

7.2.6 第 1 期-B 以降の区間の路線計画変更の可能性

(1) Eastern Freight Corridor

1) Khurja - Ludhiana

後から追加されたこの区間は、計画の熟度が低く、地形図や計画線形の資料が提供されていない。但し沿線に市街地が発達しており、既存の ROB も多く存在することから、迂回ルートを含め詳細な調査が必要である。

2) Sonnagar - Mughal Sarai

Mughal Sarai は規模が大きく配線も複雑であるため、RITES の計画も定まっていない。一方、三線化工事も進められた結果、需要に対する線路容量には当分の間余裕がある。従ってこの区間については、全体計画（Howrah までも含め）の中の位置付けをどうするかによって、大きく左右されることが予想されるため、今後の推移と方針によって詳細調査が必要となると思われる。

(2) Western Freight Corridor

1) Jasai - Panvel

この区間は、地形の変化が激しく、Jasai - Dapoli 間の山間を通り抜ける箇所では RITES の縦断図を精査した結果、既存線に併走する DFC の FL が既存線の FL より 10m 以上も低い位置にあることが判明した。衛星画像で見える限りでは、山が迫っており他の低い場所を通すことは不可能と思われる。このため Jasai から Panvel に向かって直線的にトンネルを通す案も考えられる。前後の取り付けも、高速道路横断等を考慮してルートの検討を行う必要があり、詳細な調査を必要とする。

2) Vasai Road - Virar

この区間は、既存市街地が多く存在し、海岸線に山地が迫っており Vaitarna River とその周辺は湿地帯が存在している。また鉄道もこの間は複々線となっており、沿線市街地の発達によって架替えが困難な既存 ROB が 3 箇所が存在している。従ってこの区間は迂回ルートとした方が良く考えられる。Virar - Bhilad 間にも既存の ROB が 3 箇所存在している為、併せて検討の余地があり、測量や地質調査など詳細な調査が必要である。

3) Jora Vasan - Navsari

この区間も、沿線に市街地が発達しており、近い将来 ROB 化すべき交通量の非常に多い踏切が集中している。TVU $\geq$ 900,000 の踏切が 5 箇所、TVU $\geq$ 100,000 の踏切が 3 箇所、その他踏切が 8 箇所、計 16 箇所の踏切が約 26 km 間に存在しており、この区間は DFC を高架化すべきである。既存線に沿って高架化する場合、軟弱地盤でないことが条件となる。迂回ルート案も含め、詳細な調査が必要である。

7.3 停車場の配置と配線

7.3.1 DFC における停車場の種別と役割

DFC の役割は貨物列車の輸送路に特化されており、DFC の線路は既存線にある貨物駅（引込み線を含む。）の間を運行するユニットレイン方式の貨物列車が通行するのみである。

従って、DFC 路線内には、貨物の積卸し・貨車の留置等を行ういわゆる貨物駅も、機関車・貨車の検査・修繕・待機に対応する車両基地も設けられない。

DFC における停車場は、上記の DFC の役割に対応して、次の 2 種類を設ける。

1) Junction Station 及び Terminal Station:

Junction Station は並行既存線の主要拠点駅と対応して設け、連絡線により既存線と結ぶ。ここにおいて DFC と既存線の間の貨物列車の出入りがなされ、DFC 線を通っての長距離貨物輸送が行われる。このうち、両回廊の端部（分岐線を含む。）に位置する 6 駅を Terminal Station と呼んでいるが、停車場としての機能と役割に大きな違いはない。

列車は、DFC 本線と、フィーダー線等の既存線との間を行き来するので、それぞれの路線及びこれらを結ぶ連絡線のダイヤに合わせる時間調整のための待機、乗務員の交代・機関車の交換・給油（フィーダー線の性格上必要な場合）、列車の分割併合（将来 DFC に有効長 1,500m 対応の列車を運行する場合）等に必要な機能、及び後述の Crossing Station に必要な機能を備える。

2) Crossing Station

Junction Station/Terminal Station のみでは駅間が約 50～200km（最長 237km）と長く、異常時や車両故障発生時の列車・車両の抑留、単線区間における行違い、速度の異なる列車同士の待避・追越し、保守用車両等の待避・一時留置等の円滑な列車の運行及び施設・車両の保守管理に関する必要性に対して十分ではないので、この面から Crossing Station を設ける。

3) 最大停車場間隔

停車場は Junction Station/Terminal Station 及び Crossing Station を合せた停車場間隔が最大で 40km となるよう配置する。当面単線で建設・運営する Khurja・Ludhiana 間においては、これに加えて行違いのみを目的とした Crossing Station を、駅間が約 10km 以下となるよう配置する。（TKD に着発する列車のみを通す Pirthala・TKD 間を除く。）

Crossing station の位置は、鉄道部内の業務のみのための施設であるので、用地選定の自由度が高く、最大駅間距離の条件を満たす範囲で用地を取得しやすい箇所を選ぶことができる。

7.3.2 停車場に関する規格

DFC における停車場に関する規格は次のとおりである。

1) 停車場線路有効長

IR の BG (Broad Gauge: 1,676mm) 線の CSR (Clear Standing Room、日本の停車場線路有効長とは若干定義が異なる。) は 686m と規定されており、ほぼ全線に亘ってこの規格で建設されている。貨物輸送はこの有効長に対応するユニットトレインの直行輸送のみを取扱って、効率化を図っている。（最近の改良、新設においては 716m

と）しているが、これは過走余裕の拡大と将来拡張を念頭に置いたもので、ほとんどが 686m である現時点においては、これに対応する列車の運行は途中での待避・行違いができないため不可能である。）

IR の規定上では CSR 一杯まで長さの列車の運行が許されているが、これでは僅かの停止位置のずれも許されないので、実際の運行には余裕を見ることが必要であり、現実には 686m に対して機関車重連の場合で 670m 程度である。

DFC は CSR 1,500m (750m×2) で計画が進められており、これは更なる余裕と将来の輸送力増強を考慮したもので、当面は CSR 686m 対応の列車のみの運行となる。

将来 CSR 1,500m 対応の列車を運行する場合には、機関車・貨車の動力/ブレーキ性能・強度及び DFC 外のフィーダー線・その他の既存線の CSR から、DFC 線上は 750m 以下に対応する列車 2 列車を併結して運行し、DFC 外では分割した 2 列車を運行することとなる。DFC 外の区間が限定される輸送に関しては、その区間の CSR を 1,500m に改良することにより 2 列車併結のままの運行も可能である。将来、DFC 上に ICD・Logistics Park 等を展開する場合は、1,500m 対応とすることも可能である。

〔参考〕牽引重量

DFC の牽引重量は CSR 1,500m において 15,000t (グロス) 牽引を目標としているが、許容軸重・荷重密度・運行方式（2 列車併結か否か）、貨車の構造、積荷の比重によって異なる。それぞれの条件における牽引重量は次のとおりである。（今後設計する貨車によるので想定である。）

・ 軸重 25t、CSR 686m

石炭・鉱石等	$100t \times 58 = 5,800t$
袋詰めセメント・穀物等	$100t \times 40 = 4,000t$
コンテナ	$4TEU \times 33 = 132TEU$
（最大重量）	$100t \times 33 \times = 3,300t$
（ウェルタイプ・ダブルスタック）	

・ 軸重 25t、CSR 686m×2

石炭・鉱石等	$100t \times 58 \times 2 = 11,600t$
袋詰めセメント・穀物等	$100t \times 40 \times 2 = 8,000t$
コンテナ	$4TEU \times 33 \times 2 = 264TEU$
（最大重量）	$100t \times 33 \times 2 = 6,600t$
（ウェルタイプ・ダブルスタック）	

・ 軸重 30t、CSR 686m

石炭・鉱石等	$120t \times 62 = 7,440t$ (12t/m)
袋詰めセメント・穀物等	$120t \times 40 = 4,800t$
コンテナ	$4TEU \times 33 = 132TEU$

(最大重量)	$100\text{t} \times 33 \times = 3,300\text{t}$	
	(ウェルタイプ・ダブルスタック、コンテナ自体の重量制限から許容軸重増加で変わりはない。)	
[3 軸ボギー連接車の場合]	$4\text{TEU} \times 36 = 144\text{TEU}$	
(最大重量)	$374\text{t} \times 9 \times = 3,370\text{t}$	
	(ウェルタイプ・ダブルスタック・中間 3 軸ボギー 4 車体連接の場合、積付け制限あり。)	
・ 軸重 30t、CSR 686m×2		
石炭・鉱石等	$120\text{t} \times 62 \times 2 = 14,880\text{t}$	(12t/m)
袋詰めセメント・穀物等	$120\text{t} \times 40 \times 2 = 9,600\text{t}$	
コンテナ	$4\text{TEU} \times 33 \times 2 = 264\text{TEU}$	
(最大重量)	$100\text{t} \times 33 \times 2 = 6,600\text{t}$	
	(ウェルタイプ・ダブルスタック、コンテナ自体の重量制限から許容軸重が増加しても変わりはない。)	
[3 軸ボギー連接車の場合]	$4\text{TEU} \times 36 \times 2 = 288\text{TEU}$	
(最大重量)	$374\text{t} \times 9 \times 2 = 6,740\text{t}$	
	(ウェルタイプ・ダブルスタック・中間 3 軸ボギー4 車体連接の場合、積付け制限あり。)	

2) 停車場構内最急勾配、軌道中心間隔

DFC の停車場構内の最急勾配及び軌道中心間隔は次のように定められている。勾配は、停車場構内では留置車両の転動防止のため、他の部分より低く抑えられている。

最急勾配	$1/1,200$ (0.83‰)
(やむを得ない場合)	$1/400$ (2.5‰)
軌道中心間隔	5.5m

(貨車の開扉走行等を考慮して停車場外でも広めに設定しているので、構内作業を考慮しても、同じ 5.5m で十分である。)

7.3.3 停車場の配置

DFC では Junction Station/Terminal Station と Crossing Station を合せた最大停車場間隔を 40km として計画している。車両計画・運行計画の面から列車種別によって運行速度に差

がある場合には、頻繁な待避・追越しを必要とし、このような長い駅間では計画に対して輸送力が不足するか、車両性能の如何に関わらず最も速度の遅いものに速度を合せなければならない（この場合必要車両数が増加する。）こととなる。

DFC においては、開業当初は、既存の機関車・貨車をも使用するので列車に速度差があるが、この時期はまだ輸送量が小さいのでこの駅間で対応が可能である。将来は計画通りの速度・加速度（最高速度 100km/h）で運行可能な車両に統一するよう計画している。

単線区間の場合の 10km 間隔は、1 時間当り 2 往復の運行は可能であり、妥当であると考えられる。将来、単線での最大限まで容量を拡大することが必要となった場合には、この線は、空車列車を含む種々の貨物列車が運行されること、時間帯により列車の種別に差があること、これらにより最高速度が統一されたとしても加速度に差があること、行違いの場合停車・通過の差があることから、これに対応できる同一方向の続行運行を可能とする駅間での閉塞割り可能な単線自動信号システムを採用することも可能である。

表 7-2 に、PETS-II における停車場配置計画を示す。Junction/Terminal Station の配置は輸送計画に対して概ね妥当と考えられるが、レイアウトの詳細及び現地の状況を考慮した実際の位置等には問題点が残っている。Crossing Station は、鉄道部内の業務上の必要のためだけに設けるものであるので、立地の自由度は高いが、この配置は、市街地、集落、交差道路、重要施設、線路勾配、曲線等の条件を確認してのものではない。（停車場間隔の上限が 40km/10km に対してほとんどが 40km/10km で配置されているが、制約条件を考慮すると不可能である。）計画ルート沿線の状況から、適地を選んでの概ねこれによる実施は可能である。

路線計画及び停車場計画については、社会環境・自然環境、地域計画・地域交通、地形・地質等の観点から見直しが必要であり、調査団は「ガイドライン・デザイン」としてこれらの要素により見直した計画の概要を、後述のように、提案している。停車場に関しては、停車場自体の見直しと、本線ルートの見直し（特に迂回ルートの拡大・追加・変更）に伴うものがある（両方によるものもある。）。

表 7-2 DFC の停車場配置 (PETS-II)

(1) 西回廊

No	駅 名	DFC キロ程(km)	駅間距離(km)	位置(*注記)	種別、No.	記事
1	JNPT	7			Terminal 1	
2	Nilaje	45	38		Crossing 1	
3	Vasai Rd.	79	34		Junction 1	
4	Palghar	117	38		Crossing 2	
5	Gholvad	157	40		Crossing 3	
6	Vapi	197	40		Crossing 4	
7	Joravasan	237	40		Crossing 5	
8	Navasari	276	39		Crossing 6	
9	Gothangam	316	40		Junction 2	Corresponding to Surat
10	Sanjali	351	35		Crossing 7	
11	Varedia	389	38		Crossing 8	
12	Makarpura	427	38		Junction 3	Corresponding to Vadodara
13	Vasad	467	40		Crossing 9	
14	Changa	503	36		Crossing 10	
15	Nyka	538	35		Crossing 11	
16	Sabarmati	572	34		Junction 4	Corresponding to Ahmadabad
17	Ambliyan	608	36		Crossing 12	
18	Bhandumotidy	640	32		Crossing 13	
19	Sidhpur	676	36		Crossing 14	
20	Palanpur	710	34		Junction 5	
21	Shri Amirgadh	745	35		Crossing 15	
22	Bhimana	780	35		Crossing 16	
23	Keshavganj	815	35		Crossing 17	
24	Biroliya	850	35		Crossing 18	
25	Jawari	888	38		Crossing 19	
26	Marwar	924	36		Junction 6	
27	Chandawai	959	35		Crossing 20	
28	New Bar	988	29		Crossing 21	
29	Pipla	1,020	32		Crossing 22	
30	Saradhana	1,051	31		Crossing 23	
31	Kishangarh	1,091	40		Crossing 24	
32	Sali-Sakhun	1,120	29		Crossing 25	
33	Phulera	1,148	28		Junction 7	Corresponding to Jaipur
34	Malikapura	1,187	39		Crossing 26	
35	Shrimandopur	1,223	36		Crossing 27	
36	Bhageoa	1,255	32		Crossing 28	
37	Dabla	1,288	33		Crossing 29	
38	Ateli	1,324	36		Crossing 30	
39	Rewari	1,355	31		Junction 8	
40	Dharuhera	1,391	36		Crossing 31	
41	Pirthala	1,429	38		Junction 9	Near Asaoti, Branching to TKD
42	Tigaon	1,450	21		Crossing 32	
43	Dadri	1,483	33		Terminal 2	
44	Tuglakabad	1,461	32		Terminal 3	Pirthara 分岐の支線

(2) 東回廊

No	駅 名	DFC キ ロ程(km)	駅間距 離(km)	位置 (*注 記)	種別、No.	複線/ 単線	記事
	(Hawrah)			0			
1	Sonnagar			549	Terminal 1	W	
2	Shiuasgar Rd.-		39	588	Crossing 1	W	
3	Bhabua Rd.-		39	627	Crossing 2	W	
4	Ganjkhwaja		39	666	Junction 1	W	Mughal Sarai 地区
5	Mughal Sarai B.H. “K”		7	673	Junction 2	W	
6	Jeonathpur		8	680	Junction 3	W	
7	Kailahat -		22	702	Crossing 3	W	
8	Vindhyachal		43	745	Crossing 4	W	
9	Unchidhi -		39	784	Crossing 5	W	
10	Chheoki -		31	815	Junction 4	W	Allahabad 地区
11	Bamhraul-		26	841	Crossing 6	W	
12	Shujatpur -		39	880	Crossing 7	W	
13	Sath Naraini -		40	920	Crossing 8	W	
14	Malwan -		40	960	Crossing 9	W	
15	Prempur		31	991	Junction 5	W	Kanpur の Sonnagar 方
16	Bhaupur		47	1,038	Junction 6	W	Kanpur の Khurja 方
17	Ambiapur -		38	1,076	Crossing 10	W	
18	Pata -		40	1,116	Crossing 11	W	
19	Ekdil -		36	1,152	Crossing 12	W	
20	Balrai -		38	1,190	Crossing 13	W	
21	Makanpur -		37	1,227	Crossing 14	W	
22	Tundra		23	1,250	Junction 7	W	
23	Barhan -		38	1,265	Crossing 15	W	
24	Hatras -		36	1,301	Crossing 16	W	
25	Daud Khan		18	1,319	Junction 8	W	Alighah の Sonnagar 方
26	Khurja		47	1,366	Junction 9	W	
---	Dadri		49	1,415	Terminal --	W	西回廊所属
	(Khurja)			0			
27	Khurja City -		10	10	Crossing 17	S	
28	Maman -		10	20	Crossing 18	S	
29	Buland Shahr		10	30	Crossing 19	S	
30	Chhaprawat -		10	40	Crossing 20	S	
31	Hirdayapur K. -		10	50	Crossing 21	S	
32	Hafizpur -		10	60	Crossing 22	S	
33	Hapur Jn. -		10	70	Crossing 23	S	
34	KharKhanda -		10	80	Crossing 24	S	
35	Nurnagar -		10	90	Crossing 25	S	
	(Meerut City)		(-26)	92.75=>67.17(From Delhi)			
36	Meerut Cantt. -		10	74	Crossing 26	S	
37	Daurala -		10	84	Crossing 27	S	
38	Sakhoti Tanda -		10	94	Crossing 28	S	
39	Khatauri -		10	104	Crossing 29	S	
40	Mansurpur -		10	114	Crossing 30	S	
41	Muzaffar N. -		10	124	Crossing 31	S	
42	Baman Heri -		10	134	Crossing 32	S	
43	Rohana Kalan		10	144	Crossing 33	S	
44	Deoband -		10	154	Crossing 34	S	

No	駅 名	DFC キロ程(km)	駅間距離(km)	位置(*注記)	種別、No.	複線/単線	記事
45	Nangal		10	164	Crossing 35	S	
46	Tapri Jn. -		10	174	Crossing 36	S	Saharanpur の Kulja 方
47	Saharanpur Jn. -		10	184	Crossing 37	S	Saharanpur の Ludhiana 方
48	Sarsawa -		10	194	Crossing 38	S	
49	Kalanaur		11	205	Junction 10	S	
50	Jagadri -		9	214	Crossing 39	S	
51	Darazpur -		9	223	Crossing 40	S	
52	Mustafabad -		10	233	Crossing 41	S	
53	Barara -		9	242	Crossing 42	S	
54	Kesri -		10	252	Crossing 43	S	
55	Dukheri -		11	261	Crossing 44	S	
56	Ambara City -		9	270	Crossing 45	S	
57	Sambhu -		10	280	Crossing 46	S	
58	Rajpura		10	290	Junction 11	S	
59	Rajpura Jn. -		8	298	Crossing 47	S	
60	Sarai Banjara		8	306	Crossing 48	S	
61	Sirhind		9	315	Junction 12	S	
62	Mandi G. -		11	326	Crossing 49	S	
63	Khanna -		10	336	Crossing 50	S	
64	Chawapail -		11	347	Crossing 51	S	
65	Doraha		10	357	Crossing 52	S	
66	Dhandarikalan		11	368	Terminal 2	S	Ludhiana の手前の貨物駅

Source: PETS-II

注記: 各駅のキロ程、駅間距離、総延長は、迂回ルート、停車場の機能・規模に関わる停車場内本線ルート等が未確定であるので、確定した一貫したものでなく、かつ概算である。(合算したとき若干総延長と合わない場合がある。)

*) 位置は 既存線の接続駅あるいは直近のキロ程を示す。

東回廊の Crossing Station において「Shiuasgar Rd.-」のように示すものは、その駅と次の駅の間に設けることを示す。

7.3.4 DFC の停車場に必要な機能と設備

(1) Junction Station 及び Terminal Station

Junction Station/Terminal Station に必要な機能と設備を挙げると次のとおりである。

1) 着発線

DFC 本線と、フィーダー線等（フィーダー線及びその他で DFC と列車の出入りのある既存線）とのダイヤのずれを調整するために、出入りする列車は一旦停止・待機することが必要となる場合が多い。本線の列車の円滑な運行確保するためには、着発線を設けることが不可欠である。(将来、有効長 1,500m 対応の列車を運行する場合には、DFC に入る場合には列車の併合が、DFC を出る場合には列車の分割が必要であり、出入りする列車は必ず停車・作業及び待機が必要となる。既存線側の駅あるいは下記の連絡線上でこの作業を行う方式も可能である。特に DFC 本線と平面交差して出入りする場合には、DFC 本線に対する支障回数が少なくするためこの方式が必須である。)

DFC では、ほとんどが 1,000km を超える列車を運行するものであり、途中での乗務

員の交代が不可欠である。このため、ほとんど全列車が乗務員の交代のため停車する乗務員基地を備えた Junction Station を計画することが必要である（候補駅：西回廊－Makarpura、Marwar、Phulera、東回廊：Mughal Sarai、Bhaupur、Khurja 他）。これらにおいては、停車及び交代に伴うロスタイムが生じるため本線に加えて着発線 1 線が必要である。このための着発線は上記のものを兼ねることはできない。

2) DFC とフィーダー線等とを結ぶ連絡線

DFC とフィーダー線等の既存線の間の列車の出入りのために双方の停車場間を結ぶ連絡線が必要である。連絡線は列車本数により複線/単線、本線と立体交差/平面交差を選択して計画される。それぞれのヤードの着発線間を結ぶことを原則とするが、Junction Station のメインヤードの外の支線との交点付近等で結ぶ場合には、合流側については合流点で一旦停車しても後部が本線を支障しない配線が必要である。また、登り勾配で一旦停車することにならないよう水平部を設けることが必要である（専ら空車回送が対象の場合、及び臨時あるいはごく少数の列車の取扱いに対応する場合は除く）。

Junction Station/Terminal Station における立体交差は、交差角を取るため線路同士が大きく離れる、跨線道路橋も跨道橋も設けられない地平線と高架/高盛土線が接近してできる、跨線道路橋も跨道橋も設けにくい長大な取付け部の斜路ができる、等の問題を抱えており、地域の分断・広大な用地の収用等社会環境への影響が大きい。更に、DFC においては重量貨物列車を運行するという役割のため、勾配が制限されており、その他の条件も加わり取付け部の長さは 1,500m～2,000m 余と特に長くなり、その影響が大きい。

取付け部が特に長くなる要素には次のものがある。

- ・ 最急勾配の制限： $1/200=5\text{‰}$
- ・ 曲線補正： $R_d \times 0.04\%$ (R_d ：度で表した曲線)
立体交差には必ず曲線が伴うので影響は大きい。4 度= $R437\text{m}$ の曲線においては 3.4‰ (5‰ の約 $2/3$) に抑えられる。
- ・ 縦曲線と緩和曲線の競合禁止： 立体交差に不可欠の平面曲線の緩和曲線部に縦曲線が入るのを防ぐため勾配の始点・終点が先送りされる。
- ・ ダブルスタック： DFC の線路は建築限界が高いため、これを越える立体交差のための取り付けが一般の路線より遥かに長い。

従って、立体交差の採否は、輸送需要・建設費・社会環境影響と合せての総合的な検討により決定すべきである。また、立体交差の採否は Junction Station の位置選定にも大きく関係する。

機関車牽引であるので折返しとなる場合にはエンド交換が必要で、このための機廻り線等の設備、入れ換え作業の要員が必要となるとともに時間のロスも生じることとなる。しかし、これを避けるためには、三角線あるいはクローバー形配線が必要となるが、鉄道の場合曲線半径が大きく、地域の土地利用・土地収用等社会環境面の影響が大きい。一方、本数が少ない流れであれば、鉄道の場合は道路と違って折返しも可能であり、立体交差の場合と同様、採否は、輸送需要・建設費・社会環境影響と合せての総合的な検討により決定すべきである。

PETS-II に示されている現時点の構想では、輸送量の特により少ない連絡ルートを除いて、立体交差・三角線/クローバー形が多用されており、西回廊の Sabarmati、東回廊の Mughal Sarai 地区等の拠点駅では、高速道路のインターチェンジのような、クローバー形の配線が計画されている。

現在の鉄道網を建設した時代と、土地利用、道路交通等の社会環境は大幅に異なり、鉄道の立場だけでの計画は通らなくなっており、特に、既存線並行区間以外の区間における道路との平面交差（踏切新設）はできない状況にあり、立体交差・三角線/クローバー形を採用する場合には綿密な検討と関係者との協議が必須条件である。

一方、これらの設備は開業当初の輸送量においては設けられてなくても済むものもあり、時間をかけての計画・協議を見込んだ将来の増強計画とすることも可能である。この場合、計画は将来の可能性に十分配慮したものであることが不可欠であるとともに用地の確保だけは必要である。

3) 駅事務室・控室等

Junction Station には列車扱い・信号扱い・機関車交換（一部の駅）・エンド交換（一部の駅）等の駅要員のため、駅事務室・控室等が必要である。

4) 機関車交換、乗務員交代・待機、給油等のための設備

DFC とフィーダー線等とで電化／非電化の違いがある場合には機関車交換が必要であり、機廻り線・機待線等の設備が必要である。

DFC のほとんどの列車は運転区間が長く、途中駅での機関士等乗務員の交代があり、これに対応する事務室・待機設備等が必要である。

これらの設備は全ての Junction Station/Terminal Station に設けることは必要ではない。各駅の位置・役割による。場合によっては、DFC 外の既存線拠点駅に設けるか既存のものを使用するかもよい。

現在 IR においては貨物列車に Brake Van（緩急車）を連結して車掌を乗務させているが、すでに一部列車において省略している。この Study においては Brake Van・車掌の省略を提案しており、停車場計画においてもこれを前提としている。省略をしない場合には、折返し運行、分割・併合（1,500m 対応列車を運行する場合）における Brake Van の入換・待機及び車掌の交代に対応する事務室・待機設備等が更に必要である。DFC 線内のみ廃止する場合には、Junction Station における連結・開放・入換・留置のための設備・作業要員に多大なコストを要するので、むしろ線内は車

掌は乗せずに回送するほうが経済的となる可能性が高い。

この Study では DFC は電化することで計画しており、機関車の給油は考慮していないが、非電化とする場合は給油設備及び給油のための停車時間に対応する待避線が、更に必要である。非電化のフィーダー線と出入りする列車に関しては、DFC を出てから最寄の拠点駅までは電化を延長して、交換はそこで行う方がよいと考えられる。

5) Crossing Station としての設備

次項に示す待避線等 Crossing Station に必要とされる機能と設備は、Junction Station/ Terminal Station にも、それぞれ上記に加えて設けられていることが必要である。用地等の状況等で困難な場合には、Crossing Station を別に設けて、これにより最大駅間距離の条件を満たすようにしてもよい。

(2) Crossing Station

Crossing Station に必要な機能と設備を挙げると次のとおりである。

1) 待避線

異常時や車両故障発生時の列車の抑留、車両故障・事故等で所定の速度で走行できない列車・救援を受けて回送されてきた列車の収容、一部の速度の遅い列車・保守用車（回送速度が遅い。）の待避、作業終了から次の作業までの保守用車の一時留置のための出入り、等のため上下各 1 本の待避線を備える。

Junction Station/Terminal Station においては、この目的の待避線と必要な着発線を兼ねることはできない。使用目的が異なるので競合するおそれがある。着発する列車が少なく、着発線の使用頻度が小さい場合に限り、異常時には上下で融通することを考慮して上下各 1 線とすることもやむを得ない。

将来列車本数が著しく増加した時点に、異常時において列車を停車場外に長時間放置する事態を避けるため、すべての停車場が上下計 4 本以上のループを（この他に本線が 2 本ある。）備えることが望ましく、用地の確保及び増強を配慮した配線が必要である。

2) 単線区間の待避線

当初単線で建設する Khurja・Ludhiana 間においては列車の行違いの必要性から最大 10km の駅間で Crossing Station を計画している。これらの Crossing Station 36 駅のうち 26 駅は、行違い・追越しのみを役割として CSR 750m のループ 1 線のための設備でよい。CSR 1,500m 対応列車の運行開始に先立って複線化を行う見通しであるので、750m で十分であり、ループを 1 線とすることによって複線化後は不要となる 3 線目の用地の取得を避けることができる。

