

インド国

デリー～カンブール間幹線鉄道改良計画

調査報告書

(概要版)

昭和62年12月

国際協力事業団



インド国

デリー～カンプール間幹線鉄道改良計画

調査報告書

(概要版)

JICA LIBRARY

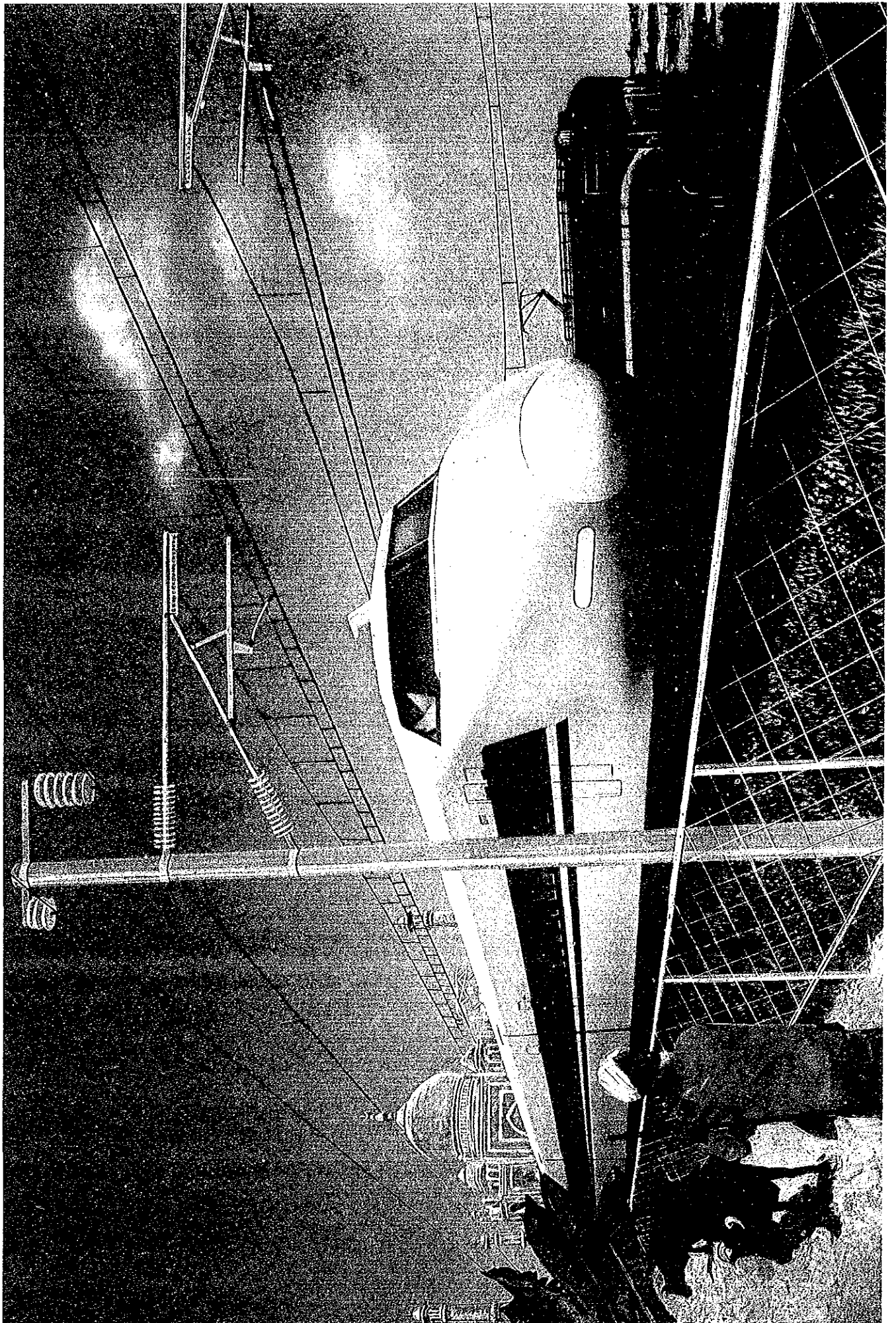


1041186[E8]

昭和62年12月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入'88.2.16 月日	107
	74
登録No. 17171	SDF



序

日本国政府は、インド国政府の要請に基づき、デリー～カンプール間の幹線鉄道の輸送力増強についてのフィージビリティ・スタディ、並びに、アグラ経由で上記両都市を結ぶ高速鉄道建設計画に関するプレ・フィージビリティ・スタディを行うことを決定し、国際協力事業団にこの調査を委託した。

当事業団は、社団法人海外鉄道技術協力協会、菅原操氏を団長とする同協会並びに株式会社トーニチコンサルタント、八千代エンジニアリング株式会社、電気技術開発株式会社により構成される共同企業体の調査団を1987年2月から3月まで、6月から7月にかけて、9月、10月から11月にかけての計4回にわたりインド国に派遣した。

調査団は、インド国の鉄道省、大蔵省およびインド国鉄北部総局の関係者との討議並びに現地調査、資料収集等を行い、日本での解析及び検討作業を進め、本報告書を取りまとめた。

本報告書が上記のプロジェクトの推進に寄与すると共に、日・印両国の友好親善関係の推進に役立つことを願うものである。

最後に、この調査の実施にあたり、多大な御協力を頂いた日本国政府並びにインド国政府関係機関各位に対し、厚く御礼を申し上げる次第である。

昭和62年12月

国際協力事業団
総裁 有田 圭輔

目 次

1. 調査目的	1
2. 社会・経済フレームワーク	2
3. 改善の基本方針の選定	4
4. 計画鉄道輸送量	7
5. 在来幹線の改良プロジェクト	14
6. 高速鉄道建設計画	26
7. 経済・財務分析	36
8. 結論と提言	42
附属資料	45

表目次

Table 2-1	Annual Population Growth Rate	2
Table 2-2	Future Gross Regional Domestic Product	2
Table 3-1	Comparison of the Generalized Cost Difference (ΔE)	6
Table 5-1	Basic Conditions of Transport Plan (The Section)	14
Table 5-2	Rolling Stock Improvement Plan (The Section)	17
Table 5-3	Signalling and Telecommunication Improvement Plan	21
Table 5-4	Technologies to be Introduced to Achieve Stable Power Supply	23
Table 5-5	Major Modification of Overhead Equipment (OHE)	23
Table 5-6	Initial Investment	24
Table 5-7	Additional Investment	24
Table 5-8	Implementation Schedule (The Section)	25
Table 6-1	Basic Condition of Transport Plan (The New Corridor)	28
Table 6-2	Rolling Stock Plan (The New Corridor)	31
Table 6-3	Investment for Ground Facilities	34
Table 6-4	Investment for Rolling Stock	34
Table 6-5	Additional Investment for Rolling Stock	34
Table 6-6	Implementation Schedule (The New Corridor)	35
Table 7-1	EIRR/FIRR for Each Project Case	37
Table 7-2	Financing Plan	38
Table 7-3	Terms and Conditions of each Financing Source	38
Table 7-4	The Year when Net Cash Flow Turns into Black Figure and the Accumulated Deficit by Year.....	39
Table 7-5	The Year when Accumulated Net Cash Flow Turns into Black Figure	39
Table 7-6	Sensitivity Analysis Result on EIRR	40
Table 7-7	Sensitivity Analysis Result on FIRR	40

图目次

Fig. 2-1	Inner Zone of the Project	3
Fig. 3-1	Alternative Plans	5
Fig. 4-1	Planned Passenger Traffic after Upgrading the Section in 1991 (Existing Ghaziabad-Kanpur Section)	7
Fig. 4-2	Planned Freight Traffic after Upgrading the Section in 1991 (Existing Ghaziabad-Kanpur Section)	8
Fig. 4-3	Planned Passenger Traffic after Constructing the New Corridor in 2000 (New Corridor between Delhi and Kanpur)	10
Fig. 4-4	Planned Passenger Traffic after Constructing the New Corridor in 2000 (Existing Ghaziabad-Kanpur Section)	9
Fig. 4-5	Planned Freight Traffic after Constructing the New Corridor in 2000 (Existing Ghaziabad-Kanpur Section)	10
Fig. 4-6	Diverted and Induced Railway Traffic (Fare level of 25%)	11
Fig. 4-7	Diverted and Induced Railway Traffic (Fare level of 50%)	11
Fig. 4-8	Diverted Traffic from Conventional Railway to the New Corridor (Fare level of 25, 50%)	11
Fig. 4-9	Diverted Freight Traffic	11
Fig. 5-1	Yearly Number of Trains and Track Capacity of the Section .	15
Fig. 5-2	Travelling Time (Delhi - Kanpur)	16
Fig. 5-3	New Power Supply System	23
Fig. 6-1	Trend of Train Number Increase (The New Corridor) (For fare level of 25%)	29
Fig. 6-2	Trend of Train Number Increase (The Section) (For fare level of 25%)	29
Fig. 6-3	Trend of Train Number Increase (The New Corridor) (For fare level of 50%)	29
Fig. 6-4	Trend of Train Number Increase (The Section) (For fare level of 50%)	29
Fig. 6-5	Travelling Time (The New Corridor)	30

本報告書は英文による下記報告書の概要版である。

英文報告書の構成

1. 表題:

REPORT
FOR
THE FEASIBILITY STUDY
ON
RAILWAY IMPROVEMENT PLAN
OF TRANSPORT CAPACITY AND TRAIN SPEED
ON THE DELHI-KANPUR SECTION
IN
INDIA

2. 構成:

- 1) SUMMARY (56ページ)
- 2) MAIN REPORT (338ページ)
- 3) APPENDIX (381ページ)

Exchange Rate

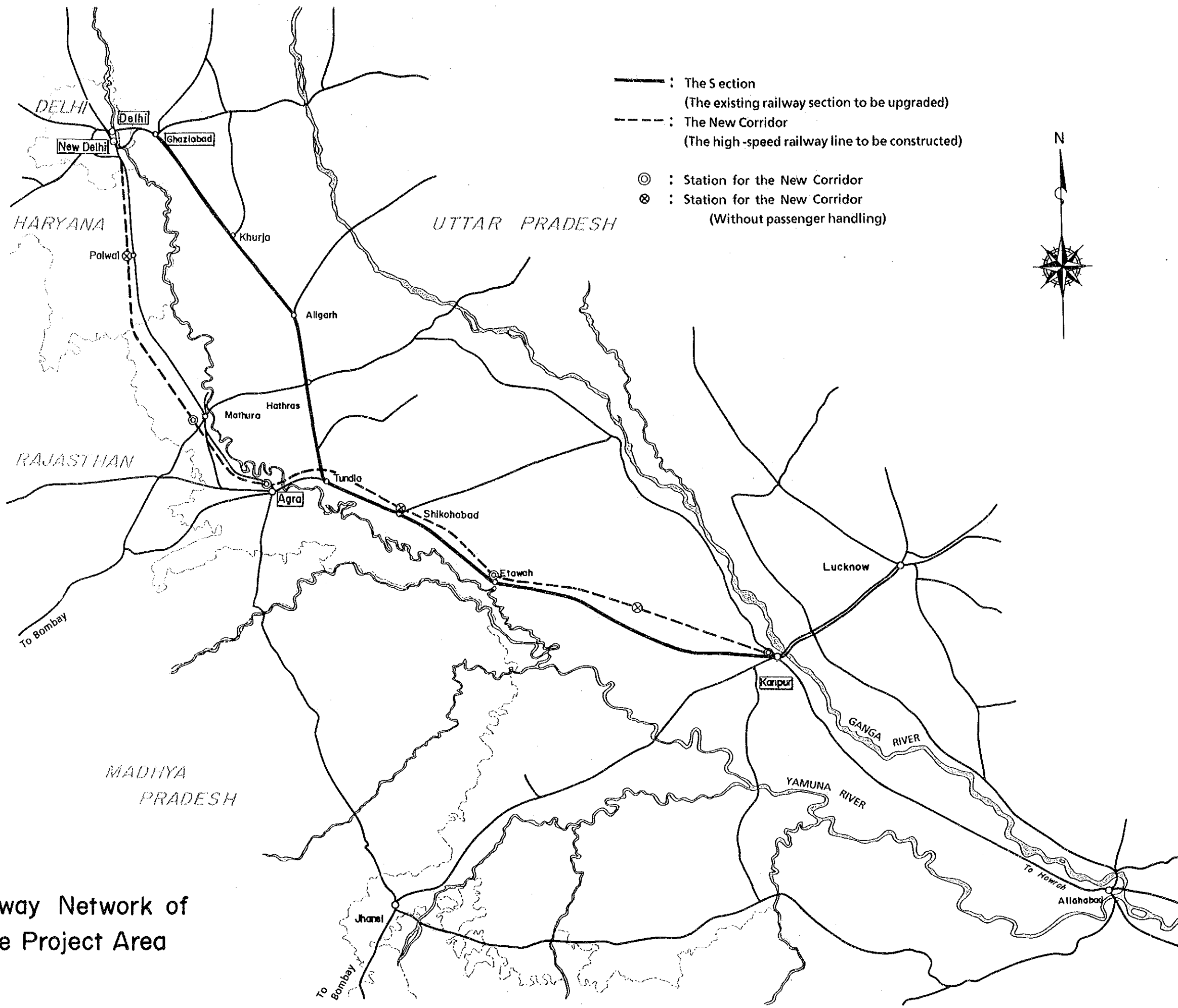
1 R s = ¥11.35

1 US \$ = R s 12.97

Station Code List

Code	Station	Code	Station	Code	Station
DLI	Delhi	HNG	Hirangaon		(NDLS - AGC)
NDLS	New Delhi	FZD	Firozabad	NZM	Hazrat Nizamuddin
DLSB	Delhi Sadar Bazar	MNR	Makkhanpur	AGC	Agra Cant
VVB	Viveka Vihar Halt	SKB	Shikohabad	AGA	Agra City
TKJ	Tilak Bridge	KAA	Kaurara	MTJ	Mathura
ANVR	Anand Vihar	BDN	Bhadan	TKD	Tuglakabad
SBBB	Sahibabad	BBL	Balrai	PWL	Palwal
GZB	Ghaziabad	JGR	Jaswant Nagar		
C. Buzurg	Chipayana Buzurg	SB	Sarai Bhupat	HWH	Howrah
MIU	Maripat	ETW	Etawah	SDAH	Sealdah
DER	Dadri	EKL	Ekdil	BCT	Bombay Central
AJR	Ajaibpur	BNT	Bharthana	MAS	Madras Central
DKDE	Dankaur	SHW	Samhon	SDAH	Sealdah
WAIR	Wair	ULD	Achalda	HWH	Howrah
CHL	Chola	PTX	Pata	CABP	Calcutta (Amrit Bazar Patrika)
SKQ	Sikandarpur	PHD	Phaphund		
KRJ	Khurja	KNS	Kanchausi	ALD	Allahabado JN
DAR	Danwar	JJK	Jhinjhak	LKO	Lucknow
SOM	Somna	AAP	Ambiapur		
KLA	Kalwa	RRH	Rura	FTH	Fatuhi
MWUE	Mahrawal	RMW	Roshan Mau Halt	HRF	Harhras Qilah
ALJN	Aligarh	MTO	Maitha	ROK	Rohtak
DAQ	Daud Khan	BPU	Bhaupur	KTT	Kota
MXK	Mandrak	PNK	Panki	JAT	Jammu Tawi
SNS	Sasni	GOY	Govindpuri	ASR	Amritsar
HRS	Hathras	GMC	Juhi M. Yard	KLK	Kalka
PORA	Pora	CNB	Kanpur Central	FKD	Farrukhabad
JLS			Jalesar Road		Unchahar JN UCR
CMR	Chamorola			BSB	Varanasi JN
BRN	Barhan			JNM	Jaynagar Majlipur
MTI	Mitawali			KIUL	Kiul JN
TDL	Tundla			GHY	Gauhati
				SBG	Sahibganj

