

国際協力事業団
イエメン共和国
イエメンセメント公社

マフラクセメント工場
拡張計画調査

調査報告書

平成4年11月

大阪セメント株式会社

鉱調工

CR(3)

92-170

JICA LIBRARY



1101394131

24380

国際協力事業団

イエメン共和国
イエメンセメント公社

マフラクセメント工場
拡張計画調査

調査報告書

平成4年11月

大阪セメント株式会社



マイクロ
フィルム作成

序文

日本国政府は、イエメン共和国政府の要請に基づき、同国のマフラク・セメント工場拡張計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。当事業団は、平成4年3月から平成4年9月まで3回にわたり、大阪セメント（株）遠藤和夫を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、イエメン共和国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成4年11月

国際協力事業団
総裁 柳谷謙介

柳谷謙介

伝達状

拝啓 時下ますますご清栄のことと大慶に存じます。

さて、このたびイエメン共和国マブラクセメント工場拡張計画調査の最終報告書を提出申し上げますことは大きな喜びであります。

本調査はイエメン共和国南部に建設中のマブラクセメント工場を拡張することによりセメントを増産し同国の社会基盤の確充並びに産業振興を図ることを目的として、フィジビリティ・スタディを実施したものであります。

調査の結果、同国内のセメント生産量は現在2工場で年産80万トンであります。また、現在建設中のマブラクセメント工場が完工する1993年に年産50万トン増加したとしても、尚同国のセメント需要のギャップを満たすことは困難であると予測されます。特に今後の同国南部地方の発展にはセメントの需給が必要とされ、本調査によるマブラクセメント工場の拡張（年産50万トン）が不可欠と想定されます。

拡張プラントは建設中の設備と互換性をもたせた最新のもので、環境保全にも充分考慮したものであります。特に電力については同国の電力不足から自家発電設備とし更に、工場用水には深層地下水の調査開発が必要である考えます。

財務分析による内部収益率は11.8%、また経済分析による内部収益率は15.4%と予測され、本プロジェクトは実施可能と判断されます。従って、同国の主要国家プロジェクトとしてセメント需要を満たすため、本プロジェクトの可能な限りの早期実施が強く望まれます。

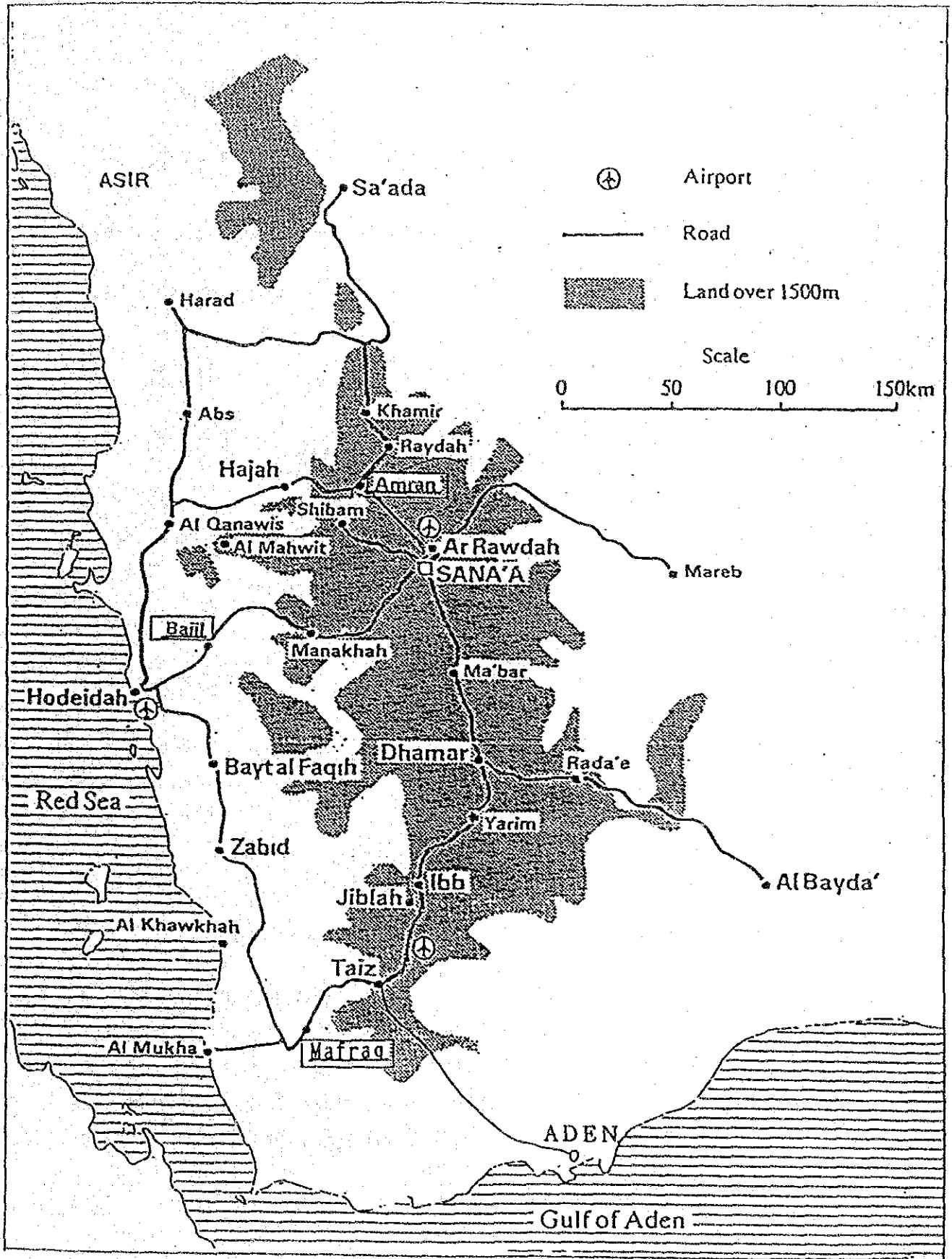
本調査に際しましては、御指示、御指導いただきました貴事業団、外務省及び通産省の関係各位に対し心より感謝申し上げますと共に、現地調査中に御協力と御支援いただきましたイエメンセメント公社及び関係省庁並びに在イエメン日本大使館関係各位に厚く御礼申し上げます。

敬具

イエメン共和国
マブラクセメントプラント拡張計画調査
JICA 調査団
団長 遠藤和夫

遠藤和夫

Republic of Yemen



目次

1.	<u>緒言</u>		(p.1-9)
1.1	<u>調査の背景</u>	-----	1-1
1.2	<u>調査の目的</u>	-----	1-1
1.3	<u>調査の項目・内容</u>	-----	1-2
1.4	<u>調査団の構成</u>	-----	1-3
1.5	<u>調査日程</u>	-----	1-4
1.6	<u>主要面談者</u>	-----	1-9
2.	<u>プロジェクト概要</u>		
2.1	<u>イエメン共和国の現状</u>	-----	2-1
2.2	<u>経済の現状</u>	-----	2-2
2.3	<u>セメント産業の政府方針</u>	-----	2-5
2.4	<u>マフラク拡張プラントの必要性</u>	-----	2-5
3.	<u>セメント市場</u>		
3.1	<u>セメント産業の現状</u>	-----	3-1
3.1.1	セメント産業の概要	-----	3-1
3.1.2	バジール工場の概要	-----	3-1
3.1.3	アムラン工場の概要	-----	3-2
3.1.4	マフラク工場（建設中）の概要	-----	3-2

		(頁-頁)
3.2	<u>需給の状況</u>	3-3
3.2.1	需給の推移	3-3
3.3	<u>需要予測</u>	3-6
3.3.1	相関関係からの需要予測	3-6
3.3.2	セメント需要実績値を ベースとした単純需要予測	3-11
3.3.3	クロスチェック	3-12
3.3.4	地域別需要の考察	3-14
3.3.5	需要予測の結果	3-14
3.4	<u>セメントの流通形態</u>	3-18
4.	<u>既設のセメントプラント</u>	
4.1	<u>アムランセメント工場</u>	4-2
4.1.1	プラント概要	4-2
4.1.2	操業状況	4-7
4.2	<u>バジールセメント工場</u>	4-14
4.2.1	プラント概要	4-14
4.2.2	プラント運転	4-15
5.	<u>建設中のマフラクセメント工場</u>	
5.1	<u>マフラクセメント工場の概要</u>	5-2
5.1.1	プラントサイト	5-2
5.1.2	現地条件	5-2
5.1.3	プラント能力	5-2
5.1.4	プラント設備概要	5-4
5.2	<u>建設スケジュール</u>	5-15

8. 拡張プラントの実施計画

(ページ)

8.1	<u>実施計画</u>	-----	8-1
8.1.1	必要資金の手当	-----	8-1
8.1.2	コンサルタント	-----	8-1
8.1.3	プラントの建設	-----	8-2
8.2	<u>コンサルタントサービス</u>	-----	8-4
8.2.1	入札書類の準備	-----	8-4
8.2.2	コントラクターの選定	-----	8-5
8.2.3	プラント建設工事の立会	-----	8-5
8.3	<u>人員、組織の拡張</u>	-----	8-6
8.4	<u>トレーニングとテクニカル アシスタンス</u>	-----	8-9
8.4.1	アブロードトレーニング	-----	8-9
8.4.2	サイトトレーニング	-----	8-11
8.4.3	テクニカルアシスタンス	-----	8-14

9. 環境評価

9.1	<u>法令および規則</u>	-----	9-1
9.2	<u>プロジェクトの環境評価</u>	-----	9-2
9.2.1	セメント工業における環境対策	-----	9-2
9.2.2	セメントプラントの現状	-----	9-5
9.2.3	マブラクプロジェクトでの対応	-----	9-6

10. 財務および経済分析

10.1	<u>基礎条件</u>	-----	10-1
10.1.1	通貨および換算率	-----	10-1
10.1.2	通貨価値修正	-----	10-1
10.1.3	プロジェクト期間	-----	10-1
10.1.4	総必要資金額	-----	10-1

		(ページ)
10.1.4	総必要資金額	----- 10-1
10.1.5	原価償却および繰延資産償却	----- 10-2
10.1.6	税金	----- 10-2
10.1.7	セメント価格	----- 10-2
10.2	<u>総投資額</u>	----- 10-3
10.2.1	基礎条件	----- 10-3
10.2.2	生産機器	----- 10-3
10.2.3	付帯設備	----- 10-4
10.2.4	ユーティリティ設備	----- 10-4
10.2.5	居住設備	----- 10-4
10.2.6	テクニカルアシスタンス	----- 10-5
10.2.7	コンサルタント	----- 10-5
10.2.8	その他	----- 10-5
10.2.9	予備費	----- 10-5
10.3	<u>資金源</u>	----- 10-7
10.3.1	長期借入金	----- 10-7
10.3.2	短期資金	----- 10-7
10.3.3	建中金利	----- 10-7
10.3.4	投資スケジュール	----- 10-7
10.4	<u>製造コスト</u>	----- 10-10
10.4.1	算出根拠	----- 10-10
10.4.2	直接費	----- 10-10
10.4.3	固定費	----- 10-12
10.4.4	その他	----- 10-12
10.5	<u>内部収益率</u>	----- 10-14
10.5.1	財務内部収益率	----- 10-14
10.5.2	財務報告書類	----- 10-15
10.5.3	結論	----- 10-15
10.6	<u>感度分析</u>	----- 10-16

			(ページ)
10.7	<u>経済分析</u>	-----	10-17
10.7.1	経済便益の計算	-----	10-17
10.7.2	経済コストの計算	-----	10-17
10.7.3	原材料用変換係数	-----	10-17
10.7.4	労務費用変換係数	-----	10-19
10.7.5	投資額	-----	10-19
10.7.6	経済コスト	-----	10-19
10.7.7	経済内部収益率	-----	10-19
10.7.8	結論	-----	10-22

付表 財務諸表

11. 結論及び提言

11.1	<u>セメント市場</u>	-----	11-1
11.2	<u>拡張プラント</u>	-----	11-1
11.3	<u>財務及び経済分析</u>	-----	11-2
11.4	<u>提言</u>	-----	11-3

List of Table

<u>Table</u>	<u>Description</u>	<u>Page</u>
Table 2-1	- Industrial Structure in Yemen	2-2
2-2	- Construction of 5 years plan	2-4
2-3	- Construction of 5 years plan	2-4
Table 3-1	- Transition of Cement Consumption	3-4
3-2	- Transition of Trade Balance	3-5
3-3	- Transition of Cement Demand and GDP	3-8
3-4	- Transition of Cement Demand and Population	3-10
3-5	- Cement Demand for Housing Sector	3-13
3-6(A)(B)	- Regional Cement Demand	3-15
3-7	- Demand Forecast	3-16
Table 4-1	- Principal Specification of the Plant Equipment	4-6
4-2	- Clinker and Cement Production	4-8
4-3	- Quality of Cement	4-9
4-4	- Operating Results of Main Equipment	4-12
4-5	- Clinker and Cement Production	4-16
4-6	- Quality of Raw Materials and Cement	4-17
Table 5-1	- Principal Specification of the Plant Equipment	5-12
5-2	- Outline of Each Quarry	5-17
5-3	- Mining Method and Arrangement of Main Heavy Equipment	5-17
Table 6-1	- Chemical Analysis Data of All Limestone Core	6-7
6-2	- Bore-Hole Logs and CaO Content (Rearr- anged)	6-9
6-3	- Ore Reserve of Limestone	6-15

<u>Table</u>	<u>Description</u>	<u>Page</u>
Table 6-4	- Vr-1 Drilling Log and Chemical Composition of Each Rock	6-18
6-5	- Vr-2 Drilling Log and Chemical Composition of Each Rock	6-19
6-6	- SiO ₂ Content in Each Rock	6-20
6-7	- Ore Reserve of Volcanic Rock	6-21
6-8	- Ss-1 Drilling Log and Chemical Composition of Each Rock	6-24
6-9	- Ore Reserve of Sandstone	6-25
6-10	- Chemical Analysis Data of Silicious Limestone	6-27
6-11	- Chemical Composition of bottom part of Vr-2	6-28
6-12	- Chemical Composition of Ss-1	6-29
6-13	- Mixing Ratio of Raw Materials	6-30
6-14	- Mixing Ratio and Consumption Unit of Raw Materials	6-32
6-15	- Life of Each Raw Materials	6-32
6-16	- Chemical Composition of Volcanic Rock	6-32
6-17	- Power Consumption List	6-48
Table 8-1	- Schedule for Abroad Training	8-10
8-2	- Schedule for Site Training	8-12
8-3	- Schedule of Dispatched Key Personnel for Existing	8-15
8-4	- Schedule of Dispatched experts for Expansion	8-16
Table 10-1	- Total Investment Amount	10-6
10-2	- Investment Schedule (Case 1)	10-8
10-3	- Investment Schedule (Case 2)	10-9
10-4	- Mining Cost	10-13
10-5	- Production Cost for Economic Analysis	10-20
10-6	- Calculation of Net Benefit and EIRR	10-21