3) 保守用車両留置線・Hot Axle Siding

マルチ（Multiple Tie-tamper）、架線点検・作業車等の保守用車両は、作業終了後遠方の保守基地に帰るのでなく、速やかに最寄りの留置線に収容されることが必要

である。このための留置線を待避線に付帯する枝線の形で設置する。直接本線に繋がらないので、本線対応の信号設備を必要としない。

貨車の軸箱の品質の関係で、軸箱過熱の発生頻度が高い。軸箱過熱貨車が発見された場合にはこれを引抜き、留置することが必要で、このため Hot Axle Siding を各駅に設ける。軸箱過熱貨車のみでなく、その他の故障車両が待避線を占拠することを避けるためにも有効である。

上下線に各 1 組設けるが、ループ 1 線のみの Crossing station においてはこれらを 1 組のみ設ける。

7.3.5 DFC の停車場計画の現況と課題

(1) 計画の進捗状況

DFC の停車場の計画については、大まかな構想（規模・機能及び位置）が PETS-II に示されているが、詳細については本線ルート（主として迂回路）とともに詰めの段階で、決定は 10 月以後となる見通しである。立体交差・三角線・クローバー形を大幅に採用する大掛かりな構想で、中でも、西回廊の Sabarmati 及び東回廊の Mughal Sarai 地区は、それぞれ既存線の拠点駅と対応しており、特に大規模かつ複雑な Junction Station として計画されている。

このように、地域の土地利用・道路交通等社会環境に多大なる影響がある計画であるので、詳細を詰めるに当たっては、これらに対して十分な配慮と検討がなされなければならない、既に開発が進んでいる現地と計画の整合が難しく、進捗が滞っている。

迂回路を主とした本線ルートについても見直しが必要で、その選定に伴って停車場の位置が変わる場合もある。

西回廊においては Rewari の計画は、トンネルルートの見直しの結果により全く変わる可能性があるため、Hisar 及び Gurgaon 方面の連絡線だけを先行しなければならない状況にある。

東回廊の Mughal Sarai 地区は、IR 有数の大ヤード及び東北方に伸びる Patna Jn. 方面（Main Line）・西北方に伸びる Lucknow 経由 Panjab 方面両幹線が関係しているため、計画の方向付けがほとんど進んでいない状況にある。Allahabad 地区及び Kanpur 地区は、市街化の進展が早く、迂回路そのものを見直さなければならない状況にあり、支線との交点が変わり、ここでの連絡を見直さなければならない状況にある。

(2) 社会環境への配慮

上述のように、立体交差・三角線・クローバー形を多用した停車場設備を設ける場合、交差角を取るため、あるいは高低差を限られた範囲内とるため、本線から大きく離れた範囲に広がった配線となる場合が多く、ダブルスタック規格の線路を越える跨線線路橋の高さを取るためには、1/200 (5‰) の勾配で 2,000m 以上の取付け部を必要とし、既存の電化線を越える場合でも 1,600m 以上の取付け部を要する。

このため、線路に囲まれ、かつ出入りできる位置が限定された使いにくい用地が多く発生

することと、道路が上にも下にも作りにくい長大な壁が出現することとなり、広い範囲の土地利用及び道路交通に影響が及ぶこととなる。

また、複線だけの本線と異なり、停車場（関係する立体交差部、三角線・クローバー形を含む）は広い範囲に亘るので、全体的な位置選定とレイアウトを慎重に行わないと、集落全体の移転を要する、道路の大きな迂回・特別高い跨線橋・何度も上り下りしなければならない跨線橋あるいは長大な壁での地域の分断をもたらすというような計画になり、社会環境影響の面から、円滑な進捗が得られないおそれもある。

このような状況から、Junction Station/Terminal Station の計画については地域の土地利用、交通等の社会環境に関する影響に十分配慮して進めることが不可欠であり、これにより実際に進捗が抑えられている。

7.3.6 DFC の停車場の計画

(1) Junction Station の計画

Junction Station の役割は、通路である DFC の線路と、貨物の積卸しを行う貨物駅につながるフィーダー線等との接続点であり、双方のヤードを結ぶ連絡線及び本線列車及び出入りする列車の円滑な運行を確保するのに必要な着発線・待避線等を設ける。

現今の土地利用・道路交通・集落の配置等の社会環境への影響に十分配慮して駅毎のレイアウトを計画する。計画の基本方針は次のとおりである。

- 1) 需要予測に基づく、2031 年の駅毎の通過列車数及び方面方向別の出入り列車数により計画する。PETS-II の記述により補完する。
- 2) 出入りの本数が少ない場合（本線横断 10 本/日未満）は平面交差とする。この場合は中線を設けて、DFC 本線列車上下を同時に支障しないよう図る。
- 3) 本数が少ない場合（出入り計 6 列車/日未満）は折返し運行を扱う。この場合は機廻線等を設ける。（ごく少数の場合は空いている線を使用する。需要予測において折返し運行がない場合でも、少数であれば、本線を使用しての取扱いは可能である。）
- 4) 出入りする列車が待機する間本線列車を支障しないよう、少なくとも上下各 1 本の着発線を設ける。出入りする列車が特に少ない場合を除き、故障列車の収容等異常時のためさらに少なくとも 1 本の待避線を設ける。
- 5) ほとんど全列車の乗務員が交代する駅には本線上を含めて 2 列車が停車できるよう、上記の線に加え上下各 1 本の着発線を設ける。
- 6) 交差する支線との出入りのため分岐を設ける場合、進入側には待避線を設ける（Junction Station 配下の信号場）。この場合できるだけ上下線間から繋いで平面交差を避けるようにする。
- 7) 1,500m 対応の列車運行を可能な設備とする。分割前・併合後に平面交差を行って本線支障を倍加しないよう外で分割/併合ができるようにする（本線横断を必要とする側のみ）。

- 8) 立体交差は外への張り出しを極力小さくするため、交差角を小さく取る。特に上下とも新設の場合は下の線がトンネル状となる RC 構造とし、交差角を 15° とするとともに高さを低くする。活線を越える場合は、交差角 $22.5^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の鋼スルー桁を目処とする。
- 9) 曲線補正、縦曲線と緩和曲線の競合禁止により取付け部が長くなるのを避けるため、可能な限り曲線は下を行く線に入れ、上を越える線の線形を良くする。取付け部が長くなるのを避けるため、頂点の高さは高くなるが、縦曲線を跨線橋部分に追込む。なお、下り込み専用の取付け部の勾配には曲線補正を適用しない。
- 10) ヤード部分の施工基面幅は約 100m とし、種々の作業スペース、設備・建物の敷地とする。迂回路における高盛土の場合には、建物は必要に応じて盛土上でなく現地盤に設ける。
- 11) 地域の道路交通の大幅な悪化がないよう配慮する。
- 12) 既存線の将来の踏切立体交差化を念頭において計画する。
- 13) 長い区間に亘って将来横断道路ができなくなることがないように配慮する。
- 14) 上記の方針で計画しても、ヤードは長い、幅広い用地を必要とするので、位置の選定は慎重に行い、集落を丸々移転しなければならないような立地は極力避ける。

(2) Crossing Station の計画

Crossing Station は、鉄道部内の業務のみのために設けるので立地の関する制約は少ない。Junction Station/Terminal Station を含めた停車場間各が 40km を越えない範囲で適地を選定する。このため、Junction Station の位置が前提となる。勾配は 1/1,200 (0.83‰) に制限されるので、間隔が小さくなくても急勾配区間は避ける。

施工基面幅は約 60m とし、2 本のループを設ける。将来列車本数が大幅に増加した時の異常時対応の余力を確保できるよう、ループを 4 本にできるよう配慮しておく。

(3) CSR 1,500m への対応

DFC は、将来の輸送需要の増に対応できるよう、CSR 1,500m で計画を進めているが、このプロジェクトのプロジェクトライフ期間中（2031 年度まで）の需要においては、CSR 1,500m 対応列車の運行は必要とならない。

2 列車併結を実施するためには、機関車・貨車ともこれに対応できる性能をもったものが必要で今後新製するものに限られるとともに、CSR 1,500m の停車場とした場合には信号等の配置から運行できる列車本数が若干減少する等の問題もあり、当初から 1,500m 対応の設備を設けることは必ずしも得策とは限らない。

この Study においては、将来の可能性を確保するため、用地のみを確保することとし、設備は CSR 750m で建設することを提案する。

7.3.7 駐車場のガイドライン・デザイン

(1) ガイドライン・デザイン

DFC のルート（迂回の要否・迂回ルートの選定）及び停車場（Junction Station の配置とレイアウト・Crossing Station の位置）については、現在実施中の詳細計画において社会環境上の配慮、施工上の問題点等に対応して一部見直しが必要である。これに対して、この Study は、これらについての「ガイドライン・デザイン」を提案する。具体的なガイドライン・デザインの提案は、早急な計画の完了と着工を要する第 1 期-A 事業区間（西回廊 Makarpura JS・Rewari JS 間、東回廊 Mugarsarai Yard・Khurja JS 間）について行う。

上述のように、DFC の建設は CSR 750m で行うこととしているが、将来 CSR 1,500m への延伸を可能とするためには、位置の選定及び用地の確保は当初から行っておく必要がある。したがって、後述の Junction Station のガイドライン・デザイン及び Junction Station 及び Crossing Station の位置選定は CSR 1,500m で実施する。

これにより位置を選定するとともに用地を確保するものとする。実際の建設は、ヤードの主要部側の 750m のみとし、本線以外の軌道及び盛土等の工事は保留するものとする。これに伴い分岐器の位置を変更することが必要であるが、配線の形態は変わらない。

(2) 各 Junction Station のガイドライン・デザイン

第 1 期-A 事業区間については、早期の EIA を含む計画決定が必要であるため、この調査において、上記の基本方針により、社会環境に配慮した機能・レイアウト・立地の Junction Station のガイドライン・デザインを作成する。

このデザインは第 1 期-B 事業以降の必要に合致するものとするが、実際の建設は必要な範囲のみとする。第 1 期-B 事業以降の建設に支障がないよう、当面使用しないものも必要な範囲は先行施工するものとする（第 1 期-A 事業の開業後は活線上空になる跨線線路橋、活線間の工事となる構造物等）。

第 1 期-B 事業以降が未定の場合、可能性のある複数の案に対応できるよう配慮するとともに用地は第 1 期-A 事業以降が実施不可能とならないよう先行して確保するものとする。

第 1 期-A 事業において建設する Junction Station は次のとおりである。

1) 西回廊

- Makarpura JS
- Sabarmati JS
- Mahesana JS （Mahesana 地区を迂回に変更するのに合わせて Junction Station を設け、DFC Delhi 方と Virangam 経由 Pipavav 方面を結ぶ機能を Sabarmati から移す。）
- Palanpur JS
- Marwar JS
- Phulera JS
- Rewari JS （第 1 期-A 事業においては Hisar・Gurgaon 方面連絡ルート、これに対応するヤード及び本線・ヤード間連絡ルートのみ）

2) 東回廊

- Jeonathpur JS (Mughal Sarai 西方) (第 1 期-A 事業においては Mughal Sarai Yard より Delhi 方のみ)
- Chheoki JS (Allahabad 東方) (Allahabad-Manikpur 線 Manikpur 方と DFC 両方向との直結連絡線を含む。)
- Manauri JS (Allahabad 西方) (迂回ルートの見直しに伴い追加する。)
- Prempur JS (Kanpur 東方)
- Bhaupur JS (Kanpur 西方) (Kanpur-Khairar 線 Khairar 方から DFC Derhi 方、DFC Sonnagar 方から Kanpur –Jansi 線 Jansi 方への直結連絡線を含む。)
- Tundra JS
- Daud Khan JS
- Khurja JS

第 1 期-A 事業区間のガイドライン・デザインにおける Junction Station 及び Crossing Station の配置を表 7-3 に示す。各 Junction Station の概要・配線略図は「Volume 4 Technical Working Paper Task2, 7-(1)」(英文のみ) に示す。

表 7-3 第 1 期-A 事業区間ガイドライン・デザイン Junction/Crossing Station の配置

西回廊

No.	Name	Type	Parallel / Detour	Chainage	Distance
13	Makarpura JS	Junction Station	Detour	420.0	
14	Vasad West	Crossing Station	Detour	454.0	35
15	Nadiad West	Crossing Station	Detour	491.6	37.6
16	Barejadi West	Crossing Station	Detour	522.0	30.4
17	Sabarmati JS	Junction Station	Detour	560.0	38
18	Ghumasan West	Crossing Station	Detour	590.0	30
19	Mahesana JS	Junction Station	Detour	611.0	21
20	Sidhapur	Crossing Station	Parallel	632*	21*
21	Palanpur JS	Junction Station	Detour	673.0	41
22	Shri Amirgadh	Crossing Station	Parallel	701*	28*
23	Swarupganj	Crossing Station	Parallel	740.5	39
24	Nana	Crossing Station	Parallel	778.0	37.5
25	Falna	Crossing Station	Parallel	814.0	36
26	Jawali	Crossing Station	Parallel	844.0	30
27	Marwar JS	Junction Station	Parallel	881.0	37
28	Chandawal	Crossing Station	Parallel	919.0	38
29	Sendra	Crossing Station	Parallel	959.0	40
30	Mangaliyawas	Crossing Station	Parallel	997.0	38
31	Gegal Akhri	Crossing Station	Parallel	1037.0	40
32	Sakhun	Crossing Station	Parallel	1073*	36*
33	Phulera JS	Junction Station	Detour	1100.0	27
34	Renwal	Crossing Station	Parallel	1132*	32*
35	Ringas	Crossing Station	Parallel	1160.0	28
36	Bhagega	Crossing Station	Parallel	1197.7	37.7
37	Jhilo	Crossing Station	Parallel	1229.0	31.3
38	Nizampur	Crossing Station	Parallel	1269.0	40
39	Kund	Crossing Station	Parallel	1291.0	22
40	Rewari JS	Junction Station	Detour	1310.0	19

記事：* 印の Chainage は Brake metre を含む。

東回廊

No.	Name	Type	Parallel / Detour	Chainage	Distance
6	Jeonathpur JS	Junction Station	Paralell	684	8
7	Dagmagpur	Crossing Station	Paralell	713	29
8	Birohe	Crossing Station	Paralell	749	36
9	Unchadih	Crossing Station	Paralell	778	29
10	Chheoki JS	Junction Station	Paralell	811	33
11	Manauri JS	Junction Station	Paralell	846	35
12	Sirathu	Crossing Station	Paralell	885	39
13	Rasulabad	Crossing Station	Paralell	923	38
14	Malwan	Crossing Station	Paralell	960	37
15	Prempur JS	Junction Station	Paralell	998.5	38.5
16	Kanpur South	Crossing Station	Detour	1031	32.5
17	Bhaupur JS	Junction Station	Paralell	1050.5	19.5
18	Parajani	Crossing Station	Paralell	1088	37.5
19	Achalda	Crossing Station	Paralell	1120	32
20	Ekdil	Crossing Station	Paralell	1151.2	31.2
21	Balrai	Crossing Station	Paralell	1185	33.8
22	Makhanpur	Crossing Station	Paralell	1224	39
23	Tundla JS	Junction Station	Detour	1258	34
24	Pora	Crossing Station	Paralell	1290	32
25	Daud Khan JS	Junction Station	Paralell	1324	34
26	Kulwa	Crossing Station	Paralell	1349	25
27	Khurja JS	Junction Station	Paralell	1374	25

出典: 調査団ガイドライン・デザイン

記事: Crossing Station の名称は仮称で、付近の既存線駅名の主要部充てたものである。

7.4 土木関係施設

7.4.1 概要

土木関係施設については、前述したように地形図上に計画記入された路線計画平面図が未入手であり、路線計画縦断面図も PETS-I のもので精度も不揃いである為、RITES レポートに記載されている土木施設計画が妥当なものであるかどうかを判定することは困難である。但し、入手した情報の分析、衛星画像による確認、更には環境チームが撮影したビデオ映像による既設構造物の確認作業等を通じて複合的に RITES Report を解釈し、RITES のレポートの記述から読み取れること、疑問を質して理解し得た事柄、費用計算書から理解し得た事柄に、現地調査および各専門家の経験を加味して推測し得る事柄等を併せて RITES レポートのレビューを行い、JICA 調査団としての見解と提案を記述するものである。

7.4.2 土工

(1) 土構造

土構造に関しては RDSO 発行の Guidelines for Earthwork in Railway Projects (Guideline No. GE : G-1, July 2003) に示された既存線の基準をベースに、RITES が Railway Board の決定や

指示を受けて定めたものである。

調査団としては基本的にこれに従うが、積算の前提として RDSO の Guideline によるとしていた Blanket の厚さを、Railway Board の示唆により 60cm と仮定した点については検討の必要がある。RITES 報告書では過去の工事の経験値に基づくと説明されているが、本来は支持地盤と使用材料により CBR 試験値等の強度によって確立されているであろう RDSO の設計手法を切り捨てての、いわばコスト増のリスクを内包してしまう方向への転換である。地質調査も使用する路盤材料や blanket 材料の調査も行われていない現段階では、コストオーバーランの可能性のある厚さ想定は好ましいものではないが、さりとて Railway Board の判断を覆す決定的要素もない。従って、この項目に関してはコスト増のリスクを内包する事を認識するととどめ、予算上では Contingency として補い得るような配慮が必要である。

RITES による土工標準図を以下図 7-11～図 7-14 に示す。

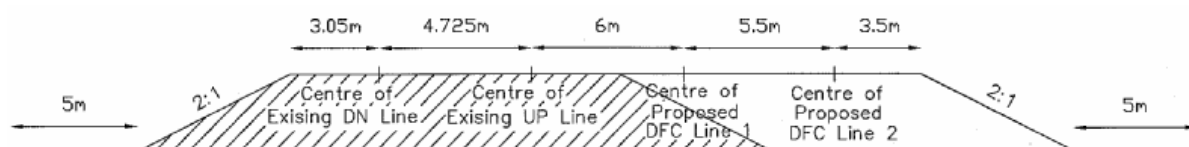


図 7-11 既存線並行区間盛土工標準図

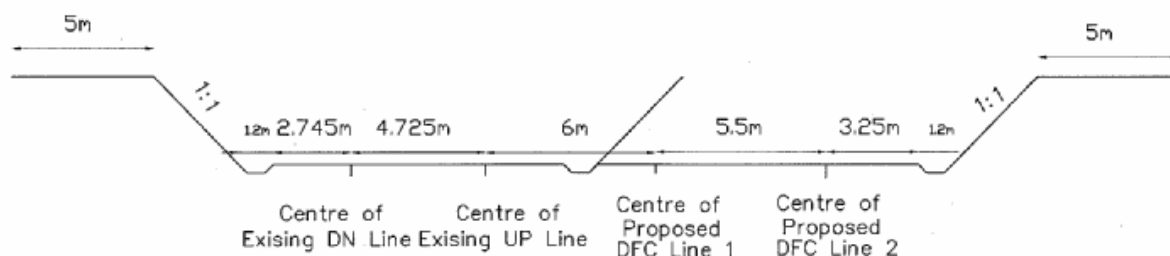


図 7-12 既存線並行区間切土工標準図

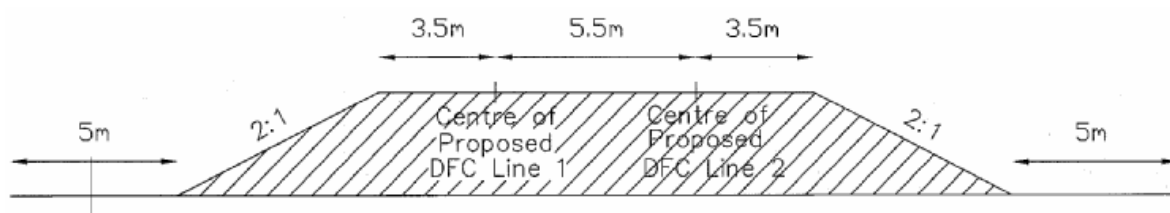


図 7-13 迂回区間盛土工標準図

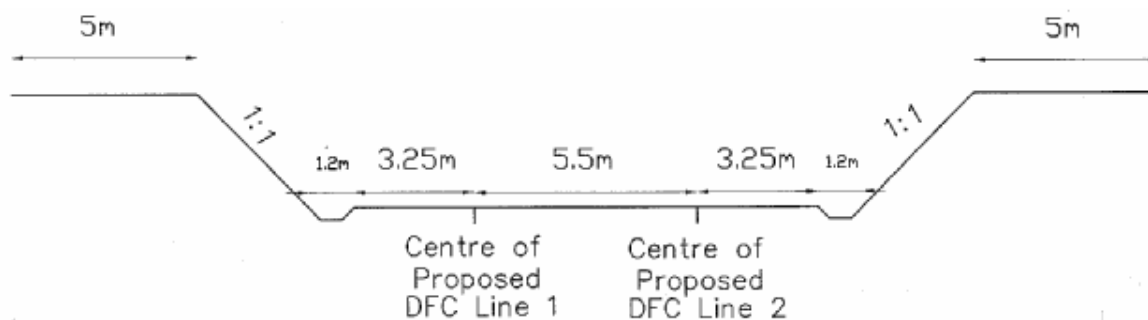


図 7-14 迂回区間切土工標準図

(2) 土工施工計画

調査団が土工計画について最大の問題点として認識しているのは、総延長約 2,700km に及ぶ DFC 建設計画の、大土工量を限られた工期内でいかに施工するかという点である。このためには、土工機械をより効率的に組み合わせ、Systematic に施工するかの計画を立てることが、大土工量施工の鍵である。なお詳細の検討内容については Volume 4 Technical Working Paper Task2, 7-(2)に記述する。

DFC の土工は全長 2,700km の大部分が盛土、切取りである。その全体数量は前述の通りである。RITES PETS-II においては、土工の工期、使用土工機械については調査されていないことから、このレポートにおいてはある現場を仮定して、概算工期、概算機械台数を算出する手法をとる。

(3) 土工単価

土工単価の検証結果としては、km 当たり土工量は Highway と DFC の比較では、Highway は 1.3 倍高くなる。Highway は DFC に比べて平均盛土高さが 50cm 高く、施工基面幅も広いことから、土工機械もより大型機械を使用している。特にダンプトラックとブルドーザーは 2 倍の能力を持ったものを使用している。

DFC の鉄道施工幅における施工性も考慮して、Highway なみの大型機械の適用が可能であるという条件を適用した場合、km 当たり土工単価は 3,547,500Rs/km (922 万円/km)、 m^3 当たり土工単価は $(70,950,000 \text{ Rs} / 643,500m^3) = 110.3Rs/m^3$ となる。

ただし、地元大手建設業者からのヒアリングによれば、上記単価は、土取り場から直接盛土現場に入る公道がある場合と無い場合（現場に一時仮置き場を設けて、そこに積込み機械等の必要が出てくる）、土取り場までの距離（10km 程度とは限らない、また民間会社からの購入するケースもある）及び工区分け（最小単位 5km、10km、20km、30km 等）によって、 $110Rs/m^3$ から $200Rs/m^3$ の範囲内で変動するということであった。このことから、DFC の土工単価は中間をとって、 $150Rs/m^3$ を採用する。

7.4.3 跨線道路橋（ROB）および架道橋（RUB）

鉄道省の方針によれば、DFC の建設にあわせて現在の踏切を全廃することとされている。この方針に沿って、RITES PETS-II では現在の踏切をすべて ROB とし、既存線並行区間に於ける交差道路の内、既に ROB 又は RUB となっている箇所については架替または延伸とする計画となっている。このうち市街地などの混雑地で用地買収が難しく架替えが著しく困難である ROB については DFC を迂回させ（以下迂回 DFC と呼ぶ）、迂回 DFC は盛土高架構造として交差道路は RUB とする計画としている。

しかしながら、RITES の算出した ROB 建設費（用地費含む）は、全土木工事費の 28.8% を占めており、社会環境上の影響も甚大であることから、計画の抜本的な見直しが必要と考えられる。

(1) 跨線道路橋(ROB)の取り扱い

RITES に、上記 9 タイプの計画について、各案の幅員構成・支間割についての基本的な考え方を確認したが、合理的な回答は得られなかった。また各案に対するイメージ図を含む

図面も作成していないとの事であった。本来 ROB の計画は個々の現況・条件に応じて行うものであって標準とするタイプの数を多くすることは意味を持たないため、現地 ROB 補完調査の結果と併せ 9 タイプに分類する必要がないと判断し、制約条件のない場合の ROB について、市街地と郊外に建設する 2 タイプのみを基本とした。RITES PETS-II では ROB の道路縦断勾配最小勾配を 2.5% としており、実際に建設中の ROB においても同様の縦断勾配が採用されていることから、ROB の全長（橋梁および道路土工の合計延長）は約 1.1km と試算される。

表 7-4 ROB のタイプ区分(RITES 社による)

Sr. No.	Details	Spans
1	TYPE(A): LX TO ROB WITH 3.75m WIDE VILLAGE ROAD ON BRIDGE AND APPROCHES + Bank Width = 7.5 m	2x18 m RCC T-Beam+1x30 m PSC Girder+2x18 m RCC T-Beam
2	TYPE(B): LX TO ROB WITH 7.5m ROAD WIDTH ON BRIDGES AND 3.75m ON APPROCHES+ BANK WIDTH=7.5m	2x18 m RCC T-Beam+1x30 m PSC Girder+2x18 m RCC T-Beam
3	TYPE(C): LX TO ROB WITH 7.5m ROAD WIDTH FOR BRIDGES AS WELL AS APPROCHES IN OPEN AREA	2x18 m RCC T-Beam+1x30 m PSC Girder+2x18 m RCC T-Beam
4	TYPE(D): LX TO ROB FOR 7.5m CARRIAGE WAY IN URBAN AREA WHERE LAND IS CONSTRAINT	5x18 m RCC T-Beam+1x30 m PSC Girder+5x18 m RCC T-Beam
5	TYPE(E): REPLACING DOUBLE LANE FOR 7.5 m CARRIAGE WAY IN OPEN AREA WITH EARTHEN APPROCHES	2x18 m RCC T-Beam+1x30 m PSC Girder+2x18 m RCC T-Beam
6	TYPE(F): REPLACING DOUBLE LANE ROB IN URBAN AREA FOR 7.5m CARRIAGE WAY WHERE LAND IS CONSTRAINT WITH RE WALL AND VIADUCT	5x18 m RCC T-Beam+1x30 m PSC Girder+5x18 m RCC T-Beam
7	TYPE(G): LX TO ROB FOR 7.5m CARRIAGE WAY WITH CLOVER LEAF FOR LINKING PARALLEL HIGHWAY	5x18 m RCC T-Beam+1x30 m PSC Girder+5x18 m RCC T-Beam
8	TYPE(H): LX TO ROB WITH 3.75m WIDE VILLAGE ROAD ON BRIDGE AND APPROCHES WITH RE WALL FOR LINKING PARALLEL HIGHWAY	2x18 m RCC T-Beam+1x30 m PSC Girder+2x18 m RCC T-Beam
9	TYPE(I): LX TO ROB WITH 7.5m ROAD WIDTH ON BRIDGES AND 3.75m ON APPROCHES FOR VILLAGE ROAD USING RE WALL FOR LINKING PARALLEL HIGHWAY	2x18 m RCC T-Beam+1x30 m PSC Girder+2x18 m RCC T-Beam

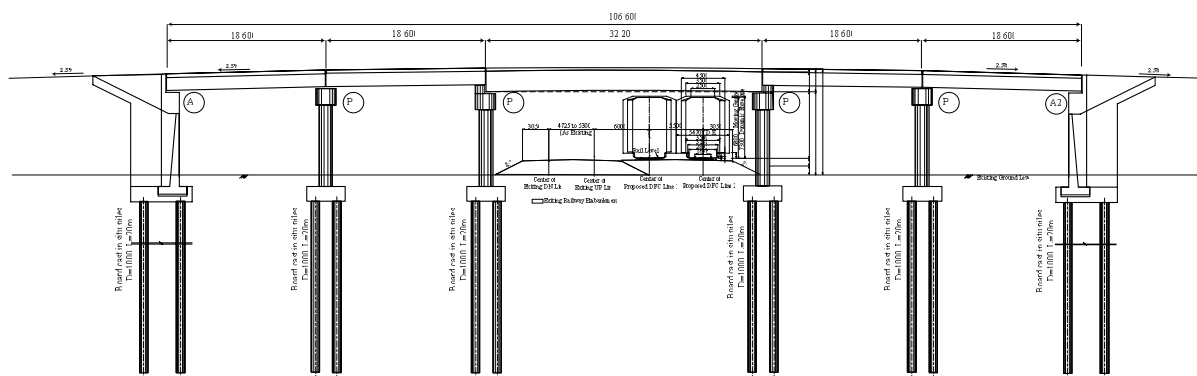


図 7-15 JST による ROB 標準側面図(都市部・郊外部)

