

平成 22 年度

一般案件に係る民活インフラ案件形成等調査

インド[※]・ムンバイ湾横断道路計画調査

(インド)

報告書要約

平成 23 年 3 月

経 済 産 業 省

委託先：新日本有限責任監査法人
独立行政法人日本貿易振興機構
大日本コンサルタント(株)
東日本高速道路(株)
(株)オリエンタルコンサルタンツ
(株)建設技研インターナショナル
伊藤忠商事(株)

(1) プロジェクトの背景・必要性等

ムンバイはアラビア海に面した島を中心に発展した都市で、マハラシュトラ州の州都である。デリーが政治における首都であるのに対し、ムンバイは経済面での首都といわれている。地理的に制約があるムンバイでは、増大する人口と自動車によって、住環境の悪化と道路の交通渋滞が深刻化常態化しており、ムンバイが今後も発展するためには、道路をはじめとするインフラの整備が不可欠である。

ムンバイ湾横断道路 (Mumbai Trans-Harbour Link, 以下 MTHL) は、交通渋滞を緩和するとともに、すでに過密状態のムンバイと今後開発可能な広大な土地に恵まれた本土を直結し、ムンバイとその周辺地域の均衡ある発展を可能とするものである。

MTHL は全長 20km を超える海上道路であり、その事業費は巨額である。インド国政府は限られた政府資金を有効に活用しながら、道路を含むインフラ整備を急ぐため、原則として官民パートナーシップ (PPP) 方式による整備を目指している。PPP は民間資金の投入によって政府資金を補えるだけでなく、民間事業者による効率的な整備と運用が期待できる利点がある。本調査は、PPP による事業実施を前提にしたものである。

(2) プロジェクト内容決定に関する基本方針

① 基本方針

本調査では、対象プロジェクトの概要を決定するため、以下の方針で検討を行った。

- 1) 適切な経済・財務分析を実施するため、2010 年段階における最新の地域状況や経済・社会情勢を踏まえた計画交通量の算出 (交通計画・需要予測、経済・財務分析)
- 2) 事業性を高めるため、安全性を確保しつつ、コスト削減となるように既存計画のレビュー及び変更の提案 (道路計画、橋梁計画)
- 3) 事業効果の早期発現を目指しながら、工期短縮が可能な構造形式および施工方法の提案 (橋梁計画)

② 交通量調査と車線数の決定

既往報告書には MTHL の予測交通量が記載されているが、予測計算において交通量に及ぼす通行料金の影響が考慮されているかどうかは、予測交通量に重大な影響を与える。本報告書では、予測モデルを構築して既往報告書の予測交通量の妥当性を検証した。その結果、既往報告書の交通量は料金の影響を考慮していない過大な交通量であると判断した。通行料金の影響を考慮した予測交通量は 4 車線道路が十分に処理できるものである。MTHL の完成後相当な期間は、交通量の伸びを考えても、6 車線道路で対応可能である。

③ 建設費縮減策およびSTEP円借款の可能性検討

MTHLの建設には巨額な費用が必要となる一方、完成後かなりの期間は利用する交通量と料金収入が少ない状態が予想される。本事業をPPP手法で実施しようとするれば、可能な限り建設費を削減することが不可欠であるため、既往報告書の内容を確認することはもちろん、過去に多くの類似プロジェクトを実現してきた日本の優れた技術と経験を活用した建設費縮減方法の可能性を検討することは大きな意義がある。

また、建設費用の有望な資金の一つとして円借款の利用があり、現在は円高にある円借款は借入国にとって将来の返済が有利になる可能性がある。借り入れ条件が特に有利なSTEP円借款は本プロジェクトのような大型案件の実現にとって非常に有効であると考えられるため、同借款を使用する場合の条件を満たす構造物を検討することは本プロジェクトの実現性を検討する上で非常に重要である。