List of Figures

<u>Figure</u>	<u>Description</u>	<u>Page</u>
Figure 1-1	- MAF(II) 1st Site Study Schedule	1-6
1-2	- MAF(II) 2nd Site Study Schedule	1-7
1-3	- MAF(II) 3rd Site Schedule	1-8
Figure 3-1	- Demand Forecast Graph	3-17
3-2	- Cement Distribution Flow	3-18
Figure 4-1	- Layout of the Plant	4-4
4-2	- Flowsheet of the Plant	4-5
4-3	- Operation Chart of Kiln	4-11
Figure 5-1	- Plant Site	5-3
5-2	- Plot Plan	5-13
5-3	- Flowsheet	5-14
5-4	- Location of Each Quarry	5-18
5-5	- Location Map	5-27
5-6	- Transmission Network	5-30
5-7	- Single Line Diagram Al-Barh Sub-station	5-31
Figure 6-1	- Geologic Column of Limestone Area	6-2
6-2	- Geological Map of Limestone Area	6-3
6-3	- Geological Profile of Limestone Area	6-4
6-4	- Stratigraphy of Limestone	6-5
6-5	- Bore-Hole Logs and CaO Content	6-8
6-6	- Ore Grade Map of Limestone Area(+790M)	6-10
6-7	- Ore Grade Map of Limestone Area (694M - 709M)	6-11
6-8	- Ore Grade Map of Limestone Area (679M - 694M)	6-12
6-9	- Ore Grade Map of Limestone Area (664M - 679M)	6-13
6-10	- Geological Map of Volcanic Rock Area	6-17
6-11	- Geological Map of Sandstone Area	6-23

<u>Figure</u>	<u>Description</u>	<u>Page</u>
Figure 6-12	- Location Map	6-40
6-13	- Classification Graphic of Landform	6-41
6-14	- Geological Map	6-41
6-15	- Annual Mean Precipitation	6-42
6-16	- Stratigraphic Sequence	6-42
6-17	- Hydro-Metrological Condition of the Tihamah and Wadi Risyan	6-43
6-18	- Geological Map for Around of Mafraq Plant	6-44
Figure 7-1	- Mafraq Cement Plant Expansion Project Engineering Flowsheet	7-14
7-2	- Plot Plan	7-17
7-3	- Flowsheet	7-26
7-4	- Utility Flowsheet	7-29
7-5	- Single Line Diagram	7-33
7-6	- Housing Plan	7-86
7-7	- House Type "F"	7-87
7-8	- House Type "C1"	7-88
7-9	- House Type "C"	7-89
Figure 8-1	- Implementation Schedule	8-3
8-2	- Organization Chart of Mafraq Cement Plant	8-7
8-3	- Organization of Production Department	8-8

List of Abbreviation

MOPD	: Ministry of Planning of Development
MOI	: Ministry of Industry
MOST	: Ministry of Supply and Trade
MEW	: Ministry of Electricity and Water
YCC	: Yemen General Corporation for Cement Industry and Marketing
PEC	: Public Electricity Corporation
MOMR	: Ministry of Oil and Mineral Resources
GDE	: General Department of Hydrogeology
EPC	: Ministry of State Environment Protection Council
YGCGFT	: Yemen General Corporation for Grain and Foreign Trade
MCP	: Mafrag Cement Plant
ACP	: Amran Cement Plant
EOJ	: Embassy of Japan
OECD	: Overseas Economic Cooperation Fund
JETRO	: Japan Export and Trading Organization
JICA	: Japan International Cooperation Agency
F/S	: Feasibility Study
YR	: Yemen Ryals
S,USD	: United States Dollars
¥,YEN	: Japanese Yen
FOB	: Free on Board
GDP	: Gross Domestic Product
FIRR	: Financial Internal Rate of Return

EIRR : Economic Internal Rate of Return
ROI : Return of Investment
NSP : New Suspension Preheater
PC : Precalciner
AQC : Air Quenching Cooler
GCT : Gas Conditioning Tower
EP : Electrostatic Precipitator
CRT : Cathode Ray Tube
T/Y, TONS/Y : Metric Tons per Year
T/M, t/m : Metric Tons per Month
T/W, t/w : Metric tons per Week
T/D, t/d : Metric Tons per day
T/H, t/h : Metric Tons per Hour
D/W, d/w : Days per Week
H/D, h/d : Hours per Day
H/W, h/w : Hours per Week
T-CL, t-cl : Metric Tons Clinker
T-CM, t-cm : Metric Tons Cement
Kcal/kg-cl : Kilocalorie per Kilogram Clinker
Kwh/t-cl : Kilowatt Hours per Tons Clinker
Nm³/h : Normal Cubic Meters per Hour
m³/h : Cubic Meters per Hour
m³/min : Cubic Meters per Minutes
m/min : Meters per Minute
m/s : Meters per Second
T/m³, t/m³ : Tons per Cubic Meters
kg/cm² : Kilogram per square centimeter
cst : Centi Stokes

MVA : Megavolts Ampares
KVA : Kilovolts Ampares
MW : Megawatt
mA : Milliampere
ASTM : American Standard of Testing Materials
BS : British Standard
JIS : Japanese Industrial Standard
SM : Silica Modulus
HM : Hydraulic Modulus
IM : Iron Modulus
LSF : Lime Saturation Factor

1.	<u>緒言</u>		(ハ°-ジ°)
1.1	<u>調査の背景</u>	-----	1-1
1.2	<u>調査の目的</u>	-----	1-1
1.3	<u>調査の項目・内容</u>	-----	1-2
1.4	<u>調査団の構成</u>	-----	1-3
1.5	<u>調査日程</u>	-----	1-4
1.6	<u>主要面談者</u>	-----	1-9

1. 緒言

1.1 調査の背景

イエメン国内における現在の生産量は、80万トン/年（バジ-ルセメント工場：30万トン/年、アムランセメント工場：50万トン/年）であるのに対し、国内需要は約180万トン/年と言われており、年間100万トンを輸入に依存しているのが現状である。

現在、我国の円借款により建設が進められているマフラクセメント工場（50万トン/年）が1993年に完成しても、今後の当国における道路、公共施設、住宅等のインフラストラクチャ整備に伴うセメント需要は十分に満たすことが出来ず、また現在の2工場がともに当国北部に位置しており、南部の需要を満たす上でも本件のマフラクセメント工場の拡張は当国において重要な課題である。

このような背景をもとに、現行の第3次5ヶ年計画における既存のセメント工場の拡張（50万トン/年）が当国政府により計画された。

本件は1988年12月に国際協力事業団により実施されたプロジェクト選定確認調査の結果、実施検討案件として有望視され、1989年3月案件確認調査団が派遣され、技術的な側面より調査の実施が確認された。

1991年12月事前調査団が派遣され、当国政府関係各機関との協議、サイト等視察及び本件調査に係わるs/wが国際協力事業団とイエメンセメント公社の間で締結された。

このような背景、経緯に基づき、1992年3月より本調査が開始されることになった。

1.2 調査の目的

現在、建設中のマフラクセメント工場生産規模を50万トン/年から100万トン/年に拡張し、同国のセメント需要をまかなうことを目的としているマフラクセメント工場拡張計画の、技術的、経済的可能性について検討し、結論づけるとともに、同計画実施への提言をすることを調査の目的としている。

1.3 調査の項目・内容

1991年12月15日に署名された調査実施項目（s/w）のIIIの Scope of the Study に基づき以下の項目につき調査を行った。

1. プロジェクトの背景・関連事項調査
 - (1) 経済概要
 - (2) セメント政策
 - (3) 関連法規
 - (4) マフラクセメントプラント拡張の必要性
 - (5) その他の関連事項
2. 市場調査
 - (1) セメント産業の現状
 - (2) セメント需給の推移
 - (3) 需給予測
 - (4) 市場予測
 - (5) 価格、流通
3. アムランセメント現状調査
 - (1) プラント概要
 - (2) 生産状況
 - (3) 運転状況
 - (4) 財務状況、採算性
 - (5) トレーニング・サービス、テクニカル・アシスタント・サービスの状況
4. マフラクセメントプラント建設計画（建設中）の確認調査
 - (1) 実施スケジュール
 - (2) プラント、関連インフラストラクチャの計画
 - (3) 原燃料調達計画
 - (4) 人員、組織の計画
 - (5) トレーニング・サービス、テクニカル・アシスタント・サービスの計画
 - (6) 建設コスト、生産コスト計画
5. 原料、燃料、ユーティリティの拡張計画への入手可能性
 - (1) 主原料石灰石
 - (2) 粘土類等副原料
 - (3) 燃料
 - (4) ユーティリティ

6. 拡張プラント、インフラストラクチャ調査
 - (1) サイト、レイアウト
 - (2) 導入技術
 - (3) 製造能力
 - (4) 現有インフラストラクチャの利用可能性
 - (5) 概念設計
7. 拡張プロジェクトの実施計画
 - (1) 実施スケジュール
 - (2) プロジェクト実施態勢
 - (3) 建設資材の調達
 - (4) 人員、組織の拡張
 - (5) 建設コスト、生産コスト
 - (6) トレーニング・サービス、テクニカル・アシスタント・サービス
 - (7) 販売計画
8. 環境評価
 - (1) 関連法規
 - (2) 関連組織
 - (3) プロジェクトの環境評価（第1期工事を含む）
9. 財務・経済分析
10. 結論と提言

1.4 調査団の構成

調査団の構成は以下の通り。

- | | |
|---------------|-----------|
| ① 団長・総括 | 遠藤和夫 |
| ② 市場調査 | 井上靖丸 |
| ③ 原材料 | 中野正則 |
| ④ ユーティリティ（水） | 徳田啓司 |
| ⑤ ユーティリティ（電気） | 藤井祐司 |
| ⑥ プラント設計 | 小林恒雄 |
| ⑦ プラント運営 | 荒木春夫 |
| ⑧ 環境 | 吉本武浩 |
| ⑨ 財務・経済分析 | 喜多正信、上川泰治 |

1.5 調査日程

1) 国内準備作業

1989年7月付案件確認調査報告書、1992年1月付事前調査報告書(案)、第I期工事のF/Sレポート、イエメン国統計資料等を分析・検討し、その結果に基づきインセプションレポート、現地向け質問状を作成し、提出した。

2) 第1回現地調査

現地調査団として団長を含む9名を1992年3月12日より15日間派遣し下記の調査を行った。(Figure 1-1 参照)

- (1) イエメンセメント公社、工業省、計画開発省等の訪問
- (2) アムランセメントプラント、バジュールセメントプラントの調査
- (3) タイズ、アデン、ホデイダの市場調査
- (4) マフラクセメントプラントの調査
- (5) モカ港の調査
- (6) セメント公社での協議

3) 国内分析作業

現地調査及び人手資料の分析を行い、ドラフトレポートの作成を開始し、また第1回現地調査の補足事項を抽出すると共に第2回現地調査の準備を行った。

4) 第2回現地調査

団長を含む5名を1992年5月15日より15日間派遣し、イエメンセメント公社に対しそれまでの調査結果及びプラント拡張計画を説明・協議した。又、アムランセメントプラント、マフラクセメントプラント、中・南部イエメンの都市等を訪問し補足事項を調査した。(Figure 1-2 参照)

5) ドラフトレポートの作成

第2回現地調査結果をふまえマフラクセメントプラント拡張計画のフィージビリティスタディのドラフトレポートを、イエメンセメント公社と現地にて協議・確認し、合意された内容を基にして1992年8月中旬に作成した。

6) ドラフトレポートの現地説明及び協議

団長を含む3名は1992年9月4日よりイエメンセメント公社との間でドラフトレポートの内容について 現地にて説明、協議・確認を行なった。

7) 最終報告書の作成

先の現地での相互合意に基づいてマフラクセメントプラント拡張計画の最終報告を1992年10月に完成とした。そしてそれは1992年の11月の初めにイエメンセメント公社に発送されるでしょう。

Figure 1-1

MAF(II) F/S 1st SITE STUDY SCHEDULE

Mar.12 (Thu)	Lv.Tokyo (AF275)				
Mar.13 (Fri)	Lv.Paris (IY749)				
Mar.14 (Sat)	Ar.Sana'a PM Visit to Japanese Embassy,YCC etc.				
Mar.15 (Sun)	YCC,MOI etc.				
	Endo	Inoue	Kobayashi	Araki Yoshimoto Kita	Tokuda Fujii Nakano
Mar.16 (Mon)	AM YCC	PM to Taiz	Amran		AM YCC PM to Taiz
Mar.17 (Teu)	Taiz	Mafraq	AM YCC	PM to Taiz	Mafraq,Power Stat.,Quarry
Mar.18 (Wed)	Taiz	PM to Aden	Mafraq		Do
Mar.19 (Thu)	Aden	PM to Taiz	Do		Do
Mar.20 (Fri)	to Hodeidah			to Sana'a	
Mar.21 (Sat)	Bajil	to Sana'a		Amran	
Mar.22 (Sun)	YCC				
Mar.23 (Mon)	YCC				
Mar.24 (Teu)	Lv.Sana'a (IY740)				
Mar.25 (Wed)	Lv.Frankfurt (LH710)				
Mar.26 (Thu)	Av.Tokyo				

Member: 1.K.Endo
 2.Y.Inoue
 3.M.Nakano
 4.K.Tokuda
 5.Y.Fujii
 6.T.Kobayashi
 7.H.Araki
 8.T.Yoshimoto
 9.M.Kita

