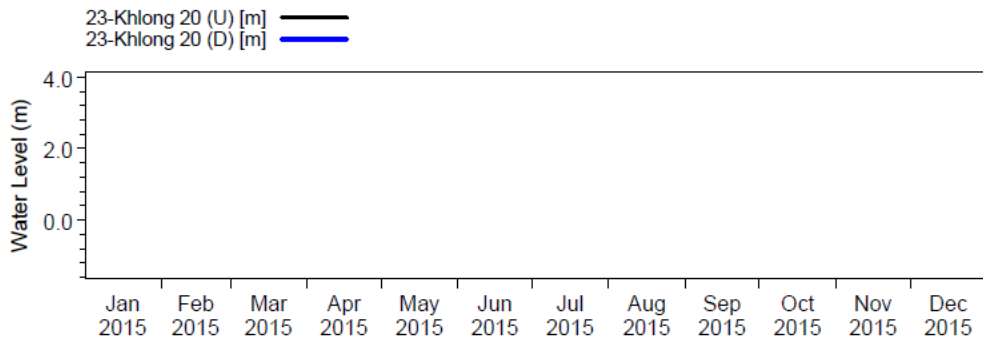
出典：JCIA 調査団作成

図 5.2.4 各観測所における 2015 年の位況例(1/5)



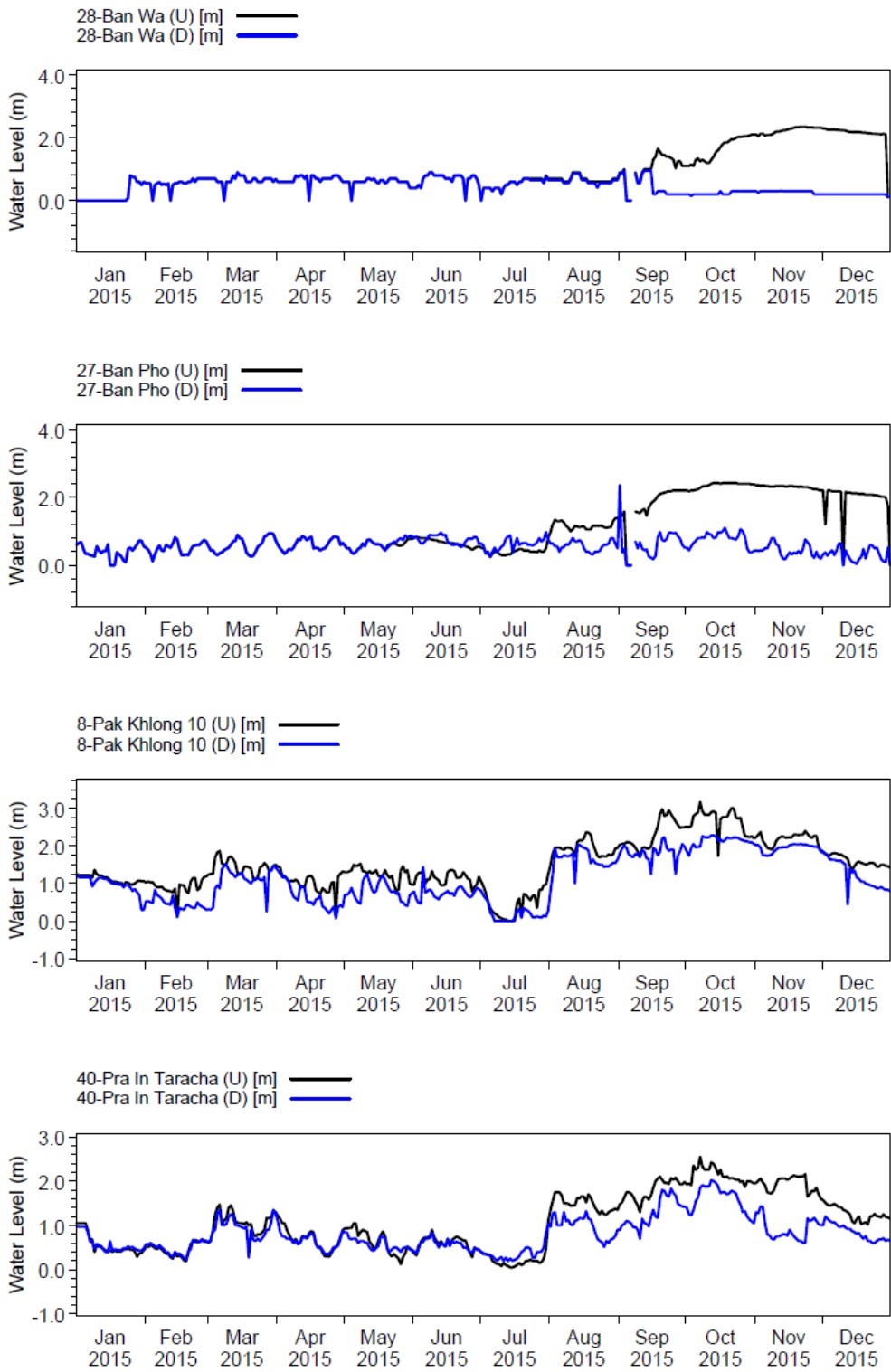
出典：JCIA 調査団作成

図 5.2.5 各観測所における 2015 年の位況例(2/5)