Railway Network of the Project Area



1. 調査目的

Delhi-Howrah (Calcutta)間の(1450km)の鉄道輸送力改善の一環として、Delhi-Kanpur間(420km)の改善を目的とする下記の両プロジェクトに関する調査を実施する。

- (1) 在来幹線のDelhi-Kanpur間の輸送力の増強と列車速度の向上(160km/h)計画に関するフェージビリティ・スタディ。
- (2) Delhi-Kanpur間をAgra経由で結ぶ高速鉄道(最高速度200km/h又は250km/h)の建設に関するプレフェージビリティ・スタディ。

在来幹線の調査対象線区のうち、Delhi-Ghaziabad(20km)区間には、Delhi-Howrahの列車系統以外に、Delhi-Moradabad、Ghaziabad-Tuglakabad、Delhi-Saharanpur等多数の列車系統が混在しているが、これらの需要予測は本調査の範囲外である。従って、本調査においては、地上設備の改良計画はDelhi-Howrahの列車系統に関する需要予測に基づきGhaziabad-Kanpur間について策定する。

また、上記の両プロジェクト実施後の列車輸送計画は、プロジェクト対象線区に隣接する線区、すなわち、Ghaziabad以西及びKanpur-Howrah間の線区輸送力も両プロジェクトの実施にあわせて、増強されるという前提のもとに策定する。

2. 社会・経済フレームワーク

人口及びGDPの年間平均伸び率は下記のとおりである。

Table 2-1 Annual Population Growth Rate

Year \ Zone	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2015
Inner zone	2.54	2.46	2.14	1.88
Outer zone	1.93	1.75	1.55	1.36
Total	1.96	1.78	1.58	1.39

Inner zone: プロジェクトに直接関係する地域 (Delhi Union Territoryと Uttar Pradesh州の一部)

Outer zone: その他の地域

Annual GDP growth rate

1986 - 1999 5%

2000 - 2015 4%

Table 2-2 Future Gross Regional Domestic Product

Year \ Item		1985/86	1990/91	1995/96	2000/2001	2015/16
GRDP (Rs. CRORES)	Delhi Union Territory	1,215	1,551	1,979	2,526	4,550
	Uttar Pradesh	8,385	10,702	13,659	17,433	31,390
GRDP per Capita (Rs.)	Delhi Union Territory	1,625	1,707	1,807	2,001	2,485
	Uttar Pradesh	695	799	921	1,068	1,499

1990年までの社会・経済フレーム策定に当っては、第7次5ヶ年計画で用いられている諸指標を用いた。それ以降については、Delhi Union TerritoryのマスタープランやRegistrar Generalの人口推計等のデータを基にした。

本調査におけるInner zoneは下図のとおりである。

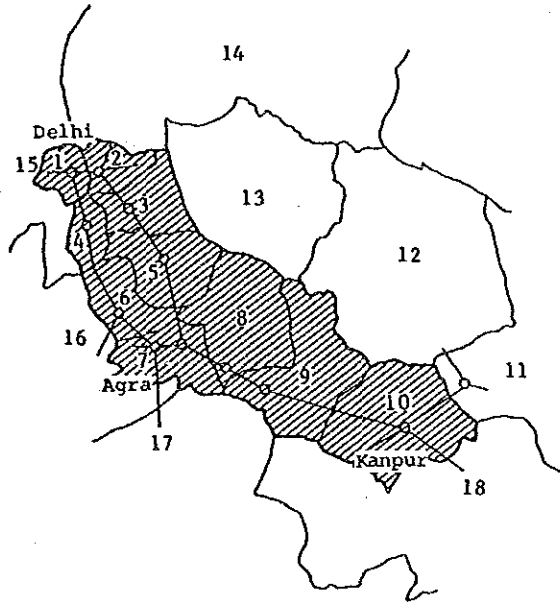


Fig. 2-1 Inner Zone of the Project

3. 改善の基本方針の選定

調査の予備段階において、両プロジェクト実施に関する基本方針を9つの代替案の経済効果を概略検討することにより決定した。

決定方法としては、代替案を実施した場合と実施しなかった場合における一般化費用の差を試算し、各対象年度において、その値が最大となるプロジェクトを選ぶ手法を用いた。

選定された基本方針は次のとおりである。

- (1) 1991年までに、Ghaziabad-Kanpur間(413km)の地上設備および関連する車両設備を改良し、輸送力の増強と列車速度の向上(最高160km/h)をはかる。
- (2) Agraを經由してDelhiとKanpurを結ぶ高速鉄道を、2000年を目途に建設する。Super Exp.列車の最高速度は250km/hとし、その料金は在来幹線のMail/Exp.列車よりも幾分高めに設定する。

比較される代替案はインド国の経済面、技術面を勘案し、下記の基本方針に基づいて設定する。すなわち、第一段階としては既に輸送力の飽和状態に達している在来線区の改良を、第7次5ヶ年計画に含まれている諸々の関連改良計画を前提として実施する。次に第二段階として、より長期的展望から予測される輸送需要の伸びに対応するために高速鉄道を建設する。

(a) Case I (代替案 I)

在来幹線の輸送力と列車到達時分を改善する。列車の最高速度は160km/hとする。

(b) Case II (代替案 II-1、II-2、II-3、II-4)

在来幹線を改良した後、高速鉄道をDelhiからAgraまで建設する。(これに伴い、AgraとTundlaを結ぶ約30kmの短絡線を改良する)

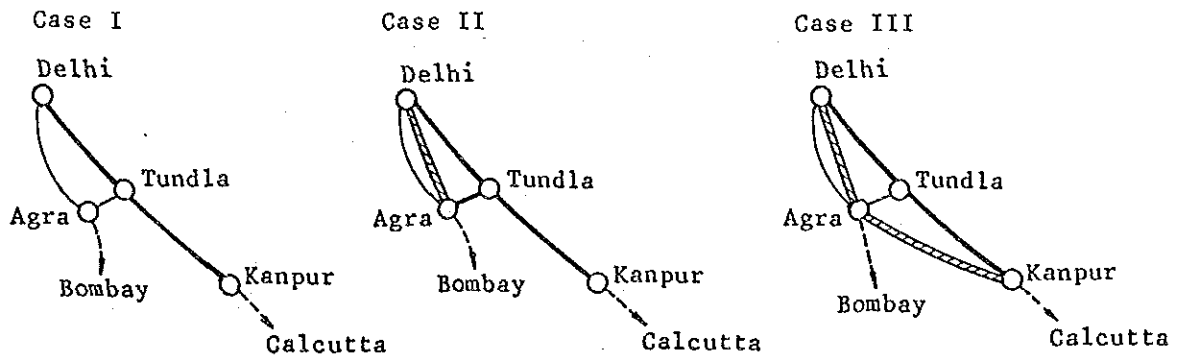
Case IIにおいては、列車最高速度(200km/h又は250km/h)、旅客運賃レベル(在来幹線のExp./Mail列車の2等運賃の25%又は50%アップ)の条件の組合せにより、4つの代替案を設定する。

(c) Case III (代替案 III-1、III-2、III-3、III-4)

在来幹線を改良した後、高速鉄道をAgra経由でDelhiからKanpurまで建設

する。

Case IIIにおいても、Case IIの場合と同様に4つの代替案を設定する。



Legend

- Existing Section
- Existing Section (max. 160 km/h)
- ▨ New Corridor (max. 200/250 km/h)

Fig. 3-1 Alternative Plans

一般化費用の差 ΔE は次の式で表わされる。

$$\Delta E = W\Delta T + \Delta C$$

ここで、 W : 旅客の時間価値

ΔT : 代替案の実施に伴う総節減旅客時間

ΔC : 代替案の実施に伴う総節減費用

各年次における各代替案の時間/費用便益と ΔE を代替案 I の ΔE 値を基準値(100)としてTable3-1に示す。

Table 3-1 Comparison of the Generalized Cost Difference (ΔE)

Year	Benefit Alternative Plan	1990			1995			2000			2015		
		Time saving	Cost saving	Total AE	Time saving	Cost saving	Total AE	Time saving	Cost saving	Total AE	Time saving	Cost saving	Total AE
I	Upgrading the Section	8	92	100	9	91	100	10	90	100	14	86	100
II-1	New Corridor DLI-AG 200 km/h, 25% up	12	64	76	13	79	92	14	84	98	20	80	100
II-2	New Corridor DLI-AG 200 km/h, 50% up	11	66	77	12	81	93	14	85	99	19	81	100
II-3	New Corridor DLI-AG 250 km/h, 25% up	13	61	74	15	78	93	16	83	99	22	80	102
II-4	New Corridor DLI-AG 250 km/h, 50% up	11	63	74	13	79	92	14	84	98	20	80	100
III-1	New Corridor DLI-CNB 200 km/h, 25% up	38	37	75	26	68	94	26	78	104	59	80	139
III-2	New Corridor DLI-CNB 200 km/h, 50% up	20	38	58	20	70	90	21	78	99	44	78	122
III-3	New Corridor DLI-CNB 250 km/h, 25% up	41	32	73	34	71	105	35	79	114	69	78	147
III-4	New Corridor DLI-CNB 250 km/h, 50% up	26	34	60	24	67	91	25	78	103	55	77	132

Note: Total ΔE of Case I for each sample year is set at 100.
 "25% up" and "50% up" mean that fare level of the Super. Exp. train of the New Corridor is set at higher level than that of 2nd class Exp./Mail train of the Section by 25% and 50% respectively.
 Figures in quadrangles show the largest ΔE value in each year.

4. 計画鉄道輸送量

両プロジェクトの実施に伴う鉄道輸送量の伸びを、輸送需要予測の結果、および線区の鉄道輸送力を勘案して、下記のごとく計画する。

(1) 在来幹線(Ghaziabad-Kanpur)を1991年に改良後

改良に伴い、1991年から2000年の間に旅客・貨物輸送量とも約2倍に増加する。すなわち、1990年時点における線区内の年間輸送量80億人・キロ、137億トン・キロが2000年には、各々156億人・キロ、225億トン・キロにまで増大する。

しかしながら、2000年において、輸送力の限界に達するため、それ以降の輸送量の伸びは見込めない。

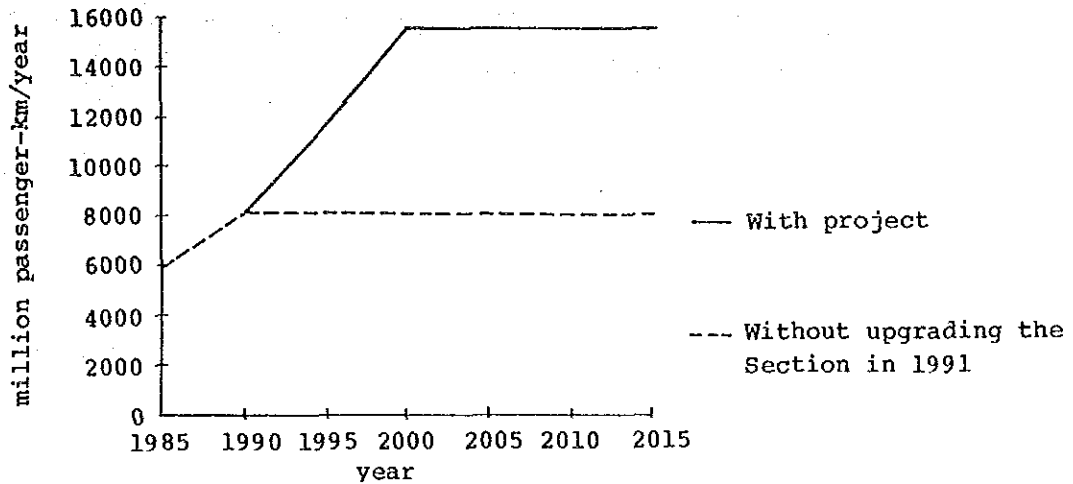


Fig. 4-1 Planned Passenger Traffic after Upgrading the Section in 1991
(Existing Ghaziabad-Kanpur Section)

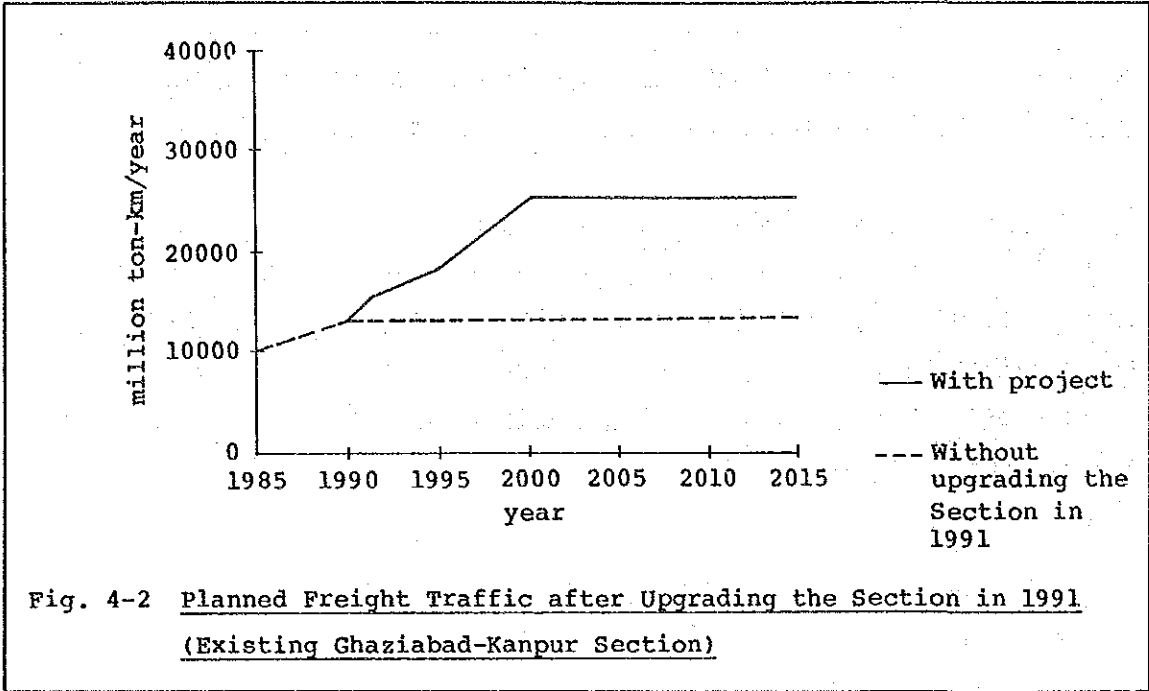


Fig. 4-2 Planned Freight Traffic after Upgrading the Section in 1991
(Existing Ghaziabad-Kanpur Section)