Figure 1-2

MAF(II) F/S 2nd SITE STUDY SCHEDULE

Date	Schedule
May 15 (Fri)	Lv. Tokyo (JL 405)
16 (Sat)	Ar. Sana'a (AF 8006)
17 (Sun)	Visit to Japanese Embassy, MOPD, YCC
18 (Mon)	Meeting with MOPD, YCC
19 (Tue)	AM YCC PM Transfer to Taiz
20 (Wed)	Meeting with Mafrag Project
21 (Thu)	AM Mafrag Plant PM Transfer to Aden
22 (Fri)	Internal Meeting
23 (Sat)	AM Aden PM Transfer to Sana'a
24 (Sun)	YCC
25 (Mon)	Internal Meeting (Preparation of M/M, Prog. Report)
26 (Tue)	YCC (Minutes of Meeting)
27 (Wed)	Visit to MOPD
28 (Thu)	Lv. Sana'a (LH 653)
29 (Fri)	Ar. Tokyo (JL 408)

Member : 1. K. Endo
2. Y. Inoue
3. T. Kobayashi
4. H. Araki
5. Y. Uekawa

Figure 1-3

MAF(II) F/S 3rd SITE SCHEDULE

Date	Schedule
Sep 4 (Fri)	Lv.Tokyo (JL 405)
5 (Sat)	Ar.Sana'a (AF 8006)
6 (Sun)	Visit to Japanese Embassy, YCC etc.
7 (Mon)	Visit to YCC
8 (Tue)	Visit to YCC, MOPD (Signed of M/M)
9 (Wed)	Internal Meeting
10 (Thu)	Lv.Sana'a (LH 653)
11 (Fri)	On the way (JL 408)
12 (Sat)	Ar. Tokyo

Member : 1.K.Endo
2.T.Kobayashi
3.Y.Uekawa

1-6 主要面談者

現地調査中の主な面談者は以下の通り

1) Yemen Central Corporation for Cement Industry & Marketing (YCC)

(1) Head Office

- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| ① Mr. Ali M. Hashem | Chairman |
| ② Mr. Ibrahim Al-Iryani | General Manager |
| ③ Mr. Mohamaed Al-Khatari | Director, Technical Beureau |
| ④ Mr. Husein Kabairi | Assist. General Manager MCP |
| ⑤ Dr. M. Abdul Hakim | Manager Technical Dept. |
| ⑥ Mr. Abdul Hakim Hadi | Public Relation |
| ⑦ Mr. Ibrahim Alnahari | Mafrag Project, Chairman office |
| ⑧ Mr. Mohammed Abdul Malik | Financial Manager |
| ⑨ Mr. Abdul Azia Nagad | Cost Accountant Manager |

(2) Mafrag Cement Plant

- | | |
|-----------------------|--|
| ① Mr. Ahmed A. Othman | Director General,
Mafrag Cement Project |
| ② Mr. Ali Ali Jubari | Technical Manager |
| ③ Mr. Ahmed Hikel | Electrical Engineer |
| ④ Mr. Ameen | Mining Engineer |

(3) Amran Cement Plant

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| ① Mr. Mohamed Al-Anssi | General Manager |
| ② Mr. Nasser Al-Wail | Assist General Manager |
| ③ Mr. Mohammed Moharram | Technical Manager |
| ④ Mr. Nasser Hashim | Financial Manager |

(4) Bajil Cement Plant

- | | |
|-------------------|-------------------|
| ① Mr. Ahmed Majam | Technical Manager |
|-------------------|-------------------|

2) Ministry of Industry (MOI)

(1) Head Office

① Dr. Aida Salem Abood General Director of Public and
Mix Enterprises

(2) Aden

① Mr. Taha Sakel General Director for Investment

3) Ministry of Supply & Trade (MOST)

(1) Head Office

① Mr. Nagib A. Hamim Director General of Imports

(2) Taiz

① Mr. Mohamed Abdlah Otman General Director

(3) Aden

① Mr. Ali Ahmed Al-Seiagi Deputy Minister

4) Ministry of Planning of Development (MOPD)

① Dr. Jaffar Hamed Deputy Minister,
of Projects Programing Sector
② Mr. Anwar Al.Harazi Deputy Assistance
for the sector

③ Mr. Hisham Sharaf Abdalla Director General, Cooperation
with Industrialized States

④ Mr. Hamoud M. Al-Hamdani Director, Bilateral Cooperation
with USA, Japan & Other
Countries

5) Ministry of Electricity & Water (MEW) (Electricity)

(1) Head Office

① Mr. Salim Bahakim

- (2) Public Electricity Corporation
- ① Mr. Mohamed Abdul Malik Technical Manager
 - ② Mr. Ali Mahmood Abdui-Hamid G.P.M. of Sana's Substation
 - ③ Mr. Abudul Aziz H. Alfattah Grid Supplies to Amran & Bajil
Cement Facilites,
Project Manager

- (3) Al-Mukha Steam Power Station
- ① Mr. Abdul Mageed Dahbali Manager
 - ② Mr. Ali Al-Attab Deputy Power Start Manager
 - ③ Mr. Gamssz Thabet Deputy Maintenance
 - ④ Mr. Abdul Ghani Al-Kamshi
 - ⑤ Mr. Anwar Abdo Sallah

6) Ministry of Electricity & Water (MEW) (WATER)

- (1) Department of Rural Water Supply
- ① Mr. Forje Technical Manager

- (2) National Water and Sanitation Authority
- ① Mr. Mohamed Al-Arrosi Technical Director

7) Ministry of Oil and Mineral Resources (MOMR)

General Department of Hydrogeology (GDH)

- ① Mr. Mohamed Danekh General Manager

8) Ministry of State Environment Protection Council (EPC)

- ① Mr. Nohsen Al-Hamdani Chairman
Minister of State

9) Yemen General Corporation for Grain & Foreign Trade (YGCCGFT)

(1) Taiz

- ① Mr. Khlid Ali-Ahmed Head Section of Sales

10) Port Authority

(1) Al-Mukha
① Mr. Mustafa Motyadin Captain

(2) Aden
② Mr. Abker Hassan Dabla Captain

11) Ishikawajima-Harima Heavy Industries (IHI) Mafrag Site Office

① Mr. T. Uchida Project Engineer
② Mr. R. Katoh Acting Site Manager
③ Mr. T. Ishii Administration Manager

12) Embassy of Japan

(1) Sana'a
① Mr. Kazuo Wanibuchi Ambassador Extraordinary
and Plenipotentiary
② Mr. Yuichi Ishii Counsellor
③ Mr. Mitsuru Murase First Secretary
④ Mr. Yasuo Nakano First Secretary

(2) Aden
① Masashi Ikeno Minister Counsellor & Consul,
Consular Office of Japan

2.	<u>プロジェクト概要</u>		(ハ°-ジ°)
2.1	<u>イエメン共和国の現状</u>	-----	2-1
2.2	<u>経済の現状</u>	-----	2-2
2.3	<u>セメント産業の政府方針</u>	-----	2-5
2.4	<u>マフラク拡張プラントの必要性</u>	-----	2-5

2. プロジェクト概要

2.1 イエメン共和国の現状

イエメン共和国（イエメン）は、アラビア半島の西南部に位置し、北側にサウジアラビア、東側にオマーンとの国境を有し、西側は紅海、南側はアラビア海に臨んでいる。地形的には、首都サナアの位置する中央高原地帯、紅海沿岸のティハマ平原、その中間に位置する丘陵地帯、中央高原地帯からルブ・アル・ハーリー砂漠にかけての東部砂漠地帯に分かれる。

気候については、その地域により温帯から熱帯、砂漠気候にまでバラエティに富む。

同国は、1990年5月のイエメンアラブ共和国（北イエメン）と、イエメン民主人民共和国（南イエメン）の統一により誕生し、その国土面積は528,000 km²、人口は約12,000,000人を有する。

統一の背景としては、北イエメン側の対サウジアラビア意識及び南イエメン側の対ソ連依存度の低下など、統合への様々な要因が働いたと思われるが、統一により旧国境地域に広がる油田の開発が促進されることとなったことが最大の利点であり、今後の経済効果が期待されている。

同国家の政体は、複数政党制による民主主義を基本とし、対外的には中立・非同盟を基調としている。

2.2 経済の現状

イエメンは伝統的に農業国であり、Table 2-1 に示す様にGDPの約 20%を農業が占め、労働力の約 50%が農業に従事している。

近年、近代農業の導入のため、ダム、ワディ、かんがい等の整備に注力されている。

Table 2-1 Industrial Structure in Yemen (GDP in 1990)

	百万YR	%
1. 農林水産業	16,101	(20.9)
2. 鉱業	7,030	(9.1)
3. 製造業	6,586	(8.5)
4. 電力・水道・ガス	1,400	(1.8)
5. 建設業	3,394	(4.4)
6. 卸・小売業	9,590	(12.4)
7. 運輸・通信	6,015	(7.8)
8. 金融・不動産	4,929	(6.4)
9. 民間・政府サービス	18,773	(23.5)
10. 輸入関税	3,996	(5.2)
<hr/>		
GDP (市場価格)	77,159	(100%)

出典 : Year Book

工業は、大規模なものは、製油所とセメント工場がある。石油を除く輸出品が無いので貿易収支は恒常的に輸入超過であり、政府は外貨準備状況により、厳しく輸入を制限しておりこれは、原材料の大部分を輸入に依存している中小規模の工業だけでなく、同国の物資の供給にも大きく影響を与えている。このため、国内における原材料を利用する産業を発展させることにより、財務状況を改善することは同国の大きな課題となっている。

1990年の統一以前は、南・北イエメンがそれぞれの経済政策を実施してきたが、統一以降の新経済5ヶ年計画は未だ検討段階であり、当面の年次計画が統一イエメンの経済開発計画として実施されている。

Table 2-2, 2-3 は南・北イエメンそれぞれの経済開発計画の過去の投資概要を示す。

政府は、経済政策の今後の方向として、以下の項目を計画している。

1. 農業・水産業の充実
2. 石油資源の開発
3. 石油以外の製造業の育成
4. 財政の健全化
5. インフラの強化
6. 人的資源の開発と雇用の拡大
7. アデンプリーゾーン計画の実現

現在、統一から2年が経ているが、政治・経済は未だ統一の過渡期段階であり、解決すべき問題も多く抱えている。加えて湾岸戦争後のサウジ帰国者と、ソマリア内戦に伴う移民については、さらに失業と物資不足の深刻化を招いている。これら直面する諸問題を考慮すると、急速な経済の発展は現段階では困難と考えられるが、今後の石油開発による経済の活性化が期待されている。一方、このサウジ帰国者については、石油開発が順調に進み、経済基盤が固まれば、国内労働力の増加と国内需要の成長につながり得るという楽観的な見方もされている。

イエメンは、1987年に石油の輸出を開始し、大規模な生産はごく最近のことである。またこれまで石油生産はマリブージャフ区域に依存しており同区域の生産量は200,000b/dに達している。統一により両国間の以前の国境付近の土地所有権を巡る紛争に終止符が打たれ、石油資源の開発が計画的に進められるようになった。今日では、20社あまりの外国企業が開発に直接に参画し、急ピッチで開発が進められている。イエメン政府は1996年には石油生産が650,000b/dに達する楽観的案及び、455,000b/dに止まる現実案の、二通りのシナリオを描いている。

同国の石油開発に寄せる期待は大きく、政府の1996年までの中期的の展望として、現状のGDPは同年には190%にまで達すると設定している。

政府の長期的政策として、石油資源に偏った依存を避け、石油以外の製造業の育成、特に私企業における投資の促進に重点が置かれていることは特記すべき点であり、それによりGNPの向上、雇用の拡大、国家財政の健全化がなされるものと考えられている。

Table 2-2 CONSTRUCTION OF 5 YEARS PLAN

	1973-76		1977-81		1982-86		1987-91	
	ACTUAL	PLAN	ACTUAL	PLAN	ACTUAL	PLAN	ACTUAL	PLAN
AGRICULTURE , FORESTRY , FISHING	14.8	14.3	7	13.8	11.6	8		
MINING , QUARRYING	9.8	22.2	8.4	11.7	6.6	8.9		
MANUFACTURING			7	8.4	15.8	6.7		
ELECTRICITY , WATER , GAS				3.2	1.6	14.1		
CONSTRUCTION	10.4	2.8	6.9	3	1.6	0.5		
HOUSING		13.1	17	13.3	17.1	8		
WHOLESALE , RETAIL TRADE	4.4	3.9		10.2	4.1	5.1		
TRANSPORT , STORAGE , COMMUNICATION	31.2	30.8	24.8	16.5	14.8	12.5		
FINANCIAL INSTITUTIONS , REAL ESTATE		0.6		6.7	1.1	0.8		
OTHER SERVICES	29.4	12.3	15.9	19.4	25.7	35.4		
TOTAL	100	100	100	100	100	100		
TOTAL AMOUNT (MILLION RYALS)	936	16550	11558	28100	19871	38582		

SOURCE : CPO

Table 2-3 CONSTRUCTION OF 5 YEARS PLAN

	1981-85	ACTUAL
AGRICULTURE , FISHING	17	
MINING , QUARRYING	5.6	
MANUFACTURING	3.5	
ELECTRICITY , WATER	16	
CONSTRUCTION	8.8	
HOUSING	15.4	
FOREIGN TRADE	0.9	
TRANSPORT , STORAGE , COMMUNICATION	7.9	
MEDICAL SERVICE , EDUCATION	6.7	
OTHER SERVICES , PRIVATE SERVICES	18	
TOTAL	100	
TOTAL AMOUNT (MILLION DINARS)	555.8	

SOURCE : EIU COUNTRY PROFILE

2.3 セメント産業の政府方針

同国のセメント行政に関する具体的な政府の目標数値は示されなかったが、製造業に関する政策として、次の事項が考えられている。

1. 発展させる製造業は
 - 国内の天然資源を活用すること。
 - 製品は輸入代替効果が高いこと
 - 財政の健全化に寄与すること
2. 雇用を促進すること
3. インフラの整備に助成すること

セメント産業の発展は上記の条件と深い関連を持つことに加え、直面している深刻なセメント不足を考慮し、政府としては国内のセメント産業の育成に最も重点を置いている。

2.4 マフラク拡張プラントの必要性

イエメンのセメント生産量は、800,000 T/Y (バジュール工場：300,000T/Y, アムラン工場：500,000T/Y)であるのに対し、消費量の過去10年間平均は、約1,600,000 T/Y であり、ピーク消費量は、2,500,000 T/Y にまで達している。需要と国内供給の差は、輸入で補われている。一方、今後計画されている経済開発及び、住宅・道路等のインフラ補強のために、セメントは不可欠であり、1993年に予定されている500,000 T/Y のマフラク既設プラントの完了後においても、1,000,000 T/Y 以上の輸入が必要と考えられる。