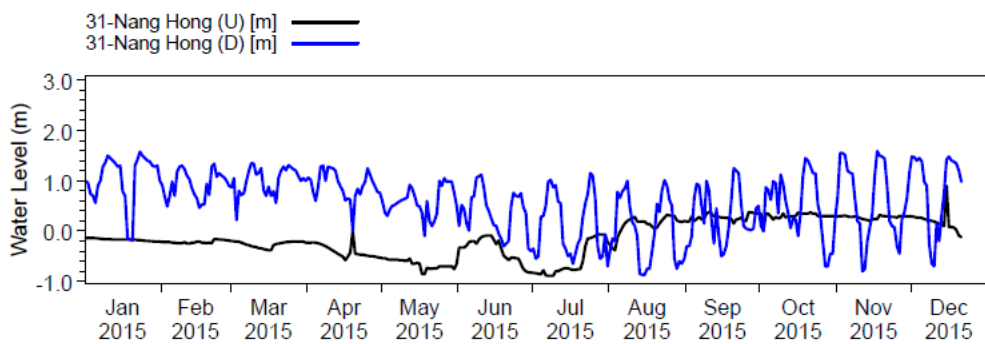
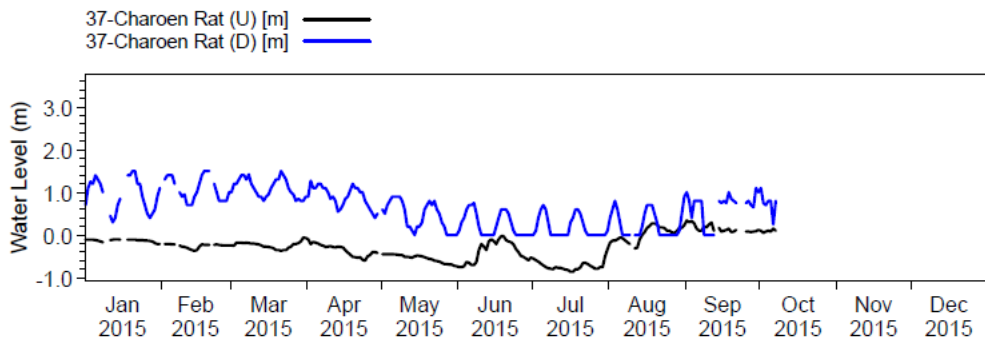
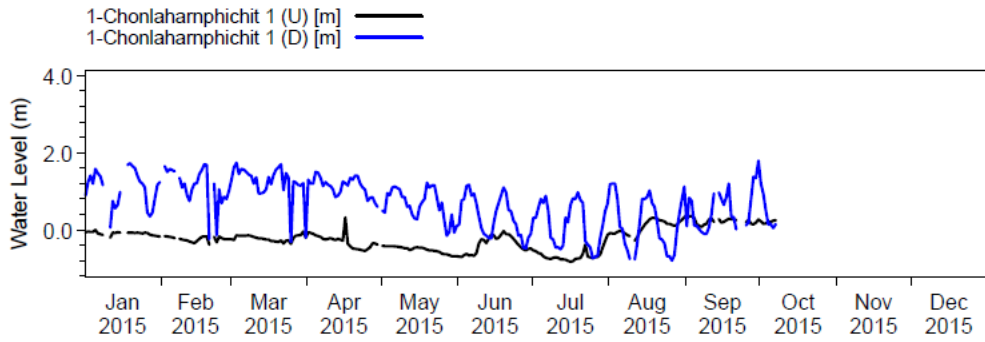
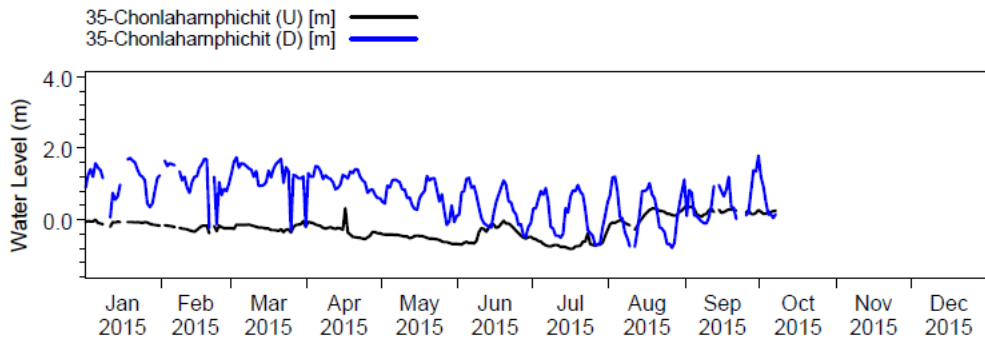
出典：JCIA 調査団作成

図 5.2.6 各観測所における 2015 年の位況例(3/5)



出典：JCIA 調査団作成

図 5.2.7 各観測所における 2015 年の位況例(4/5)