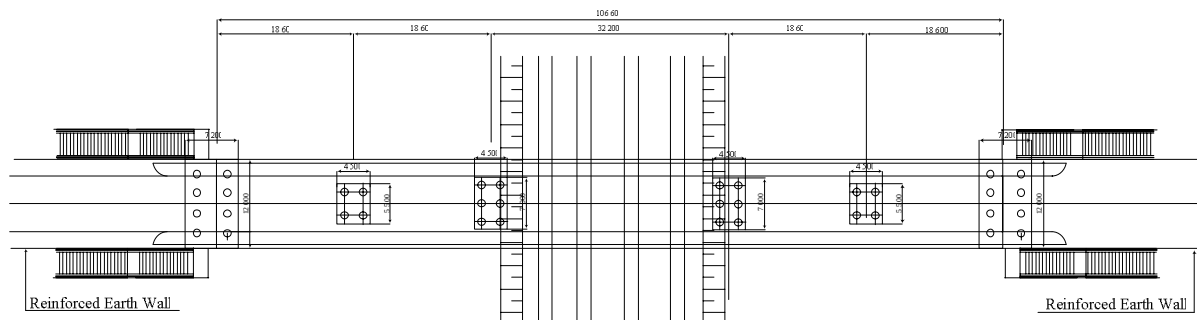


図 7-16 JST による ROB 標準平面図(都市部)

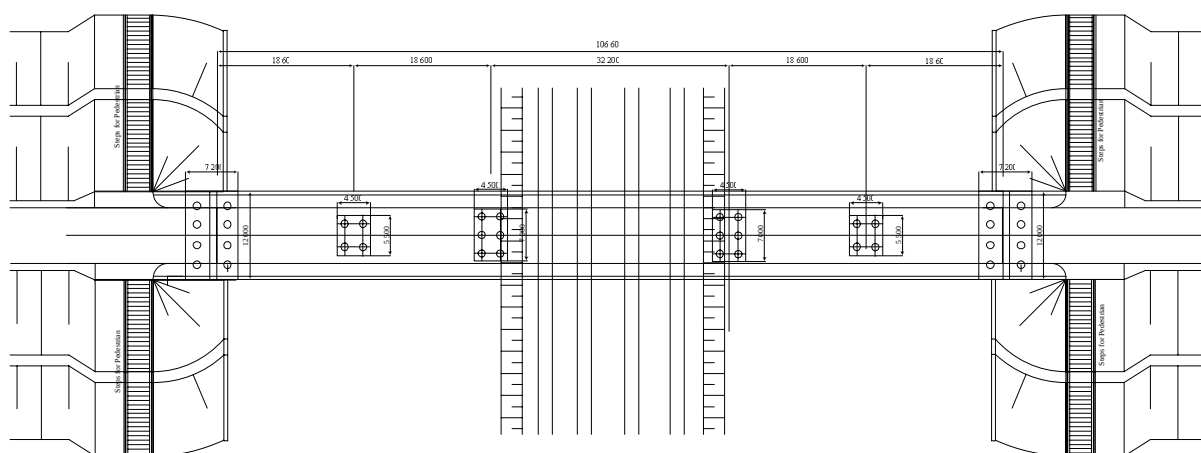


図 7-17 JST による ROB 標準平面図(郊外部)

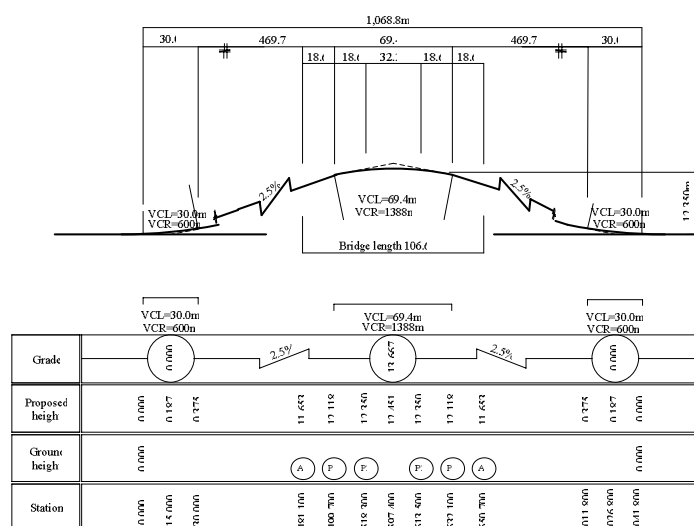


図 7-18 JST による ROB 標準縦断面図

レビューの結果、ROB を建設することが以下の影響を及ぼすことが明らかとなった。

1) 工事費の増大

PETS-II による計画では、すべての踏み切りを立体交差(ROB)化する計画としており、その箇所数は東西回廊を合わせると 900 箇所以上(総延長約 1,000km)におよぶ ROB とその内約 100km の橋梁が想定されており、仮にすべてを建設した場合、PETS II の試算通り全土木工事費の約 30%を ROB 建設費用が占めることとなる。

2) 工期の制約

1 箇所あたり約 2 年の建設工期を要し、900 箇所以上の同時施工も社会環境を考慮すれば相当の困難が見込まれることから、ROB 建設が本プロジェクトのボトルネックになると予想される。

3) 社会環境上の影響

跨線道路橋の縦断勾配は非機械動力系交通も考慮し最大 2.5%を標準としている。ダ

ブルスタックに対応した空頭を確保すると、道路面と地盤面の高低差は 12m 程度となるため、跨線橋の勾配区間は片側約 500m となり、各地点で全長約 1.1km を超す跨線橋が建設されることになる。現在踏切を横断している歩行者、自転車交通、人力車、馬車などの非機械動力系ユーザーにとっては地域交通の利便性を著しく低下させ、不便を強要する側面がある。

以上の影響を勘案し、調査団は開通当初はすべての踏切を自動踏切化し、ROB を建設する必要が発生した箇所から順に、別のプロジェクトにより整備することを提案する。

(2) 既存 ROB の取扱い

現在、既存線を跨いで供用されている跨線道路橋(既存 ROB)で、DFC が既存線に平行して建設される区間に位置する ROB は、DFC 建設に障害となる。DFC を通過させられる平面的に余裕および空間的余裕(空頭)等を個別に検証し、架替の要否を判断する必要がある。本調査において、現地踏査を実施し想定される対策を取りまとめた。ただし対策の決定にあたっては、後に提案する詳細調査を実施する事とする。

1) 対象箇所数

現在東回廊には 49 箇所の既存 ROB があり、うち 2 箇所は建設中である。そのうち並行区間に位置する 14 箇所の ROB が検討対象となる。一方、西回廊には 60 箇所の既存 ROB があり、うち 2 箇所は建設中である。そのうち、並行区間に位置する 24 箇所の ROB が検討対象となる。また、Asaoti-Tuglakabad(TKD)間は都市化が進んでおり 5 箇所の既存 ROB があり、うち 1 箇所は建設中であった。

対象となる既存 ROB の箇所数をまとめたものを表 7-5 に示す。

表 7-5 既存 ROB 箇所数(調査団による)

	並行区間	迂回区間	合計
東回廊	14 箇所 (内 2 箇所建設中)	35 箇所	49 箇所
西回廊	24 箇所 (内 2 箇所建設中)	36 箇所	60 箇所
合計	38 箇所	71 箇所	109 箇所

	並行区間	合計
Asaoti- TKD	5 箇所 (内 1 箇所建設中)	5 箇所

2) 現況調査

a) 平面的な余裕の検証

建設年次の古い既存 ROB では、既存線の近傍に橋台を建設しており、DFC を建設する余裕の無いものが多い。(図 7-19 参照)こうした平面的に余裕のある ROB は、架替えが必要と判断される。一方で、比較的建設年次の新しい ROB では、多径間の取付橋梁を建設している事例も見られ、詳細調査を行う事により既存 ROB を活かした計画が可能である。

b) 桁下のクリアランス(空頭)

現地調査の結果、ROB は本線部分で約 6,250mm の空頭が確保されている。また、現在施工中の ROB では、設計上 6.5m の空頭を確保している事例も認められた。当面シングルスタックコンテナ対応とする東回廊では、既存 ROB の空頭で対応可能である。しかしながら、西回廊においては、ダブルスタックコンテナが通過可能な 7,900mm の空頭が必要とされており、並行区間に位置するすべての既存 ROB は架替えが必要である。前述した建設年次の新しい ROB の中には、多径間の取付橋梁をもつ ROB があり、取付橋梁の桁高が本線部分より小さくなっていることから、本線部分よりも大きなクリアランスが確保できる場合がある。DFC で必要とされている空頭と平面的なスペースを確保できれば、既存 ROB を撤去せずにすむ可能性がある。また、DFC の計画高さを下げる事で既存 ROB を撤去せずにすむ方法があれば、事業費の削減に寄与するものと考えられる。(図 7-20 参照)



図 7-19 既存 ROB の例 1(架替対象)

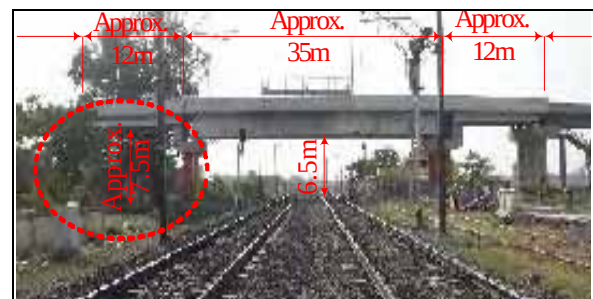


図 7-20 既存 ROB の例 2(桁下空間利用)

3) 現地踏査結果

本調査において現地踏査を実施し、各既存 ROB に対し目視による調査を行った。調査結果は以下のとおり。

a) 東回廊

検討対象となる既存 ROB は 14 箇所である。そのうち 2 箇所の ROB は建設中であった。対象 ROB の内、7 箇所については平面的なスペースが不足しており、架替えが必要であると判断された。また 7 箇所は取付橋梁部分の下を利用できる可能性があり、今後詳細調査が必要である。東回廊の既存 ROB 調査結果を図 7-21 に示す。

b) 西回廊

検討対象となる既存 ROB は 24 箇所である。そのうち 2 箇所の ROB は建設中であった。西回廊では必要とされる空頭は 7,900mm であり、現況の ROB がこれを上回っている箇所は無い。ただし今後の詳細検討で、ROB 部分における空頭の緩和、DFC 線の計画高さの見直し等の工夫により、取付橋梁部分の下を利用できる可能性も残されている。並行区間に位置する Mahesana-Palanpur 間に位置する ROB では、上部工架設後にジャッキアップが実施されており、調査団の計測によると 7,370mm の空頭が確保されていた。

短区間に連続して既存 ROB が供用されている都市部（VASAI ROAD－VIRAR, VIRAR-BHILAD）については、迂回 DFC とすることも検討に値するものと考ええる。西回廊の既存 ROB 調査結果を図 7-22 に示す。また各々の調査結果については Volume 4 Technical Working Paper Task2, 7-(9)に示す。

4) Asaoti-Tuglakabad 間

Asaoti-Tuglakabad 間には、5 箇所の既存 ROB があり、うち 3 箇所は 4 車線の ROB である。1 箇所の 2 車線 ROB は建設中であった。建設中の工事現場でのヒアリングの結果、空頭 6,500mm で計画されているとの事であり、ダブルスタック車両を通過させる事が必要となれば、5 箇所すべての ROB を架替える必要が生じる。国道 2 号線をはじめ、該当する ROB を通過する交通量は膨大であり、交通を遮断して架替え工事を行う事は周囲へ与える影響が甚大であることから、既存 ROB に平行して架替え ROB を建設する必要があると想定される。しかし、当該地域は都市化が進行しており、建設用地の制約も勘案すると、既存 5 箇所の ROB を架替える事は、多大な工期と工費を必要とし、非常に困難である事が予想される。Asaoti-Tuglakabad 間の既存 ROB 調査結果を図 7-23 に示す。

Existing ROBs on the Parallel Section -Eastern Corridor

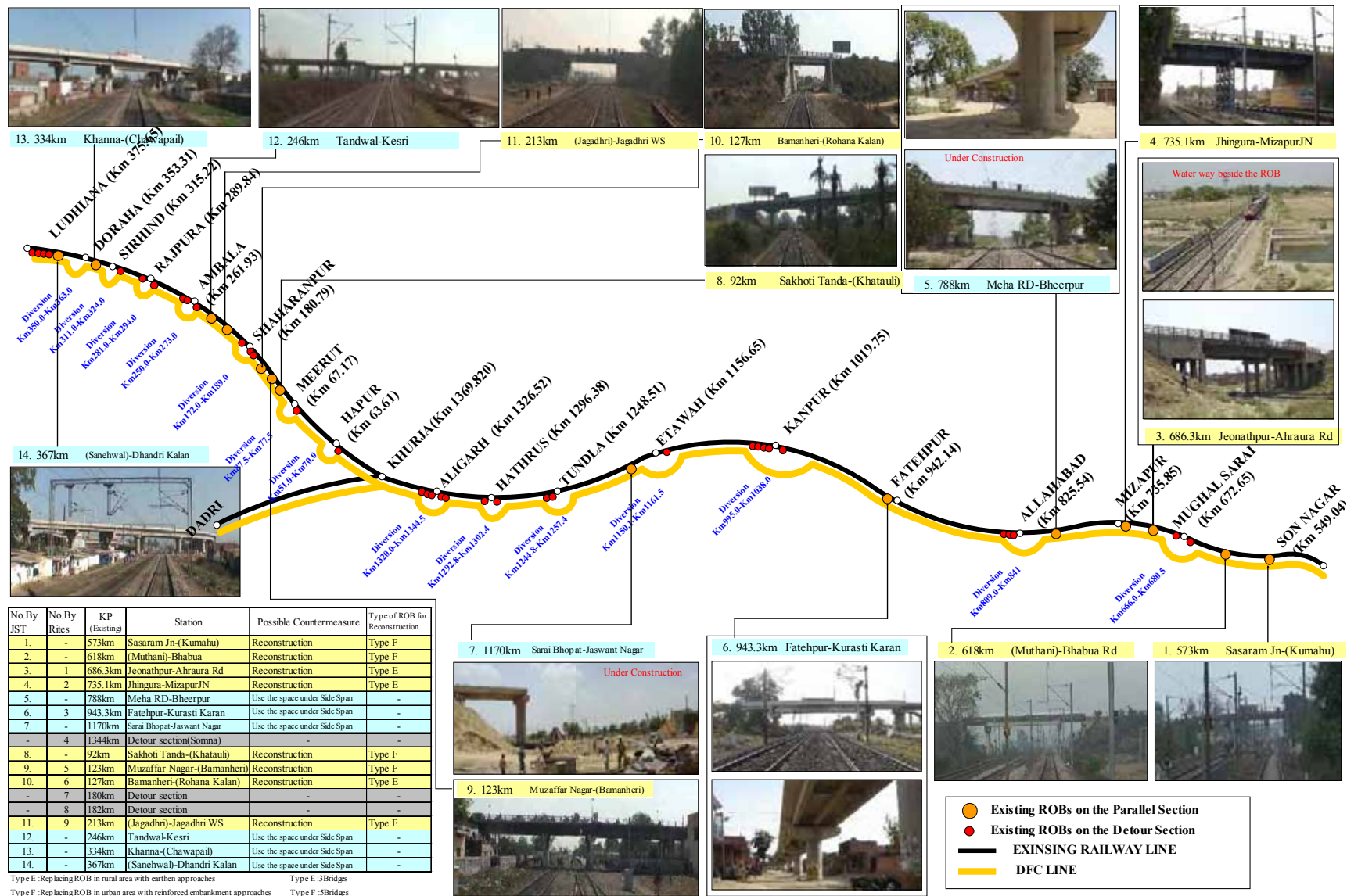


図 7-21 東部回廊既存 ROB 調査結果

出典:調査団

No By JST	KP (Existing)	Station	Possible count/measure	Type of ROB for Reconstruction
1	52km	Vasai RD-(Nala Sopara)	Reconstruction	Type F
2	55km	Nara Sopab-(Vijar)	Reconstruction	Type F
3	60km	VIRAR	Reconstruction	Type F
4	79km	Saphale-(Kabe Rd)	Reconstruction	Type E
5	92km	Palghar-(Boisar)	Reconstruction	Type F
6	100km	(Palghar)-Boisar (4Lane)	Reconstruction	Type P#2
7	123km	(Vangon)-DahamurD	Reconstruction	Type F
8	175km	Vapi-(Bagwada)	Reconstruction	Type F
9	196km	(Atul)-Vasad	Reconstruction	Type E
10	363km	(Lakoda)-Mvaganj Karjan	Reconstruction	Type F
-	682km	(Kamlip)-Sidhapur	A already jack-uped for D/C	-
11	363km	Bar-Sendra	Reconstruction	Type E
-	148km	Ringas-IN-Shri Madhopur	On Detour	-

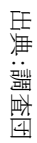


圖 7-22 西部回廊既存 ROB 調查結果 (1/2)

图 7-22 西部回廊既存 ROB 調査結果(2/2)

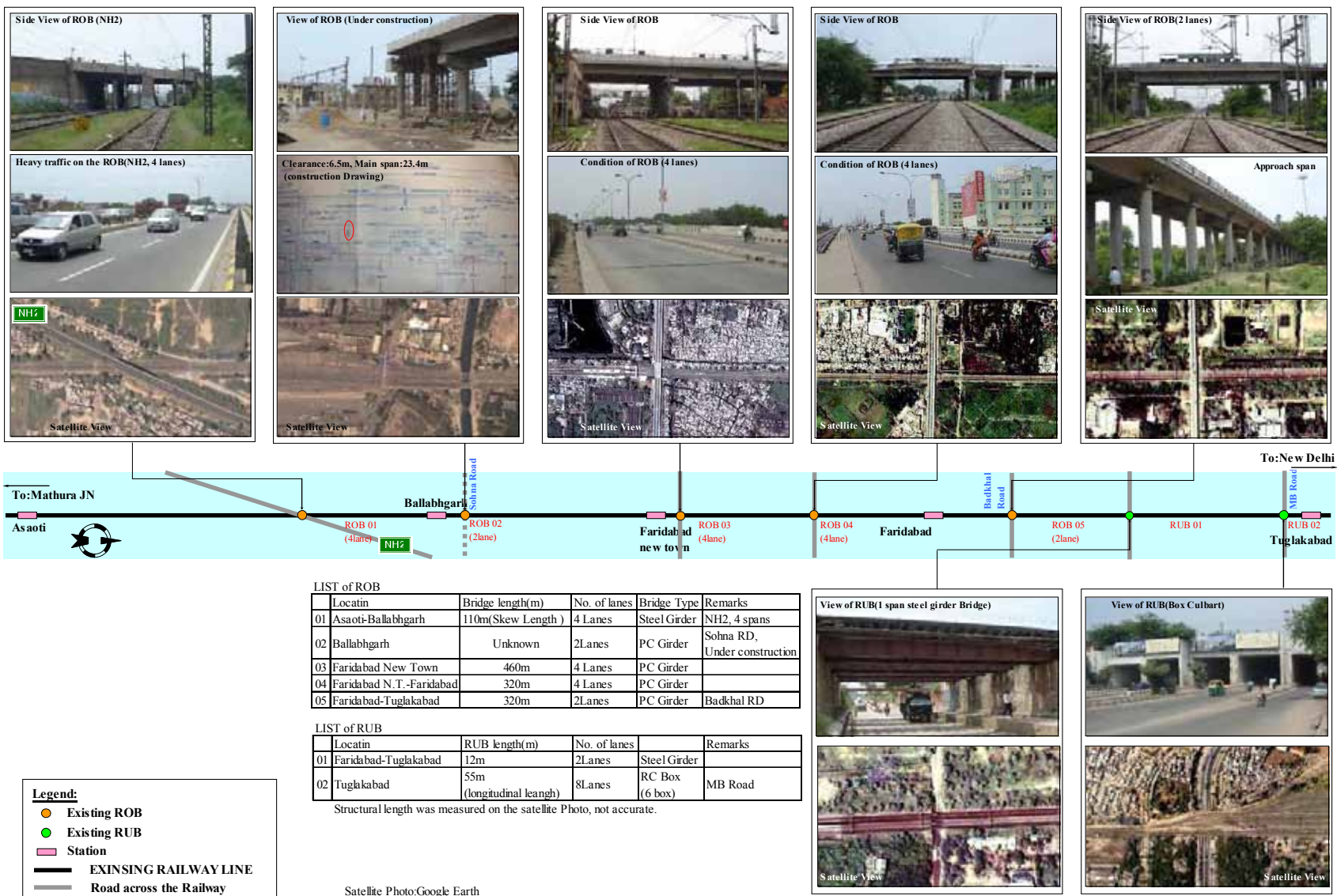
出典:調査団



Existing ROB and RUB between Asaoti and TKD

出典:調査団

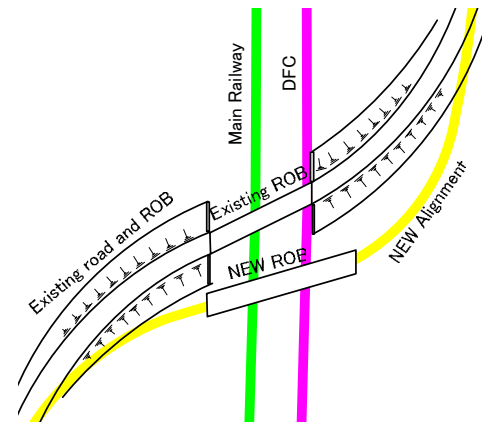
図 7-23 Asaoti-Tuglakabad 間 ROB 調査結果



5) 既存 ROB 架替工事施工手順

架替え ROB の施工計画は、社会環境・自然環境等に配慮し、個々に行われるが、一般的な既存 ROB 架替工事(用地取得に支障の無い郊外の場合)の施工手順は以下の通りとなる。

- a) 既存 ROB の近傍に新設 ROB および取付道路を建設。
- b) 施工中は、一般交通は既存 ROB 上を通行させる。
- c) 新設 ROB および取付道路の施工が完了後、交通を切回する。
- d) 既存 ROB を撤去する。



出典:調査団

図 7-24 ROB 架替平面図

6) 今後必要となる詳細調査項目

今後、既存 ROB の架替えまたは再利用を決定する際の検討は、詳細調査を実施して慎重に行う必要がある。想定される詳細調査項目は以下の通り。

- a) 詳細測量・既存 ROB 寸法計測、既往設計図面の確認。
- b) 詳細設計に基づく DFC 線形(縦断・横断)の確定。
- c) 既存 ROB 基礎構造安定検討。
- d) 必要に応じ既存 ROB 補強・改修計画。

(3) 架道橋(RUB)の取り扱い

RITES の土木工事費の積算では迂回 DFC についての項目がないが、Flyover の補強盛土壁の単価を適用すれば、1km あたり単価は普通盛土工の約 10 倍である。DFC の 2/3 を盛土高架として道路交差部を殆ど全て RUB とすることにより、DFC 軌道用地買収の縮小と ROB 建設に伴う用地買収をなくし、ROB 建設費を RUB 建設費に変えるというラフな試算を行ったが、東部回廊で Rs.1,400 Crore、西部回廊で RS.1,000 Crore 合計 Rs.2,400 Crore 増となった。この増分は、交差道路の粗密度によって RUB と ROB を使い分ける区間を選別するなどによって減らすことは可能と考えられる。

(4) 工程の検討

DFC 全区間で工区分けされたそれぞれの現場でいっせいに工事が開始されるとすれば、ROB の中でも最も工期の長いと考えられる工程がクリティカルパスとなり、他の ROB はその期間中に建設可能である。表 7-6 に ROB 建設工程案を示す。

表 7-6 ROB 建設工程案

Activity Description	Year 1												Year 2												Remarks
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Mobilizations	■																								
Pile Load Test & Casting Yard		■	■																						
Piling & Pile Cap				■	■	■	■	■	■																
Columns & Piers						■	■	■	■	■	■														
Precast Girders & Hand Rails				■	■	■	■	■	■	■	■	■													
Erection of Girders & Hand Rails							■	■	■	■	■	■	■	■											
Deck Slab Casting										■	■	■	■	■	■										
Earth Work including Reinforced Embankment				■	■	■	■	■	■	■	■	■													
Road Surface Pavement incl. Road Connection													■	■	■	■	■	■							
Miscellaneous Works																		■	■	■			■	■	
Demolition of Existing ROB																			■	■	■	■	■	■	

7.4.4 橋梁とカルバート

(1) 橋梁設計の基本方針

インドにおける鉄道橋梁に関しては、標準化が進んでいる。本プロジェクトにおいても、これらを見捨てることは得策ではないが、英国統治時代の橋梁設計を伝統的に保持していると考えざるを得ない点も多く、現代の技術レベルから判断して改善すべき点については、積極的に提言を行う事によって、より経済的かつ合理的なインフラストラクチャーの整備を目指すべきと考える。

(2) 橋長の検討

橋梁は、基本的には河川に対して障害物であるために、所定の流量を阻害するようなことがあってはならない。現在の既存線の調査においては、河川内に盛り土を構築したり、多数の橋脚を設置した事例を、数多く目にした。貨物新線の設計においては、既設橋梁の支間長、盛り土長を踏襲することなく、上流集水面積を満足させる橋長を確保する必要がある。

(3) 支間長、形式の選定

本プロジェクトにおいて、全体工程のうちクリティカルになる工種は、橋梁の架設工事と考えられる。この観点から、本項においては、提案路線上で最長の、東回廊 Son 橋に関して、経済的な橋梁形式および架設工程について検討し、詳細設計の方針を提案する。

支間長 30m の PC 桁、90m のトラス橋（Open Web Br.）、それぞれの架設工程を比較すると、PC 桁が約 4 年を要するのに対し、トラス橋は約 2 年半と大幅に短縮される。その理由として、

- 1) 下部工においては橋脚の数が、1/3 に削減される。
- 2) 上部工においては、全長は変わらないものの、鋼トラス橋は工場での Pre-fabrication されるため、現地においては純粋な架設工期のみでよい。
- 3) 鋼トラス橋は部材重量が軽いので小さな架設機材でよく、横持ちがしやすい。

が挙げられる。

全体工事費における架設費の占める割合は大きく、工期を短縮することは、人件費、設備費等すべてを削減することになり、全体工費に与える影響は大きい。これらの観点から、本プロジェクトにおいては、既設橋の支間長に囚われることなく、工期を短縮できる支間長および形式を選定する。

(4) 将来の機関車増強に関して

将来の機関車増強策として、180 t 機関車の 3 重連、および 240 t 機関車重連が考えられている。180 t 機関車 3 重連走行に関しては、図 7-25 に示すように、設計基準の HM 荷重においては、軸重 30 t × 6 軸（総重量 180 t）が 3 重連で規定されている。したがって、当該荷重で設計されれば、問題ない。

また、240 t 機関車重連に関しては、まだ軸配置が明らかでないため。最終的な結論は述べられないが、軸重 30 t × 8 軸と想定されるため、大きく影響することは無いと考えられる。