(2) 高速鉄道(Delhi-Agra-Kanpur)を2001年に建設後

高速鉄道建設に伴う到達時間の大幅な改善のため在来鉄道及びバス、飛行機から多量の旅客が高速鉄道に転換する。また若干の誘発旅客量も発生する。しかしこれらの転換/誘発旅客需要量は、高速鉄道の運賃レベルに大きく左右される。すなわち運賃が低い程、需要量は大きくなる。

そこで、高速鉄道建設後の在来幹線および高速鉄道の輸送量を、高速鉄道を走るSuper Exp.列車に関する5caseの運賃レベルを想定して推定する(すなわち在来幹線のMail/Exp.列車の2等旅客運賃レベルの0,25,50,75および100%アップの5case)。例えばSuper Exp.列車の運賃レベルを25%だけ高くすると、高速鉄道と在来幹線の年間総旅客輸送量は、2000年において156億人・キロから308億人・キロへと急増し、2010年には483億人・キロに達する。一方、在来幹線の長距離旅客輸送を高速鉄道に転換することにより、在来幹線の年間貨物輸送量は2000年の255億トン・キロから2010年の378億トン・キロにまで増大する。

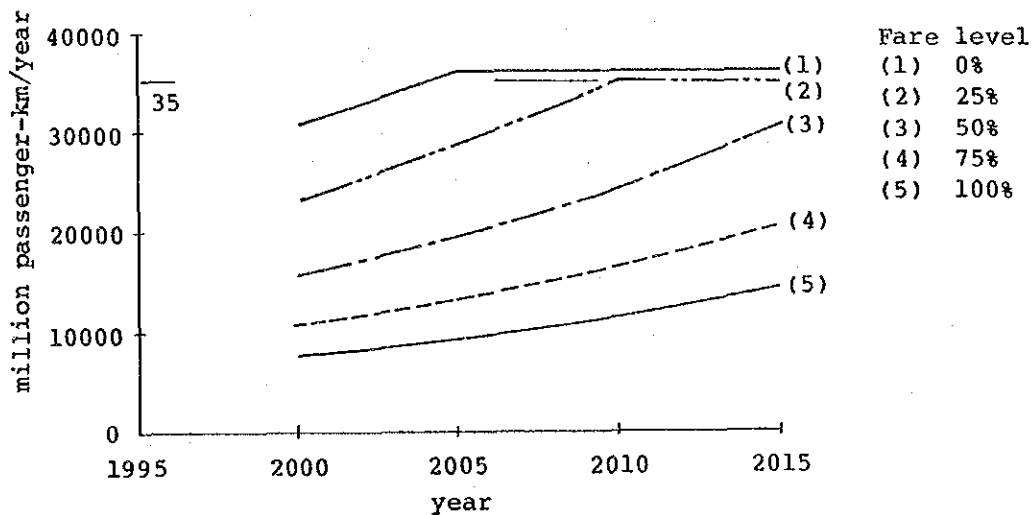


Fig. 4-3 Planned Passenger Traffic after Constructing the New Corridor in 2000 (New Corridor between Delhi and Kanpur)

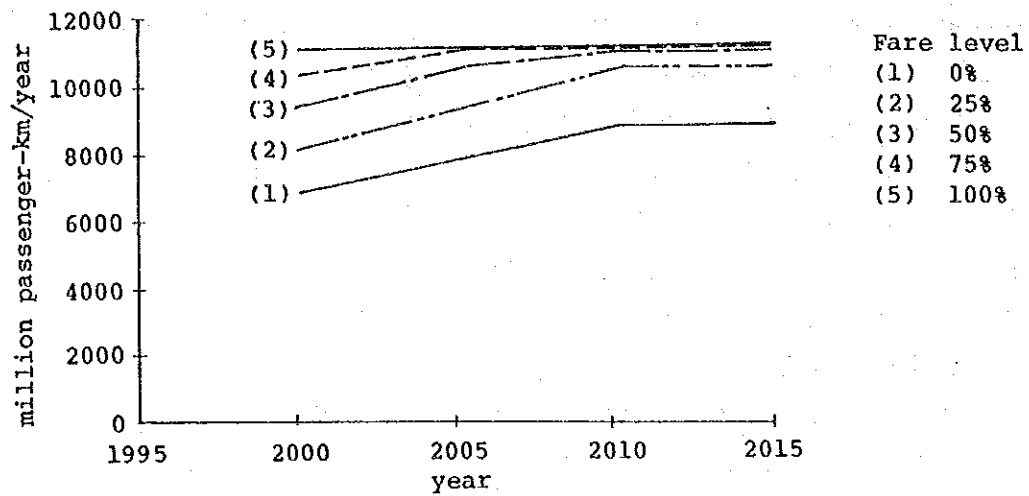


Fig. 4-4 Planned Passenger Traffic after Constructing the New Corridor in 2000 (Existing Ghaziabad-Kanpur Section)

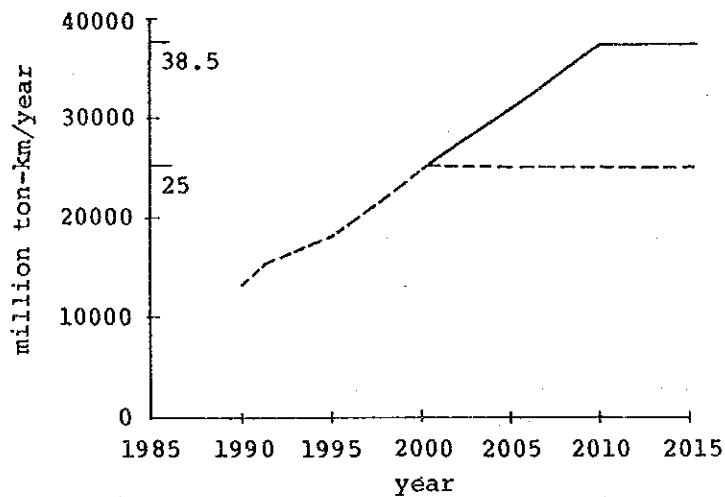


Fig. 4-5 Planned Freight Traffic after Constructing the New Corridor in 2000 (Existing Ghaziabad-Kanpur Section)

—— With constructing the New Corridor in 2000
 - - - - With upgrading the Section in 1991

バス・トラック、飛行機から鉄道への転換交通量、および誘発鉄道輸送量は、Fig4-6～9に示すとおりである。

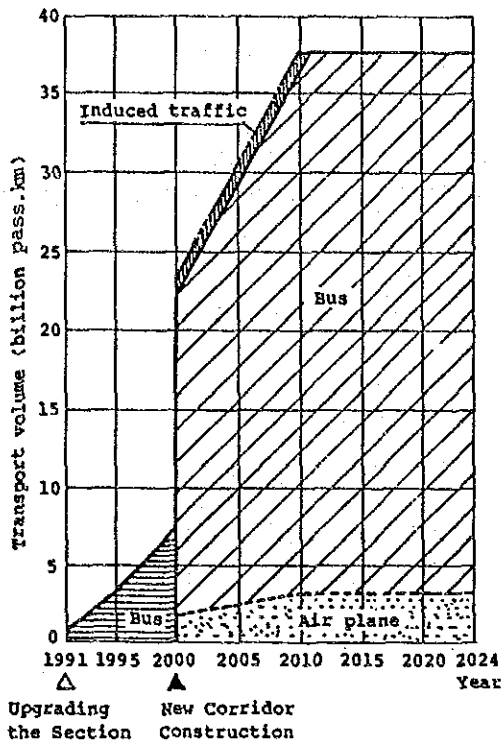


Fig. 4-6 Diverted and Induced Railway Traffic
(Fare level of 25%)

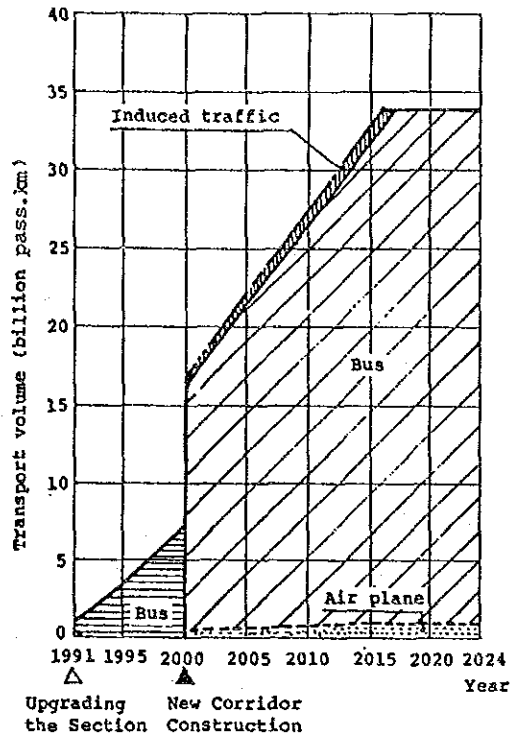


Fig. 4-7 Diverted and Induced Railway Traffic
(Fare level of 50%)

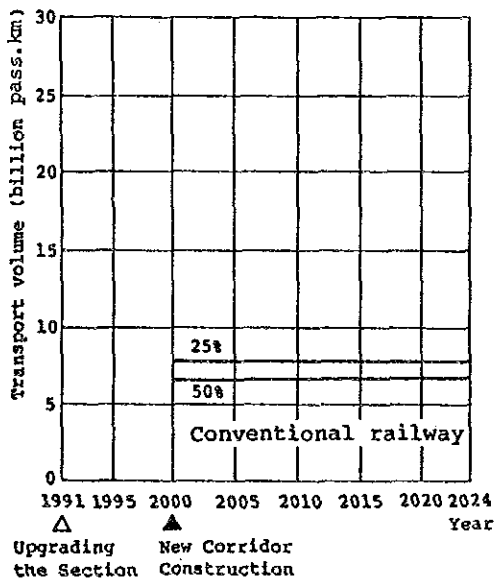


Fig. 4-8 Diverted Traffic from Conventional Railway to the New Corridor
(Fare level of 25, 50%)

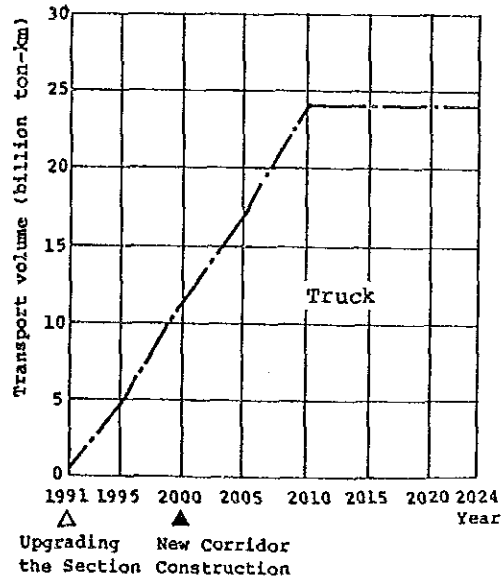

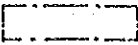
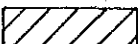





Fig. 4-9 Diverted Freight Traffic

-  : Diverted passenger traffic from bus to the Section
-  : Diverted freight traffic from truck to the Section
-  : Diverted passenger traffic from bus to the New Corridor and the Section
-  : Diverted passenger traffic from airplane to the New Corridor
-  : Diverted passenger traffic from the conventional railway (including the Section) to the New Corridor.
-  : Induced Traffic to the New Corridor.

輸送量計画に際し、鉄道、道路、空路の輸送需要を下記の前提条件のもとに4段階法により予測する。

a. 鉄道

旅客輸送

(a) 在来幹線

- ・ 標定(最大)速度 (km/h)
 - L. Exp. 列車 : 102(160)
 - (Long-distance Exp. 列車)
 - Mail/Exp. 列車 : 70(130)
- ・ 運賃レベル (Rs/旅客・キロ)
 - L. Exp. 列車 : 0.36 (現行のRaidani Exp. 列車と同じ)
 - Mail/Exp. 列車 : 0.11

(b) 高速鉄道

i) Super Exp. 列車

- ・ 標定(最高)速度 : 170km/h (250km/h)
- ・ 運賃レベル (Rs/旅客・キロ)

0.11(0%), 0.14(25%), 0.17(50%)
0.19(75%), 0.22(100%)

ii) L. Exp. 列車

・ 標定（最高）速度 : 120km/h (160km/h)
・ 運賃レベル : 0.36Rs / 旅客・キロ

貨物輸送

標定速度、運賃レベルは現行通りとする。

b. 道路と空路

長距離バス／トラックおよび飛行機の輸送時分と運賃／料金は現行通りとする。

(空路 : 1.00 RS / 旅客・キロ、バス : 0.09Rs / 旅客・キロ)

c. 時間価値

時間価値はInner zone (Delhi地区とUher Paradesh 州のプロジェクトに係る地域) の人口当りのGDPに比例して、増大するものとする。

5. 在来幹線の改良プロジェクト

(1) 輸送計画

車両およびGhaziabad-Kanpur間の地上設備を改良することにより、Delhi-Kanpur間の鉄道輸送は、輸送量、輸送時分の両面で改善される。

a. 輸送計画の基本条件

現行のRaj. Exp.列車 (Delhi-Howrahを結ぶ最優等列車) を最高速度160km/hで走るLong-distance Exp. (L. Exp.)列車に置き換える。又、Exp./Mail列車とFast Freight列車の速度もTable5-1に示すごとく向上させる。

Table 5-1 Basic Conditions of Transport Plan (The Section)

Train type		Ratio of train number (%)	Max. speed (km/h)		Average passenger carrying/freight hauling capacity		Average number of coaches/wagons per train	
			Present	Upgraded	Present	Upgraded	Present	Upgraded
Passenger	L. Exp. (Raj. Exp.)	3	(120)	160	(880)	(1,090)	(18)	18
	Exp./Mail	41	105	130	1,050	1,150	18	19.5
	Local	6	90	105	761	1,200	10.6	18
Freight	Fast	21	75	90	4,500 (tons)	4,500 (tons)	56	56
	Ordinary	29	75	75	2,250 (tons)	2,250 (tons)	28	28

b. 線路容量と運転列車本数

現行の線路容量 (101列車/日) は、第7次5ヶ年計画の終了する1990年までに約10%増大される。1991年に本プロジェクトを完了することにより、更にこれを倍増 (206列車/日) する。しかしながら、Fig5-1に示すごとく2000年までには、列車本数がこの線路容量に達する。