出典：JCIA 調査団作成

図 5.2.8 各観測所における 2015 年の位況例(5/5)

ii) 季別水位分布の把握

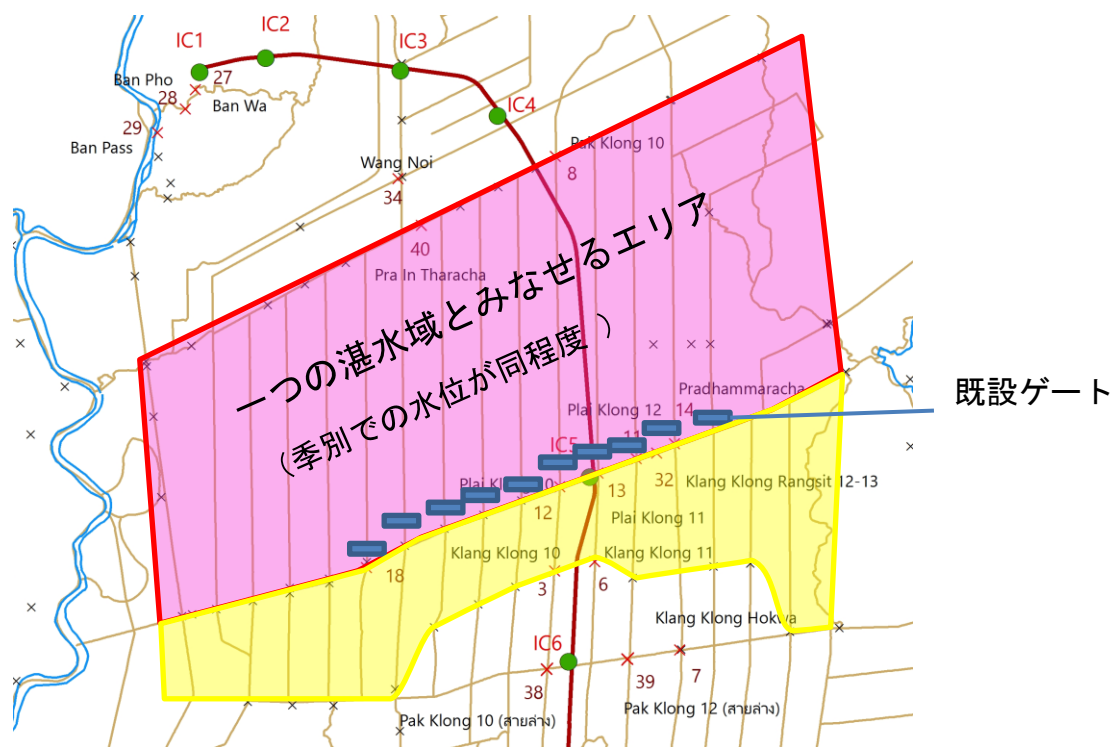
水路全体の水位分布の把握は、季別での水利用や水路の粒化状況が異なる事を考慮し、「乾季、暑季、雨季」の3シーズンについて実施した。また、各季別での水位は、水路全体での位況の同時生起性を考慮し、以下に示した各季別での代表日にて把握を行った。

Dry season : 2/1 、 Hot season : 5/1 、 Rainy season : 10/1

尚、確認した年は、2011年洪水後の2011年～2016年の6年分である。

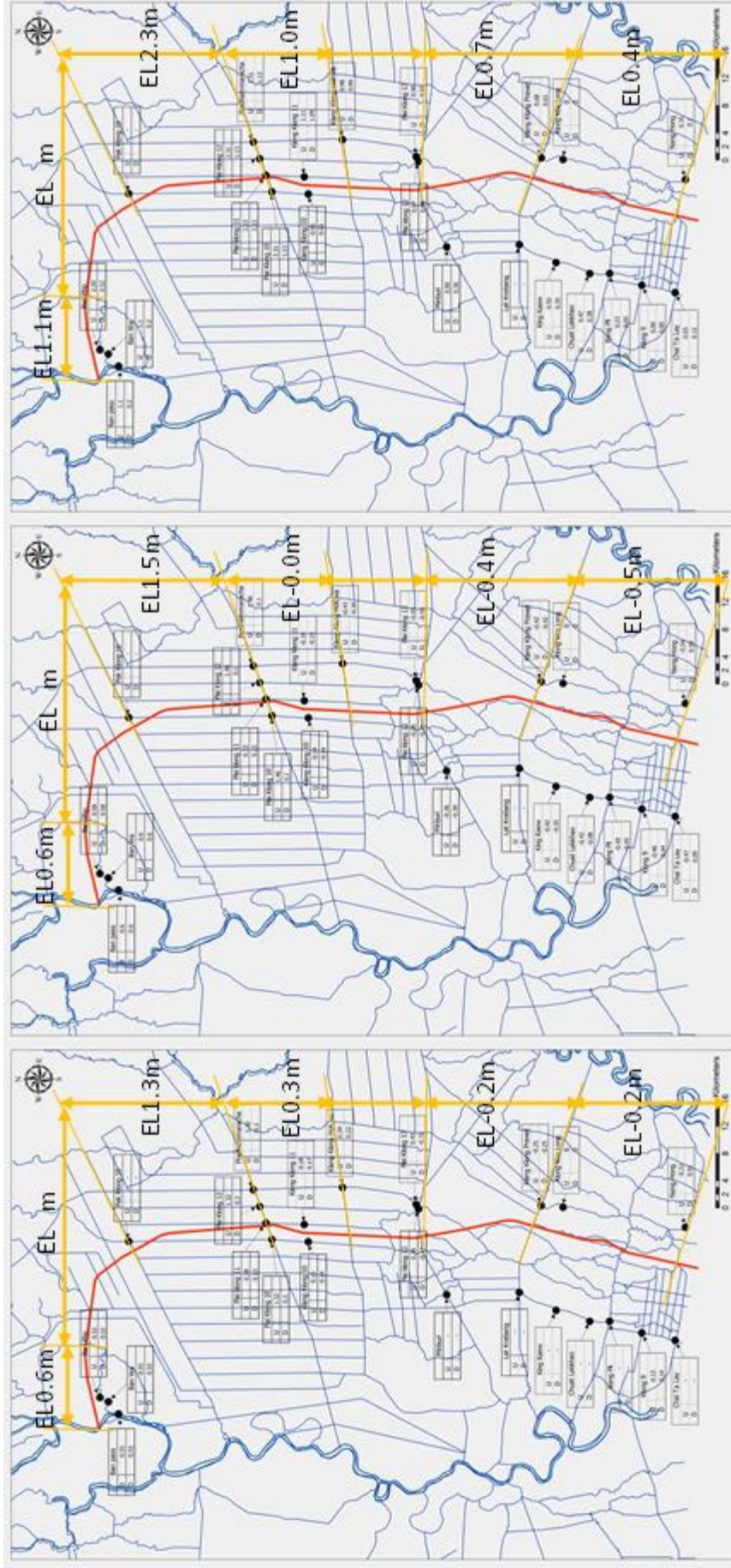
図 5.2.10 は 2015 年における 3 シーズンでの位況分布例であり、南北方向で一定水位となる湛水ブロックの区間があり、かつその区間はゲートで区切られる傾向が見られた。