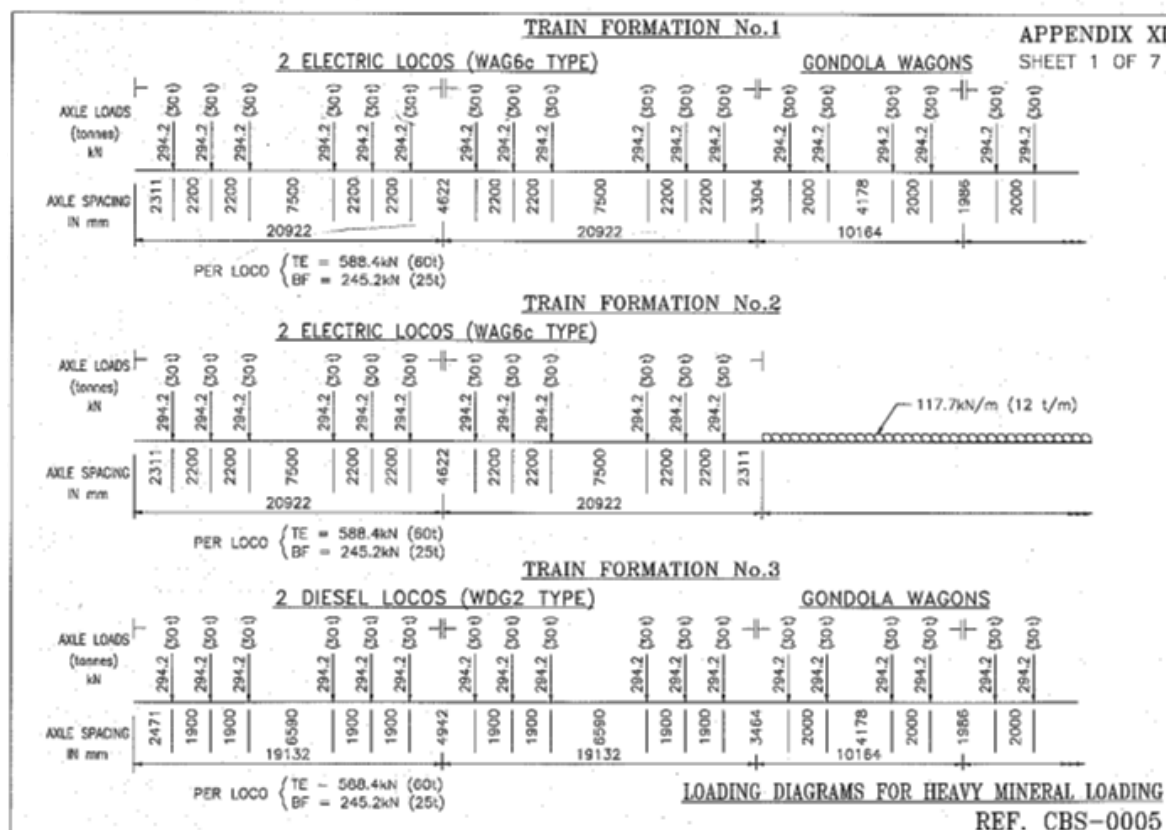


図 7-25 HM 荷重設計基準

7.4.5 トンネル区間の迂回路検討

今回の DFC 案件では、Rewari – Dadri 間は Delhi 首都圏中心部への配送目的ではないこと、また乗入れや通過が困難であることから新設区間で提案されている。本新設区間の線形は、Rewari から既存線を離れ、国道 71B 号線の南側を東西方向に並走する計画となっている。本新設区間の地形は、Rewari から東方向 30km 区間は標高 250m から 280m へと緩い上り

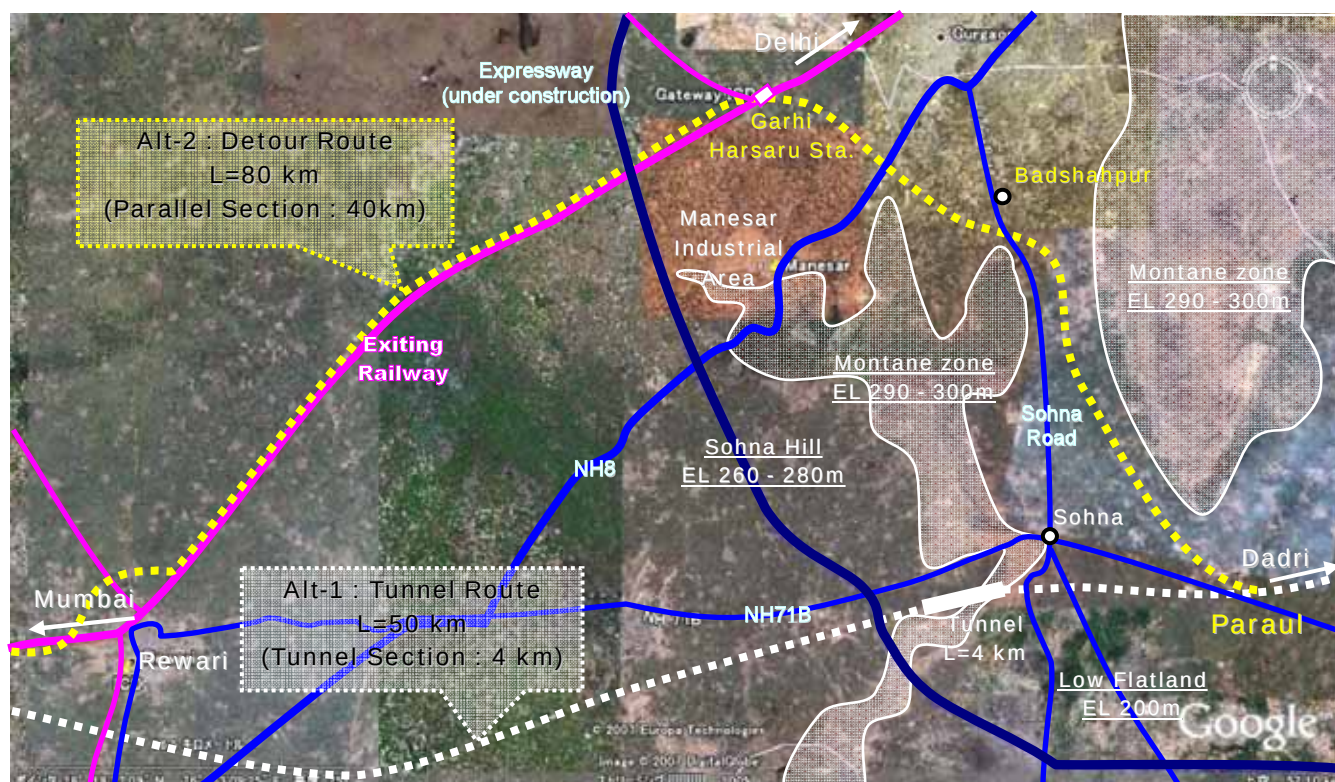
勾配になり、その後約 2.5km の区間で標高 290m から 300m 程度の山を越えて標高 200m へ平地と抜けていく計画である。そのため、RITES の PETS-II では、DFC の最急縦断勾配 0.5% でこの落差 80m (=280m-200m) の区間を抜ける計画としてトンネルが提案されている。

しかし、RITES の PETS-II では、地質調査や地下水調査などのトンネル設計に必要な自然条件調査を実施しておらず、また迂回路を含む代替ルートと比較検討がなされていない。

そこで、衛星写真や現地踏査等の概略調査を元にトンネル計画を避けた迂回ルートの概略検討をここで行う。なお、本資料は、今後の RITES 調査のための参考として使用される。

(1) 迂回ルートの線形

概略提案する迂回ルートは、南北に走る地形の段差を避け、Aravalli Hill の環境に配慮とする目的で、Rewari-Dadri 間のルートを北側に迂回して既存線の Garhi Harsaru 駅付近で直結する案である。この案は、①Aravalli Hill の環境に影響を与えない、②Rewari から Garhi Harsaru 駅付近の DFC の分岐点までは、在来線に並行するため、工事費が低減できる、③将来、Garhi Harsaru 駅付近に計画されている ICD と直結することにより、東西物流の面でのメリットが大きい、等の点で有利である。しかし、Manesar から Gurgaon にかけての国道 8 号線沿いは、工業団地の開発や都市開発が盛んであり、既に土地価格の高騰を招いているため、新線建設のための用地確保の困難さや DFC の事業費に大きく影響すると思われる。



Source of Base Map: Google Earth

図 7-26 迂回ルート案の線形

迂回ルートは、前図に示すように、Rewari-Dadri 間の Paraul 部落にある RITES の測量基

準点を起点として、北西方向に向かい、Sohna 市街地中心部東側で北に進路を変え、Badshahpur 市街地南で西に方向を変え、Sohna 道路を変電所の北側で横断する。その後、北西に方向を変え、採石場の北側を通過して国道 8 号線を横断し、Garhi Harsaru 駅付近で既存線と交差し、その後既存線と平行して Rewari に至る。ルート総延長は約 80km で、新規区間と既存線平行区間の延長は各約 40km である。新規区間上には、Gurgaon 運河、Sohna 道路および国道 8 号線の横断が含まれ、この部分に盛土および橋梁が必要になる。国道 8 号線の Gurgaon-Manesar 間は、Keruke Daura 付近から、Manesar の工業団地にかけて工業団地が建設途上で、一部は既に操業を開始している。

Manesar から Gurgaon にかけての地域は、National Capital Region Planning Board (NCR)により将来の首都圏工業地域として計画されており、鉄道路線が、将来建設されるであろう ICD に直結し、ICD での貨物の荷役ができるという利点がある。ただし、工業団地内に鉄道路線を計画することは、工業団地を分断して、その価値を低下するとともに、インド首都地域の工業発展に支障を来すおそれがあり、路線を高架化または地下化で対応すべきであると考えられる。

Manesar から、Gurgaon にかけての国道 8 号線沿いの地価は、日本のバブル期と同様に公定売り出し価格の 2 倍以上の 7,000Rs/m²~10,000Rs/m²に高騰しているという情報もあり、今後、鉄道路線計画が明らかになれば、更に地価が上昇することは明白であるため、早急な土地取得を行うことが、事業費の削減に寄与すると考えられる。

(2) 迂回ルートの概算工事費

新規迂回ルート区間の主な道路横断は、Gurgaon-Sohna 道路と国道 8 号線で、主な河川は、Gurgaon Canal である。また、合計 18 か所の地域内道路の横断が必要である。

主要道路は交通量が多く、横断橋梁の桁下高さは、"Lateral and Vertical Clearance at Underpasses for Vehicular Traffic" (The Indian Road Congress, 1987)により 5.5m を確保するように規定されている。この規定により、横断橋梁前後の盛土区間は 2,200m になる。また、農地内の域内道路は、平面交差で対応する。Gurgaon 運河は、幅 10m~15m であり、両側に低盛土を施工することにより、簡易な橋梁で横断が可能であると考えられる。Manesar の工業団地地域は、全延長 8km に渡り、橋梁を計画する。

NH8 から鉄道交差部間について、盛土案と橋梁案の概算工事費は、それぞれ約 36 億 5,000 万円、約 207 億円である。橋梁案の工期は、約 8 年程度と推定される。工費算定に使用した単価は、PETS-II の積算価格を対象としており、Manesar から、Gurgaon 間の土地取得価格に至っては、前述の情報で得た価格の 5%という低価格である。工事費では、盛土案が圧倒的に低価格で有利であるが、盛土は、工業団地内の交通を著しく阻害するため、工業団地および将来計画されている ICD の価値を著しく低下する可能性を考えなければならない。

NCR は、2021 年までの首都圏整備計画として、現在開発中の Bhiwadi 工業団地と Rewari を結ぶ旅客鉄道路線を要求している。トンネルルートは、この路線に近接して計画されている。旅客鉄道路線と DFC を併設することにより、鉄道整備財源の二重負担を避けることができるので、将来検討すべき項目である。

7.4.6 PETS-II トンネル区間のレビュー

トンネル区間は、RITES の PETS-II の報告書およびプログレスレポートの内容を検証し、不十分な項目を更に深度化するとともに、鉄道路線としての効率性を高めるため、より改良された線形の提案と工期・工費の算出、トンネルの安全対策および環境へのインパクトと、詳細設計に必要な調査項目について検討を加える。

(1) PETS-II トンネル計画概要と検討事項

PETS-II 報告書に示されているトンネルの概要を表 7-7 に示す。

表 7-7 PETS-II トンネル諸元

延長 (m)	勾配 (%)	坑口高 (m)		東坑口取付区間		西坑口切取 延長 (m)	トンネル建設費 (取付区間除く)	
		東坑口	西坑口	橋梁 (m)	盛土 (m)			
4,000	0.5	230	250	2,000	4,000	4,000	225 万円/m	計 90 億円

PETS-II 報告書で、今後の検討事項として指摘されている項目の要約を以下に示す。

- 1) トンネル地質調査および地下水変動調査
- 2) トンネル断面(複線・単線、換気に配慮した断面)
- 3) トンネルと高架区間の組み合わせによる工期・工費の比較検討
- 4) トンネル施工中および共用後の安全対策と環境対策
- 5) トンネル迂回ルートを含めた代替案の検討

ここでは、上記項目について、トンネル本体工、トンネルの線形の見直し、トンネル前後の盛土・橋梁区間を含めた工期・工費の比較検討を行う。

(2) トンネル計画地域の自然条件

トンネル計画地周辺の地形は、Sohna 市外付近の急崖を境界として、標高 200m 前後の平地部と 300m 前後の Alavali Hill の台地部に区分される。平地は、標高 200m 前後で、起伏が少なく、灌漑を利用した農業地域になっている。標高 270m～300m の Alavali Hill は、環境保護地域に指定されており、鉄道建設工事に伴う地形の改変や岩石採取（採石等）、地下水貯留層への影響を極力抑制することが課題である。Alavali Hill の地質は、熱変成で生成したホルンフェルス化から構成され、地質構造は、ほぼ垂直の軸を持つ南西に開いた褶曲構造に支配されている。トンネル周辺地域の地下水は、平坦部、台地部ともに灌漑用水に利用されている。農耕に利用できる台地部の地下水は、深さ 15m～30m 付近に存在する地表からの浸透水で、地表下 50m 以深の深層地下水は、利用できないとのことである。

(3) PETS-II の線形レビューと新しい線形の提案

PETS-II のトンネル線形は、①東坑口に高さ 30m 以上の法面切取りが必要になり、鉄道共用後の安全対策費と維持管理費が増加する、②東坑口は、約 30m の盛土が必要になる、③西坑口は、深さ約 30m の開削区間になる、④西坑口の開削区間延長は、4km になる、等が主な検討対象としてあげられる。Alavali Hill の環境保全のため、PETS-II 案は、トンネル延長を 6km とし、西坑口の切取り深さを 20m 以下に抑える案に修正する。(図 7-27)

トンネル延長が長くなると工期、工費の面で多大な負担となる。改善案として、トンネル坑口位置を 1.5km ほど Sohna 方向に移動し、トンネル東坑口を E.L.240m、トンネル延長を 3km に短縮する線形案を提案する(図 7-28)。トンネル区間の平面図を図 7-29 に示す。ここでは、PETS-II と新線形案について、橋梁、盛土区間を含めた総合的な比較検討を行う。

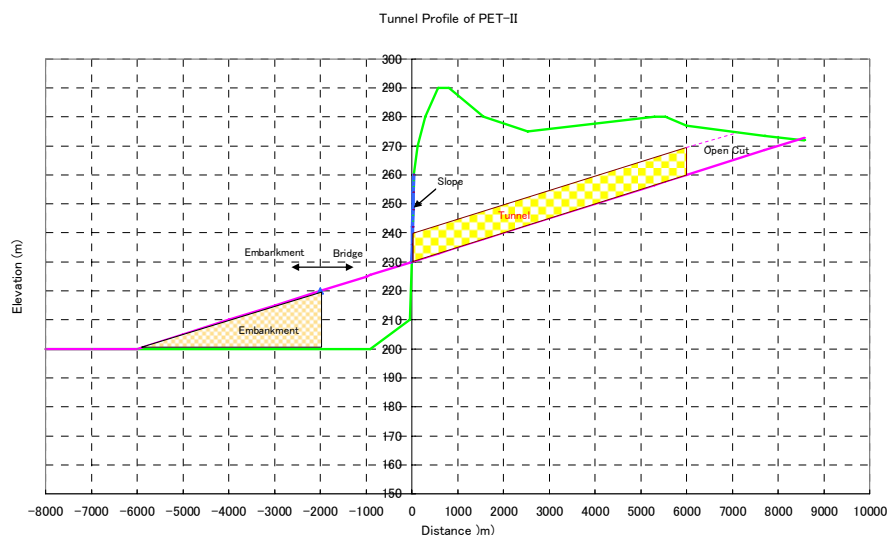


図 7-27 PETS-II のトンネル縦断線形

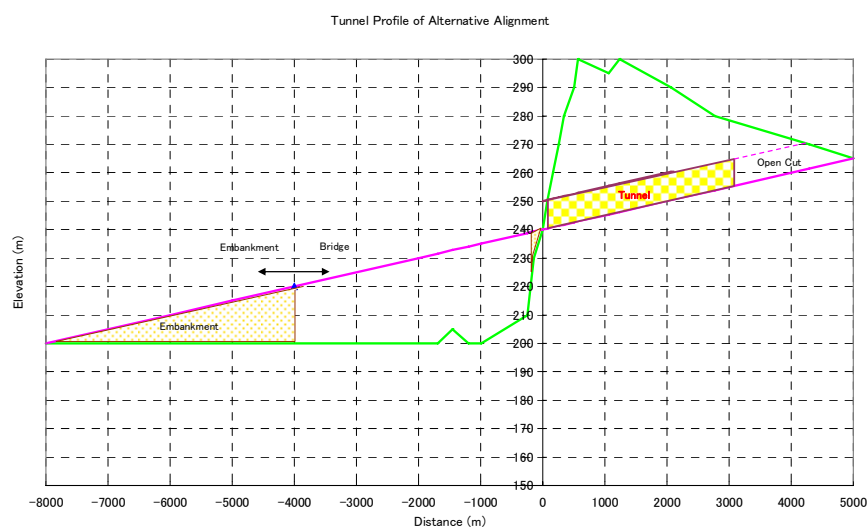
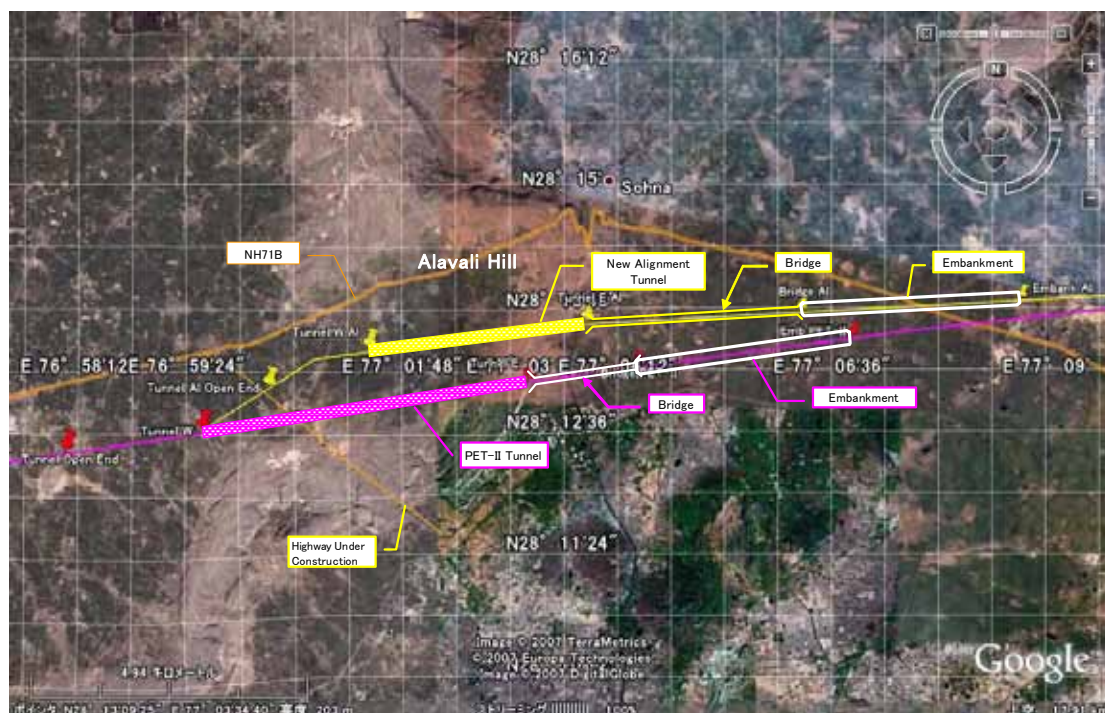


図 7-28 新しいトンネル縦断線形



Source of Base Map: Google Earth

図 7-29 PET-S-IIトンネル案と線形変更トンネル案

(4) 概略工期と工事費

工期および工事費算出の前提条件として、トンネル断面数量を表 7-8 のように仮定する。

表 7-8 トンネルの支保パターンと断面数量

支保パターン			
項目		複線	単線
岩盤区分(JR)		IVN	IVN
支保工パターン(JH)		B-CI	B-CI
掘進長	上半	1.5	2
	下半	3	2
ロックボルト配置		千鳥	千鳥

断面数量			
支保工パターン	単位	複線	単線
吹付けコンクリート厚	mm	150	100
覆工コンクリート厚	mm	400	300
上半掘削断面積	m ²	84.9	25.0
下半掘削断面積	m ²	48.1	37.9
ロックボルト本数	本	21	16
ロックボルト長(下半)	m	6.0	3.0
ロックボルト長(上半)	m	4.0	—
鋼製支保工		—	—

橋梁は、橋脚高 20～30m、スパン 30m、デッキ幅 15～20m の PC 構造と仮定する。また、盛土は、「Guideline for Earthwork in Railway Project (インド鉄道省)」の規定に準拠する。尚

工期および工費は、全体工事を比較して表 7-9 に示す。単位 m 当たりの建設単価は、複線トンネルで約 290 万円、単線トンネル併設で約 366 万円となる。単線併設トンネルは複線トンネルに比べて工期は短い、単位 m 当たりの単価が 26%ほど高くなるため、総工費の算出は複線トンネルを対象とする。PETS-II と、線形変更案のアクセス区間を含めた総工事費と工期は、それぞれ約 227 億円と 38 か月、174 億円と 48 か月で、工期、工費や施工性、環境への影響を含めた総合的な検討で、トンネル線形は、変更案が有利と思われる。

表 7-9 トンネル案総合比較表

項目		PET-IIIトンネル案(修正)		線形修正トンネルルート案	
		単線トンネル	複線トンネル	単線トンネル	複線トンネル
トンネル延長		6,000	6,000	3,000	3,000
掘削断面積(m ²)		62.8 x 2	133	62.8 x 2	133
勾配(%)		0.5	0.5	0.5	0.5
軌道中心間距離(m)		18,650	5,500	18,650	5,500
トンネル部全幅(m)		26,010	14,700	26,010	14,700
坑口標高 (m)	東坑口	230		241	
	西坑口	260		256	
坑口法面 高さ(推定)	東坑口	30以上		15m以下	
	西坑口	17		22	
明かり部 延長(m)	東坑口	6,000		7,800	
	西坑口	2,500		1,850	
坑口構造物 延長(m)	東坑口	橋梁2km、盛土4km		橋梁3.8km、盛土4.0km	
	西坑口	-		-	
坑口評価		・坑口は、急崖に計画されており、長大法面となる。 ・重機類による法面の切取りが難しく、発破が必要になり、環境への影響が問題である。 ・大規模な斜面安定工が必要になる。 ・坑口位置は、30mの高盛土で盛土の安定対策が必要になる。 ・接続する盛土区間や橋梁構造物との並行作業が難しく、工期が長くなる。		・坑口の地形は、緩斜面であり、重機掘削が可能。 ・法面の安定は、ロックルト工等の簡易な対策で比較적으로容易に確保できる。 ・坑口の地形が緩傾斜で、盛土高さが低くなり、接続する盛土区間や橋梁構造物と並行作業が可能。	
坑口ヤード		トンネル中心間隔が広く、坑口ヤード幅が広がる。	トンネル断面が固定しており、施工上必要なヤードで十分に対応できる。	トンネル中心間隔が広く、坑口ヤード幅が広がる。	トンネル断面が固定しており、施工上必要なヤードで十分に対応できる。
トンネル施工	上半掘削	爆破工法			
	下半掘削	爆破工法	爆破工法を基本とし、岩盤状況により機械掘削も可能	爆破工法	爆破工法を基本とし、岩盤状況により機械掘削も可能
	月進(m)	約225m	約100m	約225m	約100m
	工期	約34.5ヵ月	約68ヵ月	約21.5ヵ月	約39ヵ月
	総工費	約220億万円	約173億円	約110億万円	約86億5,000万円
トンネル施工性		・上半のスリ出しが、下半の工程を阻害する。 ・下半の幅が狭く、大型機械によるスリ出しが困難。 ・下半の掘削量が多いため、上半の掘削盤を下げる必要がある。 ・ベルコンシステムなど、効率的なスリ出し法を選択する。	・トンネル断面が大きく、綿密な施工計画と適切な施工機械の配置が必要である。 ・スリ出しには、大型機械を投入する。 ・岩盤が硬質で、下半の機械掘削は、効率が低下する。	・上半のスリ出しが、下半の工程を阻害する。 ・下半の幅が狭く、大型機械によるスリ出しが困難。 ・下半の掘削量が多いため、上半の掘削盤を下げる必要がある。 ・ベルコンシステムなど、効率的なスリ出し法を選択する。	・トンネル断面が大きく、綿密な施工計画と適切な施工機械の配置が必要である。 ・スリ出しには、大型機械を投入する。 ・岩盤が硬質で、下半の機械掘削は、効率が低下する。
環境への影響		・爆破工法による環境保護地域に対する問題。 ・地下水脈切断による地下水の枯渇。 ・施工中の騒音・震動、重機走向に伴う大気汚染。 ・トンネル坑口明かり部による周辺地域のコミュニティ分断。		・爆破工法による環境保護地域に対する問題。 ・地下水脈切断による地下水の枯渇。 ・施工中の騒音・震動、重機走向に伴う大気汚染。 ・トンネル坑口明かり部による周辺地域のコミュニティ分断。	
橋梁工事	延長(m)	2,000		3,800	
	工期	約36ヵ月		約48ヵ月	
	工費	約41億円		78億円	
盛土工事	延長(m)	4,000		4,000	
	工期	-		-	
	工費	7億3,000円		7億5,000万円	
切土工事	延長(m)	4,000		-	
	工期	-		-	
	工費	1億5,000万円		1億4,000万円	
東坑口法面工		-	3億円	-	-
西坑口法面工		-	1億円	-	1億万円
トンネル区間総工事費		-	227億円	-	174億円

(5) 今後の調査

Sohna 付近のトンネルルート具体的な計画では、以下に示す詳細な調査を実施することが不可欠である。

1) トンネル関連調査

地形図(1/5,000、1/1000、1/500 等)の作成、詳細地表地質調査、航空写真の実体視を

利用した不連続面調査、ボーリングによる地質・地下水調査、弾性波探査・電気探査等の物理探査により、より精度の高いトンネル計画を作成する。

ボーリング調査は、垂直および斜めボーリングとボアホールスキャナーBTV等を組み合わせて地層分布や不連続面分布を推定する。弾性波探査は、起震源に発破を使用できないため、適切でない。電気探査は、地層の含水率に敏感であり、高密度電気探査法や比抵抗トモグラフィ等による探査法が、破碎帯や不連続面密集部の調査に有効である。

地下水調査は、帯水層の分布や地下水の貯蔵量の調査を主体とする。表層地下水はボーリングと電気探査の組み合わせによる地下水貯留層分布調査、深層地下水は、トレーサーを使用した地下水脈分布調査等が適切と考えられる。

2) 周辺環境調査

トンネル通過地周辺の社会環境調査、土地占有調査、地表水・地下水調査、植生調査、関連規制等の調査を実施し、トンネル掘削に伴う環境への影響を全体的に検討する。

トンネル東坑口は、森林管理区域や集落が点在する。台地上は、集落や地下水汲み上げ用の井戸が散見される。トンネル計画地域は、農耕地が広がっており、地下水確保は、この地域の大きな問題であり、地下水調査により、適切な地下水涵養法を検討すべきである。

トンネルアクセス区間の橋梁、盛土は、農村の生活地域を分断するために社会環境への影響が大きい。この区間は、現状の地上交通や生活圏、部落間のコミュニティなどを調査し、これらをできるだけ阻害することのない対策を講じる必要がある。

7.4.7 Asaoti – TKD 支線区間の検討

新設予定の Rewari – Dadri 区間と Delhi から南に走る既存線とが交差する Asaoti 駅付近から、Delhi 近傍の TKD を結ぶ Asaoti – TKD 間の約 32km 区間は、現在 3 線化されている。