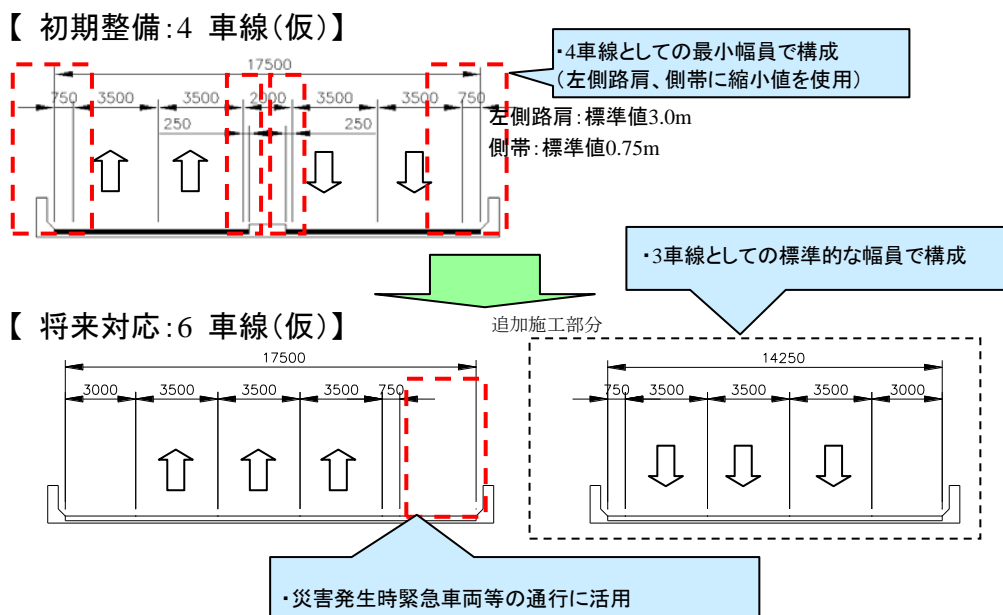
(3) プロジェクトの概要

① 計画概要および事業総額

1). 幅員構成

現地調査のデータを踏まえた交通需要予測および財務・経済分析の結果を踏まえ、片側2車線の合計4車線を考える。なお、将来交通量が予測値を上回り増加した場合には、3車線分の別橋を併設し6車線化に対応することを考える。

図1 横断面構成のイメージ

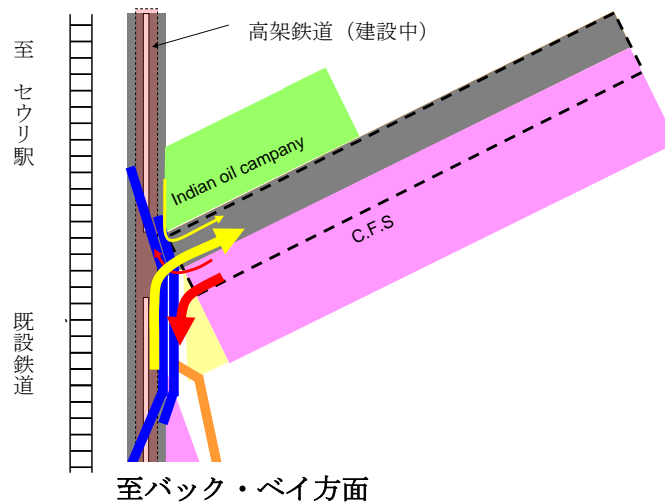


2). 起・終点現道接続形式

【起点部交差点】

初期整備段階では現道とのT字交差点として接続する形になるが、通常の平面交差点（信号制御式）では、増加する交通量に対処することが難しく、交差点が、ボトルネックとなって渋滞を引き起こす原因となりかねない。このため、一部立体交差型（対象は下図の黄色太矢印方向）を導入するなどの対策が必須となる。