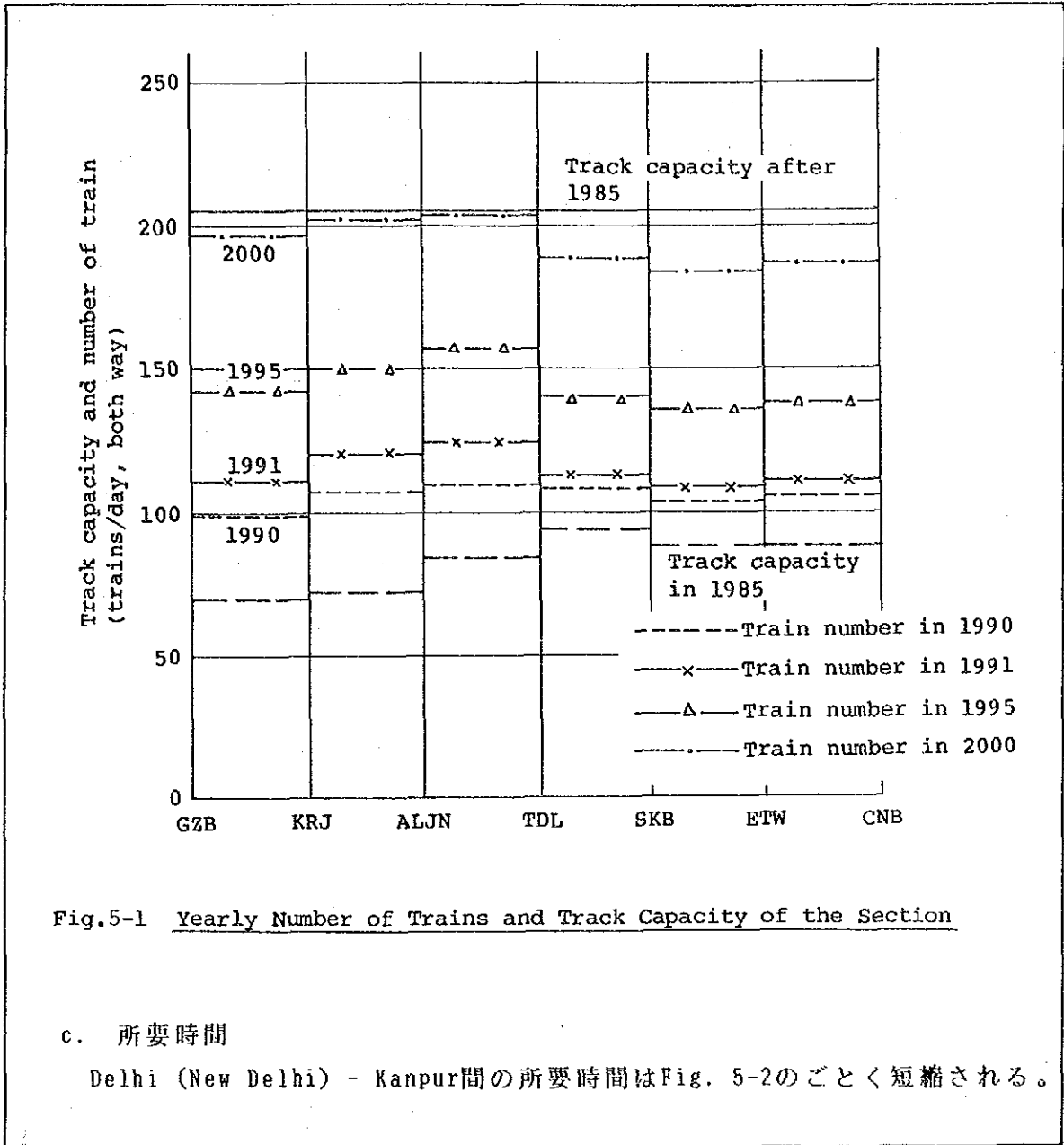
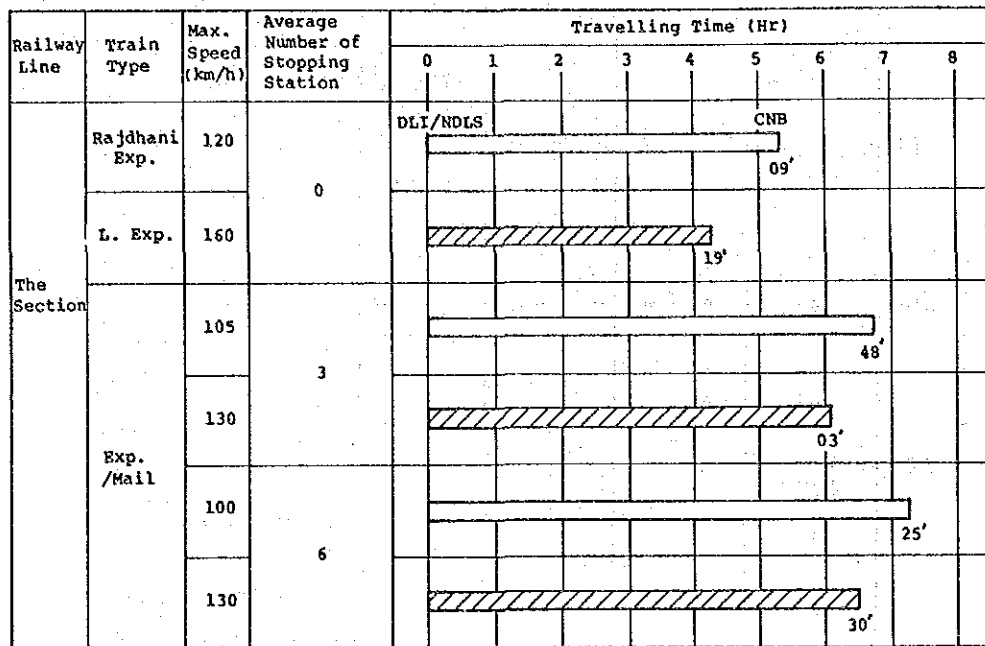


Fig.5-1 Yearly Number of Trains and Track Capacity of the Section

c. 所要時間

Delhi (New Delhi) - Kanpur間の所要時間はFig. 5-2のごとく短縮される。



: Before Upgrading
 : After Upgrading

Fig. 5-2 Travelling Time (Delhi - Kanpur)

輸送計画を策定するに際し、停車時分、余裕時分、積載効率等については現行の時分を適用する。また保守作業時間帯は昼間に上・下線別に2時間ずつ設定する。

なお1990年時点での線路容量は第7時5ヶ年計画に含まれる関連諸施策の実施を前提として推定する。

(2) 車両

電気機関車、客車及び貨車の高速走行性能及びブレーキ性能を改良することにより、列車速度と列車当りの輸送量をTable 5-2に示すように改善する。なお全列車のブレーキ距離は2km以内におさめる。

Table 5-2 Rolling Stock Improvement Plan (The Section)

□ : Upgraded points
↓ : To be replaced in future

Train		Max. speed (km/h)	Hauling tonnage (t)	No. of coaches/wagons	E.L.	Coaches & wagons	Brake (max. brake distance: 2 km)
PASSENGER	L. Express	160	700	18	Thyristor phase/3-phase control hauled with two ELS	High speed coach	Air (Electromagnetic control)
	Ex./Mail	100, 105 ↓ 130	1,000	18 ↓ 21	WAM4 ↓ WAP1	Coaches used for Rajdhani Exp.	Vacuum ↓ Air
	Local	75 ↓ 105	1,000	18	WAM1 ↓ WAM4 ↓ WAP1	Coaches currently used for Local ↓ Ex./Mail	Vacuum ↓ Air
FREIGHT	Fast	75 ↓ 90	4,500	56	WAG5 ↓ WAG6	BOXN & BCN	Air
	Ordinary	72 ↓ 75	2,250 (3,300)	28 (40)	WAG4 ↓ (WAG5)	BOX & BCX ↓ BOXN & BCN	Vacuum ↓ Air

a. L. Exp.列車（長距離急行列車）

L. Exp.列車には十分な加速力をもたせるため機関車を重連とする。機関車は、当面急行貨物用機関車(WAG6)(4500kW, Bo-Bo-Bo)のギヤ比を変更することにより、高速旅客用として使用する。

しかし、近い将来にはVVVF(3 phase asynchronous motor)方式の機関車(3500kW, Bo-Bo)の使用も可能となろう。

b. Exp./Mail列車（急行旅客列車）

機関車と客車は、現行のRajdhani Exp.列車に使用されているものを用いるが、編成内容を一部変更し、列車速度向上と輸送力増強をはかる。

c. Fast Freight列車（急行貨物列車）

WAG6形機関車と空気ブレーキを備えた高速用貨車を使用し列車速度の向上をはかる。

d. ローカル列車及び普通貨物列車

老朽貨車の取替時に順次真空ブレーキを空気ブレーキ化していく。

(3) 軌道・構造物

列車最高速度の160km/h化と線路容量の増加、さらには速度制限ヶ所の解除をはかるため、以下のような改良をおこなう。

なお、7次5ヶ年計画で実施中の軌道の更新(52kg/mロングレール、PC枕木、1540本/km、道床厚30cm)と中間駅への待避線の新設は1990年までに完成しているものとする。

a. 160km/h運転のため、70ヶ所の曲線のカントと34ヶ所の曲線の緩和曲線を改良する。

b. 駅本線通過速度の160km/h化および、側線への分岐速度を10~15km/hから40km/hに向上するため、本線上の分岐器333組を改良する。

c. Aligarh と Etawah駅では、旅客の安全確保のためプラットホームに面しない通過線を新設する。また、その他駅の37面のプラットホームに安全柵を設ける。

- d. Kanpur駅には、列車取扱本数増加のため、プラットホーム1面と着発線2線を新設する。
- e. Ghaziabad, Tundla, Juhiのヤードでは、着発線の進出入速度を向上するため187組の分岐器と構内配線を改良する。
- f. 速度制限を解除するため、No. 304橋梁とHathrasの跨線橋を改築する。
- g. 高速列車に伴い人と家畜の安全を確保するため沿線に安全柵を設ける。

このような改良によって、Ghaziabad～Kanpur間ではTundla構内の100km/hの制限およびPanki～Kanpur間の亘り線の70km/hの制限ヶ所を除いて、160km/h運転が可能となる。

さらに、分岐速度の向上と待避線の増設によって現在の線路容量が大きく改善されることとなる。

さらに詳述するならば

- a. 本線上の分岐器を改良型12番（60kg/m）分岐器（弾性ポイント、ガス圧接クロッシング、H型ガード等）に取替える。
- b. 新しい軌道構造は軸重19.5～20.5ton、最高速度160km/hに対し十分な強度を有している。
- c. しかし将来の通過トン数の増加と、列車のスピードアップに伴う軌道保守面を考慮すると、軌道構造を60kg/mレール、枕木1660本/km、道床厚30cmへと更に改良することが望ましい。
- d. また、2000年には1985年に比べて通過トン数は2.34倍、列車の平均速度は1.19倍となるので、軌道構造を上記のような構造にしてもなお、保守量は80%の増加を来たす。従って機械力を取り入れた効果的な保守体制が必要となろう。

(4) 信号・通信、設備

線路容量を増大するため、自動信号化を行う。又、列車運転の高速化、高密度化に伴う、運転保安対策として、電子連動化、踏切防護設備の自動制御化、AWS（自動列車停止装置）等を設備する。更に列車運行管理機能を向上させるためCTCを導入する。

Table 5-3 Signalling and Telecommunication Improvement Plan

Device/Equipment	Present	Upgrading
Block device	Double line lock & block	Automatic block
Signal indication	G-Y-R (Home & starter signal) G-YY-Y (Distant signal) G-R (Advanced starter signal)	G-YY-Y-R (Inter-station area) G-YY-(Y+ [40])-(YU+ [40])-R (Home signal with branch -off speed restriction)
Train detection	DC single rail track circuit	AF non-insulated track circuit
Interlocking device	Relay type = 12 stations 21 block huts Mechanical type: 38 stations	Solid-state type = 38 stations Relay-type: 12 stations
Level crossing Protection device	Hand-operated gate/barrier : 166 (manned) (51 are interlocked with gate signal)	Automatic barrier control: 166 (manned) Fixed barrier-closing time control = 2 min. (All barriers are interlocked with gate (= block) signal)
Train protection device	None	AWS with speed check function (Transponder and speed pattern type)
Traffic control system	Control telephone	CTC Traffic/passenger information device

- a. 最大ブレーキ距離2kmという条件のもとで、線路容量の増大を効果的に行うため、最小閉塞区間長を1kmとする。
- b. G-YY-Y-Rという、現在Delhi-Ghaziabad区間で使用されている信号現示方式を採用する。
- c. 踏切遮断時分を一定時分化することにより、列車速度差が拡大し列車本数が現在の約2倍となる2000年時点においても、道路交通への支障時分を現在程度以下におさえる。なお遮断器の動作は自動化するが、異常時に備えて踏切の無人化は行わない。
- d. 当面、160km/h運転を行うL. Exp.列車にのみAWSを設備するが、他の列車にも逐次導入していく。なお踏切の遮断遅れ等により生ずる不必要な列車運行への支障を極力抑えるため、踏切の近傍にはトランスポンダを複数個設備する。
- e. CTCは中間駅の進路制御を行い、主要駅は表示のみをとる。またDelhi地区のCTCとの結合をはかる。
- f. マイクロ回線(120CH)による現行の通信基幹回線の回線容量は、1990年までに別途プロジェクトにより増強されるものとする。

(5) 電化設備

列車事故の増大と列車速度の向上に伴う負荷電流の増大策としての6変電所(12.5MVA, 2banks)の増設が、1990年までに別プロジェクトにより完了する、という前提で下記の改良を行う。

- a. 頻発する遮断器の動作による列車運行への支障を極力減らすため、不正遮断原因の除去と正常き電状態への回復時分の短縮化をはかる。
- b. 160km/hの列車速度に対応するため、電車線の構造を一部変更する。

