

バングラデシュ人民共和国

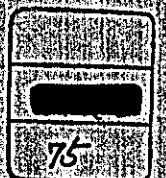
ジャムナ河架橋計画調査報告書

石材調査部門

1975年3月

国際協力事業団

日本工営株式会社



JICA LIBRARY



1011765[3]

国際協力事業団	
入 月日 50.10.15	E218
登録No. 3494	7.2 K

バングラデシュ人民共和国

ジャムナ河架橋計画調査報告書

石材調査部門

国際協力事業団

受入 月日 '84. 5. 18	101
登録No. 05644	61.5
	SD

目 次

1. 石材調査の概要	1
1.1 調査地区	1
1) バングラデシュ領内 2) 印度領内	1
1.2 調査項目	2
1.3 調査の目標	2
2. 石材資源の所在	3
3. 堆積砂礫層	4
3.1 Sylhet 地方 Bholaganj Gravel Deposits	4
3.1.1 産 状	4
3.1.2 埋 蔵 量	7
3.1.3 採石設備再 建築案	7
3.1.4 生産量と輸送費	8
3.2 印度アッサムとの国境に近いその他の砂礫産地	9
3.2.1 Looba 地区	9
3.2.2 Goyan 河上流	9
3.2.3 Pyanganj 砂礫産地	9
3.2.4 Sunamganj 北方の砂礫産地	9
3.3 バングラデシュ北西隅の砂礫層	11
3.3.1 Ramgarh 砂利採取地	11
3.3.2 Bhojonpur 砂利採取地	11
3.3.3 Titalia 砂利採取地	13
3.3.4 その他の情報地	13
3.3.5 Patgram 地区 Ramgpur District	13
3.4 印度アッサム州北西部 Darjeering 及び Jalpaiguri 附近の巨礫	14
4. 前第三紀の基盤岩及び Trap rock	16
4.1 アッサム州内の先カンブリア採石	16
4.2 アッサム州南辺の国境に近い石灰岩	19
4.3 Jaipurhat の石灰岩プロジェクト	19

4.4	Ranipukur 硬岩プロジェクト	19
4.5	印度領 Rajmahal Hill の trap rock	23
4.5.1	Pachami - Hatgacha 地区の採石場	25
4.5.2	Nalhati 採石場	28
4.5.3	Rajgaon 地区採石場	28
4.5.4	Pakur 地区採石場	28
	I) Black stone Production Ltd.	28
	II) Pakur Quarries Ltd.	29
4.5.5	Rajmahal 地域産石材の鉄道輸送	29
	北廻り 南廻り	29
4.5.6	Rajmahal 地域産石材の水上輸送	31
5.	結 論	34
5.1	石材調達の基本問題	34
5.2	石材供給の可能性	34
5.3	石材の着地価格	35

参 考 資 料

Annex I	Bholaganj Gravel Deposits の採取可能量計算	37
Annex II	Bholaganj 採石場開発費	39
Annex III	竖坑による Ranipukur 硬岩開発	41

添 附 図

- Fig. 1. Locality Map of Bholaganj Quarry Site, Sylhet District.
- Fig. 2. Geological Map of Bholaganj Quarry Site, Sylhet District, Bangladesh.
- Fig. 3. Sylhet 地区の砂利鉱床分布図
- Fig. 4. Dinajpur, Rangpur Districts の砂利鉱床分布図
- Fig. 5. Locality Map of the River Boulder Quarries at the Himalaya Mountain Foot Area, India,
- Fig. 6. Distribution of Pre-Cambrian Monadnock near Dhubri and Goalpara Districts, Assam State, India.
- Fig. 7. Jaipurhat Limestone and Jamalganj Coal Project, General Map Showing Mine Area.
- Fig. 8. Structure Contour on the Surface of Archaean Basement Complex in Rangpur, Bogra, Rajshahi Districts, Bangladesh.
- Fig. 9. Outline Geological Logging in the "Ranipukur Hard Rock Project" Area.
- Fig. 10. Map of Bangladesh and India.
- Fig. 11. Geological Map of Dt. Birbhum (St. West Bengal) and Dt. Santal Parganas (St. Bihar), India.

Fig. 12. Map Showing Position of Pachami-Hatgacha Project, West Bengal
Mineral Development & Trading Corporation Ltd. (1974)

Fig. 13. Outline Map of Road and Railway between Pakur Main Area and
Dhulian Bank (Ganges River Side)

Fig. 14 立坑深度概念図

Fig. 15 JWS 工法概念図

Fig. 16 S.S. 工法概念図

Fig. 17 運搬立坑・補助立坑の概念図

Fig. 18 採掘法概要図

1. 石材調査の概要

ジャムナ河は広大な沖積平原の中を貫流する特殊の河状をもつ乱流河川で、これに架橋するには直接、間接に、極めて大量の石材を必要とする。然るに、一方この国は国土の大部分が厚い第四紀層に被われて、土木工事に使用する石材の入手がむづかしい。

ジャムナ河架橋計画のフィービリティ調査を行うに当り、莫大な所要石材の経済的な入手は、架橋工事費を大きく左右する重要課題である。そのため利用し得るあらゆる石材資源を広く調べることになった。

1.1 調査地区

1972年後半に行われた予備調査報告書の中に示唆された石材資源の調査地区は次の通りである。

東北部 Sylhet 地区

西北部 Dinajpur Hat Rangpur 地区

Rangpur, Jaipur 地区の石炭、石灰岩採掘に伴う岩石 Bogra 地区の人工骨材

印度アッサム州内 Bagmara, Tura 西方 Dhubri 地区

今回の調査団は、ダッカ到着後関係機関より得た種々の情報を検討の結果、下記の地区を調査することにした。

1) バングラデシュ領内

Sylhet 地区の河砂利

Dinajpur District の Pachagarh, Titalia 地区

Tista 河上流々域

Jaipurhat の石灰岩開発計画地

2) 印度領内

Assam 州内の生産地及びこれより現在供給されている Sirajganj の護岸用捨石の現況

然るに、Assam 州内への調査旅行に関して再三の申し入れに拘らず、印度政府の許可が得られなかったため、現地踏査が出来なかった。よって、Assam 州内の石州生産状況について書面を以って照会を發し、回答を待つと共に、第2年度に調査を延長して、印度 Bihar, West Bengal 両州境の Rajmahal Hill の石材産地を訪ねて、その生産の実態と能力を検討した。この間に印度政府よりは Assam 州の石材生産の実情について、

或程度の情報が回答されて来た。

一方、Bangladesh 国内で計画されている Banipukur の地下に潜在する石材資源を開発する Hard rock project の生産性を検討した。

1.2 調査項目

本調査に於ける調査項目は岩種、岩質、採取可能量の推定、採取方法、輸送方法、所要経費の概算である。今回の調査段階では、石材の強度試験、現地地形測量などの定量的な計測は行わないで、上記項目を総合判断し、各地区の優劣を比較し、供給源としての優先順位をつけることを目的とした。それ以上の調査は精査の段階に委ねることとした。

1.3 調査の目標

石材の対象は、構造物用のコンクリート骨材と、河床、河岸の工事用捨石、護岸材料とに分けて考え、前者は数十万立米、後者は数百万立米を5～7年間と想定される架橋工事期間中に架橋地点に供給することが可能かどうかを目標とした。これらの所要量は、夫々日産数百屯及び数千屯の程度の大きい量である。従って、生産能力のみならず、架橋地点への運搬も大きい問題であるので、この点も併せて検討した。

一方、このような大量の石材を使用するため、その石材価格は工事費を大きく左右するので、生産費と輸送費の秤価には十分な配慮を配った。

2. 石材資源の所在

この国は、ガンジス河 (Ganges or Padma River) ジャムナ河及びメグナ河の三大河川が貫流して、国土の大半はこれら大河によって運ばれた砂泥の沖積平原である。国の南端ビルマと印度に境するチッタゴ山脈は南北に延長し Sylhet の南まで伸びている。この山脈は第三紀層より成り、その岩石は一般に軟質、且つ風化に弱いので、この地帯に大量かつ良質の骨材や石材の資源を期待することは出来ない。

一般に、石材資源を採すに当っては、大別して第四紀の扇状地及びこれにつづく堆積砂礫層を対象とする Gravel pit と硬質岩石を期待出来る前第三紀の岩盤や熔岩系の trap rock を対象とする Quarry の二種に分けられる。

前者の堆積砂礫層は、沖積平野がその後背地の山地に接する地区に生成されるもので、バングラデシュ領内の北部国境近くに見られる。Sylhet 北方、Dinajpur 北方、Tista 河上流及び印度領 West Bengal 州の北西辺 Darjeering 東方の所謂 Himalaya piedmont district 等の扇状地、又はこれにつづく砂礫層がこれに当る。

後者の硬質岩盤は、バングラデシュ領内には殆んど存在しないと云っても過言でない。唯一つ比較的浅い沖積層の下底に潜在する古期硬岩々盤として、バングラデシュ北西部 Ranipukur 地区の地下花崗岩々盤と Jaipurhat の地下石灰岩がこれに当る。沖積層の被覆は Ranipukur で 150 m 余、Jaipurhat で 500 m と云われる。

印度領内にはアッサム州 Shillong Plateau と称せられる高原性山塊の前カンブリア紀岩盤露出地や Bihar West Bengal 州境の玄武岩系の Rajmahal hill の trap rock 露出地がこれに当る。これら印度領内のものは現在及び過去に相当まとまった量の生産実績をもっている。

何れにしても、石材の生産地は広大なベンガル沖積平野の北部辺境や印度領内の山地や台地に分布している。沖積平野の中心に位置するジャムナ架橋地点とこれら資源地とは数百料を距ているので、その間の輸送が石材供給の中の大きい因子を占める。

3. 堆積砂礫層

3.1 Sylhet 地方 Bholaganj Gravel Deposits (附図1参照)

3.1.1 産 状

バングラデシュ領 Sylhet District と印度領 Assam State の接する国境を横切って流下する急流 Dahalganj 河の河床に堆積する砂礫層である。Sylhet 市の北東 20 マイル、Chhatak 町の北 11 マイル、 $25^{\circ}-8'N$ 、 $91^{\circ}-42'E$

交通は Chhatak より Surma 河の支流 Piyan 河をボートで溯って達する。別に Sylhet から Bholaganj の対岸を通して印度領に入る、旧英印軍の軍用道路があるが、今は荒廃して自動車通行が出来ない。

この Gravel pit は、早くからコンクリート骨材やバラスト用に採取され、Ohittarong 漁港のコンクリート護岸や、カルナフリ河のカプタイ・ダム of 構造物のコンクリート骨材として遠く船と鉄道で運ばれた。カプタイ・ダム工事には、20 million cu ft (= 570,000 m³) を供給したと云われる。

Dahalganj 河は Shillong 高原の Mun 山 (6102') を源流とする河で、流域の先カンブリア紀の硬岩の風化侵蝕岩屑を多量に流送する。国境線に略々一致する東西の断層崖を流下した直後、基盤の第三紀層を被って扇状地堆積物として、大量の砂礫を堆積している。現在稼行されている堆積砂礫層は、南北方向に 2,500 m、東西方向に 1,400 ~ 600 m に亘って堆積して、この国で最大の砂利堆積層である。その厚さは 14 m 以上に達する。最大径 60 cm のものから砂まで広い粒度分布を示す。(附図2参照)

岩質は花崗岩、片麻岩、珪岩、硬砂岩、塩基性岩のよく円磨された硬岩で、骨材やバラストとして最良質のものである。

1956年の調べでは、この国の全長 2,600 マイルに達する鉄道の路床を維持するためには、年間 28,000 m³ のバラストの補給が必要と計算された。当時の政府はこの調べに基き 1962年このバラスト供給のために Bholaganj 開発に着手することになった。Rs 20 million を投下して、1970年3月 gravel の生産設備を完成した。当時の埋蔵量見積は約 300 million cu ft (= 8.5 million m³)。これに毎年雨期の出水により上流より 0.7 million cu ft (= 20,000 m³) が流下補給されるとした。完成した設備の概要は次の如くである。

- 1) Bholaganj 採石と破砕篩分設備
- 2) Bholaganj - Chhatak 間 11.25 マイルの索道

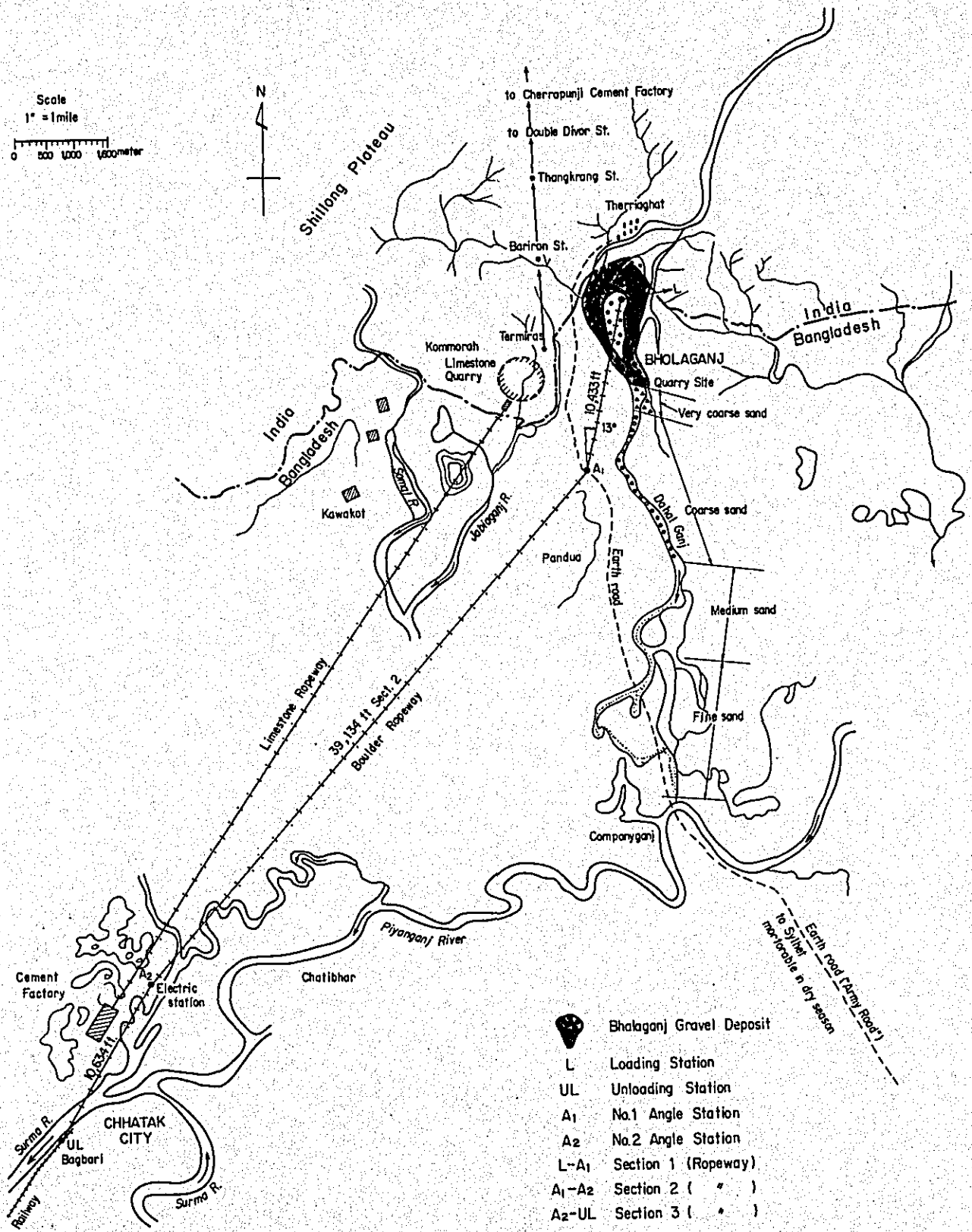
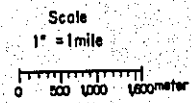


