

カンボディア王国  
プノンペン市洪水防御・排水改善計画

基本設計調査報告書

平成 13 年 11 月

国 際 協 力 事 業 団  
株式会社 建設技研インターナショナル  
日 本 工 営 株 式 会 社

## 序 文

日本国政府は、カンボディア王国政府の要請に基づき、同国のプノンペン市洪水防御・排水改善計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

当事業団は、平成13年3月29日から4月30日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、カンボディア国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施しました。帰国後の国内作業の後、平成13年7月23日から7月31日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成13年11月

国際協力事業団  
総裁 川上隆朗

## 伝 達 状

今般、カンボディア王国におけるプノンペン市洪水防御・排水改善計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴事業団との契約に基づき弊社が、平成13年3月より平成13年11月までの8ヶ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、カンボディアの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用される事を切望いたします。

平成13年11月

共同企業体

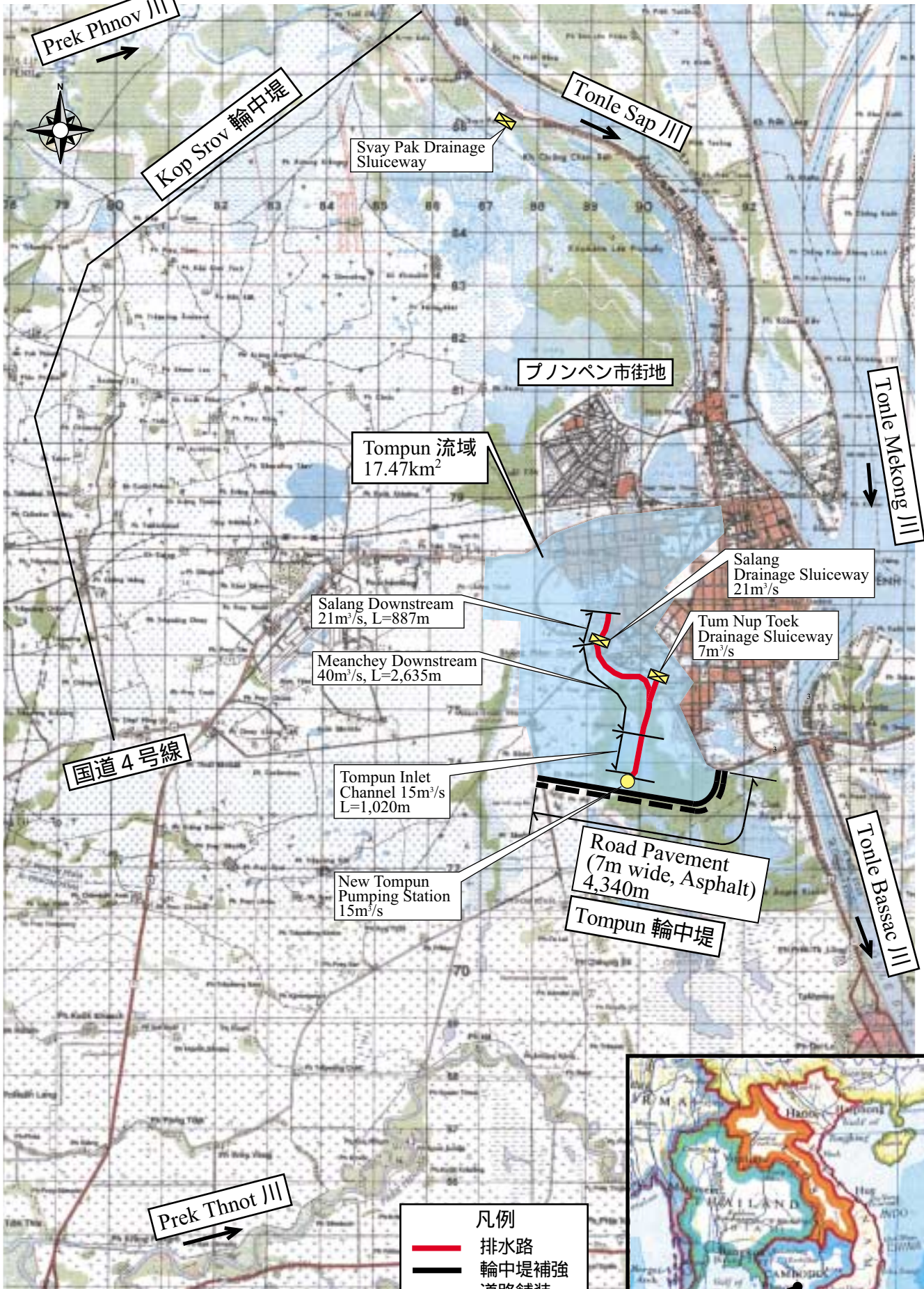
株式会社 建設技研インターナショナル  
日本工営 株式会社

カンボディア王国

プノンペン市洪水防御・排水改善計画  
基本設計調査団

業務主任 富岡 慶行

# 調査対象施設位置図



縮尺: 1/100,000

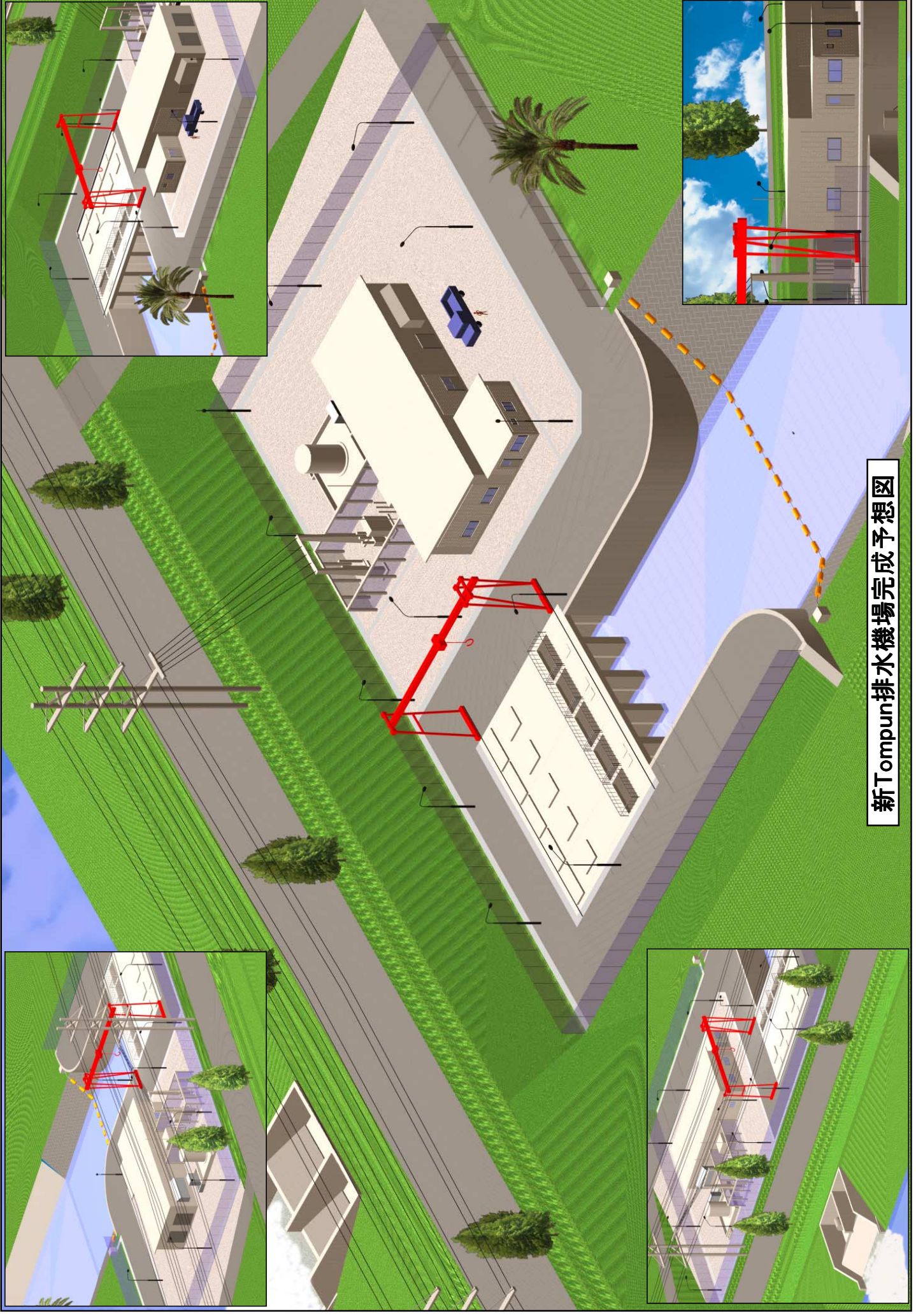
0 1 2 3 4 5km

- 凡例
- 排水路
  - 輪中堤補強
  - 道路舗装
  - ポンプ場
  - 樋管



プノンペン市

新Tompun排水機場完成予想図



# 現地写真集

## Svay Pak 既設排水樋管

(1998年乾期に撮影)



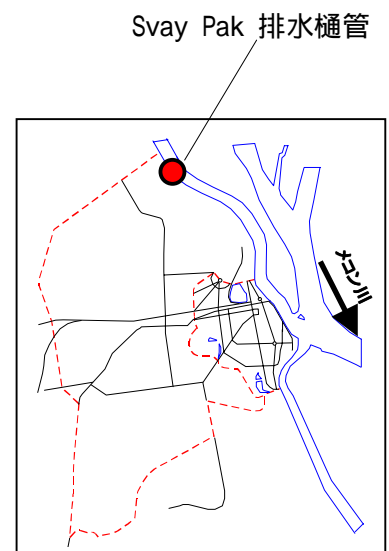
排水樋管上流側ゲート。  
木製ゲートで著しく老朽化し、水密性は悪い。



上流側水叩きの固定堰部分。人為的に一部分は壊され、ゲート基礎部分の土砂の吸出しが進行している。



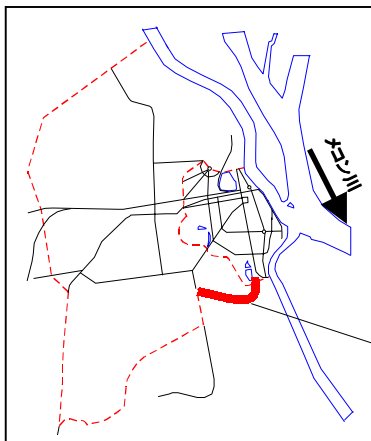
排水樋管下流側ゲート及び翼壁。老朽化が著しい。



Tompun 堤防  
(2000年11月撮影)

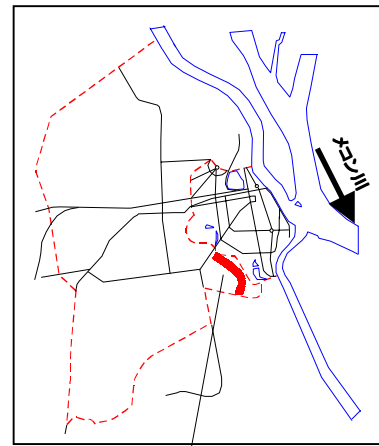


堤防天端は道路としても利用されている。天端の状態は著しく悪く、四輪駆動車でようやく通行できる程度。  
この状態では堤体の維持管理も不可能である。



Tompun 堤防兼用道路

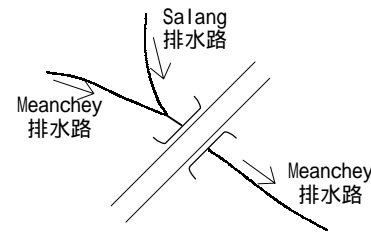




Meanchey 排水路



Meanchey 排水路横断地点の、Meanchey 橋。  
 この橋はこのまま残す。  
 (1998 年 3 月撮影)



Meanchey 排水路、Salang 排水路、合流地点。  
 Meanchey 排水路の改修は、この合流地点から下流である。



Meanchey 排水幹線改修  
 予定区間。  
 全体的には、水路用地は  
 確保されている。



市内の雨水湛水は、雨期に頻繁に生じ、交通遮断  
 が市内のいたる所で起きる。  
 上の写真奥は、インターコンチネンタル・ホテル。  
 (1998 年 10 月撮影)

Salang 排水路  
(2001 年乾期 撮影)



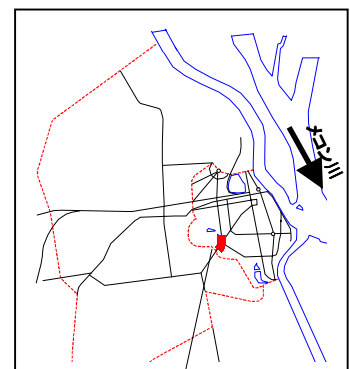
Salang 排水路を右岸側より望む。



Salang 排水路を右岸側より望む。



Salang 排水路改修区間最上流地点の橋梁上から下流側を望む。



Salang 排水路

# Tompun 排水機場

(2001 年乾期 撮影)



既設 Tompun 排水機

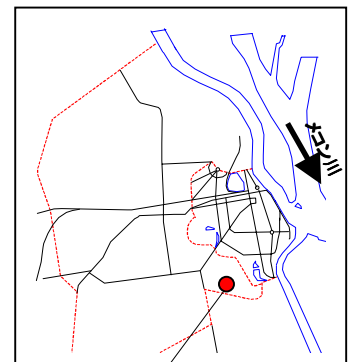
新 Tompun 排水機場計画予定地 (右岸側道路上より)



既設 Tompun 排水機場正面



既設排水機



新 Tompun 排水機場

## 図表リスト

### 図

図 2.1.1	プノンペン市組織図 .....	2-2
図 2.1.2	公共事業運輸局(DPWT)組織図 .....	2-2
図 2.1.3	プノンペン市組織図 (英語表記).....	2-3
図 2.1.4	公共事業運輸局(DPWT)組織図 (英語表記).....	2-4
図 2.2.1	調査位置図 .....	2-11
図 2.2.2	交通量調査位置図 .....	2-16
図 3.2.1	2000 年 10 月における Tompun 輪中堤外水位 .....	3-2
図 3.2.2	Tompun 堤頂道路標準断面図 .....	3-6
図 3.2.3	排水改善施設位置図 .....	3-10
図 3.2.4	ヘイズン・プロットによる確率日雨量の算出 .....	3-11
図 3.2.5	Meanchey 排水路下流部の 5 年確率降雨時ハイドログラフ ..	3-12
図 3.2.6	排水路標準横断面図 .....	3-15
図 3.2.7	A 活荷重分布図 .....	3-20
図 3.2.8	橋梁標準横断面図 ( Bridge No.1 & No.2 ) .....	3-21
図 3.2.9	函渠工案標準横断面図 ( Bridge No.3 ) .....	3-21
図 3.2.10	Salang 排水路上流区間と ボックスカルバートの通水断面比較 .....	3-25
図 3.2.11	Boeng Salang 橋貧配合コンクリート施工部分 .....	3-25
図 3.2.12	新 Tompun 排水機場位置図 .....	3-27
図 3.2.13	新 Tompun 排水機場における洪水調節計画 .....	3-28
図 3.2.14	新 Tompun 排水機場及び付属施設レイアウト .....	3-39
図 3.2.15	土取場位置及び資機材搬入路 .....	3-92

## 表

表 1.1.1	カンボディア国の人口構成（1999年統計）	1-8
表 1.1.2	カンボディア国の識字率	1-8
表 1.1.3	世帯別社会インフラ普及率	1-8
表 1.1.4	プノンペン市の社会経済特性	1-9
表 2.1.1	公共事業運輸局（DPWT）の職員内訳	2-1
表 2.1.2	プノンペン市の予算	2-5
表 2.1.3	DPWT の予算	2-5
表 2.2.1	機械ボーリング調査結果一覧	2-12
表 2.2.2	地形測量一覧	2-13
表 2.2.3	路盤調査及び CBR 試験結果	2-14
表 2.2.4	交通量調査結果	2-17
表 3.2.1	近隣諸国の計画規模	3-3
表 3.2.2	日交通量	3-7
表 3.2.3	設計交通量	3-7
表 3.2.4	交通量の区分	3-7
表 3.2.5	CBR 試験結果	3-8
表 3.2.6	設計 CBR	3-8
表 3.2.7	目標 $T_A$	3-8
表 3.2.8	舗装構成	3-9
表 3.2.9	舗装材の最小厚さ	3-9
表 3.2.10	Meanchey 排水路計画諸元	3-9
表 3.2.11	Meanchey 排水路断面の比較検討	3-13
表 3.2.12	改修対象橋梁の基本計画諸元	3-16
表 3.2.13	橋梁形式比較表（Bridge No.1～2）	3-17
表 3.2.14	橋梁形式比較表（Bridge No.3）	3-18
表 3.2.15	活荷重：A 活荷重（小交通量橋梁）	3-19
表 3.2.16	Tompun 流入水路計画諸元	3-22
表 3.2.17	Salang 排水路計画諸元	3-23
表 3.2.18	Boeng Salang 橋計画諸元	3-24
表 3.2.19	ポンプ形式比較表	3-30
表 3.2.20	電源別の運転費用及び設備費用の比較検討表	3-34
表 3.2.21	Tum Nup Toek 排水樋管計画諸元	3-34
表 3.2.22	Tum Nup Toek 排水樋管構造形式比較表	3-35
表 3.2.23	Salang 排水樋管計画諸元	3-36

表 3.2.24	Boeng Trabek 排水路と排水機場建設における補償条件.....	3-91
表 3.2.25	プノンペン市における降雨時の稼働条件 .....	3-93
表 3.2.26	実施工程表.....	3-100
表 3.5.1	日本側負担経費 .....	3-103
表 3.5.2	無償資金協力実施前のカンボディア国負担経費 .....	3-103
表 3.5.3	無償資金協力実施中のカンボディア国負担経費 .....	3-103
表 3.5.4	排水機場の年間運営・維持管理費 .....	3-104
表 3.5.5	事業実施前後の運営・維持管理費の比較 .....	3-106
表 3.5.6	プノンペン市及び DPWT の施設運営管理・修理費予算 .....	3-106
表 3.5.7	プノンペン市の上水道料金収入 .....	3-107
表 4.1.1	プロジェクトの効果のまとめ .....	4-2

## 略語集

### 1. 組織

ADB	: Asian Development Bank
APUR	: Atelier Parisien d'urbanisme (Town Planning Agency for Paris)
BAU	: Bureau des Affaires Urbaines (Bureau of Urban Affairs)
CATUC	: Comité de l'Aménagement du Territoire, d'Urbanisme et de Construction (Committee for Planning, Urbanization and Construction)
CDC	: Council for the Development of Cambodia
CNATUC	: Comité National de l'Aménagement du Territoire, d'Urbanisme et de Construction (National Committee for Country Planning, Urbanization and Construction)
COM	: Council of Ministers
CRDB	: Cambodian Rehabilitation and Development Board
CTA	: Cambodian Telecommunications Authority
DPWT	: Department of Public Works and Transport
DSD	: Drainage and Sewerage Division
EdC	: Electricité du Cambodge
EU	: European Union
GDIMH	: General Directorate of Irrigation, Meteorology and Hydrology of MAFF
GOJ	: Government of Japan
JICA	: Japan International Cooperation Agency
MAFF	: Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries
MEF	: Ministry of Economy and Finance
MFAIC	: Ministry of Foreign Affairs and International Cooperation
MOE	: Ministry of Environment
MOP	: Ministry of Planning
MPP	: Municipality of Phnom Penh
MPWT	: Ministry of Public Works and Transport
MWRM	: Ministry of Water Resources and Meteorology
NORAD	: Norwegian Agency for Development Cooperation
PMU	: Project Management Unit
PPWSA	: Phnom Penh Water Supply Authority
TdC	: Telecommunication du Cambodge
UNCHS	: United Nations Centre for Human Settlements
UNDP	: United Nations Development Program
UNESCO	: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization
UNICEF	: United Nations Children's Fund
UNTAC	: United Nations Transitional Authority in Cambodia
USAID	: United States Agency for International Development
WB	: World Bank
WHO	: World Health Organization

### 2. その他

BOD	: Biochemical Oxygen Demand
BOT	: Built, Operation and Transfer

COD	: Chemical Oxygen Demand
CUDSS	: Cambodian Urban Development Strategy Study
CUEIP	: Cambodian Urban Environmental Improvement Project
DO	: Oxygen Demand
GDP	: Gross Domestic Product
GNP	: Gross National Product
GRDP	: Gross Regional Domestic Product
EPNRM	: Law on Environmental Protection and Natural Resources Management
NR	: National Road
PAP	: Project Affected Persons
PIP	: Public Investment Plan
SEDP	: Socio-Economic Development Plan
SS	: Suspended Solid
TA	: Technical Assistance

### 3. 単位

#### (長さ)

mm	: millimeter(s)
cm	: centimeter(s)
m	: meter(s)
km	: kilometer(s)

#### (重さ)

mg	: milligram(s)
g, gr	: gram(s)
kg	: kilogram(s)
ton	: tonne(s)

#### (面積)

mm <sup>2</sup>	: square millimeter(s)
cm <sup>2</sup>	: square centimeter(s)
m <sup>2</sup>	: square meter(s)
km <sup>2</sup>	: square kilometer(s)
ha	: hectare(s)

#### (時間)

s, sec	: second(s)
min	: minute(s)
h(hrs)	: hour(s)
d(dys)	: day(s)
y, yr(yrs)	: year(s)

#### (体積)

cm <sup>3</sup>	: cubic centimeter(s)
m <sup>3</sup>	: cubic meter(s)
ℓ	: liter(s)

#### (濃度)

mg/ℓ	: milligram per liter
------	-----------------------

#### (速度)

cm/sec, cm/s	: centimeter per second
m/sec, m/s	: meter per second
km/hr, km/h	: kilometer per hour

#### (圧力)

kg/cm <sup>2</sup> , kgf/cm <sup>2</sup>	: kilogram per square centimeter
ton/m <sup>2</sup> , tf/m <sup>2</sup>	: ton per square meter
N/mm <sup>2</sup>	: Newton per square millimeter



(流量)

ℓ/sec, ℓ/s : liter per second  
m<sup>3</sup>/sec, m<sup>3</sup>/s : cubic meter per second  
m<sup>3</sup>/yr, m<sup>3</sup>/y : cubic meter per year

(電気)

W : watt(s)  
kW : kilowatt(s)  
MW : megawatt(s)  
kWh : kilowatt-hour  
MWh : megawatt-hour  
GWh : gigawatt-hour  
V : volt(s)  
kV : kilovolt(s)  
A : Ampere

(注: 上記にならない、組み合わせた単位を用いることがある)

4. 通貨単位

¥ : Japanese Yen  
US\$ : United States Dollar  
Riel : Cambodian Riels

5. カンボディア語

Boeng : Lake  
Prek : River/Stream  
Stoeng : River (medium)  
Tonle : River (large)

## 要 約

カンボディア国の首都プノンペン市は、メコン川とサップ川の合流点西岸に位置し、メコン川の氾濫原に発達した都市であるため洪水被害を受けやすく、また、排水が困難かつ内水が湛水しやすい地形であるため、雨期の集中豪雨により市内各所で湛水被害が頻発している。

プノンペン市の治水・排水施設は、フランス植民地時代から 1960 年代にかけて随時整備・維持されてきたが、1970 年代～1991 年の内戦による混乱期に維持管理が殆どなされず放置されたため、機能が著しく低下している。その結果、プノンペン市は恒常的に洪水・内水被害を受けているほか、生活排水が低地部に滞留し衛生状態の悪化を招くなど、市民の生活環境及び経済活動に影響が生じており、緊急な治水・排水対策の実施が求められている。

治水施設として、Kop Srov 堤防及び Tompun 堤防は、プノンペン市外郭輪中堤の北と南の一部を各々構成している。両堤防とも、十分な維持管理が実施されておらず、堤体の状態は悪い。2000 年 9 月～10 月に、メコン川及び周辺河川の水位が最近 30 年間における最高水位となった際、いずれの堤防においても河川水位が堤防天端付近まで上昇し、越水氾濫の危険性が生じた。これらのことにより、両堤防の高さが現状では不十分であり、現状において治水施設として十分な安全性を有しているとは言えず、補強工事を施す必要がある事が改めて確認された。カンボディア国政府は、アジア開発銀行(ADB)の融資を導入し、Kop Srov 堤防の嵩上げ工事を実施している。

一方、市内排水施設として、プノンペン市内には 11 箇所の排水機場があるが、老朽化と維持管理不足のため、機能は著しく低下している。また、市内の排水路は水路内にゴミやヘドロが堆積して疎通能力が著しく低下している。このため、雨期に頻発する集中豪雨による内水被害は絶えない。

こうしたプノンペン市民の困窮に直面し、カンボディア国政府及びプノンペン市は、プノンペン市の民生を安定させ、プノンペン市の水環境を改善し、プノンペン市ひいてはカンボディア国の発展に寄与すべく対策を講じている。

このような中、カンボディア国政府は、既存のプノンペン市街地及び周辺地域を含む広域的かつ総合的な都市排水、洪水対策マスタープラン策定が必要不可欠であるとの考えから、日本国政府に対して技術協力を要請した。日本国政府はこれに答え、国際協力事業団（以下、JICA と記す）を通じて「プノンペン市都市排水・洪水対策計画調査（1998年3月～1999年8月）」調査団を派遣した。JICA 調査団はプノンペン市及びその周辺地域における総合的な都市排水・洪水対策にかかわるマスタープラン策定、優先プロジェクトに対するフィージビリティ調査を行い、さらに緊急に実施が必要とされる緊急プロジェクトを抽出した。

カンボディア国政府は、上記緊急プロジェクトの早期実施が必要であると認識し、日本国政府に対し、同プロジェクトに対する無償資金協力を 1999 年に要請した。日本国政府は、この要請を受けて緊急プロジェクトの基本設計調査を実施する事を決定した。

日本国政府の決定を受け、JICA は基本設計調査団を 2001 年 3 月 28 日から 5 月 1 日までカンボディア国に派遣し、現地調査を行うと共に本プロジェクトの実施機関であるプノンペン市と協力内容について協議した。その後、「基本設計概要書」の説明のため調査団を再度 2001 年 7 月 22 日から 8 月 1 日までカンボディア国に派遣した。

この緊急プロジェクトは、プノンペン市に対してメコン川及び周辺河川による洪水に対する高い安全性をもたらす洪水被害を最小限に抑ええること、並びにプノンペン市内の湛水を最小限にし内水被害を軽減することを目標としている。本プロジェクトは、目標達成のためにメコン川及びサップ川の既往最大洪水（約 30 年確率）に対して充分安全となるよう外郭輪中堤防を補強するとともに、プノンペン市南部の対象地域に降る 5 年確率の降雨を 24 時間で堤防外に排水できるよう排水路及び排水機場を改修、整備するものである。

プノンペン市との協議の結果、基本設計対象施設は以下の(1)～(7)の通りとなった。

- (1) Svay Pak 排水樋管改修（木製ゲート 3 門を鋼製ゲートに交換する。）

プノンペン市北部の内水をトンレサップ川に排水する樋管であるが、トンレサップ川の外

水の堤内への逆流を止める現在のゲートが木製で老朽化による破損が著しい。このため、木製ゲートを鋼製ゲートに交換し、洪水時に外水が堤内に逆流する事を防止する。

(2) Tompun 輪中堤補強 (延長 4.34km の Tompun 堤防天端を嵩上げし、舗装する。)

プノンペン市南側からの外水浸入を防ぐ Tompun 輪中堤は、その一部の天端高が計画天端高より低くなっている。また、堤防天端は一般道路として共用されているが、路面が舗装されておらず一般車両の通行に障害となっているばかりでなく、洪水時の水防活動や堤防の維持・管理にも支障を来している。このため、Tompun 輪中堤の高さが不足している部分を嵩上げし、天端道路の舗装をおこない一般車両の通行を容易にするとともに、洪水時の水防活動や堤防維持・管理が円滑に行えるようにする。