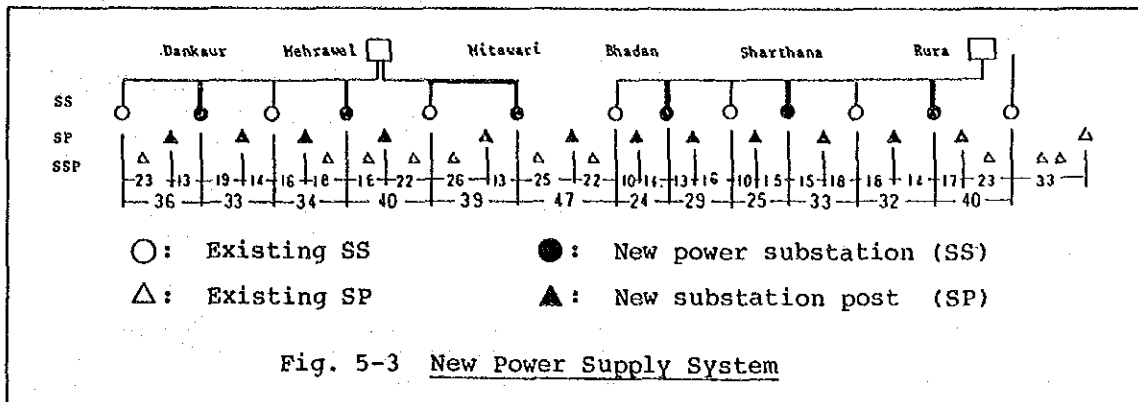


Fig. 5-3 New Power Supply System

Table 5-4 Technologies to be Introduced to Achieve Stable Power Supply

Causes of trippings	Countermeasures
1. Birds 2. Flashover of the air-gap on the roof of EL 3. Flashover of the OHE insulator 4. False working of distance relay	- Protective net against birds - Gapless arrester - Cleaning of insulator, if necessary - Distance relay with parallelogram characteristics instead of MHO relay
Measures to minimize power stopping time	Measures
1. Shorten the power stopping time 2. Shorten the fault detecting time	- Automatic reclosing of CB - Automatic sequential operation of interrupters - Fault locator

Table 5-5 Major modification of Overhead Equipment (OHE)

Equipment	Current	Modified
Tension of catenary and contact wire	1,000 kgf	1,200 kgf
Presag of contact wire	1.4/1000	0.8/1000 - 1.0/1000
Max. gradient of contact wire	3/1000	1/1000
Allowance between bracket register arm and contact wire	150 mm	200 - 250 mm

(6) 投資計画

1991年完成までの投資額をTable 5-6に、完成後1999年までの追加投資額をTable 5-7に示す。

Table 5-6 Initial Investment

(10⁶Rs)

Item	Local currency	Foreign currency	Total ()百万円
Track and structure	394.7		394.7 (4,480)
Signalling/ telecommunication	598.9	266.6	865.5 (9,823)
Electrification	78.3	32.5	110.8 (1,258)
Subtotal of ground facilities	1,071.9	299.1	1,371.0 (15,561)
Rolling stock in 1990	1,010.5		1,010.5 (11,469)
Total ()百万円	2,082.4 (23,635)	299.1 (3,395)	2,381.5 (27,030)

Table 5-7 Additional Investment

(10⁶Rs)

Item		Local currency	Foreign currency	Total ()百万円
Rolling stock	1991-1994	1,089.3		1,089.3 (12,364)
	1995-1999	1,522.5		1,522.5 (17,280)
Total ()百万円		2,611.8 (29,644)		2,611.8 (29,644)

(7) 実施計画

Table 5-8 Implementation Schedule (The Section)

(10⁶Rs)

Item		Fiscal year		1987	1988	1989	1990
Schedule	Feasibility study		|-----|				
	Fund raising		|-----|				
	Ground facilities	Designing		|-----|			
		Manufacturing		|-----|			
		Construction	Track/ structure	|-----|			
			Signalling/ telecommuni- cation	|-----|			
			Electrifi- cation	|-----|			
	Rolling stock	Designing		|-----|			
		Manufacturing		|-----|			
	Running test (160 km/h)		|-----|				
Investment	Ground facilities	Local currency		69.5	509.4	493.0	
		Foreign currency			149.3	149.8	
		Sub total		69.5	658.7	642.8	
	Rolling stock (local currency)				505.3	505.2	
	Total			69.5	1,164.0	1,148.0	

6. 高速鉄道建設計画

(1) 基本方針

- a. 高速鉄道は2000に開業するものとして計画する。
- b. 高速鉄道の運賃は、バスおよび飛行機、ならびに在来鉄道の旅客を高速鉄道に転移せしめるようなレベルに設定する。
- c. 車両および地上設備の計画にあたっては、インド国の社会、自然環境、産業を考慮しつつ最新の技術を取り入れる。
- d. Super Exp.列車は、最高速度250km/hで高速鉄道線内を折返し運転するものとする。
- e. Long distance Express列車(L. Express)は、Delhi, Agra, Kanpurで在来線より高速鉄道に乗入れるものとする。
- f. Super Express列車の編成は6M10Tまたは2M16Tとする。また、L. Express列車は機関車を重連とした、客車18両編成とする。
- g. 高速鉄道の最急勾配は5/1000以下とする。また最小曲線半径は停車場構内を除き4000m以上とする。
- h. 在来鉄道および道路とは全て立体交差とする。

(2) 停車場とルート

a. 停車場

i) New Delhi ターミナル

高速鉄道用列車の取扱いのため、在来のNew Delhi駅にプラットフォーム2面と高架線4線を設ける。

ii) New Agra駅

New Agra駅は在来線のBilochpura駅の北側に建設する。

iii) New Kanpurターミナル

New Kanpur駅は在来線のGovindpuri駅の南側に高架駅として建設する。

iv) 中間駅

高速鉄道には5つの中間駅を設ける。そのうち3駅は旅客扱をおこなわない待避駅とする。

b. ルート

i) New Delhi～New Agra間 (約190km)

高速鉄道はNew Delhiの南方19kmのTuglakabad付近で在来線より分岐し、Bombay lineに沿ってNew Agra駅に達する。

ii) New Agra～New Kanpur (約260km)

高速鉄道はAgra市の市街地を高架で通り、長さ500mのYamuna川橋梁に達する。そして、Calcutta lineに沿って西進し高架駅のNew Kanpur駅に至る。

(3) 輸送計画

高速鉄道においては、Super Exp.列車は最高速度250km/hでDelhi Knpur間およびDelhi Agra間で折返し運転をする。

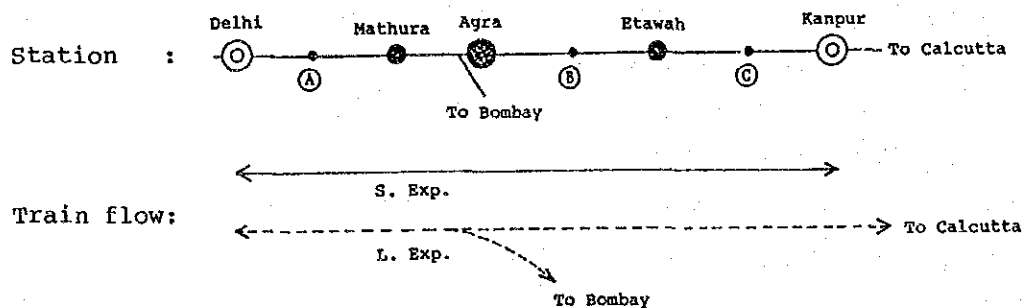
さらに、最高速度160km/hのL. Exp列車が乗入れる。

在来幹線では中長距離の旅客が、高速鉄道へ転移するため旅客列車の本数が減る。これによって生ずる線路容量の余裕を貨物列車に割当ることにより、2010年までの貨物輸送需要量に対し対処可能となる。

a. 輸送計画の基本条件

Table 6-1 Basic Condition of Transport Plan (The New Corridor)

Train	Train number ratio		Maximum speed (km/h)	No. of coaches	Carrying capacity (Pass./train)	Stopping station	
	DLI-AGC	AGC-CNB				For passenger handling	For train overtaking
L. Exp.	2	1	160	18	1,090	Delhi Agra Kanpur	Mathura Etawah Ⓐ Ⓑ Ⓒ
S. Exp.	18	15	250	16	1,560	Ⓐ Delhi Agra Kanpur	-
						Ⓑ Delhi Mathura Agra Etawah Kanpur	



b. 列車本数

高速鉄道の線路容量は上下で1回当り約150本である。また、Agra~Kanpur間よりもDelhi~Agra間の列車運転本数が多くなる。

高速鉄道と在来幹線の線路容量、運転本数を以下に示す。

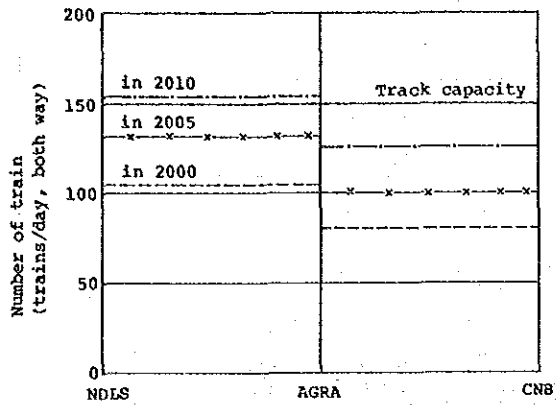


Fig. 6-1 Trend of Train Number Increase (The New Corridor)
(For fare level of 25%)

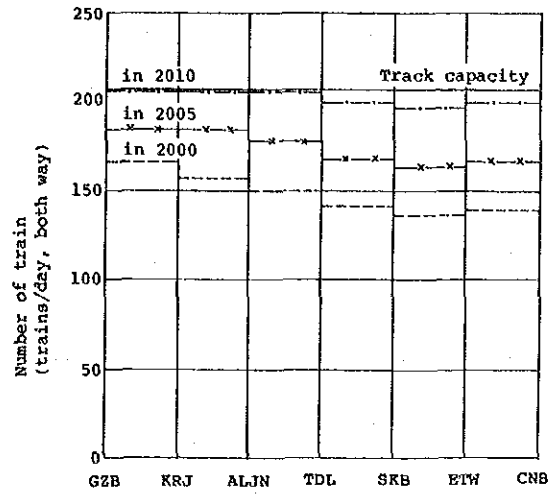


Fig. 6-2 Trend of Train Number Increase (The Section)
(For fare level of 25%)

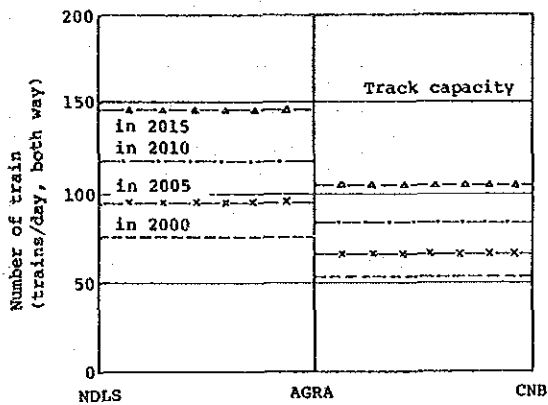


Fig. 6-3 Trend of Train Number Increase (The New Corridor)
(For fare level of 50%)

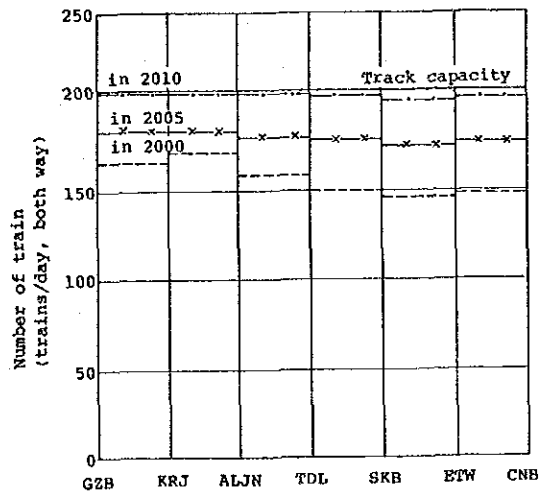
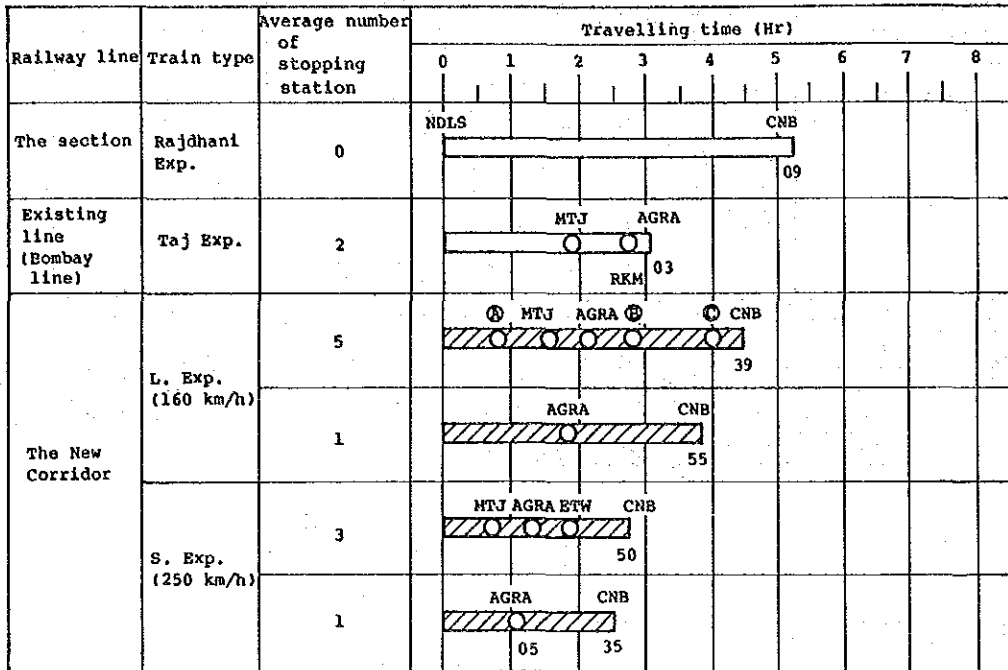


Fig. 6-4 Trend of Train Number Increase (The Section)
(For fare level of 50%)

c. 所要時間

Super Exp.列車によるDelhi~Kanpur間およびDelhi~Agra間の所要時間は、それぞれ2時間35分、および1時間5分となり、現行のRajdhani Exp.列車、Taj Exp.列車に比べてほぼ半分に短縮される。



: Before construction
 : After construction

Fig. 6-5 Travelling Time (The New Corridor)

(4) 車両計画

6M10Tと2M16Tの技術・経済両面からの検討結果、Super Exp.列車には6M10Tを採用する。

その主要諸元はTable 6-2のとおりである。

Table 6-2 Rolling Stock Plan (The New Corridor)

Item		Contents
Train formation		6 M 10 T
Carring capacity (passenger/train)		1,560
Train length		400
Rated power (KW)		7,920
Axle weigh (ton)	M	15
	T	12.4
Acceleration (m/s ²) (at 5 km/h)		0.34
Deceleration (m/s ²)		0.63

a. 上表の車両性能を満すためSuper Exp.列車には、次のような新技術を導入する。

- 3相非同期電動機 (VVVF)
- 回生ブレーキ
- うず電流ブレーキ
- ディスクブレーキ
- 自在継手 (WN継手)
- ボルスタレス台車
- 軽量車体
- 自動列車制御装置 (ATC)

b. 6M10Tと2M14T (プッシュプル) についての経済面からの検討の結果によれば、旅客1人当りの車両購入価格と保守費については両方式の差はない。しかし軌道の保守費については、軸重が軽いことと、および通過トン数が小さくなることから、6M10Tの方がより経済的となる。

