

## 第 4 章

### 発電機設備

## 第 4 章 発電機設備

### 4.1 調査方法および調査結果

#### 4.1.1 調査方法

調査対象である既設 4 台の発電機および励磁機の概要は次の通りである。

<u>発電機仕様</u>		<u>励磁機仕様</u>	
出力	: 45,000 kVA	出力	: 160 kW
電圧	: 13.2 kV	電圧	: 220 V
電流	: 1,970 A		
周波数	: 50 Hz		
極数	: 12 p		
回転数	: 500 r.p.m.		
固定子巻線絶縁種別	: B種		

(注) 運開時期 : 1号機 : 1963年11月  
2号機 : 1963年12月  
3号機 : 1964年10月  
4号機 : 1964年10月

今回の現地調査は発電機および励磁機について次のような方法で実施した。

#### (1) 全負荷運転時

- 1) 各部の測定 (軸電圧、軸の移動、振動、騒音、各部温度、オイルリフター)
- 2) 外観目視点検 (油霧、漏油、漏水、刷子)

(2) 運転停止時

- 1) 固定子巻線の絶縁診断試験（絶縁抵抗測定、直流吸収試験、 $\tan \delta$  測定）
- 2) 回転子巻線の絶縁試験（絶縁抵抗測定、分担電圧測定）
- 3) 発電機軸の非破壊検査（2、4号機）（磁粉探傷検査、染色浸透探傷検査）
- 4) 主軸受メタルの非破壊検査（2、4号機）（目視検査、染色浸透探傷検査、超音波探傷検査）
- 5) 空隙検査（鉛線、隙見ゲージ、テーパーゲージ、スケール測定）
- 6) 外観目視点検（チェックシート）

4.1.2 現地調査期間

(1) 全負荷運転時

- 1) 分解前 : 7月17日
- 2) 再組立後 : 8月17日

(2) 運転停止時

- 1) 1、2号機 : 7月18日～7月31日
- 2) 3、4号機 : 8月1日～8月13日

4.1.3 調査および点検結果

(1) 全負荷運転時

1) 各部測定結果

a) 軸電圧

1、2、3、4号機がそれぞれ4.6 V、5.3 V、8.3V、6.2 Vであり軸絶縁は良好である。

b) 軸の移動

軸の水平方向の動きは最大値0.15 mm（ダイヤルゲージ測定による）であったが、軸方向のエンドブレイはスケール測定によれば3、4号機にはほとんど認められず、1、2号機はそれぞれ0.2 mm、0.6 mmで2号機が特に大きい。

（目安値：1 mm以内）

c) 軸受振動

最大でも1号機の励磁機側の水平方向で19 $\mu$ （両振巾）であり、全般に振動は小さい。（許容値：150 $\mu$  p-p）

d) 騒音

風胴回りで測定したが全号機で106～108デシベルでありかなり大きい。

e) 固定子巻線温度

上、下固定子巻線間の中心部に埋め込まれた6本のサーチコイルで固定子巻線の温度検出をしているが、運開時のデータと最近の類似条件下のその平均値の比較をすると下表の通りである。このデータから全号機が運開時に比べ巻線温度が平均10%位上昇していることが判る。

固定子巻線温度の比較

温度 号機	運開時 (A)	現在 (B)	比較	
	平均温度 (°C)	平均温度 (°C)	(B) - (A) (°C)	上昇率 (%)
1	68 (Nov. 18 / 63)	75.8 (Aug. 2 / 94)	7.8	11.5
2	68.2 (Dec. 14 / 63)	74 (Aug. 6 / 94)	5.8	8.5
3	63.7 (Oct. 27 / 64)	71.8 (July 17 / 94)	8.1	12.7
4	65.2 (Oct. 31 / 64)	71.8 (July 25 / 94)	6.6	10.0

f) 軸受温度上昇

主軸受メタルは冷却管理め込みの水冷式で主励磁機軸受メタルは自冷式である。軸受メタルの温度上昇値はそれぞれ制限値の45℃、40℃を超えていないが、次表に示す通り運開時との比較では1号機は殆ど変わらないが2号機の全軸受メタルの温度がそれぞれT/S（水車側）：15℃、E/S（励磁機側）：9℃、M/E（主励磁機）：15.5℃と高くなっている。又、3号機励磁機側主軸受メタル（E/S）が11℃、4号機主励磁機の軸受メタルが8.5℃高くなっている。

軸受温度上昇値の比較

温度 号機	運開時 (A)			現 在 (B)		
	主軸受メタル		M/E 軸受メタル	主軸受メタル		M/E 軸受メタル
	T/S	E/S		T/S	E/S	
1	15.1℃	13.1℃	17.7℃	14.5℃ (-0.6℃)	11.5℃ (-1.6℃)	15.7℃ (-2.0℃)
2	14℃	11℃	16℃	29℃ (15℃)	20℃ (9℃)	31.5℃ (15.5℃)
3	17℃	8℃	12.5℃	13℃ (-4℃)	19℃ (11℃)	14℃ (1.5℃)
4	15℃	7℃	15.5℃	13.5℃ (-1.5℃)	6.5℃ (-0.5℃)	24℃ (8.5℃)

温度上昇：主軸受メタル（軸受温度－冷却水入口温度）

M/E軸受メタル（軸受温度－室温）

( ) 内数値は現在と運開時の温度上昇の差を示す。

g) オイルリフターの状況

リフトアップ量は1、2、4号機が0.15 mm～0.18 mmであるのに対し、3号機だけが0.09～0.10 mmと他に比べ少ない。

2号機の励磁機側のオイルリフトポンプは運転後直ちに過熱し、10分位連続運転すると圧力維持が不可能になる。また、モーターは正常であるが、オイルリフトポンプ運転直後の再起動（リフトアップ）が不可能になる。

2) 外観目視点検

a) 油霧

軸受台回りの油霧は、水車側、励磁機側共微少である。

b) 漏油

1、2号機の水車側軸受台底面からと思われる10 cc/日位の漏油がある。

c) 漏水

1号機のベンストック側空気冷却器には漏水が認められ、運転中、水受がいっぱいになり排水管からの排水がやっとできる程（10l/時）の漏水量である。

d) 刷子の状況

主励磁機の刷子は全号機に火花の発生は見られないが、チャタリング音が出ている。

(2) 運転停止時

1) 固定子巻線の絶縁診断試験結果

中性点接続部を外し各相毎に、絶縁抵抗測定、直流吸収試験、誘電正接試験を行なった。

a) 絶縁抵抗測定 (Meg.)

1000ボルトメガーによって各相毎に測定したが、全号機共次表の如く絶縁抵抗値は正常である。

絶縁抵抗値

(単位：MΩ)

相 号機	U相	V相	W相
1	1,500	1,500	1,600
2	1,400	1,450	1,400
3	1,400	1,500	1,500
4	1,500	1,400	1,700

湿度 : 70%  
 巻線温度 : 30.5℃～34℃  
 室温 : 28～30℃

b) 直流吸収試験 (P.I.)

固定子巻線の各相ごとにD.C. 2 kVを印加して試験を行なった。吸湿程度を判定する成極指数のP.I.値 (絶縁抵抗10分値÷絶縁抵抗1分値) は下表の通りで乾燥状態は良い。

成極指数 (P.I.値)

相 号機	U相	V相	W相
1	3.82	4.18	4.05
2	4.00	4.10	4.10
3	3.68	3.75	4.14
4	3.76	4.13	3.80

(基準値：1.5以上)

c) 誘電正接試験 (tan δ 試験)

固定子巻線の各相毎に商用周波電圧 (最高 A.C. 9.5 kV ≒ 13.2 kV × 1.25 ÷ √3) を印加しtan δ 試験を行なった。4 kVの印加電圧におけるtan δ 値 (tan δ o値) と9.5 kV時のtan δ 値との差 (Δtan δ) を次表に示すが、Δtan δ 値は、全号機が基準値を越えており、固定子巻線の劣化が認められる。

tan δ o値とΔtan δ 値

相 号機	U相		V相		W相	
	tan δ o	Δtan δ	tan δ o	Δtan δ	tan δ o	Δtan δ
1	1.05%	3.55%	0.95%	3.50%	1.05%	3.60%
2	1.05%	3.35%	1.06%	3.14%	1.13%	3.07%
3	1.25%	3.15%	1.25%	3.25%	1.30%	3.20%
4	1.50%	3.30%	1.55%	3.55%	1.60%	3.30%

基準値       :   tan δ o (tan δ /4 kV) < 6.0 %  
                   Δtan δ (tan δ /9.5 kV - tan δ o) < 2.5 %

2) 回転子巻線の絶縁試験結果

2、4号機のみサブエンドベルの上半分を分解の上、スリップリングの刷子を外して回転子巻線の絶縁抵抗と各ポールコイルの分担電圧を測定した。なお、分担電圧測定はサブエンドベルを分解しないで実施できたので、当初予定していなかった1、3号機に対しても行なった。

a) 絶縁抵抗測定

500ボルトメガーによって測定し、結果は次表の通りである。全号機の測定地は基準値内ではあるが、2号機は、最初0.75 MΩで、コイル表面の汚損部をウエスで拭き取って再測定の結果1.5 MΩになったものであり、3号機と共に絶縁抵抗は余り良くない。



絶縁抵抗値

(単位：MΩ)

号機	1	2	3	4
絶縁抵抗値	14	1.5	1.3	20

(基準値：1MΩ以上)

湿度                  :      70%  
 コイル温度          :      30.5℃～34℃  
 室温                  :      28℃～30℃

b) 分担電圧測定

回転子巻線全体にA.C. 120 Vを印加し極間接続部に針を刺し込み2ポール間の分担電圧を測定しポールコイル層間の短絡の有無を試験した。分担電圧の差は下表の通りで、全号機とも基準値以内にあり層間絶縁に異状は認められなかった。

分担電圧値

号機	2 ポール分担電圧			電流	平均分担電圧との比率	
	最大値	最少値	平均値		最大値	最少値
1	20.30V	20.00V	20.10V	1.26A	+1.0%	-0.5%
2	20.32V	19.92V	20.15V	1.20A	+0.8%	-1.1%
3	20.26V	19.92V	20.11V	1.20A	+0.7%	-0.9%
4	20.33V	19.89V	20.05V	1.20A	+1.4%	-0.8%

(基準値：±10%以下)

3) 発電機軸の非破壊検査

1、3号発電機の主軸にクラックを生じたので1977年に新製品と取り替えた。今回、交換の行なわれていない2、4号機の軸本体とリップの溶接部分の非破壊検査を実施した。

a) 磁粉探傷検査 (M.T.)

ハンディ型マグナーを用いて極間法でリップと軸の溶接部の磁粉探傷検査を行なったが、進展性のクラックは認められなかった。

b) 染色浸透探傷検査 (P.T.)