図 2 既設道路との接続イメージ図



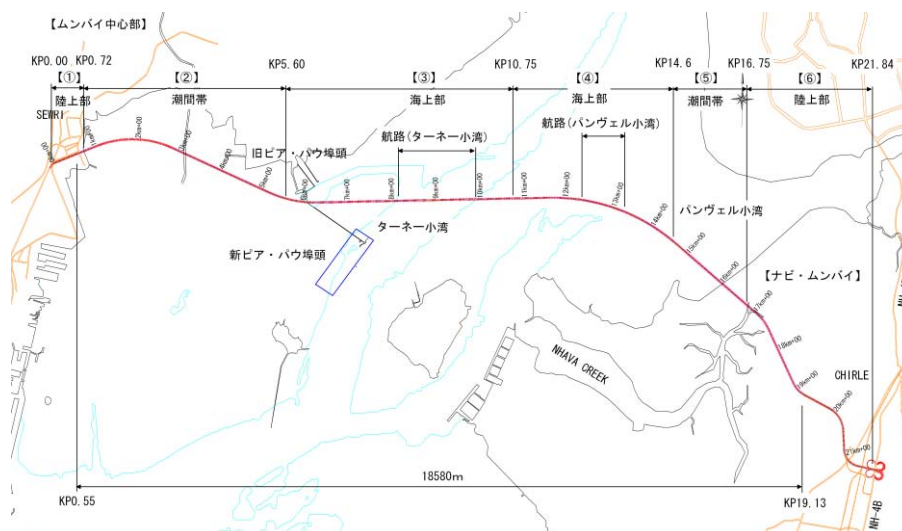
【終点部インターチェンジ】

既存案のクローバー型 IC でも致命的な問題はないが、将来的な土地利用や利用者の利用しやすさなどに利点があるダブル・トランペット型 IC 等との比較検討することが望ましい。

3). 海上区間平面線形

本調査結果では、6箇所の海底パイプの内、交差角及び埋設深さが判明したのは2箇所のみであった。次段階の F/S 調査時には、これらについての掘削調査を実施することは必須となる。

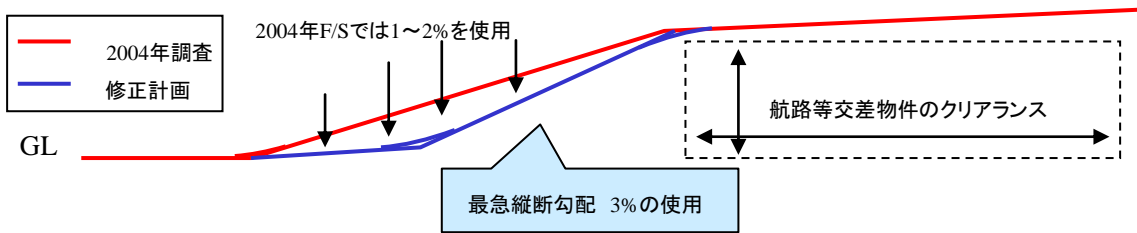
図 3 計画平面図



4). 縦断計画

2004年調査では、土工区間から橋梁区間への移行区間および航路限界前後のアプローチ区間に対して2%程度の緩い縦断勾配を採用しているが、最急縦断勾配を有効に利用することで事業費節減につながる可能性がある。本調査では下図青線に示すように、基準に設定されるV=100km/hの最急縦断勾配(3%)を積極的に活用することを提案する。

図4 縦断線形変更のイメージ



5). 橋梁計画

プロジェクトの対象となる範囲の大半を占める主要高架部(総延長18.85km)については、最新の海図(Jawaharlal Nehru Port and Trombay; APR.2010)及び水路調査(Hydrographic Survey & Seismic Profiling Final Report; May.2005)の結果を基に地形状況や海底パイプライン、埠頭、航路の位置および条件を整理した上で、2004年調査計画の妥当性を検証し、現時点で最適と考えられる構造形式および施工方法を提案した。

表1 プロジェクトの内容

	構造	施工箇所	延長(m)	構造形式
1	土工	アプローチ部	550	
2	主要高架	潮間帯1	2860	PCT 桁橋
		潮間帯2	2000	PCU 桁橋
		埠頭横断部	750	PC 箱桁橋
		海上部1	2460	PC 箱桁橋
		航路部1	720	PC エキストラード・スート橋
		海上部2	2600	PC 箱桁橋
		パイプライン交差部	960	PC 箱桁橋
		航路部2	400	PC エキストラード・スート橋
		パイプライン交差部	870	PC 箱桁橋
		潮間帯3	2560	PCU 桁橋
		陸上部	2400	PCT 桁橋
		小計	18580	
3	土工	IC アクセス部	2710	
4		合計	21840	

