

第5章 室内岩石試験

調査試すい50本のうち14本から岩石試料が50個採取され、室内岩石試験が実施された。試験項目は超音波伝ば速度(P・S波)・一軸圧縮試験・引張試験・ポアソン比・弾性係数・単位体積・重量・吸水率・有効間げき率・安定性損失量である。

試験結果の総括はTable 24の岩石試験総括表に示されている。また層序別の各試験値は、Table 25のとおりである。またFig 20、21、22、23、24は岩質別の各試験値とそのひん度分布との相関を示す。

つぎに各試験法について簡単に記述する。

5-1 超音波伝ば速度

岩石における超音波の伝ば速度を測定するもので、一般に圧縮強度の大きい岩石ほど伝ば速度が大きく、また岩石内部のきれつの発達にも大きく左右されることから、これを利用して通常試料(室内試験)と地山(現地における弾性波探査)との伝ば速度の差を求めて地山における岩ばんのきれつの発達状況を判定することが行われている。

5-2 一軸圧縮強度および引張強度

両試験とも岩石の破壊および破断強さを調べるものであり、一般には引張強度は圧縮強度よりも低く、圧縮強度の $1/10 \sim 1/20$ 以下の値である。なお、引張試験は試料の加工成形が困難なために今回は圧裂試験が適用された。圧裂試験は、Fig 25に示すように試料をその直径方向に加圧するものである。

ただし、引張試験値と圧裂試験値との間には、通常 $\pm 20 \sim 30\%$ の差があり、一般には圧裂試験の方が大きな値を示す。

5-3 見かけ比重(単位体積重量)・吸水率・有効間げき率

見かけ比重・吸水率・有効間げき率を求めるために行った物性試験では、試験のため水に浸したところ一部の試料に崩壊を生じたため、ノギス法[※]により岩石の単位体積重量を測定しこの値を使用した。なお試験のバックデータには崩壊の有無を示し、測定値がそのまま記入されている。

※ ノギス法

円柱状試料(長さ/直径=2)の長さ、直径(上・中・下の3個所にて測定)をノギスで各々2~3回測定し、これらの平均値で体積を計算する方法である。なお通常の見かけ比重では、試料を水中に浸した水中重量と空中重量との差から体積を求める。

5-4 試験結果の概要

5-4-1 石灰岩層

調査地域に広く露出している Laki 石灰岩層内のいわゆる“Pure Limestone”は、すべての試験値で良好な値を示す。しかし、同層内に介在するチャーク質～砂質石灰岩は低い値を示し、本層下位の Ranikot 層と類似した特性を示す。

5-4-2 Ranikot 層上部含化石層・上部含炭層

これは Laki 石灰岩層の下位に分布し、露天掘や坑内掘の対象となる地層である。本層の砂岩内に部分的にきょう在する珪質部等を除けば、圧縮強度は 320 kg/cm^2 以下、超音波伝ば速度は $4,000 \text{ m/sec}$ 以下と低い値を示す。また砂岩は本層上部に分布する赤色変色帯の試料が未変色帯の試料よりやや高い値を示す。特に圧縮強度では、未変色帯は全て 100 kg/cm^2 以下と低い値を示す。（これには試料採取時の日中の高温等による試料の乾燥も一部影響しているものと推定される。）

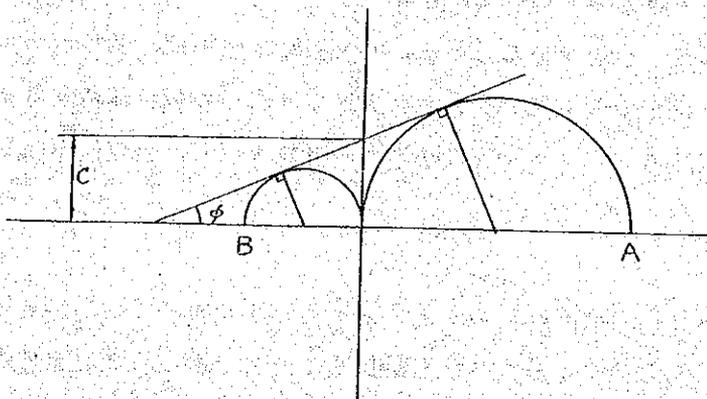
5-4-3 Ranikot 層下部含化石層・下部含炭層

主要炭層である No. 1 層の下部に分布する地層で、試料が少くその特性の把握は難しいが、上部層に比較して若干高い値を示す傾向がある。

5-5 せん断強度・内部摩擦角および粘着力

岩石のせん断強度を求めるに必要な内部摩擦角および粘着力を、試験結果より推定して次に示す。

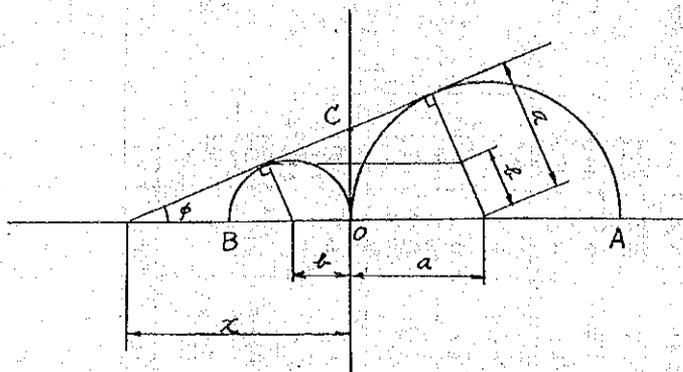
岩石試験の一軸圧縮強度および引張強度より、粘着力 C と内部摩擦角 ϕ は次のような作図により求められた。



ただし $A =$ 一軸圧縮強度 kg/cm^2
 $B =$ 引張強度 kg/cm^2
 $C =$ 粘着力 kg/cm^2
 $\phi =$ 内部摩擦角 $^\circ$

求められた粘着力および内部摩擦角を Table 2.6 に示す。

一般に、粘着力 C と内部摩擦角 ϕ は前記の作図によって求められるが、次式により計算でも求められる。



$$A/2 = a, B/2 = b$$

$$\sin \phi = a - b / a + b$$

$$C = x \tan \phi$$

$$\therefore x = b + b / \sin \phi$$

$$\therefore C = (b + b / \sin \phi) \tan \phi$$

5-6 安定性試験

一般に岩石を骨材等に利用する場合、その岩石が乾湿の繰り返しに対してどの程度安定しているかが適否判断の一つの基準となる。本試験は、硫酸ナトリウムの飽和溶液に材料を浸したのちこれを乾燥させ再び浸すという操作を5回繰り返したあとの、試料の崩壊損失量を百分率で示すものである。試験結果では、損失量(%)が12%以下の粗骨材として利用可能な岩石は、39試料中わずか3個であった。

石灰岩はJT-5・R-1が6.3%、JT-22・R-1が5.1%と安定しており、調査地域の地表付近の硬い石灰岩の大部分はこの値に近いと推定される。他の石灰岩は50%近く崩壊し、チョーク質～砂質石灰岩は60～100%と水に弱い性質を示している。

Ranikot層の岩石では、赤色変色帯内の中粒～細粒砂岩が50%前後、同変色帯内の細粒砂岩の一部が70～80%、そして同変色帯内の細粒土の多い細粒砂岩～粘土岩および非変色帯の全ての岩石は100%(全崩壊)を示し、乾燥～湿潤のくりかえしに対していちぢるしくもろい性質を示している。ただし、砂岩内にきょう在する珪質砂岩は0.3%とほとんど崩壊を生じない非常に安定した値を示している。

DATA OF ROCK TESTS

Table 24 - 1

DRILL HOLE	SAMPLE NUMBER	LOCATION (Depth) (m)	ROCK	CONDITION OF MEASUREMENT	SUPERSONIC VELOCITY (m/sec)		DYNAMIC POISSON'S RATIO	DYNAMIC MODULUS OF ELASTICITY (kg/cm ²)	UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH (kg/cm ²)	TENSILE STRENGTH (kg/cm ²)	POISSON'S RATIO	STATIC MODULUS OF ELASTICITY (kg/cm ²)	SPECIFIC GRAVITY (Natural State)	COEFFICIENT OF WATER ABSORPTION (%)	EFFECTIVE POROSITY (%)	STABILITY TEST FOR AGGREGATE (%)	NOTE
					P WAVE	S WAVE											
JT-1	R-4 (1)	10.0	Limestone	Natural	3780	1970	0.31	2.48 x 10 ⁵	141.9	35.7	0.27	9.24 x 10 ⁴	2.39	4.42	10.36	52.2	
JT-1	R-4 (2)	10.0	Chalky Limestone	"	4340	2070	0.35	2.85 x 10 ⁵	434.9	11.4	0.25	1.55 x 10 ⁵	2.11	14.17	26.53	63.1	
JT-1	R-5	23.0	Chalky Limestone	"	2960	1470	0.33	1.29 x 10 ⁵	142.1	30.5	0.26	9.60 x 10 ⁴	2.36	7.10	15.84	84.3	
JT-1	R-6 (1)	33.5	Limestone	"	4180	1990	0.35	2.56 x 10 ⁵	365.1	6.1	0.33	8.03 x 10 ⁴	1.93	49.75	57.61	100.0	
JT-1	R-6 (2)	33.5	Limestone	"	4320	2070	0.35	2.90 x 10 ⁵	667.3	53.1	0.29	2.02 x 10 ⁵	2.51	2.37	5.99	49.3	Sample from Ref. Zone
JT-3	R-1	22.0	Chalky Limestone	"	2840	1610	0.26	1.25 x 10 ⁵	122.5	8.3	0.27	1.49 x 10 ⁵	1.82	60.66	60.98	100.0	
JT-3	R-2 (1)	28.5	Limestone	"	4730	2290	0.35	3.65 x 10 ⁵	967.3	14.5	0.28	3.83 x 10 ⁵	1.88	58.09	58.67	100.0	
JT-3	R-2 (2)	28.5	Limestone	"	3920	2000	0.33	2.73 x 10 ⁵	574.1	5.2	0.15	1.87 x 10 ⁵	1.76	17.92	28.56	100.0	
JT-3	R-3	38.5	Very Fine Limestone	"	1240	690	0.27	2.32 x 10 ⁴	63.5	-	0.19	5.30 x 10 ³	2.33	14.48	29.13	100.0	ditto
JT-3	R-5	57.0	Fine Sandstone	"	1040	520	0.33	1.43 x 10 ⁴	5.2	-	0.24	5.25 x 10 ²	1.94	43.47	52.83	100.0	ditto
JT-3	R-6	80.0	Conglomerate	"	1010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
JT-3	R-7	33.0	Sandy Conglomerate	"	2590	1360	0.31	1.15 x 10 ⁵	127.5	3.9	0.21	3.39 x 10 ⁴	2.46	5.45	12.99	6.3	
JT-3	R-8	35.0	Sandy Claystone	"	1080	540	0.33	1.57 x 10 ⁴	98.5	40.8	0.32	1.03 x 10 ⁴	2.39	8.71	20.63	65.8	ditto
JT-5	R-1 (1)	37.0	Foraminifera Limestone	"	4870	2750	0.27	4.82 x 10 ⁵	933.6	11.6	0.27	3.89 x 10 ⁵	2.43	32.81	48.58	100.0	ditto
JT-5	R-1 (2)	37.0	Limestone	"	4790	2780	0.25	4.79 x 10 ⁵	611.8	10.4	0.22	4.27 x 10 ⁵	2.43	32.81	48.58	100.0	ditto
JT-5	R-2 (1)	40.5	Medium to Fine Sandstone	"	4040	2290	0.25	3.22 x 10 ⁵	200.7	13.2	0.27	4.58 x 10 ⁵	2.43	32.81	48.58	100.0	
JT-5	R-2 (2)	40.5	Sandstone	"	4090	2280	0.27	3.24 x 10 ⁵	312.6	13.2	0.27	3.67 x 10 ⁵	2.43	32.81	48.58	100.0	
JT-5	R-3	46.0	Siltstone	"	3190	1920	0.22	2.48 x 10 ⁴	312.6	3.9	0.07	1.56 x 10 ⁴	1.99	45.40	55.30	100.0	
JT-5	R-5	64.5	Claystone	"	1320	630	0.35	2.18 x 10 ⁴	89.7	13.2	0.32	2.35 x 10 ⁴	1.98	14.71	27.25	100.0	
JT-5	R-5*	65.5	Very Fine Sandstone	"	2950	1600	0.29	1.34 x 10 ⁵	-	-	-	-	-	-	-	-	
JT-7	R-1 (1)	25.5	Very Fine Sandstone	"	1550	640	0.40	2.18 x 10 ⁴	22.7	5.3	0.12	2.18 x 10 ⁴	1.79	21.60	35.4	100.0	ditto
JT-7	R-1 (2)	25.5	Sandstone	"	1350	700	0.31	2.42 x 10 ⁴	38.7	4.6	0.18	4.35 x 10 ⁴	2.04	41.2	53.9	100.0	ditto
JT-7	R-3	48.5	(Silty) Fine Sandstone	"	1370	-	-	-	59.6	-	0.23	1.30 x 10 ⁴	2.06	44.5	55.0	100.0	
JT-7	R-5	62.0	Stone	"	1600	-	-	-	46.8	-	0.20	1.95 x 10 ⁴	2.06	44.5	55.0	100.0	
JT-8	R-1 (1)	30.0	Fine Sandstone	"	2910	1580	0.29	1.44 x 10 ⁵	190.1	19.1	0.08	1.09 x 10 ⁵	2.20	14.0	25.6	80.3	ditto
JT-8	R-1 (2)	30.0	Sandstone	"	4160	2420	0.24	3.63 x 10 ⁵	323.0	4.2	0.21	3.13 x 10 ⁵	2.02	34.8	49.9	100.0	ditto
JT-8	R-3	49.0	Very Fine Sandstone	"	1500	-	-	-	57.9	-	0.12	1.68 x 10 ⁴	2.02	34.8	49.9	100.0	
JT-10	R-2	36.0	Siltstone	"	1030	540	0.31	1.49 x 10 ⁴	85.6	5.7	0.18	9.40 x 10 ³	1.88	72.3	65.2	100.0	

