

第6章 外郭環状道路の計画見直し

バンコク第3次外郭環状道路は、増大する首都バンコクの交通需要に対処するため、タイ国運輸省道路局（DOH）が既存の第1次環状、及び第2次環状道路の外側に計画した有料高速道路（設計速度120km/時）で、フィージビリティスタディ（FS）は、2006年10月～2007年12月の間に実施された。

6.1 FS レポートの概要

(1) プロジェクトの背景

タイ国の経済的繁栄の中心であるバンコクでは、郊外に向かって、急速に都市化が進行している。バンコクの交通課題を解決するため、DOHは、1971年に第1次環状道路を、1999年には第2次環状道路を完成させたが、交通渋滞などの課題を解決するには至っておらず、DOHは新たな高速道路、第3次外郭環状道路を計画した。

第3次外郭環状道路は3つの区間、東区間、西区間、南区間に分けることができ、その総延長は254 kmとなる。

(2) フィージビリティスタディ（FS）の目的

DOHが計画する第3次外郭環状道路は、その事業規模が大きいことから、2006年にFSが実施されることになり、経済的、技術的側面からの検討、環境影響評価、パブリックコンサルテーションに係る課題などの検討が開始された。このFSを実施するにあたり、以下の実施目的が示されている。

- ・ 延長254 kmに及ぶ第3次外郭環状道路が、幹線道路ネットワークの一部として適切に機能するよう、また貨物・旅客輸送において、支線道路や環状道路内側の道路網、その他の輸送手段と適切にリンクするよう検討する
- ・ 経済的、技術的、財務的な実現可能性を検討する
- ・ 環境影響評価、パブリックコンサルテーションを実施する
- ・ プロジェクトの実施や投資に係る適切な形態、たとえば資金調達に関するサジェスション、事業投資計画の準備、プロジェクトの運営維持管理計画の準備などを行う

(3) 結論

FSの結果、以下の結論が示されている。

1) FS 第2章：社会経済的検討

- ・ 本件対象地域の社会経済的成長速度は比較的大きく、とくにバンコク近郊にお

いて都市化が進展している。

- ・ 対象地域では、宅地化の進展による人口増や工業分野の経済活動を支えるために、社会経済活動の成長を総合的に支える開発計画が提案され、実行されている。
- ・ 社会経済的検討の最終年である 2036 年には、対象地域の就業者人口は 1440 万人に達するものと予測される。交通需要予測等、将来予測を行うにあたっては、このような社会経済的検討の結果を考慮する。

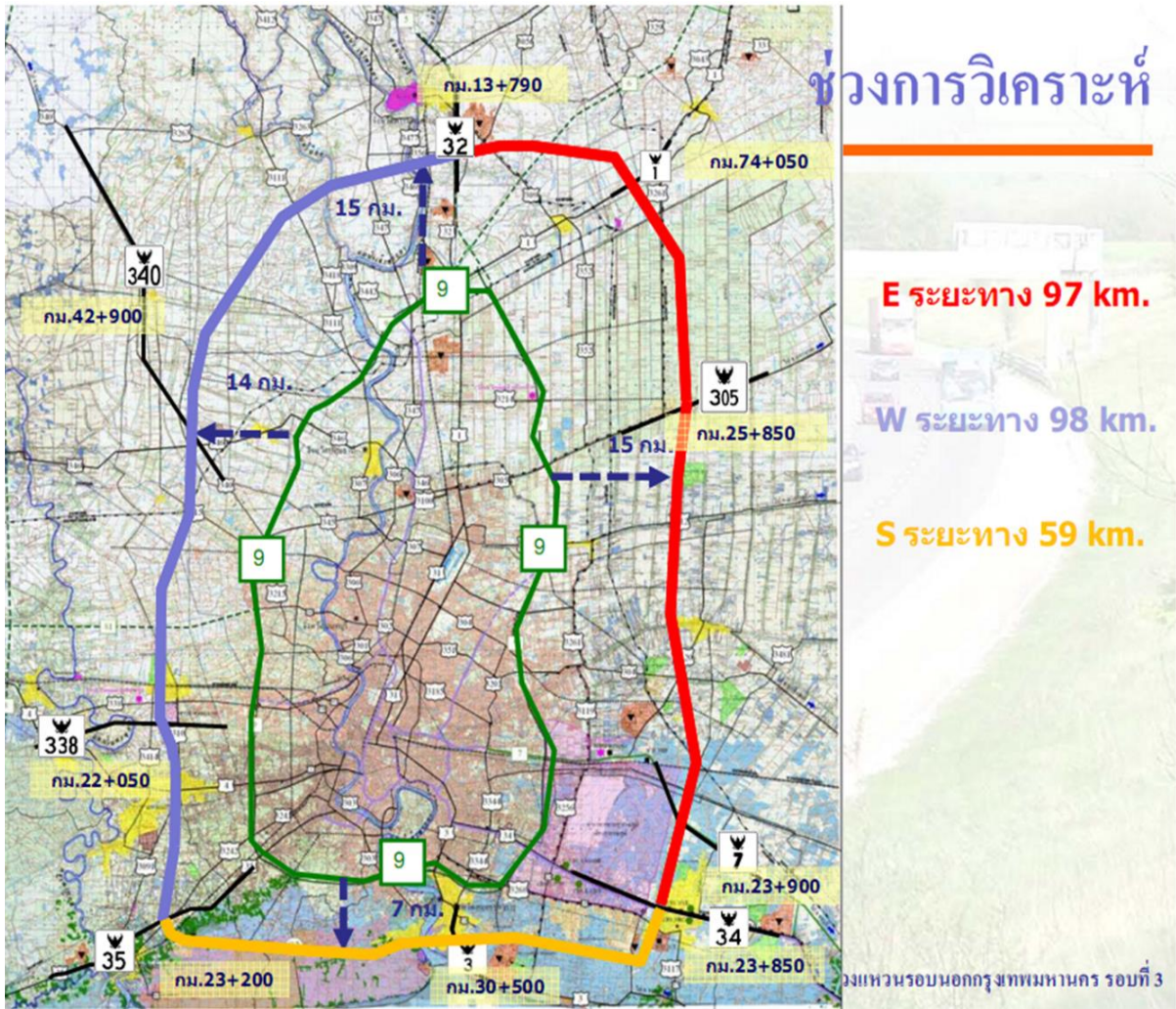
2) FS 第 3 章：関連する計画、プロジェクト

FS を実施するにあたって、以下の上位計画、既存事業の成果等を踏まえる。

- ・ 第 10 次国家経済社会開発 5 カ年計画 (The 10th National Economic and Social Development Plan) 2007-2011 年
- ・ 中央及び東部県開発戦略 (Central and Eastern Provincial Clusters development Strategies)
- ・ 空間開発計画 (Spatial Development Plans, Department of Public Works and Town & Country Planning: DPT, 2006 年)
- ・ スワンナプーム空港都市開発計画 (Suvarnabhumi Aerotropolis Development Plan Plan Project, Office of the National Economic and Social Development Bound : NESDB, 2003 年)
- ・ 運輸開発計画及び事業 (Transport Development Plans and Projects ; Office of Transport and Traffic policy and Planning : OTP による)
- ・ 交通運輸整備 7 カ年計画 (Traffic and Transport Master Plan、2004-2011 年)
- ・ 道路輸送開発計画に関する FS レポート等 (例えば JICA "The Toll Highway Development Study in The Kingdom of Thailand" , 1991 年)
- ・ 洪水防御計画 (Flood Protection Plans, 例えば "Study of Drainage and Flood Protection of Eastern Bangkok and Vicinity Project (RID, 1999 年) , Canal and Drainage System Improvement Project in the Lower Chao Phraya East bank by Diversion to Bang Pakong River and the Gulf of Thailand (2006 年))

3) FS 第 4 章：プロジェクトルート選定

複数の代替ルート案について、技術的及び交通量からの検討、経済的及び投資面からの検討、環境影響面からの検討を加えて採点を行い、図 6.1.1 に示す最適ルートを選定した。



出典 : DOH FS 2009

图 6.1.1 第3次外郭環状道路 選定ルート

4) FS 第5章 : 交通・運輸に係る検討

- 第3次外郭環状道路の3区間は、将来交通量予測の結果に従い、東区間は2016年、西区間は2021年、南区間は2026年に完成させることを提案する。
- 東区間の車線数、インターチェンジ位置は、表 6.1.1 のとおりとすることを提案する（側道については、次項「技術的検討」で提案された位置を同表に示している）。

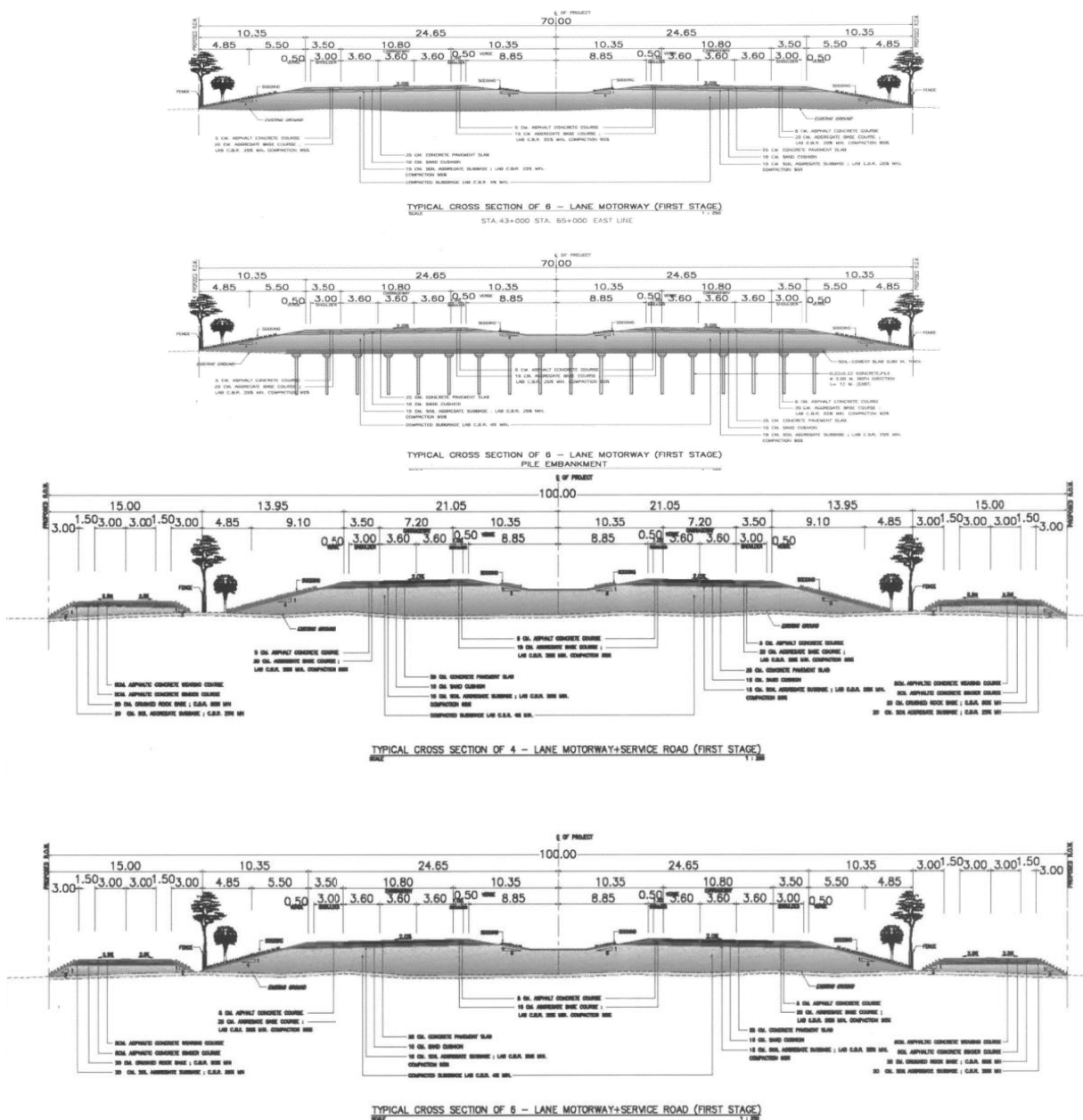
表 6.1.1 車線数及びインターチェンジ・側道位置 (第3次外郭環状道路 東区間)

District Name	Inter-change	Station No	Distance	Service Road	Main Road (4 lanes)	Main Road (6 lanes)
			(m)			
			97,112	33,657	44,595	52,517
Bang Pa-in and Uthai	IC-1	STA 0 + 0				
			4,399		4,399	
	IC-2	STA 4 + 399			4,020	
8,419		STA 8 + 419				
Wangnoi			2,619		2,619	
	IC-3	STA 11 + 38			9,210	
				9,210		
	IC-4	STA 20 + 248			4,032	
				4,032		
15,861		STA 24 + 280				
Nong Suea			3,070		3,070	
		STA 27 + 350				
			8,150	8,150	8,150	
		STA 35 + 500				
			7,190	7,190	7,190	
			280		280	
18,690		STA 42 + 970				
Thanyaburi			1,625		1,625	
	IC-5	STA 44 + 595				
				1,405		1,405
	3,530		STA 46 + 0			
			500	500	500	
Lum Luk Ka			8,650	8,650	8,650	
		STA 55 + 150				
			1,429		1,429	
	IC-6	STA 56 + 579				
				1,921		1,921
12,000		STA 58 + 500				
Nong Chok			2,016		2,016	
		STA 60 + 516				
			2,367	2,367	2,367	
		STA 62 + 883				
			9,840		9,840	
	IC-7	STA 72 + 723				4,167
			4,167			
18,390		STA 76 + 890				
Lat Krabang			5,360		5,360	
	IC-8	STA 82 + 250				
				1,540		1,540
			619		619	
	IC-9	STA 84 + 409				
				659		659
8,178		STA 85 + 68				
Bang Sao Thong			1,632		1,632	
	IC-10	STA 86 + 700				
				2,100		2,100
			6,800	6,800	6,800	
			1,512		1,512	
	IC-11	STA 97 + 112				

出典：DOH FS 2009 に基づき JICA 調査団作成

5) FS 第 6 章：技術的検討

- 第 3 次外郭環状道路の盛土高さは、排水検討結果から洪水時の水位が現地盤高 +2.0 m となることから、現地盤 +2.5~3.0 m の範囲とする。
- 東区間の 65~97 km の間は、地盤改良が必要であり、PVD 工法、セメントコラム工法との比較の結果、パイルエンバクメント工法を最適と判断し、提案する。
- 道路舗装は、維持管理コストが小さい、雨期の安全性が高い、という観点から、コンクリート舗装とすることを提案する。
- 提案された道路標準断面を図 6.1.2 に示す。



出典：DOH FS 2009

図 6.1.2 第 3 次外郭環状道路 標準断面図

6) FS 第7章：環境調査

- ・ 本事業全体の環境に対するインパクトは、低～中程度のレベルであるといえる。環境に対するインパクトが最も大きいのは建設期間中であるが、施工業者に対して環境緩和策を適切に実行させることで、その影響は低減できる。
- ・ 第3次外郭環状道路の東区間の地形は、平らな低地である。主として農業用地として利用されており、既存の幹線道路と交差する箇所では、その周辺に集落が散在している。東区間の南部では、道路線形の周辺に、工場用地が散見される。

7) FS 第8章：広報活動及び住民参加

第3次外郭環状道路の建設は、両サイドに分けられることによるコミュニティの分断、横断が困難となることによる利便性の低下が起こる可能性がある。そのため、地域住民や関係者の意見を聞き、理解を得ることが、プロジェクトの実施機関であるDOHにとって、最も利益に繋がるといえる。法律や規則に規定されているとおり、DOHは以下のように広報活動、住民参加を図るべきである。

- ・ ターゲットグループ(事業展開計画で確認された本件の利害関係者)に対して、本事業の詳細な情報を提供し、理解を得ること
- ・ 社会・環境影響を最小限に留め、また地域のニーズに合わせる事が出来るよう、ターゲットグループが事業展開に対して意見や提案できる機会を設けること

このような観点から、第1回目のセミナーが2007年3月7～9日の間に、第2回目が2008年1月28日～2月1日の間に、第3回目が2009年3月31日～4月3日の間に、それぞれ報道機関への公開を含めて実施された。また、少人数グループによるミーティングも、第3次環状道路が通過する8県内の各地区に対して実施された。

8) FS 第9章：概算事業費

概算事業費の総括表を、表 6.1.2 に示す。

表 6.1.2 第 3 次環狀道路 概算事業費總括表

Activities	Investment Cost (MB)			
	East Section (97 km)	West Section (98 km)	South Section (59 km)	Total Project Route (254 km)
1. Capital Expenditure				
1.1 Expropriation Cost	16,683	22,115	17,533	56,331
1.2 Construction Cost				
• Main Road System (Road, Bridge, and Elevated Road)	14,127	13,844	36,405	64,376
• Interchange	9,487	8,701	1,010	19,198
• Transport System Linking to Communities (Service Road, Overpass, Underpass, Drainage Works)	2,205	2,019	-	4,224
• Inter-City Motorway System	3,571	3,541	1,116	8,228
• Environmental Mitigation and Monitoring Cost	183	147	7	337
Total Construction Cost	29,573	28,252	38,538	96,363
1.3 Design and Construction Supervision Cost	589	571	667	1,827
Total Capital Expenditure	46,845	50,938	56,738	154,521

2. Operation & Maintenance Expenditure				
2.1 Project Management Cost				
• Project Management Cost for the 1 st and 2 nd Years (cost per year)	65	66	39	170
• Project Management Cost from the 3 rd Year onwards (cost per year)	214	216	130	560
2.2 Project Maintenance Cost				
• Routine Maintenance Cost (cost per year)	107	82	47	236
• Periodic Maintenance Cost—Every 3 Years (cost per year)	32	25	14	71
2.3 Environmental Monitoring Cost (cost per year)				
• 1 st –3 rd Years	2.42	2.59	1.16	6.17
• 4 th –5 th Years	0.14	0.14	0.01	0.29
• 8 th , 13 th , 18 th , 23 rd , 28 th Years	2.34	2.51	1.16	5.99
• Other Years	0.06	0.06	0.01	0.13

Source: The Consultants, 2008

出典: DOH FS 2009

6.2 施工可能性検討（道路構造検討：FS レポートの照査）

バンコク第3次環状道路のFSファイナルレポート（DOH：2009年8月）を、「放水路と第3次外郭環状道路の一体化施工」の観点から照査した結果、以下の点について見直しが必要であると考えられる。

(1) FS 第3章：関連する計画、プロジェクト

FSを「一体化施工」の観点から照査するにあたり、新たに考慮すべき計画、プロジェクト、文献には、以下がある。

1) Bangkok - Siracha Highway (一般道路：国道34号線)

1969年に完成したBangkok - Siracha Highwayは、それまで海外線沿いの堤防道路（Sukhumvid Rd）のみであったバンコクから東方面（Siracha、Chonburi方面）間において、洪水・高潮の影響を考慮し、主として田畑の中に新設された道路である。

この地域の地盤面は平坦で、標準海水面（MSL）から+0.4～+1.0mの位置にあるが、毎年の洪水は、MSL+1.2mの位置まで達していた。そのため、道路の新設においては、路面高さを洪水水位+0.5mに設定している。

この道路建設には、ノルウェーのコンサルタント（Norwegian Geotechnical Institute）が関わっており、15～25mに及ぶ軟弱粘土層上に道路盛土を行うため、試験施工を実施している。この試験施工関連の参考文献は以下のとおり。

- *i. Eide, O. and Holmberg, S. : Test Fills to Failure on the Soft Ground of Bangkok Clay, Proc. ASCE, Special Conf. on Performance of Earth and Earth-supported Structures, Vol.1, Part 1, pp.159-180, 1972

上記論文では、Bangkok - Siracha Highway KM28付近（外郭環状道路のIC-11予定地の東約5kmの位置）で実施された、道路盛土における補助工法選定のための試験盛土の結果が示されている。補助工法選定のために3種類の試験盛土を行い、円弧すべり計算で1.33以上の安全率で施工したものの、盛土が破壊した状況について報告している。

- *ii. 飯塚 敦：軟弱地盤の変形・安定解析に関する基礎的研究，京都大学学位論文，1988

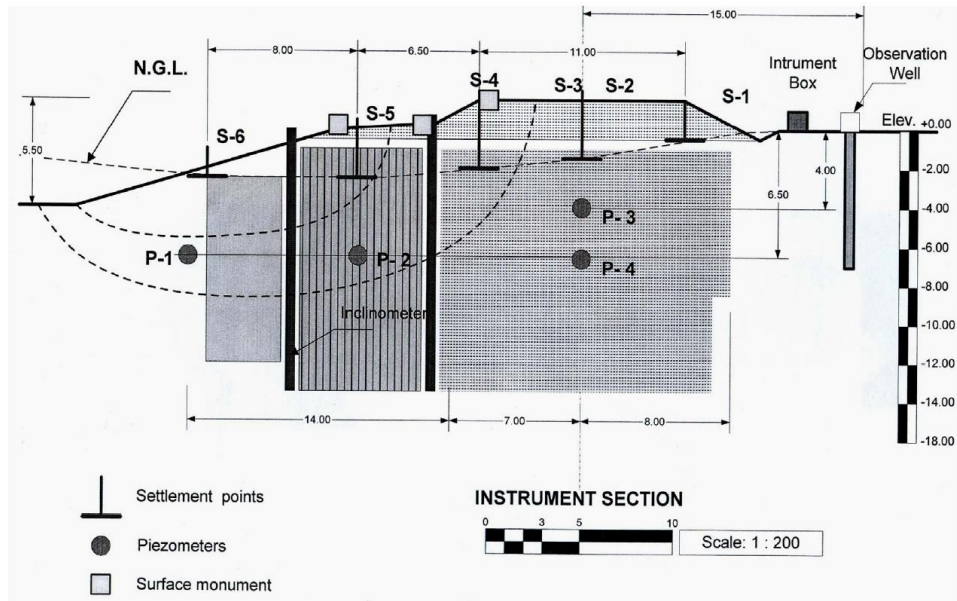
上記文献i.における試験盛土の変形から破壊に至る挙動を、弾塑性構成モデル（関ロー太田モデル）に基づくFEM解析により、統一的に説明している。

2) Suwannabumi Airport Drainage Canal Project (スワンナプーム空港排水路事業)

2006年に完成したスワンナプーム空港を洪水から守るため建設された排水路について、軟弱粘性土地盤の掘削・堤防盛土（道路として利用）を適切に建設するため、室内土質試験、原位置で計測施工が実施された。その結果が、以下の報告に纏められている。

*iii. Study on Suwannabumi Airport Drainage Canal, Kasetsart University, 2009

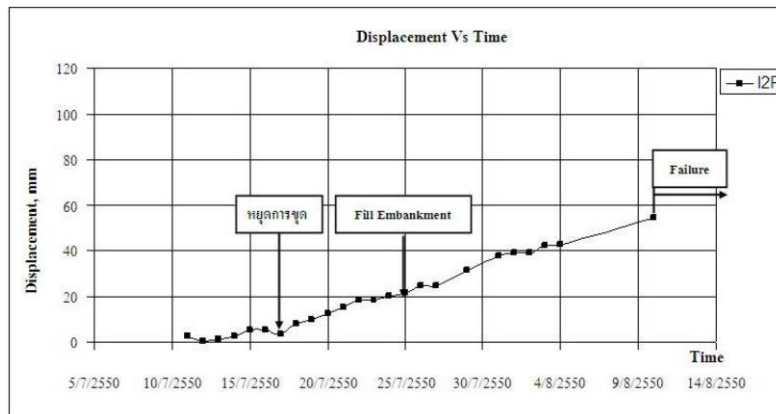
同報告書では、図 6.2.1 に示すように、施工時の動態観測が実施されている。



出典：空港排水路調査報告書（カセサート大学）

図 6.2.1 スワナンプーム空港排水路 動態観測位置

一例として、傾斜計により計測された、斜面崩壊に至るまでの経緯を図 6.2.2 に示す。このようなデータは、本件における地盤の安定解析において参照できる。



出典：空港排水路調査報告書（カセサート大学）

図 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）

3) Bangkok - Chonburi Road (高速道路：国道 7 号線)

Bangkok-Chonburi Road は、全長 81.8 km の自動車専用道路で、円借款事業として 1993 年に事業を開始、1998 年に本線道路部分が完成した。軟弱地盤対策としては、PVD 工法が採用されている。

*iv. A Comparative Study for the worth of using PVD and CEMENT COLUMN in soil improvement in economic engineering, Kasetsart University, 2007

上記文献*iv は、PVD 工法を採用して 1998 年に完成した Bangkok - Chonburi Road（高速道路 7 号線）と、Cement Column 工法を用いて改良された Bangna - Bangpakong Road（一般国道 34 号線）の建設後 3.5 年を経過するまでの地盤改良効果、維持管理費を含めて比較した結果をまとめている。

その結果、Cement Column 工法は、PVD 工法と比較して建設費で 2.0～2.7 倍となるものの、3 年間の維持管理費が小さくなっていたことから、Cement Column 工法が有利として推奨している。

4) Pile Embankment の崩壊事例検討

FS では、PVD 工法、場所打ちの Cement Column による Pile Embankment 工法と比較して、既設コンクリート杭による Pile Embankment 工法が有利として採用している。

提案 しかしながら、「杭で盛土を支える Pile Embankment 工法」においては、下記文献*v. に示す破壊事例や、文献*vi. に示すような破壊事例の検討が行われており、いまだ設計法が定まっていないことから、これらの工法の採用には留意する必要がある。

- *v. Failure of a Column-Supported Embankment over Soft Ground, William M. Camp, Timothy C. Siegel,

米国サウスカロライナ州の道路盛土に Pile Embankment を適用したケースで、盛土内の水平補強材が降伏し、舗装表面に不同沈下を生じた事例が報告されている。

- *vi. Failure Model for Geo-synthetic Reinforced Column Supported (GRCS) Embankments, Yapage N. N. S. et al., Proceeding of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2013

Pile Embankment 工法を用いた道路盛土に生じ得る杭・盛土の破壊形態について、FEM 解析により検討を加えている。

5) 現地発生土利用の検討

提案 FS では現地発生材（粘土）の盛土材としての利用は考慮されていないが、放水路との一体化施工が実施される場合は、放水路掘削で残土（主として Bangkok Clay）が大量に出ることから、その利用可能性を検討すべきである。

Bangkok Clay に近い高含水比の軟弱粘土を砂等と混合して盛土に用いた例は日本でも報告されており、下記の文献が参考になる。

- *vii. 回転式破碎混合工法による現地施工性確認試験について、大川智ほか、北海道開発技術研究発表会、2012 年

現地発生土は、自然含水比 50～120%の粘土、及び 480～620%の泥炭で、前者には砂（混合比、粘土：砂=1:1.6）、後者には高炉セメント（混合重量比 32%）で、盛土として利用できる可能性があることを示している。

提案 このうち、Bangkok Clay の特性は前者に類似しており、同様の混合を行うことにより、Bangkok Clay を現地で盛土材として利用することは可能であると考えられる。

(2) FS「第6章：技術的検討」を踏まえた検討

1) 残留沈下抑制工法の見直し

FS 第6章で検討対象としている以下の4工法について、6.2.(1)項に示した「一体化施工の観点から照査するにあたり、新たに考慮すべき計画、プロジェクト、文献」を踏まえて、その評価を以下のとおり見直すことを提案する。

表 6.2.1 道路盛土の残留沈下抑制工法の検討

2009年FS（オリジナル）

	Preloading	PVD	Pile Embankment	Soil Cement Column
スクリーニング	軟弱粘性土のせん断強度が低く、層厚が大きいことから適用しない。	適用可能性を検討	適用可能性を検討	適用可能性を検討
コスト/m BHT (円)		79,800 BHT (26.3万円)	83,200 BHT (27.5万円)	101,000 BHT (33.3万円)
補助工法適用に伴う建設期間への影響		沈下がほぼ終息するまで6-12か月以上必要(工期への影響大)	工期への影響は1か月程度	工期への影響は2か月程度
効果		残留沈下はPreloadingよりも小さい。不同沈下はPile Embankmentよりも大きい。	残留沈下は小さく、不同沈下も小さい。	残留沈下量は小さいが、コラム間の沈下により不同沈下が生じる可能性がある
評価		△	◎ コスト、建設期間で有利、品質管理が容易	△



FS 照査結果（案）

	Preloading	PVD	Pile Embankment	Soil Cement Column
スクリーニング	放水路掘削土を利用したプレローディングを検討する。	適用可能性を検討	適用可能性を検討	適用可能性を検討
コスト/m BHT (円)	0（混合のストックパイル造成費で計上）	79,800 BHT (26.3万円)	83,200 BHT (27.5万円)	101,000 BHT (33.3万円)
補助工法適用に伴う建設期間への影響	粘性土層が厚い区間 Preloading と PVD との併用を前提とする。沈下がほぼ終息するまで6-12か月程度必要。乾期に PVD + Preloading を施工し、雨期に放置して圧密促進を図ることで、工期への影響を最小限に留めることができる。		工期への影響は1か月程度	工期への影響は2か月程度
効果	Preloading と PVD の併用で圧密が促進され、地盤のせん断強度が大きくなって安定する。軟弱粘性土の物性・厚さが局所的に変化する場合でも、いったんプレローディング材を除去・攪拌して、圧密促進後の地盤上に新たに道路盛土を行うため、不同沈下の懸念はなく、維持管理費が低減される。		Pile / Column 上のスラブのせん断破壊、Pile / Column が支持層に届かない場合の不同沈下が懸念される。軟弱粘性土の物性・厚さが局所的に変化する場合には、当該箇所における不同沈下が懸念される。不同沈下が生じた場合の維持管理費の増大が懸念される。	
評価	◎ 他工法と比較して、建設コスト、維持管理費が小さく、確実な効果が得られる		△	△

出典：DOH FS 2009 に基づき JICA 調査団作成

2) 東区間南部における高架構造の提案

第3次外郭環状道路の南区間は、延長59kmで、全線高架構造となっている。南部区間が東区間（同図では赤実線で表示）と接続するのは、一般国道34号線上（当該地点には、2000年に完成したBang Na - Bang Pakong Expresswayが高架構造で建設されており、第3次外郭環状道路は、この国道34号線とBang Na Expresswayの間をBang Na - Bang Pakong Expresswayよりも低い高架構造で、南北に抜けるように計画されている）で、この地点には、インターチェンジ（IC-11）が計画されている。

第3外郭環状道路東区間のうち、この南部IC-11付近は、もっとも軟弱層の厚さが大きい区間であり、「1）残留沈下抑制工法」で挙げた工法以外に、「高架構造」の検討も必要である。「高架構造」の建設費は、盛土構造の道路（残留沈下抑制のための補助工法の費用を含む）と比較してその建設費用は大きいですが、以下のような場合には、主報告書の図2.4.19に示す「高架構造」を検討すべきである。

- i. プレロード+PVDによる圧密促進に時間を要し、FSで設定されている建設工期（4年）を超えることで逸失利益が増大し、経済性評価でFeasibleとならないとき
- ii. i.の検討結果からPile Embankment, Soil Cement Columnを選定した場合で、軟弱層が厚いために支持層までpile / columnを届かせることができず、既存の適用事例から不同沈下の増大やそれに伴う維持管理費の増大が懸念されるとき
- iii. i.、ii.の問題はないが、IC-11付近は都市化が進行中である地域であることから、FS時の用地幅（側道あり区間：100m、側道なし区間：70m）の確保が、現時点で難しいとき

高架構造を採用する場合の必要用地幅は、「側道あり：70m、側道なし：40m」と、盛土構造の場合と比較して、縮小させることができる。

3) 現地発生土（放水路掘削土）の道路盛土材への転用

道路盛土の路床・路体に現地発生土（放水路掘削土）を用いる場合の混合例を表6.2.2に示す。

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）

	道路設計仕様例	配合例（今回提案）
下層路盤 Sub Basecourse	CBR \geq 25% t=15cm	CBR \geq 25% 一軸圧縮強度 \geq 0.75MPa (石灰混合の場合)
路床 Compacted Subgrade	CBR \geq 4% t=100cm	・路床のうち、上部 30cm（キャッピングレイヤー）： CBR > 15 となるように設定 ・路床のうち、下部 70cm CBR > 4%となるように設定 <u>配合の目安（Tentative）</u> 現地発生土（粘土）：購入土（砂） = 2 : 1 生石灰（重量比）5%程度（必要に応じて）
路体 Embankment	CBR \geq 4% t=145cm	qc > 400 kN/cm <u>配合の目安（Tentative）</u> 現地発生土（粘土）：購入土（砂） = 2 : 1

出典：JICA 調査団作成

現地発生土の利用は、基本的には、掘削残土処理費用の低減効果を期待するものである。掘削残土を混合処理する必要がある場合には、混合材（砂、セメント、石灰等）の購入・運搬費、及びプラント等を用いた混合費用が発生することから、掘削残土処理費用の低減効果以上には、コスト低減効果を期待できないことが多い。

現地発生土を利用せず道路盛土（路床・路体）を購入した良質土で建設する場合と、現地発生土を利用する場合の費用項目を比較して、表 6.2.3 に比較する。

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

DOH FS (2009 年)	DOH FS (2009 年)	一体化施工の提案	留意点
現地発生土の利用	なし	あり	
① 盛土材の購入費用	良質材の購入は、現在価格で 119BHT/m ³ 程度と想定される。	砂の購入費用は、135BHT/m ³ 程度と想定される。ただし、購入数量は、現地発生土との混合費を 2:1 とすれば、良質土の費用の約 1/3 となる。	配合試験の結果に基づき、数量を確定する。
② 盛土材の運搬・敷均し・転圧費用	良質材の採取位置は、Saraburi Province と想定され、IC-4 までの運搬距離は、平均 69.5km と想定される。	混合に用いる砂の採取位置は、Ang Thong Province 内と想定され、その運搬距離は平均 78.3km となるが、現地発生土との混合費を 2:1 とすれば、運搬量が良質土の 1/3 となる。	盛土に用いる砂は、山砂、または砕砂とする。
③ 軟弱地盤対策費用	現地発生材をプレローディングに利用せず、Pile Embankment での対策となり、2017 年価格で 2,664 THB/m ² と想定される。	現地発生土と砂の互層としたストックパイルをプレローディングに利用するため、対策費としては PVD のみを計上し、その費用は、2017 年価格で 1,320 THB/m ² と想定される。	プレローディングでは、圧密沈下が大きく、その分量だけ余盛を大きくする必要がある。
④ 混合費用	0	以下の費用が発生する ・ストックパイル造成費 ・混合プラントへの運搬費 ・混合プラントでの処理費（プラント組立・解体、損料等含む） ・添加材購入費（セメント、石灰等）	
⑤ 残土処理費の低減	0	残土処理の運搬・土捨場の確保に要する費用が低減できる。	

出典：JICA 調査団作成

上表のうち、①から④については、DOHの道路盛土(路体・路床)建設に要する費用である。

一方、⑤は、RIDの放水路建設費用の低減額である。

これらの合計額で事業費が低減できる場合に、一体化のメリットがあるものと評価できる。

4) 一体化施工で採用する補助工法の選定理由(まとめ)

以上で検討した「一体化施工」において採用する補助工法について、選定理由の要点を表6.2.4にまとめた。

表 6.2.4 一体化施工における補助工法選定理由の要点

	DOH F/S 2009年8月	DOH F/Sの見直しによる変更	一体化のための変更
要点	<p>・地盤改良の無い区間(0-65km)でも、不同沈下が生じる可能性がある。</p> <p>・地盤改良区間(65-97km)に適用するPile Embankment工法は、設計法が確立しておらず、不同沈下が懸念される。</p>	<p>地質調査結果(主として、カセサート大地層図、及びボーリング結果)から、F/Sで採用している補助工法について検討し、一部見直しを行った。主な見直し点は以下のとおり。</p> <p>① 南部の軟弱層が厚い区間(18m以上)については、高架工法を提案する。</p> <p>② 残留沈下量が小さい区間(30cm以下)でも、軟弱粘土層が10mを超えるような区間では不同沈下が懸念されるため、Km35付近から Km84の区間についても、不同沈下対策工法(プレローディング工法、PVD工法、支持層に連する杭によるPile Embankment工法)を採用する。</p>	<p>一体化の利点として、現地発生土(ジャンコクレイ)の利用が考えられる。現地発生土は、以下の2点で利用する。</p> <p>① PVD上に盛土して、プレローディングとして用いる。</p> <p>② プレローディング期間が経過した後、砂(必要に応じて石灰も)と混合して、道路の路体・路床に用いる。</p> <p>また、PVD不要の区間でも、Km.25 - Km.35の区間は、プレローディングとして混合材を用いる。</p>
適用工法	Km.0 - Km. 65:地盤改良無し Km.65 -Km. 97: Pile Embankment (L=13m)	Km.0 - Km. 35:地盤改良無し Km.35 - Km. 56:購入材プレローディング + PVD 2m x 2m Km.56 - Km.84: Pile Embankment Km.84 - Km.97: 高架構造	Km.0 - Km. 25: 購入材サーチャージによる不同沈下防止 Km.25 - Km. 35: 混合材プレローディングによる不同沈下防止 Km.35 - Km. 56: 混合材プレローディング + PVD 2m x 2m Km.56 - Km.84: 混合材プレローディング + PVD 1m x 1m Km.84 - Km.97: 高架構造
北部～中部の補助工法選定	Km 24(IC-4付近)より南は、軟弱粘土層が10mを超える。そのため、残留沈下が30cm(タイ規準)以内に収まっても、不同沈下の可能性がある。 RC舗装では、不同沈下が生じた場合の維持補修が困難。	不同沈下対策として、Km35付近からKm56付近までをプレローディング(すべて購入材)による沈下促進を図る。 Km56からKm84付近までは、Pile Embankment工法を適用する(杭を支持層まで到達させる)。	不同沈下対策として、Km25付近からKm84付近までをプレローディング(放水路掘削土を利用した混合材)による沈下促進を図る。 Km56からKm84付近までは、PVDのピッチを1m x 1mと小さくして、プレローディング期間を短くする。
南部の補助工法選定	地盤改良区間(65-97km)に適用するPile Embankment工法は、設計法が確立していない。とくに、プレローディングタイプ(Km 65以南は、軟弱粘土層の厚さが15m以上と想定されるのに対して、杭長は13m)は、不同沈下が懸念される。	南部(Km84以南の約13km、軟弱粘土層が18mを超える)と想定される区間で、プレローディング工法を採用すると、PVDによる沈下促進で、1.5mを超える沈下が生じる可能性がある。 沈下量が大きいと盛土量が增大し、盛土に必要な購入材が増加する。北方の購入材の土どり場(アユタヤ付近)から南部へは運搬距離が長いことから、その費用が増大する。 沈下促進に時間を要して、工期への影響が懸念される。 Pile Embankment、プレローディングとも適用が難しいこの区間では、沈下抑止や工期遵守の観点で確実な、高架工法の採用が望ましい。	南部(Km84以南の約13km、軟弱粘土層が18mを超える)と想定される区間で、プレローディング工法を採用する場合、PVDによる沈下促進で、1.5mを超える沈下が生じる可能性がある。 沈下量が大きいと盛土量が增大し、盛土に必要な購入材が増加する。北方の砂の土どり場(アユタヤ付近)から南部へは運搬距離が長いことから、その費用が増大する。 沈下促進に時間を要して、工期への影響が懸念される。 したかつて、この区間では、沈下抑止や工期遵守の観点で確実な、高架工法の採用が望ましい。

5) 施工法の提案及び今後の検討事項

バンコク第三次外郭環状道路東区間の施工区分を表 6.2.5 に示すとおり提案する。なお、南部では高架構造を採用し、粘土層が厚い中央部では、その厚さに応じてプレローディングの期間、PVD の配置間隔を調整するものとし、北部では必要に応じて（軟弱粘土層が存在する場合の不同沈下防止のため）サーチャージを行うものと想定した。これらの施工区分は、今後、詳細設計時に実施される全線の詳しい地質調査によって修正され得る。

表 6.2.5 第3次環状道路の施工区分の提案 (Tentative)

District Name	Inter-change	Station No	Distance (m)	Service Road	Main Road (4 lanes)	Main Road (6 lanes)	Viaduct	Road Structure Proposal (Tentative)			
								Embankment			
								Pre-Loading (1 year) + PVD (1.0x1.0 m)	Pre-Loading (1 year) + PVD (2.0x2.0 m)	Pre-Load (0.5 years)	Surcharge (0.5 years)
Mixing	Mixing	Mixing									
			97,112	33,657	44,595	52,517	13,322	27,211	21,079	11,220	24,280
Bang Pa-in and Uthai	IC-1	STA 0 + 0									
		STA 4 + 399	4,399		4,399						4,399
		STA 8 + 419	4,020		4,020						4,020
Wangnoi	IC-3	STA 11 + 38	2,619		2,619						2,619
		STA 20 + 248	9,210		9,210						9,210
		STA 24 + 280	4,032		4,032						4,032
Nong Suea	IC-4	STA 27 + 350	3,070		3,070					3,070	
		STA 35 + 500	8,150	8,150	8,150					8,150	
		STA 42 + 690	7,190	7,190	7,190			7,190			
		STA 42 + 970	280		280			280			
			1,625		1,625			1,625			
Thanyaburi	IC-5	STA 44 + 595	1,405		1,405				1,405		
		STA 46 + 0	500	500	500			500			
		STA 55 + 150	8,650	8,650	8,650			8,650			
Lum Luk Ka	IC-6	STA 56 + 579	1,429		1,429				1,429		
		STA 58 + 500	1,921		1,921			1,921			
		STA 60 + 516	2,016		2,016			2,016			
Nong Chok	IC-7	STA 62 + 883	2,367	2,367	2,367			2,367			
		STA 72 + 723	9,840		9,840			9,840			
		STA 76 + 890	4,167		4,167			4,167			
Lat Krabang	IC-8	STA 82 + 250	5,360		5,360			5,360			
		STA 83 + 790	1,540		1,540			1,540			
		STA 84 + 409	619		619	619					
Bang Sao Thong	IC-9	STA 85 + 68	659		659	659					
		STA 86 + 700	1,632		1,632	1,632					
		STA 88 + 800	2,100		2,100	2,100					
		STA 95 + 600	6,800	6,800	6,800	6,800					
Bang Sao Thong	IC-11	STA 97 + 112	1,512		1,512	1,512					

出典：JICA 調査団作成

前表に示した施工区分ごとの施工方法の提案、及び詳細設計時の留意点を、表 6.2.6 に示す。

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

Station	延長* (km)	施工方法の提案	詳細設計時の留意点
STA 0+0 STA 24+280	24.280	<ul style="list-style-type: none"> ・近隣から調達可能な良質材を用いた道路盛土を行う。 ・乾期に道路盛土を施工し、雨期明け後に舗装の施工を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・詳細なボーリング調査の結果をもとに、最終沈下量を算出し、サーチャージ(余盛)の必要量を再検討する。
STA 24+280 STA 35+500	11.220	<ul style="list-style-type: none"> ・乾期に、砂と現地発生粘土を互層に盛り立て、プレローディングを施工する。 ・次期の乾期に、プレローディング材料をスライスしてミキシングプラントに運搬、石灰をミキシングして、道路盛土を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・詳細なボーリング調査の結果をもとに、以下の必要性、必要期間を検討する。 ① プレローディングの必要性の確認 ② PVD 工法が不要であることの確認 ③ プレローディングの期間(最短6ヵ月で可能であることの確認)
STA 35+500 STA 56+579	21.079	<ul style="list-style-type: none"> ・乾期に、PVDを施工したあと、砂と現地発生粘土を互層に盛り立て、プレローディングを施工する。 ・次期の乾期に、プレローディング材料をスライスしてミキシングプラントに運搬、石灰をミキシングして、道路盛土を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・詳細なボーリング調査の結果をもとに、以下の必要性、必要期間を検討する。 ① プレローディングの必要性の確認 ② PVD 工法 (2.0 x 2.0 m)が必要であることの確認 ③ プレローディング期間が最短1年を要することの確認
STA 56+579 STA 83+790	27.211	<ul style="list-style-type: none"> ・乾期に、PVDを施工したあと、砂と現地発生粘土を互層に盛り立て、プレローディングを施工する。 ・次期の乾期に、プレローディング材料をスライスしてミキシングプラントに運搬、石灰をミキシングして、道路盛土を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・詳細なボーリング調査の結果をもとに、以下の必要性、必要期間を検討する。 ① プレローディングの必要性の確認 ② PVD 工法 (1.0 x 1.0 m)が必要であることの確認 ③ プレローディング期間が最短1年を要することの確認
STA 83+790 STA 97+112	13.322	<ul style="list-style-type: none"> ・高架構造の標準断面は、図 2.1.2.5 を参照。 ・高架部の概略コスト 2008年単価 10.9 Bil. BHT (約389億円：292万円/m) ・盛土の場合 (DOH F/S) 2008年単価 2.84 Bil. BHT (約91億円：68万円/m) 	<ul style="list-style-type: none"> ・高架構造と盛土構造の比較検討を行った上で評価を行い、最適案を選択。選択の基準は以下のとおり。 ① 建設コスト ② 用地収用費用 ③ 工程(南部の6車線区間は、交通量が多く、早期完成が望まれる)

出典：JICA 調査団作成

6.3 提言

第三次外郭環状道路本線の線形は、2009年のDOHFSからの変更はない。ただし、サービス道路(側道)は、本線と放水路の間に挟まれる場合には、放水路の対岸に配置している。

外郭環状道路放水路の線形は、インテリム・レポートの協議において、最適案として合意したCase-2(第3次外郭環状道路の外側を放水路が並走する線形を基本とするが、放水路が重要施設と干渉する場合は回避して、移転家屋数を減少させたケース)としている。

なお、道路と放水路の一体化構造とすることにより、2009年のDOHFSと比較して、交差する道路、水路の構造やインターチェンジの構造が一部修正されている。

6.3.1 地盤調査の必要性

詳細設計に向けて、道路線形に沿った地盤調査が DOH によって先行実施されることから、放水路側についても連繋して地盤調査を実施し、双方のデータを共有して詳細設計に反映することが望ましい。

第 3 外郭環状道路（東区間）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。

(1) 高架構造区間（13.322 km : STA 83.790 - STA 97.112）

- ・ 高架構造とするべき区間が見直される。
- ・ 設計杭長が見直される。

(2) プレローディング・PVD 適用区間（59.51 km : STA 24.280 - STA 83.790）

- ・ 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、セメント・石灰の混合比が見直される。

(3) サーチャージ適用区間（24.28 km : STA 0.000 - STA 24.280）

- ・ 放水路掘削で生じる良質土の土量把握により、道路盛土材の搬入計画が見直される。

6.3.2 詳細設計を進めるにあたっての提案

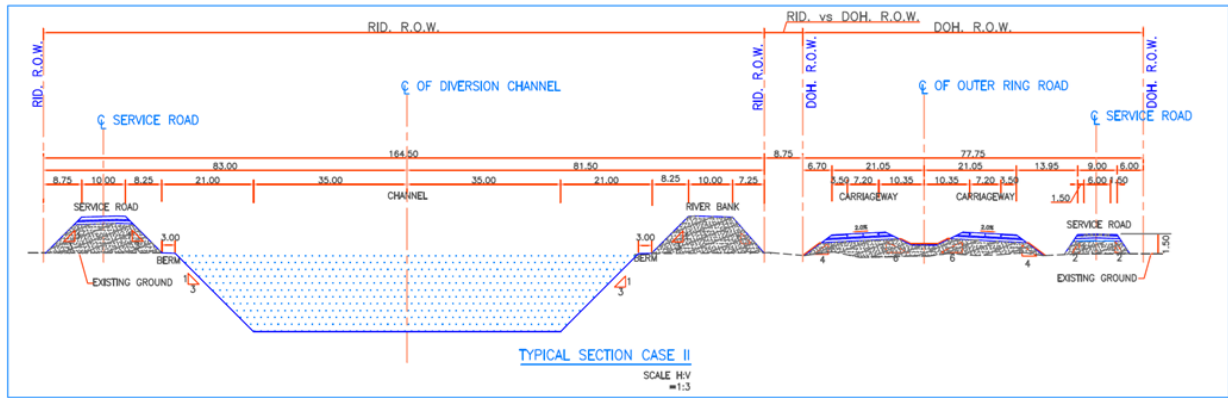
詳細設計時には、追加の地盤調査や水理検討が実施されることから、その結果を反映してコストダウンを検討することが可能である。

道路と放水路との一体化プロジェクトにおいて、コストダウン効果が極めて大きいと予想されるのは、外郭環状道路の盛土高を下げるのが可能となった場合である。2009 年の DOH FS では、道路舗装表面高は現地盤高さより+3.0 ~ 3.5 m としている。DOH の FS に拠ると 100 年確率の洪水位よりも 2m 程高い位置とされている。放水路の併設によりこの地域が洪水から防御されることとなるため外郭環状道路の盛土高も下げることができるため、盤下げに拠るコストダウン効果は以下のように試算される。

- ・ 一体化（盤下げなしの場合）の事業費：54,950 Mil. THB
- ・ 一体化（1.5 m の盤下げ）の事業費：50,546 Mil. THB (4,404 Mil. THB の低減)

詳細は、6.4 DOH の工費縮減に向けた試算 に示す。

ただし、上記の事業費積算における盤下げ区間は、IC-4 付近から南、すなわち第 3 次外郭環状道路の外側（東側）に放水路が配置される区間のみとしている。



出典：JICA 調査団作成

図 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

6.3.3 建設を進めるにあたっての提案

道路と放水路の一体化構造を建設する場合には、同様の構造（排水路と堤体道路）で一体化施工を行った「スワナプーム空港排水路」における経験が参考となる。

この空港排水路は RID が概念設計を示し、全長 12 km を 3 工区に分け（放水路主体の 2 工区と、ポンプ場付近から下流側の 1 工区）、それぞれの工区のコントラクターが詳細設計を行うとともに施工する、「設計・施工方式」で建設された。このとき建設時の RID 側の施工監理を担当したのがカセサート大学の Dr. Warakorn で、このような一体化構造の施工時の留意点として、以下を指摘している。

(1) 排水路掘削について

空港排水路の掘削深は 3.0 m、両側に 1.0~1.5 m の道路盛土がある。掘削法面の補強に Soil Cement Column (SCC) を施工したが、この SCC が損傷を受けないように、施工時には、SCC 上に掘削重機（バックホウ）やダンプトラックが乗らないように配慮した。すなわち、バックホウは、排水路の法面側ではなく、排水路中央に配置して掘削を開始、ダンプトラックの進入路も排水路中央に配置して、掘削法面の予定位置に配置される SCC の損傷、それに伴う法面崩壊を防止した。

(2) 軟弱粘性土の施工上の留意点

空港排水路の掘削は、軟弱粘性土層である「バンコククレイ」が対象となる。バンコククレイは鋭敏比が高く、こね返すと強度が低下して施工性が低下するため、ブルドーザ等の施工機械は排水路内では用いなかった。

一方、軟弱粘性土層を掘削すると、掘削に伴う地中応力の変化でクリープ（時間依存性）挙動が生じる。空港排水路は 3 工区に分かれるが、いずれの工区においても、工事の開始直後においてクリープ挙動により、掘削後 3 週間程度の時間経過で増大した変位により、SCC で補強した掘削法面が崩壊した箇所が数箇所あった。

計測結果によれば、SCC と粘性土地盤は、掘削直後には一体として動き、クリープによる地盤変動が 40 mm 程度に達すると、SCC に応力が集中して、まず SCC が折れる。その後、クリープによる地盤の動きがとまらず、3 週間後ぐらいに例えば 150 mm くらいの変位で滑り破壊が生じている。このような現象から、SCC と地盤のせん断抵抗力が一体として最大の抵抗力を示すのではなく、滑り解析（＝極限平衡法）は危険側の設計となっていることがわかる。

(3) 排水路掘削の設計・施工計画上の留意点

クリープによる法面崩壊を防止するため、以下の設計変更を行った。

- ・ 滑り解析結果を基に設定された SCC の改良率を 30% 増加させる設計変更を行った。
- ・ 滑り解析では危険側の設計となるため、FEM 弾塑性解析で地盤の挙動を把握、合わせて 40 mm 程度に地盤変動を抑えるためのモニタリングを傾斜計、間隙水圧計により実施した。

また、クリープによる滑り破壊を抑えるため、掘削が完了したセクションに 1~1.5 m の深さで水を張る計画とした。この水を張るため、空港排水路では、約 200 m おきにダイクを設け、その区間の掘削が終了すると、直ちに掘削の完了検査を行い、2 週間以内に水を張る（3 週間を経過すると、やはりクリープ破壊が懸念されるので）、ということを繰り返した。

(4) 残土処理に関する留意点

一般に、水路掘削で発生する残土は、RID のプロパティとしている。ただし「空港排水路」プロジェクトでは、掘削残土の所有権をコントラクターに移し、その分を契約金額から差し引いた。

所有権がコントラクターに移った掘削残土は、デベロパーや一般企業が空港排水路のコントラクターから購入。残土を置いた場所は、通常は一年も放置すれば利用できるようになるため、全量を売却できたものと思われる。

「空港排水路」の施工監理者：Dr. Warakorn の以上のコメントを踏まえると、外郭環状道路放水路の詳細設計・施工計画の段階においても、FEM 解析（弾粘塑性解析）による地盤挙動のシミュレーション、掘削残土処理の合理的な処理方法の検討が必要である。とくに、外郭環状道路放水路のような大規模なプロジェクトでは、本施工に入る前に掘削・盛土の実物大の試験施工を行い、沈下板、傾斜計、間隙水圧計等によって試験的な「動態観測」を行うことが望ましい。そのような試験施工時の動態観測結果からクリープ特性を持つ粘性土地盤のパラメータを見直し、FEM 弾粘塑性解析によるシミュレーションの精度を向上しておくことができれば、本施工時の動態観測による地盤の安定性確保が、より確かなものになるといえる。

6.4 DOH の工費縮減に向けた試算

放水路事業との一体化施工にあたり、DOH の視点に立てば、残土の有効活用等のメリットを考えると、費用負担が FS 段階よりも増加することは避けなければならない。今後の RID と DOH の重要な検討課題となる。DOH は、2011 年に第三次外郭環状道路（東側）について、FS を作成している。当時の FS は、道路を単独事業として実施する前提で、概算工事費を算定しており、直接工事費は 29,573（Million THB:2008 年価格）である。今回の一体化検討では、FS で挙げられた手法を踏襲し、必要な地盤改良対策も考慮して概算工事費を算定した。その際、放水路との一体化施工による費用増分も、道路事業として見込んだ。そこで、DOH の費用負担軽減に以下に示すようなケーススタディを行った。

(1) 工費縮減に向けた道路構造案の提示

工費縮減に向けて、これまでの基本計画での検討内容に改良を加える検討を行った。放水路線形は、Case2 が推奨案である。この線形に基づくと、第三次外郭環状道路（東側）が盛土構造として放水路よりもバンコク都側を通過する区間について、以下の工費縮減策を考えた。

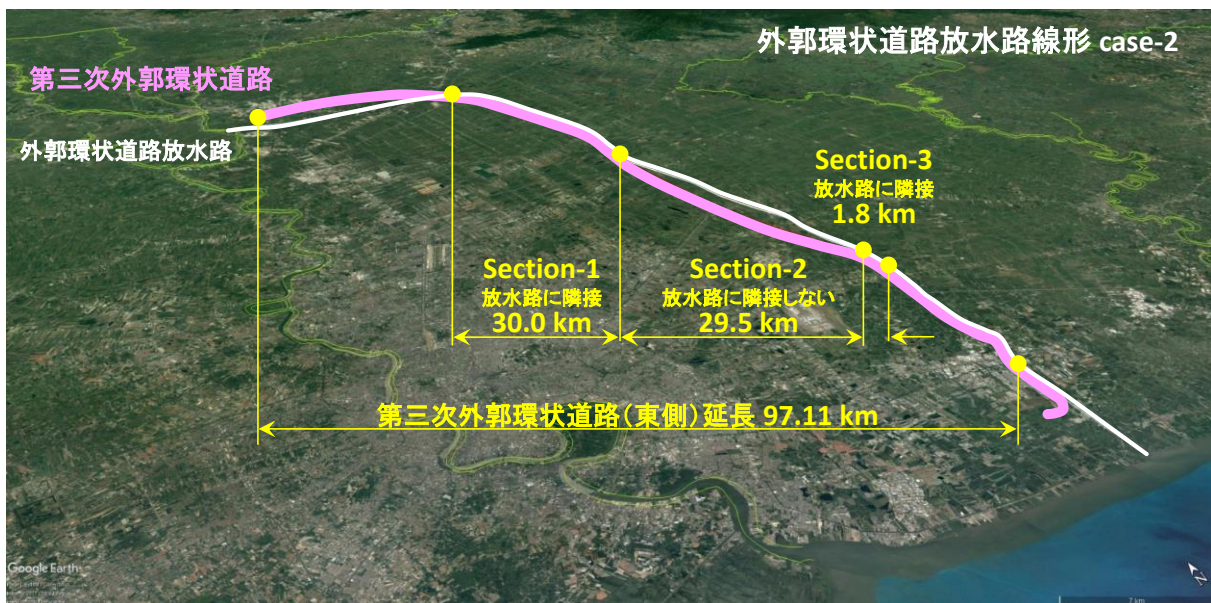
- ・ 道路構造物を放水路右岸側の堤防として兼用することで、堤防工事費を削減する。
- ・ 放水路堤防で防護された地域を道路が通過する区間では、道路の盤下げを行う。

FS では道路高さは「地盤高+2.5~3.0m」であるが、1.0m~1.5m の盤下げによって、道路高さを「地盤高+1.5m」とする。計画上及び施工上考え得る以下の 3 タイプの案について、DOH の意向を確認した。

Type-A：一体化区間の道路上下線を堤防と兼用（Section1、Section3）

Type-B：道路を全区間で盤下げ（Section1~3）

Type-C：片側斜線を道路兼用（Section1、3）、および盤下げ（Section2）



出典：JICA 調査団作成

図 6.4.1 放水路と道路の推奨線形（Case-2）

	Type - A	Type - B	Type - C
Section-1 30.0km	 【Cost reduction method A】 Sharing channel / road embankment		 【Cost reduction method C】 Sharing channel / road embankment & Lowering road embankment (only one lane)
Section-2 29.5km	Nothing	 【Cost reduction method B】 Lowering road embankment	 【Cost reduction method B】 Lowering road embankment
Section-3 1.8km	 【Cost reduction method A】 Sharing channel / road embankment		 【Cost reduction method C】 Sharing channel / road embankment & Lowering road embankment (only one lane)
	<ul style="list-style-type: none"> ● Method A についてはEIA再検討が必要 ● 費用減分は全て道路事業費に反映させる 	<ul style="list-style-type: none"> ● EIA再検討は不要 ● 費用減分は全て道路事業費に反映させる ● DOHの意向に沿う 	<ul style="list-style-type: none"> ● Method C についてはEIA再検討が必要 ● 費用減分は全て道路事業費に反映させる

出典：JICA 調査団作成

図 6.4.2 道路の工費縮減に向けた構造検討ケース

3 Type の案について DOH の意向を確認したところ、

- ・ 道路の堤防兼用は、管理が複雑となるため DOH は望まない。
- ・ 「道路の盤下げ」は検討可能性がある。

との回答を得た。この結果を受けて、調査団としては、Type-B の「道路盤下げ」案を工費縮減の候補と考えた。

(2) 建設費縮減額

1) 道路単独建設費

Type-B を基に、DOH の立場から見た場合の工費縮減額を検討する。DOH は、FS 段階では道路単独事業を前提としており、その費用と比較することが合理的である。ただし、FS 時からの時間経過及び、今回協議で推奨案となった以下の変更を反映した。

- ・ 当初 FS に提示される単価を 2017 年価格に見直し
- ・ 南部の道路構造を盛土から高架化に変更

道路単独建設費の算定条件及び算定結果を表 6.4.1 の Case a. ～Case c. に示す。この表に示すとおり Case c. の 51,033M THB を現時点の道路単独建設費とする。

表 6.4.1 道路単独建設費

項目	a. FS オリジナル	b. FS オリジナル	c. FS オリジナル (南部の道路を高架化)
算定のポイント	DOH のオリジナル	単価のみ見直し	高架構造に変更
使用単価	2008年の単価	2017年の単価	2017年の単価
南部の道路の高架化	なし	なし	高架化
直接工事費 (Mil. THB)	26,072	34,518	45,162
間接工事費 (Mil. THB)	3,389	4,487	5,871
建設費 (Mil. THB)	29,573	39,005	51,033

間接工事費 = 直接工事費 × ファクター F (間接工事費率 13%)

出典：JICA 調査団作成

2) 一体化事業の建設費

今回の検討では、一体化事業の建設費を 54,950M THB と概算した。表 6.4.2 の Case d. である。Case d. では一体化に拠る建設費増分を一旦 DOH の負担として計上した。一体化に拠る建設費の増分は 4,198M THB である。その内訳を表 6.4.3 に示す。RID と DOH の費用負担に係る交渉は行われていないが、放水路と一体化することによる建設費の増分は RID 等の機関が負担するのが適当と想定し、一体化による費用の増分のみ差引いた建設費は 50,752 M THB であり、建設費の縮減額は 4,198M THB である。Type-B に示す道路盤下げのみを行った場合の建設費は 50,546M THB であり、縮減額は 4,403 M THB である。RID の負担額から、一体化に拠る建設費増分および道路盤下げ費用の両者を差引いた場合、建設費は 46,348 M THB であり、Case.c からの縮減額は 8,602 M THB となる。

表 6.4.2 一体化事業費

項目	一体化事業			
	基本検討	DOHの負担軽減の検討		
	d. 一体化施工	e. 一体化施工 (増分負担見直し)	f. 一体化施工 (盤下げ)	g. 一体化施工 (盤下げ) (増分負担見直し)
道路事業費削減の方法 (DOHの費用負担軽減策)	なし。一体化による道路建設費増分はDOHの負担	一体化による道路建設費増分をRIDが負担	道路盛土高を低くして道路建設費を下げる	e.f.を共に実施
使用単価	2017年の単価	2017年の単価	2017年の単価	2017年の単価
南部の道路の高架化	高架化	高架化	高架化	高架化
直接工事費(Mil.TH B)	48,628	44,913	44,731	41,016
間接工事費(Mil.TH B)	6,322	5,839	5,815	5,332
建設費(Mil.TH B)	54,950	50,752	50,546	46,348
c. に対する縮減額(Mil.TH B)	-3,917	281	487	4,685
d. に対する縮減額(Mil.TH B)	-	4,198	4,403	8,602

間接工事費=直接工事費×ファクターF(間接工事費率 13%)

出典：JICA 調査団作成

表 6.4.3 一体化による DOH の負担減額

(一体化による増分費用であり、当初 DOH 費用に積上げていたが RID 負担とする費用)

項目	金額(Mil.TH B)	
放水路交差点(橋梁延長820m)	635	
既存道路高架の延長分(2箇所)	86	
既存道路オーバーパス(幅6m、28箇所)	918	
インターチェンジの構造変更(4箇所)	1,734	
放水路敷地内の側道(放水路掘削土との混合土利用)	111	
放水路側のサービスロード (混合する購入砂)	材料費(砂)、運搬費	88
	ミキシング・転圧費	143
小計(直接工事費)	3,715	
間接工事費	483	
合計(一体化による建設費の増分)	4,198	

間接工事費=直接工事費×ファクターF(間接工事費率 13%)

出典：JICA 調査団作成

(3) 結論

第三次外郭環状道路放水路(東側)について、DOH 側が負担すべき建設費の見直しを行った。その結果である Case g. と、放水路と一体化させず道路を単独で建設した場合 (Case c.) で建設費を比較すると、一体化による建設費の縮減額は 4,685MB (≒159 億円) となり、約 9% の削減効果となる。

表 6.4.4 価格積上げ結果表 (Case a. b. c. d. ~f.)