磁粉探傷検査では不良箇所は認められなかったが、さらに染色浸透探傷検査を行ない異常の無いことを再度確認した。

4) 主軸受メタルの非破壊検査

2、4号機についてそれぞれ水車側と励磁機側の主軸受を分解し、目視検査、染色浸透探傷検査（P.T.）超音波探傷検査（U.T.）によって摺動部の当たり面チェック、ホワイトメタルのキズ、気泡、割れ、剥離などの有無を検査した。

a) 目視検査

2、4号機の水車側、励磁機側ともホワイトメタル内面の負荷部摺動面にわずかに異物によると思われる条痕が認められたが、焼付キズ、電食痕などは無く、軸との当たり面も正常であった。

ただ、4号機の水車側軸受メタルの上半分の反スラスト面（励磁機側）に長さ約43 mmのホワイトメタルの欠損があった。

また台金の外周球面部には2、4号機（水車側、励磁機側とも）全部に分解、組立時についたと思われる大きなカジリキズが認められた。

b) 染色浸透探傷検査（P.T.）

ホワイトメタルの内周面およびホワイトメタルと台金との接着境界部分について検査を行なったが、2号機の水車側軸受メタル（上、下）と4号機の水車側（上、下）、励磁機側（上、下）にそれぞれ基準を超える1 mm以上の深さのクラックが認められた。

c) 超音波探傷検査（U.T.）（添付図4.1参照）

パルス反射法によりホワイトメタル全面の検査をしたが、許容値を超える気泡、剥離は負荷側（下部）には認められなかった。しかし、2、4号機とも水車側軸受メタルの上部（無負荷部）に許容値の約2倍の大きさの単独欠陥があった。

5) 空隙検査の測定結果

a) 固定子鉄心と回転子磁極鉄心との空隙

テーパーゲージとノギスによって全号機の水車側および励磁機側の両側から測定した。

空隙の平均値はそれぞれ1号機：24.22 mm、2号機：24.23 mm、3号機：25.09 mm、4号機：25.05 mmで基準値（ $25.5 \pm 2.55$  mm）内であったが、1、2号機は偏心量が大である。（添付図4.2参照）

b) ファンギャップ

水車側、励磁機側の両方でサブエンドベルとファンの羽根（中心部）の間の空隙をスケールで測定したが、平均空隙は2号機を除き1、3、4号機全部が基準値から外れており、特に局部的空隙は基準値（ $13 \pm 3.9$  mm）を大きく超えており最高25.5 mmもある。

c) 主軸受メタルギャップとオイルシールギャップ

分解した2、4号機について水車側と励磁機側両方のギャップ測定を行なった。主軸受メタルは鉛線とマイクロメーターで測定したが次表の通り2、4号機の水車側がわずかに基準値を超えている。

主軸受メタルギャップ

(単位：mm)

ギャップ 号機	水車側	励磁機側
2	1.25	0.91
4	1.31	0.90
基準値	1.05～1.19	0.80～0.93

ベアリングオイルシールは上半分メタルのみ隙見ゲージで軸とのギャップを測定したが、全箇所基準値を大幅に超えており、最大値は次表の通りである。

ベアリングオイルシールギャップ（最大値）

（単位：mm）

ギャップ 号機	水車側	励磁機側
2	1.54	0.99
4	1.40	1.50
基準値	0.60～0.75	0.50～0.75

d) 軸受台オイルシールギャップ

軸受台に取付けてあるオイルシールと軸との間のギャップを隙見ゲージで測定したが、全箇所大幅に基準値を超えており最大ギャップ値は次表の通りである。

軸受台オイルシールギャップ（最大値）

（単位：mm）

号機 測定値	1	2	3	4	基準値
水車側	1.35	1.50	2.07	1.80	0.15～0.30
励磁機側	1.48	0.85	1.10	1.60	0.15～0.30

e) 風胴エアースीलギャップ

水車側と励磁機側について全号機の風胴のエアースीलと軸との間の空隙を隙見ゲージで測定したが、全箇所次表のように大幅に基準値を外れておりほとんどエアースीलの役目を果たしていない。現に励磁機側は、スリップリングの刷子からのカーボンドストとオイルペーパーの吸い込みで固定子巻線、回転子ポールコイルの表面が汚損されている。

風胴エアースीलギャップ値

(単位：mm)

測定値		号機				基準値
		1	2	3	4	
水車側	最大値	4.90	5.20	3.95	3.00	0.15～ 0.20
	平均値	3.25	2.76	2.34	2.48	
励磁機側	最大値	5.10	3.50	4.30	3.25	
	平均値	4.20	3.08	2.91	2.68	

f) スリップリング用刷子保持器ギャップ

スリップリング表面の摩損が大きいため測定は、正確ではないが、その値は次表の通りでほとんどの箇所が基準値を外れている。

刷子保持器ギャップ値

(単位：mm)

号機		1	2	3	4	基準値
測定値						
最大値		3.8	4.1	4.5	6.3	4±0.5
最小値		2.2	2.9	2.5	3.2	
平均値		2.8	3.4	3.3	4.4	

6) 外観目視点検結果

チェックシートによって各部の外観目視点検を行なった。

a) 固定子鉄心

ダストの付着、堆積は永年の運転の割には少なく、ダストによるエアダクトの塞がりほとんど無い。また、鉄心の歯先の緩みもほとんど認められない。しかし、鉄心端部の1ブロックが水車側、励磁機側とも局部過熱しており、青色に変色し、表面ワニスの剥離が認められる。全号機同じような状態である。

b) 固定子巻線

固定子鉄心のスロット端で固定子巻線の表面に白色のコロナマークが認められる。これはほとんど全号機の水車側、励磁機側の両端部で見られる。またこのコロナマークは上、下コイルの間の層間絶縁の部分でも認められた。

固定子巻線表面はオイルペーパーとカーボングラスト（励磁機側のみ）、粉塵で汚損されているが長年運転の割には汚れは少ない。

固定子鉄心端から約50 mmの所で固定子巻線のコロナ防止用低抵抗塗料と高抵抗塗料の境目に巻いてあるテープがところどころ剥離しており、その周辺の絶縁表面が少し変色している。

1号機の水車側固定子巻線の端部には、ファン破損事故時にファン羽根の破片によって損傷したと思われる部分の補修跡がある。

上コイルと下コイルの間に入っている層間絶縁は、ほとんどが抜け出しており、大きいところでは50 mm位抜け出しているものがある。

固定子鉄心のスロットと固定子コイルの間に挿入してあるスロットライナー（サイドマイカルタ板）が破損し脱落していた。破片は焼損している。

固定子巻線端部の縛りひもの緩みは、ほとんど認められないが1号機の水車側でコイルサポートリングとコイルエンドやサポートブロックとの間で白い磨耗粉が見られた。

固定子巻線をおさえている楔はテストハンマーで確認したところ、全号機がほとんど緩んでいて楔の役目を果たしていない。

特に1号機の水車側の楔は一番端部で10スロット連続で1本/スロットが破損脱落している。破片の一部はエンドベル内に約150 g（楔5本分）、エアークレーターの水受け皿に少々溜っていた。この楔の直接破損原因は1980年のファン羽根破損事故によると思われる。この時約5本分の楔破片を回収、清掃しており、1年前の点検時はなかったことから、この1年間で約5本の楔が材料の経年劣化によって破損脱落した可能性も考えられる。

この他4号機では、水車側の端部から3本目の楔が欠落して無くなっている。これらの状況から楔は材料が布入りベークライトであるため経年劣化しかなり脆くなっていると思われる。

c) 回転子

ポールコイルは、層間の隙間も無く絶縁のはみ出しも認められない。しかしながらポールコイルの表面には、全号機オイルペーパー、塵埃による汚損が見られ、励磁機側にはカーボンダストも加わって汚損が大である。このため、2、3号機の絶縁抵抗は低下しており基準値をやっと満たしている状況である。

1号機の水車側ポールコイル (No. 1, 2, 12) のフィン部分には、ファン羽根破損事故時についたと見られる損傷跡が見られる。その他、2号機ではポールコイルおさえ用スプリングワッシャー部の絶縁板の破損、ローターリードおさえ用クリートの緩みが認められた。

d) ファン

1号機水車側のファン羽根 (No.16) が破損欠落している。また励磁機側ファンの羽根には溶接手直しの跡が認められた。

e) 空気冷却器

全号機とも老朽化しており、冷却管を支えている支持板の穴と冷却フィンの間には、磨耗によって大きな隙間ができており大きく揺動する。特に、漏水のある1号機のペンストック側空気冷却器は揺れが大きい、またこの冷却フィンの針金破損片が水受皿に落下し溜っていた。

f) スリップリング

3号機を除き他の3台のスリップリングの摺動面は、中央が低く舟底形に摩耗している。表面は1、3号機がやや滑らかであるが2、4号機は荒れている。4号機は外側 (励磁機側) の外径が内側より小さく1.6 mm位の段差があり、低い方のスリップリングは溝深さが約1 mmでほとんど溝の余裕がない。溝の面取りも1、3号機には若干あるが2、4号機にはほとんど無い。

スリップリング表面磨耗深さ

(許容値：溝深さ2mm以上、溝面取りが残っていること)

(単位：mm)

号機 磨耗量	1		2		3		4	
	E/S	T/S	E/S	T/S	E/S	T/S	E/S	T/S
磨耗量	0.51	0.71	0.90	0.65	0.07	0	0	0
残り溝深さ	2.5	2.5	3.5	3.8	2.5	2.2	1.0	2.6

(E/S：励磁機側、T/S：水車側)

また、刷子ホルダーのボックスの摩損が著しい上に刷子との間のギャップが大きく、刷子が正常に保持されていない。

g) 1号機水車側サブエンドベルの内側リブ（4箇所）にファン羽根破損事故の時叩かれたと思われる打痕変形が見られる。

h) 冷却水配管

一部オイルクーラー用水配管を分解し、内面を点検したところ、腐食がかなり進行していることが確認された。

i) 計器類とケーブル

ダイヤルゲージは、全号機ともほとんど故障しており正常に温度を指示していない。フローリレーも同様に正常に働いていない。また、計器用のケーブルは、老朽化しており被覆に劣化クラックが発生しており信頼性に欠けるものがある。このように、機内配線全体に老朽化が認められた。

j) 主励磁機と副励磁機

固定子と電機子にはカーボンダスト、塵埃による汚損が若干認められるが比較的に入手が良い。ただ、全号機とも整流子の表面荒損が大で、条痕も多い。特に4号機はマイカカット溝がほとんど無く、面取りも無くなっていてバリが出ており溝巾が0.2 mm位しか無い所があって非常に危険な状態である。



整流子の最大摩損深さ

(単位：mm)

機種 \ 号機	1	2	3	4
主励磁機	0.90	0.21	0.35	0.90
副励磁機	0.3	0.8	0.5	1.2

刷子ホルダーのボックスは、磨耗が大で刷子は緩く保持された状態である上に、刷子の磨耗も異常である。また1、3号機の刷子ホルダーのスプリングが破損し、溶接で補修している。

k) 補用品

保管中の2、4号機用スペアシャフトはジャーナル部、スリップリング表面にも発錆は無く、わずかにフランジ部カップリング穴に錆が出ている程度である。主軸受メタルは水車側、励磁機側各1組のスペアがあるが、このうち水車側のスペアとして保管されているものは使用済のものであり損傷している。スリップリング(2台分)、ポールコイル(N.S.各1個)、ステーターコイル、ステーター楔、楔下(ライナー)、縛りひもなどのスペアがあるが、ステーター楔、楔下は布入りベークライト製であり経年劣化が著しい。特に楔下はほとんど使用不可能な状態と推定される。