Fig.1 Locality Map of Bholaganj Quarry Site, Sylhet District

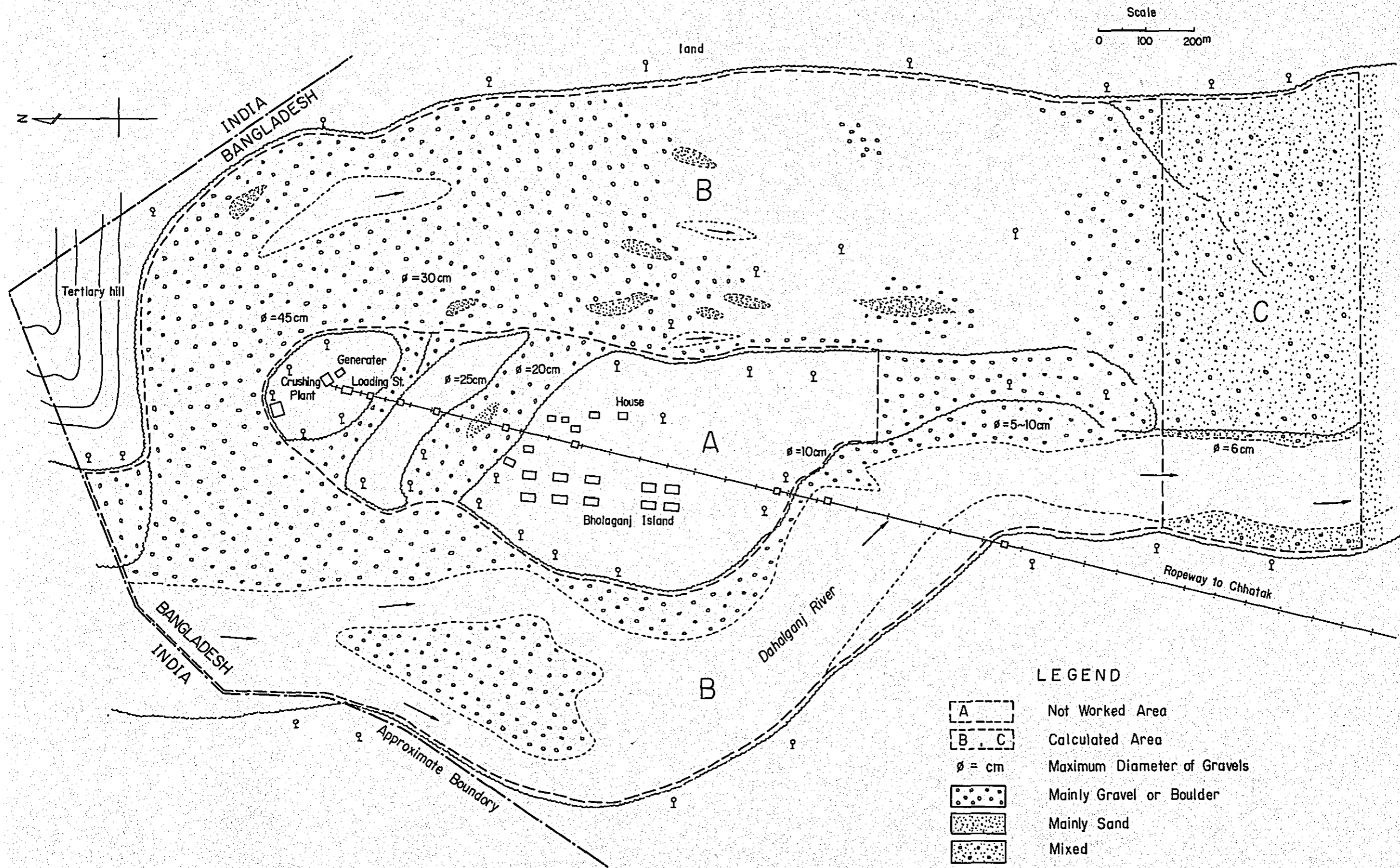


Fig. 2 Geological Map of Bholaganj Quarry Site, Sylhet District, Bangladesh
by Dr. Z.YOSHIDA 17, Jan. 1974.

3) 二ヶ所の屈曲点に原動機用発電機 2 台

4) Ohhatak 終点の積卸と貨車積設備

以上の設備で、生産能力 60 million cu ft/年 (= 170,000 m³/年) とされたが、1970年より約1年間の試運転の結果は、多くの機械的欠陥を露呈して、生産実績は次の通りで、計画の3%にも達しなかった。

砂	74,600 cu ft (42.1%)
細 礫	21,700 " " (12.2%)
バラスト	81,100 " " (45.7%)
計	177,400 cu ft (= 5,100 m ³)

然るに、この設備は翌年1971年の独立戦争によって、その大部分が破壊されたので現在機械類の修理、再使用は不可能なまでに荒廃してしまった。僅かに索道のみが修理可能である。

戦争後は、人力により小規模に採取して船で積出されている。

3.1.2 埋 蔵 量

今回の踏査に当り、簡易測量により地形スケッチを作った(図2)概測により分布面積を見積った。厚さは14m以上と考えられるが、乾期の水面下6mまでを採掘可能と仮定して概算すると、

採取可能埋蔵量 約 9.1 million m³

と算定される。(計算は Annex I)

その粒度内訳は、

φ 9" 以上 (Pitching stone)	3.6%	約 330,000 m ³
φ 4" ~ 3/16" (Balast)	49.2%	約 4,470,000 m ³
φ 3/16" 以下 (Sand)	47.2%	約 4,300,000 m ³

3.1.3 採石設備再建築

1970年に完成した機械設備を挙げれば次のようである。

- (1) 単線式索道: 60201 ft (11.25 miles) 途中二ヶ所に屈曲点あり、ディーゼルエンジン 237 HP × 2 台、ポスト数 122 基、ロープ 1 1/4"、
搬器 388 箇 (13.44 cft)、運搬能力: 75' 屯/時
- (2) 採取設備: ドラッグラインエクスカベーター 100 HP、65 HP、各 1 台
- (3) 破碎篩分プラント: インペラブレーカー 1、分級機 1、振動篩 2
ディーゼルエンジン 475 HP × 2 台

発電機 242 KW × 2台

これら設備の殆んどすべては戦争によって破壊された。これを再建するに当って、次のような方針を仮定する。

- I) 索道と建家の一部を除いて、破壊された残存設備は利用しない。
- II) ドラッグライン採掘をやめて、バックホウとダンプトラックの組合せを採用。
- III) 破碎篩分設備は塔式を廃し、平地式とする。
- IV) 粗骨材を索道輸送し、砂と one-man-stone は別途輸送（水上又は道路）
- V) 生産量の半分は鉄道用に、半分をジャムナ架橋工事に供給する。

以上の方針で操業規模をきめると次のようになる。

a) 索道運搬量（生産量）

$$1 \text{ 日運搬量} \quad 75 \text{ 吨/時} \times 24 \times 75\% = 1350 \text{ 吨/日}$$

$$1 \text{ 月} \quad " \quad 1350 \text{ 吨} \times 25 \text{ 日} = 33,750 \text{ 吨/月}$$

$$1 \text{ 年} \quad " \quad 1350 \text{ 吨} \times 300 \text{ 日} = 405,000 \text{ 吨/年}$$

b) 採掘量と処理量

径 9" 以上の pitching stone と径 3/16" 以下の砂は索道によらず、別途輸送することになると、これらの量は採掘量の 50% に達する。又雨期 3ヶ月を操業不能として除くと、

$$\text{採掘日数は} \quad 25 \text{ 日} \times 9 \text{ ヶ月} = 225 \text{ 日}$$

選別と取扱いロスを 10% とみると

$$\text{所要採掘量} \quad \frac{405,000 \text{ t}}{225 \text{ 日} \times 0.9 \times \frac{50}{100}} = 4,000 \text{ 吨/日}$$

破碎、篩分は年間 300 日稼働として

$$\frac{405,000 \text{ t}}{300 \text{ 日} \times 0.9 \times \frac{50}{100}} = 3,000 \text{ 吨/日}$$

以上の操業フローシートは図 8 に示す。

開発設備費の明細は Annex II に示す通りで総額 \$ 6 million となる。

3.1.4 生産費と輸送費

	処理量 1 吨 当り	碎石 1 吨 当り
採掘費	\$ 0.2	\$ 0.4
選別費	\$ 0.5	\$ 1.0
運搬費		\$ 1.2
その他		\$ 0.5
償却費		\$ 1.9
合計		\$ 5.0 = Tk 39.0

但し、償却費算定の条件は、

採掘、運搬機械の耐用年数5年、その他の機械8年、金利8%、残存価格は取得価格の10%とした。

輸送費

船運賃 (Ohhatak - Sirajganj)	Tk 500/100 cft
積込積卸	Tk 80/100 cft
計	Tk 580/100 cft
100 cft = 5 屯とすると	Tk 116/屯

依って Sirajganj 着の価格：

$$\text{Tk } 390 + \text{Tk } 116 = \text{Tk } 155/\text{屯} \quad \text{or} \quad \text{Tk } 775/100\text{cft}$$

3.2 印度アッサムとの国境に近いその他の砂礫産地 (附図3参照)

上記 Bholaganj の東と西数十マイルの範囲で国境を横断して南流する数本の溪流の扇状地に同じような成因で出来た砂礫の産地が点々と数ヶ所ある。1962年 Haque によって報告されている。

3.2.1 Looba 地区 (25°-5' N, 92°-20' E)

Bholaganj の東40マイル、Looba 河に沿って 10 million cft の砂礫が見積られている。最大径 6"、平均 4"~1" でコンクリート骨材に適する。Looba 河を船で Sylhet まで運ぶことが出来るので、この地方の一般需要には応じられるが、大規模の開発に値するだけの量はない。

3.2.2 Goyan 河上流

小規模に河床礫を掘って、小舟で砂利を搬出しているが、詳しい情報がない。

3.2.3 Pyanganj 砂礫産地

Pyanganj 河の河床の扇状地堆積物としての砂礫が報告されているが、その量や質についての十分な情報がない。

3.2.4 Sunamganj 北方の砂礫産地

Sunamganj の北方7マイルの Mukai 河の国境に近い印度領内に 300 million cft の砂礫が報告されているが、その産状も不明で、且つ生産の実績も明らかでない。

以上の情報地は何れも Shilong 山地の硬質岩層を浸蝕した小河川が、多量の砂礫を運搬して、国境線に近い扇状地に堆積したものであることが、地形地質の両面から容易に推定出来る。

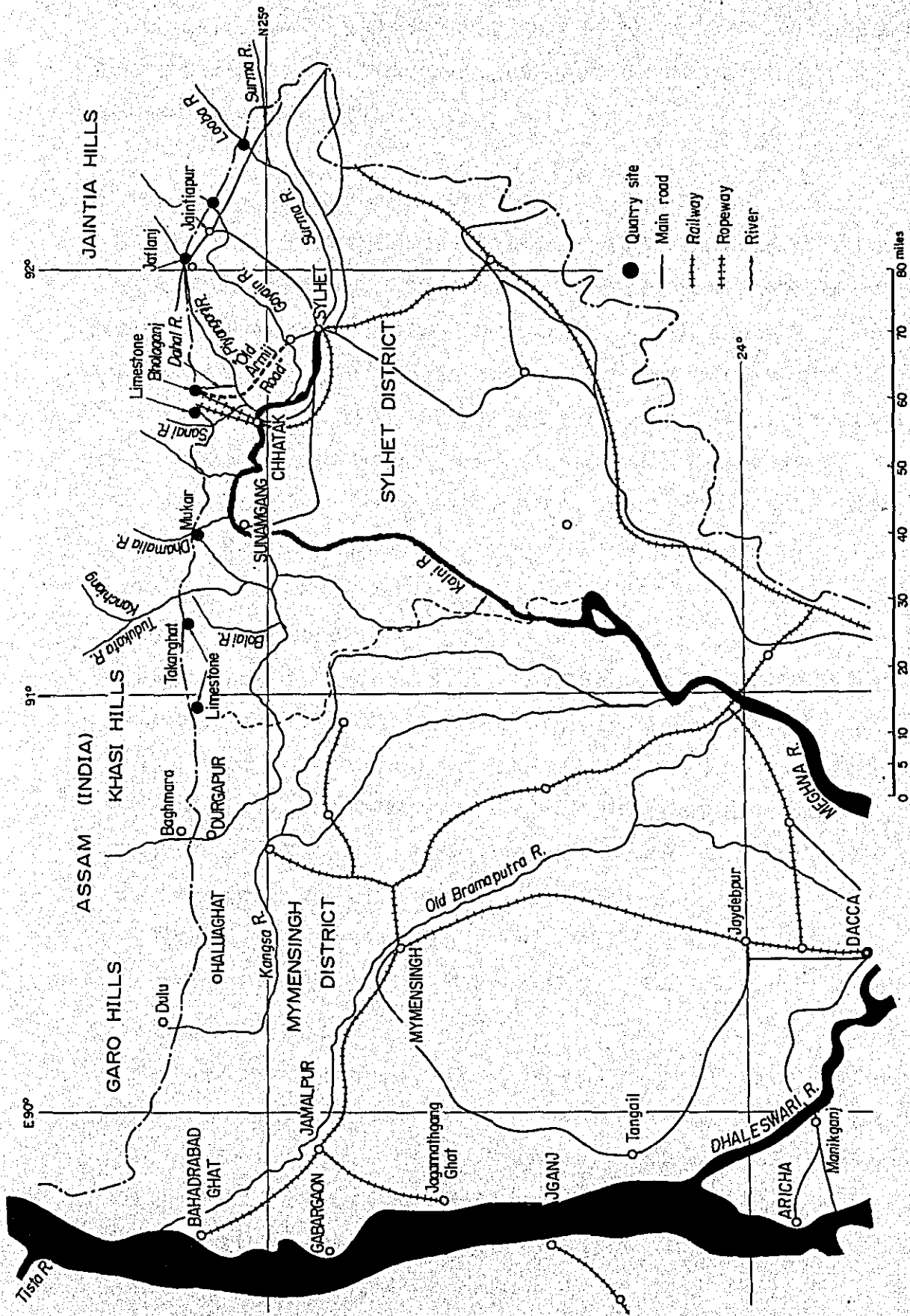


Fig.3 Sylhet 地区の砂利鉱床分布図

何れも Bholajganj と大同小異の成因によって出来たものであろう。然し、規模が小さいか交通不便かの何れかの理由によって生産実績が明らかでない。さし当り、ジャムナ架橋工事のための供給は期待出来ない。

3.3 バングラデシュ北西隅の砂礫層 (附図 4 参照)

Bangladesh の北西隅の Karatoya 河上流 Ramgarh 及び Mahananda 河上流 Titalia の周辺で砂礫の生産が行われている。これらの河の河床とその両側に発達する砂層の中に挟まれている薄い礫層から生産されるものである。これらは、更に上流印度領内の山麓堆積層の延長であるが、大部分中砂と粗砂より成り、その中に洪水時に運ばれて来たレンズ状の礫の層を挟んでいる。礫層の厚さは 10 cm より 100 cm まで不規則に分布しているので、各単層に含まれる礫の量は数立方米から 100 立方米位である。礫径は稀に 30 cm に達するが、普通は最大径 15 cm である。礫は花崗岩、閃緑岩、片麻岩、珪岩及び硬砂岩等で、極めて硬質且つよく円磨されている。現在、人力で礫を篩い分けて、小規模にコンクリート用骨材や道路材に供給されている。

