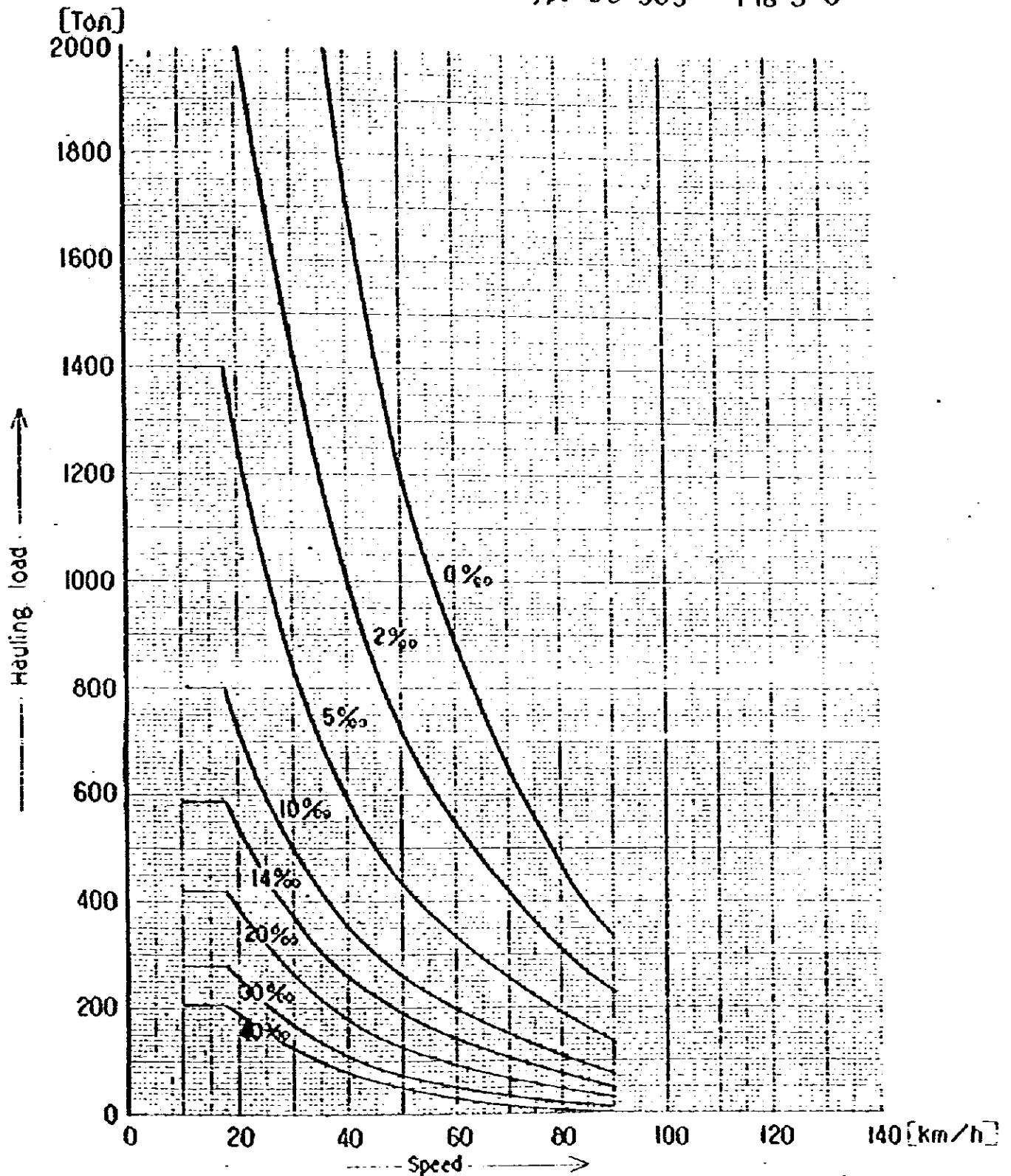


# Hauling load-speed diagram

Diesel-hydraulic locomotive Type BB 303 Fig 3-6

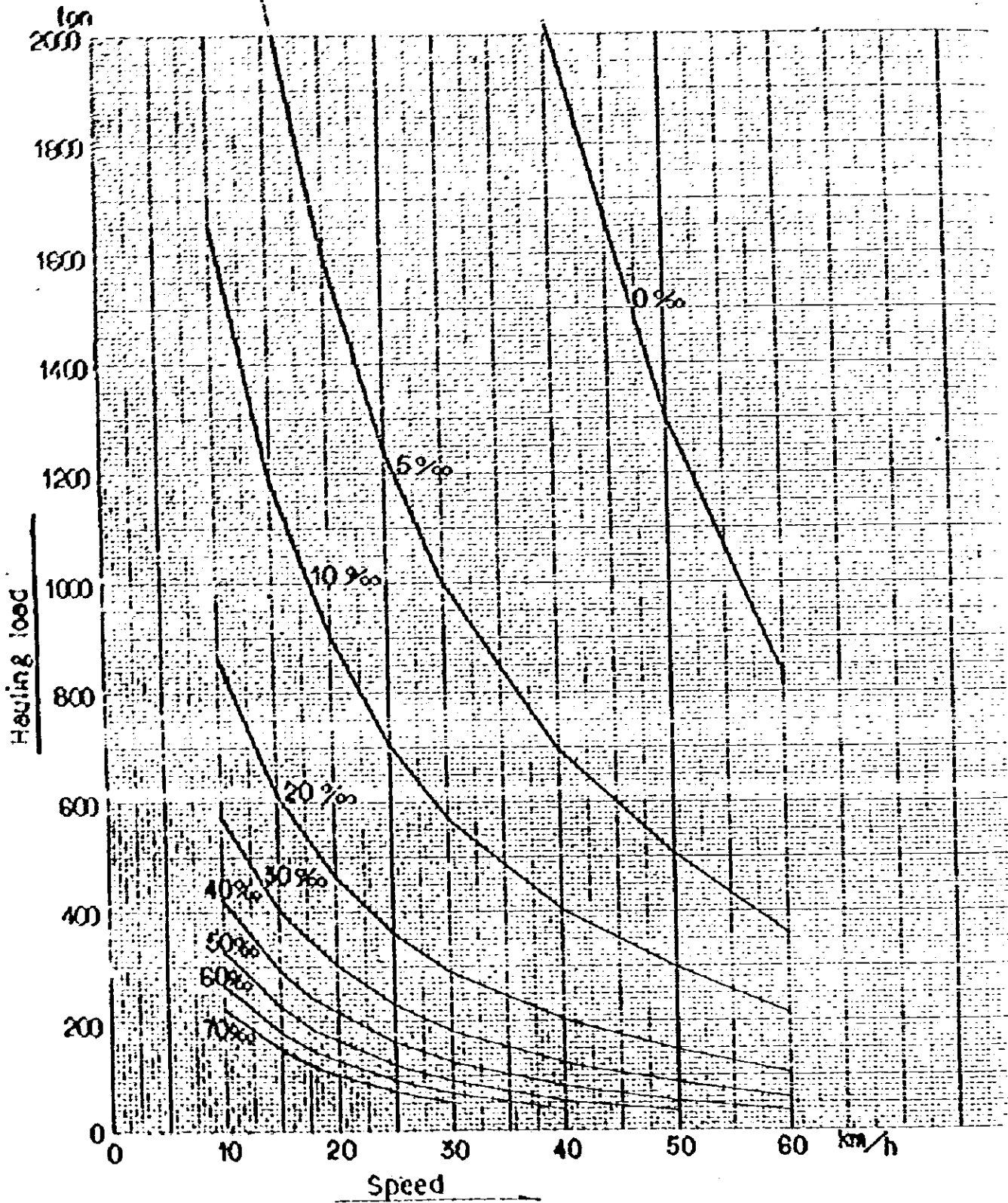


Running resistance of locomotive  $0.565 + 1.075v + 0.069v^2 + \frac{0.00451v^3}{44}$  kg/t

Running resistance of waggon  $0.65 + 1.315 + 0.014v + \frac{0.0075v^2}{43}$  kg/t

# Hauling load-speed diagram

Diesel rack-adhesion locomotive Fig 3-7



Running resistance of locomotive  $1.72 + 0.0084V + \frac{0.0369V^2}{55} \text{ kg/t}$   
 Running resistance of waggon  $1.60 + 0.00077V^2 \text{ kg/t}$

#### 4.2.1 Sawahlunto ~ Batutabal 間

##### 1) 線路条件

Sawahlunto から Batutabal へ向う区間における最急上り勾配は、20%であって、これは Silungkanng と Guguksarai との間にあり、それ以外の区間での最急上り勾配は、Sawahlunto と Muarakalaban との間にある13%である。

Muarakalaban から Sawahlunto へ向っての、30%の上り勾配は、石炭用ホッパー貨車が空車回送であるので、特に問題はない。

##### 2) 線路容量

Table 3-2 に示すように、この区間における駅間最小線路容量は、30列車/日である。

##### 3) 使用機関車形式とけん引重量

機関車は、BB303形ディーゼル機関車とする。

20%の上り勾配におけるこの機関車のけん引重量は、

速度約32km/hにおいて約240トン

速度約25km/hにおいて約320トン

であり、これは、それぞれ石炭を積んだホッパー貨車6両分及び8両分に相当する。

##### 4) 列車編成及び1日の列車数

###### (1) 第1ステージ (1985年)

Sawahlunto から Batutabal へ、石炭を積んだホッパー貨車4両(総重量160トン)から成る石炭輸送列車を、1日に12列車運行し、Sawahlunto へ向けてのホッパー貨車の空車回送も、同じく4両編成(重量56トン)12列車とすれば、1日の列車本数は24列車で石炭輸送能力はホッパー貨車48両分、約1,100トンである。

###### (2) 第2ステージ (1989年)

Sawahlunto から Batutabal へ、石炭を積んだホッパー貨車8両(総重量320トン)から成る石炭輸送列車を、1日に15列車運行し、ホッパー貨車の空車回送も、同じく8両編成(重量112トン)15列車とすれば、1日の列車本数は30列車で、石炭輸送能力はホッパー貨車120両分、約2,760トンである。

##### 5) 石炭以外の貨物及び旅客輸送について

前項の第2ステージにおいて、320トンけん引の場合、20%の上り勾配における列車の均衡速度は約25km/hであるが、20%の上り勾配の区間は限られており、全区間を通じての駅間走行平均速度は、ホッパー貨車8両の他に貨車または客車を1両程度増粘しても現在の平均速度を維持できるものとする。

従って、旅客輸送は、現在の運転ダイヤグラムと同じように、駅間の石炭列車に客車を連

結した空台列車として運転することにより、現在より以上の輸送が可能である。

#### 4.2.2 Batutabal ~ Padangpanjang 間

##### 1) 線路条件

Batutabal から Padangpanjang へ向う区間における最急上り勾配は50%であり、これはBatutabal とKubukerambil との間にある。

また、Kubukerambil と Padangpanjang との間には40~47%の急勾配区間がある。

これらの急勾配区間には、ラック軌条が設けられている。

##### 2) 線路容量

Table 3-2 に示すように、この区間における線路容量は30列車/日である。

##### 3) 使用機関車形式とけん引重量

機関車は露人が予定されている、ラック区間用ディーゼル電気機関車を使用する。

50%の上り勾配におけるこの機関車のけん引重量は、ラック区間における制限速度20km/hにおいて約160トンであり、これは石炭を積んだホッパー貨車4両分に相当する。

##### 4) 列車構成及び1日の列車数

この区間における列車運行は、第1ステージ及び第2ステージ共、それぞれ4.2.1-4) に述べた列車運行と同じとし、機関車のみ、Batutabalにおいて、BB303と、ラック区間用ディーゼル機関車とを交換するものとする。

即ち、第1ステージでは、4両構成で24列車、第2ステージでは8両構成で30列車が運行される。

ただし、第2ステージで、積車8両(320トン)をけん引するためには、2両の機関車による、重連けん引列車とする必要がある。

この場合、50%の上り勾配での速度を18km/hとすれば、ホッパー貨車以外の貨車を増結して、360トンのけん引も可能である。

#### 4.2.3 Padangpanjang ~ Kayutanam 間

##### 1) 線路条件

Padangpanjang から Kayutanam へ向う区間における最急勾配は、Padangpanjang →Kandangampat 間で70%、Kandangampat →Kayutanam 間で51%の下り勾配である。

これらの急勾配区間には、ラック軌条が設けられている。

##### 2) 線路容量

Table 3-2 に示すように、Padangpanjang ~ Kandangampat 間には、行き違い設備が設けられないので、線路容量はSawahlunto から Bukitputus までの間で、最少の

21列車/日である。

### 3) 使用機関車形式とけん引重量

機関車は、前の区間と同じ、ラック区間用ディーゼル電気機関車を使用する。

この機関車のけん引重量は、速度18km/hでは、上り勾配5.0%において約180トン、7.0%においては約115トンである。

この区間において、勾配を上る方向の列車は、石炭用ホッパー貨車の空車回送のもので、180トンは貨車12両分、115トンは貨車8両分に相当する。

### 4) 列車編成及び1日の列車数

#### (1) 第1ステージ (1985年)

Kayutanamへ向けては、前の区間から引き続き、ホッパー貨車4両(総重量160トン)編成12列車を運行する。

Padangpanjangへ向けての、空車回送列車は機関車の回送も兼ねて、2両の機関車の重連で、8両(総重量112トン)編成、6列車とし、上記の12列車と合せて、1日に18列車とする。

#### (2) 第2ステージ (1989年)

Kayutanamへ向けての下り勾配は、BatutabalからPadangpanjangに到着する、8両編成15列車をPadangpanjangで、12両編成(総重量180トン)10列車に代替えて運行する。

Padangpanjangへ向けての上り勾配は、Bukitputusからの空車12両編成(168トン)10列車の機関車を、Kayutanamで、ラック区間用ディーゼル機関車と取替えて運行する。

従って、この区間における1日の列車本数は、20列車となる。

この場合、列車はすべて、ラック区間用ディーゼル機関車の2両重連けん引とする。

## 4.2.4 Kayutanam ~ Bukitputus 間

### 1) 線路条件

KayutanamからBukitputusへ向う区間における最急上り勾配は、Paritmalintang ~ Lubukalung間にある6%であり、また、Kayutanamへ向っての最急上り勾配は、Kayutanam ~ Lubukalung間にある12%である。

この12%の上り勾配は、石炭用ホッパー貨車の空車回送であるので特に問題はない。

### 2) 線路容量

この区間には、列車の行き違いのできる斜線の設備を持つ駅が多く、比較的平坦であって駅間平均速度も高いので、最も線路容量の少いPadang ~ Bukitputus間でも36列車/日となっている。

### 3) 使用機関車形式とけん引重量

機関車は、BB393形ディーゼル機関車とする。

6%の上り勾配におけるけん引重量は、速度40km/hにおいて、500トン以上あり、12%の上り勾配でのけん引重量は、速度40km/hでは、約300トンである。

### 4) 列車編成及び1日の列車数

#### (1) 第1ステージ (1985年)

Bukitputusへ向けての列車は、PadangpanjangからKayutanamに到着する、4両編成12列車を、8両編成6列車に組替えて運行する。

Kayutanamへ向けての空車回送列車も同じく、8両編成6列車とする。

従って、この区間の石炭輸送関係列車は、1日12列車である。

#### (2) 第2ステージ (1989年)

Bukitputus 方向及びKayutanam方向共に、12両編成10列車とすれば、石炭輸送関係列車は、1日20列車となり、LubukalungからNaras 方面へ向う列車(現在の運転ダイヤグラムでは、定期列車と不定期列車の合計12列車)を考慮に入れても、線路容量には、余裕がある。

## 4.2.5 Bukitputus ~ サイロ

### 1) 線路条件

図に示すようにサイロは、Bukitputus から約800m Telukbayur 方向へ離れた丘の中腹にあり、線路は単線で、サイロに向って約20%の上り勾配を含む。

### 2) 使用機関車形式とけん引重量

機関車は、現在使用されている、BB300形ディーゼル機関車とする。

速度30km/hで上り勾配を上る場合のけん引重量は、

勾配20%において、約130トン

勾配25%において、約100トン

であり、石炭を積んだホッパー貨車2両(約80トン)をけん引するには充分である。

### 3) 列車編成及び1日の列車数

#### (1) 第1ステージ (1987年)

Bukitputus には、1日に約1060トンの石炭を積んだホッパー貨車が到着するが、これはホッパー貨車約16両に相当する。

このうち、Indarungのセメント工場へ送る分を除いて、毎日約140トン(ホッパー貨車約6両分)を、サイロへ輸送する。

従って、ホッパー貨車2両(総重量約80トン)をけん引して1日に3往復すればよい。

(2) 第2ステージ (1989年)

Bukitputus に、1日に到着する石炭2620トン(ホッパー貨車114両分)のうち、約1700トン(ホッパー貨車74両分)をサイロへ移送する。

従って、ホッパー貨車2両をけん引して、1日に37往復する。

4) 線路容量の検討

サイロの将来規模を極力小さくするため、サイロへの石炭移送は、1回当り、ホッパー貨車2両をBB300形ディーゼル機関車でけん引するものとする。最終目標の1989年には、前記のとおりBukitputus からサイロまで、1日に約40往復する必要がある。

また、サイロ側のコンベヤの稼働は、1日に2シフト、16時間とし、コンベヤの休止時間には、サイロへの石炭移送も中止して、夜間に到着する石炭移送列車は、翌朝までBukitputus の側線に留置し、翌朝、コンベヤの始動を待つて、サイロへ移送するものとする。

従って、上述の40往復の貨車移送は、コンベヤの稼働している、16時間(実質14時間)の間に行なわれるものとする。

以下、この場合の線路容量について検討する。

(1) 列車運行所要時分

列車の定常運転速度を、30km/hとし、加速度及び減速度を0.75km/h/secとすれば、定常速度に達するまで、及び定常速度から停止するまでの時間は、それぞれ40秒でその間に走行する距離は、約170mである。

Bukitputus からサイロまでの、列車の走行距離を900mとすれば、定常速度での走行距離は

$$900m - 170m \times 2 = 560m \text{で、所要時間は約70秒である。}$$

従って、列車の走行時間は、片道約150秒、往復では約300秒で、約5分と考える。

(2) サイロでの石炭取卸し時分

ホッパー貨車の側扉の開扉、石炭落下、閉扉に要する時間を、貨車1両に付、1分とすれば、2両では2分を要する。

この時間に、列車の位置合せ等の余裕を見て、サイロ上での作業に要する時間を、約5分とする。

(3) Bukitputus における入換所要時間

Bukitputus における、貨車の分離、結合、入換等に要する時間を、サイロへの往復毎に約5分とする。

(4) サイロへの1列車往復所要時間

サイロへ1列車が往復するのに要する時間は、(1)~(3)の合計で、約15分である。

## ⑤ 急 急 急 急

上記の多量で、1日時間内におけるこの区間の総旅客数は

$$\frac{16 \times 60}{35} \times 0.75 = 42 \times 60$$

で、1日時間内にもより急急の列車を走らすことは可能である。

## 4.2.4 場内車及び貨車の整備

### 1) ブレーキ

Katubalabati ~ Padangpanjang ~ Kayutanam の区間における、70%及び50%を急急急急区間を走行するため、現在運転手の運転手をホッパー貨車に添乗させて、機関車自身のブレーキの他にホッパー貨車に設備されてゐる、手ブレーキを操作することにより、急急急急を運転しながら運転してゐる。

この区間に購入を予定されてゐる、ラック式ディーゼル機関車のブレーキ力は、下り勾配70%で速度15km/hのとき、機関車のブレーキで定速走行できる貨車重量が100トン程度であり、機関車のブレーキのみでは、石炭を積載した貨車2両しか牽引できない。

また、運転手を添乗させるにしても、現在のように、貨車の両数が2~4両であるなら、現在の方法でも可能と考えられるが、貨車の両数が、8~12両となる時点では、人力に頼るだけで危険を伴う。

従つて、将来は、機関車及び貨車に自動空気ブレーキ装置を設備し、機関車運転手がブレーキ弁を操作することにより、列車全体に一齐にブレーキがかかる方式とし、手ブレーキは、留置場又は補助用とすべきであると考えらる。

### 2) 機関車の制動方式

急急急急区間を運行するラック式ディーゼル機関車は、2両を連結して、重連運転とする必要がある。

このために、機関車には、包括制動装置を備えて、2両の機関車を先頭の機関車の運転台で、同時に制動し、2両の機関車の性能を充分発揮させる。包括運転ができることが必要である。

近い将来に、購入が予定されているディーゼル機関車は、購入の時点で、このような機能を具備したものとすべきである。

### 3) 連結器の強度

Katubalabati から Padangpanjang を経て Kayutanam に至る急急急急区間において、石炭を積んだホッパー貨車1両(160トン)を、ディーゼル機関車1両でけん引するときの、機関車のけん引力は、速度20km/hにおいて、約11.3トンであり、現在、ホッパー貨車に使用されている連結器(許容引張力20トン)でも、能力は充分である。



しかし、第2ステージにおいて、石炭を積んだホッパー貨車または20トン車けん引する場合には、機関車を重連としなければならぬのは前述のとおりであるが、そのけん引力は、速度20km/hにおいて、2倍の約22.6トンとなり、現在の連結器の能力を超えることになる。

従って、増備を予定されているホッパー貨車は、十分な強度を持つ自動連結器を備えるものとする。

現在のホッパー貨車は、石炭積載車の場合、この急勾配区間で、列車編成の前半部は、4両以下を併結するものとして考える。

なお、将来、このプロジェクトが実施に移される場合には、現在のホッパー貨車の車体台枠の強度が許すなら、自動連結器に取り替えることも考慮されるべきである。

現在使用されている、BB303形及びBB300型ディーゼル機関車のけん引用連結器は、自動連結器と、ホッパー貨車に使われている連結器との何れにも共用できる形式となっているので、問題はない。

#### 4.3 車両の種類別必要両数

##### 4.3.1 機関車

この線区において、列車運行に必要な機関車数を求めるため、つぎの条件で前項で述べた列車運転本数から、それぞれの区間の列車運転ダイヤグラムを想定し、このダイヤグラムから必要な機関車数を想定した。

- (1) 各駅間の運転所要時間は、現行の運転ダイヤグラムにおける運転所要時間と同じものとし、Table 3-2 に示すとおりとする。
- (2) Sawahlunto から Bukitputus までの間の、石炭輸送列車は假定し、Indarung, Puluar, Naras 等への列車との関係は、考慮しない。
- (3) 1日の全列車は、24時間の間長、平均に分布して運転されるものとした。
- (4) 列車の行き違いのための停車時間は、5分を標準とし、行き違いの位置によって、5分の停車時間で行き違いのできない場合のみ、停車時間を延長するものとした。
- (5) 1つの区間の両端の駅での、機関車の折り返しは、検査等のため、一部の駅において、2時間以上の休止時間がとれるようにした。
- (6) 以上の条件のもとに想定した運転ダイヤグラム上の、ある時刻において、運転中または折り返しのため休止中の機関車の数が、列車運行に必要の場合を必要と見做し、定数の検査係機または、故障等の場合のための予備機関車は、この必要定数に比べて削減されるものとする。

1) Sewabunto ~ Batutabal

場線形式は、右第39号形を基本ダイヤル場線とする。

1) 第1ステージ

- 1日の列車往復回数 12
- 平均運転時間 2時間

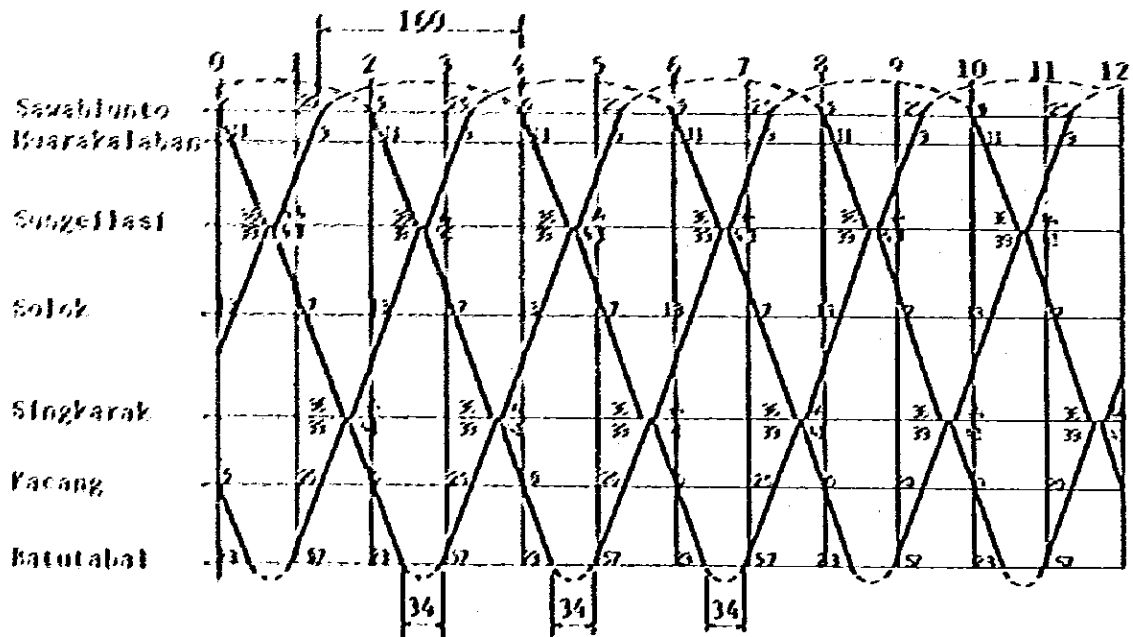


Fig 3-8

- 必要機関車数 4

12) 第2ステージ

- 1日の列車往復回数 15
- 平均運転時間 1.6時間(96分)

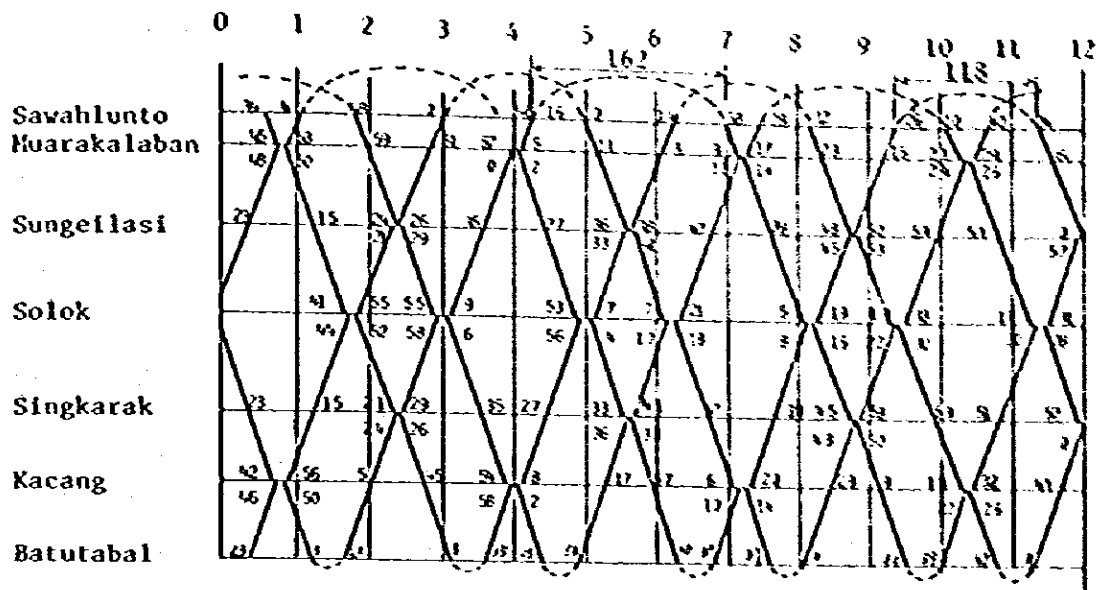


Fig 3 - 9

- 必要機関車数 5

2) Batutabal ~ Padangpanjang

機関車形式は、ラック区間用電気式ディーゼル機関車とする。

(1) 第1ステージ

- 1日の列車往復回数 12
- 平均運転時隔 2時間

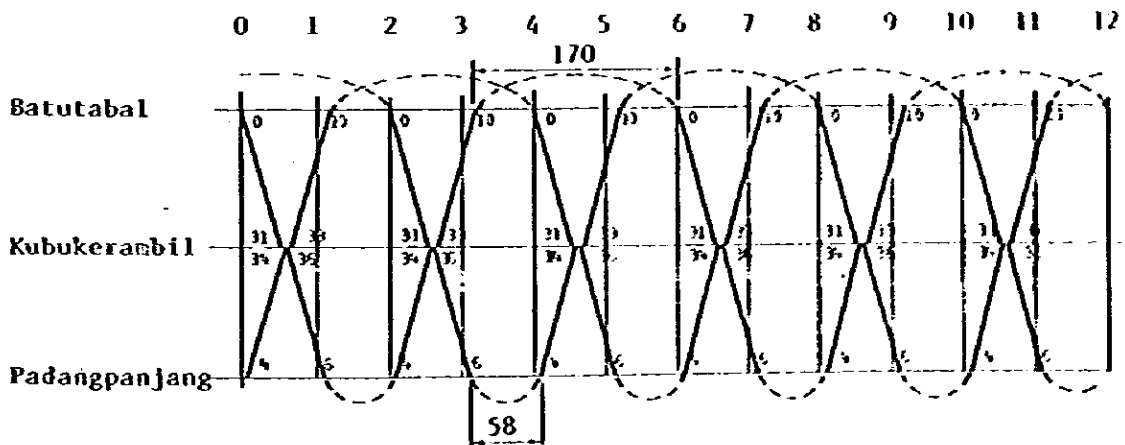


Fig 3 - 10

- ① 必要機軸回數 3
- ② 第2ノブ
- ③ 1日め列車往復回數 12 (重連)
- ④ 平均運行時間 2時間 (重連)

