

3.2.2 基本計画（全体計画）

本無償資金協力の協力対象事業として要請された事業は次の3つに大別される。

- 排水システム維持管理用機材
- 洪水防御
- 排水改善

以下に、要請された各事業に関する基本計画の検討内容ならびに、事業優先度の検討をふまえた実施事業内容を記す。

(1) 排水システム維持管理用機材

排水管の維持管理機材は、計画しているポンプ場および排水管路から構成される市内排水システムの機能を十二分に発揮するために必要なものであるが、DPWT が現有している機材はメンテナンスを行えば、作業効率が悪いながらも使用可能な状態にあり、本無償資金協力事業によって緊急に新規の機材を導入する必要はないと判断される。

しかしながら、現有の機材のうち使用可能なものも既に耐用年数を越えているかそれに近い状態にあるため、良好なメンテナンスを継続したとしても、5年後には排水管路の維持管理業務に支障をきたすことが予想される。

(2) 洪水防御

洪水防御としては、洪水防御対策施設としての護岸の補強・改修を行うものとする。要請されている護岸補強・改修の検討区間は、チュロイチャンワー（Chroy Changvar）橋（通称日本橋）とチャトムック国立劇場に挟まれた区間である。

(a) 事業対象とする崩壊箇所

写真 3.2.1 に護岸工検討区間における護岸の現状を示す。現地調査の結果、要請された検討区間の護岸工は一部老朽化の進んだ箇所もあるが、ほとんどの区間がその機能を維持していると判断された。

本事業で対象とする護岸の改修範囲は、緊急かつ優先度が高いという観点から検討区間内において、現在護岸工が著しく崩壊している箇所であり、プノンペン市より強い事業実施の要望のあった、以下の2箇所を選定した。本報告書においては、これらの2箇所の護岸改修対象箇所を下記の護岸名で記述するものとする。

- ① オールドマーケット東護岸：オールドマーケットの東側に位置し、108番通りがトンレサップ川に突き当たる場所から下流（南側）の延長100mにわたる護岸崩壊箇所。
- ② チャトムック国立劇場前護岸：チャトムック国立劇場前護岸とヒマワリホテルの境界

から上流（北側）の延長 70 m にわたる護岸損傷・崩壊箇所。



写真 3.2.1 護岸工検討区間航空写真

(b) 護岸崩壊の原因と改修範囲の設定

(i) オールドマーケット東護岸

オールドマーケットの東側に位置し、108 番通りがトンレサップ (Tonle Sap) 川に突き当たる場所から下流（南側）の延長 100 m にわたる護岸崩壊箇所につながる区間の護岸である。護岸改修範囲の延長は **260 m** とする。

既設護岸の破壊現象は、護岸背面地盤の円弧すべりであり、下記の 3 点が主たる発生原因と考えられる。

- ① 護岸工背面および基礎工付近の地盤が軟弱であること
- ② 乾季の護岸工背面地下水位が高いこと

③ 設計・施工に問題があること

既設の護岸工はコンクリート法枠工と基礎コンクリート杭を主構造とし、その内部をコンクリートブロック張りとしている。崩壊した護岸工を見ると、コンクリート法枠工および基礎杭は破壊されており斜面のすべり力に対抗できていない。また、場所打ちコンクリートは細骨材の割合が多く単位セメント量が少ないと見られ、品質の悪さも崩壊原因の一つと見られる。



写真 3.2.2 オールドマーケット東護岸の崩壊状況(1)

コンクリート法枠工の下端部。コンクリート柱は荷重に抗しきれずに座屈し、基礎工との連結が離れている。基礎工の設計標高は+2.0 m。
(2006年2月8日撮影)



写真 3.2.3 オールドマーケット東護岸の崩壊状況(2)

コンクリート枠工の下端部。護岸工崩壊区間のコンクリート柱は全て基礎工との連結が離れている。下部の籠工も背面土砂のすべり破壊に抵抗できていない
(2006年2月18日撮影)

護岸崩壊箇所については緊急に復旧の必要がある。また、その直下流の延長 40 m についても、完全な破壊は免れているが、護岸背面の土砂が円弧すべり破壊を引き起こし空洞が出来ているため改修する必要があると判断される。さらに、その下流につながる一連の同一構造の護岸についても、以下の理由から全区間改修することとし、当改修の上流端は既設護岸までで擦り付けることとする。

- ① 崩壊箇所と同様に構造的な問題（設計・施工の悪さ）を持つため、今後崩壊が発生する可能性が高いこと
- ② 当該箇所の下流端から河川法線が変化しており、そこより下流側は直接流水の影響を受けないため安全度が高いと判断できること

従って、改修区間延長は **260 m** となる。

(ii) チャトムック国立劇場前護岸

チャトムック国立劇場前護岸は、チャトムック国立劇場とヒマワリホテルの境界から上流（北側）約 70 m までの区間の護岸である。護岸改修範囲の延長は **70 m** とする。

本基本設計調査の現地調査時には、当該地点では、現地状況から法面の局所的な陥没はあるが円弧すべりは発生していないと判断していたが、その後 6 月に雨季の開始に伴う河川水位の上昇とともにすべり破壊が発生した。



写真 3.2.4 チャトムック国立劇場前護岸の崩壊箇所

撮影日

左上：2004 年 3 月 3 日

上：2006 年 1 月 31 日

左：2006 年 6 月

2006 年 1 月の時点では、護岸工下部の背面土砂が滑って護岸法面が陥没しているだけで、以前との崩壊状況の変化はほとんどなかったが、2006 年 6 月にすべり破壊を起こし、その後も崩壊範囲が広がっている。

1997 年から 1998 年に実施された深浅測量、ならびに本調査において実施した横断測量結果の比較から、当該箇所では河床が洗掘傾向にある、もしくは滲筋が右岸側に寄りつつあることが判明した。また、トンレサップ川の本メコン（Mekong）川合流点付近の河道幅は狭くなる傾向にあり、トンレサップ川右岸付近の流速が非常に速いことが聞き取り調査より判明している。

既設護岸の破壊現象は、下記の 3 点が主たる発生原因と考えられる。

- ① 河床洗掘により、法面下端部（法尻部）の押さえがなくなっていること。
- ② 護岸工背面および基礎工付近の地盤が軟弱であること
- ③ 流水の影響を受けやすい地形であること

一般的に河岸の一部の保護を強化した場合、その上下流の河岸へ悪影響を及ぼした事

例は多々あり、本事業においても護岸復旧・強化により下流側河岸に悪影響を及ぼす可能性がある。しかしながら、プノンペン市より、今後隣接の区間で問題が発生した場合はカンボジア国（プノンペン市）側で対処すること、また、当該区間より下流側の護岸改修については今後カンボジア国（プノンペン市）側で実施するので、当該区間の実施を無償資金協力事業内容に含ませて欲しいとの強い要望があった。

