

第 4 章 対象地域の現状と問題点

第4章 対象路線の現状と問題点

4.1 輸送

4.1.1 対象路線の輸送管理及び列車運行状況

(1) 列車計画及び運行管理組織

日本の3倍以上の路線網を持つインド国鉄は MOR (鉄道省)、Zonal Railways 及び Divisional Railways の3段階組織で運営している。今後とも品質の高い輸送計画及び管理を行っていくためには Centralized Traffic Control など輸送管理設備の充実や輸送体系のシンプル化などソフト面からの改善が必要と考えられる。

(2) 列車運行における駅の役割

インド国鉄は多くの区間で1駅間を1閉そくとし、1列車しか入れない Absolute Blocking System (ABS) を用いているため、駅には閉そく区間の両端を構成する役割がある。自動閉そく式 (Automatic Blocking System) を採用すれば、自動閉そく区間での駅の役割は同じ方向の列車どうしで追い越しを行うことに特化される。自動信号化と併せて Centralized Traffic Control system を設けることにより、指令は居ながらにして、現在の輸送状況を把握できるので、より適切な判断ができるようになる。

(3) 列車長

列車長は駅の線路有効長と密接な関係がある。インド国鉄では線路有効長は最大 686m とされており、コンテナ列車を含む殆どの貨物列車の列車長は線路有効長限度一杯に設定されている。このため、編成長を長くすることにより、輸送力を増強することは出来ない状況にある。日本の場合、線区にもよるが、最も代表的な東海道線で線路有効長 585m であり、列車長は 550m である。

(4) 最高運転速度

列車の物理的的最高運転速度は機関車の性能、線路条件によって決まる。また地上信号機に対して、どの列車も一定距離内に停まることが求められているため、最高速度はブレーキ距離から決まる。インド国鉄の場合、非常ブレーキで 1200m 以内(日本の場合、600m)に停止することを前提に最高速度が決められている。

(5) 駅間運転時分

インドでは駅間運転時分は最高運転速度から導かれる計画運転速度(最高速度の 90%)と当該駅間距離から算出する。両端駅を通過する場合はこの結果を用いる。特殊に制限箇所がある場合などはその分の運転時分を加算する。駅から発車または駅で停車する場合は、発車または停車に要する加減速時間を加算する。

インドでは運転曲線システムを検討しているが、実際には実用に供していない。カーブ、勾配等の速度制限に大きな制約条件が少ないためと考えられる。

4.1.2 対象線区の列車運行の現状

DFC の関係線区の現状を把握するため、はじめに輸送の要となる首都圏の路線網の路線図を作成した。次に各 Zonal railway からの資料をもとに区間毎の列車回数を把握した。IR

は貨物列車の時刻表が作成されていないので、指令ダイヤから実際の列車運行計画を復元し、対象線区の輸送及び列車運行の現状を把握した。

4.1.3 輸送上のボトルネック

鉄道には列車を運転する上でボトルネックと呼ばれる区間ないしは箇所があり、その輸送能力が線区全体の輸送能力を左右する。線区の輸送能力を高めるためにはこうしたボトルネック区間の事情を解明し、1 つずつ問題を解決していくことが必要となる。

インド国鉄は、ボトルネック区間となる箇所として、低い速度制限がかけられているとともに列車が複雑な動きをする駅およびその周辺を挙げている。

(1) 駅間の制約要素

インド国鉄のほとんどの線区では駅間では同時には 1 列車しか運転できない仕組みとなっている。このため、駅間が最大の制約箇所となっている。

駅間での列車運転可能本数は、信号設備、列車の最高時速および加減速性能により決まる。同一線区に平均速度が異なる列車が運転されていることも Line capacity を減らす要因となっている。ここではこれら Line capacity を制約する要素を抽出する。

【信号設備による制約】

インド国鉄の都市間輸送線区の複線区間では 1 駅間に 1 列車しか運転することができない。その原因は対象区間の信号システムの特性にある。輸送能力が逼迫している一部区間では Intermediate Blocking System (IBS) を設置し、駅間に 2 箇列車入ることができるようにし、Line capacity を向上させている。

【列車の駅間走行時分(Booking speed)による制約】

インド国鉄の場合、旅客列車は Booking speed (列車としての最高速度の 90% で査定する。実際の列車運転では列車が遅れた際は最高速度で運転する) をもとに計算される駅間運転時分を用いて列車ダイヤを作成する。勾配区間では、最高速度の制限が行われている。これは運転可能本数の減少につながる。今回の対象区間では勾配による制約がある区間は少ない。急曲線はほとんどないためか、業務用時刻表にはカーブ制限に関する最高速度制限は見当たらない。

【停車による平均速度の低下と運転可能本数の減少】

客車列車、貨物列車とも機関車牽引のため、列車の加減速には時間が掛かる。

経験的数値として、停車していた客車列車および貨物列車 (最高速度 75km/h) が出発する場合、計画速度から得られる運転時分に 2 分を加味する。停車する場合は 3 分を加味する。これらの数値は車両性能から得られる時分よりかなり大きくなっている。

各駅停車の旅客列車の平均速度は各駅を通過していく列車の計画速度より、大幅に低くなる。また途中旅客列車の待避を行う貨物列車の平均速度も計画速度よりかなり低下する。これらは駅間運転時分の増大となり、運転可能列車本数の減少につながる。

【速度の異なる列車の運転と列車運転本数への影響】

速度差のある列車を一つの線区で運行する場合、速度の高い列車は途中駅で速度の低い列車に追いつく。このため、速度の遅い列車は途中駅で速度の高い列車を待避することとなる。結果として、速度の遅い列車の駅間運転時分は加減速のための時分が加味されたものとなる。このため、速度の遅い列車の駅間運転時分はさらに大きくなる。これは列車運転本数の減少につながる。

(2) 駅／停車場における制約要素

インド国鉄の場合、駅間の信号システムが駅間1列車しか運転できない方式をとっている。このため、計画段階において、駅構内および周辺は列車運転可能本数を制約する要素とはなっていない。しかし実際の列車運転においては、列車遅延の発生および増幅要素となっているケースは種々見受けられる。また RITES 報告書にもボトルネック区間として指摘されている。これらは駅間の輸送能力が高くなったとき、運転可能本数を制約する要素となる可能性が高い。

駅において列車が全 loop を占有していると後続の列車は進入できない。列車が駅の場内信号機の地点で停車することで、さらに後続する列車の運転が抑止される。これらにより、列車運転本数が低下したり、円滑な輸送の障害となったりする。

列車が駅の全 loop を占有し、後続の列車の運転に影響するケースとしては、次の3つのケースがある。

【設備上の制約】

一番目はホームなど設備上の制約である。列車ダイヤが乱れ、駅に列車が滞留した場合、列車が入る loops が塞がってしまうので、往々にして列車が場内信号機の地点で止められる。今回の調査で事例として紹介された「一部 loop のホームが短いので、旅客列車の着発がホームの長い loop に偏る。このためホーム上が列車を待つ乗客であふれ、乗降時分が伸びる（Vadodara 駅）」というケースもこのパターンに入る。

なお「非電化と電化区間の切り替え駅で機関車を交換する必要のある場合」「列車の進行方向を変えるため、機関車の付け替えを行う必要のある場合」「乗務員の交代を行う駅として指定されている場合」は旅客列車の停車時分と同様、計画的なものであるが、loops を長く占有することには変わりがない。インド国鉄の場合、貨物列車の運転時刻を定めていないので、偶発的に列車の駅滞留時分が延びることと同様な結果をもたらす結果となる。

【偶発的に発生するケース】

二番目は日々の運行の中で、偶発的に発生するケースである。「利用者が多く、列車への乗降に時間が掛かる。荷物の積卸し時分が掛かる場合」および「進路競合で列車が進出できない場合」がこれにあたる。

こうしたボトルネック箇所を解消するため、インド国鉄では「迂回路線を設け、合流そのものを回避する」「フライオーバを設け、他線との交差を解消する」などにより、交差箇所自体を解消している。今回の調査での見聞では旅客列車の着発が多い New Delhi 駅を貨物列車が通過することを避けるために設けられた貨物迂回線および Mughal Sarai 駅で見

られたフライオーバなどがそれに当たる。

【低い構内移動速度】

三番目は駅に停車する列車の駅構内移動速度が低いという問題である。これは一般の分岐器の分岐側通過時の速度制限が 15km/h と低いため、構内全般に運転速度が低くなることにより生じている。これは結果的に loop での列車滞在時分を延ばしたことと同じ効果をもたらせている。

(3) Line capacity との対比による実際のボトルネック区間の確認

前述の Line capacity は駅間の運転時分から列車運転可能本数を算出したものである。これらから列車本数と実際の列車運転実績を対比すると、現時点における輸送の逼迫した箇所があぶり出されてくる。西ルートでは Dadri-Kanpur 間が、東ルートでは Kota 周辺、Dahanu road – Vadodara、Ratlam-Nagda、Mathura-Tuglakabad 間できりわけ traffic capacity(輸送能力)が逼迫している。

4.1.4 列車ダイヤの設定と Traffic control

(1) 列車ダイヤのない貨物列車

貨物列車の運転時刻表は作成しない。列車の準備ができ次第、旅客列車の合間を縫って、出発することが原則である。

貨物列車が時刻表を持たないことで貨物の到着日時の明確化ができない。

(2) 旅客優先の運転整理からの脱却

運転整理において、貨物列車は原則として旅客列車を追い越すことはしない。例外は各駅停車の旅客列車を貨物列車が追い抜くことがあるだけである。

貨物列車は途中駅でしばしば旅客列車を待避する。貨物列車は旅客列車より最高速度が低く、旅客列車は列車時刻が定められている。予定時刻を守るためには、先行する速度の遅い貨物列車を追い越す必要があるからである。

この優先度のため、貨物列車の運転は正確性に欠くものとなっている。貨物列車の運転整理上の優先度を高めることにより、偶発的列車遅れは大きく減少することが期待できる。

(3) 貨物列車時刻表の導入

日本の経験から貨物列車が時刻表を持つことの利点は 1) 到着日時の明確化、2) 機関車や乗務員の使用効率の向上、3) 踏切警手や線路保守作業員へ列車運行計画を予め周知することによる安全度の向上への寄与および 4) 列車運行上の問題点の顕在化による改善の足がかりの取得、と考えられる。

しかし、Charted Line capacity を数える上で Master chart を作成する。これには貨物列車のダイヤも書き入れる。Division によっては独自にコンテナ列車など高速貨物列車に列車番号と時刻を作成している。また Tuglakabad では、毎日、ほぼ同じ時刻にコンテナ列車が到着している。貨物列車が時刻表を持つ日も遠くないと思われる。インド国鉄全体で貨物列車の運転時刻を作成する時期に来ているように思われる。

4.2 停車場

大都市および主要幹線の結節点には、旅客駅、貨物駅、機関区、客車区、貨車区等の機能を併せ持った大規模総合駅が設けられている場合が多い。

Delhi-Mumbai 幹線では、Delhi、New Delhi、Tuglakabad、Mathura、Kota、Vadodara、Churchgate (Mumbai) 等、Delhi-Howrah 幹線では、Delhi、Ghaziabad、Tundla、Kanpur、Allahabad、Mughal Sarai、Andar、Howrah 等が挙げられる。

インド国鉄では、ほとんど旅客駅と貨物駅は分離されていない。

これら大規模総合駅は、長大な構内を持っていて、この間に各種施設に繋がる分岐器が多数設置されている。このため、分岐器分岐側の速度制限 (8.5 番で 15km/h、12 番新型で 30km/h と低く抑えられている。)、構造/保守上の速度制限等が連続し、一括して 15km/h 等の速度制限を課していることが多い。これにより、駅通過に大きな時間を要し、貨物列車・旅客列車ともに到達時間の延び、線路容量の低下をもたらしている。本線と分岐している線との立体交差は幹線が分岐している Mughal Sarai 等に設置されているが、例は少ない。

大規模駅の当面の課題は、駅通過速度の改善、平面交差支障の改善である。これにより、到達時間の短縮、線路容量の増大を図ることができる。駅の規模が大きいため抜本的な改善は費用の面で困難であるので、効果の高い部分改良を進めることが望ましい。

かつてヤード継送方式によっていた時代、操車場は貨物輸送において重要な役割を担っていたが、現在インド国鉄ではユニットトレイン方式に徹しているため、かつて全国に配置されていた操車場はその本来の役割を終えた。しかし、その広大な操車場は現在も残されている。Delhi-Howrah 幹線にある Mughal Sarai、Andar 操車場等が代表的なものである。現在これらの操車場は、仕分けの役割はないが、大規模総合駅と同様の役割が残っており、同様の課題を抱えている。

操車場における残されている仕分け線用地は、今後の輸送力増強計画における車両基地等、あるいは今後発展が期待できる Inland Container Depot (ICD)あるいは国内コンテナターミナルの新設用地として転用可能な貴重な用地である。

待避線、旅客プラットフォーム、貨物設備 (着発線・積卸し線・専用引込線) 等を備えた中規模の駅がある。網の目のように発達しているインド国鉄の路線網には分岐駅が多くあり、これらのほとんどは中規模駅となっている。大規模駅と同様に駅全体を通して速度規制が課されている場合もある。分岐器の配置が少ないので通過速度規制に対応する改良は容易である一方、数が多くて列車の全体の到達時間に対する影響が大きいため、改良を進めることが効果的である。

待避線、旅客プラットフォームのみを備えた中間駅は最も多い。両幹線は輸送量の多い主要幹線であるため、ほとんどの駅に待避線が備えられており、待避線のない駅は僅かである。上下本線の両側にそれぞれ 1 線ずつ待避線を備えた駅がほとんどであるが、片側のみあるいは上下共用のものを中間に設けた駅もある。速度の大幅に異なる列車を多数運行しているこれらの線では、中間駅の待避線が十分に機能することが、線路容量の向上および低速

