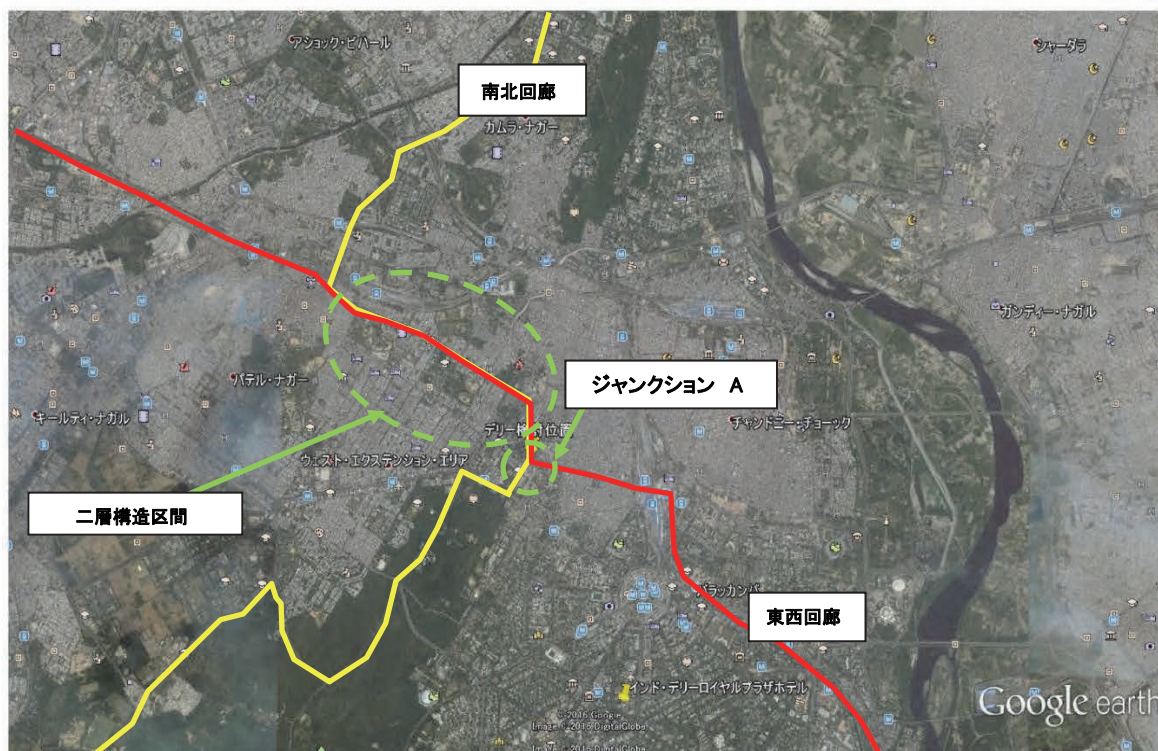


8. デリー市高架橋建設プロジェクトに関する検討

8.1 はじめに

本項では、4章 環境社会配慮、6章 適用可能な本邦最新技術、7章 交通需要予測と経済分析に記載した事項を踏まえ、デリー市高架橋建設プロジェクトについて、橋梁構造形式の提案、それに伴う経済分析結果、また環境社会配慮事項について、それぞれ詳述する。

本検討の対象区間を以下に示す。



出典：JICA 調査団/Google

図 8.1.1 調査対象区間（二層構造区間およびジャンクション A）

8.2 社会及び自然的特性

8.2.1 社会の状況

デリー市高架橋建設プロジェクトが位置するデリー首都圏の人口について、表 8.2.1 に示す。

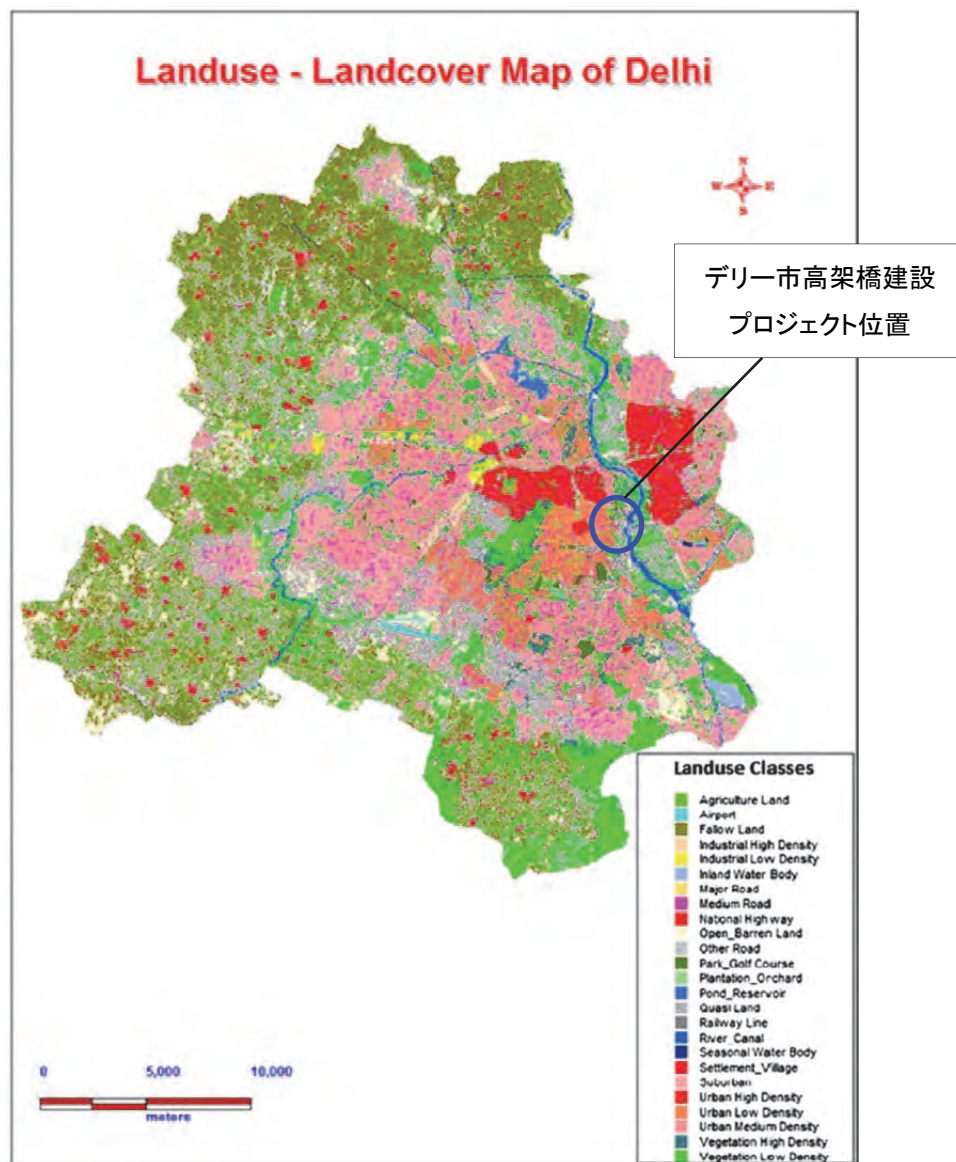
表 8.2.1 デリー首都圏の人口

	人口 (2011)
デリー首都圏	16,787,941

出典 : 2011 Census Data, Government of India, Ministry of Home Affairs

8.2.2 自然の状況

デリー市の土地利用図を図 8.2.1 に示す。プロジェクト対象地域の土地利用状況は、主に都市・商業地域であり、住居およびビルが多い地域である。



出典 : Government of Delhi

図 8.2.1 プロジェクト対象と土地利用図 (デリー市高架橋建設プロジェクト)

8.3 構造形式提案

8.3.1 はじめに

図 8.1.1 に示す東西回廊と南北回廊が交錯するジャンクション構造及びその間の東西回廊と南北回廊が同一路線を通る（併走する）単路部について構造形式の検討を行う。なお、構造形式検討にあたっては、第 6 章に示した本邦最新技術の適用を念頭に置いて、実施する。

8.3.2 単路部（オーバーラップ区間）の検討

(1) 橋脚構造の検討

現地コンサルタント会社が実施している現状の検討において、東西回廊及び南北回廊の車線数は、それぞれ 6 車線となっている。従って、単路部において必要とされる車線数は、12 車線となる。しかしながら、用地収用の難度及び既存道路の幅員を考慮すると、必要な車線数を設置するには 2 層構造を適用する必要がある。

構造形式検討実施における仮定条件を以下に示す。

- 上層側、下層側の車線数は、それぞれ 6 車線とする。
- 地表より 10m 以深に支持層が存在すると想定されるため杭構造の適用をする。

橋脚構造は、「イ」国において一般的に適用されているコンクリート構造と、日本などにおいて都市内高架橋に適用されている鋼構造について比較を行った。

なお、本構造については、コンクリート構造を 1 本柱構造、鋼構造を門形構造で検討している。大規模構造であるため、本来は門形構造の適用が望ましい。しかし、コンクリート構造で門形構造を適用した場合、梁構造を施工する際、支保工設置のため全断面を使用することになり、大掛かりな交通制限が必要となる。1 本柱構造を適用した場合は半断面での施工も可能であり、現況交通に与える影響が比較的小さくなることより、本検討において、コンクリート構造においては 1 本柱構造を採用し比較検討を行った。

表 8.3.1 橋脚構造比較表

	コンクリート構造	鋼構造
概略図		
構造的性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ PC 上部工を使用した高幅員の構造を適用するため、橋脚梁へプレストレスを導入する必要がある。また、死荷重が大きい構造のため、橋脚断面や基礎の規模が鋼構造に比較し、大きくなる。 ✓ 施工期間は5~6か月程度である。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高コスト構造にも関わらず、日本の都市部において、一般的に採用されている構造である。 ✓ 複雑な形状の構造への適用が容易である。 ✓ 施工期間は、およそ3か月程度である。
工事中における既存交通への影響	<ul style="list-style-type: none"> ✓ フーチング施工中に、10m のみの幅員を既存交通のために確保することが可能となる。 ✓ 橋脚梁部分の施工中に、既存道路のほぼ半分を支保工設備設置のため占有する。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ フーチング施工中に、18.5m の幅員を既存交通のために確保することが可能となる。 ✓ 架設作業のため、1~2 晩の交通制限が必要となる。
経済性	○ (1.00)	× (3.16)
周辺環境への影響	× (幅広い基礎形状及び長期間にわたる現場打ち構造のため)	○ (狭小な基礎形状及びプレファブ構造による現場工期縮減による)
推奨案		◎

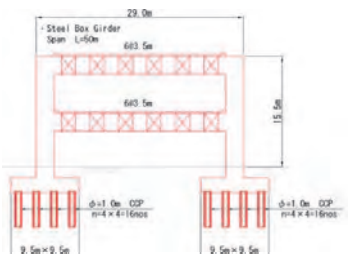
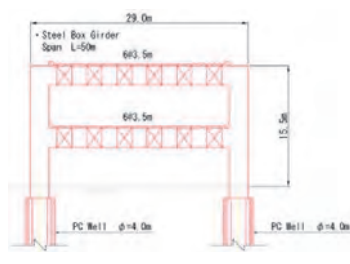
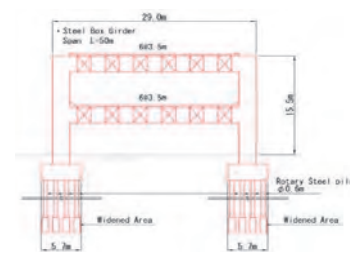
上表より建設費は高価ではあるが施工期間が大幅に短縮でき、周辺社会環境への影響が極めて小さくなる鋼構造を都市内の高架橋において推奨する。

(2) 基礎形式の検討

検討区間はデリー市の中心部に位置するため、多くの既存交通が発生している。周辺環境への影響を最小限とするために、施工区域の最小化、工事期間を短縮化、周辺環境への影響を最小化できる新工法の適用に着目し、場所打ち杭工法と PC ウェル基礎及び回転鋼管杭について比較検討を行った。比較表を、表 8.3.2 に示す。なお、橋脚形式は先の比較結果より鋼構造形式を用いて基礎形式の比較を行った。

建設費は場所打ち杭工法が安価となるものの、施工期間が短縮でき、周辺社会環境への影響が極めて小さくなる PC ウェルと回転鋼管杭を推奨する。

表 8.3.2 基礎形式比較表

	タイプ1 場所打ち杭	タイプ2 PC ウェル	タイプ3 回転鋼管杭
概略図			
コメント	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 多くの施工実績を有する一般的な基礎構造であり、最も経済的である。 ✓ 基礎幅が最も広くなり、施工中に既存構想へ悪影響を与える。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 基礎幅が狭く、施工中における既存交通への影響を最小限にできる。 ✓ 橋脚構造と一体化される構造のため、最も施工期間が短い。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ タイプ1に比較して、基礎幅を狭くできるため、施工中における既存交通への影響を最小限にできる。 ✓ 掘削を必要としない工法のため、施工中における周辺住民への影響を制限することができる。
施工期間	最も長い	最も短い	短い
経済性	○ (1.00)	× (3.92)	△ (1.78)
周辺環境への影響	×	△	○
推奨案		◎	◎

(3) 上部工形式の検討

前項にて示した通り、コンクリート構造に比較し建設コストでは劣るものの、施工中における周辺環境への影響を考慮すると、橋脚構造への鋼構造の適用が推奨される。橋脚構造と同様に、上部工形式にコンクリート構造を適用する場合、施工期間が鋼構造に比較し長くなることより、施工中の交通制限の期間も長くなる。施工中における周辺環境への影響を最小限とするため、また死荷重を低減し鋼製橋脚の規模を減少させるため、上部構造においても鋼構造の適用が推奨される。

加えて、より耐久性が強く、過積載車両の通行が懸念される「イ」国での交通事情により適合される合成床版の適用も推奨される。また、本工法の適用により、工事中的交通制限を無くすことが可能となる。

8.3.3 ジャンクション部の検討

ジャンクション構造の検討にあたって、土地利用状況を十分に考慮し、実施する。

(1) ジャンクション形状及び構造の検討

本ジャンクションは南北回廊と東西回廊が結合する箇所となる。南北回廊と東西回廊は、2層構造を形成し、北側より本ジャンクションへ接続される。ジャンクションを通過後は南北回廊は南側に延伸され、東西回廊については東側に延伸される。

デリー公共事業局は南北回廊の平面線形を現在も検討中であるが、本業務での検討作業については、図 3.2.1 に示す平面線形で実施することに同意された。

本ジャンクションについて、以下に示す 2 案について検討を実施する。

案 1：ジャンクション周辺の土地利用を考慮せず、最もコンパクトな形状とした案

案 2：ジャンクション周辺の土地利用を考慮した案

なお、ジャンクション線形を検討するにあたり、設計速度は 50km/h、最小曲線半径は 50m とする。

(2) 案 1 に関する検討

案 1 の平面図を図 8.3.1 に示す。



出典：JICA 調査団/Google

図 8.3.1 案 1 平面図

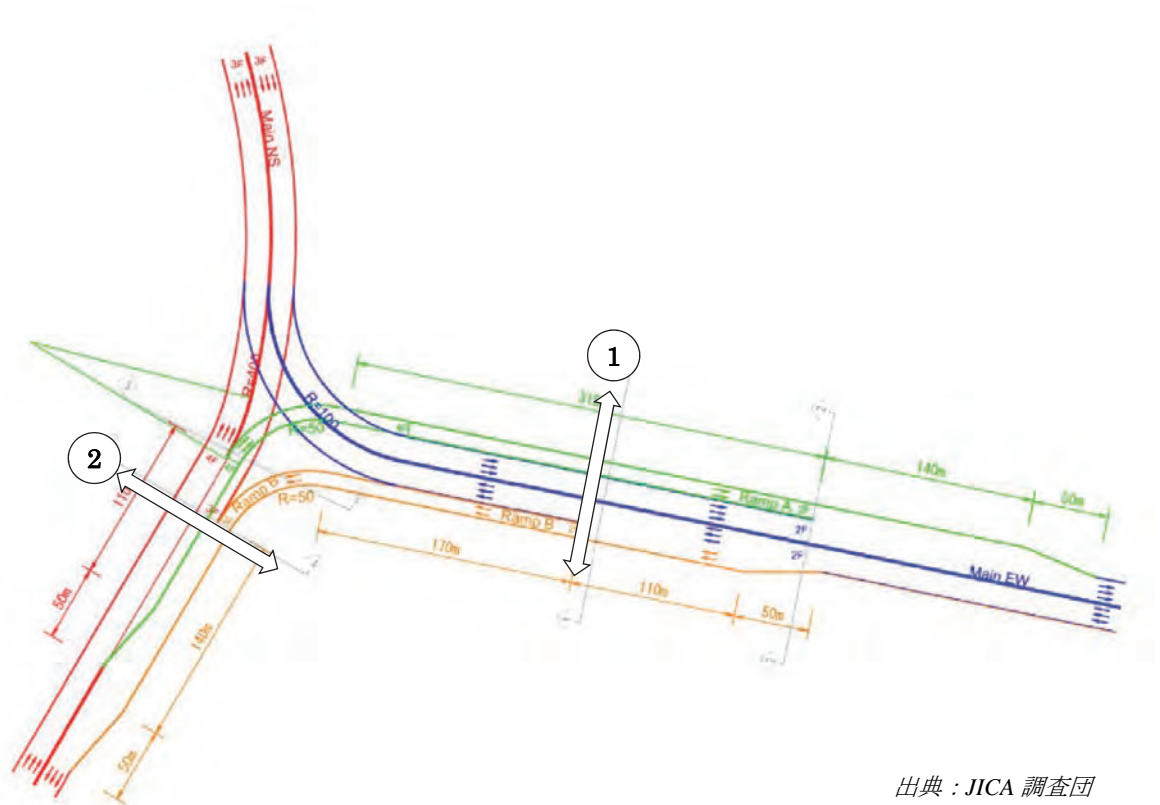
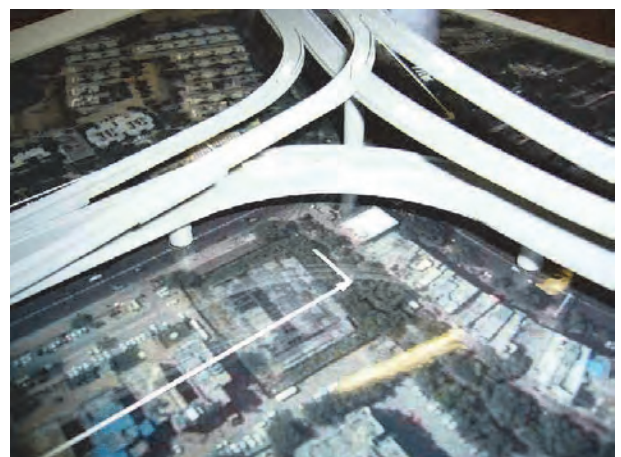


図 8.3.2 案 1 の線形図

案 1 に関する線形図を図 8.3.2 に示す。ジャンクション構造の理解を促進するため、本案に関する模型を製作した。

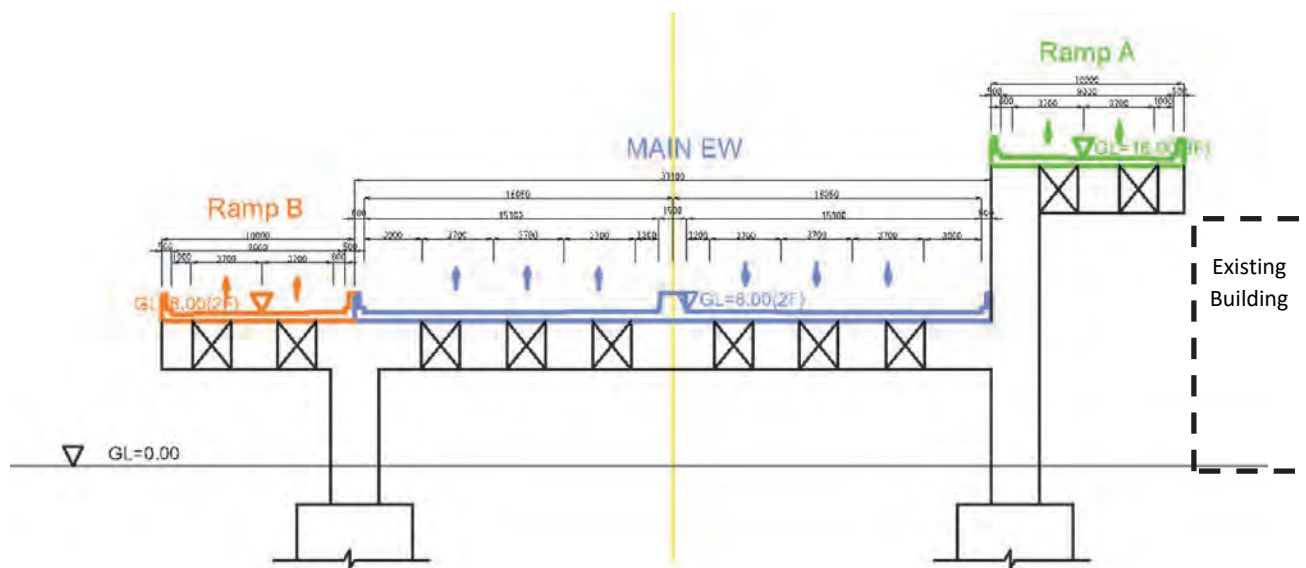


出典: JICA 調査団作成

図 8.3.3 案 1 の模型写真

案 1 に関しては、必要とされる 6 方向のアクセスが可能となる。

非常に複雑なジャンクションの構造となる。図 8.3.4 と図 8.3.5 に①と②の位置における断面図を示す。現計画における高架橋の車線数では現道幅より高架橋全体の幅員が広がる箇所が発生する。このため、高架橋必要幅員（現在は 6 車線にて計画）を精査しない限り道路沿道の用地買収は不可欠となる。



出典：JICA 調査団

図 8.3.4 ジャンクション断面 (断面①)



出典：JICA 調査団

図 8.3.5 ジャンクション断面図 (断面②)

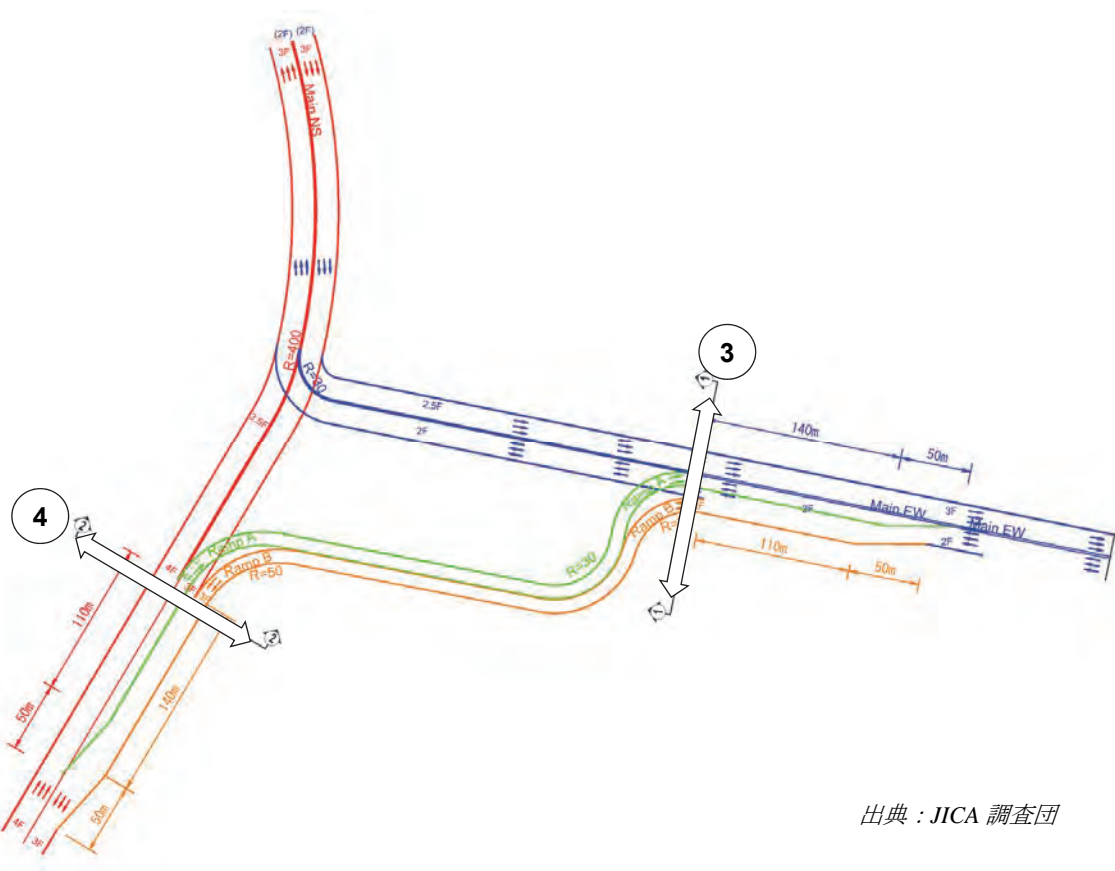
(3) 案 2 に関する検討

案 2 の平面図を図 8.3.6 に示す。前項にて記載したとおり、本案については図 3.2.5 に示した土地利用の状況を考慮し検討を行う。



出典 : JICA 調査団/Google

図 8.3.6 案 2 平面図



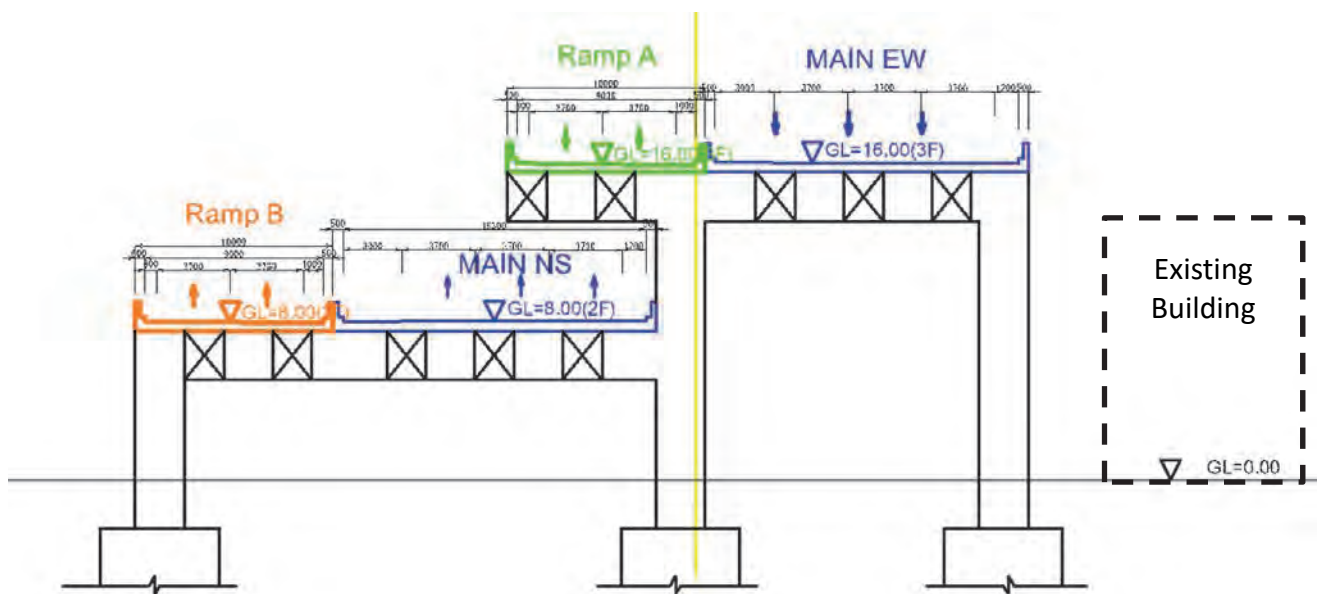
出典 : JICA 調査団

図 8.3.7 案 2 の線形図

案 2 の線形図を図 8.3.7 に示す。本案では、ジャンクション周辺土地利用図である図 3.2.5 に示した交差点北側の私有地を外すために D. B.グプタ道路からラニ シャンシ道路に接続される交差点において非常に急なカーブ (R=30m、設計速度 20km/h 相当) を東西回廊に適用している。加えて、南北回廊と東西回廊をつなぐ 2 本のランプ位置を、交差点南東部に位置する土地収用が難しい学校用地を外すように設定している。

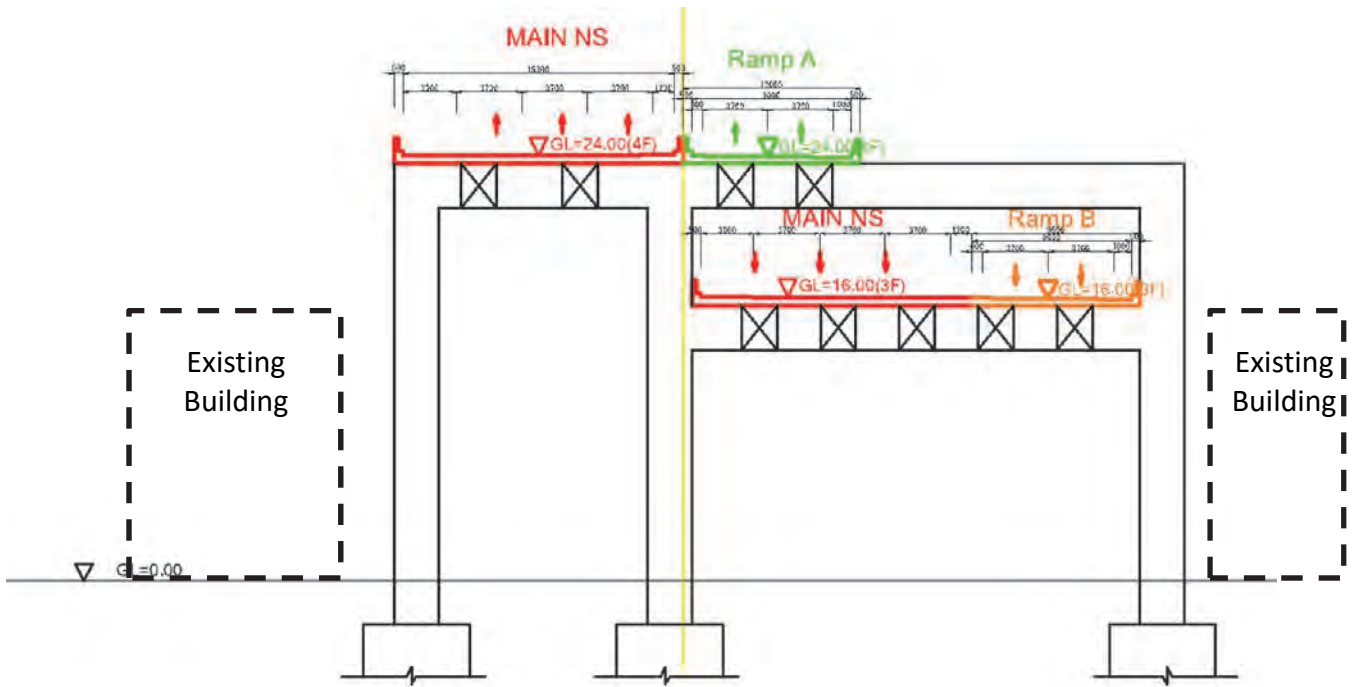
案 2 においても、必要とされる 6 方向のアクセスが可能となる。

案 1 同様に非常に複雑なジャンクションの構造となる。図 8.3.8 と図 8.3.9 に③と④の位置における断面図を示す。現計画における高架橋の車線数では現道幅より高架橋全体の幅員が広がる箇所が発生する。このため、高架橋必要幅員 (現時点では 6 車線) の精査を実施しない限り道路沿道の用地買収は不可欠となる。



出典 : JICA 調査団

図 8.3.8 3 断面図



出典：JICA 調査団

図 8.3.9 4 断面図

(4) ジャンクション構造の比較

案 1 と案 2 のジャンクション構造に関する比較表を、表 8.3.3 に示す。

表 8.3.3 ジャンクション構造比較表

	案 1	案 2
平面図		
特色	✓ 土地利用を考慮せず、コンパクトな形としたジャンクション	✓ 実際の土地利用を考慮し、大きい平面形状を有するジャンクション
アクセス	✓ 必要とされる 6 方向、全てのアクセスを可能とする。	✓ 必要とされる 6 方向、全てのアクセスを可能とする。
利点	✓ よりコンパクトな形状のジャンクションとするため、ランプ延長はもっとも短くなる。	✓ 「赤色」で示された私有地への土地収用が不要となる。
不利点	✓ 「赤色」で示された私有地での土地収用が必要となる。	✓ 「赤色」で示された私有地での土地収用を無くすため、非常に急なカーブ (R=30m) を適用する必要がある。 ✓ ランプと東西回廊に挟まれるため、その地域の使用が、不便となる。

どちらの案も一長一短であるが、ランプ構造は非常に複雑なものとなり、鋼製橋脚を用いた周辺環境への影響が最小となる基礎形式（PC ウェルや回転鋼管杭）を適用する事で、実現性が向上すると考える。また現在の高架橋の計画は 6 車線必要とされており、次ステージの検討においては道路ネットワーク全体を考慮した上で交通需要予測から必要幅員を精査する必要がある。

8.3.4 適用可能な高架橋の新技术

デリー市高架橋建設プロジェクトにおいて適用可能となる高架橋の新技术を下表にまとめる。これらの技術を適用することで、都市内の狭窄部における高架橋の施工がより現実的となり、既存の技術と比べて短期間で周辺環境に優しい建設が可能となる。なお、各技術の詳細については第 6 章を参照されたい。

表 8.3.4 適用可能な新技术

技術名称	特色
回転鋼管杭	狭隘地域で施工を可能とする鋼管杭の新技术であり、従来基礎形式（場所打ち杭基礎）と比較し、より大きな支持力を発現するためフーチング形状を小さくすることができる。また、掘削土の発生が生じず、低振動、低騒音が実現でき周辺環境に優しい工法。
PC ウェル基礎	狭隘地域で施工を可能とする新しい大口径の基礎形式であり、フーチングを必要としない構造のため、基礎形状をコンパクトにすることが可能。
鋼管ソケット接合	従来のアンカーフレーム構造を介さず、鋼橋脚と杭やフーチングを接合することを可能とする新しい工法であり、従来工法に比べ、より短い工事期間での施工が可能。PC ウェル基礎と併用して使用可能。
鋼製橋脚	軽くて強度の高い鋼製橋脚を使用することで複雑なジャンクション構造と 2 層構造部の施工が可能となる。
合成床版	従来の RC 床版と比較し、より高い耐久性を有する新しい床版形式。また、床版工事を短縮化し、鋼板を床版下面に使用するため工事時の安全確保が容易。

8.3.5 全体工程計画

検討対象区間における高架橋建設のための全体工程計画を表 8.3.5 に示す。鋼製橋脚、PC ウェル基礎または回転鋼管杭基礎、そして鋼上部工を適用することで約 3 年間の工期で施工可能である。

一方、従来工法で施工した場合は約 5 年の工期が必要と想定されるが、工期は投入するチーム数や発注パッケージ区分にも左右されるため、現段階において明確な工期短縮期間の算出は不可能である。

また、従来工法の適用により工事可能な箇所において本邦技術を適用すると建設費の増大に直結するため、次ステージでの検討時には、従来工法を適用する箇所と本邦技術を適用する箇所を適切に見極めたうえで工事計画を立案されたい。

表 8.3.5 デリー市高架橋建設事業全体工程表

	初年度												2年次												3年次																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36										
詳細設計	■																																													
準備工	■																																													
鋼部材製作			■																																											
基礎工			■																																											
橋脚工										■																																				
上部工													■																																	
床版工																																														
舗装工																																														
雑工																																														
片付け工																																														

8.3.6 概算事業費の算出

(1) 為替レート

概算事業費を算出する上での為替レートは、2016年8月末から2016年9月頭における2週間の平均レートを適用する。実際に適用した為替レートを以下に示す。

- 1 US ドル= 101.80 [円]
- 1 インドルピー = 1.52 [円]

(2) 概算事業費

日本国が支援した場合における概算事業費を表 8.3.6 に示す。概算事業費合計（建設費、設計費及び施工監理費を含む）は、およそ 51.5 [十億円]（33.9 [十億インドルピー]）となる。なお、表内に示している単価は、建設費単価とする。

表 8.3.6 概算事業費

プロジェクト	内容	単位	数量	単価 [千円]	事業費 [百万円]				事業費 [百万インドルピー]			
					建設費	設計費	施工監理費	合計	建設費	設計費	施工監理費	合計
デリー市高架橋建設プロジェクト	- 高架橋延長 1.55km - 鋼箱桁橋 (6車線 ×2層) - 鋼性橋脚 (2層構造)	m ²	68,200	337.0	22,985	920	2,069	25,974	15,122	605	1,361	17,088
	ジャンクション (案2)	m ²	58,216	388.6	22,622	904	2,035	25,561	14,883	595	1,339	16,817
	合計				45,607	1,824	4,104	51,535	30,005	1,200	2,700	33,905

8.4 交通量需要予測

8.4.1 交通量調査

デリー市高架橋建設プロジェクトにおいては、デリー市が現地コンサルタントに委託して実施中のフィージビリティスタディで測定された交通量を使用することとし、本調査にて交通量調査を実施しなかった。

8.4.2 調査対象区間の現状交通量

調査対象区間の交通量を、表 8.4.1 に示す。

表 8.4.1 現況交通量（日交通量）（2016年、デリー市高架橋建設プロジェクト）

場所	ラニ ジャンシ道路 -DB グプタ道路		ニューロタック道路 - ラニ ジャンシ道路		ニューロタック道路 - スワミナルヤン道路	
	台	PCU	台	PCU	台	PCU
乗用車	33,086	33,086	25,592	25,592	60,245	60,245
バス	4,737	14,211	383	1,149	2,935	8,805
トラック	337	1,517	168	756	714	3,213
計	38,160	26,143	26,143	27,497	63,894	72,263

出典：デリー市公共事業局

8.4.3 将来交通量

表 8.4.1 に示す現況交通量に対して、7.3.2 項に示した将来交通量伸び率の推計を適用し、対象高架橋における将来交通需要予測結果（年平均日交通量（AADT））を推定した。推定結果を表 8.4.2 に示す。

計画されている高架橋へ流入する割合はデリー市公共事業局の資料に従い、乗用車・バス・トラックそれぞれの交通量の 60%とする。

表 8.4.2 交通需要予測 (2017～、デリー市高架橋建設プロジェクト)

(単位：PCU/日)

	乗用車	バス	トラック	計
2020	33,451	6,797	1,543	41,791
2021	36,428	7,402	1,680	45,510
2022	39,670	8,061	1,830	49,561
2023	43,201	8,778	1,993	53,972
2024	47,046	9,560	2,170	58,775
2025	51,233	10,410	2,363	64,006
2026	55,792	11,337	2,574	69,703
2027	60,758	12,346	2,803	75,906
2028	66,165	13,445	3,052	82,662
2029	72,054	14,641	3,324	90,019
2030	78,467	15,944	3,619	98,031
2031	85,450	17,363	3,942	106,755
2032	93,055	18,909	4,292	116,257
2033	101,337	20,592	4,674	126,603
2034	110,356	22,424	5,090	137,871
2035	120,178	24,420	5,543	150,142
2036	130,874	26,593	6,037	163,504
2037	142,522	28,960	6,574	178,056
2038	155,206	31,538	7,159	193,903
2039	169,020	34,345	7,796	211,160
2040	184,062	37,401	8,490	229,954

出典：JICA 調査団作成

8.5 経済分析

8.5.1 はじめに

ここでは、8.4 項で求めた交通需要予測結果を用いて、デリー市高架橋建設プロジェクトの社会的便益を求める。社会的便益は、通例に従いプロジェクトを実施した場合（With ケース）と、実施しなかった場合（Without ケース）に比べた社会的費用の減少分とした。

8.5.2 比較対象ケース

デリー市高架橋建設プロジェクトでは、南北回廊と東西回廊とが重複する部分にダブルデッキ鋼製高架橋の新規整備を計画しているが、整備される場合を With ケース、「イ」国で一般的な工法である PC 上部工+RC 下部工として整備される場合を Without ケースとして比較する。

表 8.5.1 比較対象ケース（デリー市高架橋建設プロジェクト）

With ケース	Without ケース
ニューロンタック道路とアジュマルカン道路との交差点を起点として、ラニ ジャンシ道路と D. B. グプタ道路との交差点を終点とする、延長 1.55km のダブルデッキ鋼製高架橋を建設する。高架橋は工期を短縮し、既存交通の渋滞を最小化する本邦建設技術を活用したものである。起点も終点もデリーを南北および東西方向に計画されている南北回廊および東西回廊に JCT 構造で連結し、デリー首都圏の都市内高速道路ネットワークの一部になる。	With ケースと同じ区間の高架橋が、PC 上部工+RC 下部工での建設になる。施工中の既存交通は規制され、迂回の必要性が発生する。施工期間も長くなる。

出典：JICA 調査団作成

8.5.3 経済分析用プロジェクト実施スケジュール

デリー市高架橋建設プロジェクトは、既存道路上に高架橋を新規整備する計画である。本調査では鋼製の高架橋で急速施工により整備する計画を策定した（With ケース）。鋼橋で整備されない場合は、コンクリート製の従来工法での整備が計画されている（Without ケース）。したがって、プロジェクトの実施計画は以下のとおりと設定する。

表 8.5.2 プロジェクト実施スケジュール（デリー市高架橋建設プロジェクト）

	With ケース	Without ケース	備考
2019	詳細設計	詳細設計	
2020	施工	施工	With ケース：本邦技術活用 Without ケース：従来工法
2021	施工	施工	
2022	新橋供用開始	施工	
2023	↓	施工	
2024	↓	新橋供用開始	
2025	↓	↓	
↓	↓	↓	
2048	分析期間終了	分析期間終了	

出典：JICA 調査団作成

8.5.4 事業コスト

8.3.5 項より、本プロジェクトの実施コストは以下のとおりである。

表 8.5.3 事業コスト

(単位：百万ルピー)

場所	With ケース				Without ケース			
	工事費	設計費	施工監理	合計	工事費	設計費	施工監理	合計
デリー市高架橋建設プロジェクト	30,005	1,200	2,700	33,905	23,081	923	2,077	26,081

出典：JICA 調査団作成

8.5.5 費用便益分析

7.4.3 項に示す条件の下、費用便益分析を実施した結果を下表に示す。

表 8.5.4 費用便益分析結果

指標	デリー市 高架橋建設 プロジェクト
経済的内部収益率 (EIRR、%)	20.7%
経済的純現在価値 (ENPV、百万インドルピー)	1,745
社会費用便益比 (B/C)	1.21

- ・ 経済的内部収益率 (EIRR) = (経済的純現在価値の値がゼロになるような割引率の値)
- ・ 経済的純現在価値 (ENPV) = (事業便益の現在価値) - (事業実施コストの現在価値)
- ・ 社会費用便益比 (B/C) = (事業便益の現在価値) ÷ (事業実施コストの現在価値)

ここに、

事業便益 = 走行車両コスト削減による便益 + 旅行時間コスト削減による便益

事業コスト = 事業費 + 維持管理費

出典：JICA 調査団作成

表 8.5.4 に示すように、デリー市高架橋建設プロジェクトの EIRR 値は 12% を超えており、本プロジェクトの有効性が確認されている。なお、Without プロジェクトとして、従来の高架橋工法を検討しており、提案構造を使用することで建設費は増額すると見込まれる。しかし、建設期間の短縮や既存道路の交通量の確保など社会的利便性が向上することが期待され、結果として、良好な EIRR 値の算出が見込まれる。

8.6 環境社会配慮

8.6.1 JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づく環境予備調査とスクリーニング結果

デリー市高架橋建設プロジェクトにおけるスクリーニング対象地は南北回廊と東西回廊及びその周辺地域とする。位置図については、図 3.2.2 参照のこと。

下表に JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づく環境予備調査とスクリーニング結果を示す。

I. 汚染対策においては、騒音と大気汚染の項目で評価 A であった。II. 社会環境においては、非自発的住民移転の項目で評価 A であった。III. 自然環境においては、ほとんど影響は想定されない。また、JICA カテゴリーにおいては、JICA 環境社会配慮ガイドライン（2010）に基づいたスクリーニング結果の項目で評価 A であった。

表 8.6.1 JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づく環境予備調査とスクリーニング結果（デリー市高架橋建設プロジェクト）
（2016年10月5日時点）

橋梁の種類	橋梁位置 (区分)	番号	橋梁番号	影響項目		I. 汚染対策				II. 社会環境				III. 自然環境		JICA カテゴリー	想定される 取得が必要な クリアランス		
						騒音と大気汚染 工事中及び工事後		水質（水質汚濁） 工事中		非自発的住民移転		文化（神聖な場所や 施設）		マングローブ林					JICA 環境社会配 慮ガイドライン (2010) に基づい たスクリーニング 結果
				橋梁 名称	プロ ジェクト 活動	評価	影響の程度	評価	影響の程度	評価	影響の程度	評価	影響の程度	評価	影響の程度				
高架橋	デリー市 高架橋建 設プロ ジェクト	1	-	-	新規橋 梁建設	A	住宅地が確認 されたため、 影響が想定さ れる。	C	河川水中で の活動は想 定されな い。	A	住宅地や商 業地域が確 認され、影 響を及ぼす 可能があ る。	C	南西側にモ スクが存在 するが、影 響は想 定されな い。	C	マングロー ブは確認さ れない。	A	想定住民移 転数は多 く、土地収 用が必要で ある。	✓	-

各項目の影響評価：(A)：重大な負の影響が予想される (B)：ある程度の負の影響が予想されるが A と比較して小さい (C)：影響は想定されない (D)：影響の程度は明らかでない（次段階の調査が必要。調査の過程で影響の程度が明らかになる）

スクリーニングの定義：(A) 重大な負の影響のあるプロジェクト (B) ある程度の負の影響があるが重大ではないプロジェクト (C) ほとんど影響は想定されないプロジェクト（参照 表 3.5.3 JICA ガイドライン・カテゴリー分類表）

EC：環境クリアランス CRZ：沿岸規制区域のクリアランス

出典：JICA 調査団

8.6.2 主な環境緩和の方策

提案される主な環境緩和の方策は表 8.6.2 の通りである。

表 8.6.2 環境管理計画（想定される緩和策）

分類	No.	影響項目 JICAガイドライン	提案される緩和策	
			工事前、工事中	供用時
社会環境	1	大気汚染	- 粉塵 住宅地付近では散水等を行う。	道路沿道の適切な土地利用管理
	2	水質汚濁	- 濁水 基礎改修工事中は濁水を最小化するため、シートパイル法を適用する。	-
	3	廃棄物	- 建設廃棄物（コンクリート塊） コンクリート塊などの建設廃棄物は指定された場所に適切に廃棄する。	-
	4	土壌汚染	-	-
	5	騒音・振動	- 住居区域付近の建設騒音 遮音壁の設置や低騒音型建設機械の採用 夜間工事の制限や、工事スケジュールの住民への周知を行う。	必要に応じた遮音壁の設置。 道路沿道の適切な土地利用管理
	6	底質	-	-
自然環境	9	保護区	保護区内で取付道路を含む新規橋梁建設がある場合、CRZ 許認可を環境許可機関（森林環境省）から取得する。	-
	11	水象	水象に影響を与えない十分な河川容量を確保する設計の実施	-
	12	地形、地質	-	-
社会環境	13	住民移転	JICA環境社会配慮ガイドラインに基づいた適切な補償の実施	-
	14	貧困層		-
	15	少数民族・先住民族		-
	16	雇用や生計手段等の地域経済		-
	17	土地利用や地域資源利用		-
	18	水利用	井戸の水量が減少する等の影響がある場合、水を確保する代替施設を設置する（給水や水道の接続）	-
	19	既存の社会インフラや社会サービス	JICA環境社会配慮ガイドラインに基づいた適切な補償の実施	-
	22	地域内の利害対立	地元住民を工事労働者として採用を優先する	-
	23	文化遺産	プロジェクトが地域における寺院、神聖な場所、碑等に影響を与える場合、適切な協議を行い、合意形成を行う	-
27	HIV/AIDS 等の感染症	HIV/AIDS等の感染症への感染を予防するため、労働者に対する注意喚起、啓発を促進する	-	

分類	No.	影響項目 JICAガイドライン	提案される緩和策	
			工事前、工事中	供用時
その他	29	事故	<ul style="list-style-type: none"> - 制限区域とするため、工事現場の入り口にゲートを設置する - 建設機械が稼働する入口や交差点には交通整理員を配置する - 子供など地元の人が建設現場に入らないように周囲にフェンスを設置する - 建設現場での工事機械等の走行速度を制限する - 労働者への安全管理研修の実施 - 工事監理者による安全管理パトロールの実施 - 毎月の安全会議の実施 	歩道のない橋梁における安全管理の実施 (自動車専用道路を除く)
	30	越境の影響、及び気候変動	-	-

(-) : 負の影響が想定されないため緩和策は必要ない。

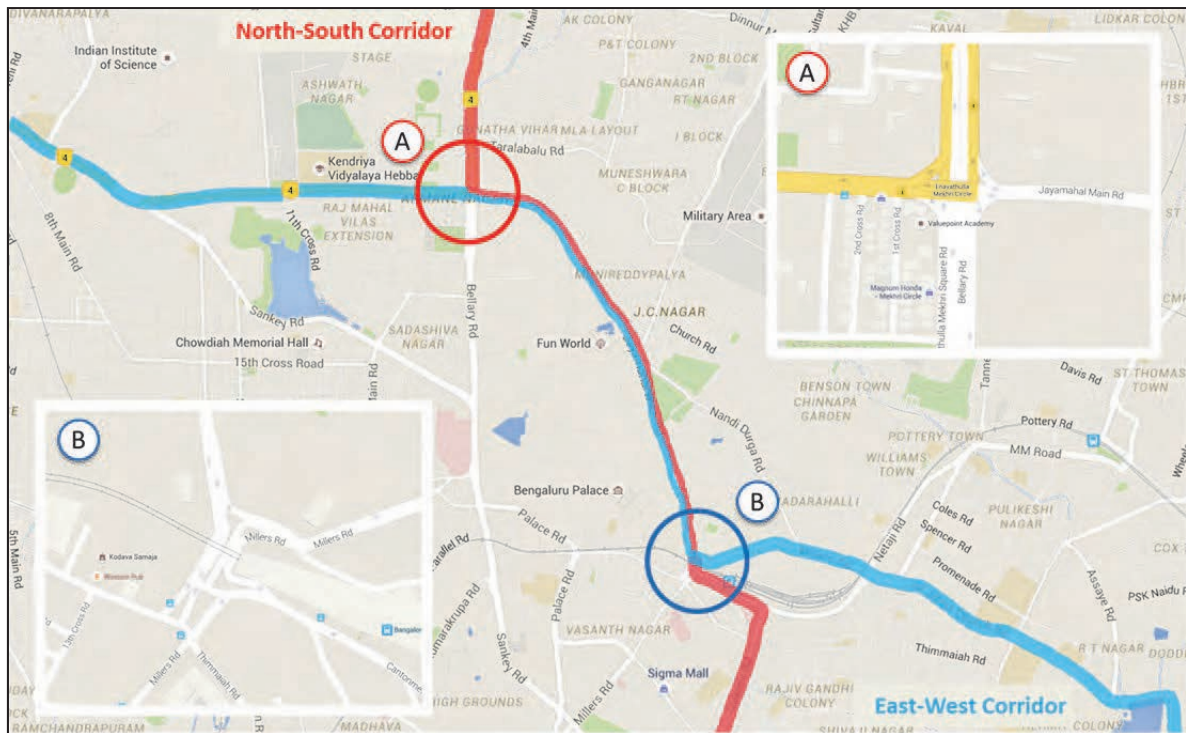
出典 : JICA 調査団

9. バンガロール市高架橋建設プロジェクトに関する検討

9.1 はじめに

本項では、4章 環境社会配慮、6章 適用可能な本邦最新技術、7章 交通量調査と経済分析に記載した事項を踏まえ、バンガロール市高架橋建設プロジェクトについて、橋梁構造形式の提案、それに伴う経済分析結果、また環境社会配慮事項について、それぞれ詳述する。