7) 所見

本機のような30年以前の製造発電機では、運開後3～5年位で主要部品を分解して、全体の初期点検、保守を行ない、その後は、この初期点検結果を運転条件に合わせて5～10年毎のインターバルでオーバーホールを行なうと云うのがメンテナンス上の通例である。1、3号機がそれぞれ1度だけ軸交換のため固定子を二分割して、固定子を吊り出した経緯がある。この機会に一般的な点検・清掃を実施したのみである。2、4号機は、これまで一度も回転子を吊り出しての保守点検を行っていない。このように、全号機は運開後今日に至る約30年間に本格的なオーバーホールは一度も実施されていないと言っても過言ではない。それにも係わらず、今日まで大きな事故も無く運

転を継続できている理由は、

- i) 起動停止の回数が比較的少ない。
- ii) 主軸受部にオイルリフターを備え、起動停止時の低速領域（50%以下の回転数）でオイルリフターによって自動的に油膜が形成されるような構造である。
- iii) 日常点検、代用の材料、部品で間に合う部分の保守、軸受メタルの分解手入れを機会ある毎に行なっている。

などの好条件に支えられているからであろうと考える。しかしながら、今回の調査では数多くの問題点が発見されている。問題点の中には、何らかの対策を施さないと、将来運転の継続に重大な支障を与えるような大きな問題がいくつかある。

4台の発電機のうち1、3号機の旧主軸にクラックが発生し、2、4号機の旧主軸にはクラックが発生していないという理由を明確にすることは非常に困難であるが、4台の主軸は同一設計同一仕様の材料で製作されているが、製造工場が異なるという事実がある。

抜本的対策が必要と思われる主な問題点について以下に見解を述べる。

a) 固定子鉄心の局部過熱

発電機の固定子端部の鉄心歯部には、端部漏洩磁束が垂直に侵入するため、多大な渦電流損失が発生し鉄心端部の過熱の原因となる。今回の現象はこの渦電流損失によるものである。この局部過熱で端部の1ブロックでは鉄心板1枚1枚の両面に塗布されている絶縁ワニスが、おそらく焼損し鉄心板層間絶縁の効果はほとんどなくなっていると推定できる。

また、固定子巻線からのコロナ放電によって、固定子鉄心のスロット内部に損傷が生じている可能性もある。

以上の理由から、たとえ固定子巻線を入れ替えるにしても現在の固定子鉄心を使用することはできないし、局部過熱の対策としても鉄心端部の形状を変える必要があり、固定子鉄心を新製し、積み直しをすることになる。固定子鉄心を新製する場合、スロット寸法、巻線導体寸法などを見直し、高効率化を図るこ

とが可能である。

b) 固定子巻線の絶縁劣化

鉄心端部の局部過熱、コロナ放電、楔の緩みによる振動などでスロット内部の絶縁損傷が考えられるし、絶縁診断試験結果でも $\Delta \tan \delta$ 値が基準値を超え絶縁劣化の兆候を示していることなどから固定子巻線の全面的な更新が必要である。

c) 励磁機の静止型サイリスタ化

整流子の刷子の保守、刷子の摩損問題などメンテナンス上の問題解決と性能向上のため、既設直結型励磁機を撤去し、静止型サイリスタ励磁機の採用を提言する。

## 4.2 維持・管理の実態および特別緊急補修案

### 4.2.1 維持・管理の実態

今回の調査で発見された問題点の大半は、定期的な点検、保守、オーバーホールをやっていれば早い時期に発見でき、比較的少いコストと短い停止期間で補修が可能と思われるものである。

運開以来、一度もオーバーホールをしていないにもかかわらず、今日まで大事故も無く、しかも現在でも全負荷運転ができるという実績による自負がそうさせたのかも知れないが、この発電所の維持・管理の方法は予防保全的なものとは違い、日常の外観目視点検を行ないつつ、トラブルが発生した時点で、不具合部を補修していくというものと思える。現在でも1号機のエアークーラーの漏水、固定子楔10本の欠落、2号機のオイルリフトポンプの不具合、4号機の励磁機整流子の荒損などの状況のまま運転を継続しており、単にコストや停電期間の問題だけで無く運転不能に至る重大障害を未然に防ぐための予防保全的視野に立った管理手法の導入を図る必要がある。

一方、発電所の記録によれば、

- (i) 1977年： 1、3号機の主軸クラック事故のため、メーカーの指導員のもと、固定子を分割、回転子の吊り出しの上、主軸の交換。
- (ii) 1980年： 1号機のファン羽根破損の修理。
- (iii) 1982年： 2号機の主励磁機軸のクラック事故の補修（スペアで交換）。
- (iv) 1983年： 4号機の主軸受台（励磁機側）の位置ずれの修正、およびスリップリングの表面損傷修理（グラインダー仕上げ）。
- (v) 1990年： 3号機のスリップリング表面損傷のグラインダー仕上げによる補修。

などの補修作業を実施した経験をもっている。この他に発電機停止が許された時に主軸受メタルの分解、手入れ、主、副励磁機の整流子のマイカカット、面取りなどの保守作業を、全て保守グループの手で実施しておりかなり高いメンテナンス技能をもっている。

今回調査のために保守グループが行なった主軸受メタルの分解、再組立、固定子巻線中性点の接続部分解、再接続、絶縁などの作業を見ても充分その技能レベルが立証されている。特殊作業の初回指導と必要材料、部品の供給さえなされれば、勤勉さ、実直さ、正確さ、手先の器用さを持った彼等だけに繰り返し作業はほとんどできる能力がある。維持・管理を適切に実行するためには発電機器の特性を熟知し今後の緊急改修作業を通じて保守、点検技術、技能のノウハウを修得して、維持・管理の向上を図る必要がある。

#### 4.2.2 特別緊急補修案

発電機は現在数多くの問題点を抱えたまま運転をしており、いつなるとき突発的な事故がおきても何の不思議も無い状態である。何の対策も施さずに現状の負荷運転を継続することはきわめて危険である。

たとえば、固定子巻線の楔の破損欠落部はこのまま放置すると連鎖的に他の楔を破損脱落させ固定子コイルの保持が不十分となってコイルの振動を助長し、ついには絶縁破壊を招き大事故に継がる可能性が大きいと推定される。

さらに、現在起きているコロナ放電現象も、コイル各部のギャップ増大によってより活発となって絶縁層の浸食が起き地絡事故へと発展することが考えられる。

後述の緊急改修計画では基本的に固定子枠、回転子、主軸、軸受台、風道（ハウジング）のような主要部品は、そのまま使用することが前提であり、その緊急改修が実施するまでの間、本機のトラブルを最小限に食い止め、大きな事故を起こさないで運転を継続するよう維持・管理しなければならない。以下述べるような特別緊急補修が重要かつ不可欠であり早急に全号機について順次実施することを提言する。

- (i) 1、4号機の固定子、欠落楔の修理と、その他全号機について端部だけに極端な緩みのある楔の入れ替え。
- (ii) 1号機のベンストック側エアクーラーの漏水部補修。
- (iii) 2号機の励磁機側オイルリフトポンプの更新。
- (iv) 4号機の主・副励磁機整流子表面のストーン仕上げ、マイカカット、面取り補修。
- (v) 1号機水車側ファン羽根欠落部の補修。
- (vi) 1、3号機主軸受メタルの分解、検査（P.T.）、補修。
- (vii) 補用品の確保、（主軸受メタル T/S、E/S各1組、スリップリングおよび励磁機用刷子、オイルリフトポンプ、消火システム用リレイなど）

（注）上記補修作業の他一般的な定期点検、保守作業（例えば固定子、回転子の気吹き清掃、主軸受メタルの分解、点検、主・副励磁機の整流子表面ストーン仕上げ、マイカカット、面取り、スリップリングの表面仕上げ、固定子楔の点検、保守、エアクーラー、オイルクーラーの漏水点検などの作業）を最低でも1年に1回（できれば6ヶ月毎）実施することが必要である。

なお、これらの作業のためには、T/S、E/S両端部の風胴の分解、サブエンドベルの分解、吊り出し、ファンボスの取外し、移動が必要である。

### 4.3 緊急改修計画

この計画はコスト、納期、保守の容易性、技術移転などを重点に考え、健全と思われる主要部品、すなわち固定子枠、主軸、回転子センター、回転子ボール、主軸受台、風胴などの再使用をベースにして可能な限り現地作業を条件で改修を行ない本機の老朽化阻止と機能回復を図るものである。計画は次の通りである。

- 1) 固定子鉄心の更新（固定子巻線と鉄心の解体、新製固定子鉄心の現地コアー積み、固定子枠は旧品使用、コアー積みはリング積みで二分割廃止）
- 2) 固定子巻線の更新（新製コイル入れは現地）
- 3) 励磁機の静止型サイリスタ化（スリップリングブラッシおよび自動電圧調整装置の取替を含む）
- 4) 回転子の吊り出し方法の改善（添付図4.3参照）
- 5) 風胴上部の改造（エンドベル分解吊り出し方法の改善）
- 6) 主軸受メタルの更新
- 7) エアークーラーの更新
- 8) オイルクーラーの更新
- 9) 軸受潤滑油用循環ポンプの更新
- 10) オイルリフターの更新
- 11) 全計器類の更新（ダイヤル温度計、抵抗温度計、流量計、リレーなど）
- 12) オイルシール、エアーシールの更新
- 13) 機内配線の更新
- 14) 配管の更新
- 15) 軸電流防止絶縁、各部パッキン類の更新
- 16) レベル、センターリングの修正
- 17) 主軸受台の漏油箇所の補修
- 18) 騒音対策（吸音パネル壁の取付）
- 19) 補修塗装
- 20) 補用品の供給

#### 4.4 緊急改修計画の基本設計

本節では提案した緊急改修計画に関連する基本設計に就いて述べる。

発電機を少なくとも下記の仕様・性能を満足するように改修する。

1)	定格	連続
2)	定格出力	45,000 kVA
3)	定格電圧	13.2 kV
4)	定格電流	1,970 A
5)	定格周波数	50 Hz
6)	定格力率	0.89 (遅れ)
7)	定格回転数	500 r.p.m.
8)	効率	定格出力、電圧、回転数、力率に効いて98%以上
9)	短絡比	1.1以上
10)	波形	波形の歪は5%以下
11)	固有電圧変動	定格状態に於いて30%以下
12)	温度上昇	固定子巻線：80℃以下
13)	最高温度	主軸受：65℃
14)	絶縁	F種
15)	接続	星形、中性点変圧器接地