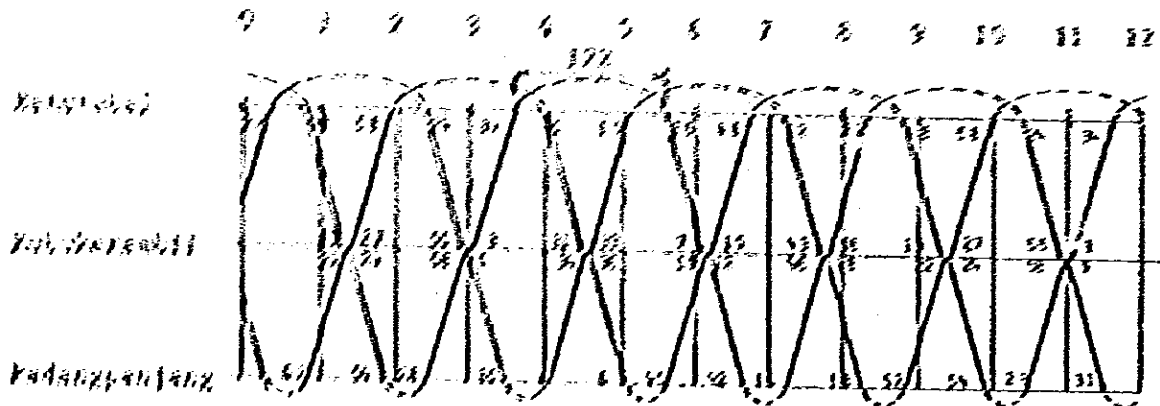


Fig 3-11

- ① 必要機軸回數  $3 \times 2 = 6$  (重連のため)
- ② Padangpanjang ~ Kayutanam  
機軸車形式は、この区間用電氣式ディーゼル機関車とする。
- ③ 第1ステージ
  - ① 1日め列車往復回數 Padangpanjang → Kayutanam 12  
Kayutanam → Padangpanjang 6 (重連)
  - ② 平均運行時間 Padangpanjang → Kayutanam 2時間  
Kayutanam → Padangpanjang 4時間

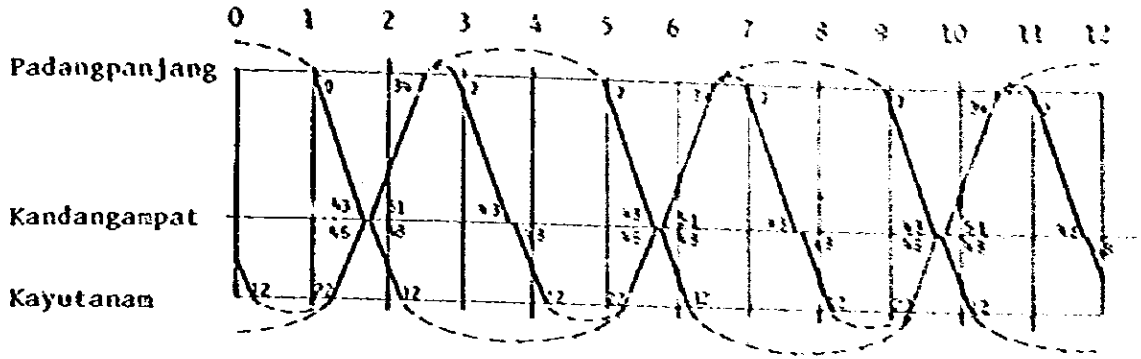


Fig 3 - 12

- 必要機関車数                    3
- (2) 第2ステージ
  - 1日の列車往復回数            10 (重連)
  - 平均運転時隔                    2.4時間(144分)

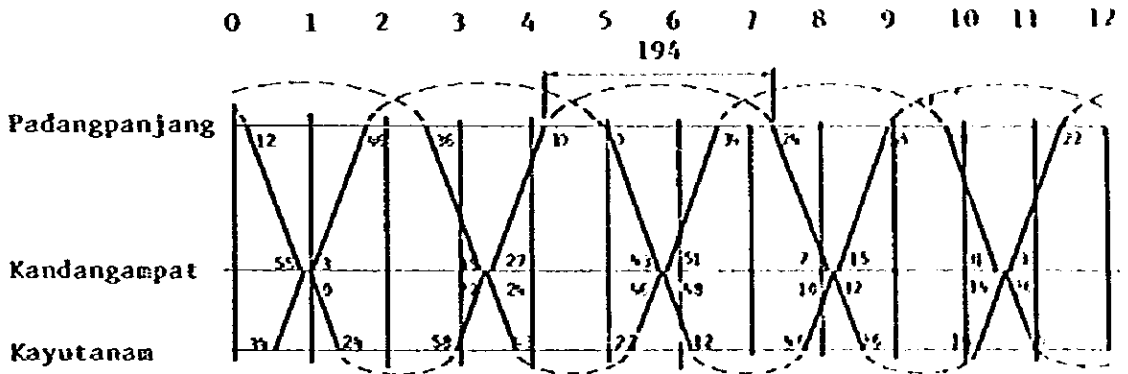


Fig 3 - 13

- 必要機関車数                     $3 \times 2 = 6$  (重連のため)
- 4) Kayutanam ~ Bukitpulus
 

機関車形式は、BB303形液体式ディーゼル機関車とする。

(1) 第1ステージ

- 1日の往復列車回数 6
- 平均運転時間 4時間

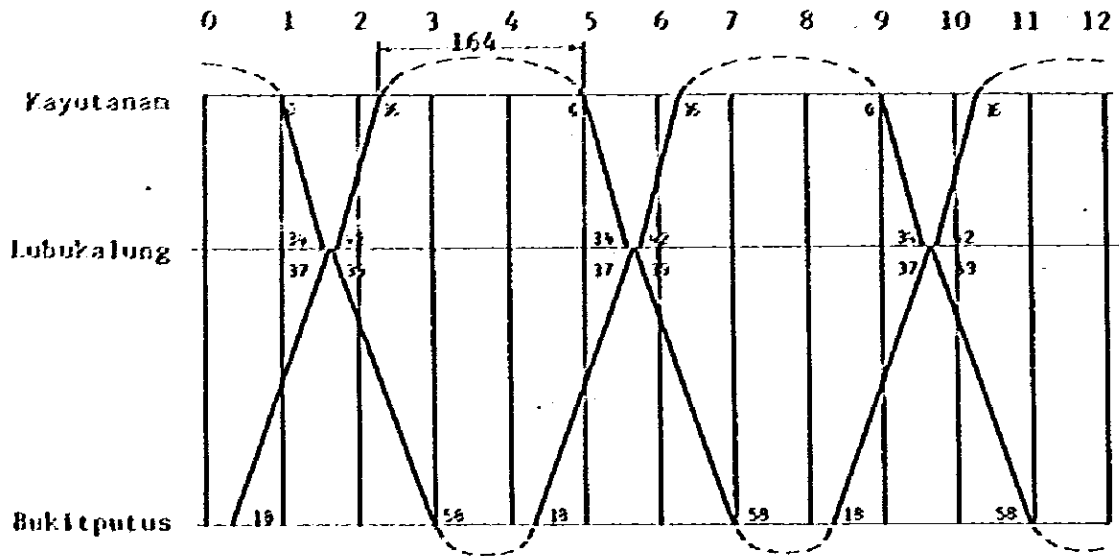


Fig 3-14

- 必要機関車数 2

(2) 第2ステージ

- 1日の往復列車回数 10
- 平均運転時間 2.4時間(144分)

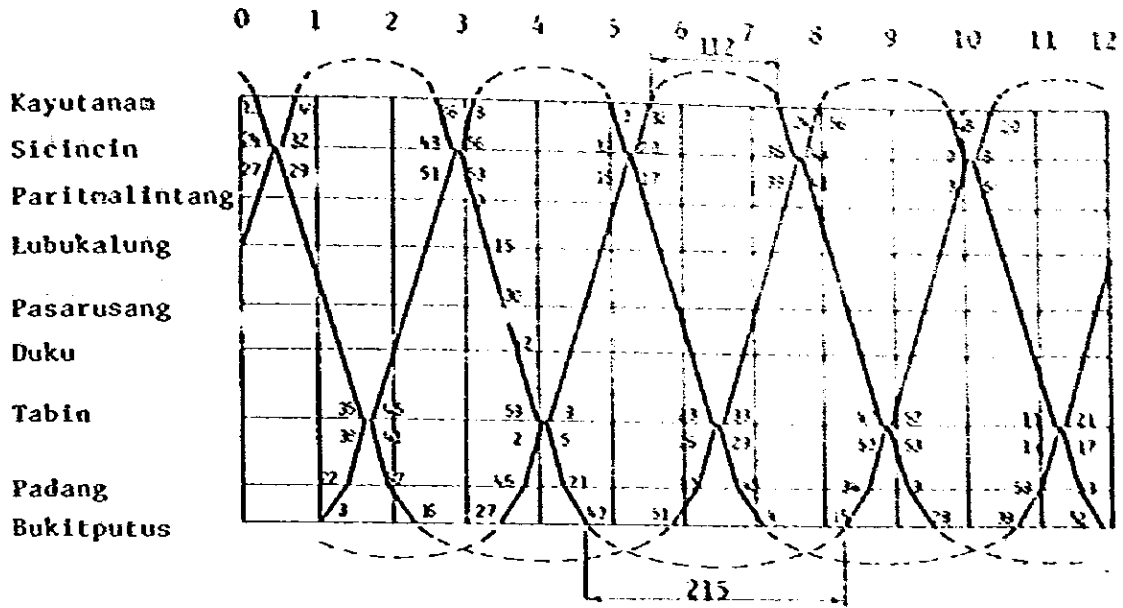


Fig 3 - 15

○ 必要機関車数 4

5) 機関車の増備計画

1) ~ 4) の検討結果をまとめると、次表のようになる。

Table 3 - 8

区 間	Sawahlunto ~ Batulabal		Batulabal ~ Padangpanjang		Padangpanjang ~ Kayutanam		Kayutanam ~ Bukitputus		人 換 用	
	BB 303		Diesel Rack-adhesion Locomotive				BB 303		BB 300	
現 在 の 機 関 車 数	3		0				2			
ス テ ー ジ	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
必 要 両 数	4	5	3	6	3	6	2	4	1	3
予 備 車 数	1	1	1	1	--	1	--	1	--	--
合 計	5	6	4	7	3	7	2	5	1	3
現 在 と の 較 比	+2	+3	+4	+7	+3	+7	0	+3	+1	+3

上表において、現在 Padang の Depot に在籍されている、BB 303 形ディーゼル機

また、またのラック用ディーゼル機関車が、購入を計画されているが、第1ステージの19年ごろまでには、現在使用中の蒸気機関車の使用を廃止するためには、検査修繕のための予備として、更に1両を増備すべきである。

また、またのラック用ディーゼル機関車が、購入を計画されているが、第1ステージの19年ごろまでには、現在使用中の蒸気機関車の使用を廃止するためには、検査修繕のための予備として、更に1両を増備すべきである。

また、またのラック用ディーゼル機関車が、購入を計画されているが、第1ステージの19年ごろまでには、現在使用中の蒸気機関車の使用を廃止するためには、検査修繕のための予備として、更に1両を増備すべきである。

また、またのラック用ディーゼル機関車が、購入を計画されているが、第1ステージの19年ごろまでには、現在使用中の蒸気機関車の使用を廃止するためには、検査修繕のための予備として、更に1両を増備すべきである。

#### 6) 人乗用機関車

人乗用機関車の現状については、2.3.1に述べたとおりであるが、石炭輸送需要の増大に伴って、Bawalunto 及び Bukitputus における石炭用ホッパー貨車の入換作業用として、BB300形と相当の人乗用ディーゼル機関車を導入する必要がある。

第1ステージにおいては、Bawalunto の人乗用として1両、第2ステージにおいては Bawalunto 及び Bukitputus に各1両を増備する。

### 1.3.2 ホッパー貨車

ある区間において、列車運転に必要な貨車の両数はずきの式によって求められる。

$N$  → 運転に必要な車両数

$t_1$  → 往路及び復路における運転所要時間

$t_2$  → 終末駅の折り返し所要時間

$t_3$  → 列車の運転時間間隔 = 24/1日の片道列車本数

$n$  → 列車1編成の車両数

よって、

$$N = \frac{(t_1 + t_2) \times 2}{t_3} \times n$$

である。

各駅間の所要時間を、現行の運転ダイヤグラムの上で、Table 3-2に示すとおりとし、Batutabal, Padangpanjan, Kayutanam における機関車交換、編成替の余裕時間を平均して、各々60分、途中駅での行き違い所要時間の合計を、40分とすれば

$$t_1 = 37 + 160 \times 3 + 40 = 594 \text{分} \div 10 \text{時間}$$

となる。

また、終末駅での折り返し所要時間  $t_2$  を、8.5時間とする。

以上の条件で、必要な貨車両数を計算した結果は、以下のとおりである。



### 1) 第1ステージ

第1ステージにおいて、1日の列車本数は、区間により4両編成12列車及び8両編成6列車の2種類があるが、1日の貨車輸送両数は、どちらも18両である。

従って、 $t_1$  の値は、1日12列車の場合と6列車の場合と何れをとっても、 $N$  の値は同じである。

1日の片道列車本数を12列車とすれば、 $t_1 = 2$ 、 $n = 4$

$$N = \frac{(10+8.5) \times 2}{2} \times 4 \\ = 74$$

これに、検査、修繕の為の予備率を20%とすれば、第1ステージにおいて、必要とするホッパー貨車両数は

$$\frac{74}{0.8} \doteq 93 \text{ 両}$$

である。

### 2) 第2ステージ

第2ステージにおいて、1日の列車本数は、区間により8両編成15列車及び12両編成10列車の2種類があるが、1日の貨車輸送両数は、どちらも120両である。

1日の片道列車本数を10列車とすれば、 $t_1 = 2.4$ 、 $n = 12$

$$N = \frac{(10+8.5) \times 2}{2.4} \times 12 \\ = 185$$

これを、12両編成の列車数に直すと

$$\frac{185}{12} = 15.4 \doteq 16 \text{ 編成}$$

従って、貨車両数は

$$16 \times 12 = 192 \text{ 両}$$

であり、検査、修繕のための予備率を20%とすれば、第2ステージにおいて、必要とするホッパー貨車両数は、

$$\frac{192}{0.8} = 240 \text{ 両}$$

である。

### 3) ホッパー貨車の増備計画

石炭輸送用ホッパー貨車の保有数は、1980年現在で118両であり、そのうち、1985

可能なものは、97両となっている。

従って、第1ステージの1985年までは、現在の運転ダイヤグラムを修正し、必要な機関車を準備すれば、貨車は増備の必要がない。

しかし、第2ステージの最終目標年である1989年までには、有効に稼働できる貨車両数を、240両まで増加する必要がある。

インドネシア国鉄(PJKA)には、現在、ホッパー貨車150両を増備する計画があり、この計画は将来の石炭の輸送需要の増加に充分耐えることのできるものとする。

## 5 駅設備改良

### 5.1 行き違い設備

Sawahlunto と Batutabal との間には、Table 3-2 に示したように、行き違い可能な側線を有する駅が、Sumpur 及び Silungkang を除いて17駅ある。

4.2.で検討したように、線路容量の点から、将来も、現在以上に行き違い設備を増強する必要はない。

また、行き違いのための側線のうちで、有効長の最も短いのは、Kayutanam駅の181mである。

しかし、Kayutanamに入る列車で最も長い列車は、第2ステージにおける、2両のホッパ区間用ディーゼル機関車で、ホッパ貨車12両をけん引する列車であって、その長さは、

$$13.5m \times 2 + 10.65m \times 12 = 154.8m$$

であり、現在の側線の長さでも、充分余裕があり、行き違いが可能である。

### 5.2 ターミナル駅設備

Bukitputus 駅において、到着貨車を、2両ずつに分割して、サイロへ搬送するが、夜間サイロでの作業の休止時間中に到着する貨車は、翌朝、サイロの作業開始まで、Bukitputus 駅の側線に留置せねばならない。

この夜間の到着列車数は、1日の到着列車数の約1/3と考えると、第1ステージには、ホッパ貨車8両編成2列車、第2ステージには12両編成3列車である。

現在、Bukitputus には、図に示すように、①～⑥の線の他に、Padang 及び Indarung 方向にそれぞれ1本の引上線がある。

図に示す①～⑥の線のうち、①、②線を、Padang ~ Telukbayur 間の列車の行き違い、Indarung 方面への石炭搬送、Indarung からのセメント搬送等を使用し、③～⑥線を、石炭搬送列車の到着線、ホッパ貨車の空車の留置、機関車の通行線、夜間の貨車留置等使用する。

第1ステージにおいては、編成長(8両 85.2m)が短く、③線の浅り線の長さにも、1両編成ずつ留置することも可能なので、現在のままでよい。

第2ステージでは、編成長(12両 127.8m)も長く、3両編成を留置する必要があるもので、図に示すように、気線2本を増設する必要があると考える。

これに伴って、道路も図のように移設することが必要となる。

上記による工事量は概略つきのとおりである。

山 軌 道 増 設

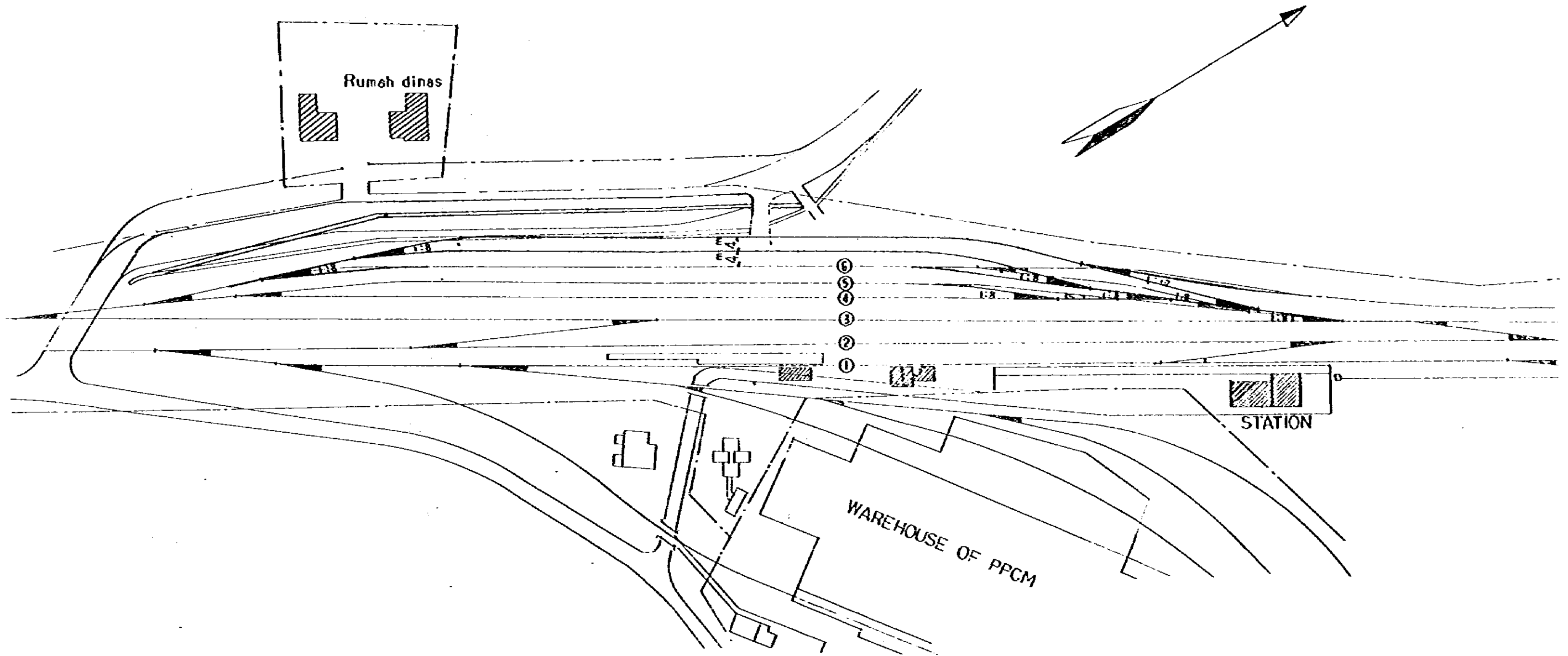
350m

(2) 軌道移設	250 m
(3) 分岐器増設及び取替	7組
(4) 分岐器移設	1組
(5) 道路移設	約1,640 m <sup>2</sup>

また、Bukitputus 駅構内の南西端を横断する道路は、Telukbayur への列車の往復とサイロへの石炭輸送のための列車の往復とで、列車通行量が非常に多くなるので、将来、その状況によっては、道路と線路との立体交差化を検討する必要があると考えられる。



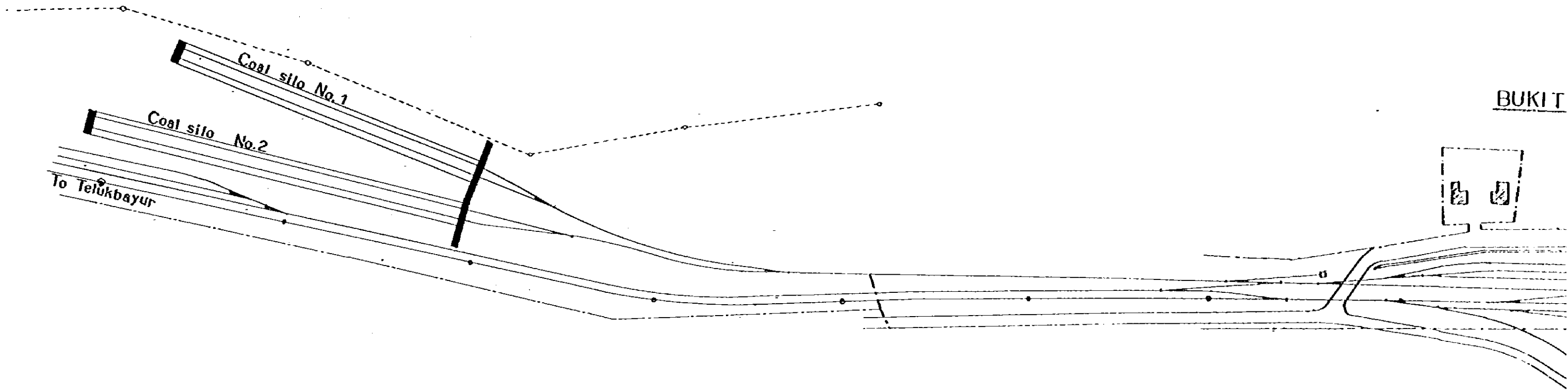
Increase Plan of Siding Tracks  
at Bukitputus Station



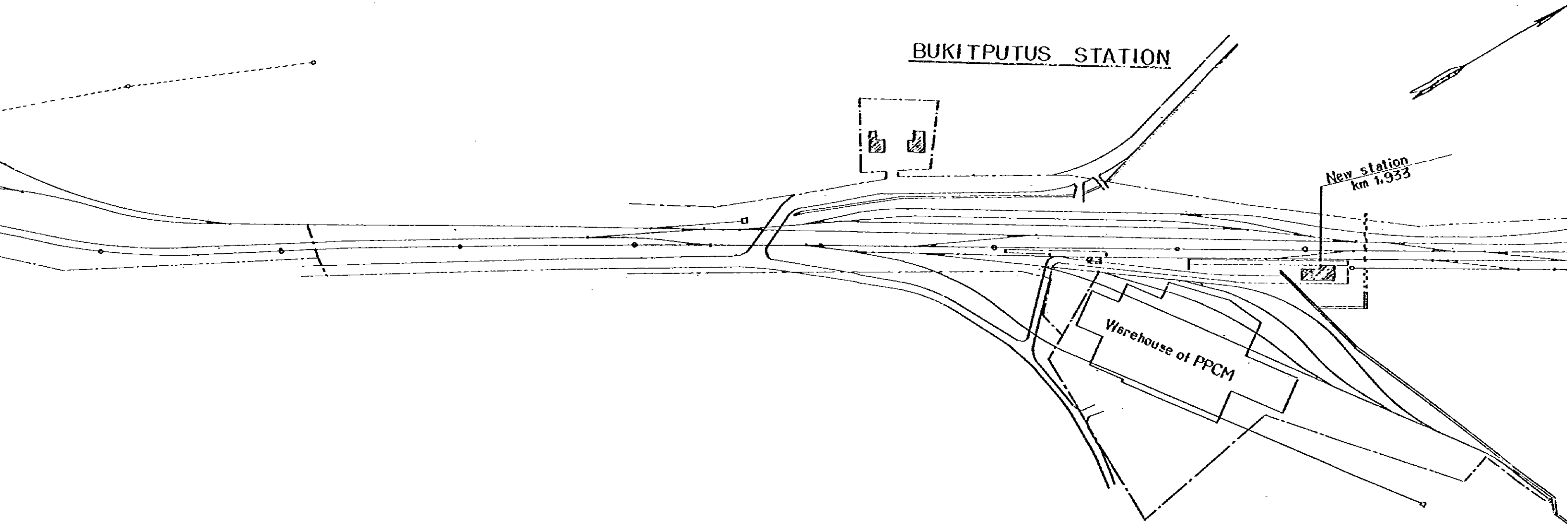
Fi83-16

Scale 1:1000

Location of Bukitputus Station and Coal Silo



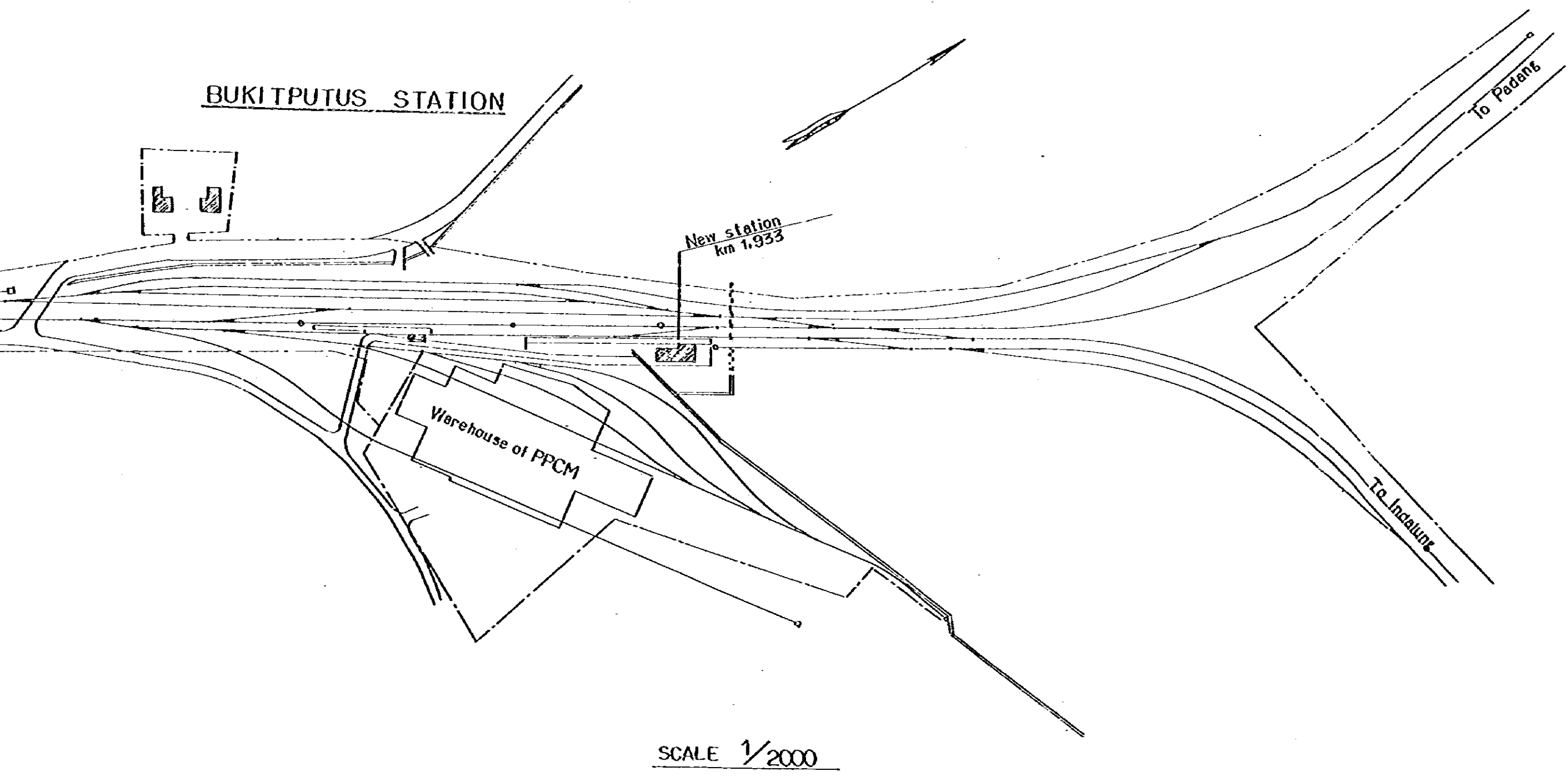
Location of Bukitputus Station and Coal Silo