本検討の対象区間を以下に示す。



出典：JICA 調査団/Google

図 9.1.1 調査対象区間位置図

9.2 社会及び自然的特性

9.2.1 社会の状況

バンガロール市高架橋建設プロジェクトが位置するカルナタカ州の人口について、表 9.2.1 に示す。

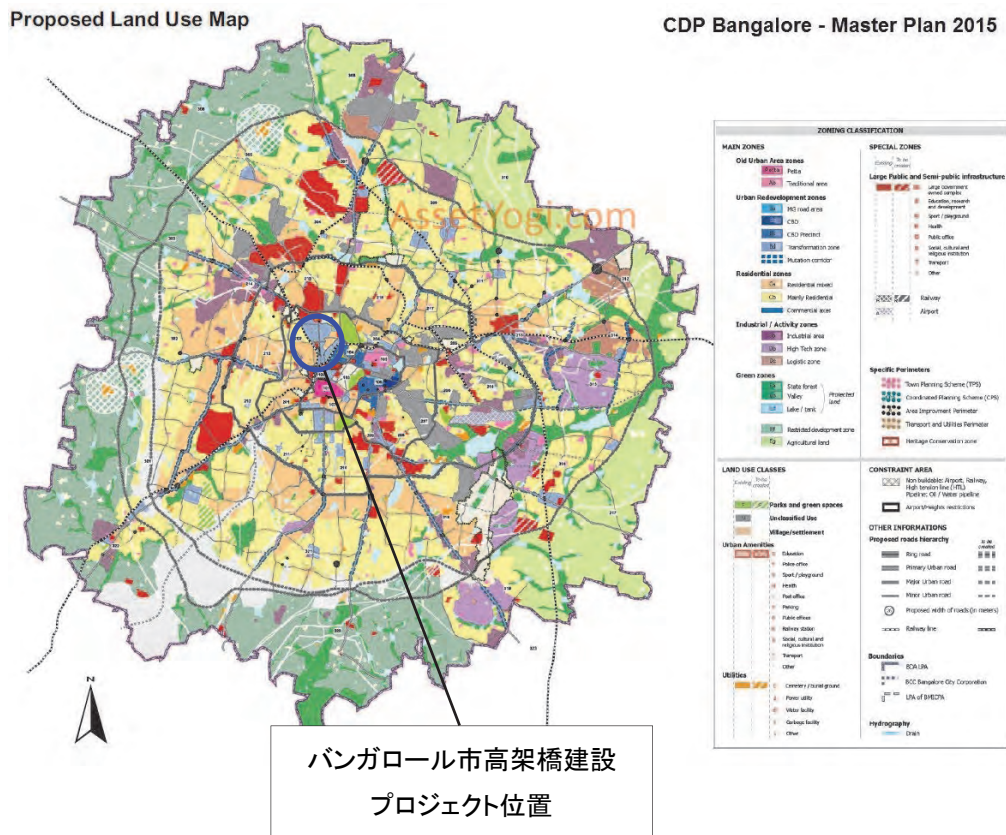
表 9.2.1 カルナタカ州及びバンガロールの人口

州	人口 (2011)	州都	人口 (2011)
カルナタカ州	61,095,297	バンガロール	9,621,551

出典：2011 Census Data, Government of India, Ministry of Home Affairs

9.2.2 自然の状況

バンガロール市高架橋建設プロジェクト対象地域の土地利用図を図 9.2.1 に示す。プロジェクト対象地域の土地利用状況は、主に都市・商業地域であり、住居およびビルが多い地域である。



出典：CDP Bangalore Master Plan

図 9.2.1 プロジェクト対象位置と土地利用図（バンガロール市高架橋建設プロジェクト）

9.3 構造形式提案

9.3.1 はじめに

第3章の図3.3.2に示す東西回廊と南北回廊が交錯する2か所のジャンクション構造及びその間の東西回廊と南北回廊が同一路線を通る（併走する）単路部について構造形式の検討を行う。

9.3.2 単路部（東西回廊と南北回廊がオーバーラップする区間）の検討

高架橋概要（車線数）、周辺環境（混雑道路における建設）や地質条件（支持層深度）が、デリー高架橋建設プロジェクトと同様のため、8.3.2項にて示した検討内容と同様の内容となる。結果、橋脚は鋼構造による2層構造が推奨され、基礎の形式についてはPC鋼管杭または回転鋼管杭が推奨される。また、上部工形式についても鋼構造の適用が推奨される。

9.3.3 ジャンクション部の検討

(1) はじめに

前述の通り、2箇所のジャンクションについて検討を実施する。2013年に発布された新しい土地収用法により土地収用の実施が非常に難しくなった。そのため、ジャンクション構造の検討にあたって、土地利用状況を十分に考慮し実施することとする。

なお、ジャンクション線形を検討するにあたり、設計速度は50km/hとし、最小曲線半径は50mとする。

(2) ジャンクションAの検討

1) ジャンクション形状及び構造の検討

本ジャンクションは、南北回廊と東西回廊が結合する箇所となる。南北回廊と東西回廊は2層構造を形成し、東側より本ジャンクションへ接続される。ジャンクションを通過後は、南北回廊は北側に延伸され、東西回廊については、西側に延伸される。

現地コンサルタント会社によると、別プロジェクトにより施工される高架橋が南側から本ジャンクションに接続されるように建設される予定である。

検討は以下に示す2案について実施する。尚、周辺の土地利用については図3.3.3を参照されたい。

案1：ジャンクション周辺の土地利用を考慮せず、最もコンパクトな形状とした案

案2：ジャンクション周辺の土地利用を考慮した案

2) 案1に関する検討

案1の平面図を図9.3.1に示す。この形式は阪神高速道路にある「北港ジャンクション」と同様の形式となる。参考までに北港ジャンクションの写真を図9.3.2に示す。



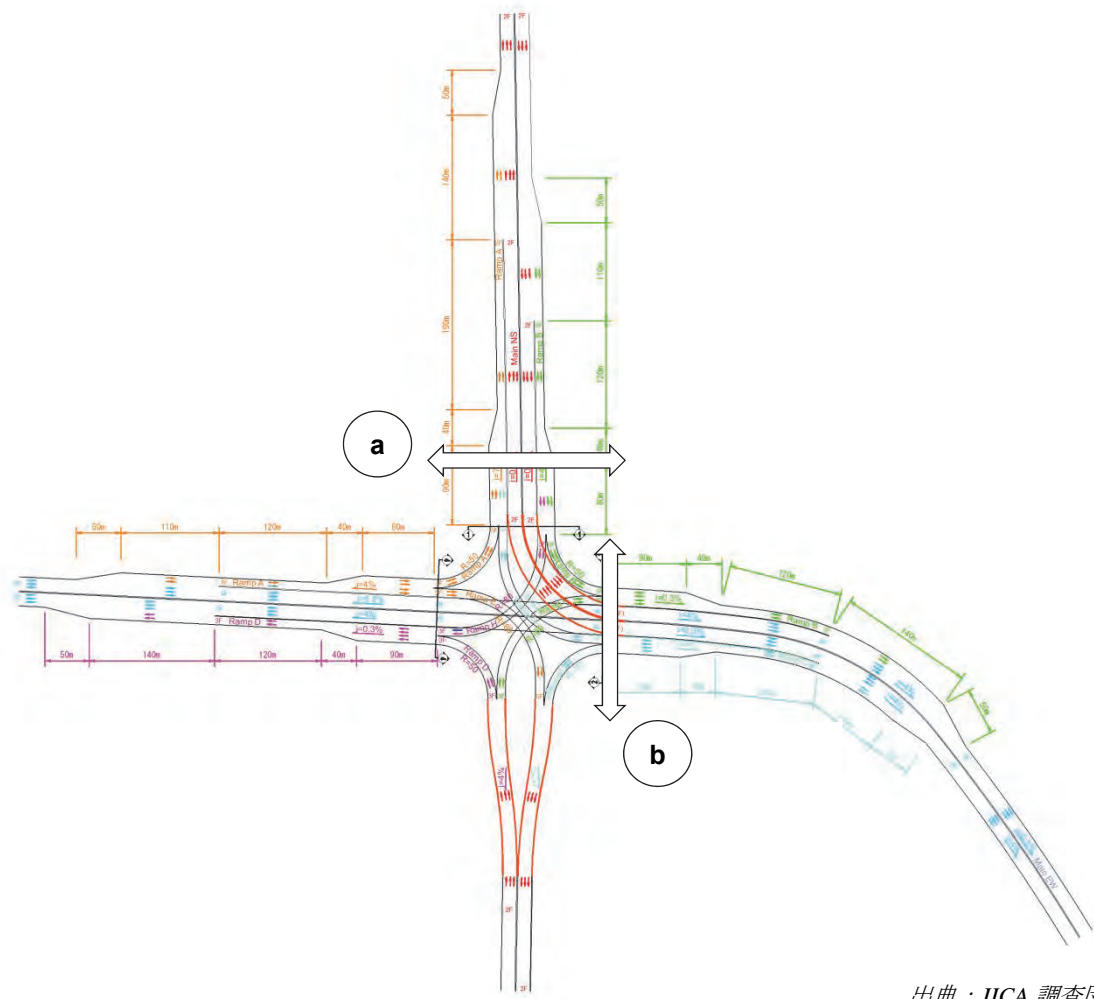
出典：JICA 調査団/Google

図 9.3.1 案1平面図



出典：Wikipedia

図 9.3.2 北港ジャンクション写真 (参考)



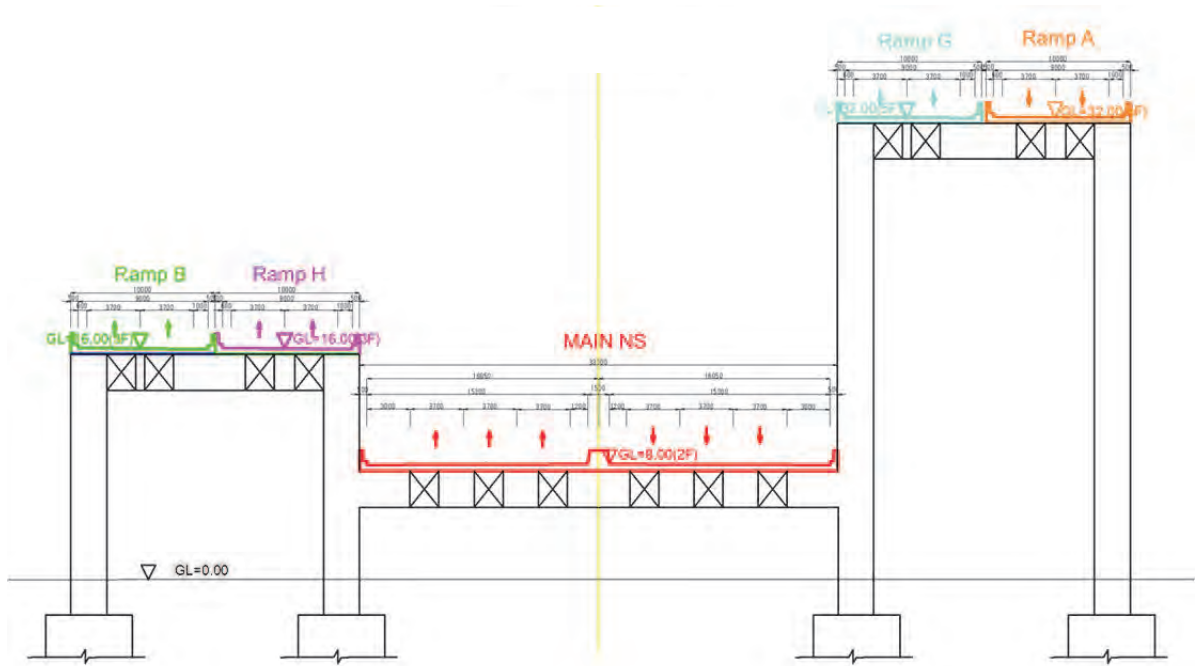
出典：JICA 調査団

図 9.3.3 案 1 の線形図

案 1 に関する線形図を図 9.3.3 に示す。

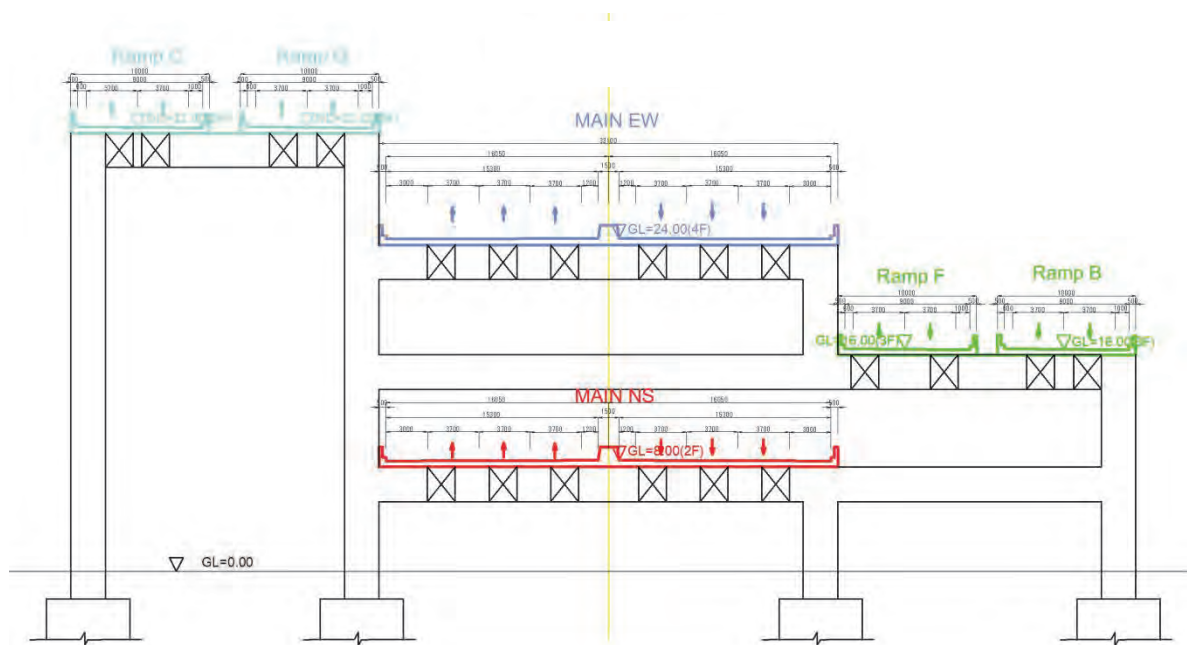
本案においては南北回廊の北方面道路と他プロジェクトで施工予定の南方面の高架橋とのアクセスがない。なお、全 12 方向のアクセスが必要な構造において、10 方向へのアクセスを実現している。現案においては、5 層構造となっているが、6~7 層構造を適用することで 12 方向すべてのアクセスを可能にする構造にすることが可能となる。

非常に複雑なジャンクションの構造となる。図 9.3.4 と図 9.3.5 に a と b の位置における断面図を示す。どちらの断面においても現道幅より高架橋全体の幅員が広くなり、高架橋必要幅員（現在は 6 車線にて計画）を精査しない限り道路沿道の用地買収は不可欠となる。



出典：JICA 調査団

図 9.3.4 a 断面図



出典：JICA 調査団

図 9.3.5 b 断面図

3) 案 2 に関する検討

案 2 の平面図を図 9.3.6 に示す。前項にて記述したとおり、本案については図 3.3.3 に示した土地利用の状況を考慮し検討を行う。

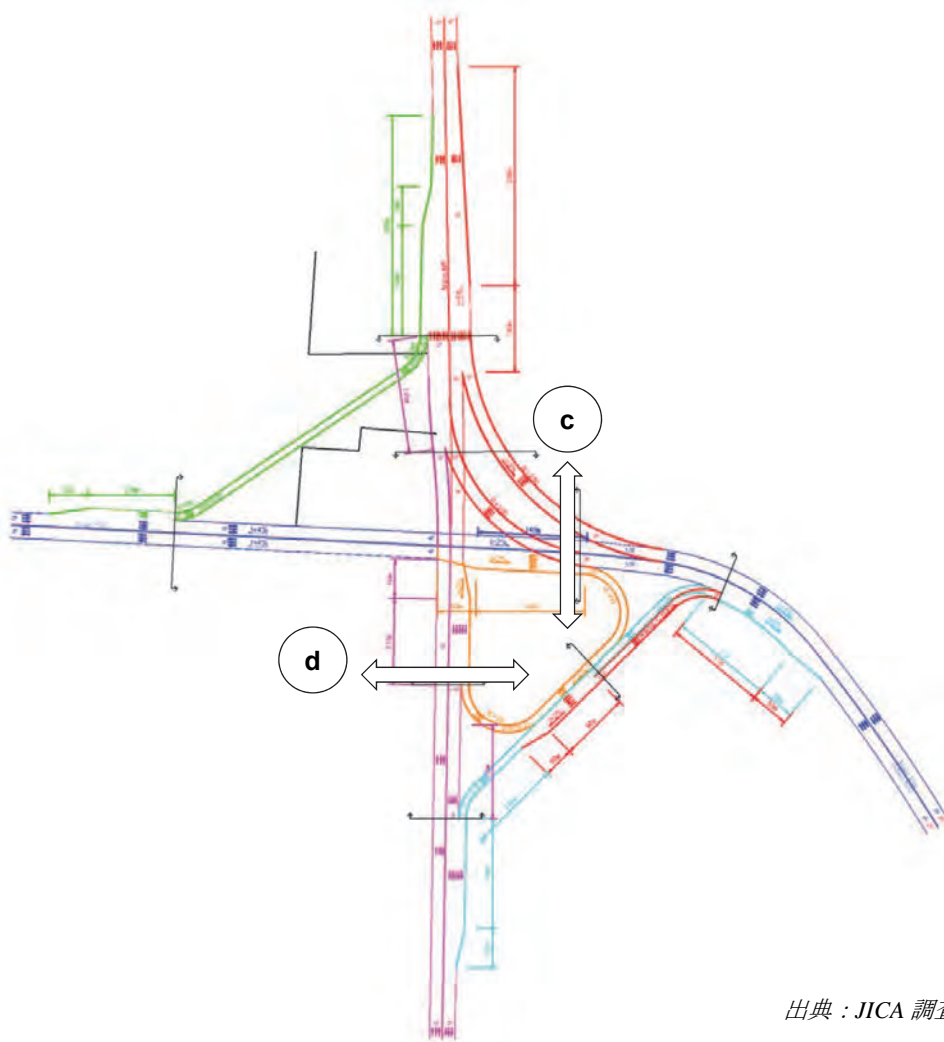


出典：JICA 調査団/Google

図 9.3.6 案 2 平面図

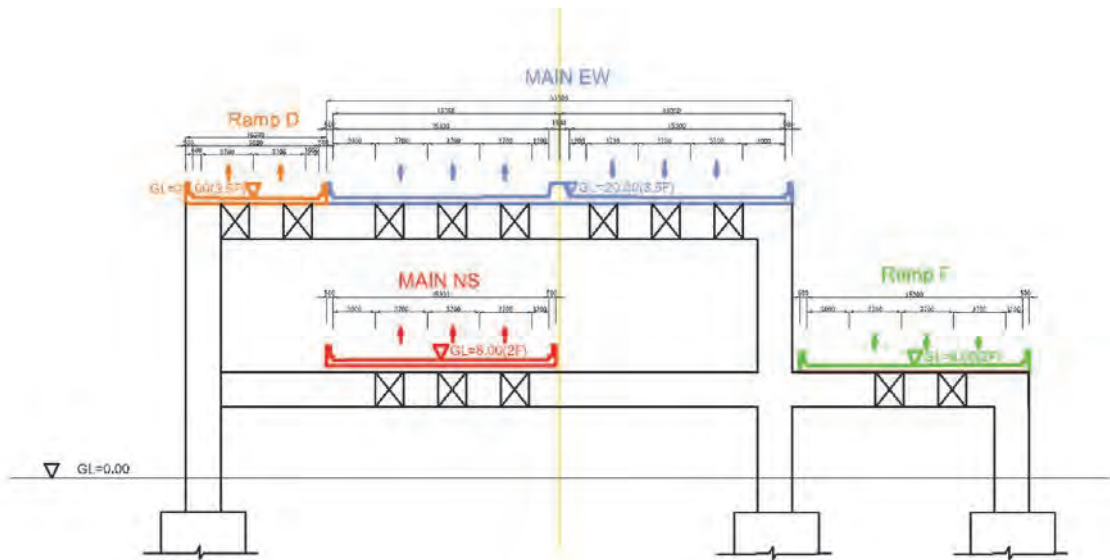
案 2 に関する線形図を図 9.3.7 に示す。南西部における土地利用の制限により、本案においては 3 方向のアクセス（南から東、南から西、また西から南）が設置できない。従って、全 12 方向のアクセスのうち、9 方向のアクセスが可能となる案である。

本案も複雑なジャンクションの構造となり、図 9.3.8 と図 9.3.9 に c と d の位置における断面図を示す。どちらの断面においても現道幅より高架橋全体の幅員が広くなり、高架橋必要幅員（現在は 6 車線にて計画）を精査しない限り道路沿道の用地買収は不可欠となる。



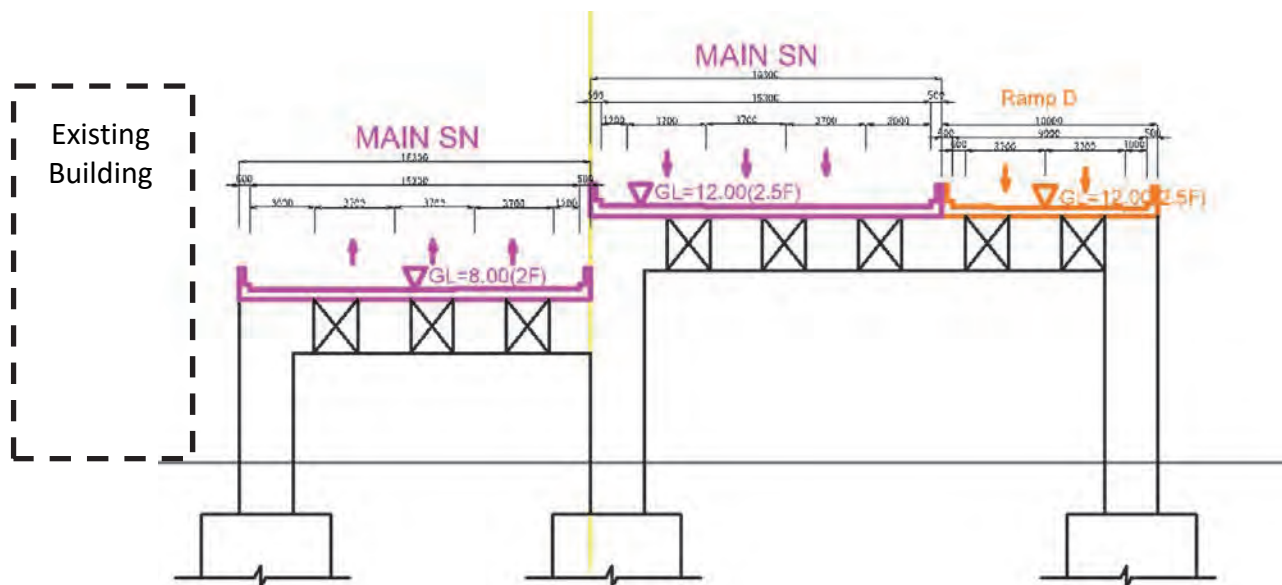
出典：JICA 調査団

図 9.3.7 案 2 の線形図



出典：JICA 調査団

図 9.3.8 c 断面図



出典：JICA 調査団

図 9.3.9 d 断面図

4) ジャンクション構造の比較

案 1 と案 2 のジャンクション構造に関する比較表を、表 9.3.1 に示す。

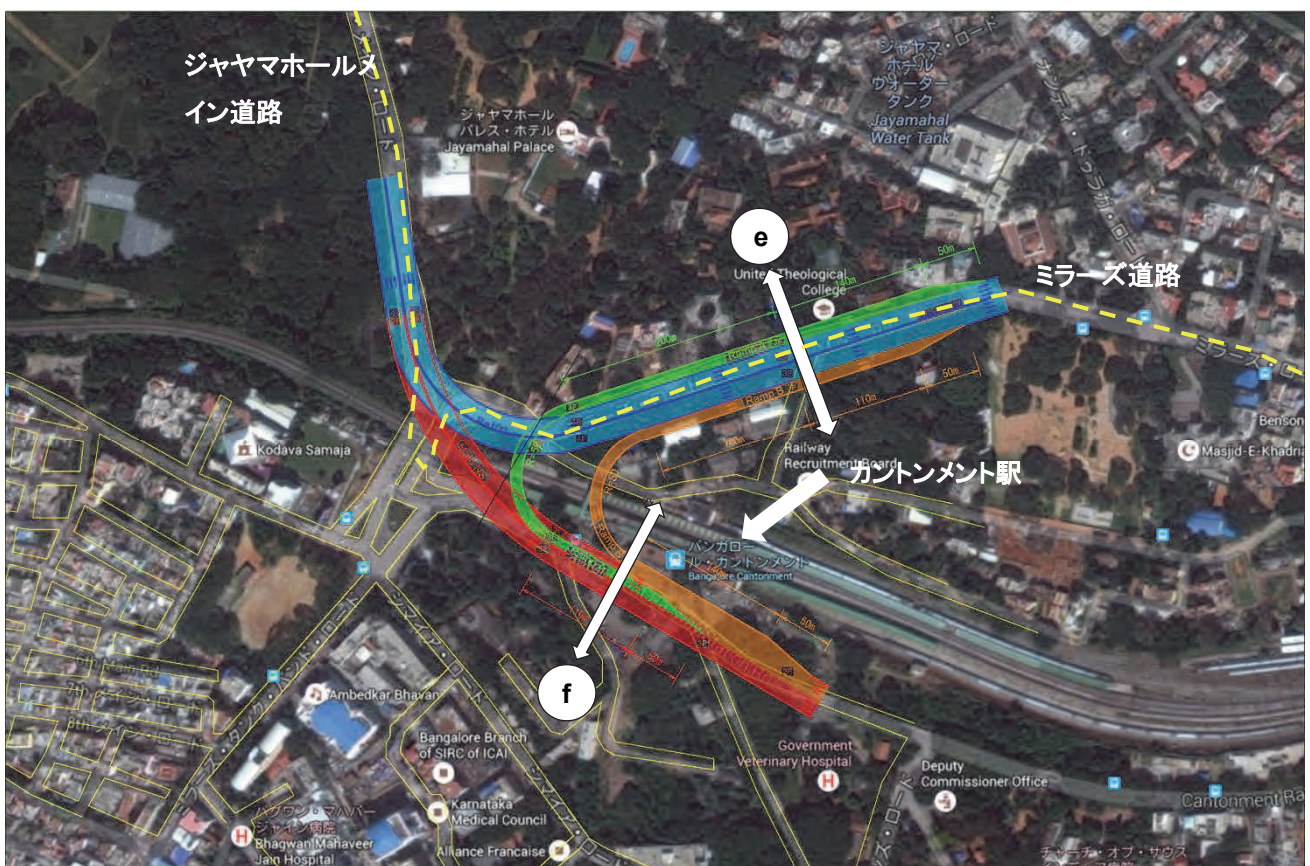
表 9.3.1 ジャンクション構造比較表

	案 1	案 2
平面図		
特色	✓ 土地利用を考慮せず、コンパクトな形としたジャンクション	✓ 実際の土地利用を考慮し、大きい平面形状を有するジャンクション
アクセス	✓ 12 方向のアクセスのうち 10 方向のアクセスを可能とする。(残り 2 方向については、重層構造を追加することで可能となる。)	✓ 12 方向のアクセスのうち 9 方向のアクセスを可能とする。(南方向-東方向、南方向-西方向、西方向-南方向のアクセスはできない。)
利点	✓ ジャンクションの平面形状としては、小さいサイズとなる。	✓ 各ランプの交差点は多くない。 ✓ 案 1 に比較し単純な構造の適用が可能となる。
不利点	✓ 5 層構造のジャンクションとなるため、橋脚形状が非常に複雑なものとなる。	✓ 使用用地面積は、大きくなる。

どちらの案も一長一短であるが、ランプ構造は非常に複雑なものとなり、鋼製橋脚を用いた周辺環境への影響が最小となる基礎形式（PC ウェルや回転鋼管杭）を適用することで実現性が向上する。また現在の高架橋の計画は 6 車線必要とされており、高架橋の幅員が既存道路幅より広いものとなっているため、次ステージの検討においては道路ネットワーク全体を考慮した上で交通需要予測から必要幅員を精査する必要がある。

(3) ジャンクション B の検討

本ジャンクションは南北回廊と東西回廊が結合する箇所となる。南北回廊と東西回廊は 2 層構造を形成し、北側より本ジャンクションへ接続される。ジャンクションを通過後は南北回廊は南側に延伸され、東西回廊については東側に延伸される。ジャンクション B の平面図を図 9.3.10 に示す。

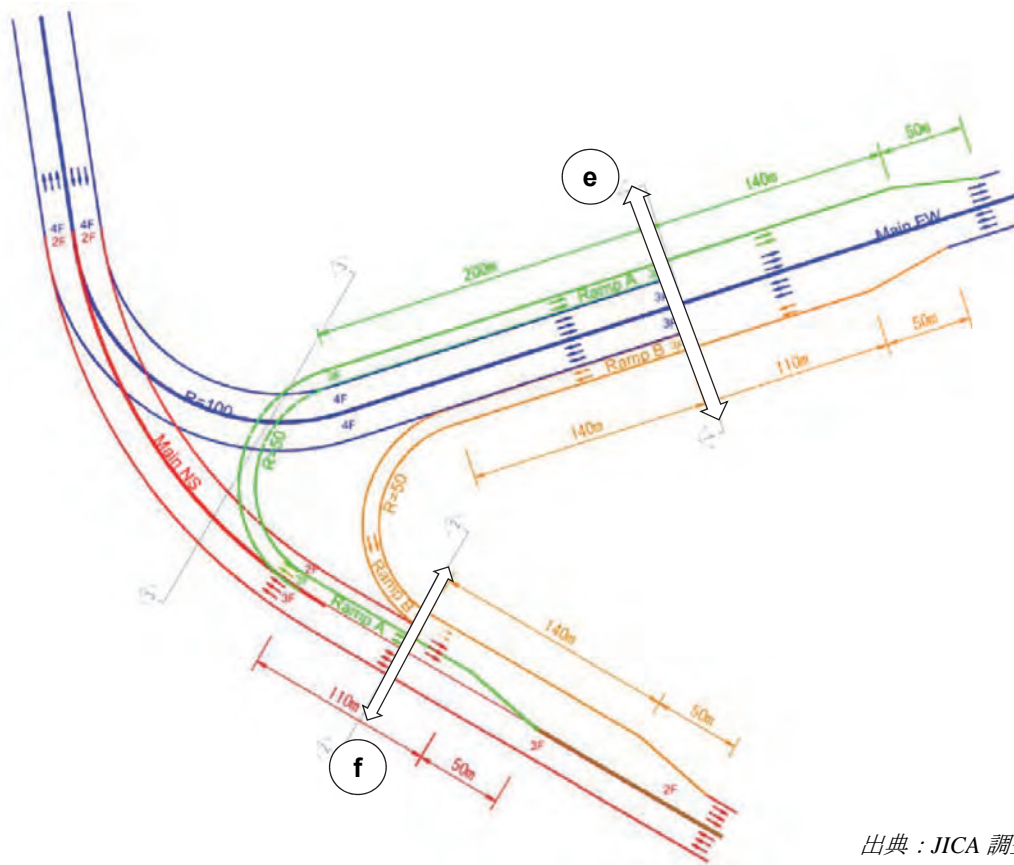


出典：JICA 調査団/Google

図 9.3.10 ジャンクション B 平面図

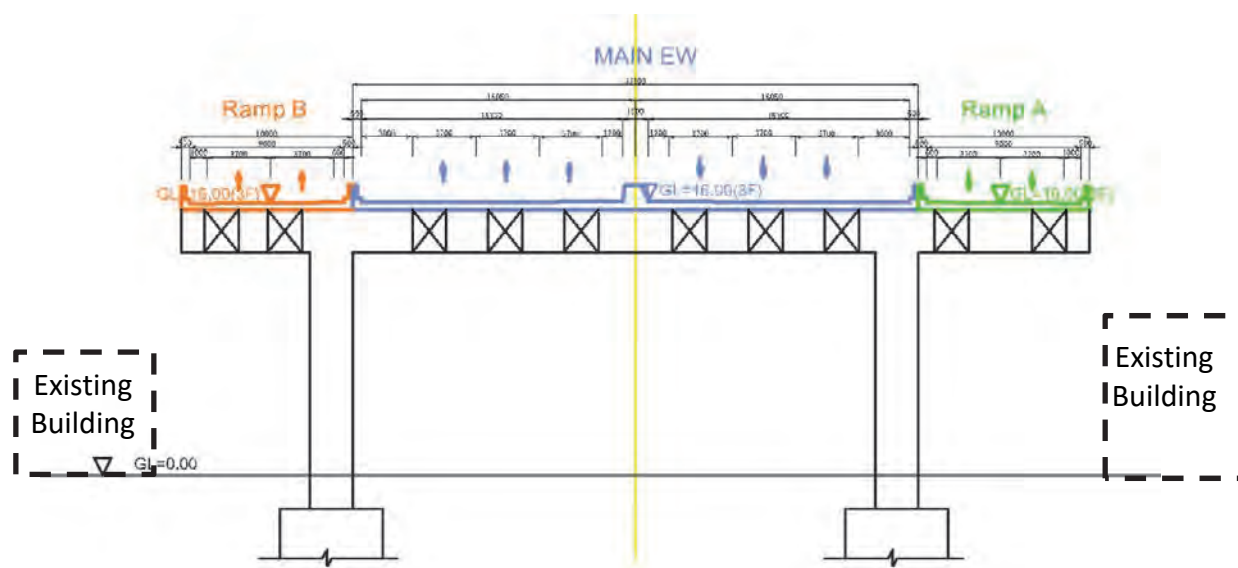
ジャンクション B の線形図を図 9.3.11 に示す。ジャンクション B においては必要とされる 6 方向全てのアクセスが実現される。

非常に複雑なジャンクションの構造となる。図 9.3.12 と図 9.3.13 に e と f の位置における断面図を示す。どちらの断面においても現道幅より高架橋全体の幅員が広くなり、高架橋必要幅員（現在は 6 車線にて計画）を精査しない限り道路沿道の用地買収は不可欠となる。



出典：JICA 調査団

図 9.3.11 ジャンクション B 線形図



出典：JICA 調査団

図 9.3.12 e 断面図

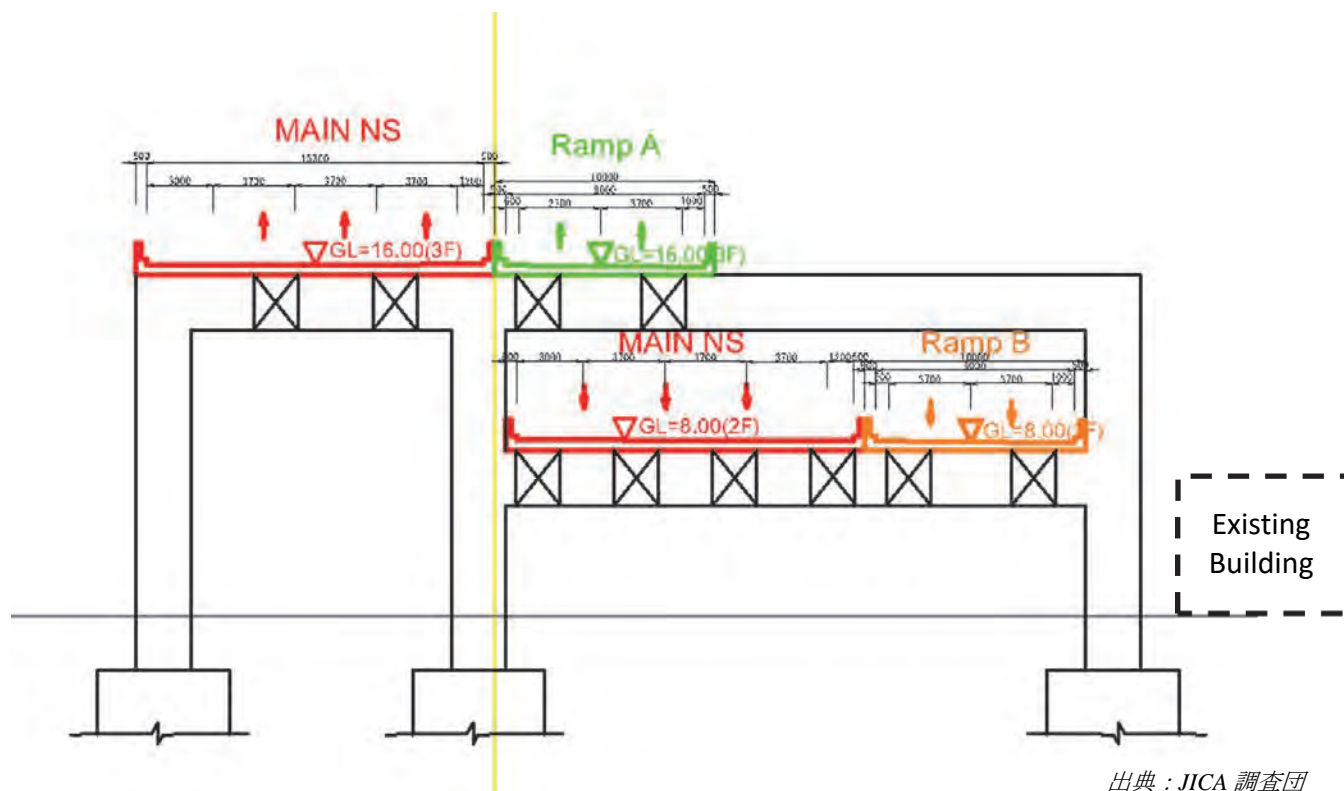


図 9.3.13 f 断面図

9.3.4 適用可能な高架橋の新技術

バンガロール市高架橋建設プロジェクトにおいて適用可能となる高架橋の新技術を下表にまとめる。これらの技術を適用することで、都市内の狭窄部における高架橋の施工がより現実的となり、既存の技術による建設と比べて短期間で周辺環境に優しい建設が可能となる。なお、各技術の詳細については第6章を参照されたい。

表 9.3.2 適用可能な新技術

技術名称	特色
回転鋼管杭	狭隘地域で施工を可能とする鋼管杭の新技術であり、従来基礎形式（場所打ち杭基礎）と比較し、より大きな支持力を発現するためフーチング形状を小さくすることができる。また、掘削土の発生が生じず、低振動、低騒音が実現でき周辺環境に優しい工法。
PC ウェル基礎	狭隘地域で施工を可能とする新しい大口径の基礎形式であり、フーチングを必要としない構造のため、基礎形状をコンパクトにすることが可能。
鋼管ソケット接合	従来のアンカーフレーム構造を介さず、鋼橋脚と杭やフーチングを接合することを可能とする新しい工法であり、従来工法に比べ、より短い工事期間での施工が可能。PC ウェル基礎と併用して使用可能。
鋼製橋脚	軽くて強度の高い鋼製橋脚を使用することで複雑なジャンクション構造と2層構造部の施工が可能となる。
合成床版	従来のRC床版と比較し、より高い耐久性を有する新しい床版形式。また、床版工事を短縮化し、鋼板を床版下面に使用するため工事中の安全確保が容易。

9.3.5 全体工程計画

検討対象区間における高架橋建設のための全体工程計画を表 9.3.3 に示す。鋼製橋脚、PC ウェル基礎または回転鋼管杭基礎、そして鋼上部工を適用することで約 3 年間の工期で施工可能である。

一方、従来工法（場所打ち杭、コンクリート橋脚、コンクリート上部工）においては、約 5 年の工期が必要と想定されるが、工期は投入するチーム数や発注パッケージ区分にも左右されるため、現段階において明確な工期短縮期間の算出は不可能である。

また、従来工法の適用により工事可能な箇所において本邦技術を適用すると建設費の増大に直結する為、次ステージでの検討時には、従来工法を適用する箇所と本邦技術を適用する箇所を適切に見極めたうえで工事計画を立案されたい。

9.3.6 概算事業費の算出

(1) 為替レート

概算事業費を算出する上での為替レートは、2016年8月末から2016年9月頭における2週間の平均レートを適用する。実際に適用した為替レートを以下に示す。

- 1 US ドル= 101.80 [円]
- 1 インドルピー = 1.52 [円]

(2) 概算事業費

日本国が支援した場合における概算事業費を表 9.3.4 に示す。概算事業費合計（建設費、設計費及び施工監理費を含む）は、およそ 115.0 [十億円]（75.6 [十億インドルピー]）となる。なお、表内に示している単価は、建設費単価とする。

表 9.3.4 概算事業費

プロジェクト	内容	単位	数量	単価 [千円]	事業費 [百万円]				事業費 [百万インドルピー]			
					建設費	設計費	施工監理 費	合計	建設費	設計費	施工監理 費	合計
バンガロール 市高架橋建設 プロジェクト	- 高架橋延長 2.75km - 鋼箱桁橋 (6車線 ×2層) 鋼性橋脚 (2層構 造)	m ²	121,000	334.9	40,528	1,622	3,648	45,798	26,663	1,067	2,400	30,130
	ジャンクション A (案 2)	m ²	102,769	388.6	39,935	1,598	3,595	45,128	26,273	1,051	2,365	29,689
	ジャンクション B	m ²	54,732	388.6	21,268	851	1,914	24,033	13,992	560	1,259	15,811
	合計				101,731	4,071	9,157	114,959	66,928	2,678	6,024	75,630

9.4 交通量需要予測

9.4.1 交通量調査

本調査の一部として、バンガロール市において2016年6月24日から2016年8月15日にかけて、交通量調査を実施した。交通量調査位置について図9.4.1に示す。

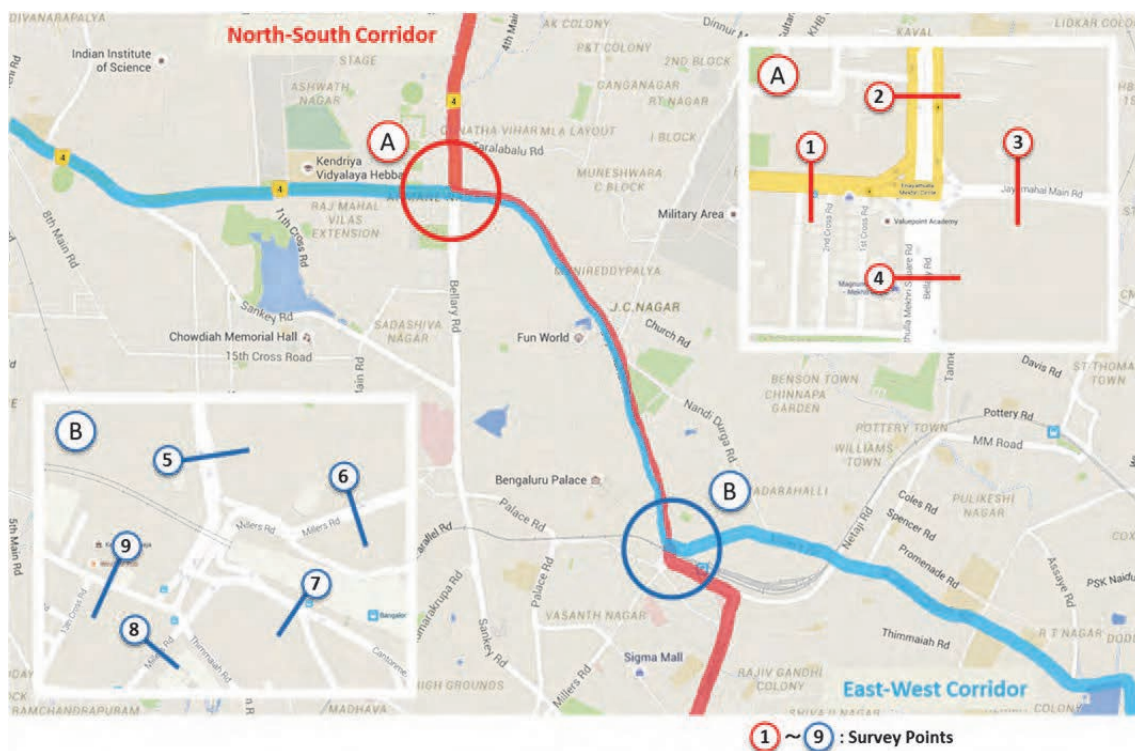


図 9.4.1 交通量調査位置図（バンガロール市高架橋建設プロジェクト）

9.4.2 交通特性

以下に示す交通特性に基づき、交通量調査結果を次項以降に示す。

- 交通量集計(台数及び乗用車換算台数(PCU))
- 時間毎の傾向及びピーク率
- 車両の構成

(1) 交通量集計結果

交通量調査結果を表 9.4.1 に示す。

表 9.4.1 交通量集計結果

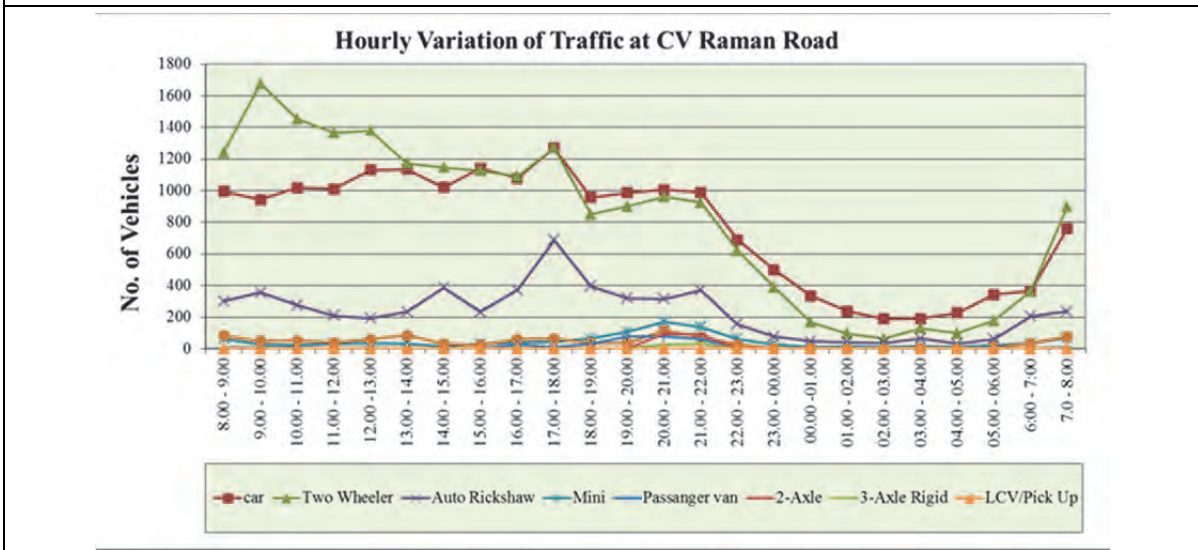
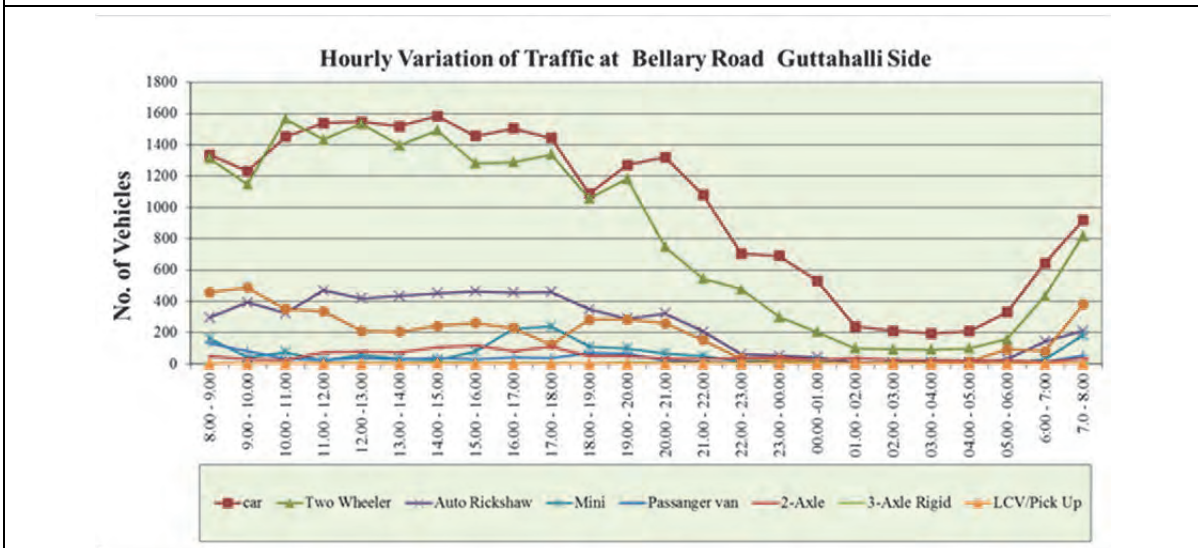
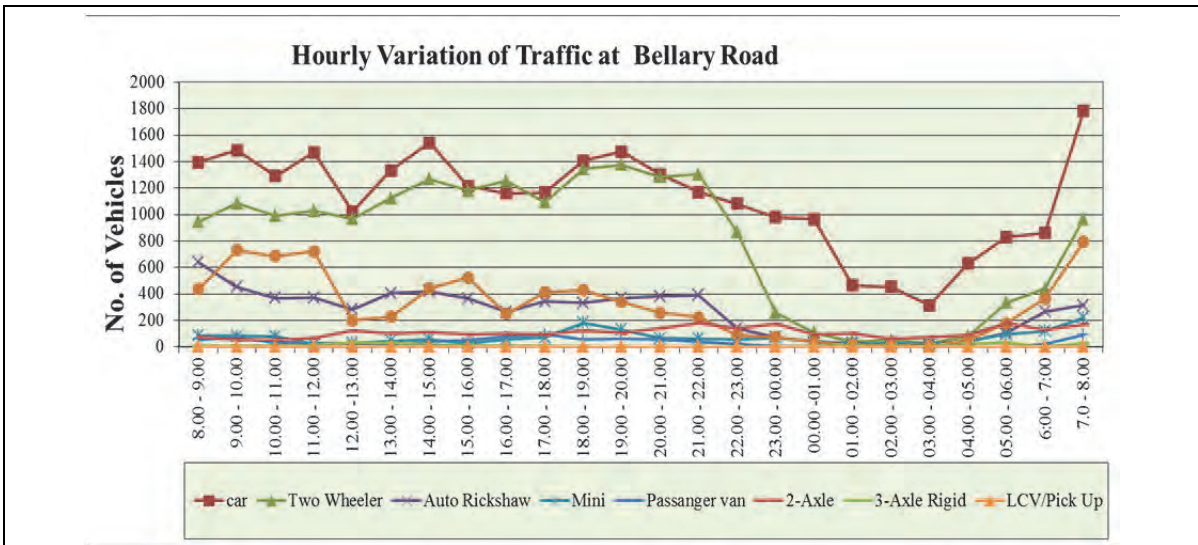
Traffic Volume Count at Bangalore																			
S.No	Station Name	Direction from Junction	Traffic Volume														Total (In Vehicle)	Total (In PCUs)	
			Car/Jeep (private)	Two Wheeler	Auto Rickshaw	Mini Bus	Bus	Passenger van	2 Axle Truck	3 Axle Truck	MAV	LCV/Pick Up	Tractor with Trolley	Tractor	Cycle Rickshaw	Cycle			Others
1	Bellary Road (Ganganagar Side)	Away	13864	9819	3567	972	4845	198	1303	103	0	0	2	9	13	0	0	34695	42954
		Towards	12929	9594	2844	733	2656	622	1331	120	16	2	10	18	248	0	1	31124	35092
2	Bellary Road (Guttahalli side)	Away	13745	11753	3918	961	2400	420	579	18	1	1	14	0	34	0	0	33844	34463
		Towards	10291	8342	1976	590	2130	299	601	72	2	0	9	0	58	0	0	24370	26191
3	CV Raman Road	Away	8810	10796	2121	499	430	171	61	3	0	0	0	0	125	0	1	23017	18801
		Towards	9700	8773	3474	588	538	157	125	56	0	0	1	2	254	0	0	23668	20978
4	Jayamahal Main Road	Away	9007	9989	3066	162	484	173	583	384	10	0	4	0	47	0	0	23909	22487
		Towards	9799	9026	4067	337	674	39	1517	95	11	0	3	3	98	1	0	25670	26043
5	Cantonment Road	Away	2700	2683	2592	231	732	113	486	9	0	0	51	8	41	0	0	9646	10921
		Towards	7384	6898	5566	864	2741	235	662	158	195	0	19	18	338	4	45	25127	30149
6	Jayamahal Main Road	Away	4808	7204	4123	181	774	82	333	95	23	0	3	0	178	9	2	18025	17801
		Towards	5097	8802	2489	265	980	87	715	17	1	0	4	2	190	2	0	18651	17752
7	Miller Two way	Away	4045	4451	2503	163	169	12	134	9	1	0	0	0	89	0	0	11576	10029
		Towards	3772	4135	3285	82	84	313	58	3	0	0	0	0	13	4	0	11567	9832.5
8	MV Jayram Road	Away	4587	5908	2791	154	79	78	290	72	33	7	0	0	72	9	14	14094	12348
		Towards	4570	5783	3979	259	230	13	249	90	11	11	2	0	106	23	2	15328	13861