本区間は、RITES の PETS-II では、将来複々線化（4 線化）計画があり、そこに新たに DFC 1 線を追加し将来合計 5 線化の計画としているが、本区間の支線増設に関する検討や TKD ヤード側対応の検討はなされていない。

そこで、次に示す TKD ヤードを含めた本区間の現地調査や衛星写真による確認調査等を行った。

(1) 既存線現地調査

既存線現地調査は既存構造物（ROB・RUB）を中心に実施した。本既存物調査の結果、下記に示す大規模 ROB と RUB が確認された。（表 7-10 図 7-23 参照）

表 7-10 既存構造物調査結果

タイプ・No.	橋長 (m)	道路車線数 (車線)	位置	備考
ROB 01	110	4	Asaoti 駅北 10.3km	国道 2 号線、鋼橋
ROB 02	-	2	Ballabgarh 駅北	PC 橋、施工中
ROB 03	460	4	Faridabad New Town 駅北	PC 橋
ROB 04	320	4	Faridabad 駅南 1.9km	PC 橋
ROB 05	320	2	Faridabad 駅北 1.9km	PC 橋
RUB 01	12*	2	Faridabad 駅北 5.8km	鋼橋
RUB 02	55*	8	TKD 駅南	6 連ボックス・カルバート

*鉄道縦断方向延長

前述のように本区間は、将来複々線化（4 線化）計画があり、それを考慮して既存および施工中の橋梁のスパンは計画されているものの、交通量が特に多く主要幹線国道である国道 2 号線が渡る ROB 01 は 4 スパン橋梁であり、横方向のクリアランスが 5 線化に対応するものとなっていない。また、全ての ROB の鉛直方向のクリアランスは、施工中 ROB も含めて 6.5m 以下であり、DS コンテナ対応とするためには、全ての架け替えが必要である。なお、ROB 01・03・04 は、現況交通量や周辺道路網状況を考慮すると現道を使った迂回路を確保することが難しいため仮設橋梁の設置が必要と思われる。

また、DFC の 1 線追加の際には、RUB の拡幅も必要となる。

以上のことから、DS コンテナ対応の DFC の 1 線追加を考慮した場合、全ての ROB の架け替えと RUB の拡幅が必要のため、多大な費用が必要となる。

また、ほぼ全部の ROB・RUB の架け替えの際に、道路・鉄道沿線住民への社会環境影響は避け難く、RAP も含めた EIA 調査の実施が不可欠であると考えられる。

(2) TKD ヤードの将来計画

DFC 支線 1 線追加の場合の 5 線化に対する TKD ヤードの将来計画がなく、DFC 支線と TKD ICD の間を出入りするには、現在の架線の高さではウェルタイプ、フラットタイプにかかわらずダブルスタックコンテナは通過不可能のため、次のいずれかの対応が必要であり、工事費・関連対策費を含め、効果に比べて過大な費用を要することものとする。

1) ヤードを模様替えして西縁に専用の通路を設置案

- 一旦ヤードの北部に位置する着発線に入って折り返しで ICD に入る必要があるので、約 3km に及ぶ TKD ヤードの西縁に沿って全域にわたって変更を必要とする。
- 西側に位置する積卸し線 2 箇所、ディーゼル機関車基地及び電気機関車基地の出入り口部を突っ切る必要がある。電気機関車基地出入り口部に関しては、①出入りする機関車のパンタグラフを DFC 線上で運行しないものについても高い架線に適合するものに変えるか、②ディーゼル機関車による入換等の何らかの対策を行うか、③DFC ルートを電気機関車基地の後ろ側を通す等の対応を必要とする。

- 2) ヤード内の関係箇所の架線を DS コンテナ対応の高いものに変える。
- 高さを上げる工事費のみでなく、TKD ヤードに出入りする機関車のパンタグラフを DFC 線上で運行しないものについても高い架線に適合するものに変える必要がある。



Source of Base Map: Google Earth

図 7-30 TKD ヤードの現況

現時点で TKD ICD は飽和状態にあり、周辺用地の追加確保が困難なことから将来の拡張計画は具体化されていない。そのような状態の中で DFC 支線を追加したとしても、TKD ICD 側で受け入れることできない。また、TKD ICD は Delhi 市街地中心から約 15km の市街化地域に位置することから、郊外に開発されている工業開発地域との DFC 支線を使った大型コンテナの集配送の増加は考え難い。

(3) 用地取得・スコッター対策

本区間は、Faridabad、Delhi 南西部を初めとする市街地あるいは市街化の進んでいる地域であり、DFC の他の地域であれば迂回ルートを取るような現況でありながら不可能で腹付けで計画している区間である。

しかも、すでに 4 線化・3 線化がなされ、3 線区間は 4 線化が既定であり、DFC 支線は 5 線化のプロジェクトとなるので、かつてあった用地の余裕はほとんど残っていない。

このように、用地取得、社会環境の面においてかなり困難な状況にあり、得られる効果に比べて大きな問題が横たわっているといわざるを得ない。

(4) 検討結果

以上のことから、区間の支線の増設は行わず、シングルスタックコンテナ対応での既存線への接続のみとすることを提案する。また、TKD ICD は、Delhi からの立地条件を考慮し

て、Delhi 市街化地域への小口輸送拠点として利用することが有効であると考えられる。

7.5 軌道

7.5.1 全般

(1) インド鉄道の軌道構造

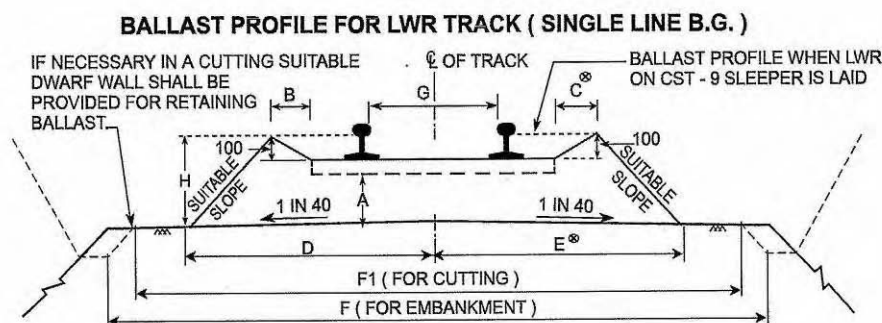
インド鉄道の標準軌道はバラスト軌道である。

標準軌道断面を図 7-31、図 7-32 に示す。

現在のインド鉄道の軌道は概ねよく保守されている。

2000-2001 年度に特別鉄道安全基金（SRSF）が設立され、それ以降、軌道改良工事が急速に進んでいる。Year Book (2004-2005)によれば、2004-2005 年度には、約 5,500km の軌道強化工事が実施される予定である。

軌道強化工事には、52kg/m レールの 60kg/m レールへの取替えや PC 枕木への取替えが含まれている。



G Gauge	Type of Sleeper	A	B	C*	D	E*	F	F1	H	Quantity of Ballast per meter in		Remarks
										Straight Track	Curved Track	
1676 mm	Wooden	250	350	500	2,270	2,420	6,850	6,250	540	1.682 M³	1.646 M³	1. The Minimum Clean Stone Ballast cushion below the bottom of sleeper i.e., A-250 mm. 2. For routes where increase in speeds are to be more than 130 Kmp.h. A-300 mm. or 200 mm. along with 150 mm. of sub-ballast. 3. Suitable dwarf walls shall be provided in case of cuttings, if necessary for retaining ballast. 4. *On outer side of curves only. 5. Cess may be widened where required depending on local conditions and outside of curves. 6. All dimensions are in mm. 7. ¶ 200 over 150 Sub-Ballast.
	"	300	"	"	"	"	"	"	590	1.782 "	1.853 "	
	"	¶	"	"	"	"	"	"	640	1.982 "	2.060 "	
	Steel Trough	{ 300 ¶	350	500	2,280	2,430	6,850	6,250	550	1.762 M³	1.827 M³	
			"	"	"	"	"	"	600	1.962 "	2.035 "	
			"	"	"	"	"	"	650	2.162 "	2.242 "	
	PRC	{ 250 300 ¶	350	500	2,360	2,510	6,850	6,250	630	1.954 M³	2.032 M³	
			"	"	"	"	"	"	680	2.158 "	2.243 "	
	2 Block	{ 250 300 ¶	350	500	2,360	2,510	6,850	6,250	630	2.110 M³	2.193 M³	
			"	"	"	"	"	"	680	2.314 "	2.405 "	
	"	"	"	"	"	"	"	"	730	2.518 "	2.616 "	

図 7-31 Ballast Profile for LWR Track (Single Line B.G.)

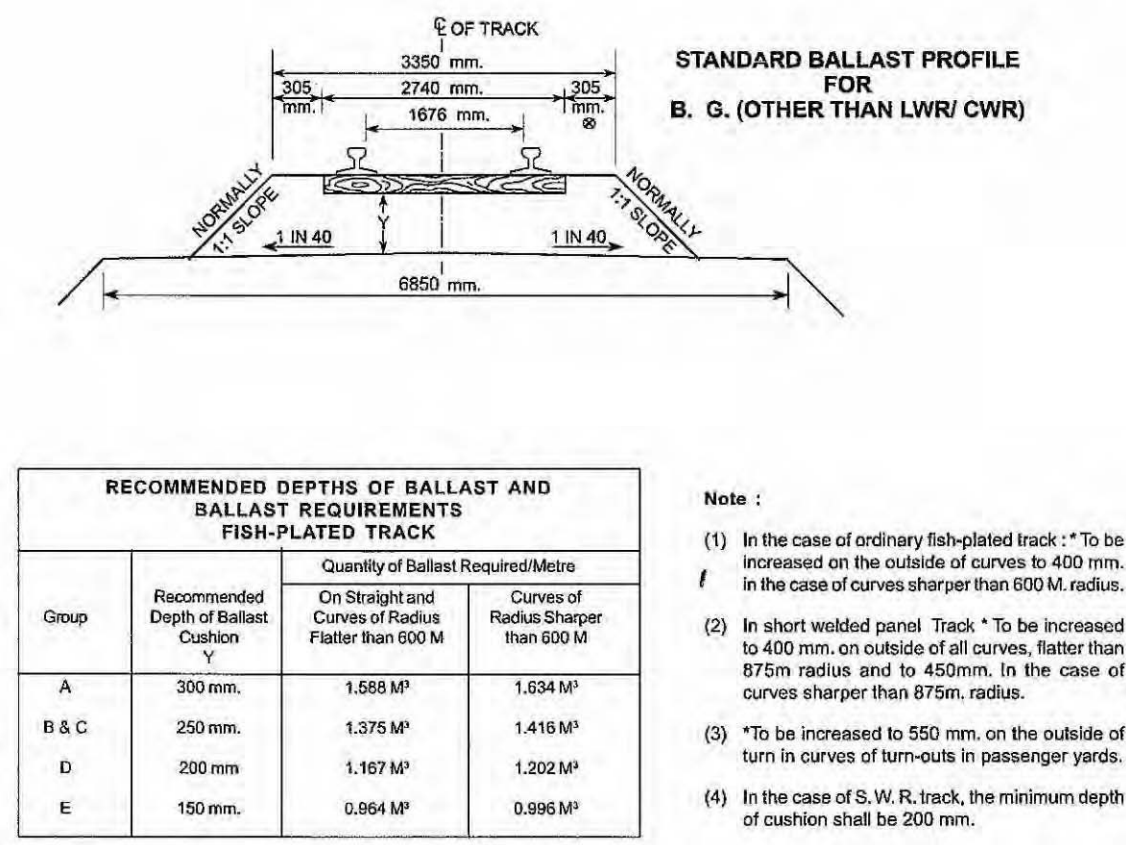


図 7-32 Standard Ballast Profile for B.G. (Other than Long/Continuous Welded Rail)

(2) DFC の軌道構造

DFC においては、開業時に軸重 25t、将来は 30t の軸重を採用することとしている。このため取り替え困難な設備については、30t 対応で建設する方針である。

軌道設備については、取替えが比較的容易であり、経年による老朽取替えも必要となることから、25t 対応の設備で建設する。インド鉄道では、現在の標準構造は 20.3t 対応であるが、すでに一部線区で 22.9t の軸重の列車を運転しており、この経験を基に現在の技術で 25t 軸重には対応可能としている。ただ、30t 軸重に対しては今後技術的検討が必要としている。

7.5.2 軸重とレール材料の関係

(1) 高軸重に対する世界の動向

技術の進歩に伴い、頭部焼入れレール（HH レール）が磨耗の激しい曲線部の軌道、取替え作業が困難な軌道、高軸重の軌道等に使用されてきている。この頭部焼入れレールは化学的成分の調整と頭部の焼入れがなされている。

最近のレールと車輪の間計に関わる技術は、磨耗と潤滑、レールの凹凸、転動疲労と熱及び機械的欠陥、レールと車輪の形状適正化による相互作用の調整、レール研磨、摩擦管理、レールと車輪の材料管理を包含している。

軸重が大きくなるとレールに加わるストレスが増大する。このためより強度の高いレールを使う傾向にある。26t 以上の軸重に対してレールの硬さは 320HB 以上にする傾向にある。

硬いレールは急カーブでのフランジ磨耗と接触疲労対策として取り入れられてきた。この磨耗や疲労の現象はレールと車輪の接触による高い応力と横方向クリープの結果である。曲線部においてより硬いレールを使う傾向が見られる。さらに軸重が 26t 以上では、350HB 以上の硬さが好まれている。HH レールは車輪とレールの接触する頭部を 1100N/mm² 程度の強度としている。

一部の北アメリカやオーストラリアの高軸重の鉄道では、強度の高いレールとして頭部焼入れレールが使われている。

(2) レールのスペック

レールと車輪の相互作用時にはそれぞれの材質により影響の度合いが異なると考えられる。

以下に日本とインドのレールのスペックを示す。

1) 日本のレール

表 7-11 日本のレール種類

種類	記号	計算重量(kg/m)
50kgN レール	50N	50.4
60kg レール	60	60.8

表 7-12 日本のレールスペック

		普通レール JIS E1101		熱処理レール JIS E1120	
Type		50kgN	60kg	HH340	HH370
Chemical composition	C	0.60 – 0.75		0.72 – 0.82	
	Si	0.10 – 0.30	0.13 – 0.30	0.10 – 0.55	0.10 – 0.65
Unit: %	Mn	0.70 – 1.10		0.70 – 1.10	0.80 – 1.20
	P	0.035 max.		0.030 max.	
	S	0.040 max.		0.020 max.	
	Cr	-	-	0.20 max.	
	V	-	-	0.03 max.	
Tensile strength	kgf/mm2	80 min.		110 min.	115 min.
	{N/mm2}	784 min.		1,080 min	1,130 min.
Elongation	%	8 min.	10 min.	8 min.	
Surface hardness of vertex part	Shore hardness ブリネル硬さ			HS47 ~53 HB321 ~375	HS49 - 56

2) インドのレール IRS T-12

表 7-13 インドのレールの種類

Profile	Sectional Wt kg/m
R - 52	51.89
R - 60	60.30

表 7-14 インズのレールスペック

Specification	Grade	Chemical Composition %					Mechanical Properties	
		C	M	P	S	Si	TS MPa	Elong %
IRS-T12/96	880	0.60-0.80	0.80-1.30	0.035 max	0.035 max	0.10-0.50	880 min	10.0

Hydrogen content < 3 ppm and Al max 0.02%

Unit Tensile Strength; 90

3) 日印レールスペック比較

表 7-15 Comparison of Specification of Rail between Japanese and Indian

	種類	C	Si	Mn	P	S	引張強度 kgf/mm ² {N/mm ² }	伸び
日本	60kg	0.60-0.75	0.13-0.30	0.70-1.10	0.035 max	0.040 max	80 {784} min.	10% min.
	HH340	0.72-0.82	0.10-0.55	0.70-1.10	0.030 max	0.020 max	110 {1,080} min.	8% min.
インド	T-12	0.60-0.80	0.10-0.50	0.80-1.30	0.035 max	0.035 max	90 {880} min.	10.0%

4) 参考：車両のスペック

表 7-16 日本の車両スペック JIS (E5402-1)

Grade		C max (%)	Mn Max (%)	P Max (%)	S (%)	Si Max (%)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elong- ation (%)
Rolled	Forged							
C44GW-N-A	GC44GW-N-A	0.46	0.90	0.04	0.04	0.40	600- 720	18- 9
C44GW-T-A	GC44GW-T-A						770- 890	15-8
C48GW-N-A	GC48GW-N-A	0.50	0.90	0.04	0.04	0.40	630- 750	17- 8
C48GW-T-A	GC48GW-T-A						820- 940	14-7
C51GW-N-A	GC51GW-N-A	0.54	0.90	0.04	0.04	0.40	660- 800	15- 7
C51GW-T-A	GC51GW-T-A						860- 980	13-6
C55GW-N-A	GC55GW-N-A	0.58	0.90	0.04	0.04	0.40	700- 840	14- 6
C55GW-T-A	GC55GW-T-A						900-1050	12-5
C64GW-N-A	GC64GW-N-A	0.67	0.90	0.04	0.04	0.40	800- 940	11- 5
C64GW-T-A	GC64GW-T-A						940-1140	11-4
C74GW-N-A	GC74GW-N-A	0.77	0.90	0.04	0.04	0.40	830- 1000	9-4
C74GW-T-A	GC74GW-T-A						1040-1240	9-3

表 7-17 インドの車両スペック（IRS）

		C% max	Mn%	P% max	S%	Si%	H max	Tensile Strength	Elongation
IRS: R-34/99	Diesel Loco Wheels	0.52	0.60- 0.85	0.03	0.03	0.15	2.5 ppm	775- 900 (at web) N/mm ²	11- 13% min
IRS: R19/93	BG Coach & Other wheels	0.57- 0.67	0.60- 0.80	0.03	0.03	0.15-	3 ppm	820- 940 N/mm ²	14% min
IRS: R-16/95	Axles	0.37	1.12 max	0.04	0.04	0.15-		550- 650 N/mm ²	25% min

表 7-18 アメリカの車両スペック AAR (M-107)

Grade		C Max (%)	Mn (%)	P Max (%)	S Max (%)	Si Min (%)	Brinell Hardness
Class U	General Service where an untreated wheel is satisfactory.	0.65- 0.77	0.60- 0.85	0.05	0.05	0.15	-
Class L	High speed service with more severe braking conditions than other classes and light wheel loads.	-0.47					197-277
Class A	High speed service with severe braking conditions, but with moderate wheel loads.	0.47- 0.57					255-321
Class B	High speed service with severe braking conditions and heavier wheel loads.	0.57- 0.67					277-341
Class C	Service with light braking conditions and high wheel loads. Service with heavier braking conditions where off-tread brakes are employed.	0.67- 0.77					321-363

7.5.3 DFC の軌道

(1) レール

インド鉄道では幹線のレールは、52kg/m レールが使用されていたが、軌道強化事業により順次 60kg/m レールに交換されつつある。線路保守費低減と乗り心地向上のため、LWR (Long Welded Rail)、CWR (Continues Welded Rail)が全面的に採用されており、Year Book (2004-2005)によれば、2005 年 3 月末現在で、広軌の 73%がロングレール化されている。

East Coast Railway では、KK 線（Kottavalasa-Kirandul）の曲線部 211km に HH レールを敷設している。車輪及びレールの磨耗を軽減するために、レール側面に潤滑油を塗布している。これらの施策の結果、レール寿命が 2 倍に延びたとしている。

DFC においては、60kg/m UIC 90UTS レールを使用し、可能な範囲はロングレール化する。2° (R 873m) 以下の曲線には HH レールを使用する計画とする。

(2) レール溶接

レールは継ぎ目部が弱点となるので、長尺レールの採用が望ましい。ロングレール化するにあたって現場での溶接が必要となる。溶接箇所も弱点となりやすいので溶接方法、資材、設備、溶接技術、検査方法について十分な検討が必要である。

日本では 4 種類のレール溶接方法を使っている。フラッシュバット溶接(FW)とガス圧接溶接(GPW)、エンクローズアーク溶接(EAW)とテルミット溶接(ATW)である。

フラッシュバット溶接とテルミット溶接は世界中で使われている。フラッシュバット溶接は品質に信頼性がある。テルミット溶接は機動性に飛んでいる。ガス圧接やエンクローズアーク溶接は日本で発展した。特にガス圧接は信頼性や作業性に優れている。エンクローズアーク溶接はテルミット溶接よりも機械的特性が優れているので新幹線の軌道敷きでの溶接方法として使われている。

テルミット溶接は簡単な機材で、短時間でレール溶接が可能なので現場溶接には重宝であるが、品質管理を慎重に行わないと溶接不良となる恐れがある。インドにおけるテルミット溶接箇所には不十分な溶接箇所が見受けられる。現場における溶接に当たっても、ガス圧接やエンクローズアーク溶接など、作業スペースや作業可能時間を勘案して溶接工法を選択する必要がある。また、溶接機材の選択や作業員の訓練、溶接後の検査(超音波検査、磁粉探傷検査、浸透式検査等)も重要である。

現在、軌陸車搭載フラッシュバット溶接機の実用化が進んでおり、採用が可能である。

(3) 締結装置

インド鉄道ではパンドロール式の弾性締結装置を使用している。弾性締結装置は、高性能で保守上も有利であるので DFC 線にも使用する。

(4) 枕木

PC 枕木が標準で、本線に 1,660 本/km、側線に 1,540 本/km の配置である。

日本では分岐枕木や橋枕木として合成枕木が多く使われている。合成枕木は、木枕木同様軽くて加工性に優れている上、コンクリート枕木同様耐腐食性に優れている。高価なのが問題である。

合成枕木の特徴は以下のとおり。

- － 比重が 0.74 と軽く、コンクリートの 3 分の 1 である。
- － 腐敗しにくい
- － 材質の強度が衰えない
- － 切削、穴あけ等の作業が木材と同様に可能である。

DFC の軌道材料として、無道床の橋枕木、洗浄線等の枕木直結箇所、作業間合いが短い箇所の分岐枕木等に使用を検討する。

(5) バラスト

砕石バラスト、厚さ 300mm とする。

(6) カント

最大カント:140mm、最大カント不足量：75mm とする。

(7) 分岐器

現在のインド鉄道における 12 番分岐の分岐側通過速度は、旧タイプの分岐器で 15km/h、改良型分岐器で 30km/h となっている。RDSO では、改良型分岐器において、計算上 12 番片開き分岐で 50km/h、16 番片開き分岐器で 66km/h での通過が可能としている。これらの速度は日本で実施されている分岐器通過速度と比較して妥当な数値であるといえる。今後、インドにおいても規程や保守基準の改定により RDSO の計算値までの分岐側の速度向上を期待できるので、一部の高速分岐を必要とする箇所を除いて本線分岐は 12 番、側線での分岐は 8.5 番を標準とする。

将来、軸重の増加に対応するためクロッシング部で欠線部分の無いノーズ可動クロッシングの採用も考えられるが、導入コストや可動部の保守に要する労力等も勘案して採否を決める必要がある。

(8) レール上部空頭

軸重 30t 化時の規格において、重量レールとの交換によるレール高さの上昇や、道床厚の増加に伴うレール面の向上が必要となると考えられる。レールレベルが 100mm 程度上がることを織り込んで線路上部の構造物のクリア・架線高さ調節可能量を計画する必要がある。

7.5.4 保守体制

軌道メンテナンスのマニュアルとして、“*Indian Railway Permanent Way Manual*”が準備されている。これは非常に完成度の高いもので、インド全国で使用できるように、英語とヒンディー語の 2 つの言語で書かれている。

目視や軌道検測車による測定を行い、その結果はコンピュータで管理されている。

安定した輸送を続けるには線路の保守体制は重要である。自動車等の機動力を活用しても保守拠点からの行動範囲は限られるため、数箇所の保守拠点が必要となる。

軌道の保守にはマルタイが有効であるので、軌道新設の際に購入して運転開始までの軌道整備に使用した後、保守拠点ごとに配備されるのが望ましい。レール研磨機も 1 台以上配備する必要がある。その他の作業機械は、保線作業業務量や作業間合い時間数、作業要員数を勘案して機種や機械の台数配置を決める必要がある。道床交換作業は軌道新設後しばらくの間は必要ないので、バラストクリーナーの購入は当初は不要である。道床整理作業機械はマルタイとセットで使えるように配備すべきである。

7.6 電気設備

7.6.1 AT き電方式

(1) き電用変電所

SPV が DFC を建設し、運営する前提から、新規の独立システムを構築する方針とした。

電力は、インド国内に張り巡らされた商用周波超高圧送電網から鉄道変電所に直接に引き込むことにした。即ち、この網から 2 回線、3 相 220kV の架空線で取込むことを基本にするが、この電圧がインドにおいて最も広く送電されているためである。2006 年 9 月時点

の電力省発表では、全体の約 59%の 11 万キロメートルが 220kV 系統で 1 億 5 千万 k VA の送電能力を有しているが、地域によっては他の受電電圧、即ち、13.2 万 V 若しくは 11 万 V を選択することも可能とした。なお、今回の概略設計において、特に高電圧開閉機器の形態に関しては、敢えて言及しないが、将来の実施設計の段階では変電所用地取得の困難または面積的制約、さらに、都会地における景観との兼ね合いから GIS（SF6 Gas Insulated Switchgear）の採用も検討したい。

しかしながら、インド国北部地域に比較的に多い 400 万 V 送電幹線網から鉄道変電所に直接引き込むことについては、設置機器に不必要な大型化を招くのみならず、絶縁離隔距離の増大を招くと共に、高々数万 k VA 程度の鉄道変電所の 1 次電源としては实际的でないし、用地の拡大にもつながり、特に、事故時の被害が格段に大きくなるため現実的でないと判断した。そのほか、機器の調達と保守に困難が伴い、インド国鉄の技術者が長年に亘り培ってきたノウハウが適応できず、運用上で支障が大きいだろうと推量される。従って、220kV を超える電圧の採用は DFC には採用しないこととした。

(2) AT き電方式

1) 2 x 25 kV システム

受電電力の信頼性を確保するため、鉄道変電所における受電電力は三相 220kV、50Hz の 2 回線とする。電車線のき電方式は AT 方式とし、電車線き電電圧は 25kV、50Hz とする。変電所の相互間隔は 50km とする。

2) 変電所の種類

AT 間隔は 12.5km、き電用変圧器は N 点付きで第一 AT は変電所内にある。AT は上下線の各線に配置される。配置を図 7-33 に示す。

TSS: Traction substation.