列車特に貨物列車の到達時間の縮減の重要な要素である。

現在の両幹線は、概ね満足できる待避線が備わっているが、円滑な輸送のためには、更に増強を行うことと、待避列車の速度向上のため待避線の出入口の分岐器は可能な限り新型 12 番に交換することが必要である。

分岐器分岐側の通過速度について、安全性、経済性（維持管理の費用）を勘案して可能な範囲で引き上げるべきと考えられる。経済性の観点から見れば、特に 15km/h の低速走行による種々の損失は、維持管理の費用と比較して、無視できないものである。

4.3 施設

4.3.1 建設基準

インド国鉄の広軌建設基準 (*Standards of Construction for Broad Gauge*) は、下表に示す通りである。

インド国鉄では、設計最高速度を Group A～E の 5 段階に分けている。DFC ルート沿いでは、東回廊 (Delhi～Kanpur～Allahabad～Mughal Sarai～Howrah)、西回廊 (Delhi～Mathura～Ratlam～Vadodara～Mumbai) は Group A、東回廊 (Ludhiana～Ambala～Delhi) は Group B に分類されている。

表 4-1 広軌建設基準

Gauge	1676mm
Max. Permissive Speed	Group A : 160 km/h, Group B : 130 km/h
Max. Gradient	In plane country : 1 in 150, In hilly terrain : 1 in 100
Max. degree of curves	10 degree (R=175 m)

インド国鉄における技術基準は Research Designs and Standards Organisation (RDSO)により作成・改定がおこなわれており、設計基準、施工標準、材料仕様書、標準設計図等インド国鉄の技術基準に係わる全てが網羅されていると言ってよい。これらの内 JICA 調査団が入手した基準類を以下に示す。

1. Indian Railways Permanent Way Manual
2. Indian Railways Manual of AC Traction Maintenance and Operation
 - 1) Volume I General, March 1994
 - 2) Volume II (Part I) Fixed Installations 1994
 - 3) Volume II (Part II) Fixed Installations (List of Appendices) 1994
3. Indian Railways Signal Engineering Manual
4. Indian Railways Bridge Manual
 - 1) Bridge Rules (Incorporating A & C Slip No.33, Year:2005)
 - 2) Concrete Bridge Code (Incorporating A & C Slip No.7, Year:2003)
 - 3) Steel Bridge Code (Incorporating A & C Slip No.17, Year:2003)
 - 4) Bridge Sub-structure & Foundation Code (Incorporating A & C Slip No.22, Year:2003)
 - 5) Welded Bridge Code (Incorporating A & C Slip No.2, Year:1989)

- 6) Well & Pile Foundation Code (Revised Edition-1985)
5. Indian Railway Standard Track Manual
 - 1) Volume I Chapter I to VI (1994)
 - 2) Volume II Chapter VII to XII & Annexure to Vol. II (1989)
6. Indian Railways Code for the Engineering Department (Third Reprint 1999)
7. Guidelines for Earthwork in Railway Projects (Guideline No.GE:G-1, July 2003)
8. Indian Railway Schedule of Dimensions BG (2004)
9. Specification for Mechanically Produced Blanketing Material for Railway Formations Including Guidelines for Laying (Specification No.GE:IRS-2, July 2005)

4.3.2 軌道

(1) 全体

軌道はバラスト軌道で、一部の主要な駅構内ではバラストレス軌道も用いられている。軌道はかなりよい状態に保たれており、大きな軌道狂いや噴泥の発生は見受けられない。

2000-2001 年度に特別鉄道安全基金 (SRSF) が設立され、それ以降、軌道強化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。

(2) レール

幹線のレールは、もともと 52kg/m が使用されていたが、改良事業により順次 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)が全国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

(3) 枕木／締結装置

幹線区間では、PC 枕木が使用されており、枕木間隔は、1550 本/km または 1660 本/km である。1550 本/km の区間は、順次、1660 本/km に改良している。

締結装置は、弾性締結装置 (パンドロールタイプ) が標準的に使用されている。

(4) バラスト

幹線区間のバラストは、砕石が使用され、厚さは 250~300mm である。

(5) 分岐器

分岐器は、8.5 番と 12 番が使用されており、分岐側の制限速度は、8.5 番が 15km/h、12 番が 30km/h である。クロッシングは、固定ノーズが使われている。

(6) メンテナンス

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。

(7) 現況調査

IR の軌道の現況について、1) Delhi~Ambara 線 4km~5km 間 (複線、PC 枕木 1,540 本/km、電化)、2) Ballabgarh 駅北部構内、及び 3) Ballabgarh 駅北行場内信号機南方において軌道の現状を観察した。

1) Delhi~Ambara 線

- 軌道延長上下計 2km において、熔接不良による補強継目板が下り線には 12 か所、上り線には 15 か所設置されていた。
- 伸縮継目及び接着絶縁継目挿入箇所の両端のテルミット熔接の不良が目立った。(4 箇所全部が不良のものもある。後で挿入した時の現場熔接と考えられる。)
- レール頭頂面にシェリング現象が見られた。
- 全般的に道床バラストの断面不足が見られた。

2) Ballabgarh 駅北部構内

- 熔接継目の約 40%が熔接不良で補強継目板を掛けていた。
- 熔接不良箇所の間隔から、本体の破断を修理したものでないかと思われる部分が僅かであるがあった。
- ポイント内にも熔接不良があった。
- 構内なので運転速度は遅くレール摩耗量は少ない。

3) Ballabgarh 駅北行場内信号機南方 (高速走行区間)

- 13m ごとにフラッシュバット工場熔接を行ったロングレールである。
- 熔接 20 か所中 12 か所が熔接不良で補強継目板で対処されしていた箇所がある。

ごく一部を観察しただけであり、更なる調査が必要であるが、少なくとも下記の事項については指摘することができ、改善を要することができる。

- 現在 IR においてはレール折損が多発しているといわれているが、その数量・原因・内容については公式のデータが得られていないので現時点では明確ではないが、工場熔接 (フラッシュバット)・現場熔接 (テルミット) を問わず、熔接部の品質が低いということは、至るところで補強継目板が設置されていることから否定できないと考えられる。
- IR 本体、DFC 施工主体何れにおいても熔接の技術・品質の確保は不可欠の条件である。

4.3.3 土工 (Earth Work)

既存線の殆どは土工区間である。地形により 10mを超える高盛土区間もあり、古い時期

に建設されたせいもあってか高架構造は全く見受けられない。

ある鉄道局で、軌道中心間隔は 5.30m としていると聞いたが、これは線増等の新線建設時の基準であり、既存線を見ると実際には事前調査報告書中にある建築限界図中の 4.265m 程度の箇所が多い。Schedule of Dimensions (2004 改訂版) にも、新線／線増に限り 5.3m と明記されており、従って土工定規に示されている 5.30 m が適用されている区間は限定されていると推察される。

東回廊の Allahabad から Mughal-Sarai 間および西回廊の Ahmedabad から Vadodara 間の目視調査によると、地形の平坦な部分は左右の地盤を掘削し、その土を利用して鉄道線路敷を盛土した形跡が伺える。線路敷きの左右の土地は周囲より低く、部分的には湿地帯となっている部分も多い。しかしながら、この工法によって築かれた区間は、盛土に使用された土が当時の表土であって、軌道敷の土質として適切でない可能性が高いと考えられる。実際に東回廊の Zonal Railway での聞き取り調査では、軌道保守上で沈下の問題のある箇所が存在するとのことである。

沈下は盛土材料のみならず、軟弱地盤上の土工において地盤改良が十分にされていない可能性を示している。既存線の、特に本線は建設後 100 年以上の年月を経ており安定している筈であるので、軌道の沈下は雨水による路盤／路体材料の流出が原因と思われるが、DFC を腹付け方式で盛土した場合、既存線を引き込んで変形させてしまう恐れもあるので、実施設計に際しては十分な調査と対策が必要である。

RITES とのディスカッションの中で得られた情報によれば、軟弱地盤で問題となるのは西回廊の Mumbai～Surat 間の内の約 100km に存在するとのことである。

4.3.4 Bridges & Culverts

(1) インドにおける橋梁建設の現状

既存線の河川や道路および水路を跨ぐ軌道には、橋梁および Box-Culvert が採用されており、大きな河川を渡河する以外は殆ど上路プレートガーダーかコンクリート Box である。

鉄道局の聴取によれば、橋梁のクラス分けは以下のとおりである。

Important Bridge : 橋長 300m 以上または渡河部河積断面 1,000m² 以上の橋梁

Major Bridge : スパン 12.2m (40ft) 以上または橋長 18.3m (60ft) 以上の橋梁

Minor Bridge : 上記以外の橋梁

これらの内、Important Bridge は、19 世紀のイギリス統治時代に架けられた鋼製トラス橋が多く、中には鉄道・道路併用橋も存在する。スパン割のパターンは、61m (200ft) と 30.5m (100ft) の 2 種類が多いように見受けられた。「RDSO 制定標準図面-橋梁および構造物」には 100ft、150ft、200ft、250ft の 4 種類が示されているが、現在保有している橋梁のパターンではないかと思われる。古い橋梁は非常に良くメンテナンスされており、メンテナンスの記録も各橋梁のセクション毎に橋桁に記載されている。

いずれのクラスにおいても橋梁は短径間の単純桁を連続させた形が多い。急流河川の少ないインドでは、河積阻害率は考慮するにしてもさほど重要ではなく、鉄道橋梁の建設コス

トをおさえることが最優先であるように感じられた。

以下に述べる現地調査の結果から推察し得る事柄として、インド鉄道省には長大橋梁を設計施工した経験がなく、保守的なインド国鉄は現在までも古いパターンの設計を継承し続け（ゆえにまだメートルではなくフィート単位なのではないか）、結果として最新橋梁技術から取り残されている可能性が高いと言える。

事例 1：

Delhi 北部の Ambara-Ludhiana 間で施工中の橋梁架替え工事は、既存線に平行して新設橋梁を施工するものであるが、これは古い橋梁とほぼ同じ 100ft スパンが連続する鋼製トラスを架橋していた。Zonal Railways での聞き取り調査では、近年の傾向として新設橋梁はスパン 30m 以上のものは鋼製トラス橋にし、それ以下は PC 桁の橋梁が殆どを占めるとの事であったが、この橋梁なら常識的には PC 桁橋の範疇である。

事例 2：

同じ NR 管内で現在施工中の Important Bridges は、Delhi 近郊の Yamuna 川と、100km 程離れた Ganges 川に架かる橋梁で、2 橋ともスパン 200ft を連続させた同一タイプの橋梁との事である。この内 Delhi 近郊の建設現場の視察を行った。内容は以下の通り。

- 1) 既存の橋梁は鋼製曲弦プラットトラス単線並列型で、上段鉄道、下段道路の併用橋である。下り線側が 1866 年、上り線側が 1933 年の完成である。12 連プラス Kolkata 側アプローチガーダー。
- 2) 現在建設中の橋梁は、鋼製下路ワーレントラス単線並列型鉄道橋である。13 連プラス Delhi 方に 3 連の跨道橋。
- 3) 架替えの理由は中央部付近の 2 橋脚の基礎が支持地盤に到達しておらず、最近になって変位が大きくなり、鉄道橋梁としては継続使用に問題があると判断されたためである。現在の速度制限は 30km/h である。
- 4) 既存橋梁は道路橋部分だけを今後も使用する可能性がある。現在 Indian Railway が橋梁の維持管理を行っているが、今後どうするかは未確定。州政府が道路橋としての継続使用を希望する場合は維持管理が州政府に委託される可能性もあるが、使用を希望しない場合でも、撤去はせずに遺産として保存する方針との事である。
- 5) 新設橋梁は現在下部工施工中である。外形直径 15.0m と 13.0m の井筒基礎で間もなく完成予定である。新旧橋脚は橋脚中心で離隔 30m である。上部工は Central Railway が製作する由。
- 6) 新設橋梁の計画・設計は Northern Railway が行い、RDSO のチェックを経て MOR の承認を得るという順序で進められた。

事例 3 :

Dehri On Sone 付近で施工中の Sone Bridge は、既存が上路鋼製トラス、新設が PC 箱桁であるが、スパンは 100ft (30.5m) の単純桁を 9 3 連も連ねており、いくら急流河川でないとは言いながら、この設計には疑問を感じる。

Major Bridges は古いものは上路プレートガーダー、近年架け替えられたものは RC または PC ガーダーである。新旧のスパン割がほぼ同一に見えるので、架け替えの理由は河川改修などではなく老朽化であると思われる。橋梁部と盛土部の接続部分には、10~15m のアプローチスラブを設けるのが標準的となっているようなので、接続部における段差の生じる心配はなさそうである。

(2) 橋梁設計の現状

インド国内における橋梁の設計は、原則として、'Research Designs and Standards Organization (RDSO)'にて実施され、標準図を作成、それを、Zonal Railways に配布し、各 Zonal Railway が、それに基づいて製作、架設している。鋼橋の製作は、各 Zonal Railway が Bridge Work Shop を持っており、そこで行われている。視察の結果、添接には、リベットが用いられているものの、標準設計の橋梁を数多く手掛けているため、非常に慣れており、標準橋梁の製作に限っては、品質的には大きな問題はないと思われる。

全般的に、マニュアル、基準類は良く整っており、標準図も、荷重別、支間長別に用意されており、橋梁の標準化によるコスト削減に前向きな姿勢がうかがえる。

表 4-2 に橋梁関連の基準、表 4-3 に橋梁標準図リストを示す。

荷重条件が適合しない橋梁に関しても、随時設計を実施し、標準図を作成していく予定の様である。

維持補修、研究開発に関しても、RDSO が中心となって、計画、実施されており、潜在的な技術レベルの高さをうかがわせる。

鋼橋、コンクリート系橋の使い分けに関しては、今後は、橋梁部においても軌道部にバラストを用いる方向であるため、必然的にコンクリート系橋が、増える傾向にあると推察される。