SCALE 1/2000



Coal Silo





## 6 軌道改良

### 6.1 計画輸送量と軌道構造

列車の運転計画のために、石炭の計画輸送量を2つのステージに分けたが、軌道構造は各ステージごとに変えることはできない。当然のことながら、軌道構造は、最終計画輸送量をベースにして、現在の構造が適当であるかどうか、改良するならばどの程度のものにすべきかを検討することになる。

線路上を走行する通過トン数は、輸送量のほかに車両の重量を加えたものになり、この鉄道の場合はおおざっぱにいえば、車両重量は積荷とほぼ等量になる。さらにこの鉄道のように殆どの貨物が片道輸送となるので、空車の回送を加算すると、通過トン数は輸送量の約3倍と考えてよい。すなわち計画輸送量が約100万トン/年ということは、通過トン数300万トン/年となり、これはまた8,000~9,000トン/日を意味する。

線路等級と軌道構造については2.2に述べたとおりで、上記の通過トン数は、新線路等級6級に担当する。PJKAでは新しい線路等級についての軌道構造は、まだ規定化されていないが、それらにこだわらずに、軌道構造について検討することとする。

軌道は車両の軸重(10.7トン)および列車速度(60km/hと想定)に耐えなければならぬのはいうまでもないが、上記の通過トン数に伴って増大する軌道の劣化に対し、保守経済上妥当なものでなければならぬ。したがって、以下に述べる軌道構造については、計算により各部応力の確認を行ったが、そのほかに保守の経験から考えられる、バランスのとれた軌道構造が重要となる。

### 6.2 レールおよびラックレール

重いレールを使うことは、レール自身を強くし応力を減少させるだけでなく、マクラギ応力や路盤圧力も減少させ、軌道全体を強化すると同時に軌道保守を軽減するのに有効である。したがって、最近はなるべく大きなレールを使う傾向にある。

レールの応力だけについていえば、マクラギ間隔を680mmとすると、R2レール(2575Kg/m)でも耐えられないことはないが、余裕が少なく好ましくない。また各部応力、特に路盤圧力が過大となり、保守のうえから避けなければならない。

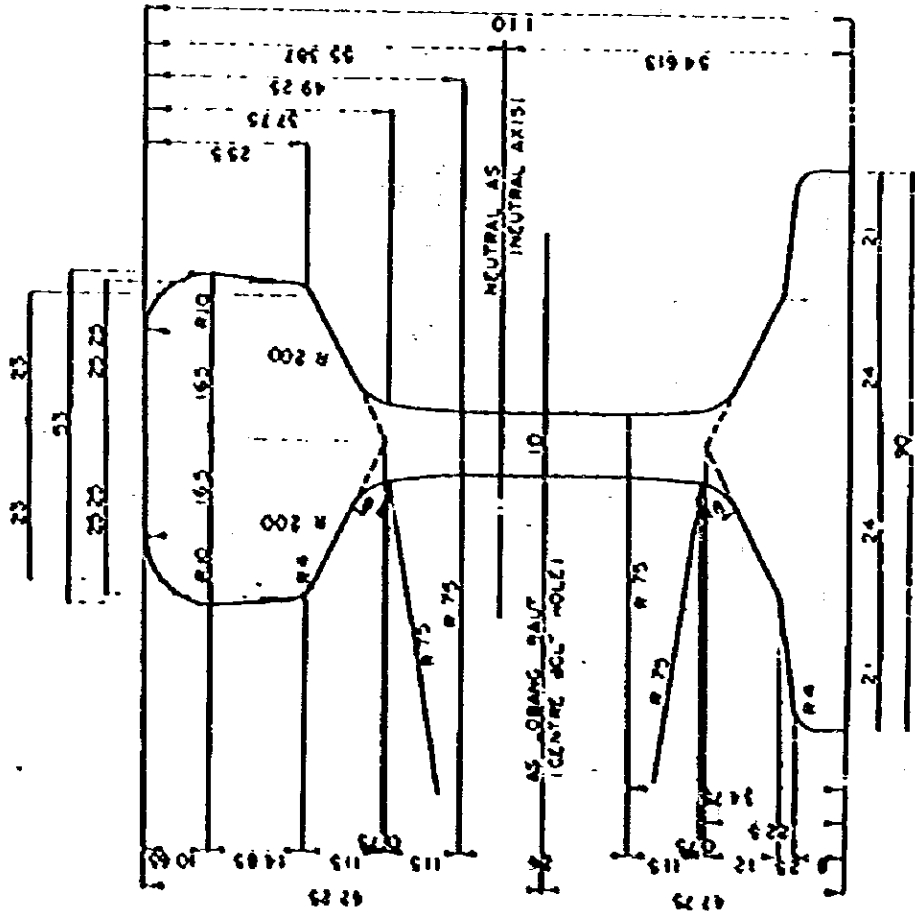
このような点から、レールの大きさは、少なくともR3(33.4Kg/m)レールとする必要がある。さらにR14レール(42Kg/m)の使用が得策かどうかについては、多くの問題があるが、現在、他の主幹線から発生する再用品のR3レールが無償で使用できることから、このR3レールの使用が得策と考えられる。

レールの高さだけについて考えれば、ラックレール区間は既にR3レールに交換されており

R. J. K. A

# D43 REL PROFIL NO.2 BERAT 2575 KG/M<sup>2</sup> (RAIL PROFIL NO.2 WEIGHT 2575 KG/M<sup>2</sup>)

F.1441 S/D F.1444



## PANDANGAN SISH



## PENJELASAN

F 1441	(LENGTH)	675,680,1025 DAN 1204	Wx	= 974 CM <sup>3</sup>
F 1442	(WEIGHT)	= 25,75 KG	Wy	= 198 CM <sup>3</sup>
F 1443	(MOMENT OF RESISTANCE)		Ix	= 5383 CM <sup>4</sup>
F 1444	(MOMENT OF INERSIA)		Iy	= 889 CM <sup>4</sup>
	(AREA)		F	= 33 CM <sup>2</sup>

BANDUNG TG. 12-7-1963  
DIKETAHUI OLEH  
DKEB

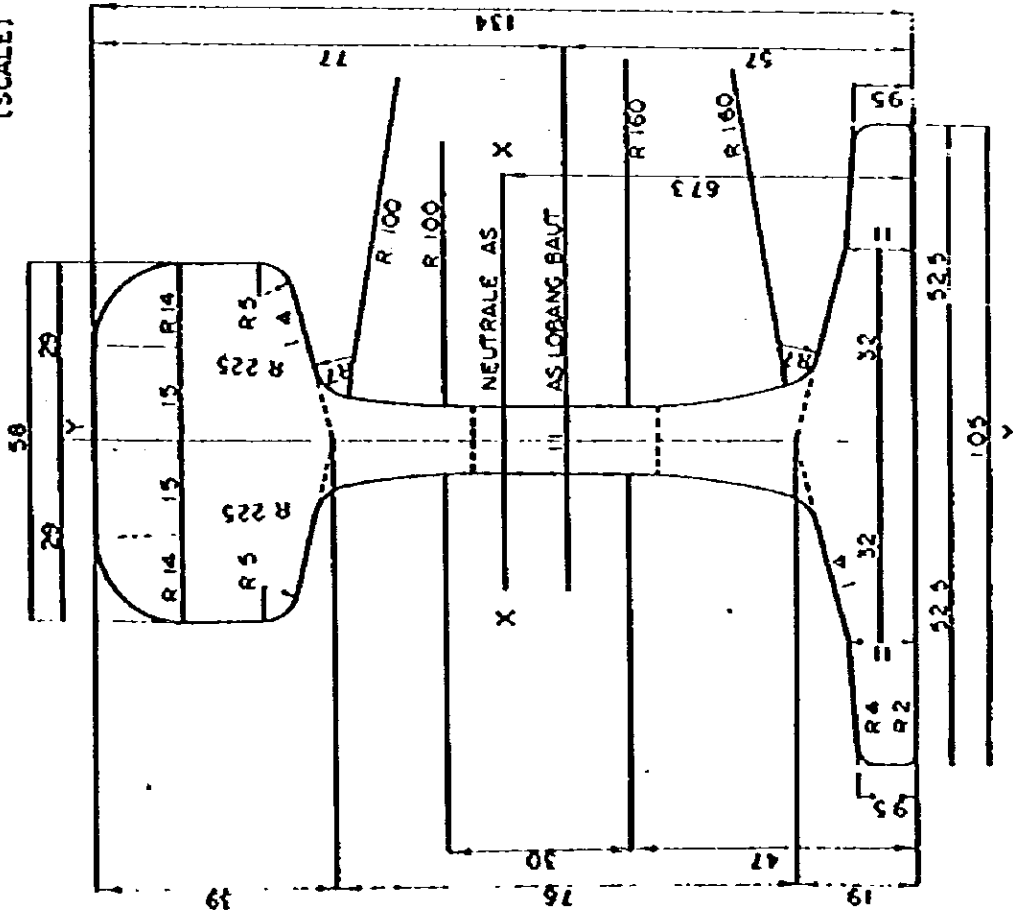
FIG 5-18

F.1446 S/D F.1448

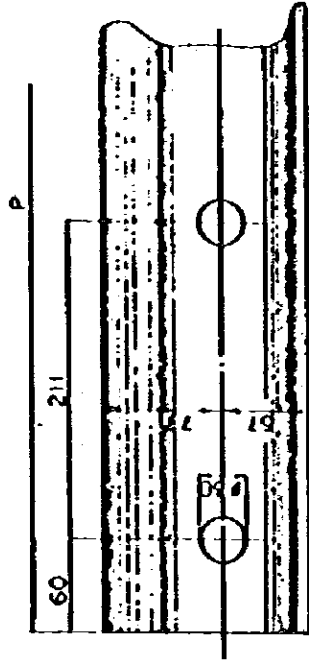
D26 REL PROFIL NO.3 BERAT 33.40KG/M'  
[ RAIL PROFILE NO.3 WEIGHT 33.40KG/M' ]

P.J.K.A

(SCALE) 1 : 4



PANDANGAN SISI



PENDJELASAN

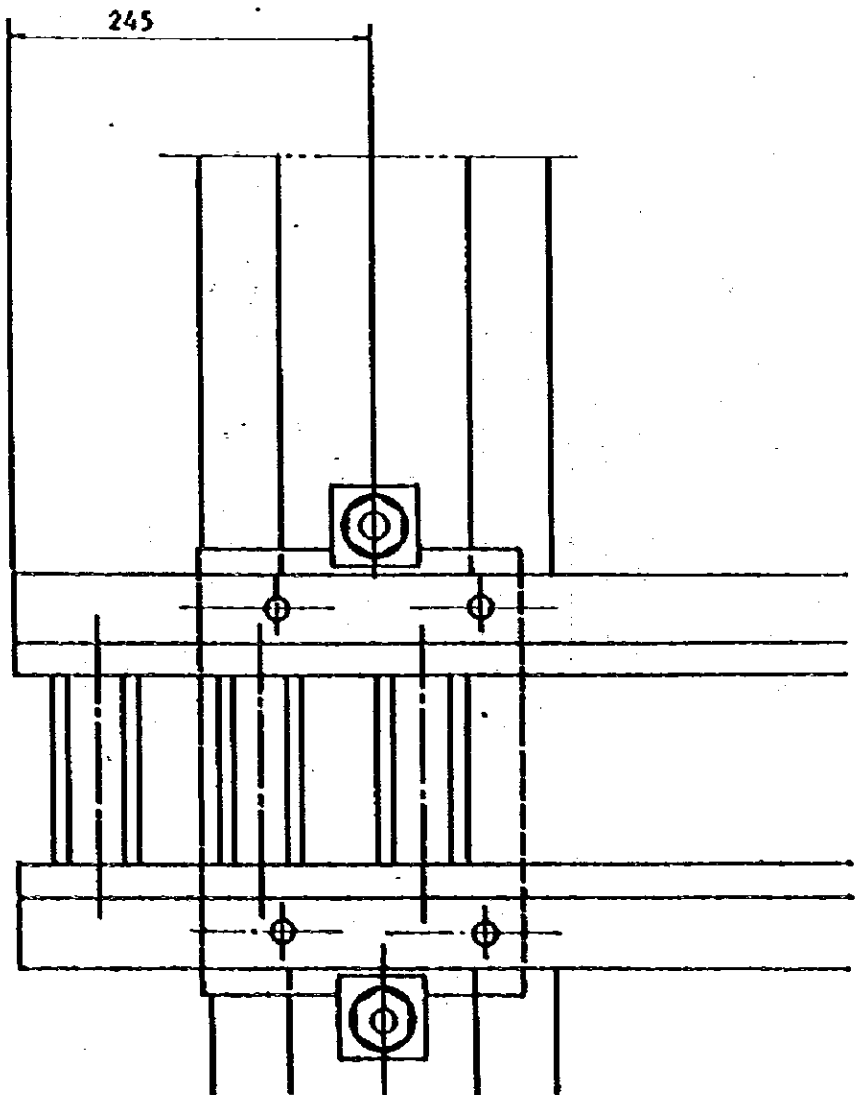
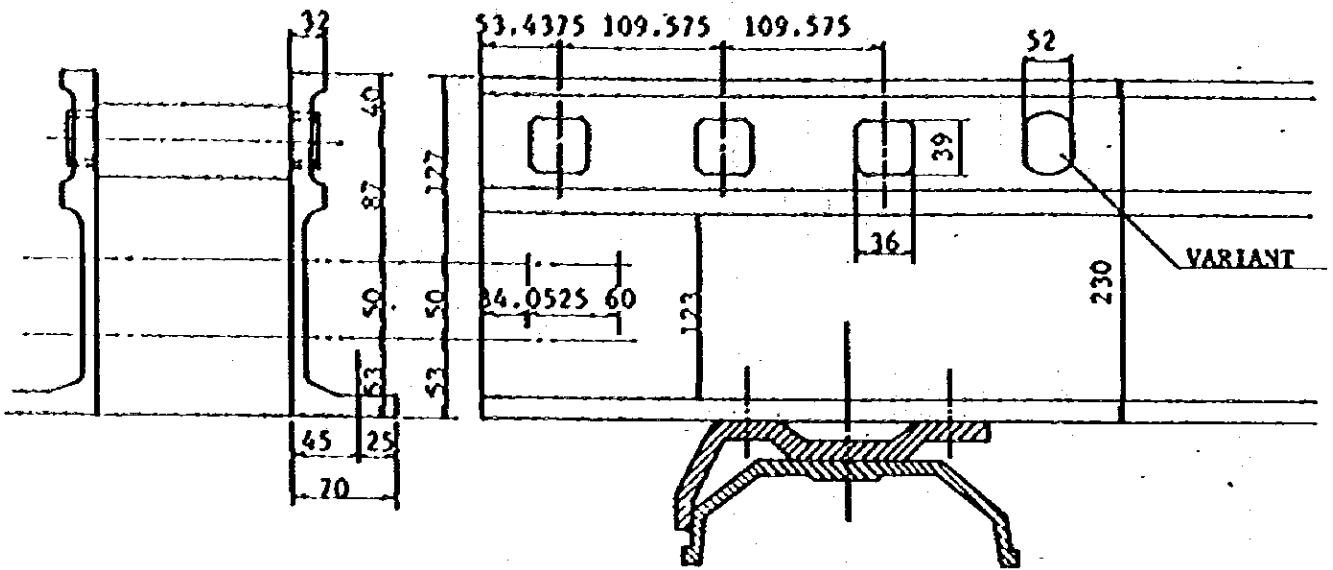
F 1446	F 1447	F 1448
PANJANG REL NO 3	(LENGTH) = 1190, 1350, DAN 1360M	
BERAT PER METER	(WEIGHT) = 33.40KG	
WEERSTANDSMOMENT	(MOMENT OF RESISTANCE)	$W_x = 154 \text{ CM}^3$
TRAAGHEIDS MOMENT	(MOMENT OF INERTIA)	$I_x = 10366 \text{ CM}^4$
LUAS	(AREA)	$F = 1507 \text{ CM}^2$

BANDUNG TG.10-7-663  
DIKETAHUI OLEM  
DKRB

FIG 3-19

RACK RAIL

Fig 3-20



これをさらにR14レールに交換するとしても、レールの高さは僅か数mm高くなるだけで、ラックレールの取付高を修正する程の必要はない。

ラックレール区間を除き、他の全区間のR2レールをR3レールに交換するのに、約273km(レール長)のレールが必要になるが、これは全部ジャワの幹線軌道の改良工事で撤去されたレールを使用する。

ラックレールについては、ある程度の摩耗が認められるが、全体的には比較的よい状態にあり、今後なお長期にわたって使用可能と判断される。なお、輸送量の増大にともない、機関車の牽引力が増大するが、特に支障はないと考えられる。

### 6.3 マクラギ

マクラギ間隔を小さくすることは、重いレールを使うのと同様に、軌道各部の応力を減少するのに有効である。従来使われていた810mmは大き過ぎて、将来の計画輸送量に対しては適当でない。パダンパンジャンから西の区間は、すでにマクラギ間隔を680mmに改良されている。

680mmのマクラギ間隔は、軌道の強度計算結果から、ほぼ妥当なものである。また、過大な投資を避けることおよび軌道保守の面から、この程度のマクラギ間隔が適切なものと考えられる。

ブキトブトスからパダンパンジャンまでの区間に対し、マクラギ間隔が680mmに改良されたことは、適切であったといえよう。今後は引き続き東半分のパダンパンジャンからサワルトの区間について、マクラギ間隔を、現在の810mmから680mmに改良することが必要で、さらに約30%のマクラギを交換することが必要と認められる。

このためには、約64,700本のマクラギが必要である。このマクラギは、ジャワの幹線の改良工事で交換された鉄マクラギが、相当量利用できると考えられるが、ここでは、新しい木マクラギを使用することとして考える。

現在は、一般に木マクラギが主に使われ、ラックレール区間は主に鉄マクラギが使われている。軌道構造の面からまた軌道保守の面からは、同種マクラギの使用が望ましいが、部分的な異種マクラギの混用はやむを得ないであろう。

### 6.4 道床バラスト

道床厚を150mmとすると、前述の軌道構造による計算結果では路盤圧力が約1.5Kg/cm<sup>2</sup>(15トン/m<sup>2</sup>)となる。この値は許容限度いっぱいと考えられるものであり、道床厚は、できれば200mm程度にしたい。然しながら、現在バラストが極度に不足していることから、道床厚を150mm以上にすることは、極めて困難と予想される。したがって、道床厚は必要最小

限のしとし、150mmとすることが实际的であると考えらる。

軌道の横方向の安定のためには、マクラギ炭から外方の道床肩幅を最小250mm、できれば300mm程度を確保する必要がある。現状は道床厚が不足しているだけでなく、道床肩幅も全線的に不足している。曲線部で道床肩幅が極度に不足しているところは、早急に部分的な補充をすることが望ましい。

上記により、道床厚を150mm、道床肩幅を250mmとし、現状の不足状態を考えに入れると、全線約77,000m<sup>3</sup>の補充バラストが必要になる。

## 6.5 分 岐 器

レール交換と同時に、本線のR2レールの分岐器の全数、85組はR3レールの分岐器に交換することが必要である。



## 7 土木構造物の改良，補修

### 7.1 橋 梁

#### 7.1.1 試験片による強度試験

当列車区間 ( Sawalunto ~ Bukitputus ) 中, 1980年に架け替えられた橋梁 ( 第52橋 ) の旧橋部材片により強度試験を実施した。

本橋は Padang より約8 km 山側に向った橋梁であり, 型式番号 HNO-26 の曲弦トラス構造である ( スパン 20 m ) 。

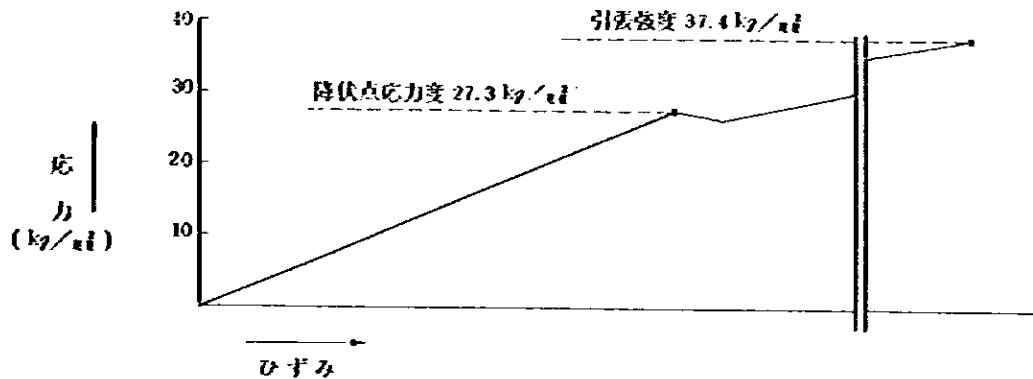
試験は JIS の試験方法に従い, 以下に述べる各試験を実施した。

#### 1) 試験内容および結果

##### (1) 引張試験

約90年使用された部材の耐力を把握するため引張強度および降伏点応力度を測定した。結果は下図に示す。

Table 3-9 引張強度試験結果図



##### (2) シャルピー衝撃試験

部材の衝撃による影響を知る試験であり, 試験片につけた切欠部を支持台の中央に置いて, 切欠部の背面をハンマーにより1回だけ衝撃を与えて破壊し, 衝撃値を求める試験である。

平均シャルピー衝撃値 2.9 Kg·m/cm<sup>2</sup>

##### (3) 硬 さ 試 験

この試験は硬球圧子を用い, 試験面に球分のくぼみをつけた時の荷重を, 永久くぼみの直径から求めた表面積で除した値により判定するものである。

$$H_B = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$= 131$$

$H_B$  : 硬さ  
 $P$  : 荷重  
 $D$  : 鋸球の直径  
 $d$  : くぼみの直径

#### (4) 分析試験

この試験は約90年前に架設された橋の部材の化学成分を分析し、材質が溶接に達するかどうか、現在使用されている鋸材のどの規準に適合するか、等の判定をすべく実施したものである。結果を下表に示す。

Table 3-10 化学分析試験結果表

C	Si	Mn	P	S
0.003	0.080	0.020	0.520	0.041

単位(%)

#### 2) 試験結果の判定

本試験片の部材記号がST37という名称であることより、90年前の引張強度の規準も37Kg/cm<sup>2</sup>以上と考えられる。引張試験の結果が37.4Kg/cm<sup>2</sup>であることより、強度低下が極端に生じているとは考えられない。また、引張強度の約3倍が硬さの程度を示す $H_B$ の値を示すことより、試験値の妥当性が判断され、分析試験結果と合わせて考えると鉄材に近い材料と思われる。

試験結果より、基本許容応力度として降伏点応力2,730Kg/cm<sup>2</sup>に安全率1/1.7を乗じ更に疲労度、試験片の部材位置、試験片が1ヶであること、等を考慮して、この値の70%値を基本許容応力度とするのが妥当と判断した。

$$\sigma_{sa} = 2,730 \text{ Kg/cm}^2 \times \frac{1}{1.7} \times 0.7 \doteq 1,100 \text{ Kg/cm}^2$$

よって、基本許容応力度として、1,100Kg/cm<sup>2</sup>を採用する。

また、化学分析試験結果より、P(リン)の量が多く溶接による補強法は好ましくないと判断される。

#### 7.1.2 橋梁応力計算

2.4(橋梁の現況)で述べたように、実際に調査し、設計図面が入手できた4橋について計算した。

##### 1) 計算方法

各橋梁に走行予定の列車輪荷重を連行させ、任意形平面骨組構造の影響線による解析を行った。

(1) 区間別列車編成と各橋梁架設場所

区間別列車編成と各橋梁架設場所を図-3-21に示す。

(2) 各橋梁の構造型式

各橋梁の構造型式を図-3-22～3-26に示す。また、2.4.3項で橋梁番号、型式番号、等を述べているので参照のこと。

(3) 荷 重

i) 死 荷 重

a) 橋梁自重  $\omega d_1 = A \times 7.85 \text{ t/m}$

b) 軌道重量  $\omega d_2 = 0.2 \text{ t/m}$  (片側)

ii) 活 荷 重

各橋梁に走行予定の列車荷重を連行させて載荷した(図-3-22～25参照)

iii) 衝 撃 荷 重

衝撃による応力は列車荷重による応力に次の衝撃係数  $i$  を乗じたものとする。

$$L \leq 30 \text{ m} \quad i = 0.7 - \frac{L^2}{4000}$$

$$L > 30 \text{ m} \quad i = \frac{10}{L} + 0.14$$

$L$  : 部材に最大列車荷重応力を生じさせる同符号の影響線の基線の長さ ( $m$ ) とするのを原則とする。ただし、下路トラスのフリ材、上路トラスの中間支柱、分格間の斜材の類以外のトラスの腹材に対しては支間の75%とする。

iv) その他荷重

その他荷重として、風荷重、温度荷重等が考えられるが、その値は小さく、またこれらを考慮する場合は一般的に許容応力度を増強してよいという規定であるため無視することとした。

(4) 許 容 応 力 度

許容応力度は実橋部材片の強度試験結果より、次のように仮定した。

i) 基本許容応力度

Table 3-11

応力の種類		応力度 (t/cm <sup>2</sup> )
引張応力度	軸方向	1,100
	垂直	
圧縮応力度	軸方向	640
	垂直	
せん断応力度	純断面につき	640
支柱応力度	鋼板と鋼筋	1,700

ii) 許容座屈応力度 ( 柱断面 )

a) 軸方向応力度

$$0 < l/r \leq 28$$

$$1,000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$28 < l/r \leq 130$$

$$1,000 - 80(l/r - 28) \text{ ,}$$

$$130 < l/r$$

$$6,660,000 (r/l)^2 \text{ ,}$$

ただし、 $l/r$  は細長比である。

b) 曲げ応力度

$$1,100 \text{ Kg/cm}^2$$

(5) その他

i) ヤング係数

$$E = 2.1 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2$$

ii) その他の検討項目としてたわみを算定した。また、腐食の著しい $\phi 77$ 橋の下弦材内側は断面を欠損(40%)させて検討した。

2) 計算結果

(ii)  $\phi 77$ 橋 ( HNO-9橋 )

i) 応力部の検討

Table 3-12

部材番号	算定 MEMBER	最大断面力				部材応力度	許容応力度	備考
		死荷重	活荷重	衝撃荷重	合成断面力			
1	1-2	-37,120 (ton)	-75,149 (ton)	-28,557 (ton)	-140,826 (ton)	710 Kg/cm <sup>2</sup>	904 Kg/cm <sup>2</sup>	上弦材
2	2-3	-35803	-72686	-27621	-136,110	715	920	・
3	4-5	-34246	-69255	-26317	-129,818	712	936	・
4	13-14	32867	66746	25,363	124,976	803	1,100	下弦材
5	14-15	33037	66518	25277	124,832	832	・	・
6	16-24	0508	6292	2391	9,191	339	・	斜材
7	2-21	0337	4,148	1,576	6,061	418	・	・
8	2-12	2649	7,049	3243	12,941	257.	・	・
9	4-14	2213	6,386	2,938	11,537	198	・	・
10	34point	0,167 (t・m)	0,848 (t・m)	0,322 (t・m)	1,337 (t・m)	73	・	縦桁