図 5.2.9 は、この湛水ブロックを模式化した物である。RID にも確認した結果、現在の灌漑水路網は、流水型ではなく、この図の様な湛水ブロックとして管理している模様であることから、放水路設置時にはこの湛水ブロックを維持できるように設定することが必要と判断した。



出典 : JCIA 調査団作成

図 5.2.9 灌漑用水網の湛水ブロック



出典：JCIA 調査団作成

図 5.2.10 2015 年における季別の位況

5.3 平時の放水路利用

(1) 放水路建設により分断される既存灌漑水路の機能の維持

1) 灌漑用水配水機能の維持

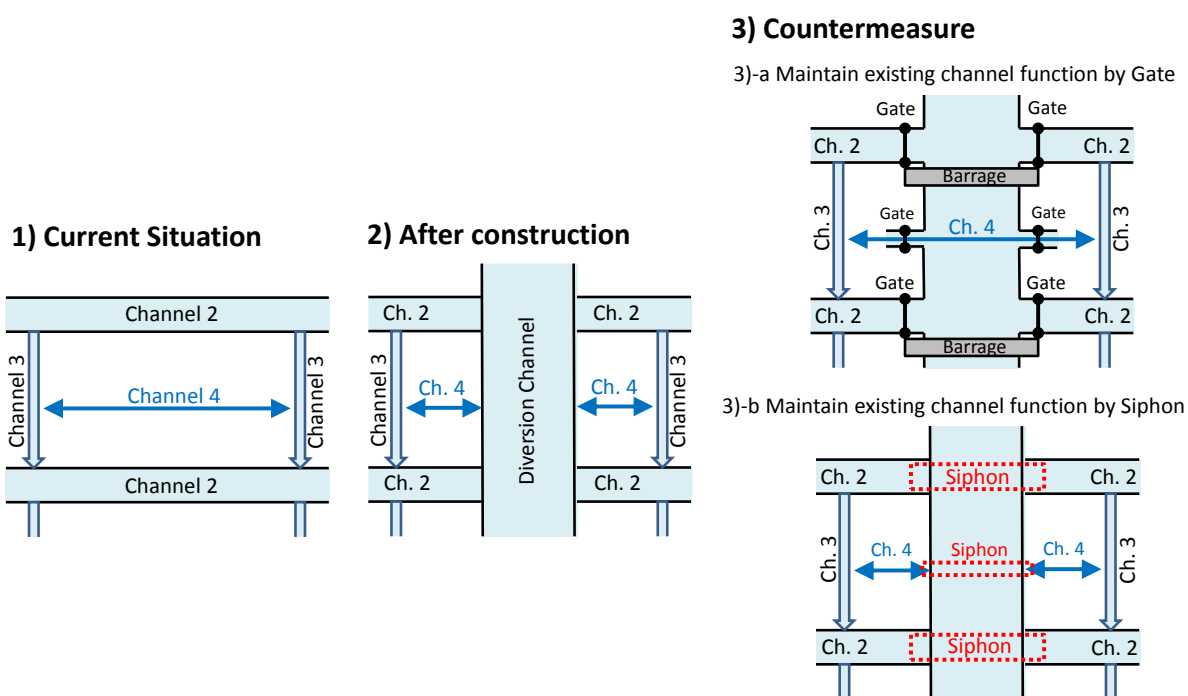
放水路建設により既存の灌漑水路を分断することになるが、このことに関し既存灌漑水路の機能を維持するために、以下のような対応を検討した。