表 4-2 RDSO 橋梁関連基準

S.No.	Name of Codes/ Manuals	
1	IRS Bridge Rules	Adopted - 1941 Revised -1964 Reprinted - 2001
2	IRS Concrete Bridge Code	Adopted - 1936 Revised -1997
3	IRS Bridge Substructures and Foundation Code	Adopted - 1936 Revised -1985 Reprinted - 1991
4	IRS Steel Bridge Code	Adopted - 1941 Revised -1962 Reprinted - 1977
5	IRS Welded Bridge Code	Adopted - 1972
6	Indian Railway Bridge Manual	Adopted - 1998
7	IRS/B1-1979 Specification for Fabrication and Erection of Steel Girders bridges and locomotive turn-tables.(S.No.B1-79)	Adopted - 1934 Revised - 1979
8	Arch Bridge Code	Adopted - 1941 Revised - 1962
9	IRS Code of practice for the structural design of Microwave towers of self supporting type (self supporting Microwave tower code)	Adopted - 1974 Revised - 1982
10	IRS Code of practice for fabrication and erection of steel work of Microwave towers of self-supporting type.	Adopted - 1979
11	Manual on the Design and Construction of Well and Pile Foundations.	Adopted - 1985

表 4-3 RDSO 橋梁標準図

	Bridge Type	Gauge	Loading	Description	Span (m)	Remarks		
Steel Bridge	1	Open Web Girder (B.G.) Riveted Type	B.G.(1676mm)	MBG	1	RBG	30.5	
					2	RBG	45.7	
					3	RBG	61.0	
					4	BGML	76.2	Riveted
					5	RBG	30.5	Under slung type
	2	Open Web Girder (M.G.)	M.G.(1000mm)	ML	1	MGML	30.5	
					2	MGML	45.7	
					3	MGML	61.0	
					4	MGML	30.5	Under slung type
	3	Open Web Girder (B.G.) Welded Type	B.G.(1676mm)	MBG	1	MBG	30.5	
					2	MBG	45.7	
3					MBG	61.0		
4					MBG	76.2		
4	Open Web Girder (B.G.) Welded Type	B.G.(1676mm)	HM	1	HM Loading	30.5		
				2	HM Loading	45.7		
				3	HM Loading	61.0		
5	Open Web Girder (M.G. to B.G.) Gauge Conversion	M.G.(1000mm) to B.G.(1676mm)	Not mentioned	1	Modification to MGML	30.5		
				2	Modification to MGML	45.7		
				3	Modification to MGML	45.7		
6	Plate Girder (B.G.)	B.G.(1676mm)	MBG	1	MBG-1987	12.2	Welded	
				2	MBG-1987	18.3		
				3	MBG-1987	24.4		
			HM	4	HM Loading	12.2		
				5	HM Loading	24.2		
7	Plate Girder (M.G.)	M.G.(1000mm)	ML	1	MGML	6.1	Welded	
				2	MGML	9.2		
				3	MGML	12.2		
				4	MGML	18.3		
				5	MGML	24.4		
				6	MGML	30.5		
8	Plate Girder (M.G. to B.G.) Gauge Conversion	M.G.(1000mm) to B.G.(1676mm)	Not mentioned	1	Modification to MGML	9.2		
				2	Modification to MGML	12.2		
				3	Modification to MGML	18.3		
				4	Modification to MGML	24.4		
9	Composite Girder (B.G.)	B.G.(1676mm)	MBG	1	Modification B.G. Loading 1987	12.2		
				2	Composite Bridge	18.3		
				3	Modification B.G. Loading 1987	20.0		
				4	MBG Composite Girder-Welded Type	9.2		
				5	MBG Composite Girder-Welded Type	24.4		
				6	MBG Composite Girder-Welded Type	18.3		
10	Composite Girder (M.G.)	M.G.(1000mm)	ML	MGML	12.2			
11	Continuous Girder	B.G.(1676mm)	MBG	1	BGML	3 x 9.2		
				2	BGML	3 x 60ft(18.3m)		
Prestressed Concrete Bridge	Prestressed Concrete Girder	B.G.(1676mm)	MBG	1	MBG Loading-1987	12.2, 18.3		
				2	Prestressed Concrete Girder(Post Tension I Type)	12.2		
				3	Prestressed Concrete Girder(Post Tension I Type)	18.3		
				4	Precast Post Tensioned PSC Box Girder	30.5		
				5	Precast PSC (Post Tensioned) Ballastless Box Girder	29.87		
				6	Precast Post Tensioned PSC Box Girder	45.1		
				7	Precast Prestressed Concrete 3 T-Girder	12.2		
				8	Expansion Joint for Railway Concrete Bridge Deck			
			HM	9	Prestressed Concrete I-Girder	18.3		
			HM	10	Prestressed Concrete I-Girder	12.2		
			MBG	11	Prestressed Concrete Box Girder (Post Tension Type)	30.5		
			MBG	12	Prestressed Concrete Box Girder (Post Tension Type)	24.4		

(3) 設計条件

前述の設計基準によると、橋梁設計に考慮すべき荷重は、表 4-4 のとおりである。このうち、活荷重に関して表 4-5 にまとめる。

活荷重は、ゲージ種別毎、軸重種別毎に規定されており、それぞれ等価等分布荷重値 (Equivalent Uniformly Distributed Load (EUDL)) も、表示されており計算の至便性も配慮され、実用的な規定となっている。前述の標準図はこれらの活荷重に準拠して作成される。

表 4-4 橋梁設計に考慮すべき荷重基準

1	Dead load
2	Live load
3	Dynamic effect (Impact)
4	Force due to curvature or eccentricity of track
5	Temperature effect
6	Frictional resistance of expansion bearing
7	Longitudinal forces
8	Forces on parapets
9	Wind pressure effect
10	Forces and effects due to earthquake
11	Erection forces and effects
12	Derailment loads
13	Load due to Plasser's Quick Relay System (PQRS)

表 4-5 橋梁設計に考慮すべき荷重基準—活荷重

Gauge		Broad Gauge (1676mm)		Metre Gauge (1000mm)			Narrow Gauge (762 mm)				
Name		Modified BG Loading	Heavy Mineral Loading	Modified Metre Gauge Loading	Standard M.L.	Standard B.L.	Standard C	Heavy class Loading	'A' class Main Line Loading	B' class Branch Line Loading	
Description		MBG Loading -1987	HM Loading	MMG Loading -1988	ML	BL	C	H	A	B	
Issued at		1987		1988	1929	1929	1929				
Load	Locomotive	(t)	25.00	30.00	16.00	13.20	10.70	8.10	9.70	8.10	6.10
		(kN)	245.20	294.20	156.90	129.40	104.90	79.40	95.10	79.40	59.80
	Train	(t/m)	8.25	12.00	5.50	3.87	3.87	3.87	2.83	2.83	2.83
		(kN/m)	80.90	117.70	53.90	37.95	37.95	37.95	27.80	27.80	27.80
		(t)			14.00						
		(kN)			137.29						

4.4 電気設備

4.4.1 電化区間の現況

4 箇所の AC 25kV および 1 箇所の DC 1.5kV き電変電所を訪問した結果、インドにおける標準送電電圧である 220kV 系または 132kV、50Hz 送電網から単相平行 2 回線で安定して受電しており、関係者によると事故や落雷などに起因する不測の停電は殆ど経験がないとのことであった。

送電網は、多数の発電所が送電系統で網目状に連繫しているため、電圧と周波数変動が極めて小さく、鉄道に対しては貢献度が大きいと言えよう。創業が古い一部の線区では現在でも直流電化があるが、インド国鉄関係者によれば、直流機器は交流電化に比べて維持管

理がより煩雑で、手数が掛かるほか費用も大きいとの理由などから、向う5年程度で交流電化に切り替える計画になっていることであった。

さらに、各き電変電所は、コンピュータ組込みの SCADA により全ての機器類の監視・制御が中央において実時間で一元的に行われていることが分かった。しかし、SCADA の機能組立て内容が必ずしも管理局毎に同じではないようである。また、き電は AC 25 kV 直接き電であり、AT または BT 方式の線区は調査区域にはない。

4.4.2 対象区間の電気設備

き電変電所（TSS: Traction Sub-station）における電気機器の回路的な構成は、当然のことながら線区に関わらず同じになっている。電車が変電所から見てどこの位置にあっても、架線から受電する電氣的、機械的条件が異なってはならない以上、いずれの TSS に於いても基本的構成が同じでなければ鉄道が完全なシステムとして機能しない。

このことは主回路機器類を含めて回路上にある各種の保護継電器や補助装置がそれらの機能などが十分に検証されかつ標準化された状態でなければならないことを示している。各 TSS において実際に採用されている主回路の単線結線図を見ると他の交流電気鉄道におけるそれと特に変わった構成ではないことが分かる。一般に、主回路機器は扱う電圧と電流が大きいため、屋外設置が普通である。一方、計測・制御装置などは建屋内に設置され、中央における SCADA によりリアルタイムで遠方監視・制御が行われている。これにより従来の各現場運転員の操作不良などに起因する事故は大幅に減少した効果は大きい。

調査した TSS の機器類は殆どがインド国内製である。1 変電所あたりのき電出力は 12.6MVA または 20MVA 変圧器 2 バンク構成が標準方式である。また、しゃ断器は真空型が主流であるが、一部には、少油量しゃ断器と SF6 ガスしゃ断器も現用されており、一部の SF6 ガスしゃ断器ではガスの漏出があると聞いた。電力管理者としては、しゃ断器は近い将来にすべて真空形に更新したい意向という。

また、それらの現場における機器類は共用開始後相当の年数が経過しているが、全体としてそれらの保守状況は鉄道強電機器として良好と見受けられた。管理責任者によると、保守員は殆ど自前で訓練・養成がおこなわれ、大概の修理などにも対応できる技能・技術という。一部には、機器の供給者からの技術者が駐在していた。

TSS の相互区間は、AC き電の場合では平均で 50km 前後といわれるが、変電所の配置は、定格電圧の 10%程度以内に収まるような地点が望ましく、将来 DFC が運用開始になることを前提に、総合的に決定されることが望ましい。調査した変電所用地では、その保守や機器などの入替えなどにあたり、現状ではすべてが十分な接続道路が確保されているようには見受けられない。

一方、き電用変圧器内に発生する損失は効率から判断すると、定格条件において 1 台当たり 100~160kW にもなろうと思われる。DFC の展開にあたり、変圧器の容量を将来増やす必要に迫られるとき、より高効率の変圧器の採用が検討されて然るべきと思われる。

また、DFC の具体的検討段階において、き電変電所側において既設変電所の設備増強・更新をおこなう場合でも、概ね、主変圧器およびその定格電流との関係でしゃ断器などと

計測・保護装置などが入れ替えになると考えられるが、技術的に対応が可能であるとみられる。

4.4.3 非電化区間の電化の検討

各鉄道局における聴取において、責任者は将来 DFC が現実のことになっても、鉄道への給電に全く不安を抱いていないことが分かった。それは、現状で鉄道が歴史的にも電力会社にとって上質の関係が維持されて来たことに由来するほか、公共機関の一部として政府の後ろ盾があり、如何なる事態においても給電が確保されると関係者は極めて楽観的であることが分かった。

さらには、火力発電用の国内産と輸入の石炭が常に十分に確保される条件があるという。最近の大容量の水力発電の共用開始に見られるように、供給側の態勢も整備されつつあると見られる。しかしながら、工業団地の調査においては電力供給の不安定の問題が提起されていることから、DFC プロジェクトにおける電化計画においては、対象地域全域を含む広範囲の電力供給体制、供給能力等について調査が必要である。

幹線の現非電化区間は、対環境性、資源効率性、電力消費の観点から考えると、全線交流電化の方向が適当であろう。

4.4.4 インドにおける電磁誘導、高調波障害に係る技術基準

電磁誘導電圧の制限値としては、平常時で 60V、地絡事故などの異常時で 430V とされ、日本国での規制値と同一である。現在のき電は商用周波単相交流方式の 25kV であるため、通信誘導障害の程度が直流方式に比較して大きいのが、実態としては付近に通信線が多くないことなどから特に問題視されていないようである。

しかしながら、DFC が交流電化により将来全面的に運用開始されるとした場合、き電方式が何によるかによって障害対策が決定されることになる。一般的には BT き電方式が対策上の実効性が高いが、その選択・決定のためには総合的な見地から比較検討されるべき課題となる。これらに係る技術基準は、Harmonic Waves Regulation（高周波発生に関する基準）が施行されている。しかし、インド国において通信・信号に及ぼす電磁誘導や高調波障害に係る技術基準が、昨今の高感度電子機器の普及に対して見直しも必要になってくるであろう。

4.5 通信システム

4.5.1 既設通信システム

(1) 通信システム概要

通信技術の変革に伴い、インド国鉄は、より信頼性および効率的な通信環境を構築するため通信システムの改善および拡張を行っている。以下表 4-6 に、2005 年 3 月時点でのインド国鉄における通信システムの整備状況を示す。

表 4-6 既設通信システム

System	Unit	As of March 2004	As of March 2005
Digital Electronic Exchanges	Line	235,565	274,034
Control sections provided with Dual Tone Multiple Frequency (DTMF) control equipment	No.	292	292
Digital Microwave (7GHz)	Route km	7,093	7,093
Control communication through wireless (18GHz)	Route km	989	989
Mobile train radio communication system	Route km	1,686	1,686
Optical fiber communication (OFC) system for control communication	Route km	16,089	22,423
Microprocessor-based public address system	No. of stations	588	674
Electronic train display boards	No. of stations	363	395
Interactive voice response system for train inquiry/reservation status	No. of stations	365	428

出典: Indian Railways Year Book (2004-05)