項目	単位	Case a.				Case b.				Case c.				Case d.				Case f.						
		FS (オリジナル)		FS (2017年単価)		FS見直し(南部高架化)		FS見直し(南部高架化)		FS見直し(南部高架化)		FS見直し(南部高架化)		FS見直し(南部高架化)		FS見直し(南部高架化)		FS見直し(南部高架化)		FS見直し(南部高架化)		FS見直し(南部高架化)		
		数量	単価 (THB)	金額	数量	単価 (THB)	金額	数量	単価 (THB)	金額	数量	単価 (THB)	金額	数量	単価 (THB)	金額	数量	単価 (THB)	金額	数量	単価 (THB)	金額	備考	備考
RC舗装	m ²	1,478,016	885	1,308,044	1,478,016	930	1,374,555	1,277,208	930	1,187,803	1,277,208	930	1,187,803	1,277,208	930	1,187,803	1,277,208	930	1,187,803	1,277,208	930	1,187,803		
サンドベース	m ²	1,478,016	61	90,159	1,478,016	137	202,488	1,277,208	137	174,977	1,277,208	137	174,977	1,277,208	137	174,977	1,277,208	137	174,977	1,277,208	137	174,977		
AC舗装	m ²	805,600	230	185,288	805,600	195	157,092	729,700	195	142,292	729,700	195	142,292	729,700	195	142,292	729,700	195	142,292	729,700	195	142,292		
上層路盤	m ³	214,289	700	150,002	214,289	314	67,205	220,969	314	69,300	220,969	314	69,300	220,969	314	69,300	220,969	314	69,300	220,969	314	69,300		運搬費除く
下層路盤	m ³	445,256	550	244,891	445,256	119	52,914	375,951	119	44,678	375,951	119	44,678	375,951	119	44,678	375,951	119	44,678	375,951	119	44,678		運搬費除く
路床・路体	m ³	12,857,800	340	4,371,652	12,857,800	102	1,307,638	11,064,834	102	1,125,294	2,899,954	102	294,925	2,899,954	102	294,925	2,899,954	102	294,925	2,899,954	102	294,925		運搬費除く
混合砂	m ³																							
セメント(%)	ton																							
石灰(%)	ton																							
ミキシング費(運搬費込)	m ³																							
プラント8基	m ³																							
運搬費込	m ³																							
盛土材運搬費 (土取場→IC-4)	m ³																							
盛土材運搬費 (IC-4→Site)	m ³																							
混合用砂	m ³																							
ソイルセメントスラブ	m ³	854,640	230	196,567	854,640	278	237,846																	
ハイル STA65+0~97+112	m ³	4,273,200	550	2,350,260	4,273,200	666	2,843,815																	
ソイルセメントスラブ	m																							
ハイル STA56+79~83+790	m																							
PVD STA 35+500~56+579	m																							
養生・フェンス等	m																							
STA 83+700~97+112	m																							
側溝	m	41,820	16,750	700,485	67,314	5,800	390,421																	
道路敷地内(混合土)	m																							
放水器敷地内(混合土)	m																							
放水器交差地点 STA21+015	m																							
本線橋梁	m	3,200	209,000	668,800	3,200	269,610	862,752																	
既存道路高架 (Additional for Diversion Channel)	m	612	400,000	244,800	612	516,000	315,792																	
Segmental Girder	m	2,684	51,800	138,494	2,684	68,112	182,813																	
既存道路アンダーパス (w=6m)	m																							
既存道路オーバーパス (w=6m)	m																							
一体化増分	m																							
11か所	11か所																							
一体化増分	m																							
ボックスカルバート	m	6,818	25,000	170,450	6,818	33,000	224,632																	
サードエリア	m																							
親舎所 其他施設	m																							
交通管制・料金徴収システム	m																							
交通施設等	m																							
環境整備費(防音壁等)	m																							
小計																								
Factor F (13% without VAT)	%	13.0			13																			
建設費計				29,573,000			39,006,244			51,033,210			54,950,642											50,546,672

出典：JICA 調査団作成

※参考

表 6.4.5 Type-A ~ Type-C の概算工事費

Reduced cost (Alignment case-2)								
Case	Method	Length (km)	Items	Quantity	Unit	Unit price (THB)	Total Reduction Cost (MB)	Reduction Cost for DOH (MB)
Type-A	Sharing (Section-1,3)	31.807	Land cost	853,044	m2	1,735	-1,480	-1,480
			Channel embankment (right bank in North area)	392,892	m3	537	-211	-211
			Channel embankment (right bank in Central area)	1,445,887	m3	541	-782	-782
			Channel embankment (right bank in South area)	162,919	m3	98	-16	-16
			Soil stabilization (PVD Central)	23,112	m	10,526	-243	-243
			Soil stabilization (PVD South)	1,807	m	41,189	-74	-74
			Soil disposal (Channel)	1,334,465	m3	319	425	
			(Revetment)	935,126	m2	1,709	1,598	
			Total				-784	-2,807
Type-B	Lowering (Section-1,2,3)	61.307	Road embankment	7,816,643	m3	563	-4,403	-4,403
			Soil disposal (Road)	5,058,350	m3	319	1,612	
			Total				-2,791	-4,403
Type-C	Sharing & Lowering (1 lane) (Section-1,3)	31.807	Land cost	853,044	m2	1,735	-1,480	-1,480
			Channel embankment (right bank in North area)	392,892	m3	537	-211	-211
			Channel embankment (right bank in Central area)	1,445,887	m3	541	-782	-782
			Channel embankment (right bank in South area)	162,919	m3	98	-16	-16
			Road embankment	2,027,696	m3	563	-1,142	-1,080
			Soil stabilization (PVD Central)	23,112	m	10,526	-243	-243
			Soil stabilization (PVD South)	1,807	m	41,189	-74	-74
			Soil disposal (Channel)	1,334,465	m3	319	425	
	Soil disposal (Road)	839,381	m3	319	267			
	(Revetment)	935,126	m2	1,709	1,598			
				Sub total				-1,658
Lowering (Section-2)	29.500	Road embankment	3,761,250	m3	563	-2,119	-2,004	
		Soil disposal (Road)	2,507,500	m3	319	799		
			Sub total				-1,320	-2,004
			Total				-2,978	-5,891

出典：JICA 調査団作成

6 章 別添資料

DOH Meeting Memo

2 Oct 2017

At Mr.Pramon Office

The Department of Highways

Participants:

1. Mr. Pramon Sathapornnanon (Chief Engineer of Location and Design, DOH)
2. Mr. Somboon Tienthammachat (Expert Engineer, Bureau of Location and Design, DOH)
3. Mr. Pichakorn Srijanthong (Civil Engineer, Senior Professional Level, DOH)
4. Dr. Hideki Yoneyama (Road Planning, JICA Study team)
5. Mr. Jadoon Pansuwan (Road Structure Design, JICA Study Team)

Agenda1 : Explanation of Cost Reduction Method for *the Third Outer Ring Road Combined with the Diversion Channel*

Mr.Yonenama: present about cost reduction m in term 3 alternative methods.

- 1) Method A : Sharing Channel/Road Embankment
- 2) Method B : Lowering Road Embankment
- 3) Method C : Method A+ Method B

The Study Team will propose the appropriate method according to the suggestion of the Department of Highways in the Draft Final Reports for JICA in October.

Mr.Pramon : (1) Disagreed with the methods to use the road embankment as the Diversion Channel .Therefore method B would be more appropriate.

(2) In case of project integration, JICA should to consider about the other sustainable benefits such as developing adjacent areas between both of RID. And DOH.R.O.W for public activities, emphasizing the Rest Area of 3rd Ring Road to be landmark adjacent the diversion channel etc.

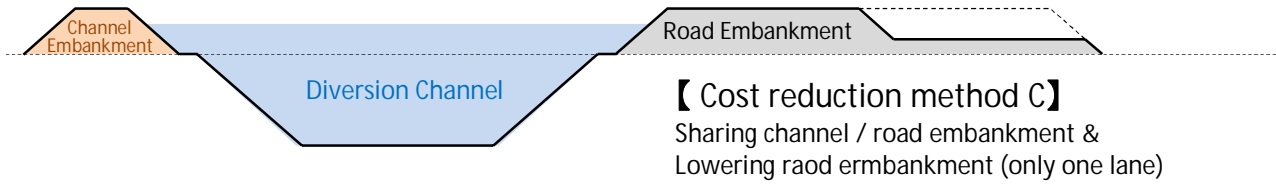
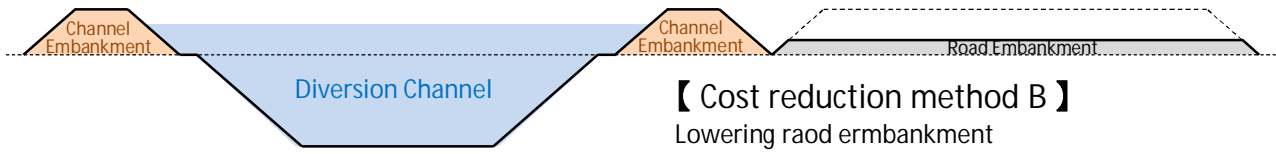
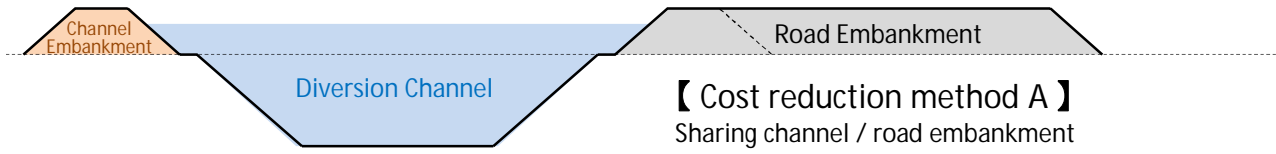
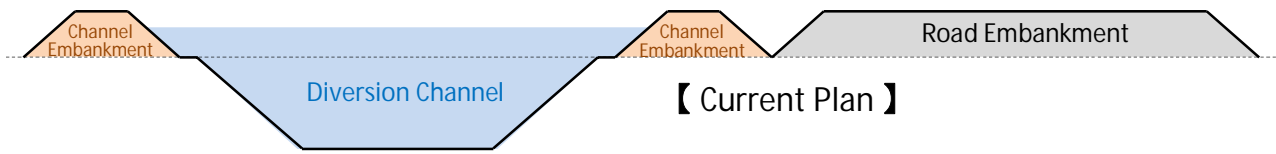
(3) The Department of Highways desires to proceed the 3rd Outer Ring Road according DOH.'s planning ahead and The Royal Irrigation Department should adjust the Diversion Channel Project figuration to accommodate the Road Project later.

Mr.Somboon : (1) Relocating the service road to another side of Diversion Channel Bank cause inconvenient travelling for people and higher construction costs.

(2) In case the project is integrated, the protest from expropriated villagers may be much more than separated project.

Agenda2 : Draft Drawing *for the Third Outer Ring Road Combined with the Diversion Channel*

DOH. Vs JICA Study Team : DOH. (Mr.Pichakorn) and JICA Study Team (Mr.Jadoon) will discuss about adjusting the drawings during October 2017.



Meeting Memo

Meeting	Date: March 20, 2017	Location: DOH
	Time: 13:30 - 15:00	
Subject:	3rd outer ring road diversion channel	
Attendance (DOH):	<p>Mr. Tawee Gasisam-Ang, Deputy director-general for management , DOH Mr. Arkapat Sawangsurachai, bureau of research and development, DOH</p> <p>Mr. Poranic Jitarekul, bureau of material analysis and inspection, DOH</p> <p>Mr. Chutar Sunitsakul, bureau of material analysis and inspection, DOH Mr. Somsak Boonpratanporn, Senior engineer, DOH Mr. Kittti Subprasom, Bureau of Planning, DOH</p>	
Attendance (JICA Team)	<p>Mr. Masaki Todo (Team Leader) Mr. Hideki Yoneyama (Road Planning) Mr. Chaisak Sripadungtham</p>	
Main Topic	Feasibility of Integrated Structure of Diversion Channel and the 3rd Ring Road (Presented by Mr. Yoneyama)	
Discussion	<p>JICA: There are 2 types of soil improvement mix with sand and mix with cement. These two method can reduce the construction cost.</p> <p>DOH: soil cement and PVD for embankment are used to improve the soil and reduce a settlement. How long will a soil gain more strength and consolidation?</p> <p>JICA: It spend 1-2 years. We are now studying about consolidation of embankment. A channel are 8 meter deep, 150 m wide and approximately 100 kilometers long. There are 4 cases. However, we interested in case 1 and case 2.</p> <p>DOH: We think there are a failure of embankment during the channel and road construction.</p> <p>DOH: This is a big project. We should have a meeting. The main problem is an expropriation. Who supposed to do this? DOH already submit EIA for only road. If channel is integrated, EIA must change. The process is to stop the EIA first. RID should discuss with board of ministry to break EIA. And then we can revise EIA together.</p> <p>DOH: Practically, a settlement in 20 years is 1-2 meters. Water content is 150%. Su is equal to 0.5-1.5 kPa. A soil is very soft clay. In the past, a soil cement along the suwannabhumi irrigation channel collapsed. We think that a construction process is not a point.</p> <p>DOH: Is a channel only for flood control?</p> <p>DOH: The point is expropriation. If we want to expropriate 300 meters a people will refuse. This should be a national agenda. RID have to be a representative for cooperate between ministries. The channel should not be only flood control. It should be both flood control and irrigation. The people may accept this condition.</p> <p>JICA: An objective of channel in the master plain is only for flood control.</p>	

DOH: Why don't you elevate a road for both side for 1-2 meters? Is it cheaper than soil improvement and easier to manage in long-term?

JICA: In Japan, the elevated road is in the center of channel. This is a good suggestion.

DOH: Over pass for channel with road and tollway booth should include in this study.

JICA: The soil near suwannabhumi is very soft. The suggestion from DOH is very interesting. We will discuss with JICA team and propose an appropriate method.

DOH: You have to determine a dimension of waste soil pit. Then, geotechnical is studied. Is the channel only flood control or irrigation? Does water drain from Chaopraya to the sea?

JICA: A water gate will be installed to control water level for irrigation. The water level in the channel is higher than another irrigation.

End

第7章 施工計画・調達計画

7.1 主要工事数量

外郭環状道路放水路の主要工事数量は下表に示すとおりである。この工事数量は施工計画検討において工事日数等を算定するために設定した小工区(延長 500m)あたりの工事数量である。

表 7.1.1 主要工事数量 (外郭環状道路放水路)

作業項目			単位	北部	中部	南部
(1) 既存施設撤去			本検討では計上しない			
(2) 湿地埋立 / 工事用道路敷設			m ³ /500m	0	0	100,000
(3) 既存灌漑水路切替			本検討では計上しない			
(4) 地盤改良	PVD	サンドマット敷設	m ³ /500m	0	36,700	31,600
		PVD	m ³ /500m	0	249,200	949,800
	SCC(ソイルセメントコラム)		Column/500m	0	9,900	22,200
(5) 掘削	合計	工事用道路敷設	m ³ /500m	28,650		
		掘削	m ³ /500m	264,000		
		残土処理	m ³ /500m	226,000	140,100	180,000
	掘削 (深さ 0-3m) (乾期に施工)	工事用道路敷設	m ³ /500m	19,850		
		掘削	m ³ /500m	145,500		
		残土処理	m ³ /500m	107,500	21,600	61,500
	掘削 (深さ 3-6m) (雨期に施工)	工事用道路敷設	m ³ /500m	8,800		
		掘削	m ³ /500m	118,500		
残土処理		m ³ /500m	118,500	118,500	118,500	
(6) 掘削土仮置			m ³ /500m	185,800	185,800	185,800
(7) ストックパイル造成 / プレローディング	放水路	m ³ /500m	57,000	62,600	90,200	
	道路	m ³ /500m	61,700	123,200	35,900	
(8) プラントミキシング			m ³	14,824,000		
(9) 築堤(盛土)	放水路	盛土	m ³ /500m	57,000	62,600	90,200
		掘削土を利用した盛土	m ³ /500m	57,000	62,600	90,200
		粘性土(掘削土)	m ³ /500m	38,000	41,800	60,100
		砂	m ³ /500m	19,000	20,800	30,100
	道路	盛土	m ³ /500m	61,700	123,200	35,900
		掘削土を利用した盛土	m ³ /500m	0	123,200	35,900
		粘性土(掘削土)	m ³ /500m	0	82,100	23,900
		砂	m ³ /500m	0	41,100	12,000

PVD: プレファブリケートド・バーティカル・ドレイン

出典: JICA 調査団作成

7.2 交替制と拘束時間

外郭環状道路放水路の施工計画を検討するに際し、原則として、施工部隊の交替制は 1 交替制(昼間施工)、一日の運転時間は 7 時間とした。

7.3 施工可能日数

タイ気象局 (Thai Meteorological Department) がバンコク市内で観測した 2000 年から 2009 年までの 10 年間の日降水量から算定した施工可能日数は下表に示すとおりである。日本における算定方法を適用して施工可能日数を算定すると、下表に示すとおり年間 185 日、乾期 123 日、雨期 62 日となるが、外郭環状道路・放水路の一体整備の規模が大きいため想定する工期内での完成のためには年間の施工日数を通常より多くする必要があること、施工計画策定上は通常 7 時間とされて日あたりの作業時間を増やすこともできると考えられること、等を勘案して乾期の施工可能日数を 150 日、雨期の施工可能日数を 75 日とした。

表 7.3.1 施工可能日数

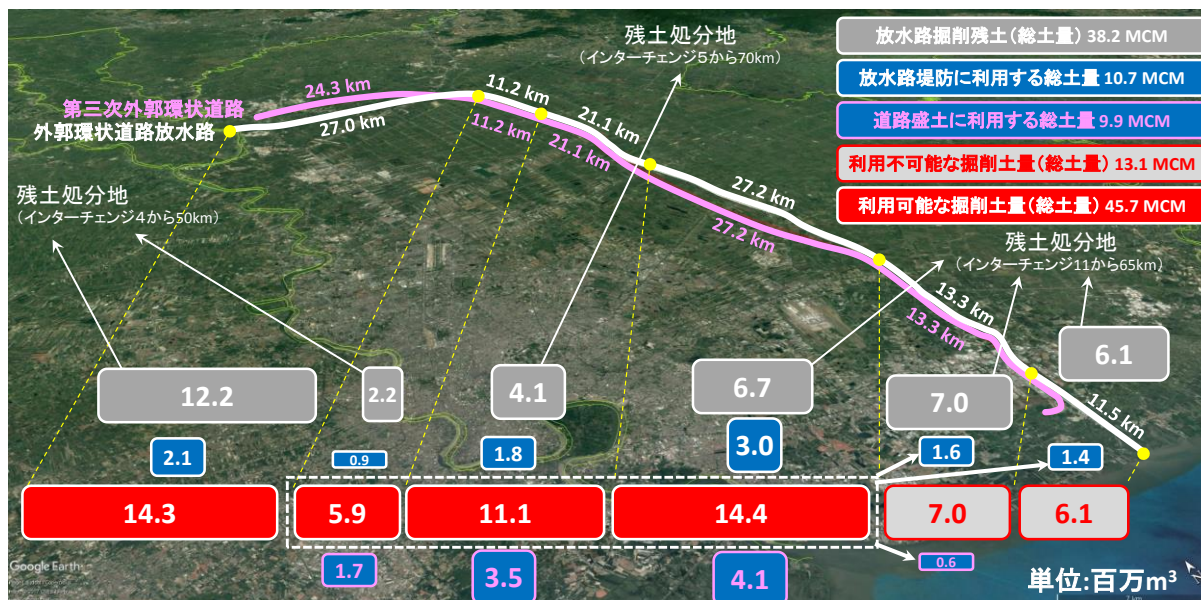
Items	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	合計
1) 暦日数	30	31	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	365
2) 日曜祝日	7	4	8	6	4	8	4	7	6	6	4	9	73
3) 機械の維持管理	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
4) 降雨による休止日数	14	12	11	12	15	15	3	1	1	2	3	6	95
5) 休止日数合計	2)+3)+4)	22	17	20	19	20	24	8	9	8	9	8	180
6) 施工可能日数	1)-5)	8	14	11	12	10	7	22	22	23	19	23	185
	62						123						
	↓						↓						単位: 日
	雨期の施工可能日数 75						乾期の施工可能日数 150						

日雨量は TMD のバンコク観測所における日雨量観測値 (2000~2009 年) とした。気象による施工休止日: 日雨量 5mm 以上の日を不稼働日とし、日雨量に応じ当該日を含む休止日数を以下のとおりとした。5mm/d 以上 20mm/d 未満: 1 日 20mm/d 以上 35mm/d 未満: 2 日 35mm/d 以上 65mm/d 未満: 3 日 65mm/d 以上 100mm/d 未満: 4 日 100mm/d 以上 170mm/d 未満: 5 日 170mm/d 以上: 6 日

出典: JICA 調査団作成

7.4 運土計画

放水路を建設するために掘削した粘性土を道路の盛土及び放水路の堤防の材料として利用する。放水路掘削により発生する土の量、道路の盛土や放水路の堤防の材料として利用する土の量、余る土の量は下図に示すとおりである。放水路を掘削することにより発生する粘性土はそのままでは盛土材料として利用できないため、粘性土に砂を混合する。混合する砂は購入・運搬して施工箇所まで調達する。



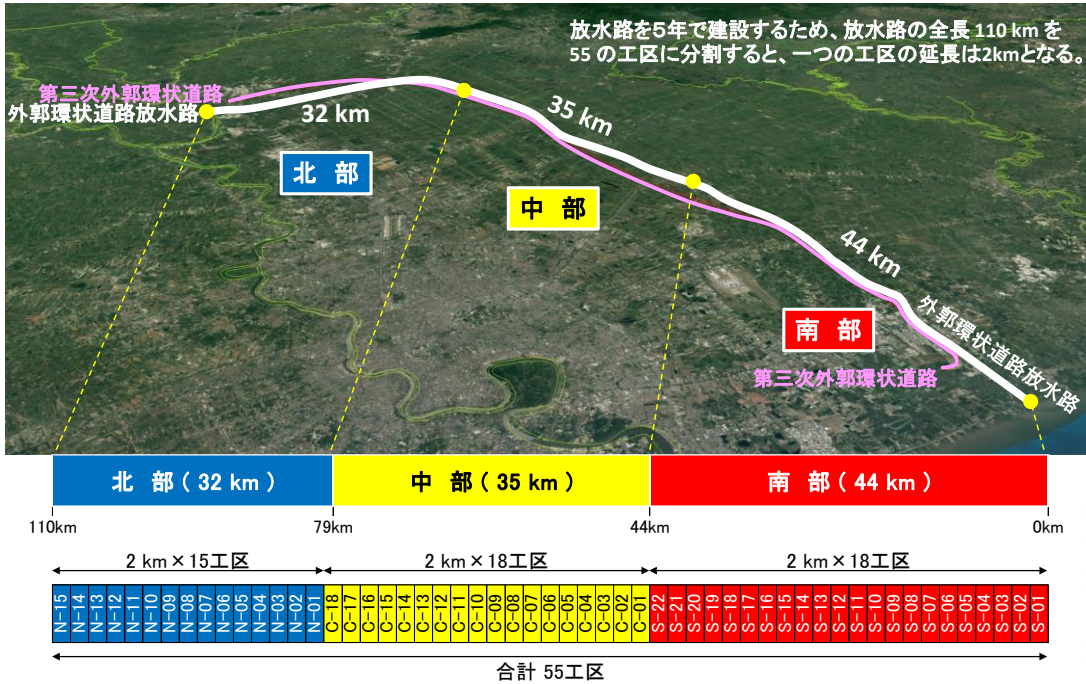
出典: JICA 調査団作成

図 7.4.1 外郭環状道路・放水路一体化施工の運土計画図

図 7.4.1 は各区間における放水路掘削土量、築堤利用量、残土量を示した図である。例えば北側から二番目の延長 11.2km の区間では、放水路を建設するために 5.9MCM の土を掘削し、そのうち 0.9MCM を放水路堤防の材料として使用し、1.7MCM を道路盛土の材料として使用し、2.2MCM を残土として処理することを示す。南側の二つの区間では、掘削時に発生する土の含水比が高いため、築堤の材料として使用することができないので全量を残土として処分する。

7.5 施工期間と工区分割

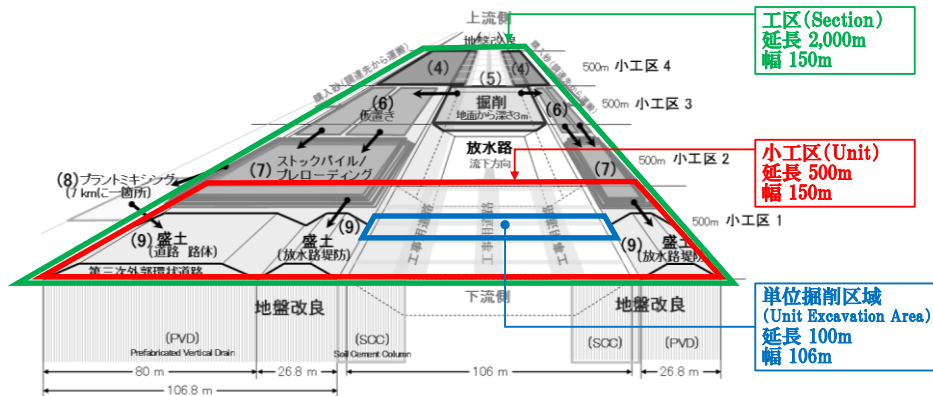
外郭環状道路・放水路の一体化施工の期間を外郭環状道路の建設予定工期にあわせて5年とする。5年で工事を完了させるため一つの工区を2kmとし、55の工区で同時に掘削・盛土工事を実施する。工区の延長は、2kmより短くすると工区の数が多くなること、2kmより長くすると一つの工区を5年の工期内で施工することが困難であること、から2kmが妥当である。



出典：JICA 調査団作成

図 7.5.1 工区分割図

なお、本検討では、上下流方向延長が100mで左右岸方向幅が106mの最小掘削単位を「単位掘削区域 (Unit Excavation Area)」と称す。5つの単位掘削区域を含む上下流方向延長が500mで左右岸方向幅が150mの区域を「小工区 (Unit)」と称す。4つの小工区を含む上下流方向延長が2,000mで左右岸方向幅が150mの区域を「工区 (Section)」と称す。工区の中で既存施設撤去から築堤までの施工が完結するため、55の工区で同時に施工することが可能である。



出典：JICA 調査団作成

図 7.5.2 工区と小工区と単位掘削区域

7.6 施工区間

施工計画の検討に際し外郭環状道路の区間区分と放水路の区間区分を勘案して下表に示す(A)から(G)の施工区域を設定した。外郭環状道路の区間の区分は F/S 検討時に設定された区分である。放水路堤防の区間の区分は土質区分（カセサート大学の研究成果）土質区分に応じて本検討で設定した区分である。

表 7.6.1 施工区間

施工区間	外郭環状道路		地質区分	放水路	
	延長 (km)	延長 (km)		延長 (km)	
(A)	2.738		Green	北部	32.109
(B)	24.280	① 24.280	Blue		
(C)	11.220	② 11.220	Yellow	中部	35.213
(D)	21.079	③ 21.079			
(E)	27.211	④ 27.211	Red	南部	44.011
(F)	13.322	⑤ 13.322			
(G)	11.483		Brown		
合計	111.333	合計 97.112		合計	111.333

出典：JICA 調査団作成

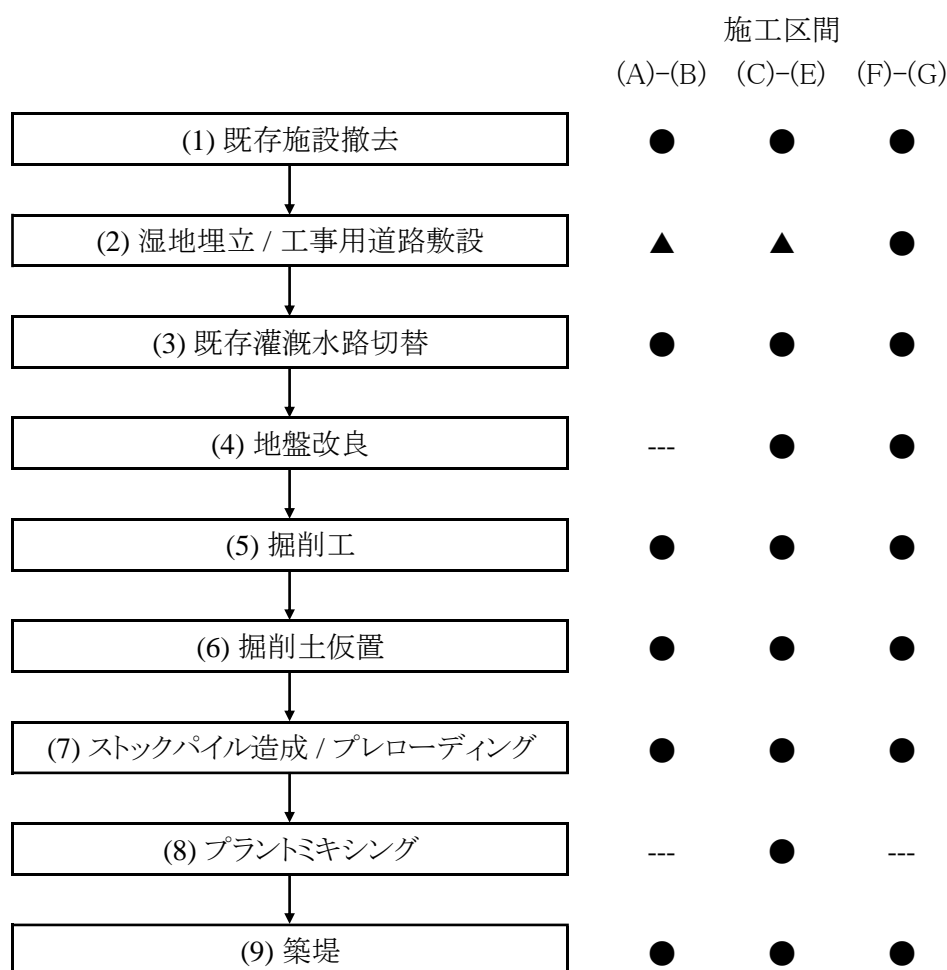


出典：JICA 調査団作成

図 7.6.1 施工区間

7.7 施工手順

外郭環状道路放水路の一体的施工の手順は下図に示すとおりである。施工区間 (A)～(E) は湿地ではないので 下図の(2) 湿地埋立/工事用道路敷設のうち湿地埋立は不要である。施工区間 (A)～(B) では解析の結果、放水路掘削面におけるすべりに関する安全率が 1.3 を上回ること、放水路堤防及び道路盛土後の残留沈下量、最終沈下量とも許容範囲内であることから下図の(4) 地盤改良は不要である。下図の (8) プラントミキシングは後述のとおり道路盛土の材料を対象とする作業であるが、施工区間 (A)～(B) では盛土材料を購入土とするため不要である。施工区間 (F) でも道路を高架構造とするため不要である。施工区間 (G) では放水路だけを建設するのでこの区間でも不要である。



凡例
 ●: 当該区間で実施する
 ▲: 一部の工事のみ実施する
 ---: 当該区間では不要

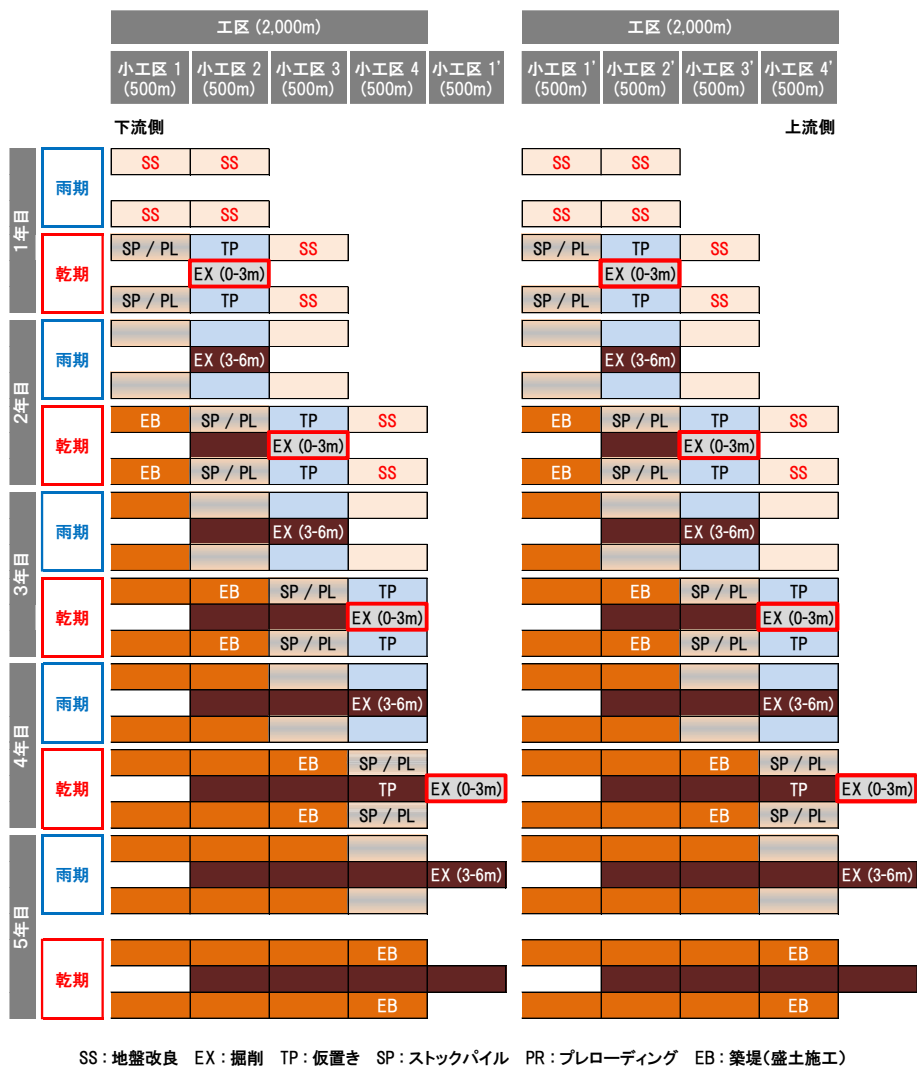
出典: JICA 調査団作成

図 7.7.1 施工手順

7.8 工区における施工の概要

7.8.1 5年間の施工手順

ここでは施工の概要を説明する上で代表的な施工区間である施工区間 (D) を対象とした施工手順を説明する。外郭環状道路・放水路の一体化施工の期間は外郭環状道路の建設期間として想定されている5年とする。5年で工事を完了させるため一つの工区を2kmとし、55の工区で同時に掘削・盛土工事を実施する。下図は隣接する二つの工区における施工手順を示した図である。1年目の雨期に各工区の下流側の2つの小工区で地盤改良を行う。1年目の乾期には下流から2番目の小工区で放水路の掘削（現地盤から深さ3mまでの掘削）を行う。同時に掘削土と購入砂の仮置き、ストックパイル造成を行う。2年目の雨期には1年目の乾期に掘削した区域で深さ3mから6mを掘削する。掘削した土は含水比が高く利用が困難と推定されるため残土として処分する。2年目の乾期には下流側から3番目の小工区の掘削を行いながら1番下流側の小工区の盛土を行う。以下同様に5年目の乾期まで工事を実施すると延長2kmの工区における掘削・盛土が完了する。

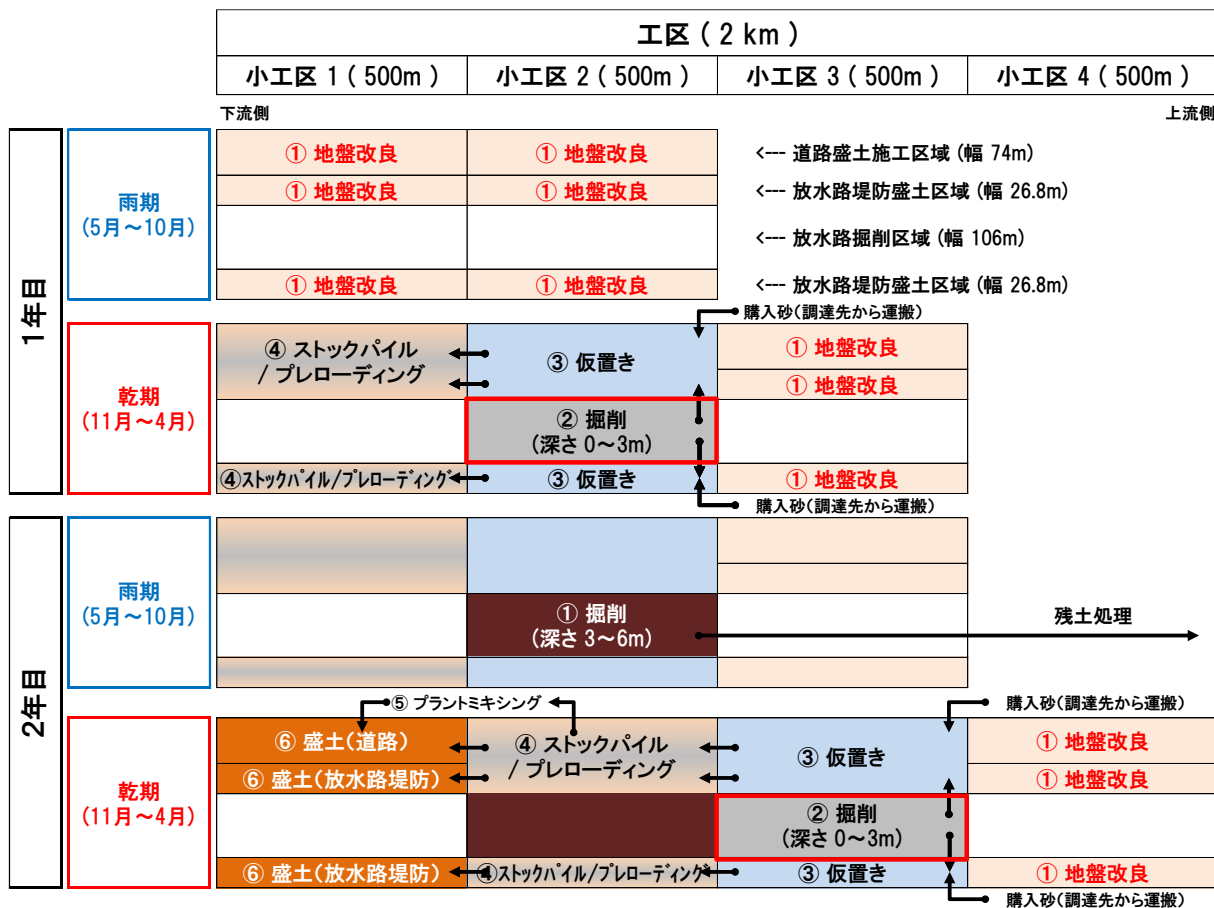


出典: JICA 調査団作成

図 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）

7.8.2 最初の2年の施工手順

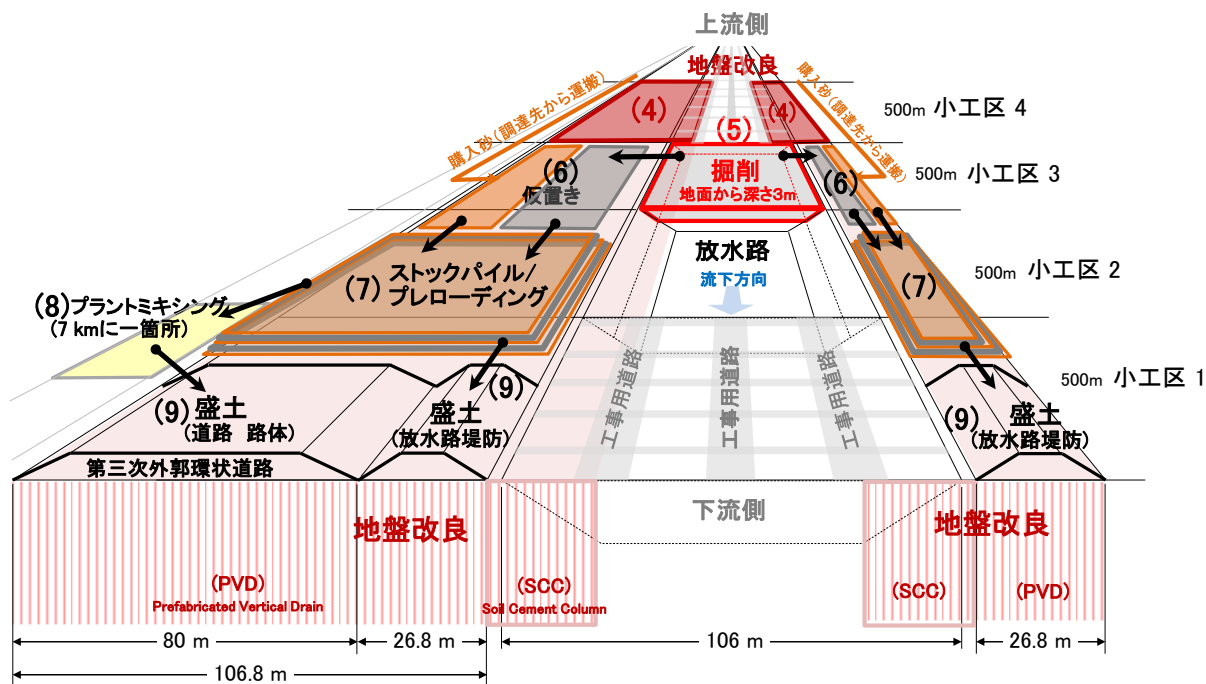
ここでは施工の概要を説明する上で代表的な施工区間である施工区間 (D) を対象とした施工手順を説明する。一つの工区における施工手順は下図に示すとおりである。図では、全5年の工期のうち最初の2年の施工手順を示した。掘削・盛土工事は一つの工区内で下流から上流に向けて施工する。1年目の雨期には下流側の二つの小工区において地盤改良を行う。1年目の乾期にはさらに上流側の地盤改良、地盤から深さ3mまでの掘削、掘削土の仮置き、ストックパイルの造成を行う。造成したストックパイルは一年間そのままにしておき当該敷地内（盛土区域）のプレロードとして機能させる。2年目の雨期には深さ3～6mの掘削を行う。この掘削により発生する土は残土として処理する。2年目の乾期には1年目の乾期と同様に施工し、最下流の小工区の盛土を行う。この際、放水路の堤防についてはストックパイルを切り崩すことにより混合する粘性土と砂を盛り立てる。道路についてはストックパイルを切り崩した混合土をミキシングプラントでさらに混合して盛り立てる。現時点では上記の方法を基本とするが、状況に応じレベル1～4の方法を適宜活用する。



出典：JICA 調査団作成

図 7.8.2 工区における施工手順

一つの工区における 2 年目の乾期の(4)地盤改良から(9)築堤までの施工のイメージは下図に示すとおりである。



出典：JICA 調査団作成

図 7.8.3 施工手順 (2 年目の乾期)

7.9 各施工段階での施工内容

7.9.1 既存施設撤去

外郭環状道路放水路建設予定敷地内に既存の施設が存在する場合には、これらの施設を撤去する。本検討では既存施設撤去は一年目の雨期の間実施可能であると仮定する。ただし、今後、放水路建設区域内に存在する既存の施設の確認や撤去に要する日数等について詳細な調査を実施する必要がある。



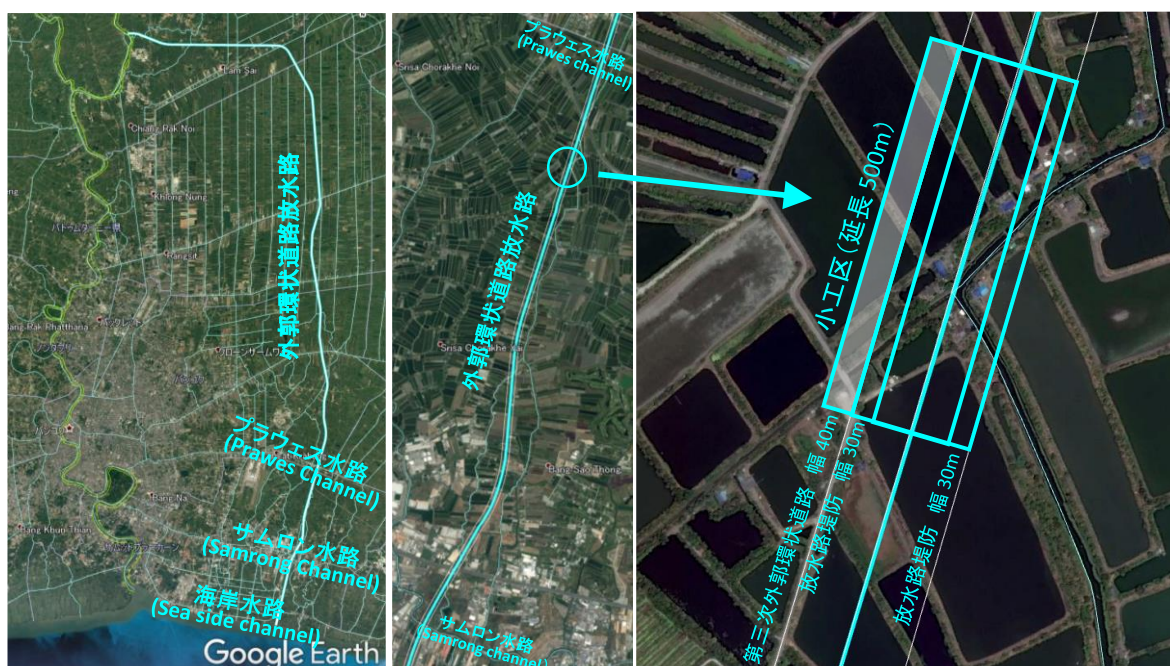
出典：JICA 調査団作成

図 7.9.1 既存施設撤去

7.9.2 湿地埋立・工事用道路敷設

(1) 概要

河口から 23km 付近の Prawes Channel より下流では、放水路建設予定地の現状が養殖池であるため、放水路の掘削を開始する前に埋め立て・排水等によりドライな状態とする。施工の手順は以下のとおりとする。小工区の左右岸を埋立用に調達する土を用いて埋め立てる。埋立幅は左岸は放水路堤防敷幅約 30m、右岸はこの幅に道路建設用の幅約 40m を加えた約 70m とする。小工区の上下流端には幅 20m 程度の埋め立てを行い、放水路建設予定地沿線に付け替える既存の灌漑水路を通じ、掘削予定区域内の水を排水し、ドライな状態とする。



出典：JICA 調査団作成

図 7.9.2 外郭環状道路放水路南部における湿地埋立

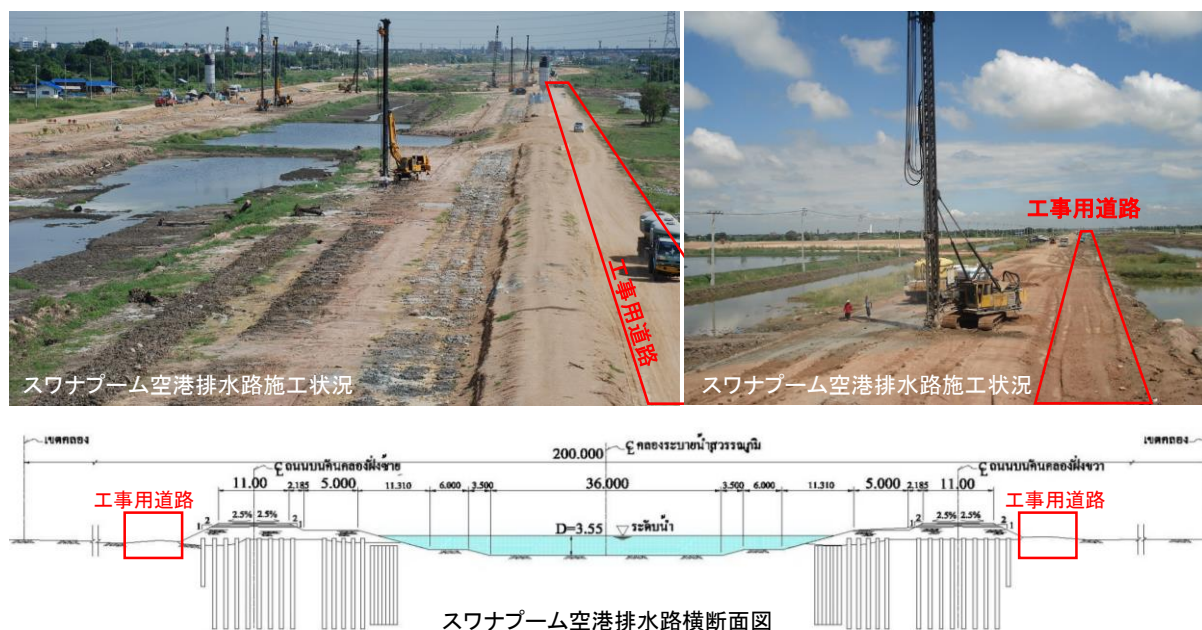
外郭環状道路放水路の建設予定地のうち南部に該当する区域では、現状が養殖池等の水域である区域があり、このような区域では水域を埋め立てて工事用道路を敷設する。以下の写真はタイ国におけるスワナプーム空港排水路施工時の写真であるが、水域を埋め立てて工事用道路を敷設している状況がわかる。



出典：RID 資料

図 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

スワナプーム空港排水路施工時には、下図に示すとおり放水路堤防の外側（堤内側）にも工事用道路を敷設している。



出典：RID 資料

図 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

(2) 工事数量

放水路左右岸の堤防幅 26.8m と小段幅 3m を合わせると埋め立ての幅は片岸で約 30m である。工事用道路の幅を 40m とすると埋め立ての幅は 100m である。埋め立ての深さを 2m とすると 500m の小工区 (Unit) あたりの工事数量は 100,000m³ (幅 100m×深さ 2m×延長 500m) である。左右岸を埋め立てた後にその内側を排水するために横断方向の埋め立てが必要であるが、これに必要な土量は幅 20m、延長 106m、深さ 2m として 4,240m³ である。以上を合計すると小工区あたりの工事数量は約 105,000m³ である。

(3) 施工方法、施工機械、工事日数

埋め立てに用いる土を供給先から現場までの約 20km を 350 台の 10t 級ダンプトラックで運搬する。運搬された土を 10 台の 15t 級ブルドーザで敷き均す。10t 級ダンプトラックの作業能力は運搬距離を 20km とすると 2.4m³/hr (350 台 7 時間稼働で 5,869m³/d)、15t 級ブルドーザの作業能力は押土距離を 20m とすると 83.5m³/hr (10 台 7 時間稼働で 5,844m³/d) である。以上より工事日数は工事数量 42,000m³ を日作業量 5,844m³/d で割った 72 日である。

7.9.3 既存灌漑水路の切替

外郭環状道路放水路が既存の灌漑水路を横切る場所では、既存灌漑水路の機能を維持するための切り替え工事を行う。また、放水路完成後においても既存灌漑水路の機能を維持するために、放水路の下部に既存の灌漑水路の代替としてサイフォン（伏せ越し）を建設する。サイフォンの詳細については別章に記述した。既存灌漑水路の切替は放水路建設工事施工の一年目の乾期（5～10月）に実施する。下図は参考としてタイでの事例を示したもので、スワナプーム空港排水路施工中（2008年）と施工前（2004年）の写真である。排水路建設時に既存の灌漑水路を切り替えた状況がわかる。



出典：JICA 調査団作成

図 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

7.9.4 地盤改良

(1) 概要

中部と南部では以下の地盤改良を行う。放水路の左右岸の法面部では放水路掘削後の安定性を確保するためにソイルセメントコラム（SCC）による地盤改良を行う。放水路堤防盛土及び道路盛土を施工する区域では盛土施工後の基礎地盤の沈下への対策として圧密・排水のためのPVD（Prefabricated Vertical Drain）を施工する。

(2) 工事数量

一つの小工区（延長 500m）あたりの工事数量は下表に示すとおりである。

表 7.9.1 地盤改良工事数量（小工区 500m あたり）

項目	中部	南部
SCC (本/500m)	9,900	22,200
改良柱体制 (m ³ /500m)	68,000	135,270
改良柱断面積 (m ² /本)	0.4056	0.4056
施工深さ(m/本)	17	15
PVD施工部のサンドマット (m ³ /500m)	放水路	13,400
	道路	23,300
	合計	36,700
PVD (m/500m)	放水路	103,500
	道路	145,700
	合計	249,200

(3) 施工方法、施工機械、工事日数

1) SCC（ソイルセメントコラム）

SCC（ソイルセメントコラム）施工の標準的な機械配置は下図に示すとおりである。ベースマシンを用いて SCC を施工する前段にスラリープラントやセメントサイロ等の設置が必要であるが、これらの準備は SCC 施工前の準備期間中（施工工程上クリティカルにならない期間）に実施する。