よって、本事業ではチャトムック国立劇場前護岸の崩壊箇所の全区間（延長 70 m）の護岸工改修を実施し、根固工を設置することにより、当該護岸崩壊区間の河岸保護を行うこととした。

(iii) 護岸改修の施工範囲

以上より、本事業における護岸工施工範囲は図 3.2.1 に示す 2 箇所とする。



図 3.2.1 護岸改修の施工範囲

(3) 排水改善

排水改善対策立案までの検討フローを以下の図 3.2.2 に示す。水理解析はデンマーク水理研究所の水理解析ソフト「MOUSE」(マウス)を使用した。

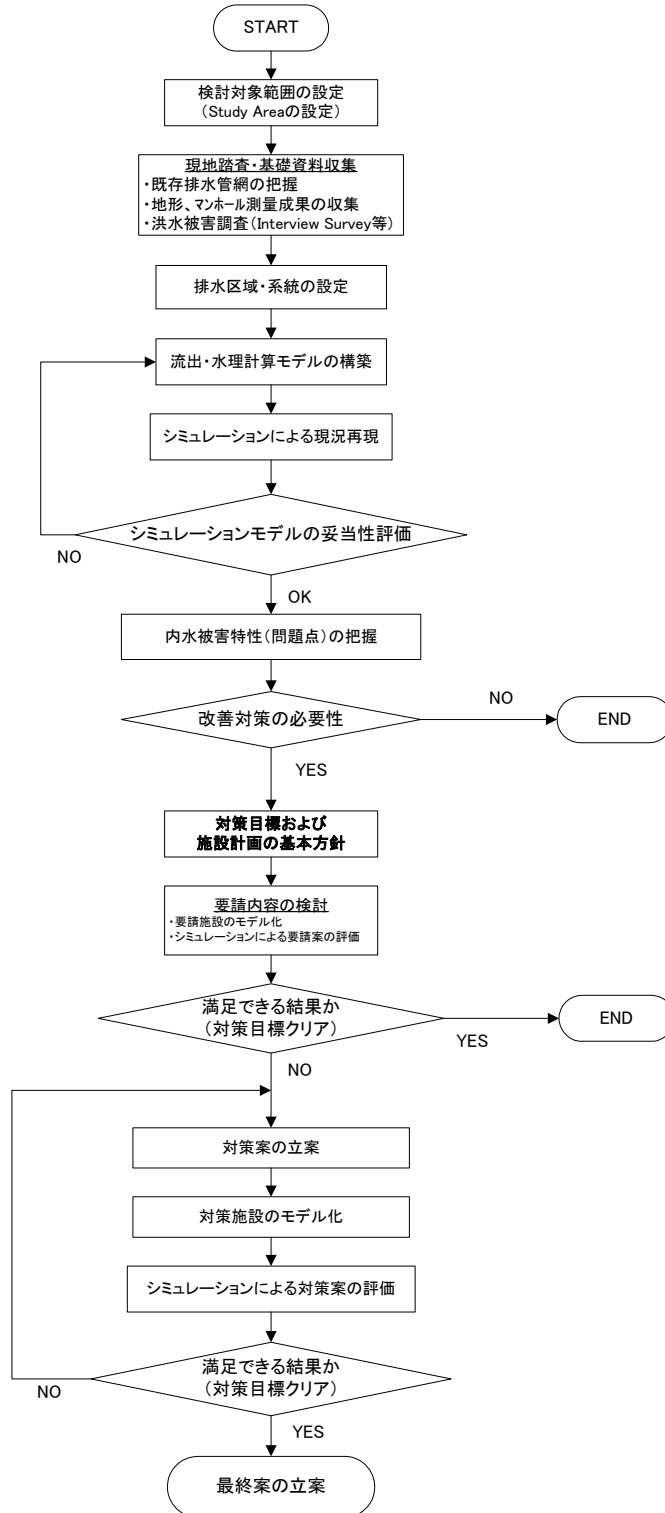


図 3.2.2 排水改善検討フロー

(a) 排水区域の設定

調査対象流域面積は約 12.78 km²で、10 の排水区に分けられる（図 2.1.8 参照）。

(b) シミュレーションモデルの妥当性評価

構築したシミュレーションモデルによる現況再現計算を行い、DPWT 提供の洪水被害調査地区図および本調査団が実施した洪水被害調査結果と比較することによりシミュレーションの妥当性を評価した。浸水状況は調査実績とシミュレーション結果とでほぼ一致していることから、作成したモデルは現況での浸水状況を再現できており、十分に妥当性があると判断した。

(c) 内水被害特性（問題点）の把握

洪水被害を軽減させるための最適な排水施設計画を策定するためには、その発生原因を理解することが肝要である。一般に内水被害の起因となる事項としては以下があげられる。

- 既設排水管の流下能力不足による溢水
- 放流先（河川、水路等）からの逆流
- 地形条件による浸水（低地に湛水し、自然排水不能）
- ごみ、土砂等による流下能力の低下（メンテナンスの不備）
- 管きよの誤接続による計画流域外からの流入

これらを鑑みて現況モデルシミュレーション結果を精査し、各地区ごとの内水被害特性の把握を行った。

(d) 対策目標および施設計画の基本方針

排水改善事業に対する事業目標は浸水頻度、浸水深、浸水継続時間の観点から設定される。プロジェクト実施後は、「浸水深・浸水継続時間がともにゼロとなる」のが最も望ましいが、これを達成するためには、施設規模が非常に大きくなり、かつ枝線を含む細かな排水網の構築が必要となり、多大な費用を必要とする。そのため、費用対効果を十分に勘案し、集中豪雨による浸水を許容し、本プロジェクトにおける対策目標を以下のとおりとする。

表 3.2.3 本プロジェクトにおける対策目標

項目	現況	対策目標	設定理由
浸水頻度	年 4 回以上	2 年に 1 回	マスタープランに則り設定。
浸水深	30～60 cm 程度	20 cm 以下	車両の通行および歩行に支障がなく、家屋における浸水被害の発生しないことを目標に、浸水深が現況の歩道縁石高（約 20～30cm）以下となるように設定。
浸水継続時間	3 時間～12 時間 ^{注)}	1～2 時間	現況の最短浸水継続時間である 3 時間を下回るように設定。