(3) Meanchey 幹線排水路下流改修 (Meanchey 下流部[延長 2.635km]及び Tompun 流入水路[延長 1.020km]を改修する。橋梁3橋改修を含む。)

プノンペン市南部の 17.47km<sup>2</sup> を流域とする Meanchey 幹線排水路及び Tompun 流入水路は、雨期には内水、乾期には家庭雑廃水を既設 Tompun 排水機場を通して Tompun 輪中堤の外側に排出する。Meanchey 幹線排水路下流部改修の設計流量は 5 年確率降雨の計画規模である 40m<sup>3</sup>/s、その下流の Tompun 流入水路改修の設計流量は 15m<sup>3</sup>/s とする。Meanchey 幹線排水路下流部の改修断面は、将来 Meanchey 幹線排水路の上流が改修されて Meanchey 幹線排水路下流部の設計流量が 5 年確率降雨で 75m<sup>3</sup>/s となった場合に下流部の再改修が容易に出来るよう考慮した断面形状とした。計画断面は、将来再改修時の 2重投資を避ける為、合流点、橋梁部を除き護岸を設けない土水路とした。

Meanchey 幹線排水路下流部には現在橋梁が4橋架かっているが下流の 3 橋は水路の改修に伴って改修する。

(4) Salang 幹線排水路下流改修 (延長 0.887km の下流部を改修する。)

Salang 排水路は Meanchey 排水路の左支川であり、流域面積は 2.75km<sup>2</sup> である。Salang

幹線排水路下流改修の設計流量は、5年確率降雨の計画規模である  $21\text{m}^3/\text{s}$  とする。改修断面は合流点、橋梁部を除き土水路とした。

改修区間上流端には排水路を横断する橋梁がある。この橋梁はスパン 6.2m、幅員 5.3m であるが、排水路改修に伴ってボックスカルバートタイプの橋梁に改修する。

- (5) 新 Tompun 排水機場新設 (Meanchey 排水路末端に排水容量  $15\text{m}^3/\text{s}$  の排水機場を新設する。)

Tompun 流入水路下流端には既設の Tompun 排水機場があるが、老朽化が著しく実際の排水能力は公称能力  $6\text{m}^3/\text{s}$  に大きく及ばないと見られる。従って、集中豪雨の度に Tompun 流入水路及びその上流の Meanchey 排水路から流入する内水が排水路沿いに溢水して湛水し流域に被害をもたらしている。このため、現排水機場の隣接個所に排水機場を新設し Tompun 輪中堤の外へ内水を排水する計画とする。排水機場の容量を小さくして工事費を軽減するため、排水機場手前の湿地帯を調整池として利用する。

- (6) Tum Nup Toek 排水樋管新設 (Meanchey 排水路の内水を排除するために排水量  $7\text{m}^3/\text{s}$  の樋管を新設する。)

現在、当該地点には Meanchey 排水路下流左岸側の内水を排水するための排水機場が設置されているが老朽化のため機能しておらず、集中豪雨のたびに内水が氾濫している。このため、Tum Nup Toek 排水樋管を新設する。地形上重力排水が可能であるので排水機は設けず、樋管により内水を排水する。樋管上部の道路は拡幅計画があるので拡幅計画に考慮した構造とする。

- (7) Salang 排水樋管改修 (既存樋管を排水量  $21\text{m}^3/\text{s}$  の樋管に改修する。)

Salang 排水路は内側輪中堤を横断して Meanchey 排水路に合流しており、横断個所では現在 2本のヒューム管を埋設して雨水を排水している。しかし、これらのヒューム管は殆ど土砂に埋没しているため機能しておらず、また通水断面積が計画流量に比べて不足している。

このため、ヒューム管を設計流量に合致した規模のボックスカルバートに改修する。

カンボディア国の協力要請には、この他に Kop Srov 輪中堤補強(延長 6.75km)と接続道路舗装(延長 9.35km)が含まれていたが、前者はアジア開発銀行(ADB)の融資で 2001 年 2 月から既に補強工事が開始されていたため、本プロジェクトの対象施設から除いた。また、Kop Srov 輪中堤補強が対象施設から除外されたため、これに接続する道路の舗装工事は、本プロジェクトが治水・排水プロジェクトであることを考慮すると、本プロジェクトに含める意味合いが薄く、これも本プロジェクトに含めないこととなった。

### **事業実施計画**

本プロジェクトは以下の工程で実施される予定である。ただし、実施設計期間には、入札図書作成及び入札評価等の期間が含まれる。

- (1) 実施設計 2002 年 2 月～2002 年 8 月(6.5 ヶ月)
- (2) 建設工事 2002 年 9 月～2004 年 2 月(18 ヶ月)

### **概算事業費**

本プロジェクトの実施に必要な事業費は下表に示すとおり、全体で 22.11 億円(日本国側負担 21.33 億円、カンボディア国側負担 7,846 万円(約 64 万米ドル))である。(積算基準月:平成 13 年 10 月)

#### **概算事業費**

項目	事業費
日本国側負担額	21.33 億円
カンボディア国負担額	0.78 億円
合計	22.11 億円

### **裨益効果**

本プロジェクト実施による治水面効果として、プノンペン市南側の Tompun 輪中堤の補強により、約 30 年確率の洪水に対する堤防の安全性が確保される。これにより、同堤防が破堤した時に氾

濫が生じる地域にある住宅約 5,200 戸、工場、商店、事務所約 400 棟が浸水被害を免れる。

また、排水施設改善の効果として、流域面積 787ha の排水路下流部流域が 5 年確率以下の降雨量に対して内水被害から解放される。これにより、Meanchey、Salang 排水路流域内の住宅約 34,000 戸、工場、商店、事務所約 1,200 棟が 5 年確率規模以下の降雨による被害を完全に免れ、それ以上の降雨についても被害額が格段に小さくなる。

### **維持・管理**

本プロジェクトのカンボディア国側実施責任機関はプノンペン市公共事業運輸局(DPWT)である。DPWT は治水・排水施設の維持・管理に対し、基本的な技術と十分な職員数を有している。また、プロジェクト実施後の維持・管理予算の確保に対し 2 つの財源が考えられる。その第 1 は上水道料金の 10%の一部が下水、排水施設の維持管理費に充てられていること、第 2 は今年から不動産税、自動車税、バイク税がプノンペン市に移管され市の財源となり、その一部を下水、排水施設の維持管理費に充てることが出来ることである。調査団が見積もった年間の運転・維持・管理費用は約 50 万米ドルであるが、この金額はこれらの財源で十分賄えるものと判断できる。

### **課題**

プロジェクトを効率的に実施するためには、事業用地内に合法及び非合法的に居住する家屋の移転を工事開始までに完了させることが最も重要である。そのためには移転先の用地確保、移住地のインフラ整備が緊急に望まれる。これらの作業は、本プロジェクト担当機関であるプノンペン市により、既に移転家屋の特定、移転交渉などが開始されている。現在、移転作業は予定より遅れているが、今後作業の進捗を図り工事開始までに移転を完了させることが必要である。

基本設計調査の結果、本プロジェクトは、多大な効果が期待されると同時に、広く住民の生活環境向上に寄与するものであることから、協力対象事業の一部に対して、我が国の無償資金協力を実施する事の妥当性が確認される。さらに、本プロジェクトの運営・維持管理についても、相手国側体制は人員数・経験・技術ともに十分であると考えられ、そのための予算財源もあり、今後本プロジェクトはより円滑にかつ効果的に実施し得るものと考えられる。

# プンペン市洪水防御・排水改善計画 基本設計報告書

## 目次

序文

伝達状

位置図／新 Tompun 排水機場完成予想図／現地写真集

図表リスト／略語集

要約

(目次)

<b>第1章</b>	<b>プロジェクトの背景・経緯</b> .....	1-1
1.1	当該セクターの現状と課題.....	1-1
1.1.1	現状と課題 .....	1-1
1.1.2	開発計画.....	1-3
1.1.3	社会経済状況 .....	1-7
1.2	無償資金協力要請の背景・経緯及び概要.....	1-10
1.2.1	協力要請の背景・経緯.....	1-10
1.2.2	協力要請の概要 .....	1-10
1.3	我が国の援助動向 .....	1-11
1.4	他ドナーの援助動向.....	1-11
1.4.1	アジア開発銀行 (ADB) .....	1-11
1.4.2	ヨーロッパ連合 (EU) .....	1-11
1.4.3	世界銀行 (WB) .....	1-12
<b>第2章</b>	<b>プロジェクトを取り巻く状況</b> .....	2-1
2.1	プロジェクトの実施体制 .....	2-1
2.1.1	組織・人員 .....	2-1
2.1.2	財政・予算 .....	2-5



2.1.3	技術水準.....	2-6
2.1.4	既存の施設・機材 .....	2-6
2.2	プロジェクト・サイト及び周辺の状況.....	2-9
2.2.1	関連インフラ整備状況.....	2-9
2.2.2	自然条件.....	2-9
2.2.3	その他 .....	2-12
<b>第3章</b>	<b>プロジェクトの内容</b> .....	<b>3-1</b>
3.1	プロジェクトの概要.....	3-1
3.1.1	プロジェクトの目的.....	3-1
3.1.2	基本設計対象施設.....	3-1
3.2	協力対象事業の基本設計 .....	3-2
3.2.1	設計方針.....	3-2
3.2.2	基本計画.....	3-4
	(1) Sway Pak 排水樋管ゲート改修.....	3-4
	(2) Tompun 輪中堤補強 .....	3-5
	(3) Meanchey 幹線排水路下流改修.....	3-9
	(4) Tompun 流入水路改修 .....	3-22
	(5) Salang 幹線排水路下流改修.....	3-22
	(6) 新 Tompun 排水機場新設 .....	3-26
	(7) Tum Nup Toek 排水樋管新設.....	3-34
	(8) Salang 排水樋管改修 .....	3-36
3.2.3	基本設計図 .....	3-37
3.2.4	施工計画.....	3-90
	(1) 施工方針 .....	3-90
	(2) 施工上／調達上の留意事項 .....	3-90

	(3) 施工区分 .....	3-94
	(4) 施工監理計画 .....	3-95
	(5) 品質管理計画 .....	3-97
	(6) 資機材等調達計画 .....	3-98
	(7) 実施工程 .....	3-99
3.3	相手国分担事業の概要 .....	3-101
	3.3.1 住民移転 .....	3-101
	3.3.2 用地買収 .....	3-101
3.4	プロジェクトの運営・維持管理計画 .....	3-102
3.5	プロジェクト概算事業費 .....	3-103
	3.5.1 協力対象事業の概算事業費 .....	3-103
	3.5.2 運営・維持管理費 .....	3-104
3.6	協力対象事業実施に当たっての留意事項 .....	3-108
<b>第4章</b>	<b>プロジェクトの妥当性検討 .....</b>	<b>4-1</b>
4.1	プロジェクトの効果 .....	4-1
	4.1.1 直接効果 .....	4-1
	4.1.2 間接効果 .....	4-2
4.2	課題・提言 .....	4-3
	4.2.1 工事着工前 .....	4-3
	4.2.2 工事中 .....	4-3
	4.2.3 工事完了後 .....	4-4
4.3	プロジェクトの妥当性 .....	4-4
4.4	結論 .....	4-5

## [資料]

1. 調査団員氏名
2. 調査行程
3. 相手国関係者リスト
4. 当該国の社会経済状況
5. 討議議事録 (Minutes of Discussion)
6. 事業事前評価表
7. 入手資料リスト

# 第1章 プロジェクトの背景・経緯

## 1.1 当該セクターの現状と課題

### 1.1.1 現状と課題

カンボディア国の首都プノンペン市は、メコン川とサップ川の合流点西岸に位置し、同国の政治・経済・交通・文化の中心都市である。プノンペン市の人口は約 100 万人、人口密度は約 3500 人/km<sup>2</sup> であり、カンボディア国全人口の 9% 近くがプノンペン市に集中している。

プノンペン市は、元来メコン川の氾濫原に発達した都市であるため洪水被害を受けやすく、また、周囲を輪中堤により囲まれており、排水が困難かつ内水が湛水しやすい地形であるため、雨期の集中豪雨により市内各所で湛水被害が頻発している。

プノンペン市の外郭道路兼用輪中堤は河川及び周辺の湖沼からの洪水を防ぐ目的で、また、都市排水施設は雨水・生活排水を排除する目的で、フランス植民地時代から 1960 年代にかけて随時整備・維持されてきた。しかし 1970 年以降、1991 年のパリ和平協定までの 20 年間に及ぶ内戦による混乱期には、これらの治水・排水施設は維持管理が殆どなされず放置されたため、それら施設の機能は著しく低下している。

その結果、プノンペン市は恒常的に深刻な洪水・内水被害を受けているほか、生活排水が低地部に滞留し衛生状態の悪化を招くなど、市民の生活環境及び経済活動に深刻な影響がでている。一方、国内の治安回復に伴いプノンペン市の人口が急速に増加しており、このことは治水・排水施設の機能低下とあわせて今後の洪水・内水被害を増加させるものと推測される。

このような状況を背景とし、カンボディア国政府は ADB、EU 等の協力によりプノンペン市の都市排水にかかる種々の対策を講じてきた。しかし、実際に対策が実施されているのは、まだ市内の一部地域に限られており、緊急な治水・排水対策のさらなる実施が求められている。

以下、プノンペン市における治水・都市排水の現状と課題について、治水及び排水各々の側面から述べる。

#### (1) 治水

Kop Srov 堤防及び Tompun 堤防は、プノンペン市外郭輪中堤の北と南の一部を各々構成している。

Kop Srov 堤防は、プノンペン市北側の外郭堤防として機能しており、堤頂幅が 10m ~ 12m、堤頂標高が EL. 14.4m ~ EL. 10.2m である。堤防に対する定期的な維持管理は実施されておらず、堤体の維持管理状況は非常に悪く、雨水・浸透水による侵食が随所に見られる。2000 年 9 月 ~ 10 月に、メコン川及び周辺河川の水位が最近 30 年間における最高水位となり、プノンペン

市北側の Kop Srov 堤防付近における河川水位は堤防天端付近まで上昇した。仮にメコン川の水が Kop Srov 堤防を越水した場合、プノンペン市は甚大な被害を受けることとなるため、カンボディア国政府及びプノンペン市は、この河川水位の上昇に対し必死の水防活動を行い、かろうじて Kop Srov 堤防の越水氾濫による被害を免れることが出来た。しかし、これらのことにより、Kop Srov 堤防の高さが現状では不十分であることが改めて確認された。同国政府は 2001 年の雨期入り前までに緊急に Kop Srov 堤防の嵩上げ工事を実施すべくアジア開発銀行 (ADB) の融資を導入し、2001 年 2 月に嵩上げ工事を開始した。同工事は 2001 年 10 月現在も実施中である。

Tompun 堤防は、プノンペン市南側の輪中堤として機能しており、プノンペン市南側から市内への外水浸入を阻止している。Tompun 堤防は、堤頂幅が 15m~20m、堤頂標高が EL.9.5m~EL.9.7m である。堤頂道路の路面状態は非常に悪く、一部にわずかな堤体の侵食が見られる。2000 年の 10 月に、Tompun 堤防における外水位が EL.9.29m まで上昇し、堤防天端までの余裕高 20cm~40cm となり、越水氾濫は免れたものの、堤体構造に危険を及ぼす可能性も否めない状態であった。

Kop Srov 堤防及び Tompun 堤防は、現状において治水施設として十分な安全性を有しているとは言えず、補強工事を施す必要がある。また、これらの施設は、カンボディアの首都としてのプノンペン市をメコン川や他河川の氾濫から守る重要な治水施設であることから、今後も維持・補強が肝要である。

## (2) 市内排水

プノンペン市内は大部分が標高 EL.7m~EL.10m の間にある。市内の地盤が低い地域では、雨期にメコン川や周辺河川の水位が上昇すると排水路による自然排水が出来なくなり、ポンプによる排水が必要となる。市内には 11 箇所の排水機場があり、市街地の雨水・汚水外郭輪中堤の外へ排水している。しかしながら、これらの排水機場はいずれも老朽化して著しく機能が低下しており、市内の排水路は水路内にゴミやヘドロが堆積し疎通能力が著しく低下している。このため、プノンペン市内では雨期に頻発する集中豪雨により道路が冠水するなどの内水被害が絶えない現状である。

これらのことから、プノンペン市では排水路・排水機場及びその他の排水施設の早期かつ大幅な改修が求められている。

現在、本プロジェクト対象地域の東側に位置する Boeng Trabek 排水域では、ADB の融資により排水路・排水機場の改修・増設工事が実施されている。

## 1.1.2 開発計画

カンボディア国では2001年3月31日「第2次5ヵ年社会経済開発計画」(2001年～2005年を対象)が上程された。この中で3つの国家目標を掲げており、その第1の国家目標としては社会の安定、安全性の維持、第3の国家目標としては持続可能な経済発展を目指すこととしている。

本プロジェクトは、これらの国家目標に沿い、プノンペン市の民生の安定と首都機能の維持を図るための対策の一環として、洪水・内水被害に対する安全性を確保し、プノンペン市ひいてはカンボディア国の経済発展阻害要因を取り除くことに寄与するものである。

### (1) カンボディア国社会経済開発計画

カンボディア国は、1975年にKhmer Rougeによるプノンペン市占拠、1978年からはヴィエトナム軍支援による国軍とKhmer Rougeの戦いが続き、1991年のパリ和平協定により漸く戦火が消えた。1993年に国際連合支援のもと、総選挙が実施され連立政権が誕生し、新政府は1996年～2000年を対象とした第1次5ヵ年社会経済開発計画を策定した。

第1次5ヵ年社会経済開発計画の策定後、現時点での経済計画の達成率は芳しいものではない。主たる原因は1997～1998年のアジア経済危機と農業不振によるものと思われる。ただし、衣料品製造部門のみ1998年に年率12.5%の成長を達成している。

さらに、2001年3月31日付けで、第2次5ヵ年計画(第2案)が上程されている。この中では、下記に示す～のような「Triangle Strategy」と称された3つの国家目標が掲げられている。

平和の構築、社会安定の回復、安全性の維持

国際連合、ASEAN、WTOへの加盟

経済発展目標を6～7%/年とする。

これらの目標は国家の発展と貧困削減を目的とするものであり、政府はこれらの目標の達成を確固たるものとすべく政治の安定を図ろうとしている。さらに、これらの目標の達成は商業部門の信頼を改善することにもつながるものである。

カンボディア政府は、上記目標に加え、長期目標として社会経済発展による貧困削減を掲げている。この目標達成のためには、まず農業開発が重要とされ、小規模灌漑施設の開発、米の増産、栽培システムの改善、畜産振興と改善、養殖漁業振興が計画されている。

貧困削減に関しては、「貧困削減戦略：2000年10月27日」の中においても次のように計画されている。

- 民生活を主体とした、幅広い分野で持続可能な経済発展を遂げる。
- 教育、健康、水と衛生、電力、市場、情報、技術に対する利用を機会均等にして、社

会文化の発展を図る。

- 天然資源に対する持続的管理と利用を図る。

## (2) 開発プロジェクト

プノンペン市における治水、排水分野に関連する開発計画は JICA、EU、アジア開発銀行、世界銀行などの援助の基に行われてきた。

### (a) 排水網の診断(Diagnostic du Reseau D' Assainissement) (EU 支援)

1994 年から 1995 年にパリ市の支援によりプノンペン市排水施設調査が実施された。本調査において、プノンペン市内の直径 80cm 以上の排水管リストが作成され、排水施設の診断と緊急改良プロジェクトの特定がなされた。

### (b) EU によるプノンペン市復興のための制度的支援 (EU 支援)

パリ市はプノンペン市復興のため 1995 年から 1997 年までの間プノンペン市の Bureau of Urban Affairs (以下 BAU と記す) に対し地域計画、都市計画を行う上での技術、制度的支援を行った。このパリ市の支援により、BAU は数多くの排水施設、主要街路の復興を実施した。BAU は更に技術面、社会経済面の調査、プノンペン市の航空測量を実施した。また、BAU は Boeng Salang 地域再開発計画も立案した。

### (c) プノンペン市骨格開発計画 (EU 支援)

BAU は上記「(b)EU によるプノンペン市復興のための制度的支援」の延長として EU の支援により 1997 年に本計画を実施した。本計画の目的はプノンペン市の将来に関する全ての問題の検討である。具体的には、周辺環境に対する影響に配慮した上で、投資家が新規に開発した土地を利用出来るような都市及び地域開発計画の立案、輸送手段等基本的な都市施設の適切な規模・費用による整備計画の立案を行った。

### (d) Boeng Salang 地域再開発計画 (EU 支援)

CNATUC(National Committee for Country Planning、Urbanization and Construction) と BAU は、1996 年に EU と APUR(Town Planning Agency for Paris)の技術援助を基に、Boeng Salang 地域再開発計画プレフィージリビリティ調査を実施した。Boeng Salang 地域は人口 125,000 人の Tuol Kork 区の一部であり、本プロジェクトの対象排水路である Salang 排水路の最上流部に位置する。Boeng Salang 池の流域面積は 5.60km<sup>2</sup>、池の容量は 142,000m<sup>3</sup> である。本調査の目的は Boeng Salang 池を雨水調整池として再開発し、地域住民の生活条件を改善することである。

### (e) カンボディア都市開発戦略的調査 (ADB 支援)

本調査は ADB の支援により行われ、1996 年にカウンターパート機関である CNATUC に提出された。調査対象地域はカンボディア全土である。調査の目的は都市問題の現状を調査・解析・評価し、各都市の都市開発の必要性について検討した上で、2015 年を目標年とする都市総合開発戦略を樹立することである。さらに、都市総合開発戦略の一部として、投資・行動計画の策定、開発プロジェクトの特定が実施された。総計で 6 つの中核戦略が立てられ、中核戦略は前期(1996 年～1998 年)、中期(1999 年～2005 年)、後期(2006 年～2015 年)の 3 期に分けられ、各期において各々 7 戦略が策定された。

(f) 都市用水供給、汚水処理プロジェクト (ADB 支援)

1995 年～1996 年に ADB の支援で本プロジェクトが実施された。調査の目的は以下の通りである。

- プノンペン市、シアヌークビル市における総合的な都市用水供給、排水・下水施設改善計画調査の実施
- 本分野における制度改善の必要性レビュー
- 都市用水供給、汚水処理プロジェクトに対する支援国間の協力改善への提言
- プノンペン市、シアヌークビル市における低所得層に対する都市用水、汚水処理改善プロジェクトの予備設計段階での実施(但し、プノンペン市における調査対象地域は、市の中核地域である約 28km<sup>2</sup>)

(g) カンボディア都市環境プロジェクト (ADB 支援)

1997 年に ADB の融資によりカンボディア都市環境プロジェクトのフィージビリティ調査と予備設計が実施された。本プロジェクトを構成する 8 分野のうち、洪水防御分野は以下の 4 つのコンポーネントより構成されている。

プノンペン市南西輪中堤の補強と延長

北西輪中堤の補強

バサック川堤防の補強

トンレサップ川堤防保護

また、排水分野は以下の 3 つのコンポーネントより構成されている。

ポチェントン空港東側排水区改善

Boeng Payap 排水区改善

Boeng Salang 排水区改善

洪水防御、排水の両分野ともマスタープランは 2001 年 10 月現在作成されておらず、また



優先順位もつけられていない。

(h) プノンペン市都市用水供給、排水プロジェクト(Part B) (ADB 支援)

本プロジェクトは、「(f) 都市用水供給、汚水処理プロジェクト」で特定されたプロジェクトの詳細設計と工事実施を行うものである。本プロジェクトは 1998 年から 4.5 年の期間で実施されており、以下の項目が含まれる。

- Boeng Trabek、Toul Sen 排水路及び 2 次排水路の改修
- Old Boeng Trabek 排水路及び 2 次排水路のコンクリートライニング施工
- Toul Sen 排水路及び 2 次排水路のコンクリートライニング施工
- 既設 Boeng Trabek 排水機場を排水容量 8m<sup>3</sup>/s として改修

(i) 都市排水部局組織体制構築 (NORAD 及び ADB 支援)

都市排水部局組織体制構築は、「(h) プノンペン市都市用水供給、排水プロジェクト(Part B)」の一部であり、Norwegian Agency for Development Cooperation (NORAD) と ADB の共同融資で 1997 年から 2000 年に実施された。本プロジェクトにおいて、プノンペン市公共事業運輸局 (DPWT) 職員の都市排水施設運営能力の改善と技術向上が図られた。また、本プロジェクトにおいて、「Neighborhood Improvement Program」と称される、地域社会に根ざしたゴミ収集システムの構築、並びに住民が地域社会の汚水処理や排水施設の維持管理に参加できる組織の構築が立案された。

(j) 都市基盤整備とその管理プロジェクト(世界銀行支援)

本プロジェクトは世界銀行の融資により 1996 年に実施された。本プロジェクトの一部として、都市基盤整備の排水分野について既存調査結果のレビューが行われ、全体費用 325 万ドルで以下の作業が実施された。

- 既設排水路清掃
- 排水管検査
- 排水管、マンホール改修
- 下水溝、マンホール蓋改修
- 排水路緊急改修(Boeng Trabek 排水路)
- 浚渫(Boeng Trabek、Salang、Tompun 排水路)
- 既設排水機場補修

また、今後の短期的排水計画として下記項目の実施が提案されている。

- 埋設排水管網整備/改修
- 主排水路緊急改修
- 道路排水改修計画実施
- 緊急浚渫工事

(k) プノンペン市都市排水・洪水対策計画調査（JICA 支援）

本プロジェクトは、日本政府の支援により、1998年2月から1999年8月までの期間にプノンペン市及びその近郊を対象に、総合的都市排水・洪水対策に係わる2010年を目標年次としたマスタープラン策定と優先プロジェクトに対するフィージビリティ調査を行うことを目的に実施された。

上記マスタープランでは、調査地域において8つのコンポーネントから構成される、事業費総額US\$261,600,000の事業を2010年までに完成させることを提案している。また、フィージビリティ調査（F/S）は、マスタープランにおいて最優先プロジェクトであると位置付けられた、以下の2コンポーネントについて実施された。

- プロジェクト A : KopSrov 及び Tompun 輪中堤補強計画
- プロジェクト B : Tompun 流域排水改善計画

これら2コンポーネントの合計事業費はUS\$71,600,000であり、経済的内部収益率（EIRR）は16.7%であった。

### 1.1.3 社会経済状況

カンボディア国の人口は約1,150万人で、ラオスの約2倍、ヴェトナム約15%、タイの約19%である。国民一人当たりGNPはUS\$270（世銀、1997年）である。（ラオスはUS\$273（2000年）、ヴェトナムはUS\$372（IMF、1999年））

カンボディア国は1989年の経済改革以降1995年まではGDP成長率が年率7%前後とほぼ順調な経済成長を続けてきたが、1997年8月の政治衝突の影響でGDP成長率が2%まで落ち込んだ。さらに、アジア経済危機の影響で外国援助や投資、観光収入等が減少したため経済が悪化し、GDP成長率は1996年の3.5%から1998年には1.5%に低下した。カンボディア政府は経済再建を最大課題として財政・森林管理、兵員削減、行政・社会セクター等の改革に真剣に取り組み、定期的に改革の進捗に関するドナー国とのモニタリング会合を開催している。その結果、1999年には政治的安定の回復とともに経済が好調に推移し、GDP成長率は6.7%を達成した。2000年においても、洪水による大きな被害を受けながらもGDP成長率は5.4%を達成した。