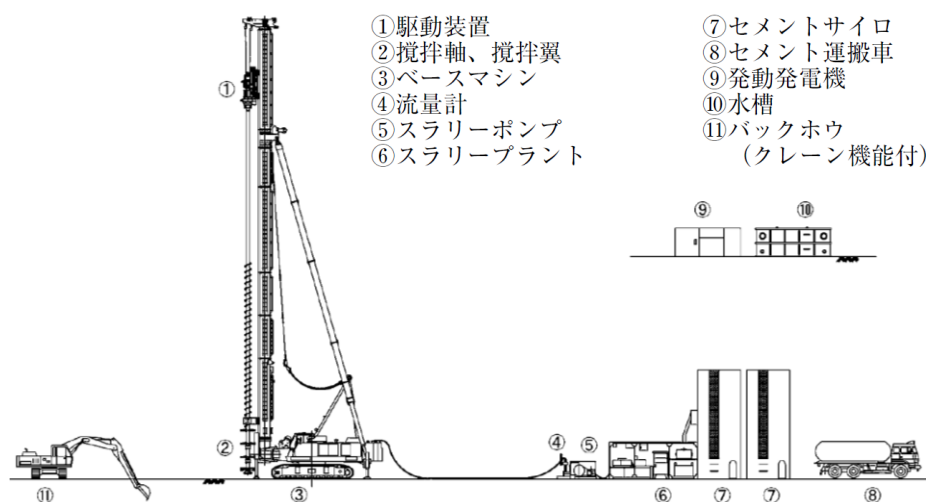


図 7.9.6 SCC 施工の標準的な機械配置

<小工区 1,2 における一年目の雨期の施工> : 小工区 1,2 では二つの小工区における施工を一年目の雨期に行う。このため二つの小工区における地盤改良を一つの雨期の間に行う必要がある。SCC 施工は工事数量 19,800 本/500m を施工機械の作業能力 6 本/d (44 台稼働で 264 本/d) で割って 75 日であり、雨期の施工可能日数 75 日以内である。

<小工区 3,4 における乾期の施工> : 小工区 3,4 では各小工区における施工を乾期に行う。SCC 施工は工事数量 9,900 本/500m を施工機械の作業能力 3 本/d (22 台稼働で 66 本/d) で割って 150 日であり、雨期の施工可能日数 150 日以内である。

2) PVD

PVD 施工区域の地表にはサンドマットを敷設するので購入砂を 10t 級ダンプトラックで運搬し、ダンプトラックから撒き出された砂を 15t 級ブルドーザで敷き均す。PVD の施工は 0.8m³ 級バックホウにケーシングを取り付けた重機により行う。作業能力及び工事日数は以下のとおりである。

<小工区 1,2 における一年目の雨期の施工> : 小工区 1,2 では二つの小工区における施工を一年目の雨期に行う。このため二つの小工区における地盤改良を一つの雨期の間に行う必要がある。作業能力は 10t 級ダンプトラックが運搬距離を 2.5km として 8.9m³/hr (27 台 12 時間稼働で 2,894m³/d)、15t 級ブルドーザが押土距離を 20m として 83.5m³/hr (5 台 7 時間稼働で 2,922m³/d) である。以上よりサンドマット敷設の工事日数は工事数量 73,400m³ を日作業量 2,894m³/d で割った 25 日である。PVD 施工については工事数量 498,400m を施工機械の作業能力 2,000m/d で割って 50 日であり、サンドマット敷設をあわせた工事日数は 75 日である。この日数は雨期の施工可能日数 75 日以内である。

<小工区 3,4 における乾期の施工> : 小工区 3,4 では各小工区における施工を乾期に行う。作業能力は 10t 級ダンプトラックが運搬距離を 2.5km として 2.4m³/hr (15 台 12 時間稼働で 1,608m³/d)、15t 級ブルドーザが押土距離を 20m として 83.5m³/hr (3 台 7 時間稼働で 1,753m³/d) である。以上よりサンドマット敷設の工事日数は工事数量 36,700m³ を日作業量 1,608m³/d で割った 23 日である。PVD 施工については工事数量 249,200m を施工機械の作業能力 2,000m/d で割って 125 日であり、サンドマット敷設をあわせた工事日数は 147 日である。この日数は乾期の施工可能日数 150 日以内である。

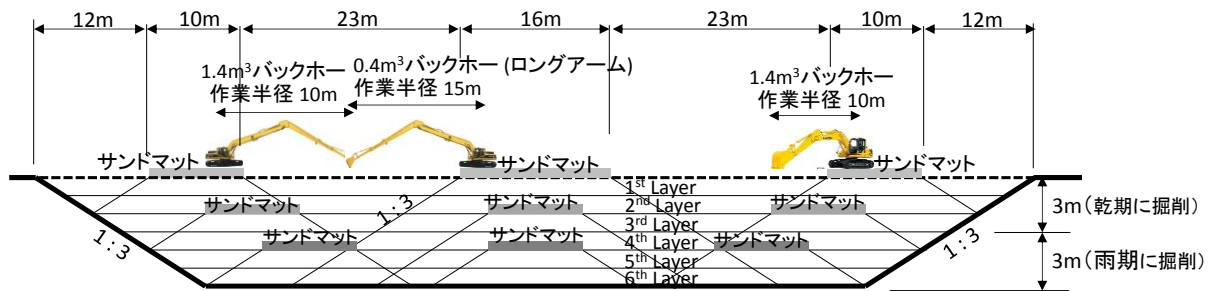
7.9.5 掘削工

(1) 概要

放水路の掘削方法は掘削部の土質状況に応じ北部、中部、南部で異なると考えられるが、以下に示す方法を基本として各部の土質条件に応じた最適な方法を採用する。掘削方法の検討に当たっては、タイ国におけるスワンナプーム空港排水路の施工実績を参考とした。

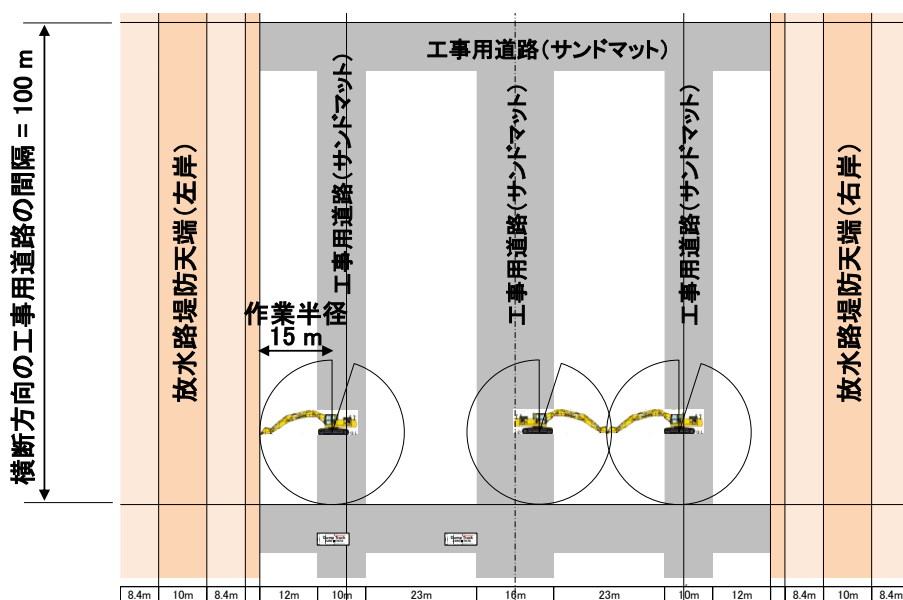
- ・ 放水路の掘削は掘削法面の安定に配慮して放水路の内側に重機を配置して行う。重機を掘削部の外側に配置して掘削を行うと、掘削部のすべり破壊等を招く危険性があるため、このような重機の配置は避ける。

- 掘削のための重機を配置するため、掘削する区域内に工事用道路を設置する。工事用道路は厚さ 50cm 程度のサンドマットを敷設することにより設置する。
- 放水路建設には深さ 6m の掘削が必要であるが、深さ 1m ずつ 6 層に分けて掘削する。一つの層を掘削してから次の層を掘削するまでには、掘削法面の安定のため数日の期間をおく。
- 掘削法面の勾配は 1:3 とする。
- 地盤から深さ 3m までの掘削は乾期（11～4 月）に行い、深さ 3m から 6m までの掘削は雨期（5～10 月）に行う。
- 工事用道路の端部から 10m までの範囲は作業半径が 10m である 1.4m³級バックホウで掘削する。工事用道路の端部からの距離が 10m から 15m の区域は作業半径が 15m のロングアームの 0.4m³級バックホウで掘削する。



出典：JICA 調査団作成

図 7.9.7 放水路掘削計画横断面図



出典：JICA 調査団作成

図 7.9.8 放水路掘削計画平面図

(2) 工事数量

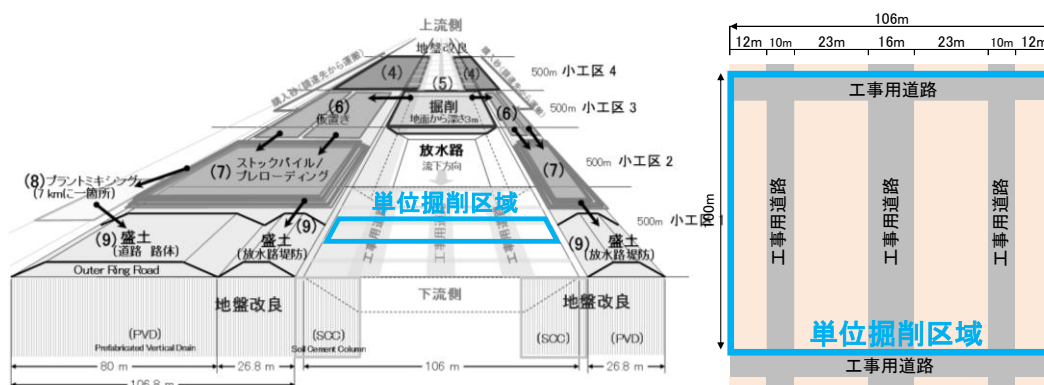
一つの小工区（延長 500m）あたりの工事数量は下表に示すとおりである。

表 7.9.2 掘削工事数量（小工区 500m あたり）

項目		工事数量 (m ³ /500m)		
		北部	中部	南部
工事用道路 (サンドマット敷設)	乾期:地表～深度3m	19,850		
	雨期:深度3～6m	8,800		
	合計	28,650		
掘削量	乾期:地表～深度3m	145,500		
	雨期:深度3～6m	118,500		
	合計	264,000		
残土量	乾期:地表～深度3m	107,500	21,600	61,500
	雨期:深度3～6m	118,500	118,500	118,500
	合計	226,000	140,100	180,000

(3) 施工方法

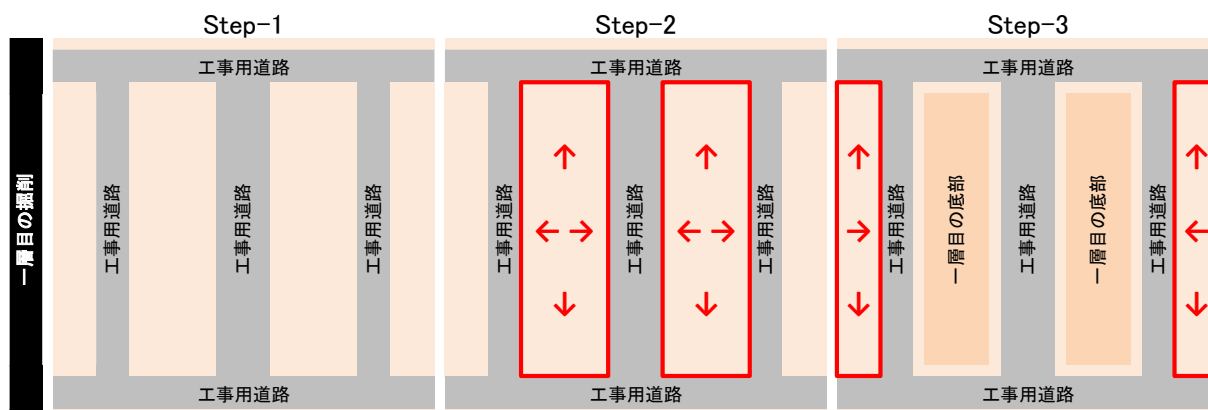
一つの小工区における掘削手順は以下に示すとおりである。



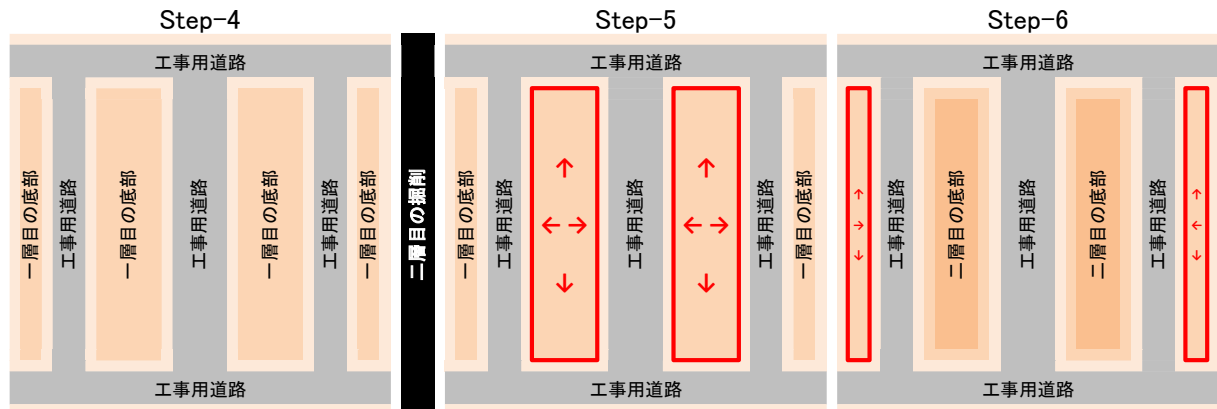
出典：JICA 調査団作成

図 7.9.9 工区 (Unit)

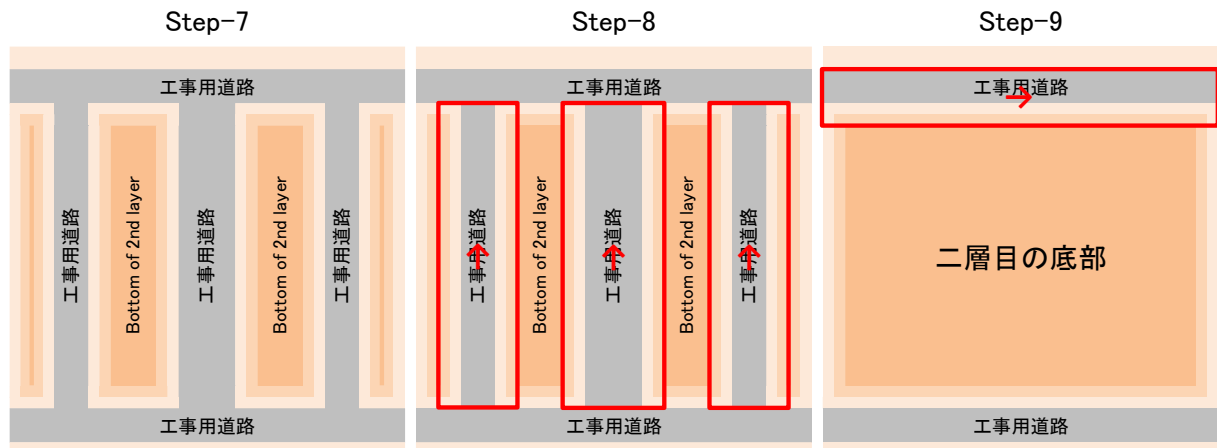
上図のうち左図の青枠部を平面図に示した図が右図である。以下の図では一つの工区における施工手順を示した。



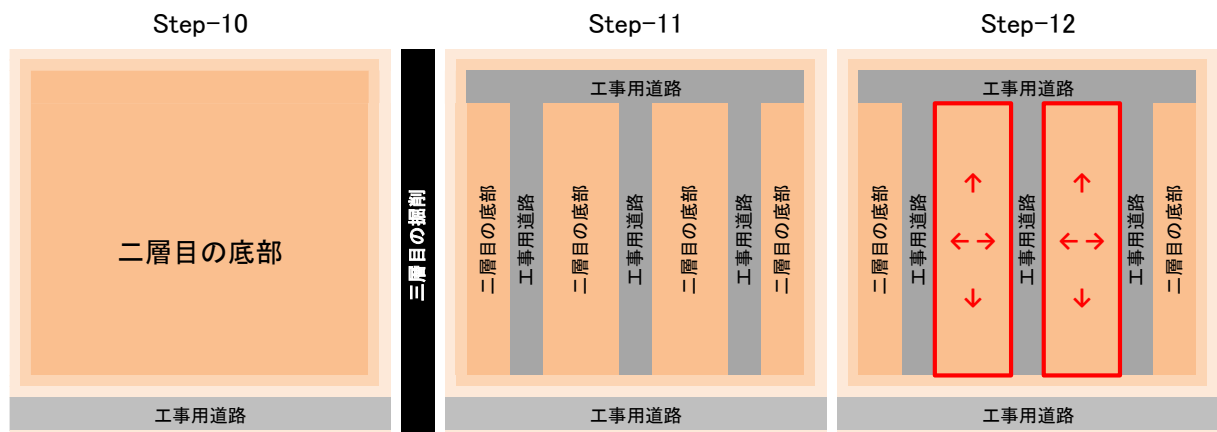
Step-1：掘削前の地表に工事用道路としてサンドマットを敷設する。／Step-2：赤枠内部を工事用道路に配置したバックホウで矢印の方向に掘削する。／Step-3：同様にバックホウで掘削する。掘削は放水路内部に敷設する工事用道路に配置したバックホウから行う。掘削法面を不安定にしないよう放水路の外側にはバックホウを配置しない。



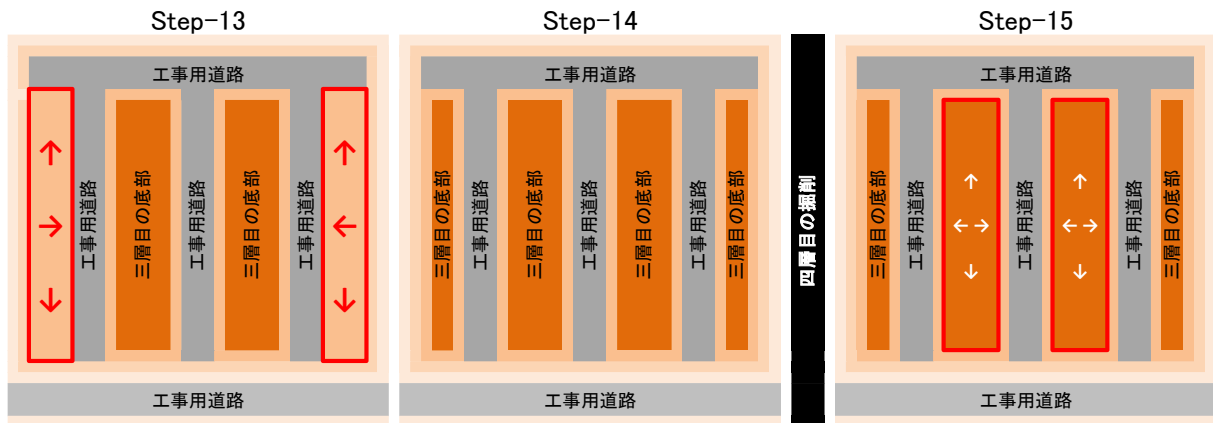
Step-4：1層目（地表から深さ1m）の掘削が工事用道路敷設区域を除いて完成する。／Step-5：2層目（地表から深さ1～2m）の掘削をStep-2と同様に行う。／Step-6：2層目の掘削をStep-3と同様に行う。図に示した数字は掘削する層の数を示す（図に示した数字の2は2層目の底面まで掘削が完了したことを示す。以下同様）。



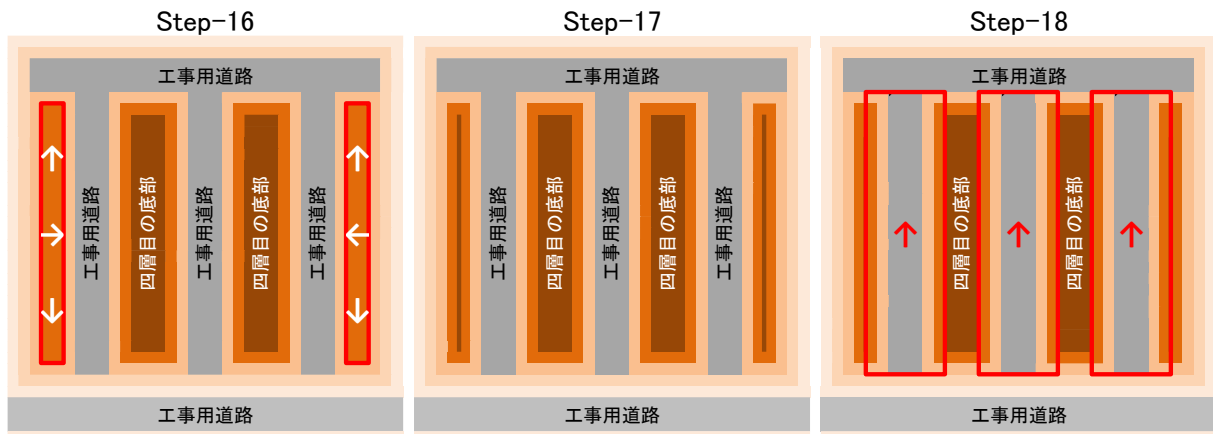
Step-7：2層目の掘削が工事用道路敷設区域を除いて完成する。／Step-8：赤枠内部の工事用道路を矢印の方向にバックホウで掘削する。掘削区域内の工事用道路は深さ2m掘削するごとに除去し、掘削後の底面に新たな工事用道路を敷設する（工事用道路からの掘削深さは2mまでとする）。／Step-9：赤枠内の工事用道路を矢印の方向にバックホウで掘削する。



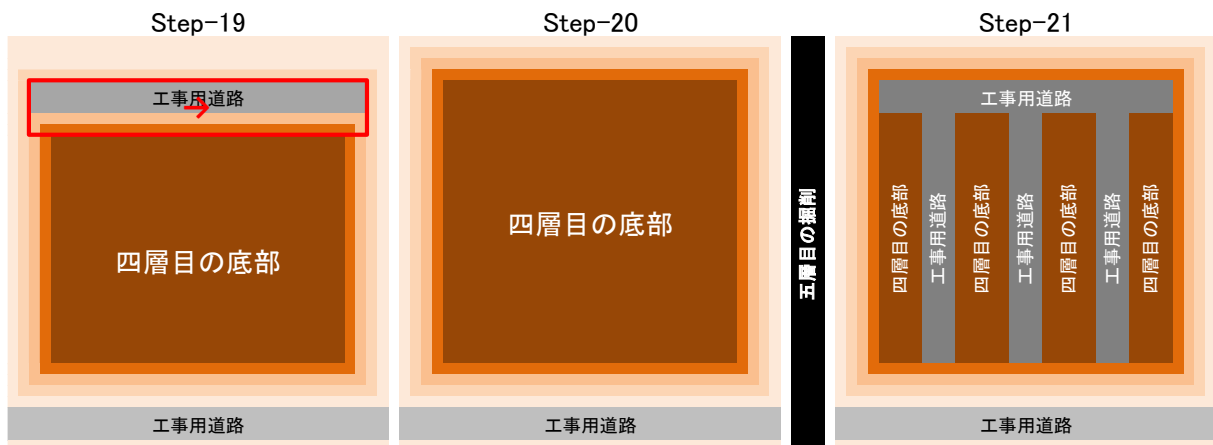
Step-10：2層目の掘削が完了する。／Step-11：2層目の底面に工事用道路（サンドマット）を敷設する。／Step-12：3層目（地表から深さ2～3m）の掘削を開始する。赤枠内部を工事用道路に配置したバックホウで矢印の方向に掘削する。



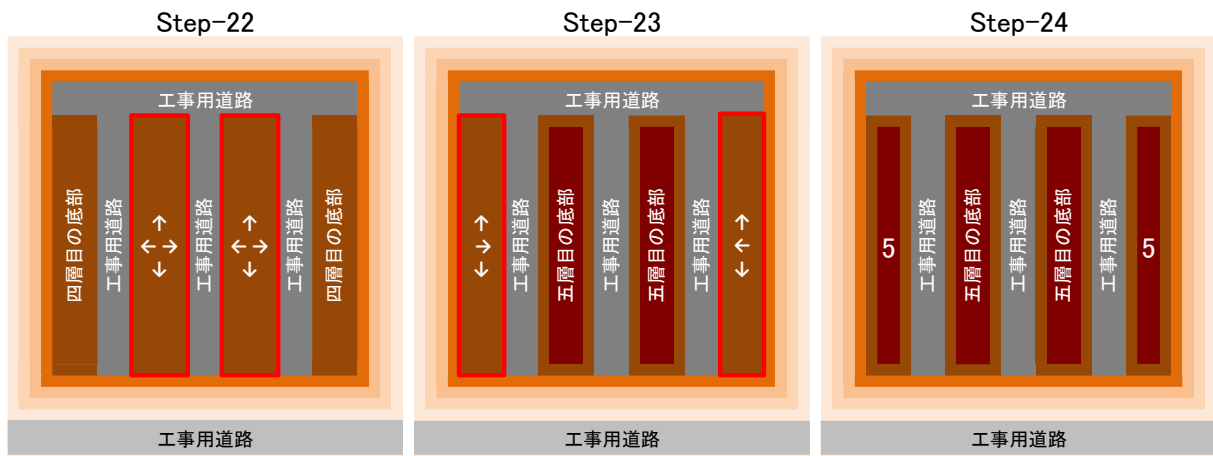
Step-13: 同様にバックホウで掘削する。掘削は放水路内部に敷設する工事用道路に配置したバックホウから行う。
 / Step-14: 3層目の掘削が工事用道路敷設区域を除いて完成する。 / Step-15: 4層目（地表から深さ3~4m）の掘削を開始する。赤枠内部の工事用道路を矢印の方向にバックホウで掘削する。



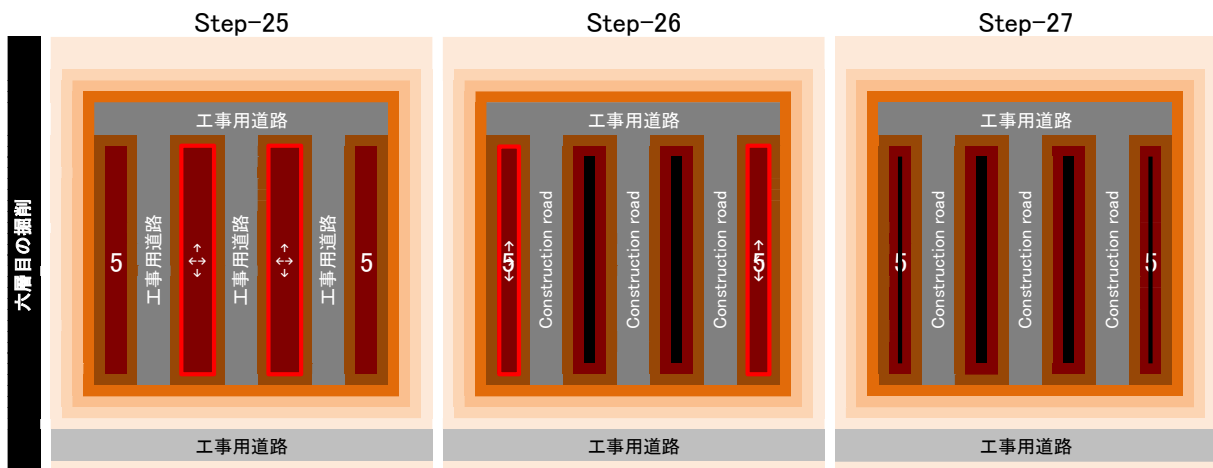
Step-16: 同様にバックホウで掘削する。掘削は放水路内部に敷設する工事用道路に配置したバックホウから行う。
 / Step-17: 4層目の掘削が工事用道路敷設区域を除いて完成する。 / Step-18: 赤枠内部の工事用道路を矢印の方向にバックホウで掘削する。



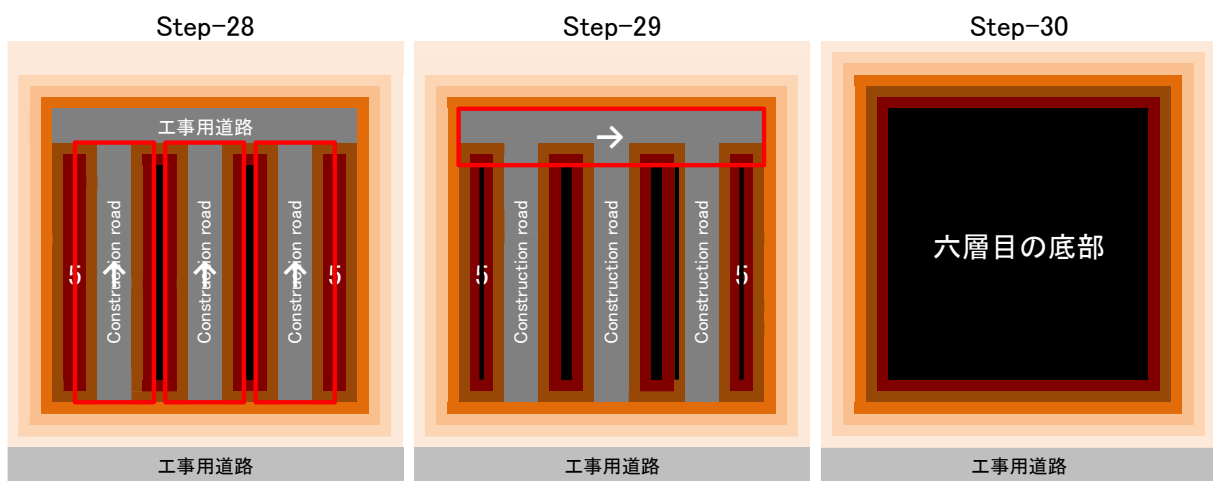
Step-19: 赤枠内部の工事用道路を矢印の方向にバックホウで掘削する。 / Step-20: 4層目の掘削が完成する。 /
 Step-21: 4層目の底面に工事用道路（サンドマット）を敷設する。



Step-22 : 5 層目（地表から深さ 4～5m）の掘削を開始する。赤枠内部を工事用道路に配置したバックホウで矢印の方向に掘削する。／Step-23 : 同様にバックホウで掘削する。掘削は放水路内部に敷設する工事用道路に配置したバックホウから行う。Step-24 : 5 層目の掘削が工事用道路敷設区域を除いて完成する。



Step-25 : 6 層目（地表から深さ 5～6m）の掘削を開始する。赤枠内部を工事用道路に配置したバックホウで矢印の方向に掘削する。／Step-26 : 同様にバックホウで掘削する。Step-27 : 6 層目の掘削が工事用道路敷設区域を除いて完成する。



Step-28 : 赤枠内部の工事用道路を矢印の方向にバックホウで掘削する。／Step-29 : Step-28 : 赤枠内部の工事用道路を矢印の方向にバックホウで掘削する。／Step-30 : 6 層目の掘削が完了する。

出典 : JICA 調査団作成

図 7.9.10 放水路掘削手順

(4) 施工機械、工事日数

1) 工事用道路材料の運搬（供給先から施工箇所まで）

地表、2m 掘削時の掘削面、4m 掘削時の掘削面に敷設する厚さ 50cm のサンドマットの材料を供給先から現場（下流側に隣接する小工区）までの約 20km を 12 台の 10t 級ダンプトラックで運搬する。運搬された砂は 15t 級ブルドーザで敷き均す。作業能力は、10t 級ダンプトラックが運搬距離を 20km として $2.4\text{m}^3/\text{hr}$ （12 台 7 時間稼働で $201\text{m}^3/\text{d}$ ）、15t 級ブルドーザが押土距離を 20m として $83.5\text{m}^3/\text{hr}$ （1 台 7 時間稼働で $584\text{m}^3/\text{d}$ ）である。以上より工事日数は工事数量 $28,650\text{m}^3$ を日作業量 $201\text{m}^3/\text{d}$ で割った 142 日である。この日数は乾期の施工可能日数 150 日以内である。

2) 乾期における地表から深度 3m までの掘削

<工事用道路（サンドマット）敷設> 当該小工区の下流側に隣接する小工区に仮置きされた砂を 1.6m^3 級トラクタショベルで 10t 級ダンプトラックに積み込み、仮置き場から施工箇所まで約 500m 運搬して撒き出す。撒き出された砂を 15t 級ブルドーザで二回転圧する。作業能力は 1.6m^3 級トラクタショベルが $19.3\text{m}^3/\text{hr}$ （5 台 7 時間稼働で $676\text{m}^3/\text{d}$ ）、10t 級ダンプトラックが $13.0\text{m}^3/\text{hr}$ （7 台 7 時間稼働で $636\text{m}^3/\text{d}$ ）、15t 級ブルドーザが $41.7\text{m}^3/\text{hr}$ （2 台 7 時間稼働で $584\text{m}^3/\text{d}$ ）である。以上より工事日数は工事数量 $3,970\text{m}^3$ を日作業量 $584\text{m}^3/\text{d}$ で割った 7 日である。

<掘削> 掘削・積込は 1.4m^3 級バックホウと 0.4m^3 級ロングアームバックホウにより行う。掘削土は築堤材として利用するため仮置場までの約 100m を 10t 級ダンプトラックで運搬する。作業能力は、 1.4m^3 級バックホウの $38.9\text{m}^3/\text{hr}$ （4 台 7 時間稼働で $1,089\text{m}^3/\text{d}$ ）と 0.4m^3 級ロングアームバックホウの $11.1\text{m}^3/\text{hr}$ （4 台 7 時間稼働で $311\text{m}^3/\text{d}$ ）を合計して $1,400\text{m}^3/\text{d}$ 、10t 級ダンプトラックが $14.3\text{m}^3/\text{hr}$ （11 台 7 時間稼働で $1,099\text{m}^3/\text{d}$ ）である。以上より工事日数は工事数量 $145,500\text{m}^3$ を日作業量 $1,400\text{m}^3/\text{d}$ で割った 104 日である。この日数は工事用道路敷設日数と掘削面の安定のための安置日数を考慮しても概ね乾期の施工可能日数 150 日以内である。

<残土処理> 掘削量が盛土材料としての必要量を上回るため残土の処理を行う。残土は掘削工事を行う単位掘削区域の上流側に隣接する単位掘削区域に仮置きする。仮置きされた残土を 1.6m^3 級トラクタショベルで 10t 級ダンプトラックに積み込み、約 70km 離れた残土処理場まで運搬する。作業能力は、 1.6m^3 級トラクタショベルが $19.3\text{m}^3/\text{hr}$ （1 台 12 時間稼働で $232\text{m}^3/\text{d}$ ）、10t 級ダンプトラックが $0.78\text{m}^3/\text{hr}$ （13 台 12 時間稼働で $121\text{m}^3/\text{d}$ ）である。以上より工事日数は工事数量 $21,000\text{m}^3$ を日作業量 $121\text{m}^3/\text{d}$ で割った 174 日である。この日数は乾期の暦日数 181 日以内である。

(a) 雨期における深度 3m から深度 6m までの掘削

<工事用道路（サンドマット）敷設> 施工の方法、機械台数、作業能力は乾期の掘削と同様として、工事日数は工事数量 $1,760\text{m}^3$ を日作業量 $584\text{m}^3/\text{d}$ で割った 3 日である。

<掘削> 施工方法は乾期の施工と同様とするが、乾期の施工可能日数 75 日以内に作業を完了させるため機会の台数を乾期より増やす。作業能力は、 1.4m^3 級バックホウの $38.9\text{m}^3/\text{hr}$ （6 台

7 時間稼働で $1,633\text{m}^3/\text{d}$) と 0.4m^3 級ロングアームバックホウの $11.1\text{m}^3/\text{hr}$ (6 台 7 時間稼働で $467\text{m}^3/\text{d}$) を合計して $2,100\text{m}^3/\text{d}$ 、10t 級ダンプトラックが $14.3\text{m}^3/\text{hr}$ (22 台 7 時間稼働で $2,198\text{m}^3/\text{d}$) である。以上より工事日数は工事数量 $118,500\text{m}^3$ を日作業量 $2,100\text{m}^3/\text{d}$ で割った 56 日である。この日数は工事用道路敷設日数、掘削面の安定のための安置日数を考慮しても概ね雨期の施工可能日数 75 日以内である。

<残土処理> 雨期に掘削する深さ 3m から 6m の粘土は含水比が高く盛土材料としての利用が困難であると想定されるため残土として処理する。残土は掘削工事を行う単位掘削区域の上流側に隣接する単位掘削区域に仮置きする。仮置きされた残土を 1.6m^3 級トラクタショベルで 10t 級ダンプトラックに積み込み、約 70km 離れた残土処理場まで運搬する。作業能力は、 1.6m^3 級トラクタショベルが $19.3\text{m}^3/\text{hr}$ (5 台 18 時間稼働で $676\text{m}^3/\text{d}$)、10t 級ダンプトラックが $0.78\text{m}^3/\text{hr}$ (47 台 18 時間稼働で $656\text{m}^3/\text{d}$) である。以上より工事日数は工事数量 $118,500\text{m}^3$ を日作業量 $656\text{m}^3/\text{d}$ で割った 181 日である。この日数は雨期の暦日数 184 日以内である。

7.9.6 掘削土仮置

(1) 概要

乾期に掘削する地表から深さ 3m までの掘削土 (粘性土) は築堤材料として利用するため掘削区域の左右岸の築堤予定区域に仮置きする。

(2) 工事数量

工事数量は乾期における延長 500m の小工区あたりの地表から深さ 3m までの掘削土量 $145,500\text{m}^3$ である。

(3) 施工方法、施工機械、工事日数

掘削工により仮置場まで運搬される掘削土を 15t 級ブルドーザで敷き均す。作業能力は $83.5\text{m}^3/\text{hr}$ (2 台 7 時間稼働で $1,169\text{m}^3/\text{d}$) である。工事日数は工事数量 $145,500\text{m}^3$ を日作業量 $1,169\text{m}^3/\text{d}$ で割った 124 日である。

7.9.7 スtockパイル造成・プレローディング

(1) 概要（粘性土と砂の混合方法）

粘性土と砂を混合する方法として下表に示す4つの方法を想定する。放水路の堤防の材料とするための混合方法として下表中、レベル1、2は放水路堤防、道路路体の材料とするための混合方法、レベル3、4は道路路床の材料とするための混合方法として想定している。

表 7.9.3 粘性土と砂の混合方法

		簡易なミキシング ←		→ 丁寧なミキシング (プラントミキシング)	
		レベル1	レベル2	レベル3	レベル4
		ストックパイル切り出し	スタビライザー混合	ミキシングプラント混合	ツイスター混合 (回転式破砕混合工法)
ミキシング方法		ブドーザでスライスして切り出し、積込用のホイールローダで3回程度落下させてからダンプに積込む  <ストックパイル造成方法> ①粘土をクラムシェルまたはバックホウで掘削 ②仮置きした掘削土(粘土)を天日乾燥させ、バックホウで小割りにする ③小割りにした粘土と砂質土を交互に敷設してストックパイルを造成する	スタビライザーによる現地混合  	定置式のプラントを設置し、プラントに投入される粘性土と砂を攪拌して混合する 	  Before → Mixing → After
適用方法		施工期間を短縮し施工コストを低く抑える場合に適用することができる。	レベル1では混合が不十分な場合にレベル1の方法と併用する。	レベル2より丁寧な混合を行う場合に採用される。混合時の粘性分がミキサーの回転翼に纏わりつくなど当該方法で混合が不十分な場合はレベル4を採用することが望ましい。	現地発生材と砂と石灰の3種混合でミキサーを使う場合がレベル4(ツイスター以外の通常のミキサーは2種混合まで)。

出典：JICA 調査団作成

上表に示す混合方法のうちレベル1については現地の状況に応じた適切な方法を検討する必要があるため、検討の結果を以下に示した。粘性土と砂を交互に積み重ねるストックパイルは放水路左右岸の盛土予定箇所に造成する。ストックパイル底面の面積は右岸において約 5,000m² (幅約 100m×上下流方向延長約 500m)、左岸において約 3,000m² (幅約 30m×上下流方向延長約 500m) とする。ストックパイルは乾期の 150 日程度の期間で造成する。掘削直後の粘性土の塊の大きさは概ね 70cm 程度と想定されるが、この塊を砂の層の上に置き、バックホウや人力作業により分割すると同時に天日乾燥させる。



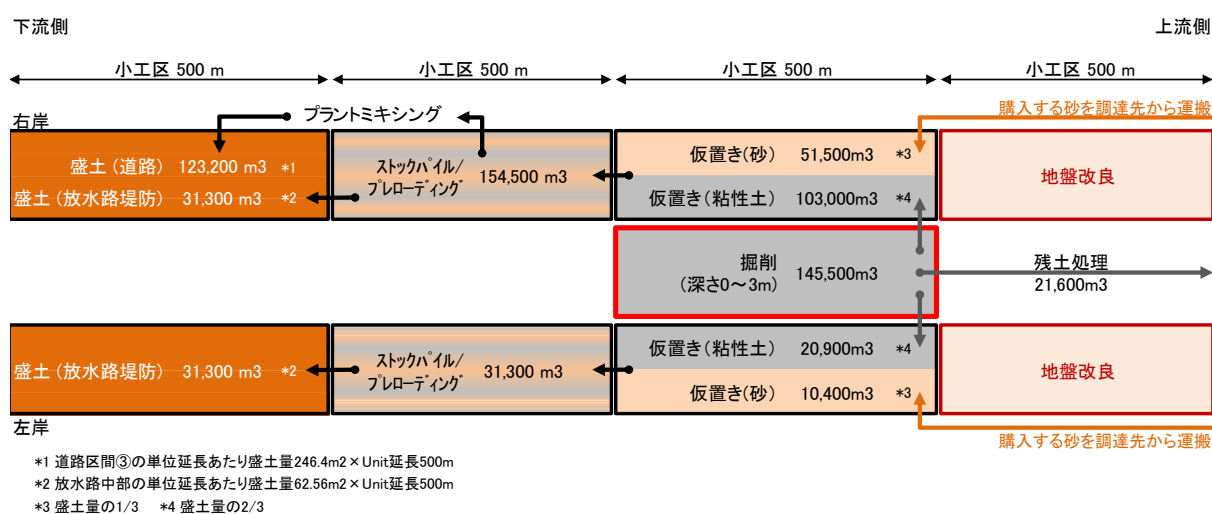
出典：JICA 調査団作成

図 7.9.11 粘性土と砂を交互に積み上げるストックパイル

(2) 工事数量

1) 中部の工区を対象としたストックパイルの必要容量

外郭環状道路の区間区分では③に該当し、放水路の区間区分では中部に該当する工区を対象に土量を設定した結果は以下に示すとおりである。一つの小工区において道路及び放水路堤防の盛土に必要な土量は、放水路右岸の道路盛土に 123,200m³、右岸の放水路堤防に 31,300m³、左岸の放水路堤防に 31,300m³ である。これらの盛土のために右岸では 154,500m³、左岸では 31,300m³ のストックパイルを用意する必要がある。ストックパイルは粘性土（放水路掘削土）と砂を 2:1 の比率で層状に積み重ねて造成するため、右岸では 103,000m³ の粘性土と 51,500m³ の砂の仮置きが必要である。砂は購入し仮置場まで運搬する。粘性土は放水路掘削土を仮置場まで運搬する。放水路を深さ 3m まで掘削した時に発生する粘性土の量は 145,500m³ であるが、この量から築堤に必要な量を除いた余分 21,000m³ は残土として処分する。



出典：JICA 調査団作成

図 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）

2) ストックパイル造成に必要な面積

外郭環状道路の区間区分では③に該当し、放水路の区間区分では中部に該当する工区では、右岸に155,400m³のストックパイル、左岸に32,200m³のストックパイルを造成する必要がある。ストックパイルは概ね一つの小工区内に造成することが望ましい。下表に示すとおり、右岸ではストックパイルの底面の幅を106.8m、底面の上下流方向の延長を511m、盛土勾配1:1.5、高さ3mとして粘性土と砂を交互に積み上げると155,465m³のストックパイルを造成することができる。ストックパイルの延長511mは小工区の延長500mを11m上回るが、ストックパイルを造成する小工区の下流側に隣接する小工区は盛土を行う小工区であり、盛土工事はストックパイルを切り崩しながら行うため、一時的にストックパイルを延長11m程度、盛土を行う小工区内に造成しても施工上の不都合は生じない。左岸ではストックパイルの底面の幅を26.8m、底面の上下流方向の延長を486m、盛土勾配1:1.5、高さ3mとして粘性土と砂を交互に積み上げると32,233m³のストックパイルを造成することができる。

表 7.9.4 ストックパイルの面積と容量

層	土質	層厚	高さ	右岸						左岸						合計	
				底部延長	底部幅	上部延長	上部幅	面積	体積	底部延長	底部幅	上部延長	上部幅	面積	体積	面積	体積
		m	m	m	m	m	m	m ²	m ³	m	m	m	m	m ²	m ³	m ²	m ³
八層目	粘性土	0.50	2.50	503.50	99.30	502.00	97.80	49,998	24,773	478.50	19.30	477.00	17.80	9,235	4,431	59,233	29,204
七層目	砂	0.25	2.25	504.25	100.05	503.50	99.30	50,450	12,556	479.25	20.05	478.50	19.30	9,609	2,355	60,059	14,911
六層目	粘性土	0.50	1.75	505.75	101.55	504.25	100.05	51,359	25,452	480.75	21.55	479.25	20.05	10,360	4,992	61,719	30,444
五層目	砂	0.25	1.50	506.50	102.30	505.75	101.55	51,815	12,897	481.50	22.30	480.75	21.55	10,737	2,637	62,552	15,534
四層目	粘性土	0.50	1.00	508.00	103.80	506.50	102.30	52,730	26,136	483.00	23.80	481.50	22.30	11,495	5,558	64,226	31,694
三層目	砂	0.25	0.75	508.75	104.55	508.00	103.80	53,190	13,240	483.75	24.55	483.00	23.80	11,876	2,921	65,066	16,161
二層目	粘性土	0.50	0.25	510.25	106.05	508.75	104.55	54,112	26,825	485.25	26.05	483.75	24.55	12,641	6,129	66,753	32,954
一層目	砂	0.25	0.00	511.00	106.80	510.25	106.05	54,575	13,586	486.00	26.80	485.25	26.05	13,025	3,208	67,600	16,794
合計	粘性土							208,199	103,187					43,731	21,110	251,930	124,297
	砂							210,030	52,278					45,247	11,122	255,277	63,401
	合計	3.00						418,229	155,465					88,979	32,233	507,207	187,698

出典：JICA 調査団作成

(3) 施工方法、施工機械、工事日数

1) 日作業時間7時間の場合

一つの小工区 (Unit) では右岸に155,465m³、左岸に32,233m³のストックパイルを造成する必要がある。ストックパイルの造成は以下の手順で行う。1) 仮置き場に仮置きされた粘性土及び砂をトラクタショベル (ホイールローダ) でダンプトラックに積み込む。2) ダンプトラックで粘性土と砂をストックパイル造成場所まで運搬し造成場所に撒きだす。3) 撒き出された粘性土と砂をブルドーザで敷き均す。砂の敷き均しはブルドーザのみで行うが、粘性土の敷き均しは、塊状の粘性土を小さく割る作業が必要となるため、小型のバックホウによる作業と人力作業により行う。粘性土は敷き均すと同時に天日乾燥させる必要があるため、粘性土一層を敷き均すために30日程度の期間をかける。以上の作業を乾期における150日の施工可能日数内で日作業時間を7時間として行うためには、トラクタショベル (1.6m³級) が47台、ダンプトラック (10t級) が70台、ブルドーザ (15t級) が15台必要である。さらに、粘性土撒きだしの補助作業として小型のバックホウ (0.008m³級) 12台と普通作業員12名が必要である。これらの重機等の

延べ作業日数はトラクタショベル 1,389 台・日、ダンプトラック 2,069 台・日、ブルドーザ 443 台・日、小型バックホウ 1,440 台・日、普通作業員 1,440 人・日である。

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）

土質	層	作業項目	使用機械	規格	一台の作業	機械台数	作業能力	最小作業能力			施工量			作業日数	総作業量
					a	b	c	d	e	f	右岸	左岸	合計	j	k
					m3/hr	台	m3/hr	m3/hr	hr/day	m3/day	m3	m3	m3	days	(b*j)
砂	一層目	積込み	TS	1.6m3	19.30	47	907.20	907.20	7	6,350	13,586	3,208	16,794	2.64	124.29
		運搬	DT	10t	12.98	70	908.69								185.12
		敷均し	BD	15t	61.42	15	921.29								39.67
粘性土	二層目	積込み	TS	1.6m3	19.30	47	907.20	907.20	7	6,350	26,825	6,129	32,954	5.19	243.90
		運搬	DT	10t	12.98	70	908.69								363.25
		敷均し	BD	15t	61.42	15	921.29								77.84
		天日乾燥	BH etc	0.008m3											
砂	三層目	積込み	TS	1.6m3	19.30	47	907.20	907.20	7	6,350	13,240	2,921	16,161	2.54	119.61
		運搬	DT	10t	12.98	70	908.69								178.15
		敷均し	BD	15t	61.42	15	921.29								38.17
粘性土	四層目	積込み	TS	1.6m3	19.30	47	907.20	907.20	7	6,350	26,136	5,558	31,694	4.99	234.57
		運搬	DT	10t	12.98	70	908.69								349.36
		敷均し	BD	15t	61.42	15	921.29								74.86
		天日乾燥	BH etc	0.008m3											
砂	五層目	積込み	TS	1.6m3	19.30	47	907.20	907.20	7	6,350	12,897	2,637	15,534	2.45	114.97
		運搬	DT	10t	12.98	70	908.69								171.23
		敷均し	BD	15t	61.42	15	921.29								36.69
粘性土	六層目	積込み	TS	1.6m3	19.30	47	907.20	907.20	7	6,350	25,452	4,992	30,444	4.79	225.32
		運搬	DT	10t	12.98	70	908.69								335.58
		敷均し	BD	15t	61.42	15	921.29								71.91
		天日乾燥	BH etc	0.008m3											
砂	七層目	積込み	TS	1.6m3	19.30	47	907.20	907.20	7	6,350	12,556	2,355	14,911	2.35	110.36
		運搬	DT	10t	12.98	70	908.69								164.37
		敷均し	BD	15t	61.42	15	921.29								35.22
粘性土	八層目	積込み	TS	1.6m3	19.30	47	907.20	907.20	7	6,350	24,773	4,431	29,204	4.60	216.14
		運搬	DT	10t	12.98	70	908.69								321.92
		敷均し	BD	15t	61.42	15	921.29								68.98
		天日乾燥	BH etc	0.008m3											
合計		積込み	TS	1.6m3											1389.17
		運搬	DT	10t							155,465	32,233	187,698	149.6	2068.98
		敷均し	BD	15t											443.35

運搬：仮置き場からストックパイル造成ヤードまで
 TS：トラクタショベル DT：ダンプトラック BD：ブルドーザー BH：バックホウ

出典：JICA 調査団作成

2) 日作業時間 24 時間の場合

以上の作業を乾期における 150 日の施工可能日数内で日作業時間を 24 時間として行うこととすると、必要な重機の台数は、トラクタショベル (1.6m³級) が 14 台、ダンプトラック (10t 級) が 21 台、ブルドーザ (15t 級) が 5 台となる。重機等の延べ作業日数はトラクタショベル 405 台・日、ダンプトラック 608 台・日、ブルドーザ 145 台・日となる。小型のバックホウ (0.008m³ 級) 12 台と普通作業員 12 名による粘性土撒きだしの補助作業については、天日乾燥のために日数をかける必要があるため必要台数は日作業時間を 7 時間とする場合と同じである。

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)

土質	層	作業項目	使用機械	規格	一台の作業	機械台数	作業能力	最小作業能力			施工量			作業日数 j days	総作業量 k (b*) 台・日
					a	b	c	d	e	f	g	h	i		
					m ³ /hr	台	m ³ /hr	m ³ /hr	hr/day	m ³ /day	m ³	m ³	m ³		
砂	一層目	積込み	TS	1.6m ³	19.30	14	270.23	270.23	24	6,486	13,586	3,208	16,794	2.59	36.25
		運搬	DT	10t	12.98	21	272.61								54.38
		敷均し	BD	15t	61.42	5	307.10								12.95
粘性土	二層目	積込み	TS	1.6m ³	19.30	14	270.23	270.23	24	6,486	26,825	6,129	32,954	5.08	71.14
		運搬	DT	10t	12.98	21	272.61								106.71
		敷均し	BD	15t	61.42	5	307.10								25.41
		天日乾燥	BH etc	0.008m ³										30.00	
砂	三層目	積込み	TS	1.6m ³	19.30	14	270.23	270.23	24	6,486	13,240	2,921	16,161	2.49	34.89
		運搬	DT	10t	12.98	21	272.61								52.33
		敷均し	BD	15t	61.42	5	307.10								12.46
粘性土	四層目	積込み	TS	1.6m ³	19.30	14	270.23	270.23	24	6,486	26,136	5,558	31,694	4.89	68.42
		運搬	DT	10t	12.98	21	272.61								102.63
		敷均し	BD	15t	61.42	5	307.10								24.43
		天日乾燥	BH etc	0.008m ³										30.00	
砂	五層目	積込み	TS	1.6m ³	19.30	14	270.23	270.23	24	6,486	12,897	2,637	15,534	2.40	33.53
		運搬	DT	10t	12.98	21	272.61								50.30
		敷均し	BD	15t	61.42	5	307.10								11.98
粘性土	六層目	積込み	TS	1.6m ³	19.30	14	270.23	270.23	24	6,486	25,452	4,992	30,444	4.69	65.72
		運搬	DT	10t	12.98	21	272.61								98.58
		敷均し	BD	15t	61.42	5	307.10								23.47
		天日乾燥	BH etc	0.008m ³										30.00	
砂	七層目	積込み	TS	1.6m ³	19.30	14	270.23	270.23	24	6,486	12,556	2,355	14,911	2.30	32.19
		運搬	DT	10t	12.98	21	272.61								48.28
		敷均し	BD	15t	61.42	5	307.10								11.50
粘性土	八層目	積込み	TS	1.6m ³	19.30	14	270.23	270.23	24	6,486	24,773	4,431	29,204	4.50	63.04
		運搬	DT	10t	12.98	21	272.61								94.56
		敷均し	BD	15t	61.42	5	307.10								22.52
		天日乾燥	BH etc	0.008m ³										30.00	
合計		積込み	TS	1.6m ³							155,465	32,233	187,698	148.9	405.17
		運搬	DT	10t											607.76
		敷均し	BD	15t											144.71

運搬：仮置き場からストックパイル造成ヤードまで
 TS：トラクタショベル DT：ダンプトラック BD：ブルドーザ BH：バックホウ

出典：JICA 調査団作成

(4) 参考：放水路掘削時に発生する粘性土の天日乾燥について

外郭環状道路放水路を掘削する際に発生する粘性土（バンコククレイ）を放水路堤防の材料として利用するためには、ストックパイルにおいて天日乾燥により粘性土中の含水比を最適含水比付近まで低減させ、所定の乾燥密度やワーカビリティが得られることを確認する必要がある。そこで、放水路掘削時に発生する粘性土に類似した粘性土（RID 敷地内での杭打ち工事の際に発生した粘性土）を用いて、天日乾燥により粘性土の含水比がどのように低減するかを確認した。

1) 含水比低減状況確認のための試料

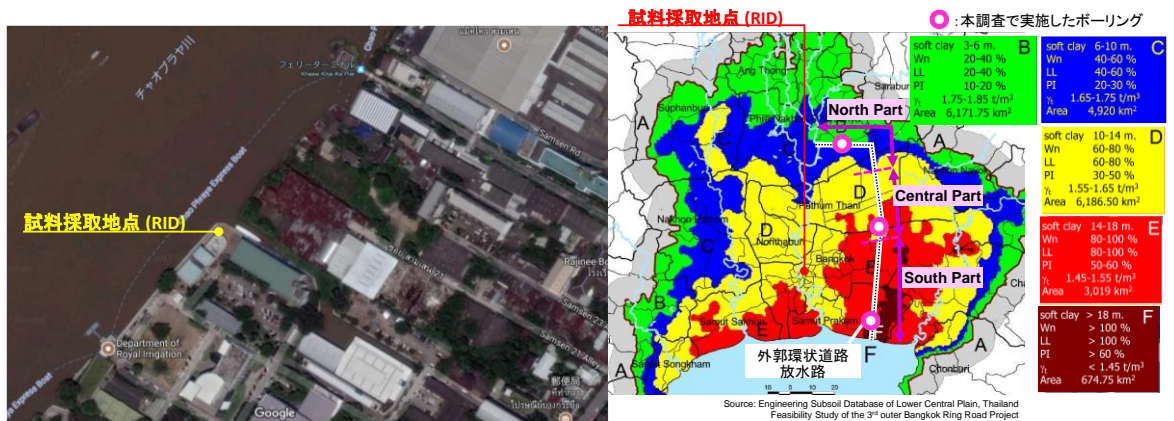
RID の敷地内では建物建設のための杭打ち工事が実施されており、この工事に際して下図に示す粘性土が掘削されていた。工事箇所はカセサート大学による土質区分図に示される D ランクの軟弱粘性土が分布する区域に位置する。このためこの工事で掘削された粘性土は外郭環状道路放水路掘削時に発生する粘性土と類似する粘性土であると考えられる。



2017.9.26 13:00 RID敷地内の杭打ち現場 (JICA 調査団撮影)

出典：JICA 調査団撮影

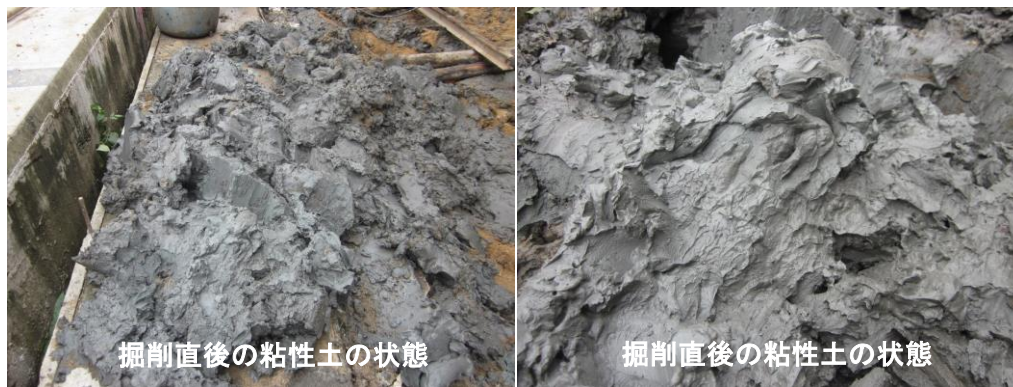
図 7.9.13 RID における杭打ち工事の実施状況



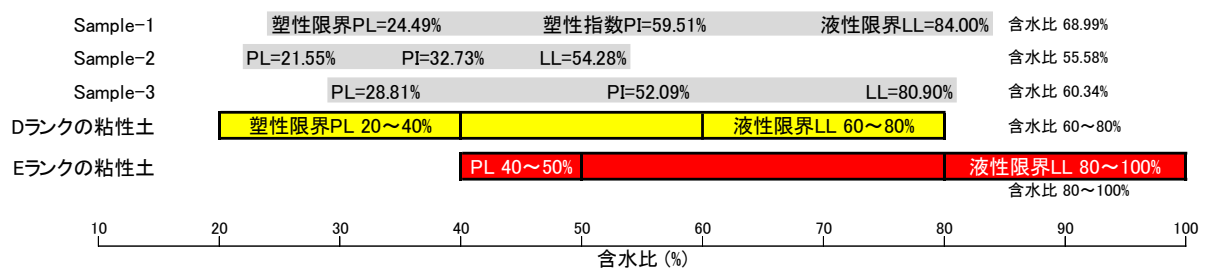
出典：左図はグーグルマップ画像に加筆、右図はカセサート大学試料に加筆

図 7.9.14 RID 敷地内の杭打ち工事の実施箇所

杭打ち工事の際に掘削された粘性土を試料として自然含水比、液性限界、塑性限界、塑性指数を測定した結果は以下に示すとおりである。この図に示すとおり採取した試料の物性値は放水路計画線上で採取した試料の物性値と類似した値を示す。