- 1) 現状では網の目のように灌漑水路が整備されている。
- 2) 放水路を建設すると上記の灌漑水路が分断される。

既存の灌漑水路の機能を維持する方法には以下の方法がある。

3)-a 水門案・・・放水路に堰を設置し堰上流の水位を管理する。既存灌漑水路と放水路の交差部では既存灌漑水路と放水路を結合する。

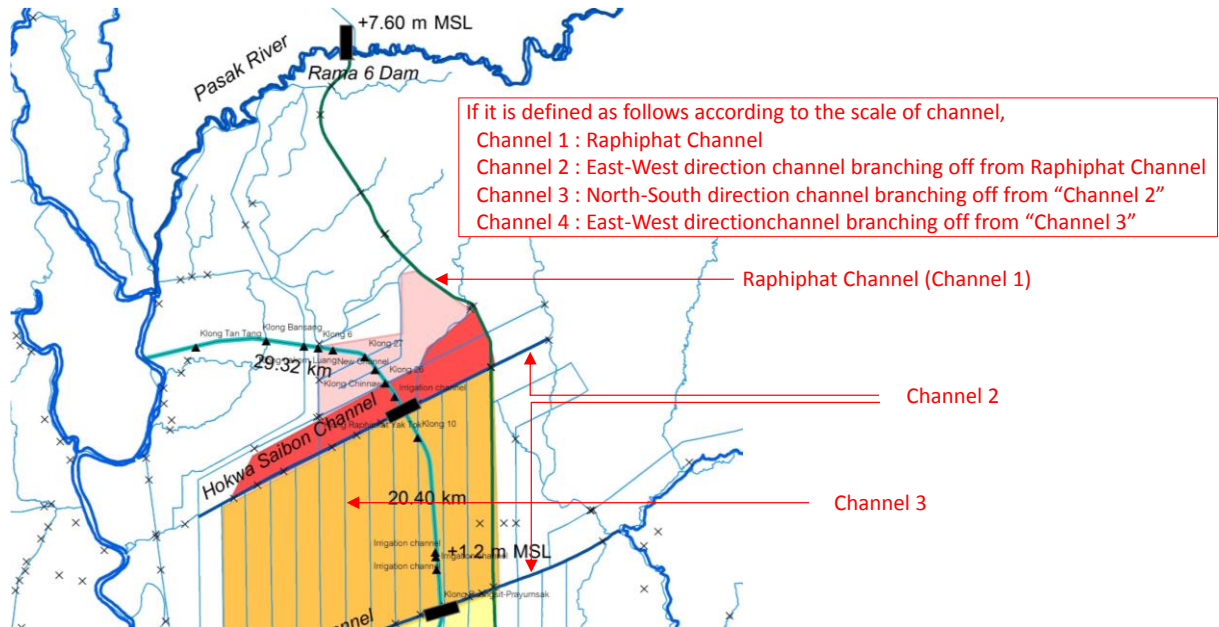
3)-b サイフォン案・・・既存灌漑水路と放水路の交差部にサイフォンを設置し、既存の灌漑水路が分断しないようにする。



出典：JCIA 調査団作成

図 5.3.1 既存灌漑水路の機能の維持の概念図

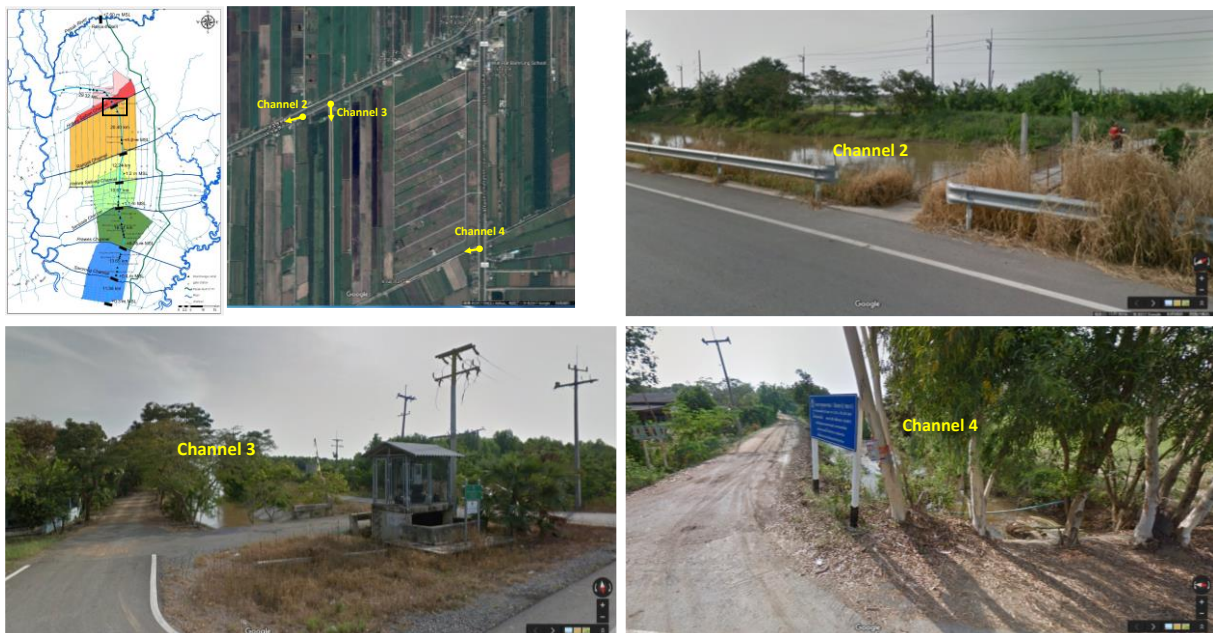
既存の灌漑水路は下図に示すとおり Channel 1～4 に分類することができる。RID が管理する水路は Channel 1～3 であることや、Channel 4 については放水路建設による分断の影響が小さいと考えられることから、Channel 1～3 の現況機能維持を検討することが妥当であると考えられる。