Table 24 - 2

DRILL HOLE	SAMPLE NUMBER	LOCATION (Depth) (m)	ROCK	CONDITION OF MEASUREMENT	SUPERSONIC VELOCITY (m/sec)		DYNAMIC POISSON'S RATIO	DYNAMIC MODULUS OF ELASTICITY (Kg/cm ²)	UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH (Kg/cm ²)	TENSILE STRENGTH (Kg/cm ²)	POISSON'S RATIO	STATIC MODULUS OF ELASTICITY (Kg/cm ²)	SPECIFIC GRAVITY		COEFFICIENT OF WATER ABSORPTION		EFFECTIVE POROSITY (%)	STABILITY TEST FOR AGGREGATE (%)	NOTE
					P WAVE	S WAVE							(Natural State)	(%)	(%)				
JT-15	R-2	57.5	Siltstone	Natural	1080	570	0.31	1.44 x 10 ⁴	43.0	6.8	0.17	6.00 x 10 ³	1.79	24.15	38.45	100.0	Sample from Red Zone		
JT-15	R-3	63.3	Fine to Medium Sandstone	"	3380	1760	0.31	1.91 x 10 ⁵	260.1	24.5	0.21	3.51 x 10 ⁵	2.32	9.04	19.96	95.5	ditto		
JT-22	R-1 (1)	25.7	Limestone	"	4820	2880	0.24	5.40 x 10 ⁵	448.1	46.2	0.21	3.30 x 10 ⁵	2.59	1.35	3.53	5.1	ditto		
JT-22	R-1 (2)	25.7	"	"	5250	2790	0.30	5.32 x 10 ⁵	878.2	-	0.24	4.75 x 10 ⁵	2.26	-	-	100.0	ditto		
JT-22	R-3	44.8	Sandy Limestone	"	2690	1590	0.22	1.42 x 10 ⁵	125.2	-	0.15	1.07 x 10 ⁵	2.26	1.99	5.05	37.0	ditto		
JT-22	R-4	47.1	Limestone	"	5140	2790	0.29	5.25 x 10 ⁵	757.6	70.5	0.21	2.65 x 10 ⁵	2.53	-	-	-	ditto		
JT-23	R-2	38.5	Fine Sandstone	"	2350	1380	0.23	8.83 x 10 ⁴	25.6	14.6	0.28	8.00 x 10 ³	1.70	34.61	46.61	100.0	ditto		
JT-23	R-2	38.8	"	"	2710	1500	0.28	1.13 x 10 ⁴	89.1	10.1	0.15	2.23 x 10 ⁵	1.81	-	-	100.0	ditto		
JT-27	R-1 (1)	44.1	Medium to Coarse Sandstone	"	4890	2620	0.30	5.06 x 10 ⁵	1142.3	89.0	0.37	4.50 x 10 ⁵	2.65	2.45	6.74	48.0	ditto		
JT-27	R-1 (2)	44.1	"	"	3290	1570	0.35	1.65 x 10 ⁵	155.8	-	0.05	7.79 x 10 ⁴	2.07	15.69	29.58	73.8	ditto		
JT-27	R-3 (1)	46.0	Fine Sandstone	"	2280	1330	0.24	9.83 x 10 ⁴	132.6	4.0	0.16	7.36 x 10 ⁴	2.07	-	-	-	ditto		
JT-27	R-3 (2)	46.0	"	"	2440	1350	0.28	9.61 x 10 ⁴	111.9	-	0.12	8.61 x 10 ⁴	1.95	62.08	60.17	100.0	ditto		
JT-37	R-4	59.8	Siltstone	"	1090	-	-	-	9.2	4.2	0.09	4.80 x 10 ³	2.60	2.07	5.20	0.3	ditto		
JT-37	R-6 (1)	83.7	(Siltaceous) Medium Sandstone	"	5470	2900	0.30	6.03 x 10 ⁵	1790.4	67.2	0.22	6.58 x 10 ⁵	2.60	-	-	-	ditto		
JT-37	R-6 (2)	83.7	"	"	4980	2640	0.30	4.82 x 10 ⁵	949.6	-	0.19	6.18 x 10 ⁵	2.60	-	-	-	ditto		
JT-39	R-4	63.0	Siltstone	"	1390	840	0.21	3.64 x 10 ⁴	141.3	13.1	0.19	1.47 x 10 ⁴	2.08	37.02	49.62	100.0	ditto		
JT-39	R-5	68.0	"	"	1090	470	0.39	1.31 x 10 ⁴	69.9	10.4	0.14	8.50 x 10 ³	2.07	37.05	48.78	100.0	ditto		
JT-39	R-6	75.5	Fine Sandstone	"	1820	930	0.32	5.01 x 10 ⁴	-	9.5	-	-	2.11	41.19	51.17	100.0	ditto		
JT-39	R-7	90.5	Siltstone	"	3550	1820	0.32	2.42 x 10 ⁵	273.9	-	0.21	3.64 x 10 ⁵	2.70	20.87	38.50	100.0	ditto		
JT-39	R-12	122.5	Fine Sandstone	"	2140	1260	0.24	8.91 x 10 ⁴	164.6	18.2 17.2	0.33	4.57 x 10 ⁴	2.26	12.92	28.42	100.0	ditto		
JT-43	R-2	72.5	Claystone	"	885	380	0.38	8.50 x 10 ³	-	6.8	-	-	2.01	69.76	60.73	100.0	ditto		
JT-46	R-2	73.0	Fine Sandstone	"	1210	661	0.29	2.34 x 10 ⁴	82.1	6.8 8.9	0.11	1.08 x 10 ⁴	2.05	41.08	51.61	100.0	ditto		

Table 25

SUMMARY OF ROCK TESTS IN STRATIGRAPHIC SUCCESSION

STRATIGRAPHY	ROCK	WEIGHT OF THE UNIT CUBIC VOLUME (t/m ³)	EFFECTIVE POROCITY (%)	SUPER SONIC VELOCITY (m/sec)	UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH (Kg/cm ²)	TENSILE STRENGTH (Kg/cm ²)	NUMBERS OF SAMPLES
Laki Limestone	Limestone	2.36 - 2.59	15.84 - 3.53	3,780 - 5,250	141.9 - 957.3	30.5 - 70.5	11
	Chalk and Sandy Limestone	1.93 - 2.26	57.61 - 5.05	2,650 - 2,960	122.5 - 142.1	6.1 - 11.4	3
Upper Ranikot	Claystone and Siltstone	1.79 - 2.43	52.13 - 29.13	1,080 - 3,190	43.0 - 312.6	3.9 - 10.4	4
	Sandstone	1.70 - 2.39 *(2.65)	60.99 - 19.96 *(6.74)	1,240 - 4,160 *(4,890)	22.7 - 323.0 *(1,142.3)	4.0 - 24.5 *(89.0)	14
Lower Ranikot	Claystone and Siltstone	1.88 - 2.07	65.2 - 38.2	885 - 1,390	9.2 - 141.3	3.9 - 13.1	6
	Sandstone	1.76 - 2.11	58.7 - 27.26	1,010 - 2,950	5.2 - 59.6	4.2 - 9.5	7
Lower Ranikot	Claystone and Siltstone	2.70	38.5	3,550	278.9	-	1
	Sandstone	2.05 - 2.26 (2.60)	51.6 - 26.4 (5.20)	1,210 - 2,140 (5,470)	82.1 - 164.6 (1,790.4)	6.8 - 18.2 (67.2)	4

* Conglomeratic Sandstone

Siliceous Sandstone
(Compact and hard)