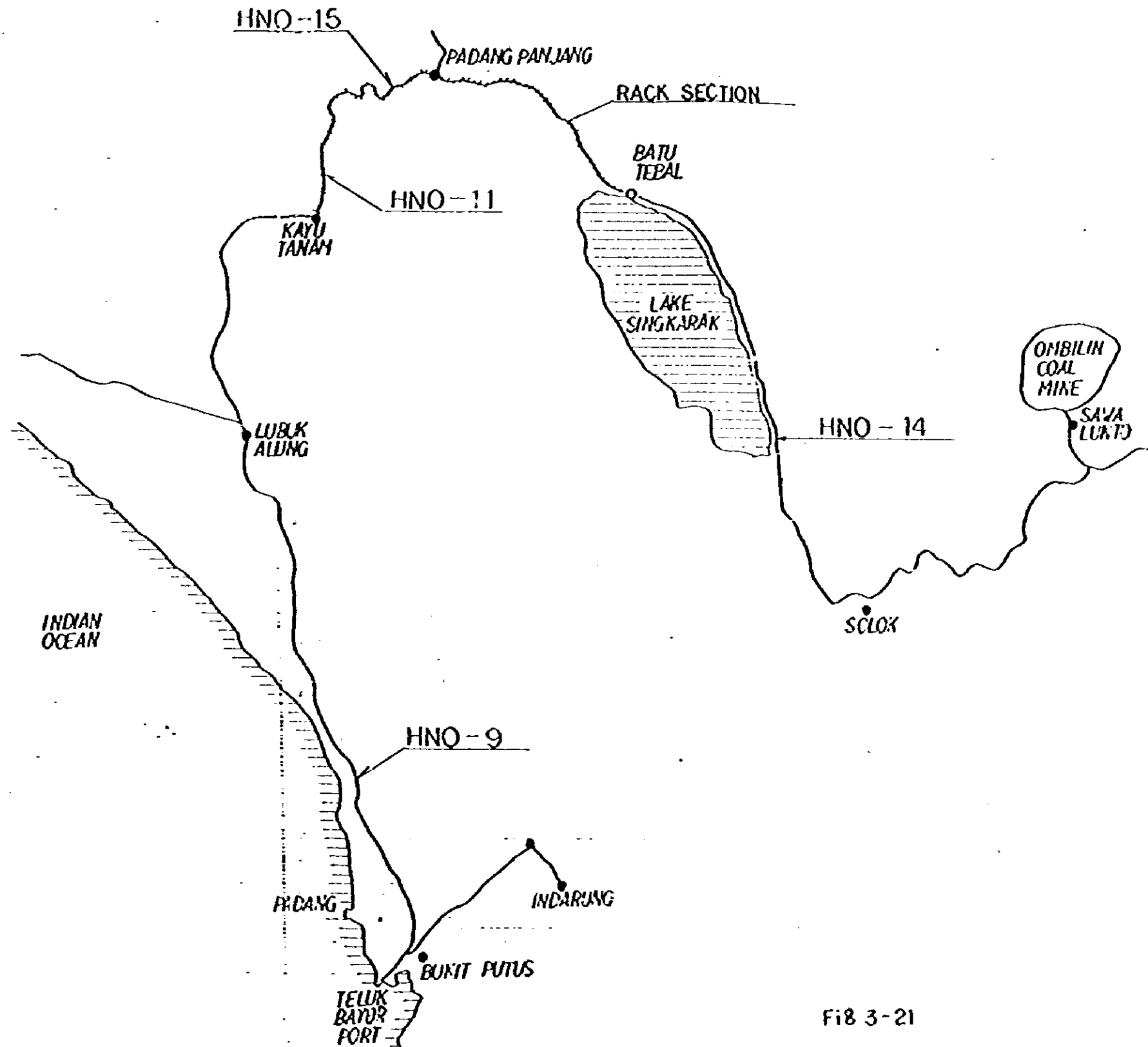
+ 引張部材

- 曲げ部材

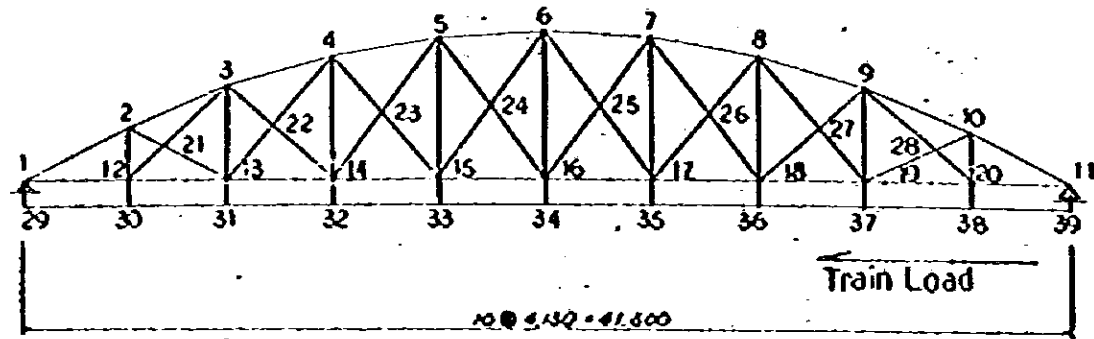


TRAIN FORMATION OF EACH SECTION AND ELECTION PLACE OF EACH BRIDGE

TRAIN FORMATION		
From		To
SAWAHLUNTO	—————	BATUTABAL
[ BB 303 1	+ COAL WAGON	8 ]
BATUTABAL	RACK SECTION	PADANG PANJANG
[ DIESEL RACK LOCOMOTIVE 2	+ COAL WAGON	8 ]
PADANG PANJANG	RACK SECTION	KAYUTANAM
[ DIESEL RACK LOCOMOTIVE 2	+ COAL WAGON	12 ]
KAYUTANAM	—————	BUKIT PUTUS
[ BB 303 1	+ COAL WAGON	12 ]
BUKIT PUTUS	—————	SILO
[ BB 300 1	+ COAL WAGON	2 ]



# NO. 77 BRIDGE (HNO-9 CURVED CHORD TRUSS BRIDGE)



\* Standard Point is 16.

\* Joint 29~39 are rigid, and others are Pin support.

Jointed Coordinate

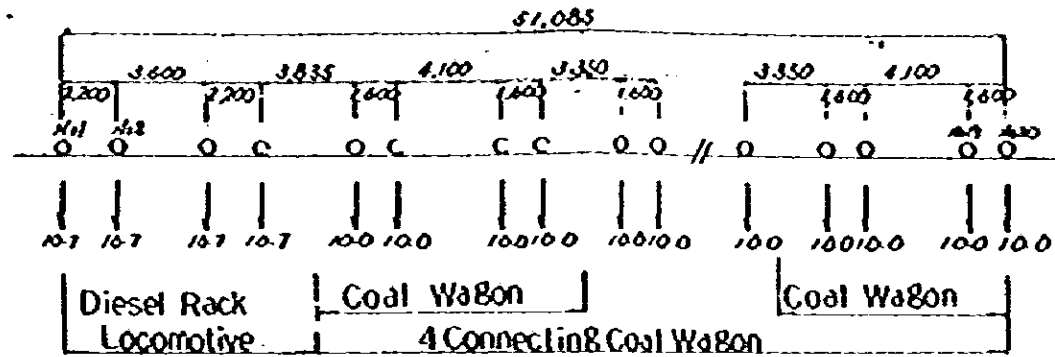
Coordinate		Coordinate			
Number	X	Y	Number	X	Y
1	-20.750	0.000	29	-20.750	0.000
2	-18.600	2.160	30	-18.600	0.000
3	-12.450	3.840	31	-12.450	0.000
4	-6.300	5.040	32	-6.300	0.000
5	-4.150	5.760	33	-4.150	0.000
6	0.000	6.000	34	0.000	0.000
7	4.150	5.760	35	4.150	0.000
8	6.300	5.040	36	6.300	0.000
9	12.450	3.840	37	12.450	0.000
10	18.600	2.160	38	18.600	0.000
11	20.750	0.000	39	20.750	0.000
12	-18.600	0.000			
13	-12.450	0.000			
14	-6.300	0.000			
15	-4.150	0.000			
16	0.000	0.000			
17	4.150	0.000			
18	6.300	0.000			
19	12.450	0.000			
20	18.600	0.000			
21	-18.108	1.382			
22	-10.655	2.117			
23	-4.363	2.666			
24	-2.117	2.937			
25	2.117	2.937			
26	4.363	2.666			
27	10.655	2.117			
28	18.108	1.382			

Member List

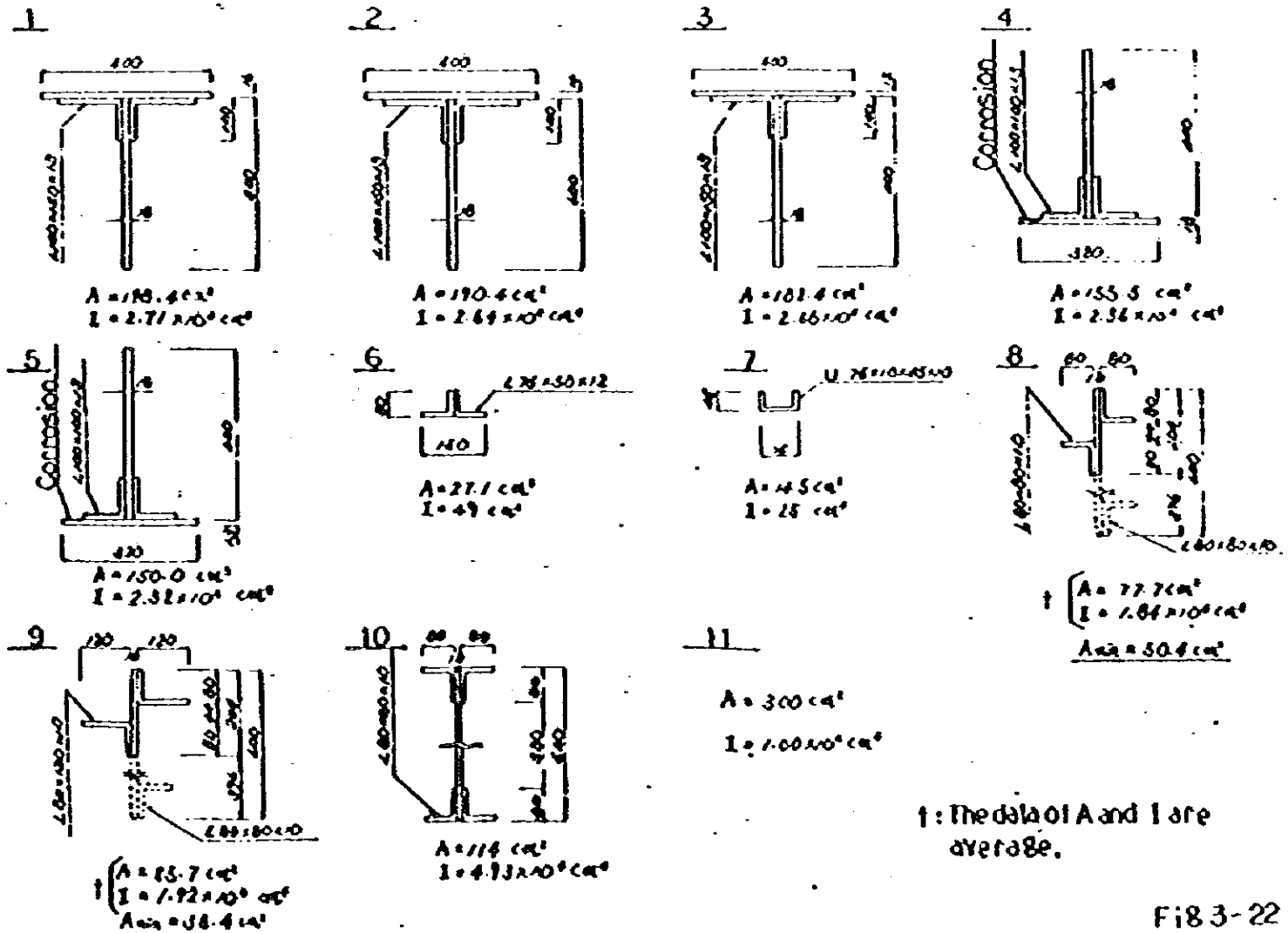
Member No	Member No
1-2, 10-11	1
2-4, 8-10	2
4-8	3
1-14, 18-11	4
14-18	5
2-12, 3-13	8
9-19, 10-20	8
4-14, 5-15	9
6-16, 7-17	9
8-18	9

Notice: The Number 6 means Other diagonal members. And 11 means Temporary members

Train Load

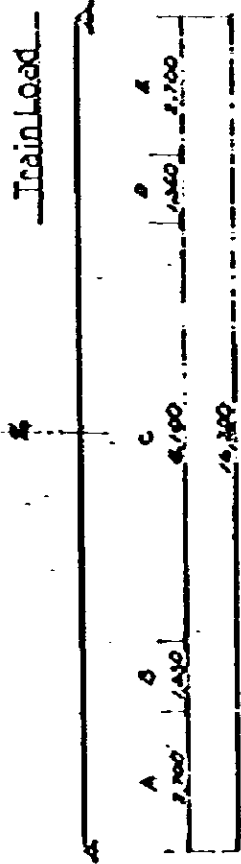


Notice: Calculation use half of this load.

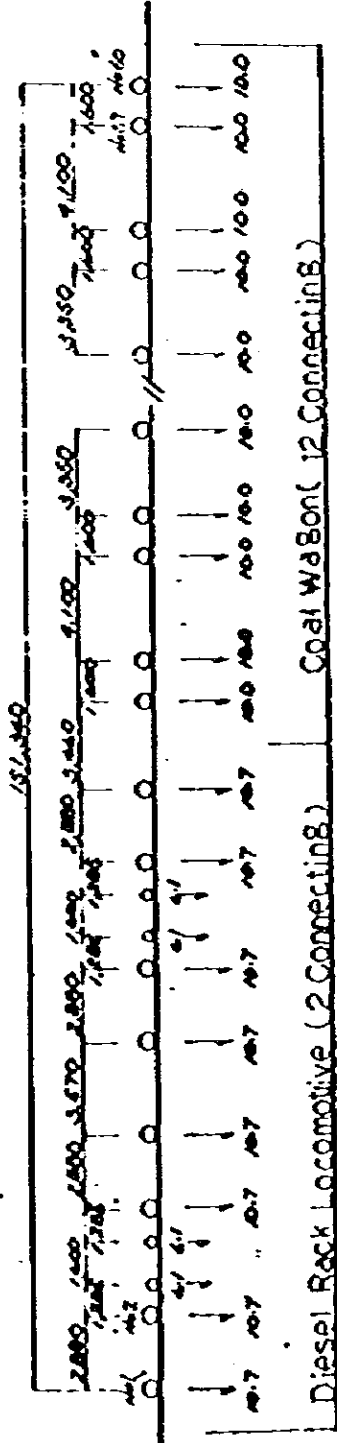


†: The data of A and I are average.

# NO.163 BRIDGE (HNO 11 PLATE GIRDER)

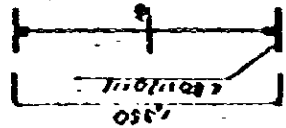


## TRAIN LOAD



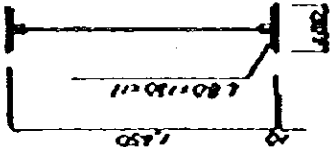
Notice : Calculation of intensity stresses use maximum bending moment. And calculation use half of this load. Axle load number start left side from 1 to 60.

## MEMBER A.E.



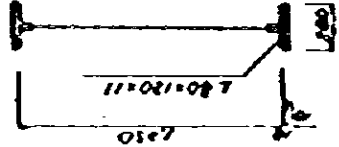
$A = 216.16 \text{ cm}^2$   
 $I = 6.62 \times 10^6 \text{ cm}^4$

## MEMBER B.D.



$A = 274.16 \text{ cm}^2$   
 $I = 8.71 \times 10^6 \text{ cm}^4$

## MEMBER C

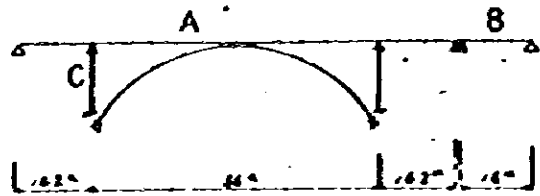


$A = 530.16 \text{ cm}^2$   
 $I = 1.087 \times 10^7 \text{ cm}^4$

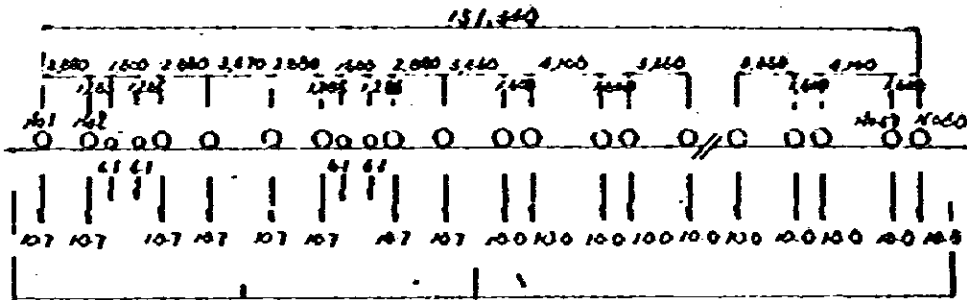


# NO 186 (HNO. 15 ARCH TYPE BRIDGE)

STRUCTUAL TYPE

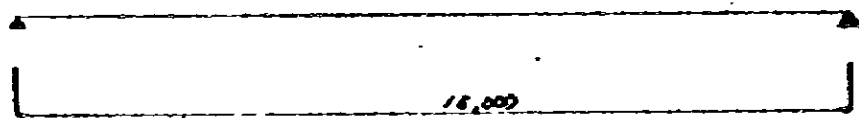


TRAIN LOAD



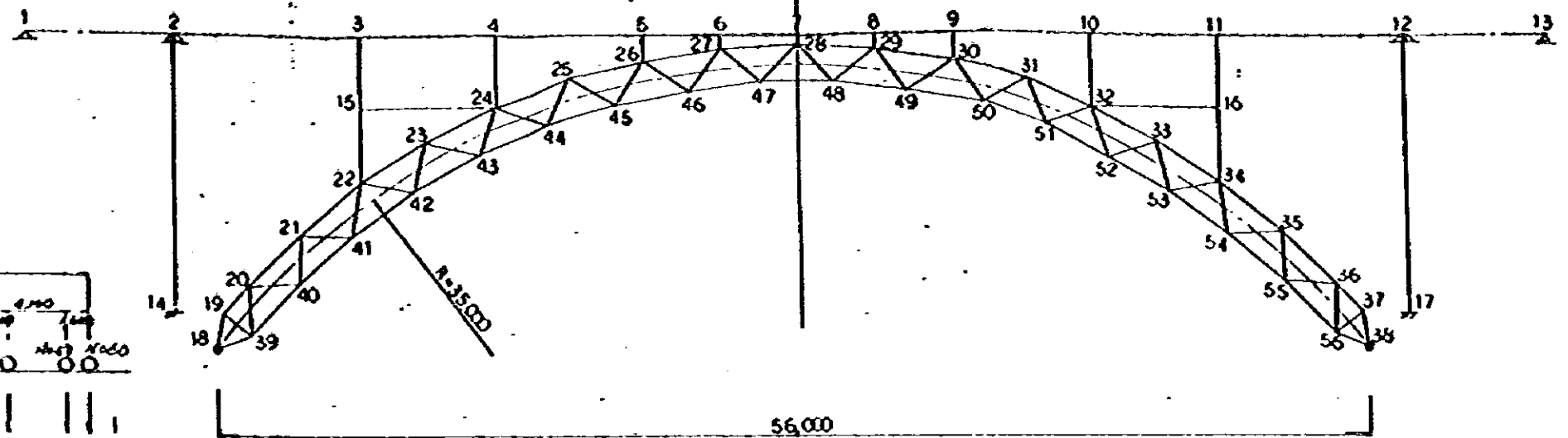
Diesel Rack Locomotive (2 Connecting)  
Coal Wagon (12 Connecting)

STRUCTUAL TYPE B



Notice: Joint 2, 12 are rigid ; Joint 14, 17 are fixed and others are Pin Joint.  
Calculation use half of this train load.

STRUCTUAL TYPE A

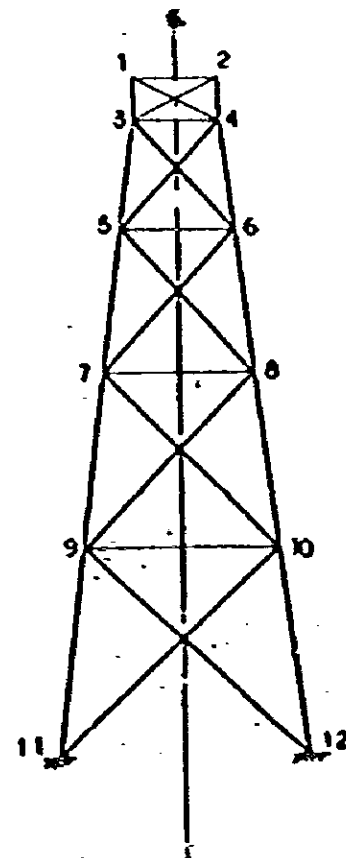


C JOINT COORDINATE

NO.	Coordinate	
	X	Y
1	-0.050	0.000
2	0.050	0.000
3	-0.050	-0.075
4	0.050	-0.075
5	-1.139	-3.118
6	1.139	-3.118
7	-1.302	-6.013
8	1.302	-6.013
9	-1.748	-9.465
10	1.748	-9.465
11	-2.500	-13.000
12	2.500	-13.000

A JOINT COORDINATE

NO	Coordinate		NO	Coordinate	
	X	Y		X	Y
1	-46.776	0.000	29	5.727	-0.731
2	-27.976	0.000	30	7.413	-1.307
3	-20.976	0.000	31	11.021	-2.300
4	-14.807	0.000	32	16.607	-3.687
5	-7.912	0.000	33	17.041	-5.248
6	-6.707	0.000	34	20.903	-7.243
7	0.000	0.000	35	23.077	-9.671
8	5.707	0.000	36	24.567	-12.200
9	7.413	0.000	37	27.101	-13.638
10	11.021	0.000	38	20.000	-16.000
11	20.903	0.000	39	-16.502	-14.742
12	27.976	0.000	40	-23.976	-12.117
13	46.776	0.000	41	-27.300	-9.769
14	-27.976	-13.000	42	-0.000	-7.630
15	-20.976	-3.118	43	-15.387	-6.799
16	20.976	0.000	44	-12.137	-4.576
17	27.976	-13.000	45	-0.766	-3.433
18	-28.000	-18.000	46	-2.277	-2.702
19	-27.907	-15.650	47	-1.772	-2.437
20	-24.557	-12.200	48	1.772	-2.307
21	-23.077	-9.671	49	5.297	-2.702
22	-20.903	-2.283	50	0.746	-2.012
23	-17.041	-4.248	51	12.177	-0.476
24	-14.413	-3.587	52	16.301	-0.799
25	-11.021	-2.300	53	-18.000	-7.430
26	-7.413	-1.307	54	21.302	-7.764
27	-5.727	-0.731	55	24.976	-12.117
28	0.000	-0.337	56	26.502	-16.742

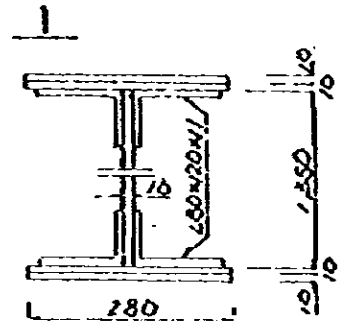


STRUCTUAL TYPE C

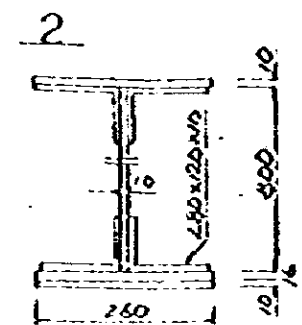
# NO 186 BRIDGE (HNO -15 ARCH TYPE)

## MEMBER LIST

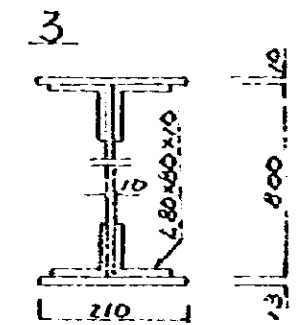
NO.	MEMBER		
1	Horizontal	1	2
		2	3
		3	5
		4	9
		3	11
		2	12
5	Vertical	12	13
		2	14
		3	22
		4	24
		10	32
		11	34
8	Upper arch rib	18	19
		37	38
		18	39
8	Lower arch rib	56	38
		19	39
		37	56



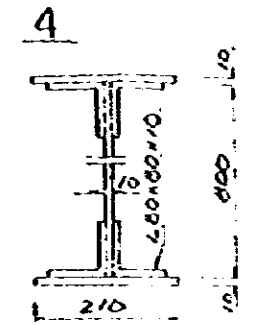
$A = 327.8 \text{ cm}^2$   
 $I = 8.62 \times 10^5 \text{ cm}^4$



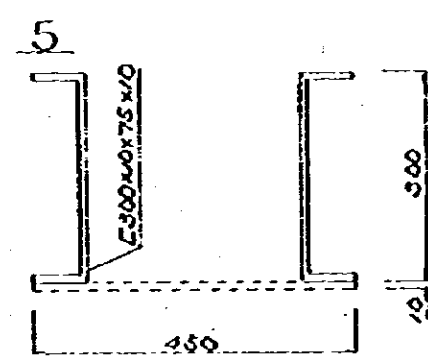
$A = 249.6 \text{ cm}^2$   
 $I = 2.71 \times 10^5 \text{ cm}^4$



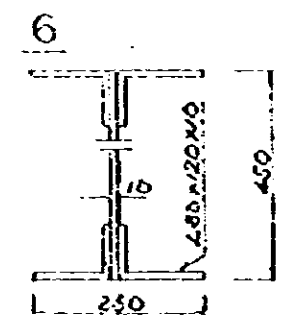
$A = 188.3 \text{ cm}^2$   
 $I = 1.94 \times 10^5 \text{ cm}^4$



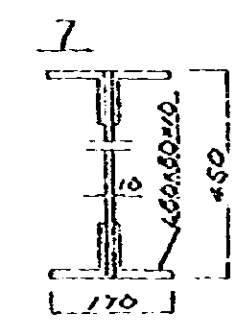
$A = 182.0 \text{ cm}^2$   
 $I = 1.83 \times 10^5 \text{ cm}^4$



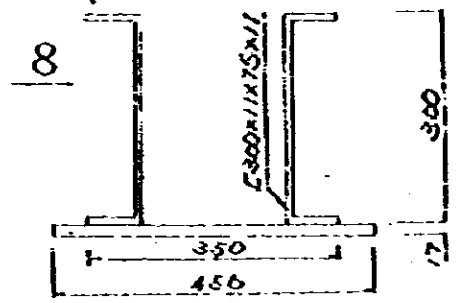
$A = 108.5 \text{ cm}^2$   
 $I = 1.35 \times 10^6 \text{ cm}^4$



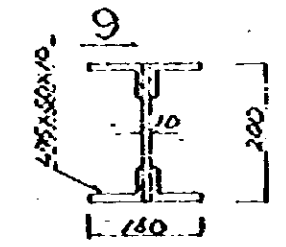
$A = 121.0 \text{ cm}^2$   
 $I = 3.73 \times 10^6 \text{ cm}^4$



$A = 105 \text{ cm}^2$   
 $I = 3.22 \times 10^6 \text{ cm}^4$



$A = 170.5 \text{ cm}^2$   
 $I = 2.63 \times 10^6 \text{ cm}^4$



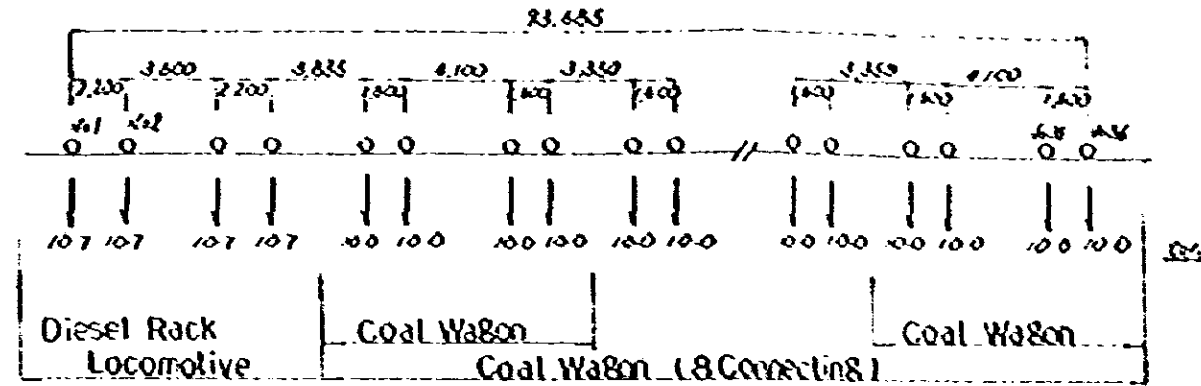
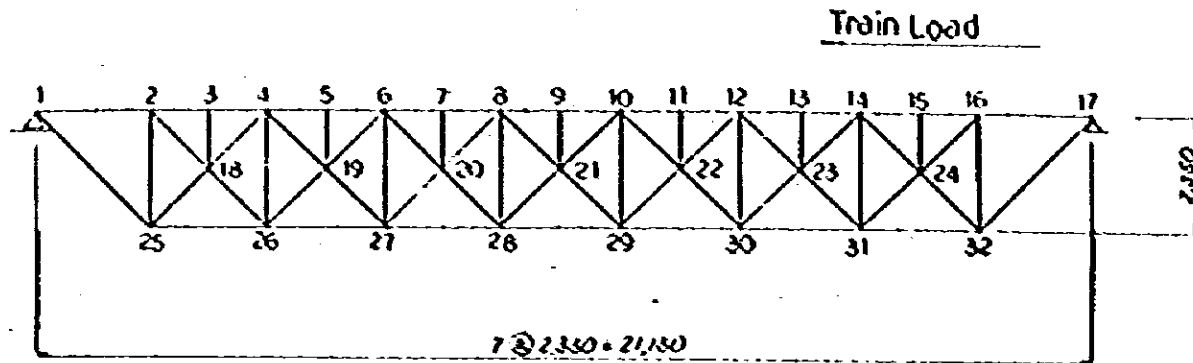
$A = 66 \text{ cm}^2$   
 $I = 4.16 \times 10^3 \text{ cm}^4$

Notice  
 † The data of A and I are average.