↑ RID 敷地内の杭打ち工事現場で発生した粘性土



出典：JICA 調査団作成

図 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)

2) 測定項目

RID 敷地内の杭打ち工事現場から 35cm 程度の塊状の粘性土を採取し、採取した粘性土塊を試験室で 28 日間天日乾燥させ、1,3,7,14,21,28 日目の土塊重量を測定し含水比を求めた。28 日間の天日乾燥の方法は以下の 2 ケースとした。

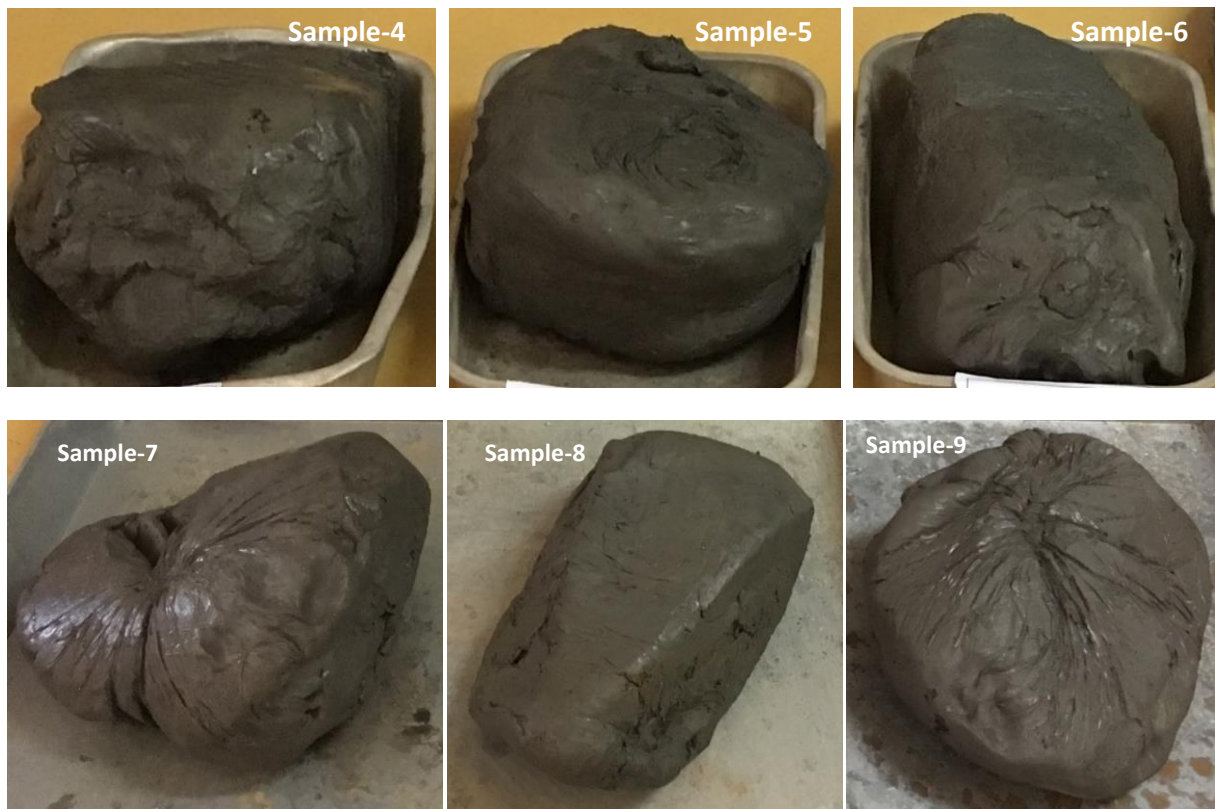
小割しない場合：現場から採取した 35cm 程度の塊のまま 28 日間天日乾燥させた場合 (sample-4,5,6)

小割する場合：35cm 程度の塊を 7 日目に 2 分割し、14 日目には 35cm 程度の塊が 4 つになるよう分割し、21 日目には塊が 8 つになるよう分割した場合。ストックパイル造成時にはバックホウや人力により放水路掘削土（粘性土）を小割にして天日乾燥させることとしているため、このような施工を想定した。（Sample-7,8,9）

表 7.9.7 含水比測定計画表

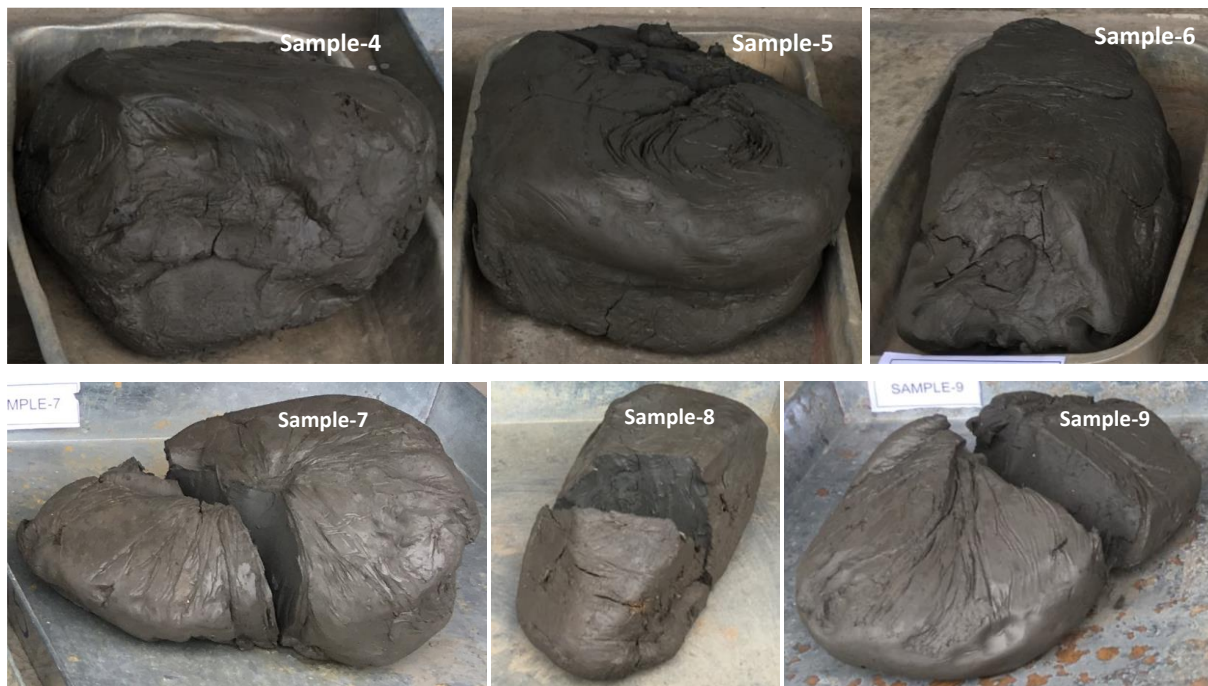
Items to be measured								
	Clay Mass size = 35 cm			Size	Clay Mass size = 35 cm			Size
	Sample-4	Sample-5	Sample-6		Sample-7	Sample-8	Sample-9	
After 1 days	Water content (%)	Water content (%)	Water content (%)	35 cm	Water content (%)	Water content (%)	Water content (%)	35 cm
After 3 days	Water content (%)	Water content (%)	Water content (%)		Water content (%)	Water content (%)	Water content (%)	
After 7 days	Water content (%)	Water content (%)	Water content (%)		Water content (%)	Water content (%)	Water content (%)	2 piece
After 14 days	Water content (%)	Water content (%)	Water content (%)		Split into two	Split into two	Split into two	
After 21 days	Water content (%)	Water content (%)	Water content (%)		Water content (%)	Water content (%)	Water content (%)	4 piece
After 28 days	Water content (%)	Water content (%)	Water content (%)		Water content (%)	Water content (%)	Water content (%)	
							8 piece	

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 7.9.16 天日乾燥後の粘性土（試料採取から2日後）



出典：JICA 調査団作成

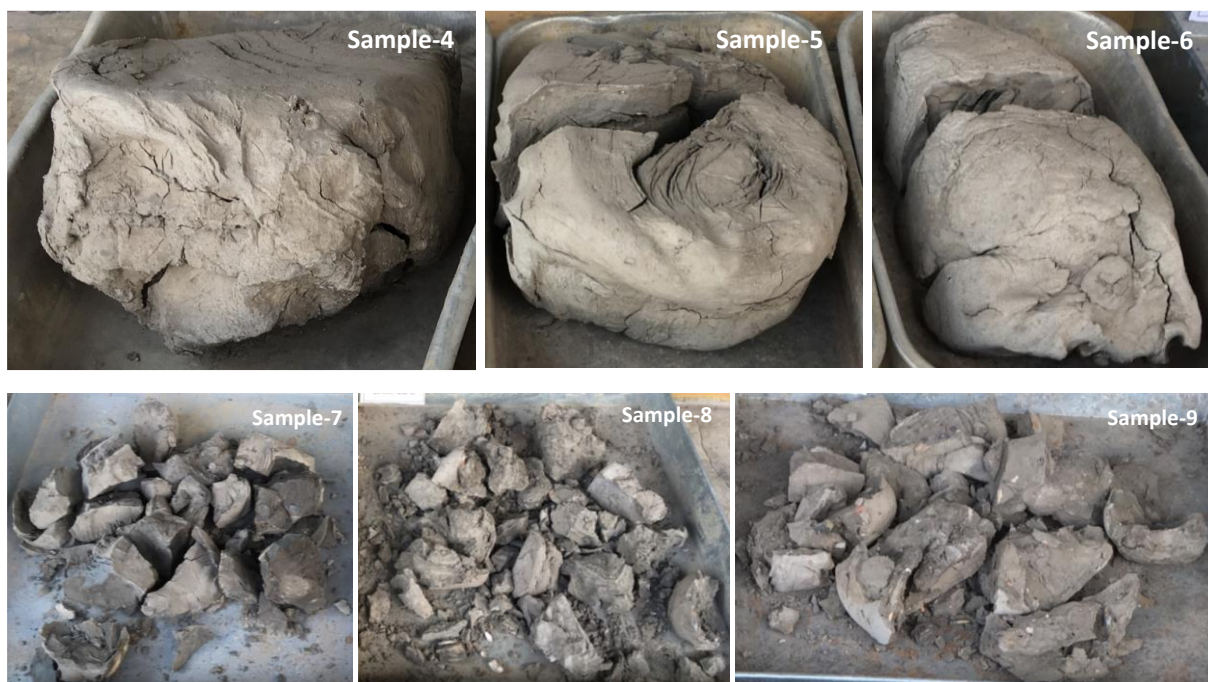
図 7.9.17 天日乾燥後の粘性土（試料採取から 3 日後、Sample-7,8,9 は 2 分割後）



※Sample-5, 6 は乾燥により自然に割れた

出典：JICA 調査団作成

図 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）



※Sample-5, 6 は乾燥により自然に割れた

出典：JICA 調査団作成

図 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）

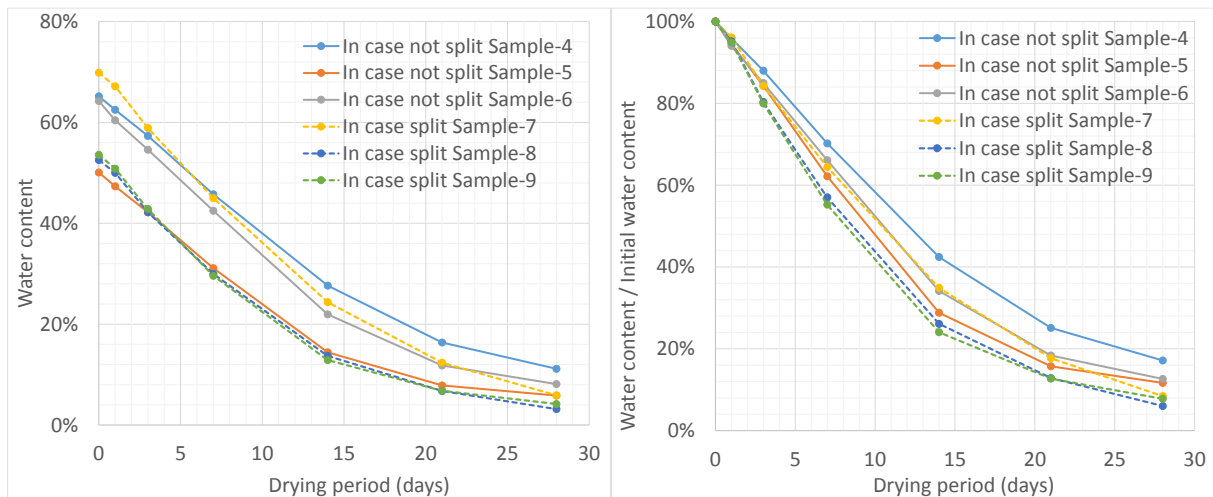
3) 試験結果

RID 敷地内の杭打ち現場から採取した粘性土を試料として、天日乾燥による粘性土の含水比の低減状況を確認した結果は以下のとおりである。下図において Sample-4,5,6 は 35cm 程度の塊状のまま 28 日間天日乾燥させた場合である。Sample-7,8,9 は 35cm 程度の塊を前述のとおり小割にした場合である。別途土質試験の結果から放水路建設予定地の粘性土については最適含水比が 24%程度であることがわかっているため、天日乾燥により含水比を 24%まで下げるために要する日数を確認した。

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）

In case that sample clay mass is not split								In case that sample clay mass is split							
	days	Weight (kg)					Water content		days	Weight (kg)					Water content
		soil, water, tray	tray	soil, water	water	soil				soil, water, tray	tray	soil, water	water	soil	
Sample-4	0	12.72	0.30	12.42	4.90	7.52	65%	Sample-7	0	17.05	2.63	14.42	5.93	8.49	70%
	1	12.52	0.30	12.22	4.70	7.52	63%		1	16.82	2.63	14.19	5.70	8.49	67%
	3	12.13	0.30	11.83	4.31	7.52	57%		3	16.12	2.63	13.49	5.00	8.49	59%
	7	11.26	0.30	10.96	3.44	7.52	46%		7	14.94	2.63	12.31	3.82	8.49	45%
	14	9.90	0.30	9.60	2.08	7.52	28%		14	13.19	2.63	10.56	2.07	8.49	24%
	21	9.05	0.30	8.75	1.23	7.52	16%		21	12.17	2.63	9.54	1.05	8.49	12%
	28	8.66	0.30	8.36	0.84	7.52	11%		28	11.62	2.63	8.99	0.50	8.49	6%
Sample-5	0	12.94	0.35	12.59	4.20	8.39	50%	Sample-8	0	17.08	2.62	14.46	4.98	9.48	53%
	1	12.71	0.35	12.36	3.97	8.39	47%		1	16.84	2.62	14.22	4.74	9.48	50%
	3	12.28	0.35	11.93	3.54	8.39	42%		3	16.10	2.62	13.48	4.00	9.48	42%
	7	11.35	0.35	11.00	2.61	8.39	31%		7	14.94	2.62	12.32	2.84	9.48	30%
	14	9.95	0.35	9.60	1.21	8.39	14%		14	13.40	2.62	10.78	1.30	9.48	14%
	21	9.40	0.35	9.05	0.66	8.39	8%		21	12.74	2.62	10.12	0.64	9.48	7%
	28	9.23	0.35	8.88	0.49	8.39	6%		28	12.40	2.62	9.78	0.30	9.48	3%
Sample-6	0	11.06	0.35	10.71	4.19	6.52	64%	Sample-9	0	15.48	2.61	12.87	4.49	8.38	54%
	1	10.81	0.35	10.46	3.94	6.52	60%		1	15.25	2.61	12.64	4.26	8.38	51%
	3	10.43	0.35	10.08	3.56	6.52	55%		3	14.58	2.61	11.97	3.59	8.38	43%
	7	9.64	0.35	9.29	2.77	6.52	42%		7	13.47	2.61	10.86	2.48	8.38	30%
	14	8.30	0.35	7.95	1.43	6.52	22%		14	12.07	2.61	9.46	1.08	8.38	13%
	21	7.64	0.35	7.29	0.77	6.52	12%		21	11.56	2.61	8.95	0.57	8.38	7%
	28	7.40	0.35	7.05	0.53	6.52	8%		28	11.34	2.61	8.73	0.35	8.38	4%

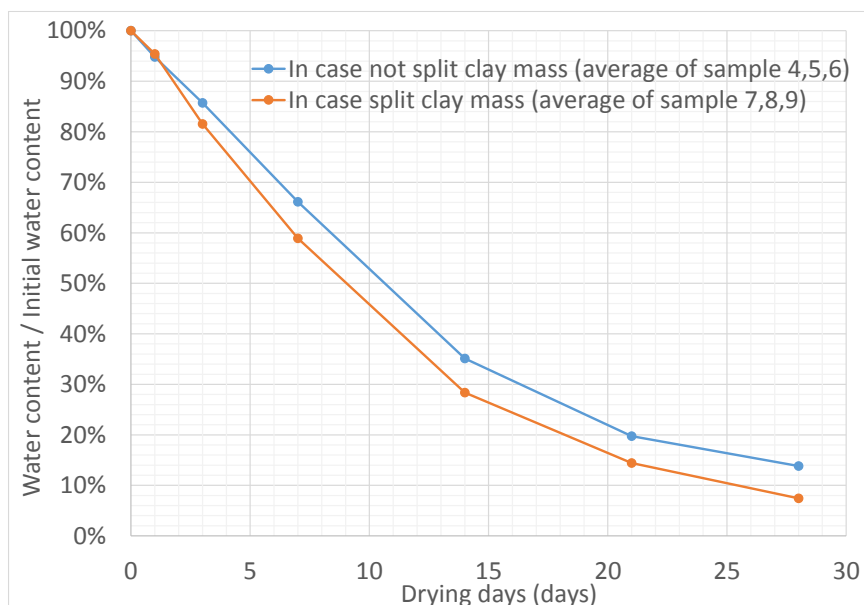
出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 7.9.20 天日乾燥による粘性土の含水比の低減状況（測定結果）

上左図は天日乾燥日数と含水比の関係を示した図である。上右図は天日乾燥日数と初期含水比に対する含水比の比率の関係を示した図である。右上図から粘性土の塊を小割にした場合（Sample-7,8,9）の方が小割にしない場合（Sample-4,5,6）に比べて数日乾燥させた後における含水比の初期含水比に対する比率が小さい（小割にした場合の方が含水比が早く低減する）ことがわかる。



出典：JICA 調査団作成

図 7.9.21 天日乾燥による粘性土の含水比の低減状況（測定結果）

上図は粘性土の塊を小割にした場合と小割にしない場合の含水比低減の傾向を比較した図である。青色のプロットは同じ乾燥日数における Sample-4,5,6（粘性土の塊を小割にしない場合）の含水比の初期含水比に対する比率の平均値である。橙色のプロットは同様に Sample-7,8,9（粘性土の塊を小割にした場合）の含水比の初期含水比に対する比率を平均した値である。この図

から粘性土の塊を小割にした場合の方が小割にしない場合より早く含水比が低減することがわかる。

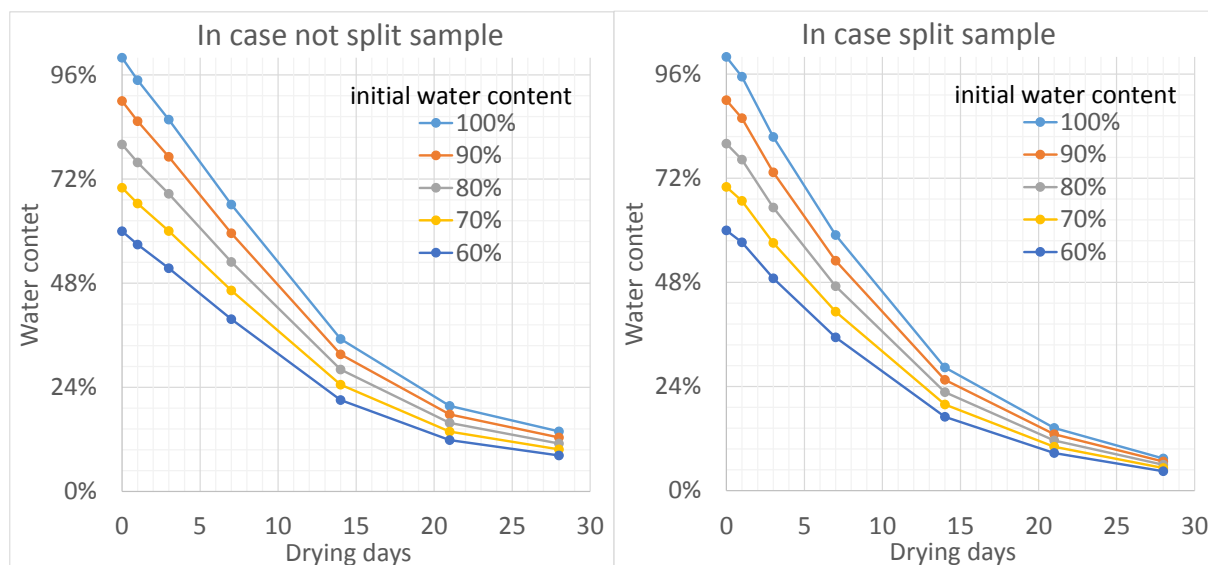


図 7.9.22 天日乾燥による粘性土の含水比の低減状況（推定結果）

上図は、図 7.9.21 に示す初期含水比に対する数日後の含水比の比率を用いて、初期含水比が 100%、90%、80%、70%、60%の粘性土塊を数日天日乾燥させた場合の含水比を推定した結果である。左の図は粘性土塊を小割にした場合、右の図は小割にしない場合の含水比の変化を示した図である。この図から含水比が最適含水比 24%までに要する日数を読み取ると下表に示すとおりである。外角環状道路放水路建設時には主として E ランク及び D ランクの粘性土を利用することになる。D ランクの粘性土の自然含水比は 70%程度、E ランクはのそれは 90%程度である。下表に示す日数を参考にすると D ランクの粘性土の場合、粘性土の含水比を最適含水比まで低減させるために必要な日数は小割しない場合で 14 日、小割する場合で 13 日である。E ランクの粘性土の場合には小割しない場合で 18 日、小割する場合で 15 日である。

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（推定結果）

Case	Initial water content				
	100%	90%	80%	70%	60%
In case not split clay mass	19	18	16	14	13
In case split clay mass	16	15	14	13	11

unit:days

4) 掘削後に放置された粘性土の変化

RID 敷地内の杭打ち工事現場では地中から掘削された粘性土が数日間放置されていた。放置された粘性土は天日乾燥により含水比が低減し、粘性土のトラフィカビリティ（建設機械の走行耐性）が上がっていく状況を確認することができた。以下にその概要を示した。下図は杭打ち工事が実施されていた4地点（Site-A,B,C,D）の状況を示す写真である。含水比測定のための試料を採取した地点は site-D である。Site-A,B,C については掘削後の粘性土が数日間放置されていたため、経過を観察した。



図 7.9.23 試料採取地点の状況（RID 敷地内の杭打ち工事現場）

以下の写真は掘削後に数日間放置された粘性土の状況を示す写真である。

Just after excavation, site-C (09/26 13:00)



Just after excavation, site-C (09/26 16:30)



1day after excavation, site-C (09/27 09:00)



1day after excavatuion, site-C (09/27 12:30)



1day after excavation, site-C (09/27 16:30)



2days after excavation, site-C (09/28 10:00)



掘削後 1 日放置された粘性土は柔らかく指で押すと簡単に中に入る (2 列目中段の写真参照)。

3days after excavation, site-B (09/26 13:00)



3days after excavation, site-C (9/29 11:00)



4days after excavation, site-B (09/27 12:30)



4days after excavation, site-B (09/27 16:30)



5days after excavation, site-B (09/28 10:00)



6days after excavation, site-B (09/29 11:00)



掘削後 4 日放置された粘性土は人が載っても沈まない程度の強度がある (4 列目の中段の写真参照)。

掘削後 5 日放置された粘性土の内部は指で引っかくと溝ができる (2 列目下段の写真参照)。

7days after excavation, site-A (09/26 13:00)



8days after excavation, site-A (09/27 12:30)



9days after excavation, site-A (09/28 10:00)



9days after excavation, site-B (10/02 09:00)



10days after excavation, site-A (09/29 11:00)



13days after excavation, site-A (10/02 09:00)



掘削後 8 日放置された粘性土の内部は指で引っかくと溝ができる程度の柔らかさがあるが (2 列目下段の写真参照)、人が載って激しく足踏みしても沈まない程度の強度がある (3 列目の下段の写真参照)。

出典：JICA 調査団撮影

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

7.9.8 プラントミキシング

(1) 概要

本検討では、道路路床の材料として使用するための混合土（購入する砂と放水路掘削時に発生する粘性土を混合した土）の強度は、CBR（California Bearing Ratio：路床土支持力比）が4%以上の強度とした。このためストックパイルを切り崩して混合した土をさらにプラントミキシングで混合して道路路床の材料とする。道路路体の材料についても同様に購入砂と放水路掘削土の混合土を用いるが、必要な強度はコーン指数が400kN/m²(kPa)以上の強度とした。この強度は放水路堤防の材料に必要な強度と同じであるが、常に自動車が走行する道路の重要性を考慮して道路路体の材料についても道路路床の材料と同様にミキシングプラントで混合したものとする。放水路堤防の材料についてはミキシングプラントでの混合は行わず、ストックパイルから盛土ヤードに直接運搬する。

(2) 工事数量

道路路体及び道路路床の材料として混合が必要な量は約14,824,000m³である。これを8箇所を設置するミキシングプラントにおいて4年間で混合する。この場合、プラント1基で一回の乾期に混合すべき土量は約463,000m³である。ミキシングプラントは約60kmの区間の道路盛土の材料を混合するため8箇所に設置するので、プラント1箇所ですべて約7.5km（小工区14.9箇所）

分) の区間の材料を混合する。このためプラント 1 基で一回の乾期に混合すべき量は小工区あたりに換算すると $31,000\text{m}^3$ ($463,000\text{m}^3/14.9$ 小工区) である。

表 7.9.10 プラントミキシング工事数量 (小工区 500m あたり)

施工区間	(C)	(D)	(E)	(F)
延長 (m)	11,220	21,079	27,211	
	59,510			
小工区の数	119			
ミキシング土量 ($\text{m}^3/8\text{plants}$)	2,510,000	5,193,000	6,166,000	955,000
	14,824,000			
ミキシングプラントの設置数	8			
プラント一基で担当する小工区の数	14.9			
ミキシングプラント1基あたり処理量 (m^3/plant)	1,853,000			
一回の乾期の処理量	プラント一基あたり ($\text{m}^3/\text{plant}/\text{year}$)	463,000		
	小工区あたり (m^3/Unit)	31,000		

(3) 施工方法、施工機械、工事日数

15t 級ブルドーザでストックパイルを切り崩し、 1.6m^3 級トラクタショベルで 10t 級ダンプトラックに積み込み、ストックパイルからミキシングプラントまで運搬する。作業能力は、15t 級ブルドーザが押土距離を 20m とし $83.5\text{m}^3/\text{hr}$ (1 台 7 時間稼働で $584\text{m}^3/\text{d}$)、 1.6m^3 級トラクタショベルが $19.3\text{m}^3/\text{hr}$ (2 台 7 時間稼働で $270\text{m}^3/\text{d}$)、10t 級ダンプトラックが運搬距離 3km とし $8.3\text{m}^3/\text{hr}$ (4 台 7 時間稼働として $232\text{m}^3/\text{d}$) である。以上より工事日数は工事数量 $25,500\text{m}^3$ を日作業量 $232\text{m}^3/\text{d}$ で割った 110 日である。この日数は乾期の施工可能日数 150 日以内である。ミキシングプラントは処理能力が $200\text{m}^3/\text{hr}$ のものを設置することとし、一日に 16 時間稼働させることとすると、145 日の稼働で処理することができる。

7.9.9 築堤

(1) 概要

砂と粘性土を交互に積み重ねたストックパイルを切り崩して混合した築堤材料を築堤場所に敷き均し締め固めて堤体を建設する。放水路堤防はこの方法で建設する。道路路床と道路路体はストックパイルを切り崩して混合した築堤材料をミキシングプラントでさらに混合して築堤場所に敷き均し締め固めて建設する。

(2) 工事数量

一つの小工区 (延長 500m) あたりの工事数量は下表に示すとおりである。

表 7.9.11 放水路堤防・道路盛土工事数量 (小工区 500m あたり)

項目		工事数量 (m ³ /500m)		
		北部	中部	南部
放水路堤防	盛土量	57,000	62,600	90,200
	掘削土を利用した盛土量	57,000	62,600	90,200
	粘性土(掘削土)	38,000	41,700	60,100
	砂	19,000	20,900	30,100
道路路体・道路路床	盛土量	61,700	123,200	35,900
	掘削土を利用した盛土量	0	123,200	35,900
	粘性土(掘削土)	0	82,100	23,900
	砂	0	41,100	12,000

(3) 施工方法、施工機械、工事日数

1) 放水路堤防

15t 級ブルドーザでストックパイルを切り崩し、1.6m³ 級トラクタショベルで 10t 級ダンプトラックに積み込み、ストックパイルから築堤箇所まで運搬して撒き出し、15t 級ブルドーザで敷き均し、10t 級振動ローラで締め固める。作業能力は、15t 級ブルドーザがストックパイル切崩し・敷き均しともに押土距離を 20m として 83.5m³/hr (1 台 7 時間稼働で 584m³/d)、1.6m³ 級トラクタショベルが 19.3m³/hr (4 台 7 時間稼働で 540m³/d)、10t 級ダンプトラックが運搬距離 100m として 14.3m³/hr (5 台 7 時間稼働として 500m³/d)、10t 級振動ローラが締め固め回数を 5 回として 273.6m³/hr (1 台 7 時間稼働で 1,915m³/d) である。以上より工事日数は工事数量 64,400m³ を日作業量 500m³/d で割った 129 日である。この日数は乾期の施工可能日数 150 日以内である。

2) 道路路体・道路路床

ミキシングプラントで混合した盛土材料をミキシングプラントから 10t 級ダンプトラックに積み込み、施工ヤードまで運搬して撒き出し、15t 級ブルドーザで敷き均し、10t 級振動ローラで締め固める。作業能力は、10t 級ダンプトラックが運搬距離を 3km として 8.3m³/hr (15 台 7 時間稼働として 870m³/d) である。ミキシングプラントは中部と南部の約 73km の区間内に 8 箇所設置するので、ミキシングプラント一箇所あたりの担当範囲は約 10km である。10km の中央にミキシングプラントを設置することとすると、10km の区間内の各地点までの片道運搬距離の平均値は約 3km である。15t 級ブルドーザは押土距離を 20m として 83.5m³/hr (2 台 7 時間稼働で 1,169m³/d)、10t 級振動ローラが 273.6m³/hr (1 台 7 時間稼働で 1,915m³/d) である。以上より工事日数は工事数量 123,200m³ を日作業量 870m³/d で割った 142 日である。この日数は乾期の施工日数 150 日以内である。

7.10 工程計画

7.10.1 小工区における各施工段階での工事日数

延長 500m の小工区における各施工段階での工事日数は下表に示すとおりである。

表 7.10.1 小工区における各施工段階での工事日数 (北部)

北部

作業項目	備考	施工機械	施工能力 (m ³ /hr)	機体台数	日施工量 (m ³ /d) (7hr/day)		小工区あ たりの施 工量 (m ³)	施工日数 (日)						
					最小									
(1) 既存施設撤去								75	1年目の雨期に施工					
(3) 既存灌漑水路切替														
(5)	(a) 運搬 (サンドマット)	運搬 (サンドマット)	砂置場から施工場所までの 運搬距離 2.5km	10t DT	8.9	7	438	438	28,650	65	雨期の施工可能日数75日以内。砂は下流 側に隣接する掘削前の小工区に仮置きす る。この作業は雨期の前に実施しておく			
		敷均し	#REF!	15t BD	83.5	1	584							
	(b) 掘削 (深さ 0-3m) (乾期)	工事用道路敷設	積込み	隣接する小工区から施工場 所までの運搬距離500m	1.6m ³ TS	19.3	5	676	584	19,850	34	138	乾期の施工可能日数150日以内	
			運搬		10t DT	13.0	7	636						
		敷均し	二回締固めるので作業能力 は半分にする	15t BD	41.7	2	584							
		掘削	掘削・積込み	1.4m ³ BH	38.9	4	1,089	1,400						
	残土処理	積込み	日12時間稼働とする	1.6m ³ TS	19.3	1	232	121	21,000	174		乾期の暦日数181日以内		
		運搬	運搬距離 70km 日12時間稼働とする	10t DT	0.8	13	121							
	(c) 掘削 (深さ 3-6m) (雨期)	工事用道路敷設	積込み	隣接する小工区から施工 場所までの運搬距離500m	1.6m ³ TS	19.3	5	676	584	8,800	15	71	雨期の施工可能日数75日以内	
			運搬		10t DT	13.0	7	636						
			敷均し	二回締固めるので作業能力 は半分にする	15t BD	41.7	2	584						
		掘削	掘削・積込み	1.4m ³ BH	38.9	6	1,633	2,100						
			0.4m ³ BH(LA)	11.1	6	467								
残土処理		積込み	日18時間稼働とする	1.6m ³ TS	19.3	5	676	656	118,500	56				雨期の暦日数184日以内
		運搬	運搬距離 70km 日18時間稼働とする	10t DT	0.8	47	656							
		敷均し		15t BD	83.5	1	584							
(6) 掘削土仮置	敷均し	押土距離20m	15t BD	83.5	3	1,753	1,753	185,800	106	乾期の施工可能日数150日以内				
(7)	(a) ストックパイル造成/ プレロード (放水路)	積込み		1.6m ³ TS	19.3	47	別表参照				乾期の施工可能日数150日以内			
		運搬	運搬距離 500m	10t DT	12.98	70								
		敷均し	押土距離 33m	15t BD	61.42	15								
		天日乾燥		0.008m ³ BH	-	12								
(9)	(a) 盛土 (放水路)	パイル切崩し	押土距離 20m	15t BD	83.5	1	584	400	57,000	143	乾期の施工可能日数150日以内			
		積込み		1.6m ³ TS	19.3	3	405							
		運搬	運搬距離 100m	10t DT	14.3	4	400							
		敷均し	押土距離 20m	15t BD	83.5	1	584							
	(b) 盛土 (道路)	締固め		10tVR	273.6	1	1,915	464	61,700	133		乾期の施工可能日数150日以内		
		運搬	運搬距離 3km	10t DT	8.3	8	464							
		敷均し	押土距離 20m	15t BD	83.5	1	584							
		締固め		10t VR	273.6	1	1,915							

DT:ダンプトラック / BD:ブルドーザ / TS:トラクタショベル / BH:バックホウ / LA:ロングアーム / VR:振動ローラ

表 7.10.2 小工区における各施工段階での工事日数 (中部)

中部

作業項目	備考	施工機械	施工能力 (m ³ /hr)	機数台数	日施工量 (m ³ /d) (7hr/day)		小工区あたりの 施工量 (m ³)	施工日数 (日)				
					最大	最小		最大	最小			
(1) 既存施設撤去								75	1年目の雨期に施工			
(3) 既存灌漑水路切替												
(4) (a) PVD施工 (雨期)	サンドマット	運搬	砂置場から施工場所までの 運搬距離 2.5km	10t DT	8.9	27	2,894	2,894	73,400	25	75	雨期の施工可能日数75日以内
		敷均し	押土距離 20m	15t BD	83.5	5	2,922					
(b) SCC施工 (雨期)	PVD施工	PVD施工		0.8m ³ BH(CE)	-	5	2,000 m/d		498,400 m	50	75	雨期の施工可能日数75日以内
(4) (a) PVD施工 (乾期)	サンドマット	運搬	砂置場から施工場所までの 運搬距離 2.5km 日12時間稼働とする	10t DT	8.9	15	1,608	1,608	36,700	23	147	乾期の施工可能日数150日以内
		敷均し	押土距離 20m	15t BD	83.5	3	1,753					
(b) SCC施工 (乾期)	PVD施工	PVD施工		0.8m ³ BH(CE)	-	1	2,000 m/d		249,200 m	125	150	乾期の施工可能日数150日以内
(5) (a) 運搬 (サンドマット)		運搬 (サンドマット)	砂置場から施工場所までの 運搬距離 2.5km	10t DT	8.9	7	438	438	28,650	65	65	雨期の施工可能日数75日以内。砂は下流側に隣接する掘削前の小工区に仮置きする。この作業は雨期の前に実施しておく
		敷均し	押土距離 20m	15t BD	83.5	1	584					
(5) (b) 掘削 (深さ 0-3m) (乾期)	工事用道路敷設	積込み	隣接する小工区から施工 場所までの運搬距離500m	1.6m ³ TS	19.3	5	676	584	19,850	34	138	乾期の施工可能日数150日以内
		運搬		10t DT	13.0	7	636					
		敷均し	二回締固めるので作業能力は半分にする	15t BD	41.7	2	584					
	掘削	掘削・積込み			1.4m ³ BH	38.9	4	1,089	1,400	145,500	104	
		運搬	運搬距離 100m	10t DT	14.3	15	1,499					
	残土処理	積込み	日12時間稼働とする		1.6m ³ TS	19.3	1	232	121	21,000	174	174
運搬		運搬距離 70km 日12時間稼働とする		10t DT	0.8	13	121					
(5) (c) 掘削 (深さ 3-6m) (雨期)	工事用道路敷設	積込み	隣接する小工区から施工 場所までの運搬距離500m	1.6m ³ TS	19.3	5	676	584	8,800	15	71	雨期の施工可能日数75日以内
		運搬		10t DT	13.0	7	636					
		敷均し	二回締固めるので作業能力は半分にする	15t BD	41.7	2	584					
	掘削	掘削・積込み			1.4m ³ BH	38.9	6	1,633	2,100	118,500	56	
		運搬	運搬距離 100m	10t DT	14.3	22	2,198					
	残土処理	積込み	日18時間稼働とする		1.6m ³ TS	19.3	5	676	656	118,500	181	181
運搬		運搬距離 70km 日18時間稼働とする		10t DT	0.8	47	656					
(6) 掘削土仮置	敷均し	押土距離 20m		15t BD	83.5	3	1,753	1,753	185,800	106	106	乾期の施工可能日数150日以内
(7) (a) ストックパイル造成/ プレロード (放水路)		積込み		1.6m ³ TS	19.3	47		別表参照				乾期の施工可能日数150日以内
		運搬	運搬距離 500m	10t DT	12.98	70						
		敷均し	押土距離 33m	15t BD	61.42	15						
		天日乾燥		0.008m ³ BH	-	12						
(8) プラントミキシング		パイル切崩し	押土距離 20m	15t BD	83.5	1	584	232	25,500	110	110	乾期の施工可能日数150日以内
		積込み		1.6m ³ TS	19.3	2	270					
		運搬	運搬距離 3km	10t DT	8.3	4	232					
(9) (a) 盛土 (放水路)		パイル切崩し	押土距離 20m	15t BD	83.5	1	584	500	62,600	125	125	乾期の施工可能日数150日以内
		積込み		1.6m ³ TS	19.3	4	540					
		運搬	運搬距離 100m	10t DT	14.3	5	500					
		敷均し	押土距離 20m	15t BD	83.5	1	584					
		締固め		10tVR	273.6	1	1,915					
(9) (b) 盛土 (道路)		運搬	運搬距離 3km	10t DT	8.3	15	870	870	123,200	142	142	乾期の施工可能日数150日以内
		敷均し	押土距離 20m	15t BD	83.5	2	1,169					
		締固め		10t VR	273.6	1	1,915					

DT:ダンプトラック / BD:ブルドーザ / TS:トラクタショベル / BH:バックホウ / LA:ロングアーム / VR:振動ローラ

表 7.10.3 小工区における各施工段階での工事日数 (南部)

南部

作業項目	備考	施工機械	施工能力 (m ³ /hr)	機械台数	日施工量 (m ³ /d) (7hr/day)		小工区あ たりの施 工量 (m ³)	施工日数 (日)				
					最大	最小						
(1) 既存施設撤去												
(2) 湿地埋立 / 工事用道路敷設		運搬	砂置場から施工場所までの 運搬距離2.5km。日12時間 稼働とする	10t DT	8.9	52	5,574	75	雨期の施工可能日数75日以内。 一年目の雨期に施工			
		敷均し	押土距離 20m	15t BD	83.5	10	5,844			420,000		
(3) 既存灌漑水路切替												
(4) (a) PVD施工 (雨期)	サンドマット	運搬	砂置場から施工場所までの 運搬距離2.5km。日12時間 稼働とする	10t DT	8.9	27	2,894	75	雨期の施工可能日数75日以内			
		敷均し	押土距離 20m	15t BD	83.5	5	2,922			2,894		
		PVD施工	PVD施工	0.8m ³ BH(CE)	-	5	2,000 m/d			498,400 m		
(4) (b) SCC施工 (雨期)		PVD施工		0.8m ³ BH(CE)	-	99	6 Column/d	44,400 Column	75	雨期の施工可能日数75日以内		
(4) (a) PVD施工 (乾期)	サンドマット	運搬	砂置場から施工場所までの 運搬距離2.5km。日12時間 稼働とする	10t DT	8.9	10	1,072	148	乾期の施工可能日数150日以内			
		敷均し	押土距離 20m	15t BD	83.5	2	1,169			1,072		
		PVD施工	PVD施工	0.8m ³ BH(CE)	-	4	2,000 m/d			949,800 m		
(4) (b) SCC施工 (乾期)		PVD施工		0.8m ³ BH(CE)	-	50	3 Column/d	22,200 Column	148	乾期の施工可能日数150日以内		
(5) (a) 運搬 (サンドマット)		運搬 (サンドマット)	砂置場から施工場所までの 運搬距離2.5km	10t DT	8.9	7	438	438	28,650	65	雨期の施工可能日数75日以内。砂は下流 側に隣接する掘削前の小工区に仮置きす る。この作業は雨期の前に実施しておく	
		敷均し	押土距離 20m	15t BD	83.5	1	584					
(5) (b) 掘削 (深さ 0-3m) (乾期)	工事用道路敷設	積込み	隣接する小工区から施工 場所までの運搬距離500m	1.6m ³ TS	19.3	5	676	584	19,850	34	138	乾期の施工可能日数150日以内
		運搬		10t DT	13.0	7	636					
		敷均し	二回締固めるので作業能 力は半分にする	15t BD	41.7	2	584					
	掘削	掘削・積込み			1.4m ³ BH	38.9	4	1,089	1,400	145,500	104	
					0.4m ³ BH(LA)	11.1	4	311				
	残土処理	運搬	運搬距離 100m		10t DT	14.3	15	1,499	121	21,000	174	乾期の暦日数181日以内
		積込み	日12時間稼働とする		1.6m ³ TS	19.3	1	232				
(5) (c) 掘削 (深さ 3-6m) (雨期)	工事用道路敷設	積込み	隣接する小工区から施工 場所までの運搬距離500m	1.6m ³ TS	19.3	5	676	584	8,800	15	71	雨期の施工可能日数75日以内
		運搬		10t DT	13.0	7	636					
		敷均し	二回締固めるので作業能 力は半分にする	15t BD	41.7	2	584					
	掘削	掘削・積込み			1.4m ³ BH	38.9	6	1,633	2,100	118,500	56	
					0.4m ³ BH(LA)	11.1	6	467				
	残土処理	積込み	日18時間稼働とする		1.6m ³ TS	19.3	5	676	656	118,500	181	雨期の暦日数184日以内
		運搬	運搬距離70km 日18時間稼働とする		10t DT	0.8	47	656				
(6) 掘削土仮置		敷均し	押土距離 20m	15t BD	83.5	3	1,753	1,753	185,800	106	乾期の施工可能日数150日以内	
(7) (a) ストックパイル造成 / プレロード (放水路)		積込み		1.6m ³ TS	19.3	47		別表参照			乾期の施工可能日数150日以内	
		運搬	運搬距離 500m	10t DT	12.98	70						
		敷均し	押土距離 33m	15t BD	61.42	15						
		天日乾燥		0.008m ³ BH	-	12						
(9) (a) 盛土 (放水路)		パイル切崩し	押土距離 20m	15t BD	83.5	1	584	500	62,600	125	< 150 days in Dry season	
		積込み		1.6m ³ TS	19.3	4	540					
		運搬	運搬距離 100m	10t DT	14.3	5	500					
		敷均し	押土距離 20m	15t BD	83.5	1	584					
		締固め		10tVR	273.6	1	1,915					
(9) (b) 盛土 (道路)		運搬	運搬距離 3km	10t DT	8.3		0	0			< 150 days in Dry season	
		敷均し	押土距離 20m	15t BD	83.5		0					
		締固め		10t VR	273.6		0					

DT:ダンプトラック / BD:ブルドーザ / TS:トラクタショベル / BH:バックホウ / LA:ロングアーム / VR:振動ローラ

7.10.2 工区における工事工程

上下流方向延長 500m の小工区 4 つからなる延長 2,000m の工区における工事工程は下図に示すとおりである。工区における既存施設撤去から築堤までの工事は 5 年で完了する。5 年の工区内に外郭環状道路放水路の全延長約 110km の工事を完成させるためには 55 の工区で下表に示す工事を同時に実施する必要がある。

表 7.10.4 工区における施工工程（北部）

作業項目	作業日数	1年目		2年目		3年目		4年目		5年目	
		雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期
		75日	150日	75日	150日	75日	150日	75日	150日	75日	150日
(1) 既存施設撤去	75	Unit 1~4									
(2) 湿地埋立 / 工事用道路敷設	0										
(3) 既存灌漑水路切替	75	Unit 1~4									
(4) 地盤改良	0										
(a) 運搬(サンドマット)	65		Unit 2		Unit-3		Unit 4		Unit 1'		
(b) 掘削 (深さ 0~3m)	34	138	Unit 2		Unit-3		Unit 4		Unit 1'		
掘削	104		Unit 2		Unit-3		Unit 4		Unit 1'		
(乾期施工)	174		Unit 2		Unit 3		Unit 4		Unit 1'		
(c) 掘削 (深さ 3~6m)	15	71		Unit 2		Unit-3		Unit 4		Unit 1'	
掘削	56			Unit 2		Unit-3		Unit 4		Unit 1'	
(雨期施工)	181										
(6) 掘削土仮置	106		Unit 2		Unit 3		Unit 4		Unit 4 *1		
(7) (a) ストックパイル造成 / プレローディング(放水路)	150		Unit 1		Unit 2		Unit 3		Unit 4		
(b) ストックパイル造成 / プレローディング(道路)			Unit 1		Unit 2		Unit 3		Unit 4		
(8) プラントミキシング											
(9) (a) 盛土(放水路)	143				Unit 1		Unit 2		Unit 3		Unit 4
(b) 盛土(道路)	133				Unit 1		Unit-2		Unit 3		Unit 4

表 7.10.5 工区における施工工程（中部）

作業項目	作業日数	1年目		2年目		3年目		4年目		5年目	
		雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期
		75日	150日	75日	150日	75日	150日	75日	150日	75日	150日
(1) 既存施設撤去	75	Unit 1~4									
(2) 湿地埋立 / 工事用道路敷設	0										
(3) 既存灌漑水路切替	75	Unit 1~4									
(4) (a) PVD(雨期)	25	75	Unit 1,2	Unit 3		Unit 4					
PVD施工	50		Unit 1,2	Unit 3		Unit 4					
(b) SCC(雨期)	75		Unit 1,2	Unit 3		Unit 4					
(a) PVD(乾期)	23	147	Unit 1,2	Unit 3		Unit 4					
PVD施工	125		Unit 1,2	Unit 3		Unit 4					
(b) SCC(乾期)	150		Unit 1,2	Unit 3		Unit 4					
(a) 運搬(サンドマット)	65		Unit 2		Unit-3		Unit 4		Unit 1'		
(b) 掘削 (深さ 0~3m)	34	138	Unit 2		Unit-3		Unit 4		Unit 1'		
掘削	104		Unit 2		Unit-3		Unit 4		Unit 1'		
(乾期施工)	174		Unit 2		Unit 3		Unit 4		Unit 1'		
(c) 掘削 (深さ 3~6m)	15	71		Unit 2		Unit-3		Unit 4		Unit 1'	
掘削	56			Unit 2		Unit-3		Unit 4		Unit 1'	
(雨期施工)	181										
(6) 掘削土仮置	106		Unit 2		Unit 3		Unit 4		Unit 4 *1		
(7) (a) ストックパイル造成 / プレローディング(放水路)	150		Unit 1		Unit 2		Unit 3		Unit 4		
(b) ストックパイル造成 / プレローディング(道路)			Unit 1		Unit 2		Unit 3		Unit 4		
(8) プラントミキシング											
(9) (a) 盛土(放水路)	125				Unit 1		Unit 2		Unit 3		Unit 4
(b) 盛土(道路)	142				Unit 1		Unit-2		Unit 3		Unit 4

Unit 1 は 2km の工区内で最も下流側の Unit（延長 500m の小工区）、Unit 2 は工区内で下流から 2 番目の小工区、Unit 3 は工区内で下流から 3 番目の小工区、Unit 4 は工区内で最も上流側の小工区、Unit 1' は上流側に隣接する工区の Unit 1 *1: 下流側に隣接する小工区の掘削が完了した放水路底に仮置きする。

表 7.10.6 工区における施工工程（南部）

作業項目		作業日数	1年目		2年目		3年目		4年目		5年目	
			雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期
			75日	150日	75日	150日	75日	150日	75日	150日	75日	150日
(1) 既存施設撤去		75	Unit 1~4									
(2) 湿地埋立 / 工事用道路敷設		75	Unit 1~4									
(3) 既存灌漑水路切替		75	Unit 1~4									
(4)	(a) PVD (雨期)	25	75	Unit 1,2	Unit 3		Unit 4					
	PVD施工	50		Unit 1,2	Unit 3		Unit 4					
	(b) SCC (雨期)	75	Unit 1,2	Unit 3		Unit 4						
	(a) PVD (乾期)	29	148	Unit 1,2	Unit 3		Unit 4					
	PVD施工	119		Unit 1,2	Unit 3		Unit 4					
	(b) SCC (乾期)	148	Unit 1,2	Unit 3		Unit 4						
(a) 運搬 (サンドマット)		65		Unit 2		Unit-3		Unit 4		Unit 1'		
(5)	(b) 掘削	34	138		Unit 2		Unit-3		Unit 4		Unit 1'	
	(深さ0~3m)	104		Unit 2		Unit-3		Unit 4		Unit 1'		
	(乾期施工)	174		Unit 2		Unit 3		Unit 4		Unit 1'		
	(c) 掘削	15	71		Unit 2		Unit-3		Unit 4		Unit 1'	
	(深さ3~6m)	56		Unit 2		Unit-3		Unit 4		Unit 1'		
(雨期施工)	181											
(6) 掘削土仮置		106		Unit 2		Unit 3		Unit 4		Unit 4 *1		
(7)	(a) ストックパイル造成 / プレローディング (放水路)	150		Unit 1		Unit 2		Unit 3		Unit 4		
	(b) ストックパイル造成 / プレローディング (道路)		Unit 1		Unit 2		Unit 3		Unit 4			
(8) プラントミキシング												
(9)	(a) 盛土 (放水路)	125				Unit 1		Unit 2		Unit 3		Unit 4
	(b) 盛土 (道路)	0				Unit 1		Unit-2		Unit 3		Unit 4

Unit 1 は2kmの工区内で最も下流側の Unit (延長 500m の小工区)、Unit 2 は工区内で下流から 2 番目の小工区、Unit 3 は工区内で下流から 3 番目の小工区、Unit 4 は工区内で最も上流側の小工区、Unit 1' は上流側に隣接する工区の Unit 1 *1: 下流側に隣接する小工区の掘削が完了した放水路底に仮置きする。

7.11 調達計画

北部、中部、南部の各部の工区における必要重機台数を半年ごとに求め、5年の工事期間中の最大台数を重機ごとに求めた。この最大台数に各部における工区数を乗じて各部で調達が必要な重機の台数を求め、各部の必要台数を合計して全区間を対象とした重機の必要台数を求めた。結果は下図に示すとおりである。調達が必要な重機の台数は工事のピーク時に最大約18,000台である。

北部

施工機械	1年目		2年目		3年目		4年目		5年目		最大
	雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期	
1.6m3 TS	0	53	52	56	52	56	52	56	52	3	56
10t DT	0	112	99	124	99	124	99	124	99	12	124
15t BD	0	21	17	24	17	24	17	24	17	3	24
0.008m3 BH	0	12	12	12	12	12	12	12	12	0	12
0.4m3 BH	0	10	6	4	6	4	6	4	6	0	10
1.4m3 BH	0	10	6	4	6	4	6	4	6	0	10
10t VR	0	0	0	2	0	2	0	2	0	2	2
0.8m3 BH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

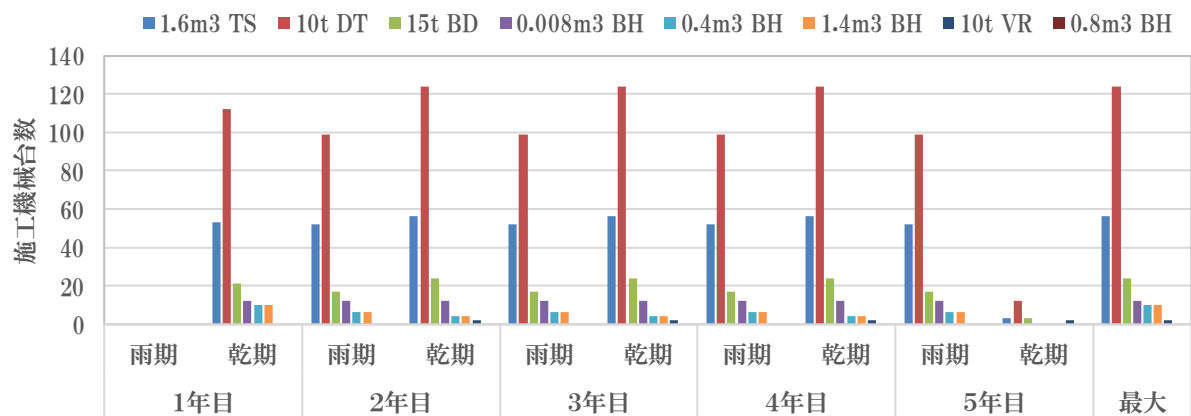


図 7.11.1 外郭環状道路放水路一体化施工に必要な重機台数（北部）

中部

施工機械	1年目		2年目		3年目		4年目		5年目		最大
	雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期	
1.6m3 TS	0	53	52	57	52	57	52	57	52	4	57
10t DT	27	127	99	147	99	132	99	132	99	20	147
15t BD	5	24	17	28	17	25	17	25	17	4	28
0.008m3 BH	0	12	12	12	12	12	12	12	12	0	12
0.4m3 BH	0	10	6	4	6	4	6	4	6	0	10
1.4m3 BH	0	10	6	4	6	4	6	4	6	0	10
10t VR	0	0	0	2	0	2	0	2	0	2	2
0.8m3 BH	49	0	0	23	0	0	0	0	0	0	49

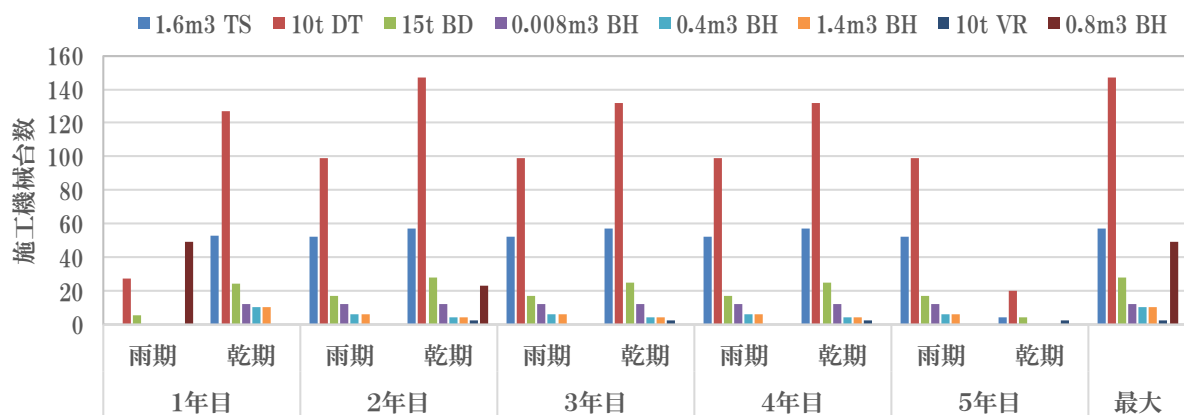


図 7.11.2 外郭環状道路放水路一体化施工に必要な重機台数（中部）

南部

施工機械	1年目		2年目		3年目		4年目		5年目		最大
	雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期	雨期	乾期	
1.6m3 TS	0	53	52	57	52	57	52	57	52	4	57
10t DT	89	122	99	127	99	117	99	117	99	5	127
15t BD	17	23	17	25	17	23	17	23	17	2	25
0.008m3 BH	0	12	12	12	12	12	12	12	12	0	12
0.4m3 BH	0	10	6	4	6	4	6	4	6	0	10
1.4m3 BH	0	10	6	4	6	4	6	4	6	0	10
10t VR	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1
0.8m3 BH	158	0	0	54	0	0	0	0	0	0	158