##### (1) 固定子鉄心の更新ならびに固定子枠の改造

新製固定子鉄心には、高級珪素薄鋼板の積層板を使用する。積層鋼板は打ち抜き後、両面を絶縁コーティングし、渦電流による損失の少ないものを使用する。

固定子枠は現用を使用し、固定子鉄心は現地で環状にオーバーラップし1体となるように積層し、運転中にうなり、振動を生じないように均一に締め付けられる。

固定子鉄心には、風損、摩擦損の少ない冷却用空気ダクトを配置する。

既設固定子枠は水平中心位置で上下に2分割される構造である。改造後は上下1体化され又回転子を横引きするため固定子ならびに回転子を同時に約450mmジャッキアップするため固定子枠に4ヶ所のジャッキ受けを取付ける。

## (2) 固定子巻線の更新

固定子巻線はワンターンコイルとし接続は既設と同様星型とする。コイルの絶縁はF種の非可燃性高級樹脂を真空含浸させたものである。改修したコイルは湿気にさらされてもこれに侵されることなく、又半導体コウバウンドでコロナ防止遮蔽が施されたものとする。

コイルは仕様の温度に異常なく連続に耐えなければならない。コイルは巻線に成形され互換性がなければならない。全てのコイルは現地で固定子鉄心に挿入されてコイルエンドは接続され適当な方法で絶縁を施す。

コイル導体にはIECまたは国際規格の電気用軟銅以上の導電率もった鋼材を使用する。

## (3) 励磁機の静止型サイリスタ化

ダニム発電所の発電機の励磁方式として、直流励磁機、ブラシレス励磁機および静止型サイリスタの3方式が採用可能である。以下にその比較を示す。

	直流励磁機	ブラシレス	サイリスタ
1) 現地工事			
a) 既設直流励磁機の撤去	必要	必要	必要
b) 新直流励磁機の据付	必要	—	—
c) ブラシレス励磁機の据付	—	必要	—
d) 主軸孔明け加工 (ローターリード配線用)	—	必要	—



	直流励磁機	ブラッシレス	サイリスタ
e) 主軸端加工 (SSG 取付用)	—	—	必要
f) スリップリング、ブラシの取替	必要	—	必要
g) 既設AVR、M-G の撤去	必要	必要	必要
h) 新AVR キュービクルの据付	必要	必要	必要
i) サイリスタキュービクルの据付	—	—	必要
j) 励磁変圧器の据付	—	—	必要
k) 13.2 kV キュービクルの改造 (励磁変圧器用ケーブル接続用)	—	—	必要
2) 性能			
a) 電圧速応性	普通	普通	速い
b) 付属機能の付加	容易	容易	容易
3) 保守			
a) 整流子およびブラッシ	必要	—	—
b) スリップリング、ブラッシ	必要	—	必要
c) サイリスタの冷却ファン	—	—	必要 (数年毎に ファン取替)
4) 費用			
総合費用	高い	基準	安い

上記結果から静止型サイリスタ励磁装置は、保守性でブラッシレス方式より劣るが、性能、価格の点で他の方式より優れているので静止型サイリスタ励磁装置を採用する。

静止型サイリスタ励磁装置は、励磁変圧器、サイリスタ整流器、界磁遮断器、初期励磁装置、自動電圧調整器、その他必要な付属装置一式を含む。

#### (4) 回転子吊り出し方法の改善

現在オーバーホールで発電機の回転子を吊り出すには、先づ固定子を水平中心線で2分割し

上部固定子を取り除いた後回転子を吊上げる方法が採用されている。従ってオーバーホール  
の度毎に合せ目のコイルの切り離し再接続が必要となり、そのためオーバーホールのための  
時間と費用がかさむ。励磁装置の取り替えと相まって固定子を分割することなしに回転子を  
軸方向励磁機側に引出す方法に改善する。

発電機回転子引出しは基本的に次の順序で行なう。

- 1) 水車ハウジングカバー、ランナ、発電機風胴、エンドベル、軸受上部、励磁機等を分  
解した後、発電機引出し用延長軸を接続する。
- 2) 発電機固定子と回転子を回転子が横引き出来る高さ（約450m/m）迄同時にジャッキ  
アップする。
- 3) 励磁機側軸受台を取除き、そのあとに回転子引出し台車を据付け回転子の励磁機側軸  
を乗せる。
- 4) 回転子水車側に取り付けた延長軸を天井クレーン（120/30/5T）で吊り、回転子を励  
磁機側に移動し固定子外部に引出す。
- 5) 回転子を仮受け後、回転子の中心をクレーンで吊り替え、所定の作業場所に移動する。

組立ての場合は上記の逆の順序で行う。

本改善のために固定子枠の改造、ジャッキ、振れ止め、台車、埋込レール並びに延長仮軸の  
改造品供給を行う。

#### (5) 風胴の改造

発電機コイル端部点検のためエンドベルの分解吊出しが容易に出来るように風胴上部を改造  
する。

(6) 主軸受メタルの更新

新製メタルは既設と同じ寸法で性能は同等又はそれ以上のものとする。

(7) エアクーラーの更新

新製エアクーラーは既設より冷却効率が高く寿命の長いものとし、発電機への取付けは既設寸法に合わせる。

(8) 軸受オイルクーラーの更新

新製軸受潤滑油クーラーは既設の 120% の冷却容量をもったものとし、クーリング要素のみの取替えによる増容量が望ましい。

(9) 軸受潤滑油用循環ポンプの更新

既設ポンプと同性能の圧力 3 kg/cm<sup>2</sup>、吐出量 100 l/min、口径 50 mm のポンプと交換する。  
また、交流電動機 3.7 kW、直流電動機 3 kW に適合したものであること。

(10) 軸オイルリフトポンプの更新

オイルリフトポンプは既設の圧力 100 kg/cm<sup>2</sup>、吐出量 8.5 l/min かそれ以上の性能のものとする。  
また、直流電動機 1.5 kW に適合し、発電機の始動時に軸受油膜を形成出来るものとする。

(11) 計器類の更新

次の計器の更新を行う。(各ユニット毎)

- |    |                               |       |               |
|----|-------------------------------|-------|---------------|
| 1) | ダイヤル温度計 (警報トリップ接点付)           |       |               |
|    | 主軸受メタル                        | 2 箇   | ) 水車制御盤上に取り付け |
|    | エアクーラー入口、出口                   | 2 箇   |               |
| 2) | 抵抗温度計素子 (0℃に於いて100オーム、プラチナ製)  |       |               |
|    | 固定コイル                         | 1 2 箇 | 予備 6 箇を含む     |
|    | 主軸受                           | 2 箇   |               |
|    | エアクーラー入口、出口                   | 2 箇   |               |
| 3) | 温度記録計 (新設、1 2 要素)             | 1 台   | 配電盤に取り付け      |
| 4) | 冷却水流量リレー                      |       |               |
|    | エアクーラー出口                      | 1 箇   | 発電機ピット        |
|    | 主軸受                           | 2 箇   |               |
|    | 軸受潤滑油オイルクーラー                  | 1 箇   |               |
| 5) | サーモスタット CO <sub>2</sub> 消火装置用 | 4 箇   |               |

(12) オイルシール、エアシールの更新

水車側及び励磁機側主軸受のオイルシール、エアシール並びに両側の主軸と風胴間のエアシールの更新を行う。

(13) 機内配線の更新

端子函を含め機内配線の更新を行う。機内配線ルート及び方法はオーバーホール点検の際邪魔にならないように設計する。

(14) 配管の更新

冷却水用水管（結露防止材料を含む）並びに潤滑油用油管の更新を行う。

(15) 軸電流防止絶縁、各部パッキングの更新

軸受ベダスタルとベース間の絶縁板、軸受回りの配管の絶縁パッキング等軸電流防止材料の更新を行う。

(16) レベル、センターの修正

発電機回転子、水車ランナーの実物によるレベル及びセンターのチェックを実施し必要ならば修正のうえ、軸受ベダスタルの合いくぎの打ち直しを行う。固定子は回転子が挿入された後、回転子との空隙が出来る丈均一によるように修正し合いくぎの打ち直しを行う。

(17) 主軸受台の漏油個所の補修

1, 2号機水車側軸受ベダスタルその他よりの漏油個所の熔接補修を行う。

(18) 騒音対策

前記(5)風胴の改造で述べた如く風胴内面に吸音材を取り付ける。

(19) 補修塗装

発電機の全面補修塗装を行う。

## 4.5 緊急改修計画の施工計画

### 4.5.1 改修工事の計画

発電機の改修工事は、水車、主要変圧器、開閉装置、水圧鉄管、水路土木工事等の関連改修工事と協調をとりながら総合的に効率よく経済的に実施されるように計画されなければならない。又、工事施工に伴う発電ユニットの停止は系統の電力供給に出来る丈支障を来たさなく、且つダムからの無効放流による損失電力量を少なくすることに留意する。

発電機の改修工事は次の形態で実施するものとして計画する。

- 1) 改修工事の設計、施工管理はコンサルタントが行う。
- 2) 改修に必要な機器、部品及び材料の供給者は国際競争又は指名入札で決定する。供給者の契約には機材の供給の他に技術指導員の派遣並びにベトナム技術者の工場での新技術、特殊技術修得のトレーニングも含める。
- 3) 現地改修工事はダム発電所保守班を中心とする補修作業チームを編成し実施する。

### 4.5.2 準備作業

発電機の改修作業の大部分は他の発電ユニットの運転状態のもとで、水車の改修作業と並行して機械室で実施される。改修開始に先立って以下の準備作業を行う。

#### (1) 水車発電機機械室の整理、整頓

発電機と水車は同時期に分解され、改修作業は並行して行われる。又、ある時期には主変圧器の改修も組立ベイで実施されることが予想される。分解機器、部品の配置並びに作業スペースの確保のため、不要物は機械室から撤去しておく。特に組立ピット内は固定子の組立のため整理清掃をしておく。

分解機器、部品の配置は、各作業段階毎に図面に示す。

(2) 据付工具の点検整備

天井走行クレーン（120/30/5t）を含む据付工具、特殊工具、吊りワイヤー、測定試験器材の点検整備を行う。特に重量物の吊上げ移動に使用する機械は十分な強度をもったものを使用し、人命並びに機器の安全を図る。

(3) 補修器材の確認

補修器材の数量、仕様、輸送途中の破損がないこと等を確認する。

(4) 補修作業チームの編成

補修作業チームが計画通り編成されているか関連する他作業チームも含め確認する。又、チームメンバーには作業目的、方法、手順等を説明し理解させておく。

#### 4.5.3 工事工程

発電機1台当りの工事期間はベトナム側作業員、据付工具等の状態にもよるが発電機の改修工事は1台6ヶ月と見積もり各台2ヶ月ずつ重複し4台をシリーズに実施し約18ヶ月間で完了させることを目標に計画する。

発電機の改修工事は他の水車、変圧器、スイッチギア、水圧鉄管の改修工事に比べ一番長いため、ダニム発電所緊急改修工事の完成時期は発電機改修工事工程に左右されることになる。

計画した発電機改修工事の現地作業のフローを添付図4.5に示す。このフローに於いてクリティカルパスを太線で示した。1台当り全工程6ヶ月のうち固定子鉄心コイルの取替に約3ヶ月を要する。従ってこの固定子の作業は、発電機全体工程の重要な部分を占める。

#### 4.6 長期的視点にたった改修計画

緊急改修後は、運転保守マニュアルに従って定期点検を実施し、設備の性能低下をもたらす状態の予測、早期発見、およびその状態の除去、修復の上に機能の維持をはかる予防保全につとめる。