また、走行性能面では両システムはどちらも採用可能である。

- c. Tuglakabadに高速鉄道列車のための総合車両基地を、Kanpurに検修基地を、そしてAgraには留置線を設ける。

(5) 軌道・構造物

a. 線路構造

盛土区間	.....	412km	(最小高さ3.5m)
高架橋区間	.....	17km	(Agra地区2km、Kanpur地区15km)
在来線との共用区間	...	21km	(New-Delhi~Tuglakabad 19km、 Agra地区 2km)

b. 軌道構造

レール	.....	60kg ロングレール
枕木	.....	PC枕木 1720本/km
締結装置	.....	二重弾性締結装置
道床	.....	砕石、厚さ30cm以上
分岐器	.....	ノーズ可動分岐器

- ・ Agra地区に設けるYamuna川橋梁は500mの長さとなる。
- ・ New Mathura、New Agra、New Kanpurの駅には、在来線の駅との乗換設備を設ける。
- ・ 盛土区間には500m毎に農業用の交差道路を設ける。

(6) 信号・通信設備

a. 信号設備

- 自動列車制御装置 (ATC)
- 電子連動装置
- 列車集中制御装置 (CTC)
- AF無絶縁軌道回路

b. 通信設備

- 光ケーブル
- 列車無線
- 電話装置 (指令電話、交換電話、専用電話 等)

— テレプリンタ、ファクシミリ

さらに次のような点を考慮する。

- ・ 250km/hでの高速運転を可能とするため車内信号によるATCを取り入れる。
- ・ CTCのセンターはAgraに設ける。
- ・ 通信用の幹線には光ケーブル回線とSHFマイクロ回線とを合わせた2重系とする。なお後者は別途のプロジェクトとして計画されるものとする。

(7) 電化設備

a. 変電設備

- ・ き電方式はATとする …… 25kV×2回線
- ・ 変電所は70～90km間隔で6ヶ所設ける …… 60～80MVA 2banks
- ・ ATは13～18km間隔で設ける

b. 電車線設備

架線はコンパウンドカテナリー方式とし以下のような諸元とする。

High tension compound catenary system

AT feeder wire …… ACSR 320 mm²

Catenary wire …… ST 148 mm²

Auxiliary catenary wire …… Cu 130 mm²

Contact wire …… Hard drawn copper 150 mm²

Max. span length …… 60 m

Current carrying capacity …… 920 A

通信回線への誘導障害対策および建設コストの節減を考慮してATき電方式を採用する。

また、電車線方式としては高速運転に適したコンパウンドカテナリー方式を採用する。

(8) 投資計画

a. 初期投資額

Table 6-3 Investment for Ground Facilities(10⁶Rs)

Item	Local currency	Foreign currency	Total ()百万円
Land acquisition	537.2	0	537.2 (6,097)
Track and structure	9,469.7	0	9,469.7 (107,481)
Signalling and telecommunication	1,447.5	1,310.8	2,758.3 (31,307)
Electrification	1,816.5	199.0	2,015.5 (22,876)
Total ()百万円	13,270.9 (150,625)	1,509.8 (17,136)	14,780.7 (167,761)

Table 6-4 Investment for Rolling Stock(10⁶Rs)

Fare level (%)		0	25	50	75	100
Cost	Local currency	4,470.6	3,182.1	2,106.3	1,280.7	905.4
	Foreign currency	1,251.0	1,251.0	1,251.0	1,251.0	1,251.0
	Total ()百万円	5,721.6 (64,940)	4,433.1 (50,316)	3,357.3 (38,105)	2,531.7 (28,735)	2,156.4 (24,475)

b. 追加投資額 (車両)

Table 6-5 Additional Investment for Rolling Stock(10⁶Rs)

Fare level (%)	0	25	50	75	100
2000 - 2004	1,760.5	1,848.1	1,685.5	1,435.3	1,310.2
2005 - 2009	970.3	2,058.7	1,869.9	1,707.3	1,457.1
2010 - 2014	0	0	1,050.9	888.3	638.1
2015 - 2024	0	0	125.1	1,739.1	1,526.4
Total ()百万円	2,730.8 (30,995)	3,906.8 (44,342)	4,731.4 (53,701)	5,770.0 (65,490)	4,931.8 (55,976)

(9) 実施計画

Table 6-6 Implementation Schedule (The New Corridor)

Item		Fiscal year		1994	1995	1996	1997	1998	1999
Schedule	Pre-feasibility study		1987						
	Fund raising								
	Ground facilities	Designing							
		Manufacturing							
		Construction	Track/structure						
			Signalling/telecommunication						
		Electrification							
	Rolling stock	Designing							
		Manufacturing							
	Test, training								
Preparation for inauguration									
Investment	Ground facilities	Local currency			1,695.6	3,299.5	3,727.5	3,699.4	848.9
		Foreign currency				393.2	472.8	472.8	170.9
		Total			1,695.6	3,692.7	4,200.3	4,172.2	1,019.8
	Rolling stock	Local currency	0%					2,196.5	2,274.1
			25%				34.1	1,543.7	1,604.3
			50%				102.2	988.8	1,015.3
			75%				170.4	558.9	551.4
			100%				170.4	371.3	363.7
	Foreign currency					625.5	625.5		

7. 経済・財務分析

(1) 分析対象ケース

Case A: With ... Delhi-Kanpur間の在来幹線改良

(1991年改良後営業開始)

Without ... No project

(Case Aは在来幹線改良プロジェクトのフィージビリティを分析するもの)

Case B: With ... 在来幹線改良後Delhi-Kanpur間に高速鉄道建設

(2000年営業開始)

Without ... 在来幹線改良

(Case Bは在来幹線改良後の高速鉄道建設プロジェクトのフィージビリティを分析するもの)

Case C: With ... 在来幹線改良及び高速鉄道建設

Without ... No project

(Case Cは在来幹線改良及び高速鉄道建設の両プロジェクトを、全体としてみたときのフィージビリティを分析するもの)

(2) EIRR/FIRR

経済内部収益率 (EIRR) 及び財務内部収益率 (FIRR) の計算結果はTable 7-1の通りである。

Case Aおよび基本運賃レベル (25%) におけるCase B、Case CのEIRRは、インド国の資本機会費用 (12%前後と推定) を、又FIRRは政府資金借入金利8.5%を各々上回っている。

Table 7-1 EIRR/FIRR for Each Project Case

Case	Fare level* (%)	EIRR (%)	FIRR (%)	Project life (year)
A		42.62	25.79	37 (1988-2024)
B	0	26.76	7.47	37 (1988-2024)
	25	24.09	9.86	
	50	19.91	9.97	
	75	16.65	8.26	
	100	14.96	6.75	
C	0	37.28	16.81	37 (1988-2024)
	25	36.08	18.00	
	50	34.38	18.12	
	75	33.16	17.48	
	100	32.59	16.93	

Note: (1) "Fare level (%)" means that passenger fare level of the Super Exp. train of the New Corridor is set at higher level by 0, 25, 50, 75, or 100% than that of 2nd class Exp./Mail train of the Section.

(2) Among the five fare levels, 25% is set as a base fare level.

EIRR計算の分析項目は、鉄道への転換／誘発交通量を運ぶのに必要な鉄道への投資及び運営費と、転換交通量を運ぶのに必要な他の交通モード（バス、トラック、飛行機）への投資と、運営費、並びに乗客時間節減便益である。

FIRR計算の分析項目は、鉄道への転換／誘発交通量に関する鉄道の収入、投資及び運営費である。

Case B及Case Cでは高速鉄道のSuper Exp.の運賃レベルが低くなるほど、より多くの乗客が高速鉄道に転換するためEIRRは高くなる、他方FIRRは、運賃レベルがExp./Mailの2等運賃の50%高の場合が一番高い値を示す。

EIRR/FIRRの算出結果はCase Aが一番高く、次にCase C、Case Bの順であるがいずれの場合も非常に高い値を示している。

(3) Net Cash Flow

プロジェクトの資金収支を分析評価する為、4つの資金調達計画（表7-2、7-3参照）を設定しbase fare levelにおける各ケースのNet Cash Flowを計算する。Net Cash Flowが黒字に転換する年と赤字期間の所要資金額、及び余剰資金発生年は、表7-4及び7-5のとおりである。

Table 7-2 Financing Plan

Currency Plan	Foreign currency portion	Local currency portion
1.	Government to Government Borrowing	Government Budget
2.	Government to Government Borrowing	Government Budget (50%) Domestic Rupee Borrowing (50%)
3.	Official overseas Borrowing	Government Budget
4.	Official overseas Borrowing	Government Budget (50%) Domestic Rupee Borrowing (50%)

Table 7-3 Terms and Conditions of each Financing Source

Item Source	Interest rate (%)	Term (Years)	Grace (Years)	Repayment
Government Budget	8.5	-	-	Unnecessary
Government to Government Borrowing	2.75	30	10	Semi-annual installment
Official Overseas Borrowing	7.75	20	5	Semi-annual installment
Domestic Rupees Borrowing	15	10	4	Semi-annual installment

Table 7-4 The Year when Net Cash Flow Turns into Black Figure and the Accumulated Deficit by Year

(million Rs)

Case Plan	A		B		C	
	Year	Necessary funds	Year	Necessary funds	Year	Necessary funds
1	1993	521	2001	62	1993	521
2	1994	753	2010	15,050	1994	753
3	1993	555	2002	335	1993	555
4	1994	804	2010	17,702	1994	804

Table 7-5 The Year when Accumulated Net Cash Flow Turns into Black Figure

Case Plan	A	B	C
1	1995	2001	1995
2	1996	2016	1996
3	1995	2004	1995
4	1996	2017	1996

資金収支の分析結果はCase Bの資金計画2及び4を除くと、Net Cash Flowは開業後2～4年目で黒字に転換し、2～6年目で余剰資金が発生している。Case Bの資金計画2及び4は国内ルピー借入の借入期間が短いこと。及び金利高のため、Net Cash Flowの黒字転換年、余剰資金発生率とも建設後16～17年を要する。

(4) 感度分析

Table 7-6 Sensitivity Analysis Result on EIRR

(8)

Case		A	B	C
Condition				
	Base case*	42.62	24.09	36.08
a	10% reduction in diverted traffic	39.71	22.51	33.03
b	20% reduction in diverted traffic	36.64	20.70	29.85
c	50% reduction in diverted traffic	26.17	14.37	19.48
d	10% cost overrun	40.75	22.92	34.01
e	a + d	37.92	21.38	31.08
f	Extension of construction period by 2 years	49.01	23.99	40.42
g	Passenger time value reduction by 50%	40.67	21.13	33.14
h	a + d + g	36.19	18.65	28.34

Table 7-7 Sensitivity Analysis Result on FIRR

(8)

Case		A	B	C
Condition				
	Base case*	25.79	9.86	18.00
a	10% revenue reduction	23.59	8.34	15.93
b	20% revenue reduction	21.23	6.67	13.74
c	50% revenue reduction	12.61	—	5.99
d	10% cost overrun	24.12	8.71	16.40
e	a + d	22.02	7.23	14.44
f	Extension of construction period by 2 years	28.79	9.60	19.55

鉄道沿線の道路、航空サービスの向上、隣接する鉄道線区の線路容量の不足、大かんばんの発生等将来行りうる悲観的な要素を考慮し、転換交通量、収入の減少、投資コストの増加、建設期間の延長、乗客時間価値の減少について感度分析を行った結果を表7-6、7-7に示す。

Case A及びCase Cでは50%収入減の場合を除き、すべてのケースでプロジェクトのフィージビリティが存続する。

特に在来幹線改良計画（Case A）は、転換交通量並びに収入が50%減少しても（これは隣接する鉄道線区、すなわち、Delhi地区鉄道網及びKanpur～Howrah線区の線路容量が、将来、不足する場合に起り得るケースである。）プロジェクトのフィージビリティは依然として高い。

8. 結論と提言

(1) Ghaziabad～Kanpur間の在来幹線の輸送力を約2倍に、列車最高速度を160km/hに改善すること、並びに最高速度が250km/hの高速鉄道をDelhi～Kanpur間に建設することは、技術的に充分フィージブルである。

また、両プロジェクトはインド国の経済発展に経済面から大きく寄与するとともに、鉄道の財務面からみたフィージビリティも充分有している。

更に、両プロジェクトを実施することにより、上記の効果以外にも自動車事故、大気汚染の緩和、関連産業の育成、雇用機会の増大、鉄道沿線都市の発展等、多くの便益が期待される。

従って、在来幹線改良プロジェクトを早急に着手するとともに、21世紀にむけての高速鉄道建設を推進すべきである。

(2) 提言

1) 隣接線区の改良

Delhi (Ghaziabad)～Kanpur間の増強された輸送力を十分に活用するには、隣接するKanpur～Howrah間並びにDelhi市内の鉄道網のバランスのとれた輸送力増強が不可欠である。特に、既に飽和状態に達したとみられる後者の輸送力増強が急がれる。

2) 職員訓練

近代化された鉄道システムを運営・維持していくうえで必要とされる知識・技能および規律を、プロジェクトに関係する職員に賦与するための訓練を、プロジェクトの実施を踏まえた長期的展望のもとに実施すべきと思われる。

3) 保守

両プロジェクト実施後の列車の運行頻度、速度の増大に対処しつつ、鉄道を維持するには、機械、保守管理手法の改善等による保守の一層の効率化が望まれる。

4) 製造技術

本計画は国産品を最大限に活用することを前提としているが、幾多の新技术を円滑に導入するにはハイ・テク製品の製作技術、とりわけ品質管理の向上が強く望まれる。

5) 高速鉄道に関する今後の検討

本調査においては、高速鉄道に関する技術検討はプレ・フェージビリティのレベルで実施した。したがって、本プロジェクトを推進するには当っては、より詳細な調査・検討が望まれる。

付屬資料

1	Railway Diagram of the Section (in 1990)	47
2	Track Diagram of the New Corrdor	50
3	Number of Rolling Stock to be Acquired	51
4	在來幹線改良 主要工事数量	52
5	高速鉄道建設 主要工事数量	53
6	Summary of Cash Flow Analysis	54