(1) 人口

1999年7月の人口統計によると、1998年のカンボディア国の人口は、表1.1.1のとおりである。

表1.1.1 カンボディア国の人口構成(1999年統計)

地域	人口(人)	男性(人)	女性(人)	家族数(人/世帯)
都市部	1,795,575	878,186	917,389	5.5
地方	9,642,081	4,633,222	5,008,859	5.1
合計	11,437,656	5,511,408	5,926,248	5.2

出典：1998年人口統計(1999年7月、計画省)

都市部に住む人は全人口の15.7%である。これを年齢構成で見ると、次のようになる。

- 若年層(0-14才): 42.8%
- 生産人口層(15-64歳): 53.7%
- 老年層(65歳以上): 3.5%

(2) 識字率

カンボディア国における15歳以上の識字率を表1.1.2に示す。

表1.1.2 カンボディア国の識字率

地域	両性合計(%)	男性(%)	女性(%)
都市部	79.1	88.2	70.8
地方	64.9	77.6	54.3
合計	67.3	79.5	57.0

出典：1998年人口統計(1999年7月、計画省)

(3) 産業別従事者率(カンボディア全国)

第1次産業：77.5%

第2次産業：4.3%

第3次産業：18.2%

(4) その他の社会指標

社会インフラ整備状況を世帯別の普及率で表1.1.3に示す。

表1.1.3 世帯別社会インフラ普及率

地域	給水施設(%)	電化率(%)	屋内トイレ(%)	炊事用燃料(%:薪、炭/全量)
都市部	60.3	53.6	49.0	-
地方	23.7	8.6	8.6	-
合計	29.0	15.1	14.5	薪：90.0、炭：5.3

(5) プノンペン市社会指標

プノンペン市における社会経済指標は、表 1.1.4 の通りである。

表 1.1.4 プノンペン市の社会経済特性

項 目	数 値
面積	290.06 km <sup>2</sup>
人口(1998年3月)	872,000(登録) 1,000,000(登録及び未登録)
男女構成比率	
男	47%
女	53%
人口密度	3,007 人/km <sup>2</sup> (登録分)
人口増加率(1986-1996)	3.2%/年
世帯当たり構成員数	5.7 人/世帯
20歳以下の人口比率	54%
移住人口比率	43% (総人口比)
失業率	6.5%
労働人口比率	
農業	13%
工業	14%
サービス	74%
平均世帯消費	781,000Riel (1993-1994)

注：表中の数字は、特に注釈がある場合を除き 1996 年センサスによる。

## 1.2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

### 1.2.1 協力要請の背景・経緯

プノンペン市の治水・排水施設は、1970年代から約20年間続いた内戦のため十分な維持・管理がなされていない。かかる状況のもと、内戦終結で予想されるプノンペン市の急激な拡大に対し、既存の市街地のみでなく周辺地域を含めた広域的かつ総合的な都市排水、洪水対策マスタープラン策定が必要不可欠であるとの考えから、同国政府はわが国に対して技術協力を要請し、それに答えて日本国政府はJICAを通じ1998年3月から1999年8月の期間に調査団を派遣した。

上記JICA調査団は、プノンペン市及びその周辺地域における総合的な都市排水・洪水対策にかかわるマスタープラン策定、優先プロジェクトに対するフィージビリティ調査を行い、さらに緊急に実施が必要とされるコンポーネント(開発調査における緊急プロジェクト)を抽出している。

カンボディア国政府は上記の緊急プロジェクトの早期実施が必要であると認識し、日本国政府に同プロジェクトに対する無償資金協力を1999年に要請した。この要請を受け、日本国政府は緊急プロジェクトの基本設計を実施する事を決定した。

### 1.2.2 協力要請の概要

カンボディア国政府は、下記の洪水対策・排水施設の設計・工事実施するための無償資金協力を日本国政府に要請した。要請されたプロジェクトは2つのメインコンポーネントから成っており、各コンポーネントは各々4項目のサブコンポーネントから構成されている。

#### (1) Kop Srov 及びTompun 輪中堤補強

(i) Kop Srov 輪中堤補強 (延長 7.65km)

(ii) 接続道路舗装 (延長 9.35km)

(iii) Tompun 輪中堤補強 (延長 4.44km)

(iv) Svay Pak 樋管改築

#### (2) Tompun 流域排水改善

(i) Tompun 排水機場新設 (計画排水容量 15 m<sup>3</sup>/s)

(ii) Meanchey 幹線排水路下流改修 (計画対象流量 75 m<sup>3</sup>/s)

(iii) Tum Nup Toek 排水樋管新設

(iv) Salang 幹線排水路下流改修 (計画対象流量 21 m<sup>3</sup>/s)

### 1.3 我が国の援助動向

我が国は、カンボディア国に対し 1998 年において総計 US\$ 81,400,000 の援助を行っており、カンボディア国に対する 2 国間援助国としては世界第 1 位であった。わが国からカンボディア国への 1992 年から 1999 年までの累計援助額は、無償資金協力 605 億円、技術協力 136 億円、有償資金協力 41 億円である。このうち、治水・排水関連の援助は前記の 1998 年～1999 年に JICA により実施された開発調査「プノンペン市都市排水・洪水対策計画調査」のみである。

### 1.4 他ドナーの援助動向

現在プノンペン市内において実施されている、同一分野の他ドナーによる援助は以下の通りである。

#### 1.4.1 アジア開発銀行 (ADB)

##### (1) Kop Srov 堤防補強工事

直接本案件に関係する ADB プロジェクトとしては、当初カンボディア側からの要請に含まれていた Kop Srov 堤防の補強工事がある。ADB の資金援助による堤防補強工事は水資源開発気象省が主管しており、同省の直営で 2001 年 2 月から工事が開始され、2001 年 6 月に土工事が完了予定であり、8 月には護岸工事が完了する予定であった。しかし、2001 年 10 月現在工事は若干遅れており、一部未完成である。なお、本工事は堤防盛土嵩上げとコンクリート及び捨石による護岸工事から成り、天端道路舗装は含まれていない。

##### (2) Boeng Trabek 排水路改修

Boeng Trabek 排水路流域は Meanchey 排水路東側に有り、同排水路はプノンペン市東部の大部分の内水をプノンペン市南に排水するもので、現在工事中である。工事内容は排水路改修 (全長約 3.3km) 及び排水機場改修 (排水容量 8.0m<sup>3</sup>/s) である。プノンペン市 DPWT が主管している。

#### 1.4.2 ヨーロッパ連合 (EU)

EU の支援により、プノンペン市再開発計画マスタープランが立案され、その中でサラン排水路上流域に当たる Boeng Salang 地域の具体的な再開発計画が策定されている。これに伴い、パリ市役所のエンジニアが 1 名プノンペン市 Bureau of Urban Affairs (BAU) に派遣されて再開発計

画の指導に当たっているが、再開発計画を実施する予算が付いておらず、実施のためのドナーを探しているという現状である。

#### 1.4.3 世界銀行（WB）

世界銀行は、「Low Cost Pilot Sewerage Project」と称する、低価格の汚水処理施設設置プロジェクトに融資しており、これをプノンペン市水道局が主管している。他分野のプロジェクトとして水道施設拡充にも融資している。

## 第2章 プロジェクトを取り巻く状況

### 2.1 プロジェクトの実施体制

#### 2.1.1 組織・人員

本プロジェクトの実施機関は、プノンペン市の公共事業運輸局（DPWT）であり、本プロジェクトにより建設される治水・排水施設の運転・維持・管理はDPWTが行う。プノンペン市及びDPWTの組織図は図2.1.1及び図2.1.2に示すとおりである。また、英語表記による、プノンペン市組織図を図2.1.3に、DPWT組織図を図2.1.4に示す。

DPWTは局長の下に4名の副局長を配し、それぞれの担当部門を統括管理している。本プロジェクトに直接関係するDPWTの部署は排水・下水課及び洪水対策課である。

排水・下水課は、市内のポンプ場や排水路等排水・下水施設の維持管理を担う重要な役割を負っている。現在、排水・下水課の職員数は98名であり、DPWT職員数の約2割を占めている。

一方、DPWTは本事業に備えて公共事業部の下に新たに洪水対策課を創設した。洪水対策課はKop Srov堤防やTompun堤防等の治水施設の維持管理を担当する。初年度の2001年は職員数15人でスタートし、そのうちの3人はエンジニアが配属されている。DPWTは同課の職員数が不十分であると考えており、今後必要に応じて徐々に増やしていく事を計画している。本プロジェクト建設完了時の2004年には、同課の職員数は30名程度に増員される予定である。堤防天端は通常道路として利用されているが、洪水時の水防活動目的だけでなく、住民の避難場所としての役割も果たしていることから、今後、洪水対策課は日常の堤防の管理方法について他の関連部門と協力して十分検討する必要がある。

DPWTに所属する職員の内訳は以下の表に示すとおりである。

表2.1.1 公共事業運輸局（DPWT）の職員内訳

No.	担当部局	要員数	技師数	契約労働者
1	統括部門（局長・副局長）	5	1	-
2	管理・人事部	22	-	-
3	公共事業部	42	19	-
4	財務・計画部	14	1	-
5	運輸部	57	-	38
6	公共事業地方事務所	23	-	-
7	駐車違反車収容課	21	1	-
8	街灯課	31	1	-
9	道路・橋梁課	77	7	136
10	公園管理課	94	3	426
11	排水・下水課	98	6	134
12	洪水対策課（新設）	15	3	-
合計		499	42	734

出典：DPWT(2001年3月31日現在)



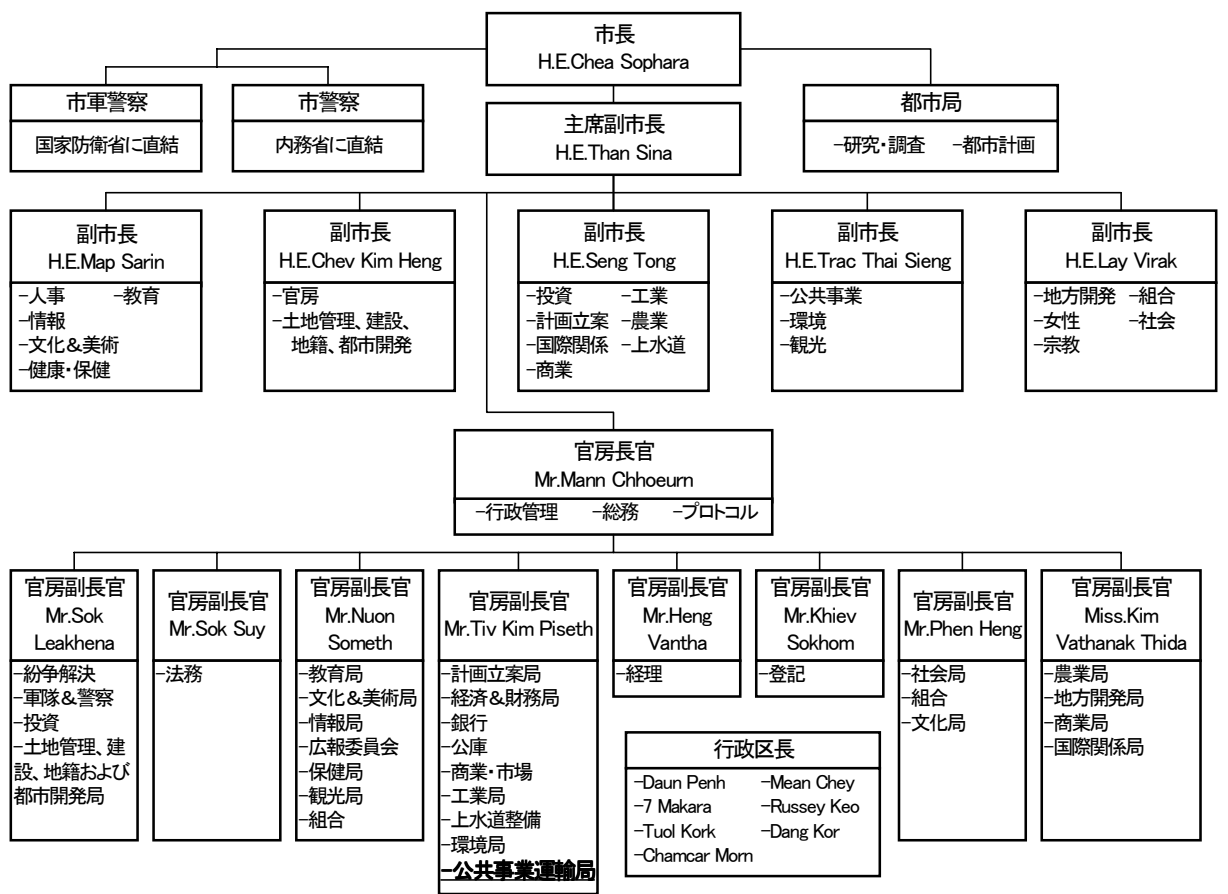


図 2.1.1 プノンペン市組織図

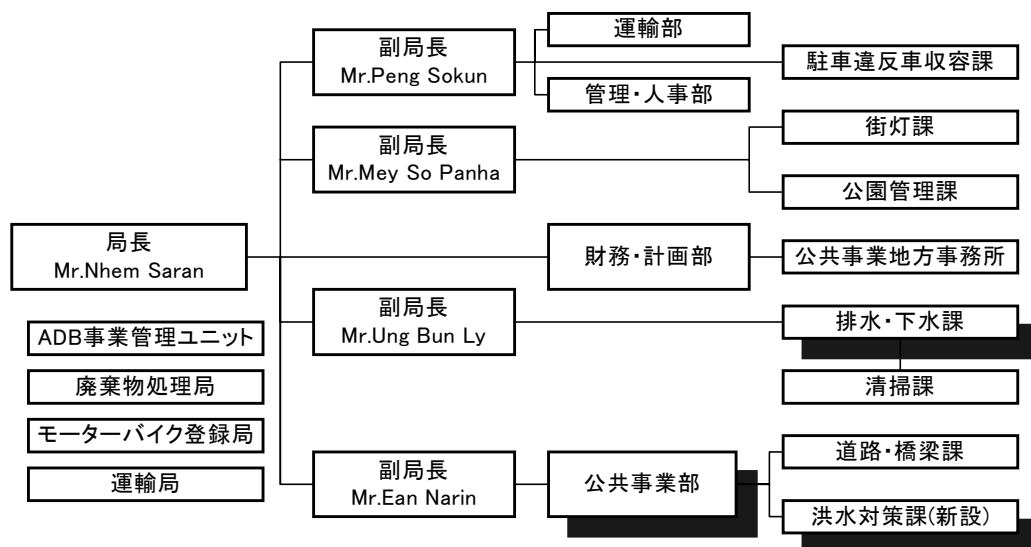


図 2.1.2 公共事業運輸局 (DPWT) 組織図

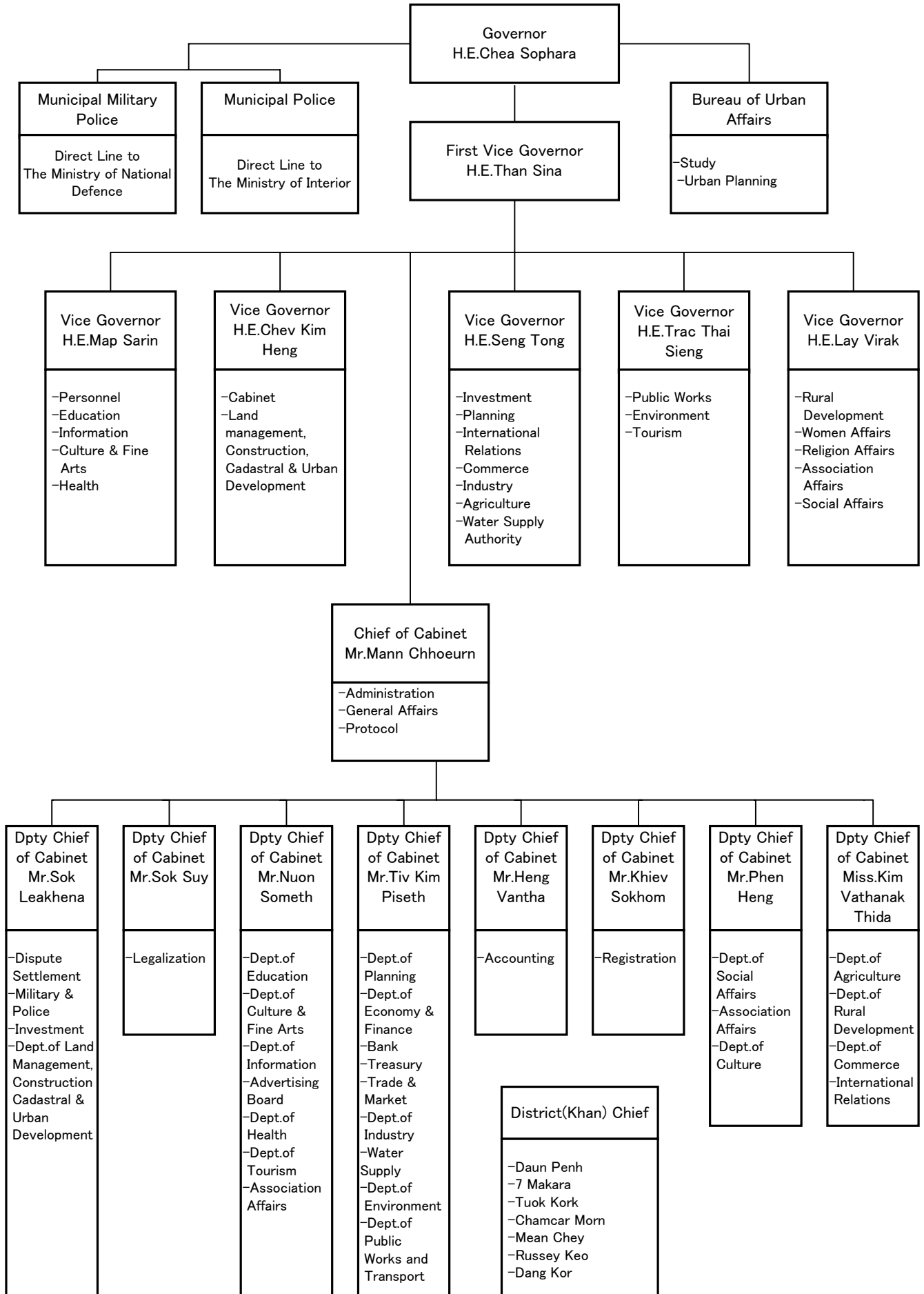


図 2.1.3 プノンペン市組織図

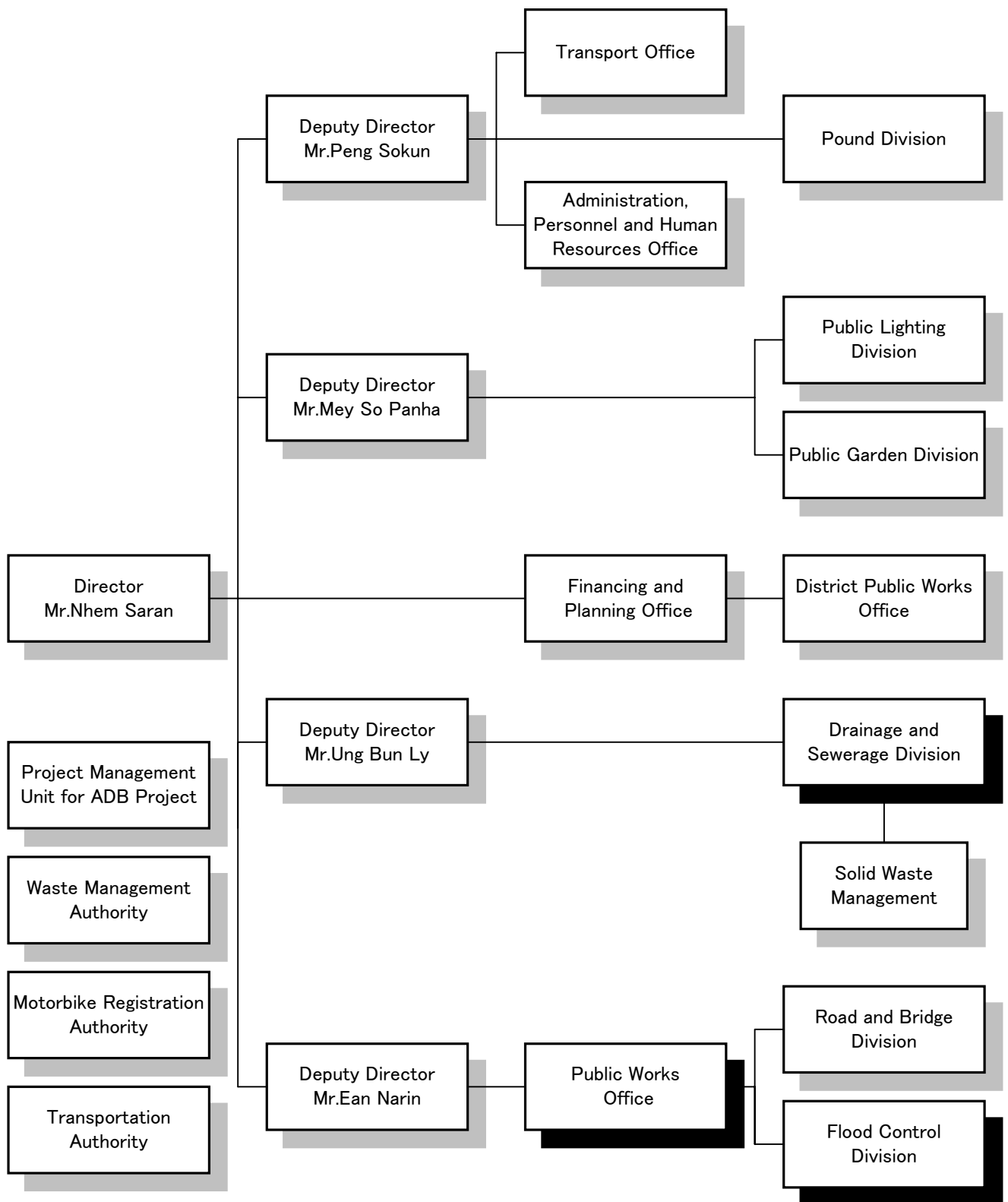


图 2.1.4 公共事業運輸局(DPWT)組織図

## 2.1.2 財政・予算

施設の運営・維持管理は市の公共事業運輸局（DPWT）が担当することになる。DPWT の予算は 1998 年から順調に右肩上がりを示しており、2000 年度の実績は約 22.8 億 Riel (約 US\$582,000) で市の予算の約 5.2%を占めている。2000 年度 DPWT の予算のうち、施設の運営管理及び修理等に投じた額は全体予算のおよそ 15%で 3.37 億 Riel (約 US\$86,000)である。プノンペン市及び DPWT の過去 5 年間の予算実績と 2001 年度の予算割当ては以下のとおりである。

表 2.1.2 プノンペン市の予算

(単位：百万 Riel)

項目	1996	1997	1998	1999	2000	2001
給料・補償	8,423	8,452	10,122	13,739	15,059	16,049
施設運営管理・修理費	2,338	2,081	4,096	10,328	19,159	21,863
社会文化支出	2,159	2,615	5,539	7,721	9,550	10,325
資本支出	7,280	6,022	-	55	-	-
合計	22,185	19,651	19,757	31,843	43,768	48,237
ドル換算金額(千 US\$)	8,391	5,731	5,413	8,336	11,165	-
為替レート(Riel/1US\$)	2,644	3,429	3,650	3,820	3,920	-

出典：プノンペン市役所・DPWT

表 2.1.3 DPWT の予算

(単位：百万 Riel)

項目	1996	1997	1998	1999	2000	2001
給料・補償	673.00	750.00	732.00	837.00	773.13	771.00
施設運営管理・修理費	115.00	85.00	19.00	120.00	337.23	389.00
社会文化支出	7.50	20.00	0	32.00	32.60	110.00
資本支出	249.31	668.80	445.00	517.00	1,139.96	-
合計	1,044.81	1,523.80	1,196.00	1,506.00	2,279.92	1,270.00
ドル換算金額(千 US\$)	395	444	328	394	582	-
為替レート(Riel/1US\$)	2,644	3,429	3,650	3,820	3,920	-

出典：プノンペン市役所・DPWT

2001 年度の施設の運営管理・修理に係る予算措置を見ると、DPWT は名目で 2000 年度の約 15%増、プノンペン市は約 14%の増加となっている。対米ドル為替レートから判断すると、この間のインフレ率は非常に小さく、この増加は実質的な予算額の伸びを示していると言える。2001 年度の予算額の伸び率は過去と比較すると低下しているものの、2001 年度の予算措置は 2000 年度の予算実績を踏まえた現実的なものであると言える。

本プロジェクト開始後の相手国の必要経費は、プノンペン市予算及び DPWT 予算の「給与・補償」及び「施設運営管理・修理費」により賄われる。

プノンペン市は「施設運営管理・修理費」の財源として上水道料金収入の 10%の一部を割り当てているが、これまで国税であったプノンペン市における不動産税、自動車税、バイク税の管轄が 2001 年からプノンペン市に移管されることになり、市当局はこれらの税収の一部を「施設運営管理・修理費」に充当することを計画している。ただし、現時点において、これら新規の税収

額は把握されていない。

### 2.1.3 技術水準

本プロジェクトで建設される治水・排水施設の維持・管理はプノンペン市 DPWT が担当する。DPWT では既に市内の排水路、排水ポンプ場 11 箇所を管理運営しておりその管理・運営の技術、ノウハウは充分蓄積されており、本プロジェクトの施設の維持・管理には何ら問題は無い。

### 2.1.4 既存の施設・機材

#### (1) Tompun 堤防

Tompun 堤防はプノンペン市南部の輪中堤の一部を構成する延長約 4.34km の堤防であり、堤防天端は道路としても利用されている。天端道路の沿道には工場、マーケット等が多く見られ沿道化が顕著となっている。

Tompun 堤防の計画天端高は EL.10.40m であるのに対し、現況の堤防天端高は測量結果より EL.9.72m ~ EL.10.63m であり、堤防高が不足している部分は盛土による嵩上げが必要である。また、堤防天端道路の路面は現在舗装されておらず、一部区間において大型車の通行に起因する路面変状があり、一般車の通行が困難な状態である。バイクによる本区間の通過所要時間は約 20 分であり、旅行速度は平均 13km/h まで低下している。

堤体の損傷については、車輻による路面変状を除き、一部で盛土肩部において雨水による侵食損傷が確認される程度であり、概ね健全と判断される。また、堤防沿いで実施したボーリング調査の結果から判断すると、堤体盛土は良く締まっており、構造上の問題は無いと判断される。

#### (2) 排水路

本プロジェクトで対象とする排水路は、Meanchey 幹線排水路下流部（Tompun 流入水路を含む）及び Salang 幹線排水路下流部から構成される。

##### (a) Meanchey 幹線排水路下流部

本改修区間は Tompun 流入水路と Meanchey 幹線排水路下流とを合わせた区間を対象としている。

Tompun 調整池内を北から南へ流下する Tompun 流入水路は水路幅 10m ~ 20m、延長約 1 km であるが、下流端にある既設 Tompun 排水機場周辺を除いては水路としてはっきりした形を成していない。Tompun 流入水路の周囲は低湿地を利用した耕作地である。

Meanchey 幹線排水路の下流部は、Tompun 流入水路上流端から Meanchey 橋の上流 50m に至る約 2.6km の区間である。水路幅は 20m ~ 70m であり、下流側の 700m を除くと上流端に至る

まで水路の両岸に家屋がほぼ切れ目なく連なっている。また水路の両脇へ入り込むと住宅街である。水路内の水面は周辺住民により水耕栽培に利用されているが、流水は生下水のような悪臭を放ち、水路床には水路底から 1m～2m 程の深さでヘドロが堆積している。