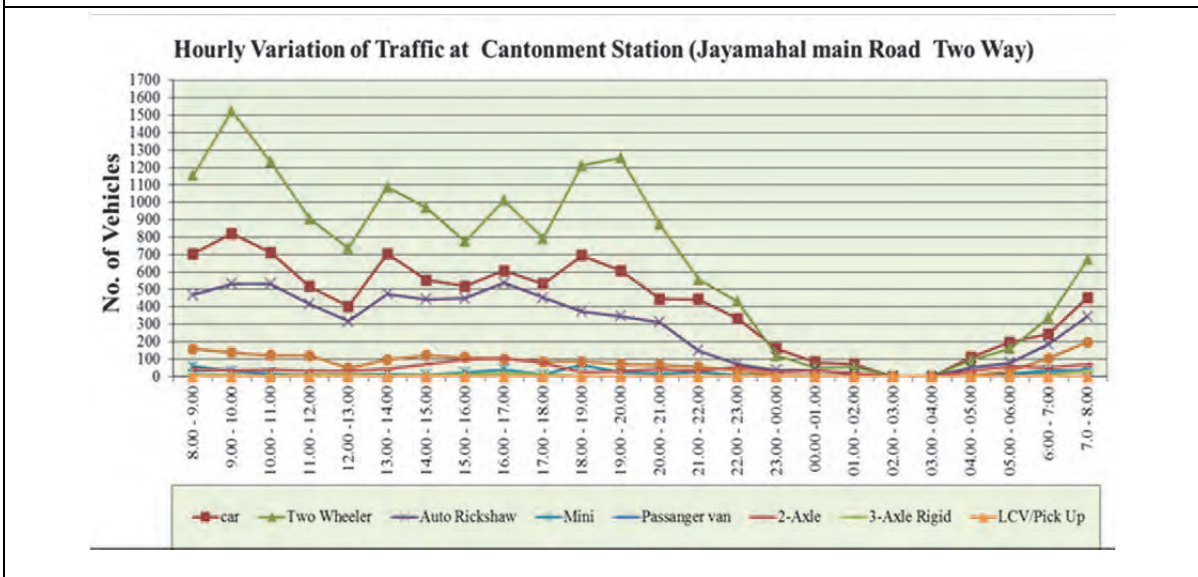
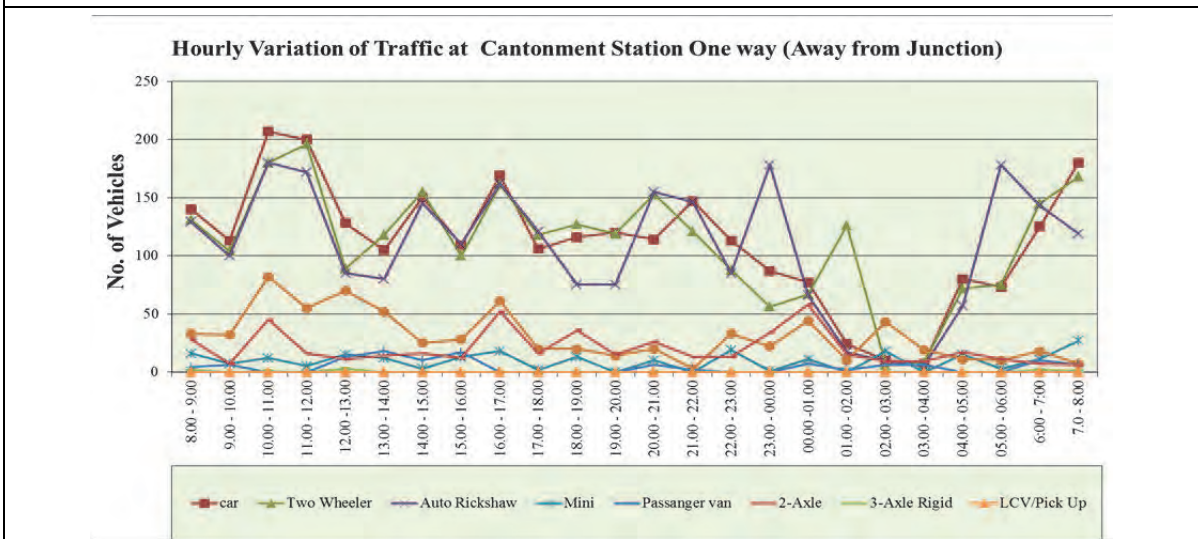
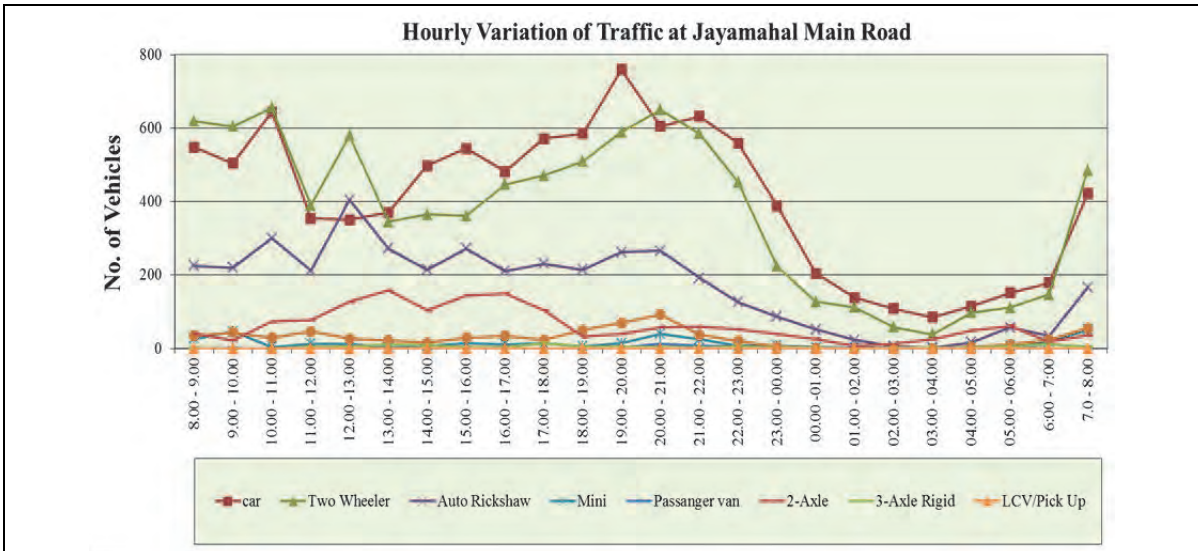
(2) 時間毎の傾向及びピーク率

車種ごとの1日当たり交通量の時間変化について、本項に示す。また、該当地点における交通量のピーク率及びピーク時交通量について表 9.4.2 にまとめる。表 9.4.2 より、おおむねピーク時は朝夕の交通ラッシュ時に発生していることが確認される。また、ピーク率は6~9%程度を示している。本邦における一般的なピーク率は、7%前後（24時間計測、一般国道の場合）であることより、概ね妥当な数値であると考えられる。

表 9.4.2 ピーク時交通量

Traffic Count at Bangalore							
	Survey Locations	Traffic Peak Hour in Morning (Nos)	Peak Hour Percentage (Morning)	Observed Peak Hour	Traffic Peak hour in Evening (Nos)	Peak Hour Percentage (Evening)	Observed Peak Hour
Mekhri Circle (Junction A)	Bellary Road (Ganganagar Side)	4357	6.65	7:00 to 8:00	3870	5.91	18:00 to 19:00
	Bellary Road (Guttahalli side)	3898	6.71	11:00 to 12:00	3824	6.58	16:00 to 17:00
	CV Raman Road	3057	6.6	9:00 to 10:00	3344	7.23	17:00 to 18:00
	Jayamahal main Road	3035	6.14	8:00 to 9:00	3668	7.42	20:00 to 21:00
Cantonment Station (Junction B)	MV Jayram Raod	1880	7.09	9:00 to 10:00	2489	9.39	16:00 to 17:00
	Miller Two Way	1851	8.04	9:00 to 10:00	1531	6.65	15:00 to 16:00
	Cantonment Road	707	7.41	10:00 to 11:00	623	6.53	16:00 to 17:00
	Millar One Way	1184	4.79	10:00 to 11:00	1930	7.81	18:00 to 19:00
	Jayamahal main Road	3124	8.66	9:00 to 10:00	2454	6.8	18:00 to 19:00





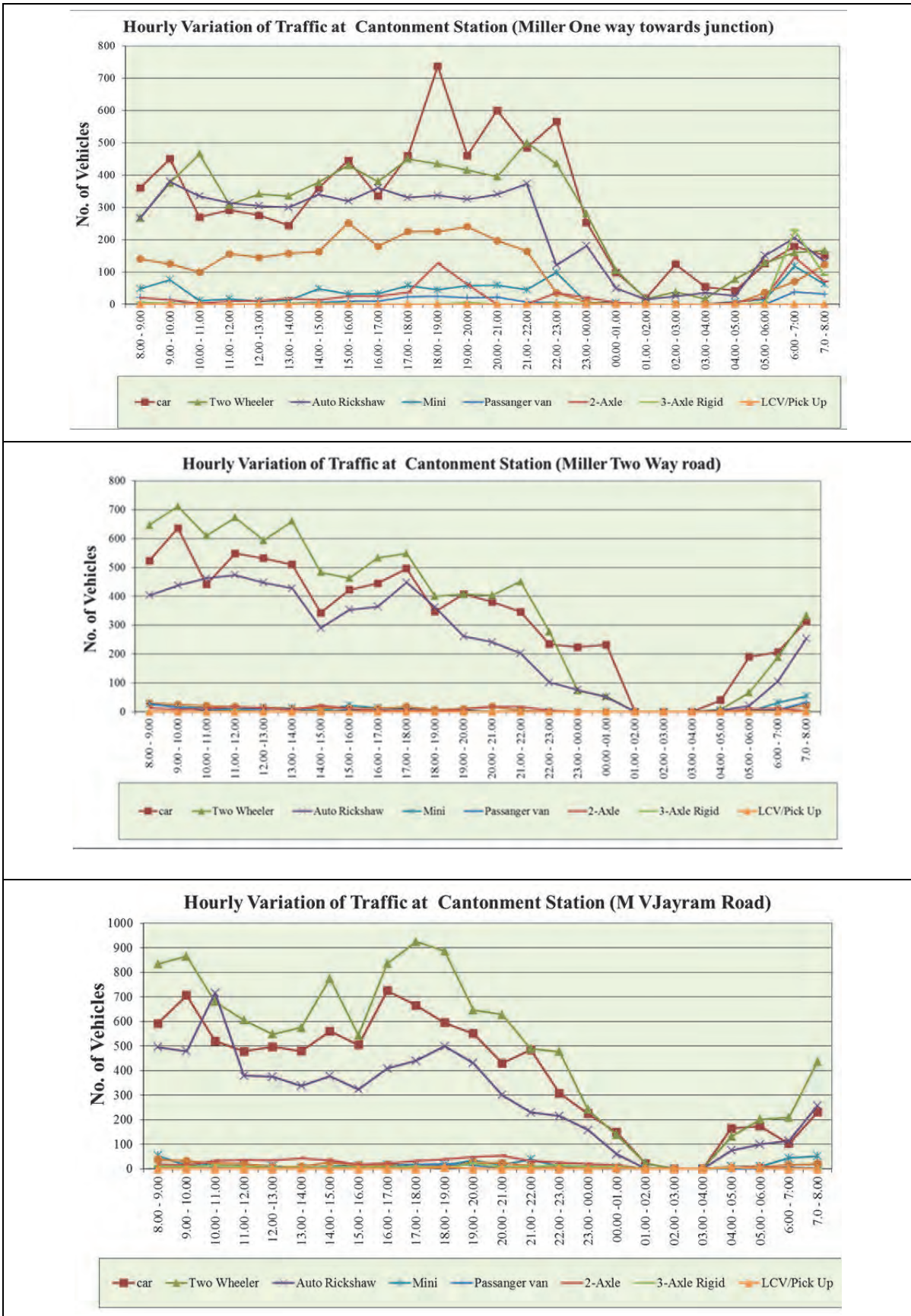


図 9.4.2 バンガロールにおける時間当たり交通量の推移

(3) 車両の構成

交通量調査の結果に基づき、バンガロールにおける車両構成について図 9.4.3 に示す。これより、車両構成の 70～90%程度が、乗用車、自動 2 輪車及びオートリキシャであることが確認でき、本対象路線は、主に一般住民に供している路線であることが確認される。

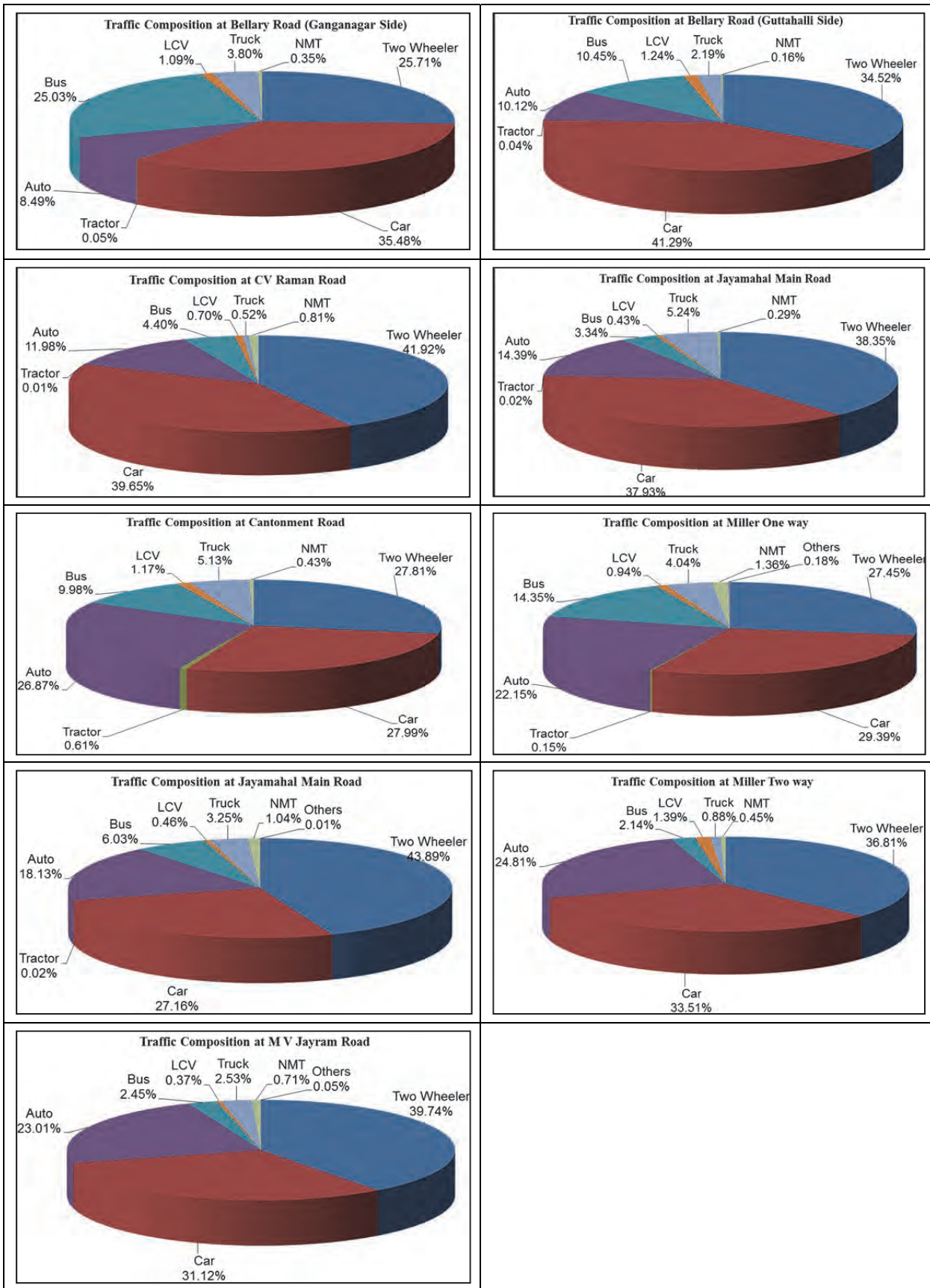


図 9.4.3 バンガロールにおける車両構成

9.4.3 調査対象区間の現状交通量

バンガロール市高架橋建設プロジェクトは、本調査で実施した交通量調査結果を用いた。

調査対象区間の交通量を、表 9.4.3 に示す。

表 9.4.3 現況交通量（日交通量）（2016年、バンガロール市高架橋建設プロジェクト）

場所 単位	東方向交通量		西方向交通量		計	
	台	PCU	台	PCU	台	PCU
乗用車	6,142	6,142	8,430	8,430	14,572	14,572
バス	863	2,590	1,929	5,788	2,793	8,379
トラック	994	4,472	1,209	5,441	2,203	9,912
計	7,999	13,204	11,569	19,659	19,568	32,863

出典：JICA 調査団作成

9.4.4 将来交通量

表 9.4.3 に示す現況交通量に対して、7.3.2 項に示した将来交通量伸び率の推計を適用し、対象高架橋における将来交通需要予測結果（年平均日交通量（AADT））を推定した。推定結果を表 9.4.4 に示す。

バンガロール市高架橋建設プロジェクトに関しては既往の調査においては交通量推計が実施されていない。そのため、計画されている高架橋へ流入する割合についてはデリー市高架橋建設プロジェクトに倣い設定し、乗用車・バス・トラックそれぞれの交通量の 60%とした。

表 9.4.4 交通需要予測 (2017～、バンガロール市高架橋建設プロジェクト)

(単位：PCU/日)

	乗用車	バス	トラック	計
2020	12,297	7,070	8,364	27,731
2021	13,391	7,700	9,109	30,199
2022	14,583	8,385	9,919	32,887
2023	15,881	9,131	10,802	35,814
2024	17,294	9,944	11,764	39,001
2025	18,833	10,829	12,810	42,473
2026	20,509	11,792	13,951	46,253
2027	22,335	12,842	15,192	50,369
2028	24,323	13,985	16,544	54,852
2029	26,487	15,230	18,017	59,734
2030	28,845	16,585	19,620	65,050
2031	31,412	18,061	21,366	70,839
2032	34,208	19,669	23,268	77,144
2033	37,252	21,419	25,339	84,010
2034	40,567	23,325	27,594	91,487
2035	44,178	25,401	30,050	99,629
2036	48,110	27,662	32,724	108,496
2037	52,392	30,124	35,637	118,152
2038	57,054	32,805	38,809	128,668
2039	62,132	35,725	42,263	140,119
2040	67,662	38,904	46,024	152,590

出典：JICA 調査団作成

9.5 経済分析

9.5.1 はじめに

ここでは、9.4 項で求めた交通需要予測結果を用いて、バンガロール市高架橋建設プロジェクトの社会的便益を求める。社会的便益は、通例に従いプロジェクトを実施した場合（With ケース）と、実施しなかった場合（Without ケース）に比した社会的費用の減少分とした。

9.5.2 比較対象ケース

バンガロール市高架橋建設プロジェクトでは南北回廊と東西回廊とが重複する部分にダブルデッキ鋼製高架橋の新規整備を計画しているが、整備される場合を With ケース、「イ」国で一般的な工法である PC 上部工+RC 下部工として整備される場合を Without ケースとして比較する。

表 9.5.1 比較対象ケース（バンガロール市高架橋建設プロジェクト）

With ケース	Without ケース
メクリ交差点（ベラリー道路と CV ラマン道路との交差点を起点として、複雑に 6 つの通りが交差するカントンメント駅西側の交差点まで、延長 2.75km のダブルデッキ鋼製高架橋を建設する。高架橋は工期を短縮し、既存交通の渋滞を最小化する本邦建設技術を活用したものである。起点も終点もバンガロールを南北および東西方向に計画されている南北回廊および東西回廊にジャンクション構造で連結し、バンガロールの都市内高速道路ネットワークの一部になる。	With ケースと同じ区間の高架橋が、PC 上部工+RC 下部工での建設になる。施工中の既存交通は規制され、迂回の必要性が発生する。施工期間も長くなる。

出典：JICA 調査団作成

9.5.3 経済分析用プロジェクト実施スケジュール

バンガロール市高架橋建設プロジェクトは既存道路上に高架橋を新規整備する計画である。本調査では鋼製の高架橋で急速施工により整備する計画を策定した（With ケース）。鋼橋で整備されない場合は、コンクリート製の従来工法での整備が計画されている（Without ケース）。したがって、プロジェクトの実施計画は以下のとおりと設定する。

表 9.5.2 プロジェクト実施スケジュール（バンガロール市高架橋建設プロジェクト）

	With ケース	Without ケース	備考
2019	詳細設計	詳細設計	
2020	施工	施工	With ケース：本邦技術活用 Without ケース：従来工法
2021	施工	施工	
2022	新橋供用開始	施工	
2023	↓	施工	
2024	↓	新橋供用開始	
2025	↓	↓	
↓	↓	↓	
2048	分析期間終了	分析期間終了	

出典：JICA 調査団作成

9.5.4 事業コスト

9.3.5 項より、本プロジェクトの実施コストは以下のとおりである。

表 9.5.3 事業コスト

(単位：百万ルピー)

場所	With ケース				Without ケース			
	工事費	設計費	施工監理	合計	工事費	設計費	施工監理	合計
バンガロール市高架橋建設プロジェクト	66,928	2,678	6,024	75,630	51,483	2,060	4,634	58,177

出典：JICA 調査団作成

9.5.5 費用便益分析

7.4.3 項に示す条件の下、費用便益分析を実施した。結果を次の表に表す。

表 9.5.4 費用便益分析結果

指標	バンガロール市 高架橋建設 プロジェクト
経済的内部収益率 (EIRR、%)	14.0%
経済的純現在価値 (ENPV、百万インドルピー)	8995
社会費用便益比 (B/C)	1.05

- ・ 経済的内部収益率 (EIRR) = (経済的純現在価値の値がゼロになるような割引率の値)
- ・ 経済的純現在価値 (ENPV) = (事業便益の現在価値) - (事業実施コストの現在価値)
- ・ 社会費用便益比 (B/C) = (事業便益の現在価値) ÷ (事業実施コストの現在価値)

ここに、

事業便益 = 走行車両コスト削減による便益 + 旅行時間コスト削減による便益

事業コスト = 事業費 + 維持管理費

出典：JICA 調査団作成

表 9.5.4 に示すように、バンガロール市高架橋建設プロジェクトの EIRR 値は 12% を超えており、本プロジェクトの有効性が確認されている。なお、Without プロジェクトとして、従来の高架橋工法を検討しており、提案構造を使用することで建設費は増額すると見込まれる。しかし、建設期間の短縮や既存道路の交通量の確保など社会的利便性が向上することが期待され、結果として、良好な EIRR 値の算出が見込まれる。

9.6 環境社会配慮

9.6.1 JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づく環境予備調査とスクリーニング結果

バンガロール市高架橋建設プロジェクトにおけるスクリーニング対象地域は南北回廊と東西回廊及びその周辺地域とする。位置図は図 3.3.2 参照のこと。

表 9.6.1 バンガロール市高架橋建設プロジェクト調査対象地

橋梁の種類	位置	交差点	名前
高架橋	バンガロール市高架橋建設プロジェクト	A	メクリサークル
		B	カントンメン駅

出典：JICA 調査団

下表に JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づく環境予備調査とスクリーニング結果を示す。

I. 汚染対策においては、騒音と大気汚染の項目で評価 A であった。II. 社会環境においては、非自発的住民移転の項目で評価 A であった。III. 自然環境においては、ほとんど影響は想定されない。JICA カテゴリーにおいては、JICA 環境社会配慮ガイドライン（2010）に基づいたスクリーニング結果の項目で評価 A であった。

表 9.6.2 JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づく環境予備調査とスクリーニング結果 (バンガロール市高架橋建設プロジェクト)
(2016年10月5日時点)

橋梁の種類	橋梁位置 (区分)	番号	橋梁番号	影響項目		I. 汚染対策				II. 社会環境				III. 自然環境		JICA カテゴリー JICA 環境社会配慮ガイドライン (2010) に基づいたスクリーニング 結果	想定される 取得が必要なクリアランス		
						騒音と大気汚染 工事中及び工事後		水質 (水質汚濁) 工事中		非自発的住民移転		文化 (神聖な場所や 施設)		マングローブ林			EC	CRZ	
				橋梁名称	プロジェクト活動	評価	影響の程度	評価	影響の程度	評価	影響の程度	評価	影響の程度	評価	影響の程度				
高架橋	バンガロール市高架橋建設プロジェクト	1	-	A/B	新規橋梁建設	A	住宅地が確認されたため、影響が想定される。	C	河川水中での活動は想定されない。	A	住宅地や商業地域が確認され、影響を及ぼす可能性がある。	C	南西側にモスクが存在するが、影響は想定されない。	C	マングローブは確認されない。	A	想定住民移転数は多く、土地収用が必要である。	✓	-

各項目の影響評価: (A): 重大な負の影響が予想される (B): ある程度の負の影響が予想されるが A と比較して小さい (C): 影響は想定されない (D): 影響の程度は明らかでない (次段階の調査が必要。調査の過程で影響の程度が明らかになる)

スクリーニングの定義: (A) 重大な負の影響のあるプロジェクト (B) ある程度の負の影響があるが重大ではないプロジェクト (C) ほとんど影響は想定されないプロジェクト (参照 表 3.5.3 JICA ガイドライン・カテゴリー分類表)

EC: 環境クリアランス CRZ: 沿岸規制区域のクリアランス

出典: JICA 調査団

9.6.2 主な環境緩和の方策

提案される主な環境緩和の方策は表 9.6.3 の通りである。

表 9.6.3 環境管理計画（想定されうる緩和策）

分類	No.	影響項目 JICAガイドライン	提案される緩和策	
			工事前、工事中	供用時
汚染対策	1	大気汚染	- 粉塵 住宅地付近では散水等を行う。	道路沿道の適切な土地利用管理
	2	水質汚濁	- 濁水 基礎改修工事中は濁水を最小化するため、シートパイル法を適用する。	-
	3	廃棄物	- 建設廃棄物（コンクリート塊） コンクリート塊などの建設廃棄物は指定された場所に適切に廃棄する。	-
	4	土壌汚染	-	-
	5	騒音・振動	- 住居区域付近の建設騒音 遮音壁の設置や低騒音型建設機械の採用 夜間工事の制限や、工事スケジュールの住民への周知を行う。	必要に応じた遮音壁の設置。 道路沿道の適切な土地利用管理
	6	底質	-	-
自然環境	9	保護区	保護区内で取付道路を含む新規橋梁建設がある場合、CRZ 許認可を環境許可機関（森林環境省）から取得する。	-
	11	水象	水象に影響を与えない十分な河川容量を確保する設計の実施	-
	12	地形、地質	-	-
社会環境	13	住民移転	JICA環境社会配慮ガイドラインに基づいた適切な補償の実施	-
	14	貧困層		-
	15	少数民族・先住民族		-
	16	雇用や生計手段等の地域経済		-
	17	土地利用や地域資源利用		-
	18	水利用	井戸の水量が減少する等の影響がある場合、水を確保する代替施設を設置する（給水や水道の接続）	-
	19	既存の社会インフラや社会サービス	JICA環境社会配慮ガイドラインに基づいた適切な補償の実施	-
	22	地域内の利害対立	地元住民を工事労働者として採用を優先する	-
	23	文化遺産	プロジェクトが地域における寺院、神聖な場所、碑等に影響を与える場合、適切な協議を行い、合意形成を行う	-
27	HIV/AIDS 等の感染症	HIV/AIDS等の感染症への感染を予防するため、労働者に対する注意喚起、啓発を促進する	-	

分類	No.	影響項目 JICAガイドライン	提案される緩和策	
			工事前、工事中	供用時
その他	29	事故	<ul style="list-style-type: none"> - 制限区域とするため、工事現場の入り口にゲートを設置する - 建設機械が稼働する入口や交差点には交通整理員を配置する - 子供など地元の人が建設現場に入らないように周囲にフェンスを設置する - 建設現場での工事機械等の走行速度を制限する - 労働者への安全管理研修の実施 - 工事監理者による安全管理パトロールの実施 - 毎月の安全会議の実施 	歩道のない橋梁における安全管理の実施 (自動車専用道路を除く)
	30	越境の影響、及び気候変動	-	-

(-) : 負の影響が想定されないため緩和策は必要ない。

出典 : JICA 調査団

10. チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクトに関する検討結果

10.1 はじめに

本項では、4章 環境社会配慮、6章 適用可能な本邦最新技術、7章 交通量調査と経済分析に記載した事項を踏まえ、チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクトについて、橋梁構造形式の提案、それに伴う経済分析結果、また環境社会配慮事項について、それぞれ詳述する。

東海岸通りの位置図を以下に示す。本検討においては、東大通りにおいて最も家屋が密集しており既存の道路幅が狭いチェンナイ市内より約 7.55km の区間を対象とした。



出典：JICA 調査団/Google

図 10.1.1 東大通り位置図

10.2 社会及び自然的特性

10.2.1 社会の状況

チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクトが位置するタミルナド州の人口について、表 10.2.1 に示す。

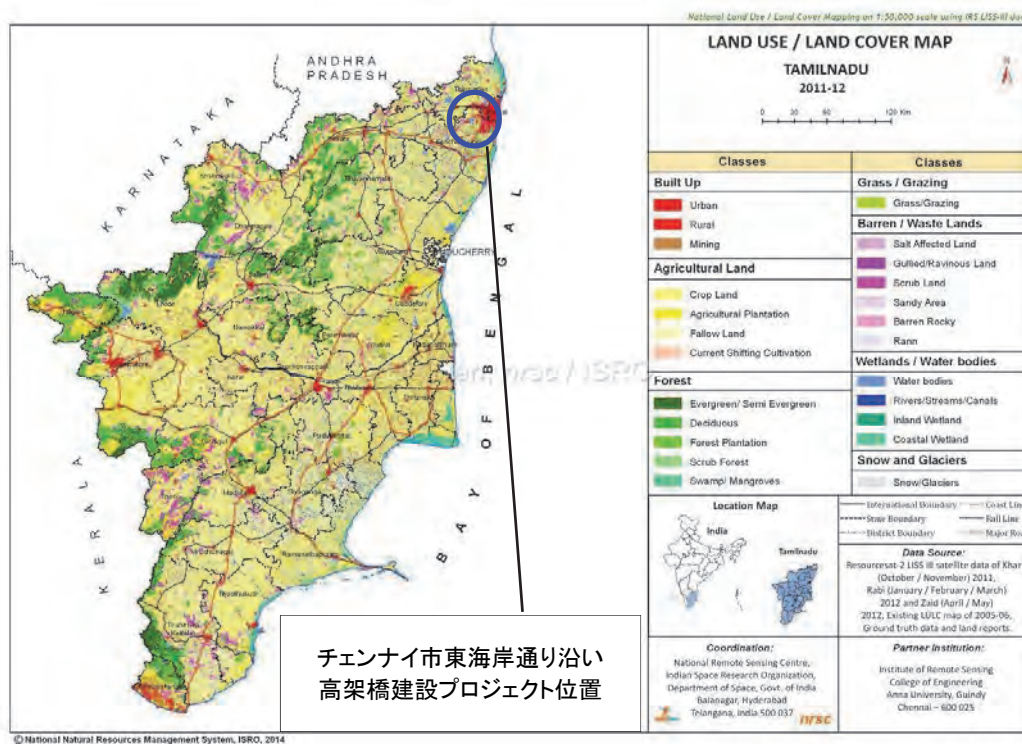
表 10.2.1 タミルナド州及びチェンナイの人口

州	人口 (2011)	州都	人口 (2011)
タミルナド州	192,52,630	チェンナイ	570,851

出典：2011 Census Data, Government of India, Ministry of Home Affairs

10.2.2 自然の状況

タミルナド州の土地利用図を図 10.2.1 に示す。プロジェクト対象地域の土地利用状況は、主に都市・商業地域であった。



出典：National Remote Sensing Center

図 10.2.1 プロジェクト対象位置と土地利用図（チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクト）

10.3 構造形式提案

10.3.1 はじめに

図 10.1.1 に示した通り、チェンナイ市内より約 7.55km 区間の高架橋単路部について構造形式の検討を行う。現場調査結果によると、図 10.3.1 に示すように現道の幅員は 6 車線の高架橋を建設するには不十分である。



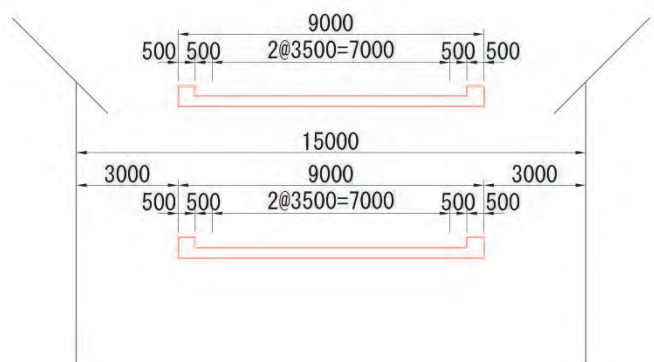
出典：JICA 調査団/Google

図 10.3.1 現道平面図及び幅員

タミルナド州政府によると、現在土地収用を実施し現道を拡幅する計画がある。しかし、土地収用が難航することが大いに予想されるため、本項においては土地収用を実施せずに高架橋を建設する方法について提案を行う。

10.3.2 上部工形式

現道の幅員が約 15m と十分でないため、4 車線の高架橋をこの 15m の幅内に建設した場合、両脇の家屋と干渉する。このため、図 10.3.2 に示すような 2 車線道路を 2 層構造にすることにより、現道上に設置することが可能であり、2 層構造とするには上部工及び下部工共に鋼構造の適用が望まれる。



出典：JICA 調査団

図 10.3.2 車道配置図

10.3.3 基礎工形式の検討

橋梁工事を非常に混雑した現道上で実施する必要があるため、工事中において周辺環境への負の影響を最小限にすることが望まれる。そのため、施工ヤード及び工事期間を最小とする基礎形式の適用が求められ、以下に示す基礎形式について検討を行う。表 10.3.1 に基礎形式比較表を示す。

- 場所打ち杭（一般的な工法）
- PC ウェル基礎（基礎形状のコンパクト化が実現）
- 回転鋼管杭（基礎形状のコンパクト化が実現し、環境に優しい）

表 10.3.1 基礎形式比較表

	場所打ち杭 (一般的な工法)	PC ウェル基礎	回転鋼管杭
一般図			
コメント	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 一般的な基礎形式であり、一般的に適用される形式であり、工事費も安価である。 ✓ 最も幅広いフーチング形状が必要となり、工事中における既存交通の確保に問題が生じる。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ フーチングの幅が狭く、工事中における既存交通への影響を最小限に抑えることができる。 ✓ 橋脚構造と一体化させることにより、工期を最短にすることができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 場所うち杭形式に比べフーチングの幅を狭くできる。そのため、工事中における既存交通への影響を抑えることができる。 ✓ 杭打設時に掘削の必要がないため、工事中における周辺住民への影響を抑えることができる。
経済性	○ (1.00)	× (3.92)	△ (1.78)
周辺環境への影響	×	○	○
評価		◎	◎

建設費は場所打ち杭より高価であるが、最もコンパクトな基礎形状となることで、現在の交通を止めずに杭の施工が十分可能となる PC ウェル基礎を推奨する。

10.3.4 適用可能な高架橋の新技術

チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクトにおいて適用可能となる高架橋の新技術を下表にまとめる。これらの技術を適用することで、都市内の狭窄部における高架橋の施工がより現実的となり、既存の技術による建設と比べて短期間で周辺環境に優しい建設が可能となる。なお、各技術の詳細については第6章を参照されたい。

表 10.3.2 適用可能な新技術

技術名称	特色
回転鋼管杭	狭隘地域で施工を可能とする鋼管杭の新技術であり、従来基礎形式（場所打ち杭基礎）と比較し、より大きな支持力を発現するためフーチング形状を小さくすることができる。また、掘削土の発生が生じず、低振動、低騒音が実現でき周辺環境に優しい工法。
PC ウェル基礎	狭隘地域で施工を可能とする新しい大口径の基礎形式であり、フーチングを必要としない構造のため、基礎形状をコンパクトにすることが可能。
鋼管ソケット接合	従来のアンカーフレーム構造を介さず、鋼橋脚と杭やフーチングを接合することを可能とする新しい工法であり、従来工法に比べ、より短い工事期間での施工が可能。PC ウェル基礎と併用して使用可能。
鋼製橋脚	ラケットタイプの2層構造の鋼製橋脚とすることで、既用地内での高架橋の早期施工が可能となる。
合成床版	従来のRC床版と比較し、より高い耐久性を有する新しい床版形式。また、床版工事を短縮化し、鋼板を床版下面に使用するため工事中の安全確保が容易。

10.3.5 全体工程計画

検討対象区間（約 7.5km）の高架橋建設のための全体工程計画を表 10.3.3 に示す。鋼製橋脚、PC ウェル基礎または回転鋼管杭基礎、鋼上部工を適用することで約3年間の工期で施工可能である。

一方、従来工法においては、約5年の工期が必要と想定されるが、工期は投入するチーム数や発注パッケージ区分にも左右されるため、現段階において明確な工期短縮機関の算出は不可能である。

また、従来工法（場所打ち杭、コンクリート橋脚、コンクリート上部工）の適用により工事可能な箇所において本邦技術を適用すると建設費の増大に直結する為、次ステージでの検討時には従来工法を適用する箇所と本邦技術を適用する箇所を適切に見極めた上で工事計画を立案されたい。

表 10.3.3 チェンナイ市東海岸通り高架橋建設プロジェクト全体工程表

	初年度												2年次												3年次																																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36																																	
詳細設計	■																																																																				
準備工	■																																																																				
鋼部材製作				■																																																																	
基礎工				■																																																																	
橋脚工													■																																																								
上部工																									■																																												
床版工																																					■																																
舗装工																																																	■																				
雑工																																																													■								
片付け工																																																													■								

10.3.6 概算事業費の算出

(1) 為替レート

概算事業費を算出する上での為替レートは、2016年8月末から2016年9月頭における2週間の平均レートを適用する。実際に適用した為替レートを以下に示す。

- 1 US ドル= 101.80 [円]
- 1 インドルピー = 1.52 [円]

(2) 概算事業費

日本国が支援した場合における概算事業費を下表に示す。概算事業費合計（建設費、設計費及び施工監理費を含む）は、およそ 54.4 [十億円]（35.8 [十億インドルピー]）となる。なお、表内に示している単価は、建設費単価とする。

表 10.3.4 概算事業費

プロジェクト	内容	単位	数量	単価 [千円]	事業費 [百万円]				事業費 [百万インドルピー]			
					建設費	設計費	施工監理費	合計	建設費	設計費	施工監理費	合計
チェンナイ市 東海岸通り高架橋建設プロジェクト	- 高架橋延長 7.55km - 鋼箱桁橋 (2車線 ×2層) - 鋼性橋脚 (2層構造)	m ²	135,900	354.1	48,128	1,926	4,332	54,386	31,663	1,267	2,850	35,780

10.4 交通量需要予測

10.4.1 交通量調査

本調査の一部として、チェンナイ市において2016年6月24日から2016年8月15日にかけて、交通量調査を実施した。交通量調査位置について図10.4.1に示す。

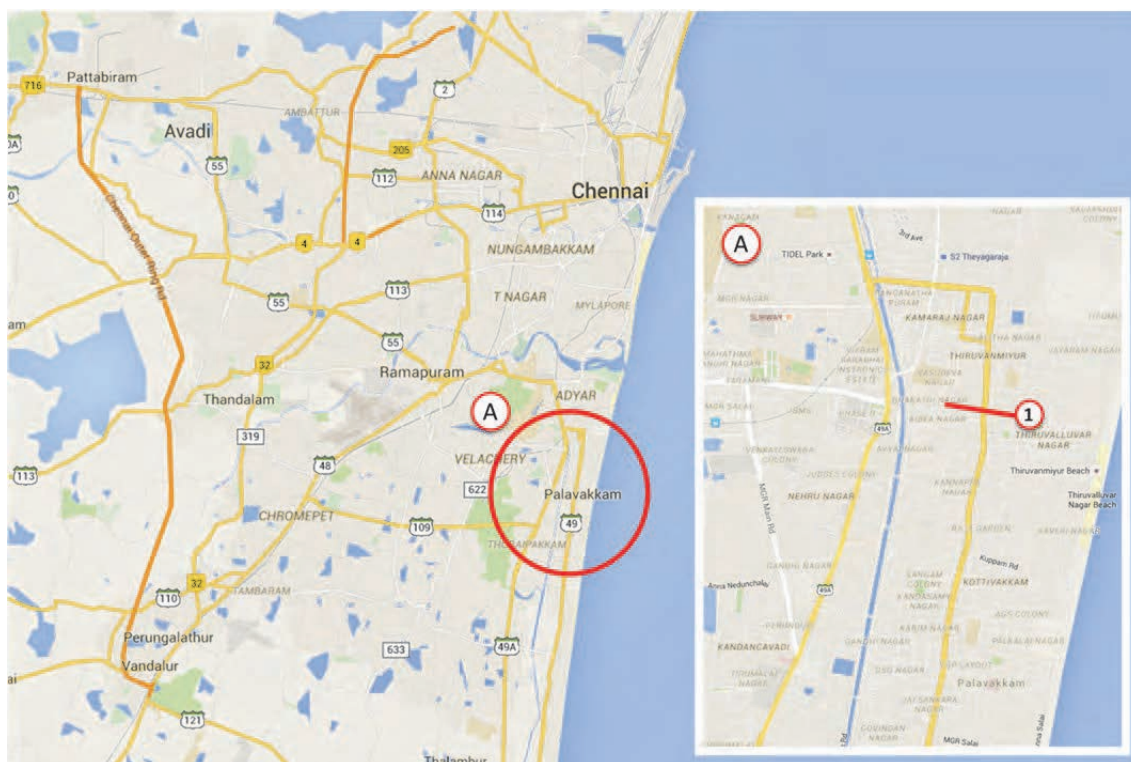


図 10.4.1 交通量調査位置図（チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクト）

10.4.2 交通特性

以下に示す交通特性に基づき、交通量調査結果を次項以降に示す。

- 交通量集計(台数及び乗用車換算台数(PCU))
- 時間毎の傾向及びピーク率
- 車両の構成

(1) 交通量集計結果

交通量調査結果を表10.4.1に示す。

表 10.4.1 交通量集計結果

Traffic Volume Count at Chennai																			
S.No	LocationName	Direction from Junction	Traffic Volume														Total (In Vehicle)	Total (In PCUs)	
			Car/Jeep (private)	Two Wheeler	Auto Rickshaw	Mini Bus	Bus	Passenger van	2 Axle Truck	3 Axle Truck	MAV	LCV/Pick Up	Tractor	Tractor with Trolley	Cycle	Cycle Rickshaw			Others
1	Chennai	North To South	13016	19030	5920	492	997	481	338	59	13	1036	0	0	163	44	0	41589	35723
		South To North	12484	18788	5654	471	941	451	185	25	15	1135	0	0	101	18	0	40274	34055

(2) 時間毎の傾向及びピーク率

車種ごとの1日当たり交通量の時間変化について本項に示す。また、該地点における、交通量のピーク率及びピーク時交通量について、表 10.4.2 にまとめる。表 10.4.2 より、おおむねピーク時は、朝夕の交通ラッシュ時に発生していることが確認される。また、ピーク率は 7%程度を示している。本邦における一般的なピーク率は 7%前後（24 時間計測、一般国道の場合）であることより、概ね妥当な数値であると考えられる。

表 10.4.2 ピーク時交通量

Traffic Count at Chennai							
	Survey Locations	Traffic Peak Hour in Morning (Nos)	Peak Hour Percentage (Morning)	Observed Peak Hour	Traffic Peak hour in Evening (Nos)	Peak Hour Percentage (Evening)	Observed Peak Hour
Chennai	Bellary Road (Ganganagar Side)	5956	7.3	8:00 to 9:00	5547	6.8	19:00 to 20:00

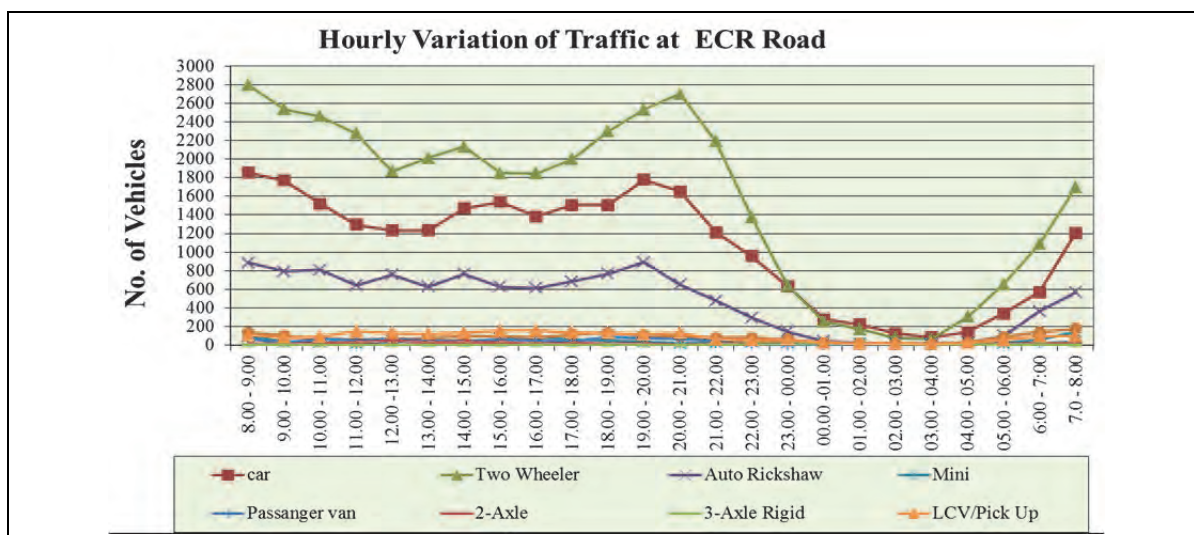


図 10.4.2 チェンナイにおける時間当たり交通量の推移

(3) 車両の構成

交通量調査の結果に基づき、チェンナイにおける車両構成について図 10.4.3 に示す。これより、車両構成の 70~90%程度が、乗用車、自動 2 輪車及びオートリキシャであることが確認でき、本対象路線は主に一般住民に供している路線であることが確認される。

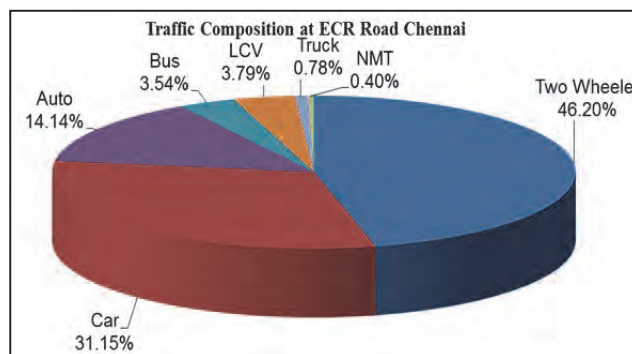


図 10.4.3 チェンナイにおける車両構成

10.4.3 調査対象区間の現状交通量

チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクトは、本調査で実施した交通量調査結果を用いた。

調査対象区間の交通量を表 10.4.3 に示す。

表 10.4.3 現況交通量（日交通量）（2016年、チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクト）

場所 単位	南方向交通量		北方向交通量		計	
	台	PCU	台	PCU	台	PCU
乗用車	14,533	14,533	14,070	14,070	28,603	28,603
バス	1,489	4,467	1,412	4,236	2,901	8,703
トラック	410	1,845	225	1,013	635	2,858
計	16,432	15,707	15,707	19,319	32,139	40,164

出典：JICA 調査団作成

10.4.4 将来交通量

表 10.4.3 に示す現況交通量に対して、7.3.2 項に示した将来交通量伸び率の推計を適用し、対象高架橋における将来交通需要予測結果（年平均日交通量（AADT））を推定した。推定結果を表 10.4.4 に示す。

計画されている高架橋へ流入する交通量を当該区間の交通需要から、既存道路の車線数 1 車線当たり 1,500pcu を割り引いたものとする。

表 10.4.4 交通需要予測（2017～、チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクト）

（単位：PCU／日）

	乗用車	バス	トラック	計
2020	35,955	10,940	3,592	50,486
2021	39,535	12,029	3,950	55,514
2022	43,434	13,216	4,339	60,988
2023	47,680	14,507	4,763	66,950
2024	52,303	15,914	5,225	73,443
2025	57,339	17,446	5,728	80,513
2026	62,822	19,115	6,276	88,213
2027	68,794	20,932	6,873	96,598
2028	75,296	22,910	7,522	105,729
2029	82,378	25,065	8,230	115,673
2030	90,090	27,412	9,000	126,502
2031	98,488	29,967	9,839	138,294
2032	107,634	32,750	10,753	151,137
2033	117,594	35,780	11,748	165,122
2034	128,440	39,080	12,831	180,352
2035	140,251	42,674	14,011	196,937
2036	153,114	46,588	15,296	214,998
2037	167,122	50,850	16,696	234,667
2038	182,376	55,491	18,220	256,087
2039	198,987	60,546	19,879	279,412
2040	217,078	66,050	21,687	304,814