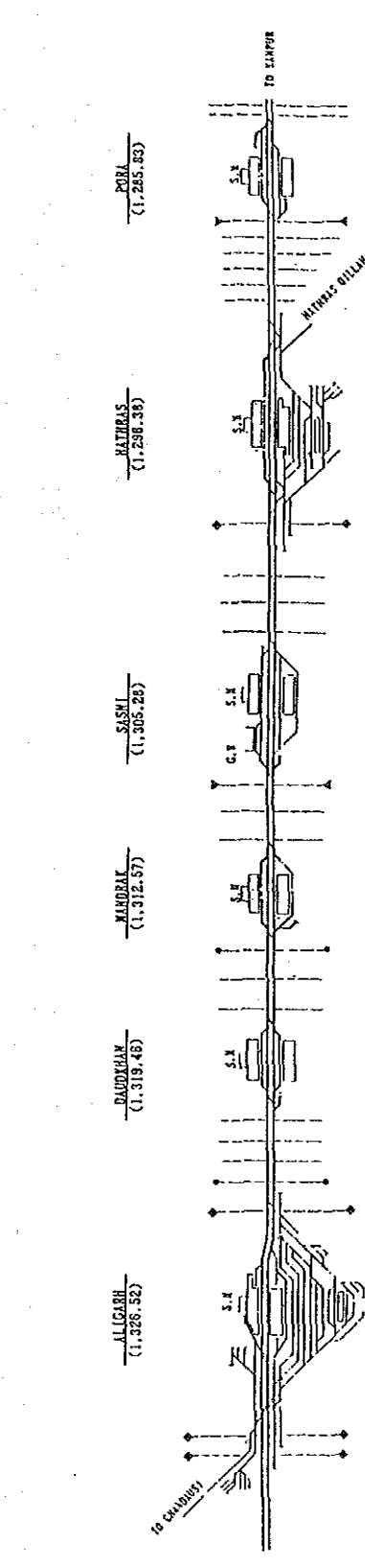
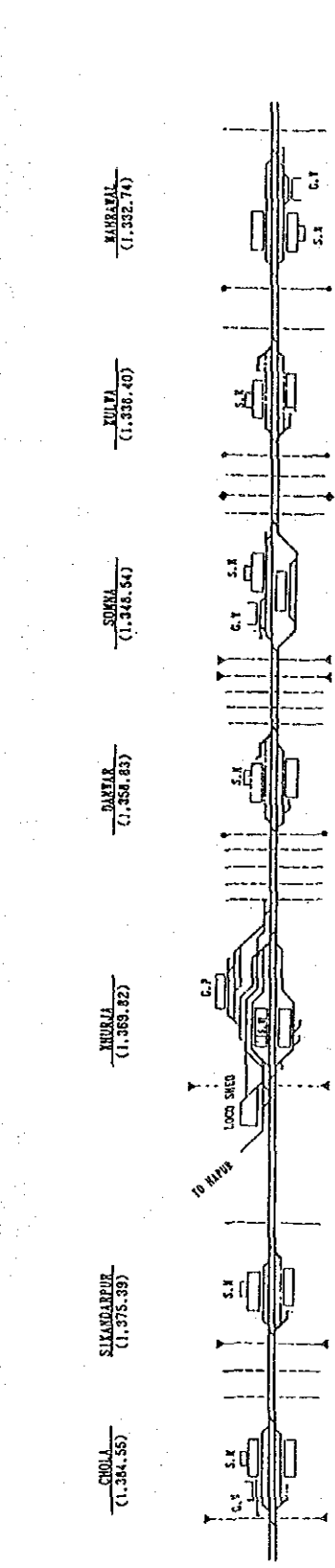
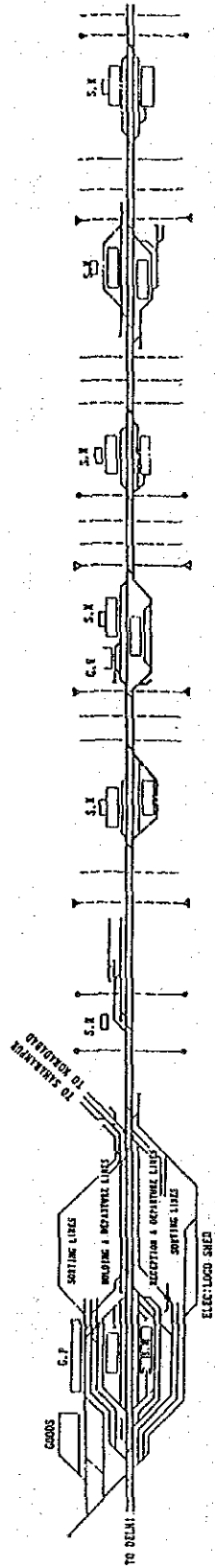
Annex 1-1 Railway Diagram of the Section (in 1990)

(Chaziabad - Pore)

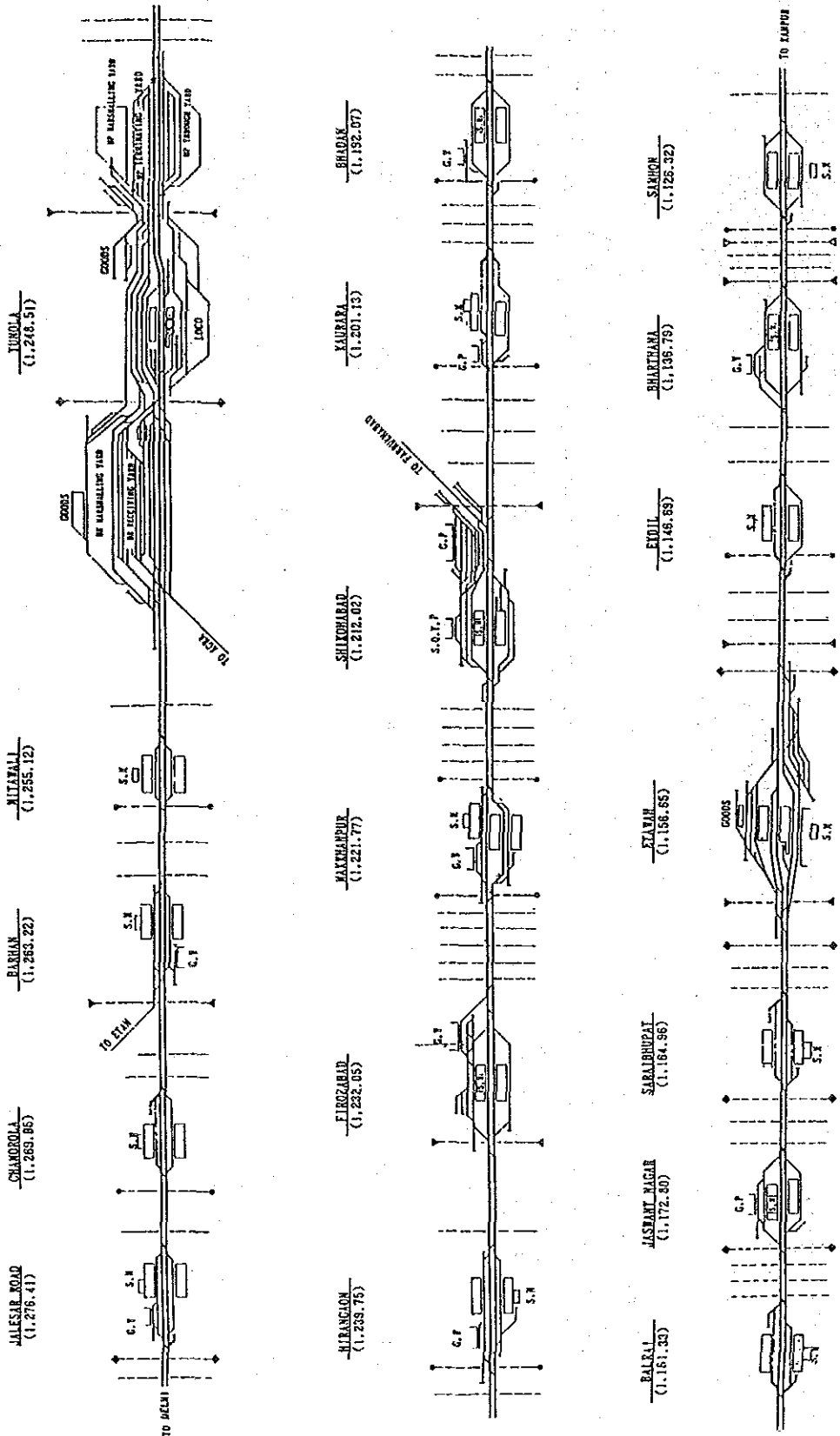
Class	Barrier without finger locking	Barrier interlocked with pole signal
A	◆	◆
B	◇	◇
C	◇	◇

Legend
 --- Planned in the 7th Five Year Plan
 S.N. Station Master Room
 G.W. Goods Wharf
 C.P. Goods Platform

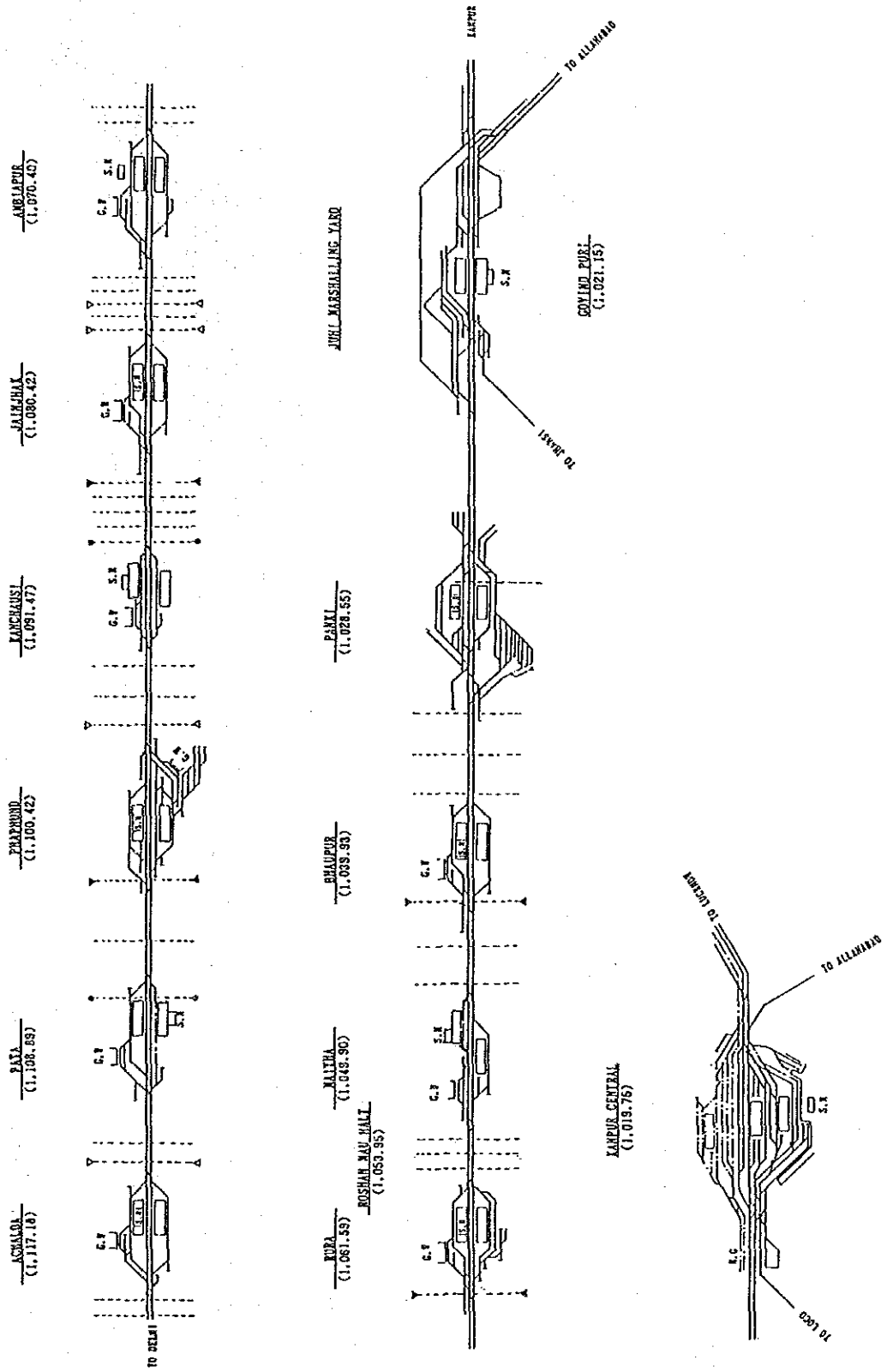
CHAZIABAD (1,432.35)	CHIPAVANA BUZUNG (1,422.44)	DAOKI (1,415.89)	JALAIPIH (1,406.46)	KAIR (1,389.55)
SILKANDAPUR (1,375.39)	XHURJI (1,369.82)	BAKAR (1,356.83)	KULEA (1,336.40)	MARAWAL (1,332.74)
CHOLA (1,324.55)	RAUDIKHIM (1,319.46)	HINDRAT (1,312.57)	SASMI (1,305.26)	RAHRAJ (1,286.38)
ALLGARH (1,276.52)				PORI (1,255.83)



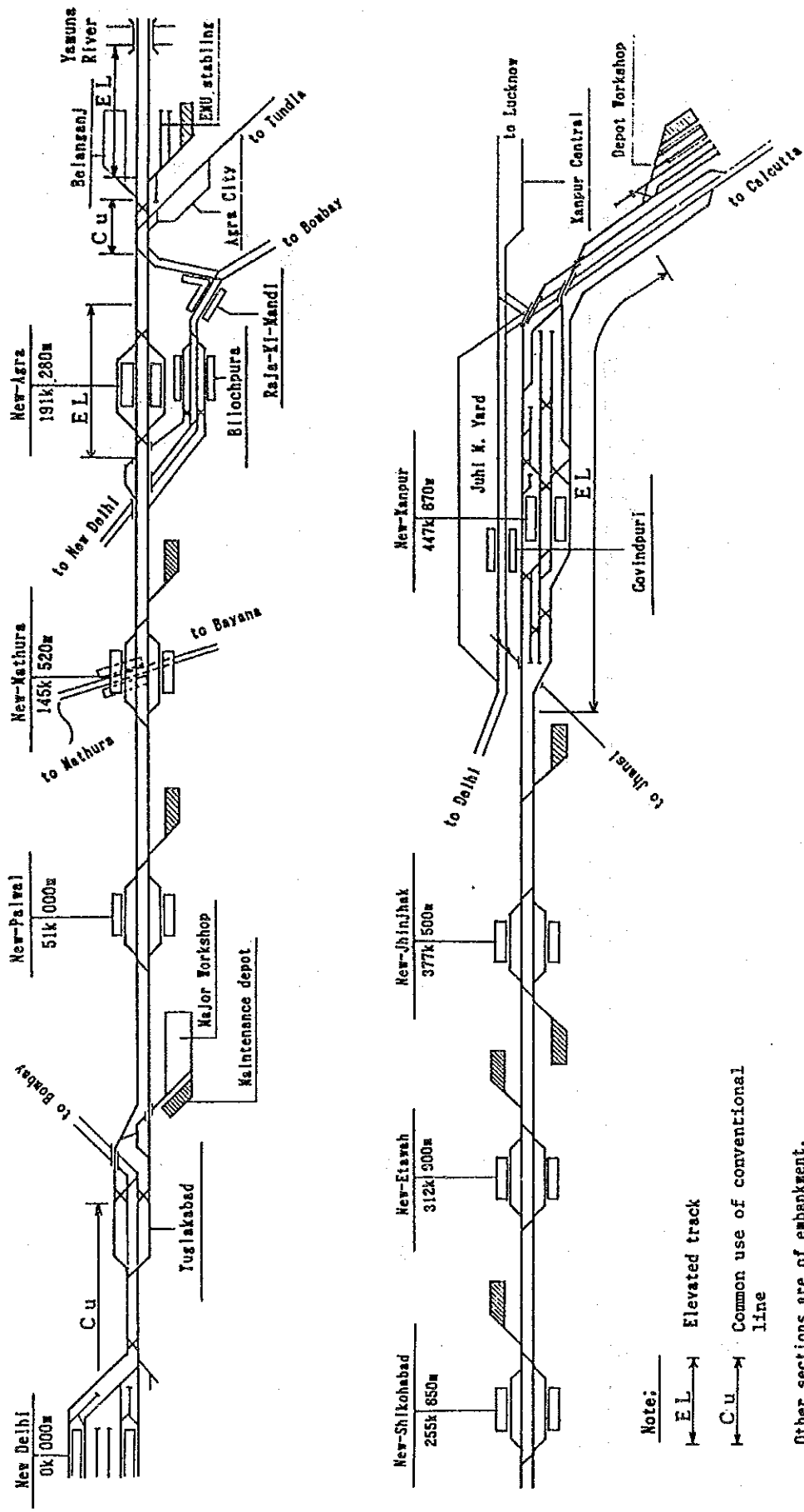
Annex 1-2 (Jalesar road - Samhon)