出典：JCIA 調査団作成

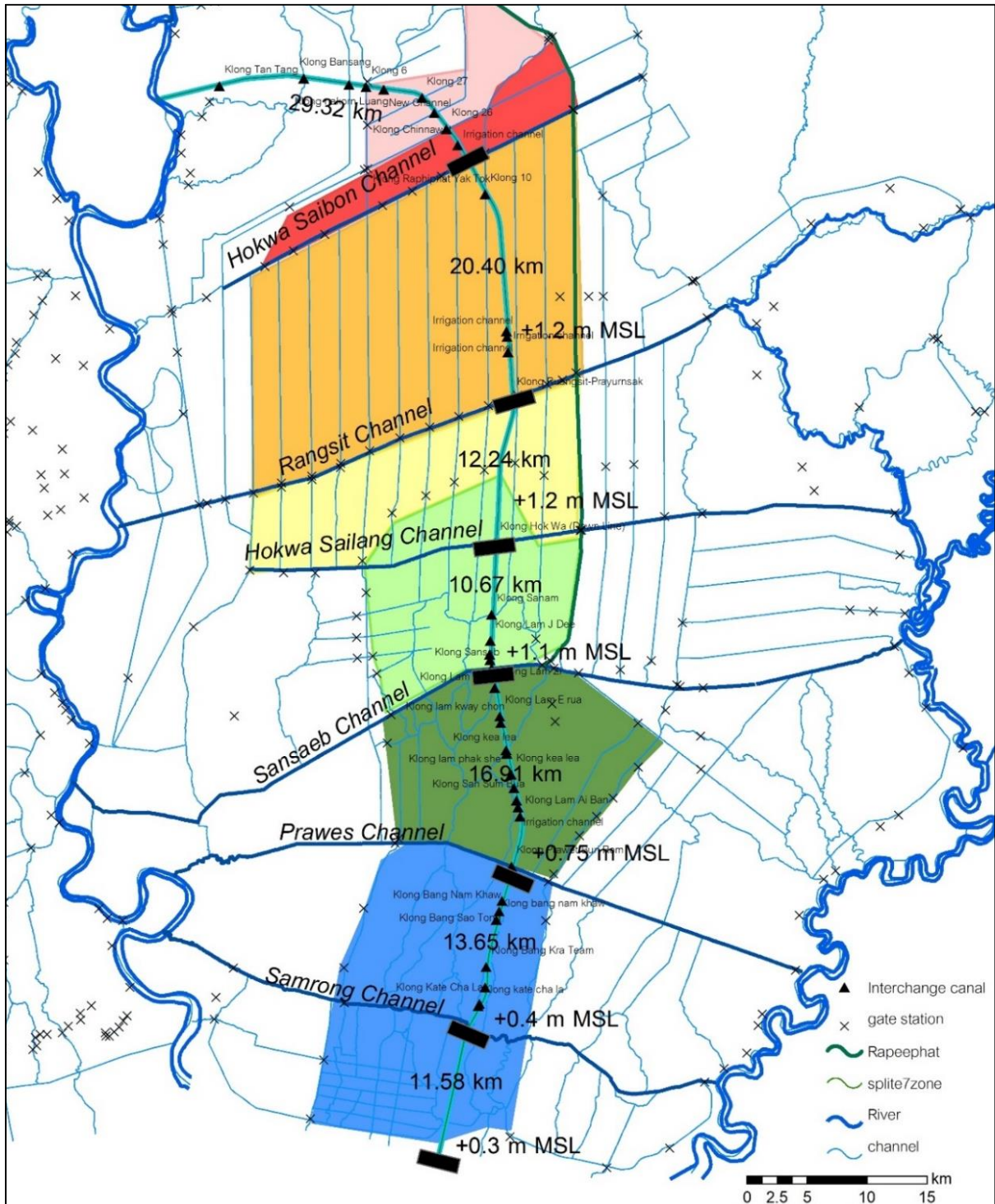
図 5.3.2 Channel 1 ～ Channel 4 の解説

Channel 1～4 の概要を現地で確認した結果は以下に示すとおりである。



出典：google earth

図 5.3.3 Channel 1 ～ Channel 4 の概要（現地確認結果）



Crossing of existing irrigation channel and diversion channel

▲ 33 (Crossing with existing irrigation channel)