出典：JICA 調査団作成

10.5 経済分析

10.5.1 はじめに

ここでは 10.4 項で求めた交通需要予測結果を用いて、チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクトの社会的便益を求める。社会的便益は通例に従いプロジェクトを実施した場合（With ケース）と、実施しなかった場合（Without ケース）に比べた社会的費用の減少分とした。

10.5.2 比較対象ケース

チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクトでは市南部から、海岸沿いにのびる幹線道路の混雑緩和のために、高架橋が計画されている。現況道路が隘路となる部分において車線数を確保するため、ダブルデッキの鋼製高架橋（L=7.55km）が計画されている。整備される場合を With ケース、整備されない場合を Without ケースとして比較する。

表 10.5.1 比較対象ケース（チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクト）

With ケース	Without ケース
チェンナイから南方面に海岸線沿いに延びる既存の東海岸通り（州道 49 号線）上に、チェンナイ市中心部の起点からインジャンバッカム延長 7.55km のダブルデッキ鋼製高架橋を建設する。既存道路の幅員の隘路となる部分の車線数を確保するため、ダブルデッキ構造になる。高架橋は工期を短縮し、既存交通の渋滞を最小化する本邦建設技術を活用したものである。	高架橋の建設はなされず、現状の交通網のままになる。

出典：JICA 調査団作成

10.5.3 経済分析用プロジェクト実施スケジュール

チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクトは、既存道路上に高架橋を新規整備する計画であり、鋼製の高架橋を建設する以外は計画が成立しない。したがって、プロジェクトを実施する場合を With ケース、実施しない場合を Without ケースとし、実施計画を以下のとおりと設定する。

表 10.5.2 プロジェクト実施スケジュール（With ケース）（チェンナイ市高架橋建設プロジェクト）

事業フェーズ	期間	備考
詳細設計	2019 年	1 年間
施工	2020～21 年	2 年間
事業運営	2022～48 年	27 年間

出典：JICA 調査団作成

10.5.4 事業コスト

10.3.5 項より、本プロジェクトの実施コストは以下のとおりである。

表 10.5.3 事業コスト

(単位：百万ルピー)

場所	With ケース				Without ケース			
	工事費	設計費	施工監理	合計	工事費	設計費	施工監理	合計
チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクト	31,663	1,267	2,850	35,780	—	—	—	—

出典：JICA 調査団作成

10.5.5 費用便益分析

7.4.3 項に示す条件の下、費用便益分析を実施した。結果を次の表に表す。

表 10.5.4 費用便益分析結果

指標	チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクト
経済的内部収益率 (EIRR、%)	28.1%
経済的純現在価値 (ENPV、百万インドルピー)	126,869
社会費用便益比 (B/C)	5.44

- ・ 経済的内部収益率 (EIRR) = (経済的純現在価値の値がゼロになるような割引率の値)
- ・ 経済的純現在価値 (ENPV) = (事業便益の現在価値) - (事業実施コストの現在価値)
- ・ 社会費用便益比 (B/C) = (事業便益の現在価値) ÷ (事業実施コストの現在価値)

ここに、

事業便益 = 走行車両コスト削減による便益 + 旅行時間コスト削減による便益

事業コスト = 事業費 + 維持管理費

出典：JICA 調査団作成

表 10.5.4 に示すように、チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクトの EIRR 値は 12% を超えており、本プロジェクトの有効性が確認されている。

10.6 環境社会配慮

10.6.1 JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づく環境予備調査とスクリーニング結果

チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクトにおけるスクリーニング対象地域は東海岸道路周辺の単路部とする。

下表に JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づく環境予備調査とスクリーニング結果を示す。

I. 汚染対策においては、騒音と大気汚染の項目で評価 A であった。II. 社会環境においては、非自発的住民移転の項目で評価 A であった。III. 自然環境においては、ほとんど影響は想定されない。JICA カテゴリーにおいては、JICA 環境社会配慮ガイドライン（2010）に基づいたスクリーニング結果の項目で評価 A であった。

表 10.6.1 JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づく環境予備調査とスクリーニング結果（チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクト）
（2016年10月5日時点）

橋梁の種類	橋梁位置 (区分)	番号	橋梁番号	影響項目		I. 汚染対策				II. 社会環境				III. 自然環境		JICA カテゴリー JICA 環境社会配慮ガイドライン (2010) に基づいたスクリーニング 結果	想定される 取得が必要なクリアランス		
						騒音と大気汚染 工事中及び工事後		水質（水質汚濁） 工事中		非自発的住民移転		文化（神聖な場所や 施設）		マングローブ林			EC	CRZ	
				橋梁名称	プロジェクト活動	評価	影響の程度	評価	影響の程度	評価	影響の程度	評価	影響の程度	評価	影響の程度				
高架橋	チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクト	1	-	-	新規橋梁建設	A	住宅地が確認されたため、影響が想定される。	C	河川水中での活動は想定されない。	A	住宅地や商業地域が確認され、影響を及ぼす可能性がある。	C	南西側にモスクが存在するが、影響は想定されない。	C	マングローブは確認されない。	A	想定住民移転数は多く、土地収用が必要である。	✓	-

各項目の影響評価:(A): 重大な負の影響が予想される (B): ある程度の負の影響が予想されるが A と比較して小さい (C): 影響は想定されない (D): 影響の程度は明らかでない (次段階の調査が必要。調査の過程で影響の程度が明らかになる)

スクリーニングの定義: (A) 重大な負の影響のあるプロジェクト (B) ある程度の負の影響があるが重大ではないプロジェクト (C) ほとんど影響は想定されないプロジェクト (参照 表 3.5.3 JICA ガイドライン・カテゴリー分類表)

EC: 環境クリアランス CRZ: 沿岸規制区域のクリアランス

出典: JICA 調査団

10.6.2 主な環境緩和の方策

提案される主な環境緩和の方策は下表の通りである。

表 10.6.2 環境管理計画（想定されうる緩和策）

分類	No.	影響項目 JICAガイドライン	提案される緩和策	
			工事前、工事中	供用時
汚染対策	1	大気汚染	- 粉塵 住宅地付近では散水等を行う。	道路沿道の適切な土地利用管理
	2	水質汚濁	- 濁水 基礎改修工事中は濁水を最小化するため、シートパイル法を適用する。	-
	3	廃棄物	- 建設廃棄物（コンクリート塊） コンクリート塊などの建設廃棄物は指定された場所に適切に廃棄する。	-
	4	土壌汚染	-	-
	5	騒音・振動	- 住居区域付近の建設騒音 遮音壁の設置や低騒音型建設機械の採用 夜間工事の制限や、工事スケジュールの住民への周知を行う。	必要に応じた遮音壁の設置。 道路沿道の適切な土地利用管理
	6	底質	-	-
自然環境	9	保護区	保護区内で取付道路を含む新規橋梁建設がある場合、CRZ 許認可を環境許可機関（森林環境省）から取得する。	-
	11	水象	水象に影響を与えない十分な河川容量を確保する設計の実施	-
	12	地形、地質	-	-
社会環境	13	住民移転	JICA環境社会配慮ガイドラインに基づいた適切な補償の実施	-
	14	貧困層		-
	15	少数民族・先住民族		-
	16	雇用や生計手段等の地域経済		-
	17	土地利用や地域資源利用		-
	18	水利用	井戸の水量が減少する等の影響がある場合、水を確保する代替施設を設置する（給水や水道の接続）	-
	19	既存の社会インフラや社会サービス	JICA環境社会配慮ガイドラインに基づいた適切な補償の実施	-
	22	地域内の利害対立	地元住民を工事労働者として採用を優先する	-
	23	文化遺産	プロジェクトが地域における寺院、神聖な場所、碑等に影響を与える場合、適切な協議を行い、合意形成を行う	-
27	HIV/AIDS 等の感染症	HIV/AIDS等の感染症への感染を予防するため、労働者に対する注意喚起、啓発を促進する	-	

分類	No.	影響項目 JICAガイドライン	提案される緩和策	
			工事前、工事中	供用時
その他	29	事故	<ul style="list-style-type: none"> - 制限区域とするため、工事現場の入り口にゲートを設置する - 建設機械が稼働する入口や交差点には交通整理員を配置する - 子供など地元の人が建設現場に入らないように周囲にフェンスを設置する - 建設現場での工事機械等の走行速度を制限する - 労働者への安全管理研修の実施 - 工事監理者による安全管理パトロールの実施 - 毎月の安全会議の実施 	歩道のない橋梁における安全管理の実施 (自動車専用道路を除く)
	30	越境の影響、及び気候変動	-	-

(-) : 負の影響が想定されないため緩和策は必要ない。

出典 : JICA 調査団

11. ムンバイ市跨線橋架替えプロジェクトに関する検討

11.1 はじめに

本項では、4章 環境社会配慮、6章 適用可能な本邦最新技術、7章 交通量調査と経済分析に記載した事項を踏まえ、ムンバイ市跨線橋架替えプロジェクトについて、橋梁構造形式の提案、それに伴う経済分析結果、また環境社会配慮事項について、それぞれ詳述する。

架替えが必要とされる7か所の跨線橋の位置図を以下に示す。



出典：JICA 調査団/Google

図 11.1.1 ムンバイ市における架替えを必要とする跨線橋

11.2 社会及び自然的特性

11.2.1 社会の状況

ムンバイ市跨線橋架替プロジェクトが位置するマハラシュトラ州の人口について表 11.2.1 に示す。

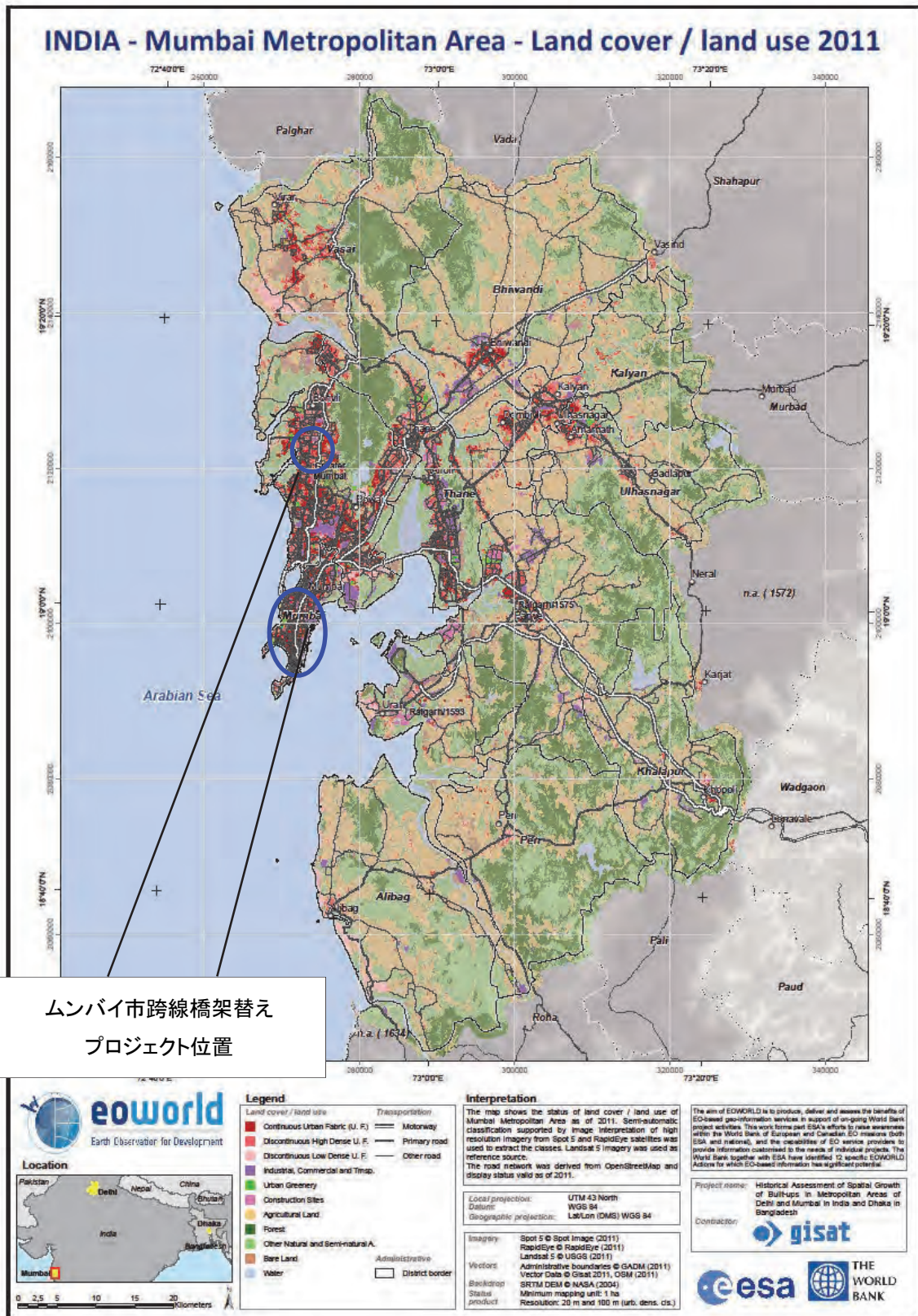
表 11.2.1 マハラシュトラ州及ムンバイの人口

州	人口 (2011)	州都	人口 (2011)
マハラシュトラ州	112,374,333	ムンバイ	3,085,411

出典：2011 Census Data, Government of India, Ministry of Home Affairs

11.2.2 自然の状況

ムンバイの土地利用図を図 11.2.1 に示す。プロジェクト対象地域の土地利用状況は主に産業・商業地域であり人口も密集している。



出典：世界銀行

図 11.2.1 プロジェクト対象位置と土地利用図
(ムンバイ市跨線橋架替えプロジェクト)

11.3 構造形式提案

11.3.1 はじめに

第3章において述べた通り、以下の7か所の跨線橋が架替えを必要とする。なお、構造形式検討にあたっては、第6章に示した本邦最新技術の適用を念頭に置いて、実施する。

表 11.3.1 ムンバイ市における架替えを必要とする跨線橋

番号	橋梁名	橋長 [m]	建設年	上部工形式
1	フェレーレ跨線橋	25.36	1921	鋼2主桁
2	バラシス跨線橋	31.50	1893	鋼1桁
3	マハラクスミ跨線橋	77.00	1920	鋼1桁
4	デリセ跨線橋	63.20	1921	鋼2主桁
5	ティラク跨線橋	226.20	1925	鋼2主桁
6	マヒム跨線橋	80.00	1993	ポステン1桁
7	ゴレガオン跨線橋	79.00	1993	ポステン1桁

既存橋梁の調査結果によると、これらの既存橋梁の上部工形式は、以下に示す2タイプに分類される。

【タイプ1】

- 2主桁形式 (1. フェレーレ跨線橋、4. デリセ跨線橋、5. ティラク跨線橋)

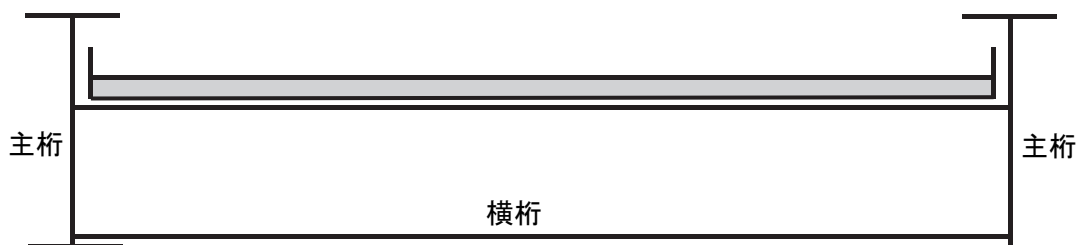


図 11.3.1 2主桁形式断面図

2主桁のみが、橋台に架けられている構造である。車道は、主桁間に架けられている横桁に支持されている。そのため、半断面のみを撤去する段階施工の適用は難しい。

【タイプ2】

- 一般的なI桁/T桁形式 (2. バラシス跨線橋、3. マハラクスミ跨線橋、6. マヒム跨線橋、7. ゴレガオン跨線橋)

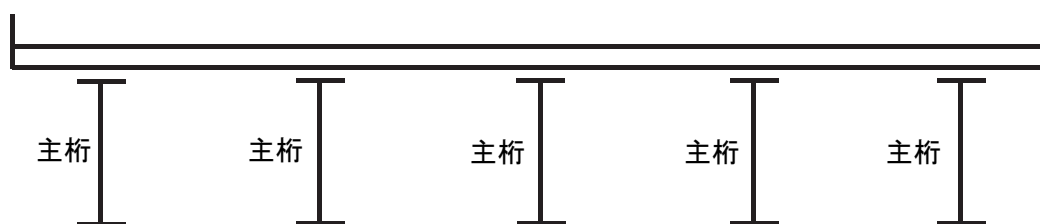


図 11.3.2 一般的なI桁/T桁形式断面図

全ての主桁が橋台に架けられている構造である。そのため、半断面ごとに撤去・建設を行う、段階施工の適用が可能となる。

上述の通り、架替工事はタイプ 1 とタイプ 2 の桁形式で、それぞれ異なる。そのため、2 タイプ、それぞれで架替工事手法について検討を行う。

11.3.2 架替工事手法と手順の検討

(1) はじめに

対象とする 7 橋の跨線橋はムンバイ市における混雑している中心地に位置している。そのため、本架替事業による交通渋滞の発生を抑制するため、既存交通を可能な限り確保する必要がある。同一路線上に新しく橋梁を建設する場合、脇に仮設橋（仮設道路）を建設した後に道路切り回しが必要となるが、どの橋梁においても、両脇とも家屋が密集しており、既存橋の脇に仮設橋（仮設道路）を建設することは不可能である。このため、タイプ 1 の場合、既存橋の構造上、新橋の工事中は既存交通の確保は一時的に遮断せざるを得ない。このような状況下、既存交通の遮断が最小限となる橋梁工事手法を以下に提案する。

またタイプ 2 においては橋梁の半断面施工が可能となるが、極力通過道路交通への影響が少なくなる橋梁工事手法を同様に提案する。

(2) 架替工事手法と手順の検討

【タイプ 1 の橋梁における架替え工事手順】

1) ステップ 1：仮締切及び仮橋の設置、新橋台の建設（既存交通確保可能）



図 11.3.3 タイプ 1 橋梁ステップ 1 概念図

新上部工のための橋台建設及び建設中における既存交通の確保のため、仮締切工を既存橋台の背面に設置する。仮締切工の設置を夜間を実施することにより、既存交通に与える影響を制限することが可能となる。

また、仮橋を仮締切工内に設置することにより、既存交通の確保を可能とする。しかしながら、新橋台の建設は、非常に制限された区域内での実施が要求され、杭については、「6.2.3 項 プロジェクトに適用可能な最新技術一覧」において記載した、「低空頭場所打ち杭工法」が適用可能である。

本ステップの概算工事期間は、6～7 週間を想定する。

2) ステップ2：既存床版の撤去（既存交通遮断）

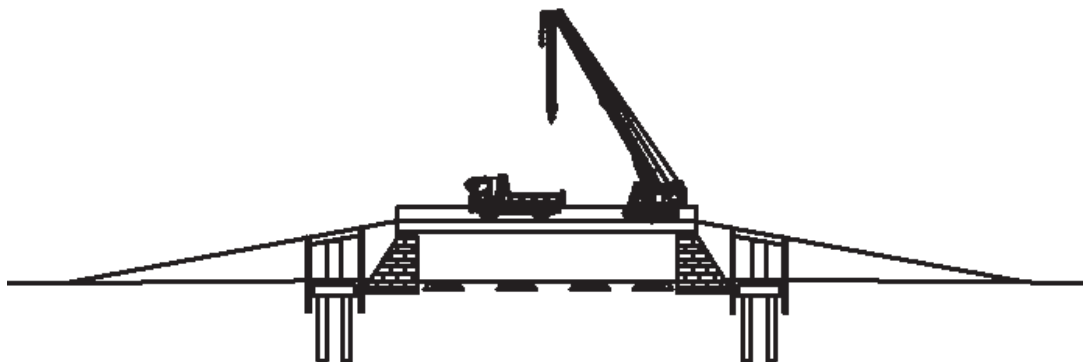


図 11.3.4 タイプ1橋梁ステップ2概念図

新橋台の建設終了後、既存上部工の床版の撤去を開始する。本作業の間、既存交通の通過は、不可能となる。

本ステップの概算工事期間は1週間程度を想定する。

3) ステップ3：既存鋼桁の撤去（既存交通遮断）

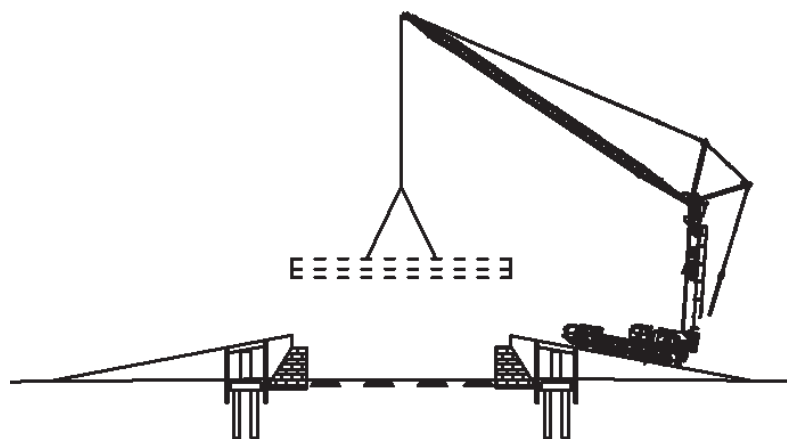


図 11.3.5 タイプ1橋梁ステップ3概念図

既存上部工の床版撤去終了後、既存上部工の鋼桁の撤去を開始する。本作業の間、既存交通の通過は不可能となる。

本ステップの概算工事期間は1.5か月程度を想定する。

4) ステップ4：新規上部工の架設（既存交通遮断）

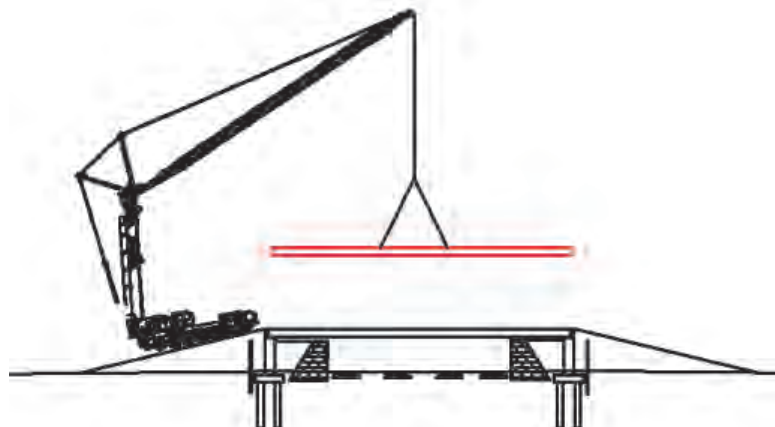


図 11.3.6 タイプ1 橋梁ステップ4 概念図

既存上部工の鋼桁撤去終了後、新上部工の架設及び床版工、舗装工を開始する。本作業の間、既存交通の通過は不可能となる。

本ステップの概算工事期間は1.5か月程度を想定する。

なお、架設される橋梁上部工は、桁高（路面高さ）を極力抑える必要があり、その形式については、後述する「(3) 上部工形式の検討」を参照されたい。

【タイプ2の橋梁における架替工事手順】

1) ステップ1：既存上部工半断面の撤去（制限された状況での既存交通確保）

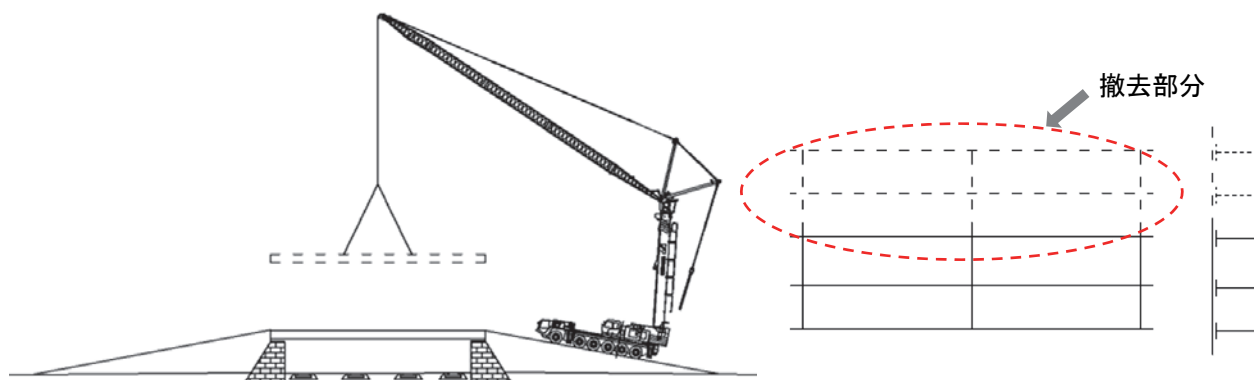


図 11.3.7 タイプ2 橋梁ステップ1 概念図

構造特性を考慮した結果、既存上部工の半断面撤去が可能である。そのため既存上部工の半断面を撤去する。既存橋梁の半断面撤去の間、既存交通は既存上部工残置部分を使用して通行が可能である。

本ステップの概算工事期間は、1～2週間程度を想定する。

2) ステップ 2 : 既存橋台の半断面撤去と新橋台の半断面施工 (制限された状況での既存交通確保)

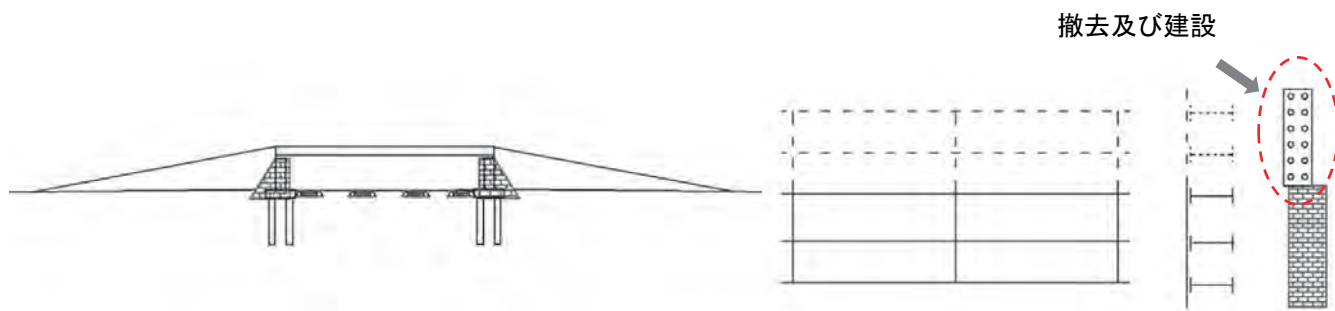


図 11.3.8 タイプ 2 橋梁ステップ 2 概念図

既存上部工の半断面撤去を実施後、既存橋台の撤去作業も開始する。その後、新橋台を半断面、施工する。

本ステップの概算工事期間は 3~4 か月を想定する。

3) ステップ 3 : 新上部工の半断面施工 (制限された状況での既存交通確保)

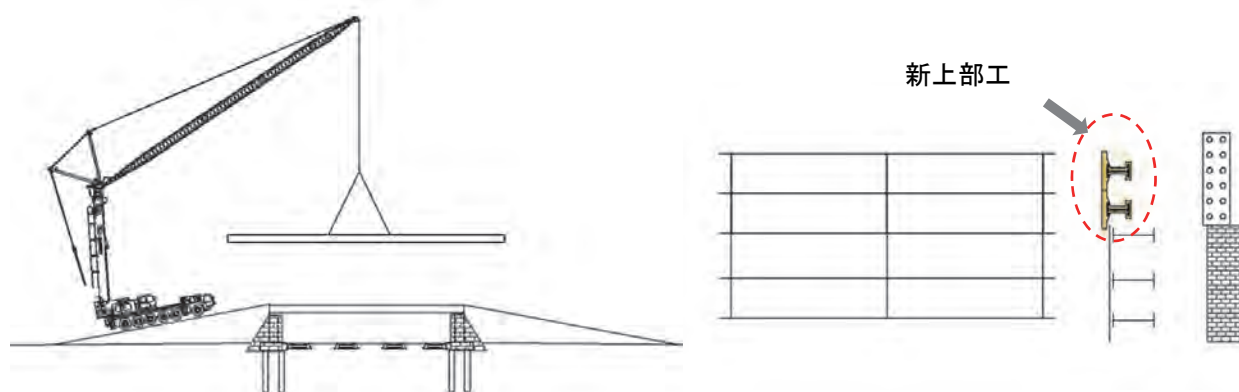


図 11.3.9 タイプ 2 橋梁ステップ 3 概念図

新橋台の半断面施工完了後、新上部工の半断面施工を開始する。

本ステップの概算工事期間は 1.5~2 か月程度を想定する。

4) ステップ4：残置されている既存上部工の撤去（制限された状況での既存交通確保）

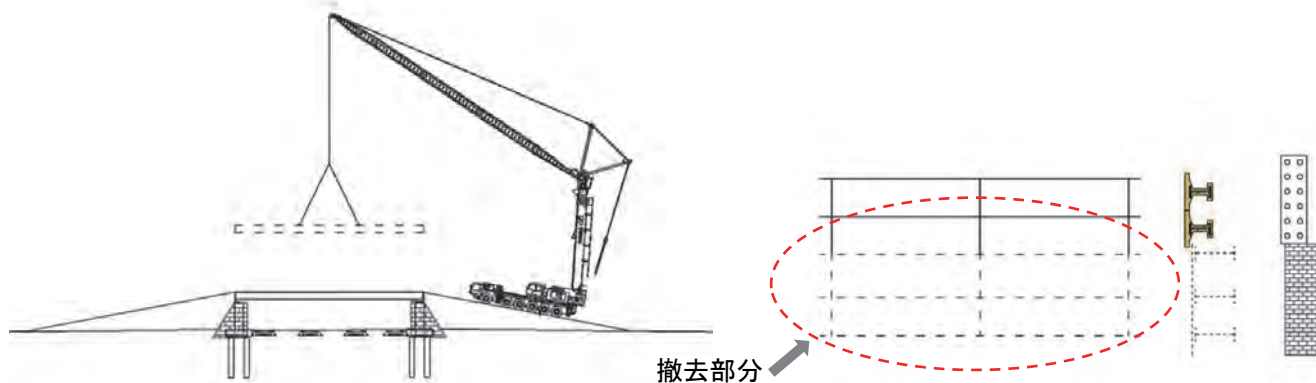


図 11.3.10 タイプ2 橋梁ステップ4 概念図

新上部工の半断面施工完了後、既存交通を新上部工上に移動する。その後、残置されている既存上部工の撤去作業を開始する。

本ステップの概算工事期間は1～2週間程度を想定する。

5) ステップ5：残置されている既存橋台の撤去及び残りの新橋台の施工（制限された状況での既存交通確保）

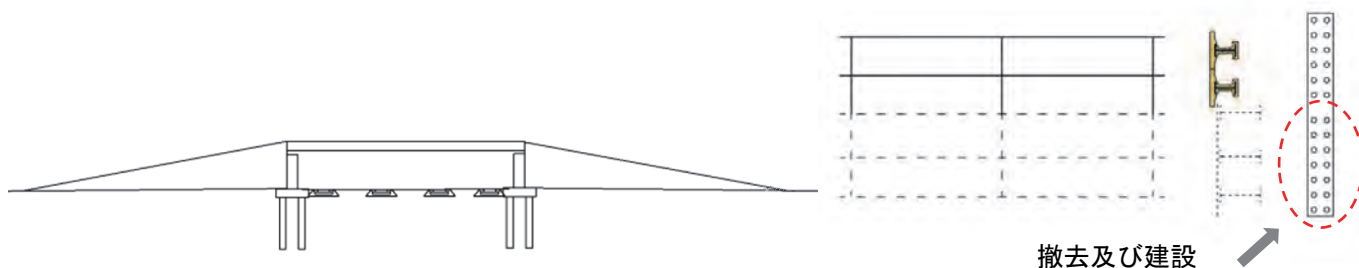


図 11.3.11 タイプ2 橋梁ステップ5 概念図

既存上部工の撤去終了後、既存橋台の撤去、及び残りの新橋台の建設が開始される。

本ステップの概算工事期間は3～4か月程度を想定する。

6) ステップ6：新上部工の架設（制限された状況での既存交通確保）

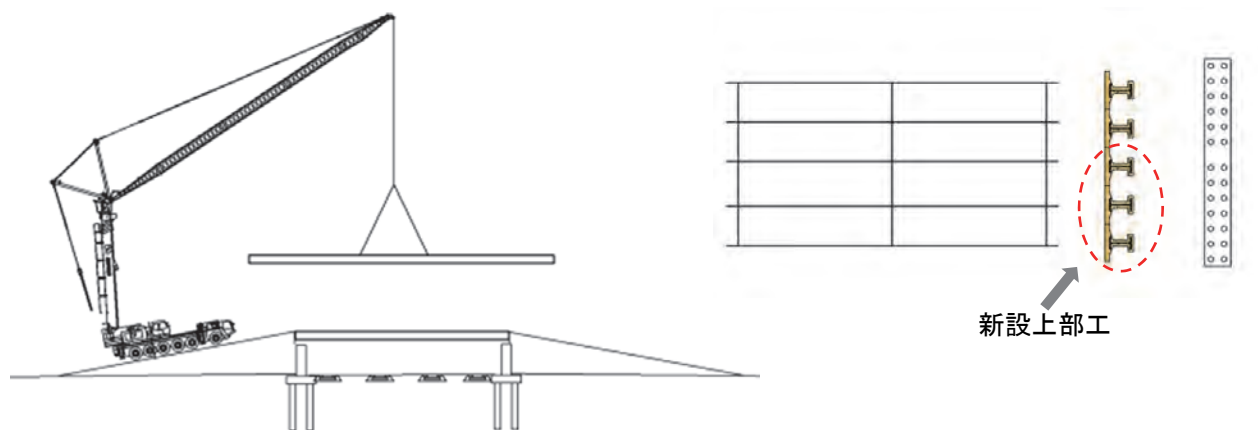


図 11.3.12 タイプ2 橋梁ステップ6 概念図

新橋台の施工完了後、残りの新上部工の架設作業を開始する。

本ステップの概算工事期間は1.5～2か月程度を想定する。

なお、架設される橋梁上部工は、桁高（路面高さ）を極力抑える必要があり、その形式については、後述する「(3) 上部工形式の検討」を参照されたい。

(3) 上部工形式の検討

電気供給システムの変更（直流から交流）により、新しい跨線橋下の建築限界を5.0mから6.5mに増加させる必要がある。そのため、縦断線形の増加による周辺道路への影響を最小限におさえるため、桁高を低く抑えることができる上部工形式を適用させる必要がある。

桁高を低く抑えることが可能となる以下の上部工形式を抽出し、比較検討を行った。なお、それぞれの形式の特徴は「6.2.2 項 プロジェクトに適用可能な最新技術一覧」を参照されたい。

- バイプレストレッシング PC 桁
- プレビーム桁
- 合成床版橋
- 鋼床版 I 桁（最新技術ではない）
- ポニートラス橋（最新技術ではない）

参考までに、桁高と支間長の関係を、図 11.3.13 に示す。

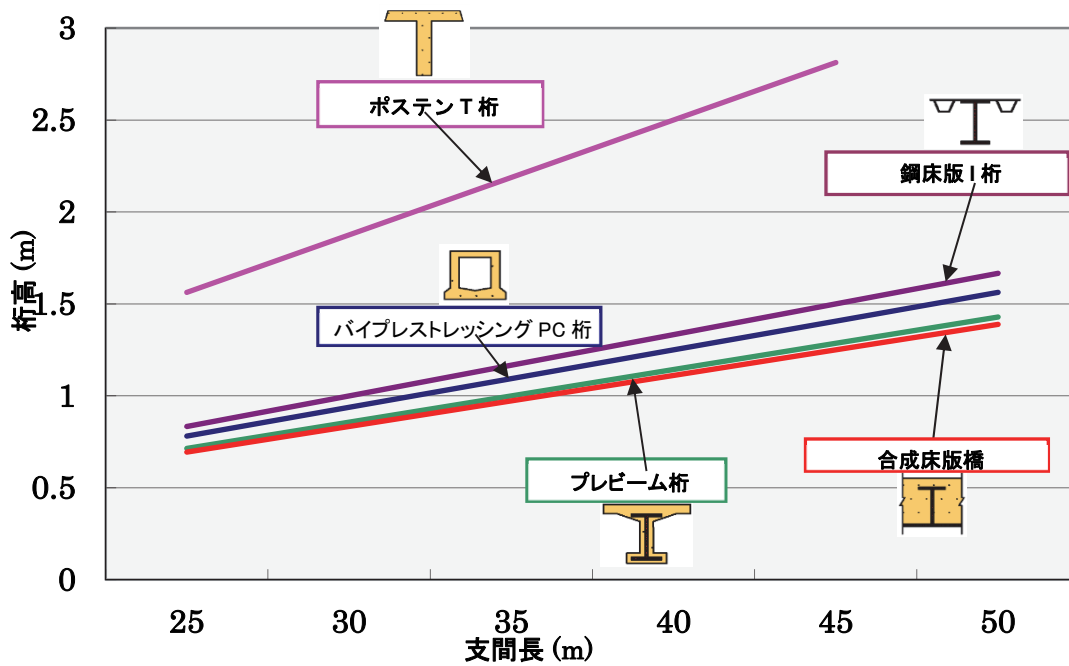


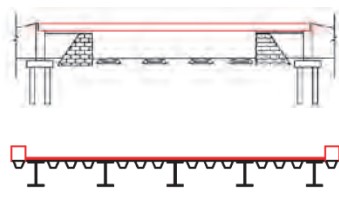
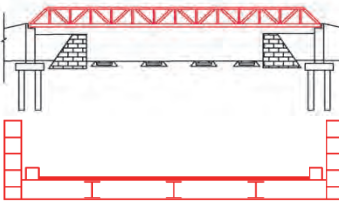
図 11.3.13 桁高と支間長の相関図

上部工形式比較表を、表 11.3.2 と表 11.3.3 に示す。

表 11.3.2 上部工形式比較表 (1/2)

	プラン-1 パイプレッシング PC 桁	プラン-2 プレビーム桁	プラン-3 合成床版橋
側面図及び 断面図			
経済性 (上部工のみ)	1.17	1.06	1.03
コメント	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 横締めが必要であり、段階施工には不向きである。(△) ✓ 再塗装といった維持管理は不要である。(○) ✓ 高強度コンクリートによる施工が必要のため、桁製作は特別な工場で実施される。(×) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 段階施工が可能である。(○) ✓ 再塗装といった維持管理は不要である。(○) ✓ 桁架設が容易である。しかし、その後、横桁や床版の現場施工が必要である。(△) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 段階施工が可能である。(○) ✓ 再塗装といった維持管理は桁下面のみ必要である。(△)ただし、耐候性鋼材の適用により、維持管理の必要はなくなる。(○) ✓ 全て工場での製作となるため、現場での架設作業が容易である。(○)

表 11.3.3 上部工形式比較表 (2/2)

	プラン-4 鋼床版I桁	プラン-5 ポニートラス	
側面図及び断面図			
経済性 (上部工のみ)	1.22	1.00	
コメント	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 段階施工が可能である。(○) ✓ 主桁や床版下面への再塗装が必要である。(△)ただし、耐候性鋼材の適用により、維持管理の必要はなくなる。(○) ✓ 全て工場での製作となるため、現場での架設作業が容易である。(○) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 段階施工は不可能である。(×) ✓ トラス部材への再塗装が必要である。(△)ただし、耐候性鋼材の適用により、維持管理の必要はなくなる。(○) ✓ 架設作業に必要な部材数が多いため、現場での架設期間が他案に比べ長くなる。(×) 	

タイプ1 橋梁について

経済性による利点及び現場での施工容易性により、⇒プラン-3 (合成床版橋) を推奨する。

タイプ2 橋梁について

経済性による利点及び段階施工への適合性により、⇒プラン-3 (合成床版橋) を推奨する。

11.3.3 適用可能な高架橋の新技術

ムンバイ市跨線橋架替プロジェクトにおいて適用可能となる高架橋の新技術を下表にまとめる。これらの技術を適用することで、既存の技術で実施した場合に比べて短時間で周辺環境に優しい建設が可能となる。なお、各技術の詳細については第6章を参照されたい。

表 11.3.4 適用可能な新技術

技術名称	特色
低空頭場所打ち杭工法	低空頭下、また狭隘な場所での場所打ち杭施工について特殊機械を用いて施工する工法。
パイプレッシングPC桁	桁高を抑えることができる新しい上部工形式。
プレビーム桁	桁高を抑えることができる新しい上部工形式。
合成床版橋	桁高を抑えることができる新しい上部工形式。

11.3.4 全体工程計画

前述の検討結果に基づき、タイプ1橋梁及びタイプ2橋梁の全体工程計画を表11.3.5と表11.3.6に示す。

表 11.3.5 タイプ1橋梁の全体工程計画

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
詳細設計		■	■	■	■											
準備工		■	■	■												
新設橋台の建設			■	■	■	■	■	■	■	■						
既存上部工の撤去										■	■					
新設上部工の建設											■	■				
雑工													■	■	■	■
既存交通への制限											← 現況交通遮断期間 →					

記：本工程は、30mの単純桁へ適用されるものである。

表 11.3.6 タイプ2橋梁の全体工程計画

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
詳細設計		■	■	■	■															
フェーズ1 (半断面)	準備工	■	■																	
	既存上部工の撤去			■																
	既存下部工の撤去			■	■	■														
	新規下部工の建設				■	■	■	■												
	新規上部工の建設							■	■	■										
既存交通の切り替え										■										
フェーズ2 (半断面)	既存上部工の撤去										■									
	既存下部工の撤去										■	■								
	新規下部工の建設											■	■	■	■					
	新規上部工の建設															■	■	■		
	雑工																		■	■

記：本工程は、30mの単純桁へ適用されるものである。

半断面施工のため、工事期間全てにおいて既存交通が影響を受ける。

11.3.5 概算事業費の算出

(1) 為替レート

概算事業費を算出する上での為替レートは、2016年8月末から2016年9月頭における2週間の平均レートを適用する。実際に適用した為替レートを以下に示す。

- 1 US ドル= 101.80 [円]
- 1 インドルピー = 1.52 [円]

(2) 概算事業費

日本国が支援した場合における概算事業費を表 11.3.7 に示す。概算事業費合計（建設費、設計費及び施工監理費を含む）は、およそ 9.5 [十億円]（6.2 [十億インドルピー]）となる。なお、表内に示している単価は、建設費単価とする。

表 11.3.7 概算事業費

プロジェクト	内容	単位	数量	単価 [千円]	事業費 [百万円]				事業費 [百万インドルピー]			
					建設費	設計費	施工監理費	合計	建設費	設計費	施工監理費	合計
ムンバイ市跨線橋架替プロジェクト	7か所の跨線橋掛替	m ²	15,185	551.5	8,375	334	754	9,463	5,510	220	496	6,226

11.4 交通量需要予測

11.4.1 交通量調査

本調査の一部として、ムンバイ市において 2016 年 6 月 24 日から 2016 年 8 月 15 日にかけて、交通量調査を実施した。交通量調査位置は既存橋梁上で実施した。

11.4.2 交通特性

以下に示す交通特性に基づき、交通量調査結果を次項以降に示す。

- 交通量集計(台数及び乗用車換算台数(PCU))
- 時間毎の傾向及びピーク率
- 車両の構成

(1) 交通量集計結果

交通量調査結果を表 11.4.1 に示す。

表 11.4.1 交通量集計結果

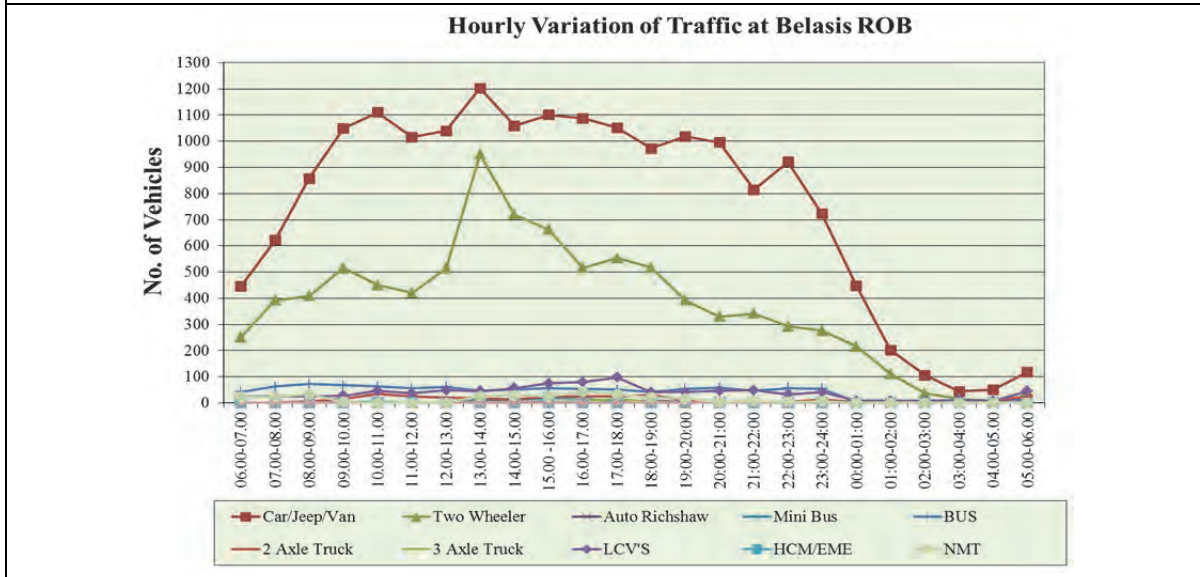
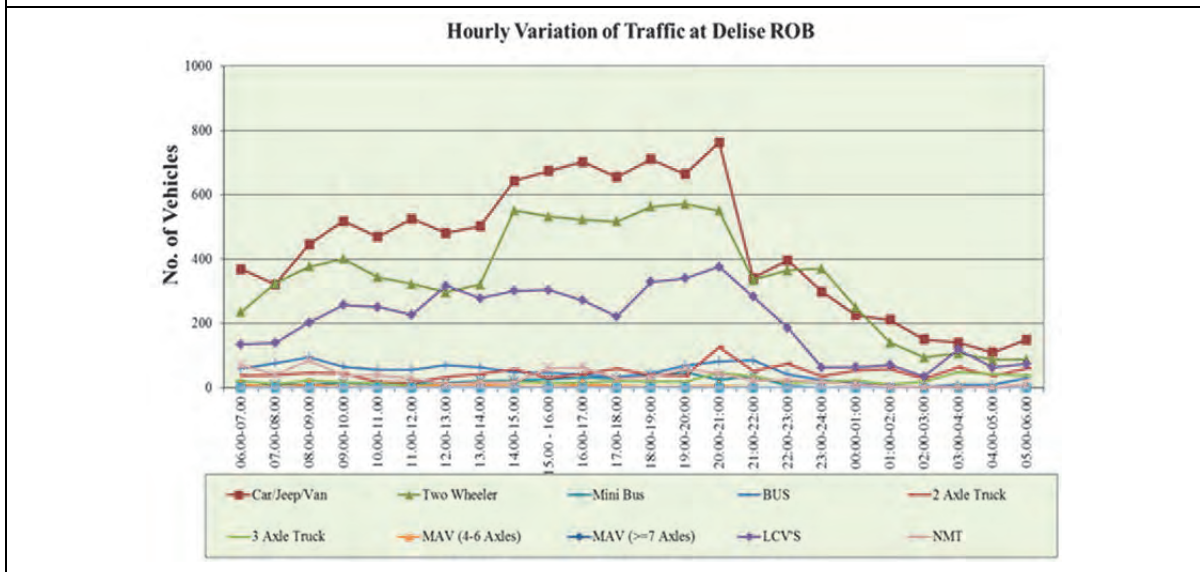
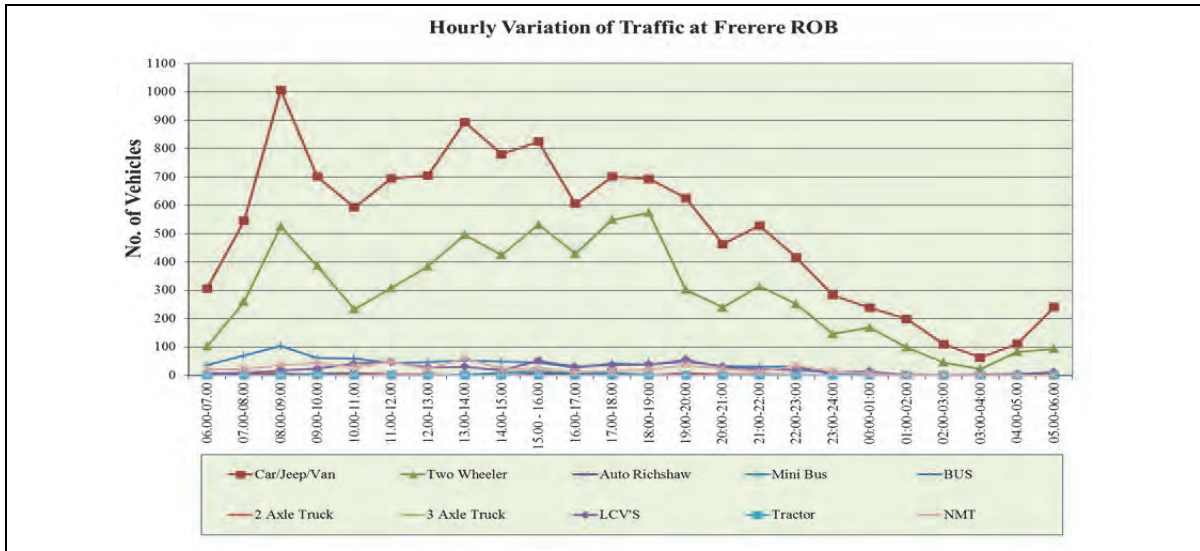
Traffic Volume Count at Mumbai																			
S.No	Location Name	ROB	Traffic Volume																
			Car/Jeep/Van (private)	Two Wheeler	Auto Rickshaw	Mini Bus	Bus	2 Axle Truck	3 Axle Truck	MAV	LCV/Pick up	Tractor	Tractor with Trolley	Cycle	Cycle Rickshaw	Hand Cart	Animal/Hand Drawn	Total	PCUs
1	Mumbai	Frerere	12330	6974	53	64	839	69	1	0	557	4	0	431	20	51	12	21405	20029
2		Belasis	18047	8625	55	86	1011	332	37	5	919	0	0	245	14	36	2	29414	28419
3		Mahalaxmi	35187	15006	104	168	1215	648	78	12	1943	0	0	107	19	4	1	54492	49509
4		Delise	10463	8265	0	363	1129	1136	530	83	4908	0	0	527	24	159	18	27605	31516
5		Tilak	12940	10412	13	916	2772	891	17	0	2662	1	0	669	8	10	6	31317	34417
6		Mahim	9198	8390	0	256	382	1230	472	16	2337	2	0	369	62	123	25	22862	24720
7		Goregaon	15378	12660	12557	677	632	1734	124	14	5896	1	28	558	52	23	3	50337	49422