6). 事業費およびコスト削減策

主要高架部（総延長 18.85km）に対して、提案するプロジェクトのコスト削減効果を検証した。その結果、支間割り及び構造形式の見直しによるコスト削減効果は約 5%（CASE-0→CASE-1）、更に車線数を 4 車線に減らすことによるコスト削減効果は約 50%（CASE-0→CASE-3）であった。

[比較検討 CASE]

CASE-0：2004 年調査計画案（8 車線）

CASE-1：2004 年調査計画に対して支間割り及び構造形式の見直しを行った案※

CASE-2：CASE-1 に対して車線数を 6 車線とした案

★CASE-3：CASE-1 に対して車線数を 4 車線とした案（提案プロジェクト）

※) 2004 年調査計画に対して見直しを行った項目

- ・ 陸上部および潮間帯の支間割りを短縮
- ・ 支間長 60m 以下の上部構造形式を PCT 桁または PCU 桁に変更
- ・ 航路区間の PC 斜張橋を PC エクストラードロード橋に変更

表 2 概算事業費（主要高架）

	車線数	総幅員(m)	概算事業費 (億 Rs)	備考
CASE-0	8	35.0	766	2004 年調査計画
CASE-1	8	35.0	727	
CASE-2	6	25.5	530	
CASE-3	4	18.5	385	提案プロジェクト

表 3 概算事業費（全体）

		概算事業費		
		内貨(100 万 Rs)	外貨(100 万円)	合計(100 万 Rs)
詳細設計		1,716	952	2,192.0
建設費		42,895	23,808	54,799.4
1	セウリへのアプローチ道路	295	-	295
2	主要高架橋	28,806	19,204	38,408
3	道路部 & チーレ IC	2,773	-	2,773
4	付属構造物等	1,417	-	1,417
5	照明	572	-	572
6	道路付属物	520	-	520
7	環境緩和対策	572	-	572
8	交通制御施設	-	495	248
9	合計 (No.1~8)	34,955	19,699	44,804
諸経費、その他の費用		5,990	4,109	8,045
立ち退きに関する書類の準備他		1,950		1,950
施工監理		2,574	1,428	3,288.0
総 額		47,185	26,188	60,279.4

② 予備的な財務・経済分析の結果概要

1). 将来交通需要予測

2004年調査においては、交通量調査を含む現況の交通パターンが把握されるとともに将来の交通需要予測が行われたが、将来交通量の予測結果を見ると過剰に交通量が予測されているように見られる。よって、これらのデータを検証した上で、本調査における交通需要予測の基礎資料として活用する。本調査では各料金設定に応じて将来交通需要予測を行った。

表 4 将来交通需要予測を行う車種別料金ケース (Rs)

	乗用車	タクシー	バス	LCV	HCV
Case1	50	50	100	75	100
Case2	100	100	200	200	400
Case3	150	150	250	200	250

表 5 将来交通需要予測結果

		利用交通量(台/日)	料金収入(million Rs)
Case1	2021年	43,519	928.8
	2031年	62,712	1,338.6
Case2	2021年	33,983	1,329.8
	2031年	47,624	2,007.8
Case3	2021年	29,643	1,705.4
	2031年	42,524	2,529.3

2). 予備的な財務・経済分析の結果概要

2)-1 財務分析

Case1 から Case3 について算出したプロジェクト FIRR を以下に示す。

表 6 プロジェクト FIRR の推計結果

	Case1	Case2	Case3
プロジェクト FIRR (%)	-3.0%	0.6%	2.1%

次に、想定されうる PPP スキーム別に、FIRR for SPV を算出した。

- ・シナリオ I - A : インド側政府の VGF は建設費の 40%、民間事業主の投資は建設費の 60% と O&M、D/D、S/V (投資は D/E Ratio 70% : 30% で計算) とする。
- ・シナリオ I - B : インド側政府の VGF は建設費の 60%、民間事業主の投資は建設費の 40% と O&M、D/D、S/V (投資は D/E Ratio 70% : 30% で計算) とする。
- ・シナリオ II : 民間事業主は路面舗装、ETC 等限定的な事業範囲に投資、他は全て STEP 円借款を活用。