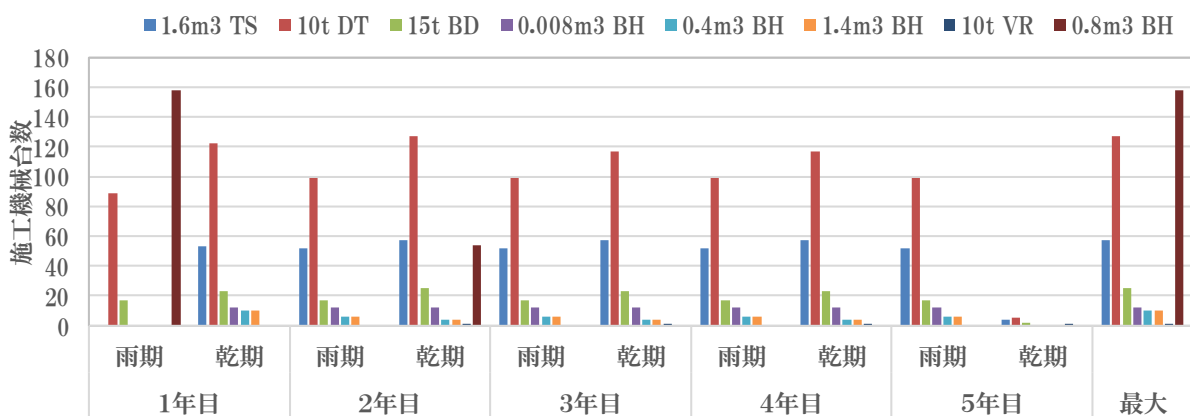


図 7.11.3 外郭環状道路放水路一体化施工に必要な重機台数（南部）

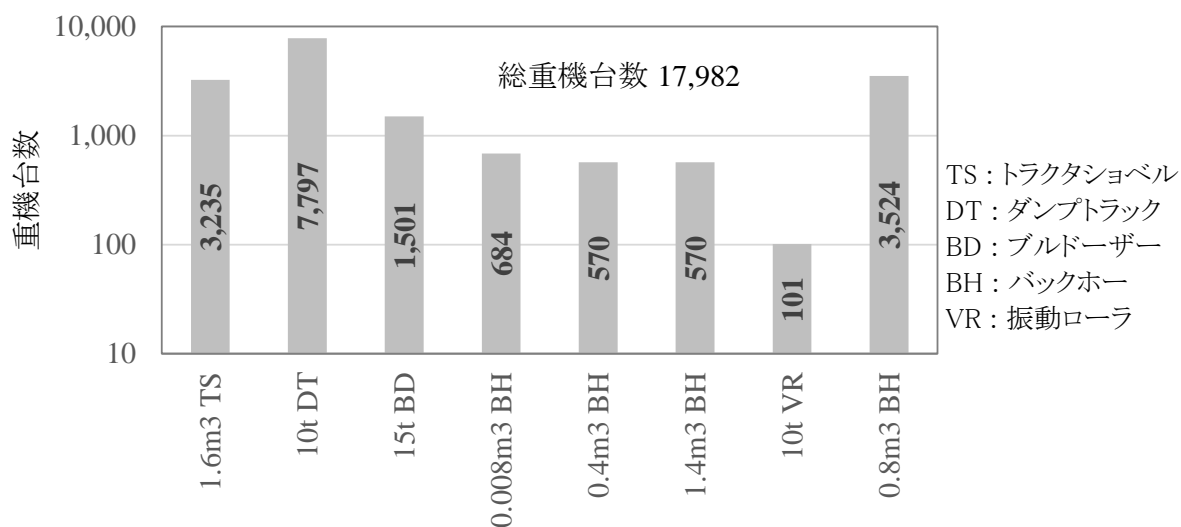


図 7.11.4 外郭環状道路放水路一体化施工に必要な重機台数（ピーク時）

7.12 追加調査の提案

(1) 放水路掘削に関する試験施工

軟弱地盤における掘削工事の困難性はスワナプーム空港排水路の掘削工事での経験からタイにおいても強く認識されている。本検討では、掘削前に SCC による固結により掘削箇所の地盤を強化してすべりに対する安全性を高める、掘削勾配を 1:3 とし、放水路の内側に重機を配置して施工する、1m 掘削するごとに掘削部が安定するまで安置する、等の対応を検討したが、その妥当性を試験施工で確認する必要がある。

(2) 放水路掘削土の盛土材料としての利用に関する試験施工

延長約 110km の放水路を建設する際には約 58,000,000m³ の掘削土が発生する。本検討では、この大量の掘削土（バンコククレイと称される粘性土）の活用方法の提案が重要なテーマであり、粘性土と砂を混合して放水路及び道路の盛土とすることを提案した。粘性土と砂の混合方法として、ストックパイルによる混合（レベル 1）、スタビライザーによる混合（レベル 2）、ミキシングプラントによる混合（レベル 3 及び 4）を想定したが、盛土材料として必要な強度の発現に必要な混合の程度や掘削する土の土質が掘削場所に応じて異なることを考慮して、各混合方法の適用可能性を試験施工で確認する必要がある。

(3) 工期内完成の可能性（55 の小工区での同時施工）

延長約 110km の放水路を外郭環状道路と一体的に 5 年の工期で建設するためには、55 の工区（延長 2km）で同時に工事を進める必要があり、稼動する重機の台数はピーク時で約 18,000 台に及ぶ。本検討ではバンコク周辺地区における重機の登録台数等から概略で重機調達の可能性を確認したが、施工業者や保有重機等に関するさらに詳細な調査を実施する必要がある。

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

外郭環状道路放水路建設における自然環境・社会環境への影響可能性の確認のためには、EIA 手続きが先行している DOH の道路側の計画も参照する必要がある。

外郭環状道路沿線の環境社会との関係について、道路中央線から両側左右に約 500 メートル近郊の地域全体への影響について、環境調査が行われている。中でも、影響が小規模～中規模となると予想されている環境大気及び騒音について、以下に示す。

(1) 環境の現状

1) 環境大気

- ・ プロジェクト道路全線に渡り、大気の影響に敏感な地域は、63 ヶ所である。
- ・ その内訳は、集落 17 ヶ所、宗教的な場所 17 ヶ所、教育施設 15 ヶ所、病院・医療施設 7 ヶ所、その他 7 ヶ所である。
- ・ 仏暦 2551 (2008) 年 2 月 15～20 日と仏暦 2551 (2008) 年 5 月 29 日～6 月 4 日に、マハワシラロンコーン大学と、スラオイールア学院の 2 ヶ所の地点で、大気の大気の質のサンプリング調査を行った。
- ・ その結果は、5 日間の測定期間に渡り、大部分の大気質は、調査地点の汚染物質最高濃度が、全ての指標に対して、一般大気質の基準内である。
- ・ しかし、全地点の総合炭化水素の量は、かなり高く、基準を上回ったことが分かった。

2) 騒音

- ・ プロジェクト道路全線に渡り、騒音影響を受けやすい地域は、31 ヶ所であり、集落 23 ヶ所、宗教的な場所 2 ヶ所、大学・学院 2 ヶ所、病院・医療施設 2 ヶ所、その他 2 ヶ所。
- ・ 仏暦 2551 (2008) 年 2 月 15～20 日に、マハワシラロンコーン大学と、スラオイールア学院の 2 ヶ所の地点で、騒音レベルの測定を実施した。
- ・ その結果は、仏暦 2540 (1997) 年第 15 号国家環境委員会告示による「通常な騒音レベル」の基準内である。

(2) 環境影響の分析

1) 環境大気

- ・ 施工期間においては、建設作業、及びさまざまな資材／機械の運搬により、粉塵が発生して、プロジェクト道路の両側に飛散する可能性がある。地表の掘削、及び埋め立てを含む粉塵量の計算 (24 時間平均 TSP) から、最大の粉塵の発生量は、32.44 マイクログラム／m³ である。現状の粉塵の最大の測定値と組み合わせても、基準値 (330 マイクログラム／m³) 以下であることが判明した。したがって、小規模な影

響と見なす。

- ・ 供用期間においては、仏歴 2559–2579（2016～2036）年間に、モデルを使用した大気環境の予測から、路肩より 50m 以内のプロジェクト道路全線にわたる大気汚染量は、大気に関する基準値以上の汚染濃度を示す若干の指数がある。それは、10 マイクロ以下の粉塵（PM10）と二酸化窒素ガスである。それらは、仏歴 2579 年（2036）に、基準値以上の数値が予測される。故に、中規模な影響と見なす。

2) 騒音

- ・ 施工期間においては、資材輸送を含む建設機械類の使用は、周辺地区に居住する住民に対する騒音を生む。しかし、その影響は、施工期間内に一時的に起こるものである。故に、中規模な影響と見なす。さらに、騒音のレベルは、距離が遠ざかるにつれて小さくなっていく。故に、その影響の大部分は、建設現場の作業者に限定されると予測される。
- ・ 供用期間においては、仏歴 2559～2579（2016～2036）年間におけるプロジェクト道路からの騒音レベルの影響を予測した。高速道路より 100m 離れた地点で、1 時間の平均騒音レベルが、71-73dB(A)となり、基準値（70dB(A)）よりも高い値を示した。50m 離れた地点では、最大の騒音レベルは、72-75dB(A)となり、基準値よりも多少高い値を示した。故に、中規模な影響と予測される。
- ・ 予測によると、仏歴 2559～2579（2016～2036）年間において、基準値を越える騒音レベルの影響を受けやすい地域は、24 ヶ所（下表の太字の集落等）あることが判明した。故に、防音壁設置が必要となる等、中規模な影響と予想される。

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）

No.	Community/ Facility	Province	District	Subdistrict
1	Smile Land & House Village	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Bang Pa-In	Kung Lam
2	Somwang Sub Muen Saen Village			Sam Ruean
3	Ban Chang		U-Thai	Ban Chang
4	Liab Khlong Hok Community		Wang Noi	Lamtasao
5	Liab Khlong 27 Community			Hantaphao
6	Liab Khlong 26 Community			Khao Ngam
7	Khao Ngam SAO Office			
8	Wat Pakhlong 11	Pathum Thani	Nong Suea	Bung Kasam
9	Ban Suan Si Pathum			Bung Ba
10	Ban Bung Sanan		Thanyaburi	Bung Sanan
11	Ban Ua Athon Pathumthani			
12	Thamle Thong Community		Lamlookka	Bung Thonglang
13	Ban Khlong Sib		Bangkok	Nong Jok

No.	Community/ Facility	Province	District	Subdistrict	
14	Ban Lam Chedi			Khu Fang Nua	
15	Temsiri Park				
16	Lam Hin Police Station				
17	Nong Jok Community (NHA)				
18	Bayan 2 Village	Bangkok	Nong Jok	Khu Fang Nua	
19	Darussalam Mosque			Khok Faed	
20	Darussalam Foundation				
21	Erua Mosque School				
22	Nanthawan Bayan Village				
23	Al-Amiah Cemetery				
24	Ban Lam Erua				
25	Sue Trong Suwinthawong Village				Lam Phakchi
26	Watthana Village				
27	Watthana 2 Village				
28	Soi Kheha Chumchon Chalong Krung				
29	Wat Lamphra-ong Community				
30	Lamphakchi School				
31	Lamphakchi Children Dev. Center				
32	Orchid Ville				
33	Bang Sao Thong Residential Area				

出典：JICA 調査団作成

(3) 環境影響の削減

1) 遮音壁設置による騒音の影響低減計画

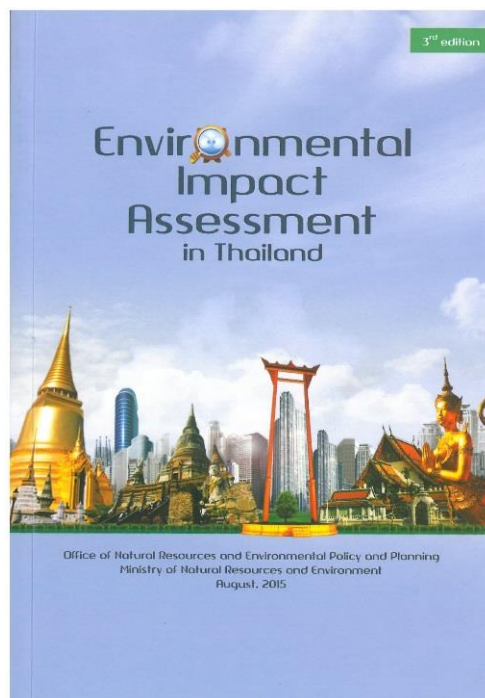
- ・ 対象地域は、上記の騒音レベルの影響の受けやすい地域（24ヶ所）とする。
- ・ 実施方法は、プロジェクト道路の路面に一番近い路肩に、反射式繊維補強コンクリート（Fiber Reinforced Concrete）タイプの遮音壁を設置する。プロジェクト道路の沿線に近接している環境影響の受けやすい地域 24 地区に、路面からの高さ 3 メートル、角度 45 度の遮音壁を設置することが予定されている。
- ・ 実施機関は、DOH とし、遮音壁設置業者の施工状況の管理、及び維持管理を行う。
- ・ 遮音壁設置の予算は、146,010,000 バーツを予定する。

8.2 放水路建設に向けた環境社会配慮の必要性

外郭環状道路放水路建設に向けた自然環境・社会環境への影響可能性の確認について以下に述べる。

(1) 本事業の EIA の必要性

本事業の EIA の必要性については、原則として、タイ国現行法「National Environment Quality Act (NEQA, 1992)」の具体的な運用を定める「Environmental Impact Assessment in Thailand, 2015, ONEP」に基づくこととなる。



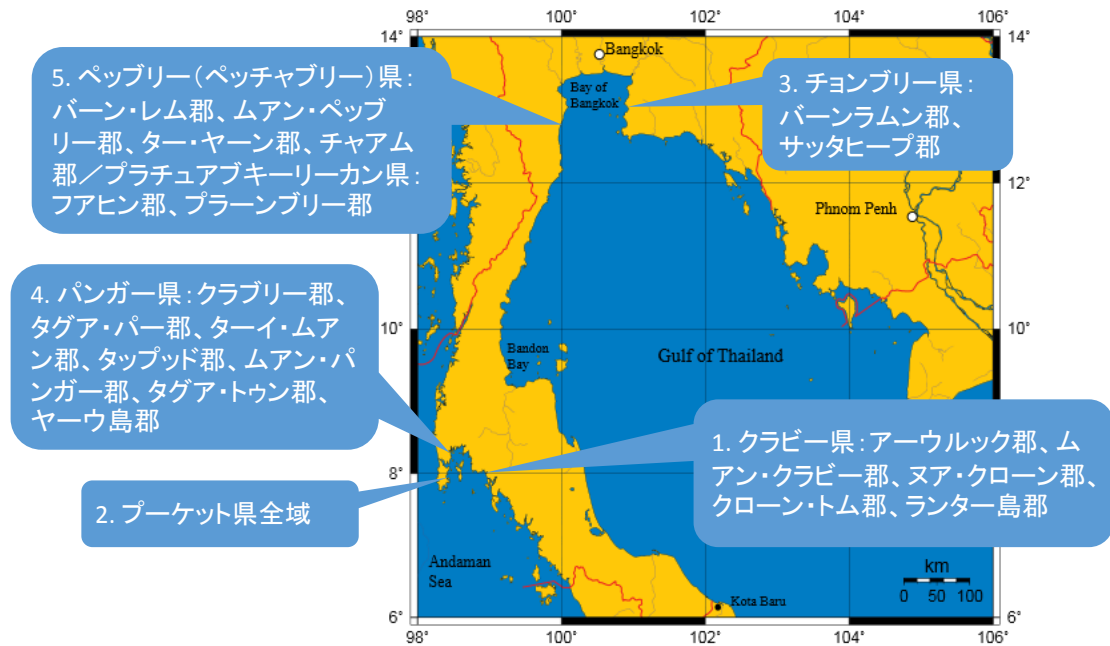
本事業は、「EIA が必要な 35 のプロジェクトの種類と規模」において、下記 3 つの事業の種類に該当する可能性がある。少なくとも、放水路河口部周辺では、「国林と定められるマングローブ」への影響に配慮する必要がある。従って、総合的に判断し、本事業は、EIA の対象となる可能性が高いと考えられる。

- 20. 環境保護区を通る国道等（特に、20.4 Mangrove forests designated as National Forest Reserve などに配慮する必要あり）
- 34. 異なる河川流域を越える分水
- 35. 主要河川の堰

表 8.2.1 EIA を必要とする事業の種類等 (35 種)

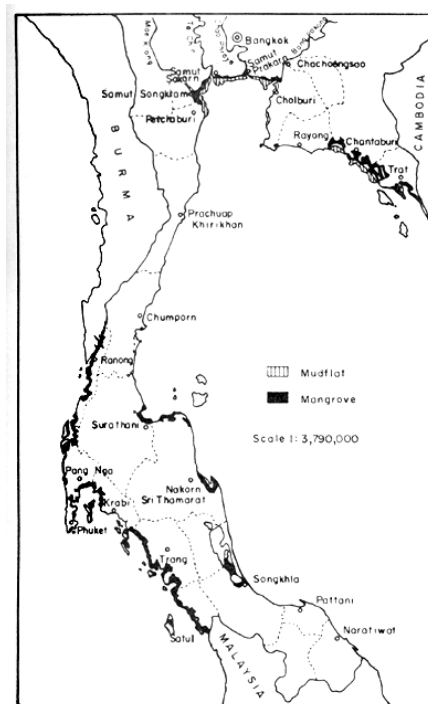
1. 鉱山法に準ずる鉱山業：石炭鉱山、カリウム鉱床、岩塩鉱山、セメント用石灰岩鉱山、地下鉱山など	20.2 国立公園法による国立公園指定区
2. 石油開発事業：掘削手法をとる石油探査や石油製造業	20.3 タイ国閣僚決議により第2級盆地に定められる地区
3. 石油や燃料を管を通じて輸送する事業	20.4 <u>国林と定められるマングローブ</u>
4. 工業団地法に準ずる工業団地もしくは工業団地に相当する事業や工業目的の土地区画整理事業	20.5 <u>最高潮位置の海岸線から 50 メートル以内の地区</u>
5. 化学的過程を必要とする石油業	20.6 <u>国際的に重要性を有する湿地や国際条約に即する世界遺産名簿に登録される世界遺産から 2 キロ以内の地区</u>
6. 石油精製業	20.7 古代建造物、考古学的・歴史的地区など
7. 天然ガスの分別・液化化事業	21. 線路公共輸送業
8. 塩化ナトリウムを原料とする炭酸ナトリウム、水酸化ナトリウム、塩酸、塩素、次亜塩素酸ナトリウム、塩化物から構成するさらし粉の製造に関わるアルカリ塩素法を用いる化学事業	22. 船着場
9. セメント製造業	23. スポーツ船・旅客船の着場
10. 製紙用パルプ製造業	24. 海の埋立
11. 化学過程を要する殺虫・殺草剤の製造業	25. 砂堤防や波堤防といった海岸・海中にある建造物の建設・増改築
12. 化学過程を要する肥料の製造業	26. 空港、商業目的の臨時飛行場や水上空港の建設・増改築などの航空輸送業
13. 製糖に関わる事業	27. 建物管理法に準ずる特定建物：海岸等に位置する建物、小売・卸売に使用される建物、民間事務所に使用される建物
14. 鉄・鉄鋼製造業	28. 土地区画整理法に準ずる住宅・商業目的の区画整理
15. 鉄・鉄鋼製造業以外の鉱物の精錬・溶解・加工業	29. 医療施設法に準ずる病院や医療施設
16. ビール、ワインを含む酒・アルコールの製造業	30. ホテル法に準ずるホテルや宿泊施設
17. 工場法に準ずる汚物・廃棄物処理施設	31. 建物管理法に準ずる集合住宅
18. 火力発電所	32. 灌漑
19. 特定道路法に準ずる特定道路網又は特定道路に相当する事業	33. タイ国閣僚決議により第一級盆地と定められる地区でのすべての事業
20. <u>動物保護区や狩猟禁止区といった環境保護区を通る国道など</u>	34. <u>以下の異なる河川流域を越える分水</u>
20.1 森林動物存続・保護法による動物種保護指定区や狩猟禁止指定区	34.1 <u>災害もしくは国家安全に係る暫時の分水を除く、異なる主要河川流域を越える分水</u>
	34.2 <u>災害もしくは国家安全に係る暫時の分水を除く、国境を越える分水</u>
	35. <u>主要河川の堰</u>

出典：Environmental Impact Assessment in Thailand, 2015, ONEP



出典: JICA 調査団作成

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置を指定する告示」による環境保護指定区 (5 地区)



出典: The Present State of Mangrove Ecosystems in Southeast Asia and the Impact of Pollution, 1980, FAO

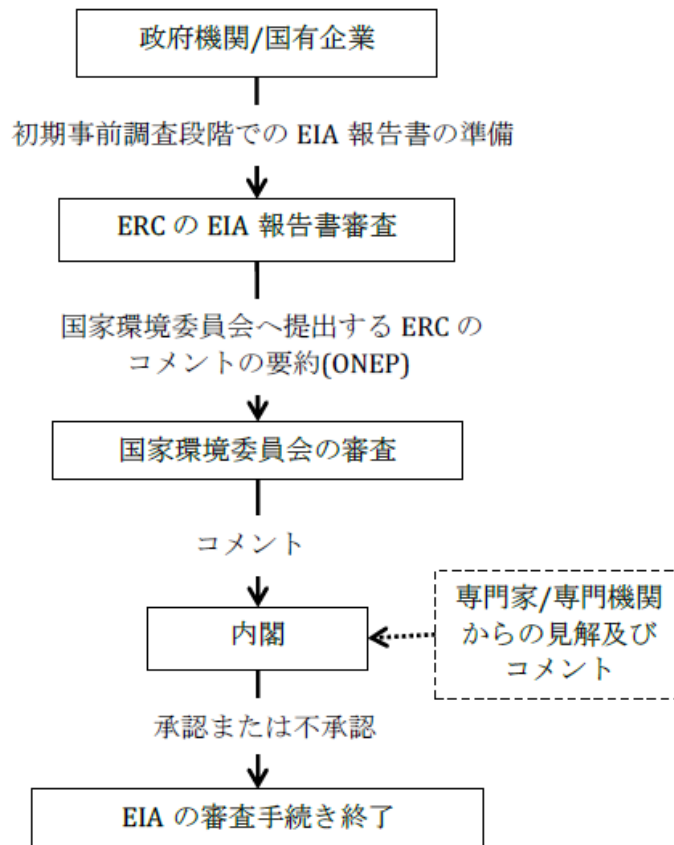
図 8.2.2 タイにおけるマングローブ・湿地帯の分布

(2) EIA 報告書の審査・承認の流れ

「Environmental Impact Assessment in Thailand, 2015, ONEP」に基づくと、本事業は、政府機関／国有企業又は民間企業との共同事業によるプロジェクトや活動に該当する。そのため、天然資源環境省天然資源環境政策計画局 (ONEP) に登録された法人 (環境コンサルタント) により、事業予備調査 (F/S) に合わせて作成される EIA 報告書について、国家環境委員会 (NEB) 審査、及び閣議承認が必要と想定される。

EIA 閣議承認が必要な場合の具体的な手続きは、事業実施機関が、公共事業に対する EIA として事業詳細計画調査の段階で EIA 報告書を作成し、専門審査委員会 (ERC) に直接提出する。次に、ONEP は、ERC の審査結果を要約した上で、NEB に上申する。最後に、NEB は、閣議に審査結果を提出し、最終承認を得る。

タイ国 EIA 制度での土地取得や非自発的移住に係るルールとしては、土地の買収手順のみが定められており、国際基準 (IFC パフォーマンス・スタンダード等) に比べて、記述は少ないといえるが、①EIA 報告書準備に係るスコーピング時、②EIA ドラフトレポートのレビュー時の少なくとも 2 回は、住民説明会を行うべきと考えられる。



出典 : Environmental Impact Assessment in Thailand, 2013, ONEP

図 8.2.3 EIA 閣議承認が必要な場合の手続き

現在、第三次外郭環状道路計画 F/S では、住民説明会を開催済みで、EIA 承認申請中である。

そのため、外郭放水路計画については、複数の環境コンサルタントを雇用した上、各地域における住民説明会を平行して進めることで、期間短縮を計る必要があると考えられる。

8.3 提言

今後の放水路事業化に向けて、RID に以下の提言を行う。

8.3.1 環境アセスメント (EIA) への対応

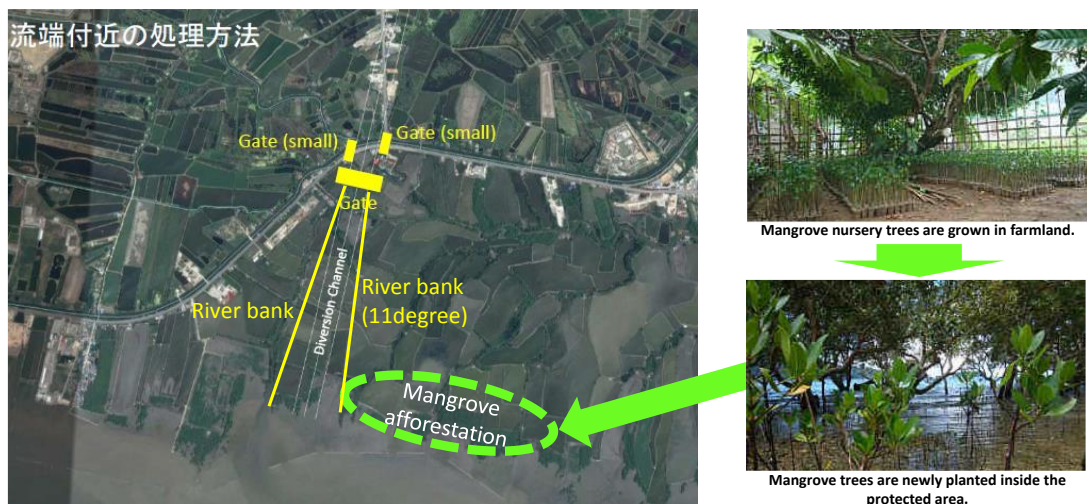
外郭環状道路放水路の建設に当たっては環境アセスメント (EIA) 報告書の閣議承認が必要な場合に相当する。

その具体的な手続きは、前章に示したとおり事業実施機関である RID が、公共事業に対する EIA として事業詳細計画調査の段階で、EIA 報告書を作成し、専門審査委員会 (ERC) に直接提出する。次に、天然資源環境政策計画局 (ONEP) は、ERC の審査結果を要約した上で、国家環境委員会 (NEB) に上申する。最後に、NEB は、閣議に審査結果を提出し、最終承認を得る。

EIA 報告書の作成に際しては、用地取得及び移転住民交渉に時間を要すると想定されるため、RID は、事業詳細計画調査の段階で、複数の環境コンサルタントを雇用した上、各地域における住民説明会を平行して進めることで、期間短縮を計る必要があると考えられる。

8.3.2 自然環境での要検討事項

自然環境 (自然保護区、保全すべき生態系等) については、外郭環状道路放水路の河口部が、ラムサール登録湿地への登録を目指すタイ湾の内湾部の湿地の近傍に計画されていることから、沿岸域のマングローブ・湿地帯の保全措置、及びマングローブ植林・再生の代償措置を実施する必要がある。



出典：JICA 調査団作成

図 8.3.1 代償的な環境保全としてのマングローブ植林のイメージ

外郭放水路建設に伴い、伐採を回避又は最小化できない河口部周辺の既存のマングローブは、同等面積を有するマングローブの植林・再生を行うことによる代償について検討すべきである。

また、外郭環状道路放水路に係る EIA 実施時は、ONEP のみならず、マングローブ保全を担当する海洋・沿岸資源局（Department of Marine and Coastal Resources）と協議する必要がある。

なお、計画地の周辺に生息・生育する動植物の中に、貴重種等の分布は確認されていないが、今後新たに分布が確認された場合は、何らかの保全措置が求められることに留意する必要がある。

8.3.3 社会環境での要検討事項

社会環境（住民移転、文化遺産等）については、計画段階での配慮事項として、住民移転数の最小化を目指して、外郭環状道路放水路のルート比較・選定を行った。

事業詳細計画調査の段階では、下記について、検討する必要がある。

- 用地取得面積、移転家屋数の最小化
 - 放水路アライメントの最適化
- 移転住民の生活再建の促進
 - 土地・建物・工作物・立木等の適正な補償額の適用
 - 住民の移転先の整備
- 歴史遺産や重要文化財の保護
 - 放水路アライメントの最適化

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

No.	Community/ Facility	Province	District	Subdistrict
1	Smile Land & House Village	Phra Nakhon Si Ayutthaya	Bang Pa-In	Kung Lam
2	Somwang Sub Muen Saen Village			Sam Ruean
3	Ban Chang		U-Thai	Ban Chang
4	Liab Khlong Hok Community		Wang Noi	Lamtasao
5	Liab Khlong 27 Community			Hantaphao
6	Liab Khlong 26 Community			Khao Ngam
7	Khao Ngam SAO Office			
8	Wat Pakhlong 11	Pathum Thani	Nong Suea	Bung Kasam
9	Ban Suan Si Pathum			Bung Ba
10	Ban Bung Sanan		Thanyaburi	Bung Sanan
11	Ban Ua Athon Pathumthani			
12	Thamle Thong Community		Lamlookka	Bung Thonglang
13	Ban Khlong Sib	Bangkok	Nong Jok	Khlong Sib

No.	Community/ Facility	Province	District	Subdistrict	
14	Ban Lam Chedi			Khu Fang Nua	
15	Temsiri Park				
16	Lam Hin Police Station				
17	Nong Jok Community (NHA)				
18	Bayan 2 Village	Bangkok	Nong Jok	Khu Fang Nua	
19	Darussalam Mosque			Khok Faed	
20	Darussalam Foundation				
21	Erua Mosque School				
22	Nanthawan Bayan Village				
23	Al-Amiah Cemetery				
24	Ban Lam Erua				
25	Sue Trong Suwinthawong Village				Lam Phakchi
26	Watthana Village				
27	Watthana 2 Village				
28	Soi Kheha Chumchon Chalong Krung				
29	Wat Lamphra-ong Community				
30	Lamphakchi School				
31	Lamphakchi Children Dev. Center				
32	Orchid Ville	Samut Prakan	Bang Sao Thong	Bang Sao Thong	
33	Bang Sao Thong Residential Area				

出典：JICA 調査団作成

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

9.1.1 検討ケース

検討ケースは以下の3ケースとした。

With / Without	ケース名	対策メニュー
Without	Case 0	国道9号線道路嵩上げ
With	Case 1-0	<ul style="list-style-type: none">・ 国道9号線道路嵩上げ・ 既存ダムの運用ルール改善・ <u>外郭環状道路放水路 (500m³/s)</u>
	Case 1-1	<ul style="list-style-type: none">・ 国道9号線道路嵩上げ・ 既存ダムの運用ルール改善・ <u>アユタヤバイパス (1,200m³/s)</u>・ <u>外郭環状道路放水路 (500m³/s)</u>

出典：JICA 調査団作成

9.1.2 境界条件

(1) 降雨

降雨条件は、2, 3, 5, 10, 30, 50, 100年確率規模の降雨による流出解析結果を河道上流端流量として与えた。

ただし、各対策の効果を明確にするために、氾濫原地先における降雨については考慮しないものとした。

(2) 残流域からの流入

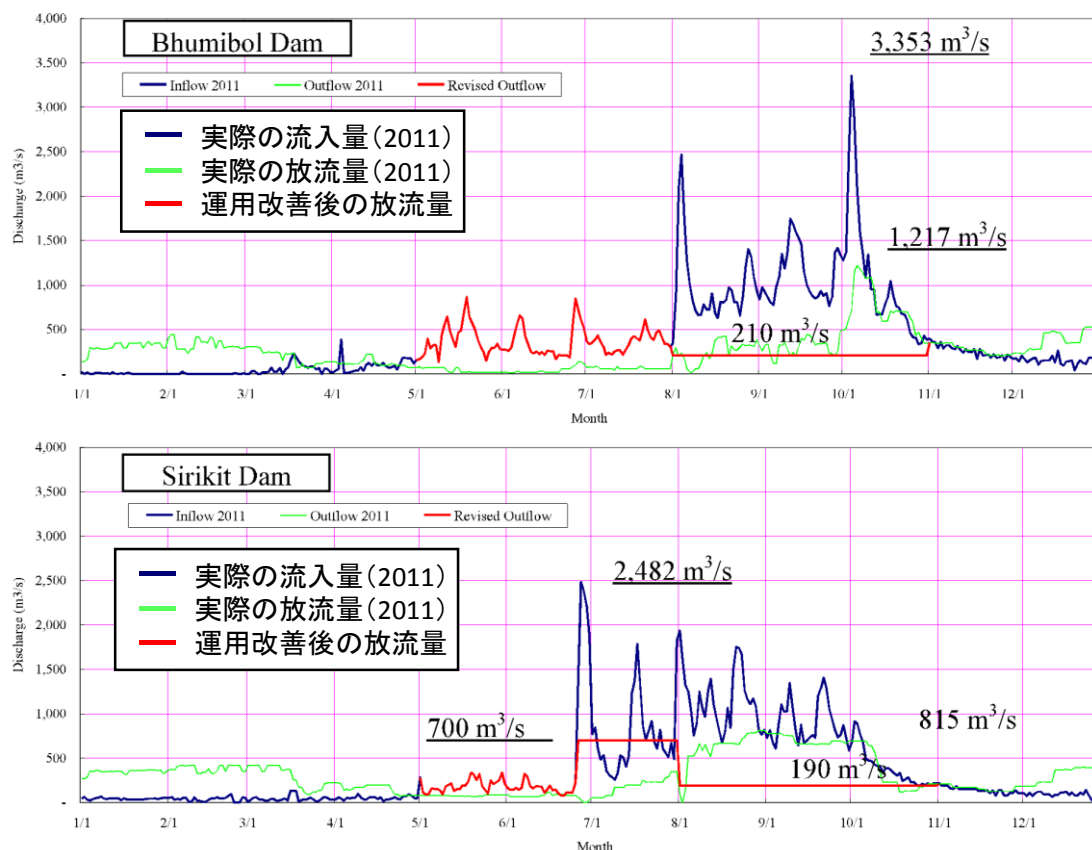
残流域からの流入についても上流端流量と同様に各確率規模の降雨による流出解析結果から流入量を与えた。

(3) プミポンダム・シリキットダムからの放流量

現地での RID へのヒアリングより現況のダム操作について整理した。

< 既往 MP での提案操作 >

- ・ 5月1日～8月1日までは、流入量＝放流量とし、貯水位を維持
- ・ 8月1日～11月1日（洪水期）は、最大放流量（プミポンダム：210m³/s、シリキットダム：190m³/s）を放流

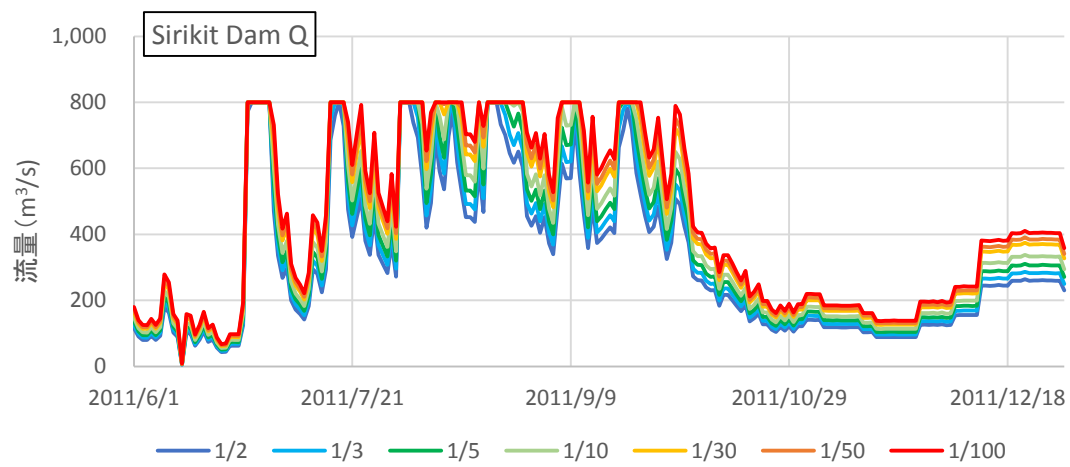
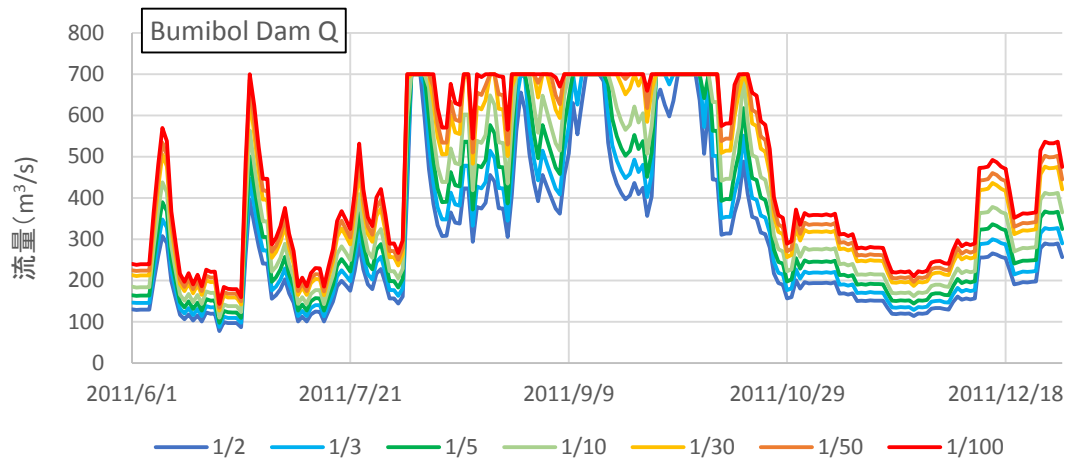


出典：既往MP 検討報告書

図 9.1.1 プミポンダム・シリキットダムのハイドログラフ

< 現状を踏まえたダム操作 >

- ・ 最大放流量はプミポンダム：700m³/s、シリキットダム：800m³/s
- ・ 操作ルールは季節による変更はなく、固定ルールはなし
- ・ 以上の現況を踏まえ、計算対象期間 6月1日～12月31日において、以下の運用ルールによりダム操作を行う設定とした。
 - 基本的に、流入量＝放流量
 - 流入量がプミポンダムで 700m³/s、シリキットダムで 800m³/s 以上となる場合、それ以上の流量を貯留



出典：JICA 調査団作成

図 9.1.2 プミボンダム・シリキットダムからの放流量設定図

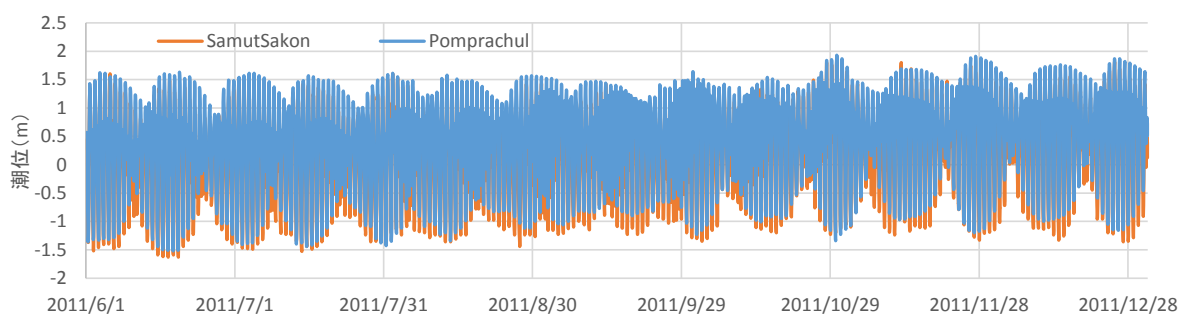
(4) 下流端水位条件

チャオプラヤ川及びタチン川の下流端水位は、既往 MP での条件と同様、タイ湾の潮位を境界条件として与えた。

表 9.1.1 下流端水位の諸元

境界地点	地点	潮位観測所
下流端	チャオプラヤ川河口	Pomprachul
	タチン川河口	Samut Sakon

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

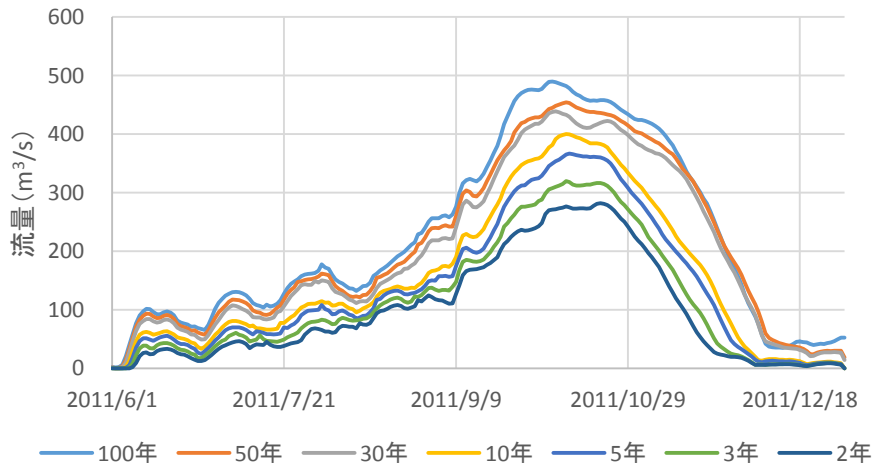
図 9.1.3 下流端水位ハイドロ

(5) 外郭環状道路放水路への分派流量

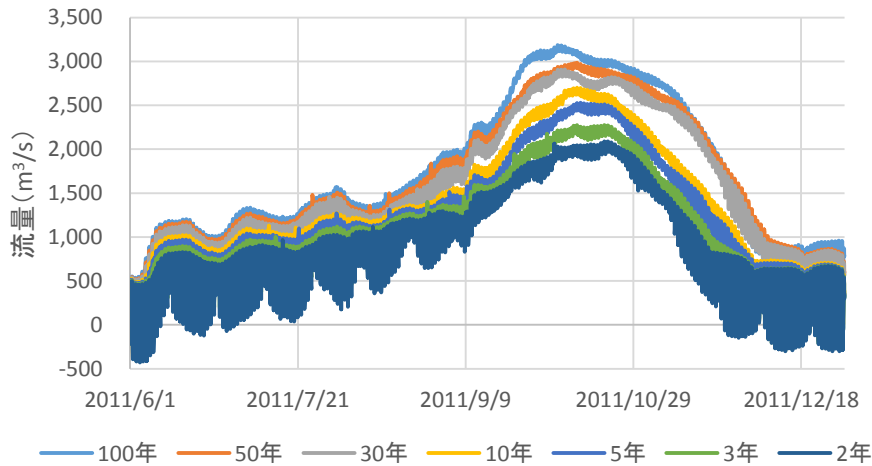
放水路への分派流量は、本検討では放水路の平時利用や稼働率の観点から定率分派条件としており、治水経済評価の計算においてもその条件を採用する。

放水路への分派開始流量は、分派地点直上流において 500m³/s とする。これは 2007 年～2015 年におけるチャオプラヤ川の推定流況において豊水流量程度の流量である。これより分派比率は、チャオプラヤ川本川：放水路=8.3：1.7 となる。

放水路分派流量



分派前チャオプラヤ本川流量



出典：JICA 調査団作成

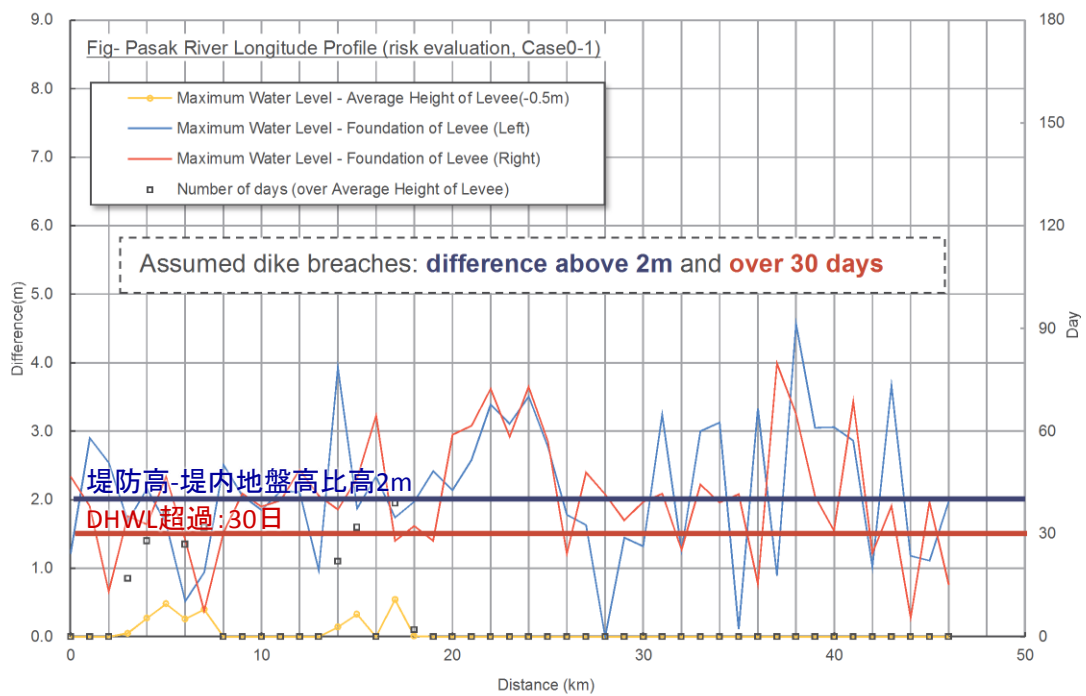
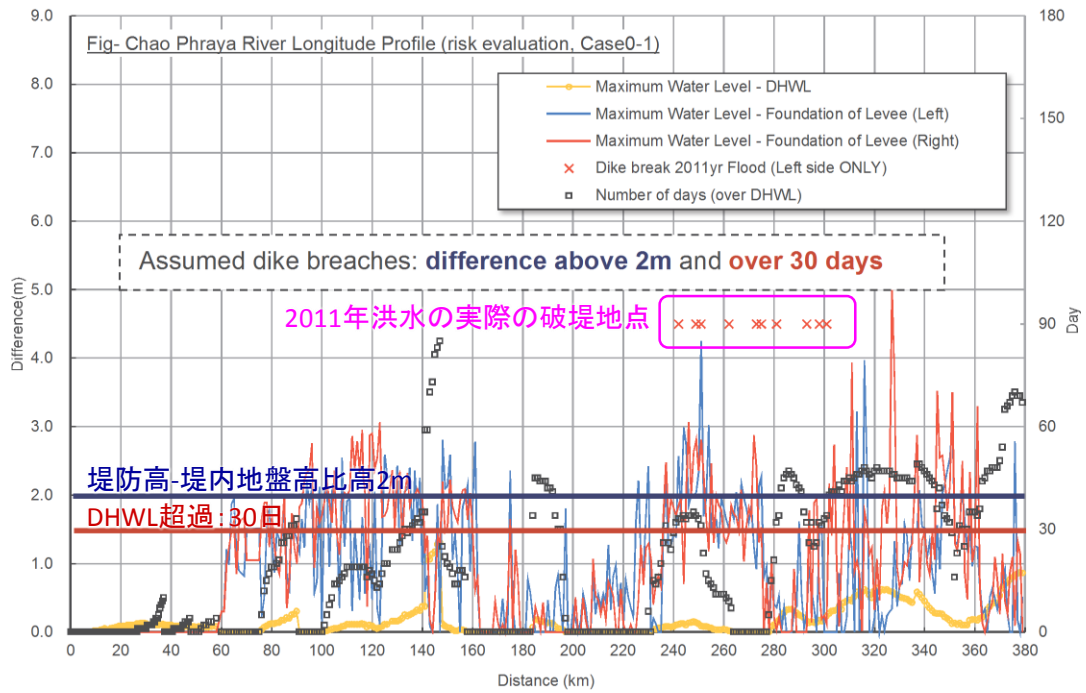
図 9.1.4 外郭環状道路放水路への分派流量ハイドロ

9.1.3 河道条件

(1) 破堤地点

2011 年洪水では、チャオプラヤ川において破堤が発生している。治水経済評価においては、プロジェクト完了後においても考え得る洪水リスクを踏まえた評価を行う必要があるため、破堤を考慮した解析を実施する。破堤地点の選定条件は既往 MP での条件を踏襲し、2011 年洪水での破堤地点の傾向から以下のとおり設定した。

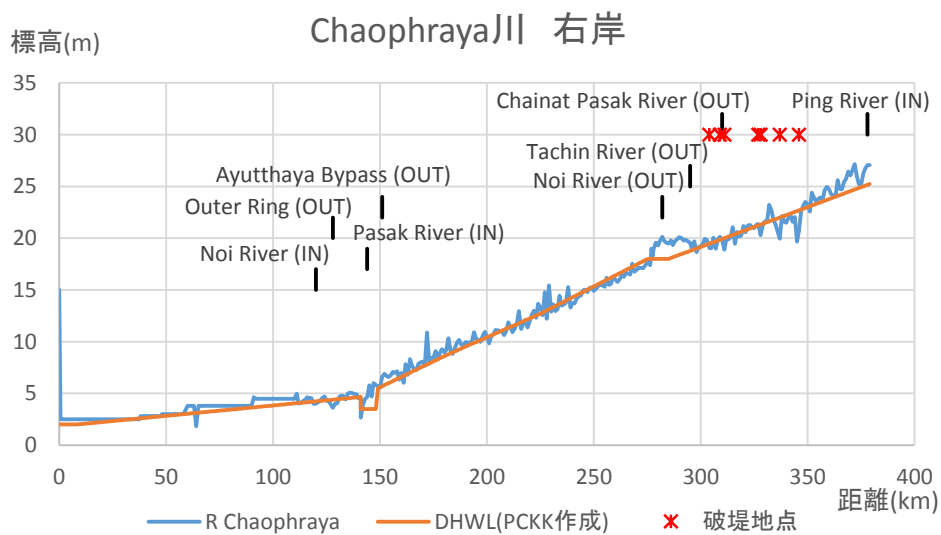
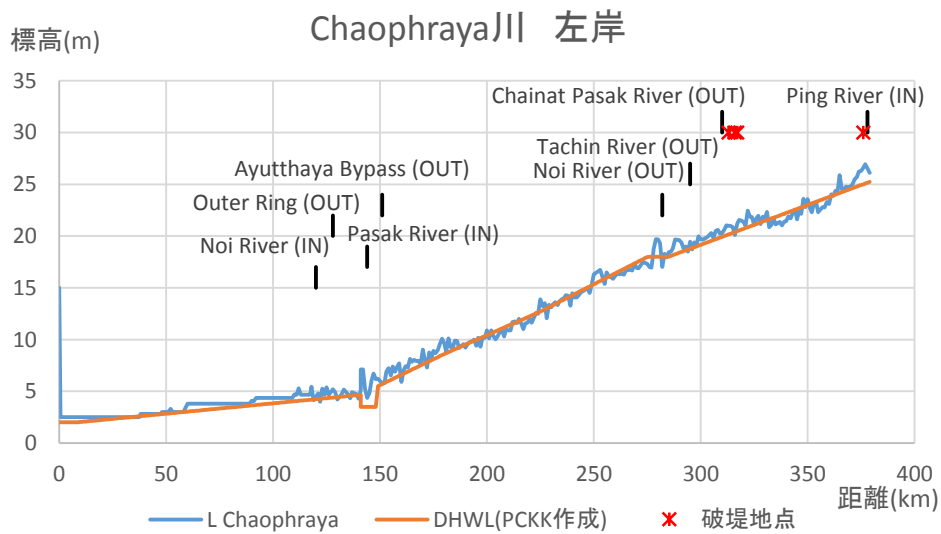
- ・ 設定対象河道：チャオプラヤ川、パサク川
- ・ 堤防高と堤内地盤高の比高が 2m 以上となる箇所
- ・ (チャオプラヤ川) 河川水位が DHWL を 30 日以上超える箇所
- ・ (パサク川) 河川水位が左右堤防高から 0.5m 引いた高さを 30 日以上超える箇所



出典：既往報告書 サポートングレポート Sector P

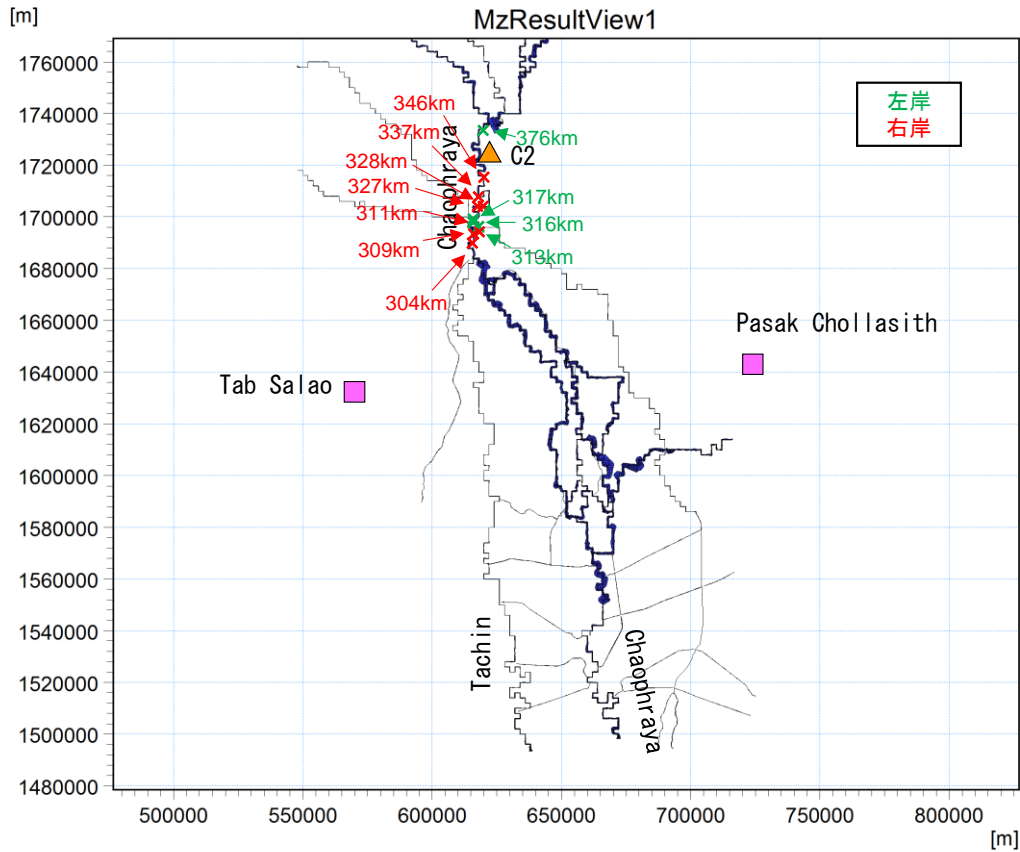
図 9.1.5 2011 年洪水再現計算での破堤条件該当地点と実際の破堤地点の比較

本検討での破堤始点を以下に示す。



出典：JICA 調査団作成

図 9.1.6 破堤地点の縦断位置



出典：JICA 調査団作成

図 9.1.7 破堤地点の平面位置

(2) アユタヤバイパス付近の河道条件

現在進行中の RID による計画では、アユタヤバイパスの分派地点ではチャオプラヤ川本川に堰を設け、洪水時には全流量をアユタヤバイパスに流すことが計画されている。ただし現時点では、堰操作方法等は未定である。

このため、本モデルでは全計算期間において、チャオプラヤ川本川からの流量をアユタヤバイパスに流下するものとした。Case 1-1（100 年確率規模）におけるアユタヤバイパスの流量ハイドロを以下に示す。