(2) 鉄道局における通信システムの現状および課題

鉄道省、RDSO および各鉄道局を対象とした現況調査の結果、通信システムの現況は下表の通りである。

表 4-7 鉄道局における通信システムの現況

システム	現況
固定通信	支線(フィーダールート)を除き殆どの地域において以下に示す STM による光ファイバー通信システム(OFC)が整備されている。 基幹幹線システム: STM-16 (1+1 system) 視線システム: STM-1 or STM-4 光ファイバーケーブルの標準芯線数は、24 芯。この値はインド国鉄にて標準化されている。 496 チャンネルの 7GHz デジタルマイクロ無線システムが光ケーブルシステムのバックアップ回線として利用されている。 Howrah-Pradahankhente-Mugal Sarai 間(およそ 700km)に 18GHz 無線通信システムが盗難対策として 1985 年から 90 年の間に整備された。
移動通信	移動通信システムとして、10ch の専用容量を持った GSM-R(Global System for Mobile Communication for railway applications)が運用されている。 150MHz 帯の単信無線による移動通信システムが緊急連絡の目的に利用されている。しかし、この無線システムによる通話品質は、ノイズ等の影響により実用の用に供しない場合が多くある。 Eastern railway の幾つかの地域においては、破壊行為等により通常の緊急電話を設置することが困難な状況である。このため、上記 150MHz の移動無線、通常の GSM による移動無線が当該地域にて利用されている。
その他	緊急電話は、軌道に沿って 1km 間隔に整備されている。 0.9mm × 6Q or 4Q の通信ケーブルが上記緊急電話および踏み切り制御用の電話に利用されている。

4.5.2 通信システムの整備の動向および方向性

(1) 光ファイバーケーブルネットワーク

インド国鉄は、通信利用ニーズに答える事および余剰回線を商業ベースで利用し利益を上げるため、最新の技術を適用する事を方針としている。この方針およびインド国鉄の通信システムを計画通りに整備する事を目的とし、インド国鉄傘下に RaiTel 社が 2000 年の 9 月に設立された。

インド国鉄においては 2008 年の運用を目指した、路線延長 42,000km の光ファイバーケーブルネットワーク整備が計画されている。2005 年 3 月現在、左記 42,000km の内、約 27,100km がすでに整備され、2,092 の駅が光ファイバーケーブルに接続されている。

また、RaiTel 社はすべての重点駅に cyber cafe を段階的に整備する計画である。Phase-I では、総計 82 箇所の cyber cafe を整備の計画であり、42 箇所については 2006 年の 3 月までに整備する計画である。RaiTel 社は余剰容量を利用した商業ベースでの事業を開始しており、2004 年から 05 年の間におよそ 8.2 億円の収入を上げている。

(2) 移動通信システム

現在、インド国鉄においては、列車と駅（駅長、指令、維持管理要員等）との通話要求に答えるための十分な品質を確保した、移動通信システムは整備されていない。

このため GSM (Global System for Mobile Communication) ベースの通信システムの導入がインド国鉄において行われている。

このシステムは、GSM-R (Global System for Mobile Communication for railway applications) として知られている。この GSM-R は ERTMS (European Rail Traffic Management System) および ETCS (European Train Control System) において、必要不可欠な通信システムと位置づけられているとともに、EIRENE (European Integrated Railway Radio Enhanced Network) にて標準化されている。インド国鉄の Northern, North Central, Eastern, East Central および Northeast Frontier railway line における路線延長 3,200km の区間に対しての GSM-R の整備が承認されている。この計画では、2008 年までに GSM-R システムの運用を開始する事が計画されている。

上記に加え、路線延長 2,415km を対象とした GSM-R の整備が“*Integrated Railway Modernization Plan (2005-2010) (IRMP)*”に述べられており、その業者契約はすでに締結されている。

(3) V-SAT (Very Small Aperture Terminal)

通常の通信システムが整備されていない遠隔地の通信手段を確保するため、インド国鉄では V-SAT の導入を行っている。V-SAT のハブ局は New Delhi に置かれ、ポイント to ポイントの音声およびデータ通信を取り扱う事を目的としている。*Indian Railways Year Book (2004-05)*では、220 の子局を整備し FOIS (Freight Operations Information System) と接続する事を計画している。これら計画の内、幾つかの局はすでに建設されている。

(4) 交換およびデータネットワーク

インド国鉄では現在、交換の品質およびメンテナンスの労力を軽減するため、古いアナログ交換機を電子交換機に、置き換え中である。デジタル交換機の加入者は 2005 年 3 月現在、274,034 に達し、38,469 加入者が 2004 年から 05 年の間にデジタル交換機に接続された。インド国鉄におけるすべての管轄地域の交換機は、シームレスな接続環境を構築する目的から 2 MBPS のインターフェースに統合化中である。

4.6 信号システム

各鉄道局は RDSO が標準化している信号方式を採用しており、基本的な閉塞方式は「隣接駅間 1 閉塞の ABS 方式」である。

各鉄道局は独自の計画に基づき、大都市圏周辺で 4 現示信号機を用いた自動信号閉塞方式を採用しつつあるが、全体としてみると ABS 方式区間が大勢を占めているのが現状である。また、信号設備と連動した電動転轍機も採用されつつあるが、機械式の転轍鎖錠装置も各所に残されていること、さらに駅構内の列車速度が制限されていること、踏切の制御も電話による音声連絡に頼る部分が多いこと等、輸送能力を阻害する要因が数多く残されている。

4.6.1 信号システムの現状

対象となる区間の中で代表的な区間で採用されている、信号システム、インターロック方式、信号現示方式は下記の通りである。

- 1) Mechanical Interlocking system（機械式連動装置）
- 2) Route Relay Interlocking/Panel Interlocking（継電連動装置）
- 3) Electronic Interlocking System（電子連動装置）
- 4) Absolute Block（駅間 1 閉塞）
- 5) Automatic Block Section（自動閉塞方式）
- 6) Intermediate Blocking system: IBS（駅間閉塞区間分割）
- 7) Multiple Aspect Colour Light Signal（4 現示色灯）

4.6.2 信号システムの問題点

信号システムについての問題点は以下の通りである。

- 大都市都市近郊では閉塞区間を 1 km 程度に短くした自動信号閉塞方式が採用されつつあるが、多くの部分は非自動化、閉塞区間長が長い。
- 電子連動装置、また電子化した CTC の導入が遅れており、マニュアル操作による諸制御が多い。特に、自動閉塞信号方式区間を除き、列車検知が自動的に行われておらず、ヒューマンエラーが事故に繋がる可能性が高い。
- 踏切制御の自動化の遅れ

踏切動作反応灯 (Protection Signal) が設置されていない踏切では列車運転手に対し徐行運転を強いる結果となっていることが多く、また、駅指令から踏切番に遮断機操作の連絡を行う場合、踏切数が多い場合は多くの時間がかかるため、列車出発までの待ち時間が長くなる。

4.6.3 信号の近代化計画

(1) Ghaziabad-Kanpur 間信号近代化事業

現在 Ghaziabad-Kanpur 間で信号システムの改良による輸送能力を増大する計画が進められている。

- Ghaziabad-Aligarh 間 (1.0~1.6km の閉塞区間長) 100%以上の線路容量の増加
- その他の区間 (2km 以下の閉塞区間長) 50%以上の線路容量の増加

信号システムの改造、変更計画の主要点は以下の通りである。

- Ghaziabad-Aligarh 間では閉塞区間長を 1.0~1.6km に、その他の場所は 2.0km までの閉塞区間長にする。
- 全区間に自動信号閉塞方式を採用する。
- Tundla 駅への SSI (solid state interlocking)による CTC の設置導入、および、これによる安全性の強化・リスクの回避
- 踏切制御は従来方法を変更しないが、踏切動作反応灯を採用し、この信号機は閉塞信号機を兼ねる方式とする
- 交流電動機駆動の電気駆動転轍機のみを採用 (制御線長約 5 km、EMI 対策)
- 列車検知用として、アクセルカウンタまたは AFTC を採用

(2) その他の区間での信号改良事業

前記 Ghaziabad-Kanpur 間の信号システム改良計画の他、関係する区間で計画されている信号システムの改良は次の通りである。

- 1) Kanpur-Allahabad-Mughalsarai
Allahabad で集中制御を行う CEI の導入
転轍機、ルート設定、信号、閉塞等の制御機能を持つ
- 2) Koderma Station
Mechanical lever frame by panel interlocking の交換、および public address equipment を Pahapur,Gujhandi,Koderma,Parsabd station に設置
- 3) New Deihi-Mathura
Up-gradation of signalling arrangement to the level of ETCS-1
- 4) Mathura-Nagda
Improvement of level crossing

5) Marwar-Palanpur

Installation of axle counters for block working

4.7 鉄道車両

インド国内車両工業はよく発達しており、電気機関車、ディーゼル機関車、客車および貨車を製造し、インド鉄道のみならず、アンゴラ、ミャンマー、バングラディシュ等の発展途上国に輸出している。

インド国内の車両製造技術は欧州、米国、日本から技術導入しインドに適合させたものとなっている。しかしながら、貨物新線に要求される高速コンテナ列車および重量列車牽引のためには、現状の車両よりも高性能のものが必要となる。そのため、技術開発が必要となり、インド側もそれを強く望んでいる。

4.7.1 鉄道車両の現状

(1) 動力方式と機関車両数

旅客列車キロの 47 %、貨物列車キロの 57 %が電気牽引である。トンキロでも旅客の 48 %、貨物の 61 %が電気牽引となっている。一方、機関車両数は、2004 年度現在、ディーゼル 4,801 両、電気 3,065 両となっている。

しかしながら、全体的には輸送力増強に対応する大出力機関車の整備が不十分であると思われる。

(2) 機関車形式

1) ディーゼル機関車

本線用機関車は電気式であり、貨物用代表形式は出力 4000 馬力の WDG-4、3100～3300 馬力の WDG-2 および WDG-3 である。最新の WDG-4 は誘導電動機駆動の 6 軸であり、米国 GM の技術を導入して 2001 年に開発された。

2) 電気機関車

貨物用代表形式は 6000 馬力の WAG-6 および WAG-9、5000 馬力の WAG-7 である。最新の WAG-9 は誘導電動機駆動の 6 軸機関車であり、1996 年に欧州 ABB の技術導入で開発された。

4.7.2 鉄道車両保守基地および工場の現状

(1) 基地の配置状況

それぞれの鉄道局ごとに局、工場、機関区の組織があり、車両保守を担当している。電気機関車、ディーゼル機関車および貨車はいずれも定期検査をベースとした保守を行っており、日本の体系に近い。検査周期および内容はそれぞれの車種で異なっている。

鉄道局の工場および車両基地の配置を下図に示す。

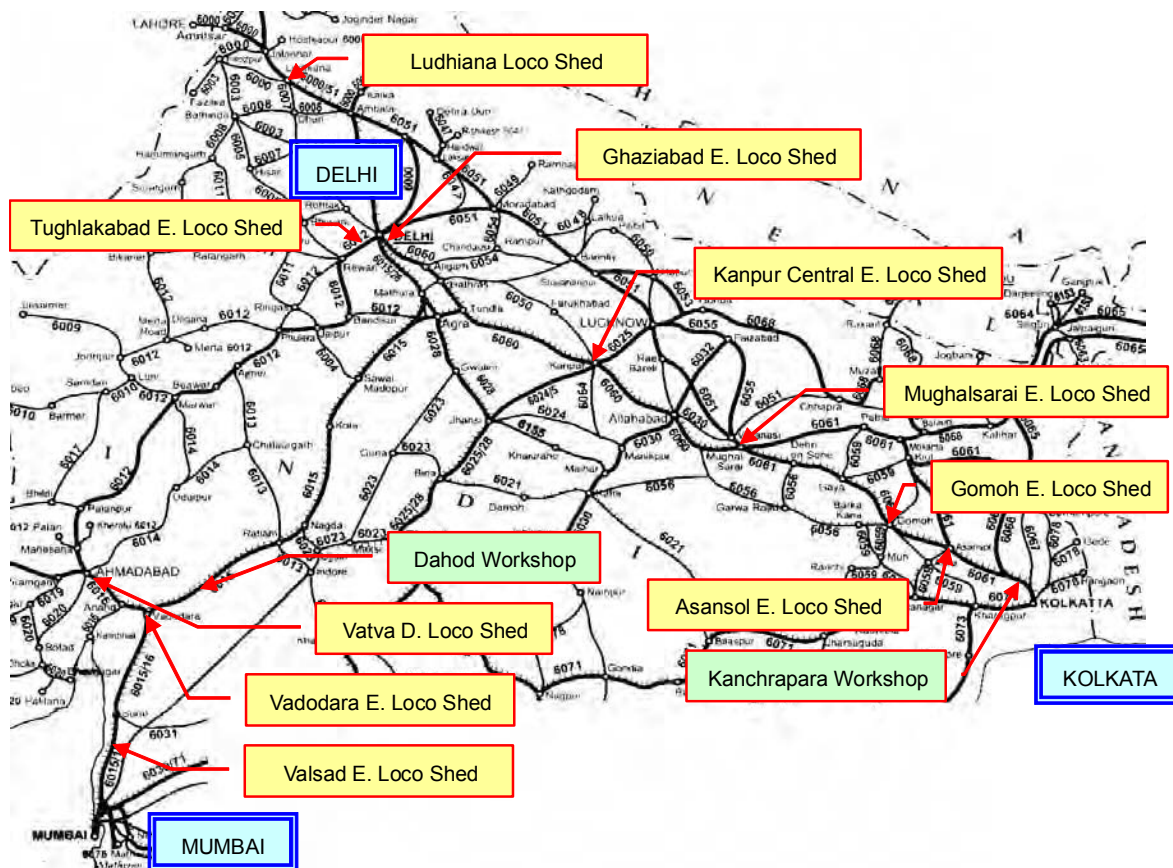


図 4-1 車両基地と車両工場の位置

車両保守基地および工場の管理はよくなされており、一部は ISO9000 や ISO14000 認証を取得し、故障防止に努めている。

(2) 車両基地の検査能力

西回廊および東回廊に係る車両基地の検査能力を調査した結果を以下に示す。DFC 関連の鉄道局等を調査した結果、それぞれ配置両数と検査能力にばらつきのあることが認められた。DFC の輸送計画確定後、所要車両数に対応して、基地新設あるいは増強についての検証が必要となる。