3.3.1 Ramgarh 砂利採取地

Pachagarh の西 3 1/2 マイル、Karatoya 河の河床の洪水堆積層である国道に近く、搬出に便である。又、Karatoya 河を船で Dinajpur に搬出の便もある。

礫層の成因は洪水時の二次堆積物で、砂層の間に厚さ 20 ~ 30 cm の礫層がレンズ状に挟まれて、その分布は不規則である。砂と礫との割合は 35 % 位が砂で占められている、礫径 1" ~ 3"。現在人力でザル上げによって採取し、篩分けて近辺の小口需要に供しているが、大量採取の対象にはならない。

現場渡し Tk 200/100 cft Tk 40/噸

最寄りの Pachagarh 駅までのトラック運賃は Tk 50/100 cft Tk 10/噸

3.3.2 Bhojonpur 砂利採取地

Pachagarh の北 15 マイル、Titalia の東 12 マイル、Karatoya 河の右岸にある。前項 Ramgarh よりも上流に位置するので、礫径やや大きく、最大 6" のものもあるが、大部分は 2" ~ 3"。砂層中の不規則なレンズ状をなすことは前項の Ramgarh の産状と同じで、採取方法も同様である。

礫層の厚さは 30 ~ 100 cm

現場渡し Tk 200/100 cu ft

Pachagarh 駅までのトラック賃 Tk 80/100 cu ft

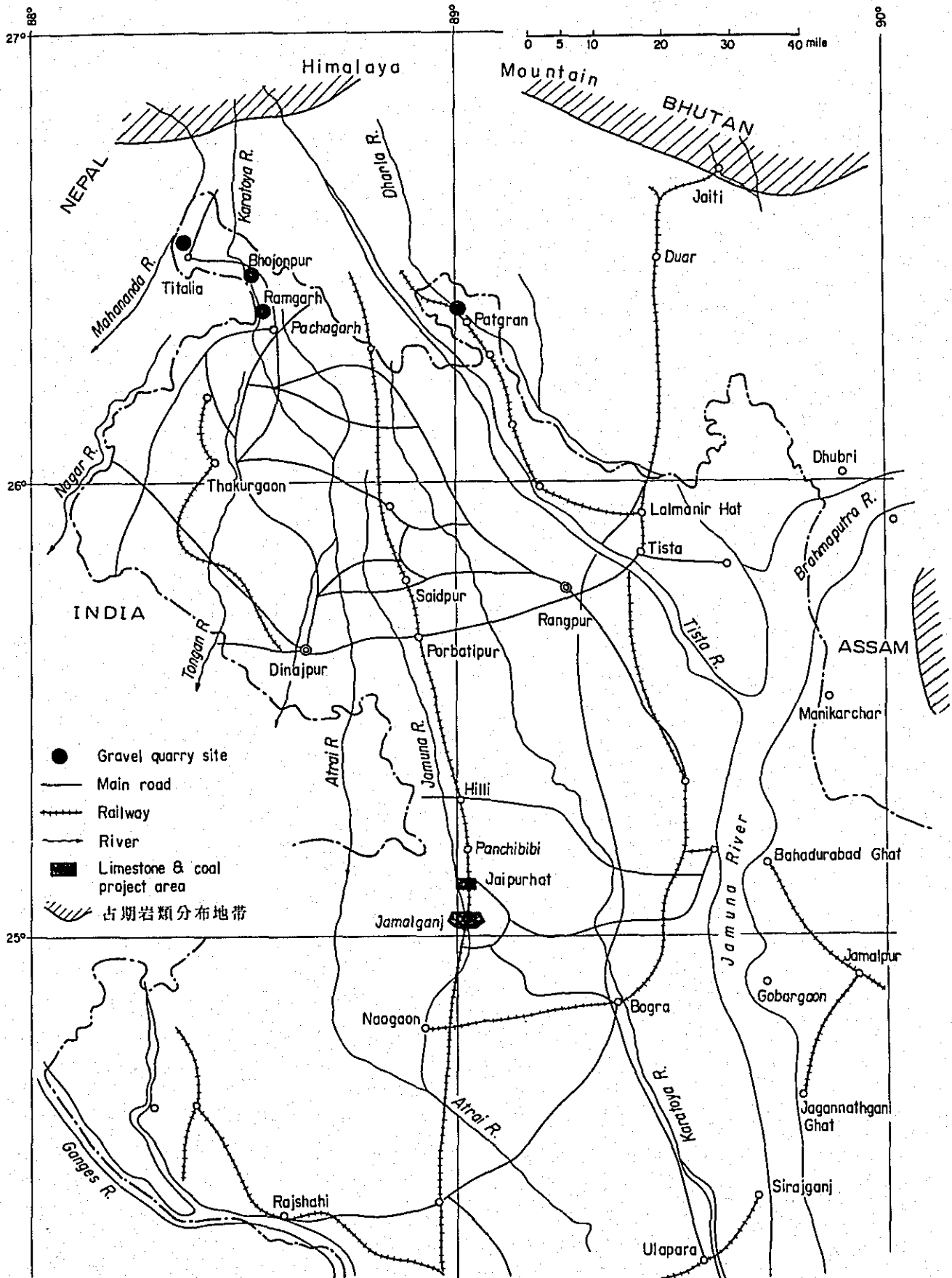


Fig.4 Dinajpur, Rangpur Districts の砂利鉱床分布図

1973年中の生産量は 500,000 cft (25,000 tons) と云われる。

3.3.3 Titalia 砂利採取地

北西隅の国境をかすめて流れる Mahananda 河の堆積物である。比高 30' の河岸の崖に2層の礫層がみられる。上位層は厚さ 30~60 cm、下位層は約 100 cm あるが、共に洪水時に運ばれ堆積した砂礫層である。礫の含有率は 65% 位である。最大径 30 cm、普通は 12 cm 以下のものが多い。岩種は硅岩、片麻岩、緑色片岩、花崗閃緑岩、硬砂岩等である。現在採掘は中止されている。搬出のための小運搬が他の地点に比して高くつくからであろう。

3.3.4 その他の情報地

Haque (1962) によれば、この地域では上記の他に Karatoya、Chani、Telma、Daukkhal、Mahanda の諸河川に沿って前項のものに似た砂利採取地が多数にあると云う。Roy (1961) の調べた埋蔵量は次のように報告されている。

Karatoya 砂利層	10,000,000 cft	(285,000 m ³)
Mahananda "	5,000,000	(143,000 m ³)
Chani "	5,000,000	(143,000 m ³)
Telma "	4,000,000	(114,000 m ³)
Barkakhal "	160,000	(4,600 m ³)
Daukkhal	70,000	(2,000 m ³)
	<hr/>	
	24,230,000 cft	(692,000 m ³)

これらは実地踏査を省略したが、その堆積の成因と上記の数量から考えて、何れも大規模採掘の対象となり得ず、精々地方の小需要に応える程度のものである。

3.3.5 Patgram 地区、Rangpur District

Rangpur District の北部、海拔 227~196 呎の山麓台地の砂利層である。交通は Rangpur 駅より Lalmanirhat を経て現地に入る道がある。途中 Tista を渡る渡船が運行していないために現地踏査が出来なかった。幸いこの堆積層も 1964 Roy によって調査された詳しい報告がある。

それによれば、Dharia 河流域の山麓沖積層中の礫層と砂層とのうすい互層である。不規則なレンズ状をなして河床に分布し、厚さ 15 cm~200 cm、平均 60 cm である。礫層の中にも尚 35% の砂分を含んでいる。試掘によって得られた層序は次のようである。

	厚 さ	平均厚さ
河床砂	10 cm ~ 120 cm	75 cm
シルト質粘土	20 cm ~ 300 cm	180 cm
砂	25 cm ~ 150 cm	90 cm
礫	12 cm ~ 120 cm	60 cm
砂		

多数の試掘とハンドオーガーとによって調査された結果、

全埋蔵量 5×10^6 cu ft

採掘可能量 3.5×10^6 cu ft

と算定され、これが 8.3×10^6 sq ft の地域に散在すると報告されている。

Patgram - Lalmanirhat 間の鉄道による搬出の便には恵まれているが、礫層がうすく、大規模生産は不可能である。

現在生産地 FOB Tk 300/100 cu ft で、地方の需要に応じている。

3.4 印度アッサム州北西部 Darjeering 及び Jalpaiguri 附近の巨礫 (附図 5 参照)

アッサム州北西部の Sikkim, Bhutan の国境に近いヒマラヤの山麓平野に巨礫 — 所謂 one-man-rock が存在することが報ぜられている。成因的には Bholaganj の扇状地堆積物と同様と考えられるが、後背地が Sikkim, Bhutan の山地であるから、その規模が相当大きいものと期待される。

かつて Ganges 河に架けられた Hardinge Bridge の工事の当時 one-man-stone の一部をこの地域の Jainti より供給されたことが記録に残っている。

この地域の one-man-stone の主要産地を図 5 に示す (West Bengal Mineral Development and Trading Corporation 提供) これらの産地は、東西に走る鉄道に近く (何れも 1 ~ 5 km と云われる) 積み出しに便である。この鉄道により印度 — バングラデシュの国境を通過して南に運べば、約 200 km で Sirajganj 上流 80 km の Phulchhari 附近のジャムナ右岸船着場に出すことができる。鉄道の輸送能力とジャムナ舟運 80 km との組合せ輸送が問題である。

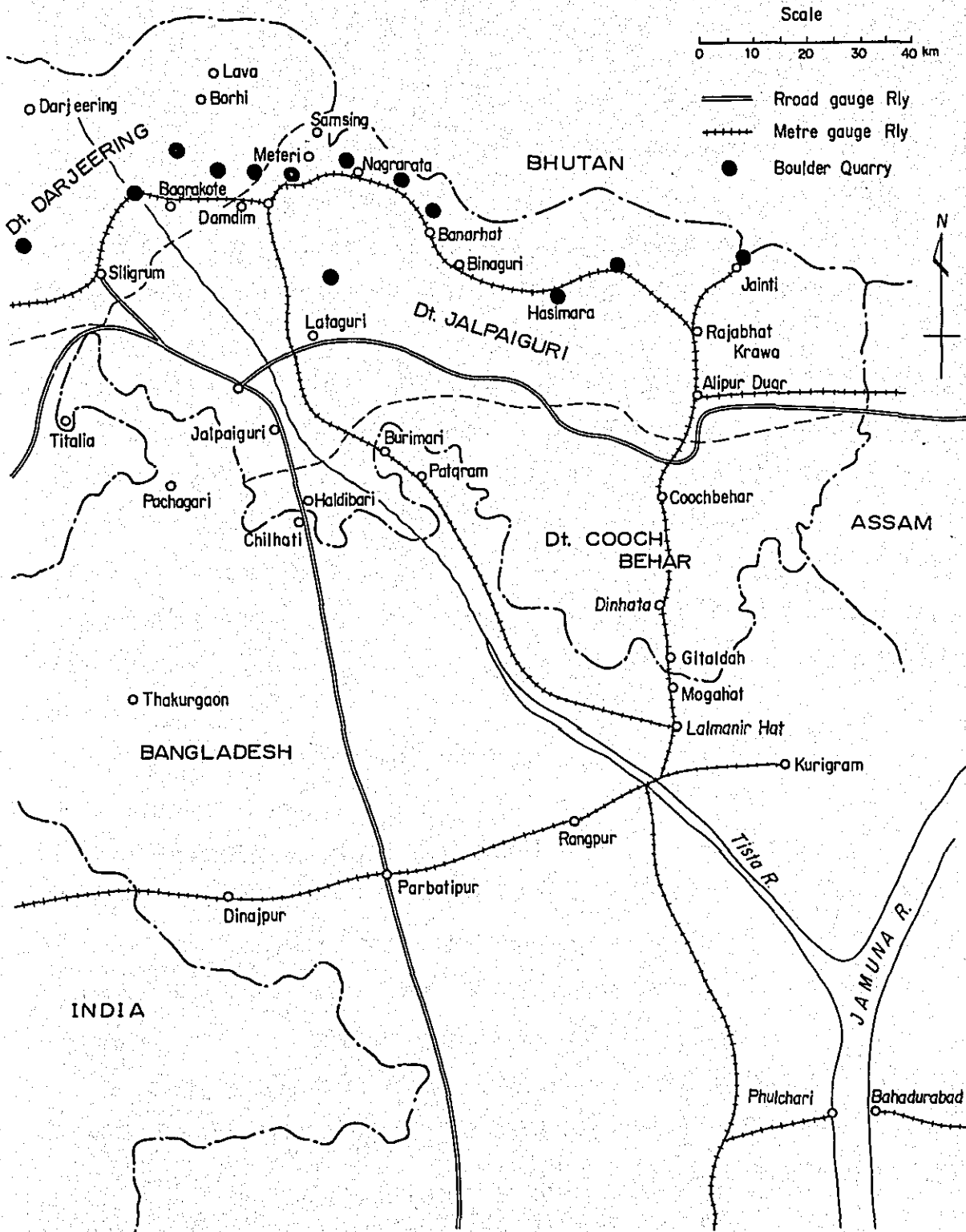


Fig.5 Locality Map of the River Boulder Quarries at the Himalaya Mountain Foot Area, India

4. 前第三紀の基盤岩及び Trap Rock

バングラデシュとその周辺に於ける古期基盤岩は、印度アッサム州の Shillong 山地に於ては地表に露出するが、この山地の西端ジャムナ河畔で西落ちの南北断層で断ちきられ、厚い沖積層の下に入ってしまう。Darjeeling 附近で再び地上に出るまでは、全く沖積層にかくされて地上に姿をみせない。この古期基盤岩の露出地は大量の石材供給源として期待することが出来る。一方印度領ガンヂス河南岸の Rajmahal Hill には玄武岩質の Trap rock が広く露出し、古くから良質の石材産地として利用されている。

本報告の初めに述べたようにアッサム州内の立入り承認が得られなかったので、印度政府に宛て、書面を以てアッサム州石材の情報を請求した所、1974年末になって若干の情報が回答されて来た。これに基づいて Shillong 山地の石材生産能力を推定することが出来た。一方バングラデシュ領内で沖積層の下に潜在する硬質基盤岩を地下採掘する計画が政府に於て立案されているので、その生産性を検討した。又、印度領 Rajmahal Hill については1974年末に現地を調査することが出来たので、その生産状況を検討し、且つ有力な生産業者である West Bengal Mineral Development and Trading Corporation からその増産の可能性について多くの情報を得た。

4.1 アッサム州内の先カンブリア採石 (附図6参照)

アッサム州 Shillong 山地には、先カンブリア紀の岩層が広く露出し、その内残丘として侵蝕に耐えた硬質岩が石材採掘場として開かれている。

印度政府よりの情報によれば、アッサム州内には大小 250 ケ所の採石場がある。花崗閃緑岩、片麻岩、斑岩、角閃岩、玄武岩等の硬岩よりなる残丘で、何れもジャムナ河岸に近い Goalpara と Dhubri 地区の硬質岩の残丘を選んで採掘し、最寄りの河港に運んで船積みしている。主要採石場と生産力、価格は次のようである。

主要採石場	位置	最寄り河港への運搬距離	年生産能力	河港 FOB
Rakhyashini Hill	ジャムナ左岸	Pancharatna へ 13 km	40,000 m ³	Rs 35 ~ 45/m ³
Ajagarh Hill	"	" 26 km	30,000 m ³	
Bhairab Hill	ジャムナ右岸	Jagighopa へ 10 km	55,000 m ³	
Sonamukk	"	Dhubri 又は Jagioghopa へ 55 ~ 58 km	100,000 m ³	Rs 55/m ³
Dudhnath	"			
Tokrabandha	"			
			225,000 m ³	