Table 26

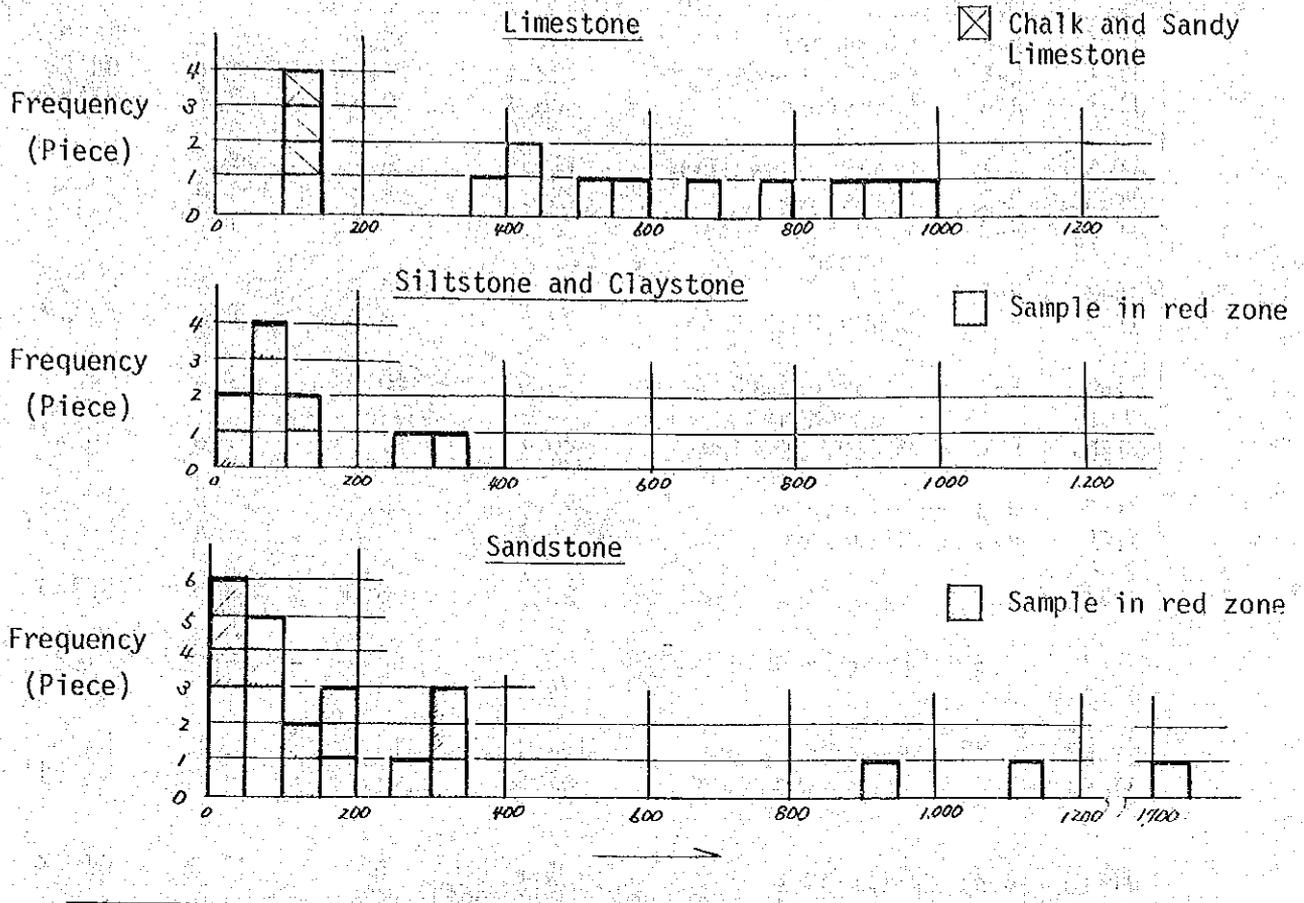
MECHANICAL CHARACTER OF TEST PIECE

DRILL HOLE NO.	SAMPLE NO.	ROCK	UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH (Kg/cm ²)	TENSILE STRENGTH (Kg/cm ²)	COHESION	ANGLE OF INTERNAL FRICTION (degrees)
JT-1	R-4	Limestone	141.9	36.7	36.1	36°05'
JT-1	R-5	Chalky Limestone	142.1	11.4	20.1	58°22'
JT-1	R-6	Limestone	366.1	30.5	52.8	57°48'
JT-3	R-1	Chalky Limestone	122.5	6.1	13.7	64°50'
JT-3	R-2	Limestone	957.3	53.1	112.0	63°30'
JT-3	R-3	Very Fine Sandstone	63.5	8.3	11.5	50°15'
JT-3	R-5	"	37.1	14.5	11.6	25°58'
JT-3	R-8	Sandy Claystone	98.5	3.9	9.8	67°29'
JT-5	R-1	Foraminifera Limestone	933.6	40.8	97.6	66°23'
JT-5	R-2	Medium to Fine Sandstone	320.7	11.8	30.8	68°17'
JT-5	R-3	Siltstone	312.6	10.4	28.5	69°19'
JT-5	R-5	Claystone	89.7	3.9	9.4	66°27'
JT-7	R-1	Very Fine Sandstone	22.7	5.3	5.5	38°25'
JT-7	R-3	Fine Sandstone	59.6	4.6	8.3	58°57'
JT-7	R-5	"	46.8	5.9	8.3	50°54'
JT-8	R-1	Fine Sandstone	190.1	19.1	30.2	54°52'
JT-8	R-3	Very Fine Sandstone	57.9	4.2	7.8	59°51'
JT-10	R-2	Siltstone	85.6	5.7	11.0	61°04'
JT-15	R-2	Siltstone	43.0	6.9	8.6	46°20'
JT-15	R-3	Fine to Medium Sandstone	260.1	24.5	39.9	55°53'
JT-22	R-1	Limestone	448.1	46.2	71.9	54°24'
JT-22	R-4	"	757.6	70.5	115.5	56°04'
JT-23	R-2	Fine Sandstone	25.6	14.6	9.7	15°53'
JT-23	R-2'	"	89.1	10.1	15.0	52°47'
JT-27	R-1	Conglomeratic Medium to Coarse Sandstone	1,142.3	89.0	159.4	58°48'
JT-27	R-3	Fine Sandstone	132.6	4.0	11.5	70°18'
JT-37	R-4	Siltstone	9.2	4.2	3.1	21°54'
JT-37	R-6	Siliceous Medium Sandstone	1,790.4	67.2	173.4	68°04'
JT-39	R-4	Siltstone	141.3	13.1	21.5	56°08'
JT-39	R-5	"	69.9	10.4	13.5	47°49'
JT-39	R-12	Fine Sandstone	164.6	18.2	27.4	53°13'
				17.2	26.6	54°10'
JT-46	R-2	Fine Sandstone	82.1	6.8	11.8	57°53'
				8.9	13.5	53°33'

Fig. 20

UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH

(Kg/cm²)



TENSILE STRENGTH

(Kg/cm²)

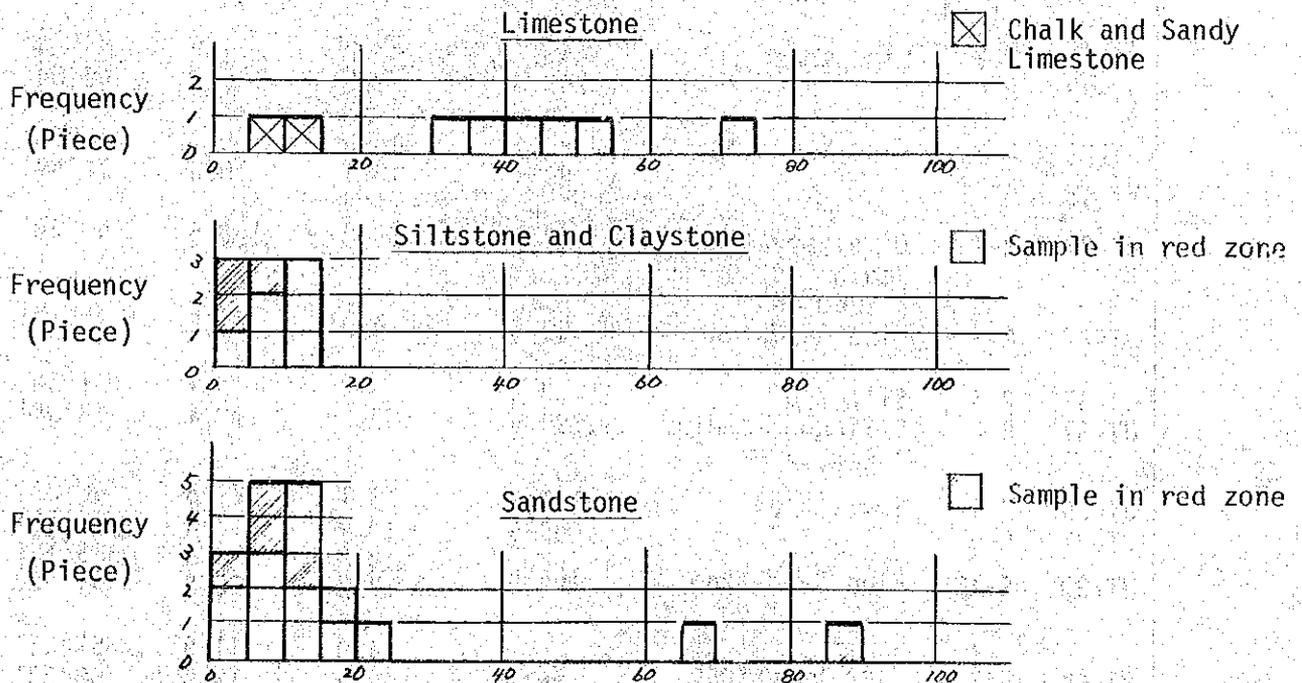
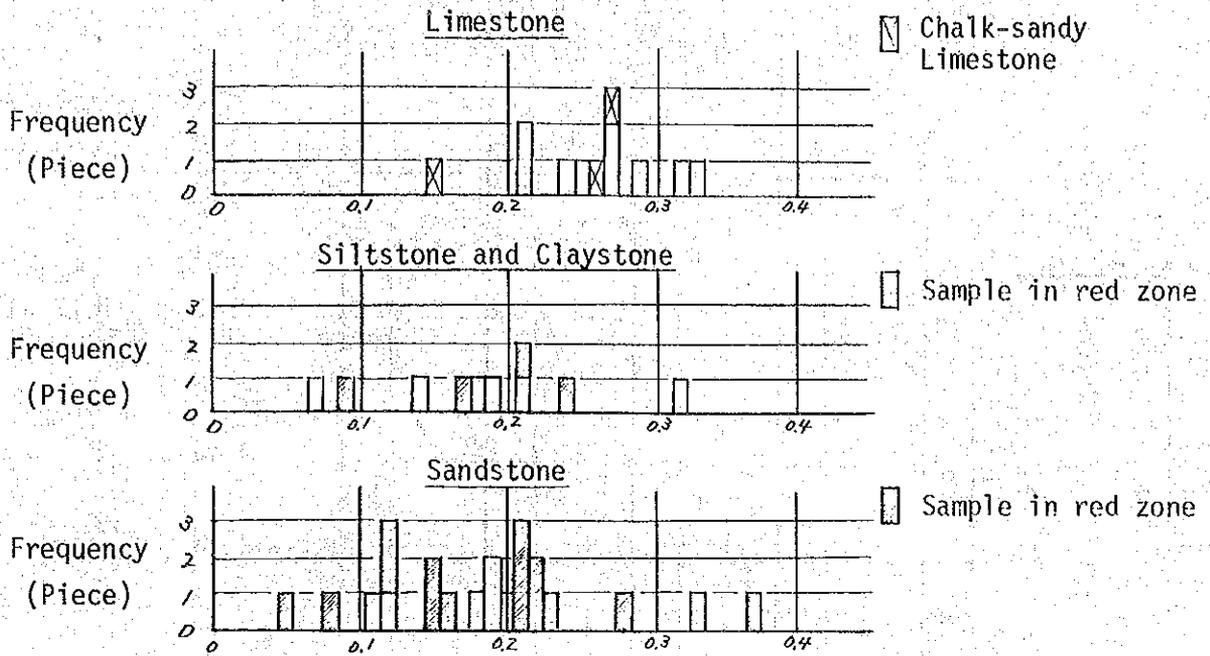


Fig. 21

STATIC POISSON'S RATIO



WEIGHT OF THE UNIT CUBIC VOLUME

(t/m³)