その結果事故処理のための事後保全の割合は少なくなっていくものと考えられる。

従って長期的改修計画は予防保全と更に積極的に設備を改良しそれによって利益を得る改良保全を目的とした改修計画を考える。

長期的改修計画として、下記を提案する。

##### (1) 発電機回転子ポールコイルの更新

現在はポールコイルの層間隙間もなく絶縁物のはみ出しもみられない。しかしながらコイル表面は塵埃により汚染されており絶縁抵抗は低下している。又、ファン羽根破損時の損傷を受けたユニットもある。緊急改修計画での精密点検結果によって回転子ポールコイルの更新を計画する。

##### (2) 2、4号ユニットの主軸交換

1、3号発電機主軸はクラックを生じたので1977年に新製品と交換した。その時2、4号機用新製主軸も同時に納入され発電所に良好な状態で保管されている。今回、使用中の2、4号機主軸の非破壊検査を実施したが何等異常を認めなかったため、2、4号機の新製主軸交換は緊急改修計画から除外した。しかし長期的運転からは、現用よりより丈夫で信頼性の高い新製軸と交換するのが好ましい。交換時期は定期的な非破壊検査の結果と上記(1)のポールコイル更新時期を考案して計画する。



### (3) 自動運転化への対応

ダニム発電所は、30年前に1人制御方式の発電所として設計、建設されたが今では旧式化している。ダニム発電所の自動化として、以下が計画される。

- 1) 自動運転記録方式
- 2) 高効率運転のための自動負荷分担装置
- 3) 所内電源自動切替装置
- 4) コンピューター制御化

## 4.7 維持管理、運営計画

### 4.7.1 維持管理上の改善

発電機は主要部品の更新により大幅な機能回復、延命効果が期待出来る他に、次に列挙する運転保守上のメリットが期待できる。

#### (1) オーバーホール精密点検の容易

1964年の運転開始以来、オーバーホール点検は1977年に1、3号機主軸交換のため、固定子分割で行われた以外はない。

固定子引き出し方法の改良により、オーバーホール点検が固定子分割なしで容易になり経済的になる。

(2) 励磁装置の静止型サイリスタ化

励磁方式の静止型サイリスタ方式への変更によって、ブラッシュ、集電環、が不要となり、装置が簡単になり保守が容易となる。

(3) エアハウジング、エンドベルの改善

エンドベルの外部取り出しのためのエアハウジングの改善により、発電機コイル端部の定期点検が容易になる。

(4) 温度の自動記録化

発電機コイル、軸受、クーラー及び主変圧器の温度を従来の切換指示計の読み取りから記録計方式に変えて省力化を計ると共に連続データの記録により機器の状態を把握することが可能となる。

#### 4.7.2 点検、保守

発電機は改修後も、その性能維持、回復並びに事故の未然防止をはかることを目的として、点検、手入れの基準を運転・保守マニュアルに定め、定期的を実施する。改修機器の運転・保守マニュアルは改修器材供給のメーカーからの資料ダニム発電所の基準を参考にして作成する。

一般的に発電機器の定期点検周期は 1964年のダニム発電所建設当時と比べ、機器の材料、設計、製作技術の進歩により現在は約 2 倍に伸び省力化、維持費の逓減がはかられている。

改修後の発電機定期点検と点検周期として大略下記を提案する。

(1) 普通点検（機能確認及び機能維持を目的として主に外部より行う点検手入れ）

- 1) 2年に1回 一固定子両端部巻線、コア、回転子ポール端部

- －空気冷却器及び配管
  - －潤滑油装置及び配管
  - －静止型サイリスタ励磁機AVRの絶縁抵抗
  - －中性点設置装置の絶縁抵抗
  - －その他一般点検
- 2) 1年に1回      －オイルリフター及び配管
- 3) 6ヶ月に1回    －CO<sub>2</sub>消火装置及び火災検出装置
- (2) 精密点検（オーバーホール）（機能回復を目的として回転子を外部に引出して行う分解点）
- 10年に1回      －固定子巻線、コア
  - (但し改修後    －回転子ポール巻線
  - 初回は6年後)   －交流励磁機の回転整流スタック
  - －軸受及び軸受冷却管
  - －巻線絶縁劣化試験
  - －軸電流測定
  - －主軸、主軸受の非破壊試験

#### 4.7.3 今後の維持管理・運営に対する提言

##### (1) 運転方法

発電所の負荷に見合った発電ユニットの台数制御による高効率運転と損失軽減を強く提言する。

現在 66 kV システムへの電力は、発電機母線 3 及び 4 から供給される。この供給のため、発電機ユニット 3 号及び 4 号の停止は 66 kV 供給負荷の状態に制約される。

66 kV システムの 110 kV への昇圧によって、これら地域への電力供給接続は発電機母線か

ら 230 kV に切り替えられる。その結果、高効率運転のための大きな制約は解消される。

(2) 保守、点検

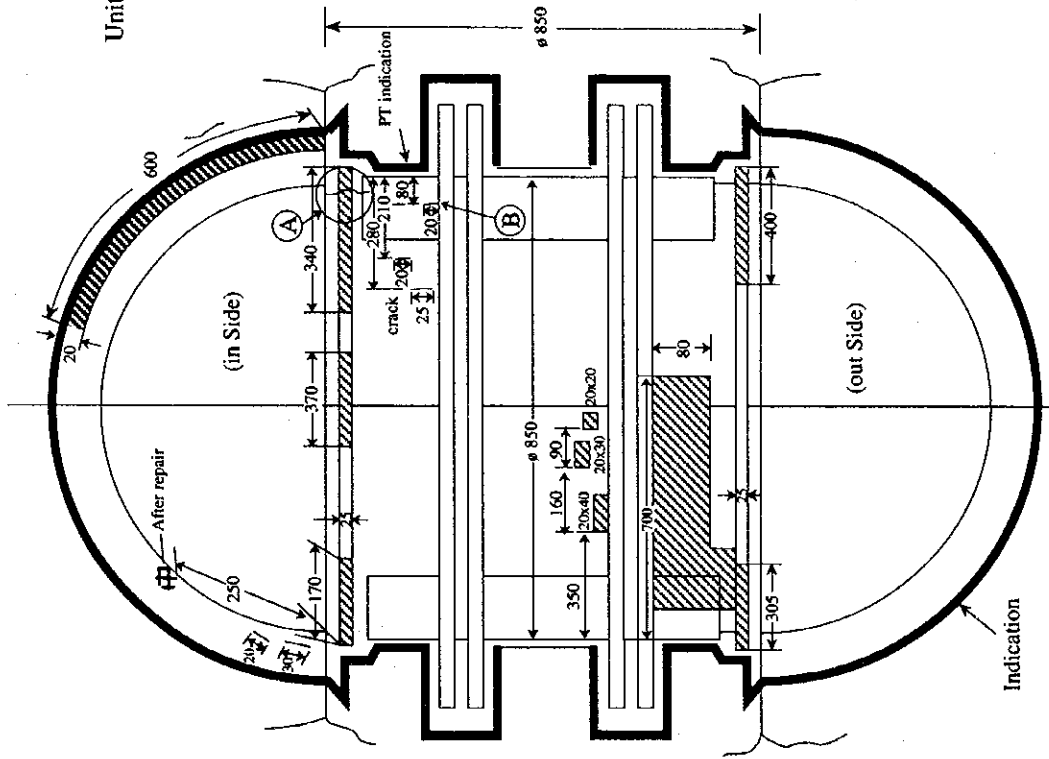
保守、点検に関しては、次の事項の実施を提言する。

- 1) 保守マニュアル・規準の整備
- 2) 定期点検、特にオーバーホールの確実な実施
- 3) 非破壊検査並びに絶縁診断の技術の習得、並びにその装置の準備
- 4) 水車、発電機の自動化の促進

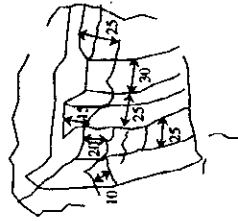
従来のダニム発電所の機器の維持管理は、事後保全的要素が多いように思われる。緊急改修後は予防保全と更に積極的な改良保全により、事後保全の費用を減らすべきである。



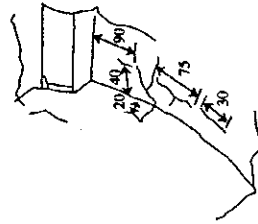
Unit No. 2 Turbine Side upper half Bearing



— PT indication  
 ▨ UT defect  
 Unit: mm



Detail (A)



Detail (B)

ヴィエトナム社会主義共和国  
 ダナム電力システム改修計画調査

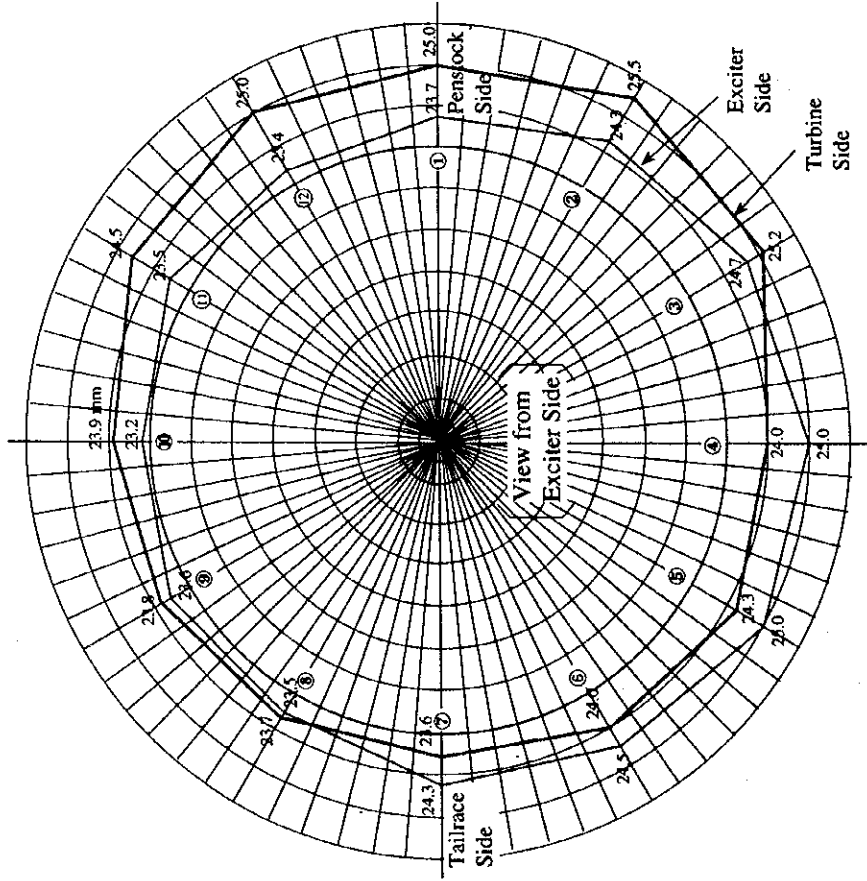
MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