Meanchey 幹線排水路下流部には、橋梁が上記の Meanchey 橋を含めて 4 橋架けられている。その位置及び橋梁形式は、下流側から Sta.0+192 (Sta. は開発調査時の設定) の木桁橋 (人道橋)、Sta.1+480 の RC スラブ橋、Sta.1+696 の木桁橋 (既往工事の仮設橋) となっている。以上の 3 橋は今回の基本設計調査において改修対象となっている。4 橋のうち最上流に位置する Meanchey 橋 (Sta.2+584) は車両の対面通行が可能な PC-T 桁橋であるが、水路改修に伴う橋梁改修の必要は無く、今回の基本設計対象には含まれていない。

(b) Tum Nup Toek 排水樋管 (新設)

本樋管は、Meanchey 幹線排水路下流端から上流へ 100m 程の Sta.1+300 地点左岸に位置し、建設予定地は背後地域の排水末端に位置しており、汚水の溜池のような状況である。現況では、この溜池から、道路を挟んで上流側に位置する既設排水機場前の池へ水が流れ込んでいいる。新設される樋管は主要道路を横断する形で計画されており、工事範囲内には 10 軒程度の商家が並んでいる。

(c) Salang 幹線排水路下流部

Salang 幹線排水路下流部は、Meanchey 橋上流 50m 即ち Meanchey 幹線排水路下流部上流端左岸において Meanchey 幹線排水路に合流し、流路延長約 0.9km、水路幅 10m～30m である。改修区間の上流端 (改修計画終点、既設橋梁の上流側) は市内主要道の毛沢東通りから 200m と近く、排水路は住宅と商家が混在した密集地の中を通過している。流水は黒色で、Meanchey 幹線排水路下流部と同様、生下水のような悪臭を放っているが、ここでは水耕栽培は行われていない。

(d) Meanchey、Salang 接続カルバート

Salang 幹線排水路下流部の Sta.0-96 (Sta. は開発調査時の設定) において 1 本 (2 連) の既設管が道路を横断する形で埋設されている。現状で排水管としては機能しているが、下流側に設けられているゲートは操作不能である。工事範囲内には道路の両側に 15 軒程度の商家が営業している。

(3) Svay Pak 樋管

Svay Pak 樋管付近は、国道 5 号線に沿ったエリアに家屋が密集しているが、国道から 500m 程内陸に入ると、家屋はほとんど見当たらなくなり、その奥には、養魚場、湿地等が広がっている。

#### (4) 既設 Tompun 排水機場

既設 Tompun 排水機場は Meanchey 排水路の下流端に位置する。本排水機場の公称排水容量は  $6\text{m}^3/\text{s}$  であるが、施設の老朽化が著しく、ポンプと吐出管及び吐出管同士の継ぎ手からの漏水が激しいことから、現在は公称排水容量を排出する能力は無いと見られる。また、ポンプは商用電源で稼働しているが、頻繁に停電が発生するためポンプの連続運転に信頼がおけない。さらに、配電盤には一部漏電で火災を起こした跡があり、応急的な対策でしのいでいる。

## 2.2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

### 2.2.1 関連インフラ整備状況

#### (1) Kop Srov 堤防補強工事

プノンペン市北側からの外水の浸入を防ぐ Kop Srov 堤防は、ADB からの融資の基に水資源気象省管轄で 2001 年 2 月より補強工事が実施されており、同年の雨期前に完成する予定であったが 2001 年 10 月現在で一部未完成であり、工事は遅れている。

#### (2) Boeng Trabek 排水施設改修

Meanchey 排水路流域東側にある Boeng Trabek 排水区では、ADB の融資で排水路及び排水ポンプ場の改修が行われている。

#### (3) Boeng Salang 調整池整備

Salang 川最上流端にある Boeng Salang 池を雨水調整池として周辺地域とあわせて開発する計画が立てられているが、資金の目途が立たず計画は実施にいたっていない。

### 2.2.2 自然条件

#### (1) 地形

カンボディア国は、東部のヴェトナム国境に標高 1,500m 級、北部のラオス・タイ国境に標高 500-700m 級、西部のタイ国境付近に標高 1,700m 級の山岳地帯を有し、国土の中央にはメコン川 (Mekong River)、サップ川 (Sap River) が形成した中央平原が分布する。この中央平原は、社会・経済・産業活動の重要な拠点をなすが、広大な流域をもつメコン川の氾濫に悩まされる地域も存在する。一方サップ川沿いのトンレサップ湖は雨季には、その面積を乾季の数倍に広げるなど、治水対策はカンボディア国の重要な施策の一つになっている。

調査対象地域であるプノンペン市は、メコン川、サップ川が形成した沖積低地で旧市街地は自然堤防上に位置するが、新興住宅地は低湿地帯に位置する。とりわけ市街地周辺は北のボエン・カク湖 (Boeng Kak Lake)、南のトンブン湖 (Tompun Lake) 及びトラベック湖 (Trabek Lake) などの湖沼が多く形成された低湿地帯に位置する。トンブン堤防周辺は、まさにその低湿地帯にある。

プノンペン市の西方約 60km から西に広がるダムレイ山脈 (Damrei Mountains)、別名 Elephant 山脈と呼ばれる山地が位置する。ここからは砂礫が Kampong Tram 川によって流出し、プノンペン市より西方約 30km の川沿いで砂が採取され同市の建設材料の大半が賄われている。



## (2) 地質

調査地は、地盤の沈降地帯でそこにゆっくりとした速度で堆積した沖積層が分布する。地盤の沈降速度と堆積の速度が同じような場所では、河川勾配は緩いまま変わらず河川の流速が遅い。従って、河川の運搬力も弱いので旧河川、現河川の自然堤防を除くと、粒径の細かいシルトや粘性土が主に堆積している。またこのような場所では、微地形を除いて河川による侵食地形が少ないので原地形のおうとつが少なく、そこに洪水が引いた後に含有していた細粒分を堆積させるので比較的水平的な粘性土層が主体をなして分布すると予測される。

調査地周辺の湖沼が多く形成された低湿地帯には、有機物を多く含んだ軟弱な湖沼性堆積物が分布している。

## (3) 気象

### (a) 降雨量

ポチェントン空港観測所の 1981 年～2000 年の年間降雨量は最小 1,092mm、最大 2,096mm、平均 1,387mm であった。降雨は 4 月から 10 月までの雨期に年間降雨量の約 80%が降る。又 60%近くの雨量は 8 月から 10 月の 3 ヶ月間に集中する。日雨量の最高は殆どこの 3 ヶ月間に発生しその値は 63mm から 183mm であるが 183mm は 2000 年 12 月に発生している。

### (b) 気温

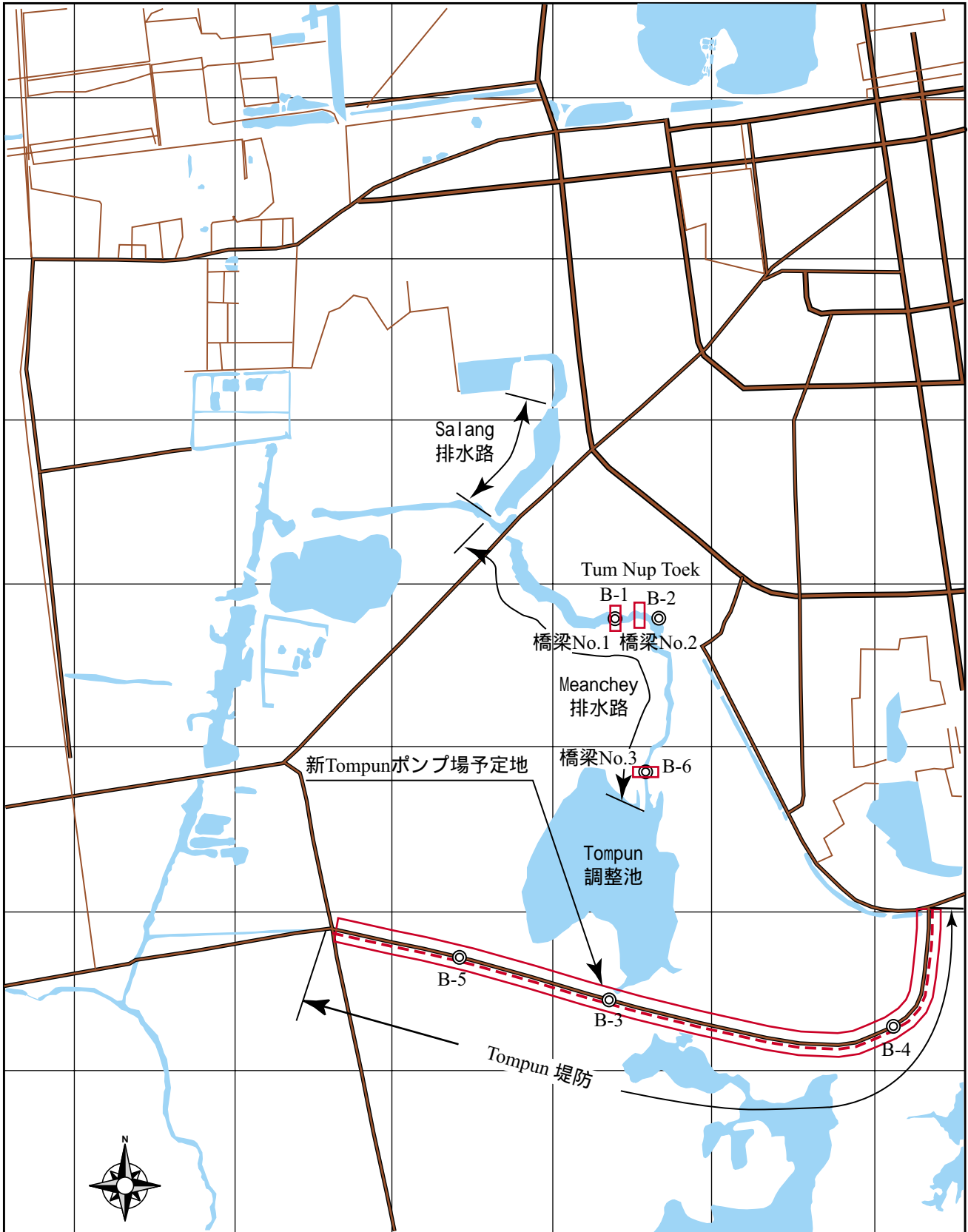
1985 年～2000 年の年最高気温の平均値は 33.4 度、年最低気温の平均値は 22.7 度である。日最高気温は 40.4 度、日最低気温は 13.7 度で年間の最高気温は 3 月から 5 月の 3 ヶ月間に発生し、最低気温は 12 月から 2 月の 3 ヶ月間に発生する。

## (4) 水位

調査地周辺のメコン川水系にはチャクトムク、プノンペン港、チュロイチャンバルの 3 箇所の水位観測所がある。水位観測は 1960 年から行われているが、1975 年～1980 年の間は観測が行われなかった。チャクトムク観測所における 1960-2000 の期間の年最高水位平均値は 8.81m、年最低水位平均値は 0.68m である。またこれまでの最高水位は 2000 年 9 月に 10.18m を記録している。

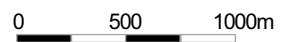
## (5) 土質

調査対象地域で 6 本のボーリング調査を実施し標準慣入試験と室内土質試験を実施した。ボーリング位置を図 2.2.1 に示す。



凡例

- 土質調査： ◎ 機械ボーリング (B1 ~ B6)
- 地形測量： □ 橋梁 No.1 ~ No.3およびTompun 堤防
- 路盤調査： - - - CBR 試験 - Tompun 堤防上



The Basic Design Study on Flood Protection and Drainage Improvement Project in the Municipality of Phnom Penh

CTIE International Co., Ltd. - Nippon Koei Co., Ltd.

図 2.2.1 調査位置図

ボーリング位置 地形測量位置 路盤調査位置

ボーリング調査結果をまとめると、表 2.2.1 の通りとなった。

表 2.2.1 機械ボーリング調査結果一覧

場所	ボーリング				支持層	
	孔番	標高	深度	地下水位	深度	土質
Meanchey 橋	B-1	8.123	25m	なし	16m	粘性土
Meanchey 橋樋管	B-2	7.820	35m	1.70	31m	砂質粘性土
Tompun ポンプ場	B-3	7.072	37m	3.00	34m	砂質粘性土
Tompun 堤防	B-4	9.920	20m	5.50	15m	粘土質砂
Tompun 堤防	B-5	10.299	15m	なし	12m	砂
Meanchey 橋	B-6	5.757	15m	1.65	12m	粘土質砂
合計	6本	-	147m	-	-	-

注) 支持層 : 堤防、ボックスカルバート : N 値 ; 粘性土 15 以上、砂質土 30 以上  
 : 杭基礎部 (橋梁部、ポンプ場) : N 値 50 以上

N 値 4 以下の軟らかい粘性土は排水路沿いで深度 3m 程度まで分布する。なお、排水路周辺の宅地は 3m~4m の盛土上にあるので、このような場所では深度 6m~7m に分布する。ただし、分布標高は変わらない。

#### (a) 橋梁部

Meanchey 排水路の改修される 3 つの橋の内、上流の 2 橋は先端支持杭の場合 (N 値 50 以上) の支持層は深度が 31m である。ボーリング B-1 孔では深度 12.5m から、B-2 孔では深度 9.0m から N 値 15 以上の締まった粘性土が分布するもののその下位に N 値 20~30 の中位の砂質土が挟まれている。最下流の橋で実施した B-6 孔では深度 11.5m まで中位の砂質土が、その下位は N 値 30 以上の締まった砂質土が分布する。

#### (b) Tompun ポンプ場

B-3 孔では、深度 8.5m まで N 値が 30 前後の砂質土が分布し、それ以深は薄い砂層を挟んだ N 値 30 前後の粘性土が分布し、N 値 50 以上は深度 34m 以深に分布する。

#### (c) Tompun 堤防

B-4 孔で深度約 15m まで N 値が 4~8 (局所的に 13~16) の粘性土が、約 15m 以深から N 値 30 以上の締まった砂質土が分布する。B-5 孔では深度 6.5m まで N 値 15 以上 30 以下の締まった粘性土が、それ以深は N 値 30 以上の締まった砂質土が分布する。

### 2.2.3 その他

#### (1) 測量

施設の計画・設計及び施工上必要な陸上地形及び堤防断面を把握するために以下の場所で測量を実施した。調査位置は図 2.2.1 に示した。

- Tompun 堤防、縦断測量：4.4km
- Tompun 堤防、横断測量：測線長 50m 89 断面
- 仮ベンチマーク測量：1.0km
- Meanchey 橋梁部：縦断測量 450m、横断測量 24 断面、平面測量 9,000m<sup>2</sup>

表 2.2.2 地形測量一覧

場所	測量種別	数 量	縮 尺
Tompun 輪中堤	縦断測量	4.40km	V=1/100, H=1/5,000
	横断測量	50m x 89 本 = 4,400m	V=1/100, H=1/200
仮ベンチマーク設置	縦断測量	1 km x 1 箇所 = 1 Km	H=1/5,000
Meanchey 橋梁部	縦断測量	150m x 3 本 = 450m	V=1/100, H=1/200
	横断測量	20m x 24 本 = 480m	V=1/100, H=1/100
	平面測量	3,000m <sup>2</sup> x 3 箇所 = 9,000m <sup>2</sup>	1/200

道路、堤防の横断測量は 50m 間隔で実施する。

なお、測量の精度は、国際協力事業団が定める「海外測量（開発調査用）作業規定（案）」の「C 級」に準じた。

## (2) 路盤調査

Tompun 堤防の堤頂道路の路床強度を把握する為に、テストピットを掘削し路盤・路床状況を把握するとともに、テストピットから試料を採取して CBR 試験を行った。路盤調査位置は図 2.2.1 に示したとおり。

### (a) 試掘調査、テストピット掘削

Tompun 堤防の堤頂道路 4.34km を対象に約 400m 毎にテストピットを掘削した。合計 12 箇所について 100cm 四方、深さ 50~75cm のテストピットを掘り、舗装構造、路盤材料及び路床状況を目視で調査した。各テストピットの調査結果を表 2.2.3 に示す。

### (b) CBR 試験

- 調査対象 : Tompun 堤防の堤頂道路 4.34km
- 試料採取箇所 : 試掘調査と同一地点で不攪乱試料を採取した。
- 試験数量 : 12 試料
- 試験方法 : ASTM D1883 (参考 JIS A1211)

CBR 試験結果をまとめ、各テストピットの調査結果と共に表 2.2.3 に示す。

表 2.2.3 路盤調査及び CBR 試験結果

番号	場所	舗装厚	路盤材	路床材	資料採取 (深度 cm)	CBR (%)	水浸 CBR (%)
1	5+200	0～15cm 砂質粘性土、 ラテライト	15～28cm 砂質粘性土、 碎石	28cm 以深 砂質粘性土	45～75cm	7.86	
2	4+800	0～10cm 砂質粘性土、 ラテライト	10～25cm 砂質粘性土、 砂礫	25cm 以深 砂質粘性土	50～75cm	9.01	
3	4+400	0～10cm 砂質粘性土、 砂礫	10～35cm 砂質粘性土	35cm 以深 砂質粘性土	50～75cm	10.35	
4	4+000	0～10cm 砂質粘性土、 砂礫	10～50cm 砂質粘性土、 砂礫	50cm 以深 砂質粘性土	50～75cm	8.62	
5	3+600	0～10cm 砂質粘性土、 砂礫	10～50cm 砂質粘性土、 砂	60cm 以深 砂質粘性土	60～75cm	20.69	
6	3+200	0～15cm 砂質粘性土、 ラテライト	なし	15cm 以深 砂質粘性土	50～75cm	25.52	6.21
7	2+800	なし 路面穴多し	なし	砂質粘性土	50～75cm	9.31	6.90
8	2+400	0～10cm 砂質粘性土、 砂、(礫)	なし	10cm 以深 砂質粘性土	50～75cm	15.25	
9	2+000	0～10cm 砂質粘性土、 砂、(礫)	なし	10cm 以深 砂質粘性土	50～75cm	15.18	
10	1+600	0～10cm 砂質粘性土、 砂、(礫)	なし	10cm 以深 砂質粘性土	50～75cm	17.59	
11	1+200	0～10cm 砂質粘性土、 砂、(碎石)	なし	10cm 以深 砂質粘性土	50～75cm	20.35	
12	0+900	0～30cm 砂質粘性土、 砂、(碎石)	なし	30cm 以深 砂質粘性土	50～65cm	6.80	

## (3) 交通量調査

## (a) 調査概要

調査日時 : 2001年4月24日(火曜日)

調査時間 : 6～18時の12時間調査とした。

調査箇所 : 5箇所(図2.2.2参照)

国道5号線: Svay Pak 桶管付近、Svay Pak 近傍の国道5号線の断面交通量

Tompun 堤防道路の東端断面交通量

Tompun 堤防道路の西端断面交通量

BOT 道路の東端断面交通量

Cheung Aek 道路の Tompun 堤防との交差点付近断面交通量

### 調査の目的

国道 5 号線 : Svay Pak 樋管施工時における迂回路計画交通量の把握

, 堤防道路の舗装設計及び排水施設設計における仮設構造規模の設定用資料

Tompun 堤防道路改良に伴う転換交通量の把握

Tompun 堤防道路改良に伴う転換交通量の把握

### (b) 調査車両区分

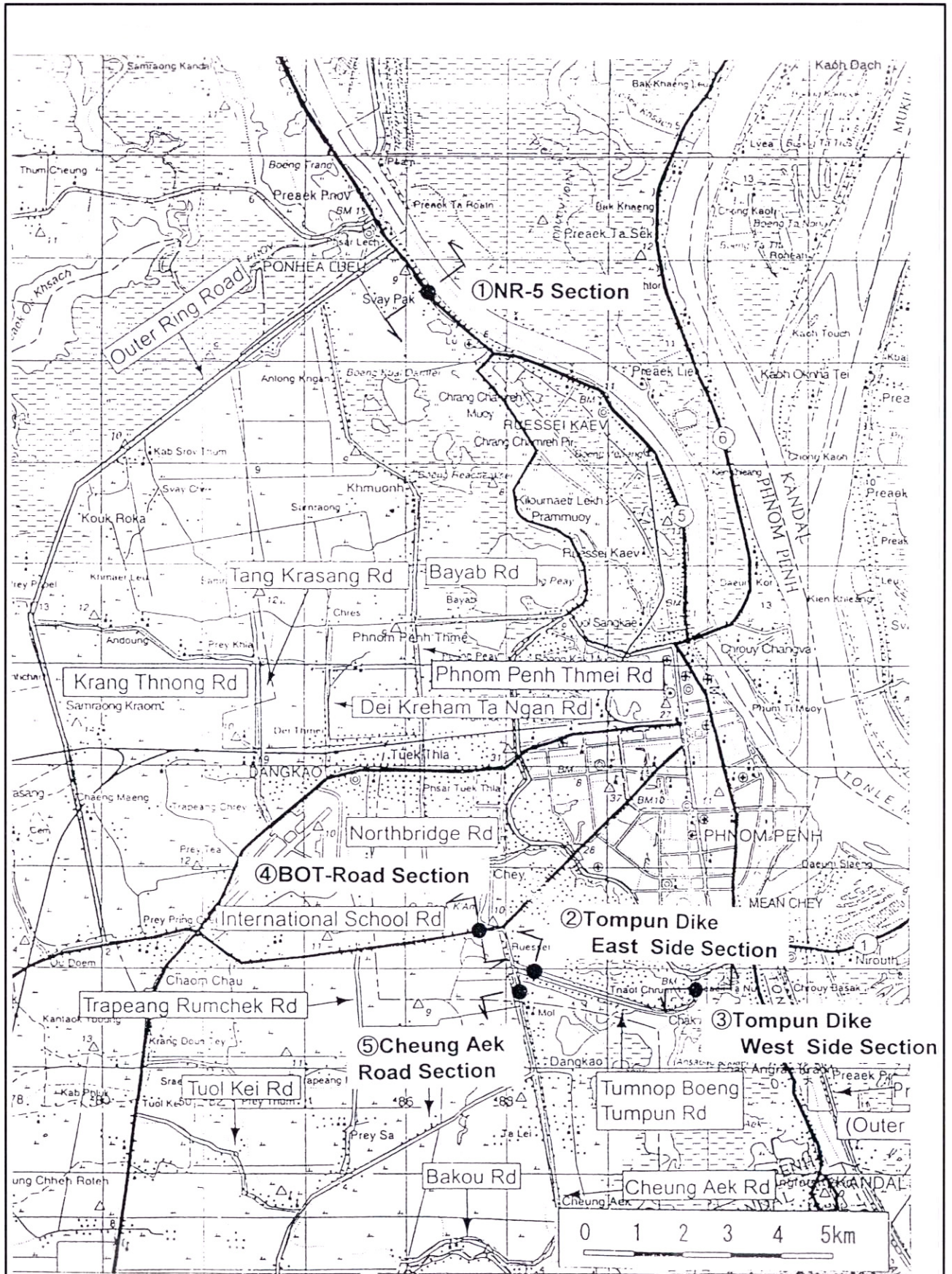
調査車両の区分は現在実施中の「プノンペン市 交通マスタープラン」の交通調査における車両区分との整合を図り 11 車種分類とした。

普通乗用車    タクシー    小型バス    ピックアップ    普通・大型バス    大型トラック    オートバイ    オートバイ    シクロ    自転車    その他

### (c) 交通量の集計

上記車種区分において 1 時間毎における集計を行ない、さらに、各調査箇所における調査車両区分別の集計を行った。

各調査箇所における調査車両区分別の集計結果は、表 2.2.4 に示すとおりである。



The Basic Design Study on Flood Protection and Drainage Improvement Project in the Municipality of Phnom Penh

CTIE International Co., Ltd. - Nippon Koei Co., Ltd.