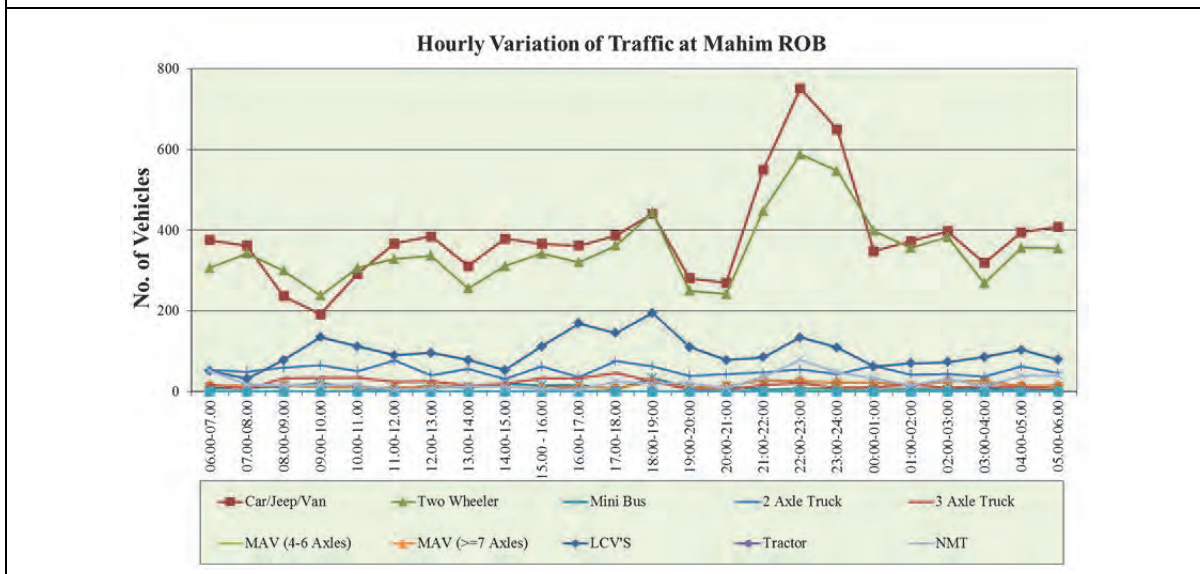
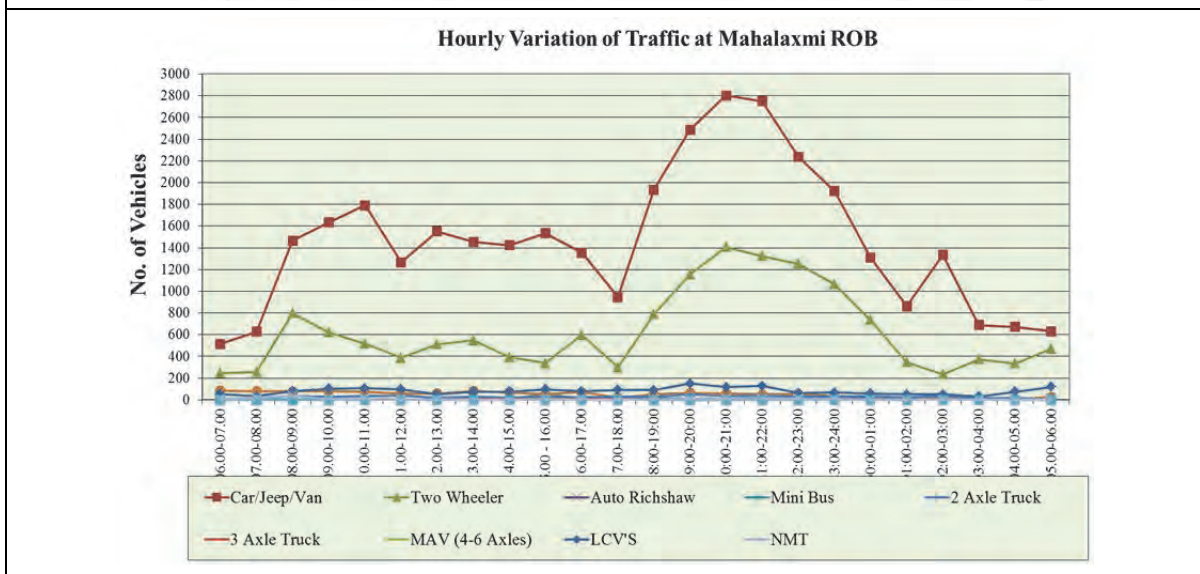
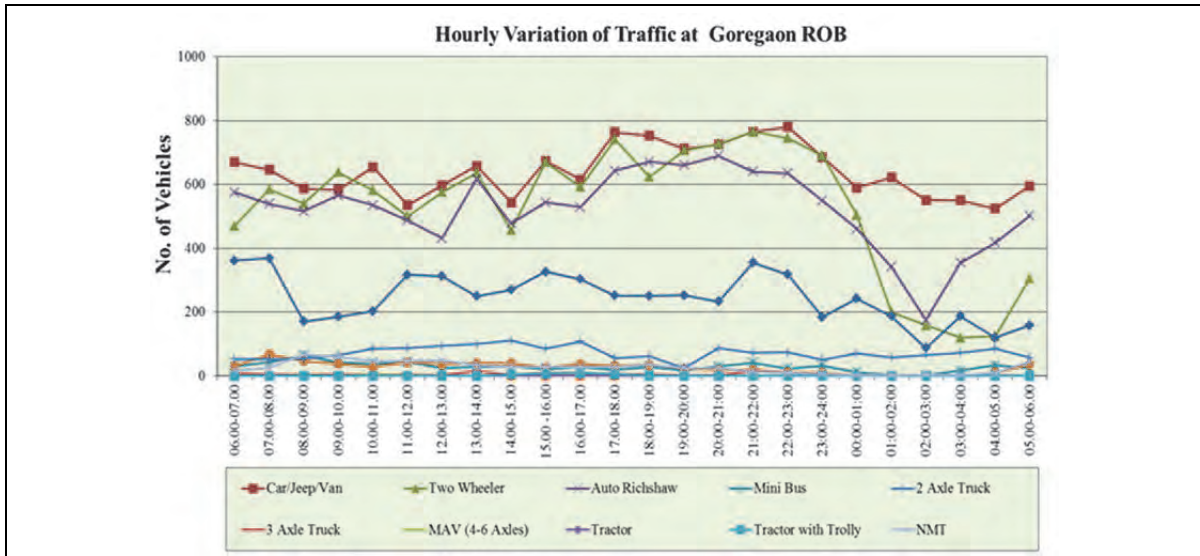
(2) 時間毎の傾向及びピーク率

車種ごとの 1 日当たり交通量の時間変化について本項に示す。また、該当地点における、交通量のピーク率及びピーク時交通量について、表 11.4.2 にまとめる。表 11.4.2 より、おおむねピーク時は、朝夕の交通ラッシュ時に発生していることが確認される。また、ピーク率は 5~9%程度を示している。本邦における一般的なピーク率は 7%前後 (24 時間計測、一般国道の場合) であることより、概ね妥当な数値であると考えられる。

表 11.4.2 ピーク時交通量

Traffic Count at Mumbai							
	Survey Locations	Traffic Peak Hour in Morning (Nos)	Peak Hour Percentage (Morning)	Observed Peak Hour	Traffic Peak hour in Evening (Nos)	Peak Hour Percentage (Evening)	Observed Peak Hour
Mumbai	Frerere ROB	1718	8.59	08:00 to 09:00	1221	6.11	18:15 to 19:15
	Belasis ROB	1959	9.64	13:00 to 14:00	1650	5.84	18:15 to 19:15
	Malalaxmi ROB	2514	4.93	09:30 to 10:30	4117	8.07	19:30 to 20:30
	Delise ROB	1713	5.62	08:15 to 09:15	2358	7.73	19:30 to 20:30
	Tilak ROB	1944	5.77	08:30 to 09:30	2706	8.03	21:00 to 22:00
	Mahim ROB	1134	4.74	05:15 to 06:15	1761	7.36	21:45 to 22:45
	Goregaon ROB	2431	4.92	06:45 to 07:45	2542	5.14	21:15 to 22:15





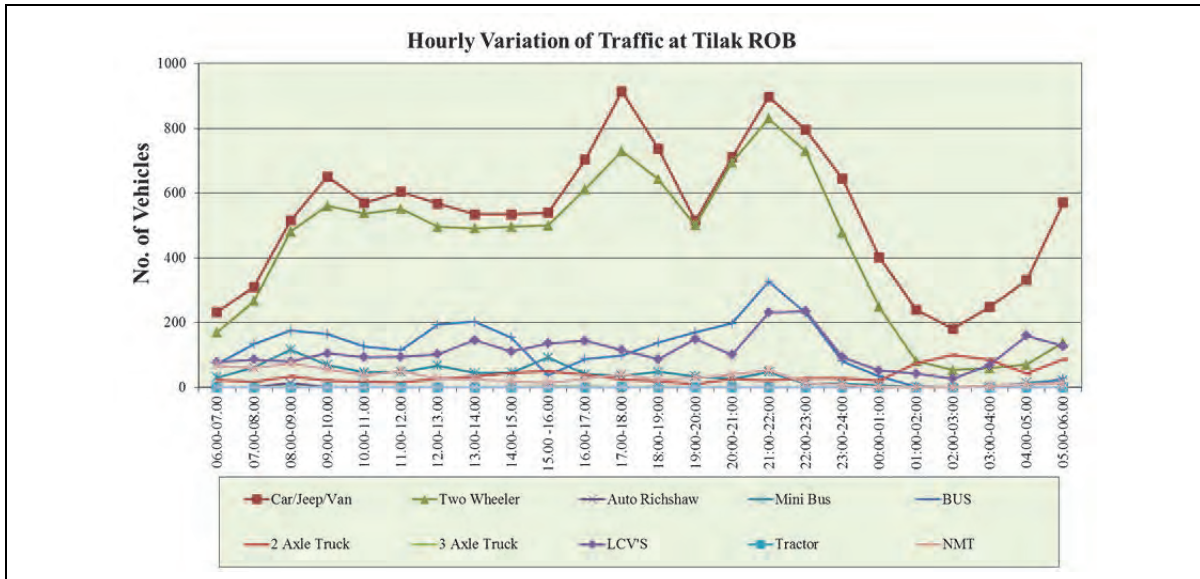
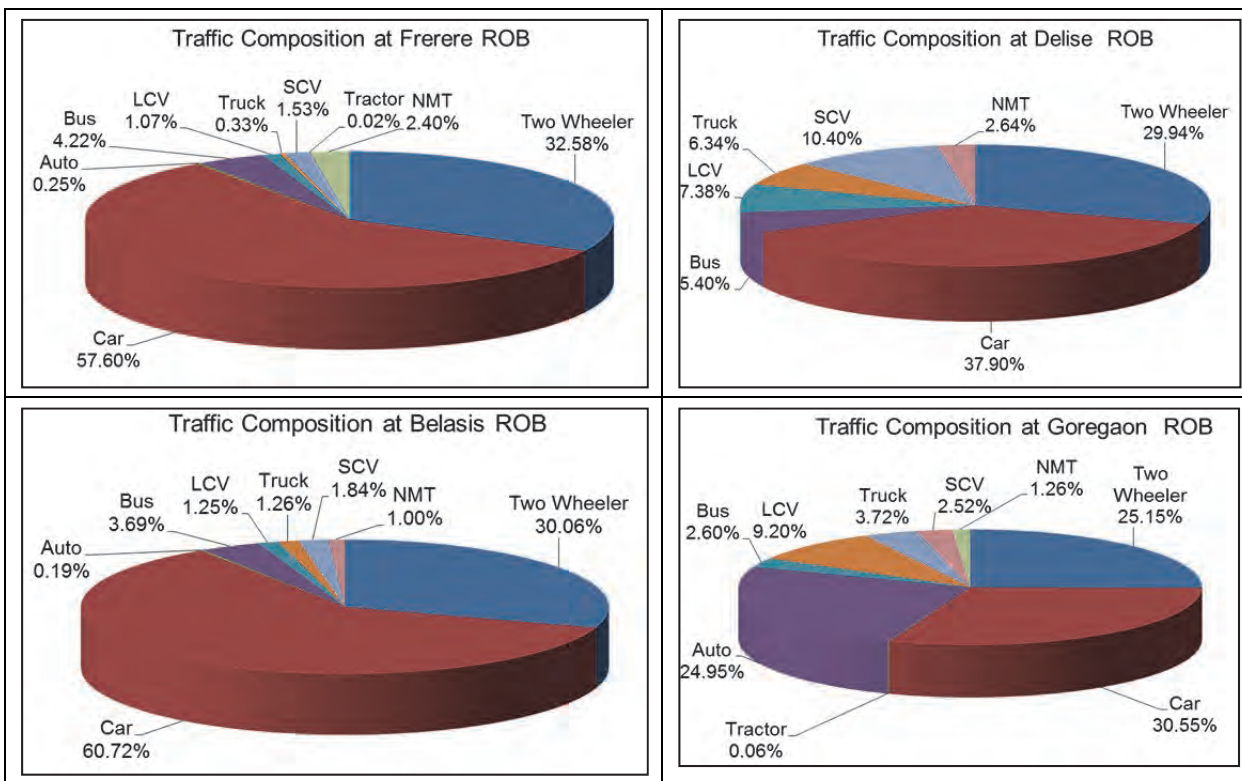


図 11.4.1 ムンバイにおける時間当たり交通量の推移

(3) 車両の構成

交通量調査の結果に基づき、各調査点における、通過車両の構成について、ムンバイの車両構成について、図 11.4.2 に示す。これより、車両構成の 70~90%程度が、乗用車、自動 2 輪車及びオートリキシャであることが確認でき、本対象路線は主に一般住民に供している路線であることが確認される。



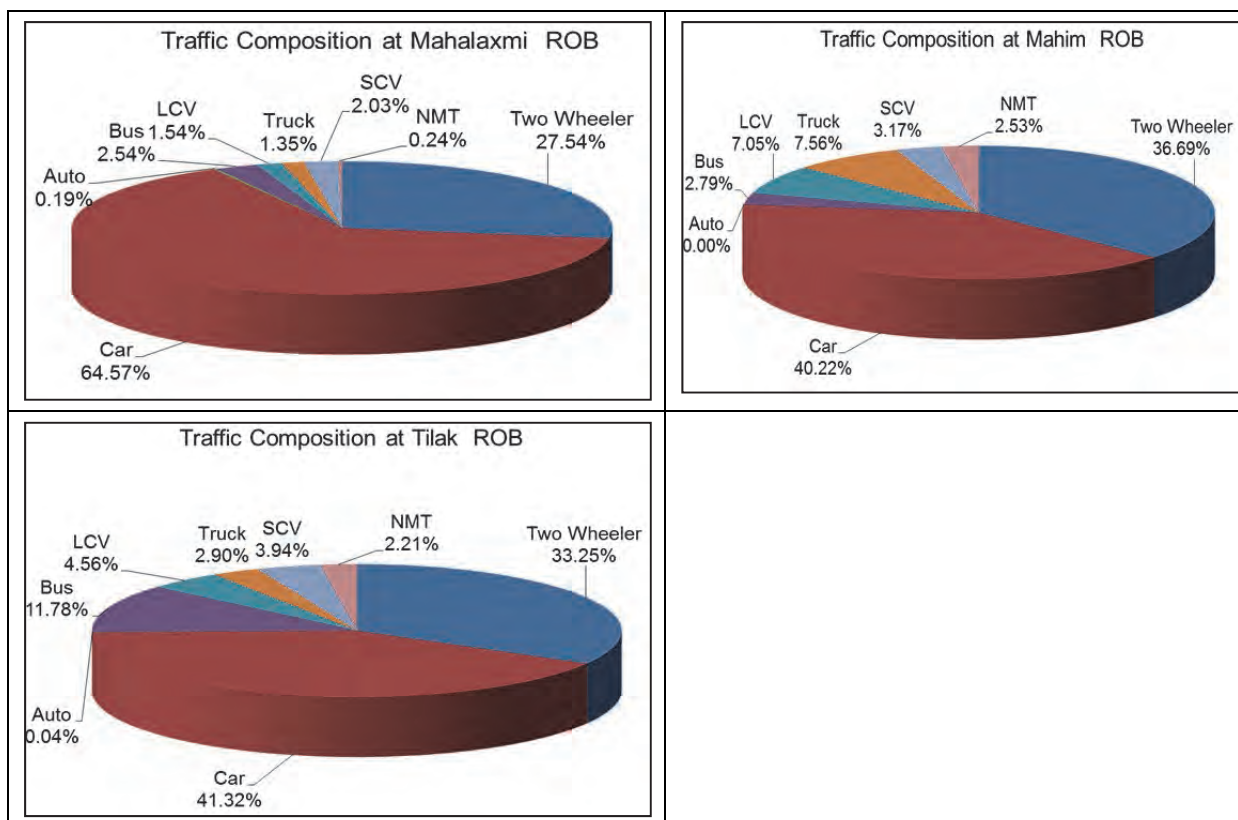


図 11.4.2 ムンバイにおける車両構成

11.4.3 調査対象区間の現状交通量

ムンバイ市跨線橋架替プロジェクトは本調査で実施した交通量調査結果を用いた。

調査対象区間の交通量を、表 11.4.3 に示す。

表 11.4.3 現況交通量（日交通量）（2016年、ムンバイ市跨線橋架替プロジェクト）

（単位：台）

場所	フェレーレ 跨線橋	バラシス 跨線橋	マハラクスミ 跨線橋	デリセ 跨線橋	ティラク 跨線橋	マヒム 跨線橋	ゴレガオン 跨線橋
乗用車	12,887	18,966	37,130	15,371	15,602	11,535	21,274
バス	903	1,097	1,383	1,492	3,688	638	1,309
トラック	74	374	738	1,749	909	1,720	1,901
計	13,864	20,437	39,251	18,612	20,199	13,893	24,484

（単位：PCU）

場所	フェレーレ 跨線橋	バラシス 跨線橋	マハラクスミ 跨線橋	デリセ 跨線橋	ティラク 跨線橋	マヒム 跨線橋	ゴレガオン 跨線橋
乗用車	12,887	18,966	37,130	15,371	15,602	11,535	21,274
バス	2,709	3,291	4,149	4,476	11,064	1,914	3,927
トラック	333	1,683	3,321	7,871	4,091	7,740	8,555
計	15,929	23,940	44,600	27,718	30,757	21,189	33,756

出典：JICA 調査団作成

11.4.4 将来交通量

表 11.4.3 に示す現況交通量に対して、7.3.2 項に示した将来交通量伸び率の推計を適用し、対象高架橋における将来交通需要予測結果（年平均日交通量（AADT））を推定した。

調査対象地域内で計画されている合計 7 か所の鉄道跨線橋の交通需要予測結果を以下の表に示す。

表 11.4.4 交通需要予測（2017～、ムンバイ市跨線橋架替えプロジェクト 1/4）

（単位：PCU/日）

	フェレーレ跨線橋				バラシス跨線橋			
	乗用車	バス	トラック	計	乗用車	バス	トラック	計
2020	18,124	3,810	468	22,403	26,674	4,628	2,367	33,669
2021	19,737	4,149	510	24,397	29,048	5,040	2,578	36,666
2022	21,494	4,518	555	26,568	31,633	5,489	2,807	39,929
2023	23,407	4,920	605	28,932	34,449	5,978	3,057	43,483
2024	25,490	5,358	659	31,507	37,514	6,510	3,329	47,353
2025	27,759	5,835	717	34,311	40,853	7,089	3,625	51,567
2026	30,229	6,355	781	37,365	44,489	7,720	3,948	56,157
2027	32,920	6,920	851	40,691	48,449	8,407	4,299	61,155
2028	35,850	7,536	926	44,312	52,761	9,155	4,682	66,598
2029	39,040	8,207	1,009	48,256	57,456	9,970	5,099	72,525
2030	42,515	8,937	1,099	52,551	62,570	10,857	5,552	78,980
2031	46,299	9,733	1,196	57,228	68,139	11,824	6,046	86,009
2032	50,419	10,599	1,303	62,321	74,203	12,876	6,585	93,663
2033	54,907	11,542	1,419	67,868	80,807	14,022	7,171	102,000
2034	59,793	12,569	1,545	73,908	87,999	15,270	7,809	111,077
2035	65,115	13,688	1,683	80,486	95,831	16,629	8,504	120,963
2036	70,910	14,906	1,832	87,649	104,360	18,109	9,261	131,729
2037	77,221	16,233	1,995	95,450	113,648	19,720	10,085	143,453
2038	84,094	17,678	2,173	103,945	123,763	21,475	10,982	156,220
2039	91,578	19,251	2,366	113,196	134,777	23,387	11,960	170,124
2040	99,729	20,964	2,577	123,270	146,773	25,468	13,024	185,265

出典：JICA 調査団作成

表 11.4.5 交通需要予測 (2017～、ムンバイ市跨線橋架替えプロジェクト 2/4)

(単位: PCU/日)

	マハラクスミ跨線橋				デリセ跨線橋			
	乗用車	バス	トラック	計	乗用車	バス	トラック	計
2020	52,220	5,835	4,671	62,726	21,618	6,295	11,069	38,982
2021	56,868	6,355	5,086	68,308	23,542	6,855	12,054	42,452
2022	61,929	6,920	5,539	74,388	25,637	7,465	13,127	46,230
2023	67,440	7,536	6,032	81,008	27,919	8,130	14,295	50,344
2024	73,443	8,207	6,569	88,218	30,404	8,853	15,568	54,825
2025	79,979	8,937	7,154	96,070	33,110	9,641	16,953	59,704
2026	87,097	9,732	7,790	104,620	36,056	10,500	18,462	65,018
2027	94,849	10,599	8,484	113,931	39,265	11,434	20,105	70,804
2028	103,290	11,542	9,239	124,071	42,760	12,452	21,895	77,106
2029	112,483	12,569	10,061	135,113	46,566	13,560	23,843	83,969
2030	122,494	13,688	10,956	147,138	50,710	14,767	25,965	91,442
2031	133,396	14,906	11,931	160,233	55,223	16,081	28,276	99,580
2032	145,268	16,233	12,993	174,494	60,138	17,512	30,793	108,443
2033	158,197	17,677	14,150	190,024	65,490	19,071	33,533	118,094
2034	172,277	19,251	15,409	206,936	71,319	20,768	36,518	128,604
2035	187,609	20,964	16,780	225,354	77,666	22,616	39,768	140,050
2036	204,307	22,830	18,274	245,410	84,578	24,629	43,307	152,515
2037	222,490	24,862	19,900	267,252	92,106	26,821	47,162	166,088
2038	242,292	27,074	21,671	291,037	100,303	29,208	51,359	180,870
2039	263,856	29,484	23,600	316,939	109,230	31,808	55,930	196,968
2040	287,339	32,108	25,700	345,147	118,952	34,639	60,908	214,498

出典: JICA 調査団作成

表 11.4.6 交通需要予測 (2017～、ムンバイ市跨線橋架替えプロジェクト 3/4)

(単位: PCU/日)

	ティラク跨線橋				マヒム跨線橋			
	乗用車	バス	トラック	計	乗用車	バス	トラック	計
2020	21,943	15,561	5,753	43,256	16,223	2,692	10,886	29,800
2021	23,896	16,945	6,265	47,106	17,667	2,931	11,854	32,453
2022	26,022	18,454	6,823	51,298	19,239	3,192	12,909	35,341
2023	28,338	20,096	7,430	55,864	20,951	3,476	14,058	38,486
2024	30,861	21,884	8,091	60,836	22,816	3,786	15,310	41,912
2025	33,607	23,832	8,811	66,250	24,847	4,123	16,672	45,642
2026	36,598	25,953	9,595	72,147	27,058	4,490	18,156	49,704
2027	39,855	28,263	10,449	78,568	29,466	4,889	19,772	54,127
2028	43,403	30,778	11,379	85,560	32,089	5,324	21,532	58,945
2029	47,265	33,518	12,392	93,175	34,945	5,798	23,448	64,191
2030	51,472	36,501	13,495	101,468	38,055	6,314	25,535	69,904
2031	56,053	39,749	14,696	110,498	41,442	6,876	27,807	76,125
2032	61,042	43,287	16,004	120,333	45,130	7,488	30,282	82,900
2033	66,474	47,140	17,428	131,042	49,146	8,155	32,977	90,279
2034	72,391	51,335	18,979	142,705	53,520	8,881	35,912	98,313
2035	78,833	55,904	20,668	155,406	58,284	9,671	39,108	107,063
2036	85,850	60,879	22,508	169,237	63,471	10,532	42,589	116,592
2037	93,490	66,298	24,511	184,299	69,120	11,469	46,380	126,968
2038	101,811	72,198	26,693	200,701	75,272	12,490	50,507	138,269
2039	110,872	78,624	29,068	218,564	81,971	13,601	55,002	150,575
2040	120,740	85,621	31,655	238,016	89,266	14,812	59,898	163,976

出典: JICA 調査団作成

表 11.4.7 交通需要予測 (2017～、ムンバイ市跨線橋架替えプロジェクト 4/4)

(単位：PCU/日)

	ゴレガオン跨線橋			
	乗用車	バス	トラック	計
2020	29,920	5,523	12,031	47,474
2021	32,583	6,015	13,102	51,699
2022	35,483	6,550	14,268	56,300
2023	38,641	7,133	15,538	61,311
2024	42,080	7,768	16,921	66,768
2025	45,825	8,459	18,427	72,710
2026	49,903	9,212	20,067	79,181
2027	54,345	10,032	21,853	86,229
2028	59,181	10,924	23,797	93,903
2029	64,448	11,897	25,915	102,260
2030	70,184	12,955	28,222	111,361
2031	76,431	14,108	30,734	121,273
2032	83,233	15,364	33,469	132,066
2033	90,641	16,731	36,448	143,820
2034	98,708	18,221	39,691	156,620
2035	107,493	19,842	43,224	170,559
2036	117,060	21,608	47,071	185,739
2037	127,478	23,531	51,260	202,269
2038	138,823	25,626	55,822	220,271
2039	151,179	27,906	60,791	239,875
2040	164,634	30,390	66,201	261,224

出典：JICA 調査団作成

11.5 経済分析

11.5.1 はじめに

ここでは 11.4 項で求めた交通需要予測結果を用いて、ムンバイ市跨線橋架替えプロジェクトの社会的便益を求める。社会的便益は、通例に従いプロジェクトを実施した場合（With ケース）と、実施しなかった場合（Without ケース）に比した社会的費用の減少分とした。

11.5.2 比較対象ケース

ムンバイ市跨線橋架替えプロジェクトではムンバイ中央駅から北に延び、グジャラート州へつながる路線を跨ぐ 7 橋の跨線橋の架け替えが計画されている。直ちに架け替える場合を With ケース、損傷が深刻化して通行止めになった後に架け替える場合を Without ケースとして比較する。

表 11.5.1 比較対象ケース（ムンバイ市跨線橋架替えプロジェクト）

With ケース	Without ケース
ムンバイよりインド洋沿いに北に延びる路線を跨ぐ、損傷の激しい跨線橋 7 橋を架け替える。架け替える橋梁は工期を短縮し、既存交通の渋滞を最小化する本邦建設技術を活用したものである。	損傷は激しくとも架け替えずに、車両が通行できない状況になるまで、現状のまま使い続ける。通行止めになった後に、架け替える。架け替える橋梁は従来の構造を踏襲したものであり、工期も長く既存交通への影響が大きい。

出典：JICA 調査団作成

11.5.3 経済分析用プロジェクト実施スケジュール

ムンバイ市跨線橋架替えプロジェクトは、損傷の激しい跨線橋の架け替えプロジェクトである。With ケースでは、直ちに事業実施に取り掛かるが、Without ケースでは 2026 年に対象である 7 橋の跨線橋が交通量の増加、車両の大型化から来る損傷・劣化の進行に耐え切れずに通行止めになり、緊急工事として掛替を実施すると仮定する。Without ケースでは対象橋梁が通行止めになるため、通行する交通に迂回を強いるが、With ケースでは半断面施工を実施するため、既存交通には迂回が発生しない。

表 11.5.2 プロジェクト実施スケジュール（ムンバイ市跨線橋架替えプロジェクト）

	With ケース	Without ケース	備考
2019	詳細設計	現状のまま	
2020	施工	現状のまま	With ケース：半断面施工 通行止めなし
2021	施工	現状のまま	
2022	新橋供用開始	現状のまま	
↓	↓	↓	
2026	↓	通行止め、架替工事施工	Without ケース：緊急工事、 工事完了まで通行止め
2027	↓	施工	
2029	↓	新橋供用開始	
2030	↓	↓	
↓	↓	↓	
2048	事業期間終了	事業期間終了	

出典：JICA 調査団作成

11.5.4 事業コスト

11.3.5 項より、本プロジェクトの実施コストは以下のとおりである。

表 11.5.3 事業コスト

(単位：百万ルピー)

場所	With ケース				Without ケース			
	工事費	設計費	施工監理	合計	工事費	設計費	施工監理	合計
ムンバイ市跨線橋架替えプロジェクト	5,510	220	496	6,226	3,673	147	331	4,151

出典：JICA 調査団作成

11.5.5 費用便益分析

7.4.3 項に示す条件の下、費用便益分析を実施した。結果を次の表に表す。

表 11.5.4 費用便益分析結果

指標	ムンバイ市 跨線橋架替え プロジェクト
経済的内部収益率 (EIRR、%)	20.9%
経済的純現在価値 (ENPV、百万インドルピー)	2,211
社会費用便益比 (B/C)	1.72

- ・ 経済的内部収益率 (EIRR) = (経済的純現在価値の値がゼロになるような割引率の値)
- ・ 経済的純現在価値 (ENPV) = (事業便益の現在価値) - (事業実施コストの現在価値)
- ・ 社会費用便益比 (B/C) = (事業便益の現在価値) ÷ (事業実施コストの現在価値)

ここに、

事業便益 = 走行車両コスト削減による便益 + 旅行時間コスト削減による便益

事業コスト = 事業費 + 維持管理費

出典：JICA 調査団作成

表 11.5.4 に示すように、ムンバイ市跨線橋架替えプロジェクトの EIRR 値は 12% を超えており、本プロジェクトの有効性が確認されている。

11.6 環境社会配慮

11.6.1 JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づく環境予備調査とスクリーニング結果

ムンバイ市跨線橋架替プロジェクトにおけるスクリーニング対象橋梁を下表に示す。

表 11.6.1 ムンバイ市跨線橋架替プロジェクトにおけるスクリーニング対象橋梁

橋梁の種類	位置	橋梁の名前
跨線橋	ムンバイ市 跨線橋架替 プロジェクト	(1) フェレーレ跨線橋 (No. 1) (2) パラシス跨線橋 (No. 2) (3) マハラクスミ跨線橋 (No. 3) (4) デリセ跨線橋 (No. 4) (5) ティラク跨線橋 (No. 5) (6) マヒム跨線橋 (No. 6) (7) ゴレガオン跨線橋 (No. 7)

出典：西部鉄道からの資料

下表に JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づく環境予備調査とスクリーニング結果を示す。

I. 汚染対策においては、騒音と大気汚染の項目で評価 A であった。II. 社会環境においては、非自発的住民移転の項目で評価 A であった。III. 自然環境においては、マヒム跨線橋 (No.6) で、マングローブ林の項目で B であった。JICA カテゴリーにおいては、JICA 環境社会配慮ガイドライン (2010) に基づいたスクリーニング結果の項目で評価 A であった。

表 11.6.2 JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づく環境予備調査とスクリーニング結果（ムンバイ市跨線橋架替プロジェクト）
（2016年10月5日時点）

橋梁の種類	橋梁位置 (区分)	番号	橋梁番号	影響項目		I. 汚染対策				II. 社会環境				III. 自然環境		JICA カテゴリー	想定される取得が必要なクリアランス		
						騒音と大気汚染 工事中及び工事後		水質（水質汚濁） 工事中		非自発的住民移転		文化（神聖な場所や 施設）		マングローブ林			JICA 環境社会配慮 ガイドライン (2010) に基づいたスクリーニング 結果	EC	CRZ
				橋梁 名称	プロ ジェクト 活動	評価	影響の程度	評価	影響の程度	評価	影響の程度	評価	影響の程度	評価	影響の程度				
跨線橋	ムンバイ市跨線橋架替プロジェクト	1	1	フェレーレ跨線橋	橋梁架替	A	住宅地が確認されたため、影響が想定される。	C	河川水中での活動は想定されない。	A	住宅地や商業地域が影響を及ぼす可能性がある。	C	南西側にモスクが存在するが、影響は想定されない。	C	マングローブは確認されない。	A	想定住民移転数は多く、土地収用が必要である。	✓	-
		2	2	バラシス跨線橋	橋梁架替	A	住宅地が確認されたため、影響が想定される。	C	河川水中での活動は想定されない。	A	住宅地や商業地域が影響を及ぼす可能性がある。	C	神聖な施設は確認されない。	C	マングローブは確認されない。	A	想定住民移転数は多く、土地収用が必要である。	✓	-
		3	3	マハラクスミ跨線橋	橋梁架替	A	住宅地が確認されたため、影響が想定される。	C	河川水中での活動は想定されない。	A	住宅地や商業地域が影響を及ぼす可能性がある。	C	神聖な施設は確認されない。	C	マングローブは確認されない。	A	想定住民移転数は多く、土地収用が必要である。	✓	-
		4	4	デリセ跨線橋	橋梁架替	A	住宅地が確認されたため、影響が想定される。	C	河川水中での活動は想定されない。	A	住宅地や商業地域が影響を及ぼす可能性がある。	B	寺院が南東に存在する。	C	マングローブは確認されない。	A	想定住民移転数は多く、土地収用が必要である。	✓	-
		5	5	ティラク跨線橋	橋梁架替	A	住宅地が確認されたため、影響が想定される。	C	河川水中での活動は想定されない。	A	住宅地や商業地域が影響を及ぼす可能性がある。	C	神聖な施設は確認されない。	C	マングローブは確認されない。	A	想定住民移転数は多く、土地収用が必要である。	✓	-

橋梁の種類	橋梁位置(区分)	番号	橋梁番号	影響項目		I.汚染対策				II.社会環境				III.自然環境		JICA カテゴリー		想定される取得が必要なクリアランス	
				橋梁名称	プロジェクト活動	評価	影響の程度	評価	影響の程度	評価	影響の程度	評価	影響の程度	評価	影響の程度	JICA 環境社会配慮ガイドライン(2010)に基づいたスクリーニング結果	EC	CRZ	
																			騒音と大気汚染 工事中及び工事後
		6	6	マヒム跨線橋	橋梁架替	A	住宅地が確認されたため、影響が想定される。	C	河川水中での活動は想定されない。	A	住宅地や商業地域が確認され、影響を及ぼす可能性がある。	C	神聖な施設は確認されない。	B	橋の北東でマングローブの伐採が予測される	A	想定住民移転数は多く、土地収用が必要である。	✓	-
		7	7	ゴレガオン跨線橋	橋梁架替	A	住宅地が確認されたため、影響が想定される。	C	河川水中での活動は想定されない。	A	住宅地や商業地域が確認され、影響を及ぼす可能性がある。	C	神聖な施設は確認されない。	C	マングローブは確認されない。	A	想定住民移転数は多く、土地収用が必要である。	✓	-

各項目の影響評価：(A): 重大な負の影響が予想される (B): ある程度の負の影響が予想されるがAと比較して小さい (C): 影響は想定されない (D): 影響の程度は明らかでない(次段階の調査が必要。調査の過程で影響の程度が明らかになる)
 スクリーニングの定義：(A) 重大な負の影響のあるプロジェクト (B) ある程度の負の影響があるが重大ではないプロジェクト (C) ほとんど影響は想定されないプロジェクト(参照表 3.5.3 JICA ガイドライン・カテゴリー分類表)
 EC：環境クリアランス CRZ：沿岸規制区域のクリアランス

出典：JICA 調査団

11.6.2 主な環境緩和の方策

提案される主な環境緩和の方策は表 11.6.3 の通りである。

表 11.6.3 環境管理計画（想定されうる緩和策）

分類	No.	影響項目 JICAガイドライン	提案される緩和策		
			工事前、工事中	供用時	
汚染対策	1	大気汚染	- 粉塵 住宅地付近では散水等を行う。	-	
	2	水質汚濁	- 濁水 基礎改修工事中は濁水を最小化するため、シートパイル法を適用する。	-	
	3	廃棄物	- 建設廃棄物（コンクリート塊） コンクリート塊などの建設廃棄物は指定された場所に適切に廃棄する。	-	
	4	土壌汚染	-	-	
	5	騒音・振動	- 住居区域付近の建設騒音 遮音壁の設置や低騒音型建設機械の採用 夜間工事の制限や、工事スケジュールの住民への周知を行う。	必要に応じた遮音壁の設置。	
	6	底質	-	-	
自然環境	9	保護区	保護区内で取付道路を含む新規橋梁建設がある場合、CRZ 許認可を環境許可機関（森林環境省）から取得する。	-	
	11	水象	水象に影響を与えない十分な河川容量を確保する設計の実施	-	
	12	地形、地質	-	-	
社会環境	13	住民移転	JICA環境社会配慮ガイドラインに基づいた適切な補償の実施	-	
	14	貧困層		-	
	15	少数民族・先住民族		-	
	16	雇用や生計手段等の地域経済		-	
	17	土地利用や地域資源利用		-	
	18	水利用		井戸の水量が減少する等の影響がある場合、水を確保する代替施設を設置する（給水や水道の接続）	-
	19	既存の社会インフラや社会サービス		JICA環境社会配慮ガイドラインに基づいた適切な補償の実施	-
22	地域内の利害対立	地元住民を工事労働者として採用を優先する	-		
23	文化遺産	プロジェクトが地域における寺院、神聖な場所、碑等に影響を与える場合、適切な協議を行い、合意形成を行う	-		
27	HIV/AIDS等の感染症	HIV/AIDS等の感染症への感染を予防するため、労働者に対する注意喚起、啓発を促進する	-		

分類	No.	影響項目 JICAガイドライン	提案される緩和策	
			工事前、工事中	供用時
その他	29	事故	<ul style="list-style-type: none"> - 制限区域とするため、工事現場の入り口にゲートを設置する - 建設機械が稼働する入口や交差点には交通整理員を配置する - 子供など地元の人が建設現場に入らないように周囲にフェンスを設置する - 建設現場での工事機械等の走行速度を制限する - 労働者への安全管理研修の実施 - 工事監理者による安全管理パトロールの実施 - 毎月の安全会議の実施 	歩道のない橋梁における安全管理の実施 (自動車専用道路を除く)
	30	越境の影響、及び気候変動	-	-

(-) : 負の影響が想定されないため緩和策は必要ない。

出典 : JICA 調査団

12. 日本支援アプローチの提案

12.1 提案構造物の推奨

12.1.1 提案構造物及び提案の妥当性

前項にて示した通り、各プロジェクトにて提案する日本の新技術を使用した構造形式について、表 12.1.1 に示す。

表 12.1.1 各プロジェクトにおける提案構造形式

プロジェクト名称	提案構造形式		
	上部工	下部工	基礎工
デリー市高架橋建設プロジェクト	合成床版を適用した 鋼箱桁橋	鋼製橋脚	PC ウェルもしくは 回転鋼管杭
バンガロール市高架橋建設プロジェクト	合成床版を適用した 鋼箱桁橋	鋼製橋脚	PC ウェルもしくは 回転鋼管杭
チェンナイ市東海岸通り沿 い高架橋建設プロジェクト	合成床版を適用した 鋼箱桁橋	鋼製橋脚	PC ウェル
ムンバイ市跨線橋架替え プロジェクト			
タイプ 1: 1. フェレーレ跨線橋 4. デリセ高架橋 5. ティラク高架橋	合成床版橋	RC 構造	低空頭場所打ち杭
タイプ 2: 2. バラシス高架橋 3. マハラクスミ高架橋 6. マヒム高架橋 7. ゴレガオン高架橋	合成床版橋	RC 構造	場所打ち杭

記：下線で示す構造形式が、日本の新技術を使用したものである。

大半の構造形式が、「イ」国で通常適用されている構造形式と異なるものであり、また工事費も高くなるものの、EIRR 値は、従来工法を使用して建設する場合に比べ短期間で施工可能で社会的損失が小さくなるため、高い値が算出されている。

そのため、これらのプロジェクトにおいて、提案構造形式を採用する利点があると考えられる。

なお、これらの提案形式については、第四次現地調査時において、各関係機関へ DFR 説明として実施し、コメントを収集した。その結果、基本的に提案構造物については、同意が得られ、特に都市内における提案基礎工形式については、その優位性が確認された。しかし、概略工事費が、通常、「イ」国で実施される工事費より高価であることも指摘された。

そのため、今後、詳細検討が実施される際には、用地条件・周辺環境条件に十分留意し、「イ」国で一般的な工法が適用可能な箇所を特定し、極力、工事費を抑制する検討の実施が必要である。

12.1.2 鋼構造に関する特記事項

第 8～10 章に示した通り、大都市中心部の過密地域かつ既存道路上空という制約条件が非常に厳しい箇所に高架橋を建設する必要があり、橋脚の設置できる位置が非常に限定される。特にジャンクション部においては橋脚の構造自体も非常に複雑な形状となるため、橋脚の構造に多くの隅角部が生じる。隅角部は、応力集中が発生する箇所であるため、通常の部位よりも応力発生に対する配慮が必要となり以下に示すような新しい鋼構造の技術の適用が要求される。

また、上記の鋼構造における設計・製作に関して要求される技術以外では、架設に要求される技術も非常に重要となる。複雑な階層構造の都市内での架設であるため、適切な架設方法・手順、架設時の交通切り回しや安全対策など、都市内高架橋・ジャンクションに関する多くの経験を有した施工業者が工事実施することが望ましい。

- ◆ 厚板（50 mm以上）及び超高張力鋼（ $\sigma_y=700 \text{ N/mm}^2$ ）の適用：応力集中が生じる隅角部への適用が必要。
- ◆ 溶接やスカーラップ形状に配慮した疲労設計の適用：輪荷重による繰り返し応力による疲労の問題が、近年顕在化してきており、本邦や先進諸国で検討されている設計手法やノウハウの適用が必要。
- ◆ 混雑地域において、このような複雑な構造を架設した経験：都市内における複雑な階層構造を持つ鋼構造の架設工事のため、架設方法や手順、また架設中の交通切り回しや安全対策など、多くの経験を有した施工業者の実施が必要。

12.2 資金スキームの概要

12.2.1 はじめに

資金スキームには、ODA や PPP (Public Private Partnership)、BOT (Built-Operate-Transfer) などいくつかの種類がある。インドにおける道路補修事業では BOT スキームが一般的に利用されている。一方、日本の資金スキームとしては、貴機構が管轄している円借款による事業が主であり、民間企業が出資を行う BOT や PPP では本邦企業による出資はほとんど行われていない。また、開発途上国のインフラ事業に、官と民が連携して公共性の高い事業などをより効率的・効果的に行うことを目指す PPP 方式を導入する動きが拡大している。各スキームの概要については、以下に示す。

12.2.2 日本の援助スキームの概要

(1) 政府開発援助 (ODA)

政府開発援助 (ODA) とは、日本政府の経済協力の一環として行う、発展途上国に対する資金的・技術的援助のことを指す。ODA は「二国間援助」と「多国間援助」の大きく二種類に分類される。二国間援助は「技術協力」や「有償資金協力」、「無償資金協力」の三種類から成り、多国間援助は、資金調達や国際機関への資金拠出で構成される。

➤ 技術協力

技術協力は、発展途上国の実情に沿った形で、技術力の開発や発展、新たな組織や仕組みの整備への貢献を目的に行われる援助である。

➤ 有償資金協力

円借款は、発展途上国に対し、開発に必要な資本金を長期・低金利で援助することによって、その国の発展を支援する仕組みである。有償資金協力は、支援対象政府へ支援する円借款と民間セクターへ支援する海外投融資がある。有償資金協力は、技術協力や無償資金協力と比較して、多額の資金の提供が可能のため、大規模なインフラ整備の建設事業に適用されている。

➤ 無償資金協力

無償資金協力は、社会経済の発展を促進するために必要な資金支援を行う援助方法である。これらに対し、被援助国は返済の義務はない。

12.2.3 民間資金等の活用

民間資金等の活用策として、官民連携による PPP と、民間が単独で実施する PFI において想定される代表的なスキームについての適応可能性を考察する。一般的に、民間資金の活用することによるメリットは、民間のコスト意識およびコスト縮減ノウハウを活用することにより、プロジェクトコスト (初期および運営・維持管理) 全体の縮減が期待できることにある。一方、デメリットは国の道路管理者以外が整備・運営するため、政府による品質の担保が難しくなったり、事業主体の突然の撤退 (倒産等) による事業の不履行が発生したりすることである。

12.2.4 官民連携型（PPP）

(1) 公設型上下分離方式

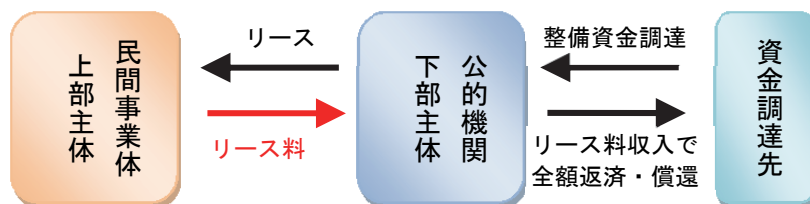


出典：運輸政策時代 Vol.5 No.3 2002 Autumn P.063-070 を基に JICA 調査団作成

図 12.2.1 公設型上下分離方式

公設型上下分離方式は、整備する施設のキャッシュフローが潤沢ではなく、資産を保有する下部主体が施設を運用する上部主体に十分なリース料（返済や償還に必要な額）を設定できない場合に、有効なスキームである。

(2) 償還型上下分離方式



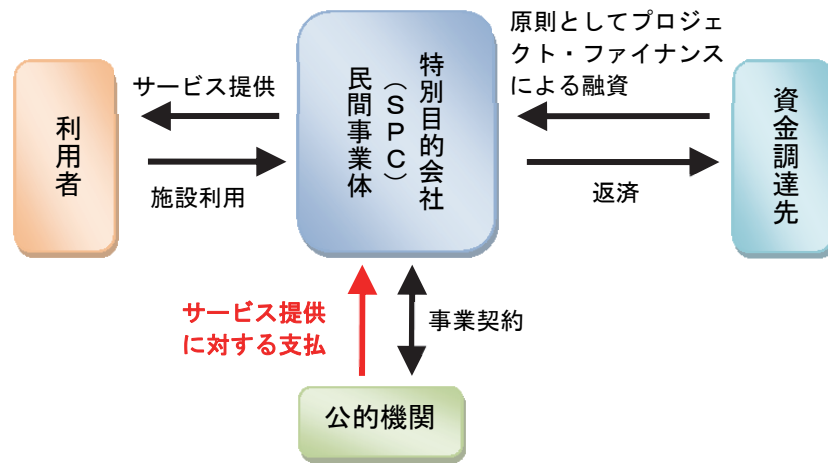
出典：運輸政策時代 Vol.5 No.3 2002 Autumn P.063-070 を基に JICA 調査団作成

図 12.2.2 償還型上下分離方式

償還型上下分離方式は、整備する施設のキャッシュフローが潤沢な場合に、資金を調達する公的機関（下部主体）が、民間事業体（上部主体）から得るリース料で全額返済・償却が可能な場合に、有効なスキームである。下部主体から上部主体に施設をリースする際に、単なる賃貸借契約ではなく、コンセッション（公共施設等運営権）方式を実施することにより、上部主体に公共施設等運営権が設定され、資金調達の際に抵当権を設定するなど、事業性を高める活用が可能である。

(3) 民間による資金調達 (PFI)

1) サービス購入型 (BTO)



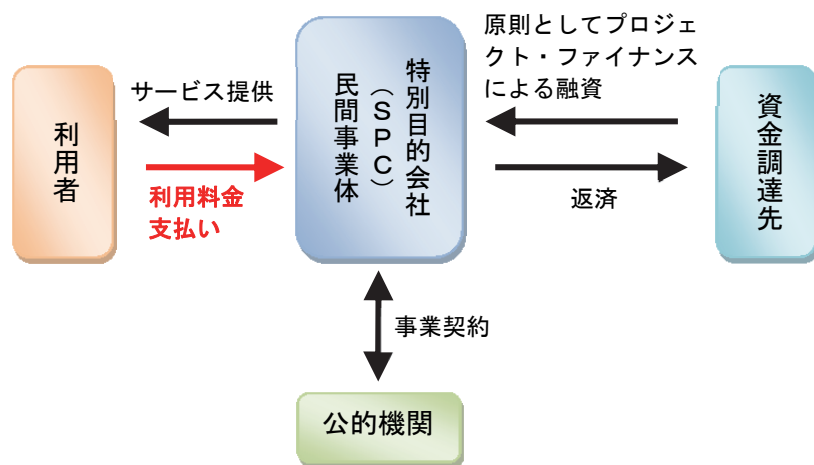
出典：JICA 調査団作成

図 12.2.3 PFI 方式（サービス購入型）による整備

サービス購入型の PFI 方式では、整備資金を民間が主に金融機関から調達する（債券などを発行して市場で直接調達することも可能）。調達資金をプロジェクトに投資して、施設を建設し、利用者にサービスを提供する。本案件の場合、高架橋やジャンクション等の安全な交通の確保がサービスになる。このサービス提供の対価として、公的機関から支払いを定期的を受け、返済の原資に充てる。利用者からの料金徴収は必要ないため、料金収入がほとんど期待できない施設整備（庁舎等）に有用なスキームである。

施設建設後、固定資産税などの支払いを避けるために、民間事業体は所有権を公的機関に移譲し、運営・維持管理（O/M）を事業期間終了まで実施する。また、民間事業体の本体との経営を分離するため、特別目的会社（SPC）を設立して事業を実施することが多い。

2) 独立採算型 (BTO)



出典：JICA 調査団作成

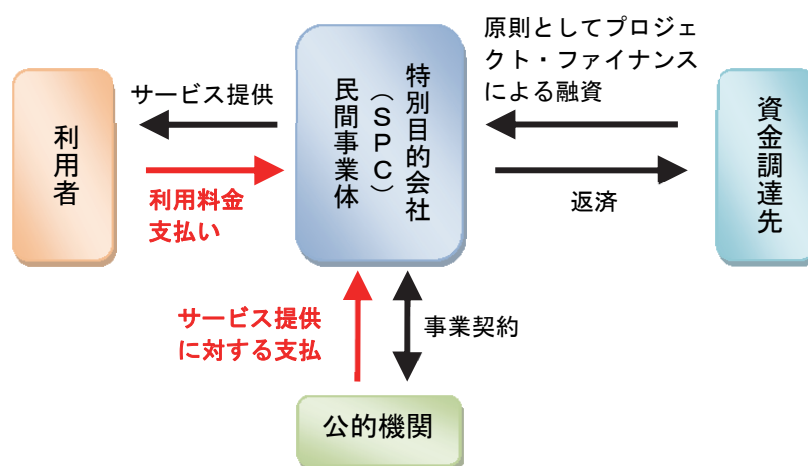
図 12.2.4 PFI 方式（独立採算型）による整備

独立採算型の PFI 方式でも、サービス購入型に同じく整備資金を民間が主に金融機関から調達する（債券などを発行して市場で直接調達することも可能）。調達資金をプロジェクトに投資して、施設を建設し、利用者にサービスを提供することや、本案件では高架橋やジャンクション等の安全な交通の確保がサービスになることも同様である。