# NO 329 BRIDGE (HNO 14 PARALLEL CHORD TRUSS)

## STRUCTURE

## TRAIN LOAD



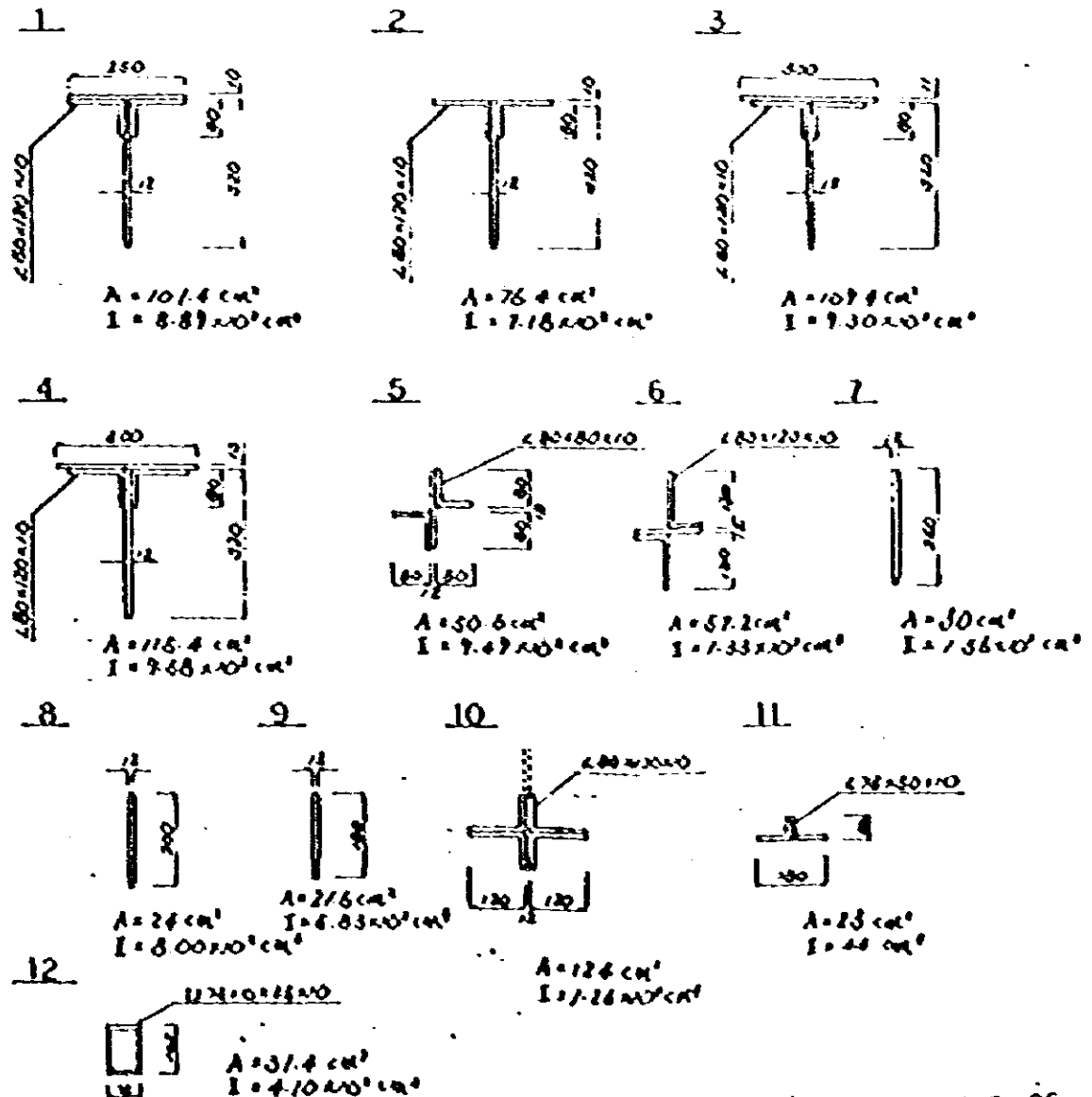
### JOINT COORDINATE

NO.	Coordinate X	Coordinate Y
1	-10.575	0.000
2	-8.225	.
3	-7.050	.
4	-5.875	.
5	-4.700	.
6	-3.525	.
7	-2.350	.
8	-1.175	.
9	0.000	.
10	1.175	.
11	2.350	.
12	3.525	.
13	4.700	.
14	5.875	.
15	7.050	.
16	8.225	.
17	10.575	.
18	-7.050	-1.175
19	-4.700	.
20	-2.350	.
21	0.000	.
22	2.350	.
23	4.700	.
24	7.050	.
25	-8.225	-2.350
26	-5.875	.
27	-3.525	.
28	-1.175	.
29	1.175	.
30	3.525	.
31	5.875	.
32	8.225	.

### MEMBER LIST

Member	Number
1-6	1
6-12	3
12-17	1
1-25	10
25-27	1
27-30	4
30-32	1
32-17	10
2-25 ~ 16-32	5
2-26, 16-31	7
4-25, 14-32	6
4-27, 14-30	8
6-26, 12-31	5
6-28, 12-29	9
8-27, 30-30	5
8-29, 10-28	11
3-18 ~ 15-24	12

Notice : Member 2-25 ~ 16-32 are vertical.  
 And 3-18 ~ 15-24 are sub vertical.  
 Joint 9 is standard point.  
 All of the Joint is pin.  
 Calculation use half of this train load.





i) その他の検討

a) た わ み

列車荷重によるたわみは最大20.4mmとなった。たわみは列車の走行安全性、乗心地、レール応力などの諸点を考慮すると、トラス橋では一般的に次のように規定されている。

$$\delta < L/1000 \quad (L: \text{支間長})$$

当橋梁の支間長は41.5mであるため  $L/1,000 = 41.5 \text{ mm}$  となる。

よって、たわみには問題がない。

また、以下の検討した橋梁についてもたわみについては問題がなかったため省略する。

b) 橋 桁 の 幅

橋桁の幅は桁の転倒、走行性、横倒れ座屈に影響を及ぼすため所定の長さ確保されていなければならない。この理由による橋桁の必要幅は支間の1/20とされている。

$$b (\text{橋桁幅}) > 41.5 / 20 = 2.075 \text{ m}$$

よって、当橋梁は十分な桁幅を有している。

以下の検討橋梁についても十分な桁幅を有しており、以下の記述は省略する。

(2) 163橋 (HNO-11)

1) 死 荷 重

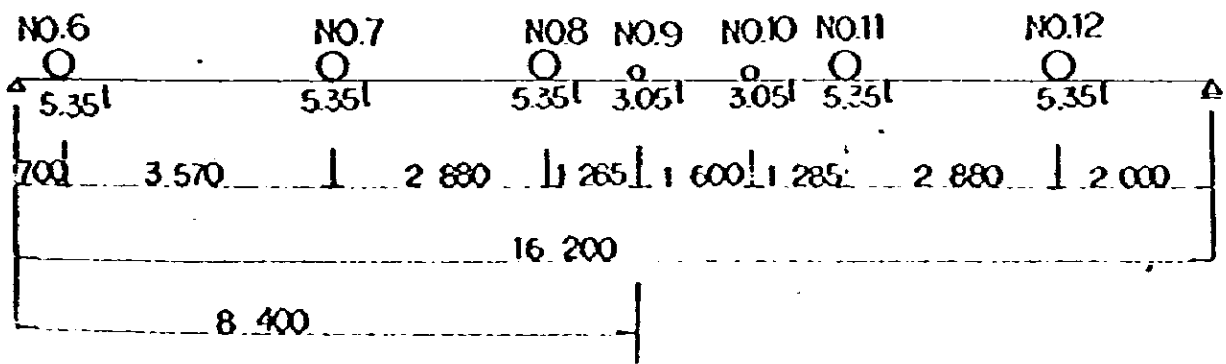
合成最大断面力の作用位置は、列車荷重による最大断面力が作用する位置に生ずるので、その位置の死荷重による断面力は次に示す通りである。

$$M_d = 14.69 \text{ t}\cdot\text{m}$$

ii) 列 車 荷 重

列車荷重による最大断面力は次に示す荷重状態で生ずる。

$$M_t = 72.36 \text{ t}\cdot\text{m}$$



M.Max  
Fig 3-27

iii) 衝撃荷重

$$i = 0.7 - 16.2^2 / 4,000 = 0.634 \quad (i: \text{衝撃係数})$$

$$M_i = 7236 \times 0.634 = 45.88 \text{ t}\cdot\text{m}$$

iv) 合成断面力

$$\Sigma M = M_d + M_t + M_i = 13293 \text{ t}\cdot\text{m}$$

v) 応力度

$$\sigma = \pm \frac{M}{I} y = \frac{+13293 \times 10^8}{1088 \times 10^8} \times \frac{135}{2} = \pm 825 \text{ Kg/cm}^2 < 1,100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\tau = \frac{S_{\max}}{A\omega} = \frac{36.924 \times 10^8}{1.0 \times 135} = 274 \text{ Kg/cm}^2 < 640 \text{ Kg/cm}^2$$

但し、 $S_{\max}$ の生ずる荷重状態は軸重が11がB地点より8cmの位置の状態である。

(3) 橋186橋 (HNO-15)

Table 3-13

部材番号	算定 MEMBER	最大断面力				応力度		備考
		死	活	衝	合	曲げ	せん断	
		荷	荷	撃	成			
		重	重	撃	成	軸力	軸力	
1	1-2	13013	72360	45876	131249	1028 Kg/cm <sup>2</sup>	< 1,100 Kg/cm <sup>2</sup>	白け部材
		2223	26187	17283	45693	571 #	< 640 #	
2	2-3	4256	23784	16173	44213	714 #	< 1,100 #	,
		-0592	-7047	-4897	-12536	157 #	< 640 #	
3	4-5	2199	18061	12408	32668	697 #	< 1,100 #	,
		2273	5029	3460	10762	134 #	< 640 #	
6	3-22							鉛直材
		-6698	-18107	-6881	-31686	262 #	< 1,000 #	
8	23-24							上弦材
		-17786	-61485	-23364	-102635	602 #	< 984 #	
8	43-44							下弦材
		-19937	-68973	-26210	-115120	675 #	< 1,000 #	
9	24-43							斜材
		-4514	-17141	-6514	-28169	427 #	< 968 #	

(4) 形329橋 (HNO-14)

Table 3-14

部材番号	算定 MEMBER	最大断面力 (ton)				部材応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )	許容応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )	備考
		死荷重	活荷重	衝撃荷重	合成断面力			
1	26-27	12194	42057	24730	78981	779	< 1100	下弦材
2	4-5	-11566	-39560	-23261	-74387	974	< 1000	上弦材
3	8-9	-14484	-47243	-27779	-89506	818	< ,	,
4	28-29	14801	47589	27982	90372	783	< 1100	下弦材
5	19-26	-2701	-11295	-6641	-20637	408	< 916	斜材
6	4-18	-3955	-15867	-9330	-29152	510	< 952	,
7	18-26	1885	7970	4686	14541	485	< 1100	,
8	4-19	1847	6856	4031	12734	531	< ,	,
9	20-28	0467	4577	2687	7731	358	< ,	,
10	1-25	8364	29493	17330	55187	445	< ,	,
11	21-29	-0229	4314	2537	7080	334	< ,	,
12	3-18	-0436	-3853	-2454	-6743	215	< 960	中間鉛直材

+ 引張

- 圧縮

7.1.3 健全度の判定と対策指針

前述の死荷重、列車荷重、衝撃荷重を考慮した応力計算の結果、許容値を越える応力度は発生していない。また、たわみ、橋桁の輻等の面からみても許容値内である。そして、ここで算定した橋梁は4橋ではあるが、代表的な型式でもあり、同一の規準で算定されているとすれば全橋梁で許容値を越えるものはないと思われる。

次に腐食度について判断すると、各橋梁に差異はあるが、一般的に海側に近い程、すなわち Padang ~ Duku 間に腐食の進んだ橋のある可能性が高いと言えよう。事実形52の橋が最近架替えられたこと、N68、形77の橋の下弦材に腐食が進んでいることが認められた。応力計算結果では腐食を考慮しても、最終目標石炭輸送に対する列車荷重に対し、部材は許容応力度以内となっているが、このまま放置すれば腐食が進み、架替えの必要性が生ずると思われる。従って、対策としては現在の部材の強度を確実に維持することにある。すなわち腐食、錆の進行を阻止するため、塗装を施すのが最善の策であろう。次頁以下に対策工につき詳述する。

7.1.3 対策工

1) 対策工の選定

7.1.3 (健全度の判定と対策指針) で述べたように、全線にわたり腐食、錆の程度に応じ

な対策が必要であるが、その方法については注意を要する。考えられる対策方法としては、次に掲げるものがある。

- a) 腐食箇所のケレン及び塗装
- b) 補強部材の溶接
- c) 補修部材の取り替え

a) の方法は、腐食箇所および腐食が懸念される部分をそれぞれの度合によりサンダー等を用いて完全に取除き、塗装を施して腐食の進行を防ぐ方法であり、現在の有効断面で橋梁を保持する方法である。

b) の方法は、補強部材を補修を要する部材もしくはその近傍に溶接により固定し、断面の剛性を増す方法である。しかし、部材の成分分析結果より溶接を採用するのは好ましくなく、採用するに当っては予め溶接部材の強度試験を実施して安全性の確認をする必要があるため、現時点では当方法は採用しがたい。また、溶接には技術による差が歴然と現われるため、採用した場合には資格を有する技術者が望ましい。

c) の方法は、くい等により橋梁下部に仮受け台、仮受け桁などの一時的支点を設けて橋梁を保持し、リベットを取り外して下弦材等の補修部材を交換する方法である。この方法にも問題がある。まず第1に、仮設に多額の費用を要し、地形的に施工が難しい地点も生ずる。第2に、取り替え期間中はリベットを取り外すことによる剛性低下のための耐力低下である。このため施工手順の細心の注意と仮設時の応力チェックが必務である。これらの理由により場合によっては架け替えの方が安くなることも充分にありうる。

この3案を比較検討した場合、現時点ではa)による補修法を経済的、施工的な観点より最良と判断する。以下にはa)による方法を述べる。

## 2) 施 工 法

まず補修を要する橋梁の全長にわたり、つり足場もしくは跨足場を仮設する。これは補修箇所が広範囲にわたるか、下弦材、下横構等の下部々材のみにするかにより決定される。次に、腐食度合によりディスクサンダー、パワーブラシ等を用いて腐食部を研磨する。そして母材表面に下地材および表面塗装を施して完了する。塗装は下地材、表面の2回塗りとする。この方法を“First grade painting”と称す。

## 3) 施 工 箇 所

補修部分は全橋について現地調査を実施したわけではなく、また詳細調査を行なったわけではないため確定的なことは述べられないが、前述したことより、PadangよりDuku間の橋梁の下部々材(下弦材、下横構、下フランジ等)について実施する可能性があるとして、長径間の467、68、71、77の他、未確認橋梁についてはこれらの数量の50%を実施するものとする。



#### 4) 数 量

基準橋梁を677橋として算定し、延長距離を乗じたものとする。

$$\text{下弦材} \quad A = 0.32 \times 41.5 \times 2 = 26.56 \text{ m}^2$$

$$\text{椽 桁} \quad A = 0.17 \times 41.5 \times 2 = 14.11 \text{ m}^2$$

$$\text{下横構} \quad A = 0.15 \times 5.63 \times 20 = 16.89 \text{ m}^2$$

$$\text{床 桁} \quad A = 0.24 \times 3.8 \times 11 = 10.03 \text{ m}^2$$

$$\hline 67.59 \text{ m}^2$$

その他の部材(ガセットプレート、その他部材等)を10%考慮すると、

$$A = 67.59 \times 1.1 = 74.35 \text{ m}^2/41.5 \text{ m}$$

となり、単位長さ当たりでは  $A = 1.79 \text{ m}^2$  となる。

延長距離は67, 68, 71, 77橋の total で 220 m となるので、未確認橋梁も含めると、

$$l = 220 \times 1.5 = 330 \text{ m}$$

となる。よって総延長の数量は次に示す通りである。

$$\Sigma A = 1.79 \text{ m}^2/\text{m} \times 330 = 600 \text{ m}^2$$

#### 5) 期 間

橋修期間は数量的にも 600  $\text{m}^2$  と少ないため 1983 年を開始年として 3 ヶ月間とする。

##### 7.1.5 塗 装

塗装の対象は全橋について考えるが、塗装を施してから期間が経過していないもの、その必要性のないもの等を考慮して、全橋梁塗装面積の 70% について実施するものとする。

$$A = 43082 \times 0.7 = 30,200 \text{ m}^2$$

##### 1) 塗 装 方 法

塗装方法は、7.1.4 の対策工で述べた方法と大差はなく、クレンの方法および程度を小規模にしただけである。研摩機の機停としてもディスクサンダー程度にとどめ、下地材が多少残っても良い程度とする。

塗装は下地と表面の 2 回塗りとする。前塗装と塗装系が同一もしくは近似した塗装剤を使用するものとする。この方法を "Second grade painting" と称す。

##### 2) 期 間

全塗装面積が 3 万  $\text{m}^2$  に及び、また早急に実施しなければならないものでないため、1983 年に開始し、1985 年に終了する 3 年間を工期とする。

##### 3) 塗装の耐用年数

再塗装は 5 年に 1 回のサイクルとする。

### 7.1.6 考 察

本橋梁に対する検討では、現地調査と応力計算により耐力を将来的な考慮も配して述べてきた。特に応力的問題として、断面欠損を考慮して計算した橋梁もあるが、完全な部材・結合状態として算定した結果であるだけに、許容値に入っていたとしても、許容値に対する応力度の割合が80%を越える部材は、架設後約90年を経過していることを考えた場合に再検討を要すると判断する。同様に現地調査も詳細に行なり必要がある。特に、載荷試験、部材試験等の試験を実施し安全性の検証をする事は必須である。

全橋梁についての詳細調査は必要であるが、今回の調査・検討の範囲内では、腐食、錆の程度に応じた塗装工を施すことにより架け替えあるいは補強部材の添接等を施すことなく、現橋梁にて石炭輸送に耐えうるものと判断される。

## 7.2 トンネル・切盛土工

### 1) トンネル

亀裂の生じているコンクリートおよび地盤の緩んでいる箇所を補修するわけであるが、セメントミルクを注入して止水する方法を用いる。

まず、グラウトポンプを用いて地盤内にセメントミルクを注入し、裏込め部を補修する。コンクリートの亀裂箇所はエポキシ樹脂により補修し止水を完全にする。

### (ii) 数 量

セメントミルクの注入範囲は断面方向に2mとし、路線方向には4mとする。断面としては半径R=1.8mの半円のコンクリート外側とし、注入率40%と仮定する。

$$V_1 = \frac{1}{2} \pi (3.8^2 - 1.8^2) \times 4 \times 0.4 = 28 \text{ m}^3 \quad (\text{セメントミルク})$$

$$V_2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 1.8 \times \pi \times 0.003 = 0.017 \text{ m}^3 \quad (\text{エポキシ樹脂}) \\ (20 \text{ kg})$$

### (2) 工 期

現在も支障をきたしているため早急に補修することが望ましい。よって、工事予定初年度に実施する。

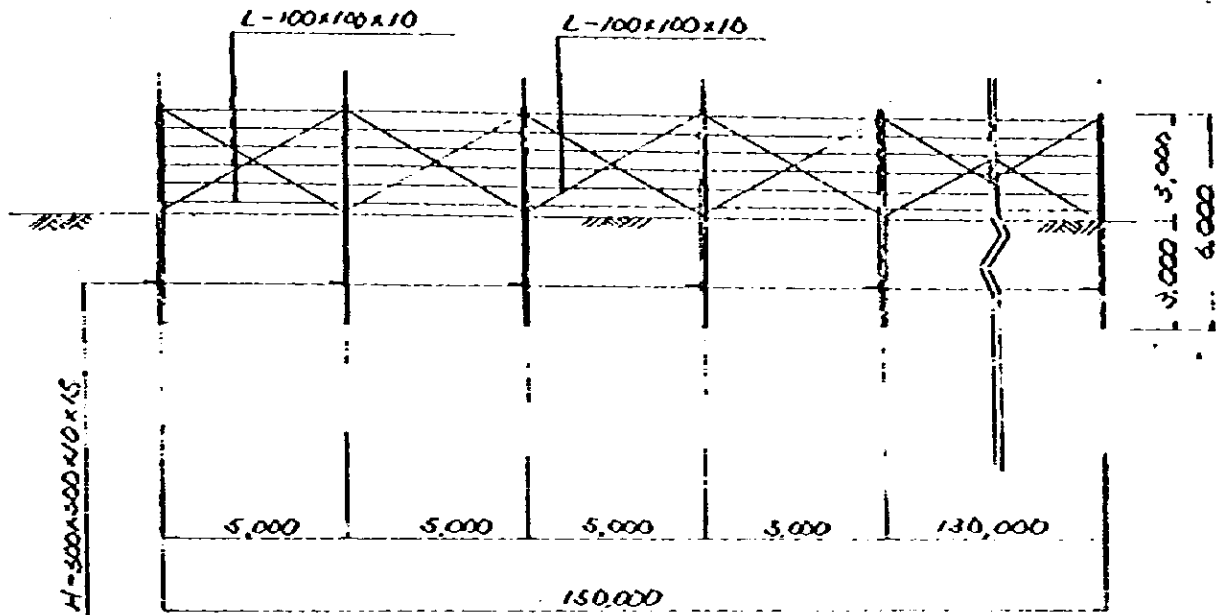
### 2) 斜 面

Fig 3-28に示すような方法、数量で落石防護工を施工する。H鉄とし型鉄により30cm以上の落石を防護するものである。

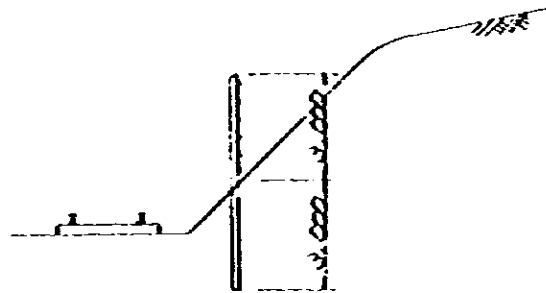
工期は工事初年度(1983年)内で終了させる。

# PREVENTION FENCE S-1:200    Fig 3-28

## FRONT ELEVATION



## CROSS SECTION



ITEM	MEMBER	UNIT MEMBER		NOS.	TOTAL WEIGHT
		LENGTH	WEIGHT		
H-Section Steel Pile	H-300x300x10x15	6 000	0.564	31	17.484
Prevention Fence	L-100x100x10	10 000	0.149	90	13.410
Diagonal Members	L-100x100x10	6 000	0.089	60	5.340
<b>TOTAL</b>					<b>36.234</b>

## 8 信号保安設備改良

### 8.1 現在の方式と改良の方向

現在の単線運転方式は、電話および電信による通信式である。これは、隣接駅相互間で、電話等による打ち合せにより、一方の駅から列車を進出させるもので、もっぱら人間の記憶と判断に頼るものである。この方式は、錯誤により事故を起す可能性が大きく、過去にもこの種の事故の記録は、少なくない。運転の保安を確保するため、また、列車運転の能率をあげるためにも、信号方式の改良は是非必要と考える。

単線区間で、運転の保安と能率を向上するには、いくつかの方式がある。単線自動信号方式は、同一方向に列車を続行させるケースの多いところでは有効であるが、多額の費用を要すると、この線路にはあまり有効ではない。ここでは次に述べるトークンレス方式が妥当と考える。

### 8.2 トークンレス方式

1駅間または数駅間を、1閉塞区間とし、1閉塞区間に1列車の原則を確実にするために、通常はタブレット(トークン)を列車に持たせるタブレット方式がある。この煩雑なタブレットを省略し、電気軌道回路またはアクスル・ディテクターなどによって、列車の有無を検知し次発の列車をコントロールするのがトークンレス方式である。トークンレス方式は、大別して3種類の方式がある。

#### 8.2.1 列車方向表示式

閉塞区間に列車が走行しているときは、両端の駅の表示盤上に、列車が運転中であることおよび列車の方向が表示される。駅長は自分の記憶に頼ることなく、この表示盤によって列車の運転状態がわかるので、以後の列車の取扱いを誤ることはない。ただし、これは次の列車に対し、機械的に停止を命じるものではなく、人間の判断によって列車を抑えるものである。したがって、駅長の記憶による誤りは除かれたが、次の列車に進行を許すか許さないかは駅長の判断によるので、錯誤の機会を全く取除いたものではない。

#### 8.2.2 信号連動式

前記の列車方向表示式を、もう一段改善したもので、表示盤上の表示の代りに、これを出発信号機に連動させ、列車に停止を命じるものである。これは人間の記憶や判断の誤りを全て取除いたもので、機能的には完全である。

この方式は、既設の場内信号機を色灯式に変えるとともに、出発信号機を新しく設ける必要がある。ただし、全体の費用は前記の列車方向表示式の費用とはほぼ同程度である。

以上のような点から、この方式は最も推奨すべきものと考え、この方式を採用するものとし

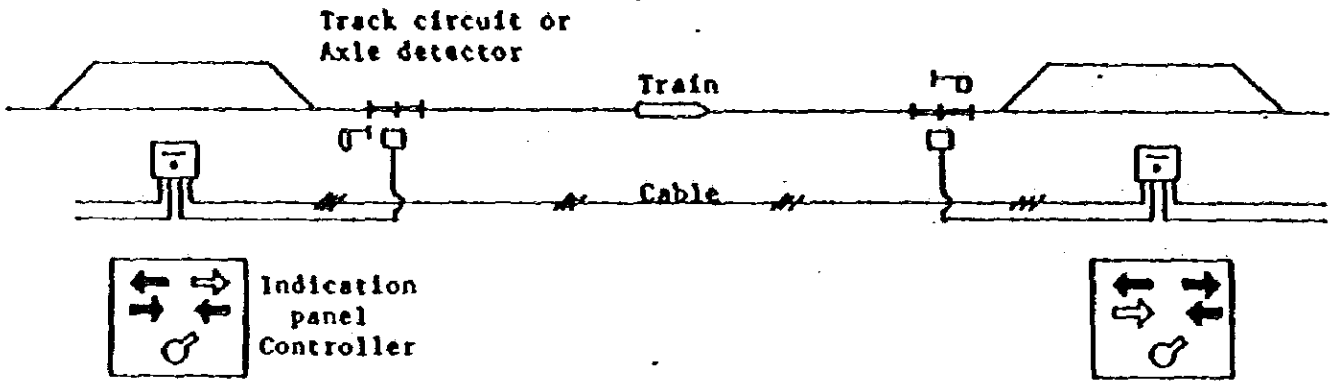
て計画した。

### 8.2.3 自動列車停止装置式

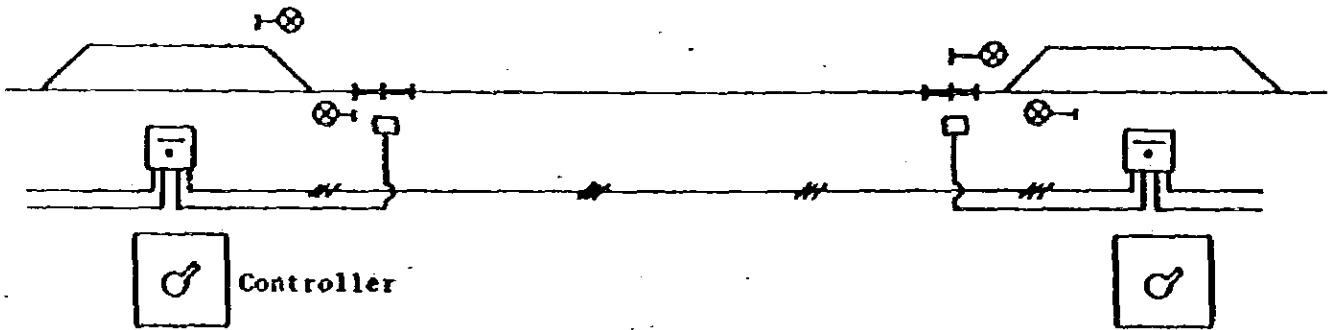
上記の信号連動式に、さらに自動列車停止装置を加え、機械的に列車の進出ができないようにしたものである。

この方式は、実用されるもののうちでは、最高のものであるが、車内にも装置を施す必要があり、費用は極めて高価になる。また、実際面からもこの方式の必要性はあまりないので、参考のために述べるにとどめ、採用は考えないことにする。