図 2.2.2

交通量調査位置図

表2.2.4 交通量調查結果(1/3)

Station No.①		Date April/24/2001				Weather Clear					
Direction	1 Passenger Car	2 Taxi	3 Light Bus (Pass.Van)	4 Pick-up (Cargo Van)	5 Bus	6 Large Truck (Trailer)	7 Motoruno (Motorbike Trailer)	8 Motorbike	9 Cyclo (Tricycle Taxi)	10 Bicycle	11 Others
To PHNOM PENH	856	0	118	413	21	237	819	4226	0	106	41
To OUDOUNG	765	0	120	428	22	334	799	4501	1	102	35
Total	1621	0	238	841	43	571	1618	8727	1	208	76

Station No.②		Date April/24/2001				Weather Clear					
Direction	1 Passenger Car	2 Taxi	3 Light Bus (Pass.Van)	4 Pick-up (Cargo Van)	5 Bus	6 Large Truck (Trailer)	7 Motoruno (Motorbike Trailer)	8 Motorbike	9 Cyclo (Tricycle Taxi)	10 Bicycle	11 Others
Both Direction	149	0	90	48	0	161	119	4636	10	516	1

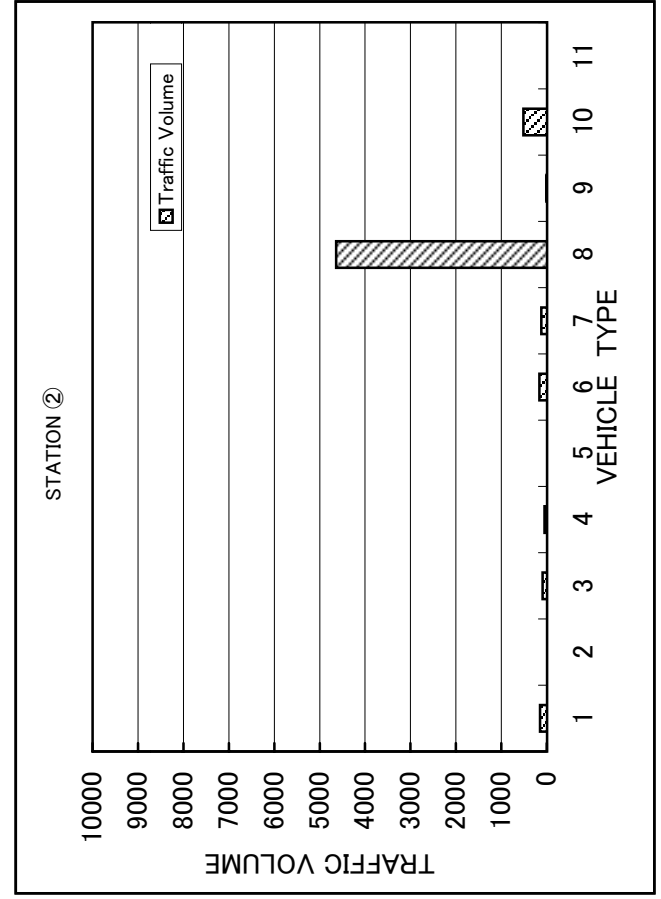
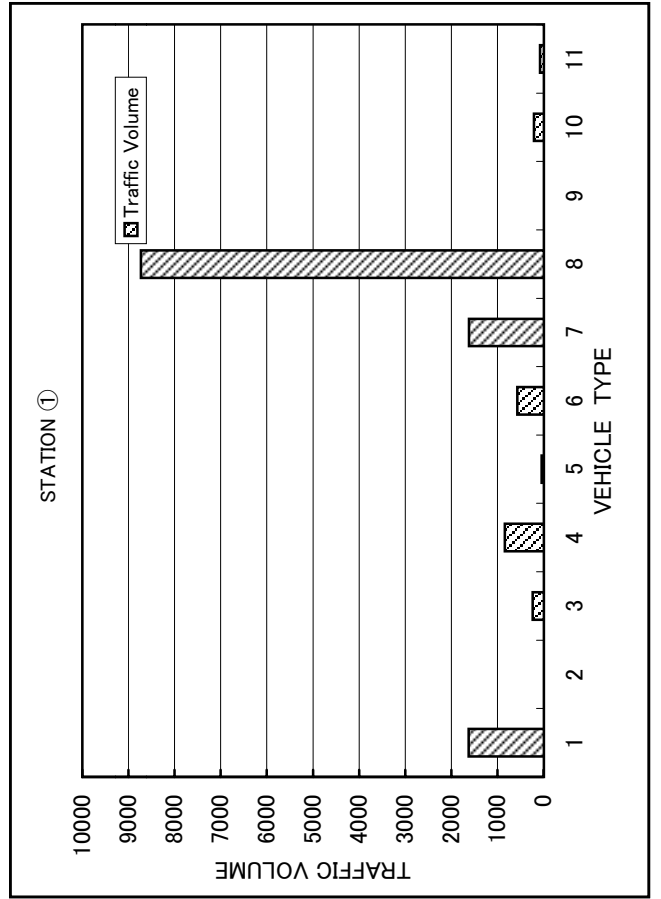




表2.2.4 交通量調查結果(2/3)

Station No.③		Date				Weather					
		April/24/2001				Clear					
Direction	1 Passenger Car	2 Taxi	3 Light Bus (Pass.Van)	4 Pick-up (Cargo Van)	5 Bus	6 Large Truck (Trailer)	7 Motoruno (Motorbike Trailer)	8 Motorbike	9 Cyclo (Tricycle Taxi)	10 Bicycle	11 Others
Both Direction	249	0	62	215	0	230	91	5060	9	614	0

Station No.④		Date				Weather					
		April/24/2001				Clear					
Direction	1 Passenger Car	2 Taxi	3 Light Bus (Pass.Van)	4 Pick-up (Cargo Van)	5 Bus	6 Large Truck (Trailer)	7 Motoruno (Motorbike Trailer)	8 Motorbike	9 Cyclo (Tricycle Taxi)	10 Bicycle	11 Others
To PHNOM PENH	545	0	82	311	0	505	154	7895	8	299	0
To KAMPONG SPOE	639	12	96	197	0	525	152	10695	9	394	0
Total	1184	12	178	508	0	1030	306	18590	17	693	0

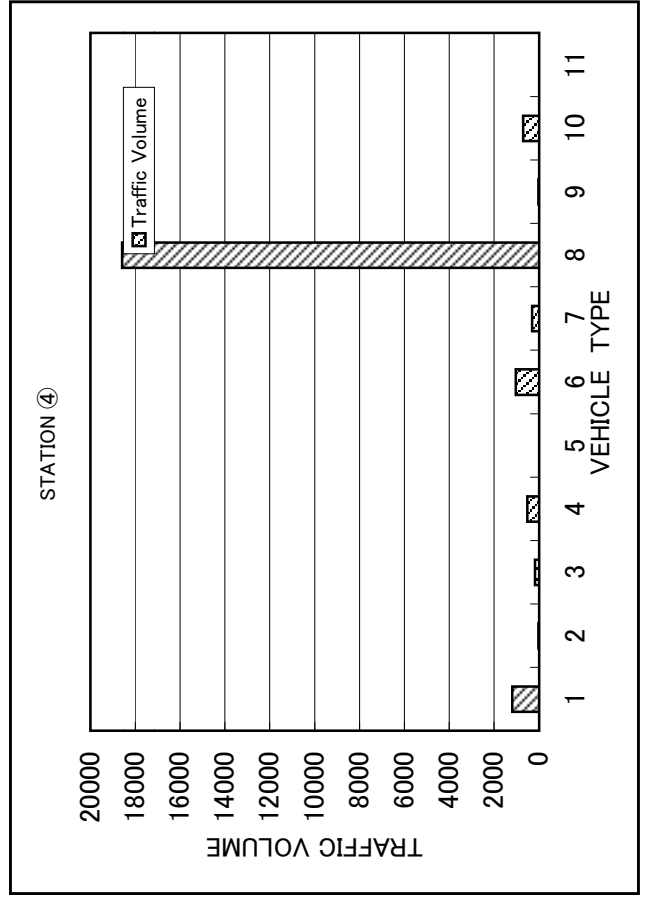
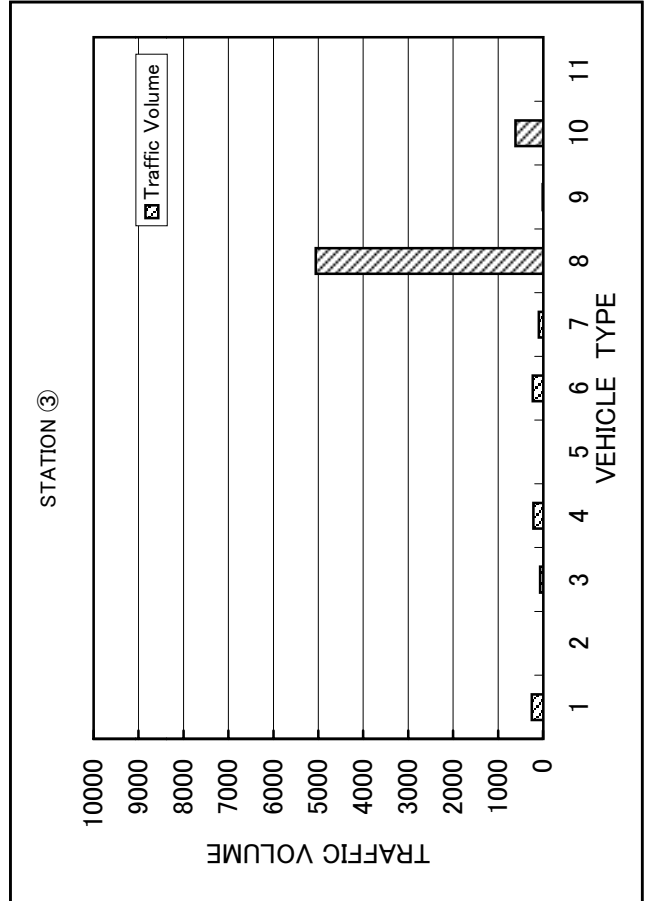
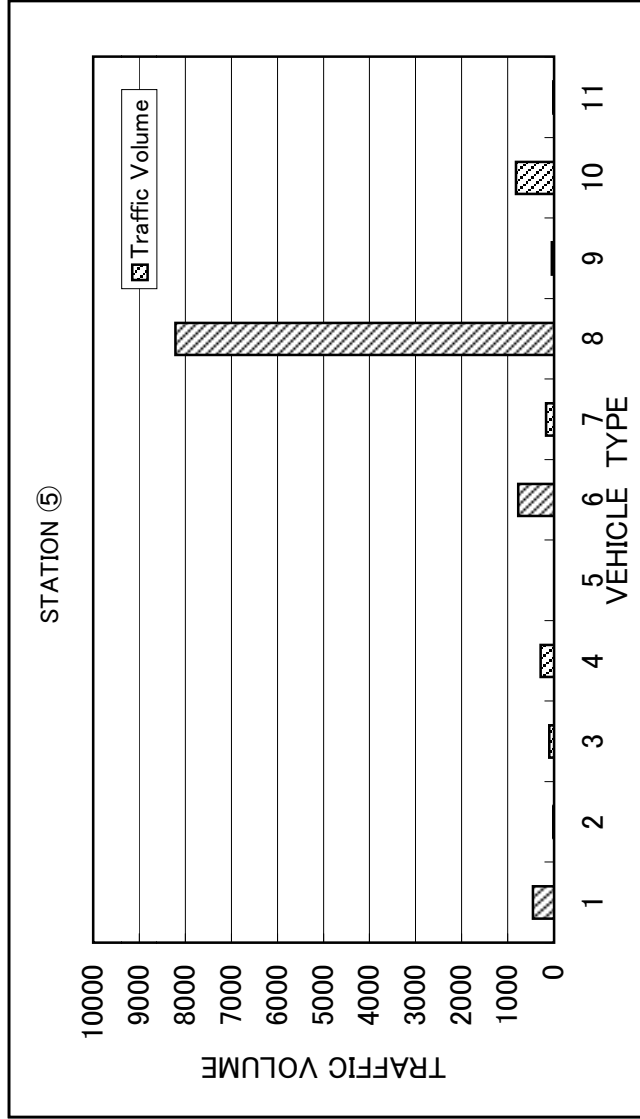


表2.2.4 交通量調査結果(3/3)

Station No. ⑤		Date April/24/2001				Weather Clear					
Direction	1 Passenger Car	2 Taxi	3 Light Bus (Pass. Van)	4 Pick-up (Cargo Van)	5 Bus	6 Large Truck (Trailer)	7 Motoruno (Motorbike Trailer)	8 Motorbike	9 Cyclo (Tricycle Taxi)	10 Bicycle	11 Others
To SOUTH SIDE	254	4	57	155	1	406	96	4091	24	363	2
To NORTH SIDE	197	3	37	132	1	366	71	4121	18	455	6
Total	451	7	94	287	2	772	167	8212	42	818	8



## 第3章 プロジェクトの内容

### 3.1 プロジェクトの概要

#### 3.1.1 プロジェクトの目的

プノンペン市は、地形的に洪水被害を受けやすく、排水が困難かつ内水が湛水しやすい。また、市内の治水・排水施設は老朽化や維持管理不足のため、その機能が著しく低下している。その結果、プノンペン市は恒常的に深刻な洪水・内水被害を受けているほか、生活排水が低地部に滞留し衛生状態の悪化を招くなど、市民の生活環境及び経済活動に深刻な影響がでている。

こうしたプノンペン市民の困窮に直面し、カンボディア国政府及びプノンペン市は、プノンペン市の民生を安定させ、プノンペン市の水環境を改善し、プノンペン市ひいてはカンボディア国の発展に寄与すべく対策を講じている。この中で本プロジェクトは、プノンペン市に対してメコン川及び周辺河川による洪水に対する高い安全性をもたらす洪水被害を最小限に押さえること、並びにプノンペン市内の湛水を最小限にし内水被害を軽減することを目標としている。

本プロジェクトは上記目標を達成するために、メコン川及びサップ川の既往最大洪水（約 30 年確率）に対して充分安全となるよう現堤防を補強するとともに、プノンペン市南部の対象地域に降る 5 年確率の降雨を 24 時間で堤防外に排水できるよう排水路、排水機場を改修、整備するものである。この中において、協力対象事業は、「3.1.2 基本設計対象施設」に記述する施設を改修・建設するものである。

#### 3.1.2 基本設計対象施設

カンボディア国からの要請に基づいて実施機関であるプノンペン市と協議した結果、基本設計対象施設を下記の通りとした。

- (1) Svay Pak 排水樋管ゲート改修（3 門）
- (2) Tompun 輪中堤補強（延長 4.340km）
- (3) Meanchey 幹線排水路下流改修（延長 2.635km）
- (4) Tompun 流入水路（延長 1.020km）
- (5) Salang 幹線排水路下流改修（延長 0.887km）
- (6) 新 Tompun 排水機場新設（排水容量 15.0m<sup>3</sup>/s）
- (7) Tum Nup Toek 排水樋管新設（設計対象流量 7.0m<sup>3</sup>/s）
- (8) Salang 排水樋管（設計対象流量 21.0m<sup>3</sup>/s）

## 3.2 協力対象事業の基本設計

### 3.2.1 設計方針

本項では、カンボディア国からの要請に基づいて実施機関であるプノンペン市と協議した結果、基本設計対象施設として選定された施設の設計方針について記述する。

#### (1) 基本方針

本協力対象事業は、JICA 開発調査「プノンペン市都市排水・洪水対策計画調査」(1998 年 2 月～1999 年 8 月)の調査結果に基づき、プノンペン市の外郭堤防補強並びに市南部の Tompun 排水区の排水路改修、排水機場新設等の治水、排水施設整備を行うものである。従って基本設計対象施設の位置、諸元等は基本的には上記の開発調査結果で提案されている内容を踏襲するが、無償資金協力は現時点で緊急に援助が必要なものに対して行われるものであるため、この考え方に則して施設規模、改修内容等を見直す。

相手国要請に含まれていたプノンペン市北部の Kop Srov 外郭堤防補強及びこの堤防の取り付け道路である接続道路の舗装は、その一部を ADB の援助によりすでに着手しているため、対象施設から除外する。

#### (2) 自然条件に対する方針

前記報告書は 1997 年までの水文・水理資料に基づいて作成されているため、それ以後の資料に基づいて外水位、内水流量を見直す。

##### (a) Tompun 輪中堤外水位

Tompun 輪中堤補強及び新 Tompun 排水機場の設計に用いる Tompun 輪中堤外水位は、2000 年 10 月に発生した水位が既往最高水位であるので、これを設計外水位とする。2000 年 10 月における Tompun 輪中堤外水位の変動は図 3.2.1 に示す通りであり、その最高水位は EL.9.29m であった。従って設計外水位は EL.9.30m とする。

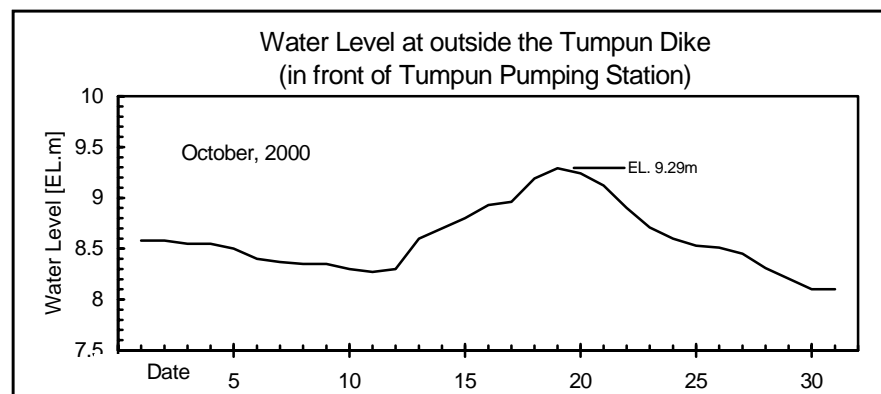


図 3.2.1 2000 年 10 月における Tompun 輪中堤外水位

(b) 排水施設計画規模

基幹排水施設の計画規模は5年確率とした。計画規模の設定に際しては、近隣諸国の同様都市(人口、首都)における基幹都市排水施設の計画規模を参考とした。近隣諸国の同様都市における計画規模の例を表3.2.1に示す。

表3.2.1 近隣諸国の計画規模

都市名(国名)	計画規模(A:流域面積)
バンコク (タイ)	A<0.2km <sup>2</sup> : 1年確率 A=0.2~1.0km <sup>2</sup> : 2年確率 A>1.0km <sup>2</sup> : 5年確率
ハノイ (ヴェトナム)	10年確率
ジャカルタ (インドネシア)	A<0.1km <sup>2</sup> : 1~2年確率 A=0.1~1.0km <sup>2</sup> : 2~5年確率 A>1.0km <sup>2</sup> : 5~10年確率
マニラ (フィリピン)	A<5km <sup>2</sup> : 3年確率 A>5km <sup>2</sup> : 5年確率
ダッカ (バングラデシュ)	2年確率

本案件排水路の流域面積は17.47km<sup>2</sup>であるので、上表より5年確率の計画規模は妥当である。

(3) 社会経済条件に対する方針

排水路の拡幅、新設排水機場の用地を確保するためには、ある程度の家屋移転は避けられない。しかしながら、工事実施に伴う土地収用・家屋移転はしばしば社会的摩擦要因となるため、排水路の平面線形、排水機場配置を決定する際には、移転家屋数が極力少なくなるよう留意する。

(4) 建設事情/調達事情に対する方針

カンボディア国では各種構造物等の設計基準がまだ制定されていないため、施設の設計は「国土交通省河川砂防技術基準」、「河川管理施設等構造令」、「道路橋示方書」、「道路土工」等わが国の基準・指針に基づいて行う。

カンボディア国では、土砂、セメント、鉄筋等の基本的な土木・建設資材は調達可能であるが、鋼管、ゲート、ポンプ、各種電気設備等は入手困難である。設計に当たっては、現地調達可能な資機材を極力利用し、建設コストの低減を図る。また、将来の再改修についても視野に入れ、二重投資とならないよう配慮した設計とする。

(5) 現地業者の活用に係る方針

現地には建設会社が数社あり、道路や水路の建設、簡易なコンクリート構造物や建物の施

工等、基本的な土木・建築技術は有している。したがって、施工計画立案に際し、現地業者を活用出来る部分については、可能な限り活用する方向で立案し、建設コストの低減を図る。

(6) 実施機関の運営・維持管理能力に対する対応方針

ポンプ機種、電源、排水路構造等の選定に当たっては、相手国実施機関の運営・維持管理能力及び維持管理のための予算を判断し、運営・維持管理能力及び予算に見合ったものを選定する。

(7) 施設、機材等のグレードの設定にかかわる方針

施設、機材等のグレードの設定に当たっては、無償資金協力が緊急に現在必要とされる物を対象とする性質のものであるということを踏まえ、改修規模、改修内容等を決定する。

上記の各設計方針を踏まえ、本プロジェクトの目標達成のため、メコン川及びサップ川の既往最大洪水(約30年確率)に対して充分安全となるよう Tompun 堤防を補強するとともに、対象地域に降る5年確率の降雨を24時間で堤防外に排水できるよう排水路、排水機場を改修、整備する方針とする。

(8) 工法/調達方法、工期に係る方針

本プロジェクトは、堤防の補強及び排水施設の改修・建設工事が主たる内容であり、施工に際しては降雨及び洪水の影響を大きく受けるため、降雨量が多く、洪水が発生する可能性の高い雨期には作業効率が大幅に低下するという事を考慮した工程を立案するものとする。

本プロジェクトの工事規模及び雨期における作業効率の低下を考慮すると、施工期間は2乾期を必要とすると見込まれ、単年度で完成することは困難である。工期の設定に際しては、これらの条件を十分勘案して決定するものとする。

### 3.2.2 基本計画

本無償資金協力の協力対象事業として選定された施設について、前述した設計方針に基づき、基本計画を行った。各施設に関する基本計画の検討内容を以下に記す。

(1) Svay Pak 排水樋管ゲート改修

Svay Pak 排水樋管は、プノンペン市北部の内水をトンレサップ川に排水することを目的として国道5号線を横断して設置されている樋管である。現在の施設は老朽化している上、流域の内水を排除するには通水断面積が小さい。本流域は、現在のところ大部分が湿地帯であるが、プノンペン市の将来開発計画では本地域は将来住宅地、または商業地として開発される予定である。このような背景から、カンボディア政府は本樋管を全面的に改修する事を要請している。

これに対し、基本設計調査団による現地調査の結果、現時点での流域内の湛水被害は養魚池に限定されており、家屋の湛水被害は殆ど無い事が判明した。従って、本樋管を全面的に改修する必要性は現時点では認められない。しかしながら、現在の樋管ゲートは木製で老朽化が著しく、雨期におけるトンレサップ川の水位上昇に対して、外水の浸入を十分に防ぐことは出来ない(下写真参照)。従って、現時点で緊急に必要なことは、外水の浸入を確実に防いでプノンペン市を洪水被害から守ることである。このため、現在の外水側(下流側)木製ゲートを、新たに鋼製ゲートと交換する計画とした。



写真：Svay Pak 排水樋管外水側(下流側)木製ゲートの現況

本樋管は、口径 1.50mの吐き出し管 3 本から構成されており、本体構造は現状通りとしてゲート交換のみを行うことから、新しく設置するゲートは、幅 1.70m x 高さ 1.675mの手動スライドゲート 3 門とした。

ゲートの設計水位は次の通りとした。

設計外水位	:	EL. 10.00m
設計外水位	:	EL. 2.80m (現況敷高)

## (2) Tompun 輪中堤補強

Tompun 輪中堤は巻頭の位置図に示したように市域南部からの洪水の浸入を防止するために設置された延長 4.340km の堤防であり、堤頂は一般道路としても利用され沿道には工場、マーケット等が多く見られ沿道化が顕著となっている。

現況堤防高は測量結果より EL.9.72m~EL.10.63m、平均 EL.10.26mであり、路線延長の約

80%が後述する計画堤防高 EL.10.40m以下となっている。現況堤防道路路面は舗装されておらず、一部区間において大型車の通行に起因する路面変状があるため一般車の走行はもとより堤防の維持管理作業にも困難がある。本区間の通過所要時間は約 20 分程度かかり旅行速度は 13km/h まで低下している。

堤体の損傷は大型車による路面変状を除いては、一部において盛土肩部において雨水により軽度な侵食損傷が確認される程度であり概ね健全と判断される。現地調査時に堤防沿いにボーリング調査を 2 箇所を実施した結果から判断すると、堤体盛土は良く締まっており、堤防本体の構造上の問題は無いと判断される。

(a) 計画の概要

堤防補強は、用地買収・住民移転を極力少なくするため現況位置・法線を踏襲することとし、設計外水位 EL.9.30mに余裕高 1.10mを加えて EL.10.40mを計画堤防高とした。

また、堤頂道路は将来的にはプノンペン市の環状道路の一部を形成する幹線道路となることが予測されるため 2 車線道路とし、舗装幅員として 7.0mを確保する計画とした。

舗装厚は現況交通量を基に日本の設計基準により算定し 45cm とし、道路高は計画堤防高に舗装厚及び表面排水用の片勾配を加えて、道路中央で EL.10.920mとした。

計画路面高 : F.H.=	10.920m
設計外水位 : E.L.=	9.300m
余 裕 高	1.100m
舗 装 厚	0.450m
片 勾 配	0.070m (3.500m × 0.02)

堤頂道路の標準断面図は、図 3.2.2 に示すとおりである。

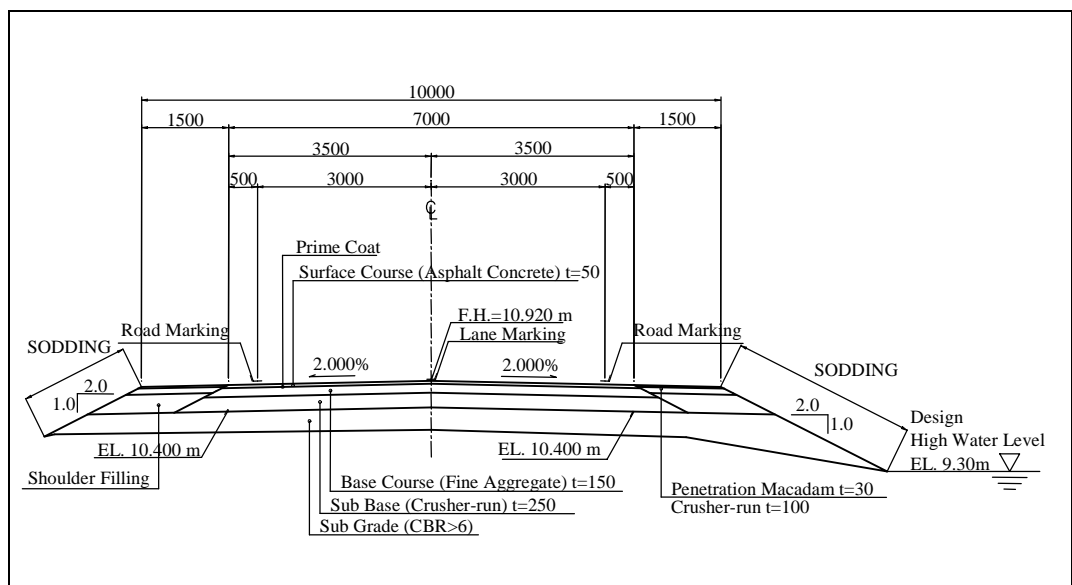


図 3.2.2 Tompun 堤頂道路標準断面図



(b) 舗装厚の検討

舗装厚は、本調査で実施した交通量・路床 CBR 試験結果を基に、「アスファルト舗装要綱 - 日本道路協会」を使用して設計した。

(i) 交通量

日交通量は、表 3.2.2 に示すとおりである。

表 3.2.2 日交通量

車 種	日交通量	
	西側	東側
Passenger Car	299	179
Taxi	0	0
Light Bus (Pass, Van)	74	108
Pick-up (Cargo Van)	258	58
Bus	0	0
Large Truck (Trailer)	276	193
Motoruno (Motorbike Trailer)	109	143
Motorbike	6,072	5,563
Cycro	11	12
Bicycle	737	619
Others	0	1
計	7,836	6,876

注) 昼夜率は 1.20 とした。

設計交通量は大型車両として上表の Bus 及び Large Truck(Trailer)を対象とし、重方向率 0.5 を乗じて表 3.2.3 のとおりとなる。

表 3.2.3 設計交通量

断 面	大型車交通量 (台/日)	設計交通量 (台/日/方向)
西 側	276	138
東 側	193	97

設計交通量が、ほぼ 100 台/日/方向以上 250 台/日/方向未満であるため、表 3.2.4 より、交通量区分は A とする。

表 3.2.4 交通量の区分

区分	設計交通量 (台/日/方向)
L	100 台未満
A	100 台以上 250 台未満
B	250 台以上 1000 台未満
C	1000 台以上 3000 未満
D	3000 台以上

(ii) 路床 CBR 試験

路床 CBR 試験として、室内試験及び現場 CBR 試験を実施した。試験結果は表 3.2.5 に示すとおりである。

表 3.2.5 CBR 試験結果

番号	測点	室内 CBR (%)	現場 CBR (%)
1	5+200	7.86	7.00
2	4+480	9.01	9.10
3	4+400	10.35	9.41, 10.80, 21.19
4	4+000	8.62	7.57, 26.90
5	3+600	20.69	6.72, 16.60, 28.00
6	3+200	25.52, 6.21	10.08, 29.13
7	2+800	9.31, 6.90	8.78, 28.00
8	2+400	15.25	12.56, 15.75, 22.68
9	2+000	15.18	18.82, 21.19, 21.19
10	1+600	17.59	12.95, 17.04
11	1+200	20.35	17.03, 19.75, 21.19
12	0+ 90	6.80	2.86, 10.41

設計 CBR の算定は 全データ、室内 CBR データのみの 2 ケースにより行った。計算の結果、いずれのケースでも設計 CBR は 6 となったため、Tompun 輪中堤道路の設計 CBR は 6 を採用する。(表 3.2.6 参照)

表 3.2.6 設計 CBR

ケース		
試験データ数	41	14
最大値	29.13	25.52
最小値	2.86	6.21
最大・最小値の棄却判定	29.13-28.00 =0.043	25.52-20.69 =0.250
	29.13-2.86 <0.300	25.52-6.21 <0.349
	6.21-2.86 =0.128	6.80-6.21 =0.031
	29.13-2.86 <0.300	25.52-6.21 <0.349
棄却の有無	棄却しない	棄却しない
平均値	14.94	12.83
標準偏差	7.11	6.23
平均値 - 標準偏差	7.82	6.60
設計 CBR	<b>6</b>	<b>6</b>

## (iii) 舗装構成

以上の結果より、Tompun 輪中堤道路の交通量区分は A、設計 CBR は 6 となり、表 3.2.7 から目標  $T_A$  は 16 となる。

表 3.2.7 目標  $T_A$ 

設計 CBR	L 交通	A 交通	B 交通	C 交通	D 交通
2	17	21	29	39	51
3	15	19	26	35	45
4	14	18	24	32	41
<b>6</b>	12	<b>16</b>	21	28	37
8	11	14	19	26	34
12	11	13	17	23	30
20	11	13	17	20	26