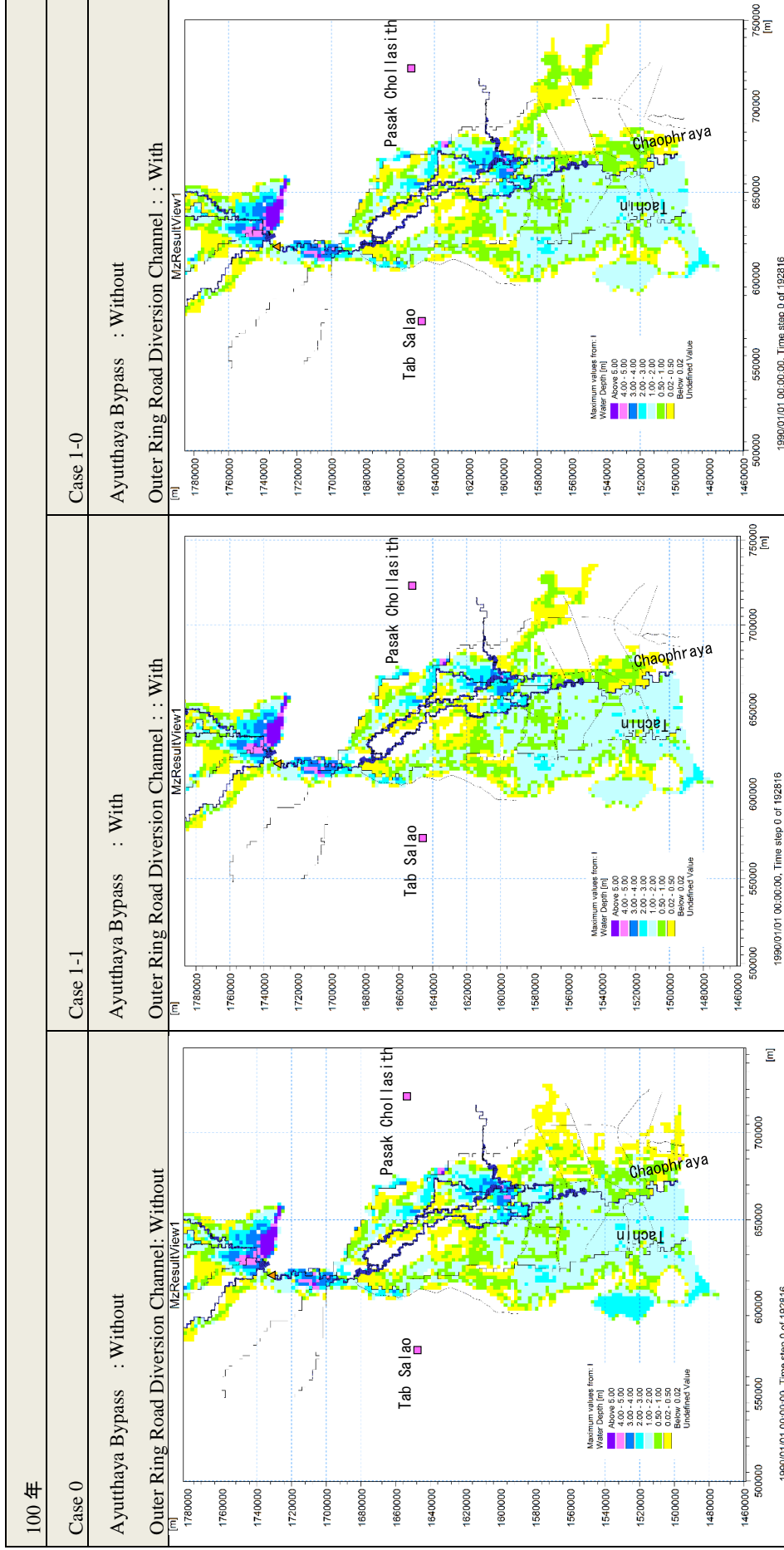
出典：JICA 調査団作成

図 9.1.8 アユタヤバイパスの流量ハイドロ

9.1.4 水理解析結果

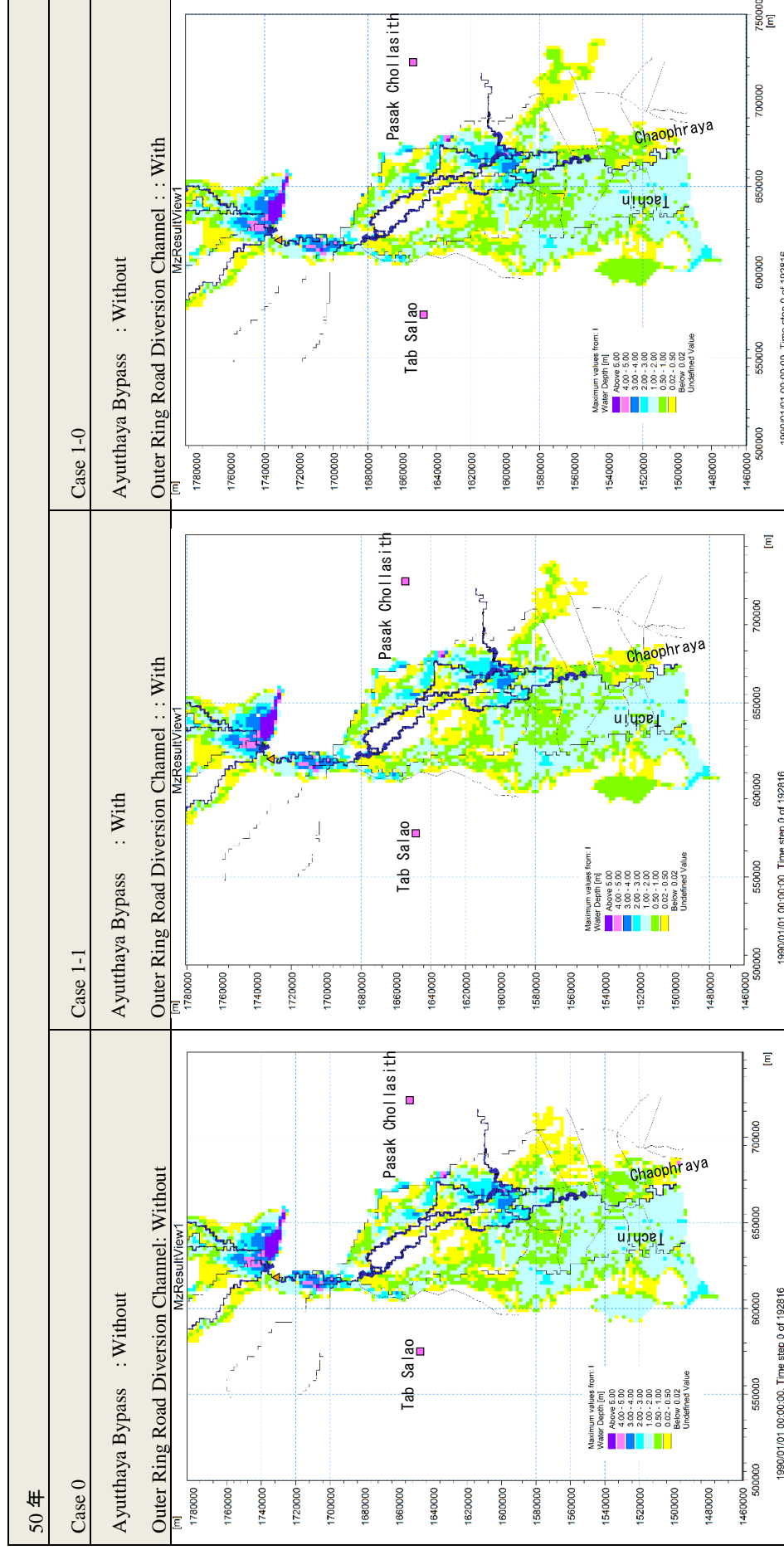
治水経済評価に用いる水理解析結果として、各ケースの浸水面積およびチャオプラヤ川 116 km 地点（Noi 川合流直後）での流量を以下に示す。

表 9.1.2 各ケースの最大浸水深図 (100 年確率)



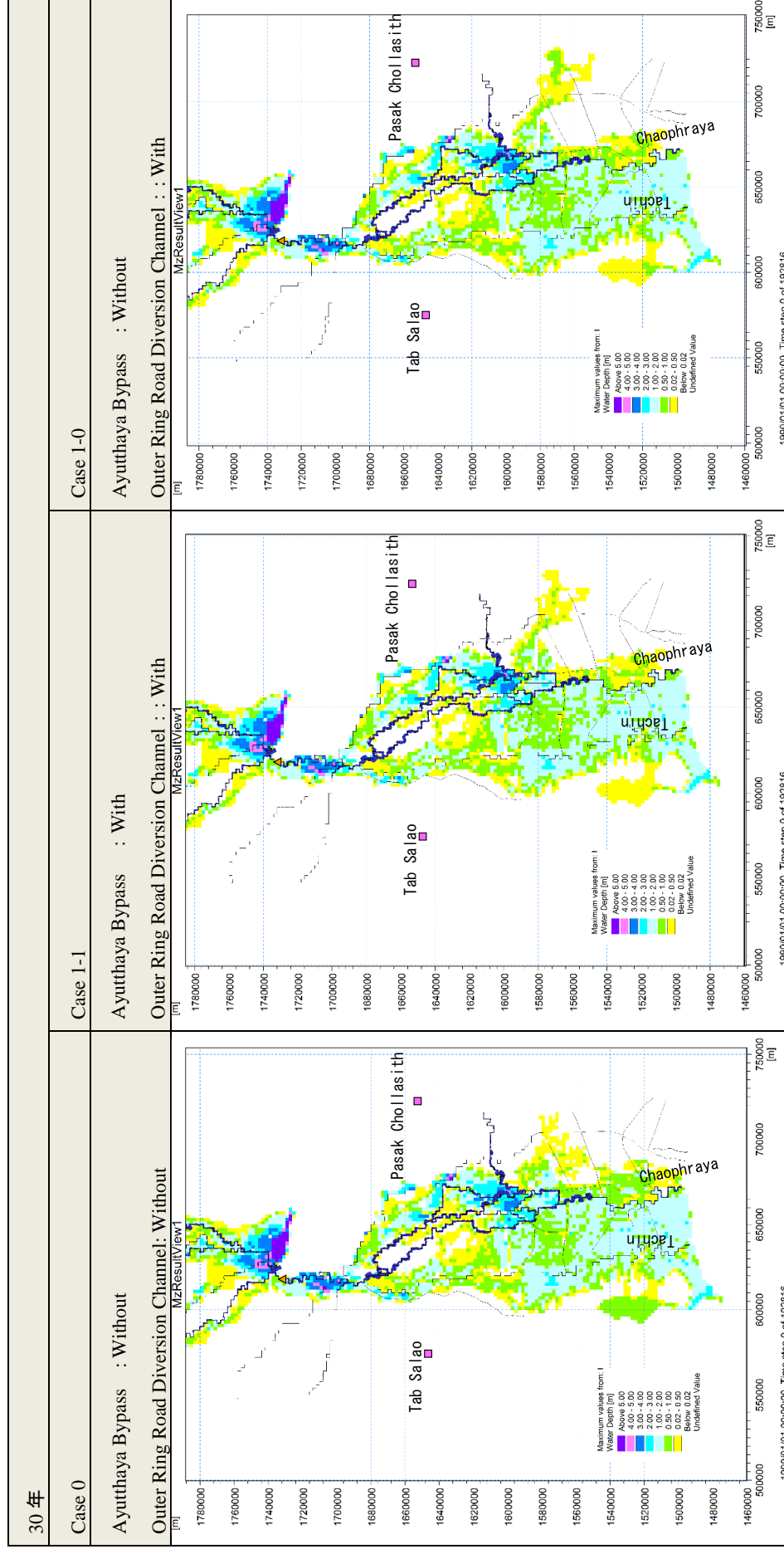
出典：JICA 調査団作成

表 9.1.3 各ケースの最大浸水深図 (50年確率)



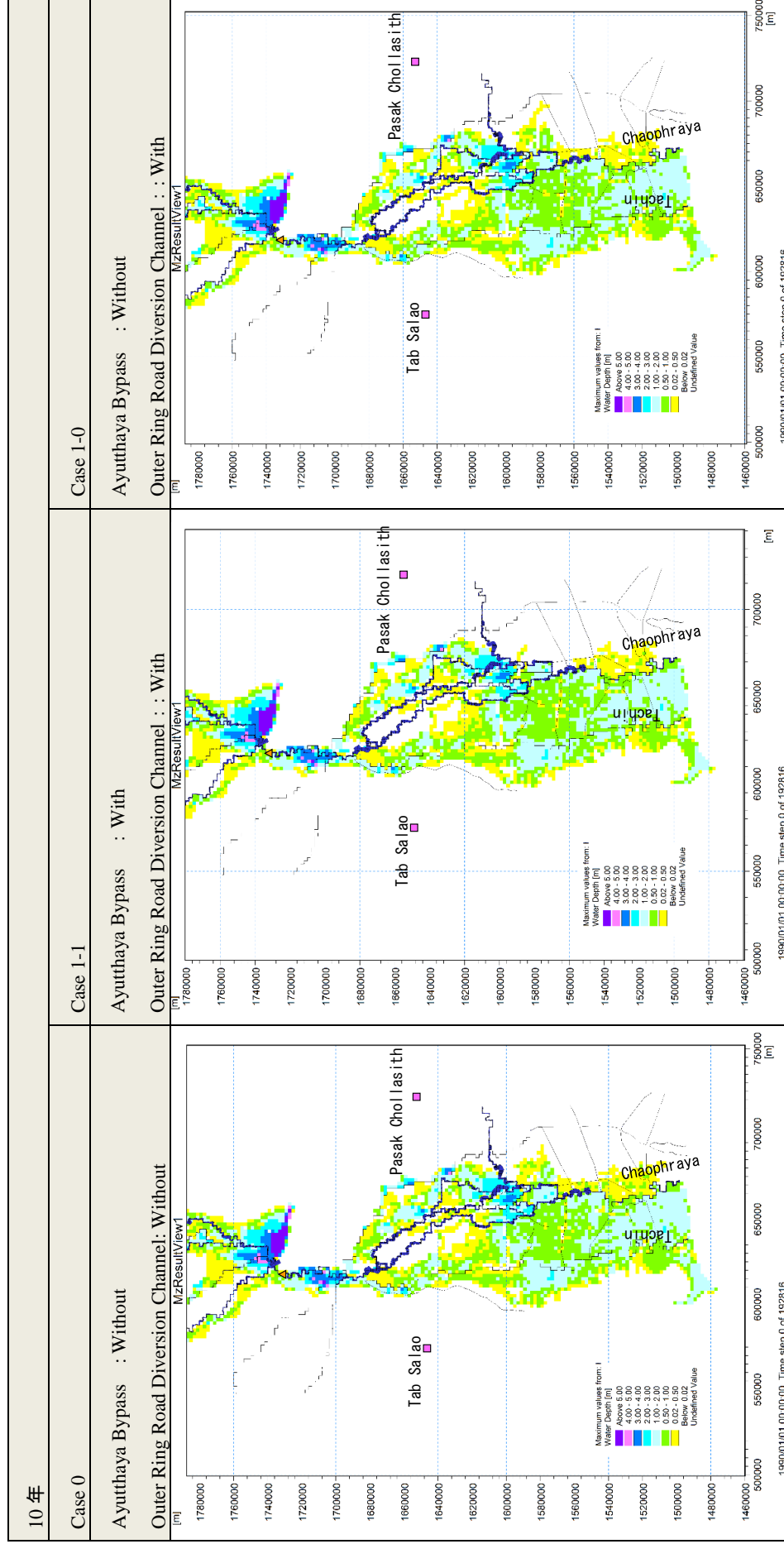
出典：JICA 調査団作成

表 9.1.4 各ケースの最大浸水深図 (30年確率)



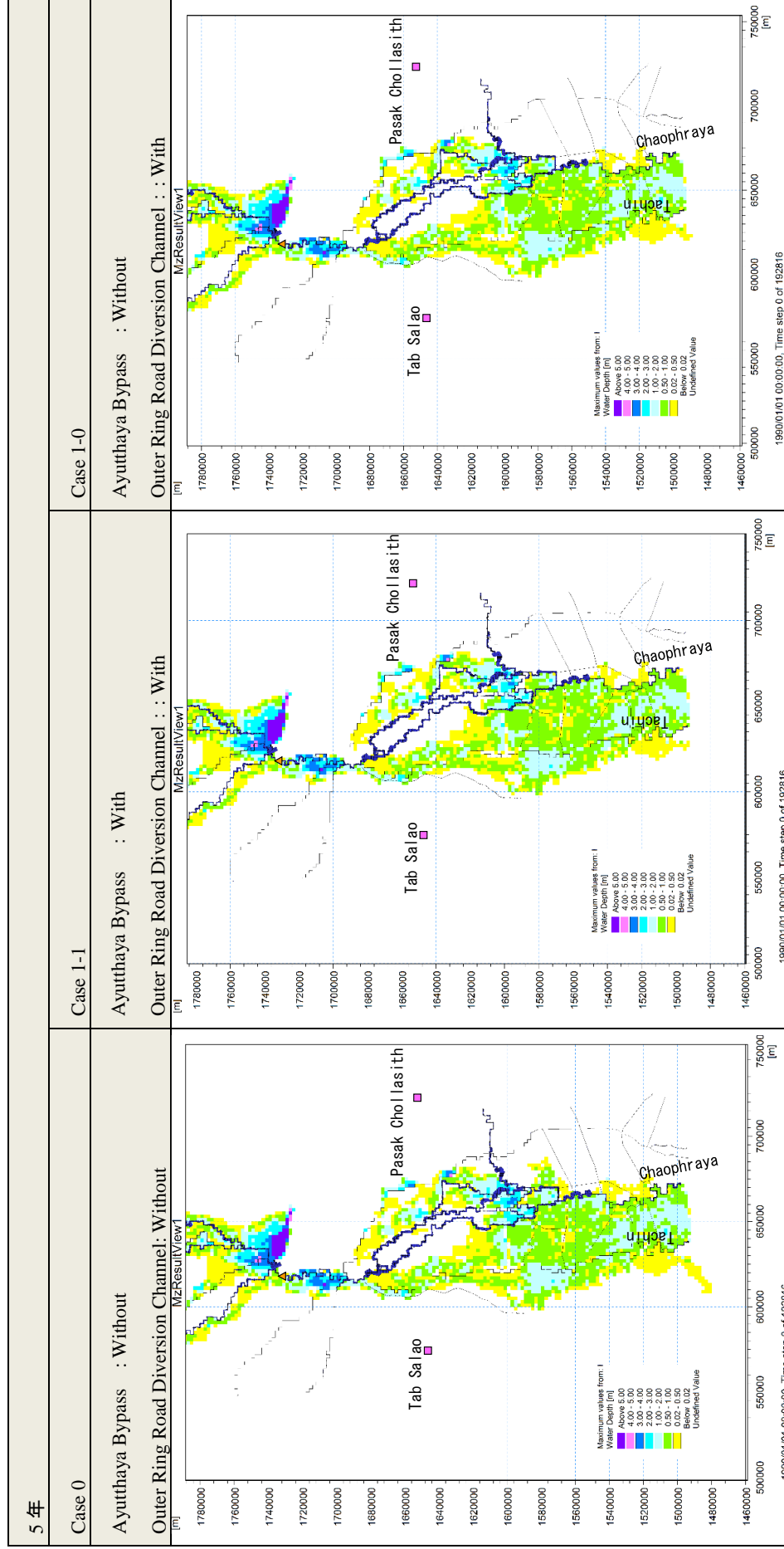
出典：JICA 調査団作成

表 9.1.5 各ケースの最大浸水深図 (10年確率)



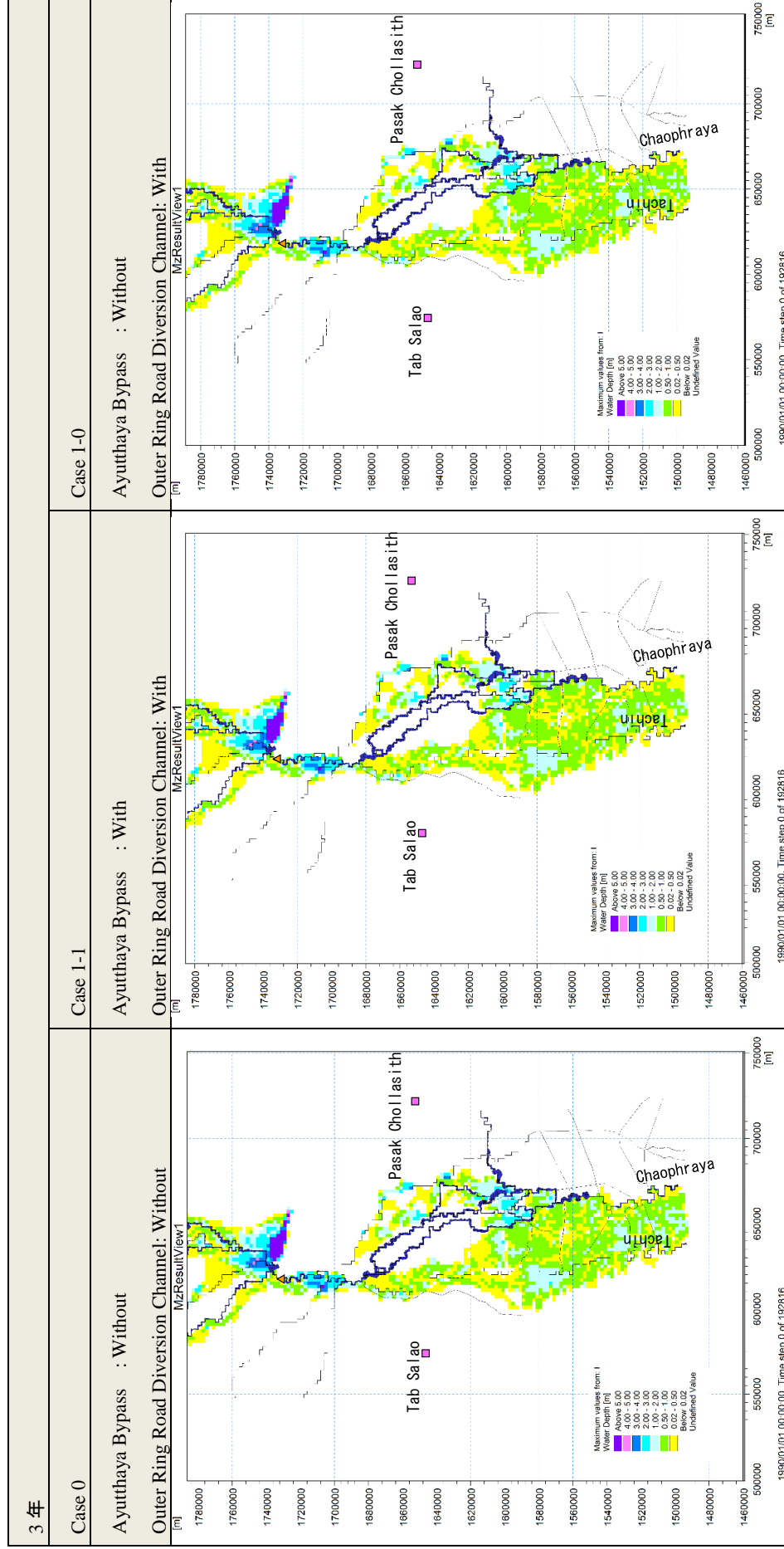
出典：JICA 調査団作成

表 9.1.6 各ケースの最大浸水深図 (5年確率)



出典：JICA 調査団作成

表 9.1.7 各ケースの最大浸水深図 (3年確率)



出典：JICA 調査団作成

表 9.1.8 浸水面積 (全体)

(面積 : km²)

ケース	100年	50年	30年	10年	5年	3年	2年
Case 0	21,237	20,176	19,658	16,934	15,140	13,213	12,072
Case 1-1	20,479	19,670	19,265	16,355	-	-	-
Case 1-0	20,819	20,071	19,447	16,816	-	-	-
差分 (Case 1-1)	-757	-506	-393	-579	-	-	-
差分 (Case 1-0)	-417	-105	-211	-117	-	-	-

出典 : JICA 調査団作成

表 9.1.9 浸水面積 (Protected Area 内)

(面積 : km²)

ケース	100年	50年	30年	10年	5年	3年	2年
Case 0	5,080	4,597	4,382	3,549	41	38	30
Case 1-1	4,048	3,880	3,829	3,055	-	-	-
Case 1-0	4,232	4,066	3,910	3,474	-	-	-
差分 (Case 1-1)	-1,032	-717	-554	-494	-	-	-
差分 (Case 1-0)	-848	-531	-473	-75	-	-	-

出典 : JICA 調査団作成

表 9.1.10 河道流量 (チャオプラヤ川 116km 地点)

(流量 : m³)

ケース	100年	50年	30年	10年	5年	3年	2年
Case 0	3,838	3,802	3,772	3,458	3,187	2,979	2,746
Case 1-1	3,849	3,815	3,795	3,400	-	-	-
Case 1-0	3,619	3,581	3,560	3,260	-	-	-
差分 (Case 1-1)	+11	+12	+23	-58	-	-	-
差分 (Case 1-0)	-219	-221	-212	-198	-	-	-

出典 : JICA 調査団作成

9.2 事業費

9.2.1 放水路

放水路の概算事業費について、2017 年単価でアップデートした結果を次ページの表に示す。

中部区間の掘削土を外郭環状道路の盛土材へ流用することによるコスト縮減 (-9,882,576THB) を反映したものである。

表 9.2.1 放水路の概算事業費総括表

	①本検討	②JICA MP	③比率(①/②)
放水路工事費	50,619	23,140	2.2
施設構造物	21,331	24,769	0.9
用地費	52,450	18,821	2.8
事業費	124,400	66,730	1.9

単位 Mil THB

※ 技術経費・施工調整費 5,756 Mil THB、事業管理費・処理費 2,158 Mil THB は含まず

上記を含む事業費は、132,314Mil THB となる。

出典：JICA 調査団

表 9.2.2 放水路の概算事業費

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)	

※ 技術経費・施工調整費 5,756 Mil B、事業管理費・処理費 2,158 Mil B を含む事業費は、132,314 Mil B となる。

出典：JICA 調査団

9.2.2 第3 外郭環状道路

(1) 外郭環状道路の概算事業費の算定

外郭環状道路の概算事業費について、2017年単価でアップデートした結果を次ページの表に示す。

この表で建設費（Factor F を含まない）を比較すると、以下となる。

- (1) DoH の 2008 年の F/S 建設費 : 260.7 億 THB
- (2) DoH F/S の 2017 年価格 建設費 : 345.2 億 THB
- (3) 南部 13km を高架道路とした建設費 : 451.6 億 THB
- (4) 一体化（南部 13km は高架）の建設費 : 486.3 億 THB

(4) には、一体化したことにより生じる、(5)～(9) に示す建設費が含まれている。

- (5) 放水路敷地内に入るサービス道路 (31.29 km)

舗装部 : AC 舗装費 1.11 億 THB

路床・路体部 : 砂材料費・運搬費 1.80 億 THB

路床・路体部 : ミキシング・転圧費 2.94 億 THB

- (6) 放水路と IC-4 付近で交差するための新橋梁 (820m) : 6.35 億 THB
- (7) 既存道路高架（放水路横断部 +160m 2 箇所） : 0.86 億 THB
- (8) コミュニティ道路（放水路横断）新設 20 箇所 : 9.17 億 THB
- (9) インターチェンジ変更に伴う増分 4 箇所 : 17.35 億 THB

(5)～(9)計 39.58 億 THB

(9) の建設費のうち、この放水路に係る増額分を RID が負担するものとするれば、DOH の負担額は、

$$(10) = (4) - ((5) \sim (9)) = 486.3 - 39.58 = 446.7 \text{ 億 THB}$$

となる。

このとき、DOH の費用だけで見れば、 $(10) - (3) = 446.7 - 451.6 = -4.9$ 億 THB

のコストダウンとなる。

一方、放水路掘削粘性土の残土処分量低減（＝道路盛土での利用分：Loose 約 1430 万 m³ の低減）にともなう RID の一体化のメリット（運搬費のみ考慮）は、想定する土捨て場までの距離によるが、概ね以下となる。

土捨て場までの平均運搬距離 10km：約 5.1 億 THB（減）

50km：約 17.7 億 THB（減）

100km：約 35.3 億 THB（減）

したがって、土捨て場の用地確保の費用等も合わせると、プロジェクト全体としては、かなりのコストダウンが期待できる。

表 9.2.3 外郭環状道路の概算事業費比較

項目	仕様	FS (オリジナル)				FS (2017年単価)				FS見直し(南部高架化)				一体化施工				STA 0+0 ~ STA 24+280				STA 24+280 ~ STA 35+500				STA 35+500 ~ STA 56+579				STA 56+579 ~ STA 83+790				83+790 ~ 97+112				
		数量	単位	単価 (BHT)	金額	数量	単位	単価 (BHT)	金額	数量	単位	単価 (BHT)	金額	数量	単位	単価 (BHT)	金額	数量	単位	単価 (BHT)	金額	数量	単位	単価 (BHT)	金額	数量	単位	単価 (BHT)	金額	数量	単位	単価 (BHT)	金額					
高速道路(盛土構築部)																																						
RC舗装	t=25cm	1,478.016	m2	885	1,308,044.160	1,478.016	m2	930	1,374,554.880	1,277.208	m2	930	1,187,803.440	1,277.208	m2	930	1,187,803.440	273.456	m2	930	254,314.080	142.560	m2	930	132,580.800	372.146	m2	930	346,096.152	489.046	m2	930	454,812.408	0	m2	0	0	
サンドベッド	t=10cm	1,478.016	m2	61	90,158.976	1,478.016	m2	137	202,488.192	1,277.208	m2	137	174,977.496	1,277.208	m2	137	174,977.496	273.456	m2	137	37,463.472	142.560	m2	137	19,530.720	372.146	m2	137	50,984.057	489.046	m2	137	66,999.247	0	m2	0	0	
AC路肩	t=5cm	805.600	m2	230	185,288.000	805.600	m2	195	157,092.000	729.700	m2	195	142,291.500	729.700	m2	195	142,291.500	197.800	m2	195	38,571.000	105.300	m2	195	20,533.500	200.490	m2	195	39,095.550	226.110	m2	195	44,091.450	0	m2	0	0	
上層路盤	t=20cm(砕石)	214.289	m3	700	150,002.300	214.289	m3	313.62	67,205.316	220.969	m3	313.62	69,300.298	運搬費除く	220.969	m3	313.6	69,300.298	52.721	m3	313.6	16,534.423	28.010	m3	314	8,784.433	53.330	m3	314	16,725.461	60.252	m3	314	18,896.126	26.656	m3	314	8,359.855
下層路盤	t=15cm(ラテライト)	445.256	m3	550	244,890.800	445.256	m3	118.8	52,914.223	375.951	m3	118.8	44,678.037	運搬費除く	97.861	m3	118.8	11,629.807	97.861	m3	118.8	11,629.807	51.966	m3	0	0	111.787	m3	0	0	136.366	m3	0	0	28.832	m3	0	0
路床・路体	t=245cm(良質材)	12,857.800	m3	340	4,371,652.000	12,857.800	m3	101.7	1,307,638.260	11,064.834	m3	101.7	1,125,293.646	運搬費除く	2,899.954	m3	101.7	294,925.281	2,899.954	m3	101.7	294,925.281	1,934.073	m3	0	0	4,031.512	m3	0	0	5,877.604	m3	0	0	212.160	m3	0	0
ミキシング材	混合砂													4,467.362	m3	135.0	603,093.898	0	m3	135.0	0	744.165	m3	135.0	100,462.239	1,545.807	m3	135.0	208,683.922	2,028.516	m3	135.0	273,849.657	148.875	m3	135.0	20,098.080	
	セメント(7%)													42.599	ton	2700.0	115,017.700	0	ton	2700.0	0	6,730	ton	2700.0	18,169.755	14.476	ton	2700.0	39,086.442	17.659	ton	2700.0	47,680.395	3.734	ton	2700.0	10,081.109	
	石灰(5%)													120.553	ton	2700.0	325,494.396	0	ton	2700.0	0	19,341	ton	2700.0	52,219.961	40.315	ton	2700.0	108,850.812	58.776	ton	2700.0	158,695.302	2.122	ton	2700.0	5,728.320	
ミキシング費(運搬費込)	プラント@基													13,402.087	m3	292.2	3,916,089.709	0	m3	292.2	0	2,232.494	m3	292.2	652,334.802	4,637.420	m3	292.2	1,355,054.266	6,085.548	m3	292.2	1,778,197.107	446.624	m3	292.2	130,503.533	
盛土材運搬費:土取場→IC-4	t=20cm(砕石)				運搬費込	214.289	m3	361.3	77,420.473	220.969	m3	361.3	79,833.890	220.969	m3	361.3	79,833.890	52.721	m3	361.3	19,047.642	28.010	m3	361.3	10,119.661	53.330	m3	361.3	19,267.719	60.252	m3	361.3	21,768.322	26.656	m3	0.0	9,630.546	
	t=15cm(ラテライト)				445.256	m3	368.9	164,267.406	375.951	m3	368.9	138,698.913	97.861	m3	368.9	36,103.681	97.861	m3	368.9	36,103.681	0	m3	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	t=245cm(良質材)				12,857.800	m3	368.9	4,743,602.438	11,064.834	m3	368.9	4,082,127.181	2,899.954	m3	368.9	1,069,874.082	2,899.954	m3	368.9	1,069,874.082	0	m3	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	混合用砂													4,467.362	m3	240.9	1,076,008.861	0	m3	240.9	0	744.165	m3	240.9	179,239.517	1,545.807	m3	240.9	372,323.033	2,028.516	m3	240.9	488,588.359	148.875	m3	240.9	35,857.952	
盛土材運搬費:IC-4→Site	t=20cm(砕石)				運搬費込	214.289	m3	263.1	56,384.386	220.969	m3	263.1	45,121.545	220.969	m3	155.8	34,426.344	52.721	m3	155.8	8,213.813	28.010	m3	155.8	4,363.847	53.330	m3	155.8	8,308.716	60.252	m3	155.8	9,387.038	26.656	m3	155.8	4,152.929	
	t=15cm(ラテライト)				445.256	m3	283.8	126,366.837	375.951	m3	283.8	99,200.427	97.861	m3	52.4	5,126.364	97.861	m3	52.4	5,126.364	0	m3	52.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	t=245cm(良質材)				12,857.800	m3	192.6	2,476,058.655	11,064.834	m3	182.7	2,021,753.670	2,899.954	m3	52.4	151,911.487	2,899.954	m3	52.4	151,911.487	0	m3	52.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	混合用砂													4,467.362	m3	162.5	725,930.272	0	m3	162.5	0	744.165	m3	162.5	120,924.089	1,545.807	m3	162.5	251,188.043	2,028.516	m3	162.5	329,626.542	148.875	m3	162.5	24,191.597	
ソイルセメントスラブ	t=60cm	854.640	m3	230	196,567.200	854.640	m3	278.3	237,846.312																													
バイル STA65+0~97+112	22cm x 22cm	4,273.200	m	550	2,350,260.000	4,273.200	m	665.5	2,843,814.600																													
ソイルセメントスラブ	t=60cm									723.644	m3	278.3	201,390.173																									
バイル STA56+579~83+790	22cm x 22cm									3,618.221	m	665.5	2,407,925.977																									
PVD STA 56+579~83+790	1.0m*1.0m													22.641	m	96.558	2,186,169.678	0	m	96.558	0	0	m	96.558	0	0	m	96.558	0	22.641	m	96.558	2,186,169.678	0	m	96.558	0	
PVD STA 35+500~56+579	2.0m*2.0m									21.079	m	19.950	420,526.050	20.069	m	19.950	400,376.550	0	m	19.950	0	0	m	19.950	0	20.069	m	19.950	400,376.550	0	m	19.950	0	0	m	19.950	0	
植生・フェンス等					330,637.000				476,117.280			410,802.649				410,802.649				119,039.126			55,009.019				103,345.376			133,409.129					0			
高速道路(高架構築部)																																						
STA 83+700~97+112	6 lanes									13,412	m	1,001.743	13,435,378.574	13,412	m	1,001.743	13,435,378.574	0	m	0	0	0	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,412	m	1,001.743	13,435,378.574
側道	2 lane	41.820	m	16,750	700,485.000	67.314	m	5,800	390,421.200	67.314	m	5,800	390,421.200																									
道路敷地内(混合土)														36.024	m	3,550	127,885.200	0	m	3,550	0	8,150	m	3,550	28,932.500	16.340	m	3,550	58,007.000	4.734	m	3,550	16,805.700	6.800	m	3,550	24,140.000	
放水路敷地内(混合土)														31.290	m	3,550	111,079.500	0	m	3,550	0	8,150	m	3,550	28,932.500	16.340	m	3,550	58,007.000	0	m	3,550	0	6.800	m	3,550	24,140.000	
その他付帯施設等																																						
放水路交差地点 STA21+015	820m 橋梁				0				0					1箇所	820	m	774,000	634,680,000	820	m	774,000	634,680,000																
本線橋梁	対水路・幹線道路				2,308,660,000				2,978,171,400			1,882,962,690		8箇所			1,882,962,690																				0	
既存道路高架	1 Gireder	3,200	m	209,000	668,800,000	3,200	m	269,610	862,752,000	3,200	m	269,610	862,752,000	9箇所	3,200	m	269,610	862,752,000	2,000	m	269,610	539,220,000	400	m	269,610	107,844,000	400	m	269,610	107,844,000	400	m	269,610	107,844,000	0	m	0	0
(Additional for Diversion Channel)	160m延長分													2箇所	320	m	269,610	86,275,200	0	m	0	160	m	269,610	43,137,600	160	m	269,610	43,137,600	0	m	0	0	0	0	0		
	Segmental Girder	612	m	400,000	244,800,000	612	m	516,000	315,792,000	612	m	516,000	315,792,000	1																								

9.3 事業評価

(1) 放水路事業の便益評価手法

放水路事業の便益は、治水経済調査マニュアル（案）（平成 17 年、国土交通省河川局）に基づき、洪水の防止便益を評価対象とする。

治水経済調査マニュアル（案）では、現段階で統計情報等から評価可能な被害防止便益として、直接被害と間接被害の防止効果を評価対象としている。直接被害の防止便益では、一般資産（家屋、工場や事業所などの償却資産、在庫資産など）、農産物、公共土木施設等への資産被害抑止効果を評価対象便益となっている。一方、間接被害の防止便益では、家計、事業所、公共・公益サービスにおける営業停止等による稼働被害の抑止効果、応急対策費用等の事後的被害の抑止効果が評価対象便益となっている。

人身被害の抑止効果や精神的被害の抑止効果、リスクプレミアム等のその他の被害防止便益あるいは地価向上等の高度化便益についても、評価が可能な場合には便益として組み入れることは可能としている。

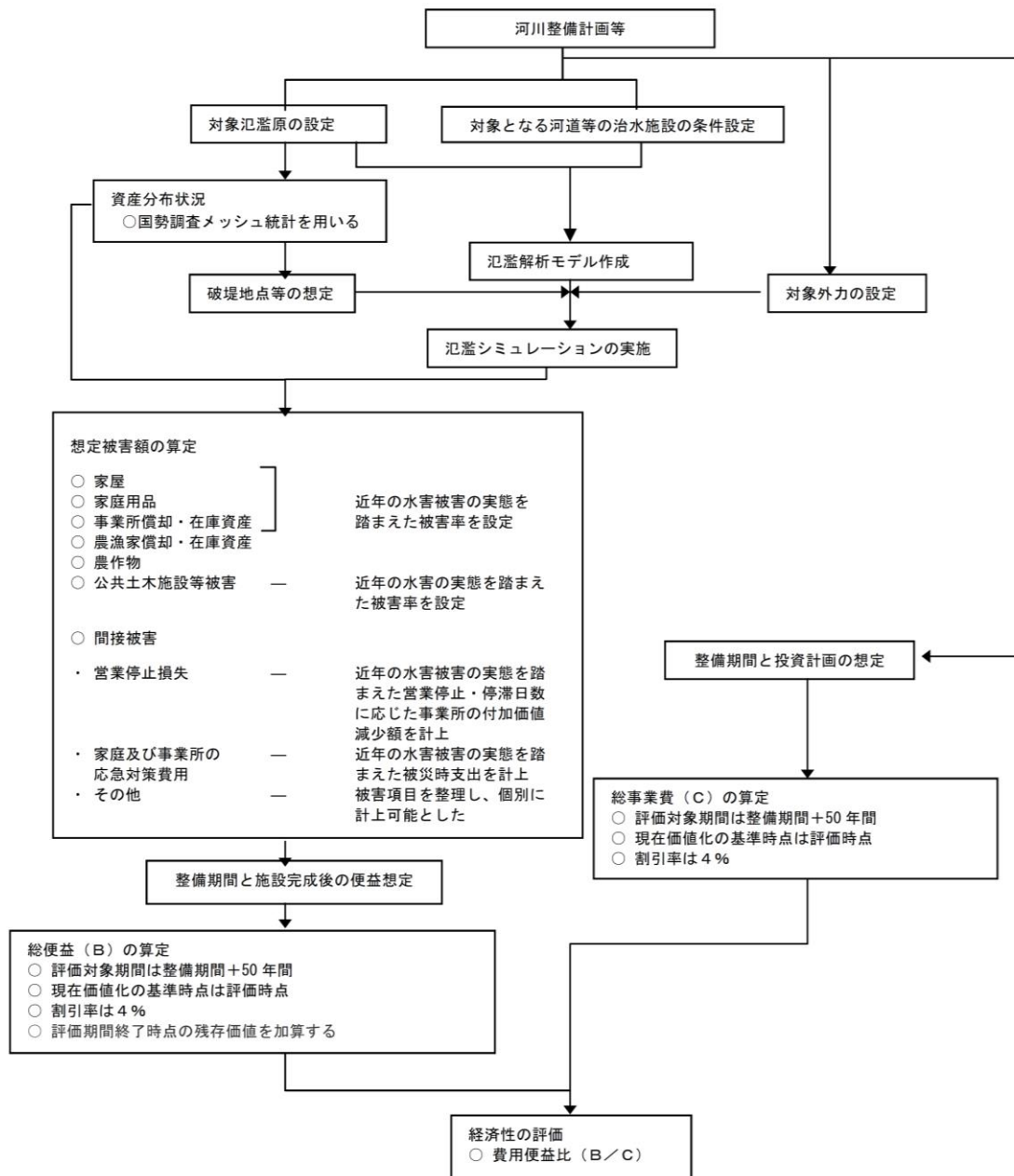
本調査では、治水経済調査マニュアル（案）に基づき、資産被害抑止効果と稼働被害抑止効果、事後的被害抑止効果を評価対象便益とする。よって、本調査で推定される便益の額は、厳密には放水路事業の便益の一部を表すものであり、控え目な便益評価額と言える。

以下に治水経済調査マニュアル（案）における便益の区分と評価フローを示す。

表 9.3.1 洪水対策の便益区分

		分類		効果(被害)の内容	
被害防止便益	直接被害	資産被害抑止効果	一般資産被害	家 屋	居住用・事業用建物の被害
				家庭用品	家具・自動車等の浸水被害
				事業所償却資産	事業所固定資産のうち、土地・建物を除いた償却資産の浸水被害
				事業所在庫資産	事業所在庫品の浸水被害
				農漁家償却資産	農漁業生産に係わる農漁家の固定資産のうち、土地・建物を除いた償却資産の浸水被害
				農漁家在庫資産	農漁家の在庫品の浸水被害
		農産物被害		浸水による農作物の被害	
	公共土木施設等被害		公共土木施設、公益事業施設、農地、農業用施設の浸水被害		
	人身被害抑止効果		人命損傷		
	間接被害	稼働被害抑止効果	営業停止被害	家 計	浸水した世帯の平時の家事労働、余暇活動等が阻害される被害
				事 業 所	浸水した事業所の生産の停止・停滞(生産高の減少)
				公共・公益サービス	公共・公益サービスの停止・停滞
		事後的被害抑止効果	応急対策費用	家 計	浸水世帯の清掃等の事後活動、飲料水等の代替品購入に伴う新たな出費等の被害
				事 業 所	家計と同様の被害
				国・地方公共団体	家計と同様の被害および市町村等が交付する緊急的な融資の利子や見舞金等
			交通途絶による波及被害	道路、鉄道、空港、港湾等	道路や鉄道等の交通の途絶に伴う周辺地域を含めた波及被害
			ライフライン切断による波及被害	電力、水道、ガス、通信等	電力、ガス、水道等の供給停止に伴う周辺地域を含めた波及被害
		営業停止波及被害		中間製品の不足による周辺事業所の生産量の減少や病院等の公共・公益サービスの停止等による周辺地域を含めた波及被害	
		精神的被害抑止効果	資産被害に伴うもの		資産の被害による精神的打撃
			稼働被害に伴うもの		稼働被害に伴う精神的打撃
人身被害に伴うもの			人身被害に伴う精神的打撃		
事後的被害に伴うもの			清掃労働等による精神的打撃		
波及被害に伴うもの			波及被害に伴う精神的打撃		
リスクプレミアム		被災可能性に対する不安			
高度化便益		治水安全度の向上による地価の上昇等			

出典：国土交通省「治水経済調査マニュアル(案)」



出典：国土交通省「治水経済調査マニュアル（案）」

図 9.3.1 洪水対策の便益評価フロー

治水経済調査マニュアル（案）における被害額の算定対象では、家計（家屋・家庭用品）、事業所（償却・在庫資産）、農業・水産業（農漁家償却・在庫資産、農作物）、公共土木施設等が対象となっている。

ただし、World Bank “Thai Flood 2011 Rapid Assessment for Resilient Recovery and Reconstruction Planning – overview”が引用するタイ NESDB 及び工業省が試算した 2011 年洪水の各セクターにおける被害額を見ると、製造業セクターと家計セクターが占める割合は、直接被害額については、全直接被害額の 88.8%であり、間接被害額については、全間接被害額の 66.8%、直接被害額と間接被害額の合計で見ると、全被害額の 76.5%と、大部分を占めていることが分かる。

表 9.3.2 2011 年 12 月 1 日時点の被害

Items	Contents
Affected Areas	43,600 villages, 4,917 sub-districts, 684 districts of 65 provinces.
Affected Population	In total 13,425,869 people of 4,039,459 families are affected.
Damaged Houses	2,329 houses: wholly damaged. 96,833 houses: partly damaged.
Agriculture damage	1.8 million hectare cultivated area.
Damages of Infrastructures	13,961 roads, 982 weirs, 142 embankments, 724 bridges.
Damage of livestock	13.41 million livestock
Damages of fish/shrimp/shell ponds	over 37,107 ha
Death toll	657 deaths(in 44 provinces)

出典 : DDPM

表 9.3.3 2011 年洪水セクター別被害額

Unit: Mil THB

Sub Sector	Disaster Effects			Ownership	
	Damage	Losses	Total	Public	Private
Infrastructure					
Water Resources Management	8,715	–	8,715	8,715	–
Transport	23,538	6,938	30,476	30,326	150
Telecommunication	1,290	2,558	3,848	1,597	2,251
Electricity	3,186	5,716	8,901	5,385	3,517
Water Supply and Sanitation	3,497	1,984	5,481	5,481	–
Production					
Agriculture, Livestock and Fishery	5,666	34,715	40,381	–	40,381
Manufacturing	513,881	493,258	1,007,139	–	1,007,139
Tourism	5,134	89,673	94,808	403	94,405
Finance and Banking	–	115,276	115,276	74,076	41,200
Social					
Health	1,684	2,133	3,817	1,627	2,190
Education	13,051	1,798	14,849	10,614	4,235
Housing	45,908	37,889	83,797	–	83,797
Cultural Heritage	4,429	3,076	7,505	3,041	4,463
Cross Cutting					
Environment	375	176	551	212	339
TOTAL	630,354	795,191	1,425,544	141,477	1,284,066

Source: DALA estimates, NESDB, and Ministry of Industry.

Note: Losses for each sector include higher expenditures due to floods.

出典 : World Bank “Thai Flood 2011 Rapid Assessment for Resilient Recovery and Reconstruction Planning – overview”

そのため、本調査では製造業セクターと家計セクターについては、最新の統計資料から対象地域における資産額を推定し、直接被害額を明らかにする。それら以外のセクターに関しては、2011年洪における製造業セクターと家計セクターの直接被害額の合計との比率によって推定することとする。

(2) 製造業セクターの直接被害額の推定

1) 製造業セクターの資産額の推定

製造業セクターの資産として、工場の固定資産（建物、機械類等）と在庫資産（原材料、部品等）の金額を以下のプロセスで推定し、氾濫解析で用いた2km四方のメッシュ単位で集計することで、メッシュ別の製造業セクター資産額を明らかにする。

【工場資産推定プロセス】

- ・ タイ国の国家統計局（National Statistic Office of Thailand, NSO）の”The 2012 Business and Industrial Census”では、2011年末時点での固定資産および在庫資産（簿価）、従業員数のデータが、製造業28業種について県別に集計されている。このデータを用い、県別業種別の従業員一人当たりの固定資産および在庫資産の額を算定する。
- ・ 工業省工場局（DIW）のウェブサイトで公表される Factory Data（2017年5月8日更新）には、DIWに登録されている個々の工場の名称、所在地、業種、従業員数等の情報がまとめられている。本調査で対象となる24県には対象とする28業種の工場は、2017年5月現在で53,748個存在している。
- ・ The 2012 Business and Industrial Census のデータから算出した県別業種別の従業員一人当たりの固定資産および在庫資産額と Factory Data における53,748工場の個々の従業員数情報から、個々の工場の固定資産および在庫資産の額を推定する。
- ・ Factory Data における個々の工場の所在地情報から、各工場が立地するメッシュを特定し、メッシュ単位で資産額を集計する。
- ・ なお、The 2012 Industrial and Business Census は2011年末データであるため、2011年12月から2016年12月までの物価上昇率6.26%（出典：商務省 <http://www.indexpr.moc.go.th>）で価格を2016年末価格に調整する

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)

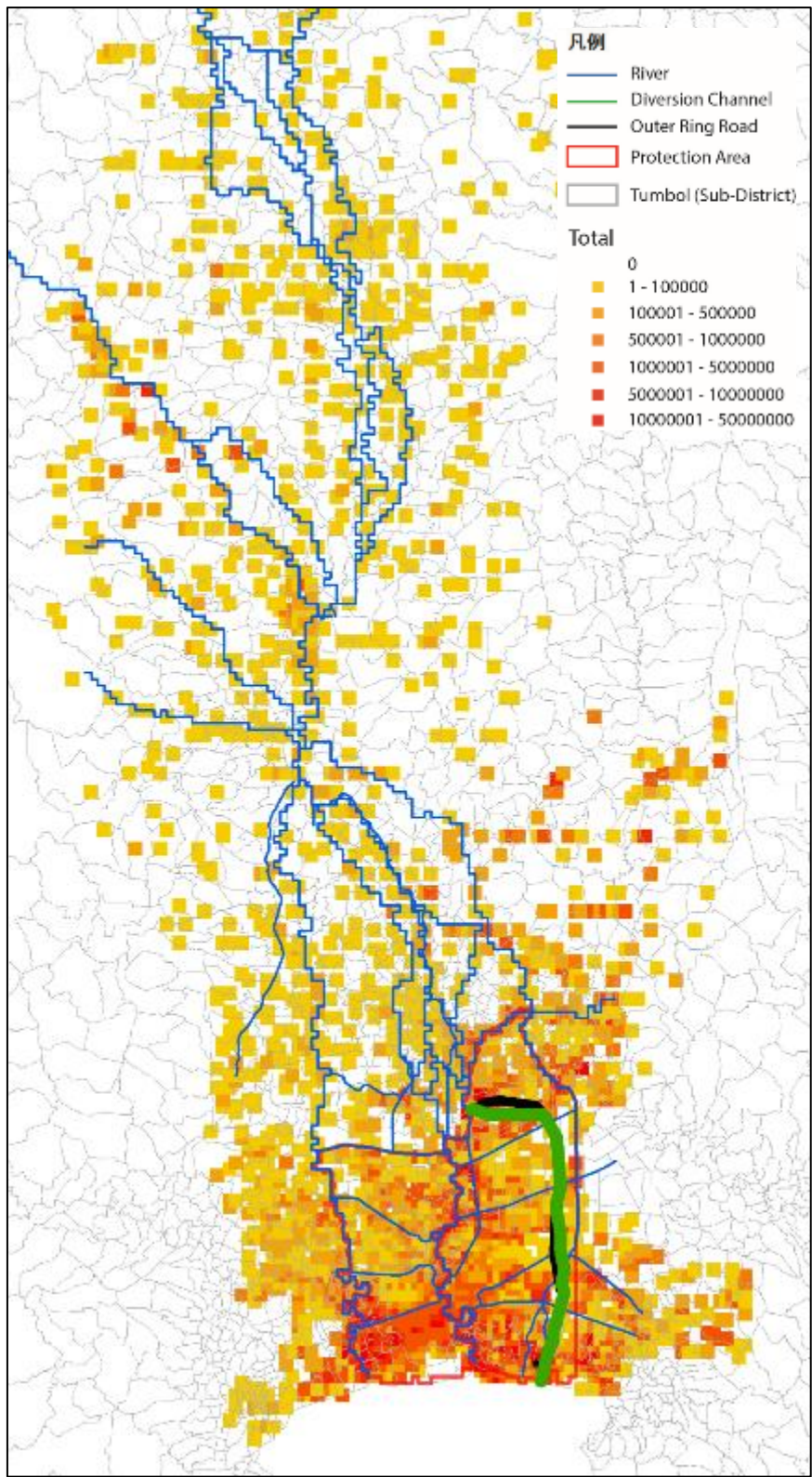
Total Asset/workers	National	BKK	Ang Thong	Autaradit	Chachoe rgsao	Chainat	Kamphaeng gphet	Lopburi	Nakorn nayok	Nakorn Pathom	Nakhon Sawan	Nontaburi	Pathum Thani	Phichit	Phitsanulok	Pira Nakhon Si Ayutthaya	Ratchaburi	Samut Prakan	Samut Sakhon	Samut Songkhro	Saraburi	Sing Buri	Sukhothai	Suphan Buri	Uthai Thani	Average
Manufacture of food products	1,306	758	882	912	1,976	10,123	22,528	2,485	920	980	917	2,019	466	439	861	644	596	610	419	869	691	650	554	1,168	2,319	
Manufacture of beverages	2,369	2,461	542	354	1,635	394	10,819	282	539	2,477	1,738	1,336	4,721	241	753	5,096	665	8,373	385	411	450	2,114	318	295	432	1,900
Manufacture of tobacco products	487	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Manufacture of textiles	380	516	557	121	1,348	993	157	330	369	738	143	190	267	1,010	87	323	633	520	750	749	468	1,882	112	623	35	542
Manufacture of wearing apparel	245	218	286	131	1,994	123	331	146	295	374	193	215	319	59	323	304	538	313	207	213	317	176	154	374	130	322
Manufacture of leather and related products	236	192	138	0	725	85	52	145	0	121	121	906	101	144	0	251	174	525	194	0	0	138	280	42	241	
Manufacture of wood and products of wood and cork (except furniture); manufacture of articles of straw and plaiting materials	282	510	177	132	645	59	0	112	209	405	112	440	672	62	157	331	263	525	371	408	4,332	1,488	112	167	130	514
Manufacture of paper and paper products	1,118	947	1,129	252	700	0	0	0	1,035	0	557	905	0	0	576	1,653	795	1,004	0	590	0	170	0	0	0	793
Printing and reproduction of recorded media	1,369	1,809	833	136	1,203	479	420	649	417	898	822	643	930	233	707	672	198	828	843	348	905	196	445	333	654	
Manufacture of coke and refined petroleum products	6,995	14,520	0	0	1,185	0	0	0	0	0	0	0	444	0	2,099	1,126	1,213	482	0	0	0	0	0	0	3,010	
Manufacture of chemicals and chemical products	2,644	1,042	259	0	689	3,213	1,257	2,073	1,072	1,158	520	307	549	270	200	1,702	982	875	786	1,609	899	544	2,082	0	1,032	
Manufacture of pharmaceuticals, medicinal chemical and botanical products	783	716	62	0	854	0	0	0	628	0	1,382	1,208	0	534	0	937	0	594	181	0	0	36	529	0	638	
Manufacture of rubber and plastic products	788	711	335	0	700	138	122	355	456	549	1,966	641	844	129	668	617	613	685	685	4,020	481	285	222	7,856	1,038	
Manufacture of non-metallic mineral products	1,466	3,387	223	296	1,157	950	422	1,740	428	630	1,965	414	930	238	493	969	410	929	563	2,429	855	386	386	195	878	
Manufacture of basic metals	2,367	4,373	450	0	1,329	0	0	200	272	471	278	423	930	514	438	4,241	260	1,758	834	336	1,928	0	664	182	0	1,050
Manufacture of fabricated metal products (except machinery and equipment)	601	585	444	348	588	282	0	228	291	444	535	418	735	189	469	778	512	617	505	378	1,123	293	281	279	223	458
Manufacture of computers, electronic and optical products	876	957	0	0	1,051	0	0	43	0	1,292	108	614	1,916	0	578	4,227	756	236	0	540	0	0	0	0	0	1,071
Manufacture of electrical equipment	771	526	0	153	761	0	0	0	679	0	814	1,105	0	0	590	988	739	475	0	540	0	0	0	0	0	670
Manufacture of machinery and equipment, n.e.c	1,478	642	0	310	602	0	0	340	0	2,169	592	1,210	1,734	0	633	1,119	341	2,494	6,639	0	594	0	90	536	0	1,253
Manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers	1,334	768	281	15	1,117	246	0	504	294	435	152	257	2,911	26	130	2,042	261	2,551	818	323	5,113	545	251	294	190	798
Manufacture of other transport equipment	353	512	0	0	131	64	0	0	105	174	120	279	0	0	334	170	278	308	414	0	156	0	228	0	234	
Manufacture of furniture	329	311	90	204	169	66	114	184	188	280	493	396	264	101	288	195	170	654	572	183	771	371	284	214	53	275
Other manufacturing	457	450	130	102	254	178	356	182	222	298	225	464	1,779	117	297	847	213	594	395	233	174	298	107	173	133	342
Repair and installation of machinery and equipment	782	629	347	305	354	326	772	372	255	465	447	552	1,592	210	357	435	722	1,911	352	553	638	407	169	320	514	
Sewerage	513	0	0	0	0	0	0	0	0	0	319	608	0	0	0	0	396	547	0	0	0	0	0	0	487	
Waste collection, treatment and disposal activities; materials recovery	529	213	176	15	429	474	0	621	643	196	228	1,167	271	295	481	1,101	155	183	188	0	208	0	109	112	580	
Remediation activities and other waste management services	727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Publishing activities	604	604	0	0	848	0	0	0	233	410	73	0	345	0	0	0	0	168	4,369	0	0	0	0	0	0	881

出典：JICA 調査団作成

表 9.3.5 県別工場資産額(単位 : Million THB)

	固定資産	在庫資産	資産額合計
Ang Thong	1,678	217	1,896
Auttaradit	2,813	1,236	4,048
BKK	271,177	125,304	396,481
Chachoengsao	104,453	64,922	169,375
Chainat	2,284	660	2,944
Kampaengphet	20,134	2,979	23,113
Lopburi	62,675	1,306	63,981
Nakhon Sawan	7,451	2,092	9,544
Nakorn Pathom	105,453	40,924	146,377
Nakornnayok	0	0	0
Nonthaburi	36,529	18,281	54,811
Pathum Thani	318,580	90,017	408,598
Phichit	1,223	890	2,112
Phitsanulok	2,026	306	2,332
Phra Nakhon Si Ayutthaya	144,715	74,360	219,075
Ratchaburi	131,764	45,756	177,519
Samut Prakan	329,866	192,233	522,099
Samut Sakhon	141,951	56,199	198,151
Samut Songkham	695	293	987
Saraburi	80,536	20,188	100,723
Sing Buri	2,238	864	3,102
Sukhothai	1,037	1,037	2,074
Suphan Buri	6,468	2,241	8,709
Uthai Thani	961	248	1,210
総計	1,776,708	742,554	2,519,261

出典 : JICA 調査団作成



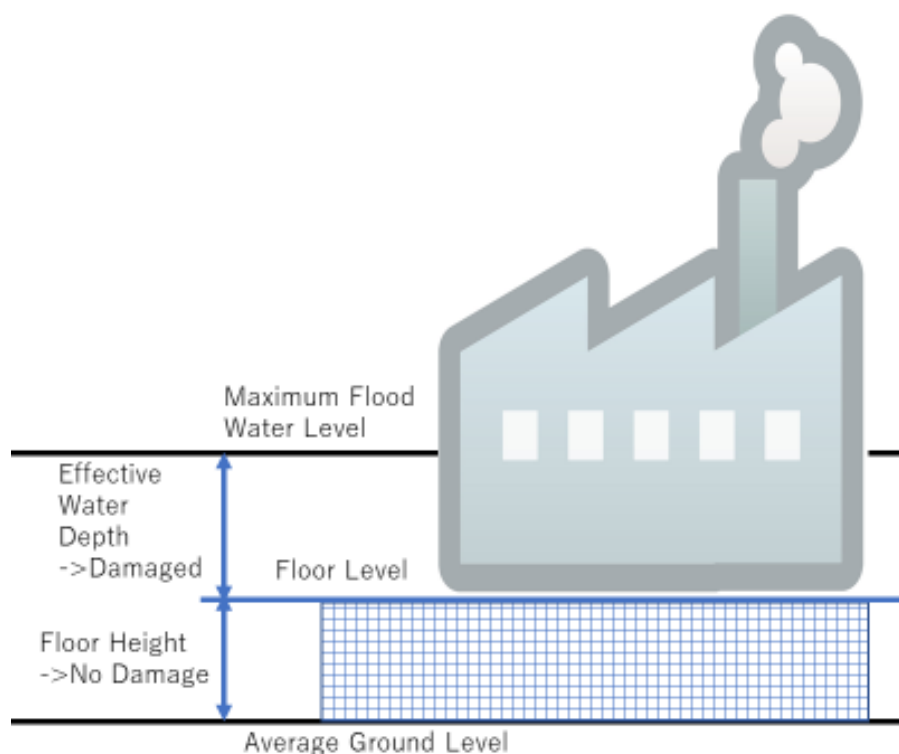
出典：調査団作成

图 9.3.2 資産分布图 (Thousand THB)