表 7 各シナリオにおける各料金ケースの FIRR for SPV

項目	Case1	Case2	Case3
シナリオ I-A	-	1.6%	4.2%
シナリオ I-B	-2.5%	4.2%	6.8%
シナリオ II	11.4%	19.9%	24.5%

シナリオ I - A は、Case 1 から 3 のすべてのケースで財務的に難しい結果となっている。シナリオ I-B は、シナリオ I-A と比較すると、FIRR の数値は、約 2% 増加しているが、民間事業としてはやはり難しい結果となっている。

本プロジェクトについては、通常の下部構造、上部構造という官民上下分離手法では事業投資の採算が取れる見込みがない。シナリオ II が示すとおり、本案件においては、民間事業投資額を道路舗装及び ETC 等料金収受機器に限定して出資 (プロジェクト全体コストの 5% 相当額) する場合にのみ、事業採算性を確保することが可能と考えられる。但しこの場合でも EIRR が 20% を超えるには普通車料金を 100Rs 以上に設定することが前提条件となり、一般の利用者がこれだけの料金を支払うことが可能かどうかは十分に検証する必要がある。

2)-2 経済分析

推計された経済費用及び便益に基づき、費用便益分析を行った。計算結果を以下に示す。

表 8 各ケースにおける費用便益分析結果

経済指標	Case1	Case2	Case3
EIRR	14.2%	12.5%	11.6%
B/C (割引率 12%)	1.35	1.13	1.02
NPV (割引率 12%)	14,328 百万 Rs	5,101 百万 Rs	650 百万 Rs

Case1 から Case3 のすべての料金ケースについて、経済内部収益率 (EIRR) は 11% を越えており、インドにおけるインフラプロジェクトに関する評価基準とされる水準を超えている。費用便益比 (B/C) および純現在価値 (NPV) も 1.0、500 百万 Rs を超えており、プロジェクトの実施が、国民経済的及び地域経済的観点からみて妥当で、有意義であることを示している。

③ 社会環境的側面の検討

本プロジェクトの予定地は、起点部、および終点部において、干潟・マングローブ地帯を通過する。現地実施機関による環境影響評価 (EIA) は 2004 年に実施済みであり、環境許認可も 2005 年に取得されているが、本プロジェクトの一部は生態系上重要かつ脆弱な箇所を通過する予定であり、実施にあたっては十分な配慮を要する。

ムンバイ湾沿岸の干潟、特に起点部側のセウリ (Sewri) には、フラミンゴ等の渡り鳥が飛来する。現地 NGO のボンベイ自然史協会 (BNHS) によれば、2003 年 1 月には 1,500~2,000 羽のオオフラミンゴ、15,000 羽のコフラミンゴが観察された。本プロジェクトの建設により、希少種を含む渡り鳥の飛来に不可逆的な影響を及ぼすことがないか専門家を含めた十分な検討がなされるとともに、その結果がプロジェクトの計画に適切に反映されなければならない。

表 9 セウリ干潟に飛来する希少性の高い渡り鳥

和名	英名	学名	希少性
コフラミンゴ	Lesser Flamingo	<i>Phoenicopterus minor</i>	NT
カラフトワシ	Greater Spotted Eagle	<i>Aquila clanga</i>	VU
カタシロワシ	Eastern Imperial Eagle	<i>Aquila heliaca</i>	VU
ベンガルハゲワシ	White-backed Vulture	<i>Gyps bengalensis</i>	CR
インドハゲワシ	Long-billed Vulture	<i>Gyps indicus</i>	CR
カラフトアオアシシギ	Spotted Greenshank	<i>Tringa guttifer</i>	EN

(注) CR: 絶滅危惧 IA 類 (Critically Endangered), EN: 絶滅危惧 IB 類 (Endangered), VU: 絶滅危惧 II 類 (Vulnerable), NT: 準絶滅危惧 (Near Threatened)

(出典: BNHS の資料¹を元に調査団作成、希少性は ICUN の分類による)

本プロジェクトの大部分は海上を通過する橋梁であり、大規模な住民移転は発生しないと考えられる。一方で、漁業への影響検討、漁業従事者との合意形成が行われる必要がある。