注) ワットプノン周辺で 4～6 時間、中央マーケット、148 番および 154 番通り周辺で 3～6 時間程度、王宮/国立博物館周辺で 3 時間～12 時間

(e) 要請内容の検討と妥当性評価

要請内容の妥当性を検討するため、作成した現況モデルに要請内容の排水施設を組込み、シミュレーションを行った。表 3.2.4 に要請内容および評価を示す。

但し、トラベックおよび周辺地区排水区に関しては新設排水管路延長（19 km）と新設管敷設に伴う街路整備数量（200 ha）が要請内容としてあげられているのみで具体的な排水施設諸元は提示されていない。よって、ここではトラベックおよび周辺地区排水区に関する要請内容の評価は行わず最終的な排水施設計画策定後、要請内容の妥当性を評価する。

表 3.2.4 要請内容と評価（排水施設関連のみ）

コンポーネント	数量	内容	評価
1. ワットプノン排水区			
排水管路	9.05 km	900 m, φ 1,500 mm (47 番通り) 200 m, φ 1,500 mm (90 番通り) 100 m, φ 1,000 mm 500 m, φ 800 mm (79 番通り) 300 m, φ 600 mm (86 番通り)	浸水継続時間に関しては現況の 5.0～6.0 時間が 1.0～2.0 時間になり、大きな軽減効果がみられるが、流域内全てにおいて許容浸水深（20 cm）は満足しておらず、更なる施設検討が必要である。
ポンプ場	1 箇所	2,500 m ³ /h	
貯留槽	1 箇所	6,000 m ³	
2. 中央マーケット排水区			
排水管路	3.4 km	北部： 640 m, φ 800 mm (モニボン通り) 350 m, φ 1,000 mm (110 番通り) 860 m, φ 1,500 mm (108 番通り) 中部： 250 m, φ 1,500 mm (148 番通り) 南部： 600 m, φ 1,000 mm (ノロドム通り) 700 m, φ 1,500 mm (154 番通り)	北部: 浸水深の目標が達成されていないため施設検討が必要。上流部幹線の増強に伴う改修であるため、既存排水路での対応の可否を検討する必要がある。 中部: 対策目標を満たしており、適正な要請内容である。 南部: 要請内容の施設規模が過大である可能性があり、規模縮小を目指した検討が必要。
ポンプ場	2 箇所	北部：2,500 m ³ /h、中部：5,000 m ³ /h、	
貯留槽	3 箇所	北部：4,500 m ³ 、中部：3,000 m ³ 、南部：4,500 m ³	
3. 王宮/国立博物館排水区			
排水管路	0.7 km	北部： 300 m, 2,000×1,500 mm (184 番通り) 南部： 400 m, 2,000×1,500 mm (204 番通り)	要請の施設により浸水被害が完全に解消されている。要請内容の施設規模が過大である可能性があり、規模縮小を目指した検討が必要。
ポンプ場	2 箇所	北部：5,000 m ³ /h、南部：2,500 m ³ /h	
貯留槽	2 箇所	北部：7,400 m ³ 、 南部：1,100 m ³	

上表より要請内容に基づく施設はその効果にばらつきはあるものの、確実に浸水被害を軽減している。但し、効果が薄いもの、規模が過大なものがあるので以下に最適案を検討する。

(f) 最終対策案の立案

(e) の評価を基に更に検討を進め、本プロジェクトの対策目標を満たす最も経済的な最終対策案の検討を行う。最終対策案の立案にあたり、各排水施設計画の基本方針を以下に示す。

(i) 貯留槽

貯留槽が設置される川沿いの地区は観光客が多く集まる場所であることから大規模な土木構造物を建設するには適さない場所である。また物理的に大きな用地を確保できないため既存の緑地帯地下を利用し、貯留槽容量をできるだけ小さくするように計画する。

(ii) ポンプ場

(i)と同様に用地上からの制約で大きなポンプを設置するだけの広いスペースは確保できない状況にあるため、ポンプ容量をできるだけ小さくするように貯留槽に併設してポンプ場を設ける計画とする。また、地形特性上ポンプによる強制排水が必要不可欠ではあるものの、排水計画上の効果を、動力を必要とするポンプ機能に大きく依存することは望ましくない。その意味でも、ポンプ容量を可能な限り小さくするような計画とする。

(iii) 排水管路

排水管渠の断面形は、暗渠の場合には円形、矩形、馬てい形、卵形等がある。プノンペン市の既設暗渠の状況を見ると 9 割が円形管、1 割が矩形となっている。矩形の場合、築造場所の土かぶり制限を受ける場合に有利であるが、現場打ちでの施工となるため工期が長期間になり、その費用も高くなる。それに対し円形管の場合は内径 2,000 mm まで現地の工場製品が使用できるため、工期が短縮できる。本プロジェクトは対象地区が市場周辺や観光名所付近、或いは商店、レストランが密集する地区であるため、速やかな施工が望ましい。また、経済的にも円形管の方が有利であることから、本プロジェクトにおいては円形管を採用することとする。

以上の基本方針に基づいて、要請された施設の検討結果を勘案し、設定された対策目標を満足する排水施設計画案を立案した。解析手法はマウスシミュレーションによるトライアル計算で、管路、ポンプ場、貯留槽を一体で解析することによって各々の最適な諸元が同時に決定された。表 3.2.5 に最終対策案および要請案の施設諸元を示す。

表 3.2.5 (1) 最終対策案および要請案の施設諸元 (北部)

コンポーネント	要請		提案	
	数量	内容	数量	内容
ワットブノン排水区				
排水管路	9.05 km (2.00 km)	900 m, φ 1,500 mm (R47) 200 m, φ 1,500 mm (R47) 100 m, φ 1,000 mm (R51) 500 m, φ 800 mm (R19) 300 m, φ 600 mm (R86)	1.435 km	371 m, φ 1,200 mm (R51) 190 m, φ 1,000 mm (R19) 554 m, φ 1,500 mm (R19) 160 m, 幅 500mm x 高 650 mm (側溝) 160 m, 幅 500mm x 高 750 mm (側溝)
ポンプ場	1 箇所	2,500 m ³ /h (P6)	—	—
貯留槽	1 箇所	6,000 m ³ (UGR6)	—	—
中央マーケット排水区				
排水管路	3.40 km	640 m, φ 800 mm (モニボン) 350 m, φ 1,000 mm (R110) 860 m, φ 1,500 mm (R108) 600 m, φ 1,000 mm (ノロドム) 700 m, φ 1,500 mm (R154) 250 m, φ 1,500 mm (R148)	2.216 km	454 m, φ 1,000 mm (モニボン) 358 m, φ 1,200 mm (R110) 10 m, φ 1,800 mm (R108) 539 m, φ 1,000 mm (ノロドム) 644 m, φ 1,500 mm (R154) 211 m, φ 1,500 mm (R148)
ポンプ場	2 箇所	2,500 m ³ /h (P5) 5,000 m ³ /h (P4)	2 箇所	5,000 m ³ /h (P5) 5,000 m ³ /h (P4)
貯留槽	3 箇所	4,500 m ³ (UGR5) 3,000 m ³ (UGR4) 4,500 m ³ (UGR3)	2 箇所	2,475 m ³ (UGR5) 6,480 m ³ (UGR3&UGR4)
王宮/国立博物館排水区				
排水管路	0.70 km	300 m, 幅 2000 x 高 1500 mm (R184) 400 m, 幅 2000 x 高 1500 mm (R240)	0.726 km	421 m, φ 1,500 mm (R178) 305 m, φ 1,800 mm (R240)
ポンプ場	2 箇所	5,000 m ³ /h (P2) 2,500 m ³ /h (P1)	2 箇所	2,500 m ³ /h (P2) 5,000 m ³ /h (P1)
貯留槽	2 箇所	7,400 m ³ (UGR2) 1,100 m ³ (UGR1)	2 箇所	1,200 m ³ (UGR2) 870 m ³ (UGR1)
遮集管計画*1				
遮集管路	-	-	1.818 km	129 m, 幅 500 x 高 500 mm (UGR5) 363 m, φ 500 mm (UGR5→UGR3&4) 122 m, 幅 500 x 高 500mm (UGR3&4) 68 m, φ 600 mm (UGR3&4→UGR2) 40 m, 幅 700 x 高 500 mm (UGR2) 1,096 m, φ 700 mm (UGR2→下流端)
上記管路 延長計	13.15 km		6.195 km	