路盤材はカンボディア国内での施工実績を考慮して砕石路盤とし、舗装構成は目標  $T_A$

以上となるように、また各層の最小厚を確保して表 3.2.8 及び 3.2.9 のとおりとする。

表 3.2.8 舗装構成

項目	表層	上層路盤	下層路盤	計
仕様	-	修正 CBR > 80	修正 CBR > 30	
層厚 (cm)	5.0	15.0	25.0	45.0
等値換算係数	1.00	0.35	0.25	---
$T_A$	5.0	5.25	6.25	16.5 > 16.0

表 3.2.9 舗装材の最小厚さ

設計交通量区分	表層と基層の合計厚	工法・材料	1層の厚さ
L・A 交通	5cm	瀝青安定処理	最大粒径の 2 倍 かつ 5cm
B 交通	10 ( 5 ) cm		
C 交通	15 ( 10 ) cm	その他路盤材	最大粒径の 3 倍 かつ 10cm
D 交通	20 ( 15 ) cm		

註： ( )内は上層路盤に瀝青安定処理を使用する場合。

### (3) Meanchey 幹線排水路下流改修

本事業により改修を行う排水施設の位置図を図 3.2.3 に示す。

Meanchey 幹線排水路下流改修の上流始点は Meanchey 橋の直上流であり、下流端において Tompun 流入水路と接続する。Meanchey 排水路の計画諸元を表 3.2.10 に示す。

表 3.2.10 Meanchey 排水路計画諸元

改修流路延長 (km)	設計流量 (m <sup>3</sup> /sec)	縦断勾配	水路幅 (m)
2.635	40.0	1/2,500	28.0

注) 水路幅は通水部の上幅。管理用通路幅(10m)は含めない。

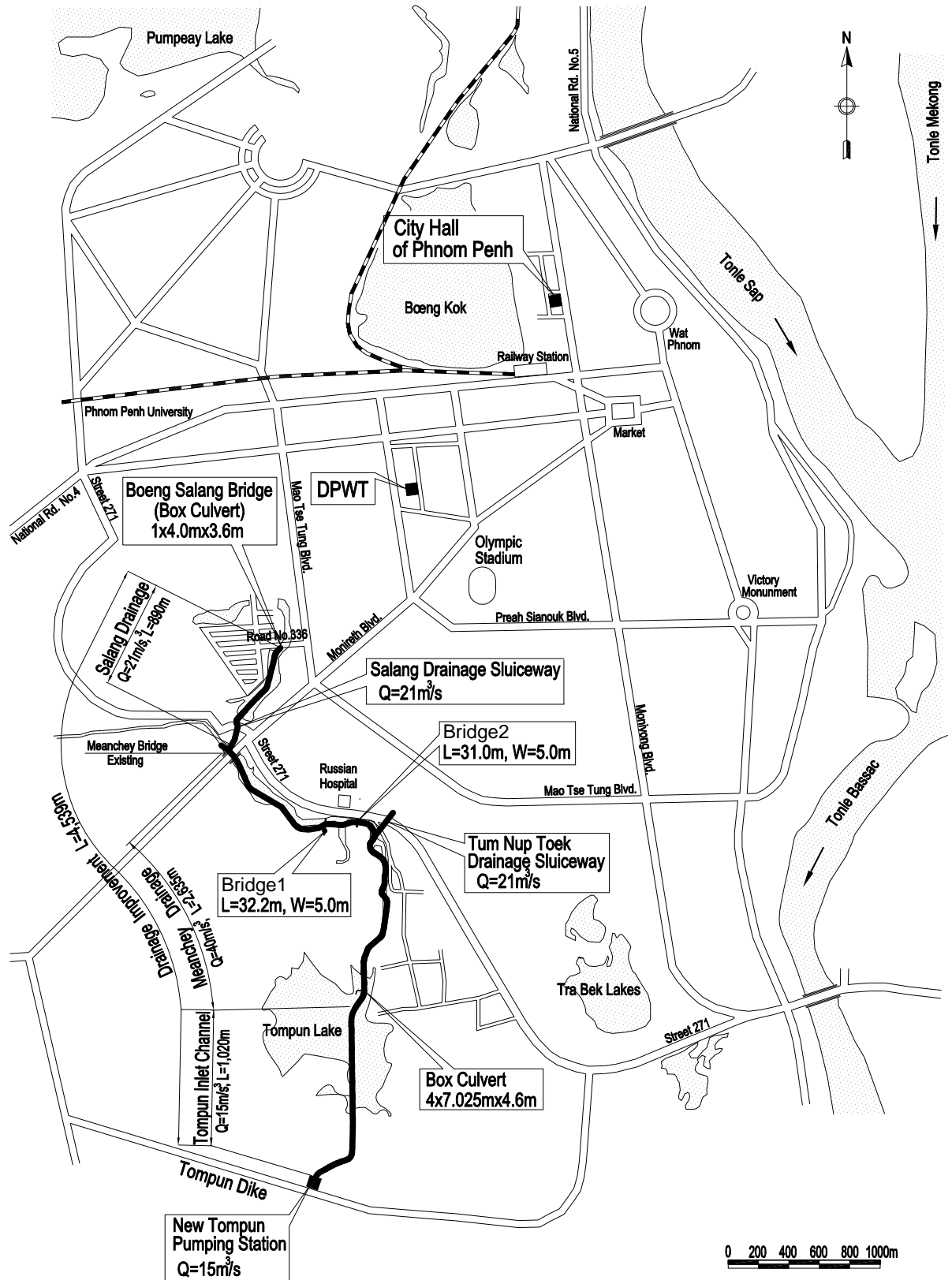
#### (a) 設計降雨量の見直し

開発調査では設計日降雨量は 5 年確率で 112.3mm と算定されている。これは 1981 年～1997 年までの 17 年間の降雨記録に基づいたものである。基本設計調査の現地調査において収集した 1998 年～2000 年までの降雨記録を追加して再評価したが 5 年確率降雨は 112.3mm となり、開発調査段階の結果と同じとなった。(図 3.2.4 参照)

#### (b) 設計流量の設定

計画規模 5 年確率降雨時の Meanchey 排水路の設計流量は水路が上流から下流まで全て改修された場合は 75 m<sup>3</sup>/s であるが、本プロジェクトでは改修されるのは下流 2.635 km の区間のみである。上流が未改修状態での流出量は上記の値より小さくなるが、下流部の設計流量として全面改修時の流量を採用するか下流部分改修時の流量を採用するか工事費、用地買収等の諸条件を勘案して決定する。

全面改修時及び下流部分改修時のハイドログラフ (5 年確率降雨) は図 3.2.5 の通りである。これよりピーク流出量はそれぞれ 75 m<sup>3</sup>/s 及び 40 m<sup>3</sup>/s となる。

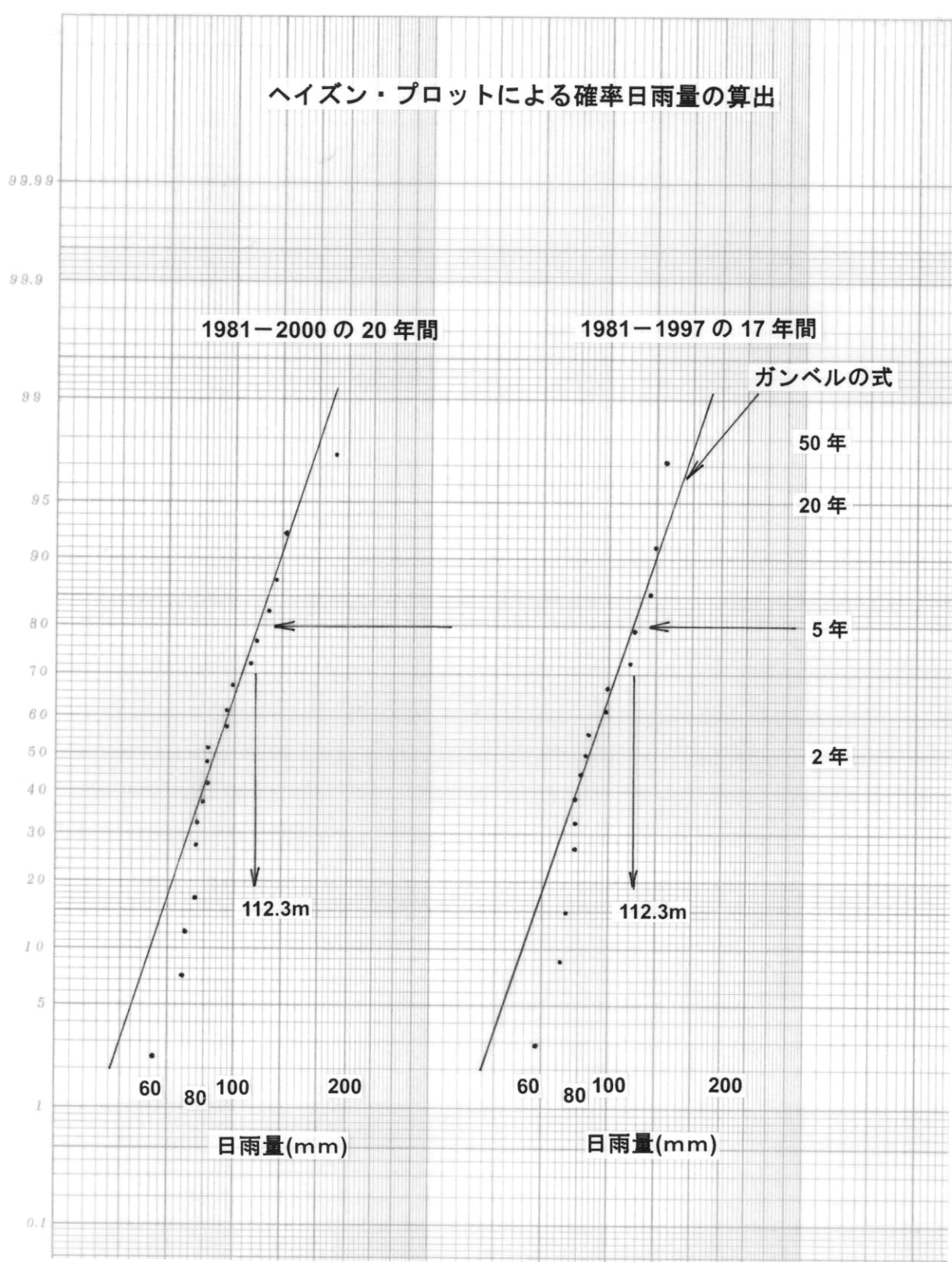


The Basic Design Study on Flood Protection and Drainage Improvement Project in the Municipality of Phnom Penh

☒ 3.2.3

排水改善施設位置図

CTIE International Co., Ltd.-Nippon Koei Co., Ltd.



The Basic Design Study on Flood Protection and Drainage Improvement Project in the Municipality of Phnom Penh

CTIE International Co., Ltd. - Nippon Koei Co., Ltd.

図 3.2.4  
ヘイズン・プロットによる確率日雨量の算出

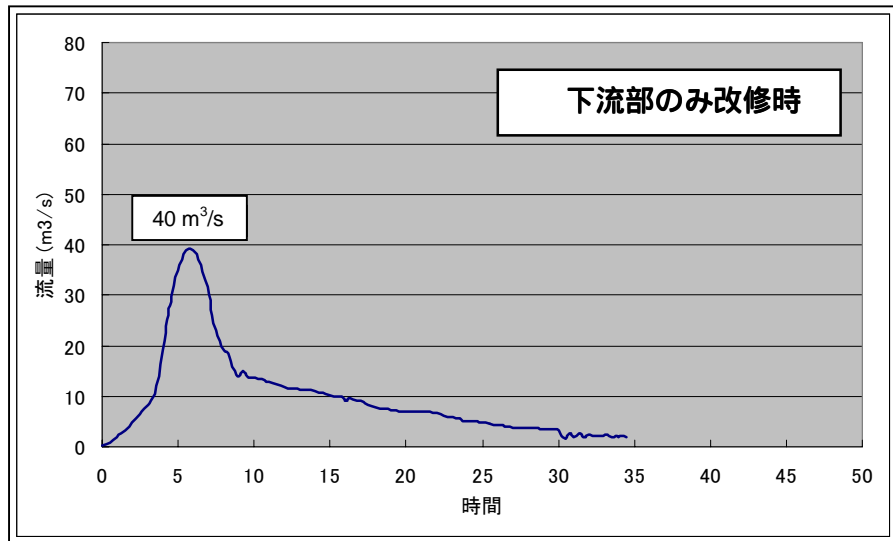
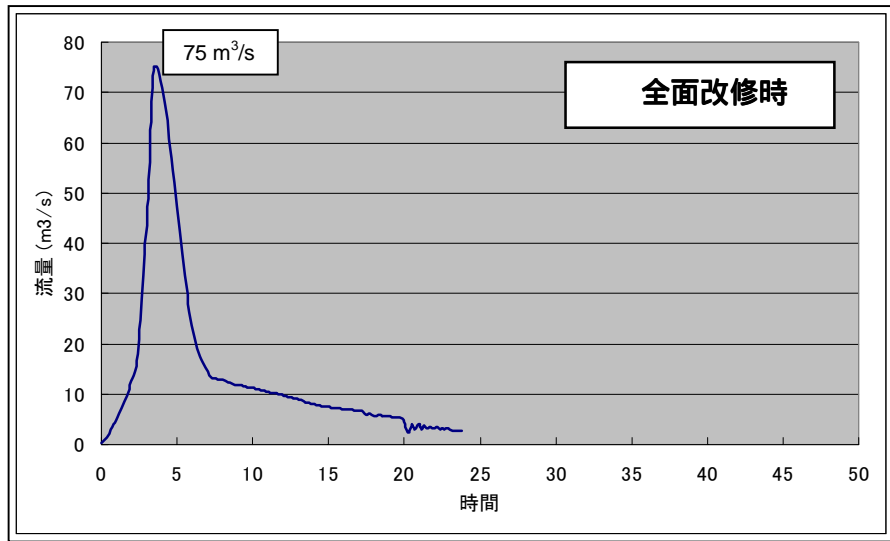
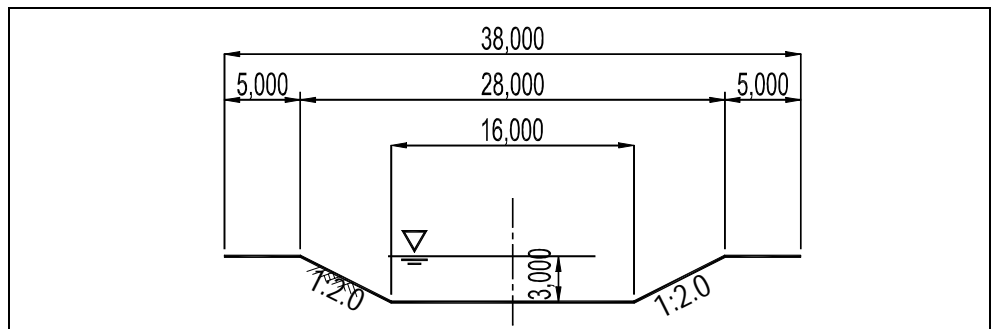


図 3.2.5 Meanchey 排水路下流部の 5 年確率降雨時ハイドログラフ

設計流量を決定するため上記 2 流量について以下の 3 ケースの排水路断面を設定し工事費、用地買収等について比較検討した。

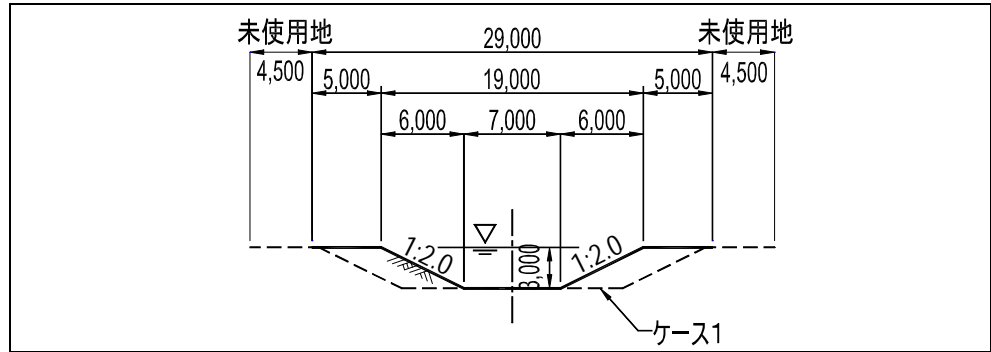
ケース 1 : 流量 75 m<sup>3</sup>/s (法面勾配 1:2.0、用地幅 38m)

全面改修時流量を設計流量とし、将来再改修の必要が無い。



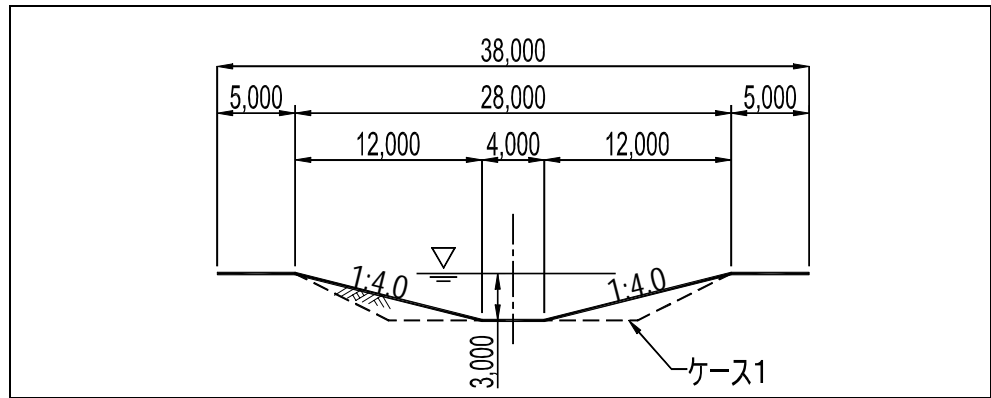
ケース2：流量 40 m<sup>3</sup>/s（法面勾配 1:2.0、用地幅 29m）

下流部分改修時流量を設計流量とし、将来再改修の必要有り。



ケース3：流量 40 m<sup>3</sup>/s（法面勾配 1:4.0、用地幅 38m）

下流部分改修時流量を設計流量とし、将来再改修の必要有り。



上記3ケースの水路断面諸元と工事費の比較を表3.2.11に示す。

表3.2.11 Meanchey 排水路断面の比較検討

項目	ケース1	ケース2	ケース3
設計流量	75 (m <sup>3</sup> /s)	40 (m <sup>3</sup> /s)	40 (m <sup>3</sup> /s)
用地幅	38 (m)	29 (m)	38 (m)
法面勾配	1:2.0	1:2.0	1:4.0
掘削量	201,800 (m <sup>3</sup> )	122,900 (m <sup>3</sup> )	142,700 (m <sup>3</sup> )
盛土量	3,900 (m <sup>3</sup> )	3,900 (m <sup>3</sup> )	3,900 (m <sup>3</sup> )
直接工事費	350 (×10 <sup>6</sup> 円)	220 (×10 <sup>6</sup> 円)	280 (×10 <sup>6</sup> 円)
備考	上流排水路改修後にも対応する断面である	上流排水路改修時に再改修が必要である。再改修時迄に未使用地を不法家屋が占拠する恐れがある。	上流排水路改修時に再改修が必要である。再改修時までの間に未使用地が無く不法占拠の恐れが無い。
判定	第3位	第2位	第1位

### ケース1

排水路上流部の確定した改修計画は現在無く、ケース1の場合この断面がフルに活用される時期が未確定である。また、ケース1の直接工事費は他の2ケースと比較して7千万円から1億3千万円も高く、現時点でこの差額分を無償資金協力で先行投資する妥当性は見出せない。従って第3位とする。

### ケース2

現在プノンペン市は、本プロジェクトの排水路用地として設計流量  $75\text{m}^3/\text{s}$  に対応する用地買収を進めている。このためケース2では、平均9m幅の未使用地が発生し再び家屋が不法占拠する恐れが強い。将来の改修時期は未定であるが、上流改修時にこれらの不法占拠家屋を再び撤去し補償費を支払うのは、プノンペン市にとって大きな負担となることは明らかである。従ってケース2の直接工事費は最も安い第2位とする。

### ケース3

ケース3は、上記2ケースの中間の案で直接工事費はケース2より6千万円高いが、将来再改修時に不法占拠家屋の再撤去の必要が無い。再改修は左右岸法面を掘削するだけであって特別困難な工事ではなく、現地のコントラクターでも対応可能である。

**よってケース3を第1位とし、設計流量は  $40\text{ m}^3/\text{s}$ 、法面勾配は  $1:4.0$  とする。**

(図3.2.6参照)

#### (c) 縦断計画

現地調査の結果より、水路床高は下流端 (Sta.0+000) において EL.0.700m、上流端 (Sta.2+635) において EL.1.754m とした。

#### (d) 横断計画

本設計では、現地調査の結果から、水路工事の施工及び建設後の維持管理を考えて水路の片側に幅員5m、両側で幅員計10mの管理用道路を設置することとした。管理用道路の舗装構成は、管理用車両の通行を考慮して厚さ30cmの砂利舗装とした。

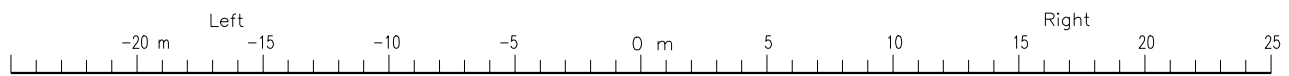
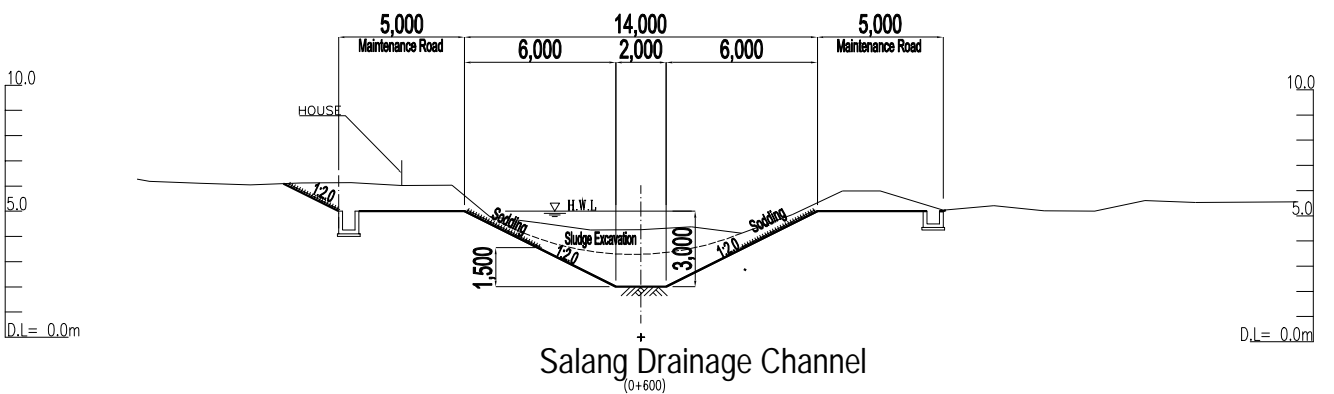
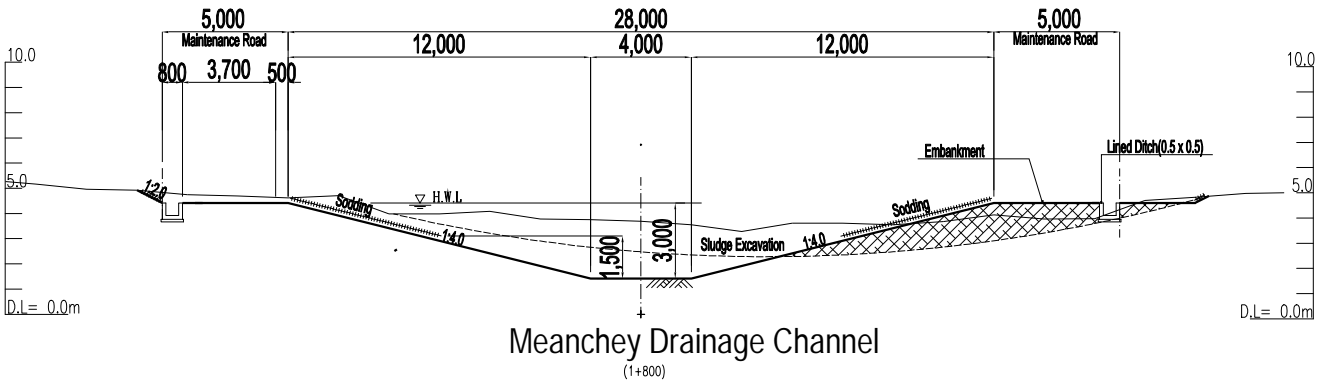
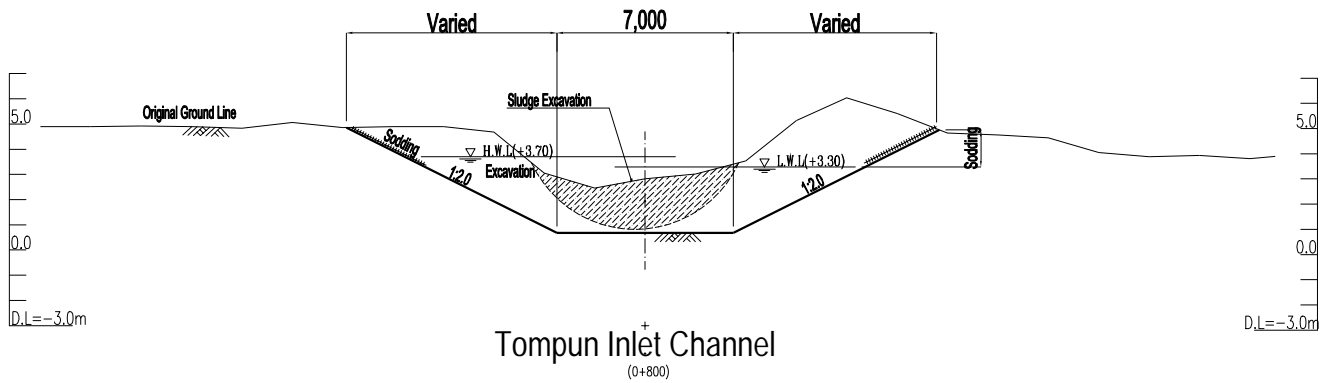
なお、水路断面に持たせる余裕高は、計画 Meanchey 排水路が現況地盤高より約3m以上掘り下げた掘込河道であることから、河川管理施設構造令に準拠し0mとした。水路の標準横断面図を図3.2.6に示す。標準断面図上には、現地調査の結果から推定したヘド口の範囲を示した。

#### (e) 平面計画

平面計画は、現地調査の結果より設定した。但し、次に示す理由から、事業化に際しては再度詳細な検討をする必要がある。



# TYPICAL CROSS SECTION



The Basic Design Study on Flood Protection and Drainage Improvement Project in the Municipality of Phnom Penh

CTIE International Co.,Ltd. - Nippon Koei Co.,Ltd.