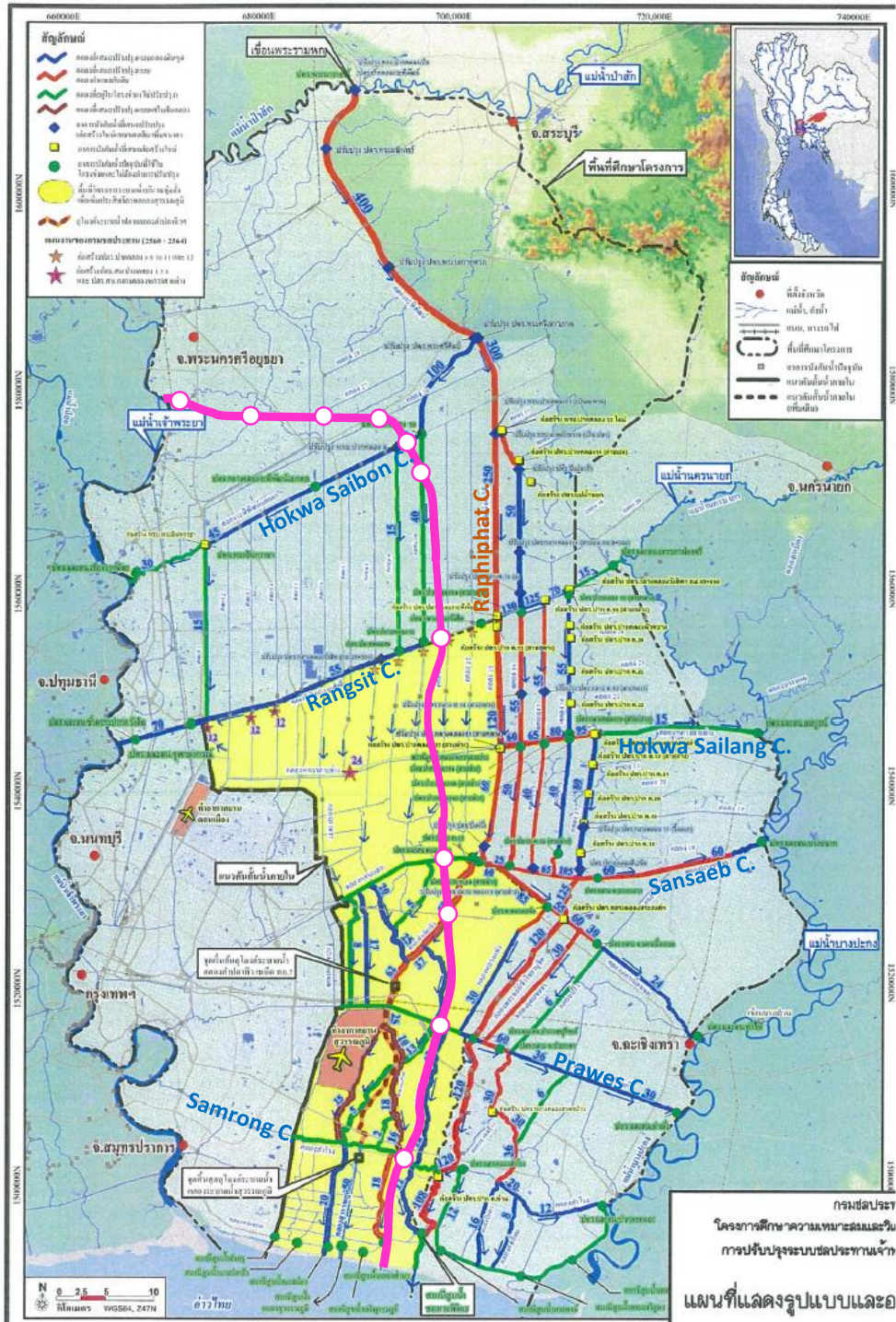
■ 7 (Crossing with Channel 2 etc.)

出典：JCIA 調査団作成

図 5.3.4 既存灌漑水路と放水路の交差点

2) 洪水排水機能の維持

放水路と既存灌漑水路の交差部では、洪水排水機能を維持する必要があるが、放水路と洪水排水機能を有する水路が交差する箇所は以下の図に示すとおりである。

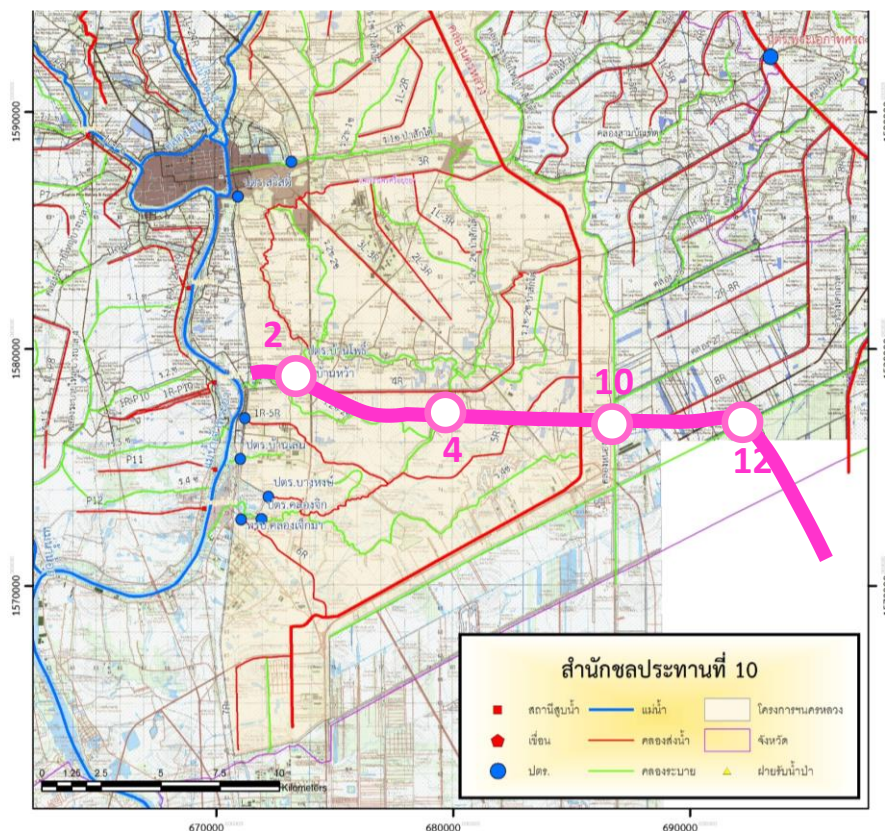


出典：RID 資料に JCIA 調査団加筆

図 5.3.5 既存水路網による洪水排水計画

ピンク色の○印は放水路と既存水路の交差部のうち、RID が洪水排水路として管理している水路（赤、青、緑の太線で示される水路）との交差部を示す。ピンク色の太線は外郭環状道路放水路の線形を示す。