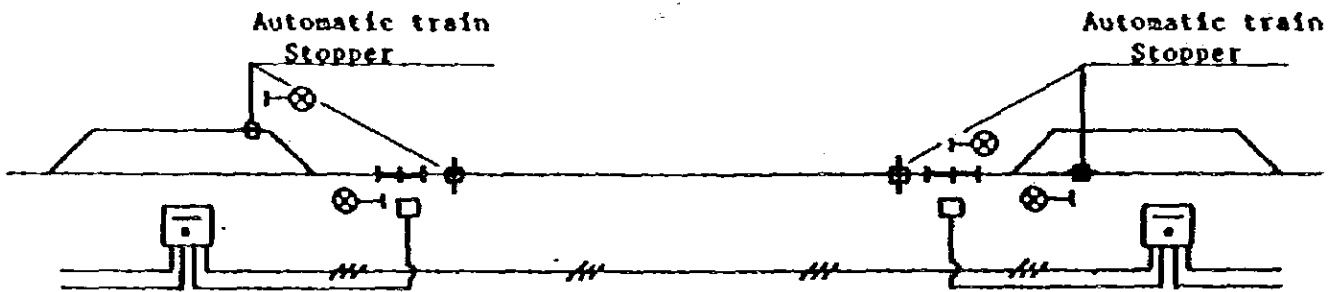
Train Direction Indicator System      Fig 3-29



Signal Interlocking System



Automatic Train Stop System



## 9 保守機構及び設備の改良

### 9.1 機関車庫及び工場

車両は、走行キロ数の増加及び時間の経過に伴って、摩耗、劣化により、次第に性能が低下すると共に、各部の故障も発生し易くなる。

これらの故障を未然に防止し、本来の性能を維持するためには、日常の点検は勿論、定期的に重要部の検査、修繕を行って、機能を回復させることが必要である。

現在、ディーゼル機関車については、その走行時間によって各デポにおいて、定期的に検査を行ない、また約2年毎に工場においてオーバーホールを実施しているが、この方式は、将来も変えることなく続けて行くことが必要と考える。

#### 9.1.1 機関車庫の設備

現在、各デポに配属されている蒸気機関車は、順次淘汰されてディーゼル機関車に置き換えられる。

(1) Solok 及び Padang の機関車庫においては、既に、1978年製のBB303形ディーゼル機関車が配属されて、その保守を担当しており、Padang の機関車庫では、BB303形以外に、1958年製のBB300形ディーゼル機関車も配属されている。

従って、この両機関車には、液体式ディーゼル機関車の保守に必要な設備は既にあるものとして、今回の検討の範囲から除く。

(2) Padangpanjang の機関車庫には、現在、ラック式蒸気機関車のみ配属されており、ディーゼル機関車の保守は担当していない。

従って、これらの蒸気機関車に代って、電気式ディーゼル機関車が配置される時点では、ディーゼル機関車検査修繕のための設備をする必要がある。

機関車庫における、電気式ディーゼル機関車の整備、検査、修繕のための設備の主要なものはつぎのとおりである。

Table 3-15

主要機名	数量	主要機名	数量
リフティング・ジャッキ	1 組	蓄電池充電装置	1 組
絶縁抵抗試験機	1 組	フィルター洗浄機	1 組
絶縁耐力試験機	1 組	部品洗浄機	1 組
燃料噴射ポンプ試験機	1 組	炭 絲	1 組
潤滑油試験機	1 組	給油設備	1 組

以上の機械設備のほか、各種計測器類及び工具類が必要であるが、これは蒸気機関車と共通するものも少くないので省略する。

### 9.1.2 工場 の 設 備

工場は、現在 Padang に置かれていて、蒸気及びディーゼル機関車、貨車、客車の全般検査修繕を行っている。

従って、機関車庫と同様に、既に配属されている、液体式ディーゼル機関車の検査、修繕に必要な設備は既にあるものとし、現在、導入を計画されている電気式ディーゼル機関車の検査、修繕に必要な設備に限って導入するものとする。

工場における、電気式ディーゼル機関車の検修に特有な機械設備の主要なものは、つぎのとおりである。

Table 3 - 16

主要機械名	数量	主要機械名	数量
絶縁抵抗試験機	2 組	乾燥装置	1 組
絶縁耐力試験機	1 組	動釣合試験機	1 組
主電動機試験機	1 組	コイル層間短絡試験機	1 組
発電機試験機	1 組	配線試験機	1 組
電機子旋盤	1 組	空気ブレーキ弁類試験機	1 組
絶縁ワニス真空含浸装置	1 組		

### 9.1.3 運転関係要員

機関車の運転及び日常の保守は、現在 3ヶ所の機関車庫において担当している。

運転関係の現在員は、231名で、そのうち約半数の115名が機関士、機関助手その他の乗務員である。

このうち、Bukitputus ~ Sawahlunto 間については、乗務員が85名、その他が99名、合計184名と推定される。

しかし、この乗務員に関しては、現在でも不足しており、その不足分は、他支社からの助勤によって、補充している。

また、現在は Bukitputus ~ Indarung 間の運転を除いて、本線の運転は、1機関車について2シフトの運用であり、将来はすべて、1機関車について、3シフトとする必要があると推定され、これに見合うだけの要員増が想定される。

即ち、乗務員については20%の予備人員を含めて、第1ステージでは、173名、第2ステージでは300名を必要とし、第1ステージでは88名、第2ステージでは215名の、そ



れぞれ、増員が必要と考えられる。

また、機関車の整備、保守の委員として、本線区に対する現在人員は、乗務員を除く99名のうち、66名と推定されるが、この人員についても、第1ステージでは16名、第2ステージでは、26名の増員が必要と考えられる。

従って、本線区における運転関係委員は、現在の184名に対して、第1ステージにおいては、104名増員して288名、第2ステージにおいては241名を増員して、425名が必要になると推定される。

#### 9.1.4 工場委員

現在、西スマトラ支社に配置されている蒸気機関車は、順次、ディーゼル機関車に置き換えられ、且、機関車の両数も増加する。

即ち、現在 Padang panjang の機関車庫に配属されている、10両のE10形ラック式蒸気機関車は、将来はラック式ディーゼル機関車14両に置き換えられる。

その他、現有のBB300形及びBB303形ディーゼル機関車は、表3-8に示すように合計9両増加する。

また、ホッパー貨車については、現在の119両が将来は240両に増加する。

これらの機関車及び貨車のオーバーホールは、Padangにある工場において実施されるが、受持両数が増加するに従い、検査修繕に従事する作業員その他の委員数も増加する必要がある。

このような、車両数の増加に伴う工事量の増加を基として、委員の増加数を推定すると、作業員の数では、機関車については30名、貨車については19名、合計49名の増員が必要と考えられる。

また、これらの作業員の増員以外に、電気、機械関係技術員、車長、事務員等の増員を、作業員の増員数の20%とすれば、

$$49 \times 0.2 \div 10 \text{名}$$

となる。

従って、工場における委員は、現在員の178名に対して、59名を増員して、合計237名が必要になると推定される。

## 9.2 軌道および構造物の保守

軌道および構造物は、列車による破壊力および自然の破壊力の影響を受け、次第にその機能が劣化する。したがって、これらを常に使用に供し得るよう、維持修理してゆかなければならない。現在、技線区のナラス線を含めた線路延長約182kmに対し、3保線区と1橋梁保守区が配置されている。橋梁保守区は、検査が主体で作業は外注しているため、検査委員だけで構成されている。ゾキトブトス～サワメント間だけについては、軌道延長154kmで、軌道

作業員は208人であり、これは1.31人/kmに相当する。

### 9.2.1 保守要員

主要各国の軌道保守要員は0.6~2.3人/kmで、平均は1.4人/kmである。これら要員算定の基本となるのは線路破壊力の大きさ、すなわち列車荷重の大きさであって、一般には年間の累積通過トン数によって要員を算定する尺度としている。

日本国鉄で採用している保守要員算定の基本式は次のとおりである。

$$Y = 0.6596 + 0.08972W$$

ここに、Y：換算軌道延長1km当りの保守作業員数

(換算軌道延長 = 本線軌道延長 +  $\frac{1}{3}$  × 側線軌道延長)

W：百万トン単位の年間通過トン数

現在の通過トン数を600千トン/年と想定し、現地事情を考慮して修正すると、上式は次のようになる。

$$Y = 1.19 + 0.16W$$

年間通過トン数を、3百万トンとするとき、上式により保守要員を求めると、1.67人/kmとなる。これによれば、ブキトブトス ~ サワルント間全線で作業員は266人となり、58人の増員と、他に上級職5人程度の増員が必要と考えられる。

監督	本線長 km	側線長× $\frac{1}{3}$ km	換算軌道延長 km	上級職 人	作業員 人
② ブキトブトス - サワルント	153.7	5.4	159.1	3	245
① ルブカルン - ナラス	27.9	0.3	28.2	1	
③ バダパンジャン - バキクンブ	52.0	0.9	52.9	1	27
計	233.6	6.6	240.2	21	272
合計					293人

16(②区間については12人)

②および①の作業員数：

$$\text{②+①} \quad \frac{245 \text{人}}{187.3 \text{km}} = 1,308 \text{人/km}$$

$$\text{②} \quad 159.1 \text{km} \times 1,308 \text{人/km} = 208 \text{人}$$

$$\text{①} \quad 28.2 \text{km} \times 1,308 \text{人/km} = 37 \text{人}$$

定員算定式の修正：

$$Y = 0.6596k + 0.08972k \times W$$

$$1308 = 0.6596k + 0.08972k \times 06$$

$$k = 1.8$$

これから

$$Y = 1.19 + 0.16W$$

### 9.2.2 軌道保守作業

現在の作業式は、2～3ヶ月周期の定期修繕作業をベースにして、必要に応じスポット保守も行っている。将来、軌道改良が行なわれ、列車頻度が増加しても、この方式は変えないでよいと思う。ただし、保線作業の主要部分を占める軌道のタンピング作業の効率を上げるため、タイタンバーの配備を強力に進めたい。このためには約20セットのタイタンバーの導入が必要と考える。

### 9.2.3 総設保守費

全線の換算軌道延長は159km、これに要する軌道保守作業員は266人と推定される。この線区に関する管理部門の要員は、橋梁保守区も合せて17人であるから、総設保守要員の総数は283人となる。また全職員の平均年間給与は、およそ445,000Rp.となるのでこれから年間総設保守人件費は125,935千Rp.と考えられる。

一方、PJKAの5ヶ年計画により、7板線の年間総設保守費は、0.973百万Rp./kmであり、これから全線の換算軌道延長については、総設保守費は15,480.4千Rp.となるのでこれを妥当なものとする。

前記の保守人件費と総設保守の差は、物件費および外注費と考えられるものである。

## 9.3 信号・通信の保守

スマトラ西部支社の信号・通信関係職員数は、19人となっており、プキトブトスからサルメントまでの対象線区については、乗務量の比率から約15人と推定される。

新しくトーンレスを採用した場合は、現在の職員の再教育のほか、電気技術をもった職員7人を増加することが必要と考えられる。

## 10 設備投資

### 10.1 車両改良費

#### 10.1.1 ディーゼル機関車

機関車の増備のための投資額はつぎのとおりである。

Table 3-17

投資年	機関車形式	機関車両数	単価 (千ドル)	価額 (千ドル)
1982	Diesel Rack-adhesion Locomotive	6	760	4,560
1985	Diesel Rack-adhesion Locomotive	1	760	760
	BB303	2	550	1,100
	BB300	1	420	420
1986	Diesel Rack-adhesion Locomotive	7	760	5,320
	BB303	4	550	2,200
	BB300	2	420	840
合 計				15,200

Diesel Rack-adhesion Locomotive は、ラック区間用であって、自動空気ブレーキ装置付で、一括制御可能のものとする。

#### 10.1.2 石炭用ホッパー貨車

自動空気ブレーキ及び自動連結器の装備されたホッパー貨車を、1984年から1988年にかけて、逐次増備するものとする。

また、現有のホッパー貨車に対する、自動空気ブレーキ装置の取付工事は、1983年から1985年にかけて行なわれるものとする。

石炭用ホッパー貨車の増備、改良に対する投資額は、つぎのとおりである。

Table 3-18

投資年	貨車増備両数	空気ブレーキ 装置取付両数	単 価 (千円)		価 格 (千円)		
			外資	内資	外資	内資	合計
1983		35	5	2	175	70	245
1984	20		40	—	800	—	800
		35	5	2	175	70	245
1985	20		40	—	800	—	800
		27	5	2	135	54	189
1986	40		40	—	1,600	—	1,600
1987	40		40	—	1,600	—	1,600
1988	30		40	—	1,200	—	1,200
合 計	150	97	合 計		6,485	194	6,679

## 10.1.3 車両改良費

以上により、車両改良費総額は、つぎのようになる。

Table 3-19

(千円)

	外 資	内 資	合 計
機関車関係	15,200	—	15,200
貨車関係	6,485	194	6,679
合 計	21,685	194	21,879

## 10.2 軌道改良費

## 10.2.1 材 料 数 量

軌道改良の各項目別数量は次のようである。

レール、レール附属品および締結装置の交換、軌道延長	136.5 km
マクラギ増設	80.0 km
道床増加	154.0 km
分岐器	85組

これらの軌道材料の数量は、若干の余裕を含め、次のようになる。

軌道数	$136,500m \times 105\% \div 136m$ (レール長)	10,550
-----	--	--------

レール		$10,550 \times 2 \times 13.6 \text{ m}$	286,960 m
接目板	LIH	$10,550 \times 2$	21,100 枚
	LUH	" "	21,100 枚
接目ボルト	BL		126,600 本
タイププレート	OF	$10,550 \times 4$	42,200 枚
	OD	" 38	400,900 枚
クリップ	KE	" 84	886,200 個
	KF	" 46	485,300 個
螺釘	TN	" 130	1,371,500 本
レールアンカー		$175 \text{ km} \times 1000 \text{ 個/km}$	17,500 個
マクラギ	木	$(80,000 \text{ m} / 13.6 \text{ m}) \times 10 \text{ 本} \times 110 \text{ 号}$	64,700 本
バラスト	碎石	$154,000 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}^3/\text{m}$	77,000 $\text{m}^3$
分岐器	#9		85 組

#### 10.2.2 工 事 費

レールおよび他の築材料は、ジャワで更新工事により発生した再用品を充当することにする。この場合は、材料費は無償であるが、輸送費としてトン当り80ドルの経費が必要である。

上記の築材料の重量は、おおよそ次のようになる。

レール		$286,960 \times 30.4 \text{ Kg/m}$	8,723.6 トン
接目板	LIH	$21,100 \times 26.35 \text{ Kg}$	556.0
	LUH	$21,100 \times 26.35$	556.0
接目ボルト	BL	$126,600 \times 0.84$	106.3
タイププレート	OF	$42,200 \times 9.66$	407.7
	OD	$400,900 \times 5.18$	2,076.7
クリップ	KE	$886,200 \times 0.44$	389.9
	KF	$485,300 \times 0.56$	253.8
螺釘	TN	$1,371,500 \times 0.45$	617.2
レールアンカー	TN	$17,500 \times 10$	17.5
分岐器		$85 \times 6.3 \text{ トン}$	535.5
合 計			14,240.2 トン

したがって輸送費は、 $14,240.2 \times 80 \text{ ドル} = 1,139,216 \text{ ドル}$  となる。

マクラギおよびバラストの材料費は、次のようである。

マクラギ	$25,900 \times 128$ ドル	= 3,315,200 ドル
バラスト	$77,000 \times 80$ ドル	= 6,160,000 ドル
合計		9,475,200 ドル

工費については、工事の種類を次の5通りに分けて考える。

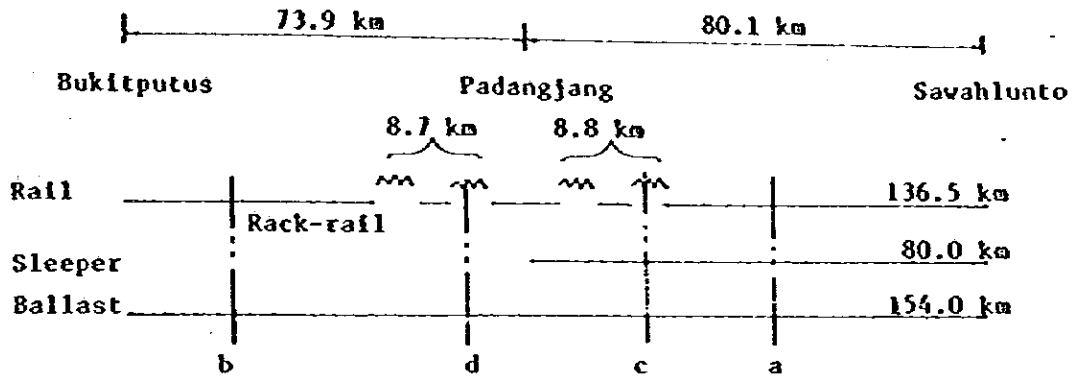


Fig. 3-30

また、工費の単価を実績から求めると、工費は次のようになる。

a	レール, マクラギ, バラスト	$71.3 \text{ km} \times 51,200 = 3,650,560$
b	レール, バラスト	$65.2 \text{ km} \times 25,600 = 1,669,120$
c	マクラギ, バラスト	$8.8 \text{ km} \times 30,720 = 270,336$
d	バラスト	$8.7 \text{ km} \times 10,240 = 89,088$
e	分岐器	$85 \text{ 組} \times 2,560 = 217,600$
	合計	5,896,704 ドル

したがって、軌道改良工事費総額は、次のようになる。

検送費 (D.C)	1,139,216
材料費 (D.C)	947,520
工費 (D.C)	5,896,704
合計 (D.C)	7,983,440 ドル

### 10.3 信号設備改良費

信号連動式トークンレス方式を採用するものとすれば、その対象駅を21駅として、工事は次のようである。

		材料費 (ドル)	工費 (ドル)	
		F.C	F.C	D.C
メインケーブル	2 km <sup>2</sup> 6 芯			
	$15.4 \text{ km} \times 6,690 \text{ ドル/km}$	1,030,260	38,675	348,075

		材料費(ドル) F.C	工 費(ドル) F.C	D.C
ローカルケーブル	2 区 <sup>2</sup> 6 芯 0.5km×21 駅×6,690ドル/km	70245	2,185	19,655
車輪検知器	2 × 21 駅×4,910ドル	206,220	35,640	3,960
制 御 器	1 × 21 駅×8,860ドル	186,060	31,940	3,550
信 号 機	4 × 21 駅×1,180ドル	99,120	4,730	4,730
	計	1,591,905	113,170	379,970
	F . C 計	1,705,075		
	D . C 計			379,970
	合 計		2,085,045ドル	

#### 10.4 駅設備改良費

##### 10.4.1 工 事 量

Bukitputus 駅の、貨車留置用側線増設に伴う工事量は、つぎのとおりである。

軌道増設	約 350m
軌道移設	約 250m
分岐器増設及び取替	7組
分岐器移設	1組
道路移設	約 1,640m <sup>2</sup>

##### 10.4.2 軌道関係工事費

###### 1) 材 料 数 量

側線増設のための、軌道材料の数量は、つぎのとおりである。

軌 枕 数	350m × 105 号 ÷ 13.6m (レール長)	27
レ ー ル	27 × 2 × 13.6m	735m
接 目 板	LIH 27 × 2	54枚
	LUH 27 × 2	54枚
接目ボルト	BL	324本
タイプレート	OF 27 × 4	108枚
	OD 27 × 38	1,026枚
ク リ ッ プ	KE 27 × 84	2,268個



クリップ	KF	27 × 46	1,242個
螺 釘	TN	27 × 130	3,510本
レールアンカー		0.6 km × 1000袋/km	600個
マクラギ 木 (全部取替)		600m/0.68m × 110%	970本
バラスト 砕石		600m × 1 m <sup>3</sup> /m	600 m <sup>3</sup>
分岐器			7組

## 2) 材料輸送費

前記の材料のうち、レール及び他の築材料は、ジャワで更新工事により発生した、再用品を充当する。

この場合、材料費は無償であるが、輸送費として、トン当たり80ドルの経費が必要である。前記の築材料の重量は、およそつぎのようになる。

レール		735 m × 30.4 Kg/m	223 トン
接目板	LIH	54 × 26.35 Kg	1.4 "
	LUH	54 × 26.35 "	1.4 "
接目ボルト	BL	324 × 0.84 "	0.3 "
タイププレート	OF	108 × 9.66 "	1.0 "
	OD	1,026 × 5.18 "	5.3 "
クリップ	KE	2,268 × 0.44 "	1.0 "
	KF	1,242 × 0.56 "	0.7 "
螺 釘	TN	3,510 × 0.45 "	1.6 "
レールアンカー	TN	600 × 1.0 "	0.6 "
分岐器		7 × 6.3 トン	44.1 "
合 計			79.7 "

したがって輸送費は、79.7トン × 80ドル = 6,376ドルとなる。

## 3) 材 料 費

上記の築材料を除く、マクラギ及びバラストの材料費は、つぎのとおりである。

マクラギ	970 × 128ドル = 12,416ドル
バラスト	600 × 80ドル = 4,800ドル
合 計	17,216ドル

## 4) 工 費

工費の単価を、実績から求めると、工費はつぎのとおりである。

軌 道	0.6 km × 51,200ドル = 30,720ドル
分岐器	8組 × 2,560ドル = 20,480ドル
合 計	51,200ドル

5) 軌道関係工事費

軌道関係の工事費額は、つぎのとおりである。

材料移送費 (D.C)	6,376
材料費 (D.C)	17,216
工費 (D.C)	51,200
合計 (D.C)	74,292ドル

10.4.3 道路移設工事費

気線増設のために、道路約1640 m<sup>2</sup>の移設を必要とする。

道路のための、築造、簡易な擁壁等を含めた道路建設費を50ドル/m<sup>2</sup>とすれば、道路移設工事費は、

$$1640 \text{ m}^2 \times 50 \text{ ドル/m}^2 = 82,000 \text{ ドル (D.C)}$$

である。

10.4.4 Bukitputus 駅気線増設工事費

以上から、Bukitputus 駅における、気線増設のための総工事費は、つぎのとおりである。

軌道関係工事費	74,792
道路移設工事費	82,000
合計	156,792ドル (D.C)

10.5 車両保守設備改良費

10.5.1 機関車庫

Solok 及び Padang の機関車庫においては、既にディーゼル機関車の検査、小修繕を実施しているため、今回の投資対象から除き、Padangpanjang の機関車庫に対し、ディーゼル機関車検査修繕のため、9.1.1 項であげた機材を設備することが必要と考える。

検査用機器は、外資購入とし、据付工事のみ内資とすれば、概算工事費額は、つぎのようになる。

Table 3-20

単位 千ドル

	外 資	内 資	合 計
機 材 代	264		264
据 付 費	23	70	93
工事費合計	287	70	357

### 10.5.2 工 場

機関車庫と同様、既に、液体式ディーゼル機関車についての検査、修繕は実施しているので、新しい投資対象は、電気式ディーゼル機関車の検修に必要な設備に限るものとし、9.1.2項であげた機核を設備するものと想定する。

検修用機器は、外資購入とし、据付工事のみ内資とすれば、概算工事費額は、つぎのようになる。

Table 3 - 21

単位 千ドル

	外 資	内 資	合 計
機 核 代	533		533
据 付 費	43	136	179
工事費合計	576	136	712

### 10.6 橋梁塗装費

#### 10.6.1 単 位 単 価

単位：1 m<sup>2</sup>当り

	LOCAL	FOREIGN	REMARKS
塗 料	—	\$ 5.9	Carbomostic 15
クレン<1級>	\$ 1.0	—	二液系厚膜エポキシ
<2級>	( \$ 0.5 )	—	アルミ塗料
塗装手間	\$ 0.48	—	(ASAHAN-Project
手 元	\$ 0.15	—	で実績あり)
足 場	\$ 1.28	—	
Accommodation	\$ 0.01	—	
Local Supervisor	\$ 0.3	—	
転送費(トラック)	\$ 1.9	—	
工具・消耗品	\$ 1.6	—	

#### TOTAL

FIRST GRADE	\$ 6.72	\$ 5.9	(1種クレン)
SECOND GRADE	\$ 6.22	\$ 5.9	(2種クレン)

### 10.6.2 FIRST GRADE

#### 直接工事費

LOCAL	$\$ 6.72 \times 600 \text{ m}^2 = \$ 4032$
FOREIGN	$\$ 5.9 \times 600 \text{ m}^2 = \$ 3540$

	LOCAL	FOREIGN
直接工事費	\$ 4032	\$ 3540
間接工事費	\$ 403	\$ 354
現場経費	\$ 403	\$ 354
その他	\$ 202	\$ 177
日本人指導	—	\$ 5974
	<hr/>	<hr/>
	\$ 5040	\$ 10399
	÷ 5000	÷ 11000

### 10.6.3 SECOND GRADE

#### 直接工事費

LOCAL	$\$ 6.22 \times 30200 = \$ 187844$
FOREIGN	$\$ 5.9 \times 30200 = \$ 178180$

	LOCAL	FOREIGN
直接工事費	\$ 187844	\$ 178180
間接工事費	\$ 18784	\$ 17818
現場経費	\$ 18784	\$ 17818
その他	\$ 9392	\$ 8909
日本人指導	\$ —	\$ 11949
	<hr/>	<hr/>
	\$ 234804	\$ 234674
	÷ \$ 235000	÷ \$ 235000

### 10.6.4 MAINTENANCE

メンテナンスは、5年毎に行うものとする。また、1回のメンテナンスには2年間を要する。

#### メンテナンス対象

面積 43000 m<sup>2</sup>, SECOND GRADE

SECOND GRADE

直接工事費

LOCAL	$\$ 6.22 \times 43000 = \$ 267460$
FOREIGN	$\$ 5.9 \times 43000 = \$ 253700$

	LOCAL	FOREIGN
直接工事費	\$ 267460	\$ 253700
間接工事費	\$ 26746	\$ 25370
現場経費	\$ 26746	\$ 25370
その他	\$ 13373	\$ 12685
	$\$ 334321$	$\$ 317125$
	$\div \$ 331000/2\text{years}$	$\div \$ 317000/2\text{years}$

日本人指導者

初期の3ヵ月間のみ1名とする。

賃金	$3000000\text{Rp/month} \times 3 = 9000000\text{Rp}$
住居費	$15000\text{Rp/day} \times 30 \times 3 = 1350000\text{Rp}$
運賃	往復航空運賃 = 852000Rp
TOTAL	$11202000\text{Rp}$
	$\div \$ 17923$

FIRST GRADE  $\$ 17923 \times \frac{1}{3} = \$ 5974$

SECOND GRADE  $\$ 17923 \times \frac{2}{3} = \$ 11949$

10.7 トンネル、落石防護工費

10.7.1 トンネル補修費

注入費	$\$ 230/m^3$
注入量	$28m^3$

$$\$ 230/m^3 \times 28m^3 = \$ 6440 \div \$ 6000$$

	LOCAL	FOREIGN
直接工事費	\$ 6000	—
間接工事費	\$ 600	\$ 1200
現場経費	\$ 600	\$ 1200
その他	\$ 600	\$ 1200
	\$ 7800	\$ 3600
	≐ \$ 8000	≐ \$ 4000

#### 10.7.2 落石防護工費

打手間	30本×3m×\$ 9.0 = \$ 810	
材 料	36.2t×\$ 1000/t = \$ 36200	
		\$ 37010 ≐ 37000

	LOCAL	FOREIGN
直接工事費	\$ 37000	—
間接工事費	\$ 3700	\$ 7400
現場経費	\$ 3700	\$ 7400
その他	\$ 3700	\$ 7400
	\$ 48100	\$ 22200
	≐ \$ 48000	≐ \$ 22000

TOTAL	LOCAL	FOREIGN
トンネル補修費	\$ 8000	\$ 4000
落石防護工費	\$ 48000	\$ 22000
	\$ 56000	\$ 26000

## 11 営業収入及び営業費

### 11.1 営業収入

西スマトラ支社の貨物輸送実績及び収入は Table 3-23 に示す様に、その主力は石炭輸送である。石炭の輸送は現在の 78千トン(10.6百万トンキロ)が、1989年には940千トン(144.5百万トンキロ)になるものと想定される。

Table 3-23 収入内訳 (1979~1980)

貨物種類	a トン	b トンキロ	c 運賃 (RP)	平均	
				平均距離 b/a	貨率 c/b
米	1,560	150,080	1,301,550	962	8.67
薪	120	18,120	244,500	1510	13.49
ガソリン	3,318	314,471	4,492,430	948	14.29
セメント	35,058	546,756	23,701,450	15.6	43.35
肥料	3,250	327,229	4,678,250	100.7	14.30
砂	12	552	40,400	460	18.84
石炭	78,412	10,582,331	152,435,600	134.9	14.10
煉瓦	2,064	126,913	2,347,950	61.5	18.50
豆菓子	3,950	220,360	3,970,150	55.8	18.03
その他	3,115	152,343	4,186,750	48.9	27.48
計	130,859	12,439,152	197,369,030	95.1	15.87