*1 : 「(g) 遮集管計画」 参照

表 3.2.5 (2) 最終対策案および要請案の施設諸元 (南部)

コンポーネント	要請		提案	
	数量	内容	数量	内容
トラベックおよび周辺地区排水区				
排水管路	19.0 km		25.84 km	(以下の合計)
街路整備	200 ha		11 ha	
トラベック北部排水区				
排水管路			5.60 km	240 m, φ 600 mm 1,450 m, φ 800 mm 2,220 m, φ 1,000 mm 470 m, φ 1,200 mm 1,220 m, φ 1,500 mm
トラベック西部排水区				
排水管路			4.00 km	1,560 m, φ 600 mm 310 m, φ 1,000 mm 260 m, φ 1,200 mm 480 m, φ 1,300 mm 920 m, φ 1,500 mm 470 m, φ 1,700 mm
トラベック中央部排水区				
排水管路			4.36 km	2,060 m, φ 600 mm 370 m, φ 800 mm 750 m, φ 900 mm 800 m, φ 1,000 mm 380 m, φ 1,200 mm
トラベック東部排水区				
排水管路			1.34 km	820 m, φ 1,000 mm 520 m, φ 1,500 mm
トラベック南部排水区-1 (1)				
排水管路			6.61 km	1,810 m, φ 600 mm 260 m, φ 700 mm 920 m, φ 800 mm 610 m, φ 900 mm 240 m, φ 1,000 mm 860 m, φ 1,200 mm 1,910 m, φ 1,500 mm
トラベック南部排水区-1 (2)				
排水管路			1.20 km	240 m, φ 1,000 mm 960 m, φ 1,500 mm
トラベック南部排水区-2				
排水管路			2.73 km	520 m, φ 500 mm 1,220 m, φ 600 mm 360 m, φ 700 mm 310 m, φ 800 mm 320 m, φ 900 mm

(g) 遮集管計画

本プロジェクトにおいては遮集管を用いたインターセプター方式を採用することにより、晴天時の汚水排水をトンレサップ川へ放流せず、下流のトラベックメイン排水路へ流下させる計画としている。計画汚水量は降雨量に左右されるものではないため、遮集管径はマウスシミュレーションによってではなく、「下水道施設計画・設計指針と解説」（日本下水道協会）に則り、計画時間最大汚水量を遅滞なく流下させる断面を確保できるよう Manning 式を用いた流量計算により決定した。

(4) 事業優先度の検討と事業内容の決定

本計画における事業別排水区を図 3.2.3 に示す。本事業は大きく北部と南部の 2 地区に分けることができる。まず、北部の事業はその地域特性より洪水を自然排水することができないことからポンプ場を新設することになっている。そのポンプ場の機械・電気設備とそこに併設される大型の地下構造物である貯留槽の建設は、カンボジア国内の技術レベルでは実施が非常に難しいと考えられることから、日本の援助による実施が望まれる。一方、南部の事業は排水管の敷設と道路の舗装および側溝の整備であり、特段日本や外国の技術を必要とするものではなく、従来から細々とではあるがカンボジア政府が実施してきたものである。今回の基本設計において、この地域の排水改善に必要な排水管の規模・諸元を明らかにしたことで、予算さえつけばカンボジア政府が自らこれらの事業を行うことが可能と言える。

以上より、北部と南部の事業を比較した場合、北部の事業優先度を高く評価することとした。これらを踏まえ、事業別排水区ごとに重要施設等の有無、裨益効果、無償としてのアピール度、他事業との関連性について評価を行った結果を表 3.2.6 に示す。

これより、北部の事業はいずれも市中心部であり、裨益効果が高い上、無償としてのアピール度も高いと評価される。また、各地区の排水事業は相互に関連しており、ある地区を実施しないとその分、他の地区に負担がかかり、かえって事業費が高くなるなど、費用効率が悪くなるため、一連の事業として実施することが求められる。さらにトンレサップ川護岸は排水施設に悪影響を与えないために必要な事業であり、遮集管計画も事業の環境社会配慮の観点から必須の事業と考えられる。これに対して、南部の事業も裨益効果が高く、必要性の高い事業も多いが各地区の事業の関連性はなく、独立した事業と考えることができる。従って、仮に今回これらの事業を実施しなかったとしても、将来排水区ごとにひとつずつ実施していくことも可能である。