既存の2工場(バジュール工場・アムラン工場)は、共に同国北部に位置し、主にサナア地域の需要に対応するものであるが、これら2工場と比較した場合、同国の第2・第3のセメント市場であるタイズ、イブと近隣する南部地域への将来の需要に特に対応していくためには、まさにマフラク工場が生産拡張の最優先順位を有するものである。

また、今後の経済政策の主要な役割を担う「アデンフリーゾーン計画」が計画されているが、これによる南部地域の将来の需要は今後さらに増加することが予想される。

3.	<u>セメント市場</u>		(ページ)
3.1	<u>セメント産業の現状</u>	-----	3-1
3.1.1	セメント産業の概要	-----	3-1
3.1.2	バジール工場の概要	-----	3-1
3.1.3	アムラン工場の概要	-----	3-2
3.1.4	マフラク工場（建設中）の概要	-----	3-2
3.2	<u>需給の状況</u>	-----	3-3
3.2.1	需給の推移	-----	3-3
3.3	<u>需要予測</u>	-----	3-6
3.3.1	相関関係からの需要予測	-----	3-6
3.3.2	セメント需要実績値をベースとした単純需要予測	-----	3-11
3.3.3	クロスチェック	-----	3-12
3.3.4	地域別需要の考察	-----	3-14
3.3.5	需要予測の結果	-----	3-14
3.4	<u>セメントの流通形態</u>	-----	3-18

3. セメント市場

3.1 セメント産業の現状

3.1.1 セメント産業の概要

イエメンにおけるセメント産業は、北イエメン（イエメンアラブ共和国）における1976年に生産量300,000 T/Y を有するバジール工場の設立から始まった。今日、バジール工場に加え、1982年に完成した生産量500,000 T/Y のアムラン工場がフル稼働で操業中である。

同国のセメント需要は、30% ~ 50%が国内生産でカバーされ、残りは輸入により補われている。

この他、生産量500,000 T/Y のマブラク工場が現在建設中であり、1993年に操業を開始する予定である。

3.1.2 バジール工場の概要

生産能力 : 300,000 T/Y

生産方式 : 湿式キルン 2基
(100,000 T/Y x 1基, 200,000 T/Y x 1基)

セメント品種 : 普通ポルトランドセメント

生産実績

年	:	1985	1986	1987	1988	1989	1990
生産量(1,000T/Y)	:	286	289	299	303	251	274

運転開始 : 1976年

3.1.3 アムラン工場の概要

生産能力 : 500,000 T/Y

生産方式 : 乾式NSPキルン 1基

セメント品種 : 普通ポルトランドセメント

生産実績

年	1985	1986	1987	1988	1989	1990
生産量(1,000T/Y)	414	425	475	501	453	553

運転開始 : 1982年

3.1.4 マフラク工場（建設中）の概要

生産能力 : 500,000 T/Y

生産方式 : 乾式NSPキルン 1基

セメント品種 : 普通ポルトランドセメント

生産実績 : -

運転開始 : 1992年（予定）

3.2 需給の状況

3.2.1 需給の推移

旧北イエメンにおける生産量は、1982年のアムラン工場の完成後、700,000T/Y～800,000 T/Y であり、不足分は輸入により補われている。

旧南イエメンにおいては、セメント工場がなく、約200,000 T/Y を輸入している。

旧北イエメンにおけるセメント需要は、Table 3-1 の示す通り、1970年代の経済成長を背景に、急速な伸びを示し、1984・1985年にはダマール地方で発生した地震による災害の復旧に伴い、急激に増加した。その後、1987年において急激な輸入の減少により、大幅に減少しているが、これは政府の輸入制限によるものである(Table 3-2)。この間、セメント価格が急騰したと言われ、実際にセメント需要が減少したわけではないと考えられる。

つまり、実際の消費量を遙かに上回る潜在需要があった筈であると考えられる。

Table 3-1 Transition of Cement Consumption

YEAR	TOTAL	North Yemen			South Yemen
	CONSUMPTION	SUB TOTAL	PRODUCTION	IMPORT	Yemen
	1,000 TONS/Y	1,000 TONS/Y	1,000 TONS/Y	1,000 TONS/Y	1,000 TONS/Y
1973	129	129	45	84	
1974	112	112	65	47	
1975	465	465	65	400	
1976	965	965	65	900	
1977	1165	1165	65	1100	
1978	1015	1015	65	950	
1979	865	865	65	800	
1980	1070	1070	70	1000	
1981	1014	877	86	791	137
1982	1174	931	243	688	243
1983	1257	1035	623	412	222
1984	1569	1276	709	567	293
1985	1446	1224	698	526	222
1986	1366	1158	708	450	208
1987	1452	1261	786	475	191
1988	1380	1196	804	392	184
1989	1203	952	693	259	251
1990	1185	990	836	154	195

SOURCE : YCC
MOPD

Table 3-2
Transition of Trade Balance

YEAR	TRADE	EXPORT	IMPORT
	BALANCE		
	1,000	1,000	1,000
	RIALS	RIALS	RIALS
1981	-7820400	47400	7867800
1982	-8764100	21600	8785700
1983	-8038000	44000	8082000
1984	-7459700	47500	7507200
1985	-7912300	61000	7973300
1986	-7820300	153000	7973300
1987	-12805600	497800	13303400
1988	NOT	AVAILABLE	
1989	-11532800	6765100	18297900
1990	-13797100	7066000	20863100

SOURCE : YEAR BOOK

3.3 需要予測

3.3.1 相関関係からの需要予測

この考察では、セメント需要とGDP及び人口との相関関係を考察し、需要予測を行う。GDP及び人口は共にセメントの需要予測において最も一般的に用いられるパラメータである。

なお、セメント需要量は地震復興や輸入制限等の特殊要因があり、各年のバラツキが大きいため、1973年から1990年までの18年間の実績値の5年間移動平均を計算し、1986年までの移動平均値を需要予測用に採用した。従ってこの考察では1987年から1990年までの数値は統計数値よりも大きく表れており、これらの予測値は、実際には手当のできなかった潜在需要を示唆していると考えられる。

旧南イエメン地区については、GNPデータが入手出来なかったため、相関関係での予測はせず過去の需要の平均的な伸びである年率4%にて今後も推移するものとした。

(1) GDPとの相関による需要予測

過去の旧北イエメンにおけるGDPと、需要の推移は、Table 3-3 の示す通りである。これらの相関関係は、以下の計算式により表される。

$$\begin{aligned} \text{相関係数} & : 0.83 \\ Y & : \text{セメント需要予測値 (1,000 T/Y)} \\ X & : \text{GDP (YR 1,000,000)} \\ Y & = 0.0365347 X - 434.91701 \end{aligned}$$

旧北イエメンのGDPの年平均成長率は、第2次5ヶ年計画の下、計画値：8%に対し、実績値：6.6%であった。1991年までの第3次5ヶ年計画の下での、最新実績値は入手できなかったが、年平均成長率は同様に8%にて計画されている。

従って、以下の2ケースのGDP成長率を想定し、上記計算式によりセメント需要予測を行う。

$$\begin{aligned} \text{ケース1} & : \text{GDP成長率} & 6\%/Y \\ \text{ケース2} & : \text{GDP成長率} & 8\%/Y \end{aligned}$$

上記GDP成長率との相関によるセメント需要予測は、Table 3-7 に示す通りで本拡張工事の完了を1998年と想定し、その需要予測値は以下の通りである。

$$\begin{aligned} \text{ケース1} & : 2,345,000 \text{ T/Y} \\ \text{ケース2} & : 2,720,000 \text{ T/Y} \end{aligned}$$

Table 3-3
Transition of Cement Demand and GDP

YEAR	CEMENT DEMAND	5YEARS AVERAGE	GROWTH RATE	GDP	GROWTH RATE
	1000 TONS/Y	1000 TONS/Y	%	1000000 RIALS/Y	%
1973	129				
1974	112				
1975	465	567			
1976	965	744	1.31217		
1977	1165	895	1.20296	12679	
1978	1015	1016	1.13522	13859	1.09307
1979	865	998	0.98228	14669	1.05845
1980	1070	952	0.95391	15505	1.05699
1981	877	956	1.00420	15980	1.03064
1982	931	1038	1.08577	17523	1.09656
1983	1035	1069	1.02987	17951	1.02443
1984	1276	1125	1.05239	18558	1.03381
1985	1224	1191	1.05867	19402	1.04548
1986	1158	1223	1.02687	21217	1.09355
1987	1261	1158	0.94685	23708	1.11741
1988	1196	1111	0.95941	25273	1.06601
1989	952				
1990	990				

SOURCE : YCC
YEAR BOOK

(2) 人口との相関による需要予測

過去の旧北イエメンにおける人口と需要の推移は、Table 3-4 の示す通りである。これらの相関関係は、以下の計算式により表される。

相関係数 : 0.85

Y : セメント需要予測値 (1,000 T/Y)

X : 人口 (1,000,000 人)

$$Y = 0.1505810 X + 140.0826$$

旧北イエメンの1990年の人口増加率は、3.1%/Yであり、政府の設定している2000年までの人口増加率は、2.0%/Yであるため、この需要予測においては、以下の2ケースの人口増加率を想定し、上記計算式によりセメント需要予測を行なう。

ケース3 : 人口増加率 2%/Y

ケース4 : 人口増加率 4%/Y

上記、人口増加率との相関によるセメント需要予測は、Table 3-7 に示す通りで、1998年における、その需要予測値は以下の通りである。

ケース3 : 2,039,000 T/Y

ケース4 : 2,253,000 T/Y

Table 3-4
Transition of Cement Demand and Population

YEAR	CEMENT DEMAND	5YEARS AVERAGE	GROWTH RATE	POPULATION	GROWTH RATE
	1000 TONS/Y	1000 TONS/Y	%	1000 PERSONS	%
1973	129				
1974	112				
1975	465	567			
1976	965	744	1.31217		
1977	1165	895	1.20296	6943	
1978	1015	1016	1.13522	7150	1.02981
1979	865	998	0.98228	7363	1.02979
1980	1070	952	0.95391	7582	1.02974
1981	877	956	1.00420	7695	1.0149
1982	931	1038	1.08577	7924	1.02976
1983	1035	1069	1.02987	8160	1.02978
1984	1276	1125	1.05239	8404	1.0299
1985	1224	1191	1.05867	8654	1.02975
1986	1158	1223	1.02687	8912	1.02981
1987	1261	1158	0.94685	9177	1.02974
1988	1196	1111	0.95941		
1989	952				
1990	990				

SOURCE : YCC
YEAR BOOK

3.3.2 セメント需要実績値をベースとした単純需要予測

3.3.3 に於いて、セメント需要とGDP及び人口との相関関係による、理論的
需要予測を行ったが、これらは、特に潜在需要を含み、過去の消費実績値との
隔たりがみられる。

ここでは1990年のセメント需要実績値をベースGDP成長率に準拠したセメン
ト需要増加率：6%/Yによる単純需要予測を検討する。

ケース5 : セメント需要増加率 6%/Y
1990年セメント消費実績ベース

上記の需要予測値をTable 3-7 に示す。
1998年における需要予測値は以下の通りである。

ケース5 : 1,889,000 T/Y

3.3.3 クロスチェック

前章の考察で得られた予測値を確証するため、ここでは最もセメント消費量の多い産業分野におけるセメント需要を考察する。イエメンにおける過去の一般的なセメントの利用用途は、以下の通り殆どが住宅建設用であり、クロスチェックとしてこの分野における需要を考察する。

イエメンにおけるセメント利用用途

住宅建設分野	80 %	
土木産業分野	18 %	
道路建設分野	2 %	(出典：YCC)

旧北イエメンにおける住宅数の推移は、以下の通り1975年～1986年にかけて年平均増加率：4.365%にて増加している。

1975年	:	856,049 家屋	
1986年	:	1,361,571 家屋	(出典：YEAR BOOK)

イエメンにおける平均的な住宅(100m²/件)の建設に必要なセメント量は、以下の通りである。

コンクリート住宅	40 トン/件 (100m ²)
コンクリート・石 住宅	25 トン/件 (100m ²)
土, その他古いタイプの住宅	5 トン/件 (100m ²)

(出典：BCEOM, BS-ERI マフラク既設プラント F/S Report)

旧南イエメンにおける住宅数のデータは入手で出来なかったため、同国の人口をもとに住宅数を設定し、旧北イエメンの住宅増加率により、統一イエメンの住宅建設分野におけるセメント需要予測値として算出する。

これらにより算出されたイエメンの住宅建設分野におけるセメント需要は Table 3-5 の示す通りで、1998年のこの分野における需要予測値は 2,959,000 T/Y であり、前章のGDPとの相関による需要予測と同様に、国内生産能力を遙かに上回ることを示している。これにより、GDPとの相関による需要予測結果が確証される。

Table 3-5
Cement Demand for Housing Sector

YEAR	HOUSING UNITS	NEW BUILT	CEMENT DEMAND
	HOUSES	HOUSES/Y	1000 TONS/Y
1990	2154293		
1991	2248337	94044	2194
1992	2346486	98149	2290
1993	2448919	102433	2390
1994	2555824	106905	2494
1995	2667396	111572	2603
1996	2783839	116443	2717
1997	2905365	121526	2836
1998	3032196	126831	2959
1999	3164563	132367	3089
2000	3302709	138146	3223
2001	3446885	144176	3364
2002	3597355	150470	3511
2003	3754394	157039	3664
2004	3918288	163894	3824
2005	4089337	171049	3991
2006	4267853	178516	4165
2007	4454162	186309	4347
2008	4648604	194442	4537
2009	4851534	202930	4735
2010	5063323	211789	4942

3.3.4 地域別需要の考察

需要予測の最終段階として、マフラク地域におけるセメント需要を考察する。YCCによれば、マフラク工場拡張後のその工場全体の出荷は、主にタイズ・イブ及び、他南部地区の需要に対応する計画であり、この地域における需要を考察することにより、マフラク工場における拡張の必要性が確認される。

1990年におけるセメント消費量の地域分布は、Table 3-6-A に示す通りで、上記マフラク工場の予定出荷地域のイエメン全体に占める比率は、37.18%である。この各地域毎のセメント消費比率により求められた1998年のセメント需要の地域分布は Table 3-6-B に示す通りであり、1998年の上記工場予定出荷地域のセメント需要は、マフラク工場の既設・拡張プラント合計の生産量が必要であるとの証明になっている。