2) 製造業セクターの直接被害額の推定

Factory Data における工場の所在地情報から、メッシュ単位で製造業セクターの資産額が明らかとなっている。この資産に対する直接的被害、つまり、洪水によって生じる資産価値の減損額を、氾濫解析で推定された浸水深に基づく被害率を乗することで算出する。

なお、チャオプラヤ川流域は過去にも大規模な洪水が発生しており、工場や家屋は、ある程度基礎を高くして建設している。工場や家屋に被害をもたらさない最大値を「床高」と定義すると、2013年 JICA M/P においては、Protected Area の製造業セクターでは2年確率の浸水深と同値の床高を、Protected Area の外部の製造業セクターでは2年確率の浸水深+50 cmの床高を有しているとしている。本調査においても、この仮定を踏襲する。



出典：JICA 調査団作成

図 9.3.3 床高概念図

また、被害率についても、2013年 JICA M/P と同様に日本の国土交通省の治水経済マニュアル（案）における被害率を用いる。

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）

浸水深	0 – 0.5m	0.5 – 1m	1 – 2m	2 – 3m	More than 3m
被害率 (工場資産)	0.232	0.453	0.789	0.966	0.995
被害率 (在庫資産)	0.128	0.267	0.586	0.897	0.982

出典：国土交通省「治水経済調査マニュアル（案）」

(3) 家計セクターの直接被害額の推定

1) 家計セクターの資産額の推定

家計セクターの直接被害を、家計の資産である家屋（建物）と家財（家電、自家用車など）が洪水によって受ける資産価値の減損とし、以下のプロセスで推定する。

【家計資産推定プロセス：家屋資産額】

- ・ 1世帯あたりの家屋と家財の平均資産価値を県別に推定し、原単位として各メッシュの資産を推定する。なお、前提として、1世帯あたりの家屋資産額は、家屋の建築費用と同等として推定する。ただし、家屋の建築後の経過年数の全家屋中の比率は事業期間中変わらないものとし、すべての家屋資産額の減耗率を一括で50%としている。つまり、1世帯あたりの家屋資産額は、事業期間中は一定であり、1世帯あたりの家屋建築費用の50%としている。
- ・ 家屋資産の推定においては、まず家屋タイプ別の標準総床面積と家屋タイプ別・建築材別の床面積当たり建築費用より、県別の1世帯あたりの家屋タイプ別の平均建築費用を算出する。ただし、各メッシュに含まれる家屋数（推定方法後述）においては家屋タイプ・建築材の別は考慮できないため、家屋タイプ・建築材を総合した平均値を算出する。
- ・ NSO “The 2010 Population and Housing Census”における県別の家屋タイプ別・建築材別家屋数と1世帯あたりの家屋タイプ別・建築材別の平均建築費用より、県別の総建築費用を算出する。なお、高層建築物については、1階のみ被害を受けるものとし、対象となる24県のマンション・アパートの建築費用は各県の高層建築物の平均階数で除した値としている。
- ・ 県別の総建築費用と各県の総世帯数から、全ての家屋タイプ・建築材別家屋の平均となる「1世帯あたり家屋建築費用」を算出する。
- ・ 前述のとおり、この50%を県別の1世帯当たりの家屋資産額とする。

【家計資産推定プロセス：家財資産額】

- ・ 1世帯当たりの家財資産は、NSO “The 2010 Population and Housing Census”における県別の家財資産（テレビ、VCD/DVDプレーヤー、PC、冷蔵庫、電子レンジ、洗濯機、エアコン、自動車、オートバイ）の保有率と商務省発表の商品標準価格、各県の総世帯数より、各県の総家財資産額を算出し、改めて総世帯数で除すことで、県別に推定した。なお、家屋と同様に、家財資産についても、高層建築物の場合は、1階のみ被害を受けるものとする。そのため、各県の高層建築物の全体に占める割合の家財資産額を、各県の高層建築物の平均階数で除している。また、各家計における家財資産は、事業期間中は一定であり、家財資産額の減耗率についても、家屋資産と同様に一律50%としている。

表 9.3.7 県別家計資産額

	家屋資産	家財資産	家計資産額合計
Ang Thong	20,648	22,181	42,829
Auttaradit	22,818	26,681	49,499
BKK	475,283	720,366	1,195,649
Chachoengsao	43,102	47,571	90,673
Chainat	22,809	26,408	49,217
Kampaengphet	41,819	47,198	89,017
Lopburi	61,062	64,107	125,169
Nakhon Sawan	19,937	21,097	41,034
Nakorn Pathom	83,578	92,310	175,889
Nakornnayok	72,760	82,635	155,395
Nonthaburi	151,109	231,519	382,628
Pathum Thani	116,735	203,830	320,566
Phichit	32,918	37,357	70,275
Phitsanulok	63,214	67,594	130,808
Phra Nakhon Si Ayutthaya	33,776	75,131	108,906
Ratchaburi	64,167	62,676	126,844
Samut Prakan	107,319	181,395	288,714
Samut Sakhon	33,609	61,309	94,919
Samut Songkham	11,292	15,020	26,312
Saraburi	57,499	57,547	115,047
Sing Buri	15,432	16,468	31,900
Sukhothai	37,719	44,054	81,773
Suphan Buri	61,213	59,811	121,024
Uthai Thani	19,608	22,434	42,042
総計	1,669,427	2,286,703	3,956,130

出典：JICA 調査団作成

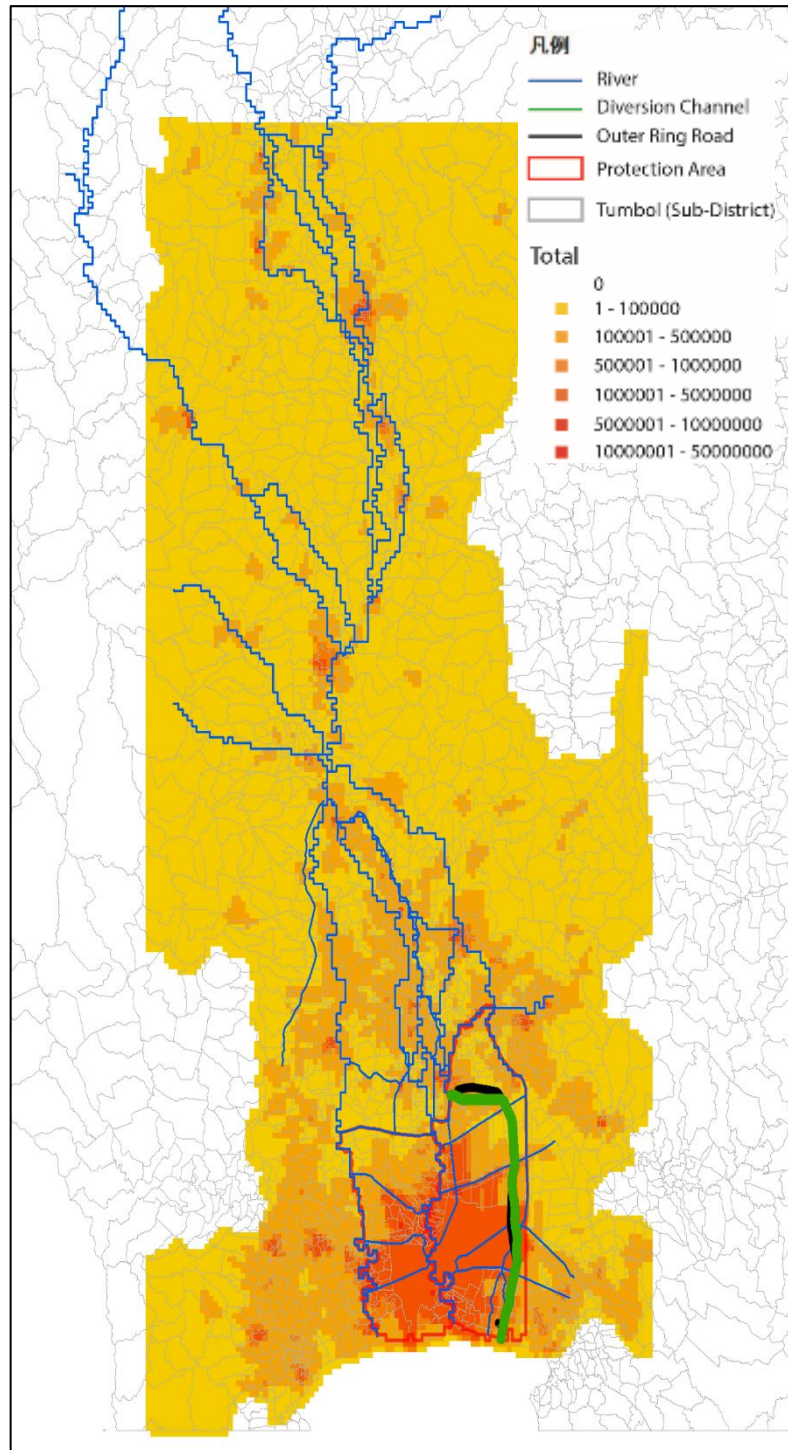
- 以上において推定した家屋資産および家財資産の原単位とともに、氾濫解析に用いた各メッシュに含まれる Tombon (Sub District)の面積と各 Tombon の世帯数データから、メッシュ別の家屋資産額及び家財資産額を推定する。なお、メッシュは機械的に分けられた単位であり、Tombon とは一致しない。つまり、メッシュが複数の Tombon に跨ることもあるため、含まれる Tombon 毎に家計資産を評価する必要がある。まず、Department of Provincial Administration が公表する Tombon (Sub-District) 単位の世帯数データと面積から、各 Tombon の「面積 (m²) あたり世帯数」を算出する。

- ・ 氾濫解析に用いたメッシュに含まれる各 Tombon の面積と各 Tombon の面積(m2)あたり世帯数から、メッシュ内の Tombon 別の世帯数を推定し、それら Tombon 別世帯数を足し合わせて、メッシュ毎の総世帯数を推定する。
- ・ メッシュ毎の世帯数と県別の 1 世帯あたり家屋資産額および家財資産額から、メッシュ毎の家屋資産額および家財資産額を算出する。なお、1 つのメッシュが複数県に跨る場合は、それぞれのメッシュ内の Tombon が属する県の 1 世帯あたり家屋資産額および家財資産額を原単位として用いる。

表 9.3.8 県別一世帯当たり資産額

	世帯数	家計資産額合計	世帯数	世帯あたり資産額
Ang Thong	20,648	42,829	70,239	0.61
Auttaradit	22,818	49,499	115,961	0.43
BKK	475,283	1,195,649	820,068	1.46
Chachoengsao	43,102	90,673	563,584	0.16
Chainat	22,809	49,217	122,364	0.40
Kampaengphet	41,819	89,017	560,660	0.16
Lopburi	61,062	125,169	491,282	0.25
Nakhon Sawan	19,937	41,034	544,439	0.08
Nakorn Pathom	83,578	175,889	787,177	0.22
Nakornnayok	72,760	155,395	382,451	0.41
Nonthaburi	151,109	382,628	217,214	1.76
Pathum Thani	116,735	320,566	429,440	0.75
Phichit	32,918	70,275	128,653	0.55
Phitsanulok	63,214	130,808	196,655	0.67
Phra Nakhon Si Ayutthaya	33,776	108,906	510,104	0.21
Ratchaburi	64,167	126,844	438,466	0.29
Samut Prakan	107,319	288,714	173,160	1.67
Samut Sakhon	33,609	94,919	136,571	0.70
Samut Songkham	11,292	26,312	8,581	3.07
Saraburi	57,499	115,047	242,444	0.47
Sing Buri	15,432	31,900	60,243	0.53
Sukhothai	37,719	81,773	120,764	0.68
Suphan Buri	61,213	121,024	614,120	0.20
Uthai Thani	19,608	42,042	204,482	0.21
総計	1,669,427	3,956,130	7,939,122	0.50

出典：調査団作成



出典：調査団作成

図 9.3.4 家計資産分布図

2) 家計セクターの直接被害額の推定

製造業セクターと同様に、家計セクターについても床高、つまり、家屋が過去の洪水等の経験から地表面より高い位置に建てられているという前提の下で直接被害額を推定する。一般的

に家計セクターの家屋の床高は工場より高いと想定し、Protected Area・Non Protected Area 共に床高を5年確率洪水時の浸水深+50cmと想定する。

被害率については、治水経済マニュアル（案）における被害率を用いる。

表 9.3.9 家計セクター被害率

浸水深	0 – 0.5m	0.5 – 1m	1 – 2m	2 – 3m	More than 3m
被害率 (家屋資産)	0.092	0.119	0.266	0.580	0.834
被害率 (家財資産)	0.145	0.326	0.508	0.928	0.991

出典：国土交通省「治水経済調査マニュアル（案）」

3) 製造業及び家計以外のセクターの直接被害額、全セクターの間接被害額の推定

2011年洪水の各セクターの被害額の内訳と、前述の製造業セクター及び家計セクターの直接被害額より、製造業及び家計以外のセクターの直接被害額を推定する。

2011年洪水の各セクターの被害額の内訳から、製造業及び家計セクターとその他セクターの被害額の比率を求め、本調査で推定した製造業セクター及び家計セクターの直接被害額に乗ずることで、製造業及び家計以外のセクターの直接被害額を推定する。

また、同じく2011年洪水の各セクターの直接被害額と間接被害額の比率を用いて、既に明らかにしている各セクターの直接被害額から、各セクターの間接被害額を推定する。

表 9.3.10 2011 年洪水被害額

Unit: Mil THB

Sub Sector	Disaster Effects			Ownership	
	Damage	Losses	Total	Public	Private
Infrastructure					
Water Resources Management	8,715	–	8,715	8,715	–
Transport	23,538	6,938	30,476	30,326	150
Telecommunication	1,290	2,558	3,848	1,597	2,251
Electricity	3,186	5,716	8,901	5,385	3,517
Water Supply and Sanitation	3,497	1,984	5,481	5,481	
Production					
Agriculture, Livestock and Fishery	5,666	34,715	40,381	–	40,381
Manufacturing	513,881	493,258	1,007,139	–	1,007,139
Tourism	5,134	89,673	94,808	403	94,405
Finance and Banking	–	115,276	115,276	74,076	41,200
Social					
Health	1,684	2,133	3,817	1,627	2,190
Education	13,051	1,798	14,849	10,614	4,235
Housing	45,908	37,889	83,797	–	83,797
Cultural Heritage	4,429	3,076	7,505	3,041	4,463
Cross Cutting					
Environment	375	176	551	212	339
TOTAL	630,354	795,191	1,425,544	141,477	1,284,066

Source: DALA estimates, NESDB, and Ministry of Industry.

Note: Losses for each sector include higher expenditures due to floods.

出典 : World Bank “Thai Flood 2011 Rapid Assessment for Resilient Recovery and Reconstruction Planning – overview”

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率と各セクターの直接被害・間接被害比率

2011 年洪水被害額 (Mil THB)	Direct Damage		Indirect Damage		Other Sector - Manufacturing & Housing Ratio	Direct - Indirect Ratio
Infrastructure						
Water Resource Management	8,715	1.4%	0	0.0%	0.02	0.00
Transport	23,538	3.7%	6,938	0.9%	0.04	0.29
Telecommunication	1,290	0.2%	2,558	0.3%	0.00	1.98
Electricity	3,186	0.5%	5,716	0.7%	0.01	1.79
Water Supply and Sanitation	3,497	0.6%	1,984	0.2%	0.01	0.57
Productive						
Agriculture, Livestock and Fishery	5,666	0.9%	34,715	4.4%	0.01	6.13
Manufacturing	513,881	81.5%	493,258	62.0%	0.92	0.96
Tourism	5,134	0.8%	89,673	11.3%	0.01	17.47

Finance & Banking	0	0.0%	115,276	14.5%	0.00	-
Social						
Health	1,684	0.3%	2,133	0.3%	0.00	1.27
Social						
Education	13,051	2.1%	1,798	0.2%	0.02	0.14
Housing	45,908	7.3%	37,889	4.8%	0.08	0.83
Cultural Heritage	4,429	0.7%	3,076	0.4%	0.01	0.69
Cross Cutting						
Environment	375	0.1%	176	0.0%	0.00	0.47
Total	630,354	100%	795,190	100%	1.13	1.26

出典：JICA 調査団作成

(4) 事業費算定

1) 放水路事業費の算定

放水路事業費の算定結果を、表 9.3.12

費目	金額 (Million THB)	備考
直接工事費 (Construction Cost)	71,949	a)
技術経費・施工調整費 (Engineering Cost / Construction Control)	5,756	b)=a)*0.08
事業管理費・処理費 (Project Management Cost / Processing)	2,158	c)=a)*0.03
付加価値税 (Value Added Tax)	0	d)
用地費・補償費 (Land Cost / Compensation)	52,450	e)
事業費 (Project Cost)	132,314	f)=a)+b)+c)+e)

に示す。積算の結果は以下の通りである。

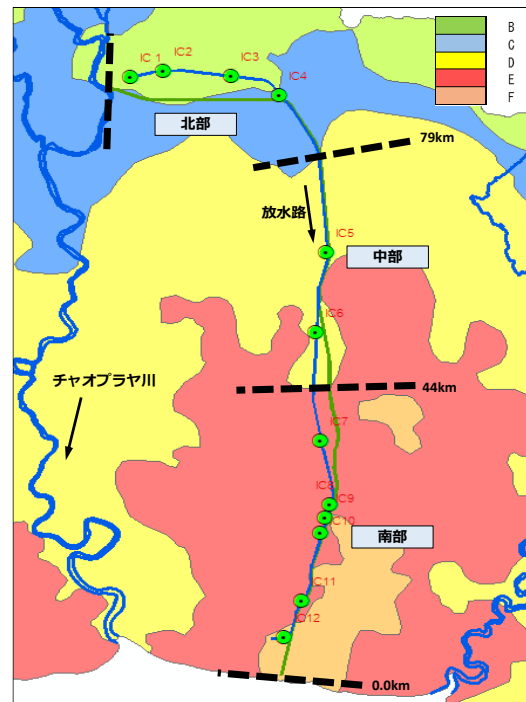
表 9.3.12 放水路事業費

費目	金額 (Million THB)	備考
直接工事費 (Construction Cost)	71,949	a)
技術経費・施工調整費 (Engineering Cost / Construction Control)	5,756	b)=a)*0.08
事業管理費・処理費 (Project Management Cost / Processing)	2,158	c)=a)*0.03
付加価値税 (Value Added Tax)	0	d)
用地費・補償費 (Land Cost / Compensation)	52,450	e)
事業費 (Project Cost)	132,314	f)=a)+b)+c)+e)

出典：JICA 調査団作成

算定に当たっては、

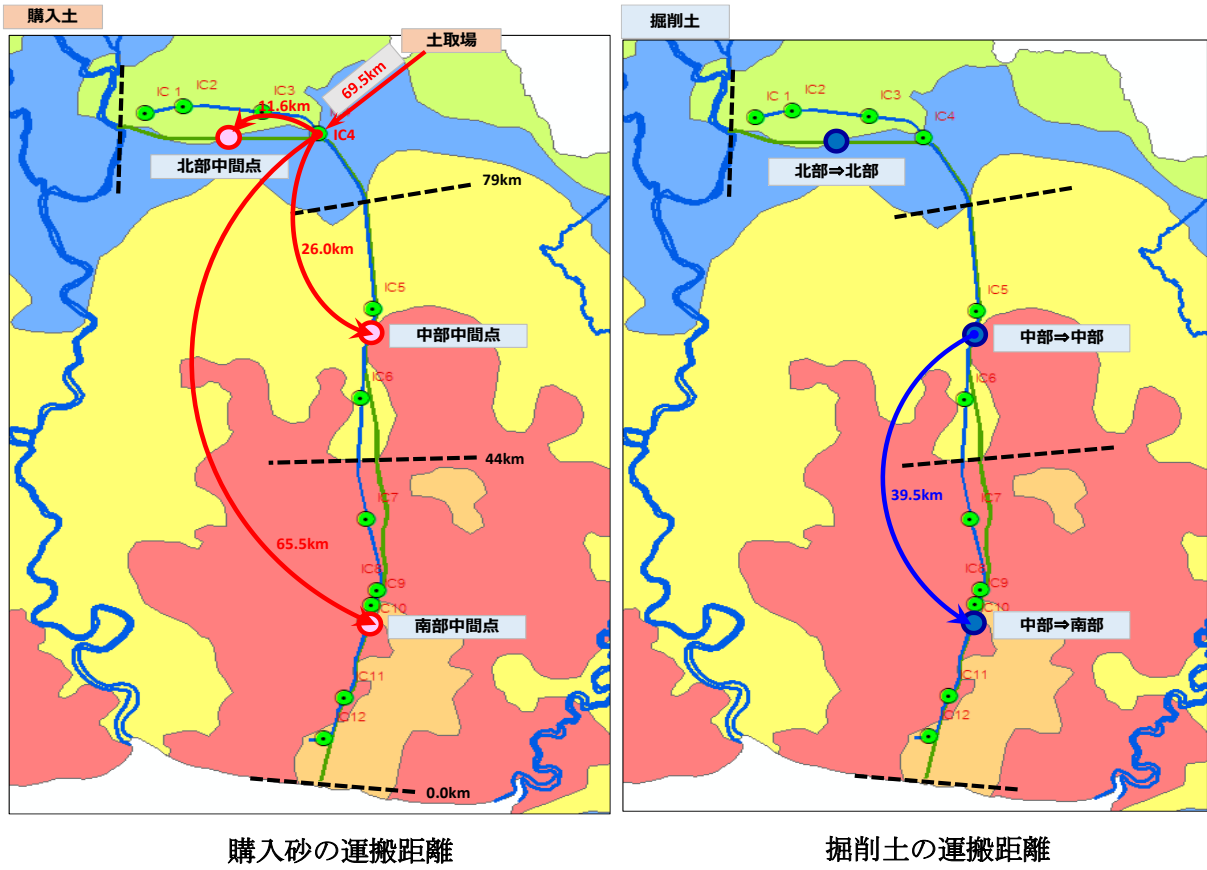
- ・ 全区間を土質条件別に3区間（北部・中部・南部）に分け、地盤強化対策の必要性に応じて区間ごとの放水路建設費を算定した。
- ・ 放水路本体工事費とゲート・サイフォン等の付帯構造物工事費に分けて積算を行った。
- ・ 掘削土の残土が生じる場合、処分地までの運搬費用を見込んだ。
- ・ Factor Fは13%と設定した。
- ・ 用地費は、Treasurely Departmentの最新データに基づき算定した。
- ・ それ以外のコストについては、M/P時の積算結果に、物価上昇率を考慮して算定した。



出典：JICA 調査団作成

図 9.3.5 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

図 9.3.6 購入砂、掘削土の運搬距離

次ページに、水路工事費と付帯構造物工事費の内訳を示す。

表 9.3.13 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)	

※ 技術経費・施工調整費 5,756 Mil B、事業管理費・処理費 2,158 Mil B を含む事業費は、132,314 Mil B となる。

出典：JICA 調査団

2) 道路事業費の算定

道路事業費の算定結果を、表 9.3.14 に示す。

外郭環状道路の事業費は、2006～2008年に実施されたDOHによるFSで算定されている。しかしながら、放水路との一体化を行うにあたり、この道路構造は「2.4.3 外郭環状道路」に示すように変更されるため、FSの事業費を見直した。また、構造変更による数量の変更に加え、2008年当時と現在（2017年）の価格変動を反映するよう、単価の見直しも行った。

単価の見直しは、以下の要領で実施している。

- i. Cost Break Down があるもの

DOH の FS で内訳表がある工種（土工、舗装工など）では、材料、労務費、工事費（機械費・燃料費）のそれぞれを 2017 年単価に入れ換えて、新単価を算出した。

ii. Cost Break Down がないもの

DOH の FS で内訳表がない工種（橋梁等）では、材料それぞれ（コンクリート、鉄、その他資材）の上昇率、労務費の上昇率、燃料費の上昇率と、その工種における材料、労務、機械・燃料費の構成比から、Adjustment Factor を設定して、新単価を算出した。

積算結果は、以下の通りである。

表 9.3.14 道路事業費

	① 本検討	② F/S見直し	③ F/S 2011
直接工事費	48,629	45,162	26,073
間接工事費	6,322	5,871	3,500
建設費	54,951	51,033	29,573

間接工事費=直接工事費×ファクターF(=0.13)

単位:Mil. THB

出典: JICA 調査団作成

表記の道路本体・付帯施設建設費には、放水路との一体化施工に伴う、インターチェンジの工費増分、横断橋梁の工費増分が含まれている。これらの費用は、現在 DOH 費用分として、計上している。

一体化事業の実施が明確となった段階では、DOH の RID との費用分担、道路事業費のさらなる工費縮減策について、DOH らとの協議が進行するものと推察する。

表 9.3.15 道路事業費算定結果

	2020		2021		2022		2023		2024		2025		TOTAL
	Quantity	Unit Price (¥/m)	Quantity	Unit Price (¥/m)	Quantity	Unit Price (¥/m)	Quantity	Unit Price (¥/m)	Quantity	Unit Price (¥/m)	Quantity	Unit Price (¥/m)	
Main Road (PH Section)													
RC Pavement	127,208	m ²	90.0	1,187,800,440									118,780,340
Soil Bed	1,377,008	m ²	13.0	1,748,771,460									29,630,800
AC Shoulder	729,700	m ²	19.0	142,291,000									43,744,374
Upper Base-course	20,869	m ³	318.0	6,930,298									33,072,875
Lower Base-course	97,861	m ³	118.8	11,828,807									17,320,074
Subgrade and Embankment	2,899,844	m ³	101.7	24,822,281									3,879,802
Subgrade	4,941,288	m ³	135.0	6,073,909									98,039,427
Subgrade	52,772	m ³	270.0	1,492,348.16									3,879,802
Concrete (7%)	12,227	m ³	270.0	411,284,023									17,320,074
Gravel (5%)	14,822,865	m ³	29.2	4,331,433,240									48,744,839
Gravel (5%)	20,869	m ³	361.3	7,933,890									19,094,874
Transport Cost: Bulk to PH-C-4	97,861	m ³	361.3	351,003,681									618,790,463
Transport Cost: Bulk to PH-C-4	2,899,844	m ³	361.3	1,059,744,082									618,790,463
Transport Cost: Bulk to PH-C-4	4,941,288	m ³	240.9	1,190,126,077									2,611,297
Transport Cost: Bulk to PH-C-4	52,772	m ³	156.8	3,442,344									12,034,900
Transport Cost: Bulk to PH-C-4	12,227	m ³	156.8	3,442,344									30,624,684
Transport Cost: Bulk to PH-C-4	14,822,865	m ³	52.4	51,263,364									28,079,329
Transport Cost: Bulk to PH-C-4	20,869	m ³	52.4	1,511,147									11,475,448
Subgrade	4,941,288	m ³	103.3	802,841,240									1,708,789
Subgrade	22,241	m ³	36.238	2,181,169,078									50,637,162
Subgrade	20,869	m ³	18.930	4,003,763,500									26,787,190
Subgrade	13,412	m	1,001.748	13,402,378,574									1,026,084,893
Subgrade	36,024	m	3.330	127,886,200									28,079,329
Subgrade	31,250	m	3.330	111,079,500									22,152,900
Other Facilities													
Bridge on Division Channel	STA21+015	400	m	774,000	309,600,000								618,200,000
Bridge on other channel and road													268,994,870
Bridge on other channel and road													143,782,000
Bridge on other channel and road													143,782,000
Additional for Division Channel													143,782,000
Segmental Girder													63,128,400
Community Road													8,275,009
Additional for Concrete													8,275,009
Additional for Concrete													2,187,599,296
Additional for Concrete													346,542,250
Additional for Concrete													346,542,250
Box Culvert													53,628,000
Service Area													77,220,000
Motorway Facility Buildings													576,908,000
Toll Collection and Safety System													1,174,380,000
Sign, Marking, Guide Post													387,360,000
Environment Mitigation Cost													29,504,129
Sub-total													15,059,438,978
Factor F (13% inflation VAT)													1,971,730,800
Construction Cost Total													16,105,866,192
Land Acquisition and Compensation													1,724,176,821
TOTAL PROJECT COST													17,830,043,013

外郭環状道路（東区間）の完成を、2025 年末とした場合、2026 年以降の維持管理費は、DOH FS（2009 年）に従い、以下のように計上する。

i. 日常維持管理

日常維持管理には、維持管理対象道路の巡回、清掃、小規模補修に要する費用が含まれる。DOH の実績より、片側 2 車線の場合の日常維持管理費として、0.40 mil. Baht / km を計上する。

ii. 定期維持管理

外郭環状道路（東区間）は、コンクリート舗装を採用していることから、3 年ごとのジョイントシーリングの交換費用として、片側 2 車線あたり、0.12 mil. Baht / km を計上する。

これにより、毎年の日常維持管理費、3 年ごとに発生する維持管理費の額は、下表のようになる。

表 9.3.16 外郭環状道路の維持管理費

Routine Maintenance	Nos. of lane	Maintenance Cost(mil. Bht)/km	Length (km)	Routine Maintenance Cost (Mil. Bht. per year)
Service Road	2	0.40	67.31	26.93
Main Road (Embankment)	4	0.80	44.60	35.68
Main Road (Embankment)	6	1.20	39.20	47.03
Main Road (Elevated)	6	1.20	13.32	15.99
Total				125.62
Periodical Maintenance	Nos. of lane	Maintenance Cost(mil. Bht)/km	Length (km)	Periodical Maintenance Cost (Mil. Bht. per every 3 year)
Service Road	2	0.12	67.31	8.08
Main Road (Embankment)	4	0.24	44.60	10.70
Main Road (Embankment)	6	0.36	39.20	14.11
Main Road (Elevated)	6	0.36	13.32	4.80
Total				37.69

出典：JCIA 調査団作成

(5) 放水路事業の便益、EIRR、B/C

1) 前提条件

2年、3年、5年、10年、30年、50年、100年の流量規模毎に、対策（放水路事業）無しの場合と有りの場合の被害額を推定し、それぞれの流量規模の被害軽減額を算出する。流量規模間の区間平均被害軽減額と洪水生起確率の区間確率を乗じて、年平均被害軽減額を算出する。全区間の年平均被害軽減額を累計することで、事業の年平均被害軽減便益が算出される。

表 9.3.17 便益計算表

流量規模	年平均超過確率	被害額			区間平均被害額	区間確率	年平均被害額
		① 事業を実施しない場合	② 事業を実施した場合	③ 被害軽減額 (①-②)			
Q_0	N_0			$D_0 (= 0)$	$\frac{D_0 + D_1}{2}$	$N_0 - N_1$	$d_1 = \frac{(N_0 - N_1) \times \frac{D_0 + D_1}{2}}{2}$
Q_1	N_1			D_1	$\frac{D_1 + D_2}{2}$	$N_1 - N_2$	$d_2 = \frac{(N_1 - N_2) \times \frac{D_1 + D_2}{2}}{2}$
Q_2	N_2			D_2	\vdots	\vdots	\vdots
\vdots				\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
Q_m	N_m			D_m	$\frac{D_{m-1} + D_m}{2}$	$N_m - N_{m+1}$	$d_m = \frac{(N_{m-1} - N_m) \times \frac{D_{m-1} + D_m}{2}}{2}$

出典：国土交通省「治水経済調査マニュアル（案）」

整備期間は2021年から2025年までの5年間とし、その間、便益は発生しないものとする。そして、2026年から便益が発生する。評価対象期間は2021年から2060年までの40年間とするが、2060年以降も便益は発生すると仮定し、残存価値で評価している。なお、社会的割引率はタイ国におけるインフラ開発プロジェクトの評価で一般的に用いられている12%を採用している。

また、評価対象期間中の経済成長についても考慮して計算を行う。IMF“World Economic Outlook (April 2017)”の予測では、タイ経済の実質成長率は、2017年から2020年まで3%台前半で推移し、2021年から3%となっている。

表 9.3.18 タイ経済実質経済成長率の推移

年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年以降
実質経済成長率	3.0%	3.3%	3.2%	3.1%	3%

出典：IMF“World Economic Outlook (April 2017)”

このIMFの予測に基づき、評価対象期間中は年率3%で経済が成長すると仮定し、それによって資産額も経済成長と合わせて増大すると仮定する。この仮定により、便益と費用も2021年以降は3%ずつ増加するものとする。

2) 便益評価

対策（放水路事業）有無のそれぞれの超過確率年毎の被害額（直接間接合計）は以下の通りである。

表 9.3.19 製造業セクターの便益計算表

流量規模	超過確率	対策有 (Mil THB)	対策無 (Mil THB)	被害軽減額 (Mil THB)	区間平均被害軽減額 (Mil THB)	区間確率 (%)	区間平均便益
1年確率規模	1.000	0	0	0	0	0.5	
2年確率規模	0.500	0	0	0	4,484	0.167	747
3年確率規模	0.333	277,133	268,166	8,967	29,483	0.133	3,931
5年確率規模	0.250	523,502	473,504	49,998	53,730	0.100	5,373
10年確率規模	0.100	773,357	715,896	57,461	88,359	0.067	5,891
30年確率規模	0.033	1,174,601	1,055,343	119,258	130,631	0.013	1,742
50年確率規模	0.020	1,303,110	1,161,105	142,005	161,122	0.010	1,611
100年確率規模	0.010	1,539,306	1,359,067	180,239			

出典：調査団作成

表 9.3.20 家計セクターの便益計算表

流量規模	超過確率	対策有 (Mil THB)	対策無 (Mil THB)	被害軽減額 (Mil THB)	区間平均被害軽減額 (Mil THB)	区間確率 (%)	区間平均便益
1年確率規模	1.000	0	0	0	0	0.5	0
2年確率規模	0.500	0	0	0	0	0.167	0
3年確率規模	0.333	17	17	0	0	0.133	0
5年確率規模	0.250	0	0	0	1,657	0.100	166
10年確率規模	0.100	16,485	13,172	3,313	43,025	0.067	2,868
30年確率規模	0.033	144,440	61,704	82,737	82,454	0.013	1,099
50年確率規模	0.020	194,814	112,643	82,171	92,175	0.010	922
100年確率規模	0.010	349,763	247,584	102,179			

出典：調査団作成

なお、製造業セクターと家計セクター以外の部門に関しては、前述の通り 2011 年洪水時の推定被害額合計と製造業セクター・家計セクターの推定被害額合計の比率を用いる。推定式は以下の通りであり、対策（放水路事業）による期待便益は 13,105 Mil THB となる。

他セクターの放水路事業による被害軽減額

$$= \frac{\text{他セクターの 2011 年洪水被害額合計}}{\text{製造業・家計セクターの 2011 年洪水被害額合計}} \times \text{製造業・家計セクターの放水路事業による被害軽減額}$$

$$= 0.307 \times \text{製造業・家計セクターの放水路事業による被害軽減額}$$

以上をまとめると、放水路事業によって発生する年間総便益は、31,774 Mil THB となる。

3) 正味割引現在価値 (NPV)、経済的内部収益率 (EIRR)、費用便益比率 (B/C)

放水路事業の総事業費（維持管理費）は 132,314 Mil THB であるが、この費用が 2021 年の土地収用・建設開始から 2025 年の放水路完成まで一様に分布するとする。そして、2026 年以降は、総事業費 132,314 Mil THB の 1% (1,323 Mil THB) が毎年維持管理費用として発生すると仮定する。なお、維持管理費用は実質経済成長（年率 3%）と同率で増加するとする。

一方、放水路事業による平均的な年間総便益 31,774 Mil THB は、放水路の供与が始まる 2026 年から毎年発生する。なお、2017 年から実質経済成長率 3%と同率で便益も増加するとしていることから、2026 年時点の便益は 41,458 Mil THB（2026 年価格）となる。

以上の想定から、評価対象期間（2021 年から 2060 年まで）における放水路事業の費用及び便益を時系列で表すと、以下のようになる。なお、2060 年以降も便益及び維持管理費は発生するものとして、便益及び費用の残存価値を 2060 年の便益及び費用に上乘せしている。

表 9.3.21 便益及び費用

単位: Mil THB

年	便益			費用		
	便益	現在価値	残存価値	費用	現在価値	残存価値
2021	0	0		29,784	18,928	
2022	0	0		29,784	16,900	
2023	0	0		29,784	15,090	
2024	0	0		29,784	13,473	
2025	0	0		29,784	12,029	
2026	41,458	14,950		1,489	537	
2027	42,702	13,749		1,534	494	
2028	43,983	12,644		1,580	454	
2029	45,302	11,628		1,627	418	
2030	46,661	10,694		1,676	384	
2031	48,061	9,834		1,726	353	
2032	49,503	9,044		1,778	325	
2033	50,988	8,317		1,832	299	
2034	52,518	7,649		1,886	275	
2035	54,093	7,034		1,943	253	
2036	55,716	6,469		2,001	232	
2037	57,388	5,949		2,061	214	
2038	59,109	5,471		2,123	197	
2039	60,882	5,031		2,187	181	
2040	62,709	4,627		2,253	166	
2041	64,590	4,255		2,320	153	
2042	66,528	3,913		2,390	141	
2043	68,524	3,599		2,461	129	
2044	70,579	3,310		2,535	119	
2045	72,697	3,044		2,611	109	
2046	74,878	2,799		2,690	101	
2047	77,124	2,574		2,770	92	
2048	79,438	2,367		2,853	85	
2049	81,821	2,177		2,939	78	
2050	84,276	2,002		3,027	72	
2051	86,804	1,841		3,118	66	
2052	89,408	1,693		3,212	61	
2053	92,090	1,557		3,308	56	
2054	94,853	1,432		3,407	51	
2055	97,698	1,317		3,509	47	
2056	100,629	1,211		3,615	44	
2057	103,648	1,114		3,723	40	
2058	106,758	1,024		3,835	37	
2059	109,960	942		3,950	34	
2060	113,259	866	7,220	4,068	31	259
Total		183,351			83,006	

純現在価値 (Net Present Value) 100,345

費用便益比 (Cost Benefit Ratio) 2.21

経済的内部収益率 (Economic Internal Rate of Return) 20.7%

出典: 調査団作成

2017年における放水路事業の正味割引現在価値（Net Present Value, NPV）は、各年に発生する便益及び費用を2017年からの年数分だけ割り引き、合計した値であり、以下の数式で表される。

$$NPV = \sum_{n=2017}^{2060} \frac{B_n - C_n}{(1+r)^{n-2017}}$$

計算の結果、放水路事業の各経済指標は、正味割引現在価値 NPV は、2017 年まで割り引くと 100,345 Mil THB となり、経済的内部収益率 EIRR は 20.7%、費用便益比 B/C は 2.21 となっている。

表 9.3.22 放水路事業の各経済指標

経済指標	値
正味割引現在価値 (NPV)	100,345 Mil THB
経済的内部収益率 (EIRR)	20.7 %
費用便益比 (B/C)	2.21

出典：JICA 調査団作成

EIRR が社会的割引率 12%のみならず、タイの公共事業評価において一般的に求められる 15% を上回っており、また公共事業の一般的基準である B/C も 1 を大きく超えていることから、放水路事業は社会経済的な投資効果を十分に有しており、公共事業としての事業性は高いと結論付けることができる。

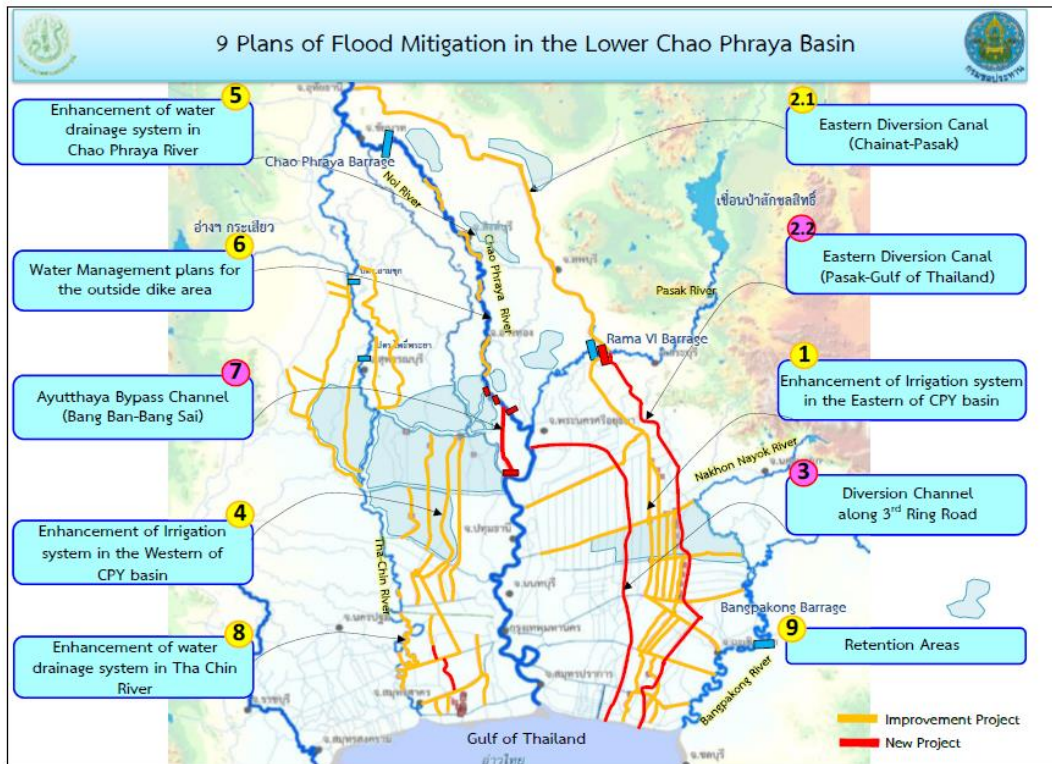
第10章 RIDの現計画とJICAの見解

10.1 RIDの現計画 (RID Plan)

10.1.1 RID Planの概要

RIDは、2011年洪水を対象とした洪水管理計画（左右両岸の放水路計画を含む）を検討してきたが、自然環境、社会環境面を含む実施可能性の観点から、以下に示す9事業を計画し、閣議に提案している。

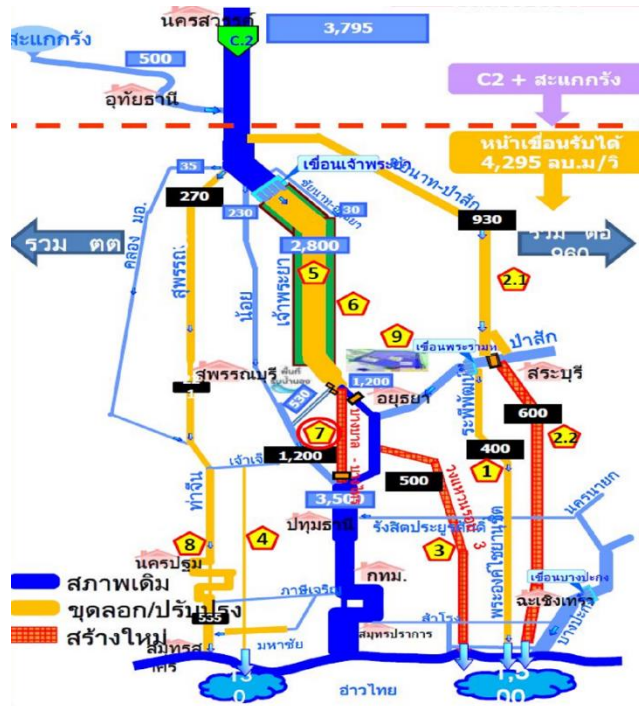
1. チャオプラヤ下流域東側の灌漑水路システムの強化
- 2-1. 東側放水路 (チャイナート・パサク水路の拡幅：略称 CP)
- 2-2. 東側放水路 (パサク・タイ湾水路:略称 EDC)
3. 外郭環状道路放水路 (The 3rd Outer Ring Road Diversion Channel:略称 DC)
4. チャオプラヤ下流域西側の灌漑水路システムの強化
5. チャオプラヤ川の洪水流下能力の強化
6. 堤防外側の水管理計画
7. アユタヤバイパス水路 (Bang Ban-Bang Sai)
8. タチン川の洪水流下能力強化
9. 洪水調節地域



出典：RIDのプレゼンテーションA

図 10.1.1 RIDによる9事業位置図 (RID Plan)

RID は、9つの洪水対策により対応できる洪水流量の規模を、各対策の実施により確保される流下能力を足し合わせて算定している。足し合わされた流下能力は図 4.1.2 に示すとおりナコンサワン地点（C2 地点）で $3,795\text{m}^3/\text{s}$ であり、この洪水流量は 25 年確率規模と評価されている。なお、下図に示されている各水路の数値は、現状、あるいは、計画の流下能力を示している。つまり、RID は、ナコンサワン地点での流量 $3,795\text{m}^3/\text{s}$ をどのように下流の河川や水路に分配するかという灌漑水路の水配分をする発想で計画している。



出典：RID 資料

図 10.1.2 RID Plan の流量配分図

10.1.2 RID Plan の優先事業

RID は、RID Plan のうち、洪水ピーク流量を大きく軽減する重要な 4つのプロジェクト（上図の番号 2-1、2-2、3、7）に関しては、高額の前算を必要とするため、以下の通り優先順位を付けた。それぞれのプロジェクトの概要と、計画実施に向けた現状を以下に説明する。なお、RID は、準備の整った事業から実施するとしている。

- 優先事業 1：アユタヤバイパス水路（Bang Ban-Bang Sai）（7 番）
- 優先事業 2：東側放水路（チャイナート・パサック水路の拡幅）（2-1 番）
- 優先事業 3：東側放水路（パサック・タイ湾水路）（2-2 番）
- 優先事業 4：外郭環状道路放水路（3 番）

(1) 優先事業 1：アユタヤバイパス水路（Bang Ban-Bang Sai）

RID に拠ると、この事業は毎年洪水を繰り返す Phra Nakhon Si Ayutthaya 州にあるチャオプラヤ川の流下能力障害の問題を解決できると主張している。RID は、この事業は、原則として事業準備段階と詳細設計段階の内閣承認を得たものと位置づけている。

(2) 優先事業 2：東側放水路（チャイナート・パサック水路の拡幅）

既存灌漑水路と平行の線形とし、チャオプラヤダム上流の洪水ピーク流量を 800m³/s 低減させる計画である。RID の説明では用地確保ができており、新たな用地取得や移住交渉は不要で、測量と詳細設計は 2019 年に行われる予定である。

(3) 優先事業 3：東側放水路（パサック・タイ湾水路）

本事業により、ナコンサワン州からタイ湾までの範囲の洪水防御と軽減を図ることができる。洪水防御範囲としては、外郭環状道路放水路による防御範囲をカバーすることができるとしている。本放水路の河床勾配は 1/10,000～1/25,000 であり、重力流（開水路）として排水可能である。また、チャオプラヤダムやパサック分流堰（新ラマ VI ダム）などの制御施設を用いることで、洪水流の流入-流出を適切に制御できる。この事業では、チャオプラヤ川とパサック川の両方の洪水ピーク流量を軽減することができるため、外郭環状道路放水路よりも頻繁に使用することができるとしている。補償費を含む事業費は外郭環状道路放水路事業よりも安価であるとし、経済評価では、B/C=1.49、EIRR=17.22%となっている。現時点で F/S 及び EIA が終了している。（しかしながら、上記検討成果の根拠となるデータは得られていない。）

(4) 優先事業 4：外郭環状道路放水路

4 番目は、現在、JICA 調査団がプレ F/S 進行中の外郭環状道路放水路である。RID は、プレ F/S 状況を確認した後、次のステップの実行に向けた提案を行うとしている。

10.2 JICA の見解

JICA は RID Plan に対して以下の指摘を行った。

- i. RID Plan の問題点
- ii. 外郭環状道路放水路と東側放水路（Chainat-Pasak 水路＋Pasak-Gulf of Thailand 水路）の経済評価
- iii. 正しい事業実施手順

10.2.1 RID Plan への指摘

(1) RID 9 事業の問題点

RID 事業の問題点として以下を指摘した。

- ・ 対象とする流量設定（基本高水）：計画対象降雨・洪水で、氾濫戻しを考慮した流出計算を行い、計画のベースとなる「基本高水」を設定するという検討過程がない。
- ・ ダムや河道整備等による計画流量配分設定：河道の流下能力を評価した上で、防御すべき地点を定めた上で、基本高水に基づき河川改修、ダム（遊水地）、放水路等の施設計画、流量配分を検討するという過程がない。

上記 2 点の指摘の参考として、図 10.2.1 に示す日本の洪水防御計画のフローを提示した。

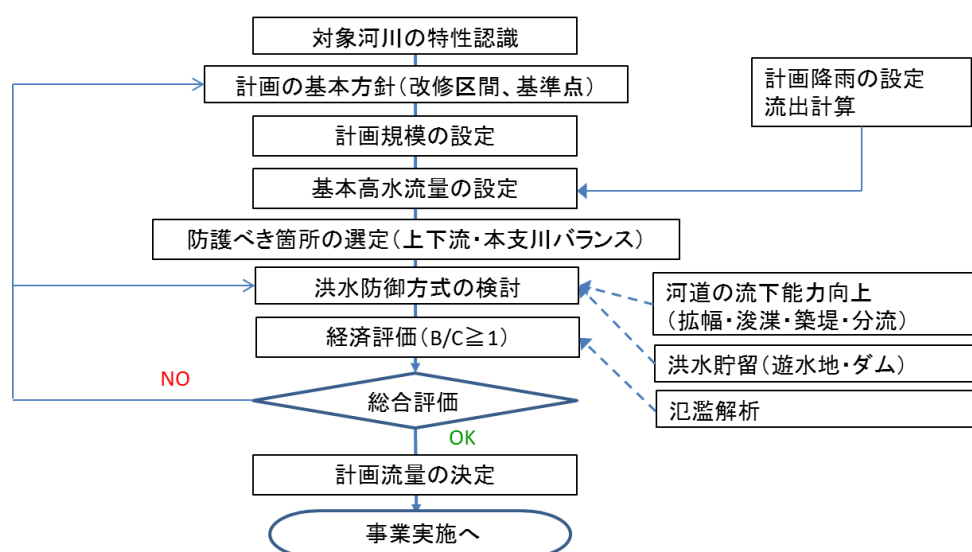
- ・ 9 事業全体の事業評価：9 事業のいくつかについては、個別に B/C を計算してい

るが、9事業全体でのB/Cを計算しておらず、9事業全体の経済的妥当性を評価することなく閣議に提出している。

上記のとおり技術的に正しい検討過程なしで、現状で実施可能と判断される事業の積み上げで9事業を決定し、それを基に単なる足し算で図10.2.1の流量を記載しているのみである。

また、9事業の経済評価も行われていないことから、どのような計画目標規模に対してどのような氾濫を防御するための、最適な事業計画となっているのかどうか、判断できない。

以上より、RID計画は、技術的に正しく検討された治水計画とは言えない内容である。



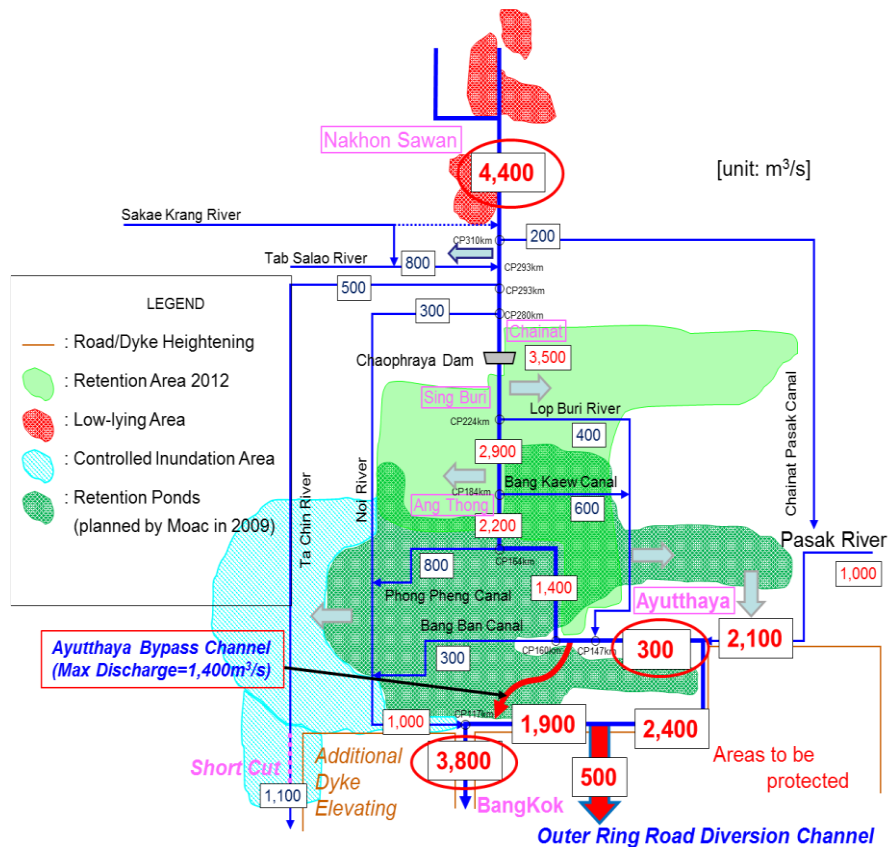
出典：JICA 調査団作成

図 10.2.1 日本の洪水防御計画の検討フロー

JICA MP は、上記の手続きに沿った検討成果に基づくものである。

ポイントを以下の3点である。

- i. 計画対象洪水：2011年洪水（100年確率洪水）
- ii. 全流域を俯瞰した際に重要な、Protected Area と Controlled inundation area に対して最も効果的な対策となる
- iii. 小さい費用で大きな効果が期待できる、プミポンダムダムおよびシリキットダムの運用改善とチャオプラヤ川沿いの堤防嵩上げを事前に実施する



出典：既往 JICA MP

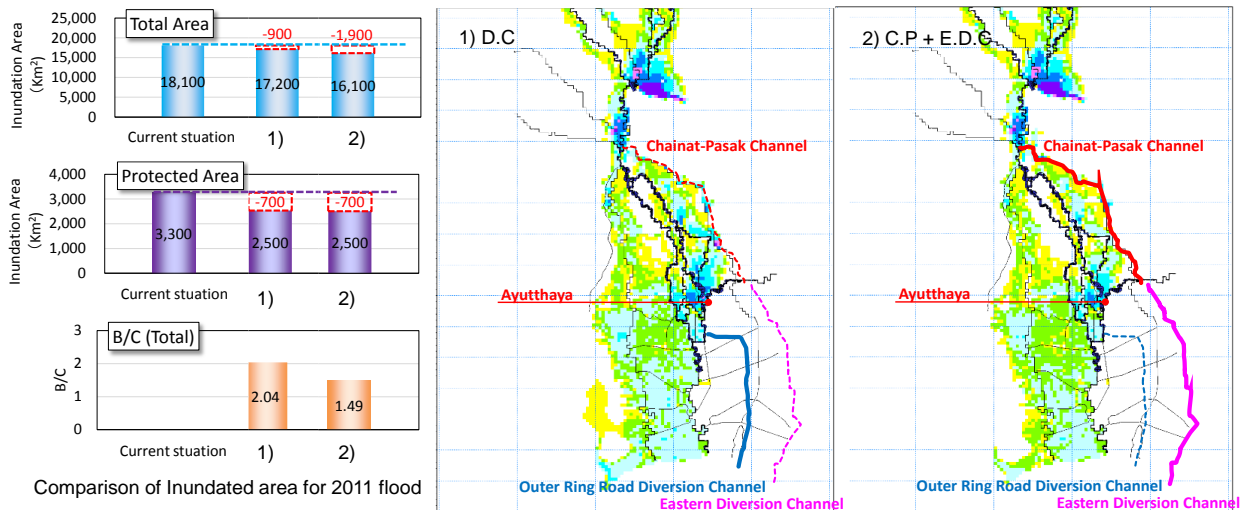
図 10.2.2 JICA マスタープランの流量配分図

(2) DC と CP+EDC の経済性比較について

1) 外郭環状道路放水路と東側放水路の経済性比較について

外郭環状道路放水路事業は、以下のとおり東側放水路事業（チャイナート・パサク水路の拡幅とパサク・タイ湾水路の建設）よりも効果的である。

- 第三次外郭環状道路放水路の経済評価は、B/C:2.04、EIRR=19.5%、東側放水路（チャイナート・パサク水路の拡幅とパサク・タイ湾水路の建設）の経済評価は、B/C：1.49、EIRR：13.9%であり、外郭環状道路放水路の事業効果が高く優れている。
- 外郭環状道路放水路は、東側放水路に比較して、施工期間が短く早期完成が見込まれ、洪水被害軽減効果が早期に発現する。以上から、外郭環状道路放水路事業を優先して取り組むべきである。
- また、すでに指摘したとおり、2013年 JICA マスタープランの洪水対策事業である、事業費が少なく、効果発現が早く、効果が高い「ダム操作改善」及び「チャオプラヤ川沿いの堤防弱部の嵩上げ」を最優先に取り組むべきである。



※いずれのケースも、プミポンダムおよびシリキットダムの運用改善、およびチャオプラヤ川沿いの堤防嵩上げを前提としたケースである。

※いずれのケースも、アユタヤバイパスと同時完成することを前提としている

出典：JICA 調査団作成

図 10.2.3 氾濫面積軽減からみた事業効果の比較

表 10.2.1 事業全体の経済評価

事業名	距離 (km)	事業費 (百万タイバーツ)	建設期間 (年)	便益/費用 B/C
1)第三次外郭環状道路放水路	111	165,695	5	2.04
2)東側放水路 (チェーン・ト・パサク水路の拡幅とパサク・タイ湾水路の建設)	270	293,487	15	1.49