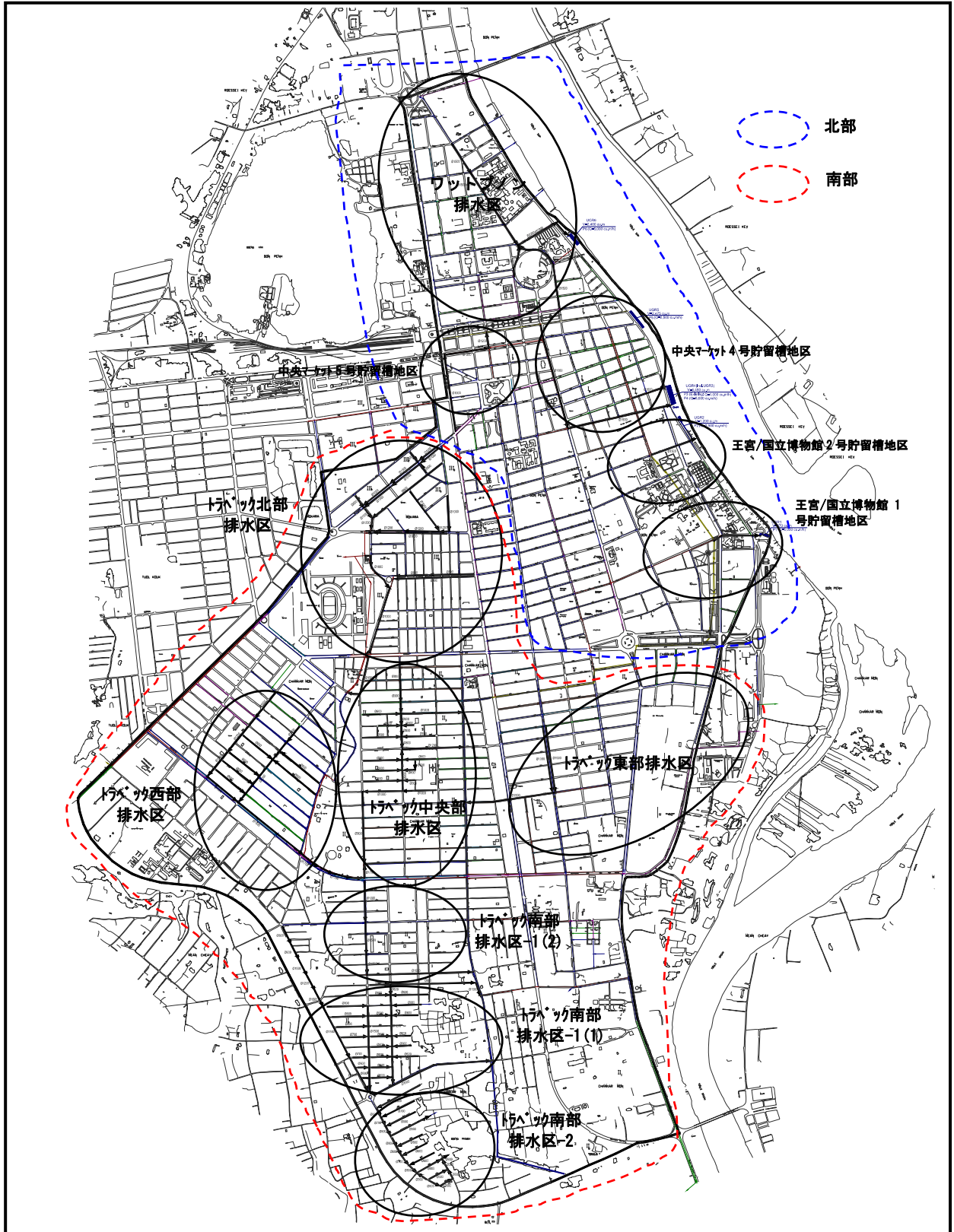


図 3. 2. 3 事業別排水区位置図

表 3.2.6 事業優先度の比較検討

事業対象地区	被害の概況	重要施設等の有無	裨益効果	無償事業としてのアピール度	他事業との関連性	総合評価	優先度	
北部	トンレサップ川護岸 チャトムック国立劇場前 護岸 (1号貯留槽地区)	2006年2月の現地調査時には小規模な陥没と河床の大規模な洗掘が確認されていたが、同年6月に大規模な崩壊、陥没現象が発生した。その後、時間の経過に加え、河川水位の上昇の影響によりその被害範囲が拡大している。	国立チャトムック劇場、1号貯留槽	護岸整備により堤防の崩壊を防ぎ、プノンペン市がトンレサップ川の洪水から守られる。貯留槽およびポンプ場が守られる。	国の重要施設が近接しており、多くの市民のみならず諸外国の要人も訪れる場所であるため、改善による広報効果は極めて高い。	1号貯留槽を建設する場合、この貯留槽を保護するためには護岸改修が必要である。	護岸改修を実施しない場合、1号貯留槽に重大な影響を与えるため、必要な事業である。また相手国政府から実施を強く要請されており、無償資金協力事業としてのアピール度も高い。	1
	トンレサップ川護岸 オールドマーケット東護 岸 (5号貯留槽地区)	護岸基礎部の河床洗掘、軟弱地盤の存在などにより護岸の円弧すべり崩壊、陥没が見られる。過去数度修復されているのにも拘らず、崩壊を繰り返しており、現地政府ではお手上げ状態となっている。	河川沿いのレストラン・商店・公園、5号貯留槽	護岸整備により堤防の崩壊を防ぎ、プノンペン市がトンレサップ川の洪水から守られる。貯留槽およびポンプ場が守られる。	多くの観光客が訪れる場所であり、非常に目立つため、改善による広報効果は極めて高い。	5号貯留槽を建設する場合、この貯留槽を保護するために護岸が必要である。	5号貯留槽を建設する場合、必要な事業である。また相手国政府の期待度も高く、無償資金協力事業としてのアピール度が高い。	4
	ワットプノン排水区	ワットプノン周辺道路における冠水被害がもっとも深刻で、地盤高が低いために、降雨時には雨水が集中し自然排水が不可能となる。また浸水継続時間も長く、周辺環境に甚大な影響を与えている。	ワットプノン、アメリカ大使館、公共事業運輸省、経済財務省、CDC*	雨季に頻繁に遮断される交通が改善され、円滑なものとなる。浸水による悪臭、汚染などの環境が改善される。	有名な浸水被害地域かつ観光名所であり、多くの観光客が訪れる場所であることから、改善による広報効果は高い。	最上流端の事業であるため、本事業のみ実施しないことも可能である。	有名な浸水被害常襲地帯の改善と多くの観光客が集まる場所であることから実質的な浸水被害軽減効果だけでなく、広報効果も期待できる。	8
	中央マーケット排水区	中央マーケット周辺部、カンダール市場周辺部、13番通り、154番通りなどで浸水被害が発生している。						
	5号 貯留槽 地区	プノンペン市内最大の市場である中央マーケット西側部において常襲的な浸水被害が発生している。	中央マーケット	浸水による市場機能の麻痺がなくなり、経済的マイナス効果が解消される。マーケットで働く人々、訪れる多くの市民および観光客に裨益する。	市中心部で人口密集地帯であり、多くの観光客が訪れる場所でもあるため、改善による広報効果は高い。	4号貯留槽地区と同時に本事業を実施しないと中央マーケット周辺の浸水被害は解消されない。実施されない場合、他地区(4号および2号貯留槽地区)の負担が増え、計画規模に影響する。	裨益効果は下案に次いで高いと判断される。	4
	4号 貯留槽 地区	中央マーケット東側部、市民の台所となっているカンダール市場、さらに、多数の商店、レストランが軒を並べる13番通りおよび154番通りに常襲的な浸水被害が発生している。	中央マーケット、カンダール市場、13番通りおよび154番通りの多数の商店、レストラン	浸水による市場機能の麻痺がなくなり、経済的マイナス効果が解消される。市場、商店、レストラン、そこを訪れる人々に裨益する。	同上	5号貯留槽地区と同時に本事業を実施しないと中央マーケット周辺の浸水被害は解消されない。また、実施されない場合2号貯留槽地区の負担が増え、計画規模に影響する。	カンボジア国を代表する商業地域における事業であり、裨益効果が最も高いと判断される。	3
	王宮/国立博物館排水区	王宮、国立博物館の周辺部において浸水被害が発生している。						
	2号 貯留槽 地区	多くの観光客が訪れる国立博物館の周辺部が浸水常襲地区となっている。	国立博物館	多くの観光客および周辺を訪れる住民・政府関係者に裨益する。また多くの国際機関がある地域でもある。	市中心部で、多くの観光客が訪れる場所でもあり、改善による広報効果は高い。	本事業を実施しないと1号貯留槽地区の負担が増え、その計画規模に影響する。	北側地区では裨益効果は最も低いと思われるが、アピール度は非常に高く評価される。	6