本プロジェクトは、交通渋滞緩和による CO₂ の排出量削減、地域社会経済の発展促進などの効果が期待される一方、上記のような負の影響も考えられる。十分な調査および検討のもと、負の効果を緩和するとともに、正の効果を最大化することが必要である。

(4) 実施スケジュール

本プロジェクトの実施については資金調達スキームの適否に依るところが大きい。プロジェクトの規模を考慮すると、インド国政府、日本国政府、および民間資金が協調して取り組む必要性があると考えられる。

¹ Chavan, Rushikesh, 'Sewri- Mumbai's Rubby', "Buceros Envis NewsLetter Avian Ecology" Vol.12 No. 1, (Bombay National History Society, 2007), Islam, M. Zatal-ul and Aasad R. Rahman Important Birds Areas in India, (Bombay National History Society, 2004)

プロジェクトの実施スケジュールは、1年目を調査及び関係機関との協議、2年目を設計、3～6年目を現場施工の期間として策定し、図5に示す。

図5 プロジェクトの実施スケジュール

		1年目				2年目				3年目				4年目				5年目				6年目			
		1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
調査	地質調査	■	■	■	■																				
	測量	■	■	■	■																				
	パイプライン調査	■	■	■	■																				
関係機関との協議		■	■	■	■																				
設計	道路設計	■	■	■	■	■	■	■	■																
	橋梁設計	■	■	■	■	■	■	■	■																
	道路付属物設計									■	■	■	■												
用地買収		■	■	■	■	■	■	■	■																
工事発注準備・入札										■	■	■	■												
現場施工	主要高架									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	土工									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	舗装													■	■	■	■	■	■	■	■				
	道路付属物																					■	■	■	■
	交通管理施設																					■	■	■	■

(5) 実施に関するフェーズビリティ

1). 相手国実施機関の実施能力

MMRDA（ムンバイ都市圏開発庁：Mumbai Metropolitan Regional Development Authority）はムンバイ都市圏において交通、都市開発、水関係プロジェクト等、多岐に渡る事業を手がけており、特に交通分野においては、MUTP（Mumbai Urban Transport Project：ムンバイ都市交通プロジェクト）やMUIP（Mumbai Urban Infrastructure Project：ムンバイ都市インフラプロジェクト）を実施している。MMRDAはムンバイのインフラ整備に係る代表的な州政府系組織であり、MHTLの実施においても財務および事業実施の両面で実施機関としての対応が可能と考えられる。

一方で、MSRDC（マハラシュトラ州道路整備公社：Maharashtra State Road Development Corporation）が変更認定される可能性も依然存残っている。MSRDCは、これまでの不調に終わった2回のMHTLの入札時における発注機関であり、2004年調査等を中心的に実施している。また、ムンバイ半島西側の沿岸部橋梁「バンドラ・ウォーリ・シーリンク（Bandra-Warli Sea Link）」の実施機関でもあり、施工については十分に対応できる実施機関であると考えられる。

2). 資金調達の可能性

2)-1. JICA 海外投融資制度

JICAの海外投融資制度は制度設計が進みつつあり、早急に制度化が完成することが、相手国官民、本邦民間から強く要望されている。2010年12月の再開正式決定により2011年度から本

制度活用による海外インフラプロジェクトへの資金面での支援が進むことが期待される。

2)-2. JBIC 海外投資金融

JBIC の海外投資金融は本件のような工期が長く、また事業開始後の収益性が低いインフラ事業案件ではキャッシュフローが回らず成立しないケースが多い。相手国政府側からライダースhip保証等が取得できる場合は検討の余地はあるものの、まずは前述の JICA 投融資と STEP 円借款の双方を活用する案件として本件を捉え、JICA と検討協議を開始することが先決となろう。

2)-3. 上下分離方式

JICA の投融資制度でキャッシュフローが回らない場合は、ハイブリッド方式の活用が期待できる。その際公的部分には STEP 円借款、民間建設部分の借入 (Debt)には JBIC 海外融資金融、出資 (Equity) 部分には JICA 海外投融資が活用されることが検討可能となる。