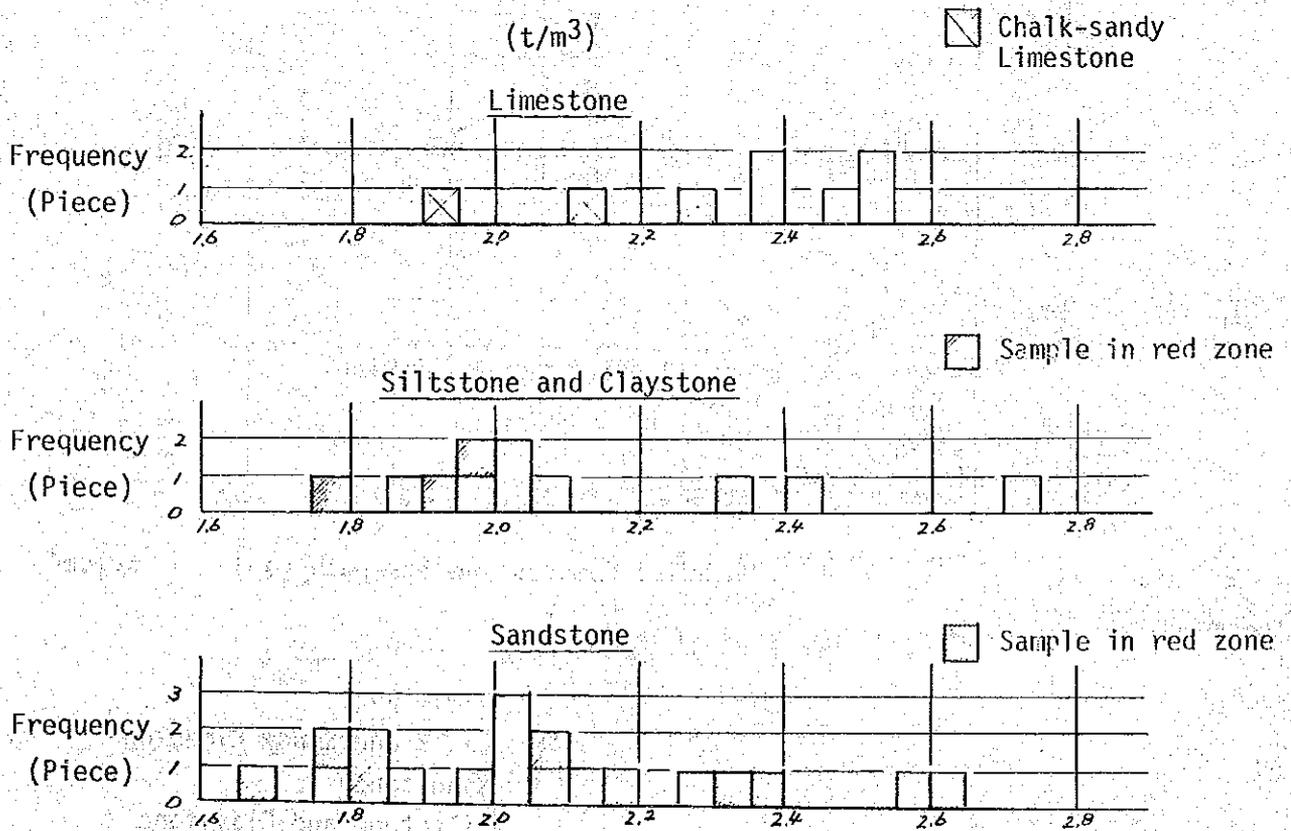
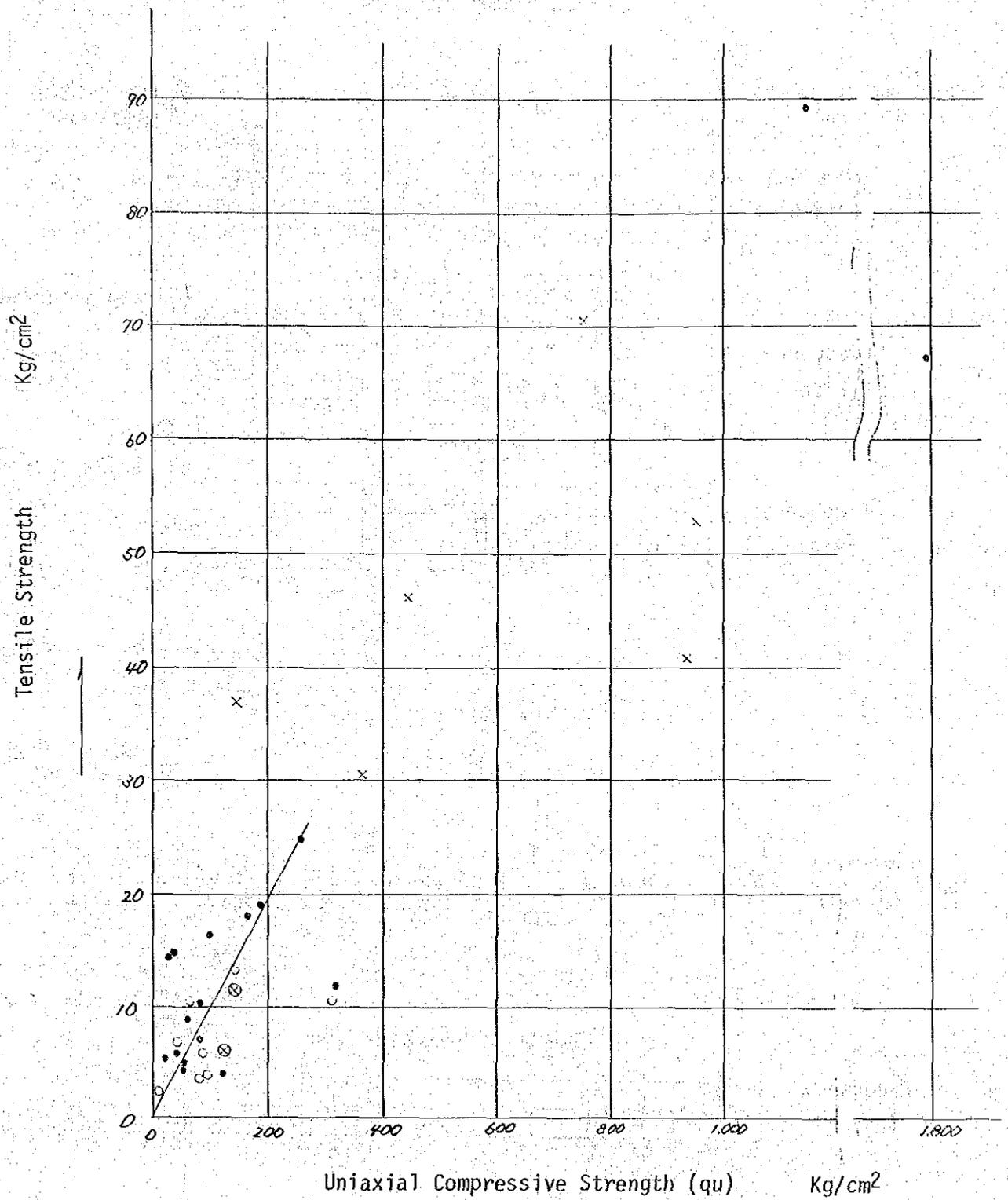


Fig. 22

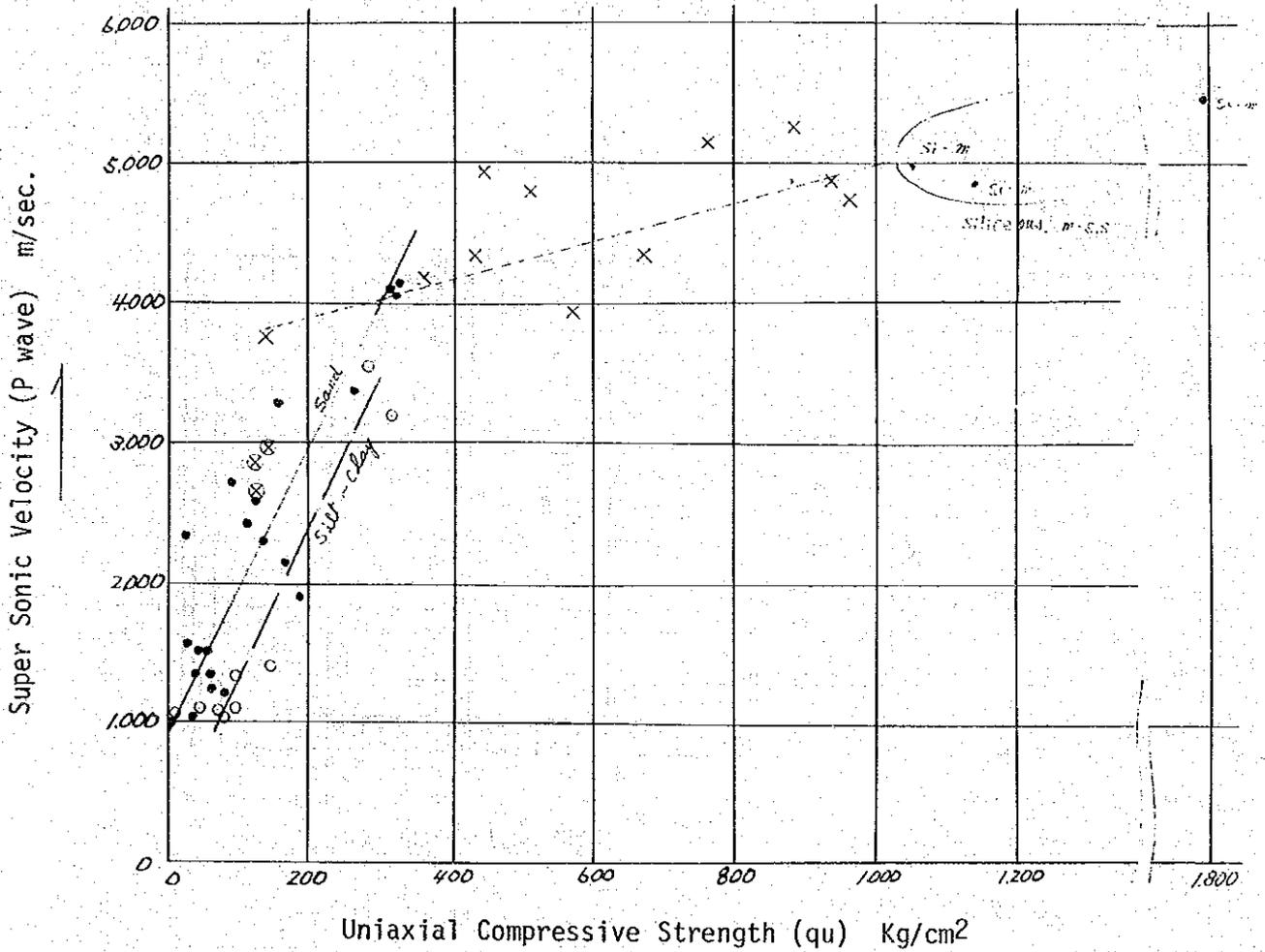
RELATIONSHIP BETWEEN
TENSILE STRENGTH AND UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH



- × Limestone
- ⊗ Chalk and Sandy Limestone
- Sandstone
- Siltstone and Claystone

Fig. 23

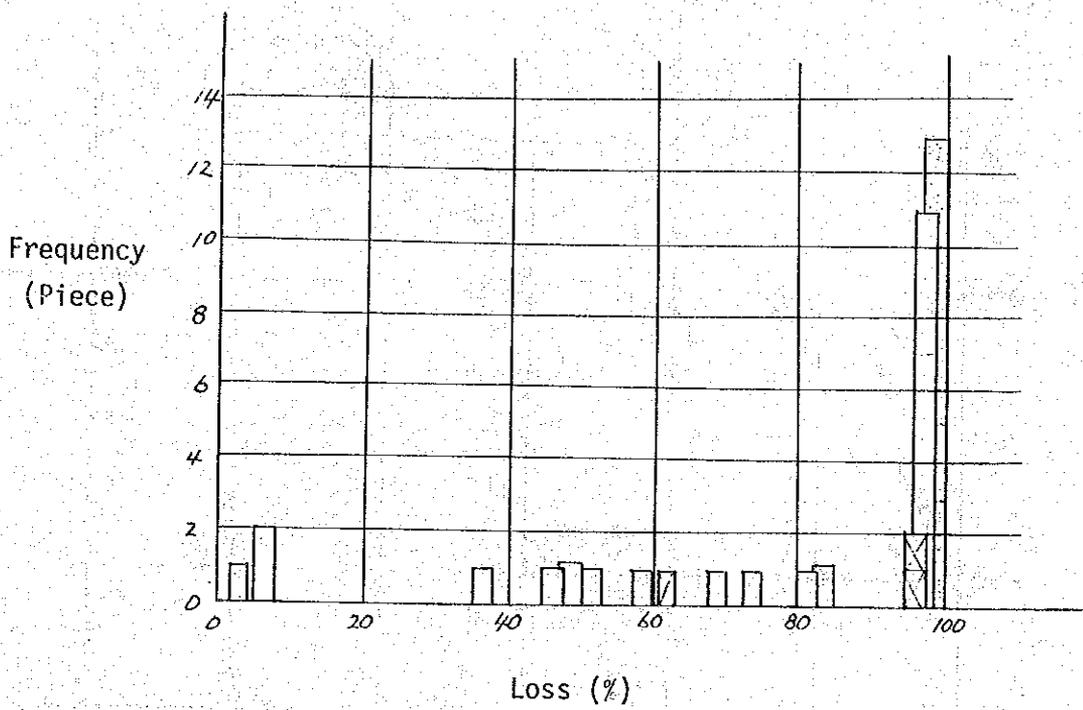
RELATIONSHIP BETWEEN
SUPER SONIC VELOCITY AND
UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH



- × Limestone
- ⊗ Chalk-sandy Limestone
- Sandstone
- o Siltstone and Claystone

Fig. 24

STABILITY TEST FOR AGGREGATES

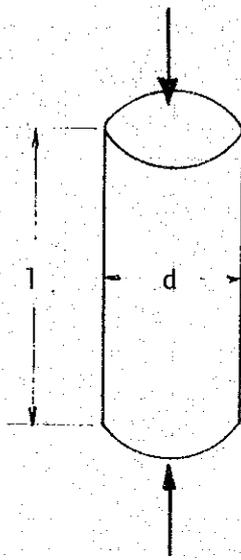


-  Colour changed rock
-  Sandstone
-  Siltstone and Claystone
-  Limestone

Fig. 25

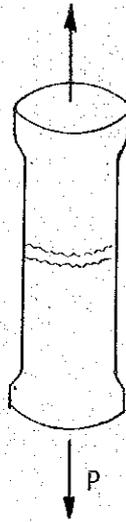
SHAPE OF TEST PIECES

Compressive Test



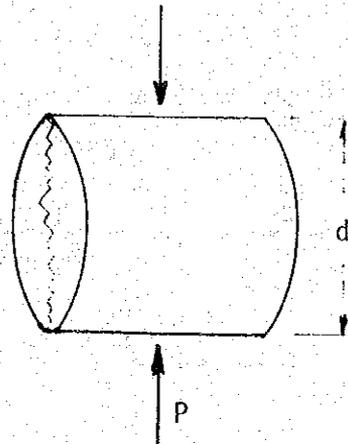
$l/d = 2$

Tensile Test



P

Radial Compression Test



$l/d = 1$

Fig. 26 RELATIONSHIP BETWEEN SPECIFIC GRAVITY AND ASH CONTENT (AIR DRY BASIS)

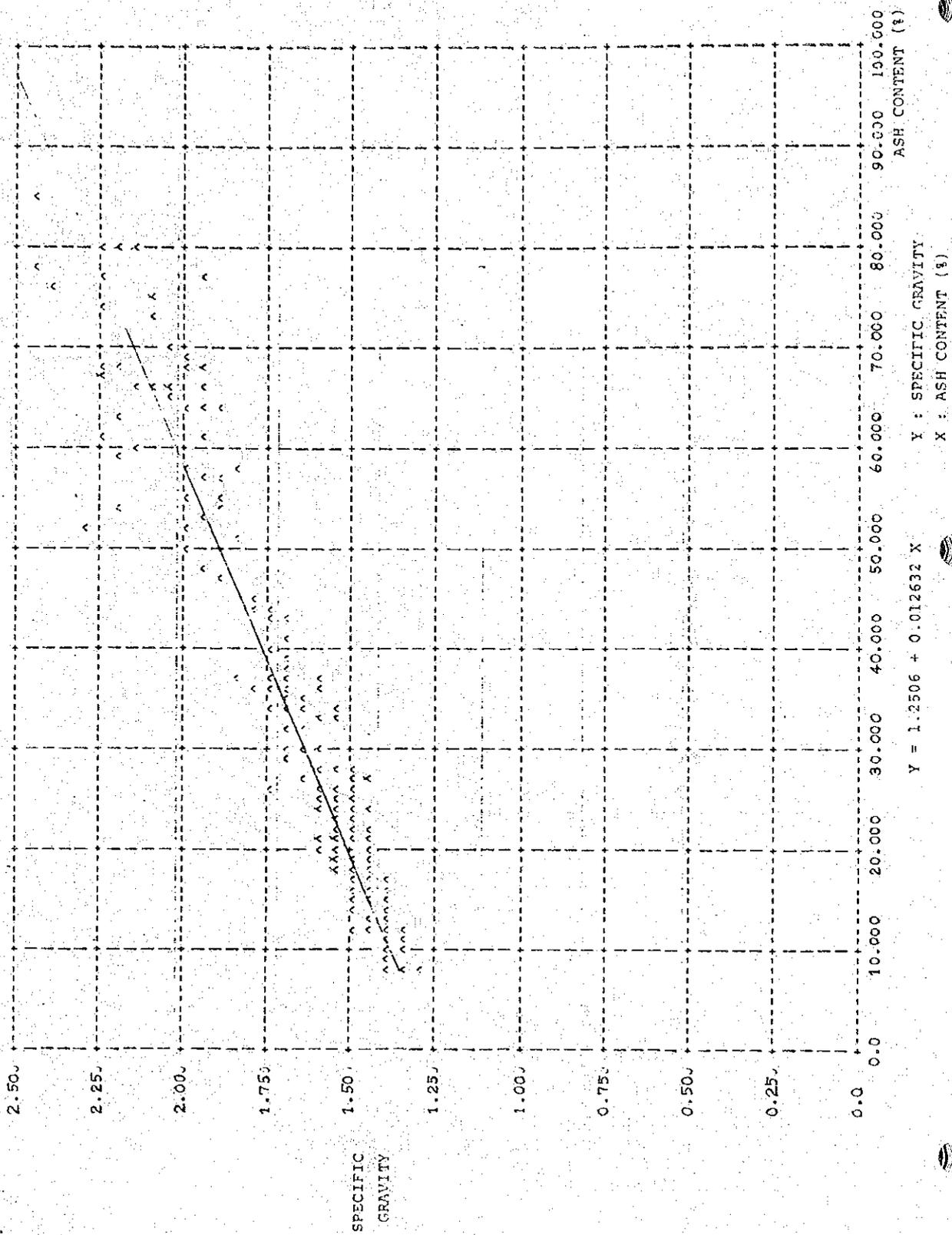
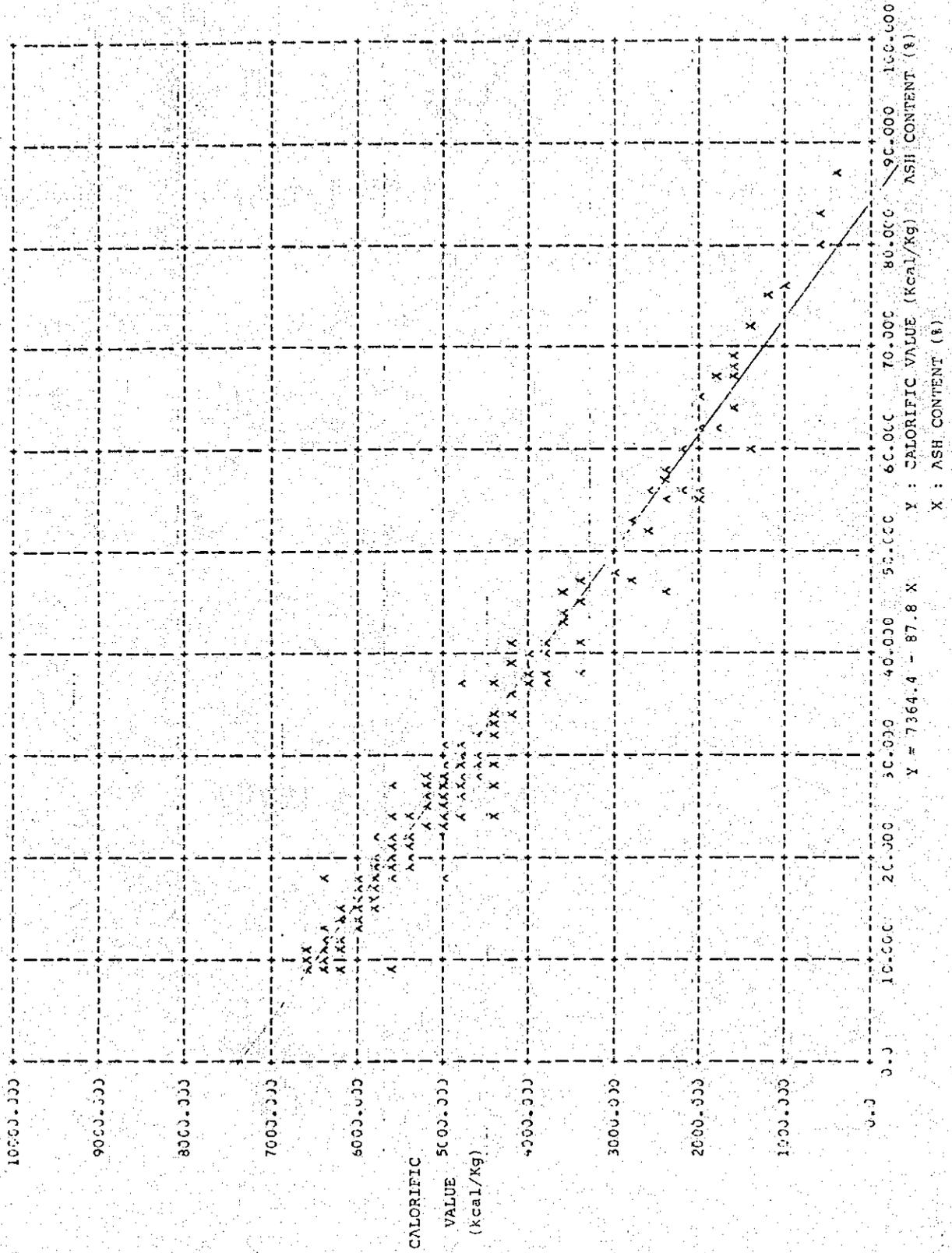


Fig. 27 RELATIONSHIP BETWEEN ASH CONTENT AND CALORIFIC VALUE (DRY BASIS)



第Ⅲ部 採 鉱

- 第1章 結論および勧告
- 第2章 パキスタンにおける石炭鉱業の現状
- 第3章 計画概要と開発スケジュール
- 第4章 坑内採掘計画
- 第5章 露天採掘
- 第6章 坑外設備計画
- 第7章 選炭計画
- 第8章 人員および組織計画
- 第9章 鉄道輸送計画
- 第10章 設備計画(イクイップメントリスト)
- 付 録

Vertical text on the right edge of the page, possibly a page number or reference code.



Section header text, possibly a title or chapter heading.

Main body of text, appearing to be a list or series of entries, possibly a table of contents or index.

第Ⅲ部 採 鉱

第1章 結論および勧告

1-1 結 論

Lakhra 炭田開発の結果、地質調査を実施した約 2.6 km²の対象区域より 1984 年以降出炭が開始され、1987 年には気乾ベースで 964,000 t に達し、以後 2015 年まで Jamshoro に建設される出力 300 MW 1 基の石炭火力発電所に所要の石炭を供給することが可能である。

1-1-1 計画の概要

地質調査、現地調査および国内設計に基づいて作成した計画の概要は次のとおりである。

調査区域を 3 ブロックに分け、中部には坑内掘炭鉱、西部と東部には露天掘炭鉱の 3 炭鉱を計画した。出炭規模は平均 30 年で坑内掘炭鉱が年精炭出炭 2.2 万 t、露天掘炭鉱は 9.5 万 t、合計 11.7 万 t で、その平均出炭品位は 3,827 kcal/kg、硫黄分は 5.9% である。露天掘のはく土比は平均 1:1.1 である。補助部門として坑外に事務所、工場などを計画した。また原炭品位の向上と硫黄分の減少のため、坑外に容量 400 t/h の手選による選炭工場を計画した。発電所の位置が炭鉱から約 6.5 km 離れた Jamshoro 地点にあるため、石炭は一部鉄道を新設して鉄道輸送する計画とした。従業員は Khanot に居住する予定で、この通勤にも鉄道が利用される。就業人員はフル出炭時には合計 1,824 人、30 年平均 1,689 人となり、生産能率は 2.3 t/人・方で計画した。開発のスケジュールはパキスタン当局の強いリクエストもあって、1983 年から建設が開始され、1986 年には初期出炭 602,000 t が可能となる。全起業費は鉄道建設も含め概算 25 億 2,200 万 Rs となる。また営業費は発電所渡し炭価で平均 381 Rs/t となる。

1-1-2 採鉱計画

(i) 採掘区域および出炭規模

地質調査が行われた約 2.6 km²の対象区域を西部、東部および中部の 3 ブロックに区分し採掘計画を立案した。この 3 ブロックは断層またはしゅう曲によって分けられる。

中部ブロックは μ 1 炭層と μ 3 炭層の 2 枚がか行の対象となる。このうち主力炭層である μ 1 炭層は賦存深度が 8.5 m ~ 12.3 m と深く、また可採炭層も 2 枚

で少ない。このためはく土比は1:1.5以上となり、露天掘の対象から外し、坑内掘りで計画した。西部ブロックは可採対象炭層が5枚で、採掘深度も3.3m~8.5mと東部に比べて浅く、はく土比も1:8.6と小さいので、これを出炭の主力露天掘炭鉱として計画した。東部ブロックは可採対象炭層が3枚で、賦存深度は西部に較べて4.5m~9.1mと深い。西部ブロックとの両ブロックの組合わせで、はく土比最大1:1.1を目標に露天掘炭鉱として計画した。