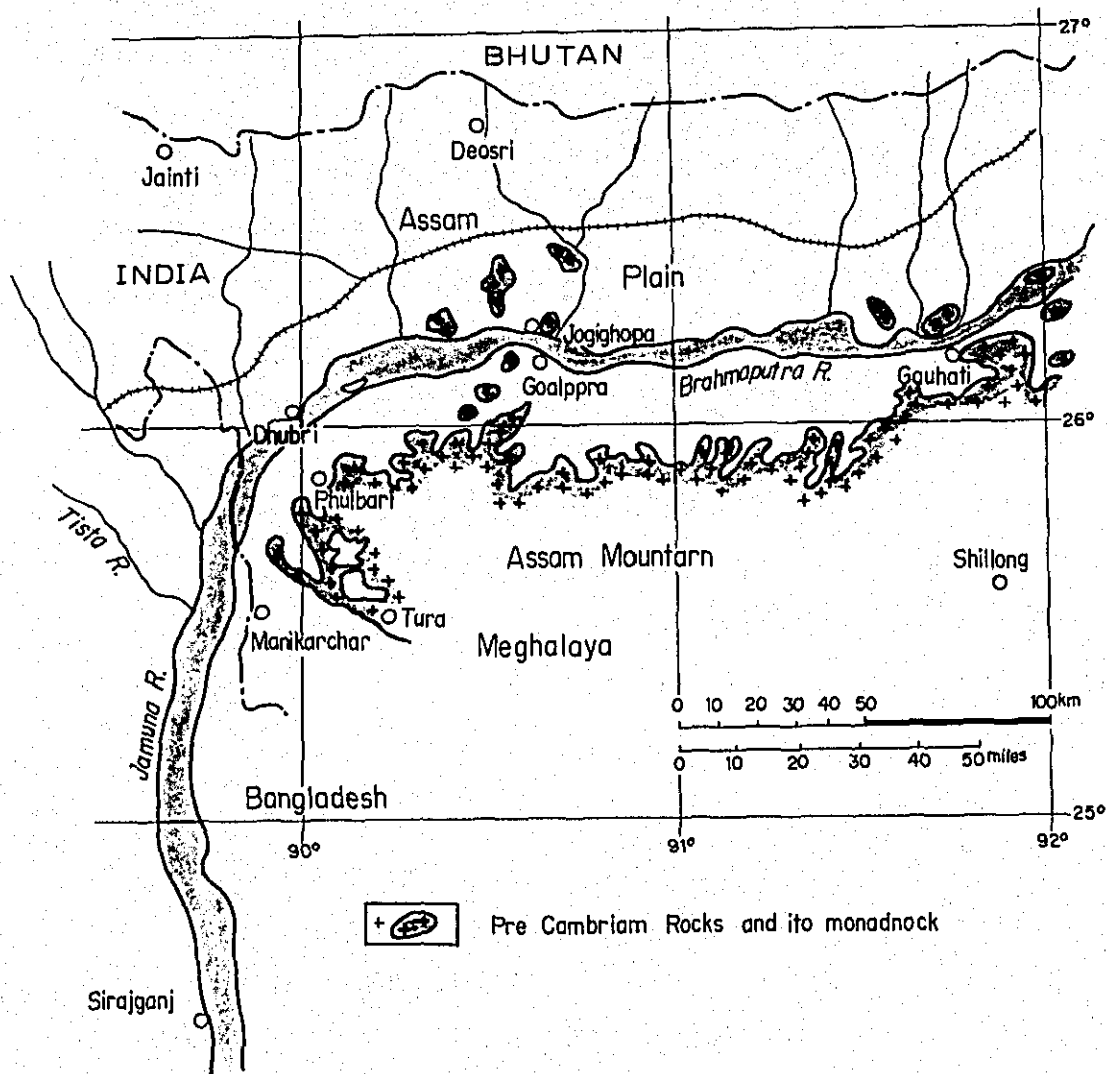


Fig. 6 Distribution of Pre - Cambrian Monadnock near Dhubri and Goalpara Districts, Assam State, India (Geol. Surv. India, 1962)

この中最後の Sonamukk、Dudhnath 及び Tokrabandha は夫々採掘可能量 1,000,000 m³ と見積られている。

採掘は削孔、爆破による露天掘で PWD 及び E & D Department で運営されている。バラスト生産にはクラッシャーとトロンメルを用い、運搬はトラックで行われている。雨期には生産量がやゝ制限をうける。

ブルドーザー、ローダー、トラック等の重機を補充すれば現在の生産量を倍増することは容易であろう。むしろ河港から Sirajganj までの水上輸送が検討されねばならない。

Jagighopa 又は Dhubri より Sirajganj までは夫々 280 km、200 km である。後述する印度領 West Bengal の Dhulian より Sirajganj への船賃単価 Tk 0.98/100 cft. km をそのままあてはめると

$$\text{Jagighopa} - \text{Sirajganj} \quad \text{Tk} 0.98 \times 280 = \text{Tk} 274 / 100 \text{ cft}$$

$$\text{Dhubri} - \text{Sirajganj} \quad \text{Tk} 0.98 \times 200 = \text{Tk} 196 / 100 \text{ cft}$$

従って Sirajganj 河岸渡し価格は次のようになる。

	Jagighopa 積出	Dhubri 積出
河港 FOB 価格 (利益を含む)	Rs 106 / 100 cft*	Rs 156 / 100 cft*
船運賃	Tk 274 / "	Tk 196 / "
積卸し	Tk 50 / "	Tk 50 / "
計	Tk 430 / "	Tk 402 / "
バングラデシュ政府課税 42%	Tk 181 / "	Tk 169 / "
	Tk 611 / "	Tk 571 / "

*) 附近採石の現地平均価格

一方 Dhubri から更に 50 km 下流左岸の Manikarchar から現在 Sirajganj の護岸材料として送られている pitching stone の CIF 価格は次のように報告されている。

採掘運搬費	Tk 540 / 100 cft
輸送業者利益	Tk 30 / "
印度政府への royalty	Tk 100 / "
印度の税金	Tk 30 / "
	<hr/>
	Tk 700 / 100 cft

今仮りに 1,000 屯 / 日 即ち 25,000 屯 / 月の原石を輸送するのに 4 隻のバージと 1 隻のタグボートの一船団で以て 1,000 屯積載すると仮定すると

$$\frac{25,000}{\frac{30}{13} \times 1,000} = 10.8 \text{ 船団} \quad \text{予備 10\% とすると} \quad 12 \text{ 船団}$$

即ちタッグボート12隻、バージ(250屯積)48隻を必要とする。

4.2 アッサム州南辺の国境に近い石灰岩

Assam州南辺の国境線に沿って第三紀暁新世の石灰岩——シレット石灰岩と呼ばれる——が点在する。国境を挟んでバングラデシュ側と印度側に夫々石灰岩鉱石が稼行されているが、これらは8~20mの厚い表土に被われているので大量な露天掘に適せず、僅にバングラデシュ側のChhatakセメント工場に原料を供給したり、石灰の原料に使うのが精々で一般建設用石材を供給する余力はない。

4.3 Jaipurhat 石灰岩プロジェクト (附図7、8参照)

予ねてからBogra地方を中心に実施された広範な物理探査の研究から厚い沖積層の地下に潜在する前第三紀の基礎岩盤の深さの大要が究明された。(図7) この基礎岩盤の分布が明らかになるとこれを対象とする深部地下資源を開発することが着目されて、この地域にJamalganj石炭開発、Jaipurhat石灰岩開発、及びRanipukur硬岩開発が相次いで計画されている。これら諸計画の中、当面ジャムナ架橋計画に関連のあるものは、石灰岩開発と硬石開発である。

Jamalganj石炭開発の調査ボーリングに伴って古生代石炭層の上位に良質の石灰岩層を確認した。これは前節に述べたBholaganjに近いTakerghatの石灰岩と同じシレット石灰岩である。

JaipurhatはBograの西方25マイル、Jamalganj石炭開発の北5マイルに位置する。この地に2本の試錐を行って地下600mに石灰岩を確認した。1966年石炭開発プロジェクトと共にこの石灰岩開発プロジェクトについてもフィージビリティ報告が作られた。それによると地表より80mの厚さの砂とシルトより成る沖積層と、その下に厚さ500m余の第三紀層が在り、その下に略水平層の石灰岩層が確認されている。その厚さ18m、その内セメント用原料として採掘可能な石灰岩層は10~12m、可採鉱量 100×10^6 屯と云われる。生産計画は 10^6 屯/年である。

この石灰岩採掘に伴って出る低品位石灰岩又は石屑を石材として利用することが考えられている。然しかゝる大規模の石灰岩開発には生産開始までに10年を要する上に、暁新生の石灰岩や砂岩頁岩はその硬度が十分でないと考えられる。且つ石灰岩採掘の副産品としての石材はその供給量が不安定である。従って架橋プロジェクトの石材供給源として適当でない。

4.4 Ranipukur 硬岩プロジェクト (附図9参照)

前述した大規模な第4紀層下底の基盤調査の結果Jaipurhatの更に北方の第4紀層の

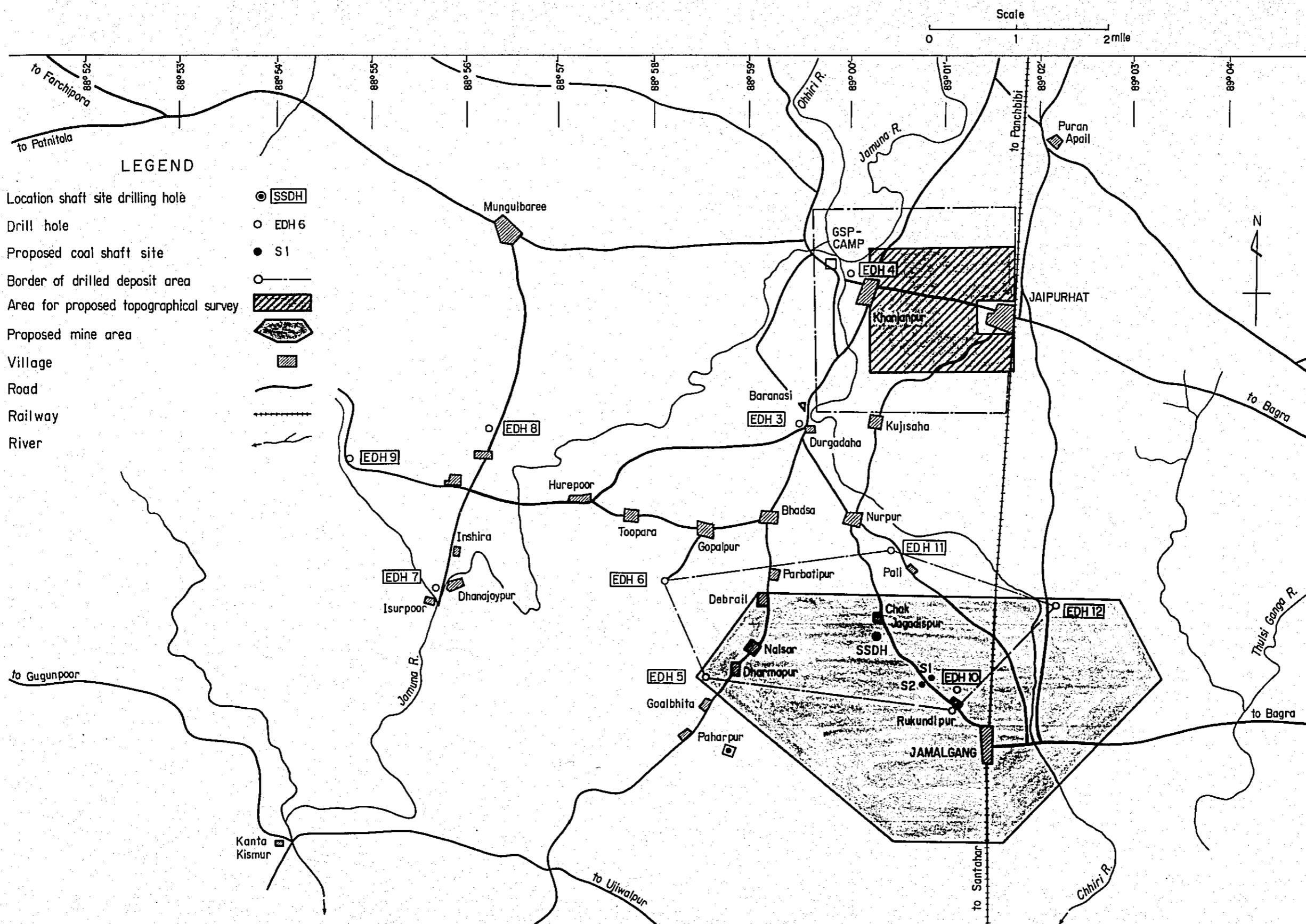


Fig. 7 JAIPURHAT Limestone and JAMALGANJ Coal PROJECT
General Map Showing Mine Area

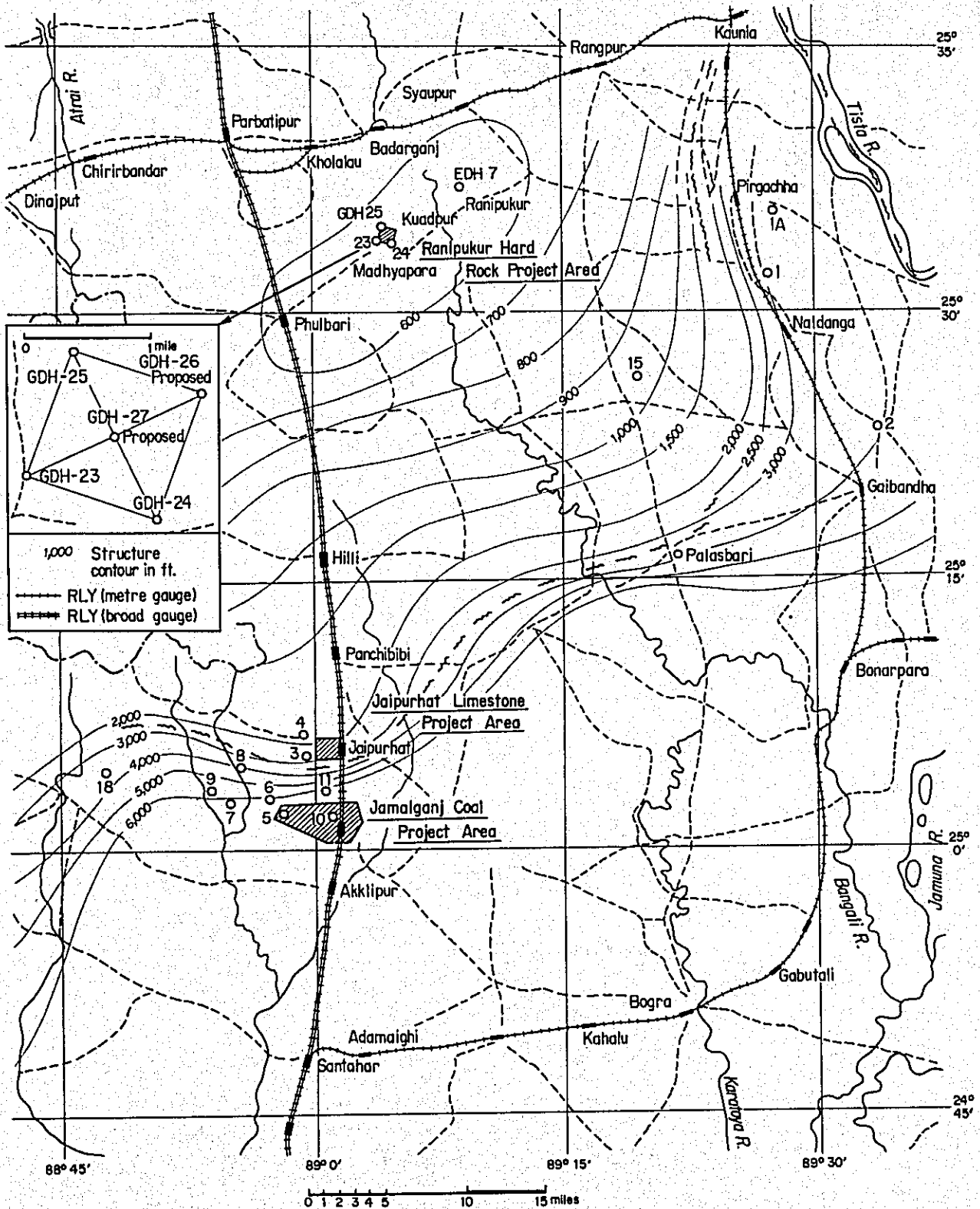


Fig.8 Structure Contour on the Surface of Archaean Basement Complex in Rangpur, Bogra, Rajshahi Districts, Bangladesh (1969, G.S. of Bangladesh)