違いは、利用者の料金収入を資金調達の原資に充てることである。したがって、利用者からの利用料金の負担は必須になり、その総額が返済額・O/M 費だけでなく、利潤を生むほど潤沢でなくてはならない。地下鉄・有料道路・コンテナターミナル等に活用されることが多い。

サービス購入型に同じ理由で、所有権を公的機関に移譲し、運営・維持管理（O/M）を事業期間終了まで実施する。また、特別目的会社（SPC）を設立して事業を実施することが多い。

3) サービス購入・独立採算混合型（BTO）



出典：JICA 調査団作成

図 12.2.5 PFI 方式（混合型）による整備

このスキームでは、①サービス購入型と②独立採算型を混合したものであり、利用者からも利用料金を徴収し、公的機関からもサービス提供の対価としての支払いを受ける。料金収入はあるが、独立採算では返済ができない事業などに適したスキームであり、双方の良い部分を合わせたスキームになる。

民間事業者が運営において料金を調整し、利益を最大化したり、利用者のために公的施設の利用料金を安価に据え置いたりできる等のメリットがある。

12.3 日本支援の手法

12.3.1 資金スキームの提案

8章～11章に示した通り、プロジェクト計画を進める各関係機関との協議の結果、いくつかの橋梁が選定されその構造計画が JICA 調査団により提案された。それらの選定橋梁に対し、各関係機関により活用が検討されている資金スキームと JICA 調査団の提言する適用し得る資金スキームを以下の表 12.3.1 に示す。

表 12.3.1 適用しえる資金スキーム一覧

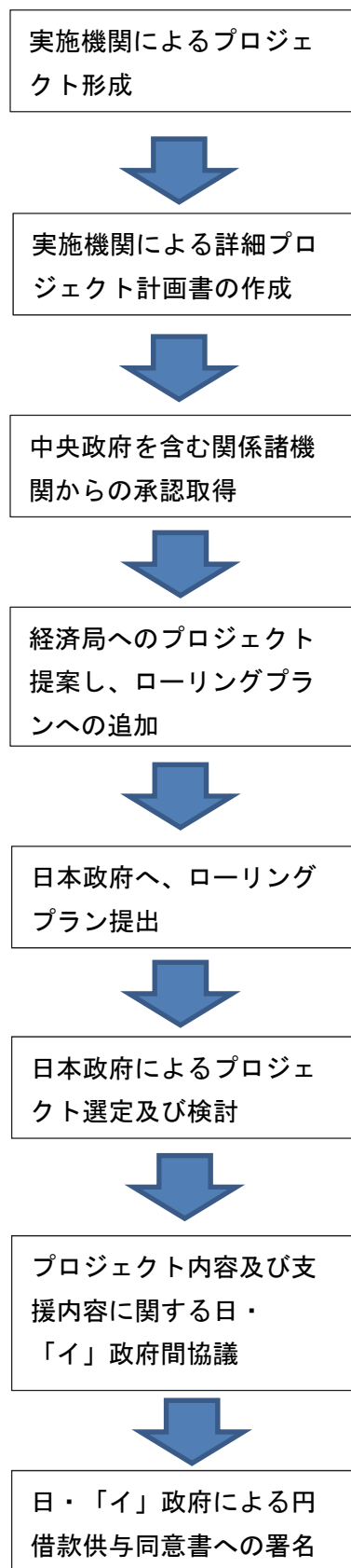
No.	プロジェクト名	各関係機関により検討されている資金スキーム	JICA 調査団により提言する資金スキーム
1	デリー市高架橋建設プロジェクト	ODA 円借款の活用を検討中である。	プロジェクト規模（工事費見込み）が大きく、また「イ」国は後発発展途上国でないため、ODA の円借款を推奨する。
2	バンガロール市高架橋建設プロジェクト	スキームは検討中であるが、BOT が有力となっている。	
3	チェンナイ市東海岸通り沿い高架橋建設プロジェクト	スキームは検討中である。	
4	ムンバイ市跨線橋架替プロジェクト 1. フェレール跨線橋 2. パラシス跨線橋 3. マハラクスミ跨線橋 4. デリセ跨線橋 5. ティラク跨線橋 6. マヒム跨線橋 7. ゴレガオン跨線橋	スキームは検討中である。	

12.3.2 円借款取得の手順について

「イ」国における円借款取得の手順について、図 12.3.1 に示す。また、円借款取得のスケジュールについて、表 12.3.2 に示す。本スケジュールは、円借款取得を念頭に置いている「デリー市高架橋建設プロジェクト」を対象に作成する。

表 12.3.2 円借款取得スケジュール

	1年				2年				3年
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1
詳細プロジェクト計画書の作成	■								
ローリングプランへの提案・掲載		■	■						
日本政府による選定及び検討				■	■	■	■		
日・「イ」政府間協議							■	■	
日・「イ」政府による円借款同意書への署名									★



出典：「Bilateral Development Assistance」財務省外務局発行

図 12.3.1 円借款供与に関する手順

12.3.3 その他支援の提案

(1) 都市交通マスタープランの実施

「イ」国の各都市における道路開発は、州政府及び各州に数社ある開発公社により実施されている。しかし、お互いの情報交換は、あまりなされてなく、高速道路、交差点改良、地下鉄道（メトロ）の建設など、無秩序に整備されているのが現状である。そのため、都市交通マスタープランを実施し、都市内高速道路、交差点改良、地下鉄道（メトロ）や BRT（バス大量輸送システム）といった公共交通機関について整理し、整備の優先順位を定めることにより、体系的な都市交通の整備が可能となる。

(2) 都市内高速道路の技術協力プロジェクトの実施

「イ」国内においては、未だ都市内高速道路の整備が十分に進んでおらず、政府関係者も現地コンサルタント会社の技術者も、都市内高速道路に対する知見が不足している。そのため、デリー市やバンガロール市における都市内高速道路網の計画をみると、単に広幅員の道路に高架橋を建設するだけで、インターチェンジやジャンクションといった、都市内高速道路を有効に活用する計画が大きく不足している。このような状況を改善するため、都市内高速道路の計画、設計及び維持管理に関する技術協力プロジェクトの立上げを提案する。

(3) 高強度・高弾性 CFRP の適用に関する無償協力プロジェクトの実施

橋梁補修に対して CFRP を適用することは、「イ」国においても、一般的な工法となっている。現在、日本においては、高強度・高弾性 CFRP の利用が一般的となっている。高強度・高弾性 CFRP の利点としては、通常タイプの CFRP に比較し、設置枚数を減らせることである（例として、通常タイプで 2 枚の貼付けが必要な所、高強度・高弾性 CFRP であると 1 枚で十分となる）。そのため、施工の容易性が上がり、また経済的にもなる。しかし、高張力（高弾性）CFRP は、「イ」国における実績がなく、その利点もあまり知られていない。そのため、本技術を使用した橋梁補修の無償協力プロジェクトを実施することによって、その利点について、実際に「イ」国関係者に本技術の優位性を紹介することが可能となり、本技術の「イ」国内普及の促進が見込める。

また、上記の都市内高速道路の技術協力プロジェクト内で、高速道路とは別のスコープとして、本邦技術を用いた既存橋梁の補修・補強のスコープを追加し実施することも提案する。

(4) 本邦企業の「イ」国市場の参入

前述したように、「イ」国の橋梁建設技術は一定のレベルにあり、本邦建設業者の参入は特に価格競争面において、困難な状況にある。しかし、6 章に記載したような本邦建設業者に優位性が得られる本邦技術を適用し、スペシャリスト・サブコントラクターやノミネート・サブコントラクターの適用を入札図書に反映し、本邦企業参画の機会を形成することで、「イ」国市場への参入が促される。

添 付

添付 1

デリー市高架橋建設プロジェクト説明資料

Data Collection Survey on Road/Railway Bridge Sector

Explanatory Material of Viaduct Construction Project in Delhi

**October 2016
Delhi**

**JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
Oriental Consultants Global Co., Ltd.**

1

Contents

- I. Introduction**
- II. Scope of Study**
- III. Study on Standard Section**
- IV. Study on JCT Structure**
- V. Summary of Structural Study**
- VI. Scheme of Japanese Support**
- VII. Recommendation**

2

1. Introduction

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

Objectives of the Survey

1. To grasp current situation of Road / Railway bridges and Viaducts in India.
2. To identify bridge / Viaducts wherein consideration of the application of the Japanese advanced technologies such as rapid construction method in urban area and latest bridge rehabilitation and reinforcement method could be explored.



Further development on bridge construction and rehabilitation field in India will be achieved by incorporating advanced technology.

3

I . Introduction

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

Based on discussion with PwD, Delhi, on April 14, June 2-3 and August 16
Study on Planned Elevated Corridor and JCT
were proposed.



Structure of Planned Elevated Corridor and JCT
were studied by JICA Study Team



**Draft Final Study Result is presented
by this meeting.**

4

II . Scope of Study

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

1. List of Planned Elevated Corridors

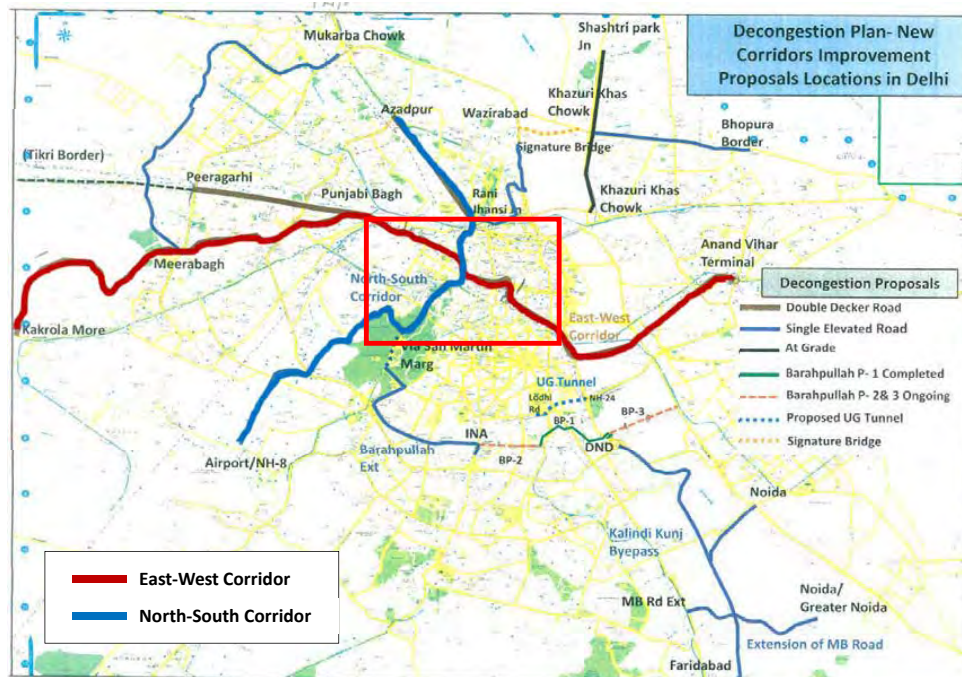
No	Name of Planned Corridor	Length	No. of Lanes	Type
1	Elevated Road along Najafgarh Nallah	16.4km	-	Elevated
2	Elevated Road along supplementary drain (Nangloi Drain)	16.0km	-	Elevated
3	East – West Corridor	29.0km	6	Elevated
	East – West Corridor Extension	13.0km	6	Elevated
4	North – South Corridor	24.0km	6	Elevated
5	Barahpullah Extension	10.0km	-	Elevated
6	U-G Tunnel	3.0km	-	Tunnel
7	Mehrauli Badarpur Road Extension	7.0km	-	Elevated
8	Khazuri Khas to Bhopura Border	3.2km	-	Elevated
9	Kalindi Kunj Bypass	13.2km	-	Elevated
10	Azadpur to Rani Jhansi Road	6.0km	-	Elevated
11	Marginal Bundh Road	7.5km	-	At Grade

Source: Presentation documents by Delhi PWD 5

II . Scope of Study

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

2. Location of Planned Elevated Corridors



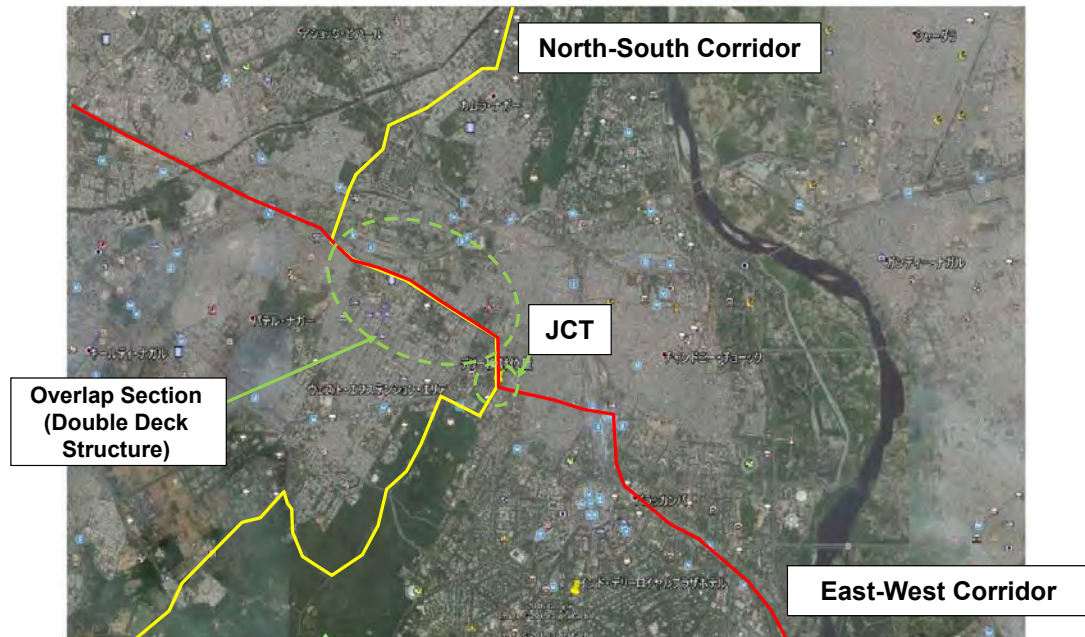
Source: Presentation documents by Delhi PWD

6

II . Scope of Study

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Location of Studied Elevated Corridors and JCT

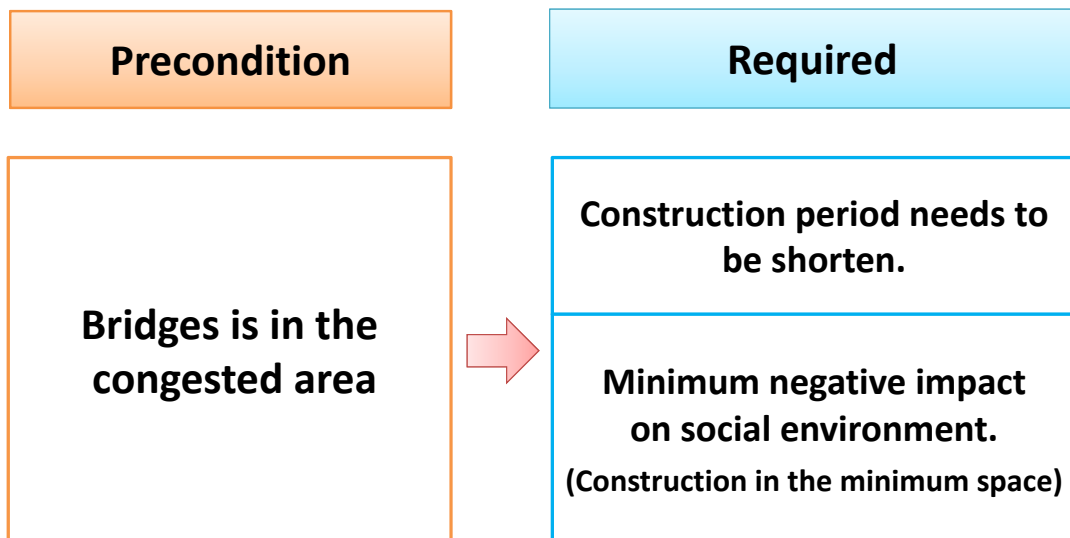


7

III . Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

1. Feature of Standard Section



8

Ⅲ. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

2. Bridge Foundation

Construction

- ✓ To reduce the space
- ✓ To save the time

Advanced Technology to be considered

- ① PC Well
- ② Rotary Penetration Steel Pile
- ③ Steel Pipe Socket Connection Method

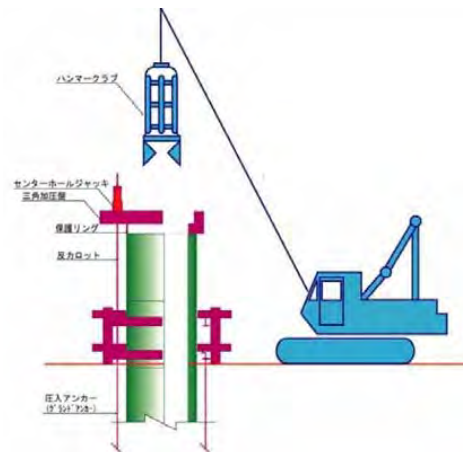
9

Ⅲ. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

2. Bridge Foundation

2.1 PC Well



PC Well foundation is comprised of precast concrete block (Circular or Oval shape). Each precast concrete blocks is connected by Post-tension method after they placed at site. After placing precast concrete block and connection each other, excavation work is carried out and compressed into ground.

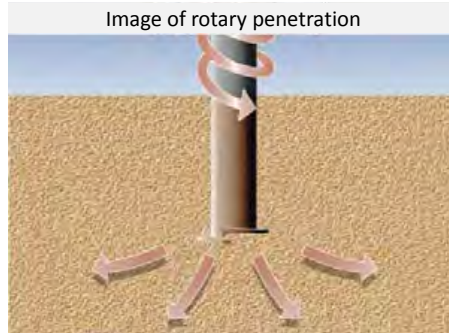
10

Ⅲ. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

2. Bridge Foundation

2.2 Rotary Penetration Steel Pile



It is Steel Pipe Foundation which is welded a spiral processed steel plate (Wing) to the tip of steel pipe together. The pile penetrates/screws into the ground with propulsion of wing.

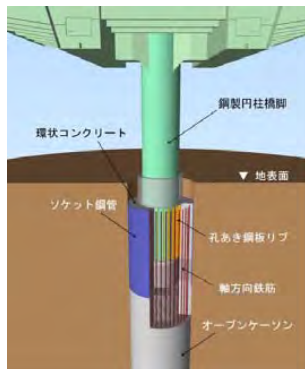
It is obtained large bearing force by the base enlarging effect of Wing. And, due to penetration method, there is no excavated soil at site. Therefore, it will be possible to be eco-friendly construction with non-emission, low-vibration and reducing pile number. 11

Ⅲ. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

2. Bridge Foundation

2.3 Steel Pipe Socket Connection Method



Connection part at tip of pier column



Construction of Caisson Structure

Steel Pipe Socket Connection Method is the jointing technique of inserting a Steel Column into Steel Pipe Socket which is constructed at the top of foundation, and filling up a concrete inside the gap of it. It is possible to reduce construction period by omitting Pile Cap and Anchor Frame used in conventional method.

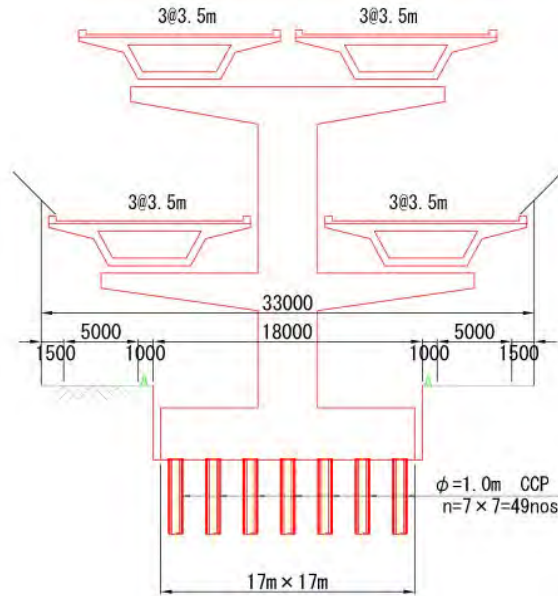
12

III . Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Bridge Pier Column

3.1 Concrete Type (Conventional)



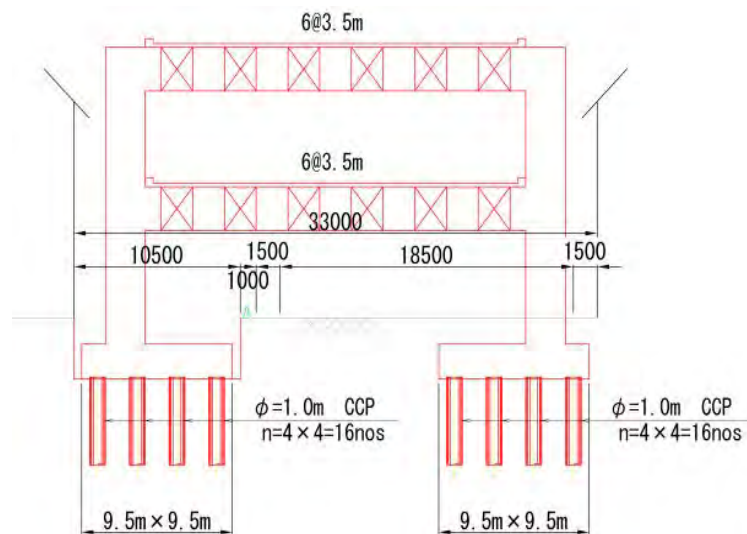
13

III . Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Bridge Pier Column

3.2 Steel Type



14

III. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Bridge Pier Column

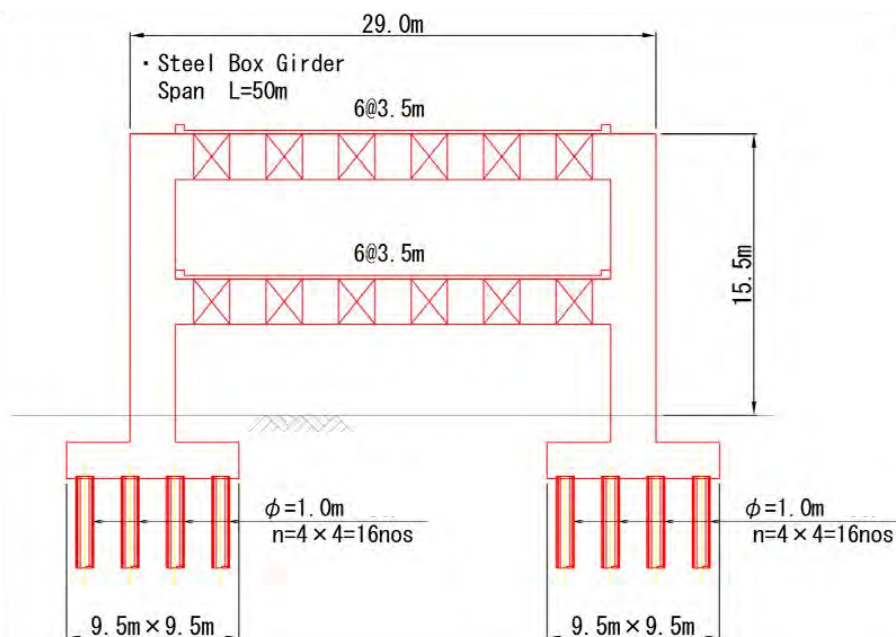
	Concrete Type	Steel Type
General View		
Comment	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Due to heavy weight structure, cross section of column and foundation becomes much larger than Steel Type. ✓ Difficult to secure enough carriageway width during pile cap construction (2x5m only). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ There are a lot of steel pier column applied in urban area in Japan, despite of high cost. ✓ Easy to apply steel pier column for complicated structure. ✓ Possible to secure enough carriageway width (18.5m)
Construction Cost	Superior	Inferior
Cost Considered Social Effect	Inferior (Due to large width of foundation and longer construction period by cast in-site)	Superior (Due to narrow width of foundation and shorter construction period by prefabrication)
Estimate		Recommended

III. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

4. Comparison of Foundation Type

4.1 (Type-1) Cast-in-place Concrete Pile

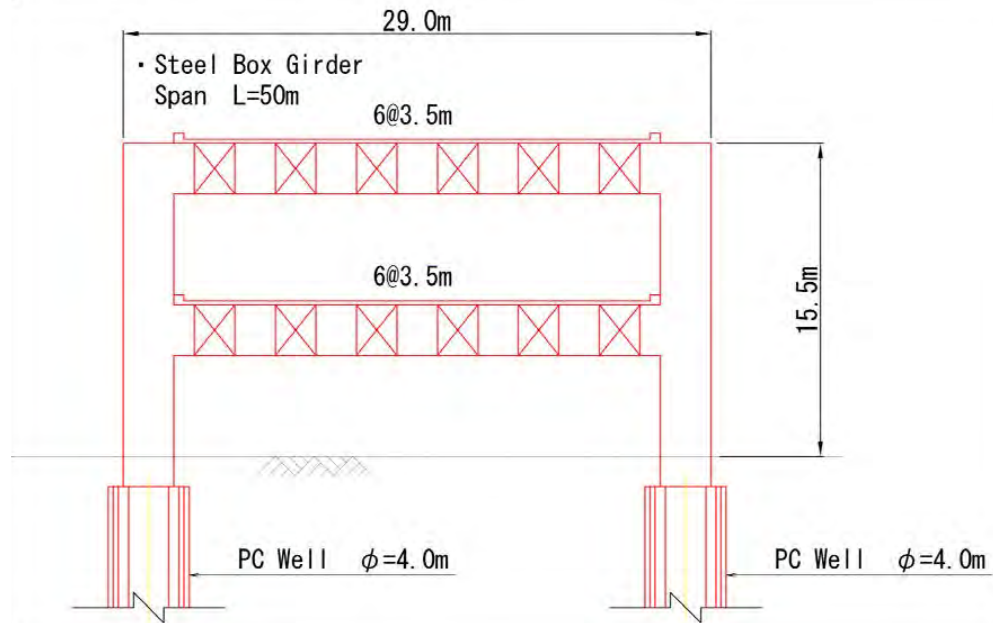


III . Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

4. Comparison of Foundation Type

4.2 (Type-2) PC Well

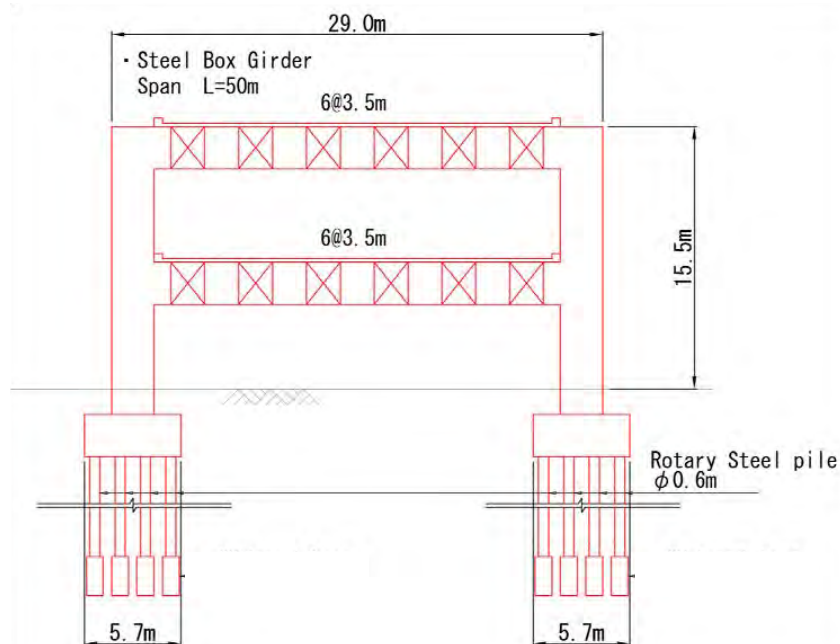


III . Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

4. Comparison of Foundation Type

4.3 (Type-3) Rotary Penetration Steel Pile



III. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

4. Comparison of Foundation Type

	Type-1 Cast-in-place Concrete Pile	Type-2 PC Well	Type-3 Rotary Penetration Steel Pile
General View			
Comment	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Common foundation type has many past records and most economical ✓ Widest width of pile cap, cause negative impact to existing traffic during construction 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Width of foundation is narrow not cause negative impact to existing traffic during construction. ✓ Shortest construction period due to unified structure with pier column 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Narrower width of pile cap than Type-1 cause better impact to existing traffic during construction. ✓ Due to no excavation required, less impact to residence during construction.
Construction Period	Long	Very Short	Short
Construction Cost	Superior	Inferior	Moderate
Cost Considered Social Effect	Inferior	Moderate	Superior
Estimate		Recommended	Recommended

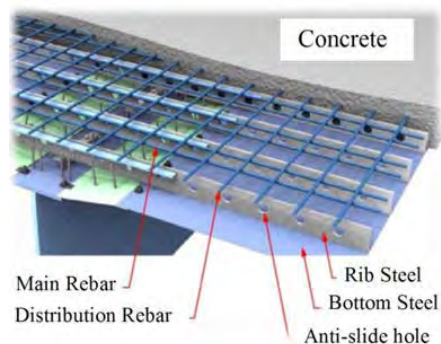
III. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

5. Type of Superstructure

Due to construction work in very congested area, steel superstructure with composite slab is recommended since this type can minimize social impact.

What is Composite Slab??



Bottom steel plate serves as rebar, formwork, working platform and scaffoldings

1. Higher durability (more than double for conventional RC slab)
2. Shorter construction period by 2months due to less rebar arrangements, form works and scaffoldings.
3. Better working conditions on site
4. No fear of leak of wet concrete and cement milk to the existing traffic

IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

1. Alternatives

Following 2 alternatives are studying.

Alternative A

- **WITHOUT** consideration of Land Constraints
- High Service Level

Alternative B

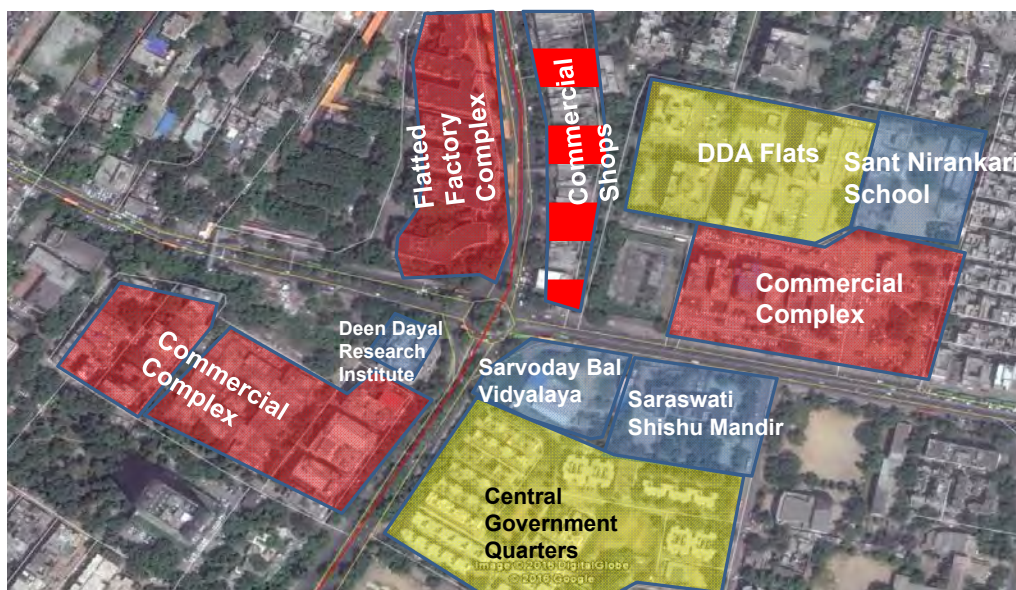
- With consideration of Land Constraints
- Realistic (Lower Service Level)

21

IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

2. Land Use Status around JCT Point



Red Color: Private Land (Difficult for Land Acquisition)
Blue Color: School Land (Possible for Land Acquisition, but, take long time for procedure)
Yellow Color: Government Land (Possible for Land Acquisition)

22

IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Study Result of Alternative (A)

3.1 Plan View



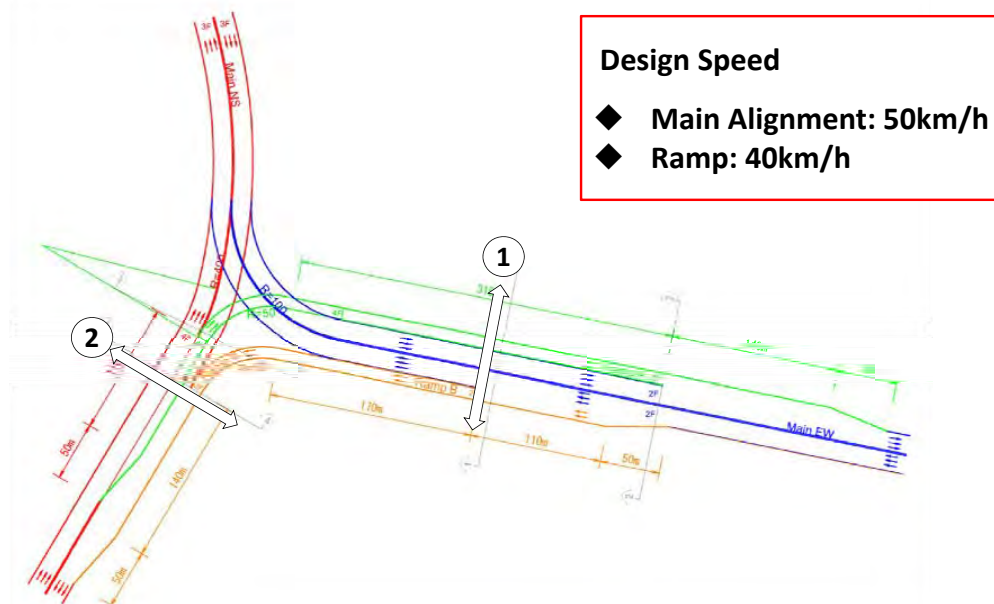
23

IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Study Result of Alternative (A)

3.2 Structure of JCT



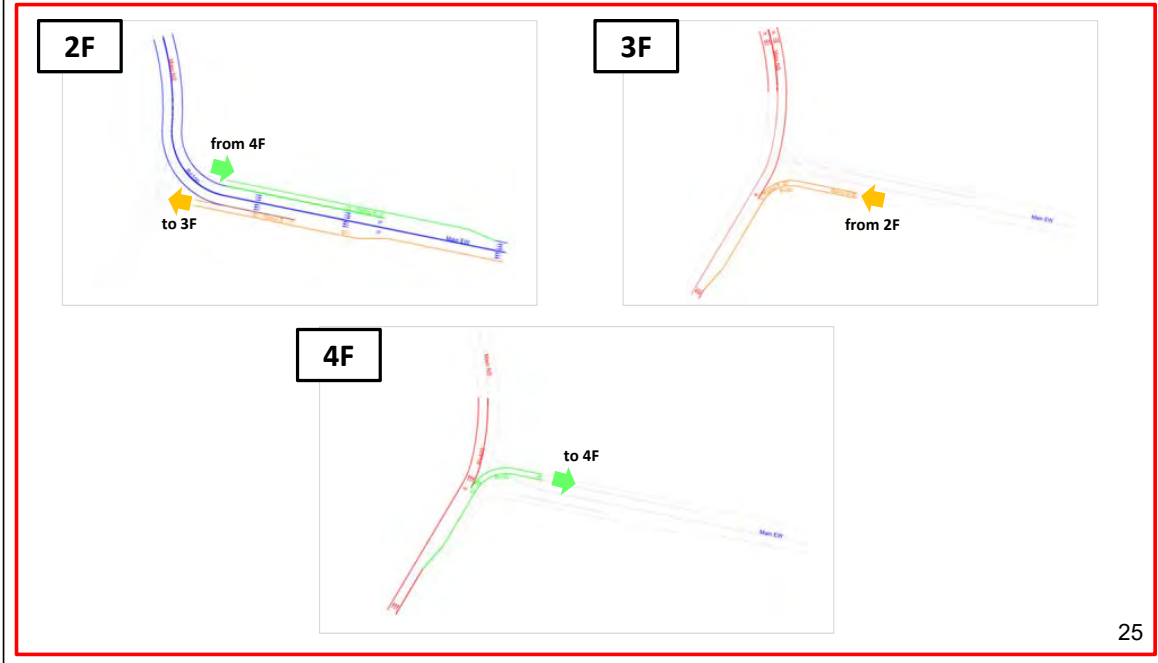
24

IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Study Result of Alternative (A)

3.2 Structure of JCT (Explanation)

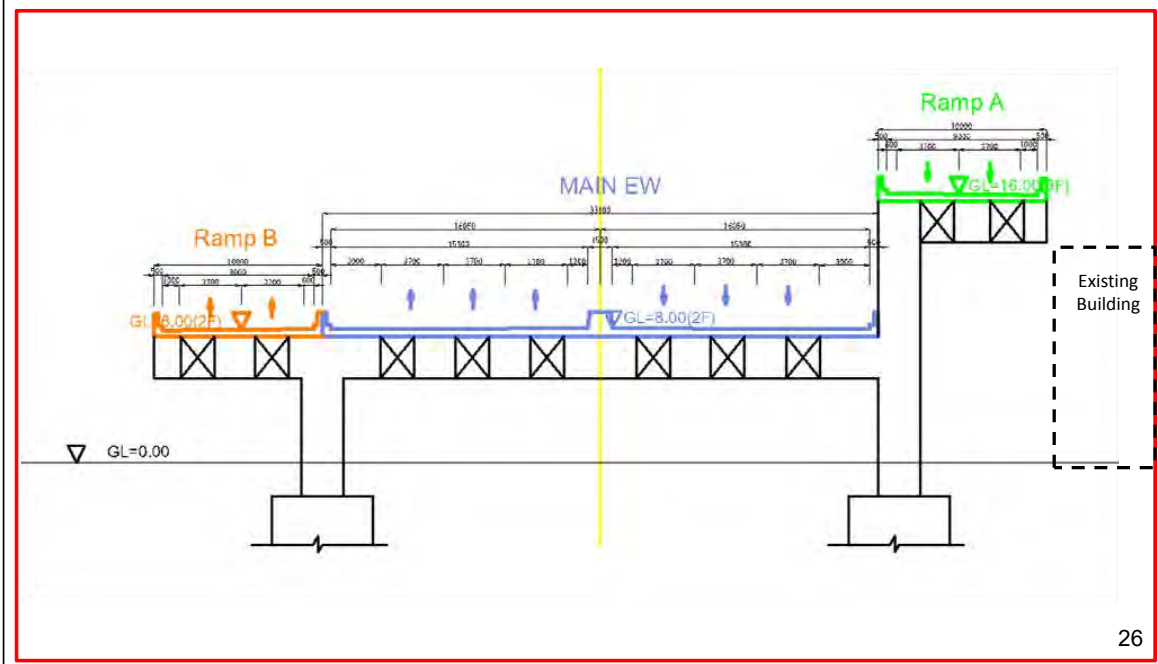


IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Study Result of Alternative (A)

3.3 Cross Section for ①

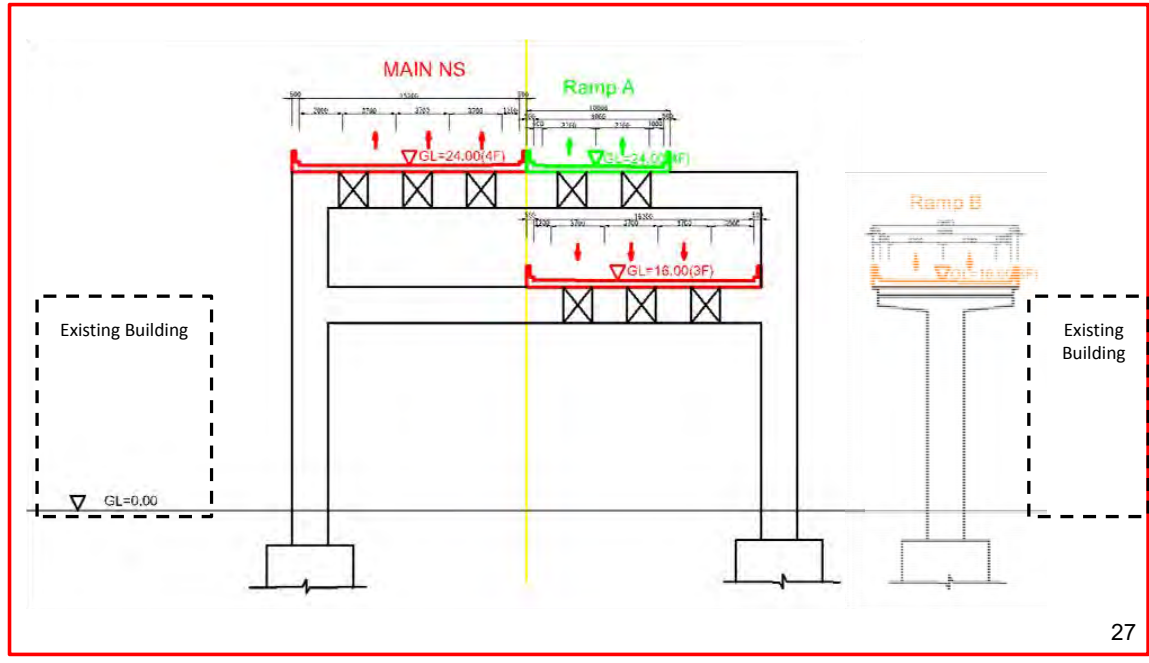


IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Study Result of Alternative (A)

3.3 Cross Section for (2)



IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

4. Study Result of Alternative (B)

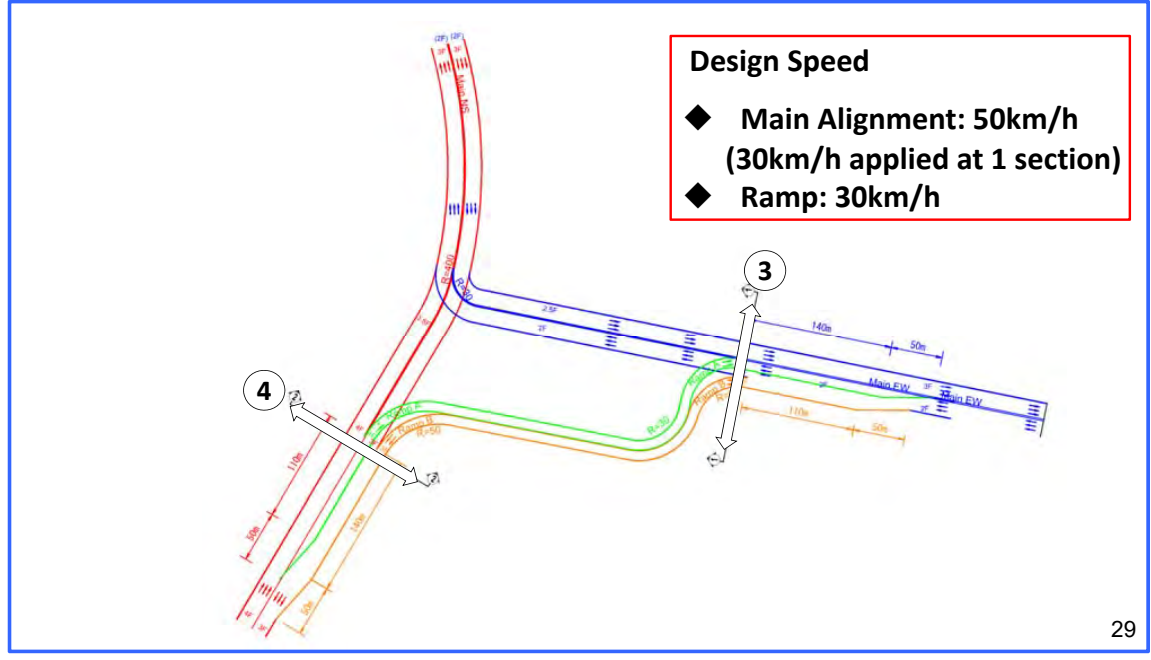
4.1 Plan View



IV. Study on JCT Structure

4. Study Result of Alternative (B)

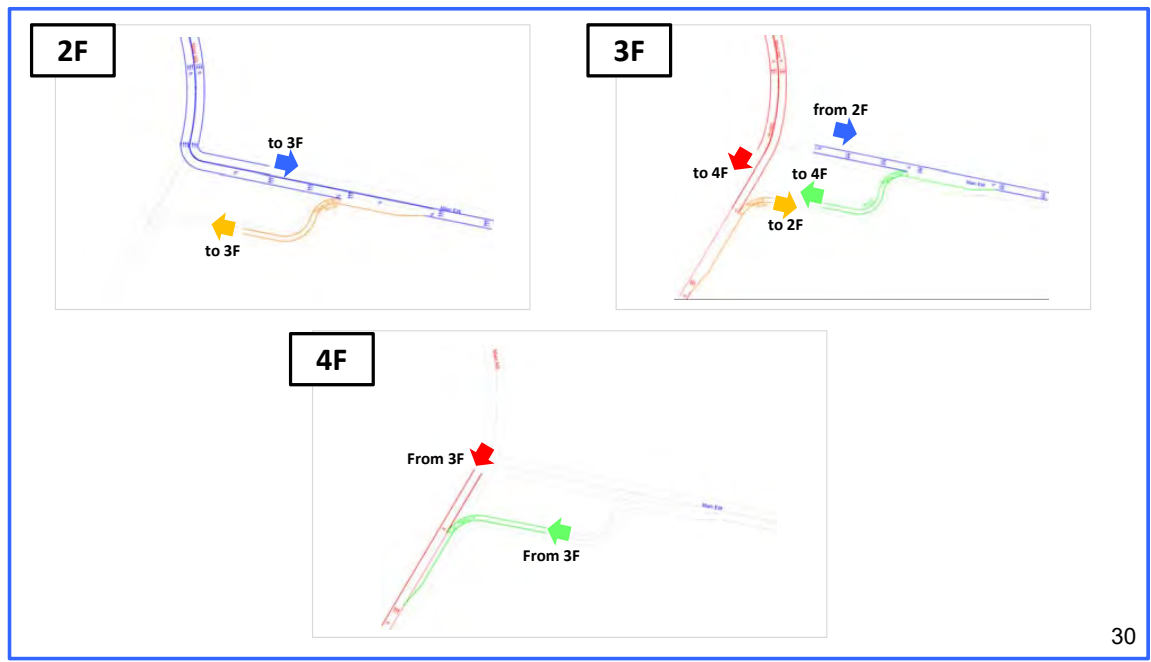
4.2 Structure of JCT



IV. Study on JCT Structure

4. Study Result of Alternative (B)

4.2 Structure of JCT (Explanation)

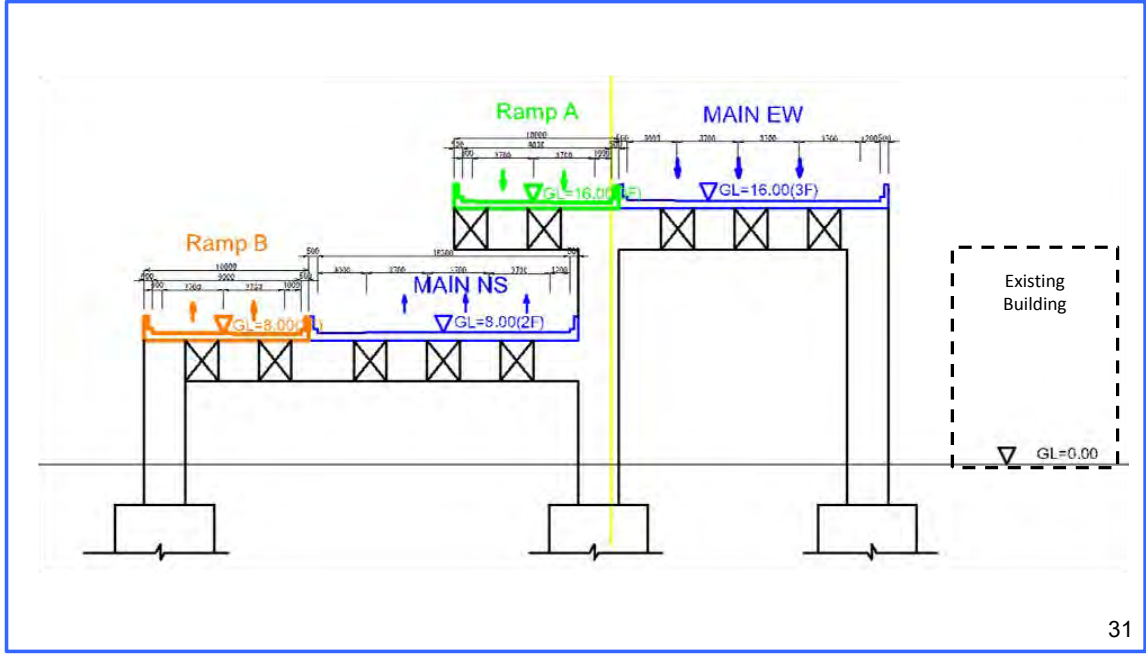


IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

4. Study Result of Alternative (B)

4.3 Cross Section for (3)

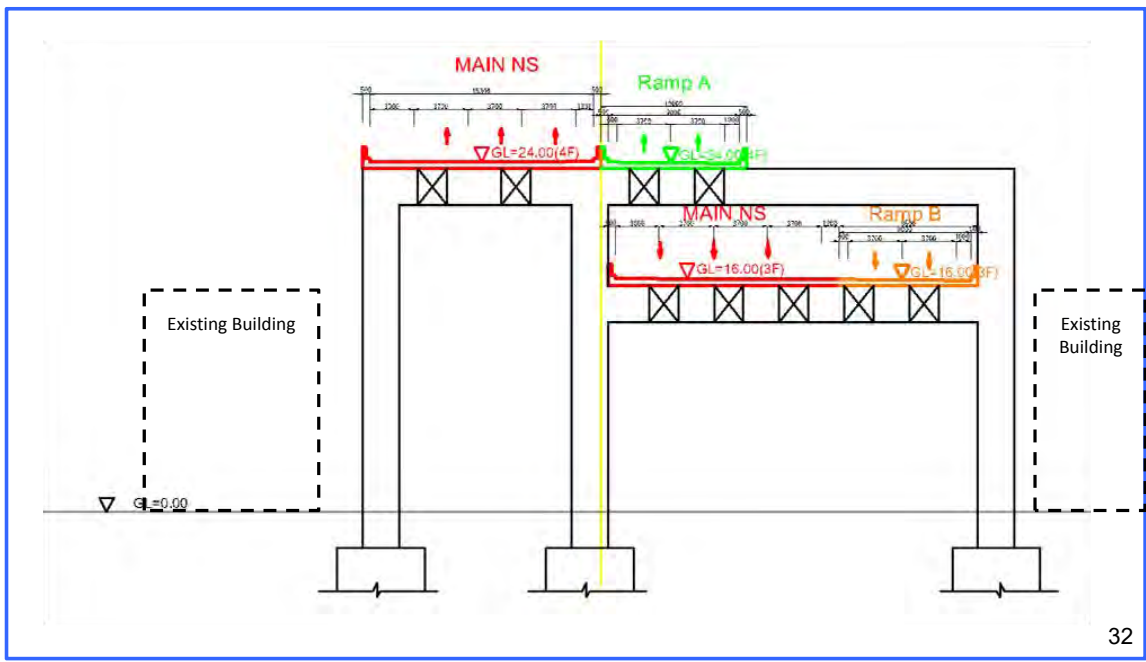


IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

4. Study Result of Alternative (B)

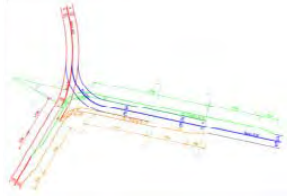

4.3 Cross Section for (4)



IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

5. Comparison of JCT

	Alternative A	Alternative B
Plan View		
Feature	✓ No restriction of land use, to be compact size of JCT	✓ Consideration of actual land use situation, to be larger size of JCT
Access	✓ Possible to access for all direction (6 number)	✓ Possible to access for all direction (6 number)
Advantage	✓ Due to most compact size of JCT, length of ramp becomes shortest.	✓ No land acquisition in "Red Color" area
Disadvantage	✓ Additional land acquisition will be necessary at "Red Color" area.	✓ In order to avoid land acquisition in "Red Color" area, very steep curve is applied. (R=30m) ✓ Problem of usage of land where surrounded by Ramp and E-W line.