Annex 1-3 (Achalda - Kanpur)



Annex 2 Track Diagram of the New Corridor



Annex 3 Number of Rolling Stock to be Acquired

Type	Item	Project Upgrading this Section		New Corridor Construction																								Note						
		Period		1996/2000						2001/2005						2006/2010						2011/2014							2016/2024					
		1986/1990	1991/1995	1996/2000	0	25	50	75	100	0	25	50	75	100	0	25	50	75	100	0	25	50	75	100	0	25	50		75	100				
EL	L. Express	(0)	1	2	0	1	3	5	0	1	2	2	2	0	1	2	3	3	0	0	2	3	3	0	0	0	0	7	6	New EL x 2				
	Ex./Mail	(5)																																
	Local	(2)	6	10	Δ34	Δ27	Δ24	Δ24	Δ24																									
	Freight	(0)																																
	Freight ordinary	(1)																																
	Total No.	(8)	34	22	31	0	1	3	5	5	21	22	23	23	23	27	28	29	29	0	0	2	3	3	0	0	0	0	7		6			
	L. Express	(0)	3	1	2	0	1	3	5	0	1	2	2	2	0	1	2	3	3	0	0	2	3	3	0	0	0	0	7		6	Showing No. of formations L. Exp. & Local: 18 coaches/formation Exp./Mail: 19.5 coaches/formation		
Ex./Mail	(6)																																	
Local	(2)	6	10	Δ34	Δ27	Δ24	Δ24	Δ24																										
Freight	(0)																																	
Freight ordinary	(1)																																	
Total No.	(8)	34	22	31	0	1	3	5	5	21	22	23	23	23	27	28	29	29	0	0	2	3	3	0	0	0	0	7	6					
L. Express	(0)	3	1	2	0	1	3	5	0	1	2	2	2	0	1	2	3	3	0	0	2	3	3	0	0	0	0	7	6	Showing No. of formations Feat: 56 wagons/formation Ordinary: 28 wagons/formation				
Ex./Mail	(6)																																	
Local	(2)	6	10	Δ34	Δ27	Δ24	Δ24	Δ24																										
Freight	(0)																																	
Freight ordinary	(1)																																	
Total No.	(12)	23	11	8	0	0	0	0	0	21	21	21	21	21	26	26	26	26	26	0	0	2	3	3	0	0	0	7	6					
L. Express	(1)																																	
Super Exp.	(12)																																	
(ATC for L. Exp.)																																		

The number in parenthesis are those included in the 7th 5-year Plan.
 The number in double parenthesis are those to be imported.
 The number attached with triangle are those to be transferred to the other railway section.

Annex. 4 在来幹線改良 主要工事数量

項目	細目	数量	記事
用地	・ 駅構内改良他	17,100m ²	Kanpur, Tundla, Ghaziabad
軌道・構造物	<ul style="list-style-type: none"> ・ 線路防護柵新設 573km ・ 橋梁取替 2ヶ所 ・ プラットホーム新設 3面 ・ プラットホーム安全柵新設 37面 ・ 軌道新設 36km ・ 軌道整備 17km ・ 分岐器新設、取替 694組 		<p>Multiple-span bridge, Fly-over bridge, Knapur Etawah, Aligarh.</p> <p>構内改良、通過線新設、ループ線新設</p> <p>カント改良70ヶ所、緩和曲線改良、34ヶ所</p> <p>本線160km/h化 333組 貨物着発線改良 187組 駅構内改良 174組</p>
信号・通信	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自動閉塞新設 49駅間 ・ 電子連動新設 38駅間 ・ 踏切制御装置新設 166ヶ所 ・ AWS新設 840ヶ所 ・ CTC新設 50駅 		<p>AF軌道回路、信号機等を含む</p> <p>定時分遮断制御</p> <p>センターはTundla</p>
電化	<ul style="list-style-type: none"> ・ き電盤改良、新設 26組 ・ ロケーター 新設 26組 ・ CB再閉路新設 7ヶ所 ・ 電車線改良 930km ・ 電車線新設 53km 		<p>在来 7SS+追加6SS×2組</p> <p>在来 7SS+追加6SS×2組</p> <p>在来 7SS</p> <p>速度向上対策(160km/h化)</p> <p>軌道新設・改良に伴うもの</p>

Annex. 5 高速鉄道建設 主要工事数量

項目	細目	数量	記事
用地	・線路、駅、保守基地、車両基地	12.8km ²	
軌道・構造物	・路盤 ・橋梁 ・高架橋 ・軌道 ・駅 ・保守基地 ・車両基地	412km 0.5km 17km 1,000km 8駅 9ヶ所 2ヶ所	高さ3.5m Agre 2km, Kanpur 15km 配属600両（37編成）
信号・通信	・電子連動装置 ・ATC ・CTC ・指令設備 ・通信設備 ・列車無線 ・通信線路	11組 1000km 11組 1式 1式 37列車 450km	搬送端局、中継器、各種電話等 空間波方式 光ファイバー、ケーブル等
電化	・送電線 ・SS ・SP ・SSP ・CC ・AT ・電車線	73km 6ヶ所 6ヶ所 10ヶ所 1ヶ所 74組 1,000km	6SS分（220kV 20km, 132kV 53km）

Annex 6-1 Summary of Cash Flow Analysis

Case (A)

(Unit: Million Rs)

Plan	Item	1988-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2024	Total
1-4	Operating income	4,473 (4,473)	13,323 (17,796)	17,339 (35,135)	17,339 (52,474)	17,339 (69,813)	31,210 (101,023)	101,023
	Operating expenses	1,957 (1,957)	3,377 (5,334)	3,902 (9,236)	3,902 (13,138)	3,902 (17,040)	7,024 (24,064)	24,064
	Operating profit	2,516 (2,516)	9,946 (12,462)	13,437 (25,899)	13,437 (39,336)	13,437 (52,773)	24,186 (76,959)	76,959
	Depreciation	545 (545)	783 (1,328)	844 (2,172)	844 (3,016)	844 (3,860)	1,519 (5,379)	5,379
	Investment	4,152 (4,152)	1,221 (5,373)	183 (5,556)	3 (5,559)	791 (6,350)	Δ540 (5,810)	5,810
	Cash flow	Δ1,091 (Δ1,091)	9,508 (8,417)	14,098 (22,515)	14,278 (36,793)	13,490 (50,283)	26,245 (76,528)	76,528
1	Loan repayment	1,214	1,215	1,286	1,275	1,265	2,192	
	Interest payment	(1,214)	(2,429)	(3,715)	(4,990)	(6,255)	(8,447)	8,447
	Net cash flow	453 (453)	8,293 (8,746)	12,812 (21,558)	13,002 (34,560)	12,224 (46,784)	24,053 (70,837)	70,837
2	Loan repayment	1,988	2,316	700	689	679	1,137	
	Interest payment	(1,988)	(4,304)	(5,004)	(5,693)	(6,372)	(7,509)	7,509
	Net cash flow	Δ321 (Δ321)	7,191 (6,870)	13,398 (20,268)	13,588 (33,856)	12,810 (46,666)	25,108 (71,774)	71,774
3	Loan repayment	1,300	1,387	1,344	1,301	1,172	2,109	
	Interest payment	(1,300)	(2,687)	(4,031)	(5,332)	(6,504)	(8,613)	8,613
	Net cash flow	367 (367)	8,121 (8,488)	12,754 (21,242)	12,976 (34,218)	12,317 (46,535)	24,136 (70,671)	76,671
4	Loan repayment	2,074	2,489	758	715	586	1,055	
	Interest payment	(2,074)	(4,563)	(5,321)	(6,036)	(6,622)	(7,677)	7,677
	Net cash flow	Δ406 (Δ406)	7,018 (6,612)	13,340 (19,952)	13,562 (33,514)	12,903 (46,417)	25,190 (71,607)	71,607

Note: Figures in parentheses are accumulated amounts.

Figures with Δ means deficit value.

Annex 6-2 Summary of Cash Flow Analysis

Case (B)

(Unit: Million Rs)

Plan	Item	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014	2015-2019	2020-2024	Total
1-4	Operating income	0 (0)	18,902 (18,902)	23,679 (42,581)	25,803 (68,384)	25,803 (94,187)	25,803 (119,990)	119,990
	Operating expenses	0 (0)	9,872 (9,872)	10,943 (20,815)	11,523 (32,338)	11,523 (43,861)	11,523 (55,384)	55,384
	Operating profit	0 (0)	9,030 (9,030)	12,736 (21,766)	14,280 (36,046)	14,280 (50,326)	14,280 (64,606)	64,606
	Depreciation	0 (0)	3,918 (3,918)	4,171 (8,089)	4,277 (12,366)	4,277 (16,643)	4,277 (20,920)	20,920
	Investment	22,389 (22,389)	963 (23,352)	2,893 (26,245)	0 (26,245)	1,804 (28,049)	Δ3,766 (24,283)	24,283
	Cash flow	Δ22,389 (Δ22,389)	11,985 (Δ10,404)	14,014 (3,610)	18,557 (22,167)	16,753 (38,920)	22,323 (61,243)	61,243
1	Loan repayment	0	10,844	10,844	11,525	11,424	11,323	
	Interest payment	(0)	(10,844)	(21,688)	(33,213)	(44,637)	(55,960)	55,960
	Net cash flow	0 (0)	1,141 (1,141)	3,170 (4,311)	7,032 (11,343)	5,329 (16,672)	11,000 (27,672)	27,672
2	Loan repayment	0	18,920	22,128	6,306	6,205	6,103	
	Interest payment	(0)	(18,920)	(41,048)	(47,354)	(53,559)	(59,662)	59,662
	Net cash flow	0 (0)	Δ6,935 (Δ6,935)	Δ8,114 (Δ15,049)	12,251 (Δ2,798)	10,548 (7,750)	16,220 (23,970)	23,970
3	Loan repayment	0	11,732	12,608	12,176	11,745	10,438	
	Interest payment	(0)	(11,732)	(24,340)	(36,516)	(48,261)	(58,699)	58,699
	Net cash flow	0 (0)	253 (253)	1,406 (1,659)	6,381 (8,040)	5,008 (13,048)	11,885 (24,933)	24,933
4	Loan repayment	0	19,808	23,892	6,957	6,526	5,219	
	Interest payment	(0)	(19,808)	(43,700)	(50,657)	(57,183)	(62,402)	62,402
	Net cash flow	0 (0)	Δ7,823 (Δ7,823)	Δ9,878 (Δ17,701)	11,600 (Δ6,101)	10,227 (4,126)	17,104 (21,230)	21,230

Note: Figures in parentheses are accumulated amounts.

Figures with Δ means deficit value.

Annex 6-3 Summary of Cash Flow Analysis

Case (C)

(Unit: Million Rs)

Plan	Item	1988-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2024	Total
124	Operating income	4,473 (4,473)	15,834 (20,307)	36,490 (56,797)	48,620 (105,417)	53,067 (158,484)	95,521 (254,005)	254,005
	Operating expenses	1,957 (1,957)	5,028 (6,985)	13,475 (20,460)	15,520 (35,980)	16,250 (52,230)	29,250 (81,480)	81,480
	Operating profit	2,516 (2,516)	10,806 (13,322)	23,015 (36,337)	33,100 (69,437)	36,817 (106,254)	66,271 (172,525)	172,525
	Depreciation	545 (545)	1,521 (2,066)	4,765 (6,831)	5,163 (11,994)	5,266 (17,260)	9,479 (26,739)	26,739
	Investment	5,847 (5,847)	21,477 (27,324)	2,073 (29,397)	3,455 (32,852)	791 (33,643)	Δ3,108 (30,535)	30,535
	Cash flow	Δ2,786 (Δ2,786)	Δ9,150 (Δ11,936)	25,707 (13,771)	34,808 (48,579)	41,292 (89,871)	78,858 (168,729)	168,729
1	Loan repayment	1,214	3,383	12,130	12,263	12,770	22,645	
	Interest payment	(1,214)	(4,597)	(16,727)	(28,990)	(41,760)	(64,405)	64,405
	Net cash flow	453 (453)	8,160 (8,613)	13,577 (22,190)	22,545 (44,735)	28,522 (73,257)	56,213 (129,470)	129,470
2	Loan repayment	1,988	5,662	21,440	18,921	6,965	12,196	
	Interest payment	(1,988)	(7,650)	(29,090)	(48,011)	(54,976)	(67,172)	67,172
	Net cash flow	Δ321 (Δ321)	5,881 (5,560)	4,266 (9,826)	15,887 (25,713)	34,327 (60,040)	66,662 (126,702)	126,702
3	Loan repayment	1,300	3,733	13,286	13,823	13,262	21,909	
	Interest payment	(1,300)	(5,033)	(18,319)	(32,142)	(45,404)	(67,313)	67,313
	Net cash flow	367 (367)	7,811 (8,178)	12,421 (20,599)	20,985 (41,584)	28,030 (69,614)	56,949 (126,563)	126,563
4	Loan repayment	2,074	6,012	22,596	20,480	7,457	11,460	
	Interest payment	(2,074)	(8,086)	(30,682)	(51,162)	(58,619)	(70,079)	70,079
	Net cash flow	Δ406 (Δ406)	5,531 (5,125)	3,110 (8,235)	14,328 (22,563)	33,835 (56,398)	67,398 (123,796)	123,796

Note: Figures in parentheses are accumulated amounts.

Figures with Δ means deficit value.

JICA