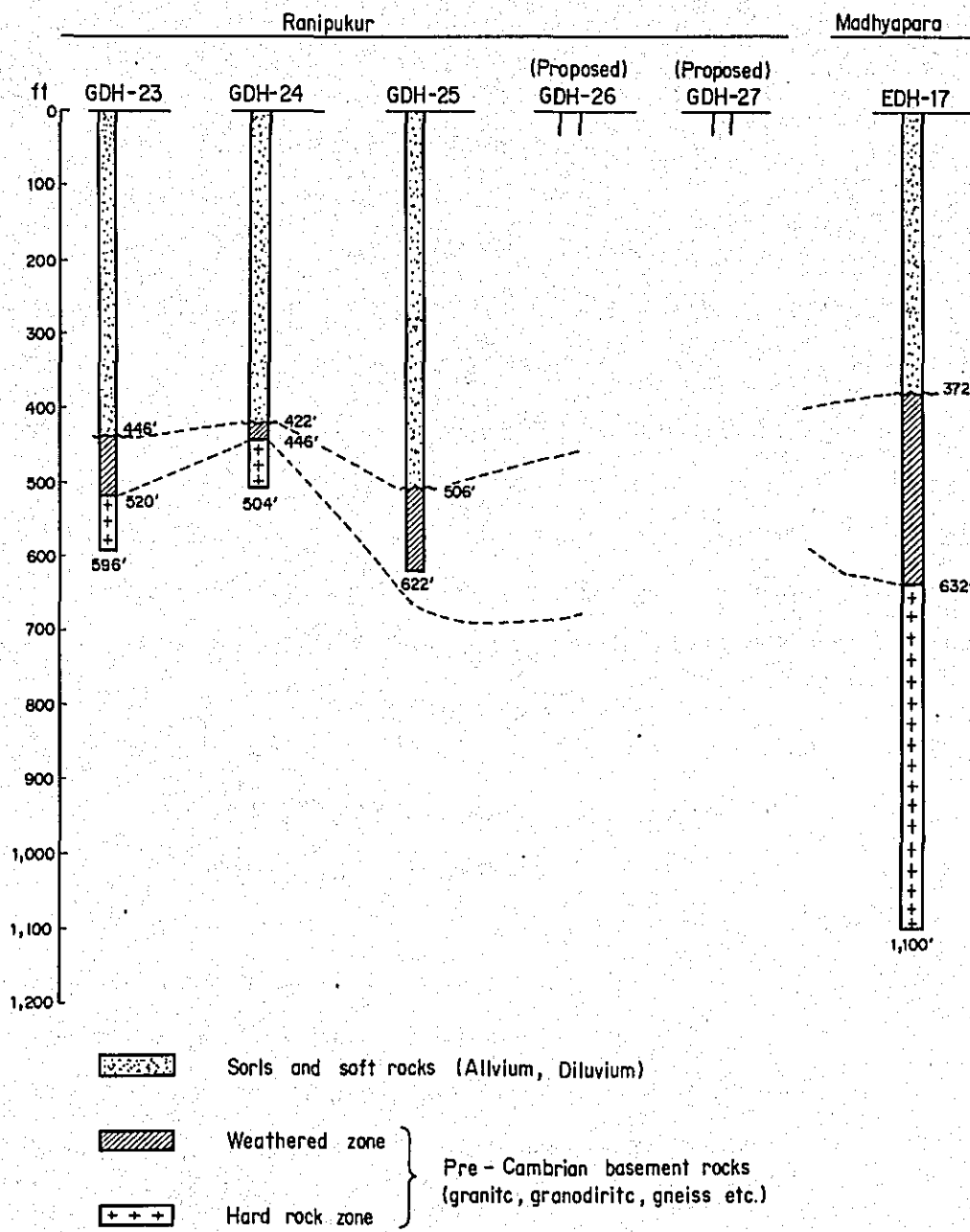


Fig.9 Outline geological logging in the "Ranipukur Hard Rock Project" Area (Compiled by Z. YOSHIDA)

最もうすい部分が発見された。そこで1967年Ranipukur附近に試錐EDH-7を掘った結果、沖積層、洪積層併せて372呎の下に花崗岩を確認した。その概略柱状図は次の通り

0 ~ 372' (113m) 第四紀層
372' ~ 632' (193m) 風化花崗岩
632' ~ 1,100' (335m) 新鮮な花崗岩

次に1970年Ranipukur西南8マイルのMadhyaparaに更に物探を行って1974年GDH-23、GDH-24、GDH-25に試錐を行って図8に示すように夫々520' (158m)、446' (130m)、506' (179m)に新鮮な花崗閃緑岩を確認した。

この岩盤を坑内採掘する計画は、1966年頃からフィージビリティ調査がなされ、初期投資Tk 300 million、生産計画1,000屯/月、原石単価Tk 1/cftと予定された。

その後1973年Bangladesh Mineral Exploration and Development Corporationによって新しく計画され、起業費Tk 784.89 million (その中53%は外貨)日産3,000屯、原価Tk 2/cftと修正された。

この計画を以下に検討する。

条件として第四紀層の厚さ150m基礎岩盤の風化層20m

花崗閃緑岩 比重2.7 起爆比重1.8屯/m³

これに運搬堅坑、補助堅坑を夫々410m、360m掘削するとして起業案をたて、検討した。…………… Annex III

その結果 投資 Tk 506.5 million

生産費 Tk 82.8/屯 or Tk 414/100 cft

となった。これをSirajganjまで290 kmを鉄道輸送すると

山元生産費 Tk 414/100 cft

鉄道運賃 Tk 350/ "

積込積卸し Tk 50/ "

Tk 814/100 cft

但し課税、利益を含まず

4.5 印度領Rajmahal Hillのtrap rock (附図10参照)

印度亜大陸高原の東北端がGanges平原に接する部分をRajmahal Hillと呼ばれる。1962年の1/2,000,000印度地質図によれば、この地域はPre-Cambrianの岩盤を被ってRajmahal Trap rock (玄武岩熔岩)が東西50 km南北130 kmに亘って分布す

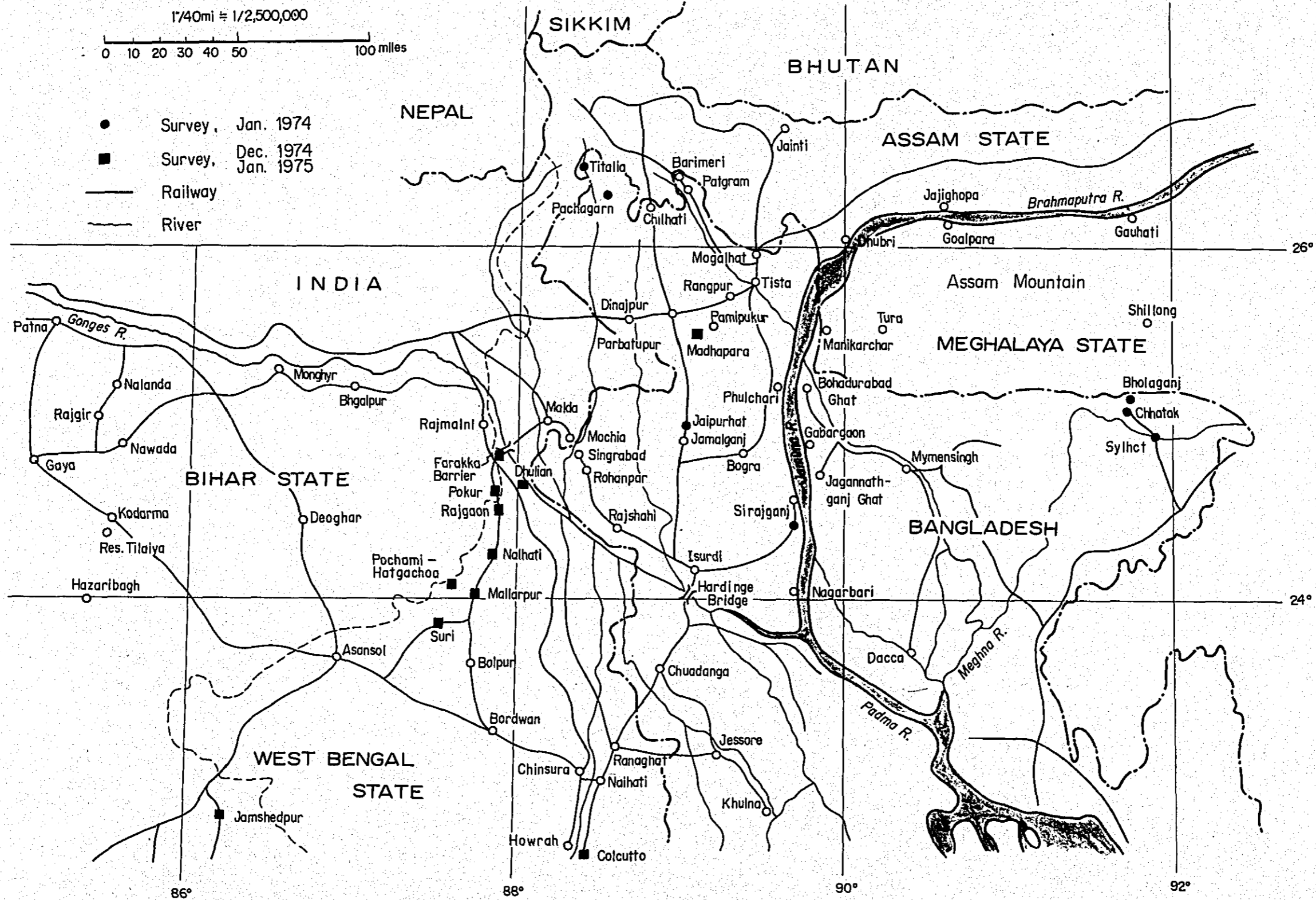


Fig.10 Map of Bangladesh and India

る。南北の長軸は Bihar 州と West Bengal の州境に沿っている。地形は露岩の多い比高 10-20m のゆるやかな台地で州境から東に向ってゆるやかに傾斜している。熔岩台地によくみられるように土中の水の保有率が悪く凹地に水田が散点するだけで大部分は草原である。

この trap rock 地域の東縁には Calcutta-Burdwan-Rajmahal-Patna を結ぶ広軌鉄道が通じている。この trap rock を対象に昔から多数の採石場が開発されている。何れも上記鉄道へ 5-15 km の距離にある。今回下記の 4 地区を踏査した。(附図 11 参照)

Pachami-Hatgacha (West Bengal State)

Nalhati 地区 //

Rajgaon //

Pakur //

広く地表を被う trap rock は風化深度が比較的浅く、大部分が 3m 以内である。且つ岩体には柱状節理がよく発達し採掘に便利である。年間雨量は 1,200-1,300 mm 程度で温暖な気候である。これらの諸条件は露天掘採掘に好都合な条件である。現在は破碎設備とトラック輸送以外の機械設備は殆んど使われず人力の部分が多い。多少の重機設備を導入すれば増産は容易である。

4.5.1 Pachami-Hatgacha 地区の採石場 (附図 12 参照)

位置は Suri 市の北 26 km の州境に近く Mallarpur 駅の西 16 km にある。鉄道は Mallarpur 駅より Howrah 駅 (Calcutta 市) まで 194 km。

この地区には現在 24 の小規模採石場が稼働し、合計年産 100,000 ton を産出している。1975 年中には更に新規開業 26 ケ所を加えて 50 ケ所から、年産 200,000 ton を産出の予定である。

各採石場は何れも小規模の設備でサク岩機と 1-2 台の破碎設備以外はほとんど人力稼働で、生産品を Mallarpur 駅から Calcutta に出荷する。

採石場の風化表土の厚さは、丘の高みの部分で 0.3m-2.0m、中腹スロープで 1.5m-3.0m、最大 6.0m である。数年前から地質調査が行われて、石材採掘可能地域は 25 km² に及び、表土 0-2.0 の下に厚さ 20m-150m の玄武岩熔岩が分布することが確認された。埋蔵量は $2,500 \times 10^6 \text{ cuft} = 70 \times 10^6 \text{ m}^3$ と見積られている。そこで West Bengal Mineral Development and Trading Corporation がこれら群小採石場を統合し、11 kv の電力線を引き込んで採掘設備を近代化し Mallarpur 駅まで 16

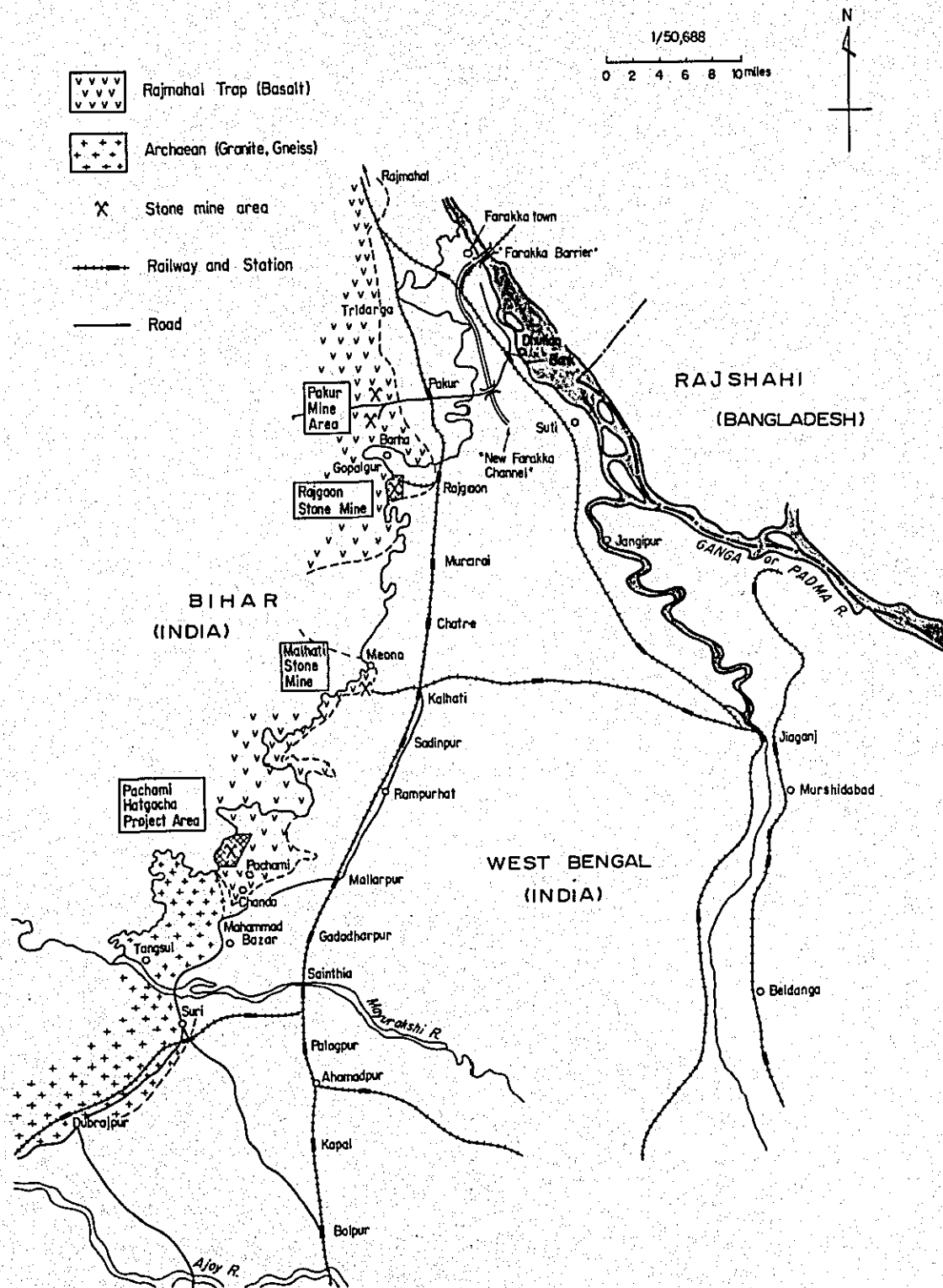


Fig.II Geological Map of Dt. Birbhum (St. West Bengal) and Dt. Santal Parganas (St. Bihar), India