3.3.5 需要予測の結果

これまで考察したGDP及び人口との相関関係によるセメント需要予測及び、悲観的ケースとして考察した1990年の需要実績値に基づく単純需要予測においても、1998年の需要予測値は、ともに国内生産能力を上回るものであり、大幅なセメント不足がマフラク工場の拡張後においても継続し、さらに不足は増加すると考えられる。

これまでに考察した5ケースの需要予測値を Table 3-7 及び Figure 3-1 に示す。

Table 3-6 Regional Cement Demand

(A)

REGION	CEMENT CONSUMPTION IN 1990							
	PRODUCTION			IMPORT			TOTAL	
	%	T/Y	%	T/Y	%	T/Y	%	T/Y
SA' DAH	7.46	62366	0	0	5.26	62366		
HAJJAH	9.95	83182	0	0	7.02	83182		
SANA' A	21.4	178904	30	46200	18.99	225104		
HODEYDAH	9.95	83182	18	27720	9.36	110902		
DAHMAN	6.32	52835	10	15400	5.76	68235		
BAYDA	7.96	66546	0	0	5.62	66546		
IBB *	10.45	87362	20	30800	9.97	118162		
TAIZ *	11.19	93548	22	33880	10.75	127428		
MA' RIB MAHWIT	15.32	128075	0	0	10.81	128075		
NORTH YEMEN								
TOTAL	100	836000	100	154000	83.54	990000		
SOUTH YEMEN								
TOTAL *	0	0	100	195000	16.46	195000		
C. TOTAL		836000		349000	100	1185000		
REGIONAL DEMAND IN MAFRAQ MARKET AREA (MARKED * TOTAL)					37.18	440590		

SOURCE : YCC

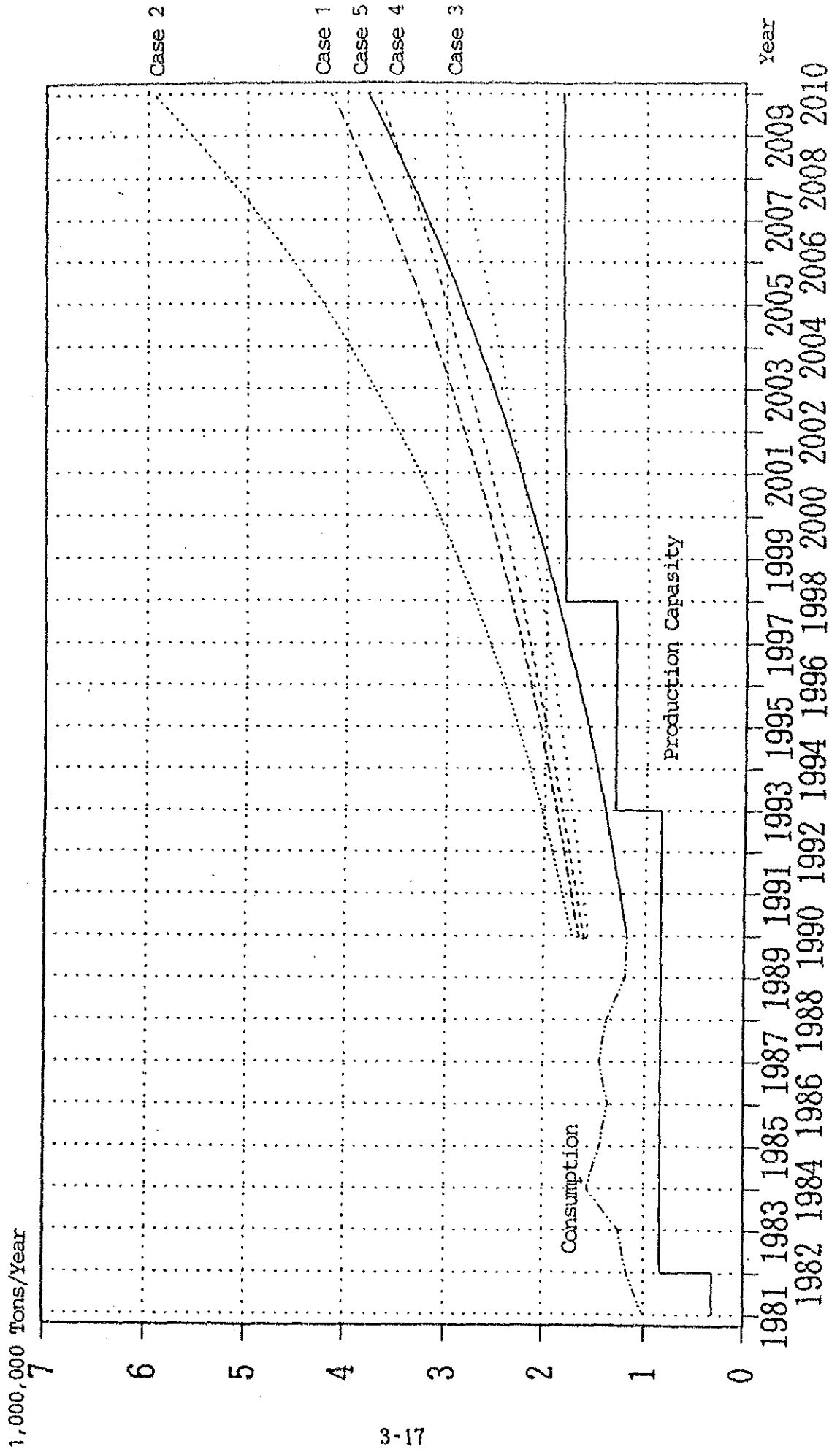
(B)

%	Cement Demand in 1998				
	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
	T/Y	T/Y	T/Y		
5.26	123347	143072	107251	118507	99361
7.02	164619	190944	143137	158160	132607
18.99	445317	516528	387211	427850	358726
9.36	219492	254592	190850	210880	176810
5.76	135072	156672	117446	129772	108806
5.62	131789	152864	114591	126618	106161
9.97	233796	271184	203288	224624	188333
10.75	252087	292400	219192	242197	203067
10.81	253494	294032	220415	243549	204200
16.46	385987	447712	335619	370843	310929
100	2345000	2720000	2039000	2253000	1889000
37.18	871870	1011296	758099	837664	702329

Table 3-7 Demand Forecast

YEAR	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4	CASE 5	CEMENT CONSUMPTION 1000 TONS/Y
	GDP 6%/Y	GDP 8%/Y	POPULATION 2%/Y	POPULATION 4%/Y	GROWTH RATE 6%/Y	
	1000 TONS/Y	1000 TONS/Y	1000 TONS/Y	1000 TONS/Y	1000 TONS/Y	
1981						1014
1982						1174
1983						1257
1984						1569
1985						1446
1986						1366
1987						1452
1988						1380
1989						1203
1990	1662	1721	1565	1609	1185	1185
1991	1731	1816	1618	1680	1256	
1992	1805	1919	1673	1752	1331	
1993	1883	2028	1729	1827	1411	
1994	1965	2147	1788	1906	1496	
1995	2052	2275	1848	1988	1586	
1996	2144	2412	1909	2073	1681	
1997	2242	2561	1973	2161	1782	
1998	2345	2720	2039	2253	1889	
1999	2455	2893	2107	2349	2002	
2000	2570	3078	2177	2449	2122	
2001	2693	3279	2250	2553	2249	
2002	2823	3494	2325	2660	2384	
2003	2959	3726	2402	2772	2527	
2004	3104	3977	2481	2888	2679	
2005	3257	4246	2563	3009	2840	
2006	3420	4537	2647	3135	3010	
2007	3592	4851	2735	3266	3191	
2008	3773	5189	2825	3403	3382	
2009	3966	5554	2918	3544	3585	
2010	4169	5946	3013	3691	3800	

Figure 3-1 Demand Forecast Graph



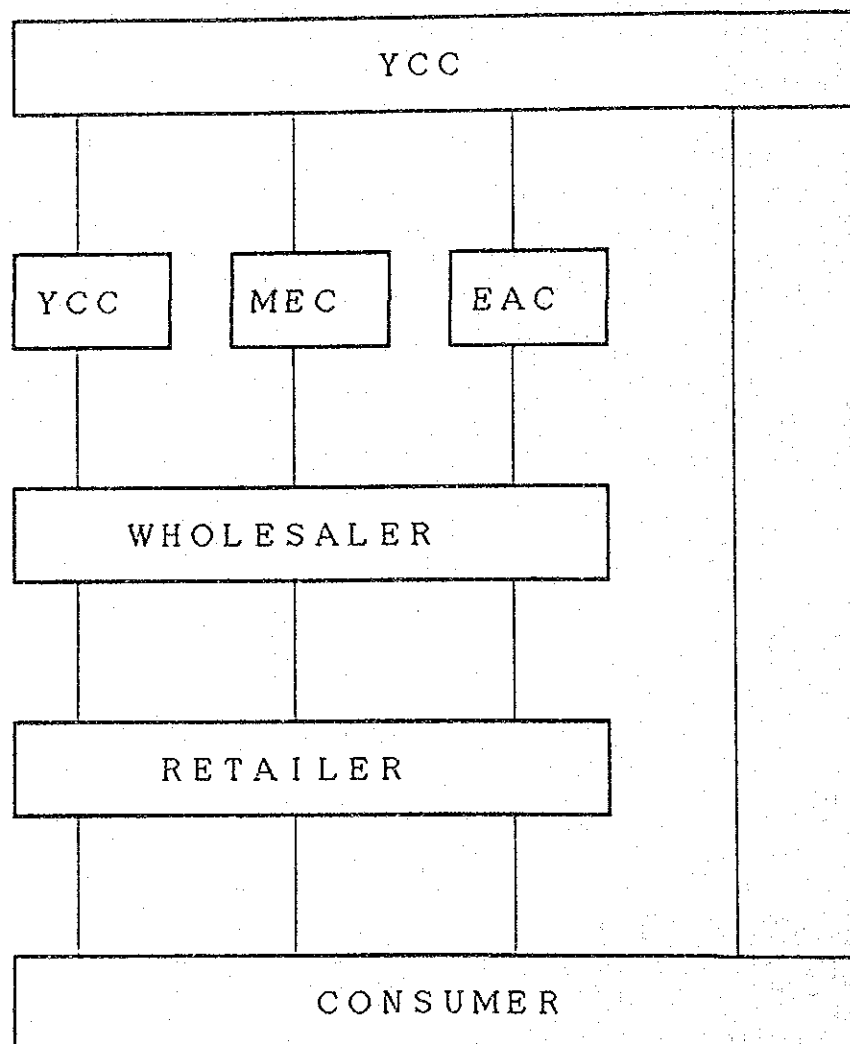
3.4 セメントの流通形態

イエメンにおけるセメントの流通形態は、YCCによる国内生産セメントと、輸入セメントにより、その流通形態が異なる。

Figure 3-2 の示す通り、国内生産セメントは卸売り業者・小売り業者を経由して消費者に渡るルートと、バジール・アムラン工場から、直接に消費者に渡るルートとがある。

輸入セメントは、その輸入港から直接に消費者に渡る。

Figure 3-2 Cement Distribution Flow (Domestic Production)



MEC : Military Economic Corp.

EAC : Employee's Association Co

4	<u>既設のセメントプラント</u>		(ページ)
4.1	<u>アムランセメント工場</u>	-----	4-2
4.1.1	プラント概要	-----	4-2
	1) 建設の経緯		
	2) 鉱山		
	3) 設備の概要		
4.1.2	操業状況	-----	4-7
	1) 生産量の推移		
	2) セメントの品質		
	3) キルンの運転状況		
	4) 組織及び人員		
4.2	<u>バジールセメント工場</u>	-----	4-14
4.2.1	プラント概要	-----	4-14
	1) 一般		
	2) セメント原料		
	3) 主要設備		
4.2.2	プラント運転	-----	4-15
	1) クリッカー、セメント生産		
	2) セメントの品質		



AMRAN CEMENT PLANT

BAJIL CEMENT PLANT



4 既設のセメントプラント

4.1 アムランセメント工場

4.1.1 プラントの概要

1) 建設の経緯

アムランセメント工場はイエメンアラブ共和国の首都サナアの北55 Km, 海拔2,200 mのアムラン盆地に位置している。1982年バージルセメント工場に次ぐこの国では2番目のセメント工場が日本輸出入銀行の資金で石川島播磨重工業(株)により建設された。

年産50万トンの生産能力をもつ最新鋭のこの工場は、オンスケジュールで建設されると共に同年10月に商業運転が開始され、初年度からフル能力の生産を達成したことから日本の技術力に対して高い評価を得た。

2) 鉱山

(1) 石灰石鉱山

石灰石鉱山はアムランセメント工場の南西約1 Kmの丘にあり採掘及び粗砕された原料は長距離ベルトコンベアにより工場に運ばれている。

石灰石とマールストーンが交互に堆積したこの鉱区は1992年3月現在では約3,000万トンの可採鉱量と推定されている。

石灰石のCaO含有量は46~50%、マール石のCaO含有量は25~35%であり、日本のセメント工場で一般的に使われる石灰石に比べCaO含有量は低い粘土類の使用量を少なくすることができる。採掘はごく一般的なベンチカット工法が用いられ、採掘された岩石はダンプトラックで運ばれた後、インペラブレーカーにて30mm以下に破碎され工場のミックスベッドホールへ運ばれる。

(2) 粘土鉱山

粘土であるサンディクレイはその名の示すようにほとんどが10mm以下の砂である。アムラン工場で使われるサンディクレイはサナアとアムランの間にあるタクバンにてダンプトラックに積みこまれ工場へ運ばれる。このサンディクレイは約80%のSiO₂を含みトータルアルカリ含有量も約0.7%とさほど高くない。アムラン工場では石灰石とマールストーンを約9:1に混合した石灰石とサンディクレイの2種類でセメント原料が調合されその調合比はおおよそ92:8である。

(3) 石膏鉱山

石膏はサナアの北東約40Kmにあるクフラガより運ばれ95%以上の純度(CaSO₄・2H₂O)をもっている。工場に運ばれた石膏はサンディクレイと共用のクラッシュャにて30mm以下に碎かれる。

3) 設備概要

工場のレイアウトを Figure 4-1、フローシートを Figure 4-2、主な設備機器仕様を Table 4-1 に示す。

(1) 原料系

鉱山より運ばれた原料は各々のヤードに貯蔵されたのち所定の成分になるように計量機を通して調合される。石灰石類とサンディクレイの調合を補正させるためにハイグレードの石灰石ヤード及び計量機も設置されている。