※事業費にはアユタヤバイパスも含む

出典：JICA 調査団作成

2) 浸水面積

(a) 整備の前提条件

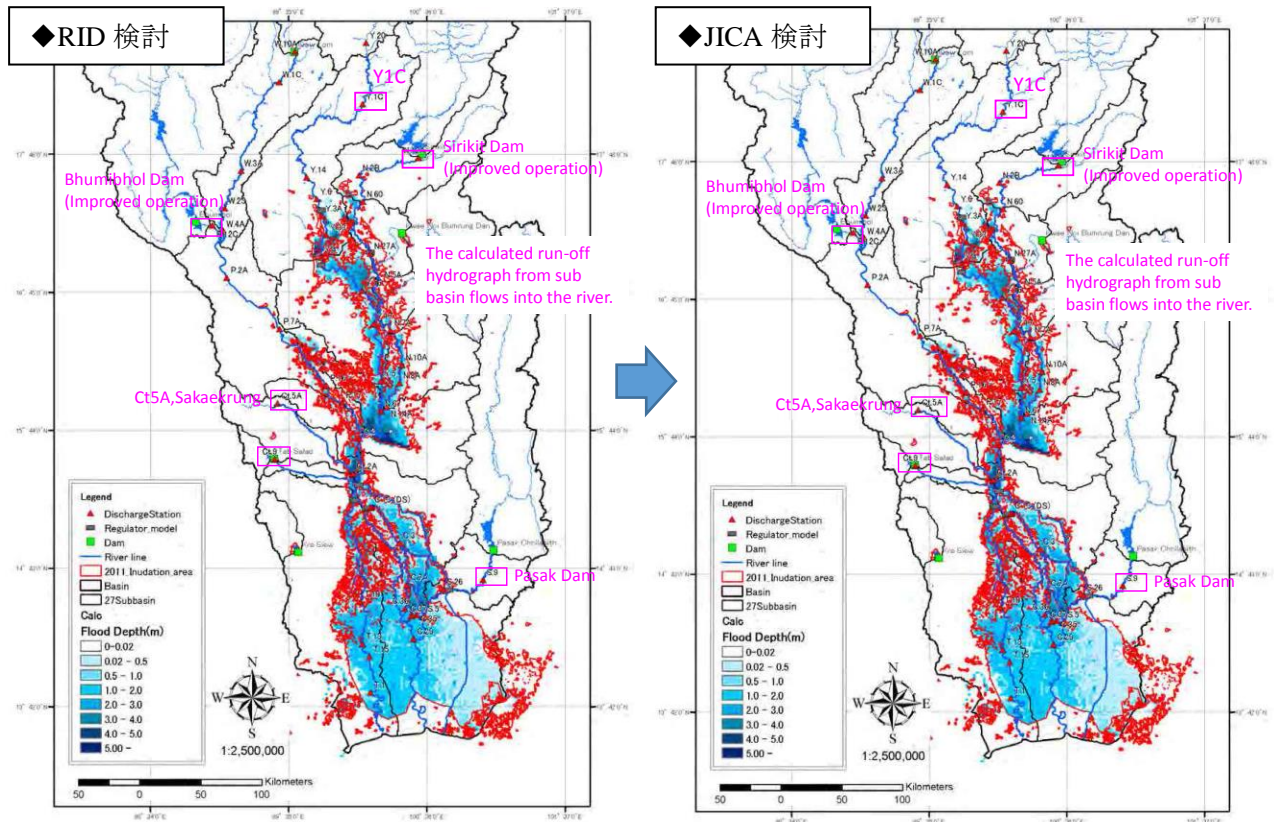
外郭放水路と東側放水路を比較する段階の整備条件は、現状での整備状況を踏まえた上で当面、まず対応出来る整備 (ダム操作、チャオプラヤ川沿いの堤防嵩上げ) の実施後とした。

- ・ ダム操作：シリキットダム、プミポンダムは JICA MP で提案した操作
- ・ チャオプラヤ川沿いの堤防嵩上げ：JICA MP で提案した整備を前提
- ・ 流域整備状況：R9 道路が整備された状況を考慮 (盛り土として設定)

(b) 流量配分条件

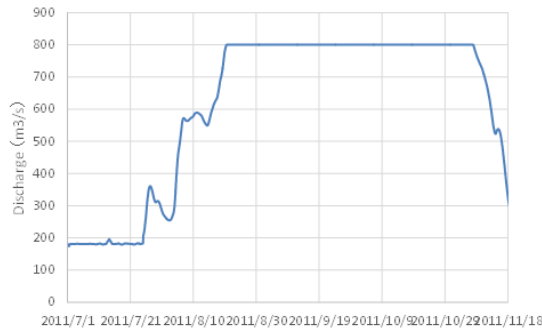
RID の流量配分設定は、上流端流量を流量観測点における 2011 年洪水実績流量としている他、東側放水路への分派を定量としていることから、以下の観点から修正した。

- ・ 上流端流量の設定:RID 検討における上流端設定部では既に氾濫が生じており、治水計画を検討するには過小評価となる。本検討では氾濫が生じていない箇所を上流端に設定した。
- ・ 分派方式:RID 検討における定量分派では、常時分派点の水位を HWL 程度とする必要があり、危険側の分派操作となる。この為、本検討での分派操作は、洪水規模により一定率で分派していく定率操作として設定した。

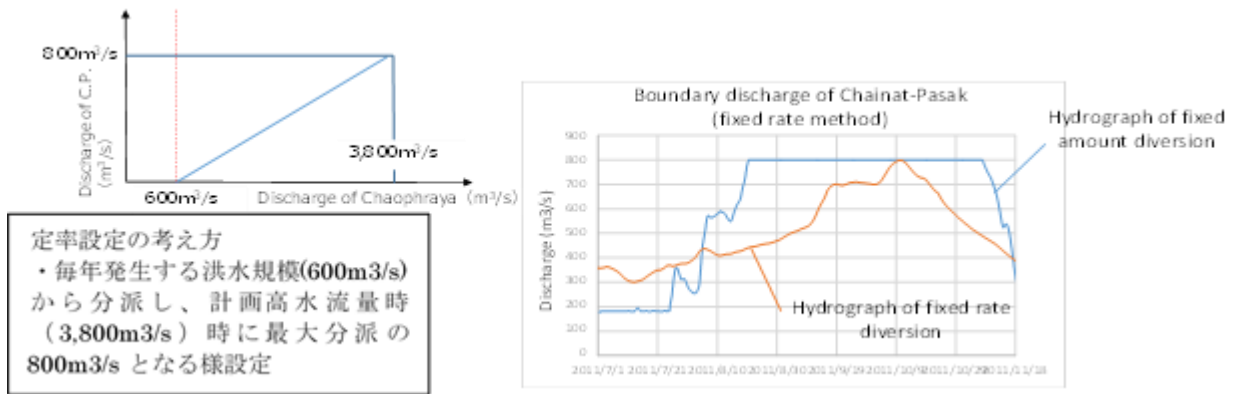


出典: JICA 調査団作成

図 10.2.4 上流端流量設定地点の変更図



(RID が想定しているチャイナート・パサック水路への分流量)



出典：JICA 調査団作成

図 10.2.5 分派方式の変更図

(c) 確率規模別浸水面積

確率規模別の浸水面積は以下の通りであり、各確率規模別の浸水状況は次ページの通りである。

表 10.2.2 規模別浸水面積

Total Area

ケース	Without Case	D.C.500		C.P. + E.D.C.		
地盤高修正	+R9	+R9+DC盛土		+R9		
追加整備	Ayuttaya	×	○	○		
	DC	×	○ (500m³/s定率)	×		
	C.P.拡幅	×	×	○(定率)		
	E.D.C	×	×	○(定率)		
100年	18,071	—	17,165	-907	16,140	-1,931
50年	17,169	—	16,436	-733	15,780	-1,389
30年	16,213	—	15,772	-441	14,634	-1,579
10年	12,606	—	12,400	-206	10,971	-1,635
5年	11,720	—	11,521	-198	10,048	-1,672
3年	10,517	—	10,084	-433	8,675	-1,842
2年	8,910	—	8,619	-291	7,360	-1,550

[単位:km²]

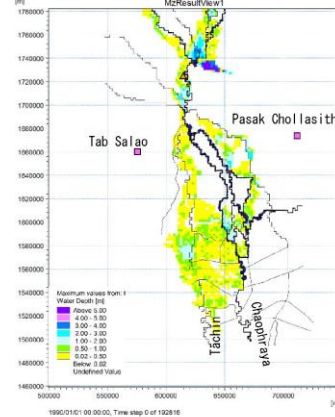
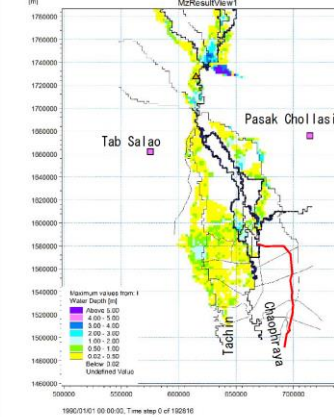
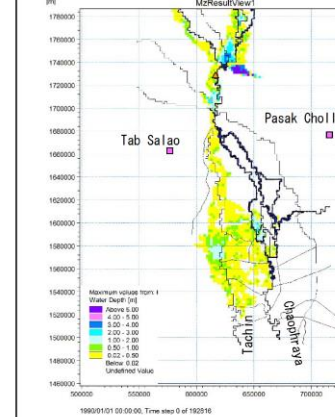
Protect Area

ケース	Without Case	D.C.500		C.P. + E.D.C.		
地盤高修正	+R9	+R9+DC盛土		+R9		
追加整備	Ayuttaya	×	○	○		
	DC	×	○ (500m³/s定率)	×		
	C.P.拡幅	×	×	○(定率)		
	E.D.C	×	×	○(定率)		
100年	3,258	—	2,537	-721	2,510	-748
50年	2,889	—	2,519	-370	2,502	-387
30年	2,828	—	2,507	-321	2,485	-343
10年	2,396	—	2,314	-82	2,194	-202
5年	2,226	—	2,068	-158	1,798	-428
3年	1,744	—	1,388	-355	1,135	-609
2年	1,116	—	960	-156	879	-237

[単位:km²]

出典：JICA 調査団作成

計算結果～2年確率

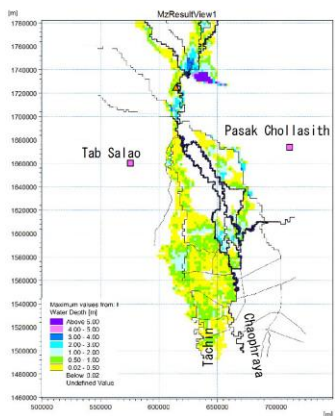
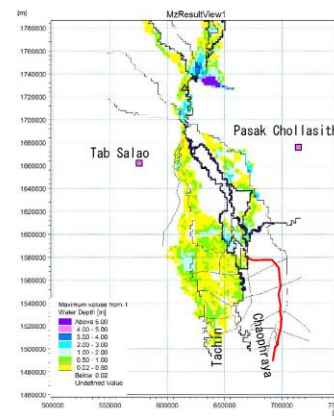
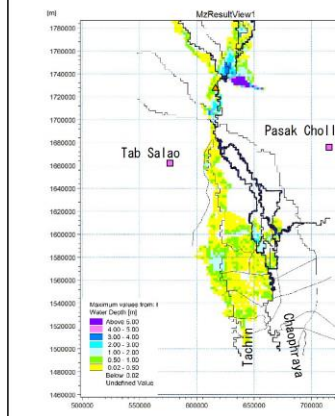
Case_0 (Without)	Case_A (D.C. 500)	Case_E (D.C. 300)
Ayuttaya : なし	Ayuttaya : あり	Ayuttaya : あり
D.C. : なし	D.C. : あり(定率500m ³ /s)+盛土	D.C. : あり(定率300m ³ /s)+盛土
C.P.拡幅 : なし	C.P.拡幅 : なし	C.P.拡幅 : なし
E.D.C. : なし	E.D.C. : なし	E.D.C. : なし
		
浸水面積(全体) : 8,910	浸水面積(全体) : 8,619	浸水面積(全体) : 8,695
浸水面積(PA) : 1,116	浸水面積(PA) : 960	浸水面積(PA) : 972

[単位: km²]

出典: JICA 調査団作成

図 10.2.6 浸水図 (2年確率)

計算結果～3年確率

Case_0 (Without)	Case_A (D.C. 500)	Case_C (C.P. + E.D.C.)
Ayuttaya : なし	Ayuttaya : あり	Ayuttaya : あり
D.C. : なし	D.C. : あり(定率500m ³ /s)	D.C. : なし
C.P.拡幅 : なし	C.P.拡幅 : なし	C.P.拡幅 : あり(定率800m ³ /s)
E.D.C. : なし	E.D.C. : なし	E.D.C. : あり(定率600m ³ /s)
		
浸水面積(全体) : 10,517	浸水面積(全体) : 10,084	浸水面積(全体) : 8,675
浸水面積(PA) : 1,744	浸水面積(PA) : 1,388	浸水面積(PA) : 1,135

[単位: km²]

出典: JICA 調査団作成

図 10.2.7 浸水図 (3年確率)

計算結果～5年確率

Case_0 (Without)	Case_A (D.C. 500)	Case_C (C.P. + E.D.C.)
Ayuttaya: なし	Ayuttaya: あり	Ayuttaya: あり
D.C.: なし	D.C.: あり(定率500m ³ /s)	D.C.: なし
C.P拡幅: なし	C.P拡幅: なし	C.P拡幅: あり(定率800m ³ /s)
E.D.C.: なし	E.D.C.: なし	E.D.C.: あり(定率600m ³ /s)
浸水面積(全体) : 11,720	浸水面積(全体) : 11,521	浸水面積(全体) : 10,048
浸水面積(PA) : 2,226	浸水面積(PA) : 2,068	浸水面積(PA) : 1,798

[単位: km²]

出典: JICA 調査団作成

図 10.2.8 浸水図 (5年確率)

計算結果～10年確率

Case_0 (Without)	Case_A (D.C. 500)	Case_C (C.P. + E.D.C.)
Ayuttaya: なし	Ayuttaya: あり	Ayuttaya: あり
D.C.: なし	D.C.: あり(定率500m ³ /s)	D.C.: なし
C.P拡幅: なし	C.P拡幅: なし	C.P拡幅: あり(定率800m ³ /s)
E.D.C.: なし	E.D.C.: なし	E.D.C.: あり(定率600m ³ /s)
浸水面積(全体) : 12,606	浸水面積(全体) : 12,400	浸水面積(全体) : 10,971
浸水面積(PA) : 2,396	浸水面積(PA) : 2,314	浸水面積(PA) : 2,194

[単位: km²]

出典: JICA 調査団作成

図 10.2.9 浸水図 (10年確率)

計算結果～30年確率

Case_0 (Without)	Case_A (D.C. 500)	Case_C (C.P. + E.D.C.)
Ayuttaya: なし	Ayuttaya: あり	Ayuttaya: あり
D.C.: なし	D.C.: あり(定率500m ³ /s)	D.C.: なし
C.P.拡幅: なし	C.P.拡幅: なし	C.P.拡幅: あり(定率800m ³ /s)
E.D.C.: なし	E.D.C.: なし	E.D.C.: あり(定率600m ³ /s)
浸水面積(全体) : 16,213	浸水面積(全体) : 15,772	浸水面積(全体) : 14,634
浸水面積(PA) : 2,828	浸水面積(PA) : 2,507	浸水面積(PA) : 2,485

[単位: km²]

出典: JICA 調査団作成

図 10.2.10 浸水図 (30年確率)

計算結果～50年確率

Case_0 (Without)	Case_A (D.C. 500)	Case_C (C.P. + E.D.C.)
Ayuttaya: なし	Ayuttaya: あり	Ayuttaya: あり
D.C.: なし	D.C.: あり(定率500m ³ /s)	D.C.: なし
C.P.拡幅: なし	C.P.拡幅: なし	C.P.拡幅: あり(定率800m ³ /s)
E.D.C.: なし	E.D.C.: なし	E.D.C.: あり(定率600m ³ /s)
浸水面積(全体) : 17,169	浸水面積(全体) : 16,436	浸水面積(全体) : 15,780
浸水面積(PA) : 2,889	浸水面積(PA) : 2,519	浸水面積(PA) : 2,502

[単位: km²]

出典: JICA 調査団作成

図 10.2.11 浸水図 (50年確率)

計算結果～100年確率

Case_0 (Without)	Case_A (D.C. 500)	Case_C (C.P. + E.D.C.)
Ayuttaya: なし	Ayuttaya: あり	Ayuttaya: あり
D.C: なし	D.C: あり(定率500m ³ /s)	D.C: なし
C.P拡幅: なし	C.P拡幅: なし	C.P拡幅: あり(定率800m ³ /s)
E.D.C: なし	E.D.C: なし	E.D.C: あり(定率600m ³ /s)
浸水面積(全体) : 18,071	浸水面積(全体) : 17,165	浸水面積(全体) : 16,140
浸水面積(PA) : 3,258	浸水面積(PA) : 2,537	浸水面積(PA) : 2,510

[単位: km²]

出典: JICA 調査団作成

図 10.2.12 浸水図 (100年確率)

(3) 事業実施手順

1) アユタヤバイパス先行実施の誤りについて

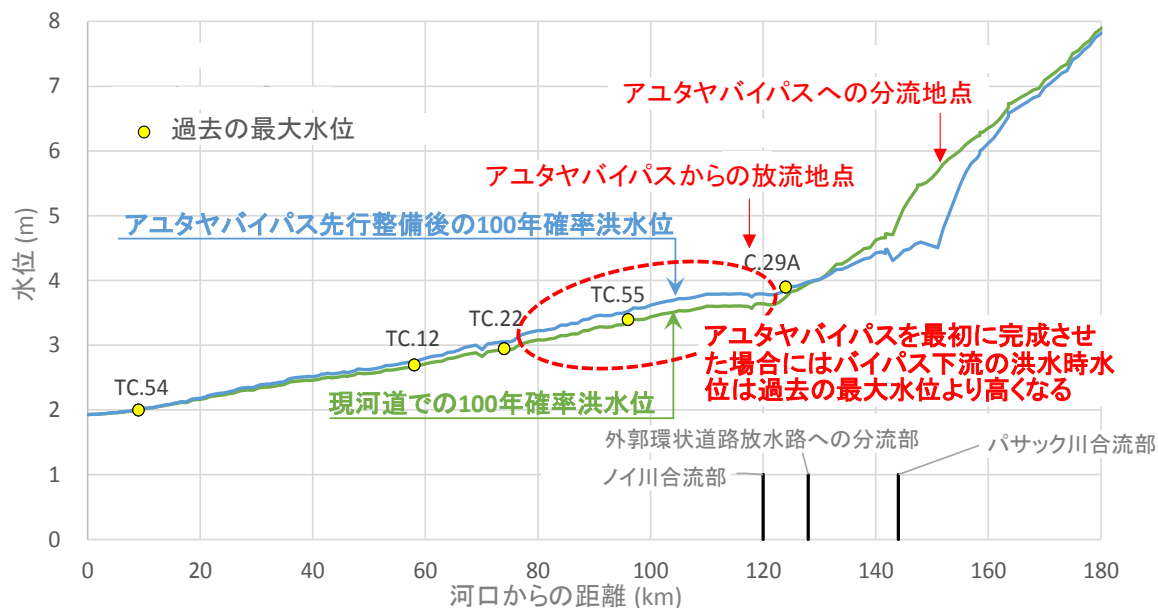
RID は、アユタヤバイパス及びチャイナート・パサック水路の拡幅を先行実施したい意向である。一方、JICA 調査団は、以下を再三指摘した。

- ・ 洪水対策は下流側事業から実施すべきであることは、事業実施するうえでの常識である。
- ・ 現在の河川整備状況でアユタヤバイパス、チャイナートパサック水路を先行整備することは絶対に行うべきではない。

その論拠として、「ダム操作の改善」が成されず、「チャオブラヤ川沿いの堤防弱部の高上げ」が完成していない状況でアユタヤバイパス事業が先行実施され、2011年洪水がした場合を想定した懸念点を提示した。図 10.2.13 にこれを示す。アユタヤバイパス呑み口周辺部において洪水被害が軽減する地域がある一方で、アユタヤバイパス下流部においてアユタヤバイパス無しの状態よりも水位が上昇し、2011年洪水時に比較して、より危険な状態となる。

これに対して、RID からは、「アユタヤバイパスにおいてはゲートを設置するため、大規模な洪水時は、このゲートを閉じてアユタヤバイパスには分派しないので問題ない」という説明があった。しかしながら、アユタヤバイパス上流で洪水が発生している状況で、バイパスから

分派しないということが実態上可能であるかについて、机上の空論ではなく現実的な状況を踏まえて判断すべきであることを指摘した。



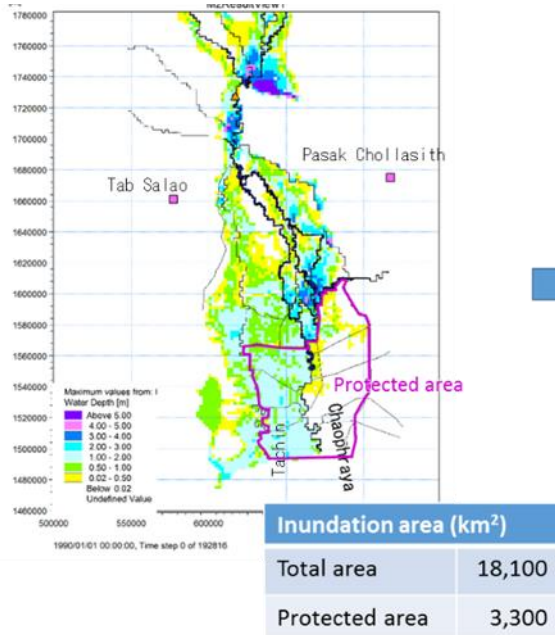
出典：JICA 調査団作成

図 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

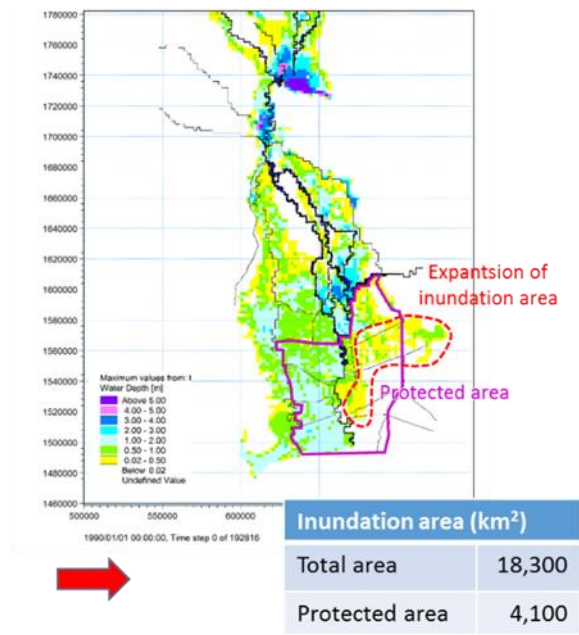
2) チャイナートパサック拡幅事業を先行させる誤りについて

チャイナート・パサック水路拡幅事業の先行実施についても、危険性を指摘した。「ダム操作の改善」「チャオプラヤ川沿いの堤防弱部の嵩上げ」を行った後において、チャイナート・パサック水路の拡幅を先行実施した場合の氾濫解析結果を図 10.2.14 に示す。2011 年洪水のような大規模な洪水が発生した場合、チャイナート・パサック水路の拡幅により洪水被害が軽減する地域がある一方で、チャイナート・パサック水路拡幅無しの状態より大きな洪水被害が生じる地域が発生することが想定される。事業の実施により、洪水被害が拡大するような地域が生じる事業を実施するべきではない。

※ダム運用改善およびチャオプラヤ川の堤防嵩上げ事業よりも先行させた場合



※CP 拡幅事業をダム運用改善およびチャオプラヤ川の堤防嵩上げ事業よりも先行させた場合



浸水範囲はより大きくなる

出典：JICA 調査団作成

図 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

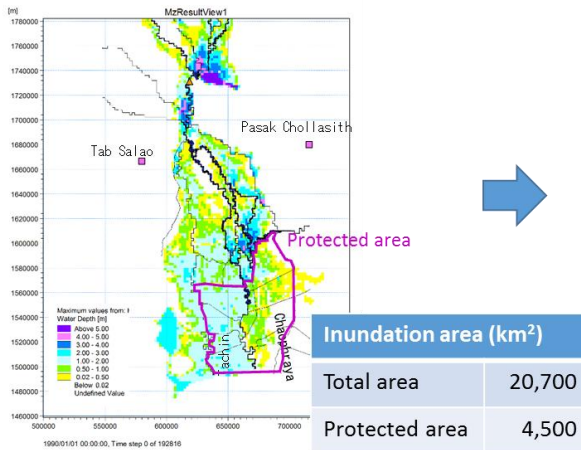
3) RID が最初に着手すべき事業

JICA MP の成果に従い、小さい費用で大きな効果の得られる以下の事業の優位性を指摘した。RID が対処可能な下記事業をまず実施することで、浸水範囲は大きく軽減できる。

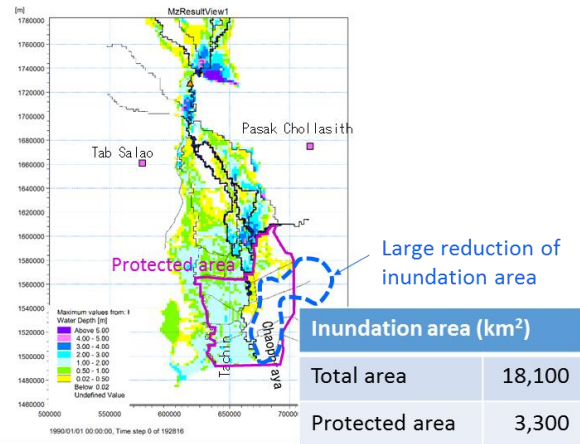
- ・ 洪水時のダム操作の改善
- ・ チャオプラヤ川下流の堤防弱部の嵩上げ

2011 洪水に対する浸水面積の比較を図 10.2.15 に示す。上記 2 事業は JICA マスタープランにおいても提案した内容である。RID は上記 2 事業を先行すべきである。

Current situation



After Improvement of dam operation and Dyke heightening in Chao Phraya River



出典：JICA 調査団作成

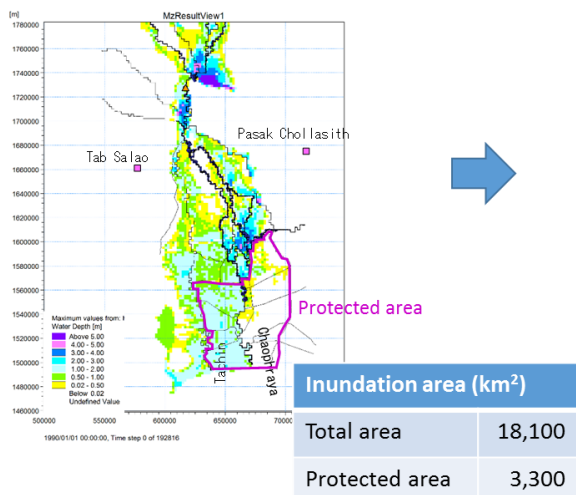
図 10.2.15 ダム操作改善とチャオプラヤ川下流の堤防嵩上げを先行した場合の効果

4) 第3次外郭環状道路放水路とアユタヤバイパスの事業効果

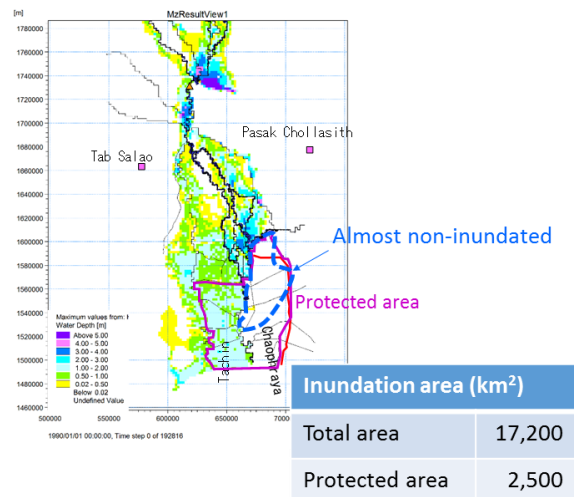
RID は、1)に示す、ダム改善事業とチャオプラヤ川下流の堤防弱部嵩上げ事業実施後に、外郭放水路の事業を実施すべきである。アユタヤバイパスを併せて実施することで、さらに浸水面積を軽減できる。これを図 10.2.16 に示す。

ただし、アユタヤバイパス事業を先行すべきではない。

After Improvement of dam operation and Dyke heightening in Chao Phraya River



After completion of DC and AB addition to the condition in the left figure



出典：JICA 調査団作成

図 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

(4) 洪水時における河道からの氾濫及び、氾濫流の河道への戻りの状況

今回の氾濫解析では、洪水時における河道からの氾濫および氾濫流が河道に戻り、これにより河道流量が再び増加する状況が見られる。

氾濫流が河道に戻る状況について、解析結果に基づき説明を行う。

1) 河道・流量条件

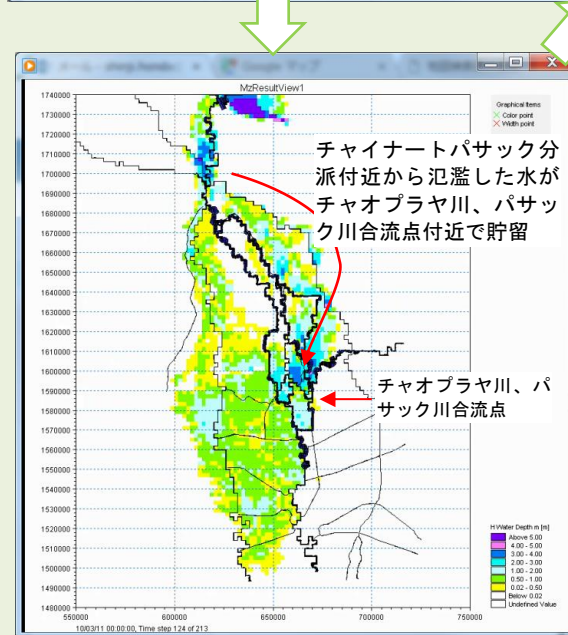
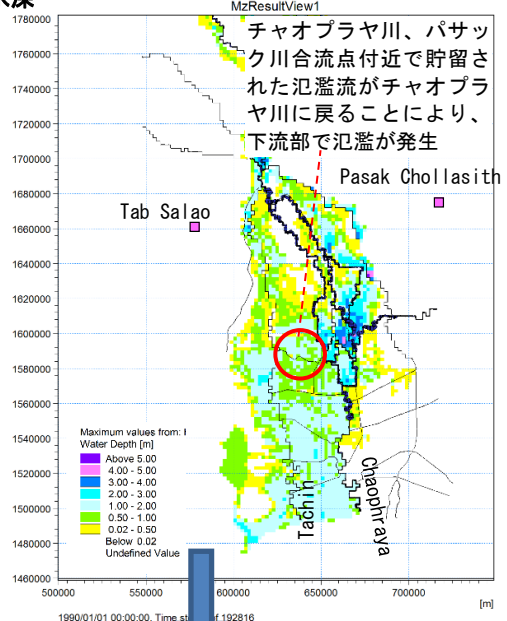
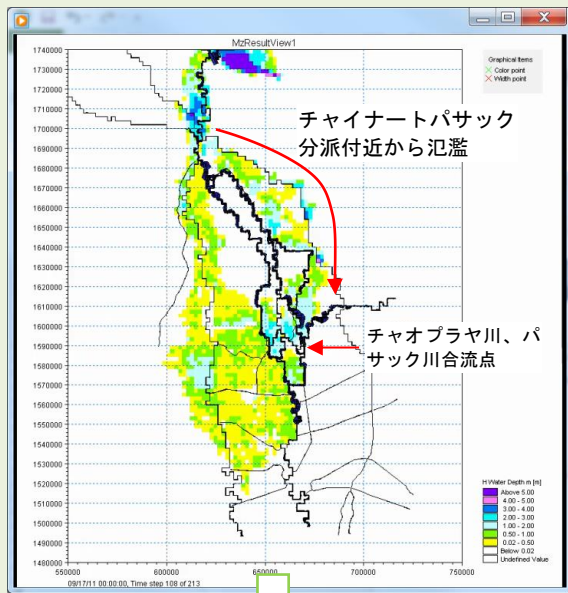
- ・ ダム操作：有り（プミポンダム放流量 210m³/s、シリキットダム放流量 190m³/s）
- ・ チャオプラヤ川堤防嵩上げ（アユタヤ下流）
- ・ 放水路なし（アユタヤバイパス、チャイナート・パッサク水路の拡幅、パッサク・タイ湾水路、外郭環状道路放水路なし）

2) 2011年洪水規模での氾濫状況の時系列変化

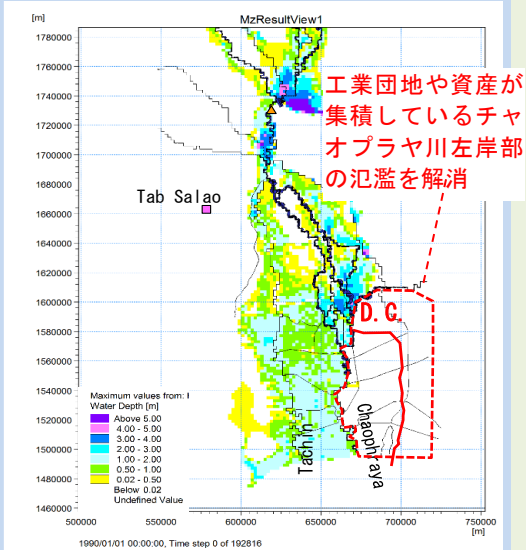
- ・ 図のように氾濫はチャオプラヤダム「上流」のチャイナート・パッサク水路への分派地点付近から発生
- ・ 氾濫流は、アユタヤ付近で一次貯留され、その後氾濫流が河道へ流入することでD.C.付近での被害が発生。

【放水路がない場合の氾濫の時系列変化】

最大浸水深



「D. C. (500m³/s 分派) + アユタヤバイパス」有りでの最大浸水深図



出典：JICA 調査団作成

図 10.2.17 2011 年洪水規模での氾濫状況の時系列変化

河道を整備しても、上流からの氾濫はなくなり、氾濫流はチャオプラヤ川、パサック川合流点付から河道に戻る。外郭環状道路放水路 (500m³/s 分派) とアユタヤバイパスを整備することで、チャオプラヤ川左岸の氾濫が解消される。

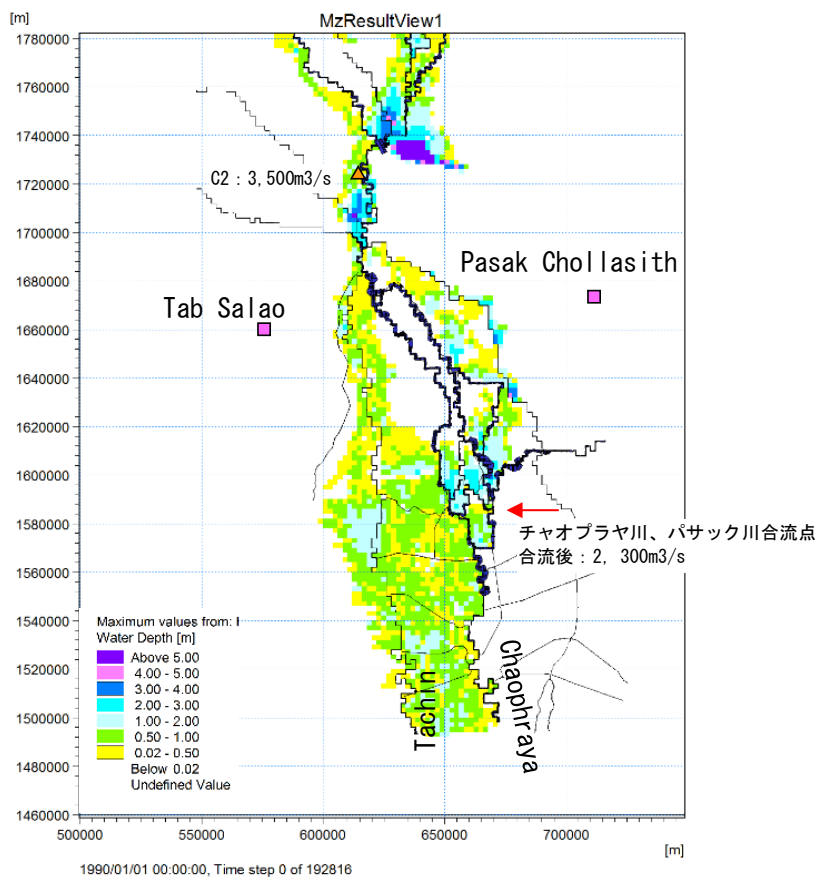
3) 中小規模の洪水時における氾濫状況

- ・ 図 10.2.18 は、10 年に 1 度発生する洪水規模での氾濫状況を解析した結果
- ・ 図からチャイナート・パサック分派付近から発生した氾濫流がチャオプラヤ川、

パサック川合流点付近まで到達

- ・ この様な氾濫形態は3年に1度、及び5年に1度の洪水規模でも発生

【10年に1度発生する洪水規模での氾濫状況（放水路無し）】



出典：JICA 調査団作成

図 10.2.18 中小規模洪水時における氾濫状況

10.2.2 費用便益比の比較

(1) 費用便益費の比較対象

チャオプラヤ川の洪水対策として JICA 調査団の案が妥当であることを示すため以下の二つのケースについて費用便益比 (B/C) と経済的内部収益率 (EIRR) を比較した。

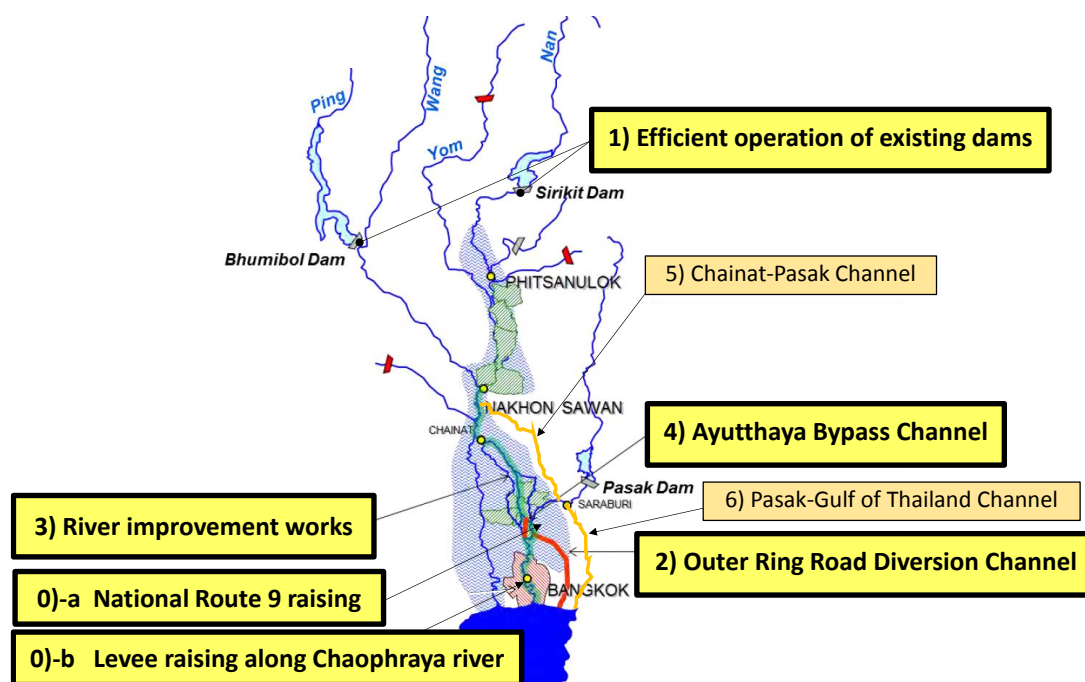
<ケース 1> : JICA 調査団が最初に実施すべきと考える外郭環状道路放水路とアユタヤバイパス水路が完成した状態

<ケース 2> : RID が優先して実施したいと考える優先事業 1,2,3 (アユタヤバイパス水路、東側放水路 (チャイナート・パサック水路の拡幅)、東側放水路 (パサック・タイ湾水路)) が完成した状態

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

	<ケース 1>		<ケース 2>	
	対策実施前	対策実施後	対策実施前	対策実施後
0)-a 国道9号線道路嵩上げ	●	●	●	●
0)-b チャオプラヤ川の堤防嵩上げ	-	●	-	●
1) 既存ダム運用の効率化	-	●	-	●
2) 外郭環状道路放水路の建設	-	●	-	-
3) 河川改修(タチン川改修含む)	-	-	-	-
4) アユタヤバイパス水路の建設	-	●	-	●
5) 東側放水路(チャイナート・パサク水路)の拡幅	-	-	-	●
6) 東側放水路(パサク・タイ湾水路)の建設	-	-	-	●

出典：JICA 調査団作成



出典：JICAMP に基づき JICA 調査団作成

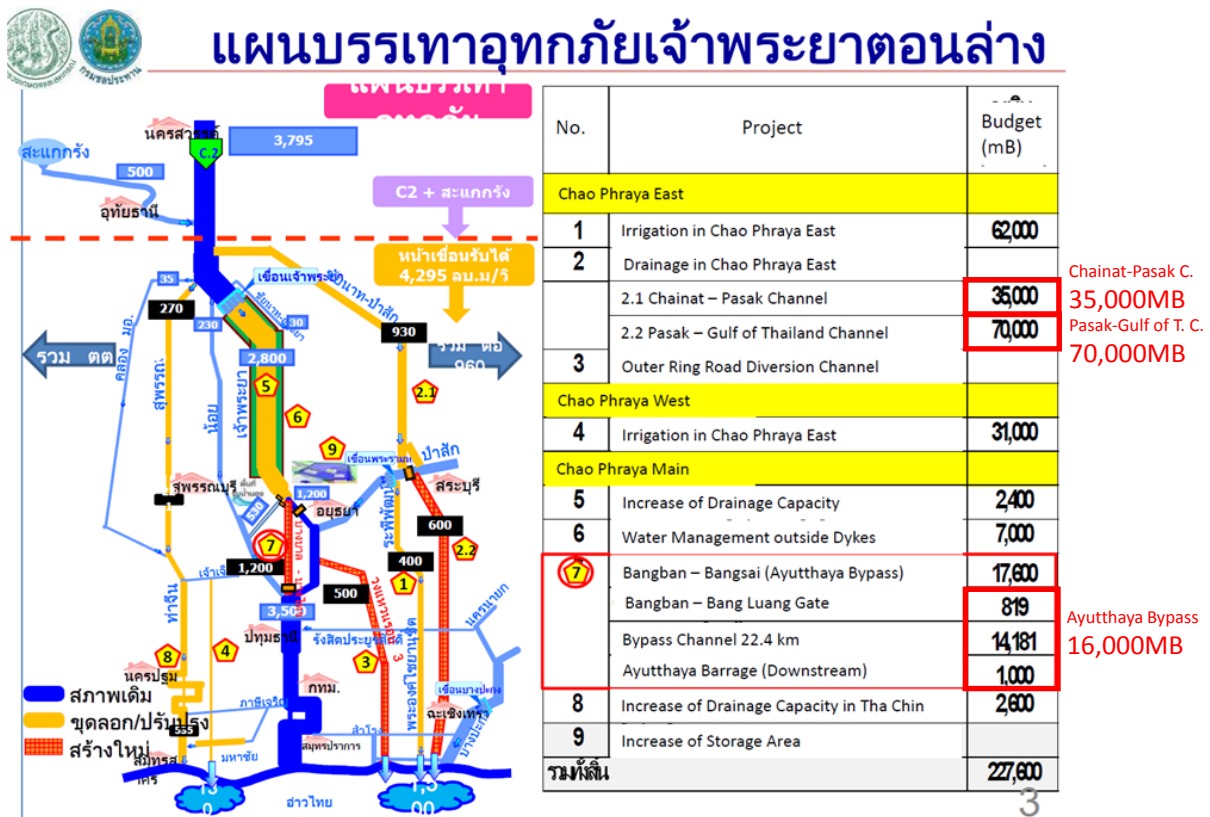
図 10.2.19 各種洪水対策の実施箇所

(2) 費用

RID から提示された資料に事業費として記載されている金額は、東側放水路（チャイナート・パサク水路：Chainat-Pasak Channel：CP）は 35,000MB、東側放水路（パサク・タイ湾水路：Pasak-Gulf of Thailand Channel：PG）は 70,000MB、アユタヤバイパス（Ayutthaya Bypass：AB）は 16,000MB である。しかし、これらの額は RID から入手した積算根拠を確認すると明らかに工事費である。これに対し JICA 調査団が算定した工事費は、CP が約 40,000MB、EDC が約 84,500MB、AB が約 18,500MB である。RID が提示した工事費（Cost1）と JICA 調査団が算定した工事費（Cost2）の差（Cost2－Cost1）は CP が約 40,000MB、PG が約 14,500MB、AB が約 900MB であり、CP と PG については差が大きく RID が算定した事業費の信憑性が低い。このため、CP と PG については JICA 調査団が算定した事業費（CP が 120,071MB、PG が 140,035MB）を採用し、AB については RID から事業費として提示された額（17,600MB）を工事費とみなして算定

した事業費 (33,382MB) を採用することとした。なお、下表に示される金額は事業費として提示されているが、用地費等を含まない工事費である。

表 10.2.4 RID の 9 つの事業の事業費 (RID 提示資料)



出典：2017年9月にRIDから提示された資料

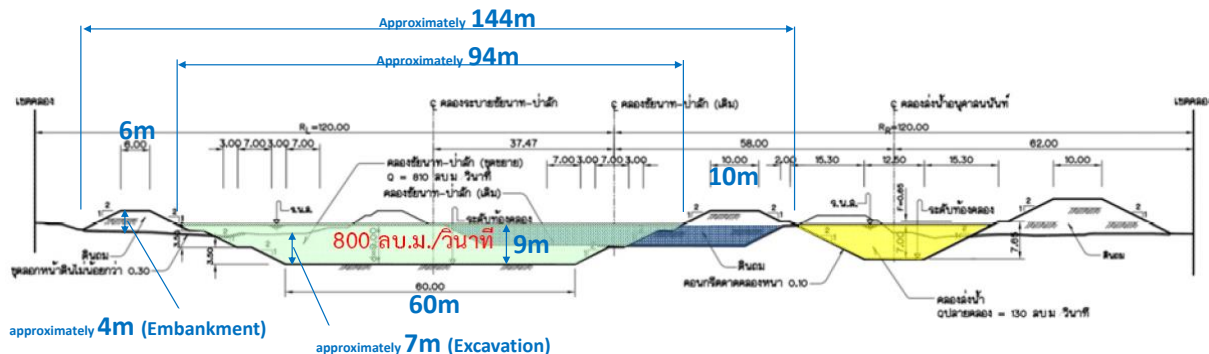
注) アユタヤバイパスの事業費は上表で Bangban-Bangsai (Ayutthaya Bypass) として記載されている 17,600MB である。その下の 3 行は 17,600MB の内訳で Bang-Bang Luang Gate 819MB、Bypass Channel 22.4km 14,181MB、Ayutthaya Barrage (Downstream) 1,000MB の合計 16,000MB に予備費 (Contingency) 10%を加えた額 17,600MB を事業費としている。

表 10.2.5 概算事業費

		Chainat-Pasak Channel				Pasak-Gulf of Thailand Channel				Ayutthaya Bypass Channel			
Construction Cost		75,075 a)				84,337 a)				16,000 a)			
Engineering Cost & Construction Control		6,006 b)=a)*0.08				6,747 b)=a)*0.08				1,280 b)=a)*0.08			
Project Management Cost & Processing		2,252 c)=a)*0.03				2,530 c)=a)*0.03				480 c)=a)*0.03			
Valque added tax		0 d)				0 d)				0 d)			
Land cost & Compensation		36,738 e)				46,421 e)				15,622 e)			
Project Cost		120,071 f)=a)+b)+c)+e)				140,035 f)=a)+b)+c)+e)				33,382 f)=a)+b)+c)+e)			
Breakdown of Construction Cost	Excavation	72,463,160	20	1,449		50,418,900	20	1,008		24,080,000	20	482	
	Embankment	15,057,280	479	7,218		14,677,200	479	7,036		974,400	479	467	
	Soil disposal	72,463,160	282	20,435		50,418,900	282	14,218		24,080,000	282	6,791	
	Soil Stabilization			14,473 2)				29,260 1)				4,823 1)	
	Facility cost			22,863 1)				23,111 1)				3,809 1)	
	Sub total			66,438				74,634				16,372	
	Factor F			8,637				9,702				2,128	
	Total			75,075				84,337				18,500	

1) Estimated cost based on the assumption that cost per unit length is similar to the estimated cost about Outer Ring Diversion Channel
 2) Estimated cost based on the assumption that cost per unit length is half of the estimated cost about Outer Ring Diversion Channel

出典：JICA 調査団作成

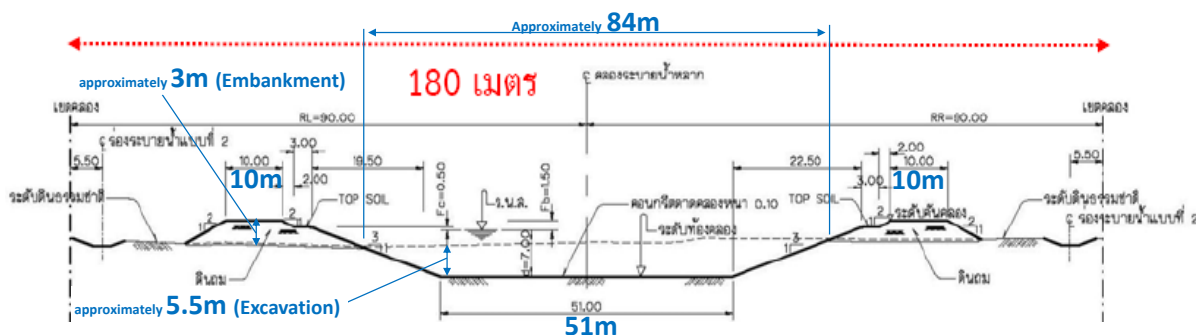


Chainat-Pasak Channel cross section

Source : 2017.10.27 RID document

出典 : 2017 年 9 月に RID から提示された資料

図 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)



Eastern Diversion Channel cross section

Source : 2017.10.27 RID document

出典 : 2017 年 9 月に RID から提示された資料

図 10.2.21 概算事業費算定根拠 (パサック・タイ湾水路)

以上により算定した各ケースの事業費は下表に示すとおりである。

表 10.2.6 各ケースの事業費

Project Name	Project Cost (MB)	
	Case 1	Case 2
Outer Ring Road Diversion Channel (DC)	132,314	●
Ayutthaya Bypass (AB)	33,382	●
Chainat-Pasak Channel (CP)	120,071	●
Pasak-Gulf of Thailand Channel (PG)	140,035	●
Total	165,695	293,487

出典 : JICA 調査団作成

(3) 年平均被害軽減期待額

ケース1及びケース2について年平均被害軽減期待額を算定した結果は以下のとおりである。

表 10.2.7 年平均被害軽減期待額算出表 (ケース1)

工場

再現期間 (年)	被害額			区間平均 被害額	区間確率	年平均 被害額	年平均被害 軽減期待額
	事業を実施 しない場合	事業を実施 した場合	被害軽減額				
1	0		0	0	0.500	0	0
2	0	0	0				
3	97,600	64,849	32,752	16,376	0.167	2,729	2,729
5	155,183	131,845	23,338	28,045	0.133	3,739	6,469
10	201,203	174,207	26,996	25,167	0.100	2,517	8,985
30	435,043	368,085	66,958	46,977	0.067	3,132	12,117
50	526,940	454,483	72,457	69,708	0.013	929	13,047
100	594,632	496,477	98,155	85,306	0.010	853	13,900

a) 年平均被害軽減期待額(工場の直接被害)

13,900

b)=a)×c) 年平均被害軽減期待額(工場の間接被害)

13,342

c) 工場間接比率

0.960

家屋

再現期間 (年)	被害額			区間平均 被害額	区間確率	年平均 被害額	年平均被害 軽減期待額
	事業を実施 しない場合	事業を実施 した場合	被害軽減額				
1	0	0	0	0	0.500	0	0
2	0	0	0				
3	0	0	0	0	0.167	0	0
5	0	0	0	0	0.133	0	0
10	1,851	1,037	815	407	0.100	41	41
30	84,282	64,953	19,329	10,072	0.067	671	712
50	132,655	120,941	11,713	15,521	0.013	207	919
100	163,008	138,750	24,258	17,986	0.010	180	1,099

d) 年平均被害軽減期待額(家屋の直接被害)

1,099

e)=d)×f) 年平均被害軽減期待額(家屋の間接被害)

907

f) 家計間接比率

0.825

g) 年平均被害軽減期待額(その他の部門の直接被害)

1,891

h) 年平均被害軽減期待額(その他の部門の間接被害)

7,083

i)=Σ(a),b),d),e),g),h)} 年平均被害軽減期待額(間接被害)

38,222

出典: JICA 調査団作成

表 10.2.8 年平均被害軽減期待額算出表 (ケース 2)

工場

再現 期間 (年)	被害額			区間平均 被害額	区間確率	年平均 被害額	年平均被害 軽減期待額
	事業を実施 しない場合	事業を実施 した場合	被害軽減額				
1	0	0	0	0	0.500	0	0
2	0	0	0	28,137	0.167	4,690	4,690
3	97,600	41,326	56,274	55,152	0.133	7,354	12,043
5	155,183	101,153	54,029	52,409	0.100	5,241	17,284
10	201,203	150,414	50,789	87,793	0.067	5,853	23,137
30	435,043	310,246	124,797	145,440	0.013	1,939	25,076
50	526,940	360,857	166,083	172,238	0.010	1,722	26,798
100	594,632	416,238	178,394				

- a) 年平均被害軽減期待額(工場の直接被害) 26,798
 b)=a)×c) 年平均被害軽減期待額(工場の間接被害) 25,723
 c) 工場間接比率 0.960

家屋

再現 期間 (年)	被害額			区間平均 被害額	区間確率	年平均 被害額	年平均被害 軽減期待額
	事業を実施 しない場合	事業を実施 した場合	被害軽減額				
1	0	0	0	0	0.500	0	0
2	0	0	0	0	0.167	0	0
3	0	0	0	0	0.133	0	0
5	0	0	0	733	0.100	73	73
10	1,851	385	1,467	25,780	0.067	1,719	1,792
30	84,282	34,189	50,093	60,744	0.013	810	2,602
50	132,655	61,260	71,395	73,438	0.010	734	3,336
100	163,008	87,526	75,481				

- d) 年平均被害軽減期待額(家屋の直接被害) 3,336
 e)=d)×f) 年平均被害軽減期待額(家屋の間接被害) 2,754
 f) 家計間接比率 0.825
 g) 年平均被害軽減期待額(その他の部門の直接被害) 3,799
 h) 年平均被害軽減期待額(その他の部門の間接被害) 14,156
 i)=Σ{a),b),d),e),g),h)} 年平均被害軽減期待額(間接被害) 76,566

出典: JICA 調査団作成

(4) 費用便益比

ケース 1 及びケース 2 について費用便益比を算定した結果は以下のとおりである。JICA 調査団が推奨する第三次外郭環状道路放水路・アユタヤバイパス水路等の整備（ケース 1）の費用便益比が 2.04、経済的內部収益率（EIRR）は 19.5%であるのに対し、RID が優先して実施したいと考える優先事業 1,2,3（アユタヤバイパス水路、チャイナート・パサク水路、パサク・タイ湾水路等の整備（ケース 2）の費用便益比は 1.49、EIRR は 13.9%である。

表 10.2.9 費用便益比算定表

<Case 1>							<Case 2>						
年	便益			費用			年	便益			費用		
	便益	現在価値	残存価値	費用	現在価値	残存価値		便益	現在価値	残存価値	費用	現在価値	残存価値
2021	0	0		37,298	23,704		2021	0	0		22,022	13,995	
2022	0	0		38,417	21,799		2022	0	0		22,682	12,870	
2023	0	0		39,570	20,047		2023	0	0		23,363	11,836	
2024	0	0		40,757	18,436		2024	0	0		24,064	10,885	
2025	0	0		41,980	16,955		2025	0	0		24,785	10,010	
2026	49,870	17,984		1,865	673		2026	0	0		25,529	9,206	
2027	51,367	16,539		1,921	618		2027	0	0		26,295	8,466	
2028	52,908	15,210		1,978	569		2028	0	0		27,084	7,786	
2029	54,495	13,987		2,038	523		2029	0	0		27,896	7,160	
2030	56,130	12,863		2,099	481		2030	0	0		28,733	6,585	
2031	57,813	11,830		2,162	442		2031	0	0		29,595	6,056	
2032	59,548	10,879		2,227	407		2032	0	0		30,483	5,569	
2033	61,334	10,005		2,294	374		2033	0	0		31,397	5,122	
2034	63,174	9,201		2,362	344		2034	0	0		32,339	4,710	
2035	65,070	8,462		2,433	316		2035	0	0		33,310	4,332	
2036	67,022	7,782		2,506	291		2036	134,259	15,588		3,303	384	
2037	69,032	7,156		2,581	268		2037	138,287	14,336		3,402	353	
2038	71,103	6,581		2,659	246		2038	142,436	13,184		3,504	324	
2039	73,236	6,052		2,739	226		2039	146,709	12,124		3,610	298	
2040	75,433	5,566		2,821	208		2040	151,110	11,150		3,718	274	
2041	77,696	5,119		2,905	191		2041	155,644	10,254		3,829	252	
2042	80,027	4,707		2,993	176		2042	160,313	9,430		3,944	232	
2043	82,428	4,329		3,082	162		2043	165,122	8,672		4,063	213	
2044	84,901	3,981		3,175	149		2044	170,076	7,975		4,184	196	
2045	87,448	3,661		3,270	137		2045	175,178	7,335		4,310	180	
2046	90,072	3,367		3,368	126		2046	180,434	6,745		4,439	166	
2047	92,774	3,097		3,469	116		2047	185,847	6,203		4,572	153	
2048	95,557	2,848		3,573	106		2048	191,422	5,705		4,710	140	
2049	98,424	2,619		3,681	98		2049	197,165	5,246		4,851	129	
2050	101,376	2,408		3,791	90		2050	203,079	4,825		4,996	119	
2051	104,418	2,215		3,905	83		2051	209,172	4,437		5,146	109	
2052	107,550	2,037		4,022	76		2052	215,447	4,080		5,301	100	
2053	110,777	1,873		4,143	70		2053	221,910	3,753		5,460	92	
2054	114,100	1,723		4,267	64		2054	228,568	3,451		5,624	85	
2055	117,523	1,584		4,395	59		2055	235,425	3,174		5,792	78	
2056	121,049	1,457		4,527	54		2056	242,488	2,919		5,966	72	
2057	124,680	1,340		4,662	50		2057	249,762	2,684		6,145	66	
2058	128,420	1,232		4,802	46		2058	257,255	2,468		6,329	61	
2059	132,273	1,133		4,946	42		2059	264,973	2,270		6,519	56	
2060	136,241	1,042	11,580	5,095	39	433	2060	272,922	2,088	23,196	6,715	51	571
Total		223,451			109,298		Total		193,294			129,345	

純現在価値 (Net Present Value) 114,153

費用便益比 (Cost Benefit Ratio) 2.04

経済的內部収益率 (Economic Internal Rate of Return) 19.5%

純現在価値 (Net Present Value) 63,949

費用便益比 (Cost Benefit Ratio) 1.49

経済的內部収益率 (Economic Internal Rate of Return) 13.9%

出典 : JICA 調査団作成