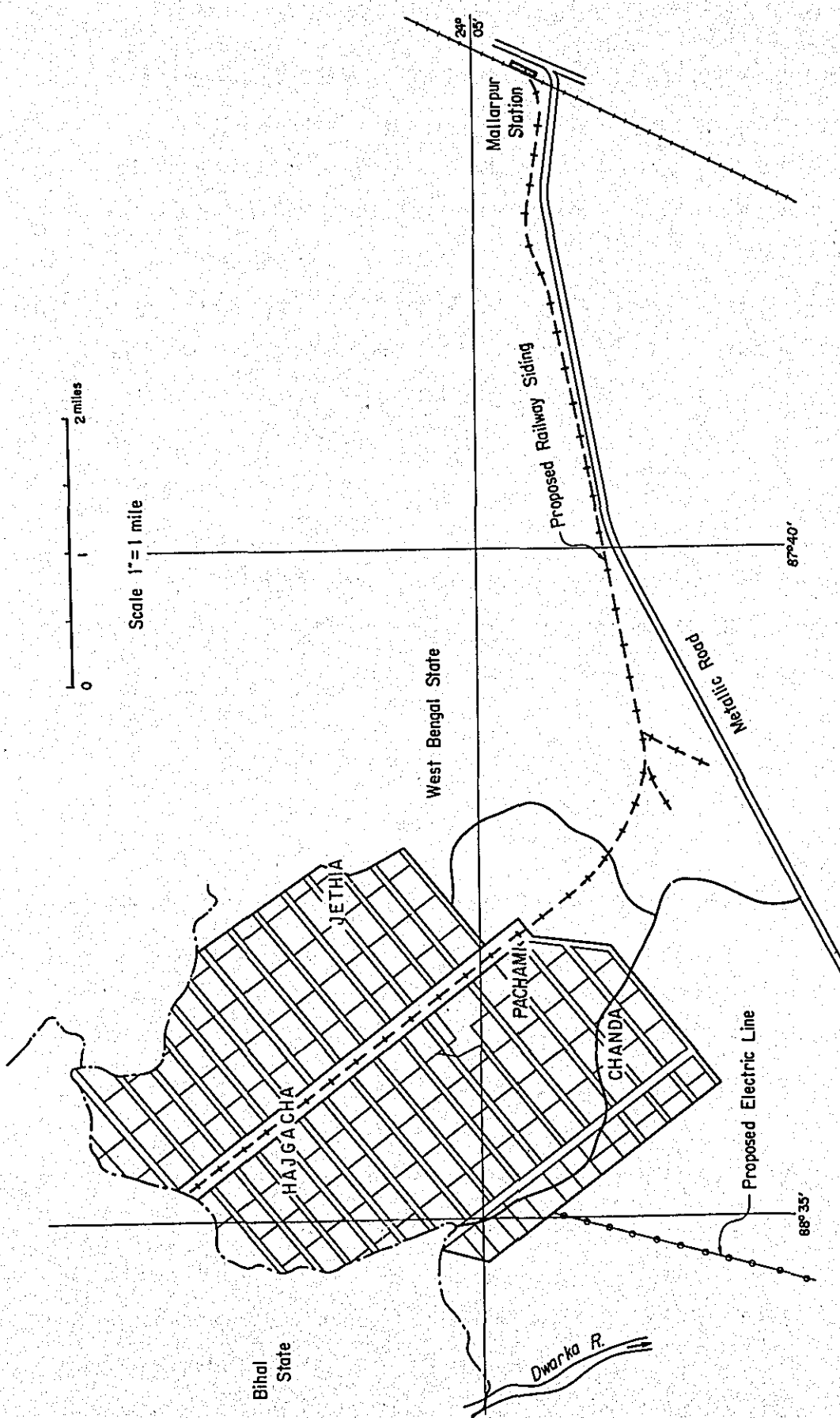


Fig.12 Map Showing Position of Pachami - Hatgacha Project
West Bengal Mineral Development & Trading Corporation Ltd. (1974)

kmの石材専用軌道を敷設し、1978年には年産1,350,000屯の増産を計画し、すでに準備に入っている。採掘切羽の区画割を図12に示す。この設備近代化により、現在の人力採掘の可採深度10mを倍加して、上記の増産計画は実現可能であろう。

鉄道運賃：Mallarpur - Calcutta 194 km : Rs 90/100cft

4.5.2 Nalhati 採石場

Nalhati 駅の西方7-8 km、州境までのゆるやかな波状丘陵に分布するトラップを採掘している。石材専用軌道が採石場と駅を結んでいる。採石はこれによって運ばれ、駅前の破碎工場（処理能力100t/日）により処理される。生産比率の実績は

$1\frac{1}{4}$ "	1"	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{1}{4}$ "	ダスト
30%	30%	15%	10%	10%	5%

4.5.3 Rajgaon 地区採石場

Rajgaon 駅の西方5 km。この地区にRajgaon Stone Mining Co.が"Gopalpur Stone Mine"を1914年に開いたのが始まりである。専用軌道5 kmで駅に結ばれている。覆土の厚さ平均2.0m~2.5mである。柱状節理間隔30~40 cm で節理に沿って割れ易い。生産能力200~300屯/日

$1\frac{1}{4}$ "	1"	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{1}{4}$ "	ダスト
15%	22%	22%	18%	15%	8%

採掘費：Rs 1.25/cft

鉄道運賃：Rajgaon - Calcutta 249 km Rs 105/100cft

4.5.4 Pakur 地区採石場

Pakur 駅西方8-13 kmの範囲に大小80余の採石場あり。合計年産量 1.2×10^6 tons.

生産地と駅の間には5 kmの専用軌道2本の他に国道も通じているので搬出の便がよい。代表的な大きい碎石場は二つある。

1) Black stone Production Ltd. 所有の"Pakur Stone Mine"

サク岩と破碎の設備をもち、採掘深度10~12m。需要に応じone-man-stoneも生産する。その規格は平均33 kg

Pakur - Dhulian (ガンジス河右岸の河港) : 20 km、運賃Rs 2.25/km \times 20 = Rs 45/100cft

鉄道：Pakur - Calcutta (259 km) : Rs 107/100cft

労働賃金：熟練工 Rs 15~40

未熟練工 Rs 5~10

側線貨車積込費：Rs 10/100 cft

バージ積込費：Rs 40~50/100 cft

ii) Pakur Quarries Private Ltd. 所有の "Pakur Stone Mine" (附図13参照)

この地区で最も古く開発された採石場で、現在生産実績は25,000 屯/月。

周辺地区の全採石場の運搬設備を整備すれば、バラストとチップを併せて250,000 屯/月、one-man-stoneを25,000 屯/月増産供給可能である。出荷は Dhulian の河港にも、Pakur 駅にも出せる (図参照)が、市街地と鉄道及び橋梁を横切るので輸送能力が著しく制限される。河港 Dhulian への輸送は1,000 屯/月 が最大局限である。

石材の価格は

a) FOB Dhulian (ガンダス河港)

one-man-stone Rs 200/100 cft

バラスト及びチップ Rs 225/ "

b) FOR Benapole (Jessone-Calcutta 鉄道の国境駅)

one-man-stone Rs 275/100 cft

バラスト及びチップ Rs 300/ "

1972年 Dhulian よりバージで Bangladesh の Rajshahi (Hadinge Bridge site) に輸出された実績は5,000 屯である。

4.5.5 Rajmahal 地域産石材の鉄道輸送

以上述べたように Rajmahal Hill 地域には100に余る採石場があるが、これら群小採石場の生産する石材をジャムナ架橋に大量供給する鉄道輸送には北廻りと南廻りの二つのルートがある。

a) 北廻り

最寄り駅 → Farakka Barrier → English Bazar → Malda → Mochia (印度側) — 国境 — (Bangladesh 側) Rohanpur → Rajshahi → Sirajganj

b) 南廻り

最寄り駅 → Bordwan → Chinsura → Naihati (印度側) — 国境 — (Bangladesh 側) Chuadanga → Hadinge Bridge → Sirajganj

後者の南廻りルートについてはすでに印度、Bangladesh 両政府間に鉄道輸送協定がある。

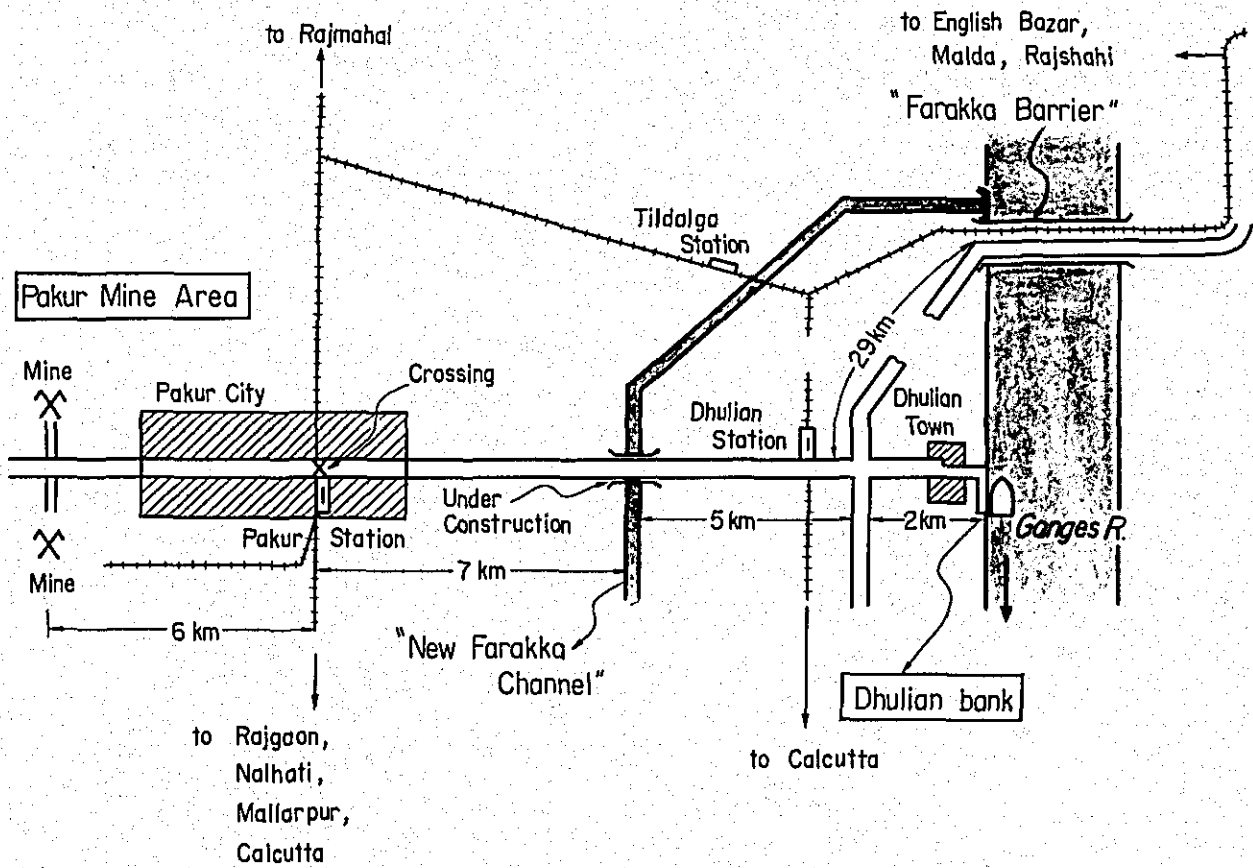


Fig.13 Outline map of road and railway between Pakur Main area and Dhulian Bank (Ganges River Side)

北廻りルートは近年完成した Farakka Barrage の上に鉄道と道路が併設されたのでこれを利用する。印度国境の Mochia までの広軌鉄道も完成した。バングラデシュ側では Amnura—Nachol—Rohanpur 間の狭軌を広軌に改める工事が完成に近い。今後両国間の輸送協定が結ばれることになっている。

南廻りルートは北廻りに比して距離が遠いばかりでなく、印度国内の主要物資の輸送がすでに過密状態に在り、大量の石材輸送をこのルートに入れることは、鉄道の大改良を必要とする。

北廻りは新規開通であり、且つ物資の移動も緩慢で石材の大量輸送を組入れるのに、大きい支障はない。又距離の短いことは輸送列車の運行廻転も早くなる。然し尚重量貨車運行のためには路床、橋梁の補強整備は勿論必要であろう。

仮りに印度側鉄道の現況を基にして判断すると

北廻りルートには 1 日 3 ~ 5 専用列車

南廻りルート 1 日 1 専用列車

貨物列車 50 ~ 60 輛編成 (30 屯車) とすれば一列車輸送能力 1,500 ~ 2,000 屯。依て北廻りには少くとも 4,500 屯/日、南廻りで 1,500 屯/日、計 6,000 屯/日の搬出が可能である。要はバングラデシュ領内の鉄道輸送能力に制約される。

バングラデシュ鉄道の現有貨車は広軌で 17 ~ 27 屯、狭軌で 13 ~ 20 屯である。安全をみて 15 屯貨車 40 輛で一列車とすると 600 屯/列車。

現行の鉄道運転状況から判断すると、石材専用列車が Sirajganj に入るのは 1 日 5 列車とみて、輸送能力 3,000 屯/日となる。勿論これに必要な機関車貨車の新配置が必要である。

4.5.6 Rajmahal 地域産石材の水上輸送

この地区の石材は又ガンジス河港 Dhulian に集めて水上輸送によって出荷することも出来る。印度側とバングラデシュ側に夫々大量の水上輸送を扱う機関がある。

a) 印度の The Central Inland Water Transportation Corporation Ltd. は、カルカッタを中心にバングラデシュ領内及びアッサム州の各地元の航運を営む機関である。この CIWTC から水上輸送に関する情報を得ることが出来た。

現行のバージ輸送は 1,000 ~ 1,200 HP の paddle tug boat が 600 屯積の barge 2 隻を曳航し、tug boat 自体にも 200 屯を積むので