今、石炭以外の貨物及び旅客の輸送は将来も変らないものとして、1年間の運賃収入の推移を求めると次の様になる。

Table 3-24

	1980年	1989年
石炭	78千トン(10.6百万トンキロ)152百万RP	940千トン(144.5百万トンキロ)2080百万RP
その他貨物	45	45
旅客	16	16
合計	213百万RP	2,141百万RP

## 11.2 営業支出

### 11.2.1 人件費

#### (1) 1人当り年間人件費

現在の支社要員数は1,233人で、年間人件費は526百万RPとなっている。

これから、

$$526 \text{ 百万RP} / 1,233 \text{ 人} = 0.427 \text{ 百万RP となる。}$$

#### (2) 要員数

現在の要員数は支社1,233人、これに工場要員178人を合わせ、総人員は1,411人である。

また、各部門別の1989年時点の増加要員は、次の様に考えられる。

Table 3-25

部 門	増 加 要 員
支 社 総 務	6
保 健	1
施 設	63
信号・通信	7
運 転	241
給 送	42
工 場	59
合 計	419

従って、1989年の要員数は、 $1,411 + 419 = 1,830$ 人となる。

#### (3) 年間人件費

年間の人件費は、支社、工場合せ、現在の

$$1,411 \text{ 人} \times 0.427 \text{ 百万RP/人} = 602 \text{ 百万RP}$$

より、1989年時点には、

$$1,830 \text{ 人} \times 0.427 \text{ 百万RP/人} = 781 \text{ 百万RP}$$

となる。

### 11.2.2 物件費

物件費のうち燃料及び油脂は、列車キロに比例するものと考えられ、他の材料は機関車数に比例するものと推定した。



(1) 列車キロ

現在の列車キロは318千列車キロメートルである。

1989年時点では次の様になる。

BUKITPUTUS	} 20 Train × 73.5 千km = 1,470 千Trainkm
PADANG PANJANG	
SAWAHLUNTO	} 30 Train × 80.2 千km = 2,406 千Trainkm
3,876 千Trainkm	

比率  $3,876 / 318 = 12.2$

(2) 機関車数

現在	21
1989年	31
比率	1.5

(3) 物件費

Table 3-26

	現在	1989年
燃料・油脂	89 百万RP	1,086 百万RP
その他	468 ,	702 ,
合計	557 ,	1,788 ,

11.2.3 合計営業支出

上記より、年間営業支出は次の様になる。

Table 3-27

	現在(百万RP)	1989年(百万RP)
人件費	602	781
物件費	557	1,788
合計	1,159 (1,869千ドル)	2,569 (4,144千ドル)

石炭輸送量に比例させて各年度の営業支出を算出した。

Table 3-28

Year	Transport Tonnage of Coal	Operating Expense
1980	thsnd tons/year 135	\$ 1,869,000
1981	185	2,004,000
1982	280	2,275,000
1983	280	2,275,000
1984	380	2,546,000
1985	380	2,546,000
1986	510	2,925,000
1987	660	3,331,000
1988	790	3,738,000
1989	940	4,144,000

CONSTRUCTION SCHEDULE      F 18 3 - 32

WORKS	1982	1983	1984	1985	1986	REMARKS
INVESTIGATION & D. DESIGN						
RAILWAY FACILITIES						

# CONSTRUCTION COST

FIG 3-23

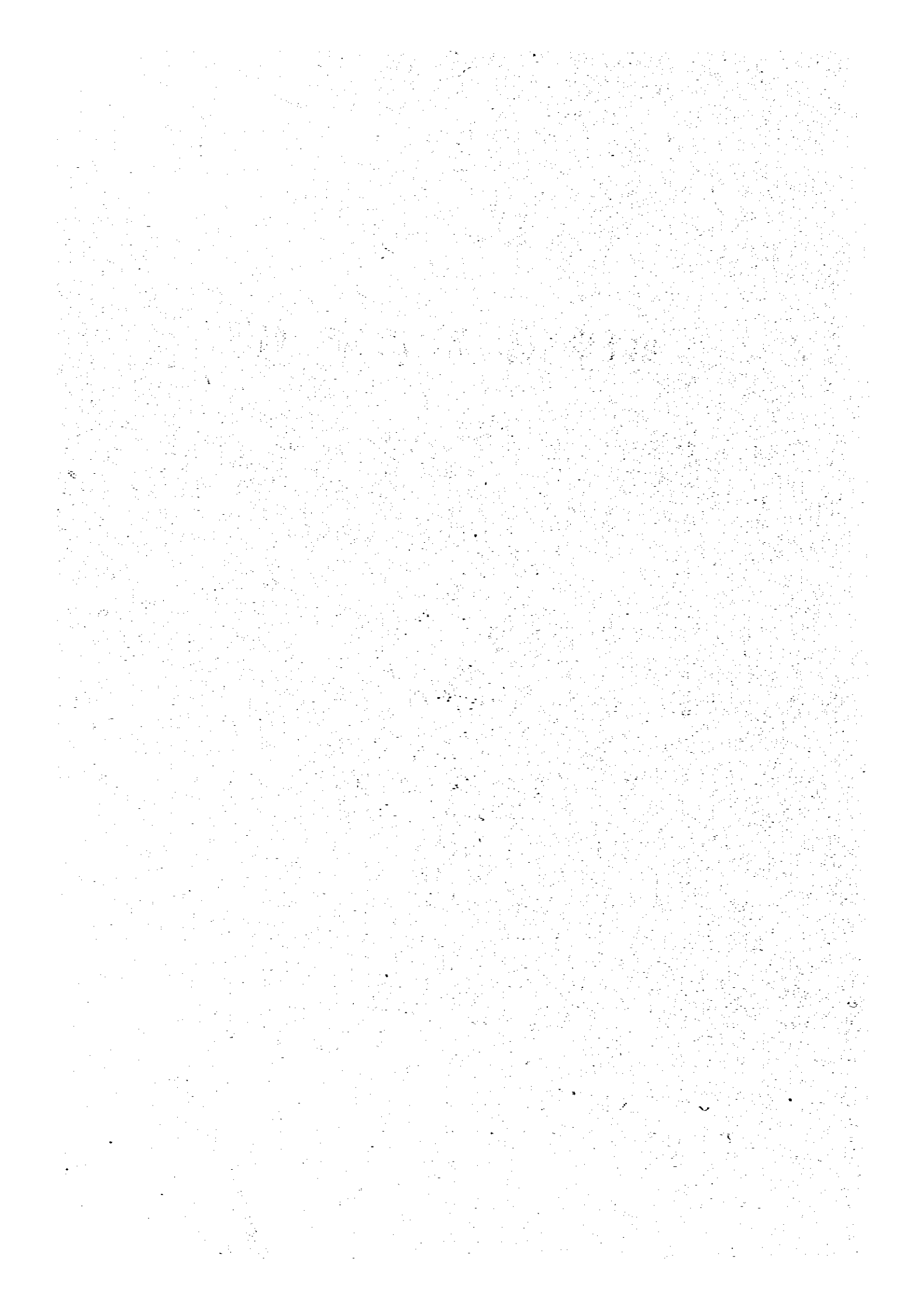
Item	Quantity	Local Cost	Foreign Cost	Total Cost	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	REMARKS
DIESEL LOCOMOTIVE	23		15,200,000	15,200,000	4,560,000			2,280,000	8,360,000			
COAL WAGON	247	194,000	6,485,000	6,679,000		245,000	1,045,000	989,000	1,600,000	1,600,000	1,200,000	
IMPROVEMENT OF THE STATION FACILITIES	LUMP SUM	157,000		157,000			157,000					
IMPROVEMENT OF THE RAILROAD	"	7,983,000		7,983,000		5,035,000	2,948,000					
IMPROVEMENT OF THE SIGNAL	"	380,000	1,705,000	2,085,000		1,082,000	1,042,000					
LOCOMOTIVE DEPOT	"	70,000	287,000	357,000	357,000							
WORK SHOP	"	136,000	576,000	712,000		712,000						
PAINING (FIRST GRADE)	600 m <sup>2</sup>	5,000	11,000	16,000		12,000	4,000					
(SECOND GRADE)	30,200 m <sup>2</sup>	235,000	235,000	470,000		287,000	183,000					
TUNNEL FENCE	LUMP SUM	56,000	25,000	82,000		82,000						
CONTINGENCY	"	1,073,000	113,000	1,186,000	36,000	717,000	433,000					
ENGINEERING	"		941,000	941,000	535,000	181,000	125,000					
TOTAL		10,289,000	25,479,000	35,768,000	5,488,000	8,314,000	5,937,000	3,269,000	9,960,000	1,600,000	1,200,000	

OPERATION COST

Item	Quantity	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990 ~2010
REPAINTING	T											
	43,000 m <sup>2</sup>											
										325,000	325,000	
										+ NOTICE Repainting cost will be needed every five years, Add it will be spent two years.		
OPERATING EXPENSES	LUMP SUM											
		1,869,000	2,004,000	2,275,000	2,275,000	2,546,000	2,546,000	2,925,000	3,331,000	3,738,000	4,144,000	4,144,000 every year



## 第4章 經濟性評估





## はじめに

これまで第1章から第3章においては、オンピリン炭鉱の石炭生産規模 1,000,000 t/年を前提とした山元、港湾（含む、貯炭場）及び鉄道についての設備投資及びコストを検討し、計画を立案してきた。そこでこの章においては上記の計画に販売計画及び本社の支出を加味したところにおいて、今回のオンピリン炭鉱の増産計画が総合的に果たして、どの程度の経済性を有するかという検討をすることにする。評価にあたり、その対象となる範囲は、山元の現状採行区域・新区域は勿論のこと港湾、本社を含めたものとする。また鉄道については、現在 P.J.K.A の所有とすることの理由で経済評価の対象から除外した。従って現行の鉄道運賃の負担のみを考慮した。

尚、ここでの経済性評価は、毎年の投資が利益に対してどの程度の貢献度があるかを D.C.F 法 (Discounted Cash Flow Method) によって投資利益率 (Rate of return =  $r$ ) を求めて判断することにした。

## 1. 損益及び資金収支

経済評価をする際にその基本となる損益及び資金収支を算出しなければならない。その際に設備資金は全て政府から調達されることを前提とする。従って借入という事態は一切発生せず金利は考慮していない。計画初期における運転資金不足についても政府からの補給でまかなうものとする。法人税については資金調達との関連で最終損益が決定する為、その段階で検討しなければならない。従ってこの study では扱っていない。

尚、評価期間は1980～2005年の26年間とし、各年度とも価格は1980年をベースとしている。

### 1.1 販 売

#### 1.1.1 販売数量

オンピリン炭鉱で生産される石炭は自家消費炭を除いてすべて販売されるものとして Study する。そしてこの販売可能量は当年度において全て販売されるものとし、従って期末において貯炭（在庫）の発生はないものとして考えることにする。

表4-1 年次別石炭販売可能量

(10<sup>3</sup>t)

		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989~ 2005
精 炭 生 産 量	Current ore getting area										
	Open cut	66	87	132	132	175	175	175	175	175	175
	Under- ground	84	113	168	168	225	225	225	225	225	225
	小 計	150	200	300	300	400	400	400	400	400	400
	Planning area							150	300	450	600
	計	150	200	300	300	400	400	550	700	850	1,000
	自家消費炭	15	15	15	20	20	20	40	40	60	60
	販売可能数量	135	185	285	280	380	380	510	660	790	940

(注) 自家消費炭の数量については表1-53参照

#### 1.1.2 向先別販売計画

石炭公社が示した販売計画は我々のオンピリン炭鉱開発及びインフラ整備計画に符合しないので一部変更し販売計画を作成した。

表4-2 向先別販売計画

		(10 <sup>3</sup> トン)									
		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989 ~2005
石炭会社の計画	Indalurg (I)	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	・ (II)	80	95	95	95	95	95	95	95	95	95
	・ (III)			95	95	95	95	95	95	95	95
	・ (IV)					95	95	95	95	95	95
	Andalas				150	150	150	150	150	150	150
	Malaysia		180	240	240	240	240	240	240	240	240
	計	125	320	475	625	720	720	720	720	720	720
修正案	国内消費	Indalurg (I~IV)	125	140	235	235	330	330	330	330	330
		Andalas						150	150	150	150
		小計	125	140	235	235	330	330	480	480	480
	輸出	Malaysia						30	180	240	240
		その他	10	45	50	45	50	50		70	220
		小計	10	45	50	45	50	50	30	180	310
		計	135	185	285	280	380	380	510	660	790
(うち船積量)		(10)	(45)	(50)	(45)	(50)	(50)	(180)	(330)	(460)	

(注) 船積量の対象は国内消費のうちAndalas セメント (Ache) と輸出分である。

### 1.1.3 販売炭価と売上高

#### 1) 販売炭価

##### (1) 国内消費向の炭価 (INDARUNO セメント, ANDALAS セメント)

1980年の販売炭価(山元O/Rベース)は13,500 RP/1 (22US\$)となっている。  
本studyではこの22US\$/1を基準として計議する。

参考としてAPPENDIX.1 において石油との価格比較を発電コストを例にとって考察することにする。

##### (2) 輸出向の炭価 (MALASIA, others)

現在、一般炭についてみれば世界的な市場は形成されておらず、その上需給が不均衡な状況にあるので統一的な価格はない。従って輸出される石炭の価格はいくらにするかという考察が必要となる。

一般炭価格の将来見通しを世界的な観点からすると次の三つの意見が日本においては有力である。

- ① 石炭の持つデメリットを差し引いた上で石油価格とカロリー等価となる。
- ② 生産や輸送のコストに適性利税を加えたコスト・ベースで決定される。

③ 今後の需要増につれてコストからは乖離して上昇するが、石油価格とは独立して石炭のもつ固有の諸条件に基づいて独自に価格が形成される。

結論から云えば我々は②の考え方が最も可能性が強いと考える。その理由について以下に述べることにする。

まず①の意見について考える。発電用石炭を例にとってみた場合、同じ石油代替エネルギーとして原子力との競合が生じること、及び石炭の埋蔵量の豊富さから価格の上昇は供給力の増加を生じ価格引き下げ要因として働くことが考えられる。

また一方③の意見について考える。石炭は埋蔵量が豊富で各国に分散している。生産者は新炭鉱の開発、インフラの整備に巨額の投資を必要とするので生産者と需要家の間には長期契約による相互補充関係が生まれる。一般炭の国際市場は成立の途上にあり、産炭国側は競争して自分のシェアの拡大をはかる、というような点から石油におけるようなカルテルは生まれにくいと思われる。従って石炭の価格がコストとは無関係に上昇することにはならない。

次に我々が最も可能性が強いと考える②の意見について考える。新規に炭鉱を開発する場合に再生産を保証する価格 (cost + return) が設定されよう。需要家もこの return を認めざるを得なくなる。具体的に石炭の価格に影響を与えるような大口供給源としての石炭開発が考えられるのは、豪州、カナダ、米国である(除く共産主義国)。それらの産出炭のうちでコストが最も高いと考えられるのは米国の東部坑内炭である。そして需要家は供給源の多様化を狙う点からこの米国東部坑内炭の cost + return を認めざるを得ない。従って一物一価の経済原則からこれが国際価格を支配する可能性が強い。

この米国東部炭(一般炭)の価格は米国のエネルギー省の "Coal Export Study" によれば1979年の実績で30~45US\$/t (F.O.Bベース)の範囲で設定されていた。

以上の考察から輸出炭の価格は米国東部炭の価格に関連づけて決定すべきと考えるが、一般炭の世界的市場が形成されていない現在においては無理がある。従ってこの study ではテルクバイユールの能力も併せ考えて現在のインドネシア炭の輸出価格30US\$を一応ベースとした。

(参 考) Coal Export Study (1979年) — 米国エネルギー省による。

## 2) 売 上 高

向先別販売計画の販売数量に販売炭価を乗じて売上高とする。ここで売上高に計上するのは石炭の売上のみで、その他の収入については、金額も僅少であり、山元生産原価の共通部門の費用の中にマイナス要素として繰り込まれているものとする。

表4-3 Indicative steam coal costs and prices

(US\$/t)

輸入国	輸出国	炭鉱の種類	山元 価格	陸上 輸送費	FOB 価格	港務 荷役費	海上 輸送費	揚炭費	引き渡し価格		\$/百万BTU
									総用	平均	
北 西 ヨ ー ロ ッ パ	アメリカ	東部坑内掘	20-35	10-15	30-45	1-2	6-10	2	39-59	49	1.85
		西部露天掘	8-18	10-20	20-35	1-2	8-11	2	31-50	41	2.19
	カナダ	西部露天掘	15-20	10-20	25-35	1	8-12	2	36-50	42	1.92
	オース トラリア	坑内掘	15-25	5-10	20-25	2	10-14	2	34-43	39	1.63
		露天掘	12-20	5-10	18-25	2	10-14	2	32-43	38	1.52
	南ア共和国	坑内掘	10-15	5-7	15-22	1	8-10	2	26-35	31	1.41
ポーランド	坑内掘			23-31	1	5	2	31-39	35	1.46	
日  本	アメリカ	東部坑内掘	20-35	10-15	30-45	1-2	11-15	2	44-64	54	2.05
		西部露天掘	8-18	10-20	20-35	1-2	9-12	1	31-50	40	2.00
	カナダ	西部露天掘	15-20	10-20	25-35	1	8	1	35-45	40	2.00
	オース トラリア	坑内掘	15-25	5-10	20-25	2	6-8	1	29-36	33	1.38
		露天掘	12-20	5-10	18-25	2	6-8	1	27-36	32	1.33
	南ア共和国	坑内掘	10-15	5-7	15-22	1	9	1	26-33	30	1.36
ポーランド	坑内掘			23-31	1	11-13	1	36-44	40	1.67	

表4-4 年次別売上高

		年度									
		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989 ~2005
販 売 数 (千t)	国内向	125	140	235	235	330	330	480	480	480	480
	輸出向	10	45	50	45	50	50	30	180	310	460
	計	135	185	285	280	380	380	510	660	790	940
売 上 高 (千円)	国内向	2,750	3,080	5,170	5,170	7,260	7,260	10,560	10,560	10,560	10,560
	輸出向	300	1,350	1,500	1,350	1,500	1,500	900	5,400	9,300	13,800
	計	3,050	4,430	6,670	6,520	8,760	8,760	11,460	15,960	19,860	24,360

## 1.2 山元生産原価

山元生産原価については、第1章9項でその詳細を述べている。従ってここでは年次別の計  
画表を掲げるにとどめる。(表1-58参照)

表4-5 年次別山元生産原価

(10<sup>3</sup>US\$)

		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Labour cost	Current operating area	731	731	731	682	592	563	563	563	563	563
	Planning area							443	582	607	650
	Surface and others	818	818	818	769	716	716	716	716	716	716
	Sub total	1,549	1,549	1,549	1,451	1,308	1,279	1,722	1,861	1,886	1,929
Maintenance cost	Current operating area	2,194	2,302	2,514	3,381	3,558	3,558	3,558	3,558	3,558	3,558
	Planning area							3,731	3,835	3,779	3,807
	Common expenses	681	695	709	723	737	752	767	782	798	814
	Sub total	2,875	2,997	3,223	4,104	4,295	4,310	8,056	8,175	8,135	8,179
Depreciation		968	968	1,006	2,013	2,013	2,013	4,568	4,920	5,699	5,733
Total		5,392	5,514	5,778	7,568	7,616	7,602	14,316	14,956	15,720	15,811

1990~2005年については、表1-58を参照

### 1.3 本 社 費

現在ジャカルタにある石炭公社の本社は本来的には、オンピリン炭鉱のみの管理を行なっているものではない。従って現在発生している本社費の全てをオンピリン炭鉱の負担とすべきではない。しかしながらオンピリン炭鉱を分離独立したものと考えた場合にも、現在の設備、人員は必要と思われる。まして現在の生産規模を年産1,000,000トンにまで高めるにおいては尚更のことである。

石炭公社の資料によれば1979年における本社の費用は下記の通りである。

表4-6 1979年本社費実績

	1979年 (RP)	(10 <sup>3</sup> US\$)
労 務 費	143,361,740	231
物 品 費	-	-
そ の 他 経 費	331,603,922	535
計	474,965,662	766

1 US\$ = 620 RP

この数値を10% upした843千ドルを1980年の本社費とする。

その後は石炭生産規模に関係なく毎年同額とする。

## 1.4 販売費

石炭を販売するにあたり消費地までの輸送が行なわれるが、その手段として鉄道と船舶が必要となる。それに伴って鉄道運賃、港頭費用、船運賃が発生することになる。これらの費用は山元の生産原価とは性格を異にするので別に販売費という項目に分類される。

現在インドネシア国内で消費されている石炭の鉄道運賃は消費者が負担することになっており石炭の販売価格もそれを考慮したものになっている。従って本スタディでいう鉄道運賃は輸出される石炭にかかるもので石炭会社が負担するものである。

(石炭の販売計画は前述)

また、船輸送を必要とする場合(海外向、国内向とも)には港頭費用と船運賃が発生する。国内向についてはこの場合も鉄道運賃同様、全額消費者負担とする。従って国内消費の石炭の価格は山元における on rail で仕切られる石炭の海外取引においてはその価格は通常 F.O.B が一般的であり、船運賃は消費者負担となっている。従って本スタディでいう港頭費用は輸出する石炭のみを対象としており、船運賃の負担はゼロとする。

### 1.4.1 鉄道運賃

鉄道運賃は現行の運賃体系をそのまま使用する。従って輸送力増強のための P.J.K.A が行なう設備投資及び P.J.K.A の収支の変化は経済性評価に反映させない。

石炭会社の資料によれば現在(1980年)の Sawahlunto~Bukit Putus 間の石炭輸送運賃は 2538 RP/t (4.09US\$/t) となっている。従って、Sawahlunto~Teluk Bayur 港間についても 4.09US\$/t とする。

表4-7 年次別鉄道運賃支出額

年度	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989 ~2005
石炭輸送量 (輸出のみ対象) (千t)	10	45	50	45	50	50	30	180	310	460
鉄道運賃 (千Rp)	41	184	205	184	205	205	123	736	1,268	1,881

(注) 輸送量は表4-2参照

### 1.4.2 港頭費用(含む貯炭設備関係)

オンピリン炭鉱の石炭増産に伴い石炭積出専用 Wharf, 貯炭場, 及び石炭積出設備が建設され、その運営費用が発生する。(第2章表2-14参照)

また、これらの設備が建設され稼働するまでの期間(1980~1985年)の石炭積出は、わずかな発生する。この期間の港頭費用としては現有一般貨物用の Wharf の使用料及び荷

役費用が発生するがそれらの見合として石炭扱い量1トン当り3 US\$を計上する。

第4-8 港頭費用総括表

(10<sup>3</sup>US\$)

年度		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991~ 2005
Maintenance cost	一般貨物用Wharf 使用料	30	135	150	135	150	150						
	その他							▲891	▲380	▲214	▲100	▲100	▲9
	小計	30	135	150	135	150	150	▲891	▲380	▲214	▲100	▲100	▲9
減価償却費								1118	1118	1118	1118	1117	752
計		30	135	150	135	150	150	227	738	904	1018	1017	743

(注) 控除額 ▲印はマイナスの意味

以上各項で述べた要素を総合すると表4-9になる。この損益はすべて1980年の価格を基準としている為に現実的ではない。従ってこの表4-9の損益を基本として、2で種々のケースを想定した経済性評価を行なうことにする。



Table 4-9 Ombilin Coal Mine Profit and Loss, and Cash flow

	1982	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
(1) Capital Investment (thous. \$)	717	1,439	9,133	6,796	24,523	20,134	5,272	8,090	874	2,618	7,639	4,117	2,779	2,097	4,075	6,793	4,080	2,404	4,181	2,682	4,071	2,793	2,294	2,112	2,316	2,609	
(2) Dep. asset	717	1,439	9,133	6,796	24,523	20,134	5,272	8,090	874	2,618	7,639	4,117	2,779	2,097	4,075	6,793	4,080	2,404	4,181	2,682	4,071	2,793	2,294	2,112	2,316	2,609	
(3) Elixir coal production	130	200	309	300	600	600	940	700	890	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
(4) Saleable amount (inland area)	12	140	225	275	320	330	440	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	
(5) (Import)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(6) (Export)	108	160	265	320	600	600	940	700	890	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
(7) Sales	2,090	4,620	6,670	4,520	6,760	6,760	11,440	11,960	19,640	24,240	24,240	24,240	24,240	24,240	24,240	24,240	24,240	24,240	24,240	24,240	24,240	24,240	24,240	24,240	24,240	24,240	
(8) (Export) (inland area)	2,078	2,033	3,296	4,063	4,190	4,121	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	6,171	
(9) (Export) (export area)	12	127	174	157	170	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	
(10) (Export) (export area)	1,986	1,912	3,122	3,906	4,021	3,952	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	5,992	
(11) Common accounts	41	168	795	186	795	186	795	186	795	186	795	186	795	186	795	186	795	186	795	186	795	186	795	186	795	186	
(12) (All road) (road)	30	126	150	126	150	150	689	689	689	689	689	689	689	689	689	689	689	689	689	689	689	689	689	689	689	689	
(13) (Land, building)	802	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	843	
(14) (Overhead of head office)	18,788	4,179	700	417	1,993	1,972	1,407	6,779	7,442	11,428	11,428	11,428	11,428	11,428	11,428	11,428	11,428	11,428	11,428	11,428	11,428	11,428	11,428	11,428	11,428	11,428	
(15) Operating profit																											
(16) Income tax																											
(17) Depreciation																											
(18) Profit after tax																											
(19) Profit after tax																											
(20) Income tax																											
(21) Net profit																											
(22) Cash flow																											
(23) Depreciation																											
(24) Net cash flow																											
(25) Cumulative N.C.F.																											
(26) Balance of debt																											

## 2. D.C.F法による経済性評価

表4-9をベースとして以下に述べる諸ケースにつきD.C.F法によりRate of returnを求めて投資効果を判断する。計算は全て電算機ACOS-300により行ない、プログラムは本計算の為に独自に作成した。尚、プログラムの基本となる計算式は下記の通りである。

$$\sum_{i=0}^{25} \frac{I_i}{(1+r)^i} = \sum_{i=0}^{25} \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

I : Investment

C : Cash flow

i : Year (0~25)

r : Rate of return

### 2.1 エスカレーションを考慮しない場合

1980年をベースとした表4-9の数値をそのまま使用しかつエスカレーションを考慮しない場合「r」は6.02%となる。しかしながらこれは単なる試算の意味しかもたず、現実には国際的インフレ基調の中で石炭価格、諸コストとも上昇を続けることは疑いないところである。従って次にエスカレーションを考慮した場合の評価を行なう。

### 2.2 エスカレーションを考慮した場合

most likelyと思われるエスカレーションレートを国際的な水準及びインドネシアの実績を勘案して石炭価格、設備投資、諸コストとも一応年10%とする。この結果「r」は16.62%となる。

(参考)

このstudyは国内販売炭価を22US\$/t(F.O.B)をベースとしているが石油との経済性比較から28US\$/tをベースとした場合「r」は21.94%となる(エスカレーションレート10%)。尚、石油と石炭の経済性比較はAPPENDIX.1において検討しているので参照されたい。

### 2.3 各要素変化による評価計算(感度分析)

各要素の変化については次の2通りに大別することができる。

#### ① 各要素別に基本数値そのものが変わる場合

表4-9に集約された諸数値は一応most likelyと見做し得るものであるがこれらは

全て多くの前提条件を踏えたものであり多分に变化する可能性を含んでいる。

② 各要素のエスカレーションレートが变化する場合

most likely なエスカレーションレートを10%としたが国際的或いは国内的要因で变化する可能性がある。これらの变化要素を考慮して本計算では一応次の範囲を設定している。

要 素	範 囲
石炭価格(輸出向)	-5% ~ 38US\$ (+27%)
設備投資	-10% ~ +10%
すべての支出(山元生産原価 販売費、本社費)	-5% ~ +5%
エスカレーションレート	5% ~ 15%

以上の範囲内で各要素が“r”に与える影響の大きさ(感度)を調べるため感度分析を行った結果は図4-1、4-2の通りである。

この結果から判断されることは次の通りである。

1) 輸出向炭価の与える影響は他の要素に比較して極めて大きいといえる。輸出向炭価が30 US\$(F.O.B.)のときは“r”は16.62であるが28.5US\$(-5%)にすると15.55、38 US\$にすると21.47となる。

2) 投資の与える影響は比較的小さいといえる。

投資額が-10%になったとき“r”は18.50、+10%となったときは14.93となる。

3) その他すべての支出の与える影響は比較的小さいといえる。

支出が-5%になったとき“r”は17.78、+5%となったときは15.42となる。

4) エスカレーションレートが与える影響は上記1).2).3)に比較して非常に大きい。支出要素が10%のエスカレーションに対し炭価のエスカレーションレートが15%であれば“r”は34.75となり逆に8.5%でゼロとなる。また炭価が10%のエスカレーションに対し支出要素のエスカレーションレートが5%であれば“r”は29.30となり逆に11.7%でゼロになる。

2.4 プロジェクトとしての実現可能性(危険度分析)