表 4-8 既存車両基地の検査能力

鉄道局	電気/ ディーゼル	場所	取扱 車両タイプ	検査 能力	所有 車両数
Western	電気	Valsad	WCAH-1, WCAH-2, WCAH-2p	120	124
		Vadodara	WAG5	100	91
	ディーゼル	Ratnam	WDS4, WDM2	100	-
		Vadodara (for Ahmedabad)	WDH2, WDH3A, WDS4	100	-
North Western	電気	なし			
	ディーゼル	Abu Road	WDM2, WDG3A, WDM3d, WDG3A	100	-
West Central	電気	TKD (Delhi)	WAG5, WAG7	100	134
		Itarsi	WAG5, WAG7HA, WAM4	100	135
		New Kanti JN	WAG5, WAG7	150	113
	ディーゼル	Itarsi	WDM2, WDM3A, WDS6	100	-
		Katni	WDM2, WDM3A, WDG-3A, WDG-3C	100	-
Northern	電気	Ghaziabad	WAM4P, WAP1/1E, WAP4, WAP5, WAP7, WAP5/5&6, WAG-5H6	120	117
		Ludhiana	WAG5/5H6, WAG7, WAM4	50	92
	ディーゼル	TKD	WDM-2, WDP1, WDM3C, WDP3A, WDM3A	100	160
		Sakurbasti	WDS4	80	87
		Ludhiana	WDM2, WDG3A, WDM3A, WDM3B, WDM3D, WDM3C	140	160
		Lucknow	WDM20, WDM3A, WDC3A	100	129
North Central	電気	Kanpur Central	WAP4, WAG7	120	146
		Jhansi	WAP4, WAG5H0/HB	100	136
	ディーゼル	Jhansi	WPM2, WDM3A	100	-
		Agra	WDS4	50	-
Eastern	電気	Howrah	WAP4, WAP5, WAP7	100	73
		Asansol	WAG5/5A/5H6/5HR1, WAP6	120	121
	ディーゼル	Howrah	WDM2/2A/2B	50	-
		Andal	WDS6, WDM-2/2D	100	-
		Burdwan	WDG2, WDM6, WDM2/2D	100	-
East Central	電気	MGS	WAP1, WAM4/4P, WAP-4, WAG7	120	142
		Gomoh	WAG7, WAG9, WAP7	120	125
	ディーゼル	Patratu	WDM2/2B, WDM3A	100	-
		Mughal Sarai	WDM212A, WDM2B, WDM3A	100	-
South Eastern	電気	Tatangar		100	158
		Santragachi (for passenger locos)	WAP4	50	45
		BNDM	WAP	100	140
	ディーゼル	Bokaro Steel City	WDM2	100	-

4.7.3 鉄道車両検査体系

車両の検査は定期検査方式を採用しており、車種ごとに検査内容および周期を定めて実施している。

4.7.4 インドにおける機関車製造工業の現状

MOR 傘下に機関車製造 2 機関、車輪製造 1 機関、客車製造 2 機関があり、MOCI (Ministry of Commerce and Industry)傘下に重電機製造 1 社がある。MOR 傘下企業は MOR の一部門となっており、予算および生産計画は MOR が管理している。これらの他に民間資本による貨車メーカーが Modern Industries, TITAGARH, TEXMACO 等数社がある。

それらの開発・製造能力および品質管理を調査するため、電気機関車製造所 CLW、ディーゼル機関車製造所 DLW、車輪製造工場 RWF、重電機メーカー BHEL(Jhansi, Bhopal, Bangarole)、メーカー Knorr および貨車メーカー上記 3 社を訪問した。

CLW、DLW および BHEL3 社の概要を **Error! Not a valid bookmark self-reference.**に示す。Knorr は 100 %ドイツ資本の企業で、鉄道関連売上 150 億ルピーである。いずれも IR への製品供給能力は十分備えている。IS9000 シリーズでの品質管理および ISO14000 を運用している。

表 4-9 機関車製造業者の概要

	CLW *	DLW **	BHEL
設立	1947 年	1961 年	1962 年
売上高	Rs.835 Crores (約 209 億円)	Rs.964 Crores (約 291 億円)	Rs. 10,336 Crores (約 2,584 億円)
年間製造能力	電気機関車: 90 台 モーター: 474 台 Cast Steel: 2,071 トン	ディーゼル機関車: 148 台	ディーゼル機関車: 5 台 モーター: 2,185 台 機関車用変圧機: 22 台
累計機関車 生産台数	蒸気: 2,351 台 ディーゼル: 842 台 電気: 3,251 台	ディーゼル: 4,899 台	ディーゼル: 179 台 電気: 160 台
従業員数	13,698 人	6,158 人	Jhansi: 1,300 人 Bhopal: 800 人
敷地面積	18.32 km ²	89.00 km ²	
上屋面積	27,384m ²	91,765m ²	
その他	ISO-9001, 9002, 14001 取得	ISO-9001, 14001, OHSAS-18001 取得	ISO-9001, 14001, OHSAS-18001 取得

* 2004-05 データ, ** 2005-06 データ

CLW は車体、台車および電動機製造と機関車組立を行っている。現在 5 形式を平行して製造している。最新の WAG-9 は ABB から技術導入した誘導電動機駆動機関車である。古い形式には日本技術を導入したものもある。変圧器、電機品および一部電動機は BHEL から納入されている。電動機絶縁材料等は欧州および日本から輸入している。

DLW は車体、台車およびエンジンを含めた電気式ディーゼル機関車を製造している。ALCO および GM 技術の機関車を平行して製造している。最新機関車は GM の交流電動機駆動の 4000 馬力機関車である。電動機および電機品は BHEL、Siemens、GE が納入している。

RWF は Bangalore にあり、米国の鋳鋼車輪製造技術、鍛造車軸製造技術および設備を導入して、1987 年から操業を開始している。従業員 2,500 名であり、2006-06 年度車輪 120 万枚を製造している。既存設備の増強により生産能力を 200 万枚まで増強する計画である。さらに、新工場を建設中である。かつては発展途上国に車輪、車軸を輸出していたが、インド国内の需要増加に伴い、輸出を中止し、全数をインド国内向けとしている。

BHEL は最大の重電機メーカーであり、発電所、産業用機器を製造している。変圧器、電動機、電機品および駆動用歯車を機関車メーカーに納入している。ジャンシー工場は機関車組立および変圧器を製造し、ボパール工場は電動機および歯車を製造している。バンガロール工場は半導体素子、電子基板および制御盤を製造している。開発センターもバンガロールにある。技術は ABB、Siemens、GE および日立から導入している。

機関車および部品は安定した技術で製造されているが、各メーカーは新技術導入に関心を持っている。しかし、DFC の諸元が確定しないと、開発に踏み出せないで、DFC の早期の仕様決定が望まれる。

貨車の設計は全て RDSO および RITES が行っており、メーカーは設計図に従って製造しており、自社開発はない。車両の設計図は全て RDSO が承認することとなっており、IR 以外の会社が RDSO の図面承認をとることは難しい。

4.8 対象路線のフィーダー線

4.8.1 フィーダールートの定義

幹線貨物鉄道の整備においては、幹線に至るまでの貨物の集配ルートとなるフィーダールートの整備が必要不可欠である。インド国鉄道省は表 4-10 および表 4-11、並びに図 4-2 に示す西回廊 7 路線、東回廊 17 路線をフィーダールートとして選定し、関係する地域鉄道会社に到達している。ここで、鉄道省は各回廊におけるフィーダーラインの役割を、西回廊については『ダブル・スタック・コンテナ列車運行のためのフィーダールート』、東回廊については『軸重 25 トン対応の石炭輸送のためのフィーダールート』とそれぞれ定義している。

表 4-10 西回廊におけるフィーダールート(鉄道省選定案)

No.	起点	終点	経由	延長
W1	Pipavav	Mehsana	Surendranagar、Viramgam	395 km
W2	Kandla Port	Palanpur	Gandhidham	312 km
W3	Mundra	Gandhidham		66 km
W4	Viramgram	Samakhiali		182 km
W5	Hazira	Surat		40 km
W6	Ludhiana	Rewari	Hissar	348 km
W7	Mumbai Port	Diva	Wadala、Kurla	36 km
総延長				1,379 km

表 4-11 東回廊におけるフィーダールート(鉄道省選定案)

No.	起点	終点	経由	延長
E1	Sonnagar	Barkakana	Garwa Road	311 km
E2	Patratu	Gomoh		128 km
E3	Sonnagar	Gomoh	Gaya	249 km
E4	Gomoh	Pradhankhunta		39 km
E5	Pradhankhunta	Andal	Asansol	75 km
E6	Andal	Pakur	Sainthia	151 km
E7	Chandrapura	Dhanbad		36 km
E8	Bhojudih	Gomoh	Mohuda	44 km
E9	Aligarh	Harduaganj		15 km
E10	Kanpur	Paricha		198 km
E11	Mughalsarai	Unchahar	Janghai、Phaphamau	205 km
E12	Varanasi	Rosa	Sultanpur、Utratia	558 km
E13	Zafrabad	Tanda		99 km
E14	Ludhiana	Govindwal Sahib	Beas	112 km
E15	Rajpura	Bhatinda (Lehra Mohabbat)	Dhuri	173 km
E16	Sirhind	Nangal Dam	Rupnagar	104 km
E17	Hissar	Suratgarh	Bhatinda	298 km
			総延長	<u>2,795 km</u>

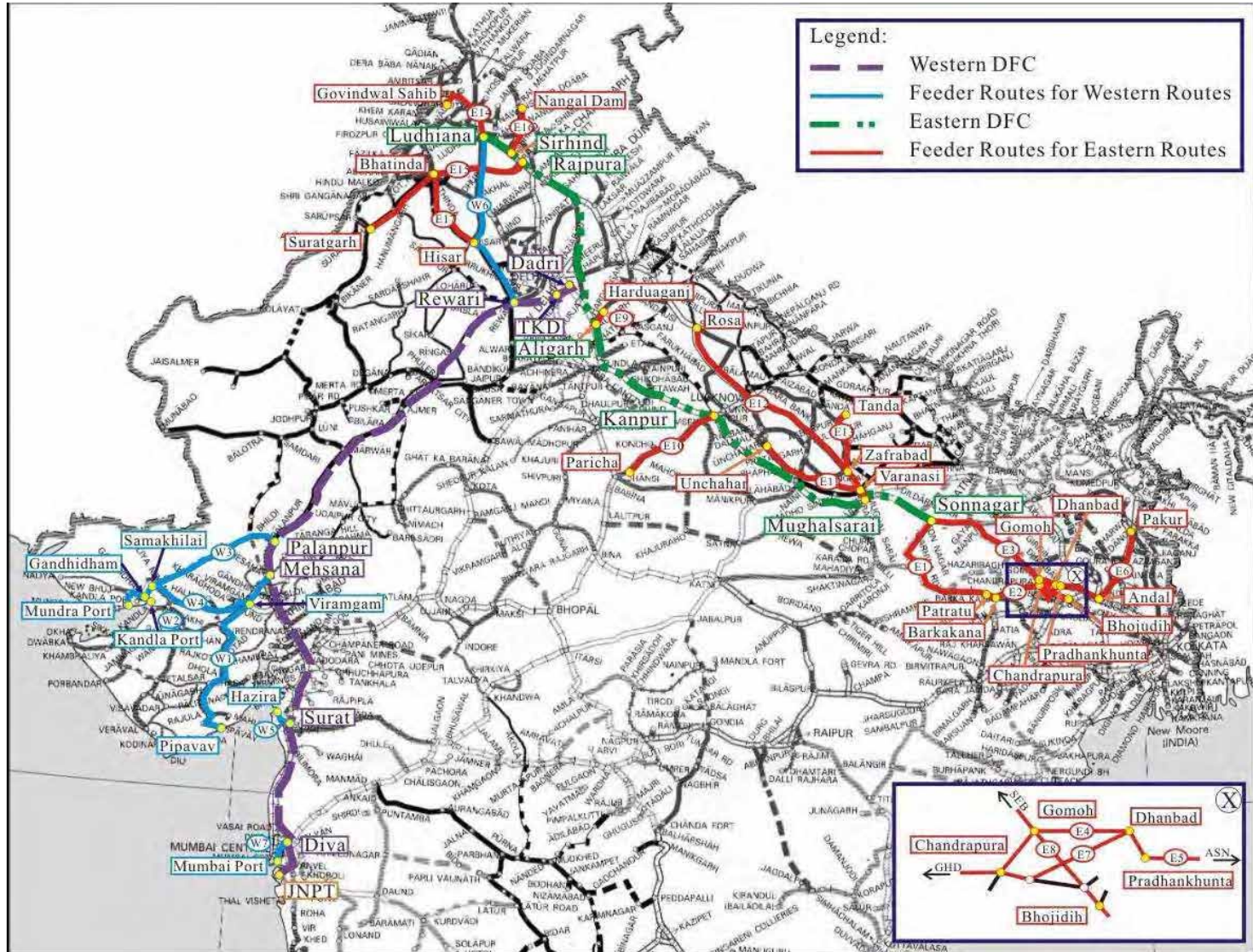


図 4-2 鉄道省によって選定されたフィーダールート

4.8.2 フィーダールートの実況

既存のフィーダールートの実路本数および電化状況を図 4-3 に示す。東回廊 DFC の東端に接続するフィーダールートの大部分は複線電化路線として整備されているのに対し、西回廊フィーダールートの実半を占める Gujarat 地方に伸びるフィーダールートは、全て単線非電化となっている。幹線貨物鉄道のシステム選定においては、これらフィーダールートの整備状況を勘案し、プロジェクト総費用の最適化を図る必要がある。