図 4.1

2号機発電機主軸受欠陥状況

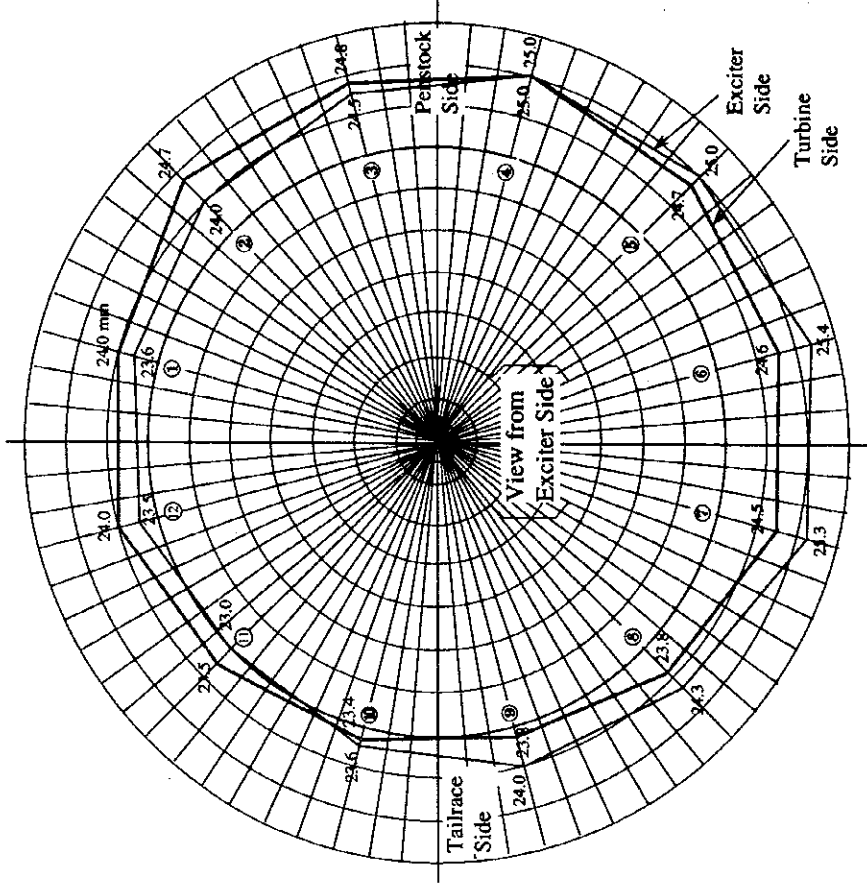
UNIT No. 1



Average Air Gap

Turbine side : 24.38 mm  
Exciter side : 24.06 mm

UNIT No. 2



Average Air Gap

Turbine side : 24.19 mm  
Exciter side : 24.27 mm

Design Air Gap : 25.5 mm  $\pm$  10%

ヴェトナム社会主義共和国  
ダム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

図 4.2

空際検査結果

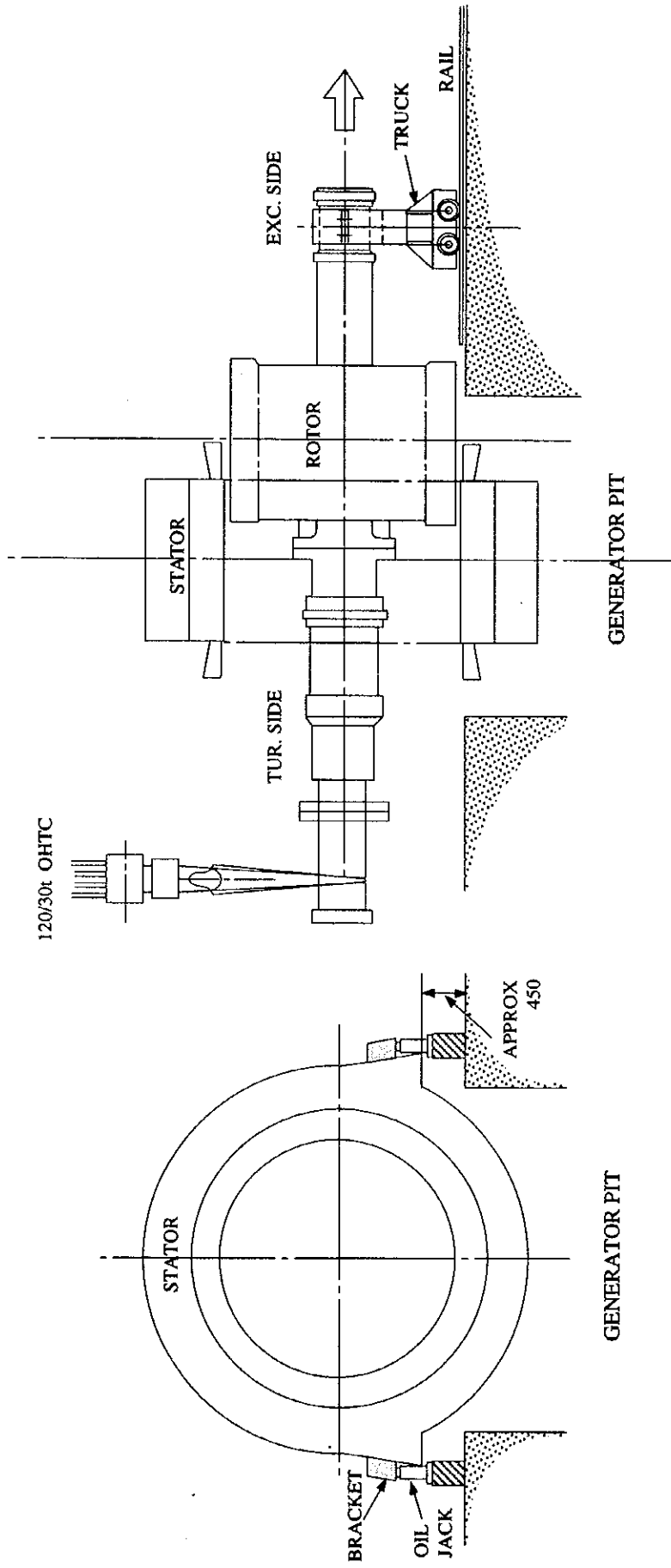


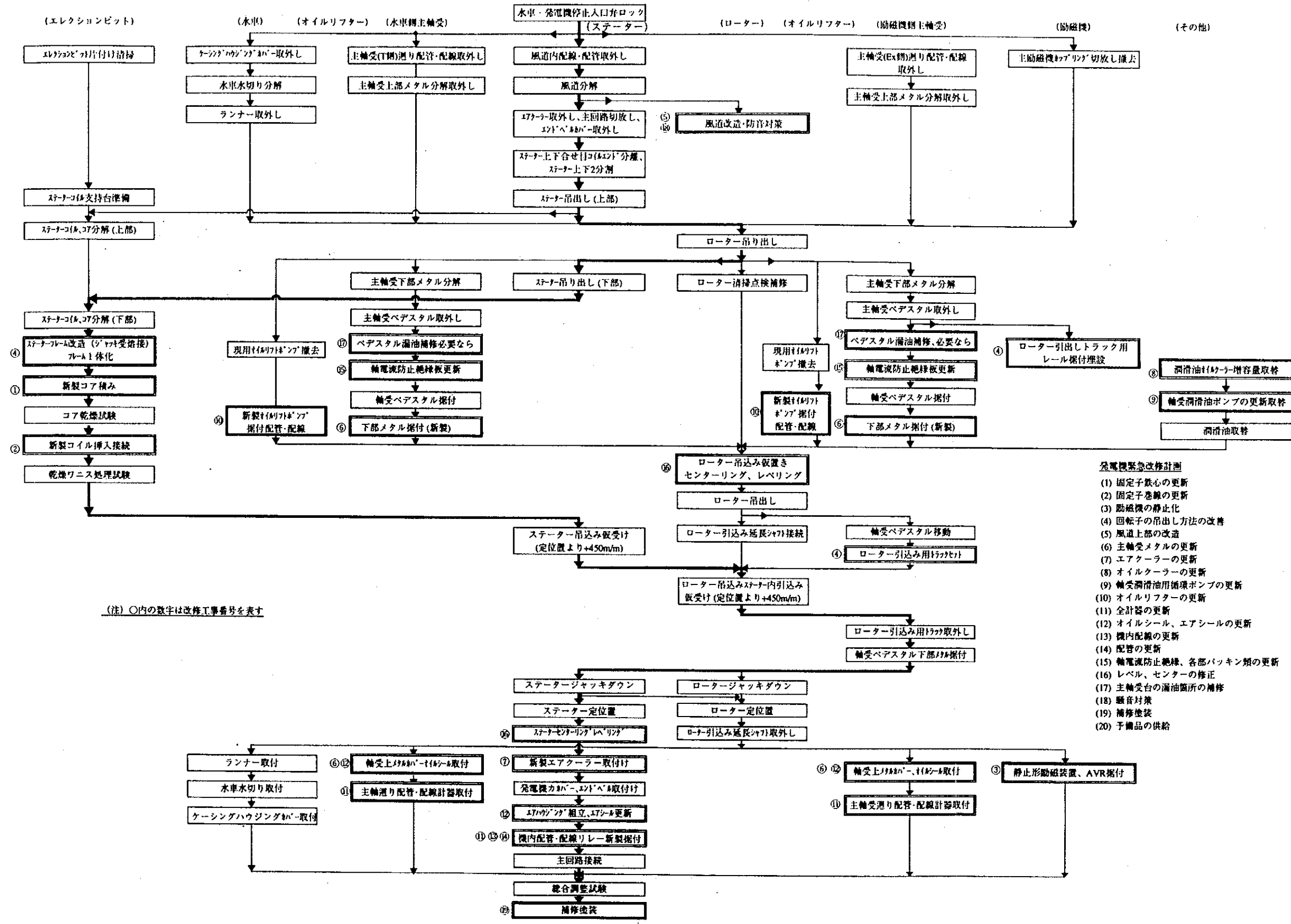
図 4.3  
回転子引き出し、吊り出し方法図

MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

ヴェトナム社会主義共和国  
ダニム電力システム改修計画調査





- 発電機緊急改修計画
- (1) 固定子鉄心の更新
  - (2) 固定子巻線の更新
  - (3) 励磁機の静止化
  - (4) 回転子の吊出し方法の改善
  - (5) 風道上部の改造
  - (6) 主軸受メタルの更新
  - (7) エアクターの更新
  - (8) オイルクーラーの更新
  - (9) 軸受潤滑油用循環ポンプの更新
  - (10) オイルリフターの更新
  - (11) 全計器の更新
  - (12) オイルシール、エアシールの更新
  - (13) 機内配線の更新
  - (14) 配管の更新
  - (15) 軸電流防止絶縁、各部パッキン類の更新
  - (16) レベル、センターの修正
  - (17) 主軸受台の漏油箇所の補修
  - (18) 騒音対策
  - (19) 補修塗装
  - (20) 予備品の供給