地質調査報告書では、中部ブロックの実収炭量は気乾ベースで約650万tと推定されており、これを発電所のライフ30年として年産出炭20万tの出炭規模として計画した。また、西部ブロックでは実収炭量は約1,500万tと推定されており、これをベースにライフ30年として年産出炭規模は50万tとして計画した。東部ブロックははく土比が1:1.8と高く、経済的な炭量とはいえないが、西部ブロックとの組合わせで、はく土比を1:1.1以下にするよう計画して、東部からの出炭規模は年産30万tとした。全山の出炭規模は気乾ベースで年産100万t、発電所渡しベースで約120万tとした。

(2) 坑内採掘

開坑方式は傾斜1.2度、長さ46.2mの岩石斜坑によるものとし、入気および出炭、人員、材料用斜坑と排気用斜坑の2本の斜坑が掘さくされる。入気斜坑坑口は中部ブロックのはぐ中央、X軸2152590E、Y軸900685Nにあり、約5.0m離れて南側に排気斜坑坑口が設けられる。

斜坑は坑底でNo.1炭層に着炭し、坑底から2本の立入坑道を経て2本の中央沿層坑道を南北に掘さくし、これを主要坑道とした。主要坑道は有効断面11.2m²で、主要運搬・通気坑道として利用される。この坑道から2本の片ばん坑道を掘さくし、採炭用長壁切羽が設けられる。

鉱区は自然発火対策として11ブロックに分けられ、各ブロックの採掘終了後、密閉される。また主要坑道の両翼およびブロック間には約10.0mの保安炭柱が設けられる。

掘進方式は発破、サイド・ティッピング・ローダおよびコンベンショナルなローダが使用され、支保には主要坑道ではアーチわく、片ばん坑道では金ばり、木脚の三つわくが使用される。掘進速度は最大2.7m/日で計画した。

採炭方式には後退式長壁法が適用され、切羽長は120mとした。採炭法は総ばらし、発破、人力すくい込み方法とし、切羽支保には水圧鉄柱・カッペが使用される。また自然発火防止と実収率向上のために片ばん坑道を排気坑道として再使用する。従って片ばん坑道の切羽側にはフライアッシュによる充てんが行われる。採炭は2方採炭、1方準備として行うものとし、フル出炭時には2切羽から

の出炭は800 t/日で計算され、人員は129人/切羽/日である。採炭切羽能率は平均3.1 t/人・方として計画された。

運搬は炭車方式とし、10 tおよび8 tのバッテリー機関車が使用され、石炭、ずり、材料の搬出入に使用される。斜坑口には200 kWの巻上機が設置される。

排水ポンプは夏季の雨期対策用として坑底ポンプ55 kW×180 m×1.4 m²が設置される。その他散水用ポンプも設置される。

坑内における全圧気消費量90 m³/分を供給するため、坑外に240 kW×2台および75 kW×1台の空気圧縮機が設置される。

通気は中央式通気方式が適用され、主要扇風機は吸出式で排気斜坑々口に容量5,000 m³×200 mmWG×300 kWが設置される。

坑内採掘のための開発スケジュールとして坑口準備3カ月、斜坑掘進8カ月、主要坑道8カ月、片ばんおよび切羽準備8カ月、合計約2年3カ月の準備期間が必要である。最初の出炭は1986年になる。

(3) 露天掘採掘

露天掘採掘方式は西部、東部の両ブロックに適用される。はく土方法は両ブロック共、電動ショベルとダンプトラック使用のベンチカット方式を採用するものとし、累層採掘、早期出炭、技術力などを考慮してこの方法が選択された。ピットの形状は多段ベンチカットであり、地ばんの強度などから、ベンチ高さは14.0 m、傾斜は45度、最大ベンチ幅は60 mとした。ピット内運搬路は最大傾斜8度、道路幅14 mで設計された。また炭層賦存深度が深いために最上炭層に達するには3～4段のベンチが必要である。

被覆岩のさく孔・発破には東部および西部鉱とも電動ドリル(孔径97/8")を2台配置し、2方/日のさく孔を行う。土じょう処理、ベンチ整理用に両鉱とも各3台のブルドーザを配置した。発破用爆薬にはANFOが使用される。さく孔間隔は7 m×8 m、さく孔速度は23.5 m/時、装薬量はANFO×0.44 kg/地山m²で設計された。

被覆岩積込にはバケット容量11.5 m³の電動ショベルが各鉱とも2台ずつ配置され、またベンチ整理用として、ブルドーザがショベル1台につき1台配備される。電動ショベルの機械稼働率は75%として設計した。

被覆岩の運搬には120 tトラックが各鉱に9台ずつ配置される。実車トラックの速度はピット内の速度13 km/時、昇り傾斜路10 km/時、ならされた平坦地の速度30 km/時として設計された。電動ショベルとトラックのコンビネーションは電算機によるシミュレーションを行って設計した。

合ばん処理用のさく孔には油圧ロータリードリル(孔径80 mm)が使用される。

また積み込み、運搬にはブルドーザ、ホイールローダ、スクレーパおよび46tトラックが設備された。当作業は累層採炭と前後して行われる。発破された合ばんはトラックで採掘跡に運搬され、排出されるが、この処理にはブルドーザとスクレーパが使用される。ブルドーザはハイウォール側から採掘跡ピットへの合ばんのかき落し、および露出された炭層表面の清掃に使用され、スクレーパは合ばんの積み込み運搬または炭層表面の清掃にも使用される。

採炭用の発破は原則として行わない。この採炭作業は合ばん処理と前後して行われるが、炭層はブルドーザのリッパで破碎される。また、炭層が硬い場合には部分的な発破も行われる。積み込みには容量6.0m³の油圧エクスカベータが設備され、運搬には46tトラックが使用される。

ピットサービスおよび道路維持にはロードグレーダ、ブルドーザ、クラッシャー、水タンク、トラッククレーン等の重機類が配備される。

雨期対策用の排水ポンプ22kW×30m×2m³/分×2台が各鉱に配備される。

地表が岩石砂漠のために、直接の公害はないと考えられるが、採掘跡のリクレーションとして、必要最小限の採掘跡の地ならしのため、整地用として容量5.6m³のホイールローダ×1台、2.4m³のスクレーパ、ブルドーザ×2台、46tダンプトラック×1台ずつ各鉱に配置した。

出炭計画は地質安全率80%、採掘実収率90%をベースとして、ピットの大きさは幅4.0m、長さ300~1000mで設計した。30年間に両鉱で合計2,901万3,500tの精炭を出炭するために3億3,011万2,900地山m³のはく土が行われ、平均はく土比は1:1.1となる。なおはく土比は西部鉱では1:1.1となる。なおはく土比は西部鉱では1:9.5、東部鉱では1:14.2となる。

開発スケジュールは1983年にははく土の準備およびはく土作業が開始される。

はく土量は両鉱合計で1983年には500万m³、1984年には778万m³、1985年および1986年には895万8,000m³、1987年以降では約1,000万m³に達する。計画出炭規模に達するのは1988年以降になる。

また定常出炭時のはく土量は西部鉱では約530万m³、東部鉱では550~560万m³に達する。

はく土開始は西部鉱では試すい孔JT16、JT7、JT9およびPS19を結ぶ線をほぼ初期はく土位置として、これより西方へ向ってベンチカットを進める。初期はく土開始地点はJT16附近とした。起業期間中、すなわち1983年~1985年までのはく土量は合計1,193万8,000m³に達する。

東部鉱は東西方向が貧弱なため限定されて南北に細長いため、JT50附近より東西方向のベンチカットストライプで初期はく土を開始し、北方に向かって一定のハイウォール角およびベンチ幅で採掘を進める。起業期間中3年間のはく土量は979万9,900地山 m^3 に達する。

両鉱とも定常出炭規模に達するのは、1988年である。

(4) 坑外設備

坑外設備は、露天掘、坑内掘による鉱害の被害を受けない西部ブロックと中部ブロックの間の貧炭区域を選択して集約設置した。すなわち中心部には坑事務所、圧縮機室、巻上機室、繰り込み場、安全灯室、主変電所、機械・電気修理工場ならびに資材倉庫等を設置する。このブロックの西側には本部事務所および重機修理工場等を設け、南側鉄道基地附近に選炭工場と非常用貯炭場を設けた。

炭鉱から発電所までの石炭輸送とコロニー予定地のKhanot間の人員輸送には鉄道が利用されるが、資機材の輸送には道路と鉄道が利用される。

工業用水および生活用水は、Indus川の表流水を浄化して使用する。

整地工事は建築用地として周辺用地を含め約210,000 m^2 、軌道および構内外道路4.3km \times 11m幅の470,000 m^2 、合計680,000 m^2 が計画されている。その他の土木工事としては、主変電所の基礎、貯油タンク、構内立入禁止さく、火薬庫築堤および汚水処理槽等の建設が含まれる。道路は構内ダンプトラック道路として6km \times 14m幅、その他道路は3.3km \times 7.5m幅として設計された。

建築工事は、生産関係分は主変電所、自家発電所、圧縮機室、繰り込み場、安全灯室、主巻上機室、扇風機室等で建築総面積約2,700 m^2 、主要構造は鉄筋コンクリートまたはれんが構造とし平屋建である。事務所関係は本部事務所、露天掘事務所、坑事務所、分析室で、建築延面積は4,140 m^2 である。主要構造は鉄筋コンクリートまたはれんが構造とし、本部事務所のみ2階建で他は平屋である。修理工場には重機・車両工場、坑内関係の機械・電気修理工場等があり、建築延面積は約1,220 m^2 とし鉄骨、鉄筋コンクリート等の構造ですべて平屋建とする。このほか火薬庫、火薬取扱所が建築される。

給排水設備としては水源からKhanot泥砂地(240 m^2 \times 2)へ取水ポンプ(2.93 m^3/min \times 90m \times 36kW \times 2台)で導水され、これよりKhanot浄水場を経由してKhanot居住区へ、また鉱業所浄水場を経由して鉱業所配水池へそれぞれ送水される。鉱業所配水池への送水ポンプは0.75 m^3/min \times 180m \times 37kW \times 1台、居住区配水池への送水ポンプは2.18 m^3/min \times 30m \times 10kW \times 2台である。使用パイプはそれぞれ150mm、250mmである。各配水池からはさらに配水ポンプを用いて給水される。排水設備としては簡易浄化槽を設置する。

電源設備としてWAPDAより3.3kVで受電した電力を各部内へ適当な電圧で配電するために、受電用主変電所を設置する。全負荷設備容量は約7,000kWで、このうち3.3kVで配電される露天掘部内を除き、3.3kVで配備される負荷は3,480kWと想定されるので、設置されるべき変圧器容量は4,000kVAとなる。また停電時に保安設備に給電するため500kVA 3.3kV 3相ディーゼル発電機2台を設置した自家発電所を設ける。また、全山の通信設備として自家用電話機が設備される。

その他の設備として、試すい機2台、車両、電算機、病院が計画されている。

(5) 選炭工場

選炭原炭のうち50mm以上の原炭は手選処理により灰分7.5%のずり分が全原炭中から4%除去され、各採掘区域から産出される精炭品位は、発電所渡して水分25.0%、灰分19.7%、揮発分27.8%、全硫黄5.9%、発熱量3,840kcal/kgで歩どまりは9.6%となる。また気乾ベースでは水分9.3%、発熱量4,640kcal/kg、灰の融点は1,300℃以上、ハードグロブ指数は約7.0で電力用炭として十分な値を示している。灰の電気抵抗は130℃において最高許容値 $1 \times 10^{18} \Omega \cdot \text{cm}$ をかなり上回った $3.5 \times 10^{19} \Omega \cdot \text{cm}$ を示し、集じん設計に考慮を要する。

選炭工場は年間操業300日、16h/日および操業率80%で処理能力を原炭400t/hで設計した。選炭の主要プロセスは手選により50mm以上の廃石を除去する方法で、主要設備は次のとおりである。