SP: Sectioning Post

SSP: Sub Sectioning Post

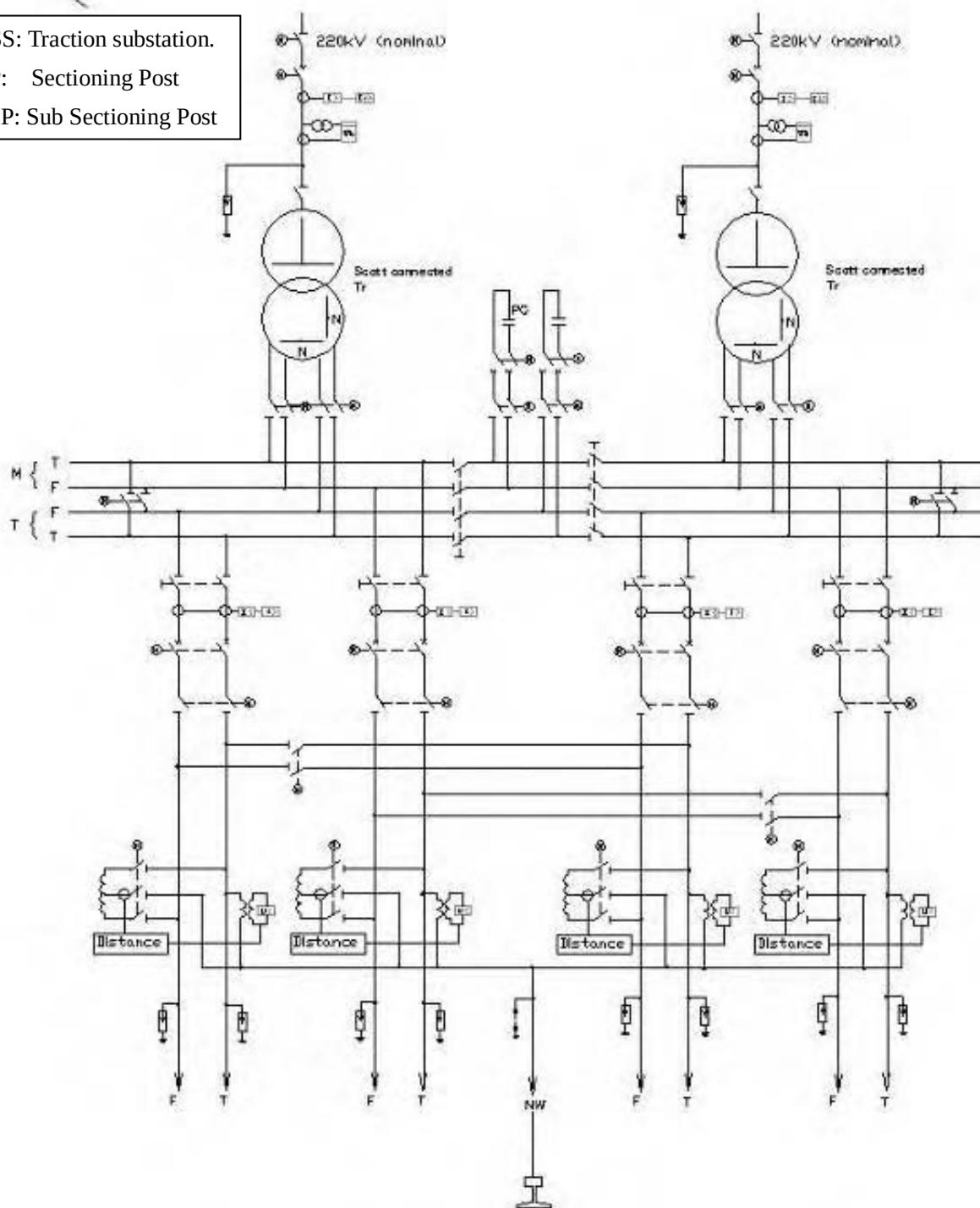


図 7-33 変電配置図

3) スコット変圧器と変形ウッドブリッジ変圧器

単相負荷を三相に変換する変圧器には二種類ある。

電力系統に悪影響を与える電圧不平衡を改善する規制は日本や欧州で行われている。インドにおいても電力消費量の増加に伴い同様の規制が行われることが想定され、三相に変換する変圧器を使用することは電気料金においてインセンティブを受ける価値がある。

(3) AT き電方式の電線

AT き電方式では架線のほか、AT き電線、保護線、架空接地線を含めて全体システムを構成している。

(4) 既存線の電力設備の改良

現在供用中の各線区内の設備改良に関しては、実施しないこととする。

鉄道は定性的に電気車（負荷）が常に軌道上を移動するため、き電方式のみならず統一された方式によってのみ運行が保障される事業であることから、部分的な改良は電力関係においては何らの利点が期待できない。

仮に、列車の運行密度が増加した場合の対処については、き電変電所における変圧器容量が、一般に、過負荷耐量を以って設計・製作がなされているため、ある限度内の増加については、現状の設備の状態（但し、保護継電器などの設定の変更は必要）で対応可能と考えられる。

(5) SCADA

主回路機器を常時監視し、開閉機器を操作するために、回廊を通した一元的な SCADA の構築を目指すことにした。先の現場調査において、現在運用中の SCADA はその設置時期が地方鉄道局により異なり、また、製作会社の主導によって設計されたものが多く、他の局のシステムと互換性・共通性が少ないことが明確になった。RITES 報告書でもこの点を指摘しているが、DFC が全回廊を通して、列車の高速性を維持するためにはき電側の一元的な監視・制御を欠くことができなく、それらが系全体の安全の維持に担保される。SCADA の構築にあたっては、その対象範囲を電力関係に限定せずに、将来は列車の信号システムの一部とも融合を図る余地がある。

7.6.2 変圧器の容量検討(FTr, AT)

(1) FTr

列車運行計画および機関車性能から、当初は各変電所において $2 \times 65 \text{ MVA}$ の構成とし、負荷が増加してくるときに 1 台増設して $3 \times 65 \text{ MVA}$ の構成とする。ただし、現時点では路線の縦断面および平面が確定していないので、概算容量である。

(2) Auto transformer (AT)

上記計算条件の下で、AT の容量を 8 MVA と想定する。

7.6.3 電車線路の構成

(1) 架線

想定した使用条件から、トロリ線 $\text{Cu } 107 \text{ mm}^2$ 、吊架線 $\text{Cd Cu } 65 \text{ mm}^2$ 、AT き電線 $\text{Al } 240 \text{ mm}^2$ または $\text{Al } 300 \text{ mm}^2$ を推奨する。

(2) 架線柱

電車線高さ 7.53m から、柱の長さは 11.12 m 必要であり、材料は比較的入手可能かつ IR での使用実績のある H 型鋼またはチャンネル鋼の組み立て品が望ましい。

7.6.4 トロリ線偏倚と架線柱の径間

(1) 直線区間

風圧偏倚等を検討した結果、直線区間の最大径間は 63m とすることが望ましい。

(2) 曲線区間

最小曲線半径 700m に対し、曲線偏倚は 181mm となる。

(3) まとめ

本章では電車線高さ 7.53m に対応する架線構造が問題なく設計できることを示した。

7.6.5 工事の施工方法

DFC の電化区間路線長は 2,765km である。IR は 1925 年から電化を始め、17,450km を既に電化している。IR の電化工事の推移を見ると年間 500 route km 以上の施工能力がある。但し、これは営業線の電化工事であり、新線電化の場合はさらに効率がよい。

DFC の建設期間のうち電化工事は約 2 年間で完了させる必要がある。電化工事の工事進捗率について検討した結果、DFC 新線は 2 年以内に施工可能である。建設方法については *Volume 4 Technical Working Paper Task2, 7-(10)* に示す。工事を進めるため、スコット変圧器、単巻変圧器、架線金具、建設機械などを海外から調達することを検討する必要がある。日本はこれらについて十分な品質の機器や機械を提供できる。

7.6.6 電力供給の計画

DFC に関連する電力供給について、CEA（Central Electric Authority）の電源開発計画を調査した。火力、水力合わせて全国で 70,275MW の計画がある。

西回廊に係る開発計画は、図 7-34 および図 7-35 に示すように、火力 15,245MW、水力 980MW であり、11.10 で提案した電化のための変電所容量 1,000MW に対し十分に余裕がある。また、MOR および RITES の関係者の聞き取り調査では、鉄道は優先的に電力供給を受けるとの証言を得ており、西回廊電化への支障はないものと判断される。

また、電力送電線網についても、図 7-36 に示すように、東西回廊ともアクセス可能となっている。

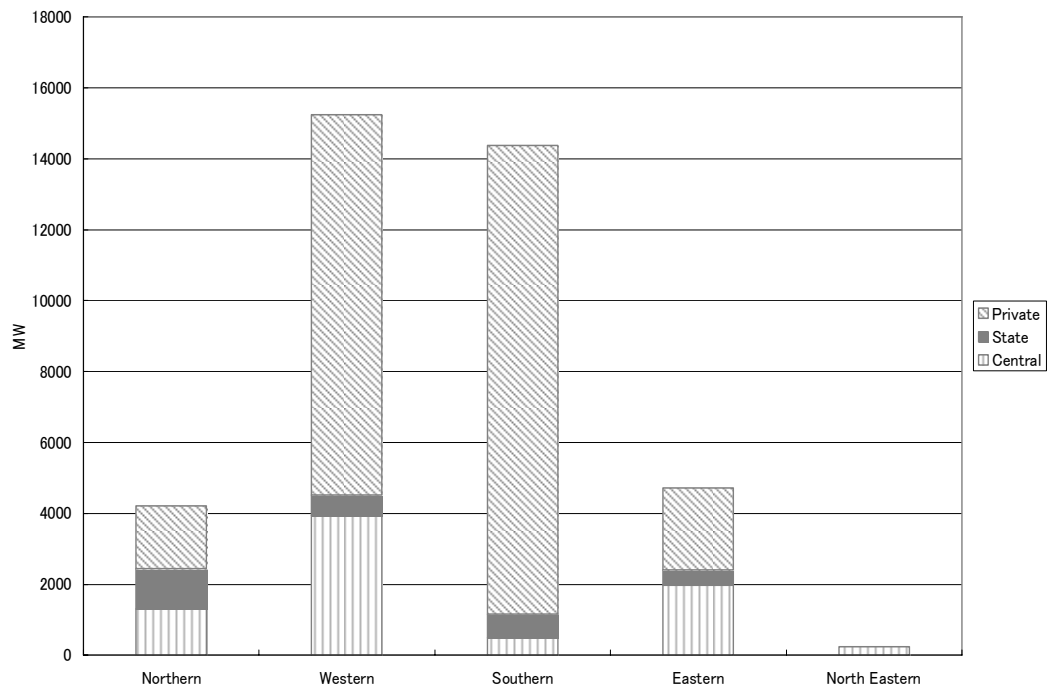


図 7-34 CEA 火力発電所開発計画

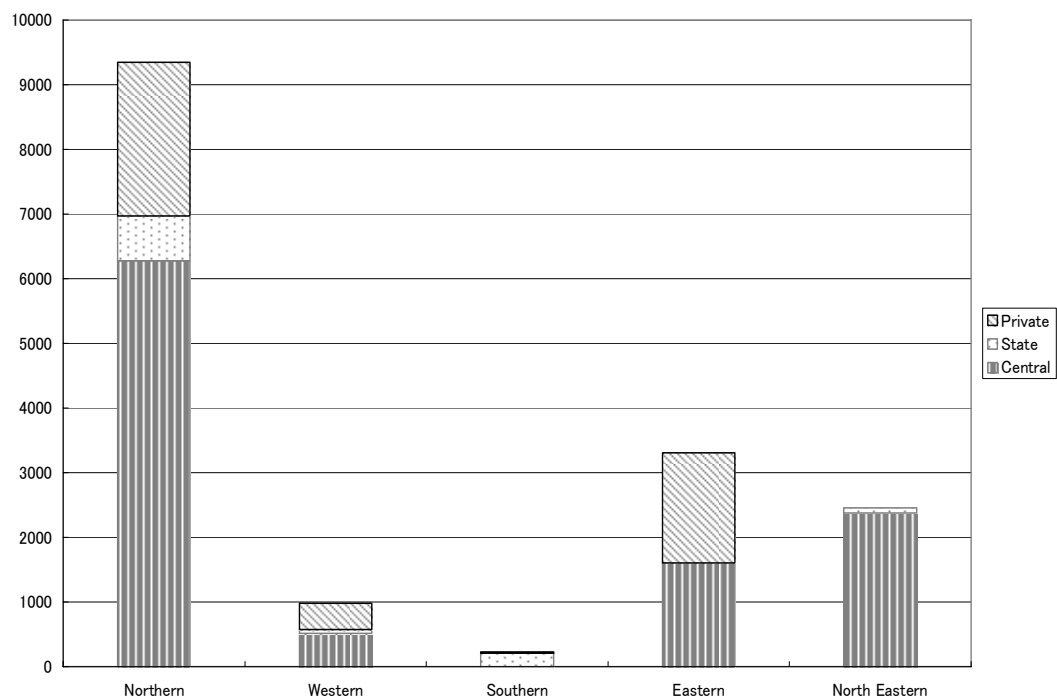
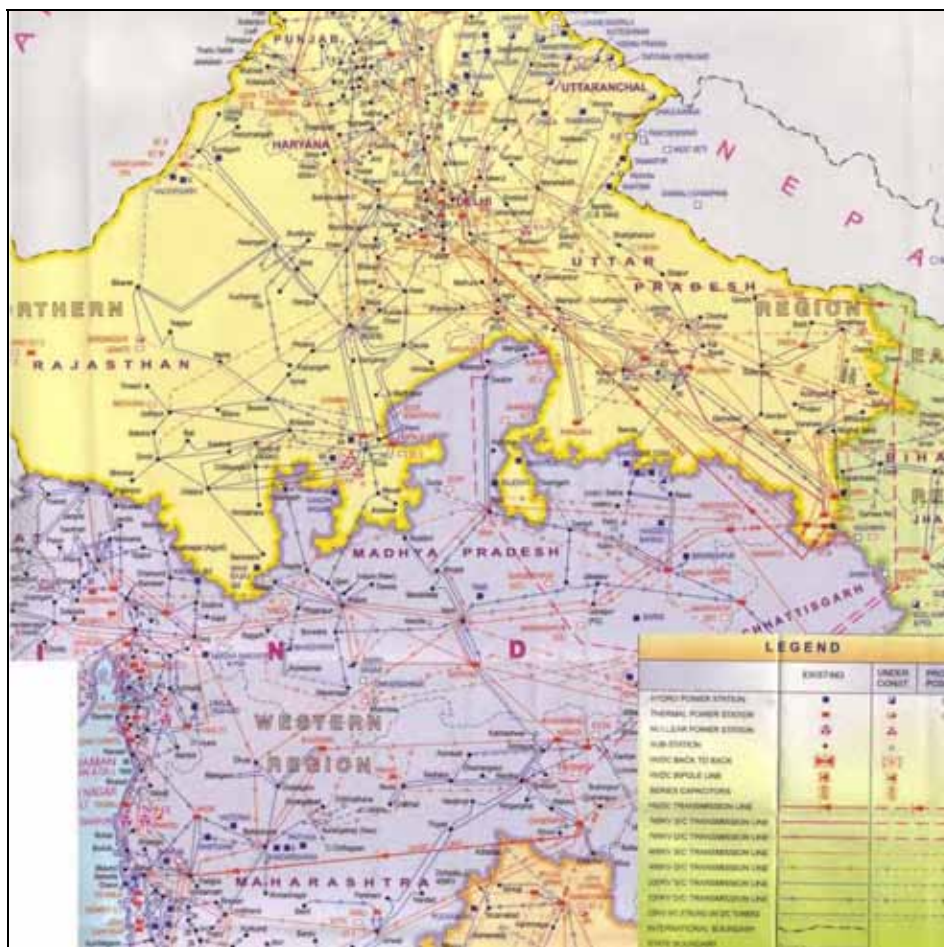


図 7-35 CEA 水力発電所開発計画



出典: Power Map of India 2003, Central Board of Irrigation & Power

図 7-36 DFC 計画路線における電力グリッド

想定される瞬時最大電力は下記のとおりであり、これらの値は CEA の電源開発計画で十分まかなえるものと思われる。しかしながら、中長期的電力開発計画に反映させる必要があるといえる。

表 7-19 瞬時最大電力量 (MW)

Year	2013	2018	2023	2028	2031
Eastern	98.0	172.0	207.7	216.7	221.0
Western	129.7	339.4	482.5	622.2	708.4
Total	227.7	511.4	690.2	838.8	929.4

7.7 列車運行管理システム

7.7.1 DFC の総合運行管理システム

DFC における列車運行管理のため、通信・信号システム、中央列車制御装置および列車運行管理システムを組み合わせ、高度にコンピュータ化された総合的な運行管理システムを提案する。これにより、列車の定時運行、管理組織の簡素化、設備管理の合理化を達成し、効率的な貨物輸送を行い、他輸送機関との競争でも有利な立場を得ることとする。

そのためのシステムは図 7-37 に示すように、列車運行管理システム、信号システム、列

車自動停止装置、列車・地上間通信システム、列車指令と駅等の現場を近代的な移動体通信あるいは光ファイバーケーブルで結び、シームレスな鉄道運営を実現するものである。

総合列車運行管理システムは、東西回廊それぞれ 1 組設け、東西回廊を直通する列車も想定して、相互に接続可能なものとする。

合わせて、電力設備管理システム SCADA、信号設備モニタリングシステム等の設備管理システムを採用することを提案する。

列車指令および設備指令は東西回廊合わせて 1 箇所を集約し、DFC の一元的なオペレーションを行うことが望ましい。

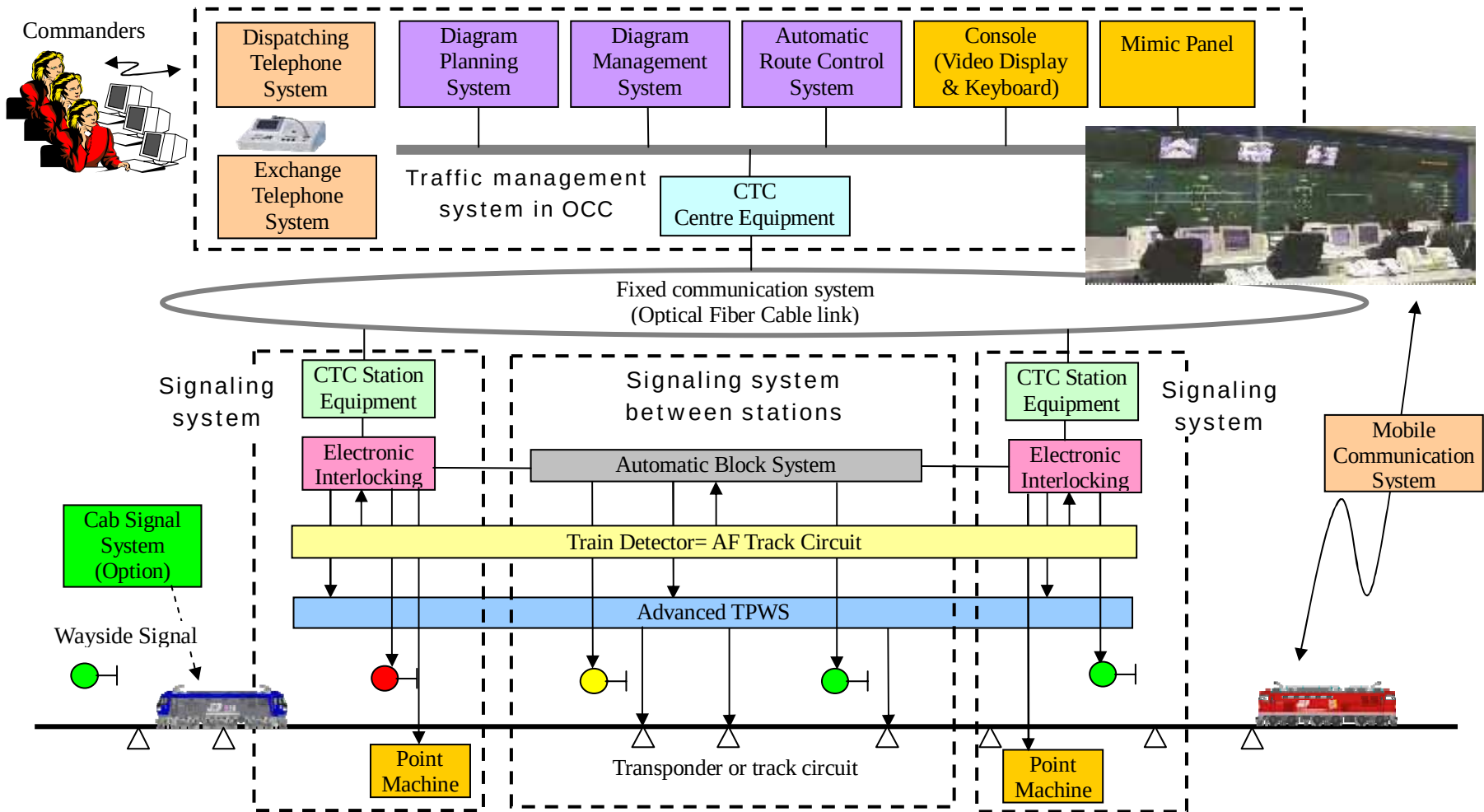


図 7-37 総合列車運行管理システム構成図

7.7.2 DFC における運行管理システムに必要な機能と仕様

(1) 運行管理システムの機能

今日の運行管理システムはコンピュータ制御が一般的であり、DFC においても運行管理システムの採用を推奨する。

コンピュータによる進路制御では列車運転時刻データが必要となる。また列車運転実績データをシステム内に蓄積することができる。そしてこれらデータを活用した様々なシステムを構築することができる。しかし、線区輸送がクローズしていない DFC にあっては、他線区情報の補完入力が必要となる。このため、少なくとも発足段階にあっては以下の機能に留めることを薦めたい。

- 1) コンピュータ化された進路制御
- 2) 指令員への予測列車ダイヤの提供
- 3) 駅、乗務員区等への列車運転位置情報の提供
- 4) 指令員への列車番号情報の提供
- 5) 指令員と列車乗務員が直接交信できる列車無線

(2) 運行システムの構成

DFC の東西両回廊を直通する輸送はさほど多くないと想定される。また両線区の長さも長い。このため、両回廊それぞれシステムを保有することが望ましい。ただし、この場合も指令室は 1 箇所とし、両線区の輸送管理に緊密な連携を取れるよう配慮する。

インド国鉄の路線網は複雑なネットワークを構成している。このネットワークをフルに活用するにはシステムは分散方式が望ましい。しかし、当面 DFC を機軸とした輸送で完結することから、コスト面を考えれば、集中システムとすることが現実的である。指令室は輸送指令と各技術分野の指令が一体となることが望ましい。

DFC を電化する場合、SCADA についても、運行管理システムと同じ指令室で操作できるようにする。

- 1) 集中システムによる構成
- 2) 同一指令室に東西各システムを設置
- 3) SCADA システムも同じ指令室に設置

7.7.3 列車運行管理システムの概要

Volume 2 タスク 0&1 第 8 章の運行管理システムに示した機器構成のシステムを OCC に設ける。本システムは東回廊用、西回廊用で独立してそれぞれ 1 システム設ける。なお、運行管理システムの制御卓は、各回廊を地域ごとに管理できるように、複数台の制御卓を設ける。

OCC には、この運行管理システムのほか、第 8 章で述べた信号通信モニタリングシステムおよび SCADA も、各回廊に 1 システム設備する。

OCC に設ける設備は表 7-20 に示す通りである。

表 7-20 OCC に設備する運行管理システム一覧

装置名称	概略機能	記事
ダイヤ管理装置	進路制御装置から送られてくるダイヤメンテナンス情報を基に制御範囲のダイヤ管理を行う。	2 重系構成
操作卓	運転整理卓、手動進路設定卓を実装する。運転整理卓は主にダイヤ系のマシン IF を行う。	通信指令設備もこの操作卓に実装する。
運行監視盤	全線区の路線をイメージ表示し、列車在線・列車番号など指令員が必要とする情報を大画面に表示する。	ミミックタイプ、プロジェクタタイプなどがあり、採用については視認性などを考慮しながら決定する。
進路制御装置（ARS）	CTC を経由し各駅から送られてくる信号情報を基に列車追跡を行い、管理対象の駅ダイヤ管理を行う。これに基づき進路制御処理などを行う。	2 重系構成
ダイヤ作成装置	基本ダイヤ作成、実績ダイヤ表示、乗務員運用作成 各種帳票作成などの機能を持つ。	1 重系構成

7.7.4 CTC 装置

CTC 装置は OCC に設ける中央装置と各駅に設ける駅装置を光 LAN で接続する、伝送装置で、各駅の信号システムからの列車在線情報、進路設定情報、転てつ器開通方向情報など、指令員が必要とする情報を OCC に伝送するとともに、中央からは進路制御情報を各駅に伝送する。本システムは 2 重系構成である。

7.8 通信・信号システム

7.8.1 通信システム

(1) システム概要

前項での最適技術オプションの検討結果に基づき、調査団は次に示す 4 つの主要通信システムを貨物新線(DFC)の通信システムとして提案する。

- SDH (Synchronous Digital Hierarchy)による光通信システム
- GSM-R (Global System for Mobile Communication for Railway Applications)システム
- 電子交換システム（デジタル交換機）
- 指令電話システム（集中型）

上記システムに求められる一般概要機能を表 7-21 に示す。

表 7-21 通信システム一般概要機能

システム名	必要機能
光通信システム	以下における音声およびデータ通信サービスの提供： ・ 駅 ・ 中央列車指令所（CTCC）と駅間 ・ GSM-R を通じた中央指令所と列車間
GSM-R 通信システム	以下区間における音声通信サービスの提供および将来のデータ通信に対する拡張機能： ・ 中央指令所と列車間 ・ 駅と列車間 ・ 保守作業目的のための沿線と保守基地または指令間 尚、本移動通信システムは、沿線、操車場等、移動通信システムのカバーレージ内であれば、どこからでも通話が可能である。
デジタル交換システム	一般業務用に、次の箇所に電子交換を整備： ・ 中央列車指令所（CTCC）、Terminal 駅、Junction 駅、Crossing 駅 ・ その他関連事務所等（必要な場合）
指令電話システム	指令業務を目的に次の指令および対応部局に設備： ・ 列車指令、電力指令、信号指令、通信指令、設備指令

(2) 設計条件およびシステム要求機能

設計条件およびシステム要求機能を前項での最適技術オプションの検討結果に基づき、調査団は次に示す 4 つの主要通信システムを表 7-22 に示す。特に、GSM-R の基地局間隔の設計に関しては、上述の(1) RITES 報告書レビューに述べたとおり、技術仕様およびこれまでの実績より 7km とした。しかし、この値は外的環境により変化するため、詳細設計時に「電波伝搬実験」を実施し、確認する必要がある。電波伝搬実験を実施する主な目的は次の通り。

- 無線設備の仕様の決定
- 無線基地局間隔の決定
- 必要周波数の決定および周波数利用計画の作成

図 7-38 に全体システム構成を、表 7-23 にシステム設置箇所を示す

表 7-22 システム設計条件および要求機能

システム名	設計条件および要求機能
1. 光通信システム	
1) システム構成	以下 2 つの SDH システム : ・ STM-1 : GSM-R の基地局接続向け ・ STM-4 : 上記のバックアップおよびその他駅間通信向け
2) ネットワーク構成	ループ構成 : ・ 2 つのケーブルを線路両側に敷設し、ループによる冗長化構成とする。
3) 芯線割付け	1 ケーブル : 24 芯管路埋設ケーブル ・ STM-1, STM-4 : 各 2 芯 (計 4 芯) 上記に加え、信号システム向けに以下芯線を利用。 ・ 閉塞システム向け、CTCC 向け、ATSP 向け : 各 2 芯 (計 6 芯)
4) 伝送距離	約 80km
5) インターフェース	E1, 2W/4W E&M, 10/100BbaseT, その他
6) UPS	設備
2. GSM-R システム	
1) 基地局間隔	7km
2) 機能	ポイント-ポイントコール、ブロードキャストコール、グループコール、マルチパーティーボイスコール、エマージェンシーボイルコール、他
3) インターフェース	E1, その他
4) UPS	設備
3. 電子交換機	
1) 回線容量	CTCC : 2,000 回線 Terminal station : 5,000 回線 Junction station : 2,000 回線 Crossing station : 256 回線
2) インターフェース	E1, 2W/4W E&M, その他
3) UPS	設備
3. 指令電話	
1) タイプ	集中型
2) 機能	個別呼び出し、グループ呼び出し、一斉放送 (個別端末のマイクおよびスピーカーによりハンズフリー通話が可能な事)
3) インターフェース	E1, 2W/4W E&M, その他
4) UPS	設備