図 3.2.6

排水路標準横断面図

- 今回使用した地形図は 1992 年に撮影された航空写真を基に作成されており、排水路周辺の現況（家屋の配置など）を反映しているとは言えない。
- 現況排水路沿いの家屋数が増加していることは、本調査団が現地で入手し現地調査の参考とした 2001 年 3 月撮影の航空写真からも明らかであった。
- 本事業の実現には、工事に伴う家屋移転数の多少が重要な要素となるため、移転家屋数をより少なくした平面計画が望まれる。
- したがって、詳細設計ではより精度の高い測量結果を使用して、平面計画の見直しを行う必要がある。

#### (f) 護岸計画

設計流量時の流速（0.9m/sec）から判断し、水路法面には護岸を設置しないこととした。但し、現況 Meanchey 橋の上下流においては、橋脚・橋台を保護するためにフトンかご、捨石による護床工、護岸工を設置する。

また、水路の水位 1.5m より上の水路法面、並びに管理用道路の切土及び盛土法面には、張芝工を施工する。

#### (g) 排水計画

排水路両側に管理用道路を設置するため、水路とその堤内地が道路により隔てられることとなった。このため周辺住民による水路への無秩序な排水工作が懸念される。本設計では、管理用道路及び水路法面の状態を良好に保つため、堤内地からの排水を集水する縦断側溝と集水した排水を水路へ流し込む横断函渠を計画した。また、現地踏査により堤内地に中規模な排水路が認められたので、Meanchey 排水路の Sta.1+800 右岸及び Sta.2+200 右岸の 2 箇所にやや規模の大きい排水函渠を計画した。

#### (h) 橋梁改修計画

Meanchey 排水路には現況道路の機能回復を目的とする 3 箇所の横断構造物を計画している。（図 3.2.3 参照）

表 3.2.12 改修対象橋梁の基本計画諸元

構造物名	計画位置	道路機能	備考
Bridge NO.1	STA 1+ 696	区画道路	斜角 75° 道路幅員 W=5m
Bridge NO.2	STA 1+ 480	区画道路	斜角 90° 道路幅員 W=5m
Bridge NO.3	STA 0+ 192	人道	斜角 90° 道路幅員 W=3m

#### (i) 計画の概要

横断構造物の形式は橋梁及び函渠工形式について比較検討した結果、橋梁案 2 箇所、函渠工案 1 箇所を採用した。（表 3.2.13、表 3.2.14 参照）

表 3.2.13 橋梁形式比較表 (Bridge No.1 & No.2)

比較案	側面図		断面図		摘要
	SP-PILE	RC-PILE	RC-T桁橋	RC-箱桁橋	
比較案 CASE-1 ハ・イルベント形式 2径間橋梁案 (RC-T桁橋) 斜角 = 75° (R)					<ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼管杭基礎となり、基礎工費が比較的高い。</li> <li>・ハ・イルベント形式であり、下部工の安定性に劣る。</li> <li>・上部工規模が小さく、仮設工</li> <li>・支保 伸縮装置の維持管理が必要である。</li> </ul>
比較案 CASE-2 2径間橋梁案 (RC-T桁橋) 斜角 = 75° (R)					<ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎工はRC杭であり、下部工費が軽減され経済的である。</li> <li>・ハ・イルベント形式に比べ安定性に優れる。</li> <li>・RC構造であり特に問題はない。</li> <li>・支保 伸縮装置の維持管理が必要である。</li> </ul>
比較案 CASE-3 2径間橋梁案 (RC-T桁橋) 斜角 = 75° (R)					<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋台工が大きくなり、下部工費が高くなる。</li> <li>・基礎の埋入れが大きくなり、洗掘等に対する安定性に優れる。</li> <li>・RC構造であり特に問題はない。</li> <li>・支保 伸縮装置の維持管理が必要である。</li> </ul>
比較案 CASE-4 単径間橋梁案 (PC-箱桁橋) 斜角 = 75° (R)					<ul style="list-style-type: none"> <li>・PC橋であり上部工単価が高い。</li> <li>・基礎の埋入れが大きくなり、洗掘等に対する安定性に優れる。</li> <li>・低桁内空間での作業が多く、形状</li> <li>・支保工の施工が大変である。</li> <li>・支保 伸縮装置の維持管理が必要である。</li> </ul>
比較案 CASE-5 函渠案 (4連カルバート案) 斜角 = 75° (R)					<ul style="list-style-type: none"> <li>・土盛り高が大きく躯体幅員が大きくなり、本体及び基礎工事費が大きくなる。</li> <li>・土盛りの為に構造巾が大きくなる。</li> <li>・分割施工の場合は継ぎ目等シロインスト構造に留意する必要</li> <li>・特に維持管理の必要はない。</li> </ul>

表 3.2.14 橋梁形式比較表 (Bridge No.3)

比較案	側面図	断面図	摘要	
			経済性	構造性
比較案 CASE-1 4径間連続スラブ橋			<ul style="list-style-type: none"> <li>ハイルベント形式であり杭は鋼管杭となり、カルハート案よりやや割高となる。 <small>68500 U.S.D.(1.07)</small></li> <li>スラブ、式ラーメン橋であり、下部構造がを小規模化できる。</li> <li>上部構造はスラブ、式のラーメン橋であり部材が薄く円各部、及び杭接合部の鉄筋配置が煩雑である。</li> <li>支承、ジョイントが無い為、維持管理は橋面工のみである。</li> </ul>	△
比較案 CASE-2 2径間連続RC-T桁橋			<ul style="list-style-type: none"> <li>RC構造でありPCI等の特殊作業が無いが、杭基礎となる為、カルハート案より劣る。 <small>105,700 U.S.D.(1.60)</small></li> <li>下部工は地盤に掘入れされている為、安定性に優れる。</li> </ul>	△
比較案 CASE-3 4連カルハート案			<ul style="list-style-type: none"> <li>抗基礎が不要であり経済的である。 <small>64,200 U.S.D.(1.00)</small></li> <li>剛構造であり、洗掘等に対する安定性に優れる。</li> <li>分割施工の場合は後継鉄筋、ジョイント構造に留意する必要がある。</li> <li>ほとんどメンテナンスフリーである。</li> </ul>	○
			総合評価	△
			総合評価	◎

Bridge No.1 : STA1+696 (橋梁) (表 3.2.13 参照)

橋長 : L = 32.2m  
 橋梁幅員 : 有効幅員 W = 5m  
 設計荷重 : A 活荷重  
 上部工 : 2 径間連続 RC-T 桁橋  
 下部工 : L 型橋台、壁式橋脚  
 基礎工 : RC 杭基礎 ( 400mm )

Bridge No.2 : STA1+480 (橋梁) (表 3.2.13 参照)

橋長 : L = 31.0m  
 橋梁幅員 : 有効幅員 W = 5m  
 設計荷重 : A 活荷重  
 上部工 : 2 径間連続 RC-T 桁橋  
 下部工 : L 型橋台、壁式橋脚  
 基礎工 : RC 杭基礎 ( 400mm )

Bridge No.3 : STA 0+ 192 (函渠) (表 3.2.14 参照)

構造形式 : 4 連函渠工  
 設計荷重 : 群集荷重 (q=3.5kN/m<sup>2</sup>)  
 基礎工 : 直接基礎

(ii) 設計条件

設計基準 : 道路橋示方書(1996 年)

使用材料 : コンクリート :  $c_k=24\text{N/m}^2$   
 鉄筋 : SD295A(降伏点応力 295N/mm<sup>2</sup>)  
 鋼管杭 : STK400

表 3.2.15 活荷重 : A 活荷重 (小交通量橋梁)

主載荷荷重 (幅 5.5m)						従載荷 荷 重
p1-等分布荷重			p2-等分布荷重			
載荷長	荷重強度 (kN/m <sup>2</sup> )		荷重強度 (kN/m <sup>2</sup> )			
D(m)	For B. Moment	For Shear Force	L 80	80<L 130	130<L	主載荷荷重 の 50%
6	10	12	3.5	4.3-0.01L	3.0	

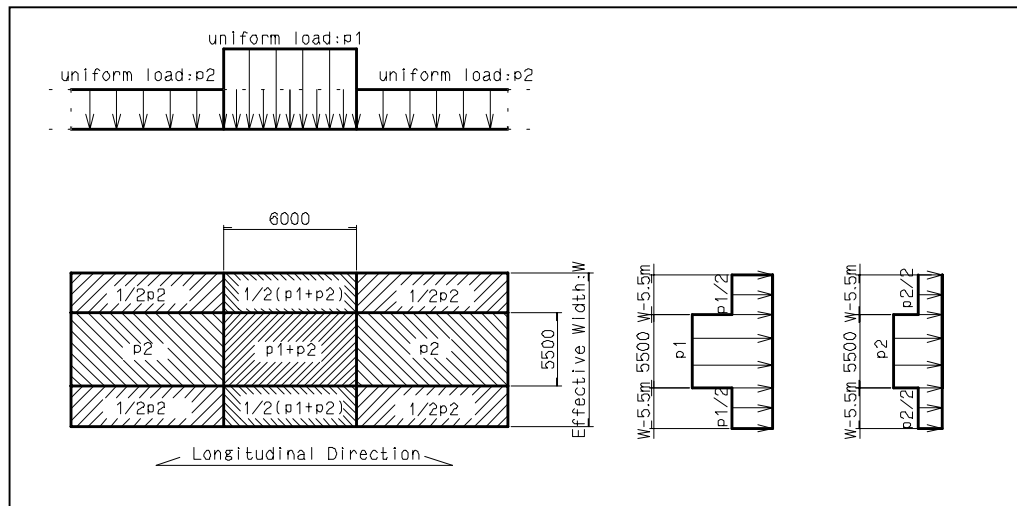


图 3.2.7 A 活荷重分布图

- 衝擊荷重 :  $I = 7/(20+L)$   
 $I$  : 衝擊係数  
 $L$  : 支間長
- 設計震度 :  $K_h=0.05$   
 $K_v=0.00$
- 温度变化 : 年間平均气温 : 27.8  
 年間最高气温 : 42  
 年間最低气温 : 11

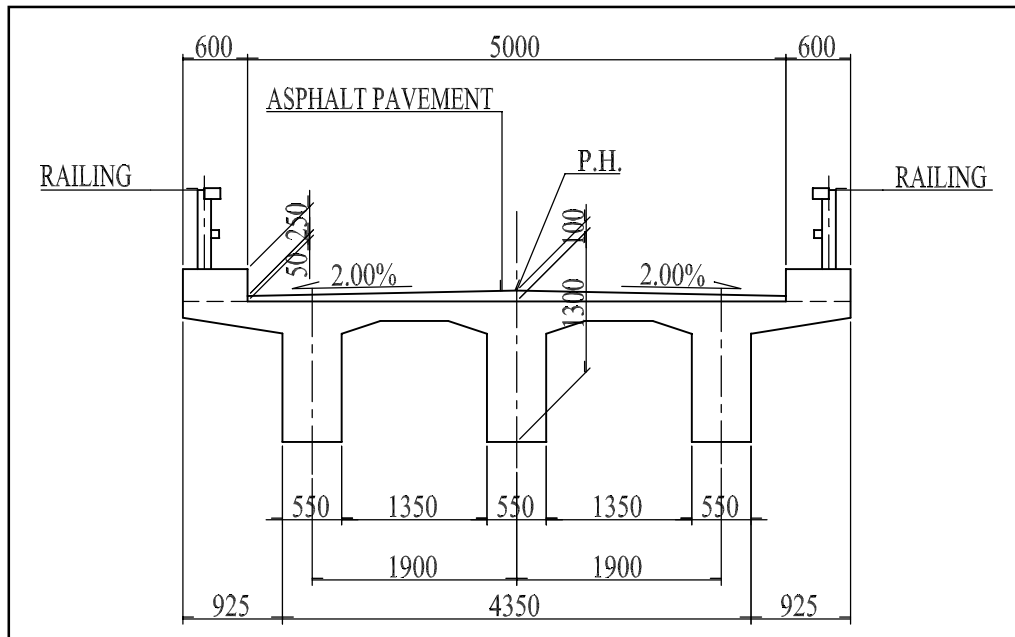


图 3.2.8 桥梁标准横断面图 (Bridge No.1 & No.2)

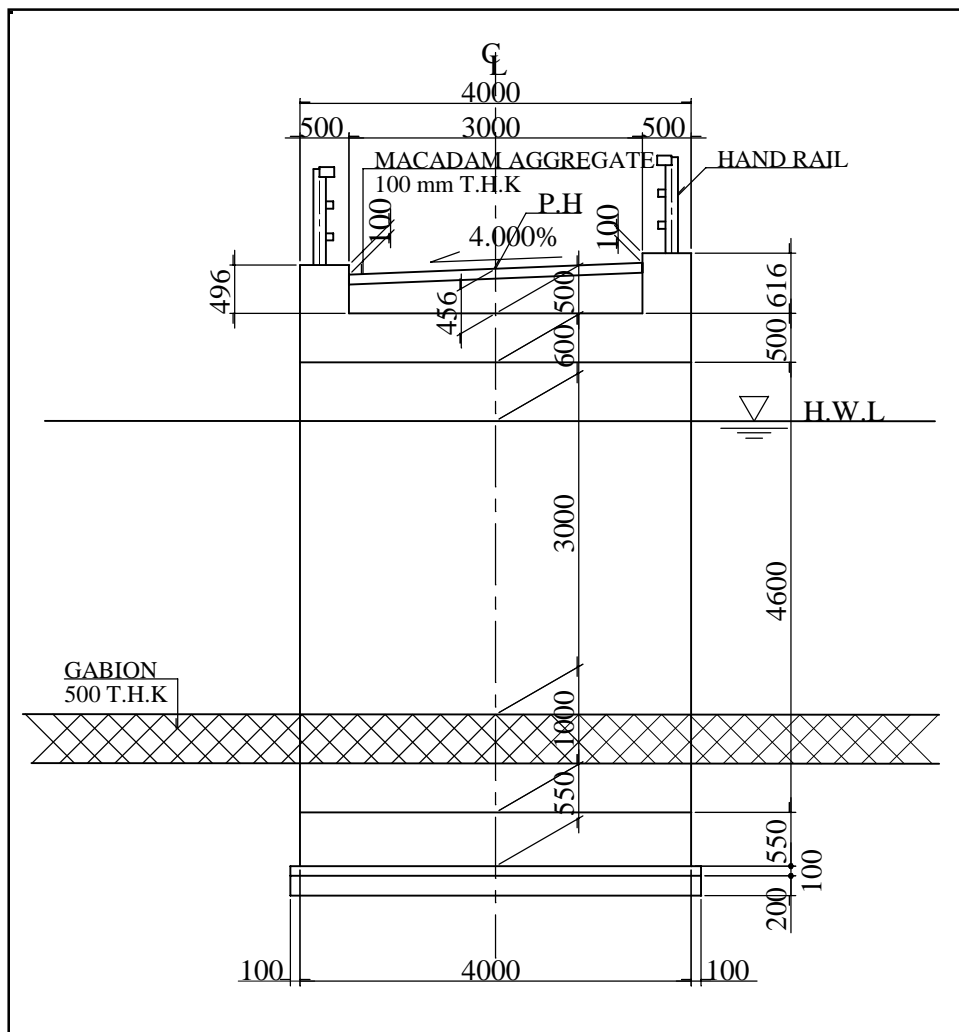


图 3.2.9 涵渠工案标准横断面图 (Bridge No.3)

#### (4) Tompun 流入水路改修

Tompun 流入水路は Meanchey 排水路の下流に位置し、Tompun 低湿地を通り新 Tompun 排水機場へ排水を導水する（図 3.2.3 参照）。Tompun 流入水路の計画諸元を表 3.2.16 に示す。

表 3.2.16 Tompun 流入水路計画諸元

改修流路延長(km)	設計流量(m <sup>3</sup> /sec)	縦断勾配	水路幅(m)
1.020	15.0	1/10,000	約 21.0

注) 水路幅は通水部の上幅。

##### (a) 縦断計画

Tompun 流入水路の縦断計画は、現地調査結果より、水路床高を下流端(Sta.0+000)において EL.0.600m、上流端(Sta.1+020)において EL.0.700m とした。

##### (b) 横断計画

設計流量を排水機場排水容量の 15 m<sup>3</sup>/sec とし、流量 15 m<sup>3</sup>/sec を流下させる断面を水理計算（等流計算）により計算した結果、水路床幅 7.0m、法面勾配を 1:2.0 とした。なお、15 m<sup>3</sup>/sec を越える流量は遊水池にあふれ、調整される。標準横断図は図 3.2.6 に示したとおりである。工事に際してはまず現況水路床部に堆積するヘドロを取り除くため、ヘドロの範囲を現地調査の結果から推定し、標準横断図上に示した。

現況地盤高が計画高水位より低い箇所では、洪水を自然に調整池へ溢れさせるため築堤は行わず現況地盤高までの掘削とした。また、現地調査の結果から水路工事の施工及び建設後の維持管理を考えて、Sta.0+500 から 1+020 間の左岸に幅 5m の管理用道路を設置することとした。なお、本流入水路が Tompun 低湿地にある特性を考えて縦断排水溝は設置しない。

##### (c) 平面計画

平面線形は、現地調査の結果から設定した。

##### (d) 護岸計画

水路法面は技術的な検討結果（設計流量時流速は 0.4m/sec）から護岸は設置しないこととした。但し、新 Tompun 排水機場の計画最低水位(LWL = EL.3.30m)より高い水路法面に張芝工を施工する。

#### (5) Salang 幹線排水路下流改修

Salang 排水路は、排水路整備工事の最上流に位置する（図 3.2.3 参照）。Salang 排水路の計画諸元を表 3.2.17 に示す。



表 3.2.17 Salang 排水路計画諸元

改修流路延長(km)	設計流量(m <sup>3</sup> /sec)	縦断勾配	水路幅(m)
0.887	21.0	1/2,500	14.0

注) 水路幅は通水部の上幅。管理用通路幅(10m)は含まない。

(a) 縦断計画

現地調査の結果より、水路床高は下流端(Sta.0-220)において EL.1.754m、上流端(Sta.0+667)において EL.2.109m とした。

(b) 横断計画

現地調査の結果から、水路工事の施工及び建設後の維持管理及び Meanchey 排水路との連続性を考えて、水路両側に幅員 5m 両側で計 10m の管理用道路を設置することとした。管理用道路の舗装構成は連続する Meanchey 排水路と同じ構成とした。

Salang 排水路は全長 1.22km の内下流部 0.887km を本プロジェクトで改修する。全長を改修した場合の計画流出量は 21.0 m<sup>3</sup>/s であるが、下流部のみ改修した場合は 13.0 m<sup>3</sup>/s となる。しかしながら設計流量を 13.0 m<sup>3</sup>/s とした水路断面はプノンペン市が本プロジェクトのために確保する用地を全巾活用すると非現実的な断面となる。このため上流部も改修した時の流出量 21.0 m<sup>3</sup>/s を計画流量とする。Salang 排水路は、Meanchey 排水路と同じく掘り込み河道であるので余裕高は 0m とする。

以上の結果を取りまとめた Salang 排水路標準横断面図は図 3.2.6 に示したとおりである。また、現地調査の結果から推定したヘド口の範囲を標準横断面図上に示した。

(c) 平面計画

平面計画は、現地調査の結果より設定した。但し、Meanchey 排水路と同じ理由で、事業化に際しては再度検討する必要がある。

(d) 護岸計画

水路の法面には検討結果(設計流量時流速 0.9m/sec)から護岸は設置しないこととした。但し、水路水位 1.5m より上の水路法面、並びに管理用道路の切土及び盛土法面に張芝工を施工する。

また、現況 Meanchey 橋の橋台・橋脚を保護し Salang 排水路と Meanchey 排水路の合流点を強化するために、Meanchey 橋下流側 10m を起点として上流側 80m に渡って練石積とふとん籠を組み合わせた護岸と護床工を設置するものとし、さらに改修区間最上流部のボックスカルバート橋梁(Boeng Salang 橋)への取付けとして護床工、護岸工を設置する。

(e) 排水計画

Meanchey 排水路と同様の理由で管理用道路を、また堤防法面の状態を良好に保つために堤内地からの排水を集水する縦断側溝と集水した排水を水路へ流し込む横断函渠を計画した。また、現地踏査により堤内地に中規模の排水路が認められたので、Salang 排水路の Sta.0 + 200 右岸及び Sta.0 + 300 左岸の 2 箇所、他の横断函渠よりもやや規模の大きい排水函渠を計画した。

(f) 既設橋梁改修 (Salang 排水路改修区間上流端の Boeng Salang 橋の改修)

Salang 排水路改修区間上流端に Boeng Salang 橋と呼ばれる道路 No.336 の一部を成す橋梁が架かっている(図 3.2.3 参照)。当該橋梁の改修は当初先方政府の要請に含まれていなかった。しかし、その後プノンペン市が Salang 排水路の上流区間を浚渫・掘削することを計画しており、本プロジェクトによって Salang 排水路の下流区間を改修して、当該橋梁の上下流が改修されると現橋梁の安全性の確保が不確実なものとなる可能性が生じることが判明した。プノンペン市は、基本設計概要の現地説明時に、本橋梁の改修を本プロジェクトに含むよう要請し、JICA で検討の結果、本橋梁の改修を本プロジェクトに含める事となった。

本橋梁の施設改修規模は現況道路の機能回復程度とし、将来の道路拡幅にも容易に対応出来る構造とする。本橋梁の計画諸元を表 3.2.18 に示す。

表 3.2.18 Boeng Salang 橋計画諸元

施設名称	計画位置	道路機能	備考
Boeng Salang 橋	STA 0+ 667	区画道路	斜角 90° 道路幅員 W=6m

(i) 計画概要

横断構造物の形式は構造の単純なボックスカルバート工形式とした。

構造形式 : 1 連函渠工  
設計荷重 : 活荷重:T 荷重(250kN)  
基礎工 : 杭基礎<sup>(\*)</sup>  
設計基準 : 道路橋示方書(1996 年)  
道路土工 カルバート工指針(1999 年)  
使用材料 : コンクリート:  $ck=21N/mm^2$   
鉄筋: SD295A(降伏点応力 295N/mm<sup>2</sup>)

(\*) 本構造物は現地調査後に要請されて追加された構造物であるため、地質調査が行われておらず、基礎地盤の支持力等が明らかでない。したがって、基礎の形式は事業化に際して再度検討する必要がある。

(ii) 断面計画

ボックスカルバートの内空断面寸法は、上流区間の改修断面と同一断面積を有する断面となるよう考慮して決定した。将来計画における上流区間の流水断面積は図 3.2.10

に示す通り  $11.7\text{m}^2$  であることから、ボックスカルバートの流水断面積は、幅  $4.0\text{m} \times$  水深  $3.0\text{m} = 12.0\text{m}^2$  とした。ボックスカルバートの内空断面寸法は、水深に  $60\text{cm}$  の余裕高を加え、幅  $4.0\text{m} \times$  高  $3.6\text{m}$  とした。

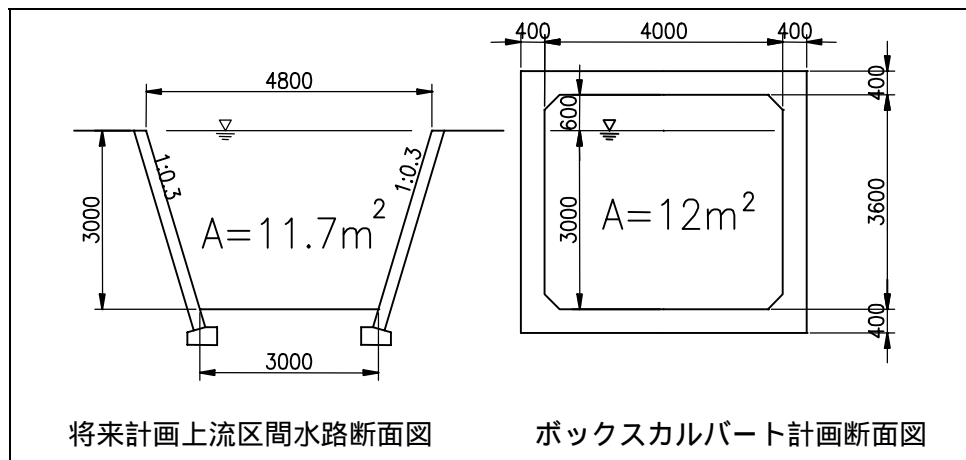


図 3.2.10 Salang 排水路上流区間とボックスカルバートの通水断面比較

(iii) 縦断計画

ボックスカルバートの長さは、現況道路幅を考慮して片側  $3\text{m}$  の 2 車線道路用幅員を確保できるような長さとした。したがって、橋梁の有効幅員を  $6\text{m}$  とし、両端に幅  $30\text{cm}$  の地覆を設けて  $6.6\text{m}$  とした。

道路 No.336 は将来拡幅する予定があり、本橋梁も将来拡幅の可能性があることから、将来の拡幅に対応できるようにボックスカルバートの上下流端に継ぎ手用の鉄筋を  $50\text{cm}$  張り出し、防錆のため、均しコンクリートと同品質の貧配合コンクリートで鉄筋を被覆することとした。

また、地覆部も拡幅時には取り取ることになるため、同様に貧配合コンクリートで施工することとした。(図 3.2.11 参照)

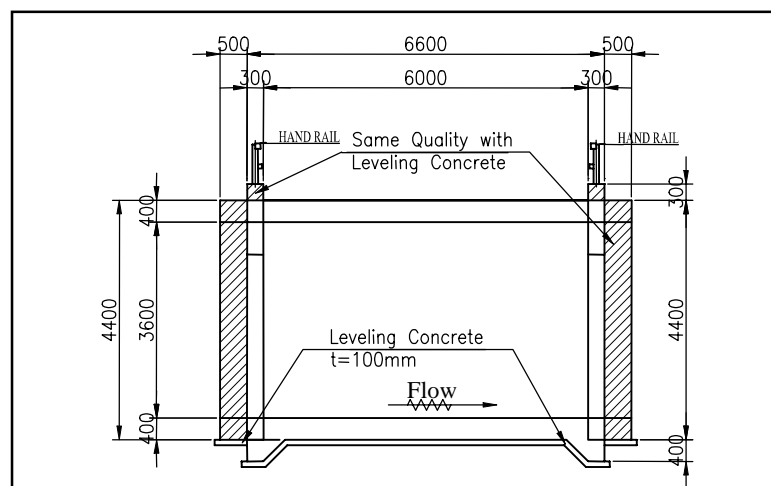


図 3.2.11 Boeng Salang 橋貧配合コンクリート施工部分

(iv) 取り付け道路計画

ボックスカルバート天端から現道まで、取り付け道路によりすり付ける。すり付け区間長は左右岸ともに5%勾配で延長20mとした。取り付け道路の幅員は、現況道路幅を考慮して片側3mの2車線で6.0mとした。

現場は住居の密集した地域であり、用地幅が十分に確保できないため、取り付け道路は土留壁を設けて盛土するものとした。土留構造は、壁高が低いことから重力式擁壁とした。

(6) 新Tompun排水機場建設

(a) 排水機場設置位置の決定

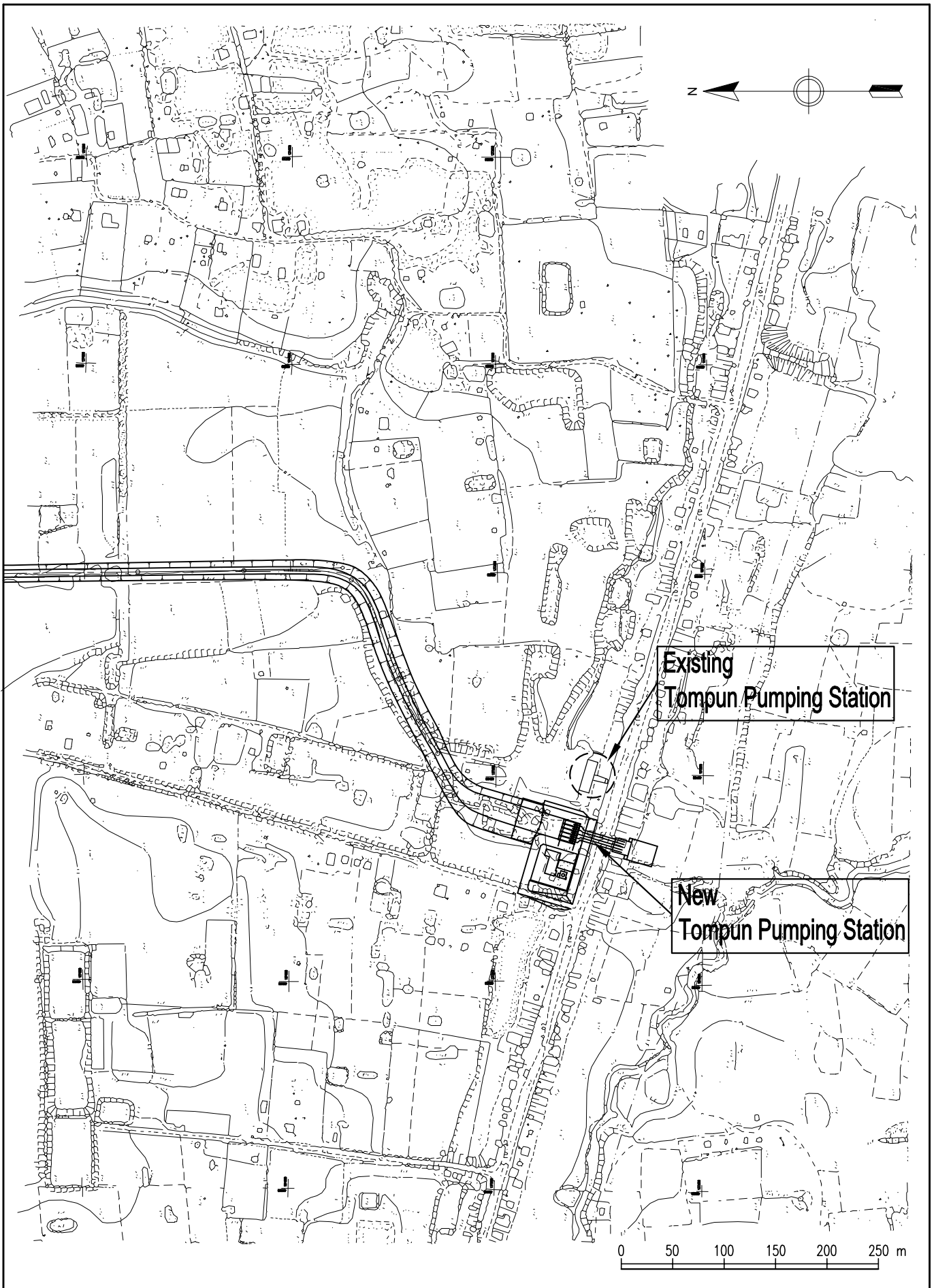
本排水機場はMeanchey、Salang排水路に流入する雨水を、Tompun堤防外に排水するものであるため、同排水路末端にある既設Tompun排水機場に隣接する用地に設置することとする。新Tompun排水機場の位置を図3.2.3及び図3.2.12に示す。

(b) 排水容量の決定

「(3) Meanchey排水路」で記述した通り、Meanchey排水路の改修が下流部のみ行われた場合、ピーク流出量は $40 \text{ m}^3/\text{s}$ である。また、排水機场上流側の調整池改修は本プロジェクトに含まれていない。したがって、排水容量は以下の条件で検討する。

- (i) 調整池ピーク流入量は、 $40 \text{ m}^3/\text{s}$ とする。
- (ii) 調整池は未改修で調整容量は、 $299,000 \text{ m}^3$ とする。
- (iii) 調整池内に貯留された雨水は、24時間で排水する。

上記の条件で、排水容量について解析を行った結果を図3.2.13に示す。



The Basic Design Study on Flood Protection and Drainage Improvement Project in the Municipality of Phnom Penh

CTIE International Co., Ltd. - Nippon Koei Co., Ltd.