現在、フィーダールートの起終点ターミナル駅から輸送されている貨物品目は、東西回廊で非常に特徴的な傾向を持っている。即ち、西回廊においては半数以上のターミナル駅でコンテナ貨物が最も主要な貨物品目であるのに対し、東回廊においてはバルク貨物、特に火力発電用の燃料炭を主要取扱品目とするターミナル駅が多い。

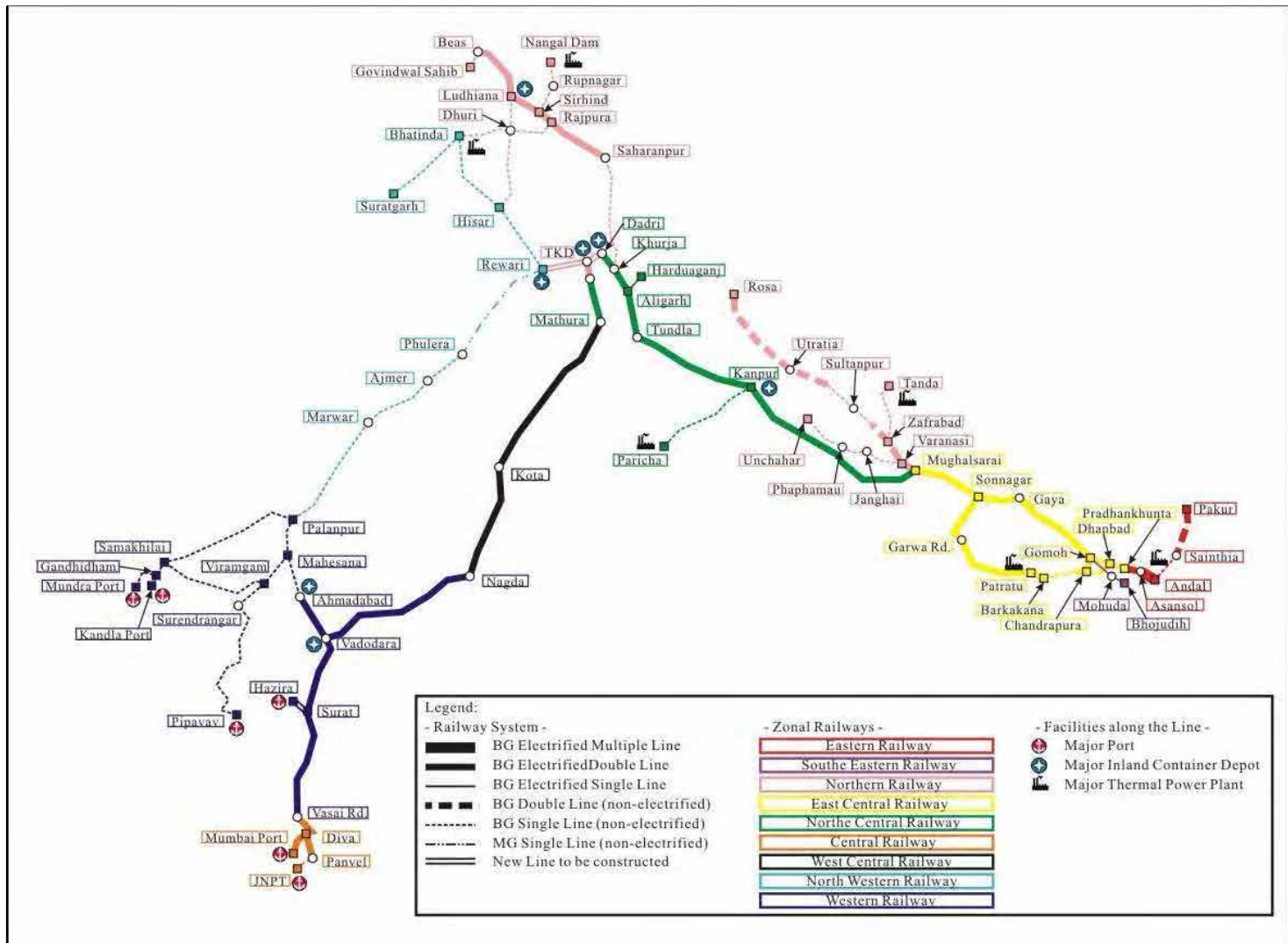


図 4-3 幹線貨物候補路線およびフィーダールートにおける既存鉄道システム

4.9 対象港湾の現況

4.9.1 調査対象とする港湾

(1) 本調査の対象港湾

インド国沿岸には、12 の主要港湾（港湾公社）と 185 の中小港湾がある。本調査での対象港湾は、DFC と結ばれる以下の 7 つの港湾とする。

- Mumbai 港湾公社
- Jawaharlal Nehru 港湾公社
- Gujarat Pipavav 港湾公社
- Kandla 港湾公社
- Kolkata 港湾公社： Kolkata Dock System, Haldia Dock Complex
- Mundra 港

(2) 対象港湾での取扱貨物

2003-04 年のインドにおける主要港湾の取扱貨物量およびコンテナ取扱貨物量の統計資料によれば、年間取扱貨物量の上位 3 港は、Visakhapatnam 港、Kandla 港および Chennai 港であり、その取扱量はそれぞれ 47.74、41.52 および 36.71 百万トンであり、これら 3 港の貨物量は全取扱量の 36.4%を占めている。

各港湾でのコンテナ取扱量は表 4-12 に示す通りである。コンテナ貨物の取扱量は Jawaharlal Nehru 港 (J.N.港) でインド主要港湾全体の 54.7%と高い割合を占め、他の対象港湾はそれぞれ 7.3%以下と低い割合に留まっている。本調査の対象港湾に限りコンテナ取扱量の比率を見ると、J.N.港が 66.3%と大半を占め、ついで Pipavav 港 (7.8%)、Mundra 港 (6.3%)、Mumbai 港 (6.3%)となっている。

表 4-12 各港湾のコンテナ取扱量

単位：1,000 TEU

	港湾名	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	比率 (%)	
							主要港湾	対象港湾
主要港湾	Kolkata	138	98	106	123	159	3.8%	4.5%
	Haldia	51	93	117	137	128	3.0%	3.7%
	Paradip	0	0	2	4	2	0.0%	-
	Visakhapatnam	20	22	22	20	45	1.1%	-
	Chennai	362	344	425	539	617	14.6%	-
	Tuticorin	157	214	213	254	307	7.3%	-
	Cochin	143	152	166	170	185	4.4%	-
	New Mangalore	2	4	6	7	9	0.2%	-
	Mormugao	4	4	9	10	10	0.2%	-
	Mumbai	321	254	213	197	219	5.2%	6.3%
	J.N Port	1,189	1,573	1,930	2,269	2,317	54.7%	66.3%
Kandla	91	126	157	170	181	4.3%	5.2%	
計		2,468	2,886	3,366	3,900	4,233	100%	-
その他対象	Pipavav	No data				272	-	7.8%
	Mundra	No data				220	-	6.3%
計		2,468	2,886	3,366	3,900	4,725	-	100%

4.9.2 各対象港湾での取扱貨物量

(1) Mumbai 港

1996～2005 年の Mumbai 港の年間取扱貨物量によれば、当港での貨物量は 25 百万から 35 百万トンの間を推移している。1996～2002 年の期間は、Mumbai の貨物が J.N.港へ転移し、取扱貨物量は減少傾向を示したが、2003 年以降は増加傾向が見られる。なお、2004-2005 年の取扱貨物量は、35.2 百万トンである。

(2) Jawaharlal Nehru 港

2004-05 年の J.N.港における年間取扱貨物量は 32.8 百万トンであり、2000/01 年に比べ約 2 倍と急激に増加しており、輸入および輸出ともに増加傾向を示している。

(3) Kolkata Dock System

Kolkata Dock System (KDS) で取り扱われている貨物量の内、48.1% (4.8 百万トン) はトランジット貨物である。2001～2005 年の KDS の年間取扱貨物量を見ると、輸入貨物量は 2.7～3.4 百万トン、輸出貨物量は 0.9～1.7 百万トンの間で推移している。

(4) Haldia Dock Complex

2001～2005 年の Haldia Dock Complex (HDC) における年間取扱貨物量を見ると、輸出入共に貨物量は急激に増加しており、2004-05 年での輸入貨物は 25 百万トンおよび輸出貨物は 11.2 百万トンに達している。輸入貨物量は、輸出貨物量の 2 倍以上を占めている。

(5) Gujarat Pipavav 港

Gujarat Pipavav 港での年間取扱い貨物量は、2005 - 06 年で 13.1 百万トンに達した。主な取扱貨物は、石炭 (5.1 百万トン)、鉄製品 (2.6 百万トン) およびセメント (2.1 百万トン) である。

(6) Kandla 港

Kandla 港での年間輸入および輸出貨物量は緩やかに増加しており、2004/05 年でそれぞれ 31.4 百万トンおよび 9.5 百万トンに達した。輸入貨物量は輸出貨物量の 3 倍以上を占めている。主な取扱い貨物は、P.O.L (22.1 百万トン)、コンテナ貨物 (2.7 百万トン) および肥料 (0.2 百万トン) である。

4.9.3 各対象港湾でのコンテナ取扱量

Mumbai 港でのコンテナ貨物は、1998 年以降減少しており、2004/05 年で 218,000TEU に留まっている。コンテナ貨物の減少率は 1997/98 年比で 63%である。

2003/04 年での J.N.港における貨物取扱量は 31.2 百万トンであり、その内の 27.8 百万トン (2.3 百万 TEU) はコンテナが占めており、コンテナ貨物の全体に占める割合は 88.8%に上る。J.N.港からの鉄道によるコンテナ輸送は、コンテナの全陸上輸送量に対して 27% (0.6 百万 TEU) である。

Kolkata Dock System、Haldia Dock Complex および Kandla 港のコンテナ貨物取扱量は共に 20 万 TEU 以下に留まっており、経年変化を見ると緩やかに増加している。

Gujarat Pipavav 港および Mundra 港のコンテナ取扱量は、2005 年時点で 27 万 TEU および

22 万 TEU を達した。

4.9.4 各対象港湾施設の概要

各港湾設備の概要、同施設及び荷役機械を表 4-13 及び表 4-14 に示す。コンテナ取り扱い能力については表 4-15 に示す。

表 4-13 各港湾の概要

	バース数	バース水深(m)	最大バース長(m)	許容船舶 サイズ(DWT)
Mumbai port	51	6.1 – 10.0	431 m (2 berths)	16,000
Jawaharlal Nehru port	10	12.0 – 15.0	712 m (3 berths)	70,000 – 85,000
Kolkata Dock System	28	7.0 – 8.0	172 m	<10,000
Haldia Dock Complex	12	8.5	509 m (2 berths)	<10,000
Gujarat Pipavav port	4	12.5	725 m (3 berths)	45,000
Kandla port	11	11.2 – 14.6	281 m	75,000
Mundra port	4	10.0 – 15.0	270 m	90,000

表 4-14 港湾施設および荷役機械の概要

対象港湾	コンテナバース			ガントリークレーン またはモバイル ハーバークレーン の台数	クレーン能力 (個/時間)
	バース延長 (m)	バース数	バース水深 (m)		
Mumbai 港	476	2	10.5	2	15-16
Jawaharlal Nehru 港	JNPCT	3	12.0-13.5	8	24-25
	NSICT	2		8	26-27
	GTI	3		8	32
Kolkata Dock System	-	2	7.0 – 8.0	2	22-25
Haldia Dock Complex	-	3	8.5	2	30
Gujarat Pipavav 港	725	2	12.5	3	29
Kandla 港	281	2	11.2 – 14.6	-	-
Mundra 港	632	2	17.5	6	30

表 4-15 対象港湾におけるコンテナ貨物取扱能力

	Maharashtra 州		West Bengal 州		Gujarat 州		
	Mumbai	J.N. port	Kolkata	Haldia	Pipavav	Kandla	Mundra
コンテナ貨物 取扱能力	200,000	3,600,000	150,000	137,000	419,000	170,000	1,200,000
小計	3,800,000		287,000		1,789,000		
合計	5,876,000						

4.9.5 港湾における鉄道の現状および課題

(1) Mumbai 港

多くの引き込み線は、Indira Dock、Prince's Dock、Victoria Dock および Ballard Pier を含む

Mumbai 港の港湾施設に沿って存在する。列車は、Wadala 操車場で組成換えが行われている。

港湾からの貨物列車本数は、1998 年で 6 本/日であったが、JN Port が出来た関係で、現在は 4 本/日に減っている。

(2) Jawaharlal Nehru 港

1) 鉄道ヤード

現在、J. N.港では JNPCT および NSICT の 2 箇所のコンテナターミナルが稼働しており、第 3 のターミナルである Gateway Terminal は今後本格稼働する予定である。コンテナ貨物の列車への積み替えは、コンテナターミナルから 2km 離れた鉄道ヤードで行われている。鉄道ヤードは 5 本の着発線を有し、1 番線および 2 番線の積み卸し線は JNPCT、4 番線および 5 番線の積み卸し線は NSICT により運営されている。JNPCT および NSICT の間の 3 番線は、待避線として利用されている。

2) CONCOR による鉄道ヤードの運営

コンテナターミナルから鉄道ヤードへのコンテナ輸送は、トラクター/シャーシで行われている。揚げ荷については、一度コンテナターミナルに仮置き、鉄道ヤードにコンテナを運ぶケースと、船側から直接貨車へ運ぶケースがある。

列車によるコンテナ輸送は、7 万 TEU/月程度である。

(3) Kolkata Dock System

Kolkata Dock System の着発線には 10 本の側線が存在し、着発線は現時点で十分な容量である。また、バース No.8 背後のコンテナターミナルには、3 本の引き込み線がある。