	1号 貯留槽 地区	カンボジア国の象徴である王宮および国会議事堂を囲む地区で浸水被害が発生している。この地区はプノンペン市において最も有名な浸水被害常襲地区であり、浸水深が約50cm、浸水継続時間が半日以上に及ぶこともある。	王宮、国会議事堂、チャトムック国立劇場、外務省、ヒマワリホテル	カンボジア国の顔とも言うべき王宮周囲の浸水を解消する。裨益者には国王も含まれる。	カンボジア国民にとって最も重要な場所であり、多くの観光客が訪れる場所である。非常に目立つ場所であるため、改善による広報効果は極めて高い。	本事業を実施しないと王宮および国会議事堂前の浸水被害は解消されない。また、南部地域の負担が増え、その計画規模に影響する。	王宮はカンボジアでも最も重要な場所と言ってもよく、その周辺の浸水被害を軽減することは最優先と考える。	1
	遮集管計画	市には下水処理場施設がなく、現状では北部域から排出される排水は全て未処理のままトンレサップ川へ放流されており、河川の水質汚染が懸念され、問題となっている。	プノンペン市水道公社の取水塔	トンレサップ川の水質汚染を軽減し、河川沿いの住民と漁民に対する悪影響を軽減する。将来の下水道計画にも有効。	環境面への配慮という点で日本の無償資金協力事業の良さをアピールできる。	プロジェクトの環境社会配慮面より、北部の排水施設を改善するに際して本コンポーネントは必須項目である。	同左	7
南部	トラバック北部排水区	オルセーマーケットを中心とする広い範囲において浸水被害が発生している。	オルセーマーケットおよび周辺の商店・屋台	オルセーマーケットおよび周辺の商店・屋台、そこに集まる多くの人に裨益する。	オルセーマーケットは多くの人が集まり、改善による広報効果は高い。	本事業のみを実施しても他事業への影響はない。	南側地区では最も裨益効果が高く、アピール度も高いと判断される。	9
	トラバック西部排水区	住宅地の道路の冠水被害が発生している。	住宅地で学校が点在	住宅地であり、浸水による悪影響は他に比べ少ないが、学校が浸水から解放される。	市中心部から離れており、広報効果は低い。	同上	住宅地であり、マーケットや商店のある地区に比べると優先度は落ちる。	13
	トラバック中央部排水区	多くの商店が立ち並ぶ143番通り沿いとそれに直交するいくつかの道路に浸水被害が発生している。	143番通り沿いの商店	143番通り沿いの商店・住民に裨益する。	143番通り沿いの浸水被害の軽減であり、下案に比べると広報効果は低い。	同上	裨益効果の点で上位の案に劣る。	12
	トラバック東部排水区	多数の商店・事務所・レストランのある63番通りは地盤高が低いため浸水継続時間が長く、また380番通り沿いにはボン・ケンコンマーケットがあり、浸水被害は甚大なものとなる。	63番通り沿いの多数の商店・事務所・レストラン、ボン・ケンコンマーケット	63番通り沿いの多数の商店・事務所・レストランならびにボン・ケンコンマーケット関係者など、多くの地域住民が裨益する。	63番通り沿いは多くの商店等があり、市場もある上、浸水被害は市でも有名であるので、その改善による広報効果は高い。	同上	オルセーマーケットを含む地区に次いで裨益効果が高く、アピール度も高いと判断される。	10
	トラバック南部排水区-1(1)	住宅地において排水管の未整備による浸水被害が発生している。	特になし	住宅地であり、裨益効果は他に比べ小さい。	市中心部から離れており、広報効果は低い。	同上	住宅地であり、マーケットや商店のある地区に比べると優先度は落ちる。	14
	トラバック南部排水区-1(2)	トゥールトゥンブンマーケット(通称:ロシアンマーケット)周辺部において排水管の未整備による浸水被害が発生している。	ロシアンマーケット	ロシアンマーケットおよび周辺の商店・屋台に集まる多くの人に裨益する。	有名なロシアンマーケットが存在し、改善による広報効果は高い。	同上	裨益効果の点でオルセーマーケット、63番通りの両地区と比較すると若干劣る。	11
	トラバック南部排水区-2	住宅地において排水管の未整備による浸水被害が発生している。	新興住宅地	開発途上の新興住宅地であり、居住者は少なく、裨益効果は小さい。	市中心部から離れており、広報効果は低い。	同上	住宅地であり、これまでの案の中で最も裨益効果が低い。	15

注: *CDC: Council for the Development of Cambodia

以上の検討から、本計画の事業案としては、優先度が高く日本の技術を必要とし、一連の事業として実施することによって事業効果が得られる北部のみを実施することとする。以下に提案された事業内容を示す。