☒ 3.2.12

新Tompun排水機場位置図

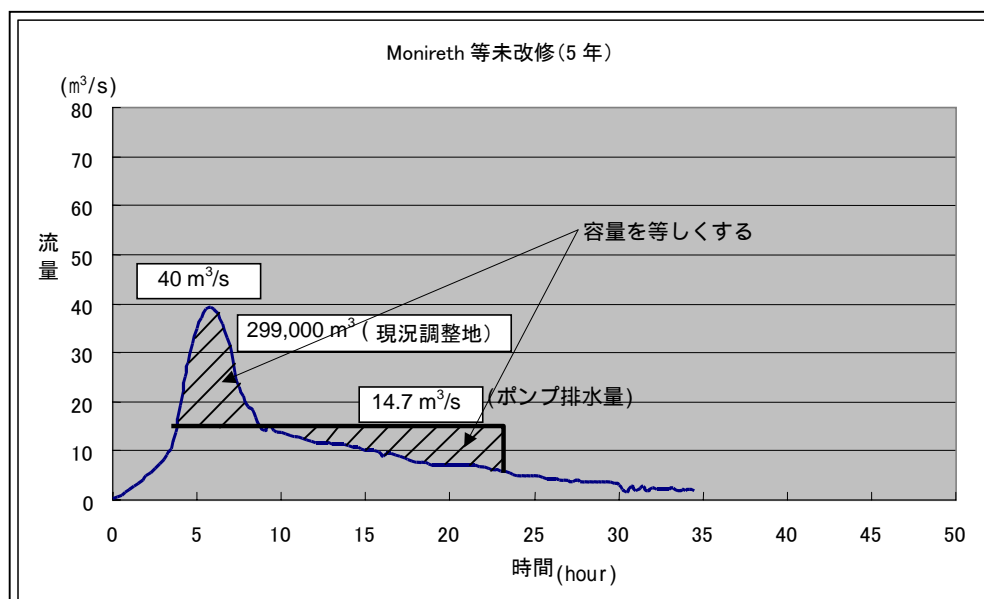


図 3.2.13 新 Tompun 排水機場における洪水調節計画

図 3.2.13 より、排水機場の排水容量は  $15 \text{ m}^3/\text{s}$  とする。なお、将来的に Meanchey 排水路上流部及び調整池が改修された場合に必要とされる、5 年確率降雨に対応する排水容量も  $15 \text{ m}^3/\text{s}$  であり、本計画における計画排水量は、将来計画に対しても対応可能な容量である。

(c) ポンプ台数と単機容量の決定

排水ポンプの構成は、下記(i)～(vi)に記述する理由により、 $15 \text{ m}^3/\text{s}$  の総排水量に対して 1 台あたりの排水量  $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$  のポンプを 5 台配置する計画とした。

ポンプ設置台数及び単機容量は、洪水時の出水変動に追従できるとともに、運転を必要とする平常時の出水にも円滑な排水ができるよう、またポンプの故障時のことも考慮して決定される。

(i) 計画排水量及びポンプ故障時の危険分散に対する配慮

計画排水量  $15 \text{ m}^3/\text{s}$  に対するポンプ設置台数は、排水ポンプ設備規準で 2～4 台が適当とされている。しかしながら、故障時の現地における修理が容易ではないと考えられるため、一台のポンプ故障時に残りの可動できるポンプ台数を確保することを考慮して、ポンプ設置台数は 3～5 台が適当である。

(ii) 洪水時の出水変動に対する配慮

洪水時の出水変動に追従するためには、ポンプの台数制御による運転を行うのが望ましい。ポンプ設置台数を多くし、単機容量に変化を持たせれば、出水変動に対しての追従性は良くなるが、維持管理性を考慮すると、ポンプ形式は同一、かつ 1 台当たりの容量も同一のものが好ましい。

(iii) 間欠運転防止に対する配慮

内水域が湛水し内水流量が十分に大きい場合は、ポンプの排水容量が大きければ大きいほど湛水時間が短くなり、排水効果は高くなるといえる。しかし、ポンプの運転開始後に内水流量が少ない場合、ポンプ容量が大きいと間欠運転を強いられる可能性が高くなり、ポンプの性能維持の面において望ましくなく、運転効率も悪くなる。当該排水機場では、乾期における排水は、主として生活廃水のみを対象としている。このため、乾期における排水量が小さく、1台当たりの排水量は小さい方が全体的な運転効率は向上すると言える。

ここで、乾期における内水流量を  $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$  と仮定すると、24時間で  $64,800 \text{ m}^3$  が調整池に貯留されることとなる。これを、仮に一台のポンプにより6時間で排水するとすると、ポンプ排水量は  $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$  となる。この場合、計画排水量  $15 \text{ m}^3/\text{s}$  に対してポンプ設置台数は5台となる。

(iv) 用地に対する配慮

用地取得費用、土木建築工事費等の経済性の面からは、台数を少なくし用地面積を小さくする方が有利となる。

(v) 経済性・維持管理性に対する配慮

ポンプ形式を水中ポンプとする場合、低電圧モータとする方が価格面及び維持管理面で有利となる。低電圧モータの出力範囲は  $300\text{kW}$  以下とすることが望ましい。

ポンプ台数を4台とした場合、ポンプ1台当たりの出力は  $320\text{kW}$  となり、高電圧モータが必要となるが、ポンプ台数を5台とすると、ポンプ1台当たりの出力は  $260\text{kW}$  となり低電圧モータとなるので設備費及び維持管理費において有利となる。

(vi) 結論

上記(i)～(v)の項目を総合的に勘案し、「**ポンプ5台×単機容量  $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$** 」という計画とした。

(d) ポンプタイプの決定

ポンプの軸形式には、立軸形、横軸形、水中ポンプがある。これら3形式の諸条件を比較して、表3.2.19に示す。

各ポンプ形式の諸条件を比較検討して、総合的に評価した結果、水中ポンプが最適なポンプ形式となった。

表 3.2.19(1/2) ポンプ形式比較表(1/2)

	立軸形		横軸形		水中形	
	比較内容	評価	比較内容	評価	比較内容	評価
適用原動機	立軸原動機直結駆動が多い。内燃機関、横軸電動機で駆動する場合はベベル歯車減速機が必要で立軸電動機駆動よりもスペースが多く必要。		横軸電動機駆動が多く立軸電動機より汎用性があり、内燃機関駆動の場合も歯車減速機が簡単で立軸形よりも有利。		水中電動機（カゴ形、乾式）となる電動機は、水中形に設計したもので特殊絶縁体がいわれている。	
据付スペース	横軸形に比べて少ないスペースでレイアウトができて、機場用地確保の点で有利。		立軸形に比べて設置スペースは多くを要し、機場用地確保の難しい場合は不利。		立軸形と同様に、横軸形に比べて少ないスペースでレイアウトができて、機場用地確保の点で有利。	
建屋構造	横軸形に比べて設置スペースが少ないので建屋梁間も短く建屋設計の点で有利。横軸形に比べて一般的にクレーン下が高くなり建屋も高くなる。電動機を屋外形とし、特に上屋を設けない場合もある。		立軸形に比べて設置スペースが大きいため建屋梁間も長く建屋設計の点で不利。立軸形に比べて一般的にクレーン下が低くなり建屋も低くなる。立軸形に比べて単価面積当たりの荷重が小さくてよい。		操作盤などは建屋に収納しポンプは屋外設置のケースが多く、この場合は最も小さくすむ。	
運転操作性	横軸形（吸上方式）に比べて起動前満水操作の必要がなく、従って自動化する場合に操作も簡単。		押込方式でない限りは起動前満水操作の必要があり、揚水までに多少の時間を要す。自動化する場合に操作が複雑。		横軸形（吸上方式）に比べて起動前満水操作の必要がなく、従って自動化する場合に操作も簡単。	
補機類の要否	起動前満水操作の必要がなく、満水用真空ポンプが不要。水潤滑軸受形式では、フローリレー、ストレナー、電磁弁などの給水装置が必要。		押込方式でない限りは満水用真空ポンプや軸封水ポンプなどが必要。		満水用真空ポンプや軸封水ポンプなどが不要。	
清水の要否	水潤滑軸受形式では潤滑水清水を要す。揚水が清水の場合は起動後自圧水に切り換えが可能。原動機、減速機が水冷式の場合は別途要否の検討を要す。		軸封水形式では軸封水用清水を要す。		潤滑用清水や軸封水用清水は不要。	
吸揚げ性能	横軸形に比べて羽根車が吸水面の下にあり、通常の場合キャビテーションは起こらない。かなり深い水面から揚水できる。		押込方式でない限りは吸揚げ高さや回転速度により吸揚げ高さに限界があり、立軸形に比べてキャビテーションが起こり易く不利。		横軸形に比べて羽根車が吸水面の下にあり、通常の場合キャビテーションは起こらない。かなり深い水面から揚水できる。	



表 3.2.19(2/2) ポンプ形式比較表(2/2)

	立軸形		横軸形		水中形	
	比較内容	評価	比較内容	評価	比較内容	評価
電動機の絶縁保護	洪水時浸水した場合に原動機の設置レベルは一般的に横軸形に比べ高いので、原動機が冠水しにくいと言える。二床式では計画的に冠水位以上に設置できる。		洪水時浸水した場合に原動機の設置レベルは一般的に立軸形に比べ低いので、原動機が冠水し易く、特に浸水防止対策が必要な場合がある。		電動機自体が水中にあるので考慮の必要がない。	
耐食性	運転中も停止中も羽根車やケーシングが水面下にあるので同じ材料では横軸形に比べて腐食進行が早いと言える。		吸込方式で停止中真空破壊すれば羽根車やケーシングが水面上にあるので同じ材料では立軸形に比べて腐食進行は遅いと言える。		運転中も停止中も羽根車やケーシングが水面下にあるので同じ材料では横軸形に比べて腐食進行が早いと言える。	
据付工事の容易性	ポンプ本体床下が長い場合は横軸形に比べてかなり面倒。床下が短くポンプ本体を組立てたまま据え付ける場合は比較的容易。		ポンプ、減速機、原動機をそれぞれ据え付ける場合には立軸形より面倒。ポンプ、原動機が共通台板上に載っている場合は芯出しし易く据え付けは比較的容易。		ポンプ本体を組立てたまま据え付けるので他の形式に比べて最も容易。	
分解点検の容易性	定期点検などで分解する場合はポンプを床上に引き上げねばならず、横軸形よりも手間がかかる。		定期点検などで分解する場合はポンプを据え付けた状態で分解点検ができ、立軸形よりも簡単。		定期点検などで分解する場合はポンプを床上に引き上げねばならず横軸形よりも手間がかかる。ただし、着脱形はポンプの床上引上げが容易	
維持管理の容易性	横軸形に比べて起動用補機類が少ないのでやや有利。床下部分は日常目視点検ができないから横軸形に比べて維持管理の信頼性にやや不安がある。		吸込方式では立軸形に比べて起動用補機類が多いのでやや不利。立軸形や水中形に比べてポンプの外観目視点検が随時できるので維持管理の信頼性が高い。		日常管理すべき機械部分はないので管理が最も簡単。月一回程度絶縁抵抗測定を行い、異常の早期発見に努めることが望ましい。	
騒音の程度	羽根車が水中にあるので電動機駆動の場合は横軸形に比べてポンプ発生音による騒音は少ない。内燃機関駆動では一般に電動機より音が高く騒音規制のある所では対策を要する場合がある。		羽根車が床上にあるので電動機駆動の場合は立軸形に比べてポンプ発生音による騒音は多いといえる。内燃機関駆動では一般に電動機より音が高く騒音規制のある所では対策を要する場合がある。		羽根車も電動機も発生音源は水中にあるので、騒音は最も少ない。	
総合評価						

(e) 土木施設の基本設計

排水機場及び付属施設のレイアウトは、図 3.2.14 に示す通りである。

排水機場主要諸元は以下の通りである。

吸水槽：5.8 m (長さ) × 3.6 m (幅) × 3.0 m (高さ)

吐出し管：鋼管 ( 1,200 mm ) × 5 本 × 44 m ~ 46 m (長さ)

吐き出し管は Tompun 輪中堤を横断するため、コンクリートで巻いて補強する。

設計外水位：EL. 9.30 m

基礎工形式(排水機場本体、吐出し口)：杭基礎 鋼管杭 ( 600mm ~ 450mm )  
長さ 14 m ~ 20 m

基礎工形式(吐出し管)：杭基礎 PC 杭(400mm × 400mm)、長さ 21m

(f) 電源設備の検討

排水ポンプを駆動する電源としては、商用電源とディーゼル発電機の 2 種類がある。以下に示す 5 ケースの電源の組み合わせを比較検討し、最適な電源を決定する。

ケース 1 乾期には、家庭雑廃水及び雨水を商用電源でポンプ 1 台を間欠運転して排水し、雨期には 1 台を商用電源で、4 台をディーゼル発電機で運転して雨水を排水する。商用電源を用いるのは間欠運転時のポンプのオン、オフが容易であるためである。

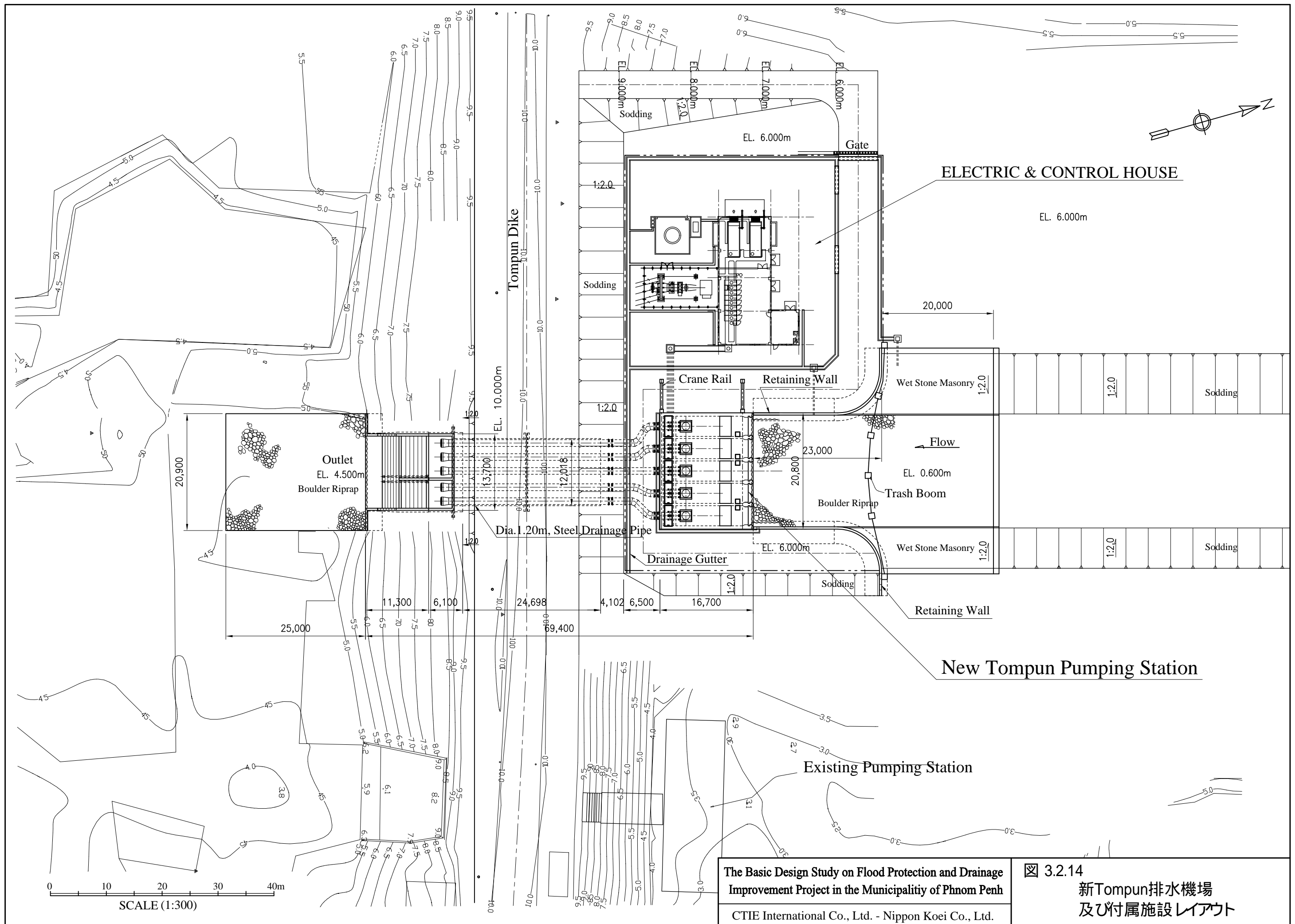
ケース 2 乾期には家庭雑廃水を排水するために商用電源でポンプ 1 台を間欠運転し、雨期には 5 台のポンプを全てディーゼル発電機で運転する。

ケース 3 乾期の家庭雑廃水の排水、雨期の雨水排水とも全てディーゼル発電機でポンプを運転して行う。

ケース 4 乾期、雨期とも 5 台のポンプ全てを商用電源で運転する。さらに、非常用電源としてポンプ 5 台が運転できる発電機を設置する。

ケース 5 乾期、雨期とも 5 台のポンプ全てを商用電源で運転する。さらに、非常用電源としてポンプ 3 台が運転できる発電機を設置する。

上記の 5 ケースについて設備費、年間ポンプ運転経費を算定した結果を表 3.2.20 に示す。但し、年間ポンプ運転時間は 1998 年から 2000 年までの降雨データを用いてシミュレーションした結果に基づき、延べポンプ運転時間で 5,200 時間 / 年とした。



The Basic Design Study on Flood Protection and Drainage Improvement Project in the Municipality of Phnom Penh  
 CTIE International Co., Ltd. - Nippon Koei Co., Ltd.

図 3.2.14 新Tompun排水機場及び附属施設レイアウト

表 3.2.20 電源別の運転費用及び設備費用の比較検討表

比較ケース		ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	
ポンプの 運転台数	乾 期	発電機運転	0 台	0 台	1 台	0 台	0 台
		商用電源	1 台	1 台	0 台	1 台	1 台
	雨 期	発電機運転	最大 4 台	0 台	最大 5 台	0 台(*1)	0 台(*2)
		商用電源	1 台	最大 5 台	0 台	最大 5 台	最大 5 台
年間運転費用 (×10 <sup>3</sup> )		¥21,900 US\$ 182.5	¥20,000 US\$ 166.7	¥18,800 US\$ 156.7	¥32,200 US\$ 268.3	¥26,500 US\$ 220.8	
受電・発電施設費用 (×10 <sup>3</sup> )		¥157,000 US\$ 1,308	¥157,000 US\$ 1,308	¥112,500 US\$ 938	¥162,000 US\$ 1,350	¥142,000 US\$ 1,183	
評価		4	3	2	5	1	

(注) US\$ ¥ 為替レート (US\$ 1 = 120 円)

(\*1) ケース 4 はポンプ 5 台分の非常用発電機を設置

(\*2) ケース 5 はポンプ 3 台分の非常用発電機を設置

表 3.2.20 において、ケース 3 が運転費・施設費ともに最も安価となる。しかしながら、運用開始後の維持管理を考えた場合、商用電源を使用した運転方法の方がプノンペン市として維持管理が容易となる。

以上、最適な電源の組み合わせに関する検討の結果、維持管理の容易性を重視し、運転費が 2 番目に高価となるが、施設費が 2 番目に安価で、維持管理が最も容易なケース 5 を採用することとした。

なお、非常用電源としては、出力 750kVA のディーゼル発電機を 2 台設置する。

#### (7) Tum Nup Toek 排水樋管新設

現地調査の結果から、Meanchey 排水路 Sta.1 + 300 左岸付近に排水樋管を新設する(図 3.2.3 参照)。本樋管は、2 次排水を対象とするため、2 年確率降雨の流出計算結果より設計流量を 7m<sup>3</sup>/s とし、表 3.2.21 に示すような構造形式の検討を行い、第 4 案の 1.75m(幅) × 3.60m(高) × 1 連という構造を採用した。

本樋管の計画諸元を表 3.2.22 に示す。

表 3.2.22 Tum Nup Toek 排水樋管計画諸元

設計流量(m <sup>3</sup> /s)	函勾配	函断面
7.0 (2 年確率)	1/2,500	1.75m(幅) × 3.60m(高) × 1 連

Tum Nup Toek 排水樋管を新設して現在機械排水により行われている内水排除(排水容量 0.25m<sup>3</sup>/s × 2 台)を自然流下方式(設計流量 7 m<sup>3</sup>/s)に変更し、内水被害頻度並びに被害規模の低減を図る。なお、本樋管はプノンペン市の内側輪中堤を横断する位置にあり、外郭堤防が破堤した場合この堤防は資産の集積する旧市街を守る最終防御ラインとなる。このため万一外郭堤防が破堤した時に洪水が旧市街地に流入しないよう本樋管にゲートを設置することとした。また、現地説明時にプノンペン市による内側輪中堤天端の道路拡幅計画があることが判明した。天端道路が将来拡幅されても対応できる樋管構造とした。

表 3.2.21 Tum Nup Toek 排水樋管構造形式比較表

No.	Sluiceway Type	設計条件	評価項目と評価結果				結果集計
			治水性	将来計画との適合	維持管理	工事費 (US\$)	
			ゲートタイプの治水安全度の多少で比較する	将来計画との適合度の多少で比較する	勾配変化による洗掘被災の可能性の多少で比較する		
1	Box Culvert 幅2.55m 高2.50m 1連	設計流量: 7 m <sup>3</sup> /sec  2年確率雨量を使った流出計算結果より断面寸法を決定	◎	◎	○	200,000	5
			スルースゲート	敷高がやや高い	勾配変化点あるので落差解消が必要となる洗掘被災の可能性やや多い		
2	Pipe Culvert φ 1.80m 2連		○	○	○	251,500	3
			フラップゲート	敷高が高い	勾配変化点あるので落差解消が必要となる洗掘被災の可能性多い		
3	Box Culvert 幅1.65m 高1.65m 2連	○	○	○	203,000	3	
		フラップゲート	敷高が高い	勾配変化点あるので落差解消が必要となる洗掘被災の可能性多い			
4	Box Culvert 幅1.75m 高3.60m 1連	◎	◎	◎	180,400	6	
		スルースゲート	敷高が低い ため将来の排水計画へ広く対応が可能	勾配変化点がなく洗掘被災の可能性は最も少ない			

注) ◎は2ポイント、○は1ポイントとする。

評価の判断基準	◎安全度が高い (河川構造令より)	◎将来の計画に 広く対応が可能	◎洗掘被災の可能性小
---------	----------------------	--------------------	------------

その他、計画内容を以下に列挙する。

- 現地調査の結果から、樋管は用地取得問題を最小とするように既存道路（道路 No.183）下に道路を横断して設置することとした。
- 土質調査結果から基礎形式は RC 杭による杭基礎とした。
- 堤外水路が現況道路（集落道路）を横断するのでボックスカルバートを設置して現状を回復することとした。

#### (8) Salang 排水樋管改修

現地調査結果から、Salang 排水路 Sta.0-100 付近に現存する排水樋管を撤去し Sta.0-90 付近に改築する（図 3.2.3 参照）。

ゲートの大きさと操作性を検討した結果、函体の断面形状は上流側呑口では 4.5m（幅） x 3.6m（高） x 1 連とし、下流側吐口（門柱部）では 2.75m x 3.6m x 2 連とした。また、土質調査結果から基礎形式は RC 杭による杭基礎とした。

計画諸元を表 3.2.23 に示す。

表 3.2.23 Salang 排水樋管計画諸元

設計流量 (m <sup>3</sup> /sec)	函勾配	函断面
21.0	1/2,500	4.50m（幅） x 3.60m（高） x 1 連

この改修は現排水樋管（1000 x 2 連）の疎通能力不足を改善し内水被害頻度並びに被害規模の低減を図るものである。本樋管も前述の Tum Nup Toek 排水樋管と同様に内側輪中堤を横断するので、同樋管と同じ理由でゲート構造物を設置する。また将来のブノンペン市による道路拡幅計画を取込んだ構造とした。