1 船団の輸送力は $600 \text{ 屯} \times 2 + 200 \text{ 屯} = 1,400 \text{ 屯}$

この船団は年間洪水期の 3 ヶ月を除いて Dhulian—Sirajganj 間を 1 ヶ月 2 往復

出来るので

1 船団の輸送力は $1,400 \text{ 吨} \times 2 \times 9 \text{ ヶ月} = 25,200 \text{ 吨/年}$

20 船団を用意すれば、年間 500,000 吨を運ぶことが出来る。但し 20 船団を用意するには莫大な初期投資 (Tk 80 ~ 100 million) を必要とする (現有船は tug boat 11 隻、flat & barge 32 隻)

上記 CIWTC の運賃見積 :

Dhulian - Sirajganj 水上 224 miles = 361 km

現行運賃単価 = Rs 0.08/ton km

これに 20% の surcharge (一種の賦課金) と帰航の空荷のため 2 倍すると

$\text{Rs } 0.08 \times 1.2 \times 2 = \text{Rs } 0.192/\text{ton km}$

距離 361 km で Rs 69.3/ton Sirajganj 着

- b) Bangladesh の Green & White Ltd. は国内最大の水上輸送会社であるが、同社から得た情報を検討すると次のようになる。

この会社は tug 4 隻とバージ 16 隻を保有し、1 隻の tug で 4 隻の barge を曳いて船団を作るが、雨期 3 ヶ月は 2 隻の barge を曳く。Dhulian より Sirajganj 間 6 日を要し一往復 12 日、1 ヶ月 2 往復である。

1 船団 1 ヶ月運搬能力 : $250 \text{ 吨} \times 4 \text{ 隻} \times 2 \text{ 回} = 2,000 \text{ 吨}$

但し洪水期 3 ヶ月は運搬量半減するので

1 船団 1 年間能力 : $2,000 \text{ 吨} \times 9 \text{ 月} + 1,000 \text{ 吨} \times 3 \text{ 月} = 21,000 \text{ 吨}$

(月平均 1,750 吨)

一方石材産地 Pakur より Dhulian までの陸上トラック輸送能力は 1,000 吨/月、1 ヶ月 25,000 吨。

これを全部運ぶには、 $25,000 \text{ 吨} / 1,750 \text{ 吨} = 15$ 船団を必要とする。この数字は当社の現有 4 船団に比し、余りにも大きく莫大な新船団を準備しなければ全量を輸送出来ないことは、前項 CIWTC の場合と同じである。

運賃については

Dhulian 積出し Rajshahi 河岸渡し rock boulder : Tk 519/100 cft、
Tk 100/吨。新しく Sirajganj 河岸渡しを見積ると Tk 856/100 cft、
Tk 170/吨。

内訳

Dhulian FOB Rock boulder : Tk 200/100 cft

利益	Tk 50/100 cft
Bangladesh 課税 (Sale tax 22%, import licence fee:20%)	Tk 253/ "
Dhulian-Sirajganj 運賃	Tk 353/ "
	<hr/>
	Tk 856/100 cft

この運賃 Tk 353/100 cft から逆算すると船賃単価 Tk 0.98/100 cft km
= Tk 0.196/ton km

となり、前項 CIWTC の価格 Tk 0.192/ton km に略一致する。

5. 結 論

5.1 石材調達の基本問題

ジャムナ架橋計画のための所要石材を調達するには次のように避けられない特殊の天然条件がある。

- 1) ジャムナ河は世界でも有数の流量をもつ大河である上に河状が極めて特異な乱流河川であるのでこれに架ける橋梁は非常に長大となる上に大規模な護岸工事を必要とする。橋脚と護岸に使用する石材は数百万立方米程度になり、これを比較的短い（5年～7年）の工事期間中に調達しなければならない。
- 2) ジャムナ河は広大なベンガル平野の中心を南北に貫流し、その周辺には石材を供給する山地がない。
- 3) 河川工事に用いるに足る硬質石材の原料となるのは、第三紀以前の古期岩層又はトラップ岩であるが、地形地質の構造からしてかような石材はバングラデシュ領内には殆んど露出せず概ね印度領からネパール、シッキム、ブータンにわけて分布する。
- 4) 従ってこの石材の原産地と使用地点である架橋地点まで長距離輸送（200km以上）を必要とし、石材単価はこの輸送費を含むために割高になる。

5.2 石材供給可能性

バングラデシュ国内は勿論、隣接する印度領内にも亘って多くの石材産地を調べた結果、ジャムナ架橋計画に供給出来る主要な供給源は次の三つである。

- 架橋地点より東北にあたる印度領アッサムの先カンブリヤ系岩石
- 架橋地点の西方に当たるガンジス南岸ビハール州の Rajmahal
- 架橋地点の北西方 Ranipukur の硬石地下採掘場（計画中）

残りのバングラデシュ領内の散在する砂礫産地は何れも小規模なもので、今回の架橋プロジェクトの対象にならない。但し Sylhet 北方の Bholaganj 砂礫産地は戦禍を復旧して再建すればコンクリート用滑材の有力な供給源となる。

上記三大供給地は、生産能力の点からはビハール州の Rajmahal が最も大きく、アッサムと Ranipukur がこれに次ぐ。

然し工事の需要に応ずるように石材を供給する単一輸送ルートはない。三者を併せ利用して鉄道、水上の両輸送を併用しなければ所要量を輸送することが出来ない。各ルートの輸送能力を検討すると

Rajmahal 地域より河川輸送容量	1000 吨/日
Rajmahal 地域 又は Ranipukur 地域より	} 鉄道輸送容量 3000 吨/日
アッサム州よりジャムナ河を下航する水上輸送容量	
合 計	6000 吨/日

しかもこれらの大量輸送には現状の輸送機関の他に数台の機関車、200台近い貨車と水上輸送のためにガンジス、ジャムナ両河川に各15～20船団の輸送船隊を用意しなければならない。

5.3 石材の着地価格

各地の生産地から鉄道又は水上輸送する場合の着地価格を本文の終りにまとめてあるが、概ねTk 7~8/c.ftである。

この単価の中に印度又はバングラデシュ 政府の課税が可なりな部分を占めるので、税制を改善すれば1～2割の低減が計れるかも知れない。

終

参 考 资 料

Amil Baran Roy (1964) : "Gravel Deposits of Patgram, Thame, Rangpur District", East Pakistan Information No. 18.

A. F. M. Mohsenul Haque (1962) : "Construction materials in East Pakistan" Symposium on "Industrial Rocks and Minerals"

Geological Survey of India (1962) : "Geological Map of India" 1/2,000,000

Electrical Foreman Bholaganj Ropeway (1973) :

"Report on Bholaganj Ropeway Project"

Fried Krupp Rohstoffe (1966) : "Jaipurhat Limestone Project, Development and Mining Scheme Feasibility (Summery)"

Fried Krupp Rohstoffe (1966) :

"Jamalganj Coal Project Development and Mining Scheme Feasibility"

Powell Duhryn Technical Services Ltd. (1969) :

"Assessment of the Feasibility Report for the Exploitation of the Jaipurhat Limestone"

Powell Duhryn Technical Services Ltd. (1969)

"Assessment of the Feasibility Report for the Exploitation of the Jamarganj Coal"

Geological Survey of India (1973) :

"Geological and Mineral Map of Arunacha, Pradesh, Assam, Manipur, Maghalaya, Mizoram, Nagaland and Tripura"

M. R. Chaudhuri (1971) : "The Industrial Landscape of West Bengal"

West Bengal Mineral Development and Trading Corporation Ltd. (1974) :

"Pachami-Hatgacha Stone Project"

Ministry of External Affairs of India (1975) :

"Information on Rock Material in Assam for the Jamuna Bridge Project"

The Government of the Peoples Republic of Bangladesh (1944) :

"Bangladesh Transport Survey"

Annex I Bholaganj Grovel Deposits の採取可能量計算

条件 確認される現河川敷内の堆積砂礫のみを対象とした。

簡易測量による平面図（図-2）を基とした。

破碎、搬出等の諸施設を配置する地区を採掘禁止区域として埋蔵量から除外した。

粒度分布は観察による概数値を仮定した。破碎後の粒度分布は一般の破碎プラントの実績を基にして仮定した。

堆積の厚さは一部に 14 m 以上を確認したが、バックホウによる採掘深度を乾期水面下 6 m と仮定したので、可採量は深さ 6 m までを計算した。

測量誤差安全率を 0.8、採掘実収率を 0.8 と仮定した。

	A 地区	B 地区	C 地区	計
分布面積	469,000 m ²	1,993,800 m ²	377,400 m ²	2,840,200 m ²

A 地区を採掘禁止区として除外し、B、C 区について採掘深度 6 m、安全率と実収率を夫々 0.8 とすると

$$(1,993,800 \text{ m}^2 + 377,400 \text{ m}^2) \times 6 \text{ m} \times 0.8 \times 0.8 = 9,105,408 \text{ m}^3$$

粒度別採取可能埋蔵量

粒 別	B 地 区		C 地 区		比 率	計 採掘可能量
	比 率	採掘可能量	比 率	採掘可能量		
9" 以上	4.3%	328,205			3.6%	328,205 m ³
9" ~ 4"	20.6	1,552,218			17.1	1,552,218
4" ~ 3/16"	35.4	2,710,292	20%	289,843 m ³	32.9	3,000,135
小 計	60.0	4,593,715			53.6	4,883,558
3/16" 以下	40.0	3,062,477	80%	1,159,373	46.4	4,221,850
		7,656,192		1,449,216		9,105,408

上期の中φ 9" 以上を Pitching stone 用としφ 9" ~ 4" を破碎機にかけてバラストと砂を作るとすると、その破碎生産量を次のように推定する。

粒 別	比 率	破碎生産量
4" ~ 3/16"	9.5%	1,477,457
3/16" 以下	5%	77,761
計		1,555,218

上記二つの表をまとめて次表の粒度別生産量が期待される。

粒 度 別 生 産 量

9" 以上 (Pitching stone)	36%	328,205 m ³
4" ~ 3/16" (バラスト)	49.2	4,477,592 m ³
3/16" (砂)	47.2	4,299,611 m ³
	100	9,105,408 m ³

Annex II Bholaganj 採石場開発費 (\$ 1000)

項目	数量	重量	F.O.B.	運賃 手数量	バングラ 国内輸送	組立据付 基礎工事	合計	
採掘機械		190 ^t	560.0	96	23		679	
1.2m ³ バックホウ	3	150	4200	56	18		494	digging clepth 7.0 m
D-7ブルドーザー	2	40	1400	40	5		185	183 HP, 20 ton
運搬機械		127	388	105	15		508	
23 m ³ ホイールローダー	2	25	88	25	3		116	124 ton
18 屯ダンプトラック	6	102	300	80	12		392	230HP,
選鉱設備		523	1045	281	62	535	1,923	
固定グリズリー	1	18	28	8	2		38	5m × 5m × 2、開き 9"
貯石ホッパー	2	120	190	50	14		254	10m × 15m × 3m × 2、 500 ton × 2
振動フィーダー	1	5	17	5	1		23	1840 × 2440 ^{mm} 、11 KW
振動スクリーン	2	18	50	10	2		62	2130 × 6100 ^{mm} 2床式、30KW 2130 × 4880 ^{mm} 2床式、15KW
コンクラッシャー	1	38	130	38	5		173	1260 ^{mm} ハイドロコン 110KW
ベルトコンベアー	400 ^m	240	460	120	28		608	750 ^{mm} 、600 ^{mm} \$100/ ^m × 115 [%]
シュート、架台等		64	100	30	8		138	
その他		20	70	20	2		92	
据付工事						120	120	貯石ホッパーを除く機械屯数 × \$ 300
基礎工事						400	400	m ² = 機械屯数 × 5 \$ 200/m ²
電気設備			300	85	4	45	434	
250 kW ディーゼル 発電機	3	30	300	85	4		389	
据付工事						9	9	機械屯数 × \$ 300
基礎工事						36	36	m ² = 機械屯数 × 6 \$ 200/m ²
修理工場			60	18	24	17	974	
建家備品		20 ^屯	60	18	24		804	
工事費						17	17	
道路及び整地						25	25	
関連施設		40 ^t	170	50	5	100	325	
索道修理			170	50	5	170	395	
施工管理			270				270	
その他			300	100	6	170	576	
予備費			1000				1000	
合計			4263	785	1224	1062	62324	

Annex III 堅坑による Ranipukur 硬岩開発 (附図 14、15、16、17、18 参照)

$$\begin{aligned} \text{採石量} \quad 4000 \text{ 吨/日} \quad 4000 \text{ 吨} \times 300 \text{ 日} &= 1,200,000 \text{ 吨/年} \\ &= 667,000 \text{ m}^3/\text{年} \end{aligned}$$

1) 堅坑

	運搬堅坑	補助堅坑
全長	410 m	360 m
内至	5 m	5 m
工法	J.W.S. 工法	155 m
	S.S. 工法	255 m

注：J.W.S. Jet well-sinking method : 上部軟弱土質に施工

S.S. Short step method : 風化及び新鮮な花崗岩に施工

上部軟弱土質の第四紀層に堅坑を掘さくするには薬液注入による地盤改良法の導入とか、凍結工法の導入とかの方法があるが何れも処理工事に種々の不確定要素が多くて実施の上に不安がある。

Jet well-sinking method は井筒下端の鋼沓刃先の全周を掘削して井筒を自重によって沈下せしめる方法である。

井筒が地下水面以下に進入すると筒内にも水を満して内外の水圧を均衡させた後井筒外壁の摩擦抵抗は圧縮空気を噴出させてこれを消去して沈下を容易ならしめる。(Fig 10 参照)

花崗岩の硬岩中の堅坑掘削は穿孔、発破によって掘り下り場所打ちコンクリートによって築壁を施しつつ進行する Short step method を用う (Fig 11 参照)

2) 地下採掘

Fig 12 に示す 2 本の堅坑によって地下 220 m ~ 320 m の 100 m 区間を採掘する。この間 20 m 間隔に水平坑道を設けて Fig 13 に示すような区画に分けて掘削する。切羽運搬にはスクレイパーを、主要坑道運搬にはディーゼル機関車を、堅坑運搬にはスキップ巻上げを用いる。換気と排水には十分な容量をもつ送風機とポンプを設置する。

3) 地上処理

堅坑によって地上に運ばれた原石は二系列の破碎、篩分工程 (Fig 14) によって最終製品とする。

4) 開 発 費 (Tk million)

(1) 堅坑費	169.4	
運搬堅坑費	94.4	410m 開削費 528、巻上設備 416、
補助堅坑費	75.0	360m // 472、巻上設備 222、排気設備 56
(2) 採掘準備坑費	19.4	
坑道費	6.9	坑道全長 4260m、切上り 200m、その他掘さく 2,000 m ³
機械設備	12.5	削岩、運搬、排水等の機械
(3) 処理機械費	27.8	地上に設備する破砕、篩分設備
(4) 附属設備費	83.3	修理工場、電気設備、倉庫、火薬庫、給水設備、居住設備
(5) 施工管理費	24.0	Tk 0.3 × 16人 × 5年
(6) 諸掛費	4.5	輸送、通信、保険、関税、手数料
(7) 建設期間中の経費	79.3	
金 利	73.8	年利 8% 5年間 (1)~(6)の 1/2
技術教育費その他	5.5	
(8) 小 計	448.2	
(9) 予 備 費	58.3	(8)の 13%
(10) 合 計	506.5	

5) 生 産 費 (製品屯当り)

採掘費	Tk 1.39	
処理費	4.2	
諸 費	5.6	
償却費	59.1	上記開発費償却 10年金利 8%
合 計	Tk 828/屯 = Tk 149/m ³ or Tk 414/100 cft	