表 3.2.7 本計画における事業内容

優先度	地区名	施設	数量	内容
1	王宮/国立博物館排水区・1号貯留槽地区	排水管路	305 m	φ 1,800 mm (R240)
		ポンプ場	1 箇所	5,000 m ³ /h (1.4 m ³ /s) (P1)
		貯留槽	1 箇所	870 m ³ (UGR1) (鉄筋コンクリート造, 基礎杭有り)
1	チャトムック国立劇場前護岸 (1号貯留槽地区)	護岸工	70 m	コンクリートのり枠工
3	中央マーケット排水区・4号貯留槽地区	排水管路	1,394 m	539 m, φ 1,000 mm (Norodom) 644 m, φ 1,500 mm (R154) 211 m, φ 1,500 mm (R148)
		ポンプ場	1 箇所	5,000 m ³ /h (1.4 m ³ /s) (P4)
		貯留槽	1 箇所	6,480 m ³ (UGR3&UGR4) (鉄筋コンクリート造, 基礎杭有り)
4	中央マーケット排水区・5号貯留槽地区	排水管路	822 m	454 m, φ 1,000 mm (モニボン) 358 m, φ 1,200 mm (R110) 10 m, φ 1,800 mm (R108)
		ポンプ場	1 箇所	5,000 m ³ /h (1.4 m ³ /s) (P5)
		貯留槽	1 箇所	2,475 m ³ (UGR5) (鉄筋コンクリート造, 基礎杭有り)
4	オールドマーケット東護岸 (5号貯留槽地区)	護岸工	260 m	コンクリートのり枠工
6	王宮/国立博物館排水区・2号貯留槽地区	排水管路	421 m	φ 1,500 mm (R178)
		ポンプ場	1 箇所	2,500 m ³ /h (0.7 m ³ /s) (P2)
		貯留槽	1 箇所	1,200 m ³ (UGR2) (鉄筋コンクリート造, 基礎杭有り)
7	遮集管計画	遮集管路	1,818 m	251 m, 幅 500 x 高 500 mm 40 m, 幅 700 x 高 500 mm 363 m, φ 500 mm 68 m, φ 600 mm 1,096 m, φ 700 mm
8	ワットプノン排水区	排水管路	1,115 m	371 m, φ 1,200 mm (R51) 190 m, φ 1,000 mm (R19) 554 m, φ 1,500 mm (R19)
		側溝	320 m	160 m, 幅 500 mm x 高 650 mm (側溝) 160 m, 幅 500 mm x 高 750 mm (側溝)

3.2.3 基本計画（施設計画）

(1) 護岸

護岸改修対象区間である、オールドマーケット東護岸およびチャトムック国立劇場前護岸の基本設計内容について以下に各々述べる。

(a) オールドマーケット東護岸

護岸の設計に際しては、これまでの護岸工の崩壊原因を鑑み、まず現況斜面を安定化させ、河床洗掘対策として護岸基礎工下に鋼矢板を設置することとした。

また、オールドマーケット東護岸の施工区間は現地住民の小型船や観光船などが接岸し、人が乗り降りする場所である。よって、現況の河川利用に配慮し、その現況機能を復旧させることを基本として階段工を設置する。

(i) 基礎工天端高の設定

基礎工天端高は洪水時の最深河床高とすることが基本である。しかし、当該区間の最深河床高は低水位より 10 m 以上深い。よって、基礎工天端高は低水位より高い標高 EL.+2.0 m に設定するが、基礎工下に護岸基礎工背面の土砂吸出しおよび流水による局所洗掘を防止するために鋼矢板を設置する。

(ii) 護岸の断面形状の検討

護岸工施工前に河岸の斜面安定を図るため、軟弱地盤の良質な砂質土（内部摩擦角 30° 、単位体積重量 = 19.0 kN/m^3 ）への置き換えを行う。置き換えの範囲は斜面安定解析で安全率が 1.20 以上となる最小必要規模を求めることにより設定した。

護岸の断面形状として以下の 3 案について検討した。

- A 案：法勾配 1 : 2.0, 基礎工から高さ 5 m の位置に小段を設置
- B 案：法勾配 1 : 2.5, 基礎工から高さ 3 m と 6 m の位置に小段を設置
- C 案：法勾配 1 : 3.0, 小段なし

これら 3 案について、斜面安定を確保した上で、①平面線形、②利便性、③施工性、④維持管理性、⑤経済性から総合的に比較検討した結果、B 案を採用することとした。検討結果は表 3.2.8 に示すとおりである。

表 3.2.8 オールドマーケット東護岸の断面形状の比較検討

	A 案 (法勾配 1 : 2.0, 小段有)	B 案 (法勾配 1 : 2.5, 小段有)	C 案 (法勾配 1 : 3.0, 小段無)
概要	法勾配 1 : 2.0, 基礎工から高さ 5 m の位置に小段を設置、背面地盤の置き換えのみでは河岸の斜面安定は確保できないため、地盤改良工事を要する。	法勾配 1 : 2.5, 基礎工から高さ 3 m と 6 m の位置に小段を設置、現況の崩壊した護岸の撤去と共に背面地盤を一部掘削し、良質な砂質土を用いて盛土する。置き換えの掘削法勾配 1:2.5	法勾配 1 : 3.0, 小段なし、現況の崩壊した護岸の撤去と共に背面地盤を一部掘削し、良質な砂質土を用いて盛土する。置き換えの掘削法勾配 1:2.5
1. 平面線形	法肩から基礎工までの水平距離 : 20.0 m 現況護岸の法勾配とほぼ同一であり、小段幅分、前に出る程度。現況からの平面的な変化は 3 案中最も小さい。	法肩から基礎工までの水平距離 : 26.0 m 現況護岸より 5 m 程度法長が長くなる。当該区間は下流側よりも川幅が広いため、上下流の現況護岸との取り付けをスムーズに行えば問題はないと判断される。	法肩から基礎工までの水平距離 : 27.0 m 現況護岸より 6 m 程度法長が長くなる。当該区間は下流側よりも川幅が広いため、上下流の現況護岸との取り付けをスムーズに行えば問題はないと判断される。
2. 利便性	小段の高さは標高+7.0 m であり、水位が標高+7.5 m ~ +7.1 m 程度るとき接岸した船舶へのアクセスに多少の支障が生じる。その発生期間は 4, 5 日間程度が年間 2 回である。	小段が二つあるので、船舶へのアクセスに多少の支障が生じる。その発生期間は 4, 5 日間程度が年間 4 回である。	小段がないので現況と同様のアクセスが可能となる。
3. 施工性	地盤改良時の振動、衝撃が付近繁華街に悪影響を及ぼす恐れがある。地盤改良には長い日数を要するが、乾季の間に地盤改良を実施しなければならない。	低水位より低い部分の地盤置き換えのために仮締切り工が必要。	低水位より低い部分の地盤置き換えのために仮締切り工が必要。また、法長が長大であり、コンクリート打設にやや難あり。
4. 維持管理性	小段一つを設けることにより、万一、法覆工の補修が必要となった場合でも、その規模を小さくできる。	小段二つを設けることにより、万一、法覆工の補修が必要となった場合でも、その規模を小さくできる。	長大な法面は不等沈下などが発生した場合に被害が拡大する恐れがある。
5. 経済性	地盤改良工のための施工機械を調達しなければならない。施工日数が長くなる場合は仮締切り工の規模が大きくなる。	現況地盤の改良は、地盤の置き換えによるもののみであり、施工の効率化が図れるため経済性に優れる。	B 案と同様に施工期間が短縮できるなど効率的な地盤改良が出来るため経済性に優れる。
評価	法覆工の規模を最小化できるが、地盤改良工は周辺環境への悪影響が懸念されるため、採用には慎重にならなければならない。また、施工期間が長くなり、乾季のみでは実施できない可能性がある。 <p style="text-align: right;">(×)</p>	現況護岸よりも法長が長くなるが、斜面安定上、法勾配の緩傾斜化および小段の設置は必要である。法覆工の安定、維持管理の観点からも小段があることが望ましい。経済性にも優れることから最適案と判断される。 <p style="text-align: right;">(○)</p>	法長は B 案とほぼ同一であり、小段がないため船舶へのアクセスには便利である。しかし、法覆工にダメージが発生した場合に、維持管理上好ましくない。 <p style="text-align: right;">(△)</p>