調合された原料はおおよそ3%の水分をもっているがキルンからの排ガスを利用してサイクロンセパレーター付ボールミルにより乾燥及び粉砕が同時に行われる。

90 μ mのふるい残分が約10%になるように粉砕された原料はホモジェナイズイングサイロに投入され均質化される。また所定の調合原料を得るために蛍光X線分析計が導入されており迅速かつ精度の高い分析を可能にしている。

(2) 焼成系

日産1750トンの能力をもつNSP(New Suspension Preheater)タイプのキルンである。NSPキルンは他のタイプのキルンに比べキルンの単位容積当たりの焼成能力が高いためにプラント設備をコンパクトにすることができ、焼成消費量が低くしかも運転も容易であることから1970年代から急速に全世界に普及した。

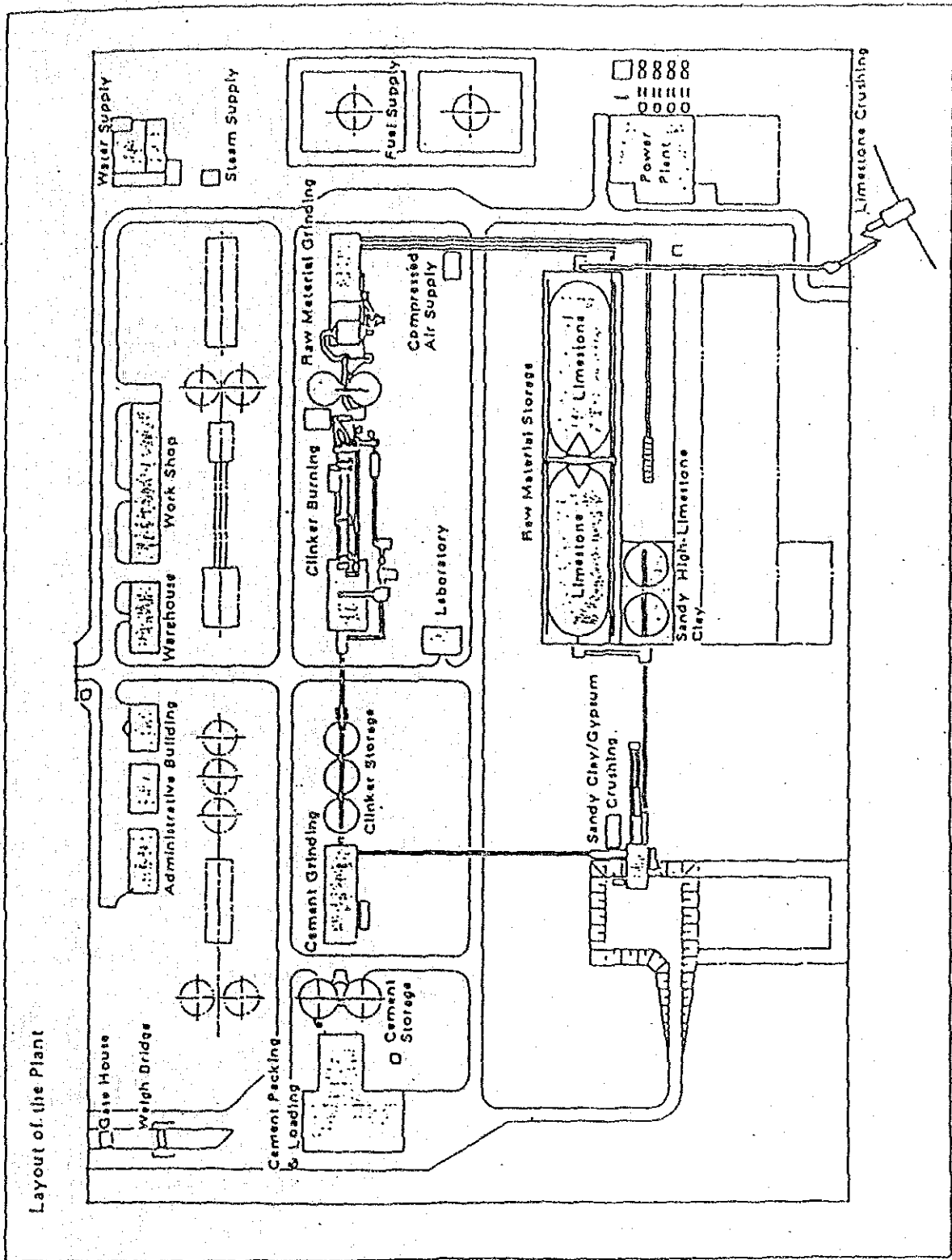
NSPキルンにはいくつかの種類があるがアムランセメント工場では世界でもっとも普及している焼成方式の1つであるSF(Suspension-Preheater with Flash Furnace)方式が採用されておりその熱消費量は約800Kcal/Kg-cementである。

焼成燃料にはC重油が使われているがその80%は仮焼炉(Flash Furnace)で消費される。キルンでの熱負荷を小さくしたことから、プラントの保全コストのかなりの部分を占めるキルンの内張り耐火レンガの寿命延長に大きく貢献している。

(3) セメント粉砕系

アムランセメント工場ではBS(British Standard) 12-1978に基づく普通ボルトランドセメントだけが製造されてる。キルンで焼成され、クーラーにて冷却されたクリンカーはサイロに貯蔵された後、約3%の石膏が加えられ原料ミルとほぼ同じシステムのボールミルにて粉砕されサイクロンセパレーターにて粗粉が分離され最終製品であるセメントがつくられる。その粉末度はブールン値で約3100 cm^2/g である。

Figure 4-1 Layout of the plant



(Source: Amran Cement Plant)

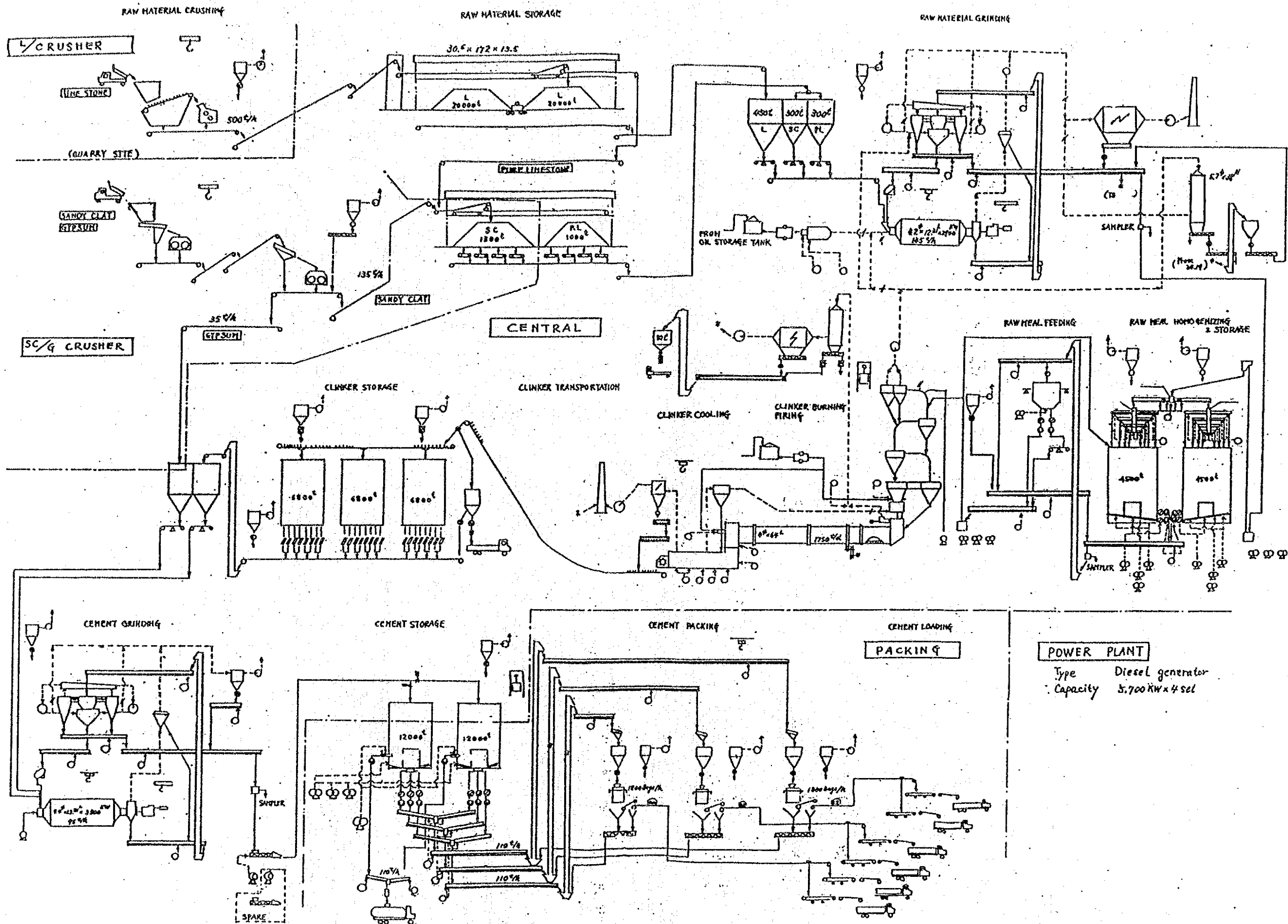


Figure 4-2 Flowsheet of the plant

(Source: Amran Cement Plant)

Table 4-1 Principal specification of the plant equipment

Equipment	System	Specification
Raw material crushing	Compound impeller breaker	500 t/h, 600/800KW
Limestone crusher	Double roll crusher, 2 stages	135 t/h (Sandy clay), 35 t/h (gypsum)
Sandy clay/Gypsum crusher	Chevron method mix bed with bridge scraper	20,000 t X 2 piles, 220 t/h
Raw material storage	Open stock pile	1,300 t (Sandy clay), 10,000 t (hi - limestone)
Limestone	Closed circuit compound mill with cyclone air separator	145 t/h, 4.2m ϕ X12.31ml, 2900KW, EP-dedusting
Randy clay/hi - limestone	Mixing chamber, concrete silo	4,500 t X 2 silos ~
Raw material grinding	IHI-SF precalciner - kiln with 25% kiln gas by-pass	1,750 t/d, IHI-SF # 129, 4.0m ϕ X60ml, EP-dedusting
Raw meal homogenizing	Horizontal grate cooler	1,750 t/d, # FB2-22
Clinker burning	Concrete silo	6,800 t X 3 silos
Clinker cooling	Closed circuit compound mill with cyclone air separator	95 t/h, 4.4m ϕ X13.81ml, 3500KW, Bag filter-dedusting
Clinker storage	Concrete silo	12,000 t X 2 silos
Cement grinding	8-spout rotary packer	90 t/h (1,800 bags/h at 50 kg-bag) X 3,
Cement storage	with loader conveyors, and bulk loading spout	100 t/h for bulk loading
Cement packing and loading	Diesel engine - generator with radiator cooling system	5.7MW X 4, IHI-SEMT 14PC2-5V engine,
Power plant	Closed circuit with cooling tower	570KW aux. diesel generator
Cooling water supply	Cone-roof tank	300 m ³ /h
Fuel storage	Packaged boiler	4,000 kl X 2 (Heavy oil and Diesel oil)
Steam Supply	Reciprocating compressor	2 t/h X 2
Compressed air supply		26.5 m ³ /h (suction) X 3

(Source: Amran Cement Plant)

(4) 出荷系

セメントはサイロに貯蔵され、そのうちの75%はロータリーバッカーにて袋詰めされ残りの25%はバラ積みにてユーザーに渡される。

(5) 発電設備及び冷却水

アムランセメント工場で消費される電力は全て工場内の4台のディーゼルエンジン発電機を有するパワープラントから供給される。またPEC(Public Electricity Corporation)よりの送電も可能であり一時期全電力をこれに頼ったが電圧降下のトラブルが頻発し、再び工場内の自家発電によりプラントを運転している。

プラントで使われる冷却水及び従業員居住地等で使われる飲料水用に約200mの深さの井戸を3本有している。

4.1.2 操業状況

1) 生産量の推移

1982年7月の試運転開始以来のクリンカー及びセメントの生産量は Table 4-2 の通りである。スベアパーツの不足及び重油・ディーゼル油の不足による頻繁な操業停止を余儀なくされた85年、86年を除きほぼ順調な操業を維持している。特にパーツの補充ができたここ2年間は運転開始以来最高の生産を行っており、当工場のレベルの高さを立証している。

2) セメントの品質

セメントの品質はTable 4-3 に示す通り、British Standard を十分に満足している。品質を表わす性質の中でもっとも重要な28日圧縮強度(28 days Compressive Strength)も平均 54.6N/mm^2 でありJISの強度に換算すると約 380Kgf/cm^2 となり、日本市場品の約 410Kgf/cm^2 に比べると劣るものの世界的には平均レベル以上にあると思われる。

懸念される点としてセメントの粉末度(Fineness)が年々粗くなってきておりセメントミルのボール構成が悪くなってきていると推察される。工場の担当者も補充するボールがないと訴えていることから、一時よりは良くなったとは言えスベアパーツの不足は依然として続いている。

Table 4-2 Clinker and Cement Production

	クリンカー生産量(t)	セメント生産量(t)	能力比 (%)
1982	168,300	154,700	(-)
1983	504,600	529,300	106
1984	505,400	519,100	104
1985	434,600	412,500	83
1986	357,800	418,100	84
1987	468,600	475,500	95
1988	462,000	501,400	100
1989	453,000	453,700	91
1990	514,600	553,800	111
1991	555,500	553,100	111

能力比(%); 年間セメント生産量(t) / 50万(t) × 100

(Source: Amran Cement Plant)