コンテナ貨物の本船舷側から貨車までの流れは、1) Mobile Harbor Crane にて荷卸し、2) シャーシによりコンテナヤードへ移動、3) リーチスタッカーでコンテナヤードへ荷卸し、4) リーチスタッカーでシャーシに荷揚げ、5) リーチスタッカーによりシャーシから貨車へ積み込む。貨物列車 1 列車を仕立てる時間は、約 2 時間である。

現在、Kolkata Dock System(KDS)からのコンテナ貨物は、70%が道路および 30%が鉄道により輸送されている。KDS 周辺を含むコルカタ市内の慢性的な交通渋滞を考慮すると、将来道路および鉄道の輸送分担を転換することが望まれる。なお、トレーラーは、8:00~20:00 の間の市内の走行が禁止されている。

(4) Haldia Dock Complex

石炭、鉄鉱石、石灰岩、コークスなどのバルク貨物を取り扱う積み卸し線は、Haldia Dock Complex の西側に集中し存在している。鉄道操車場は、一般操車場およびバルク操車場からなる。港湾鉄道は、南東部鉄道の Durgachak 駅に結ばれている。

1 貨物列車 1 車両を仕立てるのに要する時間は、4~4.5 時間である。

(5) Gujarat Pipavav 港

石炭貨物は、ペイローダー、可動式岸壁クレーン、リーチスタッカー、コンベアー等により荷役されている。

ダブルスタック輸送は、2006年3月24日以降に Pipapav 港および Kanakpura 間で行われている。ダブルスタックの運行実績は、以下の通りである。

3月:1列車、4月:2列車、5月:5列車、6月:1列車、7月:5列車

(6) Kandla 港

船舶からの荷役方法は、船内クレーンおよび最近港に設置されたクレーンにより行われている。貨物列車への積み込みは、完全手動で行われている。

(7) Mundra 港

Mundra 港のコンテナターミナルは、積載コンテナ個数 8,000TEU 対応の Super Post Panamax の寄港が可能である。コンテナターミナルは、365日24時間稼働しており、天然の大水深より潮待ち規制がない。

石炭、穀物、肥料等の貨物は、クレーンおよびベルトコンベアにより荷役されており、液体貨物はパイプラインにより荷役されている。コンテナ貨物は、リーチスタッカー、トランスファークレーン、ガントリークレーンなどにより荷役されている。

ダブル・スタック輸送は、7月2日以降に Mundra 港および Jaipur 間で行われている。

4.10 道路網現況

4.10.1 全国道路状況

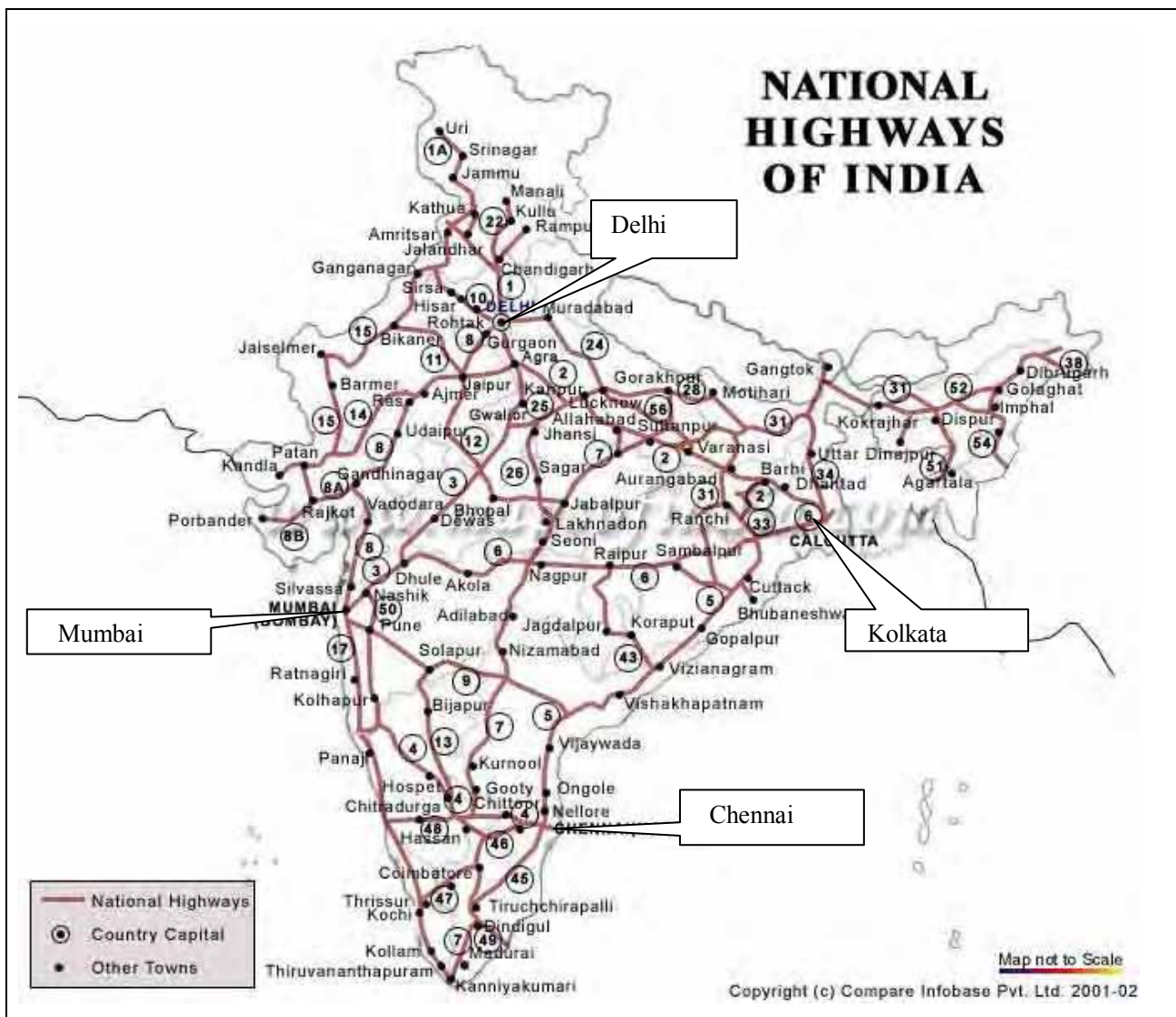
インド国では、国道の整備・運営・維持管理を2004年9月に港湾省(Ministry of Shipping)と道路運輸省(Ministry of Road Transport)が併合した港湾省の道路運輸部(Department of Road Transport & Highways)の国道局(National Highways Authority of India : NHAI)が実施している。また、州道以下の道路については、各州政府・地方により管理されている。

インド国の2007年時点の道路総延長は約330万kmであり、各道路規格による延長は、次表に示すとおりである。

表 4-16 道路規格別総延長 (2007年4月現在)

道路規格	延長 (Km)	比率
高速道路 (Expressways)	200	0.006%
国道 (National Highways)	66,590	2.0%
州道 (State Highways)	131,899	4.0%
主要地方道 (Major District Roads)	467,763	14.1%
地方道 (Rural and Other Roads)	2,650,000	79.9%
合計	3,316,452	100.0%

出典: National Highways Authority of India HP
<http://www.nhai.org/roadnetwork.htm>



出典: National Highways Authority of India HP

図 4-4 国道路線図

なお、道路輸送が、貨物輸送の約 65%、旅客輸送の約 80%を担われており、過去 5 年間の車輛台数は、年平均 10.16%で伸びている。また、国道の延長比率は 2%と低いものの、全体道路交通利用者の約 40%が利用している。

また、2007 年 4 月時点の各道路の車線数別総延長は、次表に示すとおりであり、1 車線以下の道路が 32%を占めている。

表 4-17 車線数別道路延長 (2007 年 4 月現在)

車線数	延長 (Km)	比率
4 車線以上	約 400,000 km	12%
2 車線	約 1,860,000 km	56%
1 車線以下	約 1,060,000 km	32%

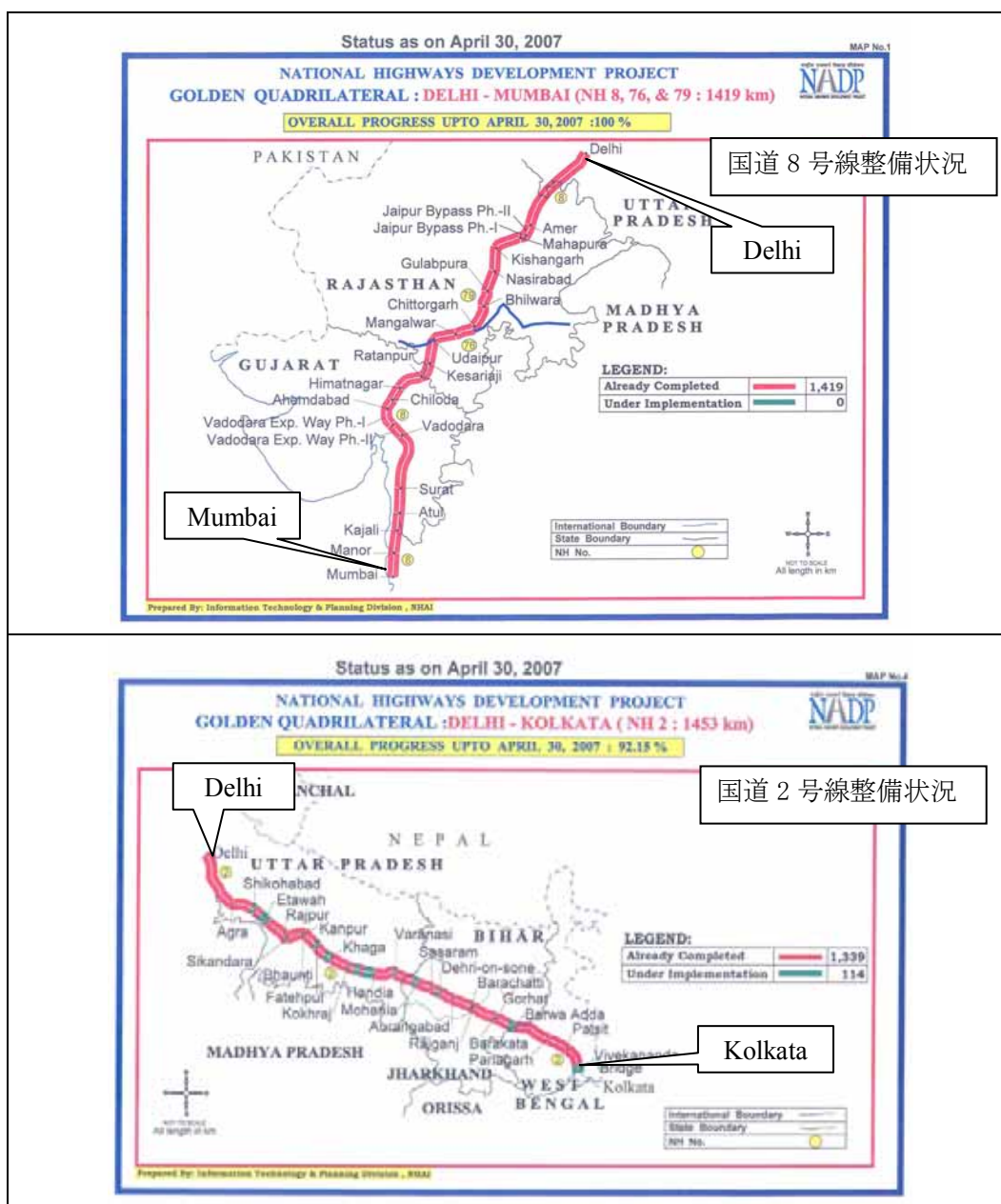
出典: National Highways Authority of India HP
<http://www.nhai.org/roadnetwork.htm>

4.10.2 関連道路状況

本 DFC 案件と競合する国道の整備状況は、次図に示すとおりである。

DFC 西回廊と関連する国道 8 号線の 4 車線化整備は全区間終了しており、現在 Mumbai-Ahmedabad 区間の 4 車線高速道路建設と Delhi-Gurgaon 区間の 6/8 車線高速道路建設を実施中であり、今後状況に応じて主要都市周辺のバイパスの整備が進められる予定である。

また、DFC 東回廊と関連する国道 2 号線の 4 車線化整備は約 92% 区間が終了しており、今後状況に応じて主要都市のバイパスの整備が進められる予定である。なお、現時点で高速道路計画は明確になっていない。



出典: National Highways Authority of India HP
<http://www.nhai.org/roadnetwork.htm>

図 4-5 DFC 競合国道の整備状況

4.11 ICD (Inland Container Depot)

4.11.1 ICD の機能

ICD はコンテナの配送拠点として設置するものであり、以下の機能を有する。

- 保税地域で通関検査を行う。
- 貨物の発地から ICD まで（またはその逆）の貨物運送状を発行するとともに通し運賃を定める。
- コンテナ荷物の取り出しまたは積み込みを行う。
- 港湾行きコンテナ列車の発車（または港湾からの到着）を行う。
- ICD とその他小規模 ICD または CFS (Container Freight Station : 小口混載コンテナ扱い所) 間のトラックによるコンテナ輸送を行う。
- 空コンテナの管理を行う。
- コンテナの清掃、補修を行う。