3). 相手国企業の参画の可能性

経済分析の結果から、本プロジェクトは国家経済と地域経済の両面から経済的効果が高いと判断されている。MTHL の実現によって、ナビ・ムンバイ側の開発速度が促進されることは確実であるため、既に同地域の開発に関与しているか、今後に進出を計画している主要なインド民間企業が本プロジェクトの事業主に参加する可能性は非常に高い。特に、実現に巨額な費用を必要とする本プロジェクトの重要性をインド政府および州政府が認識し、資金支援を強化することになれば、インド民間企業の参加はさらに期待できると考えている。

(6) 我が国企業の技術面等での優位性

当該プロジェクトを実現する上では、建設コストの縮減と供用に至るまでの工期短縮が重要な要素となる。特に MTHL の大半を占める約 19km の主要高架部は、コスト面および工程面で事業全体に与える影響は非常に大きく、また施工上の制約が多い海上部に架かる橋梁であるため、建設に向けての難易度は高い。一方、我が国は本州四国連絡橋や東京湾アクアラインなど数多くの海上橋を建設・維持管理しており、世界的にも高い水準の技術を保有している。また、品質の高さに裏付けられる高度な施工管理技術についても国際競争力を備えているといえる。

当該事業の実現性を高めるため、主要高架の建設及び管理運営に活用可能な我が国の独自性の高い技術として以下のものが挙げる。

- (a) 特殊構造の技術：PC エクストラドーズド橋 (extradosed bridge) の技術、PC 箱桁橋における軽量化の技術、特殊な基礎構造 (鋼管矢板井筒基礎) の技術
- (b) 施工技術：プレキャストセグメント工法の技術、フローティングクレーンを用いた大ブロック架設の技術、急速施工の技術、施工管理の技術
- (c) 建設に伴う特殊な資機材：高張力 PC 鋼材、FRP 緊張材、プレファブ型ケーブル、エクストラドーズド橋の振動制御装置、高性能鋼材 (BHS 鋼)、鋼部材に対する重防食塗装
- (d) 管理運営における日本の国際競争力：海上に架橋された長大橋の維持管理、交通安全及び交通管理技術、ETC 料金徴収システム

(7) 案件実現までの具体的スケジュールおよび実現を阻むリスク

本事業は建設コストが多額となるため、借入条件が有利な円借款、特に低金利で相手国の借入期間の長いSTEP円借款の活用が不可欠と判断する。既に2010年1月に道路交通省カマルナート大臣より国土交通省前原大臣（当時）に対して本事業に対する協力要請があったものの、財務省を通じた正式な要請は提出されておらず、円借款活用に対するインド政府側への働きかけが肝要である。同時に政府間会話を立ち上げるために、経済産業省、外務省、財務省、JICAおよび国土交通省と協力して本事業に対する円借款への要請準備を行っていく必要がある。またインド国政府に対して本事業が民間資金単独で実現される可能性が低いことを説明し、STEP円借款活用の優位性を説明していく必要がある。

本プロジェクトについては通常の官民上下分離手法では事業投資の採算が取れる見込みがないため、民間事業投資額を道路舗装及びETC等料金収受機器に限定して出資することによって事業採算性を確保することが可能と考えられる。但しこの場合でもEIRRが20%を超えるには普通車料金を100Rs以上に設定することが前提条件となり、一般の利用者が自動車で日常的に利用するのにこれだけの料金を支払うことが現実的かどうかは十分に検証する必要がある。また、過度に高料金を設定すると政府側から承認が得られない可能性も高くなる。

これまでに述べてきた手法でも事業採算性が見受けられない場合には、本プロジェクトをSTEP円借款の対象としてマハラシュトラ州政府が公共事業として実施することになり、日本側事業者はO&M業務を受託することによって事業に関与することが選択肢として考えられる。ただし、O&M業務の事業者決定は入札によるのがインドの政府方針であるために、事業に対して確実に関与できるかどうか最後まで確定されない。円借款及び事業権の獲得をいかに結びつけるかが今後PPP事業として本件を取り上げる際の課題となろう。

(8) プロジェクト対象位置図

図6 MTHL周辺図