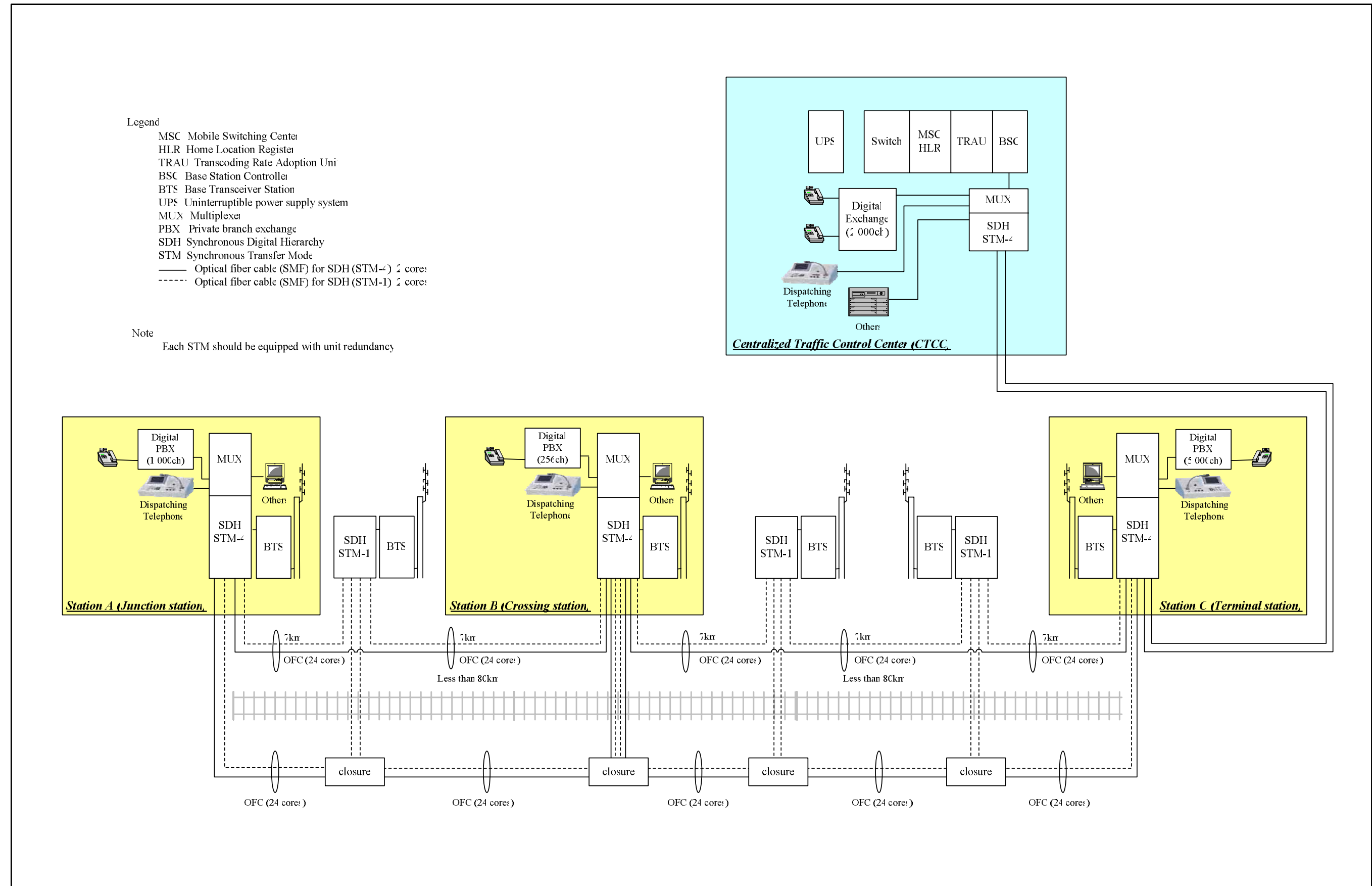


図 7-38 通信システム全体構成図

表 7-23 システム整備箇所

項目		沿線	駅	CTCC
1.	光通信システム			
1)	SDH 端局装置	○	○	○
2)	PCM 多重化装置(MUX)	○	○	○
3)	チャージャーおよびバッテリー	○	○	○
4)	その他雑材	○	○	○
2.	GSM-R システム			
1)	基地局システム、バッテリーおよびチャージャー	○	○	
2)	基地局制御システム (BSC)			○
3)	トランスコーディングシステム(TRAU)			○
4)	モバイルスイッチングシステム(MSC/VLR)			○
5)	ホームロケーションレジスター/認証システム(HLR/AC)			○
6)	中央システム用無停電電源装置			
7)	その他雑材	○	○	○
3.	デジタル交換機			
1)	デジタル交換機、チャージャーおよびバッテリー		○	○
2)	主配線盤 (MDF) または中間配線盤 (IDF)		○	○
3)	その他雑材		○	○
4.	指令電話システム			
1)	マスターコントローラーおよび操作卓			○
2)	指令電話端末 ^{*1}		○	
3)	その他雑材	○	○	○

(3) 段階整備への対応

中央列車指令所（CTCC）は、Delhi 近郊に 1 箇所整備される計画である。通信設備の親局設備は、この中央列車指令所に設備の計画である。よって、第 1 期工事では、当該区間の通信設備の整備に加え、中央列車指令所に設備する親局設備および親局設備から第 1 期工事区間までの光通信システムの整備を行う事を計画する。

7.8.2 信号システム

信号システムは Volume2 タスク 0&1 第 8 章に述べた最適技術オプションにしたがって、駅構内および駅中間に表 7-24 に示す信号システムを設ける。

表 7-24 DFC に設備する信号システム一覧

装置名称	設備場所	概略機能	記事
電子連動装置 (SSI)	駅構内	信号機間、信号機－転てつ機間に連鎖を設けて、進路を設定する。	CTC, ABS とのインターフェースを設ける。
自動閉塞装置	駅間	駅間を 2km 毎の閉塞区間に分割し、列車の間隔制御を行う。	連動装置, Advanced TPWS とインターフェースを設ける。
CTC 駅装置	駅構内	OCC からの進路制御情報を電子連動装置に伝送し、電子連動から指令に必要な情報を OCC に伝送する。	連動装置と中央 CTC のインターフェースを設ける。中央 CTC とは光ケーブルで接続する。
自動列車停止装置 (Advanced TPWS)	駅構内 および駅間	軌道回路またはトランスポンダーにより地上と車両間の情報伝送を行い、列車同士の追突、衝突または異線進入を防ぐ。 オプションとして、車内信号機により前方信号機までの距離、信号現示を表示し、乗務員の操作を支援する。また、濃霧等の信号確認困難な状況にも対応する。	軌道回路または線間にトランスポンダー（パリス）を設ける。 車上に車上装置および車内信号機（オプション）を設ける。
列車検知装置	駅間	AF 軌道回路により列車の位置検知を行う。	無絶縁
	駅構内	AF 軌道回路により列車の位置検知を行う。	有絶縁
電気転てつ機	駅構内	CTC からの指令により分岐器の遠隔操作を行う。	SSI とのインターフェースを設ける
信号機 (場内・出発・入換)	駅構内 および駅間	自動閉塞装置、CTC により所定の信号を現示する。 場内・出発信号は色灯式 入換信号は灯列式	SSI および ABS とのインターフェースを設ける

駅間の列車検知システムに AF 軌道回路を提案した経緯は Volume4 Technical Working Paper Task2, 7-(5)に記す。

7.8.3 信号通信用電源設備

信号通信用電源は高圧 2 系統 25KV から Auxiliary Transformer (AT) で降圧された 2 系統の電源と商用低圧電源の 1 系統の合計 3 系統によりバックアップされた AC 電源から各機器に電源供給する。なお Junction 駅および Terminal 駅にはさらに DG による予備電源を持ち、バックアップする。

電源設備は絶縁変圧器、降圧変圧器、UPS、整流器および配電盤で構成し、さらに瞬時停電対策としてバッテリーでバックアップする。

(1) 駅構内の電源設備

信号および通信関係の機器への電源供給を表 7-25 に示す。なお整流器や UPS は 2 重系とする。

表 7-25 通信・信号関係機器への電源供給

負荷機器	電源の種別	瞬時停電対策	記事
電気転てつ機	AC	不要	
信号機	AC	不要	
軌道回路	DC	整流器+バッテリー	AF 軌道回路
信号制御装置	DC	整流器+バッテリー	SSI・CTC などの論理部電源
VDT	AC	UPS	信号扱い所のビデオ端末
通信制御装置	DC	整流器+バッテリー	

(2) 駅中間の電源設備

駅機器室から高圧 2 系統と商用電源によりバックアップされた AC 電源線を駅中間に引き通して電源を供給する。

閉塞境界および無線基地局のそばに電源 Box を設け、その中に整流器とバッテリーを設けて、瞬時停電対策をした電源を各機器（AF 軌道回路、自動信号制御回路、SDH および BTS）に供給する。

7.9 車両

7.9.1 電気機関車

(1) DFC 用電気機関車の性能検討

機関車性能は、バルク輸送で列車重量 5,800t、コンテナ輸送で列車重量 4,500t および 3,500t を基礎に検討する。コンテナ列車 4,500t はフラット貨車によるダブルスタック輸送を、3,500t はウェル貨車によるダブルスタック輸送を想定している。

Volume 4 Technical Working Paper Task2, 7-(6)に詳細を示すが、検討概要はつぎのとおりである。

勾配区間での引き出し性能は、機関車のレールと車輪間の摩擦係数である粘着係数に依存する。最新の交流電動機駆動技術を採用することにより、実用上の期待粘着係数を 0.38 とし、機関車の軸重と軸数を決定する。

バルク輸送用には軸重 25t、8 軸機関車を、コンテナ輸送用には軸重 25t、6 軸機関車を使用することが望ましい。

バルク貨物列車 5,800t を牽引する場合、平坦線での最高速度 100km/h、1/200 勾配での均衡速度 75km/h とすれば、機関車出力は概ね 12,000Hp(9,000kW)となる。8 軸機関車であるので、1 軸当たり 1,500Hp(1,100kW)となる。

コンテナ列車 4,500t 牽引の場合、平坦線での最高速度 100km/h とすれば、機関車出力は 9,000Hp となり、1/200 勾配での均衡速度は 80km/h 程度となる。3,500t 牽引の場合は、速度条件を同一として、機関車出力は 7,200Hp となる。

電気機関車の最大出力については、最新技術では 1 軸当たり 2,000Hp 以上の例もあるが、インドの気象条件を考慮すると 1 軸当たり 1,500Hp 程度とすることが望ましい。

ディーゼル牽引の場合は、5,000Hp クラスの機関車を開発しても 1 軸当たりの動輪周馬力

は 750Hp であるので、同じ平均速度で運行するためには、重量列車牽引では 6 軸機関車 3 両、コンテナ列車牽引では 6 軸機関車 2 両が必要となる。

ディーゼル機関車については米国で 6,000Hp の例もあるが、インドの気候条件を考慮すると、5,000Hp が限界と思われる。

一方、ディーゼル牽引で平均速度を若干下げると考えると、重量列車は 2 両、コンテナ列車は 1 両で牽引可能である。駅間 30km を想定して、平坦線およびモデル線（平坦 10km + 1/200 勾配 10km + 平坦線 10km）について、駅間到達時間と平均速度を計算したものを表 7-26 および表 7-27 に示す。

表 7-26 コンテナ列車 4,500t のシミュレーション

		電気機関車 EL	ディーゼル機関車 DL	DL/EL 比率
平坦線	時間 (min)	28.5	33.4	1.172
	平均速度 (km/h)	63.2	54.0	0.854
上りこう配区間	時間 (min)	31.8	39.9	1.255
	平均速度 (km/h)	56.7	45.1	0.795
下りこう配区間	時間 (min)	28.7	32.1	1.118
	平均速度 (km/h)	62.7	56.1	0.895

注) 電気機関車、ディーゼル機関車とも 1 両で牽引する

表 7-27 バルク列車 5,800t のシミュレーション

		電気機関車 EL	ディーゼル機関車 DL	DL/EL 比率
平坦線	時間 (min)	28.9	27.3	0.945
	平均速度 (km/h)	62.4	66.0	1.058
上りこう配区間	時間 (min)	31.1	31.6	1.016
	平均速度 (km/h)	57.9	56.9	0.983
下りこう配区間	時間 (min)	31.7	30.3	0.956
	平均速度 (km/h)	56.8	59.4	1.046

注) 電気機関車は 1 両、ディーゼル機関車は 2 両で牽引する

線形が確定していないので、Mumbai と Delhi の標高差から 1/200 勾配区間が、60km 程度（上り、下り同じ長さ）が含まれると仮定して、電気機関車とディーゼル機関車の所要時間比の加重平均で電気機関車とディーゼル機関車の両数比率を推定した。

この結果、コンテナ列車については、電気機関車 1.00 に対しディーゼル機関車 1.17、重量列車については、電気機関車 1.00 に対しディーゼル機関車 1.90 となる。5.3 節の西回廊の電化/非電化に関する経済計算においては、この比率を使用した。

(2) 電気機関車の開発および製造

DFC における電気機関車は、コンテナ列車牽引用として 6 軸 9,000Hp 軸重 25t、バルク貨物列車牽引用として 8 軸 12,000Hp 軸重 25t を想定する。現在の IR における最新型 WAG-9 形電気機関車は 6 軸 6,000Hp であるので、6 軸および 8 軸とも早期に開発を始める必要がある。

新型機関車の価格は、現状の WAG-9 を基礎に機関車出力増加と開発費を勘案して、2006

年度価格で、8 軸 12,000Hp は 4.9 百万ドルと試算した。

開発開始から量産車の製造開始までには、プロトタイプの製造および確認試験等を含め、図 7-39 に示すように 5 年間程度必要である。プロジェクトの工期が 5 年であることを考慮すれば、プロジェクト着工と同時期に新型機関車開発に着手する必要がある。また、開業の 2 年前までには試作車を開発・製造し、性能確認試験および信号システムとのインターフェースについての確認を行ったうえで、量産車の製造を開始することが望ましい。

合わせて、開業 1 年前からプロトタイプを使用して乗務員や保守要員の教育訓練、営業運転ダイヤの確認等の開業前準備作業を開始することが望ましい。

東西回廊同時開業かつ西回廊電化の場合、DFC の開業および開業後 15 年間における現時点で想定される電気機関車所要両数および製造両数は、表 7-28 に示すようになる。すなわち、開業までに 168 両、以後毎年 15～30 両の機関車を投入する必要があると見込まれる。ただし、これらは DFC 線内のみで使用される機関車両数であり、フィーダー線内で使用される機関車両数は含まれていない。フィーダー線内の機関車両数は IR の輸送計画から決まる。

IR の電気機関車製造工場（CLW）あるいは国営重電機メーカー（BHEL）のみで新型高性能新形式機関車を開発するには多大な時間が必要になると見込まれる。また、インド国内の現在の年間機関車製造能力は、CLW200 両、BHEL50 両と見込まれているので、IR の需要の他に DFC 用に 168 両の電気機関車を短期間に製造することは彼らの能力を超えている。したがって、早期に新形式機関車を開発・投入するためには、インド国外企業の開発能力を活用する必要がある。また、製造能力そのものについても、機関車製造能力の増強あるいは外国からの輸入を検討する必要がある。

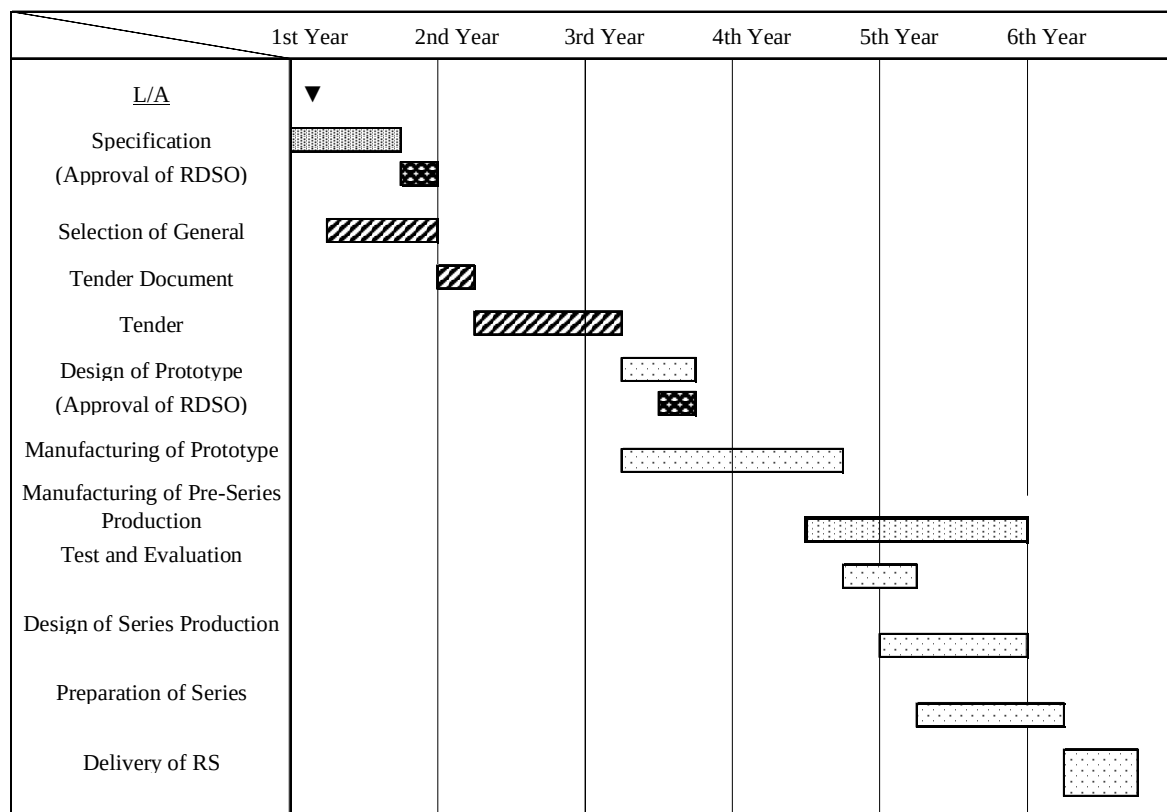


図 7-39 電気機関車の開発行程

表 7-28 電気機関車所要両数および製造両数(想定)

	Type	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
The Eastern Corridor	6 axles			2	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	8 axles			80	96	111	126	141	156	158	160	162	164	165	167	169	170	171	173
	Subtotal			82	99	114	130	145	160	163	165	167	169	170	172	174	175	176	178
The Western Corridor	6 axles			49	66	83	100	117	134	148	162	175	189	202	216	229	233	233	233
	8 axles			37	41	45	48	52	55	56	57	58	59	59	60	61	62	63	64
	小計			86	107	128	148	169	189	204	219	233	248	261	276	290	295	296	297
Total necessary nos.				168	206	242	278	314	349	367	384	400	417	431	448	464	470	472	475
Building loco nos.	6 axles	10	30	11	18	17	18	17	17	15	14	13	14	13	14	13	4	0	0
	8 axles	10	30	77	20	19	18	19	18	3	3	3	3	1	3	3	2	2	3
	Total nos.	20	60	88	38	36	36	36	35	18	17	16	17	14	17	16	6	2	3
	Sum up	20	80	168	206	242	278	314	349	367	384	400	417	431	448	464	470	472	475

7.9.2 貨車

貨車については、BLC、BOXN 形貨車等をベースに軸重 25t 対応のものを開発する必要がある。DSC を除けば、現在の車両限界の範囲内で軸重を増加することは可能であるので、長さは現状と同じとする前提で輸送計画を策定している。

(1) DFC 用貨車構造の提案

1) コンテナ貨車

コンテナ貨車については、フラットタイプとウェルタイプの 2 種類の技術オプションが考えられ、いずれを採用するかは 5.1 節の検討結果による。

フラットタイプのオプションを採用する場合は、DSC 貨車は BLC 形を基本として、軸重 25t 対応としたもので検討することを薦める。

PETS II では検討していなかったが、ウェルタイプの DSC 貨車については USA および中国の例があり、それらをベースに開発することが可能である。例を図 7-40 に示す。ウェルタイプとフラットタイプを比較すると、ウェルタイプは重心高さを低くすることができ、フラットタイプよりも高速走行可能である。一方、車両長さあたりの積載効率が低いとの指摘があるが、上段に 48ft 等の大型コンテナ積載が可能となる。しかしながら、ウェルタイプ貨車の設計については米国特許の存在について留意する必要がある。

コンテナ貨車の台車については、高重心に対応したローリング剛性を持たせる必要がある。



図 7-40 中国鉄道のウェルタイプ DSC 貨車

2) バルク貨車

有効長あたりの積載貨物量を最大とするため、現在、石炭輸送に使用されている BOXN 形 4 軸貨車をベースに検討した。車体長は連結面間距離 10.6m（車体長 9.8m）を維持しつつ、高さを車両限界の許す範囲で増加させる。

IR の BOXN 形貨車の高さはレール面上 3,225mm であるので、車両限界に対し余裕があるので、高さを 500mm 程度高くすれば、積載量を軸重 30t に対応する 30%増とすることは可能である（図 7-41 参照）。もちろん、台車および車体強度の見直しは必要である。

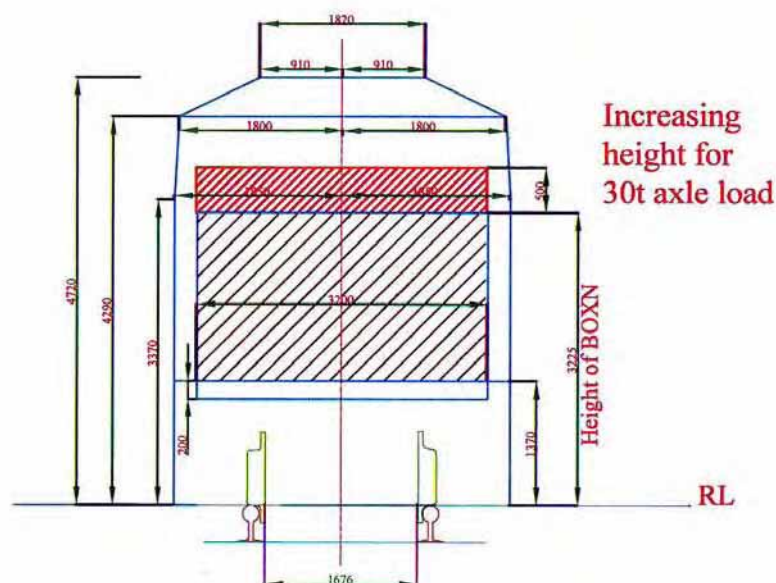


図 7-41 バルク輸送用貨車イメージと車両限界

3) 自動車輸送貨車

DSC 区間では大断面の貨車が許容されるので、今後の需要増加が想定される自動車輸送貨車を提案する。フラット貨車によるダブルスタック対応の車両限界を想定すれば、図 7-42 に示すように、大きな車両限界を活かした 3 段積みが可能である。詳細設計は輸送需要の動向を見極めながら行うこととなる。

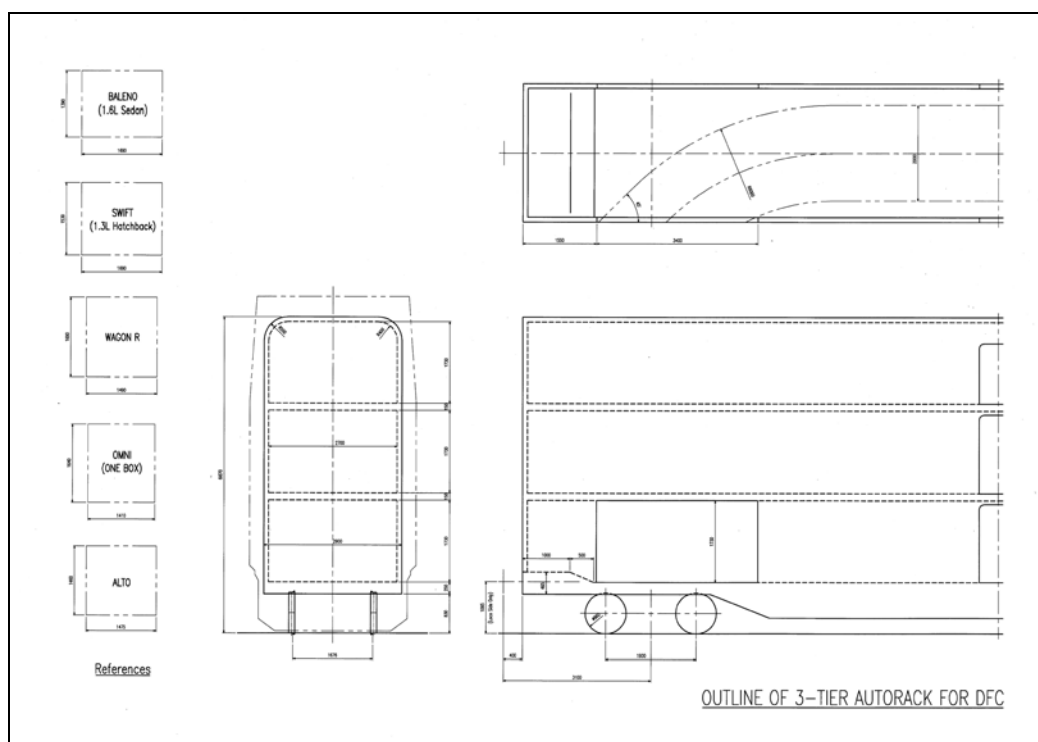


図 7-42 自動車輸送用貨車のイメージ

(2) 貨車の開発と製造

開業時の所要両数は約 2,700 両と試算され、インド国内のみでの調達を前提とすると、開発開始から量産車の製造開始までは、図 7-43 に示すように 4 年間を見込む。したがって、営業開始の 5 年前から貨車の開発に着手することを推奨する。新型貨車の製造が遅れた場合は、DFC 線は既存の貨車を使用して営業運転を開始することとなる。

貨車価格は、インド鉄道の購入価格、中国鉄道での実績をベースに、一般貨車は 1 両 5 万ドル、ウェルタイプの DSC 貨車は 1 両 6.5 万ドルと想定した。

貨車については、CONCOR がコンテナ貨車を保有しているように、輸送形態に適合したものを荷主が所有することが考えられる。

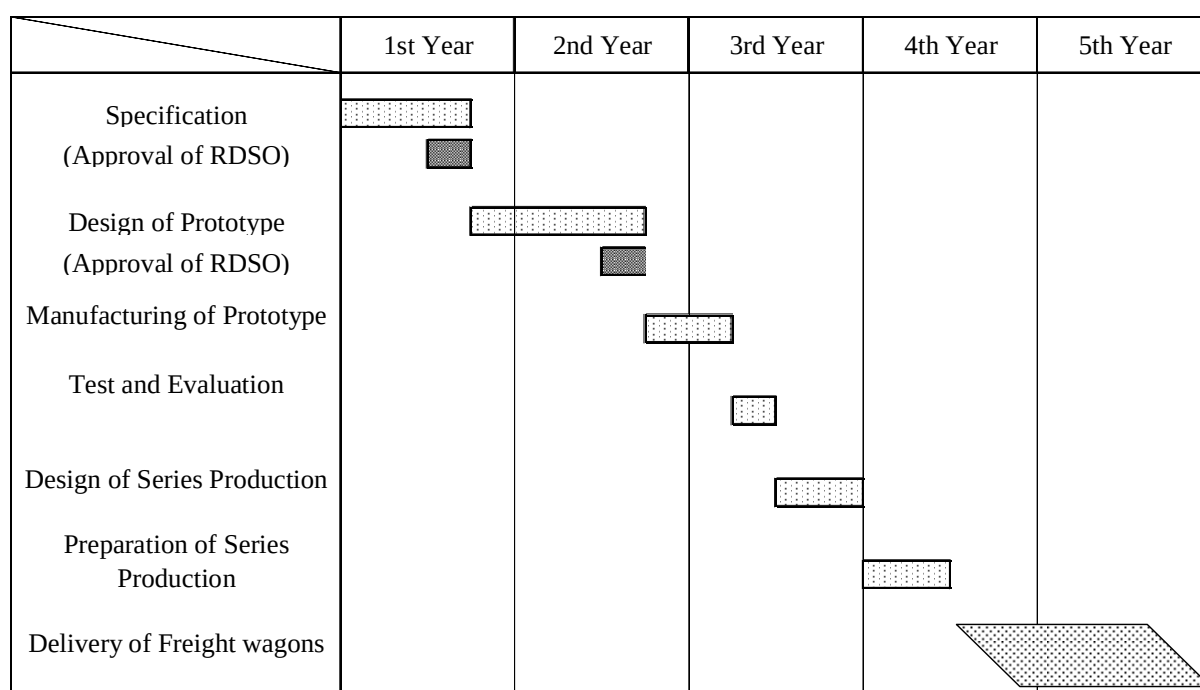


図 7-43 貨車の開発行程

7.10 車両保守計画

7.10.1 車両保守の課題

機関車は IR、貨車は IR または荷主が保有し、DFCCI はそれらをリースする前提であるので、車両保守基地も IR 側で整備することとなる。

DFC で必要となる車両数は、開業から 10 年の時点で機関車約 430 両、貨車約 16,000 両と見込まれる（第 6 章 輸送計画参照）。

(1) 電気機関車

西回廊を電化する前提で、現状の基地配置（図 7-44 参照）と検査能力を調査すると、東回廊については TKD、Asansol および Gomohd の各電気機関車保守基地（EL Shed）の能力を増強するとともに 1 箇所新設する必要がある。また、西回廊については、Vadodara