4.11.2 CONCOR の ICD

1993 年設立された CONCOR 社は下記および次図のように現在 49 の ICD を保有している。さらに 7 箇所の新設計画を持っている。

表 4-18 CONCOR の ICD の一覧

	箇所数	箇所
CFS が付属していない 鉄道向け ICD	34 (うち*が付いた9箇所は国内コンテナ扱い機能を保有)	Dadri (G.Noida), Tughlakabad (Delhi) Jodhpur *, Moradabad *, Agra *, Kanpur * Dhandari Kalan (Ludhiana), Jaipur * Sabarmati (Ahmedabad), Vadodara * New Mulund (Mumbai), Miraj *, Dronagiri Node *, Chinchwad (Pune) *, Amingaon (Guwahati), Cossipore Road (Kolkata) White field (Bangalore) * Coimbatore Tondiarpet (Chennai) *, Madurai *, Sanatnagar (Hyderabad), Raipur (M.P) *, Tiruppur, Guntur *, Desur, Rewari, Balasore *, Jamshedpur *, Nagpur *, Daulatabad (Aurangabad), Milavittan (Tuticorin), Bhusawal * Malanpur (Gwalior), Rawtha Road (Kota)
国内専用コンテナ駅	8	Phillaur (Ludhiana), Salem Market Khodiyar (Ahmedabad), Turbhe (Mumbai) Fatuha (Patna), Sanathnagar, Shalimar
CFS が付属した道路向け ICD	4	Pithampur (Indore), Mulund (Mumbai) Pondicherry, Babarpur (Panipat)
CFS が付属していない 道路向け ICD	3	Ratlam, Ballabhgarh, Cochin
今後の計画箇所	7	Bhopal (Mandideep)*, Dhappar (Chandigarh)* Madhosingh (U.P.), Suranasi, Kolkata Port Khemli

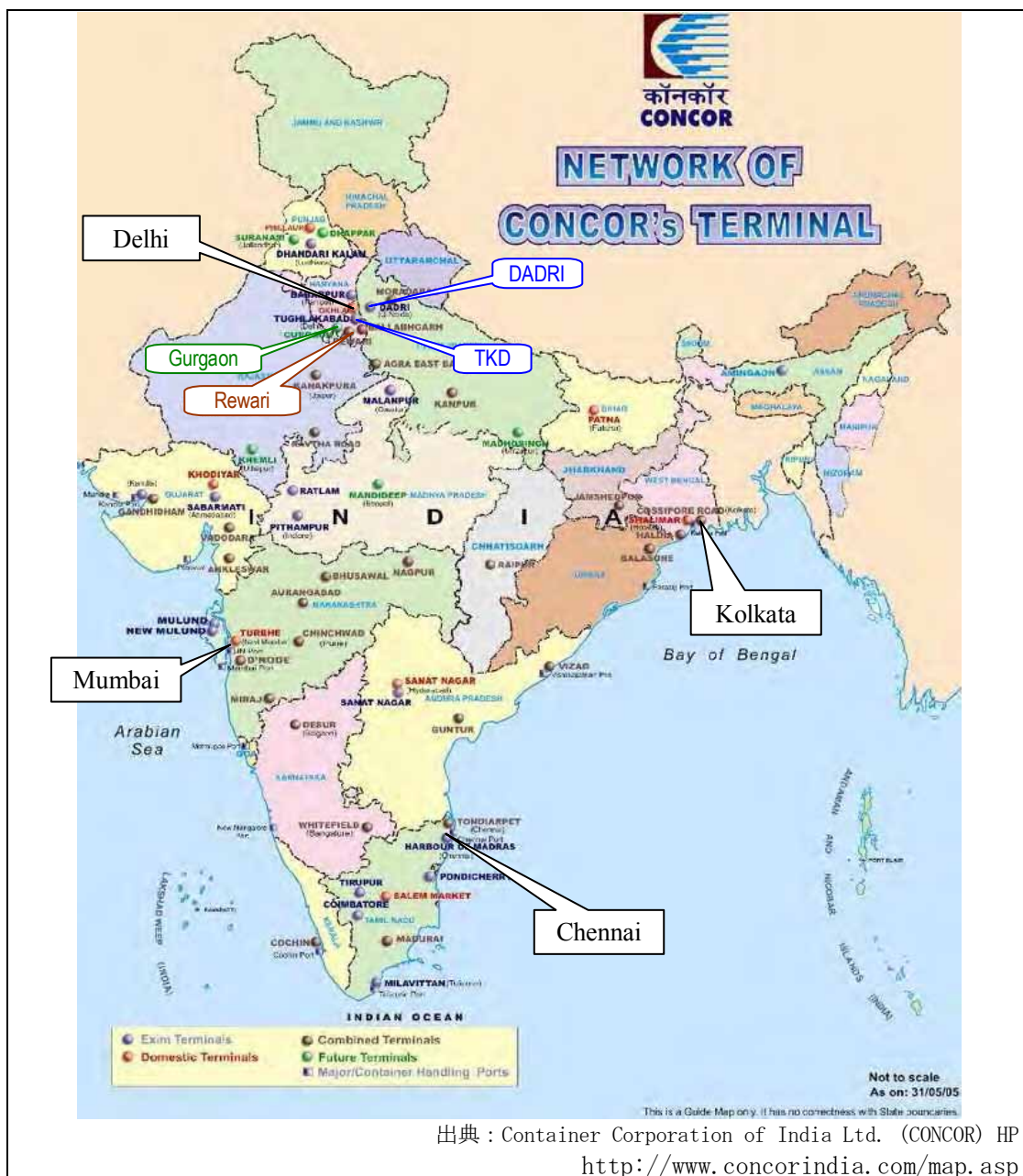


図 4-6 CONCOR 社ターミナル位置図

4.11.3 Delhi 周辺 ICD 等の概要

(1) TKD 及び Dadri ICD

CONCOR は首都圏に TKD 及び Dadri という 2 つの大きな ICD を保有している。これら 2 つの ICD の扱い量は CONCOR が扱うコンテナの半数に上っている。それらの概要は下表に示す。

なお、TKD ICD のアクセス道路はアスファルト舗装の状態が悪いため、常時配送用のトラックやトレーラーが滞留し混雑している。

表 4-19 TKD 及び Dadri ICD の概要

	TKD	Dadri
場所	Delhi から 17km 南東	Delhi から 45km 東
年間扱い個数	40 万 TEU(公称能力 25 万 TEU)	100 万 TEU
面積	50ha	110ha
荷役線	4 線	4 線(さらに 3 線追加する計画がある)
付属施設	6CFS, 保税倉庫(240TEU) トレーラー300 台収容可能	4CFS

(2) Gurgaon ICD

Gurgaon District 内に既存の ICD として、Delhi 首都圏中心部から約 35km に位置する Garhi Harsaru Jn 駅に隣接した ICD (Gateway 社、CONCOR 社の共同運営) が存在するが、規模は小さい。これに対し、Gurgaon District 内には、幹線道路である国道 8 号線沿線を中心に、Maruti-Suzuki、Hero Honda などの日系企業を含む多くの工場が立ち並び、コンテナ貨物需要も非常に大きなものとなっている。これらの既存貨物輸送は、そのほとんどをトラック輸送に依存しており、大規模工場周辺、ならびに国道 8 号線において深刻な交通渋滞を引き起こしている。

(3) Rewari ICD

Delhi 首都圏中心部から約 80km に位置する Rewari 駅南西約 5km 地点に Jaipur 方面への線路に隣接して、約 200 ha の Railway Siding 用地に CONCOR 社の新規 ICD 建設が現在建設中である。Rewari 駅は、Jaipur 方面、Delhi 方面、Hisar (Ludhiana) 方面に延びる鉄道網の結節点となっており、大規模な駅施設を有している。一方で、都市化が進んだ地域は鉄道駅南部に限定されており、現段階では大規模な工場立地もなく、Gurgaon と比べると発着地としてのコンテナ貨物の需要は小さい。道路網は、市南部(中心部より約 8km)を国道 8 号線が走っている他、市中心部から放射状にいくつかの準幹線道路が延びている。幹線道路である国道 8 号線が市街中心部から離れているため、トラック交通による交通渋滞は見られない。

4.11.4 最近の ICD に関わる動向

Delhi 首都圏周辺には、現在 2 つの大規模 ICD (TKD、Dadri) と 5 つの小規模 ICD (Loni、Asaoti、Palwal、Kosi Kalan、Rewari) と 1 つの建設中 ICD (Patli) があり、その総取扱量は約 140 万 TEU となっている。

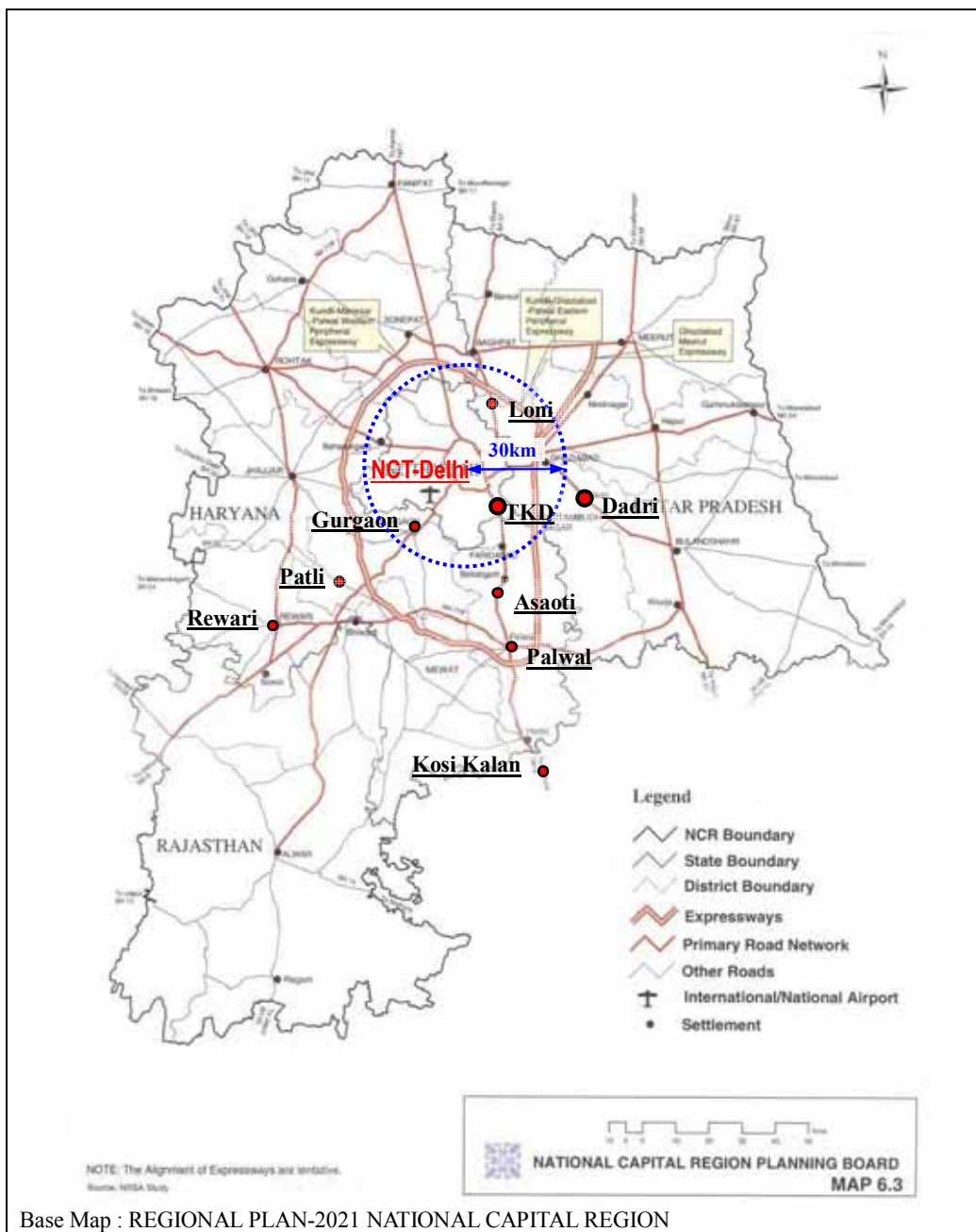


図 4-7 Delhi 首都圏周辺 ICD 位置図

一方、インド鉄道は、2007年1月に次表15社のオペレータ会社と軌道の敷設以外の開発・営業権の契約を締結し、鉄道輸送事業の民活を利用して、活性化と効率化を図っている。また、それらオペレータ会社は、将来のICD計画をインド鉄道に提出することになっているが、2007年6月時点でいずれの会社からも計画は提出されていない。但し、Delhi首都圏中心部のBijwasan（空港南部）、北部のSonipat・Panipat、南部のPatliに新規ICDを計画中であるとの個別情報を得ている。

表 4-20 貨物輸送契約締結会社一覧

オペレータ会社	開発営業契約料
1. Adani Logistics Ltd./Mundra Port & Economic Zone Ltd. (ALL/MPEZ)	Rs. 50 Crs.
2. Boxtrans Logistics India Services Ltd. (BOXTRANS)	Rs. 10 Crs.
3. Container Corp. Of India Ltd. (CONCOR)	Rs. 50 Crs.
4. Central Warehousing Corporation (CWC)	Rs. 50 Crs.
5. Container Rail Road Services (Pvt.) Ltd. (CRRS)	Rs. 50 Crs.
6. Delhi Assam Roadways Corpn. Ltd. (DARCL)	Rs. 10 Crs.
7. Emirates Trading Agency (ETA)	Rs. 50 Crs.
8. Gateway Rail Freight Pvt. Ltd. (GRFL)	Rs. 50 Crs.
9. Hind Terminals Pvt. Ltd./MSC	Rs. 50 Crs.
10. India Infrastructure & Leasing Pvt. Ltd. (IIL)	Rs. 50 Crs.
11. Innovative B2B Logistics Solutions (Pvt.) Ltd. (INLOGSTICS)	Rs. 10 Crs.
12. Pipavav Railway Copn. Ltd. (PRCL)	Rs. 10 Crs.
13. Reliance Infrastructure Engg. Pvt. Ltd. (RIEL)	Rs. 50 Crs.
14. SICAL Logistics (SICAL)	Rs. 50 Crs.
15. Krishak Bharati Cooperative Limited (KRIBHCO)	Rs. 50 Crs.