当プロジェクトの実現可能性を確率分布で求めるため危険度分析を行った結果は図4-3の通りである。

尚、本分析は各要素毎の確率分布を正規分布と見做して作成した。意思決定基準となるRate of returnを何パーセントとするかは、当事者が種々の判断にもとづいて決定する訳だがナショナルプロジェクトとしてソフトローンを選んじうるとすればかなり高い確率でプロジェクトの遂行が可能と考える。

仮に、要求される rate を 15% とするとプロジェクトの確率の危険域は図 4-3 に見られるように 35% となる。

Fig. 4-1 SENSITIVITY ANALYSIS ①

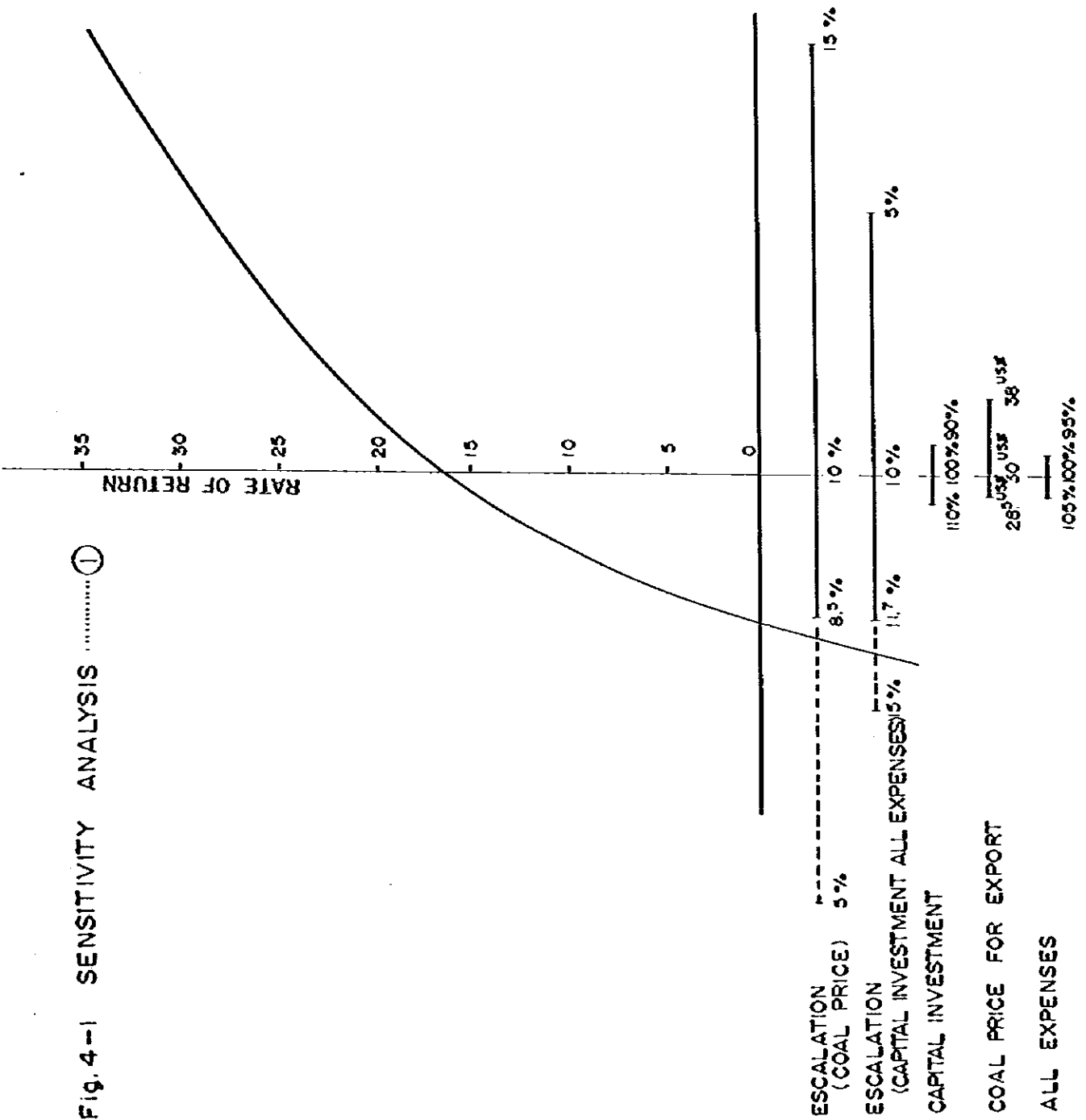


Fig 4-2 SENSITIVITY ANALYSIS ..... ②

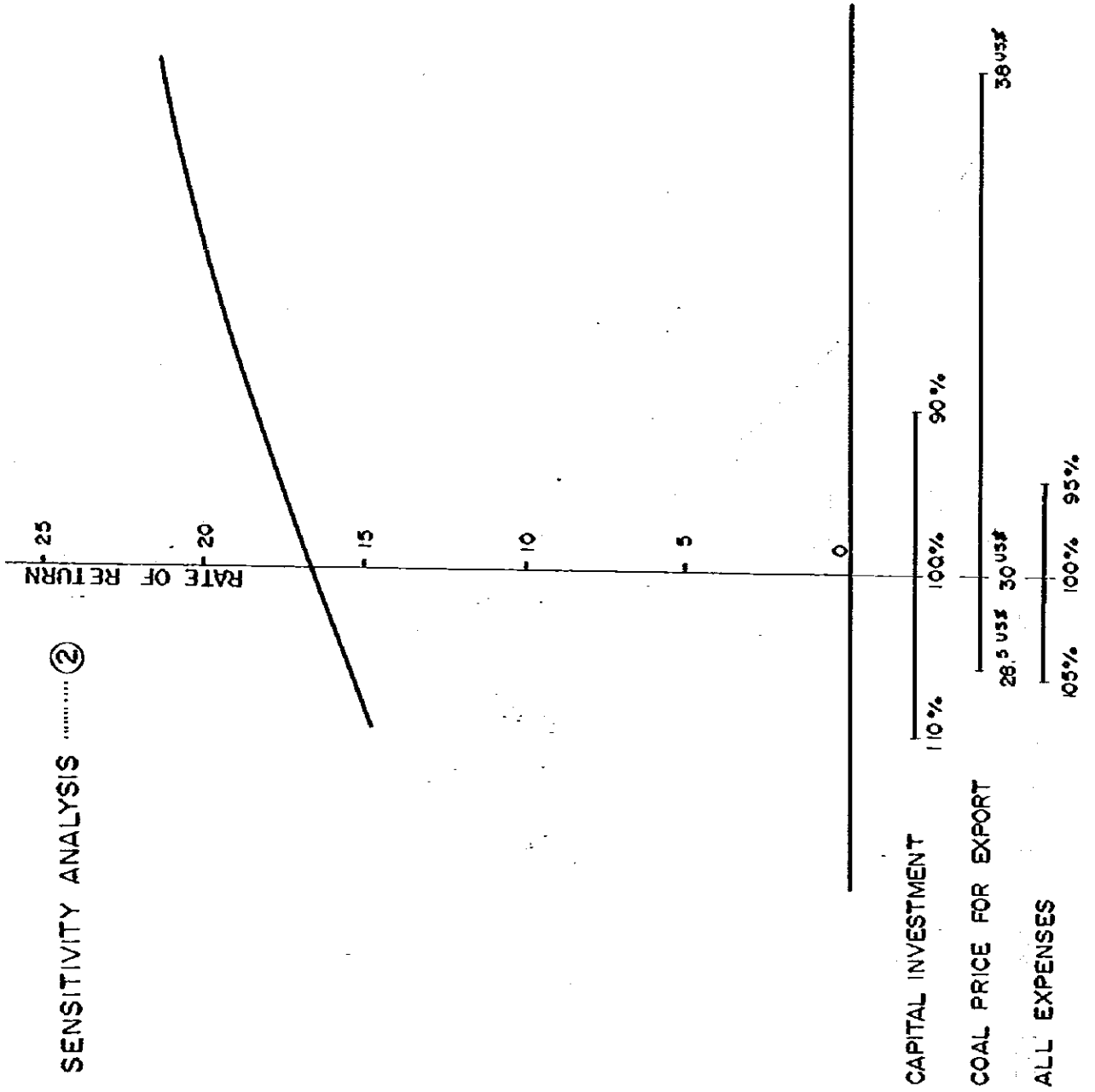
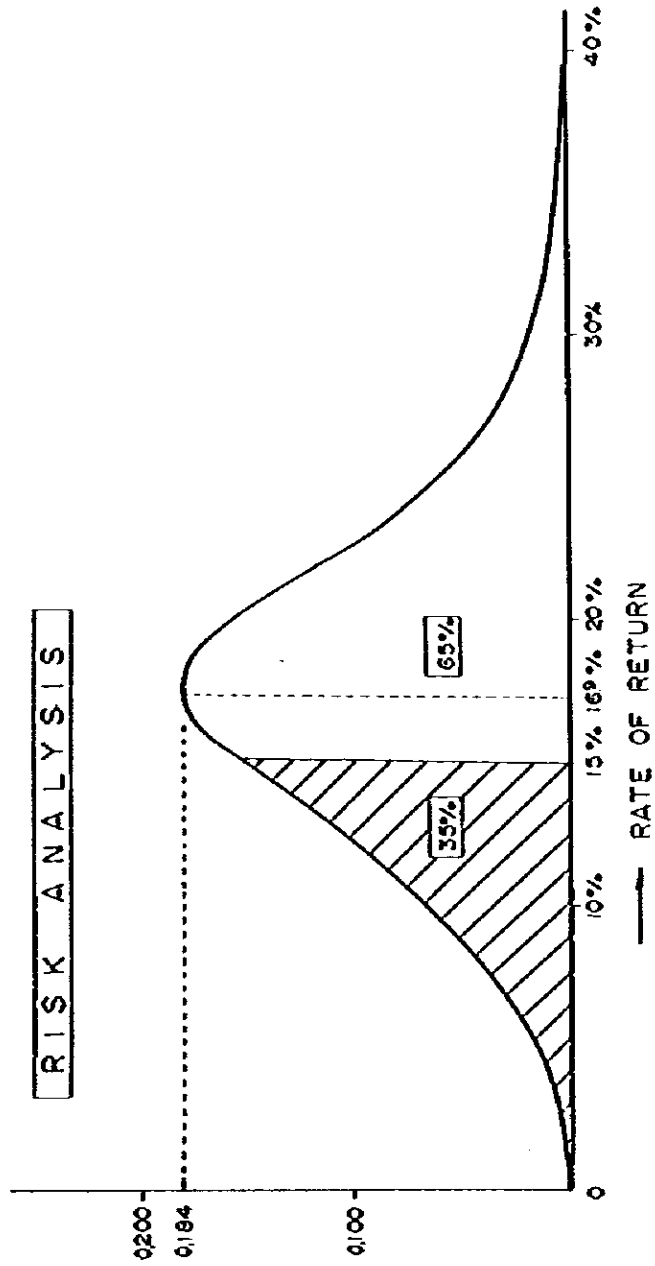


Fig. 4 - 3 RISK ANALYSIS







## 結論と提言

1978年1月より実施して来た技術協力ベースによるOmbilin 炭鉱リハビリテーションに関するフィージビリティスタディはここに一応の結論をみた。

すなわち単に経済性という観点から判断するかぎりにおいては生産量100万t/年をベースとし、それに伴う既存インフラストラクチャーの整備改善によるプロジェクトフィージビリティはかなり高い確率で、ゴーサインを出し得ると考えられる。さらに昨今のインドネシアのエネルギー事情、産業構造変革の必要性、地域社会開発等に対するニーズを考えると、石油代替エネルギーとしての石炭の位置づけは明確であり、或る程度の社会コストを負担してもなお本プロジェクトは強力に推進すべき環境にあるというべきであろう。

しかし、ここで指摘しておきたいことは、プロジェクトの成否は単に経済性のみで決まるものでなく、以下の要素が互いに複雑に影響を及ぼし合いながら推進されていくものであるということである。すなわち

- ① プロジェクトそのものを推進する各分野における卓越したマネジメント体制
- ② そのマネジメントに応じ得る熟練した労働力の確保調達
- ③ 石炭の生産市場およびその流通手段それぞれの開発における量的質的バランス
- ④ 関連事項に対する適切な政策的バックアップ
- ⑤ 適切な資金手当 etc.

最後に、インドネシア関係当局の熱意と努力により、必ずや近い将来本プロジェクトが成功裏にインドネシア経済に貢献するであろうことを期待したい。



## APPENDIX.1 インドネシアにおける石油と石炭の経済性比較

インドネシア国内における石炭（一般炭）の価格の位置づけがどうあるべきかを検討する参考として発電コストを例にとって重油と石炭の経済性比較を行なう。石油価格によって石炭価格が必ずしも支配されるものではないことは当然である。しかしながら石炭を石油に対する競合或いは代替エネルギーとしてとらえる限りにおいては、石炭価格設定の一つの目安になり得ると考えられる。

### ① 石炭火力と重油火力の建設費比較

前提となる発電所の立地及び操業状況は次の通りである。

・発電所の立地は都市部から離れた遠郊地の海岸とする。従って環境規制がなく排煙処理設備の取り付けは不要とする。

- ・ 最大出力 1,000,000kW (500,000kW 2基)
- ・ 年間利用率 70%
- ・ 発電電力量 6132百万kWh
- ・ 送電電力量 重油 5,924百万kWh (所内消費率 3.4%)  
石炭 5,813 〃 ( 〃 5.2%)
- ・ 熱効率率 38%
- ・ 燃料発熱量 重油 9,900 Kcal/kg  
石炭 7,000 〃
- ・ 燃料消費量 重油 1,400千kg (但し比重は0.95とする)  
石炭 2,130 〃

表A1-1 石炭火力と重油火力の建設費比較 (価格は1980年ベース)

(10<sup>6</sup> US\$)

		石炭火力 ①	重油火力 ②	差 ①-②
土	地	43	29	14
建	物	40	30	10
建	港	63	13	50
	灰捨場 護岸	1	-	1
	その他	48	48	-
	小計	112	61	51
機	主要機械	272	252	20
	重油貯蔵設備	1	10	▲ 9
	付属機器	81	34	47
	基礎	28	19	9
	小計	382	315	67
備	品	4	4	-
経	費	97	82	15
	計	678	521	157

表A 1-1によれば石炭火力は石油火力に比べて建設費は全体で30%増となる。これは灰捨場、港湾装置による部分が大きい。

② 石炭火力の経済性

①に述べた前提及び建設費をベースとして発電コストが等しくなるような石炭の価格を求めると表A 1-2のようになる。尚、算定にあたっては重油価格を45RP/ℓ(0.07US\$)とした。ただしこの価格は輸送費等は含んでいないものとし、石炭の仕切価格とベースが同じと考えることにする。

表A 1-2 重油火力発電原価に等しい石炭火力の石炭価格

		重油火力	石炭火力	備考	
建設費(10 <sup>6</sup> US\$)		521	678		
発電電力量(10 <sup>6</sup> kWh)		6,132	6,132		
送電電力量(10 <sup>6</sup> kWh)		5,924	5,813		
燃料消費量		1,400 <sup>10<sup>3</sup> Kt</sup>	2,130 <sup>10<sup>3</sup> t</sup>		
発電原価 (10 <sup>3</sup> US\$)	資本費	金利・減価償却費	83,360	108,480	建設費 × 16%
		固定資産税	7,294	9,492	“ × 14%
		小計	90,654	117,972	“ × 174%
	直接費	人件費	2,188	2,848	“ × 042%
		修繕費	7,815	10,170	“ × 150%
		その他	7,450	9,695	“ × 143%
		小計	17,453	22,713	“ × 335%
	関連費	4,637	6,034	“ × 089%	
	計	112,744	146,719	“ × 2164%	
	揚炭・灰捨費	—	2,459		
燃料費	98,000	60,090			
合計	210,744	209,268			
送電(1kWh当りの原価(US\$/kWh))		0.036	0.036		

表A 1-2より石炭が石油と等価の経済性をもつのはその価格が28US\$の場合であるということになる。

$$60,090 \cdot 10^3 \text{US\$} \div 2,130 \cdot 10^3 \div 28 \text{US\$}$$

この結果のみに限って云えることは現在の石炭公社が国内向け販売している石炭の価格22US\$は低目であるということになる。経済性評価では参考として国内向け価格を28US\$とした場合の評価も試算している。

## APPENDIX.2 石炭輸送能力増強によるP.J.K.Aの収支予測

本スタディにおける鉄道運賃は現行運賃体系をそのまま利用している。即ち、石炭公社がP.J.K.Aに輸送量に見合う運賃のみを支払うことで経済評価を行なった。しかしながらP.J.K.Aはオンピリン炭鉱の増産に伴ない輸送増強の為の設備投資を行なう必要がありP.J.K.Aの収支は当然ながら変化することになる。そこで現行運賃体系の中でオンピリン炭鉱の増産がどのようにP.J.K.Aの収支に影響するかにつき1979年の実績と石炭輸送量が最大(940千t/年)になる1989年の予想(価格は1980年度ベース)との比較で検討する。しかし、現状コスト構成を十分に把握できなかったため本試算がどの程度、的を得たものであるかは注意を要する。計算方法及び数値については第3章と同様とする。

### 1. P.J.K.Aの営業収入

石炭以外の収入は変わらないものとする。(表3-24参照)

表A2-1 営業収入

(10<sup>3</sup> US\$)

	1979年		1989年		差 引	
石 炭	69千t	245	940千t	3,355	871千t	3,110
そ の 他		98		98		0
計		343		3,453		3,110

(注) 換算レートは1 US\$=620RPとする。

### 2. 設備投資計画(図3-33参照)

この設備投資計画は石炭の輸送量増大に直接関係のないと思われる項目も含んでいる。又、橋梁のrepaintingも設備投資に含める。

### 3. 支出(第3章 11.2参照)

#### 1) 労 務 費

表A2-2

(10<sup>3</sup> US\$)

	1979年		1989年		差 引	
支 社	1233人	849	1,593人	1,097	360人	248
工 場	178人	122	237人	163	59人	41
計	1,411人	971	1,830人	1,260	419人	289

(注) 年間当りの平均賃金は427千RP

2) 物品費他

表 A2-3

(10<sup>3</sup> US\$)

	1979年	1989年	差 引
燃料・油脂	143	1,752	1,609
その他	755	1,132	377
計	898	2,884	1,986

4. 減価償却費

図3-33に掲げられている設備の減価償却方法は山元及び港頭におけるものと同様とする。  
ただし contingency は償却の対象からはずす。

1) 耐用年数

日本における耐用年数を考慮して下記の如く定める。

- Locomotives, coal wagon, locomotive dept. work shop 30年
- Station facilities, rail road, signal 40年
- Tunnel & fence 60年
- Painting, engineering 5年  
(含む repainting)

2) 減価償却費

表 A2-4

(10<sup>3</sup> US\$)

	1979年	1989年
Locomotives		507
Coal wagon		222
Improvement of the station facilities		4
Improvement of the rail road	減価償却費は 表A2-3に 含まれているもの とする	200
Improvement of the signal		52
Locomotive depot		12
Work shop		24
Painting		97
Repainting		—
Tunnel & fence		1
Engineering		168
計	0	1,287

(注) ここでいう設備は石炭輸送増大にかかる additional な設備のみを対象としているが、維持投資分の設備は表A2-3に含まれているものとする。

5. 収 支

表A2-5

(10<sup>3</sup> US\$)

		1979年	1989年	差 引
石炭輸送量		69kt	940kt	871kt
収 入		343	3,453	3,110
支 出	労務費	971	1,260	289
	物品費外	898	2,884	1,986
計		1,869	4,144	2,275
減価償却費		—	1,287	1,287
差引収支		▲ 1,526	▲ 1,978	▲ 452

(注) ▲印はマイナスを意味する。

以上の試算からわかるように石炭の輸送量の増大にもかかわらず収支は452千ドルだけ悪化することになる。もしこの悪化分をオンピリン炭鉱が負担するとすれば石炭運賃は次の算式から約0.5ドルだけ値上げする必要があることになる。

$$452 \text{千ドル} \div 940 \text{千トン} \div 0.5 \text{ドル/ト}$$

### APPENDIX. 3 インドネシア側の鉄道輸送容量増強案について

1981年2月23日～3月4日に行われた「Draft for F/S of the Sawahlunto Coal Exploration」に関するインドネシア Steering Committee と JICA チーム（河合，上田）との討議において，インドネシア側より次の試案が示された。

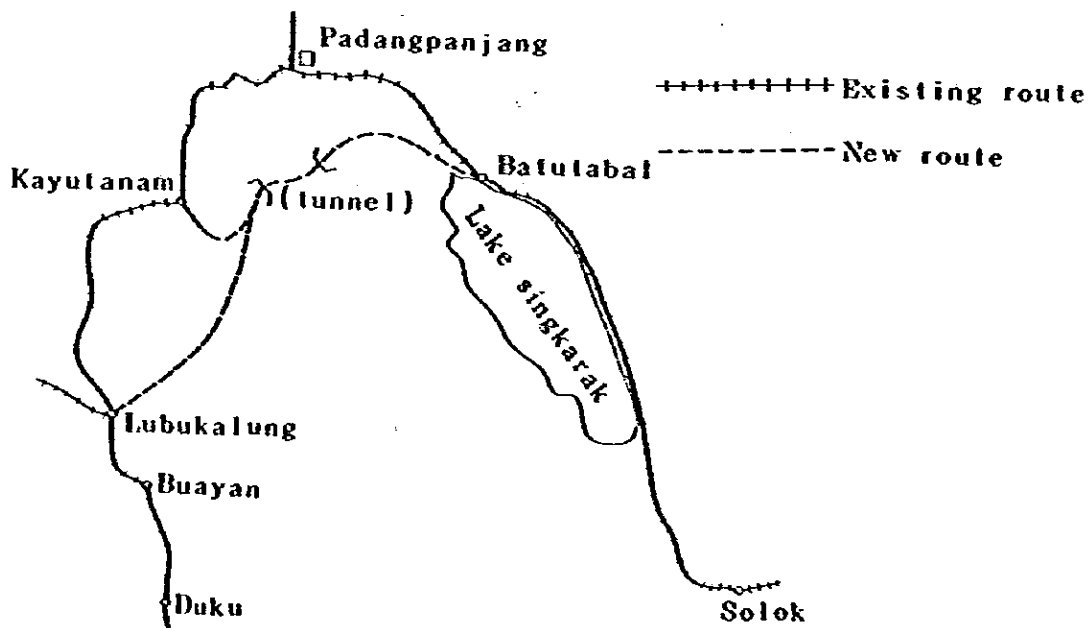
1. オンピリン炭鉱よりの石炭輸送のみならず，将来の地域開発（農業・鉱業）を考慮して鉄道輸送能力を増強したい。
2. 上記構想に基づき次のことを考えている。
  - a) ラック区間をさける新線計画
  - b) 大型機関車，炭車の採用

以上の試案に対する検討は本 F/S の範囲外である。又，詳細データなきままこれらの試案に関する検討を加えることは困難であり，かつ慎しむべきである。従ってここでは，単なる私見としてコメントしたい。

#### A. ラック区間をさける新線計画について

Kayutanam～Padangpanjang～Batutabal間のラック区間が，現在線の輸送容量のコントロール区間となっている（第3章，表3-2並びに4.2.2，4.2.3参照）。

ラック区間をさける可能性のある New Route を  $\frac{1}{500,000}$  の地形図より推測する。





上図の New Route には、長大トンネル、高橋等後、岩峯側更には、3～4箇所のすれ違い駅（勾配≒0%）の設置等が必要となる。

地域開発に基づく長期的観点より、技術的・経済的検討の必要性は認められる。

## B. 大型・機関車、炭車の採用について

インドネシア側より次の3点の申し出があった。

1. 大型機関車：動輪荷重 14.0 ton, (今回スタディでは軸重 10.7 ton)
2. 大型炭車：容量 30 ton, (今回 F/S の炭車容量 23 ton)
3. 橋梁に関する衝撃係数の修正 ( $\varphi = 1.2 + \frac{2.5}{L+50}$ , L: m)

大型機関車、炭車の諸元に関する資料を委員会に 1981年3月2日付書翰にて要求したが、未回答のままに検討会にて得たデータにより橋梁並びに軌道構造につき検討を行った。

### B-1 橋梁について

Chap. 3にて検討した4橋につき概略検討の結果

#### 1) 曲弦トラス橋（橋梁番号77）

主部材である上弦材、下弦材の応力が許容応力度にほぼ等しいか、数パーセント上廻ることとなる。

#### 2) プレートガーダー橋（橋梁番号163）

応力は、ほぼ許容応力に等しくなる。

#### 3) トラス上路橋（橋梁番号329）

上弦材の一部は許容応力を20%上廻ることとなる。下弦材、上弦材の一部は許容応力に近づく。

#### 4) トラスアーチ橋（橋梁番号186）

トラスアーチ部は許容応力内であるが、トラスアーチに接続している単純桁（プレートガーダー橋）の応力が許容応力を10～15%上廻ることとなる。

上記の概略検討結果より大型車両導入に当たっては全橋梁につき詳細な現状調査、材料強度、応力計算、補強の可否、架替えの必要性等慎重な検討が必要となる。

### B-2 軌道構造について

軌道構造については、列車の軸重によるレール、マクラギ、路盤圧力等の応力が許容範囲内にあるだけでなく、繰返し荷重による累積劣化が過大にならないことが必要である。これは軌道の保守周期を十分長く保ち、保守比を軽減するうえで重要である。今後のすう勢は maintenance economy が建設費に比べ重要度が高くなっていくものと考えられ、そのために heavier rail の使用が効果的と考えられている。

これまでの Study では Bukitputtus ~ Sawahlunto 間の軌道は軸重が 10.7 t 程度と比

較的軽いため、Initial cost を小さくするため安価に使用できる  $30.8 \text{ kg/m}$  の used rail を採用した。

軸重が  $14 \text{ t}$  程度になるものとすれば、軌道応力及び保守経済の両面から少くとも  $40 \text{ kg/m}$  のレールが必要と考えられ、R14Aレール ( $42.59 \text{ kg/m}$ ) の使用が得策と考えられる。その他の軌道各部もこれと Balance のとれた構造とすることが効果を上げるうえに必要な。したがって枕木間隔は  $60 \sim 65 \text{ cm}$  とし、ballast depth は  $200 \text{ mm}$  程度が必要と考えられる。

## APPENDIX. 4 インドネシア側提案の条件による経済性評価

本レポート第4章においてオンピリン炭鉱の増産計画がどの程度の経済性を有するかについて、D. C. F法により検討を加えた。ここでは、さらにインドネシア当局の要請により次のような具体的資金条件を与えて評価計算を行った。計算は rate of return を求めるまでとし、Sensitivity Analysis 等は省略した。

### 1. 賦与条件

#### ① 設備資金の調達

毎年の設備投資額については50%を cash に残り50%を loan とする。

#### ② 借入金の条件

金利は年9%とする。5年据置の15年均等償還とする。また借入は期首に行い返済は期末に行われるものとする。従って金利は期首の借入残高に対するものである。

#### ③ Income tax

税率は毎年の利益に対し45%とする。また課税前で損失が発生する場合はその損失は翌年度以降4年間にわたり繰越すことが許される。

#### ④ 石炭販売価格

第4章の経済性評価では80年度価格として国内向22 US\$ (F. O. R)、輸出向30 US\$ (F. O. B) としたが、ここでは81年度ベースで国内向28 US\$ (F. O. R) 輸出向42 US\$ とする。

#### ⑤ Escalation

石炭価格、設備投資額、その他すべてのコストの escalation は年10%とする。

#### ⑥ 評価期間

石炭販売価格のベースを81年度にした関係で、評価期間は初年度1981年、2005年までの25年間とする。したがってTable 4-9に示された80年度ベースの設備投資額は10%上昇させて81年度価格とした。

#### ⑦ 運転資金の借入

1981年には操業赤字の補填として650千US\$を借り入れる。この借入条件は金利年9%とし、翌年の cash flow の中から返済するものとする。

### 2. 計算結果

以上の条件で損益および cash flow を作成すると Table A4-1 のようになる。これにより rate of return を求めると、14.6%となる。

Table 'A4-7

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024					
1 Capital Investment	1011	5525	3167	17951	16208	4447	7882	978	4264	8624	3872	5578	5545	9284	18345	1262	4380	22464	11887	10534	10333	9347	13862	13519	15622	13944	14274	15823	15732	18767	20214	21624	21527	20037	19213	20258	20987	18875	27713	23858	31285								
2 (Cash)	1012	3525	3167	17953	16208	4670	7883	979	4264	8624	3873	5579	5546	9285	18346	1263	4381	22465	11888	10535	10334	9348	13863	13520	15623	13945	14275	15824	15733	18768	20215	21625	21528	20038	19214	20259	20988	18876	27714	23859	31286								
3 Non-Accrual	2073	11051	4333	33904	32409	9739	19745	1873	6527	14116	11747	11640	11845	18519	58729	1804	13140	48374	33778	27087	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887	20887
4 (Cash)	200	300	300	400	500	600	700	800	900	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
5 (Other)	140	275	275	375	475	575	675	775	875	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	
6 (Total)	45	50	50	70	80	90	100	110	120	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	
7 (Other)	149	285	285	385	485	585	685	785	885	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	985	