を増強する他、西回廊上に 1 箇所 EL Shed を新設する必要がある。

貨車についても保守基地を東西回廊各 1 箇所新設する必要がある。

それぞれの新設基地の位置については、東回廊は Lucknow、西回廊は Rewari を提案する。

Lucknow については、既に IR が基地新設を計画している。

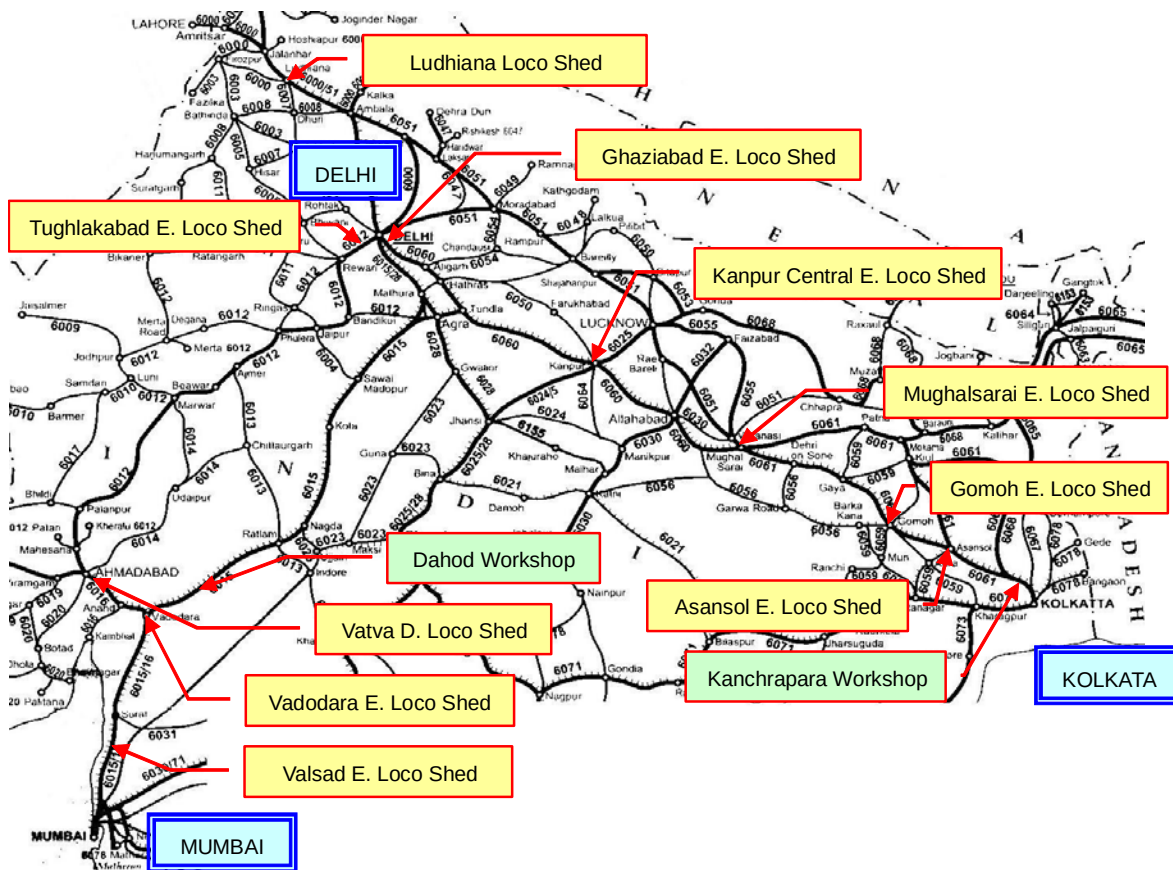


図 7-44 車両基地と車両工場の位置

(2) 貨車

IR の貨車は私有貨車も含めて約 214,000 両である。

貨車の保守は、4 年半を周期とする POH(Periodic Overhaul、全般検査)を施行する工場 (WorkShop) や、18 ヶ月を周期とする ROH(Routine Overhaul、重要部検査)を施行する貨車区(Care Centre)で行われている。

IR 全体で貨車を担当する工場は 35 箇所、貨車区は 57 箇所であり、この他にヤードまたは駅に設置されている仕業検査場(Yard Examination)が多数配置されている。

貨車についても保守基地を東西回廊各 1 箇所新設する必要がある。

それぞれの新設基地の位置については、既存基地の転活用を含めた検討が必要である。

7.10.2 車両品質向上について

現在の輸送実態から、貨車の故障が輸送力に影響を及ぼしていることが判明したので、貨

車を中心に故障データの収集・分析および保守作業の実態調査を行った。詳しくは Volume 4 Technical Working Paper Task2, 7-(8)を参照されたい。

(1) 故障データの収集・分析

車両故障が発生した場合は、関係する工場にて故障検討会等を開催し、故障の原因や対策について議論されている。また、故障の分析結果や件数については貨車区で集計されている。

Northern Railway における車両故障の実態を Tuglakabad Care Centre の資料により調査した。集計は、BLC 貨車（表 7-29）と空気ブレーキ貨車（表 7-30）に分けて整理されている。集計期間は 2006 年 1 月～6 月までの半年間である。

表 7-29 BLC 貨車故障一覧

Month & year	W/Change	ATL	DV	SAB	Side Bearer Spg.	Pivot top	EM Pad	Adopter	Truss bar	Other
6-Jan	35	4	0	0	6	0	10	0	0	3
6-Feb	42	33	0	1	40	4	2	2	0	19
6-Mar	19	40	1	1	9	4	1	8	2	7
6-Apr	40	4	0	0	0	2	0	0	4	13
6-May	25	5	1	1	7	6	2	0	2	26
6-Jun	0	13	1	2	0	1	0	1	0	27
Total	161	99	3	5	62	17	15	11	8	95
Avg.	26.8	16.5	0.5	0.8	10.3	2.8	2.5	1.8	1.3	15.8

<分析表の略号の意味>

Wheel Change ～輪軸の交換

ATL ～オートマチックツイストロック

DV ～制御弁

SAB ～自動スキマ調整器

Side Bearer Spg ～台車用バネ

Pivot top ～車体側センターピン用ライナー

EM Pad ～クラの上に納まる、緩衝用のゴムラバー

Adopter ～コロ軸受の上部に納まるクラ

Truss bar ～ブレーキバリ

表 7-30 空気ブレーキ貨車故障一覧

Month &	W/Change	DV	Adopter	EM Pad	Helical Spring			RA Lock	CC Pad	SB Spg.	Trolley	CBC	Pivot	Truss Bar	BV/Gear	Others
					Outer	Inner	Snubber									
6-Jan	49	2	0	3	12	6	1	32	15	0	0	1	2	6	22	23
6-Feb	41	3	0	11	5	3	0	29	11	0	0	0	2	3	7	29
6-Mar	32	2	2	10	2	2	0	25	9	0	0	0	1	2	20	27
6-Apr	110	6	0	21	21	15	8	35	22	0	0	0	2	8	23	31
6-May	61	2	1	11	12	3	0	93	11	0	0	0	1	9	43	32
6-Jun	59	4	1	4	8	4	1	61	58	2	1	1	0	7	54	92
Total	352	19	4	60	60	33	10	275	126	2	1	2	8	35	169	234
Avg.	58.7	3.2	0.7	10.0	10.0	5.5	1.7	45.8	21.0	0.3	0.2	0.3	1.3	5.8	28.2	39.0

以上から、車両故障は、貨車のほぼ全部の装置に及んでいることがわかる。このことから全体的に各作業における基本作業の徹底度合に問題があるものと推測される。

空気ブレーキ装置については、制御弁関係に問題が含まれているように思われる。故障の大半が膜板や供給弁等のゴム系の部品に集中している。それらの問題点を集約すると次の二点になる。これらは早急に解決を図らなければならないと考える。

- 1) 交換すべき時期の失念あるいは誤組み立て等の基本作業の欠如
- 2) 膜板の破損やヘタリ、供給弁ゴム部の当たり不良等に見られる材質不良

車輪交換の要因の一つでもある軸箱過熱の原因は様々な要因が考えられる。コロ軸受の目視による可否の判断力も含め、作業場の防塵対策やグリース充填量の計測を確実に行うこ

とが最も重要である。

ブレーキ引き棒以外の下回り機器に落下などの不具合が発生しており、しっかりした溶接技術が必要と考える。特に電気溶接技術の技量に格差が見られる。

(2) 保守作業実態調査

Jaghadari 工場、Tuglakabad および Visakapatnam 貨車区の 3 箇所について調査した。

ISO9001 認証取得した貨車区もあり、全体的には管理がなされ、重要部品の探傷も行われているが、個々の作業については改善すべき点がいくつか見受けられた。

(3) 品質向上のための提言

故障データおよび作業実態調査から、DFC の輸送品質（安定輸送、故障防止）向上を図るため、次の点について改善を行うことが望ましい。

1) 空気ブレーキ

a) 作業面の改善

組み立て不良により膜板が変形して、動作不良を起こしていること事例を考慮し、組み立ての基本作業を身につけさせ確実に実行させる必要がある。

b) 材料面の改善

制御弁の膜板等ゴム系の部品について、その取り替え実態について全職場を対象に調査し、供給弁座における密閉度や、膜板の耐久性について検討を行う必要がある。

c) ブレーキ力切り換えシステムの改善

積み荷の積・空によるブレーキ力増加の切り換えシステムは、手動ハンドルにより SAB の作用に変化を持たせ、ブレーキ力を変化させている。今後の検討課題として、切り換えが自動的に行われるなど、エアブレーキ力そのものに変化を持たせるシステムの開発が必要である

2) 台車および車軸軸受

a) 軸受部過熱検知装置

コロ軸受が損傷する手前の段階で発見される事は、大きな脱線事故を未然に防ぐことが可能となる。コロ軸受の検修技術を向上させる事と並行して本装置を研究する事には大きな意義がある。

b) フラット検知装置

フラットを小規模なうちに捕捉できれば、レールへの影響を低く抑えることが可能となるばかりでなく、走行装置全体への異常振動の伝播を断つことができ、ブレーキ装置等の落下防止にも効果がある。今後、検知後の捕捉体制や削正計画等も併せて考慮し検討することが望ましい。

c) 車軸軸受のグリース充填量

グリースの充填量については、確実に計測し確認することが重要であり、グリ

ース量の不足は発熱に結びつくケースが多い。作業方法の見直しが必要である。

d) 軸受作業場の環境改善

コロ軸受の各部の計測や組み立て作業を行う作業場については、防塵対策の観点から一定のスペースについて仕切り等で隔離すべきと考える。当然、作業場の作業環境等を考慮した場合、エアコン設備等の配備も必要となろう。

e) ブレーキ引き棒等脱落検知装置

これまでの対策の中で、ブレーキ引き棒脱落防止対策については、さまざまな対策が取られている。仮にコッターや割ピンが切れてピンが抜け落ちても、ブレーキ引き棒は脱落しないよう工夫されている。当面これらの対策を維持し水平展開に努めることで大きな事故を防ぐことは可能と思われる。下回り機器の脱落の原因は、ピン、コッター、ピン穴との関係にガタ付きが生じ、コッターが折損・脱落することから始まるものである。従って、POH の入場時には、ピン類の 100% 交換と、ピンが入るピン穴の偏摩耗を修正し、ガタ付きを無くすることが必要である。ピン穴の偏摩耗を修正するためには、盛金を施した上でボール盤で穴を明け直すことである。また、コッターや割ピンは再使用しないことと、「焼きなまし」をしないことが重要なポイントである。よって、基本的な作業の実行を積極的に推し進めることが肝要であり、この種の検知装置については引き続き検討課題程度に留めることが望ましい。

3) 車体

a) 電気溶接技術の向上について

車体の鉄工作業や台車部品の盛金、溶接作業について、一部ではあるが溶け込み不足が見られた。職場として必要な溶接技術者を確保することが必要と考える。資格制度や普段の教育・訓練を活用しながら養成を図るべきと考える。

4) 作業全般

a) 整理・整頓について

作業場内の整理・整頓は、作業の能率を向上させると同時に、労働災害防止にも効果がある。不要となった部品や材料の集積場をきちんと指定し、定期的な処分を行うことが必要である。また、作業に必要とする器工具類は、使い終わったら収納すべきスペースを決めておき、元に戻す習慣をしっかりと躰けることで作業の能率は一層向上するものと思われる。現状では職場によって、かなりの較差が生じている。

b) 安全保護具について

作業する上で作業者の身を守ることは最も大切なことである。身を守るための保護具を与え、職場の風土の中にいかに根付かせるかを検討すべきと考える。怪我により会社にとって大切な技術者を失うことや、社員自身が生活の糧を失うことのないよう配慮すべきと考える。

7.11 車両基地

7.11.1 PETS-II のレビュー結果

(1) Western Corridor

保守基地については、工事費 Rs.155.2 Cr.が見積もられている。機関車基地は、Dadri と Marwar に、コンテナ貨車保守基地は Dadri が提案されている。コスト内訳は、機関車基地 Rs.70Crore、貨車基地 Rs.50Crore、その他 Rs.35.2Crore との説明があった。

ディーゼル機関車給油設備は、Dadri yard、Rewari、Phulera、Marwar、Palanpur、Sabarmati、Makarpura、Vasai Rd、JNPT yard の 9 箇所に設けることが提案されている。

ディーゼル機関車の Trouble shooting と Minor repair のために Marwar と JNPT 付近に設備を設けることを提案している。

ディーゼル機関車給油設備および検査設備は電化の場合には不要となり、代わりに電気機関車用基地を検討する必要がある。この場合は、既存の電気機関車基地がないため、デリーおよび Vadodara の基地を活用するにしても、機関車両数によっては基地の新設も検討する必要がある。

貨車の Trouble shooting と Minor repair のためにも Marwar、Makarpura および JNPT 付近に設備を設けることを示唆している。

また、軸箱過熱等の検知装置を設けることを推奨している。しかしながら、これら装置はインド鉄道には導入されていないものと思われ、どのようなシステムが最適化について検討する必要がある。コストは Rs.17.3Cr.と試算されている。

(2) Eastern Corridor

電気機関車の保守基地について検討されたが、プロジェクトコストには含まれていない。

Trip Attention Shed として、Sonagar、Allahabad、Kanpur、Daud Khan、Dandari Khalan の 5 箇所、Loco shed として Derhi on Sone および Khurja の 2 箇所が提案されている。

貨車の保守基地については、バルク貨車対応で基地の新設および増強が必要とされ、総額は Rs.141.2Cr.としている。コンテナ貨車の増加は想定していない。

貨車の Trouble shooting と Minor repair のためにも Prempur、Khurja および Dandarikalan に設備を設けることを示唆している。

西回廊と同様に軸箱過熱等の検知装置を設けることを推奨している。しかしながら、これら装置はインド鉄道には導入されていないものと思われ、どのようなシステムが最適化について検討する必要がある。コストは Rs.12.9Cr.と試算されている。

救援用設備について、160t 操重車等を備える必要があり、総額 Rs. 64.5 Crores と試算している。

7.11.2 車両基地についての概略検討

機関車・貨車の車両基地の検討に際し、輸送計画で想定した所要両数をベースに、検査両数を算出し、基地の規模を検討した。

(1) 機関車・貨車の所要両数

東回廊と西回廊の機関車および貨車の所要両数を表 7-31 および表 7-32 に示す。

機関車についてはバルク輸送用 8 軸、コンテナ輸送用 6 軸の 2 種類があるが、検査周期は同一であるので、2 種類を合計したものを示す。

貨車についてもコンテナ貨車とバルク貨車の 2 種類あるが、上記と同様に合計した両数を示す。

表 7-31 機関車の所要両数

年 地区	2013	2018	2023	2028
東回廊	82	160	170	178
西回廊	86	189	261	297

表 7-32 貨車の所要両数

年 地区	2013	2018	2023	2028
東回廊	1,419	5,917	6,484	6,948
西回廊	1,304	6,173	9,465	11,141

(2) 電気機関車

1) 機関車保守基地の配置

東回廊は、既存の電気機関車基地を増強するとともに Lucknow に基地を新設することで計画する。西回廊も既電化区間である JNPT、Ahmedabad 間は既存の基地である Vadodara を増強し、新たに電化される区間の Rewari に電気機関車基地を新設することで計画した。基本的には既存施設で対応可能であるが、仮に追加用地取得が必要となった場合は、MOR 所有の遊休用地で十分に対応可能である。

PETS-II では Marwar または Rewari にディーゼル機関車基地を新設となっていた。

東西回廊に新設する電気機関車基地について、所要両数および検査両数をベースに検討した。

2) 機関車の検査両数想定

電気機関車の検査は、45 日ごとに行う IA、IB、IC の検査、18 ヶ月ごとに行う AOH、4、5 年ごとに行う IOH および 9 年ごとに行う POH がある。このうち POH は工場で行うので、今回の検討対象外とする。IA、IB および IC 検査は検査部位が異なるのみで周期は 45 日である。

3) 設備規模の想定

西回廊の電気機関車の年間検査両数については、開業後 10 年目 45 日検査 1,950 両、AOH を 120 両、IOH を 30 両とした場合を前提に検討した。各検査の検査内容と所要日数から必要な設備規模を想定した。

東回廊については、現在 IR が計画している Lucknow が 200 両規模であるので、そのままとした。

ほぼ同規模の日本の交流電気機関車基地をベースに工事費を Rs.71.7 Crore (約 20 億円)と見積もった。用地費は含めていない。ただし、インド側から Lucknow 基地の工事費が Rs.40 Crore (約 12 億円)との情報を得ており、PETS II のものとも乖離があるので、内容についてさらに調査が必要である。

(3) 貨車

1) 貨車の保守基地の配置車両数想定

PETS-II では Dadri に一箇所コンテナ貨車用基地を設けることとしていたが、所要両数が多いことから、POH/ROH 対応の保守基地を東西回廊の接点となる Dadri 付近に設置し、東西回廊の貨車の POH、東回廊の貨車の ROH を担当することで計画する。機関車保守基地と同様に、基本的には既存施設で対応可能であるが、仮に追加用地取得が必要となった場合は、MOR 所有の遊休用地で十分に対応可能である。

2) 貨車検査両数の想定

貨車の検査は、18 ヶ月ごとに行う ROH および 4.5 年ごとに行う POH がある。POH については基本的には工場で施工しているが、本プロジェクトで必要となる車両数が多いため、ROH のみ施工の基地、ROH と POH を施工する基地の 2 つについて検討することとした。

3) POH/ROH 検査基地

東西回廊を合わせた POH 検査両数は、DFC 開業時点で約 600 両、10 年後約 3,500 両、15 年後約 4,000 両と見込まれる。

東回廊の ROH 検査両数は、DFC 開業時点で約 630 両、10 年後約 2,900 両、15 年後約 3,100 両と見込まれる。

POH/ROH 対応の保守基地の業務量は、ROH の検査業務量は POH の半分と見込まれるので、POH 換算両数は、DFC 開業時点で約 900 両、10 年後約 5,000 両、15 年後約 6,500 両相当と見込まれる。

開業後 10 年の検査両数を目標として、当面 POH 換算 5,000 両検査規模の基地を建設し、需要増加に対応して順次増強するシナリオとした。

POH と ROH を併設した例がインド国内に見つからなかったため、日本の車両基地をモデルとし、両数増に対応して工事費を算出した。日本価格をインド価格に置き換えて、全体の工事費を Rs. 172.7 Crore (約 48 億円)と想定した。

4) ROH 検査基地

西回廊の当面のデリー方起点となると想定されている Rewari 付近に、西回廊の貨車の ROH を施工する車両基地を設けることで計画した。

検査両数は、DFC 開業時点で約 600 両、10 年後 4,200 両、15 年後 5,000 両と想定される。前項で述べたと同様の理由により、当面 ROH 4,200 両検査対応の設備規模と

し、順次拡大することとした。

同規模の日本の車両基地をベースに、工事費を Rs.33.6Crore（約 9 億円）と想定した。

5) その他

車両にとって重要部分である軸受部と車輪踏面に異常が発生した場合に被害を最小限に食い止めるため、軸受部過熱検知装置（Micro Hot Box Detectors）およびフラット検知装置（Wheel Impact Detectors）を貨車保守基地近傍の駅に設置する計画である。

設置箇所は、東回廊については Dandari、Dadri、Kanpur、Prempur および Mughal Sarai の 5 箇所とし、西回廊については、Rewari、Marwar、Makarpura および JNPT の 4 箇所とする計画である。

総額 Rs. 44.2 Crore（約 12 億円）と見込まれる。

7.11.3 まとめ

調査団による検討結果と PETS-II との比較を表 7-33 に示す。各項目で見ると乖離があるが、工事費総額では顕著な差が出ているとはいいがたい。これは工事費積算のアプローチの差、建設条件が確定していないことなどによる差と思われる。

PETS-II では車両検修基地の用地や関連設備などの具体的内容が示されていない。また、基地全体の規模や工事費等についても明記されていない。そこで調査団は、日本における建設の実績価格をベースに工事費を検討した。しかしながら、建設地等の立地条件によっては多少の誤差は生ずると予想され、再度の総体的な検討が必要と思われる。

表 7-33 JST と PETS-II との比較

単位: Rs. Crore

種別	PETS-II	JICA Study Team
機関車保守基地*	100	71.7
貨車 ROH 保守基地	50	33.6
貨車 POH/ROH 保守基地	70	172.7
軸箱過熱検知装置等	30.2	44.2

* PETS-II はディーゼル機関車、JST は電気機関車

7.12 付帯的既存線改良

7.12.1 必要な既存線改良事業

DFC はフィーダー線等の既存線と連携して、発駅から着駅までの貨物輸送に対応するものである。Junction Station の既存線側駅・既存線の拠点駅等は引き続き貨物輸送に重要な役割を持っており、新たな輸送経路に適合した通過ルート・待避線等を確保するための改良が必要である。

特に大規模な拠点駅である西回廊 Vadodara 地区・Ahmedabad 地区、東回廊 Mughal Sarai 地区・Allahabad 地区・Kanpur 地区は複雑な構内と多すぎる分岐器による通過速度の抑制、

平面交差支障に伴う待合せによる線路容量の逼迫は著しく、DFC が開業しても今後の輸送量（旅客及び残存する貨物・DFC 出入り貨物）の増加には対応することは難しい。

これらの拠点駅が構築された時代と異なり、現在の貨物輸送はブロックトレインによる直行輸送に特化されているので、これら拠点駅における自駅発着貨物の積卸し、列車の組換え等が減少しており、不要となったルート・線群・分岐器がかなりあり、これらの整理を行うとともに、分岐器のメンテナンス体制を強化することで、輸送全般におけるボトルネックの緩和が可能である。

これら拠点駅の現在の役割に合せた抜本的な改良（地区改良）は長い期間と大きな費用を要するが（他に転用する用地を生み出すためには有効である。）、不要な設備の整理・撤去はそれに比べて容易である。

また、DFC Junction Station に接続するフィーダー線/既存線が非電化の場合、Junction Station において機関車を交換するより、近くの拠点駅で交換するほうが、効率がよい場合が多い。これらの駅には多くの場合既に機関車留置線・機回り線・乗務員待機室等が備わっており、この場合これらを使用できる。また、主なフィーダー線は輸送量が大きく、電化候補になっている場合が多い。

現在の Delhi 地区のコンテナ取扱いは TKD ICD 及び Dadri ICD と地区の東側に偏っており、一方 DFC 西回廊開業後は西方の Rewari が玄関口となる。偏りを緩和するとともに、西方出入りに効率よく対応するためには、今後の増加対応も含め ICD は Gurgaon 地区等西側に重点を置くとともに、Rewari-Gurgaon-Delhi の既存線を強化することが必要である。

主な改良を次に示す。

- Vadodara Jn. 北部立体交差化
- Ahmedabad Jn./Sabarmati Jn. 構内改良、Chandlodiya Jn. ・ Virangam Jn. 間複線化及び Mahesana Jn. ・ Virangam Jn. 間電化
- Kutch 鉄道電化・複線化（需要予測に基づく Planpur JS 取扱い列車本数は、複線化されることが前提である。）
- Rewari ・ Patel Nagar 間電化及び Delhi Cantt. ・ Brar Square 間短絡線（3 角線）建設
- Gurgaon 付近 ICD（DFC プロジェクトに含む。）
- Mughal Sarai Yard 西口 ・ Jeonathpur 間貨物通路線建設（Jeonathpur JS のガイドライン・デザインに取入れて提案している。）
- Kanpur Central Jn. ・ Panki 間、複々線化（現在既に分離されている旅客線と貨物線の複線同士の平面交差の解消）

7.12.2 第 1 期-A 事業で必要な既存線改良事業

第 1 期-A 事業においては、その両端に位置する Junction Station においてすべての列車が既存線と出入りするので、第 1 期-A 事業暫定開業時には円滑な出入りを可能とするための改良も必要である。これらについては第 1 期-B 事業・第 2 期事業開業（2017 年）まで

の輸送需要を対象とする最小限のものでよい。

DFC 西回廊 Vasai Rd.-Vadodara 間は現在輸送がもっとも逼迫している区間であり、本来真っ先に開業すべき区間であるが、社会環境上の課題等から第 1 期-A 事業区間とすることには無理があり、第 1 期-B 事業に送られている。このため、この間の既存線の改良・強化は、第 1 期-A 事業が効果のあるものとするために不可欠の条件である。内容としては、自動信号化及び各駅（最大駅間 8km）上下各線の待避線（1/12 分岐側速度 30km/h 以上）の確保等である。

DFC 西回廊は Rewari Junction Station から Delhi 首都圏の南縁を通り、Pirthala・Dadri と東部に向かうので、Rewari から直接 Delhi に向かうルートの強化は DFC の段階整備の有無にかかわらず必要であるが、段階整備の場合には Delhi 中心部・東部との連絡のため、第 1 期-A 事業に不可欠である。

Mughal Sarai 地区は 4 方向に通じている幹線との連絡・貨車検査のための既存ヤードへの出入り、複雑な構内・沿線の市街化による迂回の必要等が競合していて、本線迂回ルート・連絡線・ヤードの計画決定には時間がかかるので、第 1 期-A 事業はこれらに左右されない Jeonathpur 以西とする。このため、貨物ヤード西口・Jeonathpur JS 間の通路線の同時建設は不可欠である。

現在 Khurja・Saharanpur 間は単線でローカル旅客列車が通っているのみで有効に使われていないが、現在でも隘路となっている Delhi 中心部の貨物列車の通り抜けを増やすことはほとんど不可能であり、この区間(Khurja・Saharanpur)の行違い設備増設・軌道強化等の増強により、Delhi 地区のバイパスを早期に可能とする事が必要である。この区間の DFC は単線で計画されており、一方既存線はルートの性格から僅かな旅客需要のみであり、これらを併設するよりむしろ両方の機能を兼ねた複線とするほうが効率がよいと考えられ、今後慎重な検討が必要である。単線で列車本数が増加すると、容量は満たされても停車回数が大幅に増加し、到達速度・エネルギー消費の両面で不経済である。

主な改良を次に示す。

- Vasai Rd. Junction・Vadodara Jn.間既存線の改良・強化
- Ahmedabad Jn.及び Sabarmati Jn.構内改良、Chandlodiya Jn.・Virangam Jn.間電化
- Rewari・Patel Nagar 間電化及び Delhi Cantt.・Brar Square 間短絡線（3 角線）建設
- Gurgaon 付近 ICD（DFC プロジェクトに含む。）
- Mughal SaraiYard 西口・Jeonathpur 間貨物通路線建設（Jeonathpur JS のガイドライン・デザインに取り入れて提案している。）
- Kanpur Central Jn・Panki 間複々線化（分離されている旅客線と貨物線の複線同士の平面交差の解消）
- Khurja・Saharanpur 間既存線の改良・強化