33

IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

6. Recommendation of Steel Structure

In order to achieve these complicated structure, followings advanced technologies will be required.



- ◆ **Application of thick steel (more than 50mm)**
- ◆ **Application of high tension steel ($\sigma_y=700$ N/mm²)**
- ◆ **Consideration of details for prevention of fatigue damage, such as welding and shape of scallop.**
- ◆ **Experience of erection method for complicated structure at congested area.**

34

V . Summary of Structural Study

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

1. Rough Cost Estimation

◆ Condition for Estimation

- Length of Viaduct = 1.55km (JCT to JCT, excluding JCT)
- Superstructure: Steel Box Girder with Composite Deck Slab
- Substructure: Steel Pier Column (double deck)
- Foundation: PC Well



Construction Cost	Design Cost	Supervision Cost	Total
15,122	605	1,361	17,088

Unit : Million Rs

35

V . Summary of Structural Study

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

2. Construction Schedule

Since no critical path, construction schedule will be decided by number of construction team.



Appropriate Construction Schedule (total 3 years)

	First Year				Second Year				Third Year			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Detailed Design	██████████											
Fabrication of Steel		██████████										
Foundation		██████████										
Steel Pier Column			██████████									
Steel Superstructure					██████████							
Deck Slab							██████████					
Miscellaneous											██████████	

36

V. Summary of Structural Study

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Economic Analysis Result

With Case => Construction by Steel Superstructure and Steel Pier Column

Without Case => Construction by PC Superstructure and RC Pier Column (partially, PC)



Although construction cost becomes higher, but, social benefit can increase

EIRR => 20.7% > 12.0%

Because of enough number of EIRR, implementation by Steel Structure will have better EIRR number than PC Structure

VI. Introduction of Japanese Support

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

★ Risk of BOT Scheme

✓ Reliability of Project Implementation

⇒ Risk for suspension of the project, depending on their financial status



Recommend to handle the Project by the Government

Since, the Project is implemented inside Delhi Center and acts very important role for decongestion of Delhi City.



Japanese Government can support by YEN Loan

38

VII. Recommendation

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

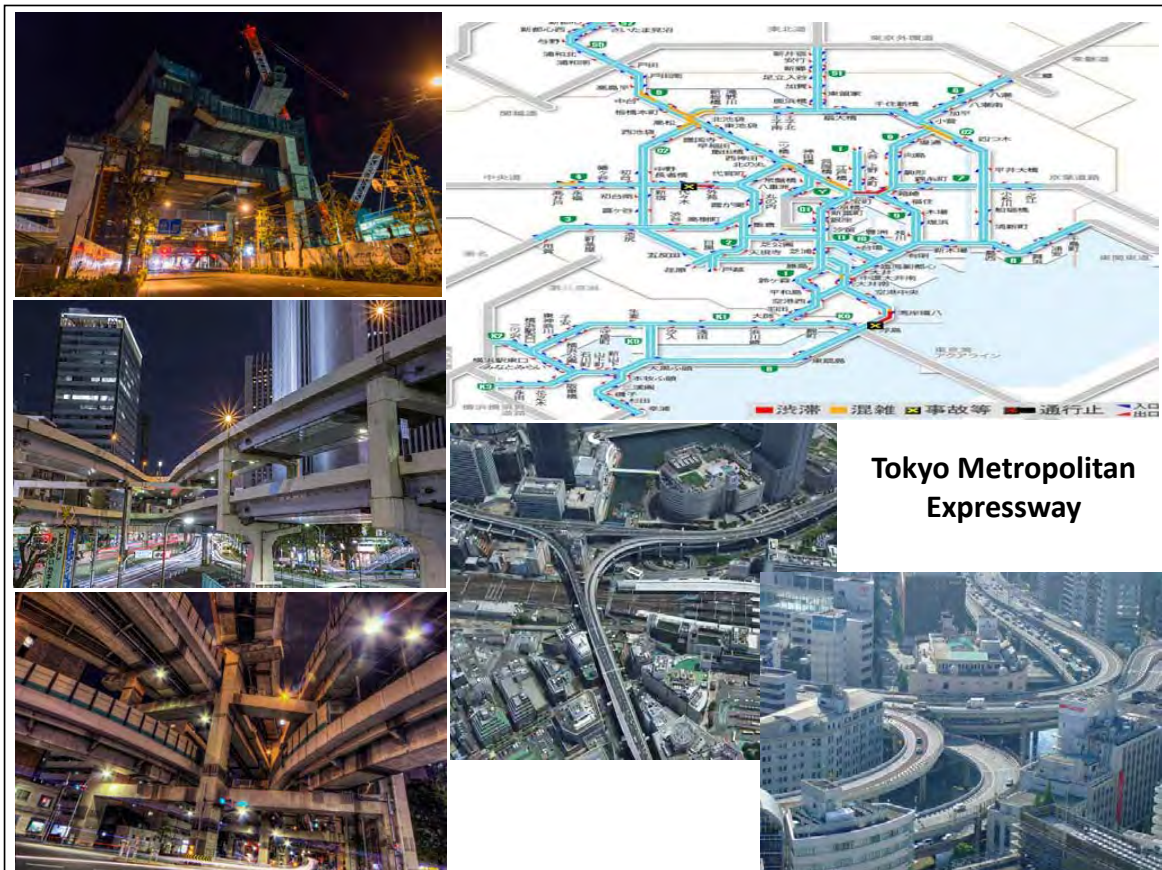
After studying of Proposed Elevated Corridor and JCT, following structures are recommended.

- ✓ Superstructure
⇒ Steel Box Girder with Composite Deck Slab
- ✓ Substructure
⇒ Steel Pier Column
- ✓ Foundation
⇒ PC Well or Rotary Steel Penetration Pile



Although construction cost becomes higher, but, due to increment of social benefit, EIRR value becomes higher.

39



THANK YOU



Oriental Consultants Global Co., Ltd.

添付 2

バンガロール市高架橋建設プロジェクト説明資料

Data Collection Survey on Road/Railway Bridge Sector

Explanatory Material of Viaduct Construction Project in Bangalore

**October 2016
Bangalore**

**JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
Oriental Consultants Global Co., Ltd.**

1

Contents

- I. Introduction**
- II. Scope of Study**
- III. Study on Standard Section**
- IV. Study on JCT Structure**
- V. Summary of Structural Study**
- VI. Recommendation**

2

I . Introduction

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

**Based on discussion with KRDA and AECOM,
on April 13, May 31 and August 24
Study on Planned Elevated Corridor and 2 JCTs
were proposed.**



**Structure of Planned Elevated Corridor and JCTs
were studied by JICA Study Team**



**Draft Final Study Result is presented
by this meeting.**

3

II . Scope of Study

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

1. List of Planned Elevated Corridors

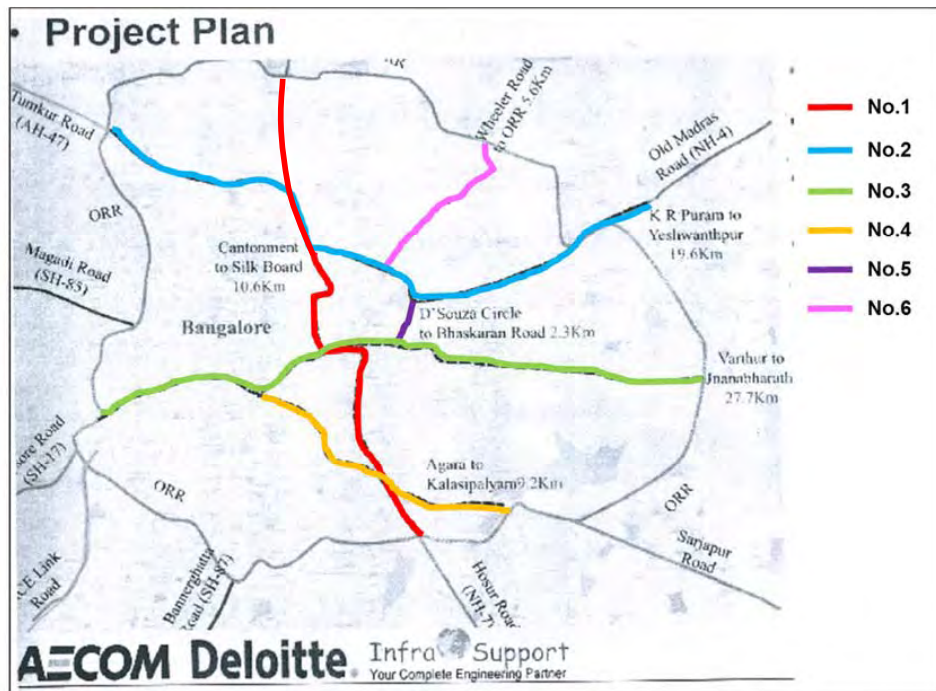
No	Name of Proposed Corridor	Length	No. of Lanes	Type
1	North-South Corridor connecting central Silk Board to Cantonment (i.e., NH7 towards Hosur to NH towards Bellary)	10.60km	6	Elevated
2	East-West Corridor-1 connecting K.R.Puram to Gorguntepalya (i.e., NH-4 towards old Madras Road and NH-4 Bangalore – Pune Road)	19.70km	6	Elevated
3	East-West Corridor-2 connecting SH-17 to SH-35 from Jnanagarathi on SH-17 to Varthur Kodi on SH-35.	27.70km	6	Elevated
4	Connecting Corridor-1; Connecting North-South Corridor & East –West Corridor-2 from Agra to Kalasipalya.	9.20km	4	Elevated
5	Connecting Corridor-2; Connecting East-West Corridor-1 & East-West Corridor-2 from Richmond Road to Ulsoor.	2.30km	4	Elevated
6	Connecting Corridor-3; Connecting Corridor from Kalyan Nagar Junction at Outer Rind Road to St. Johns Church Road and Wheelers Road Junction.	5.70km	4	Elevated

4

II . Scope of Study

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

2. List Map of Planned Elevated Corridors

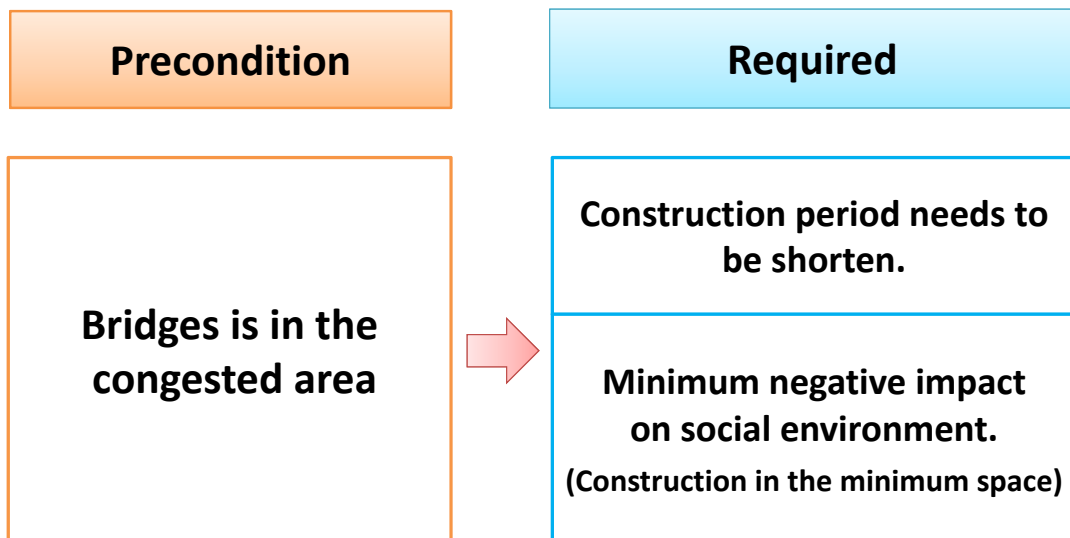


5

III . Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

1. Feature of Standard Section



6

Ⅲ. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

2. Bridge Foundation

Construction

- ✓ To reduce the space
- ✓ To save the time

Advanced Technology can be considered

- ① PC Well
- ② Rotary Penetration Steel Pile
- ③ Steel Pipe Socket Connection Method

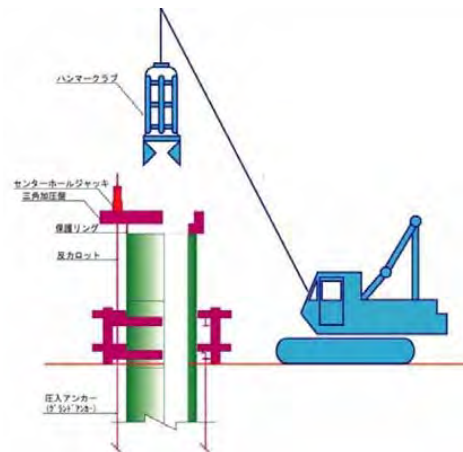
7

Ⅲ. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

2. Bridge Foundation

2.1 PC Well



PC Well foundation is comprised of precast concrete block (Circular or Oval shape). Each precast concrete blocks is connected by Post-tension method after they placed at site. After placing precast concrete block and connection each other, excavation work is carried out and compressed into ground.

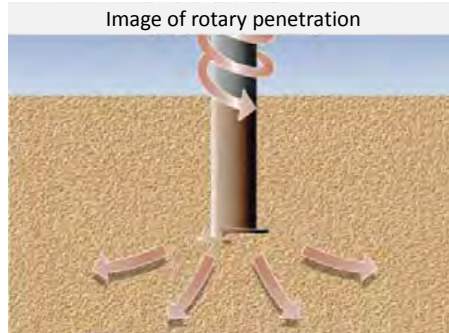
8

Ⅲ. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

2. Bridge Foundation

2.2 Rotary Penetration Steel Pile



It is Steel Pipe Foundation which is welded a spiral processed steel plate (Wing) to the tip of steel pipe together. The pile penetrates/screws into the ground with propulsion of wing.

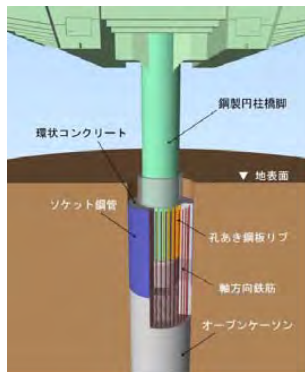
It is obtained large bearing force by the base enlarging effect of Wing. And, due to penetration method, there is no excavated soil at site. Therefore, it will be possible to be eco-friendly construction with non-emission, low-vibration and reducing pile number. 9

Ⅲ. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

2. Bridge Foundation

2.3 Steel Pipe Socket Connection Method



Connection part at tip of pier column



Construction of Caisson Structure

Steel Pipe Socket Connection Method is the jointing technique of inserting a Steel Column into Steel Pipe Socket which is constructed at the top of foundation, and filling up a concrete inside the gap of it. It is possible to reduce construction period by omitting Pile Cap and Anchor Frame used in conventional method.

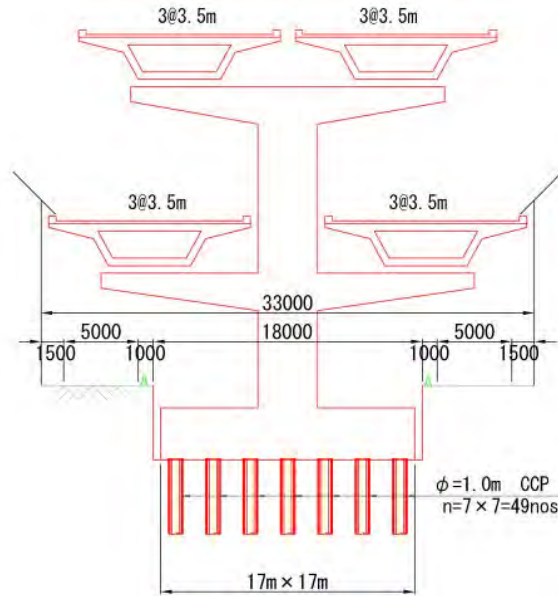
10

III . Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Bridge Pier Column

3.1 Concrete Type (Conventional)



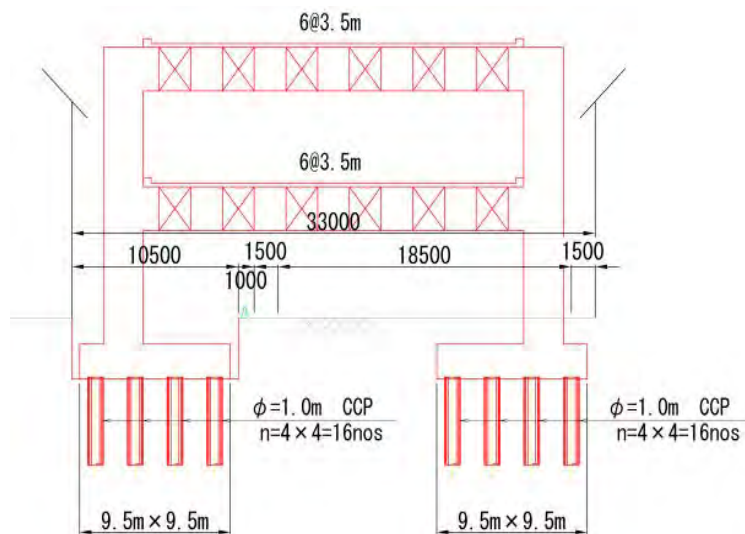
11

III . Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Bridge Pier Column

3.2 Steel Type



12

III. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Bridge Pier Column

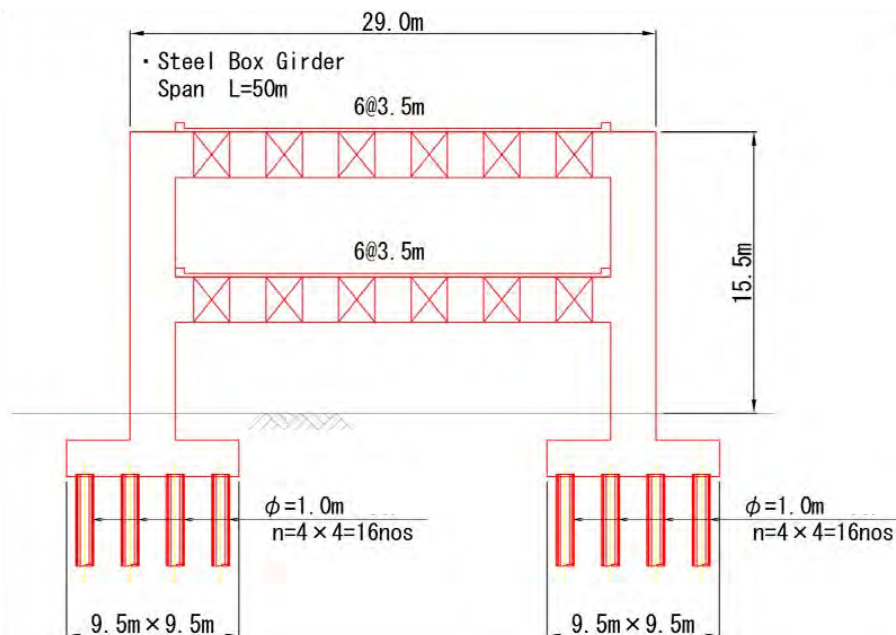
	Concrete Type	Steel Type
General View		
Comment	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Due to heavy weight structure, cross section of column and foundation becomes much larger than Steel Type. ✓ Difficult to secure enough carriageway width during pile cap construction (2x5m only). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ There are a lot of steel pier column applied in urban area in Japan, despite of high cost. ✓ Easy to apply steel pier column for complicated structure. ✓ Possible to secure enough carriageway width (18.5m)
Construction Cost	Superior	Inferior
Cost Considered Social Effect	Inferior (Due to large width of foundation and longer construction period by cast in-site)	Superior (Due to narrow width of foundation and shorter construction period by prefabrication)
Estimate		Recommended

III. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

4. Comparison of Foundation Type

4.1 (Type-1) Cast-in-place Concrete Pile

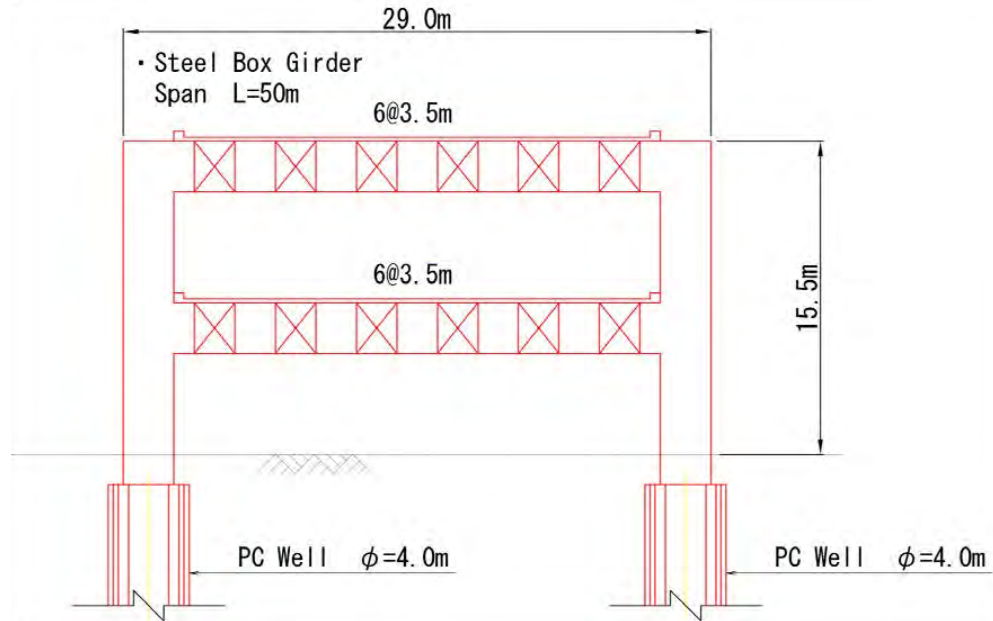


III . Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

4. Comparison of Foundation Type

4.2 (Type-2) PC Well

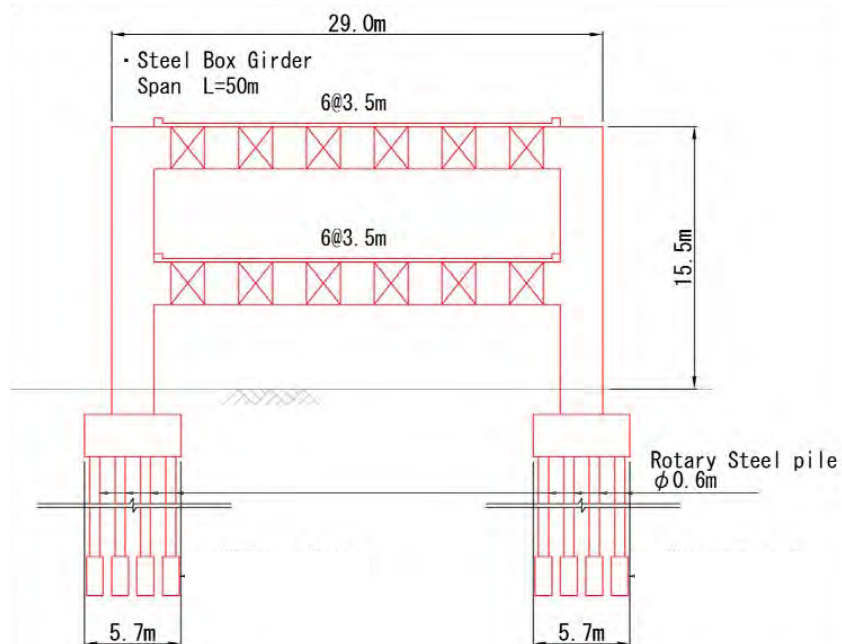


III . Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

4. Comparison of Foundation Type

4.3 (Type-3) Rotary Penetration Steel Pile



III. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

4. Comparison of Foundation

	Type-1 Cast-in-place Concrete Pile	Type-2 PC Well	Type-3 Rotary Penetration Steel Pile
General View			
Comment	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Common foundation type has many past records and most economical ✓ Widest width of pile cap, cause negative impact to existing traffic during construction 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Width of foundation is narrow not cause negative impact to existing traffic during construction. ✓ Shortest construction period due to unified structure with pier column 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Narrower width of pile cap than Type-1 cause better impact to existing traffic during construction. ✓ Due to no excavation required, less impact to residence during construction.
Construction Period	Long	Very Short	Short
Construction Cost	Superior	Inferior	Moderate
Cost Considered Social Effect	Inferior	Moderate	Superior
Estimate		Recommended	Recommended

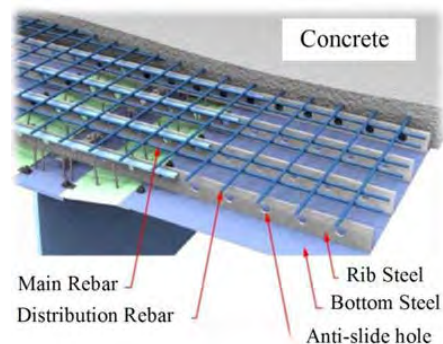
III. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

5. Type of Superstructure

Due to construction work in very congested area, steel superstructure with composite slab is recommended since this type can minimize social impact.

What is Composite Slab??

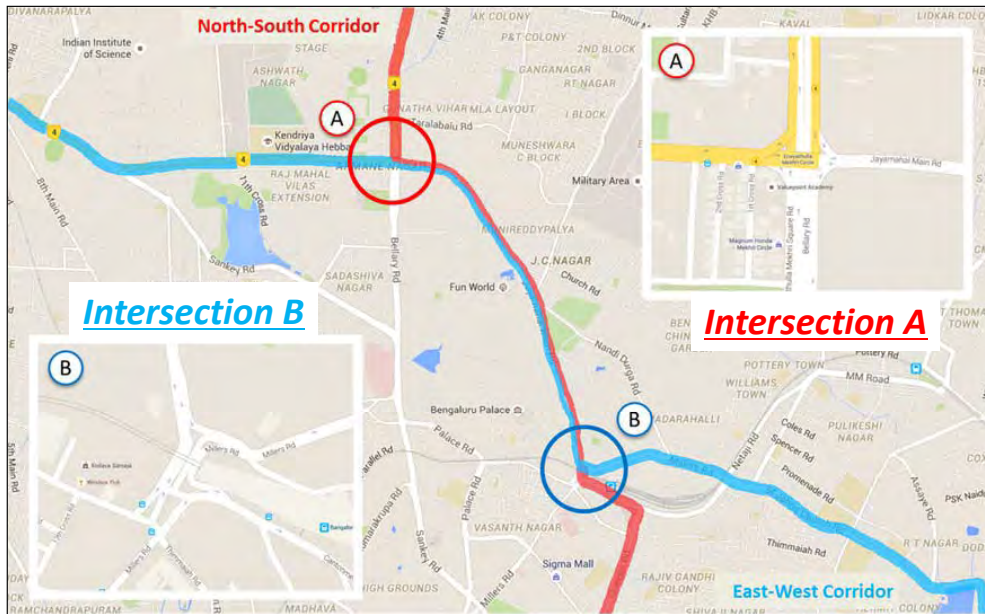


Bottom steel plate serves as rebar, formwork, working platform and scaffoldings

1. Higher durability (more than double for conventional RC slab)
2. Shorter construction period by 2months due to less rebar arrangements, form works and scaffoldings.
3. Better working conditions on site
4. No fear of leak of wet concrete and cement milk to the existing traffic

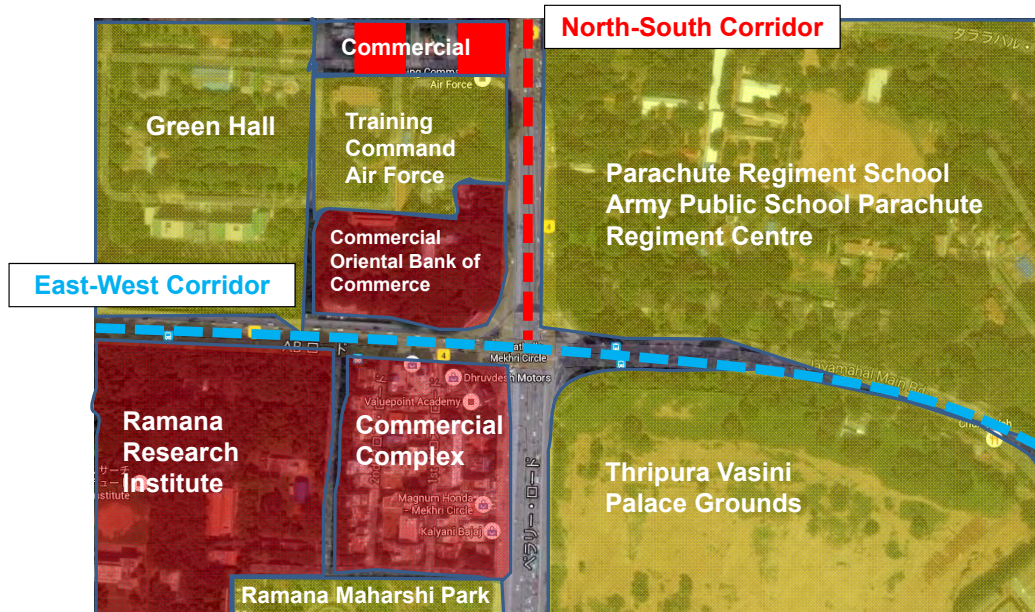
IV. Study Result of JCT

1. Location of Studied Elevated Corridors



IV. Study on JCT Structure

2. Land Use Status around Intersection A



Red Color: Private Land (Difficult for Land Acquisition)
 Yellow Color: Government Land (Possible for Land Acquisition)

IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Alternatives

Intersection A

Following 2 alternatives are studying.

Alternatives ①

- **WITHOUT** consideration of Land Acquisition
- **High Service Level**

Alternatives ②

- **With consideration of Land Acquisition**
- **Realistic (Lower Service Level)**

21

IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

4. Study Result of Alternative ①

Intersection A

4.1 Plan View



22

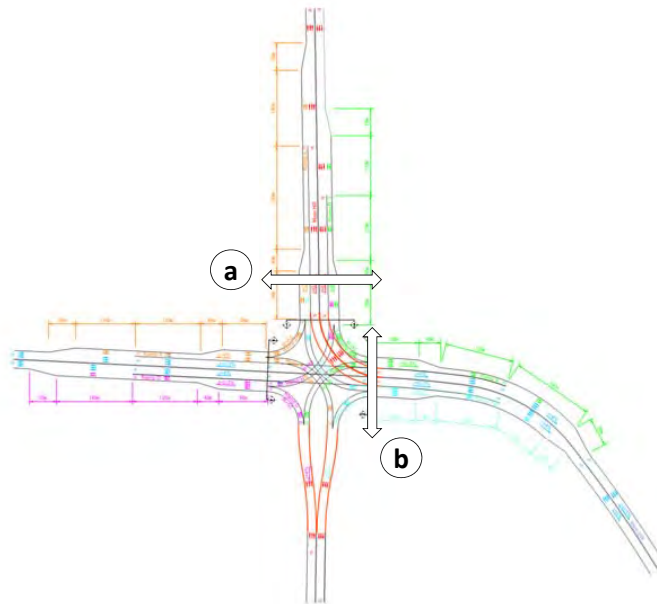
IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

4. Study Result of Alternative ①

Intersection A

4.2 Structure of JCT



23

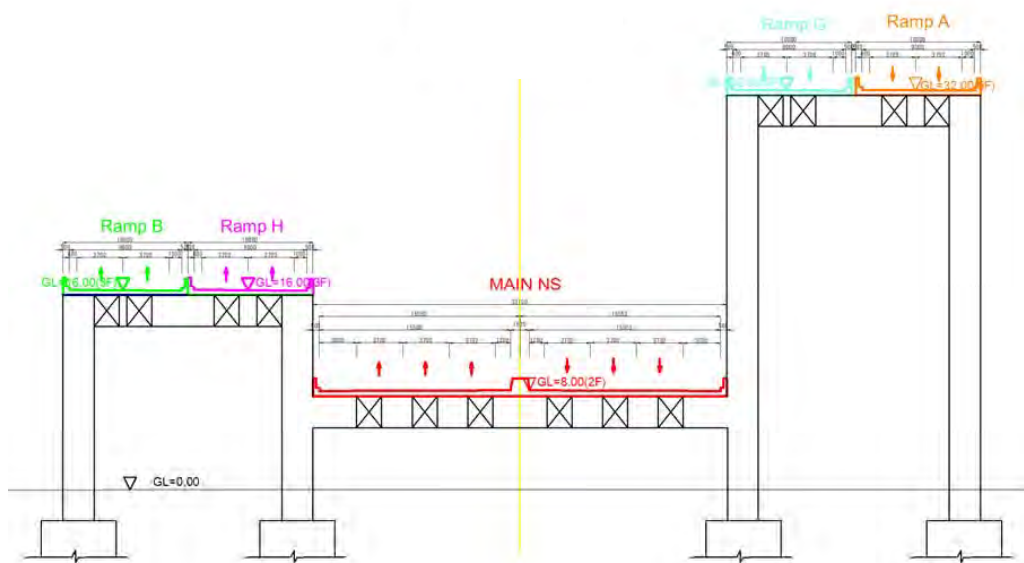
IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

4. Study Result of Alternative ①

Intersection A

4.3 Cross Section for ①



24

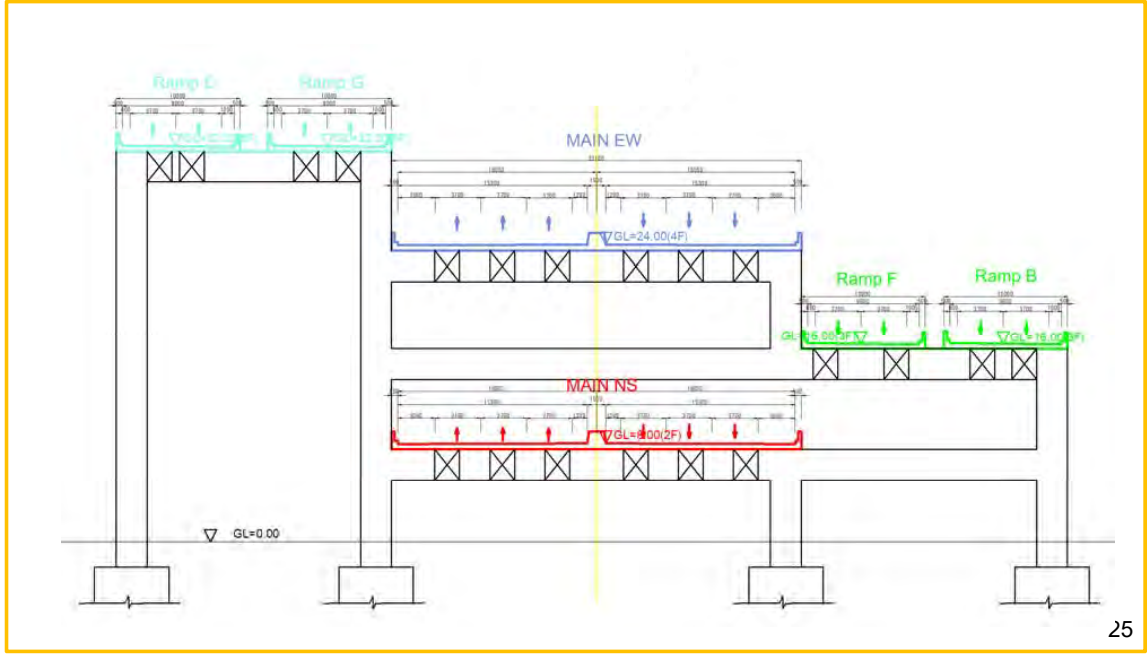
IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

4. Study Result of Alternative ①

Intersection A

4.4 Cross Section for ①b



IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

5. Study Result of Alternative ②

Intersection A

5.1 Plan View



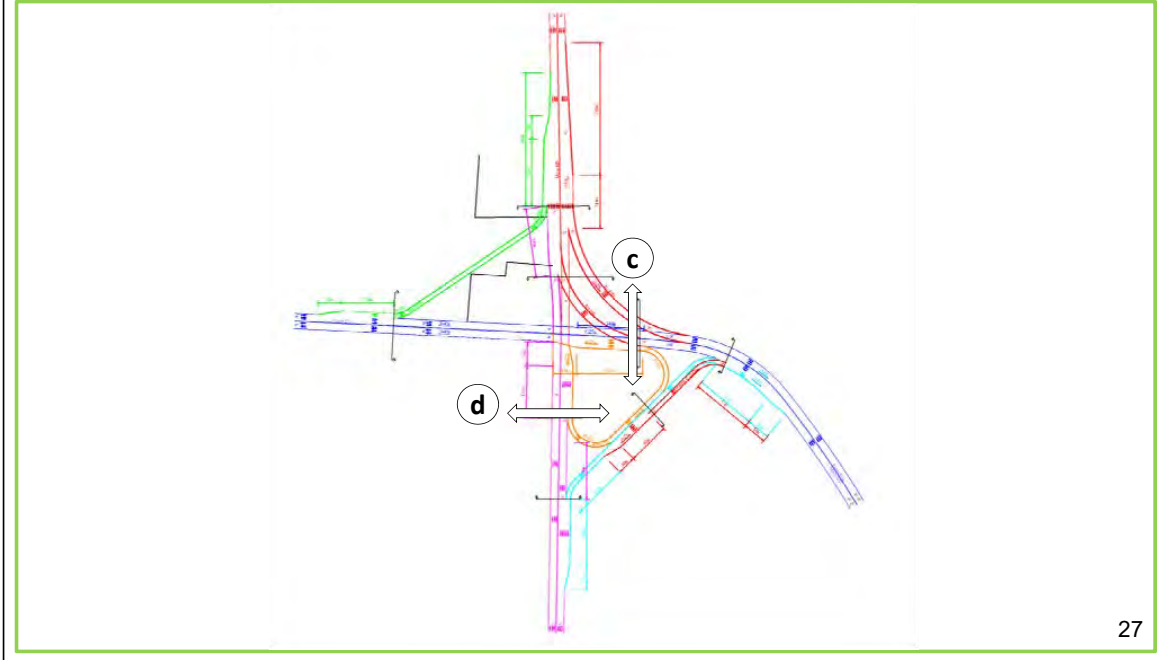
IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

5. Study Result of Alternative (2)

Intersection A

5.2 Structure of JCT



27

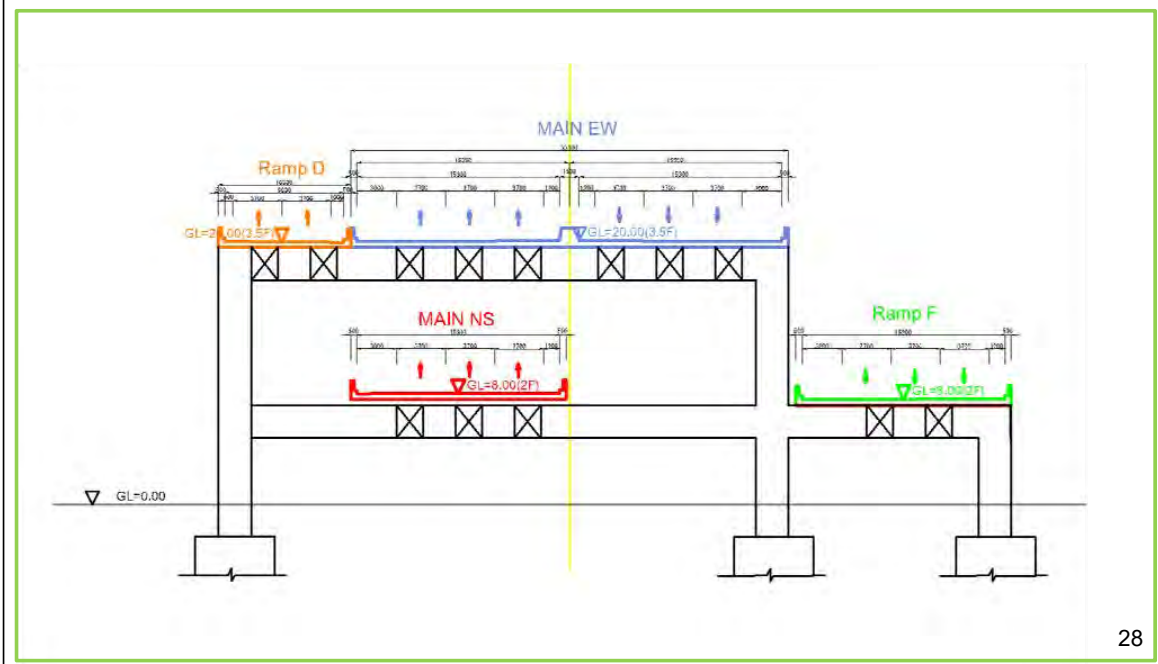
IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

5. Study Result of Alternative (2)

Intersection A

5.3 Cross Section for (C)



28

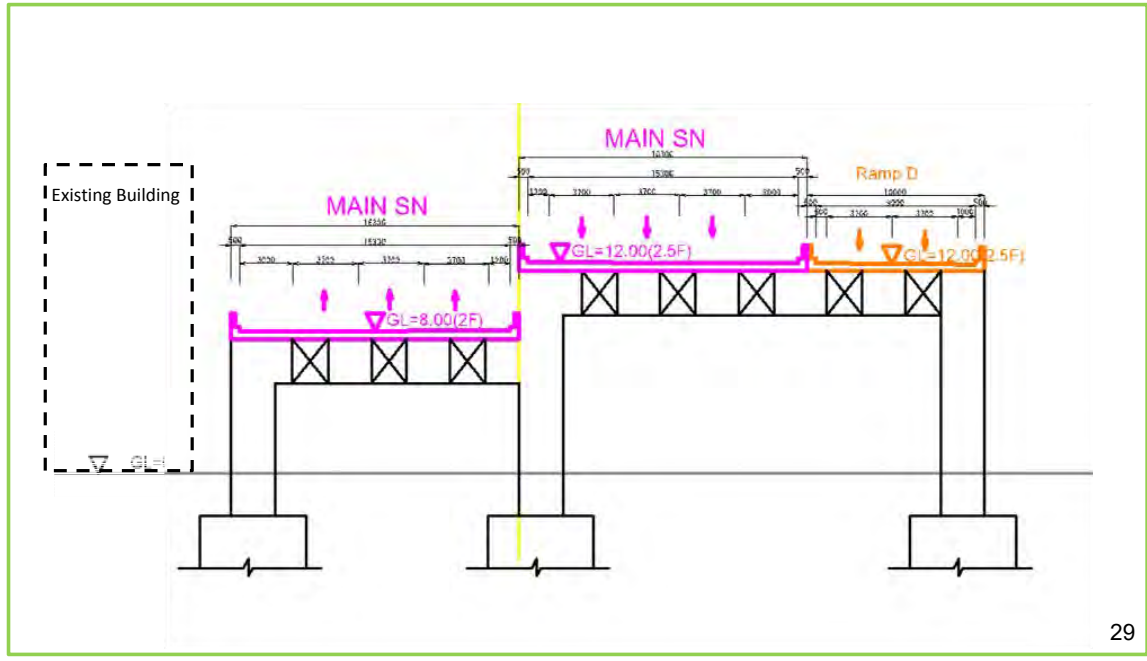
IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

5. Study Result of Alternative ②

Intersection A

5.4 Cross Section for ①d



IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

6. Comparison of JCT for Intersection A

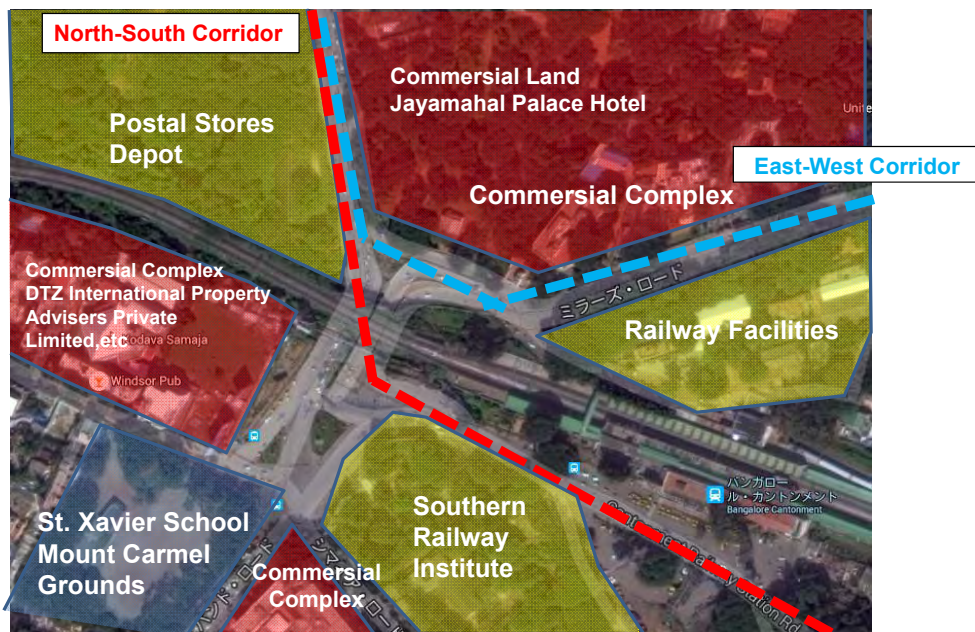
	Alternative ①	Alternative ②
Plan View		
Feature	✓ No restriction of land use, to be compact size of JCT	✓ Consideration of actual land use situation, to be larger size of JCT
Access	✓ 10 accesses out of 12 accesses can be accommodated. (2 more accesses can be accommodated, if layer number increase)	✓ 9 accesses out of 12 accesses can be accommodated. (South – East, South – West and West – South direction cannot be accommodated)
Advantage	✓ Size of JCT becomes small.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ There are not many points to be overlapped. ✓ Possible to apply simple structure compared with Alternative 1.
Disadvantage	✓ Due to 5 stories JCT, pier column shape becomes very complicated.	✓ Required land area becomes large.