運搬立坑

補助立坑

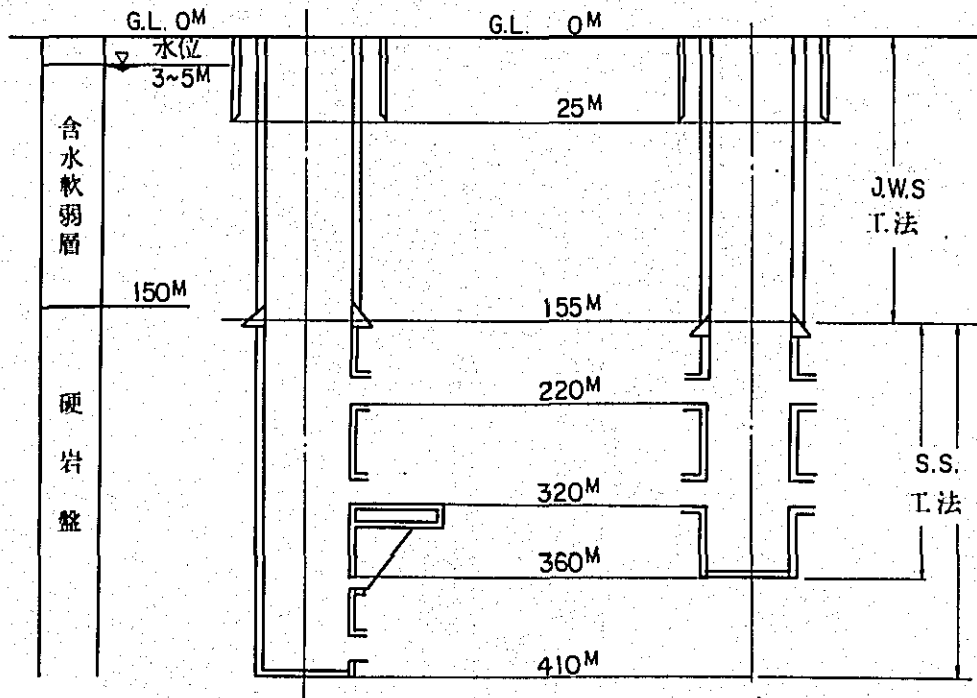


Fig.14 立坑深度概念圖

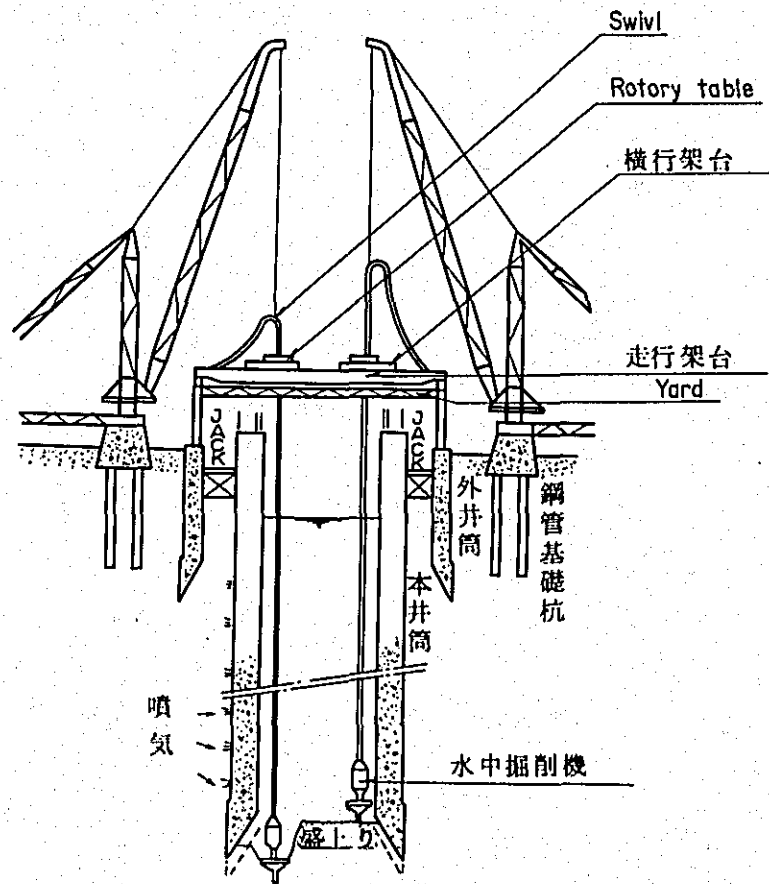


Fig. 15 JWS 工法 概念圖

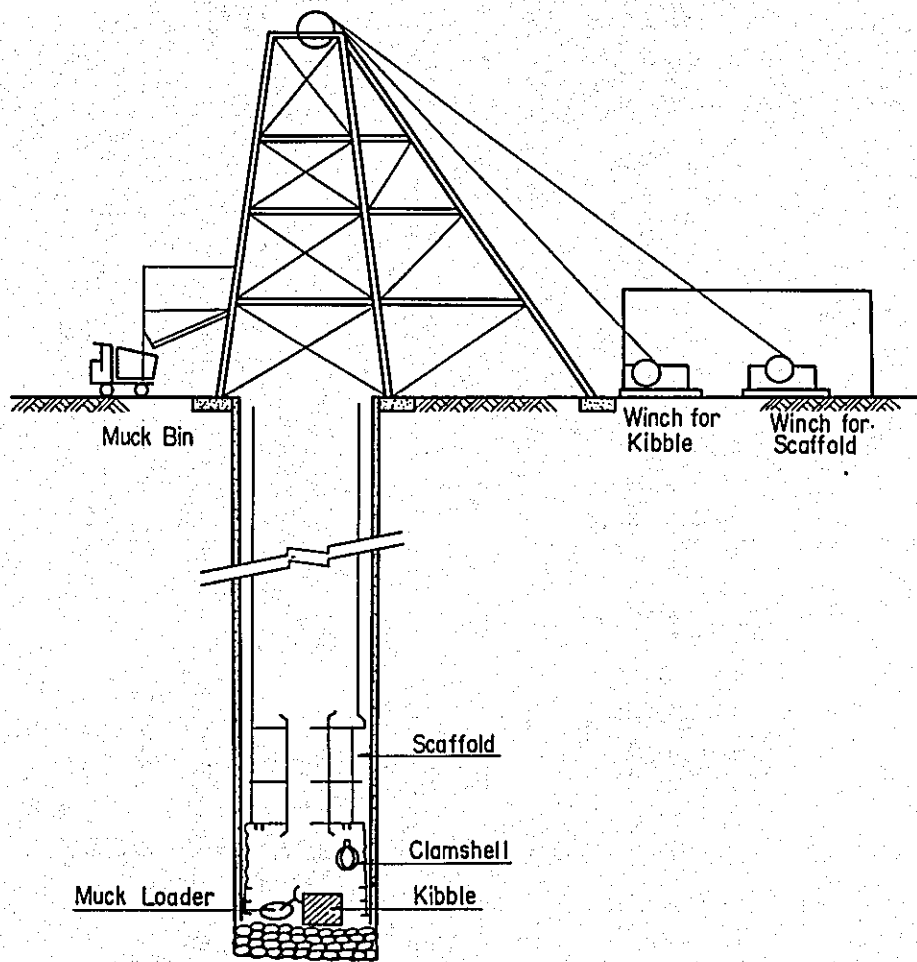


Fig. 16 S.S.工法概念図

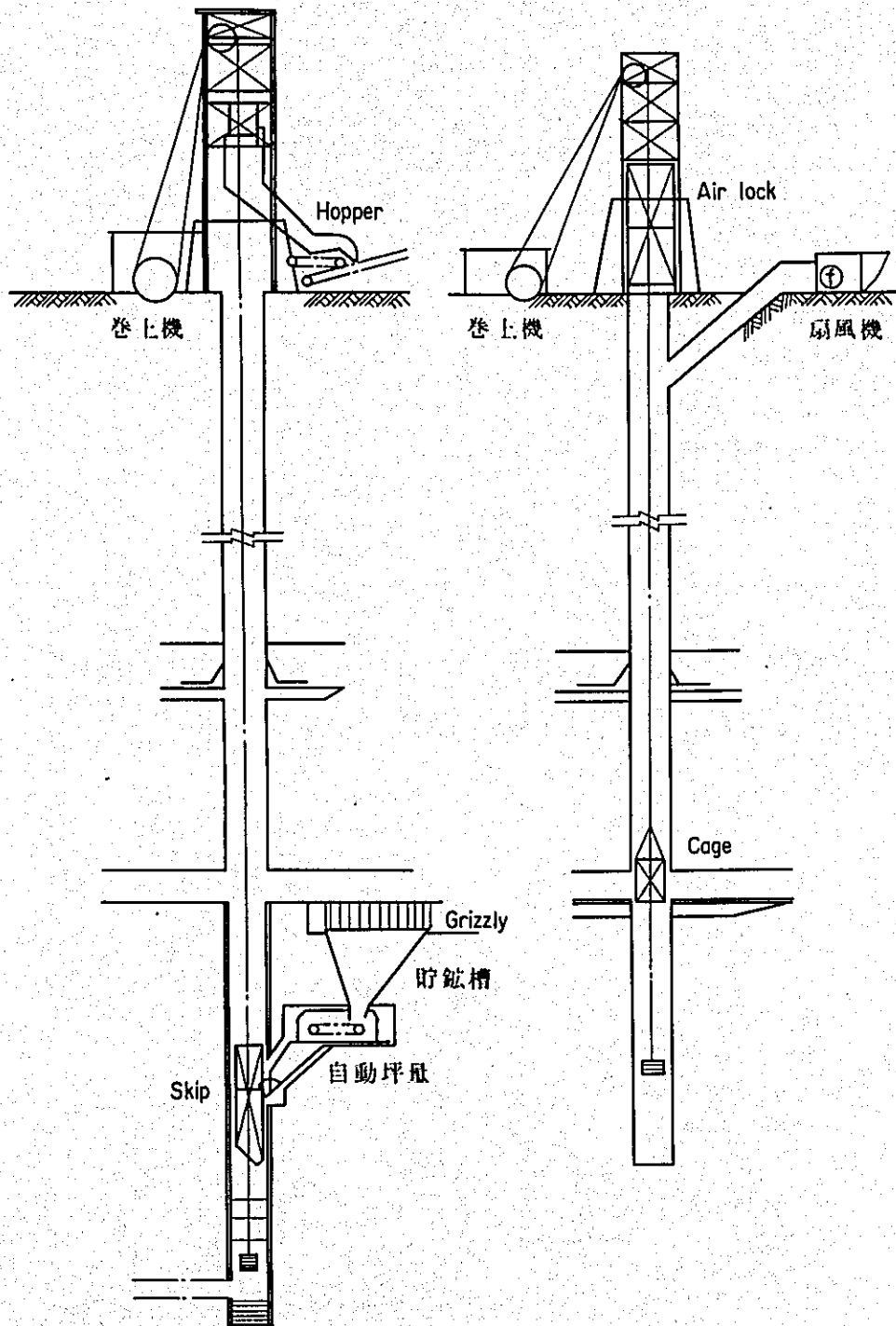
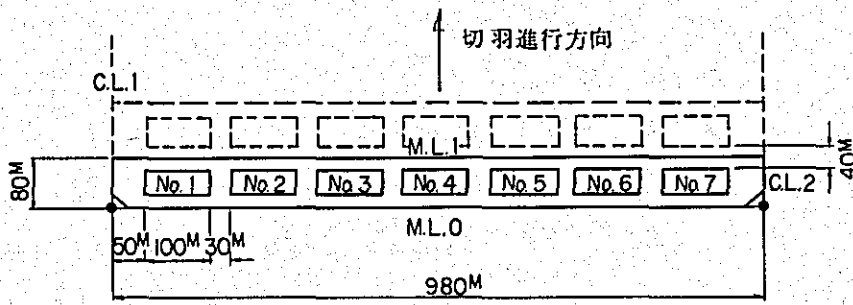
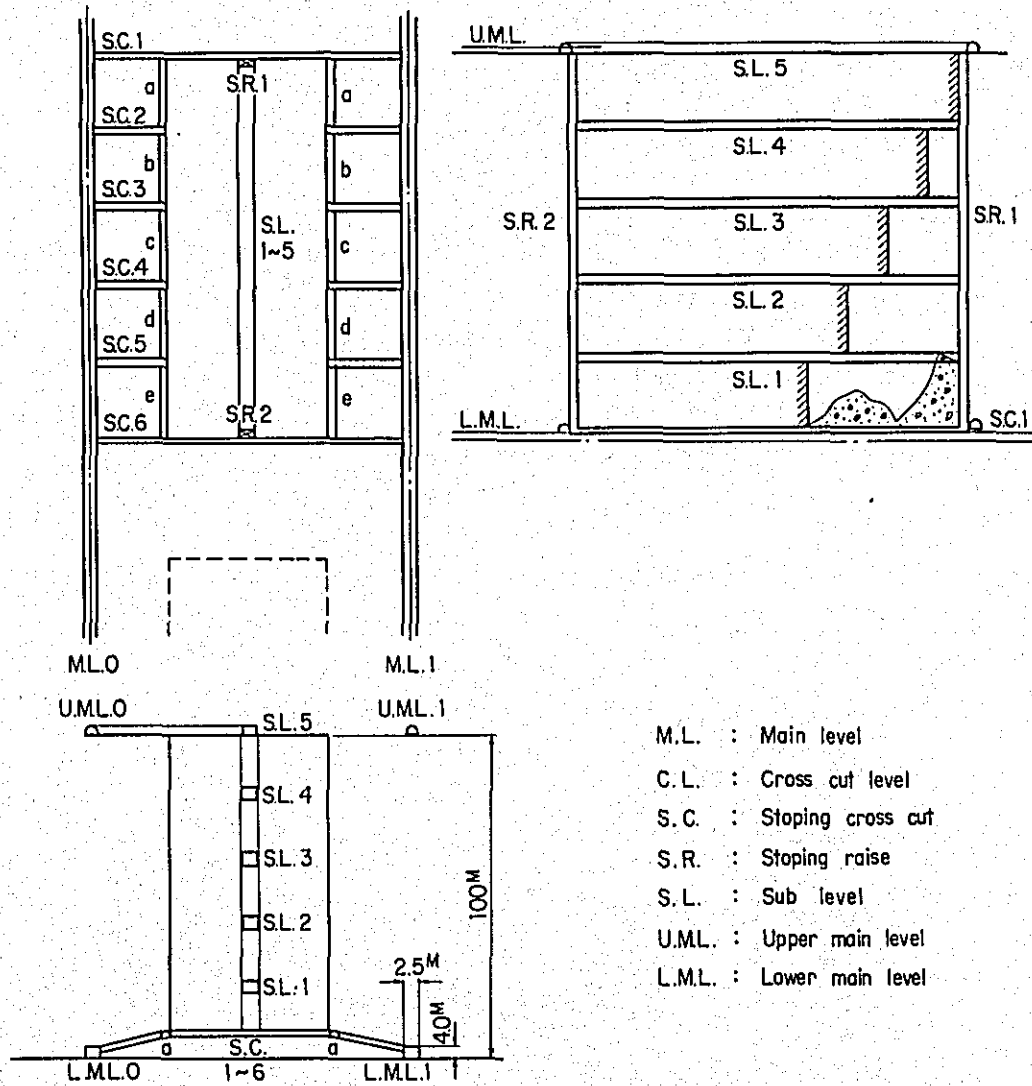


Fig. 17 運搬立坑・補助立坑の概念図

開坑平面図



切羽平面図・断面図



- M.L. : Main level
- C.L. : Cross cut level
- S.C. : Stopping cross cut
- S.R. : Stopping raise
- S.L. : Sub level
- U.M.L. : Upper main level
- L.M.L. : Lower main level

Fig. 18 採掘法概要図

1
6
5
LIB