原炭受入れおよび貯炭設備として100tダンプホップと1,500t原炭ビンがあり、ここで300mm以上の大塊が除去される。坑内からの原炭はチップラ經由ベルトコンベヤで原炭ビンに入り、これからコンベヤで網目サイズ50mmの原炭スクリーンに送られ、50mmアンダは38.4t/hで精炭サイロへ、50mmオーバは40t/hのピッキングベルトへ送られる。廃石はずりベルトコンベヤで廃石ビンに入り廃石捨場へトラック輸送される。石炭はシングルロールクラッシャーで粉砕されて精炭サイロへ給炭される。

精炭貯炭および払出設備は2,000t×2基の精炭サイロ、2,000tの非常用貯炭設備、貯炭回収設備、110tの貨車積ホップ貨車計量装置である。

建築物中原炭ホップ、原炭ビンおよび精炭サイロは鉄筋コンクリート、廃石ビン、貨車積ホップは鉄骨構造とし、手選室、電気室等は鉄骨製の上屋とする。

電気設備の電動機全出力は約460kWである。また電源は主変電所から3kV 3相で受電する。

屋外貯炭の自然発火対策としては、貯炭期間は1週間以内、貯炭高さは3m以内とし転圧法を採用する。転圧は1段毎にブルドーザまたは荷積トラックで完全

転圧を行い、1段の高さは40～50cmとし、この方法を繰り返して積上げる。

(6) 鉄道輸送

当鉱業所より発電所へ供給される石炭の量は年間120万tであり、1日当りの輸送量は4,000tになる。また発電所の位置が鉱業所から6.45kmの距離にあるJamshoroであるため、鉄道による輸送計画が立案された。すなわち、石炭輸送には鉱業所の選炭工場からKhanotまで約27.5km間にパキスタン国鉄と同一ゲージの鉄道を新設して、Khanot～Jamshoro間を結ぶパキスタン国鉄の既設線と接続せしめ、さらに発電所附近に5kmの引込線を新設し、全線64.5kmの鉄道輸送が計画された。なお新線の設備は線路の建設、機関車および貨車の購入を含めいっさい鉱業所側で行うが、その運営はすべて国鉄側に移管するものとする。

石炭は選炭工場の精炭サイロから振動フィーダにより35t貨車に積み込まれる。列車は自重84t、825kWモータ2台搭載のディーゼルエレクトリック機関車によりけん引され、1列車24両編成とし1列車当りの輸送量は840tとする。なお鉱山と発電所間の往復所要時間は約202分である。輸送には2列車が使用され、全運行回数は1日5往復とする。

全人員のKhanot～鉱山間の輸送には1日4往復が計画され、その他資機材の輸送は主として道路が使用され、鉄道輸送は深夜の空時間帯を利用する。

(7) 開発スケジュール

詳細ボーリング、地盤調査地形測量および一部の道路補修等は本計画の開始以前に行う必要がある。全計画の実行は1983年の4月以降から開始される。鉄道建設は1983年4月から開始され、1986年の6月に完成する。坑外施設中主要変電所および重機修理工場が1983年4月から建設されて1983年末までに完成し、その他設備も1985年末には完成の予定である。選炭機は1983年10月から設計が開始され、試運転も含めて1985年中には完成の予定である。坑内展開は露天掘の出炭計画とをらみ合わせて1983年10月から坑口準備を始め、1985年には1切羽の採炭切羽が完成し、さらに1986年には第2切羽が完成する。露天掘は1980年の初頭には始発点の準備が始められ、本格的なく土は同年4月から開始される。フル出炭は1988年1月からとなる。

(8) 人員計画

人員計画は日本を含めた世界の炭鉱における現状と、P.M.D.C所属炭鉱の現状のほか、1976年P.M.D.Cより提出されたLakhra炭鉱計画を参考に計画した。

坑内掘炭鉱は、フル操業時には職員47人、鉱員615人計662人で出炭がキープされる。このうち採炭夫は129人である。露天掘鉱は東西両炭鉱合わせ

てフル操業時には職員50人、鉱員360人、計410人が就業する。管理部門としてフル操業時には職員111人、鉱員518人計629人で計画された。選炭工場には職員10人、鉱員113人、計123人が就業する。鉱業所合計では最大、職員218人、鉱員1,606人、計1,824人で、30年平均では1,689人となる。

組織計画は日本における炭鉱の例とPMDC所属の炭鉱の組織をもとに策定した。パキスタンの炭鉱にはない部門として、保安監督室、訓練室、システム室が新設された。

生産能率は1人1方当り平均坑内1.3t、露天掘7.8t、全鉱能率では2.3tとして計画した。

(9) 起業工事費概算

1980年6月現在価格をベースにした炭鉱開発の概算工事費は、直接工事費15億5,500万Rs、間接工事費5億9,100万Rs、建設期間中利子3億7,600万Rs、合計25億2,200万Rsである。直接工事費は炭鉱開発計12億9,000万Rs、鉄道建設1億9,000万Rsおよびこれらの計の5%にあたる予備費として7,400万Rsである。間接工事費には輸入資機材に対する40%の関税相当分の4億5,200万Rs、直接工事費の5%のエンジニアリングフィー7,700万Rsおよび直接工事費の4%の管理費6,200万Rsが計上された。総合計は外貨分14億3,800万Rs、内貨分10億8,900万Rsに分類される。ただしエスカレーションは考慮していない。

生産設備には整地、道路建設、生産用建築物、機械電気設備、炭鉱開発用資機材、据付費および起業工事のための機材の維持費、電力代等が含まれる。補助施設には事務所およびそれに附随する施設が含まれる。サービス施設の中には起業工事のための人件費が含まれる。鉄道建設費には軌道建設費、機関車等の購入費および石炭の積み降し設備が含まれる。

これを部門別に分類すると、全工事費中露天掘採掘のための工事費が全起業費（予備費を除く、関税を含む）の中で67%を占め最大となる。ついで鉄道建設工事の1.2%である。

(10) 営業費

営業費は30年平均で炭鉱359Rs/t、石炭輸送26Rs/t、起業期間中の炭代分△4Rs/t、合計381Rs/tとなる。このうち償却費は設備費の残存価格10%を考慮し、これを30年間で均等に償却したものである。利子は内貨分12.5%、外貨分は8.75%で、それぞれ5年内貨、外貨の順に計10年で支払うものとした。この方法および減耗費計算は、PMDCのPC-1 Formに基づ

いて計算したものである。

人件費はPMD Cレポート作製年度の給与等を参考にし、これにエスカレーション率を乗じて単価を決定し算出した。

電力費はW A P D A の供給規定から年度別に料金を求めた。平均配電単価は49 Ps/kWh となる。

機器更新費は使用設備の買替えおよび更新の費用で、例えばトラックは8年毎に更新するものとし、起業費的性格を有するが営業費に計上した。

物品費はタイヤ、火薬、坑木、油脂、燃料油、ケーブル等の購入費である。

維持費は機械のパーツ、機電設備および建物の維持費である。機械の維持費は設備投資の10%以内が計上されている。管理費は外注費、本部管理費、旅費その他で、3 Rs/t を計上した。

炭 鉱 開 発 計 画 概 算 工 事 費

(単位：百万Rs)

種 別 項 目	工 事 費		計
	外 貨	内 貨	
生 産 設 備	1,022	222	1,244
補 助 施 設	3	20	23
サービ ス ・ 福 利 施 設	—	23	23
炭 鉱 開 発 費 計	1,025	265	1,290
鉄 道 設 備	106	85	191
予 備 費	56	18	74
鉄 道 建 設 費 計	162	103	265
直 接 工 事 費 計	1,187	368	1,555
関 税	—	452	452
エ ン ー ジ ン ー リ ン グ ・ フ ィ ー	58	19	77
管 理 費	—	62	62
間 接 工 事 費 計	58	533	591
合 計	1,245	901	2,146
建 中 利 子	—	376	376
総 合 計	1,245	1,277	2,522

1980年6月価格ベース
輸送費、関税その他各種租税を含む
エスカレーションを含まず

部門別概算工事費（含む関税・含まず予備費）

（単位：百万Rs）

部 門	外 貨	内 貨	計	%
坑内採掘	85	49	134	7
露天採掘	803	493	1,296	67
坑外施設	71	80	151	8
選炭設備	66	52	118	6
小計	1,025	674	1,699	88
鉄道設備	106	128	234	12
合計	1,131	802	1,933	100

1980年6月価格ベース
エスカレーションを含まず

操 業 費 明 細 表

(単 位 : Rs / 精 炭 t)

コ ス ト	外 貨	内 貨	計
鉦 員 給 与	—	9	9
職 員 給 与	—	3	3
電 力 費	—	5	5
機 器 更 新 費	4 6	2 0	6 6
物 品 費	4 5	9 1	1 3 6
維 持 費	2 8	1 4	4 2
管 理 費 他	—	3	3
小 計	1 1 9	1 4 5	2 6 4
償 却 費	—	3 2	3 2
減 耗 費	—	2 7	2 7
利 子	—	3 6	3 6
炭 鉦 計	1 1 9	2 4 0	3 5 9
石 炭 輸 送 費	2	1 5	1 7
償 却 費	—	3	3
減 耗 費	—	2	2
利 子	—	4	4
鉄 道 計	2	2 4	2 6
控 除	—	△ 4	△ 4
総 計	1 2 1	2 6 0	3 8 1
坑 内 掘	8	2 1	2 9
露 天 掘	1 0 8	1 1 1	2 1 9
選 炭 機	1	6	7
坑 外 施 設	2	7	9
合 計	1 1 9	1 4 5	2 6 4

1 9 8 0 年 6 月 価 格 ベ ー ス

エ ス カ レ ー シ ョ ン を 含 ま ず

1-2 勸告

(1) 要員教育

WAPDAはかかる大規模プロジェクトの最終計画、建設管理、メンテナンス、運転等を行なうにあたっては、上記その他の関連各業務に従事する要員に対し本プロジェクトに関するすべての必要事項をあらかじめ十分に教育しておくことを勧告する。

(2) 露天掘区域の探査

はく土に先立って詳細調査と試すいが必要で、WAPDA側は早急にこれを実施するよう勧告する。特に西部ブロックの探査が重要である。

(3) 石炭の表面水分および粒度構成の測定

これまでの測定では不明な点があるので、上記についての再度の測定が必要である。

(4) 地質調査および地形図の作成

本プロジェクトの緊急性にかんがみ、WAPDA側が本プロジェクトの最終計画に必要な予定地の地質調査および地形図作成を至急実施するよう勧告する。

第2章 パキスタンにおける石炭鉱業の現状

2-1 総 論

パキスタンにおける石炭の生産は19世紀の終りに始まった。しかしながら西ベンガル(インド)における良質炭の発見にともないパキスタンでの石炭鉱業は衰微の一途をたどり出炭は著しく減少した。

独立後、石炭鉱業はにわかに脚光をあび数多くの小規模炭鉱が活動を開始したが、政府は新国家の主要エネルギー源としての石炭の増産をはかるためこれらの小規模炭鉱を経済的に再編成するとともに、Punjab州のMakerwal、Baluchistan州のSharigh、Sor-RangeおよびDegariの4主要炭鉱をPIDCの経営に任せ、さらに1974年にはPIDCの業務中石炭・岩塩を含む鉱物資源の調査開発を行うPMD Cを独立せしめて、前記4炭鉱の経営もこれに移管した。

全国の出炭量も徐々に増加して1968~69年には139万5,000tに達し、1959~60年の73万5,000tに比し約1.9倍の増加となった。(パキスタン政府Finance Division 発行 Pakistan Economic Survey 1978~79)

しかしながら、同国内で発見された豊富な天然ガスは徐々に石炭の需要を奪い、更に採掘技術の遅れと設備不足のため出炭量は漸減し、現在では126万t前後にとどまっております。全エネルギー供給量の5%を占めるにすぎない。

2-2 石炭賦存状況および炭質

パキスタンにおける主要炭田は、Baluchistan州のKhost-Sharigh炭田、Mach炭田、Sor-Range炭田、Punjab州のMakerwal炭田、Salt Range炭田、およびSind州のLakhra炭田とMeting-Jhinpir炭田である。

埋蔵炭量は約4億4,200万t(Pakistan Economic Survey 1978~79)と想定されており、その約半分はラクラ炭田に集中している。なお炭質はかつ炭ないし重歴青炭で一部歴青炭であるが、ほとんどが高硫黄分高灰分の低品質炭(1977年GSP発行STRATIGRAPHY OF PAKISTAN)である。