Table 4-3 Quality of cement

	B S	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Ig. loss	(%)	0.6	0.7	0.6	0.7	0.9	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9
Insol.	(%)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4
SiO ₂	(%)	21.5	21.0	21.1	22.0	21.5	21.4	22.1	21.2	21.2	21.0
Al ₂ O ₃	(%)	5.5	5.7	5.6	5.5	5.0	5.1	5.2	5.7	5.6	5.0
Fe ₂ O ₃	(%)	3.1	3.3	3.3	3.1	2.9	2.6	2.8	3.1	3.0	3.0
CaO	(%)	63.2	63.2	62.6	61.9	61.4	62.0	61.2	60.9	61.7	61.5
MgO	(%)	1.8	2.0	2.6	2.9	2.9	2.1	1.8	2.3	2.3	2.1
SO ₃	(%)	1.9	2.1	2.0	2.1	2.0	1.7	1.6	1.9	2.1	2.1
Na ₂ O	(%)	0.14	0.34	0.26	0.21	0.23	0.26	—	—	—	—
K ₂ O	(%)	1.00	0.98	0.91	0.88	0.81	0.88	0.90	0.97	0.79	0.88
Total	(%)	99.0	99.6	99.3	99.3	97.7	97.3	96.9	97.4	97.5	96.0
HM		2.06	2.06	2.04	2.00	2.06	2.09	1.98	2.00	2.04	2.07
SM		2.5	2.4	2.4	2.7	2.7	2.7	2.7	2.4	2.6	2.6
IM		1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.7
LSF		0.90	0.91	0.90	0.87	0.89	0.90	0.86	0.87	0.89	0.90
F-CaO		1.1	1.0	1.2	1.0	0.9	—	0.7	0.7	0.6	0.6
Fineness	Blaine(cm ² /g)	3130	3180	3200	3190	3220	3080	3020	3230	3120	3100
	88 μR (%)	1.2	1.1	1.2	1.2	1.8	2.1	2.9	2.6	2.3	2.3
	44 μR (%)	10.7	11.8	12.6	12.6	15.1	17.0	16.8	28.2	15.9	15.3
Setting time	Initial(h-min)	2-16	2-25	1-09	2-20	2-33	2-00	2-35	2-34	2-25	2-40
	Final (h-min)	3-19	3-11	2-04	2-52	3-28	2-90	3-45	3-33	3-27	3-31
Soundness											
	3 days(N/mm ²)	30.2	31.9	29.1	30.8	26.3	27.4	26.2	26.7	25.1	30.6
	7 days(N/mm ²)	39.6	40.9	38.6	39.4	37.2	39.6	39.9	39.1	—	—
	28 days(N/mm ²)	53.7	54.3	49.6	53.0	52.6	54.0	57.1	53.1	57.8	59.6

(Source: Amran Cement Plant)

3)キルンの運転状況

キルンの運転状況を Figure4-3 主要機器の運転実績を Table4-4 に示す。

1982年の商業運転以来のキルンの故障及び停止理由を分析すると次のようになる。

(1) 1982~83年

NSPキルンの弱点であるプレヒーターでの閉塞トラブルが多発した。これは原料中のアルカリがサイクロン内で濃縮、凝縮しサイクロン壁面に固く付着する。これが温度変化等により脱落しサイクロンシュートを閉塞するものである。しかしこれも近年普及した高圧エアブラスティングシステムの設置により徐々に解決された。

(2) 1984~85年

クーラー系の故障が目立ちはじめた。これはクーラープレートの脱落及びスピレーズチェーンコンベアのトリップによるものでパーツ不足に伴う補修不良から生じたトラブルと考えられる。

(3) 1986年

運転率がもっとも低い(78.5%)年であるが鉱山の重機のパーツ不足により原料の石灰石不足をきたした。また、正確な理由はわからないが、キルン燃料用の重油や発電用のディーゼル油が不足してプラントの停止が多発した。

(4) 1987~88年

ルーマニア人のテクニカルアドバイザーによれば雨期になると原料の石灰石が粘着性をもつために原料ホッパーに閉塞を生じると指摘している。また、クリンカークーラーのホッパー詰まりも多発しているようであり繰り返し故障を防ぐための抜本的対策が必要である。

(5) 1989年

電力はPECより供給されているが頻発に電圧降下が発生し、プラントの停止が増大した。変電所よりの送電中に地絡が生じるためであり工場側での解決は不可能であった。

(6) 1990~91年

度重なる電圧降下のトラブルを回避するために工場のディーゼルパワープラントを再開し安定供給を図った。

また多発していたクリンカークーラーのトラブルも解消しキルンの故障停止は著しく減少した。

今後の課題としてスベアパーツの確保、定期的保全修理の充実があげられる。

Figure 4-3 Operation Chart of kiln

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1982							Trial	Operation		2	12	
1983				15	25			8		17	23	22
1984	18	20	25	30	17	16	11	14	22	27	8	13
1985	12	3	17	4	17	12	8	8	16	7	29	10
1986	9	14	17	23	21	13	10	12	19	26	18	4
1987	16	31	26	7	26	6	15	1	5	20	21	23
1988	16	20	2	14	26	7	17	11	16	22	23	4
1989	5	17	18	1	21	10	2	4	19	25	5	7
1990	15	20	5	7	25	7	1	10	31	19	9	12
1991	1	9	4	20	10	17	15	9			1	14

(Source: Amran Cement Plant)

Table 4-4 Operating results of main equipment

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Raw Mill	Operation hour (h)	2162	6391	6255	5671	6942	6043	5726	6130	6650
	Run factor (%)	73.4	73.0	71.4	64.7	79.2	69.0	65.4	70.0	76.0
	Output (t/h)	124.4	125.3	125.7	118.2	143.8	140.4	127.9	134.6	135.1
Kiln	Operation hour (h)	2527	6979	6676	6156	7229	6081	5985	6463	7060
	Run factor (%)	85.7	79.7	76.2	70.3	82.5	69.4	68.2	73.5	80.6
	Output (t/h)	66.6	72.3	75.7	70.6	74.8	75.9	76.0	79.7	78.8
Cement Mill	Operation hour (h)	1646	5698	5959	5187	6740	5463	5116	5920	5568
	Run factor (%)	55.9	65.0	68.0	59.2	76.9	62.4	58.4	67.6	63.5
	Output (t/h)	93.9	92.9	87.1	79.1	92.2	90.2	88.7	93.5	99.3
Fuel consumption (l/t)	89.7	86.8	86.6	90.3	93.0	89.1	91.8	93.4	86.7	88.8
Specific power Consumption (KWH/t)	172.6	154.7	149.5	157.1	153.5	138.4	149.2	143.2	137.0	133.1

$$\text{Run factor} = \frac{\text{Operation hour}}{\text{Total hour per year}}$$

(including periodical maintenance and stock adjustment)

(Source: Amran Cement Plant)

4) 組織及び人員

(1) テクニカルアシスタント

1982年10月より商業運転がスタートしたがマネージメントサービス要員として日本人15名が1年間操業指導に当り初年度からフル生産を達成した。第2年目、3年目は日本人スタッフがそれぞれ8名、4名従事し技術移転を行った。その後1986年よりルーマニア人による運転指導が行われており、1992年3月現在では機械、プロセス、電気の技術者1名づつ合計3名が滞在している。

(2) フィリピン人

イエメン人主体の運転であるがこれと言った工業のない当国では機械の補修技能者が少ない。このため当初機械の保全及び修理要員として14名、電気、鉱山重機の修理にそれぞれ1名、合計16名のフィリピン人が従事していたがイエメン人の技術力向上に伴い1992年3月現在ではそれぞれ5名、1名、1名に減員されている。

(3) 工場人員

ルーマニアの3名、及びメンテナンス要員であるフィリピン人7名を除き全ての運転、保全、マネージメントはイエメン人によって行われている。人員構成は次の通りであり雇用確保の国策により運転当初の430名に比べ年々増加している。

Quarry	: 96名	Administration	: 41名
Quarry workshop	: 30名	Financial	: 78名
Packer	: 72名	Utility	: 64名
Maintenance	: 64名	Guard	: 46名
Production	: 80名		
Laboratory	: 27名		
Electrical	: 34名		
Power Station	: 30名		
Total	: 433名	Total	: 229名

Grand Total : 662名

(Source: Amran Cement Plant)

4.2 バジルセメント工場

4.2.1. プラント概要

1) 一般

バジルセメント工場は、イエメンの首府である サナアの東方約120km のバジルの郊外に位置する。プラントは1973年に旧ソ連の技術、資金援助で建設された、イエメン最初のセメントプラントである。

プラントはそれぞれ 670T/D , 330T/Dのクリンカ生産能力を有する 2基のキルンにより、年産 300,000トンのセメントを生産している。

2) セメント原料

プラントで使用される原料は、石灰石と粘土 であり、それぞれ 80% と20%の配合割合である。原料はいずれもプラントから 4km程離れたそれぞれの鉱山 にて採掘され、プラントに運ばれる。

このほか、副原料として石膏 を 5% , ポゾランを 8% 使用する。

3) 主要設備

プラントの主要設備は下記の通り。

LIMESTONE CRUSHER	: 120 t/h x 1
RAW MATERIAL GRINDING	: 40 t/h x 2
ROTARY KILN	: 湿式ロングキルン 670 T/D --- 4 m Dia.x 150mL 330 T/D --- 2.5m Dia.x 75mL
CEMENT GRINDING	: 25 t/h x 2 , 9 t/h x 1
UTILITY SUPPLY	:
- WATER SUPPLY	: プラント近郊の 6基の井戸より供給 消費量 : 1400 t/d
- ELECTRIC POWER SUPPLY:	プラント自家発電 (3000 KW X 4 SETS D/G PLANT) 又は買電 消費量 : 7.5 MW
- FUEL OIL SUPPLY	: マリブ 製油所よりタンクローリにて搬入 消費量 : 150 t/d

4.2.2. プラント運転

1) クリンカ、セメント生産

バジルセメント工場の設備は、セメントプロセスとしては旧式の湿式プロセスのため、乾式プロセスを採用しているアムラン工場、マフラク工場とは、その構成される設備も異なっている。

プラントは 15 名のエンジニアと 20 名のスーパーバイザを含む 650名で運転され、ほかに12～13名のロシア人のアドバイザーがいる。

1990-1991 年のクリンカ、セメントの生産実績を Table 4-5 に示す。運転は部品の供給難に悩みながらも、ほぼ目標の生産を達成している。

2) セメントの品質

セメントの品質はロシア規格が適用されている。

YCCにて分析した原料、セメントの品質を Table 4-6 に示す。

これに寄れば、セメントの強度などの物理的性質はデータがないため判断できないが、セメントの化学的分析値はほぼ満足出来るものである。

TABLE 4-5 CLINKER AND CEMENT PRODUCTION

MONTH	1990		1991	
	CLINKER	CEMENT	CLINKER	CEMENT
JANUARY	28,923	30,164	24,254	25,208
FEBRUARY	14,919	20,115	22,424	26,074
MARCH	16,352	16,499	25,732	27,708
APRIL	29,028	27,861	16,537	21,564
MAY	29,529	32,447	11,683	13,318
JUNE	25,180	26,006	27,048	24,827
JULY	25,292	20,920	24,216	19,303
AUGUST	26,093	23,518	15,598	20,374
SEPTEMBER	6,000	20,638	16,635	31,297
OCTOBER	13,962	12,975	18,525	29,206
NOVEMBER	20,500	21,902	20,752	25,703
DECEMBER	28,793	28,209	23,005	29,131
TOTAL	264,571	281,254	246,409	293,712

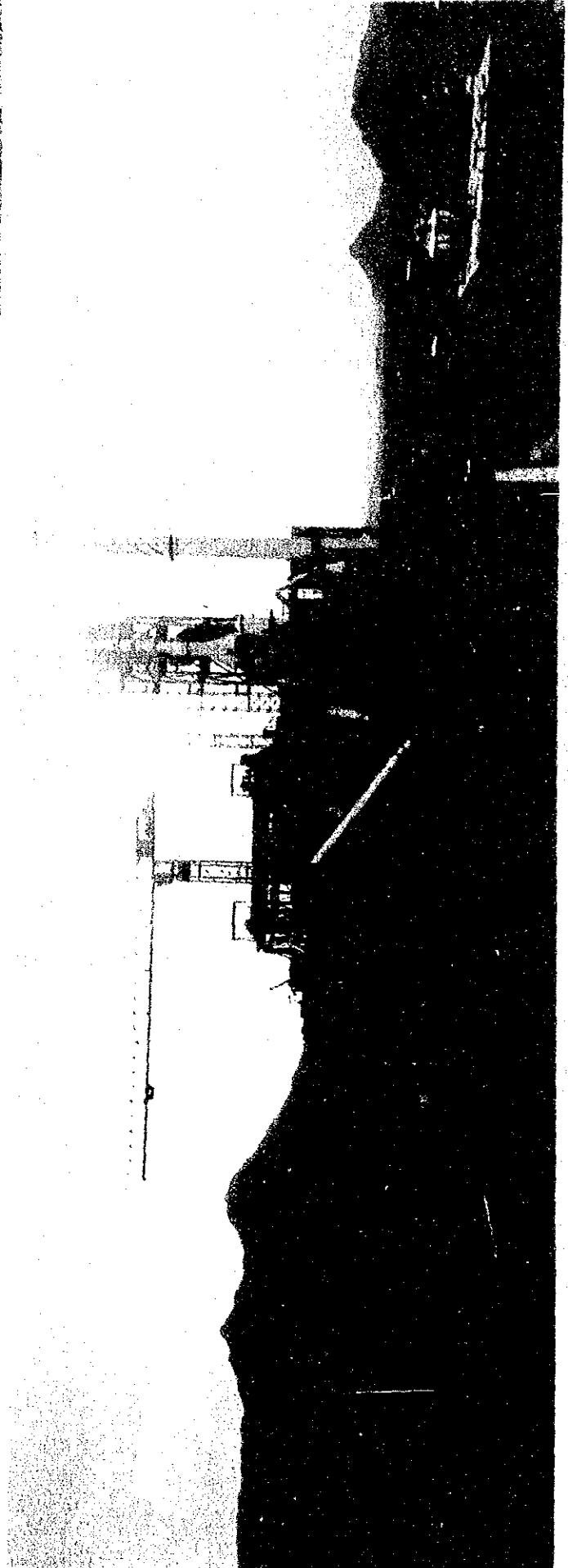
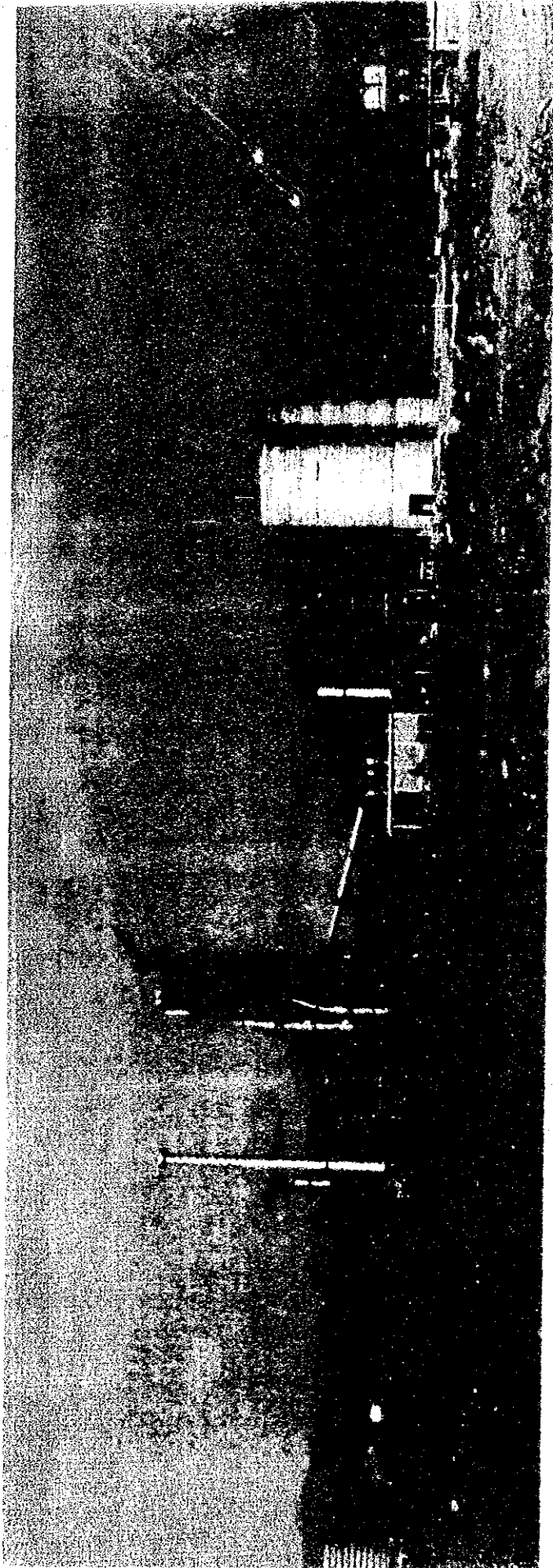
(UNIT : TONS)