(iii) 基礎鋼矢板の打ち込み長さ

基礎鋼矢板の打ち込み長さは、鋼矢板の自立に必要とする根入れ長さをとることとし、8 m とする。

(iv) 根固工の検討

根固め工として重量 1 トンの異形コンクリートブロック (Hexapod など) を設置する。

① 根固工のタイプ比較検討

基礎工前面の河床洗掘防止のため、改修区間全延長の護岸基礎工前面に根固工を設置する。根固工タイプは、相互の組み合わせにより一部の根固工が河床洗掘によって動いても一体性を保てる異形コンクリートブロック (Hexapod など) を採用することとした。

② 設置横断形状

異形コンクリートブロックの設置天端高は基礎工天端高と同じとし、基礎工前面に幅 2 m の平場を確保し、その前面の勾配を 1:1.5 とする。

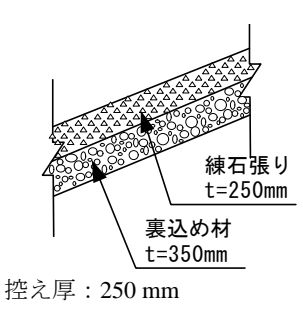
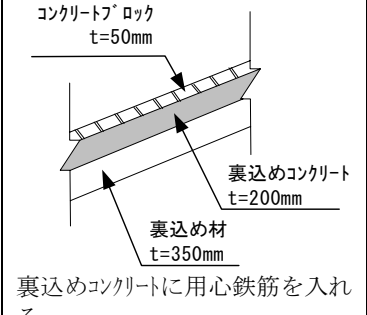
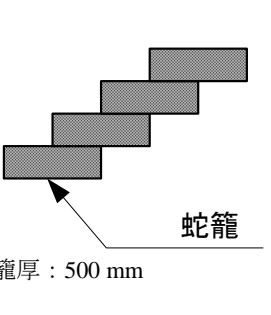
③ 異形コンクリートブロックの流体力に対する力学的照査

異形コンクリートブロックの流体力に対する力学的照査を実施した。根固工設置範囲の洪水流速をプノンペン国内港地点での断面流速分布に基づき $V = 2.0 \text{ m/s}$ 程度とし、検討した結果、重量 1 トン以上の異形コンクリートブロックであれば流体力に対して安定であることが確認された。

(v) 法覆工の検討

法覆工は以下の 3 案について比較検討し、維持管理性と景観性を重視して、B 案のコンクリートブロック張りを採用することとした。

表 3.2.9 法覆工案の比較検討

タイプ	A 案：練石張り	B 案：コンクリートブロック張り	C 案：蛇籠張り
構造			
景観性	上下流の既設護岸と異なる形式であり、景観が異なる。	上下流の既設護岸と同一であり、景観的になじむ。	水位変動が激しいため金網にごみが引っかかり、景観性が悪く、衛生面も問題となる。
施工性	B 案よりも施工期間は短い。	3 案中最も施工期間が長い。	3 案中最も施工期間が短い。
維持管理性	盛土沈下が発生した場合、法覆工にクラックが入る恐れがあるが、背面の充填等により補修は可能。	後年、仮にも施工不良での盛土沈下が発生した場合、法覆工の背面を充填することにより補修が可能。	金網の点検・補修が欠かせない。ごみの除去などに手間がかかる。
経済性	3 案中最も安価。 単価：22 ドル / m ²	3 案中最も高価。 単価：31 ドル / m ²	B 案に比べて安価。 単価：27 ドル / m ²
評価	△	○	△

(b) チャトムック国立劇場前護岸

チャトムック国立劇場前護岸の設計に際しては、これまでの護岸工の崩壊原因を鑑み、河床洗掘対策として護岸基礎工下に鋼矢板を設置することとした。

(i) 基礎工天端高の設定

チャトムック国立劇場前護岸の基礎工天端高は、オールドマーケット東護岸同様に、低水位より高い標高 EL.+2.0 m に設定する。基礎工下には護岸基礎工背面の土砂吸出しおよび流水による局所洗掘を防止するために鋼矢板を設置する。

(ii) 護岸の断面形状の検討

チャトムック国立劇場前護岸の施工区間における基礎地盤状況は、オールドマーケット東護岸地点の基礎地盤と比較して良好である。斜面安定解析の結果、現況における護岸の法面勾配である 1:2.0 において、斜面安定の安全率 1.20 以上を確保できた。チャトムック国立劇場前護岸の法勾配は 1:2.0 とすることとし、既設護岸の構造と同様に小段は設けないこととした。

(iii) 基礎鋼矢板の打ち込み長さ

チャトムック国立劇場前護岸の基礎鋼矢板の打ち込み長さは、鋼矢板の自立に必要とする根入れ長さをとることとし、8 m とする。

(iv) 根固工の検討

チャトムック国立劇場前護岸の根固め工としては、オールドマーケット東護岸同様に、異形コンクリートブロック（Hexapod など）を設置する。

設置横断形状も、オールドマーケット東護岸同様に、異形コンクリートブロックの設置天端高は基礎工天端高と同じとし、基礎工前面に幅 2 m の平場を確保し、その前面の勾配を 1:1.5 とする。

異形コンクリートブロックの大きさは、設置量が非常に多いため、施工期間短縮を考慮して、重量 1 トンおよび 2 トンの異形コンクリートブロックを使用することとした。

(v) 法覆工の検討

チャトムック国立劇場前護岸の法覆工は、オールドマーケット東護岸同様に、維持管理性と景観性を重視して、コンクリートブロック張りを採用することとした。ただし、本改修箇所は、現地盤が軟弱ではなく置き換えもしないため、裏込めコンクリートの替わりに、工費の低廉な練石張りを採用することとした。