1969年GSP発行の"DIRECTORY OF MINERAL DEPOSITS OF PAKISTAN"による各炭田の主要データを第2-1表に示す。このデータはかなり古いため、Lakhra炭についても今回の調査実績とはかなりの差異があるが、パキスタンの石炭は一般に低品位でほとんどが薄層急傾斜であることが判る。

2-3 出 炭

パキスタンにおける出炭量は、過酷な賦存条件と旧式の技術、各種設備の不足と炭質の

不良に加え、天然ガスとの競合による需要の減退によって、ここ数年漸減の一途をたどっている。

全国出炭の約60%はBaluchistan州で産出され、主要消費地であるPunjab州、North-West Frontier (NWF)州で約27%が産出され、残りの13%がSind州の出炭である。

次表に1980年2月パキスタン政府Statistics Division発行の“Monthly Statistical Bulletin”および1980年4月PMDC発行の“PMDC Performance Review”による1974～75年以降の全国出炭量を示す。

単位：1,000 t

項 目	1974～75	1975～76	1976～77	1977～78	1978～79
PMDC炭鉱	312	266	271	241	237
私 営 炭 鉱	1,002	872	876	1,038	1,024
計	1,314	1,138	1,147	1,279	1,261

表より明らかなように、PMDC所属各炭鉱での出炭は全国出炭量のわずか20%以下であり、80%以上は群小私営炭鉱が産出している。しかしPMDCでは、1978年より始まった第5次5ヶ年計画において、近代的技術を導入して現有炭鉱の近代化と拡張を図り、かつPunjab州とSind州において新鉱を開発して出炭量を年産180万tに増大するとともに、産炭地における石炭消費量の増大を計画している。このために、先ずSharigh炭鉱を増強して出炭量を年産5万tから10万tに倍増し、又選炭機を設置して精炭を輸入炭とブレンドし、Karachiの製鉄所へ原料炭として納入する；Makerwal炭鉱を年産12万tから30万tに増強する；WAPDAと協力してLakhraに年産100万tの新鉱を開発し、その石炭を燃料とする石炭火力発電所を設置する；などの計画が立案され実行に移されている。

2-4 用 途

パキスタンにおける全エネルギー供給量は過去5ヶ年間で約30%増加しているにもかかわらず石炭供給量はほぼ同じで、全エネルギー供給量に占める割合は約1.5%減少してわずか5%程度にすぎない。これは増加の一途をたどるエネルギー消費を天然ガス、電気および石油に奪われたことを如実に示すものである。

当国における全出炭量の約95%はPunjab州およびNWF州において消費されている。主なる用途はレンガ焼、石灰焼成、ブリック焼成、中小企業、軍および一般家庭用燃料であり、一部が鉄道および発電用に使用されている。

現在、パキスタンにおける石炭鉱業の発展を妨げている主な理由として、主要産炭地で

ある Baluchistan 州で産出される石炭の坑外搬出後の急速な劣化性と自然発火性、更にパキスタン国鉄の貨車保有量の貧困さがある。これらが Baluchistan より消費各州への石炭の円滑なる輸送を停滞させ、又その需要を天然ガス、石油に奪われる 1 つの理由ともなっている。

2-5 PMDC 所属炭鉱

前述のごとく、PMD C はその傘下に Makerwal、Sharigh、Sor-Range および Degari の 4 炭鉱を有し、年間約 24 万 t を出炭している。これらの炭鉱はいずれも各炭田の代表的炭鉱で、パキスタンの炭鉱の中では比較的機械化されている。

今回調査を実施した主要 2 炭鉱の概況を第 2-2、2-3 表に示す。

2-5-1 Makerwal 炭鉱

パキスタンで最も古くから操業している炭鉱の 1 つで、1949 年国有化されたのち 1954 年に PIDC に移管され、さらに 1974 年 PMDC の発足と同時にその所属炭鉱となった。

PIDC 移管当時の出炭は年産わずか 6 万 t 程度にすぎなかったが、採掘方式の改善と坑内外の機械化に努めた結果 1966 年には年産 20 万 t に達した。しかしながら鉱区のはゞ中央に存在する落差約 200 m の大断層のために開発工事は遅々として進まず、出炭は徐々に低下して現在では計画出炭日産 1,000 t に対し 400 t 前後に留まっているが、経営上は 1 t あたり約 90 Rs (邦価換算約 2,000 円) の黒字を計上している。

か行炭層は 1 枚で炭だけは 0.6 ~ 2.3 m と変化し 10 ~ 35 度の傾斜で賦存するが断層が多く、特に中央坑道内の落差 200 m の大断層とこれより派生する多くの小断層が坑内展開を大きく妨げている。

採炭方式は主として柱房手掘り式であり、他に切羽長 5.5 m の長壁払 1 払を有する。採炭作業は請負方式で、業者が採炭工を雇用配役している。支保材は 1 部主要坑道のアーチわくを除けばほとんど木柱木ばりで材質も悪く、又湿度が高く坑内条件も悪いため天ばん側壁の崩落が多い。通気には小型の扇風機を使用するほか 1 部自然通気に頼っており、風量は著しく不足し、湿度温度とも高く通気状態は極めて悪い。運搬については坑内水平坑道は人力およびろば、斜坑は小形巻上機、坑外は重力式ロープウェイ、ディーゼル機関車およびらくだを使用している。なお斜坑での人員入昇坑用の人車設備はない。

Makerwal 炭鉱での最大の問題点は通気である。現在の通気設備では、坑内作業員に新鮮な空気を十分に供給することは不可能であり、かつ地熱により坑内温度は

上昇し湿度も高く粉塵も停滞している。したがって通気系統を至急改善し、扇風機を増強して通気状態を根本的に改革しなければ、近い将来に通気上から採掘計画の行きづまりを招くこととなろう。

支保工法の再検討もまた極めて重要な課題である。すなわち長期間にわたって使用する主要坑道にはアーチわくその他の鋼材を使用し、一般坑道においても常時点検補修を行う必要がある。

2-5-2 Degari 炭鉱

Degari 炭鉱もまた非常に古く、何度か私営公営を繰り返したのち1960年以降PIDCの管轄となり、1974年PMD C発足と同時にその経営下に入った。

1961年2月より1971年3月まで日本人技師が駐在して採掘計画の立案実施および坑内外機械電気設備の建設指導にあたり、その結果1961年日産僅か30tの出炭が1964年には70t、1968年3月には500tに達した。しかしながら、その後切羽の深部移行に伴う薄層化や輸送上の問題、さらに需要の減少から出炭量は1969～70年の年産10万tをピークに漸減し、現在では年産7万t前後に留まっているが、Makerwal 炭鉱と共に依然として黒字経営を誇っている。

か行炭層は2枚で炭たけ約1m、傾斜45～50度のいわゆる急傾斜層で、採炭方式は切羽長60mの後退式長壁払で手掘り採炭と重力による自然流下輸送を行っており、Makerwal 炭鉱と同じく請負業者が採炭工を雇用配役している。

切羽が深部に移行するにともない鉱員の入昇坑時間は著しく増大し、人車設備がないために45°前後の急傾斜坑道の入昇坑に片道約1時間を要し、したがって現場作業時間は減少し作業員の疲労は増大している。

支保材には全て木柱木ばりを使用しているが、上下ばりとも強固で問題はない。通気には坑外に小型扇風機を設置し使用しているが、十分な通気量が確保されている。坑内運搬は水平坑道は人力、斜坑では小形巻上機を使用している。

当炭鉱での最大の問題点は人車設備を含む運搬系統の整備である。すなわち切羽突働時間を確保し、急傾斜坑道の徒歩入昇坑による疲労を防止して出炭増をはかるためには、人車設備は早急に設置されるべきである。また石炭および資材の運搬方法も十分に検討し、円滑かつ低廉なる運搬計画を立案実施すべきである。

さらに、採炭および充てん作業の組み合わせを十分に検討し、最も適切なる人員配置と作業の実施を図り、生産性の向上に努めるべきである。

TABLE 2-1 MAJOR COAL FIELD IN PAKISTAN

Province	Coal Field	Classification	Seam Thickness (m)	Note
Baluchistan	Khost-Sharigh	Sub Bituminous	0.1 - 1.5	Area: app. 210 km ² Probable Recoverable Reserves: app. 40 million tonnes Dip: Steeply Quality: Moisture; 10%, VM; 35-45%, Ash; 9-35%, S; 5-7%, Cal. Value; 4,700-6,900 kcal/kg
	SorTange-Degari	Sub Bituminous	0.1 - 3.0	Area: app. 50 km ² Probable Recoverable Reserves: app. 5.3 million tonnes Dip: more than 45° Quality: Moisture; 16-19%, VM; 34-40%, S; 0.5-6%, Cal. Value; 5,000-6,000 kcal/kg
Punjab	Makerwal	Sub Bituminous	0.6 - 3.0	Area: app. 80 km ² Estimated Reserves: app. 1.9 million tonnes Dip: 30° Quality: Moisture; 4-7%, VM; 37-45%, Ash 7-21%, S; 4-6%, Cal. Value; 5,300-6,600 kcal/kg
	Salt Range	Sub Bituminous	0.1 - 1.5	Area: app. 260 km ² Estimated Reserves: app. 7.5 million tonnes Dip: Steeply Quality: Moisture; 3-7%, VM; 26-39%, Ash; 12-38%, S; 4-11%, Cal. Value; 3,900-6,000 kcal/kg
Sind	Lakhra	Lignite	0.1 - 1.0	Area: app. 200 km ² Estimated Reserves: 2,540 million tonnes Dip: less than 2° Quality: Moisture; 32-36%, VM; 28-31%, Ash; 7-11%, S; 3-6%, Cal. Value; 3,900-4,300 kcal/kg
	Meting-Jhampir	Lignite	0.1 - 1.0	Area: app. 900 km ² Estimated Reserves: 28 million tonnes Dip: Horizontal Quality: Moisture; 15-20%, VM; 30-40%, Ash; 8-15%, S; 3-7%, Cal. Value; 4,100-5,400 kcal/kg

TABLE 2-2 MINING CONDITION IN MARKERWAL AND DEGARI

Description	Makerwal	Degari
Annual Production (t)	103,000	80,000
Worker		
Underground	200	600
Surface	600	200
Total	800	800
O.M.S.		
Face	1.14	0.75
Total	0.43	0.33
Seam Thickness (m)	0.6 - 2.3	1.0
Inclination (degree)	10 - 35	45 - 50
Quality (%)		
Fixed Carbon	35 - 40	45 - 48
Volatile Matter	35 - 40	47 - 48
Ash	14 - 30	3.2 - 6.8
Sulphur	4.7 - 30	1.9 - 2.2
Calorific Value	5,600	6,800
Coal Classification	Sub Bituminous	Sub Bituminous
Coal Mining Method	Room & Pillar	Longwall with Packing
User	Brick Maker	Brick Maker
Selling Price (Rs/t)	333.46	294.42
Cost (Rs/t)		
Wage	162.96	134.50
Material & Equipment	66.15	44.16
Administration	19.80	22.35
Total	248.91	201.01

TABLE 2-3 MAJOR FACILITIES IN MAKERWAL AND DEGARI

Description	Markerwal	Degari
Workshop	Mechanical & Electrical	Mechanical
Ventilation Fan	50,000 cfm x 1 30,000 cfm x 1 Others	26,000 cfm x 2 Others
Air Compressor	1,200 cfm x 4 660 cfm x 2 Others	3,200 cfm x 2
Winder	100 kW x 1 75 kW x 1 50 kW x 1	300 HP x 1 75 kW x 1 50 HP, 20 kW
Locomotive Coal Cutter	10 t Diesel Locomotive x 5 60 HP x 7 93 kW x 5	
Drainage Pump	High Pressure Pump x 1 Low Pressure Pump	Low Pressure /
Substation	66 kV/11 kV, 1,500 kVA	11 kV/3.3 kV, 1,500 KVA
Power House	1,150 HP x 1 325 kW x 1	500 kVA x 2
Others	Safety Lamp Telephone Exchanger	Safety Lamp Telephone Exchanger