(SOURCE : BAJIL CEMENT FACTORY)

TABLE 4-6 QUALITY OF RAW MATERIALS AND CEMENT

	LIMESTONE	LIMESTONE	CLAY	SLARRY	CLINKER	CLINKER	GYPSUM	ADDITIVE	CEMENT	CEMENT
SiO ₂	16.30	2.27	53.84	14.01	21.24	21.07	6.0	69.05	21.85	22.83
Al ₂ O ₃	4.18	0.38	11.88	3.63	5.58	5.54	1.08	10.56	5.68	5.58
Fe ₂ O ₃	5.44	0.25	7.05	2.72	3.98	3.99	0.56	2.80	3.85	3.95
CaO	39.78	55.63	9.95	42.83	64.24	64.24	32.0	9.94	59.30	59.70
MgO	1.56	0.77	3.57	1.52	1.95	1.95	0.54	0.24	2.50	2.0
Ig-loss	32.06	40.19	11.89	33.85	0	2.2		5.95	1.98	
TOTAL	99.52	99.73	98.18	98.53				98.27		
LSF				0.91	0.90	0.91				
SM				2.2	2.2	2.2				
IM				1.4	1.4	1.3				
C3S					56.6	58.5				
C2S					18.3	16.3				
C3A					8.0	7.9				
C4AF					12.1	12.1				

5	<u>建設中のマフラクセメント工場</u>	(ハ°-ジ°)
5.1	<u>マフラクセメント工場の概要</u>	5-2
5.1.1	プラントサイト	5-2
5.1.2	現地条件	5-2
5.1.3	プラント能力	5-2
5.1.4	プラント設備概要	5-4
5.2	<u>建設スケジュール</u>	5-15
5.3	<u>原料とユーティリティの確保</u>	5-16
5.3.1	原料の手当	5-16
	1) 鉱山	
	2) 採掘方法	
5.3.2	水供給	5-20
	1) プラントにおける必要水量	
	2) 水供給の現況	
	3) 水源開発の方針	
	4) 浅層地下水の開発	
	5) 考察	
	6) 水供給計画	
5.3.3	電力供給	5-28
	1) マフラクセメント工場 用電源	
	2) 電源仕様	
5.3.4	燃料供給	5-32
	1) 燃料消費量	
	2) 燃料性状	



MAFRAQ CEMENT PLANT
(UNDER CONSTRUCTION)

5 建設中のマフラクセメント工場

5.1 マフラクセメント工場の概要

5.1.1 プラントサイト

プラントサイトはイエメン第二の都市 タイズの南西 40km, タイズーモカ道路に面している。地形は石灰石鉱区の前面の平坦地である。

Figure 5-1 にプラントサイトの地図を示す。

5.1.2 現地条件

プラントサイトの現地条件は下記。

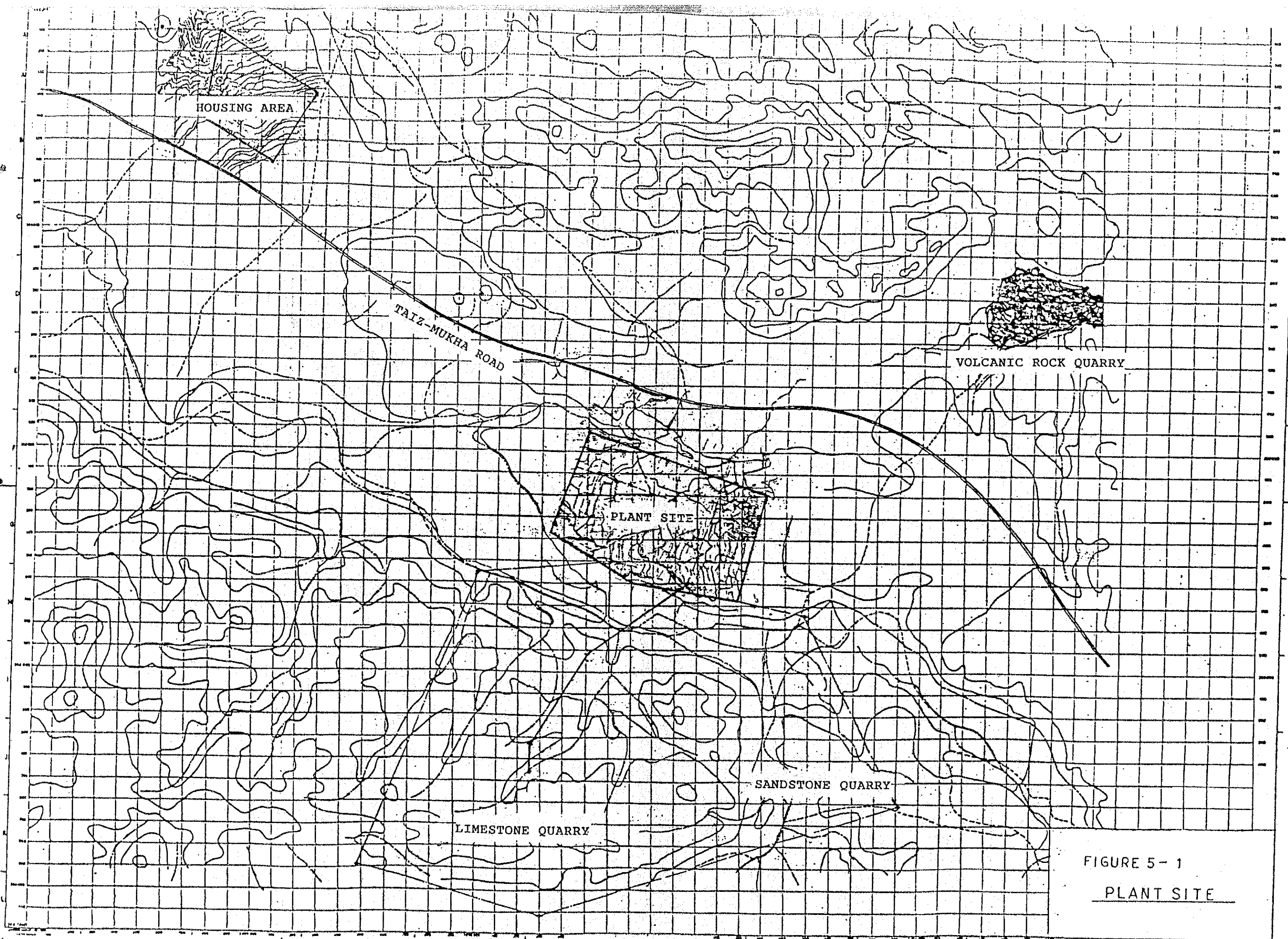
温度	:	最小 15℃,	最大 45℃
湿度	:	最小 30%,	最大 100%, 平均 50%
気圧	:	730mmHg	
風	:	最大風速 130 km/h	(西南西方向)
降雨	:	40mm/日	(最大 25mm/時)
海拔	:	650m	

5.1.3 プラント能力

マフラクセメントのクリンカー生産能力は日産 1750 トンであり、セメントに換算すると、その生産能力は年産 500,000トンである。

また、生産するセメントの品質は ASTM C-150-82, TYPE 1 であり、そのクリンカーの性状は下記となっている。

SiO ₂	:	22.2 %	LSF	:	0.91
Al ₂ O ₃	:	4.9	SM	:	2.6
TiO ₂	:	0.6	AM	:	1.83
Fe ₂ O ₃	:	2.9			
Mn ₂ O ₃	:	0.1			
CaO	:	64.0			
MgO	:	3.5			
Total		:	98.2 %		



HOUSING AREA

TAIZ-MUKHA ROAD

PLANT SITE

VOLCANIC ROCK QUARRY

SANDSTONE QUARRY

LIMESTONE QUARRY

FIGURE 5-1
PLANT SITE

5.1.4 プラント設備概要

クリンカー製造には 仮焼炉付乾式プロセスが採用されている。

その プロットプランを Figure 5-2 に、フローシートを Figure 5-3 に、主仕様を Table 5-1 に示す。

プラント設備は下記に示す様な SECTION に分類されている。

SECTION 10 原料鉱山

SUB-SECTION 101 石灰石鉱山

鉱山はプラントの東 1.5kmに位置し、石灰石鉱脈の北端の東側に開鉱される。石灰石は発破により採掘されたのち、フロントエンドローダーにより直接鉱山のモービルクラッシャーに投入される。

プラントに供給する為に1週間（6日稼働）に18,000トンが採掘される。

SUB-SECTION 102 火成岩鉱山

鉱山はプラントの北西 2kmに位置し、その採掘に発破は必要ない。

1週間の生産量は、およそ1500トンであり、その採掘はブルドーザーにより集められた後、フロントエンドローダーによりダンプトラックに積み込まれてプラント内の副原料クラッシャーに投入される。

SUB-SECTION 103 砂岩

鉱山はプラントの東 2kmに位置し、砂岩は発破の後ダンプトラックに積み込まれプラント内の貯蔵庫に貯えられる。

1週間での必要量は400トンである。

SUB-SECTION 104 石膏貯蔵

石膏は0-300mmサイズで、トラックによりプラントに供給され、石膏クラッシャー 近くの貯蔵庫に貯えられる。

貯蔵庫はフロントエンドローダーが操作しやすいように一部のみを屋根付きとしてある。

SUB-SECTION 105 その他原料供給と貯蔵

そのほかの原料は必要に応じ、トラックでプラントに運ばれ、それぞれ別々に屋外の貯蔵庫に貯えられる。

SECTION 11 原料粗砕、貯蔵とハンドリング

SUB-SECTION 111 石灰石粗砕とハンドリング

設備能力 : 500 t/h

石灰石鉱山で採掘された石灰石は、プラントに送られる前にモービルクラッシャーにて70mm以下に粉砕される。

その後、ベルトコンベアを経て、計量され、自動サンプリングされ、ミックスベッドに運ばれる。

SUB-SECTION 112 添加物粉砕とハンドリング

設備能力 : 100 t/h

火成岩、砂岩、その他原料は、プラントにトラックで運ばれ、貯えられる。

そこよりフロントエンドローダーにより、コンクリートホッパに投入されグリズリーフィーダーを経てインパクトクラッシャーに送られる。

クラッシャーで0-60mmに砕かれた原料は15mmの傾斜振動スクリーンに送られて、篩上はコーンクラッシャーで再び砕かれ、篩を通過した細粉と共にバケットエレベーター等のコンベアをへて原料ホッパーに送られる。

SUB-SECTION 113 石灰石ミックスベッド

設備能力 : 貯蔵庫 2 X 20,000 トン
投入 500 t/h
取出し 0-300 t/h

砕かれた石灰石はミックスベッドに貯えられる。ミックスベッドで予備混合された後、リクレイマー、ベルトコンベアをへて原料粉砕ホッパーに送られる。

SUB-SECTION 114 添加物ハンドリング

火成岩、砂岩、その他の補助原料はフロントエンドローダーにより添加物粉砕を経て、原料粉砕ホッパーに送られる。

SUB-SECTION 115 石膏粉碎とハンドリング

設備能力 : 20 t/h

石膏は貯蔵庫よりフロントエンドローダーによりコンクリートホッパーに投入された後、クラッシャーに送られる。クラッシャーにより 0-50mmに砕かれた石膏はベルトコンベア、エレベーターを経て、セメントミル前の石膏ビンに入れられる。

SECTION 12 原料供給

SUB-SECTION 121 原料粉碎と乾燥

設備能力 : 135 t/h

原料はホッパーからウェイフィーダー、ベルトコンベア、バケットエレベーターを経て原料粉碎整型ミルに送られる。

ミル内で原料は砕かれると同時に、熱風炉の熱風により乾燥され、ミルファンにより引かれてサイクロン、電気集塵機で捕集された後、エレベーターを通過して貯蔵サイロに貯えられる。

原料はサイロに送られる途中 自動サンプラーによりサンプリングされてラボラトリに送られ X線分析された後、コンピュータで処理され原料ミルフィードコントロールに反映される。

SUB-SECTION 122 粉末原料均一化と貯蔵

設備能力 : 3,800 t x 2 貯蔵サイロ
1,200 t x 1 均一化サイロ

原料ミルからの原料はサンプリングされた後、2組の貯蔵サイロに貯えられる。サイロ下部より原料は空気の力により排出され、連続式均一化サイロに送られサイロ内で均一化されエアスライドによりキルンフィード系又は貯蔵サイロに戻される。

キルンEPからのダストもまた均一化サイロに戻される。

サイロで均一化された原料はキルンフィード系に送られる途中サンプリングされ X線分析器に運ばれる。