30

IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

7. Land Use Status around Intersection B



Red Color: Private Land (Difficult for Land Acquisition)
Blue Color: School Land (Possible for Land Acquisition, but, take long time for procedure)
Yellow Color: Government Land (Possible for Land Acquisition)

31

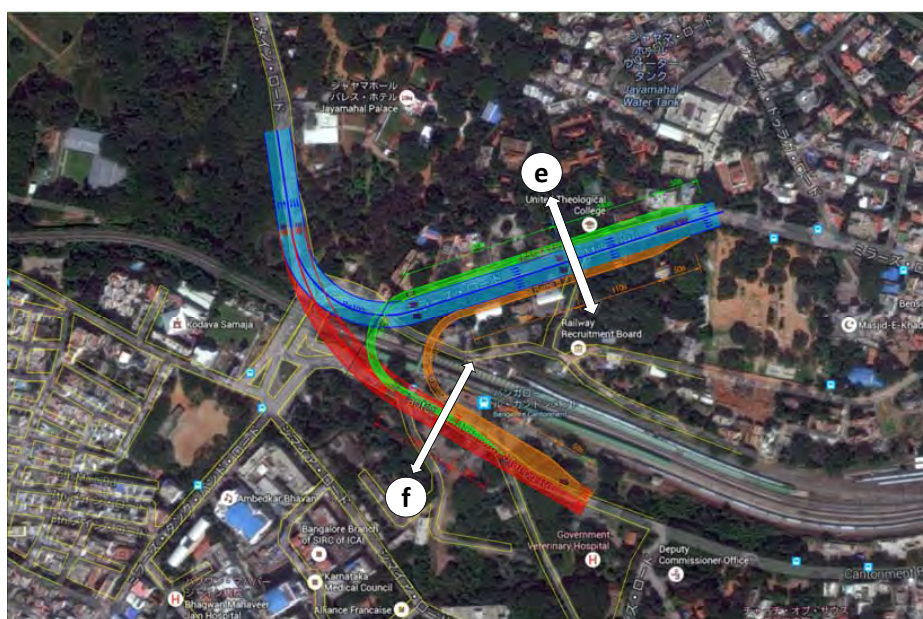
IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

8. Study Result

Intersection B

8.1 Plan View



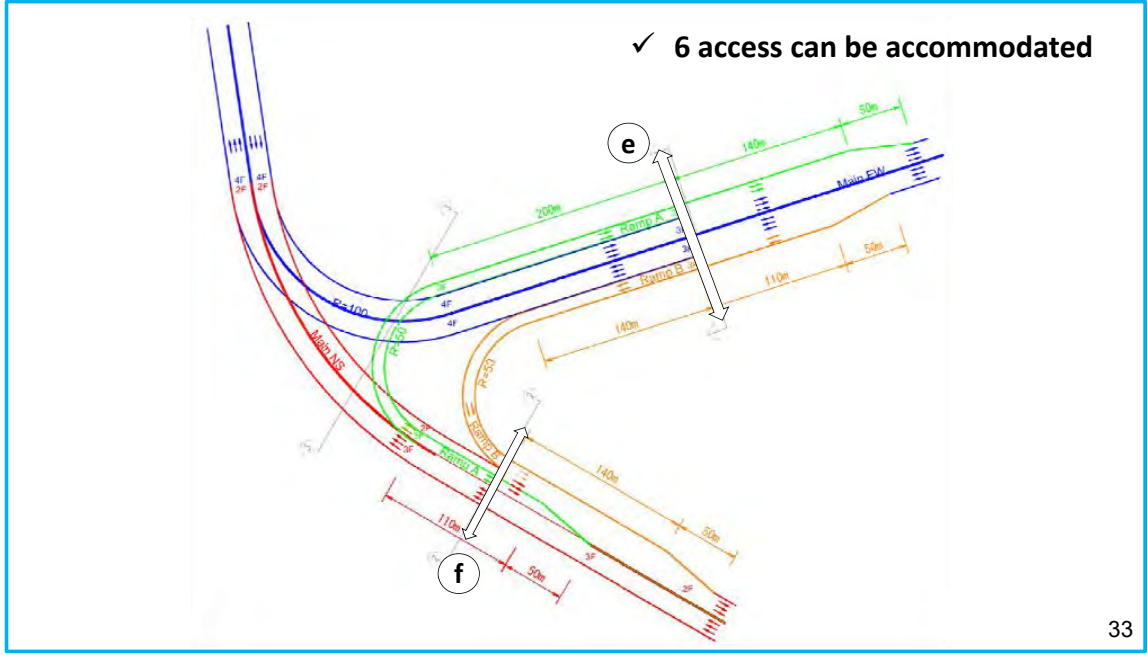
32

IV. Study on JCT Structure

8. Study Result

Intersection B

8.2 Structure of JCT

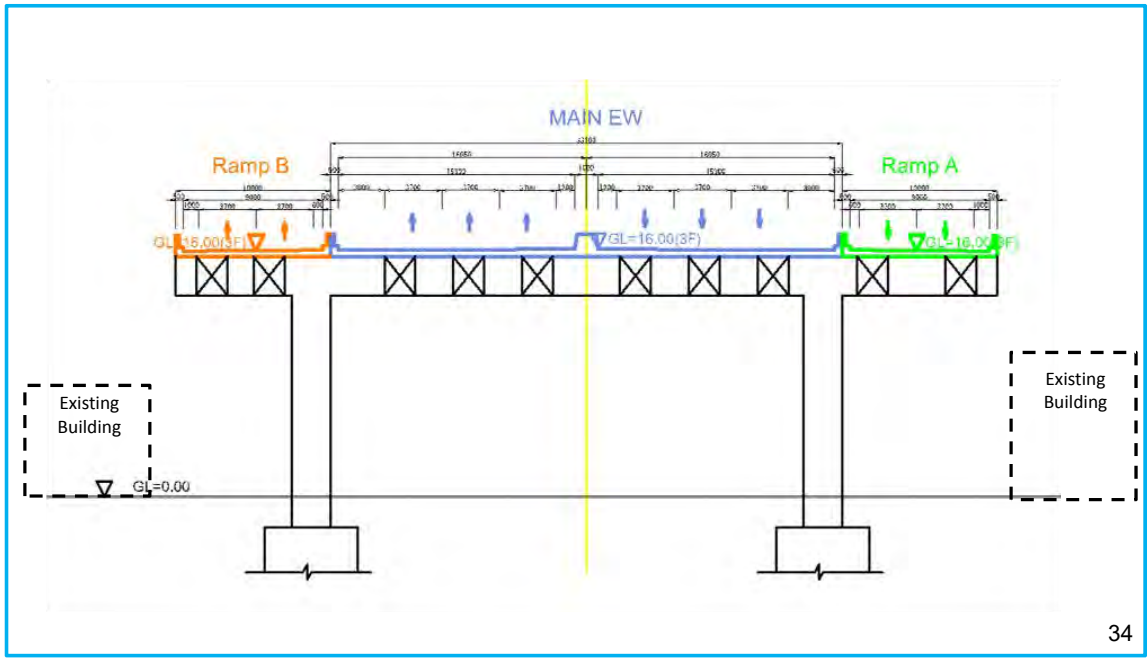


IV. Study on JCT Structure

8. Study Result

Intersection B

8.3 Cross Section for (e)



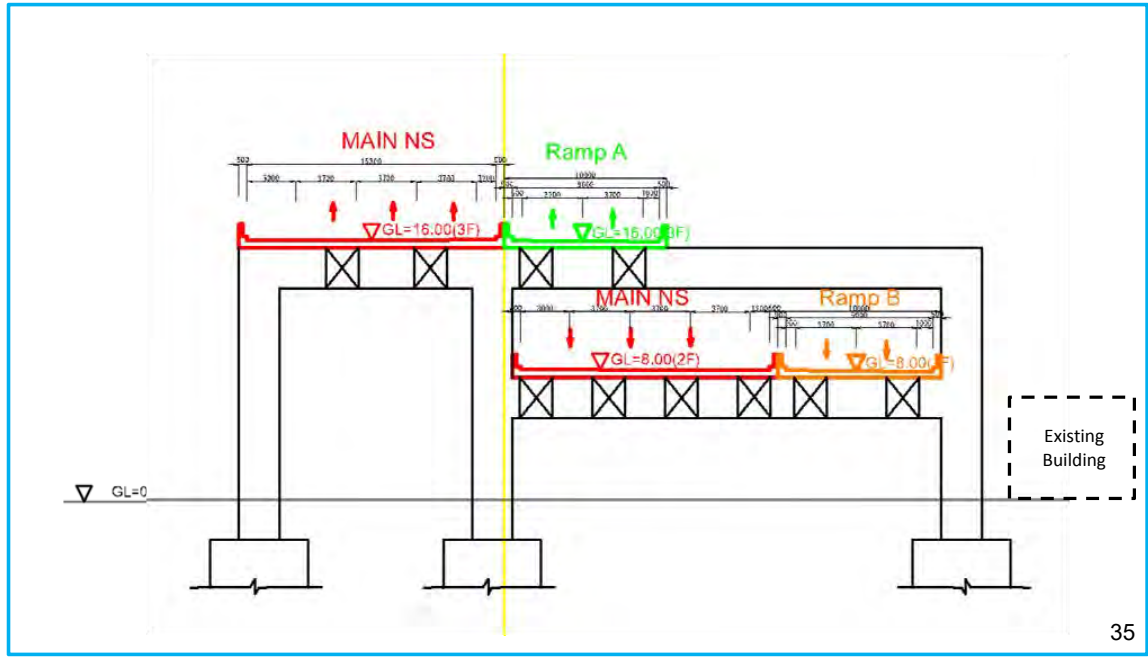
IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

8. Study Result

Intersection B

8.4 Cross Section for (f)



IV. Study on JCT Structure

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

9. Recommendation of Steel Structure

In order to achieve these complicated structure, followings advanced technologies will be required.



- ◆ Application of thick steel (more than 50mm)
- ◆ Application of high tension steel ($\sigma_y=700$ N/mm²)
- ◆ Consideration of details for prevention of fatigue damage, such as welding and shape of scallop.
- ◆ Experience of erection method for complicated structure at congested area.

36

V . Summary of Structural Study

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

1. Rough Cost Estimation

◆ Condition for Estimation

- Length of Viaduct = 2.75km (JCT to JCT, excluding JCT)
- Superstructure: Steel Box Girder with Composite Deck Slab
- Substructure: Steel Pier Column (double deck)
- Foundation: PC Well



Construction Cost	Design Cost	Supervision Cost	Total
26,663	1,067	2,400	30,130

Unit : Million Rs

37

V . Summary of Structural Study

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

2. Construction Schedule

Since no critical path, construction schedule will be decided by number of construction team.



Appropriate Construction Schedule (total 3 years)

	First Year				Second Year				Third Year			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Detailed Design	██████████											
Fabrication of Steel		██████████										
Foundation		██████████										
Steel Pier Column			██████████									
Steel Superstructure					██████████							
Deck Slab							██████████					
Miscellaneous											██████████	

38

V. Summary of Structural Study

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Economic Analysis Result

With Case => Construction by Steel Superstructure and Steel Pier Column

Without Case => Construction by PC Superstructure and RC Pier Column (partially, PC)



Although construction cost becomes higher, but, social benefit can increase

EIRR => 14.0% > 12.0%

Because of enough number of EIRR, implementation by Steel Structure will have better EIRR number than PC Structure

VI. Recommendation

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

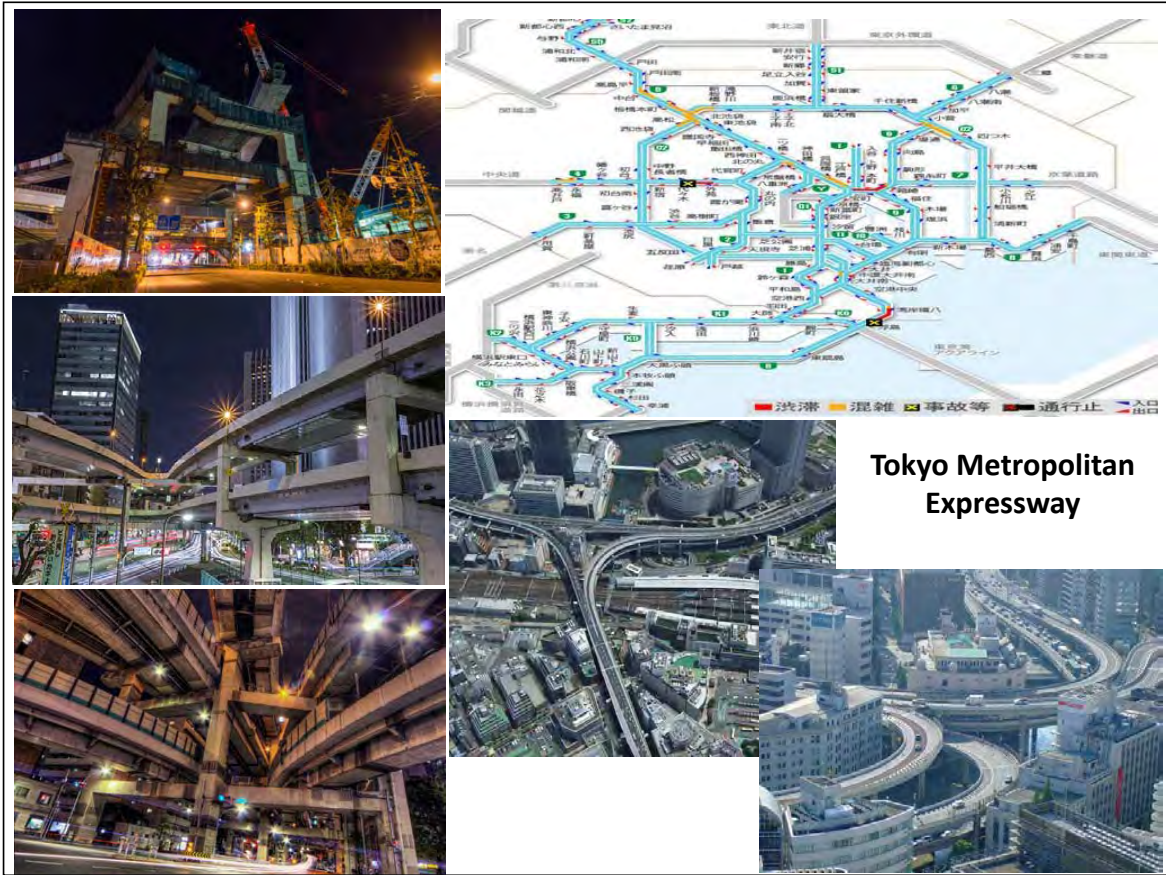
After studying of Proposed Elevated Corridor and JCT, following structures are recommended.

- ✓ Superstructure
⇒ Steel Box Girder with Composite Deck Slab
- ✓ Substructure
⇒ Steel Pier Column
- ✓ Foundation
⇒ PC Well or Rotary Steel Penetration Pile



Although construction cost becomes higher, but, due to increment of social benefit, EIRR value becomes higher.

40



Tokyo Metropolitan Expressway

THANK YOU



Oriental Consultants Global Co., Ltd.

添付 3

チェンナイ市高架橋建設プロジェクト説明資料

Data Collection Survey on Road/Railway Bridge Sector

Explanatory Material of Viaduct Construction Project in Chennai

**October 2016
Chennai**

**JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
Oriental Consultants Global Co., Ltd.**

1

Contents

- I. Introduction**
- II. Results of Site Inspection**
- III. Study Result on East Coast Road Viaduct**
- IV. Summary of Structural Study**
- V. Scheme of Japanese Support**
- VI. Recommendation**

2

1. Introduction

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

Objectives of the Survey

1. To grasp current situation of Road / Railway bridges and Viaducts in India.
2. To identify bridge / Viaducts wherein consideration of the application of the Japanese advanced technologies such as rapid construction method in urban area and latest bridge rehabilitation and reinforcement method could be explored.



Further development on bridge construction and rehabilitation field in India will be achieved by incorporating advanced technology.

3

I . Introduction

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

Based on discussion with Highway & Minor Ports Department, Tamil Nadu Government, on June 21 Study on Planned Elevated Corridor were proposed.



Structure of Planned Elevated Corridor was studied by JICA Study Team



Draft Final Study Result is presented by this meeting.

4

II . Results of Site Inspection

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

1. Location of Proposed IT Corridors



5

II . Results of Site Inspection

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

2. Width of Existing Road

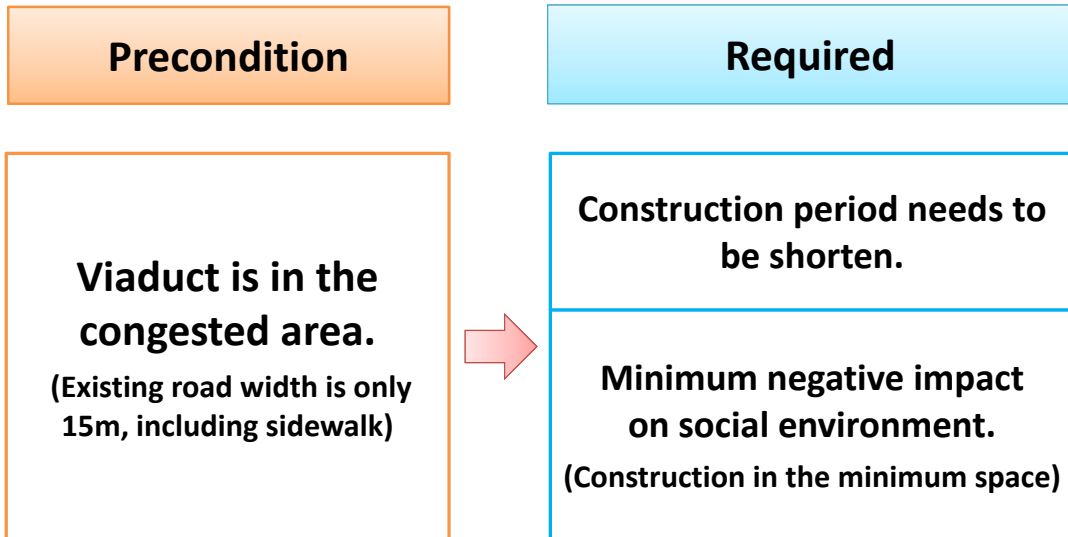


6

III. Study on Standard Section

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

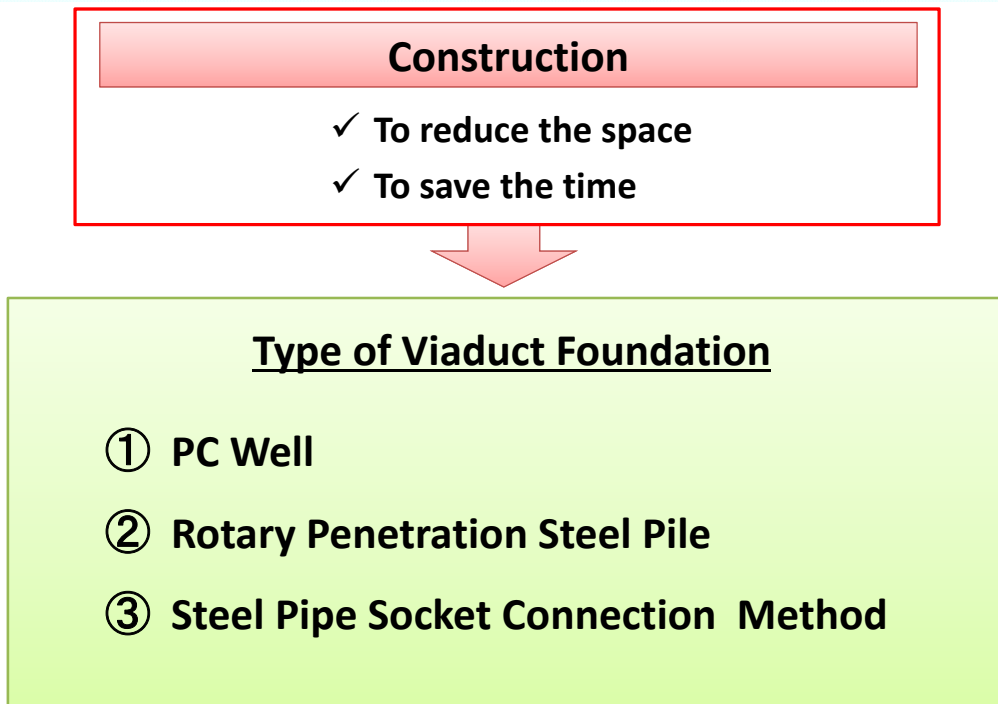
1. Feature of Standard Section



7

III. Study Result on East Coast Road Viaduct

2. Advanced Technology can be Adopted

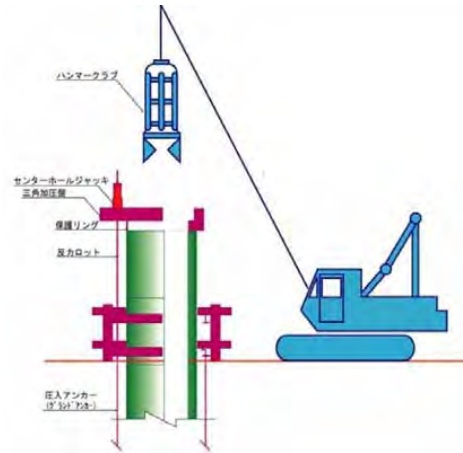


8

Ⅲ. Study Result on East Coast Road Viaduct

3. Viaduct Foundation

3.1 PC Well



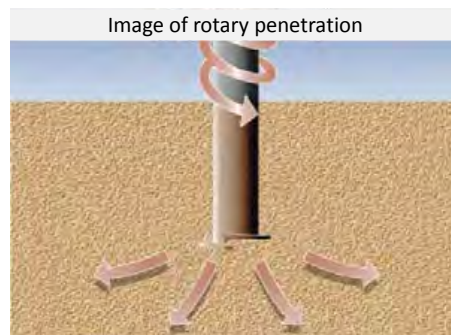
PC Well foundation is comprised of precast concrete block (Circular or Oval shape). Each precast concrete blocks is connected by Post-tension method after they placed at site. After placing precast concrete block and connection each other, excavation work is carried out and compressed into ground.

9

Ⅲ. Study Result on East Coast Road Viaduct

3. Viaduct Foundation

3.2 Rotary Penetration Steel Pile



It is Steel Pipe Foundation which is welded a spiral processed steel plate (Wing) to the tip of steel pipe together. The pile penetrates/screws into the ground with propulsion of wing.

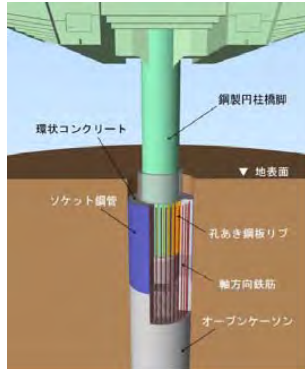
It is obtained large bearing force by the base enlarging effect of Wing. And, due to penetration method, there is no excavated soil at site. Therefore, it will be possible to be eco-friendly construction with non-emission, low-vibration and reducing pile number.

10

Ⅲ. Study Result on East Coast Road Viaduct

3. Viaduct Foundation

3.3 Steel Pipe Socket Connection Method



Connection part at tip of pier column



Construction of Caisson Structure

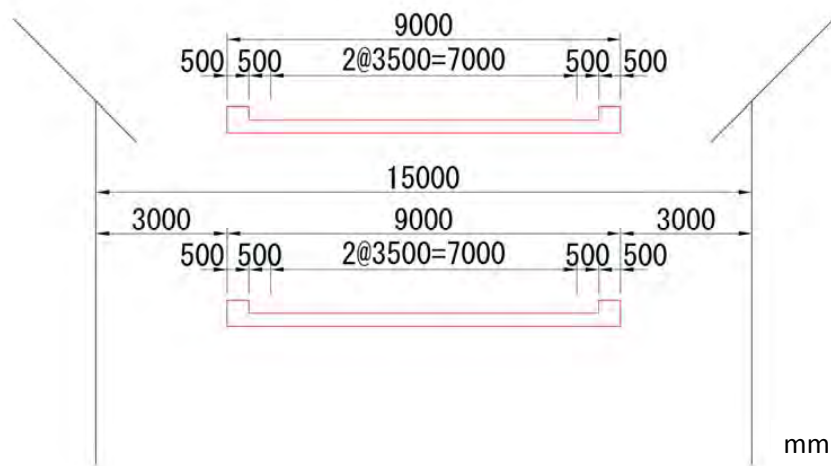
Steel Pipe Socket Connection Method is the jointing technique of inserting a Steel Column into Steel Pipe Socket which is constructed at the top of foundation, and filling up a concrete inside the gap of it. It is possible to reduce construction period by omitting Pile Cap and Anchor Frame used in conventional method.

11

Ⅲ. Study Result of East Coast Road Viaduct

4. Proposed Carriageway Width

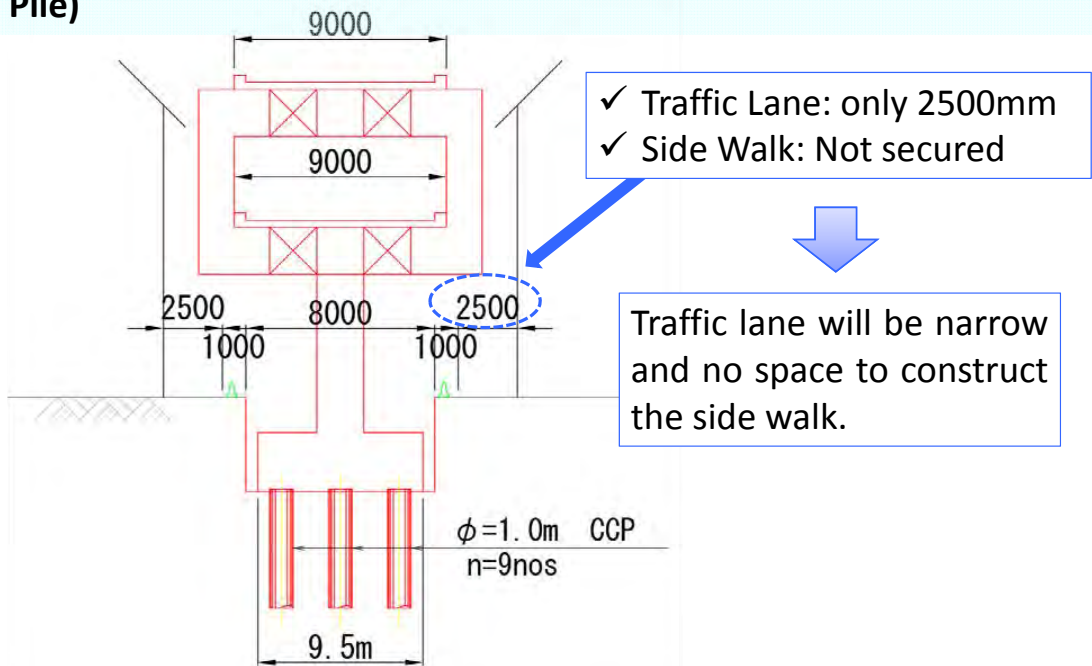
In consideration of existing road width (15m), following cross section is proposed if land acquisition is not considered.



12

III. Study Result on East Coast Road Viaduct

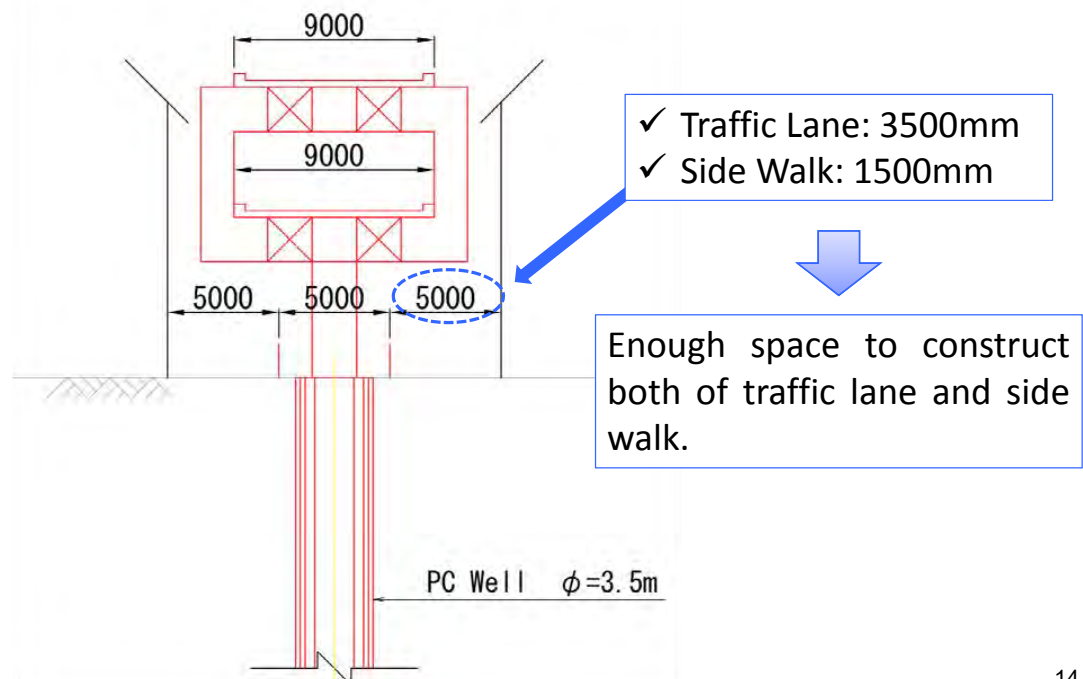
5. Comparison of Viaduct Foundation (Cast in Site Concrete Pile)



13

III. Study Result on East Coast Road Viaduct

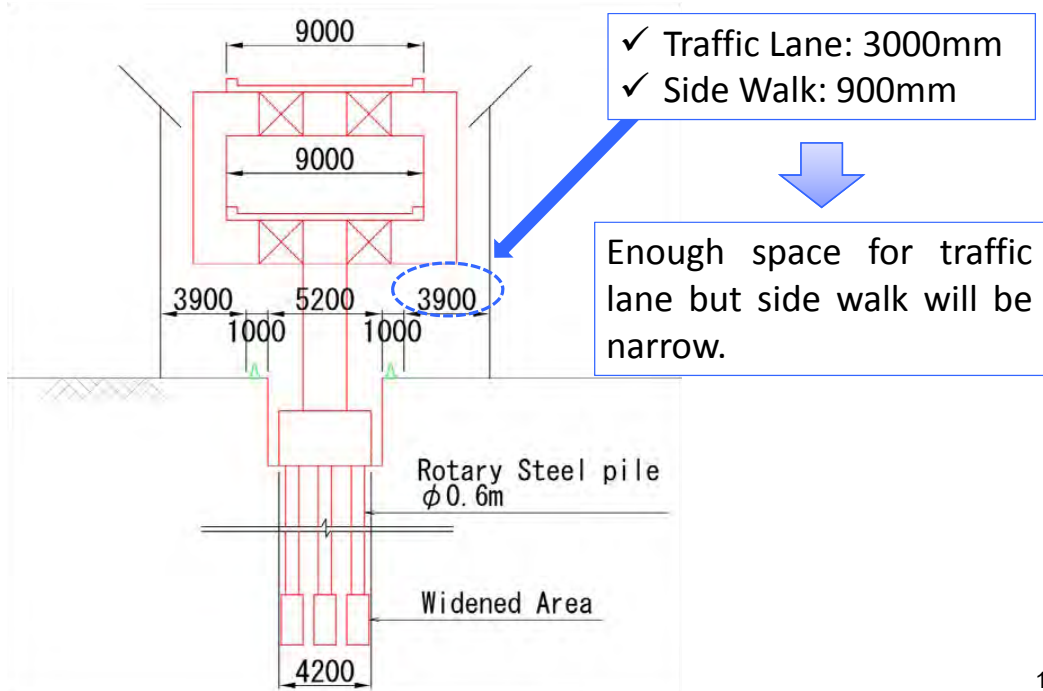
5. Comparison of Foundation (PC Well)



14

III. Study Result on East Coast Road Viaduct

5. Comparison of Foundation (Rotary Penetration Steel Pile)



15

III. Study Result on East Coast Road Viaduct

6. Comparison of Foundation

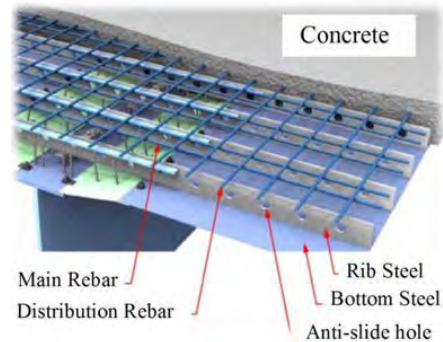
	Type-1 CCP Pile	Type-2 PC Well	Type C-1 Rotary Penetration Steel Pile
General View			
Comment	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Common foundation type has many past records and most economical ✓ Widest width of pile cap, cause negative impact to existing traffic during construction 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Width of foundation is narrow not cause negative impact to existing traffic during construction. ✓ Shortest construction period due to unified structure with pier column 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Narrower width of pile cap than Type-1 cause better impact to existing traffic during construction. ✓ Due to no excavation required, less impact to residence during construction.
Construction Cost	Superior	Inferior	Moderate
Cost Considered Social Effect	Inferior	Superior	Superior
Estimate		Recommended	Recommended

III. Study Result on East Coast Road Viaduct

7. Type of Superstructure

Due to construction work in very congested area, steel superstructure with composite slab is recommended since this type can minimize social impact.

What is Composite Slab??



Bottom steel plate serves as rebar, formwork, working platform and scaffoldings

1. Higher durability (more than double for conventional RC slab)
2. Shorter construction period by 2 months due to less rebar arrangements, form works and scaffoldings.
3. Better working conditions on site
4. No fear of leak of wet concrete and cement milk to the existing traffic

17

III. Study Result on East Coast Road Viaduct

© CENTRAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

8. Recommendation of Steel Structure

In order to achieve these complicated structure, followings advanced technologies will be required.



- ◆ Application of thick steel (more than 50mm)
- ◆ Application of high tension steel ($\sigma_y=700$ N/mm²)
- ◆ Consideration of details for prevention of fatigue damage, such as welding and shape of scallop.
- ◆ Experience of erection method for complicated structure at congested area.

18

IV. Summary of Structural Study

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

1. Rough Cost Estimation

◆ Condition for Estimation

- Length of Viaduct = 7.55km (B. P from Center of Chennai City side to Injanbakkam)
- Superstructure: Steel Box Girder with Composite Deck Slab
- Substructure: Steel Pier Column (double deck)
- Foundation: PC Well



Construction Cost	Design Cost	Supervision Cost	Total
31,663	1,267	2,850	35,780

Unit : Million Rs

19

IV. Summary of Structural Study

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

2. Construction Schedule

Since no critical path, construction schedule will be decided by number of construction team.



Appropriate Construction Schedule (total 3 years)

	First Year				Second Year				Third Year			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Detailed Design	██████████											
Fabrication of Steel		██████████										
Foundation		██████████										
Steel Pier Column			██████████									
Steel Superstructure				██████████								
Deck Slab						██████████						
Miscellaneous											██████████	

20

IV. Summary of Structural Study

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

3. Economic Analysis Result

With Case => Construction by Steel Superstructure and
Steel Pier Column

Without Case => No Construction of Viaduct



**Although construction cost is high, but, due to
large social benefit**

EIRR => 28.1% > 12.0%

21

VI. Introduction of Japanese Support

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

★ Risk of BOT Scheme

✓ Reliability of Project Implementation

⇒ Risk for suspension of the project, depending on their
financial status



Recommend to handle the Project by the Government

Since, the Project is implemented inside Chennai and
acts very important role for decongestion of Chennai.



Japanese Government can support by YEN Loan

22

VI. Recommendation

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.

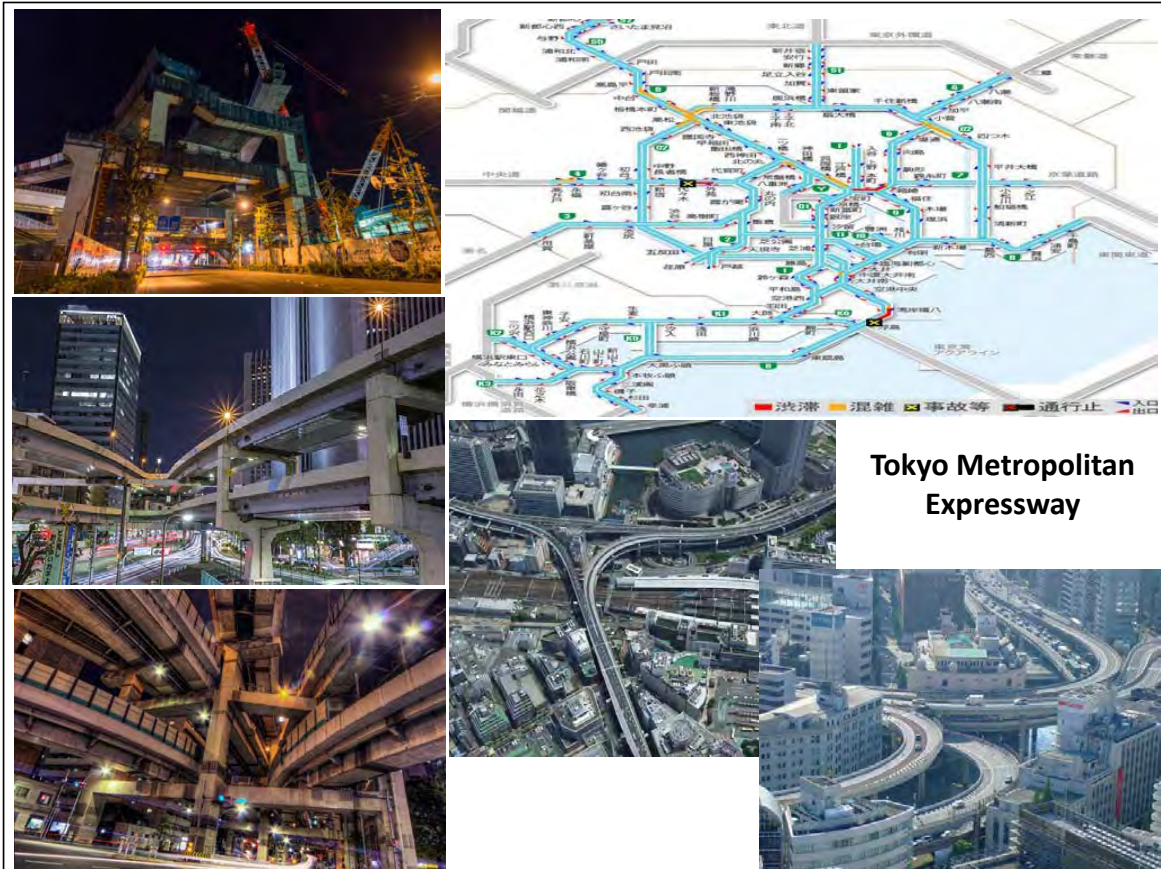
After studying of Proposed Elevated Corridor, following structures are recommended.

- ✓ Superstructure
⇒ Steel Box Girder with Composite Deck Slab
- ✓ Substructure
⇒ Steel Pier Column
- ✓ Foundation
⇒ PC Well



Although construction cost becomes high, but, due to increment of social benefit, EIRR value becomes higher.

23



THANK YOU



Oriental Consultants Global Co., Ltd.

添付 4

パटना市新マハトマガンジー橋建設プロジェクト 説明資料

Data Collection Survey on Road / Railway Bridge Sector

Explanatory Material of Construction of New Mahatma Gandhi Bridge in Patna

August 30, 2016



JAPAN International Cooperation Agency

Oriental Consultants Global Co., Ltd.

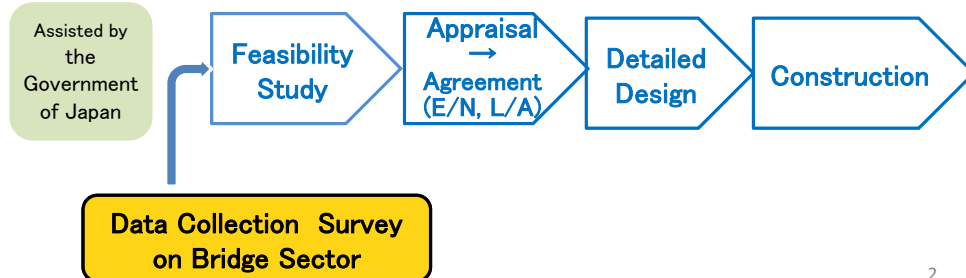
1. General

(1) Objective

- To propose most feasible structure for New Mahatma Gandhi Setu
- For the future JICA feasibility study

(2) Positioning of the Study

Flow of Japanese ODA Loan Project



2

1. General

(3) Study Schedule

- Duration: from April to November 2016
- Interim Meeting: Aug. 2016
- Draft Final Meeting: Oct. 2016
- Submission of Final Report: Nov. 2016

3

2. Significance and Necessity of New MG Setu

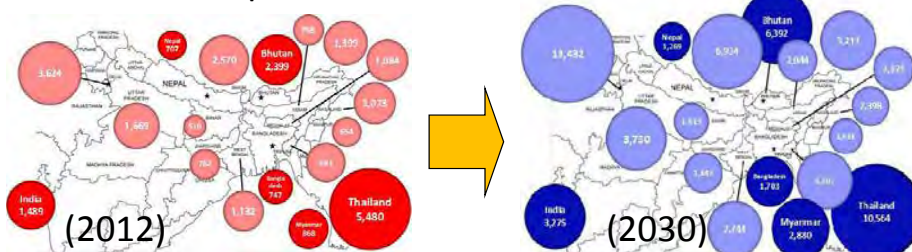
(1) Connectivity of Roads to Outside the Bihar State

Export

- Nepal: 69% of exports to India in 2012
- Bhutan: 76% of exports to India in 2012

GDP

Prediction of GDP increasing about 3 times in Bihar State, 1.8 times in Nepal and 2.6 times in Bhutan. (Source: JICA Survey in 2014)



When inter-regional logistics networks will be further developed,

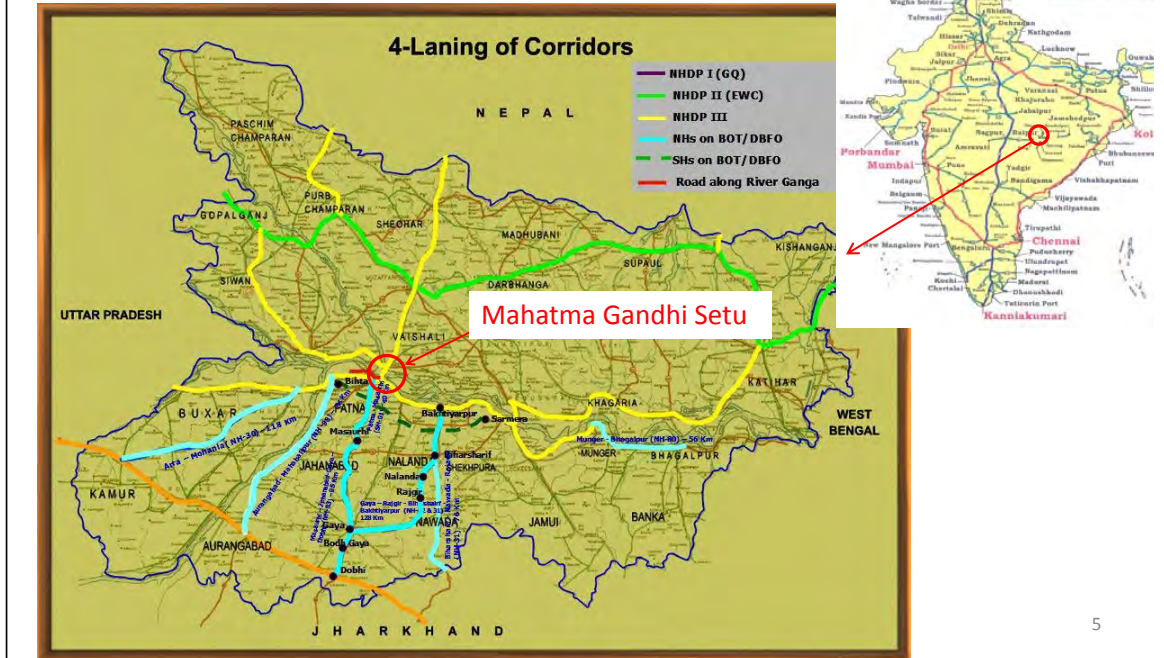
- More than 150% economic growth
- More than 350% growth of inter-regional logistics

(Predicted by JICA Survey in 2014)

4

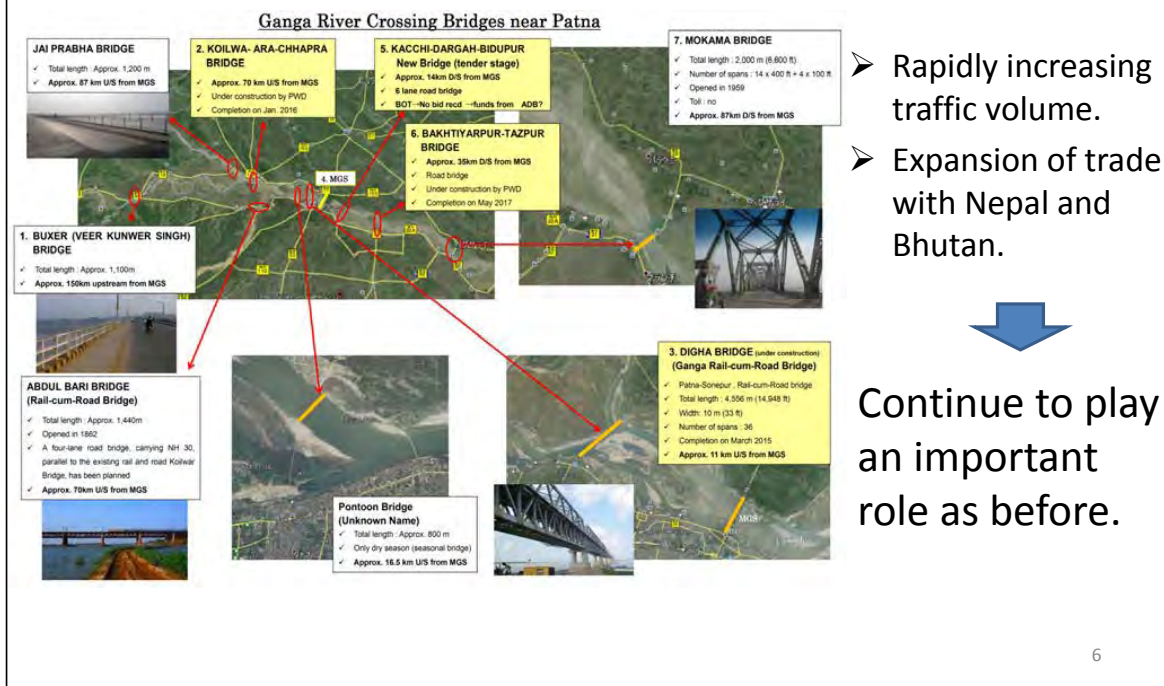
2. Significance and Necessity of New MG Setu

(1) Connectivity of Roads to Outside the Bihar State



2. Significance and Necessity of New MG Setu

(2) Roles in Local Traffic



2. Significance and Necessity of New MG Setu

(3) Traffic assignment after completion of 4 new Bridge



	Scheduled completion Year	Traffic Assignment		
		2016	2017	2018
Mahatma Gandhi Setu	—	50.8 %	35.5 %	28.7 %
Koilwa- Ara-Chhapra Bridge	2016		17.1 %	14.4 %
Digha Bridge (Railway cum)	2015	49.2 %	33.6 %	27.3 %
Kacchi- Dargah Bidupur Bridge	2017			18.6 %
Bakhtiyarpur-Bidupur Bridge	2016		13.8 %	11.0 %

(4) Future traffic demand forecast of MG Setu (2014-2052)

	Car/Taxi/Jee p etc.	Bus	LCV	Truck	Total	2-W	3-W	Tractor	Others	Grand Total Veh. / day	Grand Total PCU / day
2013	11,890	2,161	3,268	11,982	29,301	11,576	6,306	850	508	48,541	80,107
2014	13,079	2,377	3,627	13,300	32,383	12,734	6,937	850	508	53,412	88,177
2015	14,387	2,615	4,026	14,763	35,791	14,007	7,631	850	508	58,787	97,104
2016	8,090	1,472	2,260	8,287	20,109	15,408	8,394	850	508	45,269	64,167
2017	6,233	1,224	1,726	6,327	15,510	16,949	9,233	850	508	43,050	55,702
2018	5,499	1,106	1,557	5,707	13,869	18,644	10,156	850	508	44,027	54,022
2022	7,905	1,589	2,321	8,508	20,323	26,800	14,599	850	508	63,080	77,072
2027	11,615	2,335	3,572	13,091	30,613	39,379	21,450	850	508	92,800	113,627
2032	15,544	3,125	5,010	18,363	42,042	52,699	28,705	850	508	124,804	153,937
2037	20,803	4,183	7,028	25,757	57,771	70,524	38,413	850	508	168,066	209,176
2042	27,839	5,597	9,857	36,126	79,419	94,376	51,406	850	508	226,559	284,906
2047	37,255	7,490	13,824	50,669	109,238	126,296	68,793	850	508	305,685	388,799
2052	49,855	10,023	19,388	71,066	150,332	169,012	92,061	850	508	412,763	531,402

Note: Traffic Volume is from "Development of Six Lane Suspension Cable Green Field Bridge over river Ganga from Kacchi Dargah on NH-30 to Bidupur in Dist Vaishali on NH-103, 2013" and forecasted in METI Study in 2014.

2. Significance and Necessity of New MG Setu

(5) Necessity of New MG Setu

According to Highway Capacity Manual (AASHTO)

2 Lanes < 20,000

20,000 < 4 Lanes < 80,000

80,000 < 6 Lanes

unit [PCU/DAY]

According to Traffic Demand Forecast,

Year 2022 => 4 Lanes Required

Year 2027 => 8 Lanes Required

New MG Setu is required



3. Location of New MG Setu and Connection to existing road

(1) Location of New MG Setu



Location of New MG Setu will be decided by Scouring and Construction near existing bridge => 50~100 m

9

3. Location of New MG Setu and Connection to existing road

(2) Land Status at Patna City Side



Some space for New MG Setu is secured

10

3. Location of New MG Setu and Connection to existing road

(3) Land Status at Hajipur Side



Most of area is for farm land, but, there is some houses beside existing road.

11

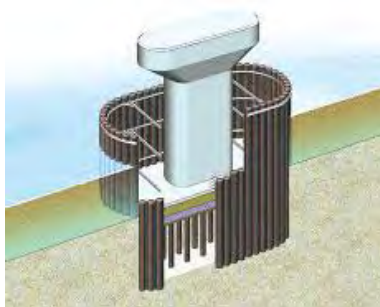
4. Introduction of Applicable Bridge Types for New MG Setu

(1) Foundation

Steel Pipe Sheet Pile (SPSP) Foundation

SPSP foundation can be adopted for New MG Setu.

- ◆ Not required Temporary Cofferdam separately
- ◆ Large bearing capacity and compact foundation
- ◆ Fast and safe construction after driving steel pipes
- ◆ Advantageous for scouring and seismic force



12

4. Introduction of Applicable Bridge Types for New MG Setu

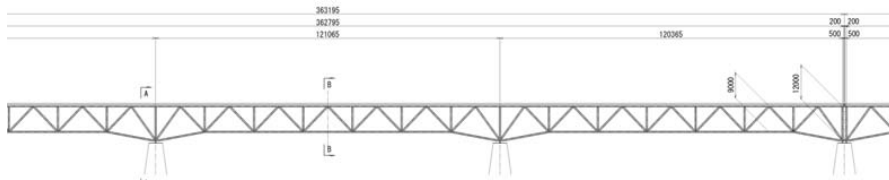
(2) Superstructure

Span length of Existing MG Setu : 121m (47 spans)

1) In case of same span length (121m),

Continuous Steel Truss with Composite Slab

- Existing MG Setu will be replaced by Steel Truss
 - Unify of Bridge Type (Steel Truss Bridge)
- Passing of many overloaded trucks
 - Required high durability → Composite slab
- Required shorter construction period
 - Steel Truss + Composite slab

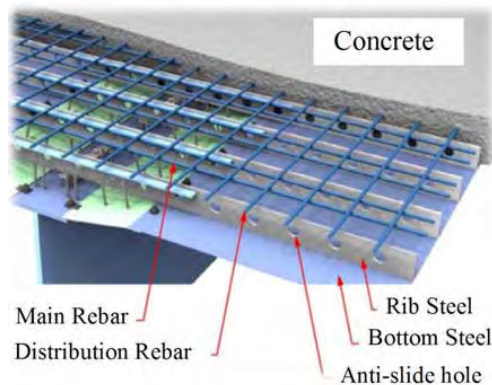


13

4. Introduction of Applicable Bridge Types for New MG Setu

Composite Slab

Steel-concrete composite slab is applied to steel truss bridge



Bottom steel plate serves as rebar, formwork, working platform and scaffoldings

1. Higher durability (**more than double for conventional RC slab**)
2. Shorter construction period by 2 months due to less rebar arrangements, form works and scaffoldings.
3. Better working conditions on site
4. No fear of leak of wet concrete and cement milk to the river

14

4. Introduction of Applicable Bridge Types for New MG Setu

(2) Superstructure

2) In case of double span, Span Length will be 242m

Hybrid Extra-dosed Bridge

Conventional PC ED Bridge : 100-200m (max. 220m)

→ Hybrid ED Bridge 200-270 (max. 275m)

Image of New ED Bridge (Span Length : 242m)



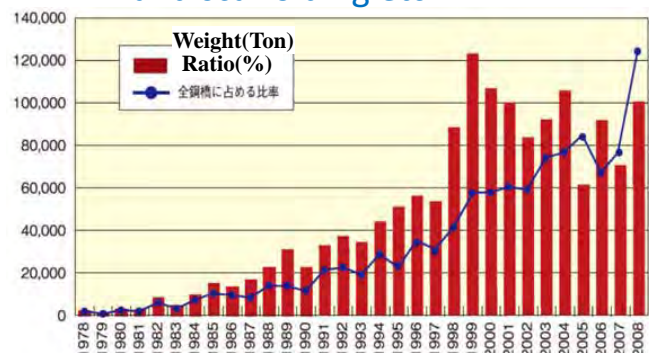
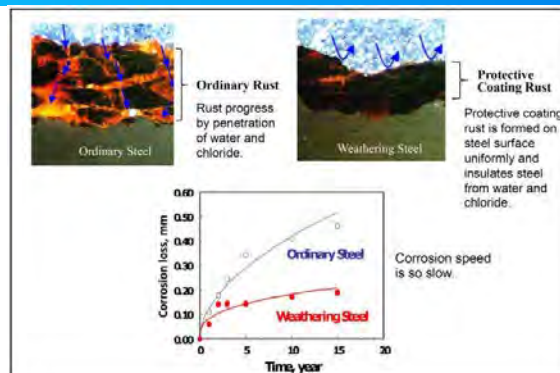
15

4. Introduction of Applicable Bridge Types for New MG Setu

Weathering Steel

Weathering steel is a high strength steel to resist corrosion.

- Initial Cost is almost same as Ordinary Painting Steel
- It can reduce a Life Cycle Cost
⇒ painting material and works and scaffolding etc.



It is adopted in approximately 25-30% and 40-50% of all steel bridges in Japan and United States respectively.

16

5. Next Step

Recommended Bridge Type of New MG Setu will be proposed in October.