下図においてピンク色の太線は外郭環状道路放水路の線形を示す。ピンク色の○印は放水路と既存の洪水排水路との交差部を示す。赤線は灌漑配水路を示し、緑線は洪水排水路を示す。



出典：RID 資料に JCIA 調査団加筆

図 5.3.6 既存水路による灌漑配水・洪水排水系統図

(2) 放水路の平時の利用に関する RID の意見

放水路の平時の利用に関し RID から以下の意見を聴取した。

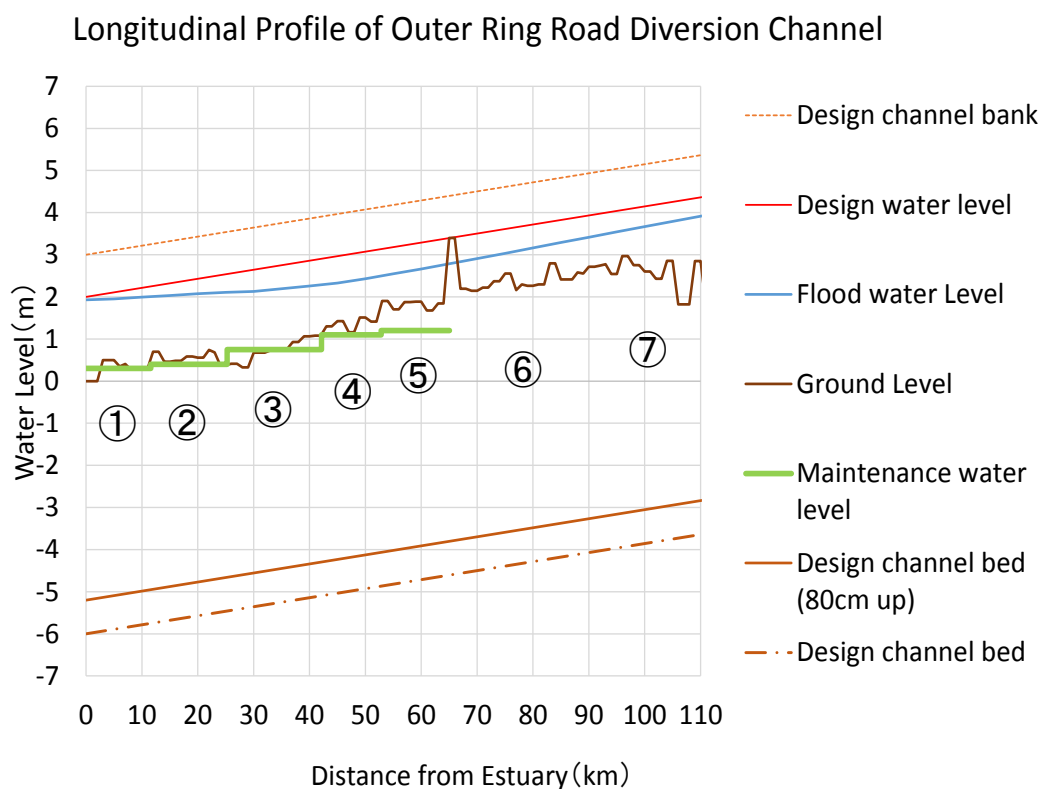
- ・ タイの人たちは水路に水があることを好む。
- ・ 平常時の貯水により灌漑への効果を期待することができる。
- ・ ボート利用等のレクリエーションの場として水面を利用する場合には、沿川の自治体が RID の許可を得て行うことになる。
- ・ 堤防をサイクリングロードやジョギングコースとして利用することは考えられる。この場合、サイクリングロード等の管理は沿川自治体が行うことになる。
- ・ タイでは水産部局が魚類を河川や水路等に放流することがあるので、釣りの場としての利用が考えられる。
- ・ 放水路の平常時の利用に関する考慮事項として、水道用水としての利用、塩水遡上防止、ボートレース等がある。灌漑用水は一年中需要があるので、一年中管理水位

を維持したい。

- ・ 放水路にはゲートが設置されると想定されるため、物資輸送に放水路を利用することは困難である。
- ・ 魚類の養殖は、かつては河岸近傍に網を設置して網で囲まれた水域で養殖を実施する事例が多かったが、現在では水質汚染等の問題から禁止されえている。よって、養殖の場としての利用は困難である。
- ・ 水生植物等の栽培も考え難い。
- ・ 太陽光発電等の場としての利用も陸上の用地が狭いので困難である。

(3) 放水路完成後の水位管理のイメージ

放水路沿線の農地では、現在、下図に示す①～⑦の灌漑区ごとに灌漑のための管理水位が設定されている。管理水位は下図に緑色の線で示すとおりである。放水路完成後に放水路においてもこの管理水位を維持すると仮定すると、いずれの灌漑区域においても放水路では常時 5m 程度の水深が維持されることになる。



出典：RID 資料に JCIA 調査団加筆

図 5.3.7 放水路完成後の水位管理のイメージ