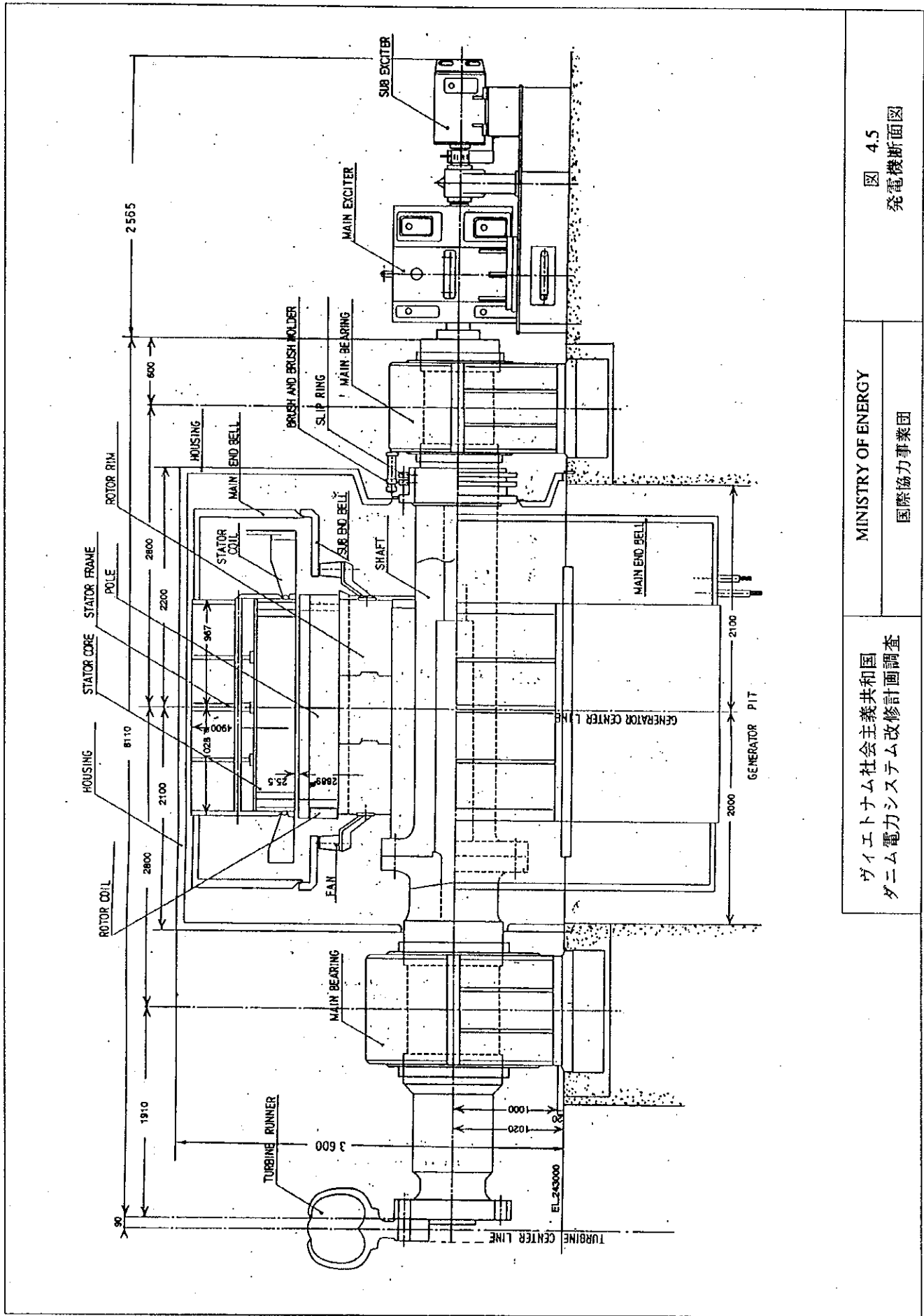


図 4.5  
発電機断面図

MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

ヴェトナム社会主義共和国  
ナム電力システム改修計画調査

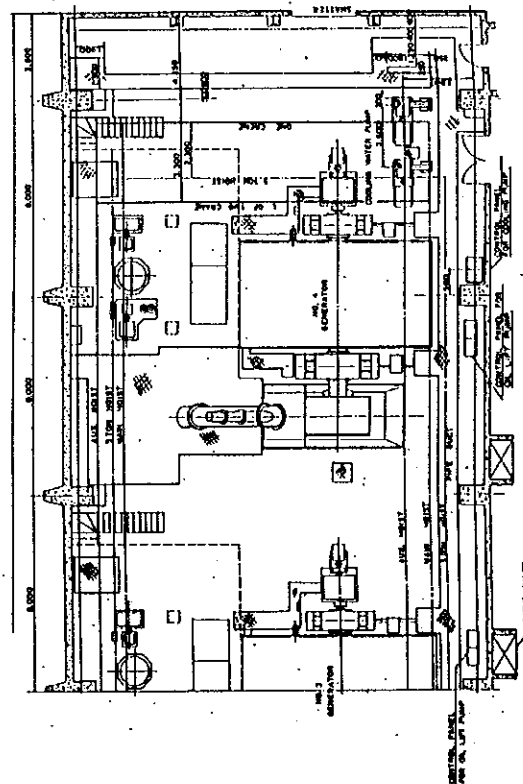
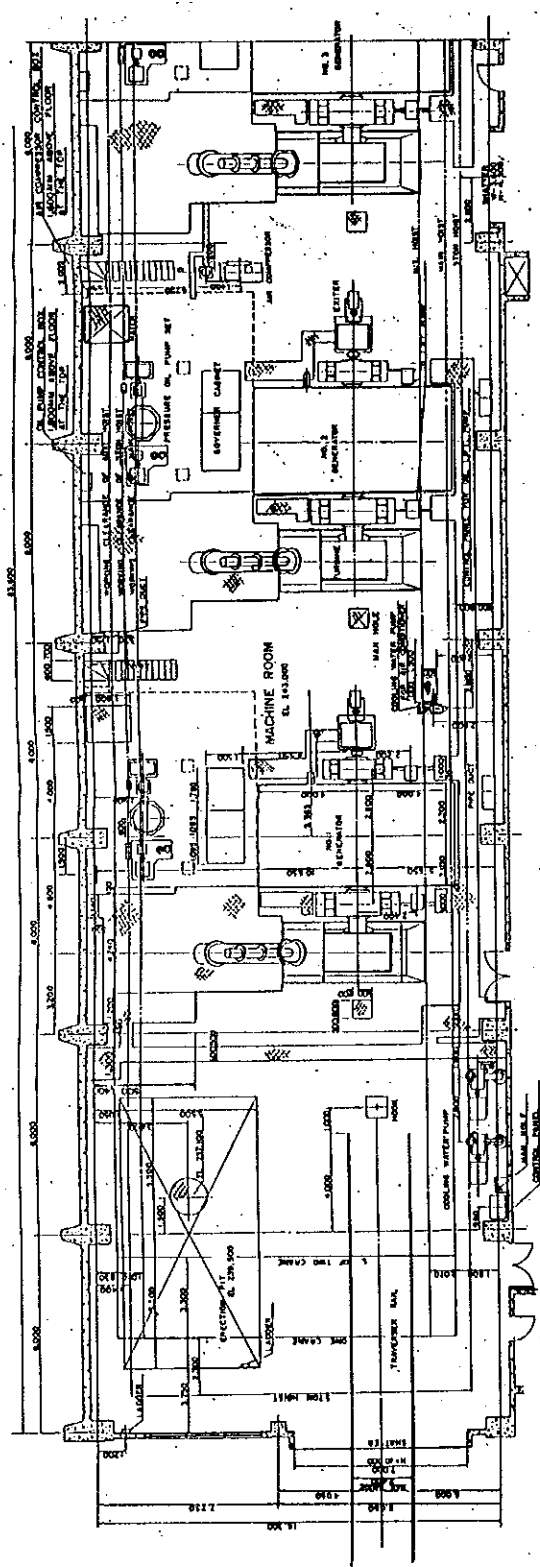
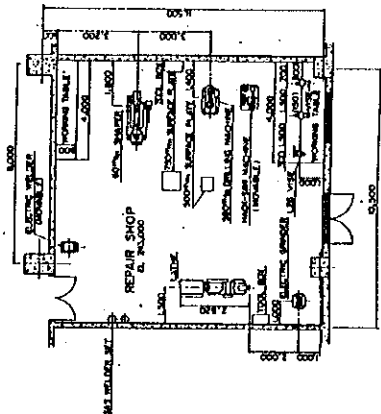
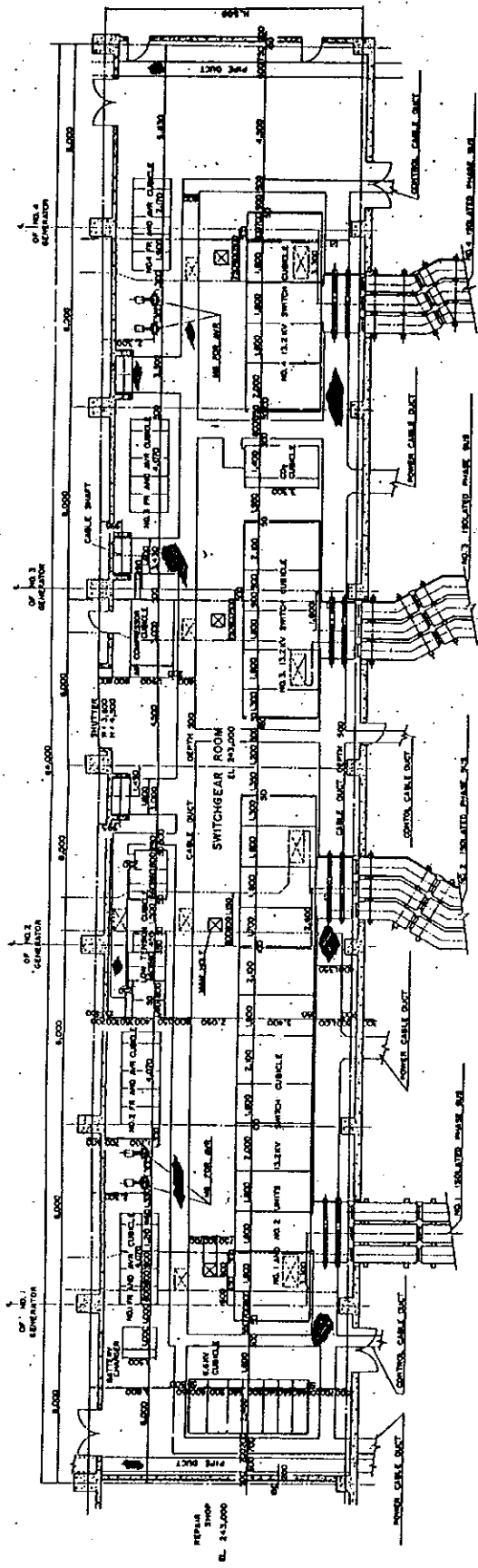


図 4.6  
機器配置図 (機械室)

MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

ヴェトナム社会主義共和国  
ダム電力システム改修計画調査



SCALE (MM)  
 0 5,000 10,000

ザイエトナム社会主義共和国  
 ダニム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
 国際協力事業団

図 4.7  
 機器配置図 (スイッチギア室)

## 第 5 章

### 水路機械設備

## 第5章 水路機械設備

### 5.1 調査方法・調査結果および解析

#### 5.1.1 調査方法

本調査の主目的はダニム・ダムおよび発電所に付属するゲート、トラシュラック、水圧鉄管等の水路機械設備の改修計画を策定することである。水路機械設備は建設以来30年以上経過して、近年、機器の老朽化が著しくなってきたため、本調査は企画された。

水路機械設備のいくつかの設備は内戦により損傷を受けた。内戦終了とともに、損傷を受けた機器はベトナム自身の手により復旧作業が機材不足の環境の中で、実施された。これらの条件を認識した上で、本調査はベトナムおよび日本にて下記する3段階にて機器設備の現状を詳細に調査し、かつ適切な改修計画を立案した。

- 1) 現地調査
- 2) 現地調査結果の解析
- 3) 改修計画の立案

ベトナム国内では、機器設備の現地調査並びにPower Company No.2 (以後PC-2として記述する) のカウンターパートに対する技術移転が行われた。調査結果の解析に基づき、緊急改修計画と長期的改修計画を策定した。

#### 5.1.2 現地調査

##### (1) 調査対象機器の確認

調査に先立ち、調査団はPC-2に対して調査方法および解析方法についての説明をインセプション・レポートに基づき行い、PC-2の理解を得ることができた。PC-2により同意された調査対象設備は下記の通りである。

- 1) 洪水吐きゲートおよび開閉機
- 2) 灌漑用放流設備
- 3) 取水口固定トラッシュラック
- 4) 取水口可動トラッシュラックおよび開閉機
- 5) キャタピラー形式取水口ゲートおよび開閉機
- 6) サージタンク、水圧鉄管トンネル放流設備
- 7) 水圧鉄管およびバタフライ・バルブ
- 8) 冷却水パイプ
- 9) その他機器

上記設備の設計条件は表 5.1に示す。

## (2) 現地調査方法

現地調査の実施に先立ち、機器設備の現状を把握し、効果的な現地調査遂行のためのデータ収集が行われた。収集したデータに基づき、ダム・発電所の運転開始以降にPC-2によって実施された改修工事の内容を確認した。また、機器運転記録の調査から現状の機器状態を把握した。現地調査期間内に発電所の停電および運転状態にて詳細に機器設備の老朽化状態を調査した。水面上に引き上げることが困難な取水口ゲート、取水口固定トラッシュラックおよび可動トラッシュラックの戸当り金物部は潜水夫により外観調査が行われた。調査項目、方法は日本の発電設備の調査に適用されている方法を採用した。

現地調査の作業フローは図 5.1に示す。

### 5.1.3 現地調査結果

現地調査の結果は下記に示すが、表 5.2 に総括してある。設備機器の全体概要図は図 5.2から図 5.7に示す。



(1) 洪水吐きゲートおよび開閉機

詳細調査は洪水吐き提頂以下のダム水位EL. 1,023 mにて行った。従って、扉体からの漏水調査は行うことができなかった。

扉体の外観検査により、塗装剥離をともなう発錆が扉体スキンプレートおよびガーダー上に見られ、かつ水密ゴムの老朽化をともなう水密ゴムの損傷が発生していることを確認した。側部戸当り金物の調査にても、漏水跡が数カ所確認された。これらの止水部の状況から、扉体からの漏水の可能性が考えられる。開閉機操作状態は正常である。しかし、開閉機の機側・遠方操作盤およびリミットスイッチ、減速機のオイル計等の補助機械・電気部品に老朽化が顕著に見られた。扉体の運転試験中、扉体のワイヤーロープ止めの軸受け部の腐食の発生により、ワイヤーロープの張力が不均等に作用し、かつワイヤーロープに曲げ応力が発生していることが判明した。

PC-2との協議で、PC-2はダニム・ダムおよび発電所に数年以内に、洪水予報警報と連動した集中コントロールシステムを導入したい計画を有していることが判明した。これらの新システムの導入が行われた場合、現状の操作盤および開閉機の補助部品を必然的にこの新システムに適合したように変更する必要があると考えられる。

上記洪水吐きゲートおよび開閉機の現状を考慮して、ゲートの確実な操作を確保するため損傷部に対して下記する修理を行うことが必要である。

- ケーブル配線とともに機側・遠方操作盤の更新
- 水密ゴムの更新
- 開閉機の補助機械・電気補助部品の更新
- ワイヤーロープ止めの軸受け部の軸材質を変更および可動部品の取り替え
- 扉体の再塗装
- 減速機の油面計の更新

## (2) 灌漑用放流設備

各1門の600 mm径スルース・バルブ、600 mm径バタフライ・バルブおよびダム地域への水供給のための2台の送水用ポンプは、それぞれ洪水吐きバルブ室およびポンプ室に設備される。放流管の入り口部には固定トラシュラックが設備されている。しかしながら、バルブ室が完全に冠水しており、調査団は計画した調査を遂行できなかった。PC-2によれば、バルブ室の冠水は約30年前に発生し、その原因はバルブ室に設備された排水管の閉塞により、バルブ室進入坑より雨水の浸水に起因して発生した可能性があるとのことであった。調査団は長期に亘る放流設備の冠水状態の観点より、バルブ設備を早期、全面的に更新する必要があると考えた。ポンプ室の調査にて、2台の送水ポンプの内、1台は故障のため撤去されており、他1台はポンプの老朽化のため規定送水能力を確保できないことが、判明した。

水位EL.1,023 mでの固定トラシュラックの外観調査にて、トラシュラック・バーの腐食がほぼ取水口トラシュラックと同程度であったことが測定された。

現地でのPC-2との協議にて、PC-2が早期に灌漑用放流設備の機能を回復させ、ダム下流域に対する水供給を可能にし、かつ、放流バルブ駆動は操作の簡便化を計るため電動モーター駆動に変更して行う意向を持っていることが確認された。

上記灌漑用放流設備の現状を考慮して、ゲートの確実な操作を確保するため損傷部に対して下記する修理を行うことが必要である。

- バルブ室の排水作業
- バルブ室の排水設備の整備
- 放流弁の更新
- 必要な配線設備とともに放流バルブ用の機側操作盤の新設
- バルブ室進入坑の入口への防水カバーの設備
- 2台の送水ポンプと操作盤の更新
- 必要な応力解析の実施を条件にトラシュラック・パネルの改修計画

### (3) 取水口固定トラシュラック

詳細調査はトラシュラックの上部標高のEL.1,024.5 m以下のダム水位EL. 1,023 mにて実施した。調査団は、初期の調査計画にて水中ビデオ撮影による調査方法を実施する予定であった。しかし、貯水池が汚泥水であるため調査方法を変更せざる得なかった。従って、水没部のトラシュラックの調査は潜水夫による目視での外観調査を実施した。標高EL.1,023 mの露出部のトラシュラックに対しては、外観調査、寸法調査および板厚調査を実施した。この調査よりトラシュラック・バーの板厚は、腐食により平均3 mm程度の減少していることが確認された。かつ、潜水夫による目視での外観調査により水没部トラシュラックの腐食は、露出部の腐食量とほぼ同程度にて広がっていることが確認された。したがって、トラシュラック・パネルの改修方法は最終的に必要な応力解析を実施した上で策定する必要がある。

潜水夫は左側トラシュラックに流木によると考えられる軽度のトラシュラック・バーの変形が見られることを報告している。しかし、現状において報告された変形状態からトラシュラックの機能は阻害されていないと考えられる。

調査団はPC-2から、1996年に貯水池水位がW.L 1,019 m 以下になった時に独自に上部トラシュラック (EL.1,020.8 m以上) のみを新パネルと交換する計画をもっていることを通知された。

上記取水口固定トラシュラックの現状を考慮すれば、発電設備機器の確実な操作を確保するため下記する損傷部に対する対策を行うことが必要である。

- 必要な応力解析の実施を条件にトラシュラック・パネルの改修計画

### (4) 取水口可動トラシュラック

詳細調査は貯水池水位EL.1,023 mにて実施した。潜水夫による外観調査は水没部戸当り金物に適用された。外観調査、寸法調査、浸透探傷検査は両トラシュラックパネルを取水口操作塔のEL.1,045 mの床版上に引き上げて行った。

#### (トラシュラック・パネル)

調査に先立ち、両トラシュラックパネルはトンネル内の高流速による振動に起因したと思われる損傷を数回にわたり受け、その結果として1990年以来PC-2により2回にわたりパネルの更新が行われたとの報告をPC-2職員より受けた。この報告によれば、振動はEL. 1,030 m以下の貯水池水位での水車の全出力運転状態で、かつトラシュラックパネル全面にごみ・流木が蓄積された時に顕著に発生するとのことであった。現地調査中に、調査団は貯水池水位EL. 1,023 mにてこの振動の観測を試みたが、結果は得られなかった。しかしながら、調査団は振動によるトラシュラック・パネルの影響を調査するため、トラシュラック・パネルの外観調査を行った。この結果、損傷は上流側トラシュラック・パネルに顕著にみられた。損傷の状態は下記する通りである。

- (i) トラシュラック・パネルの変形
- (ii) トラシュラック・バーのスペーサーの損傷および弛み
- (iii) 塗装の剥離による腐食

トラシュラック・バーの改修計画は理論的な振動解析によりトラシュラック・バーの共振発生の可能性を検討した後、策定した。

#### (戸当り金物)

潜水夫による目視での外観調査結果によれば、下流側トラシュラック・パネルの側部戸当り金物の左側に高さ約3.1 m x 深さ約15cmの二次コンクリートの脱落が観測された。今の所、トラシュラック・パネルの操作上の障害は発生していない。しかし、今後コンクリート脱落部の戸当り金物の腐食発生に伴う劣化の可能性がある。したがって、取水口可動トラシュラックの確実な操作のため戸当り金物のコンクリート脱落部への充填材の施工を早期に実施することを推奨する。また、施工時期は、貯水池水位W.L 1,019 m 以下になった時に実施することを推奨する。

#### (開閉機)

開閉機の操作状態は正常であるが、操作盤および補助部品の老朽化が見られる。その上、減速機からの漏油も見受けられた。

上記取水口可動トラシュラックの現状を考慮して、発電設備機器の確実な操作を確保するため損傷部に対して下記する修理を行うことが必要である。

- 上流部トラシュラック・パネルおよびフレームの修理・補強
- 戸当り金物のコンクリート脱落部の修理
- 操作盤および配線設備の更新
- 減速機の更新

(5) キャタピラー形式取水口ゲートおよび開閉機

扉体は、扉体全閉および全開状態で調査された。操作試験は扉体、開閉機の操作状態を確認するため行われ、良好な結果を得た。また、漏水テストでは、少量の漏水が扉体全閉位置にて測定された。これらのテストから、下記する取水口ゲートの状況を確認した。

- (i) 塗装の剥離による、扉体面の腐食発生
- (ii) 操作盤および補助電気部品の老朽化
- (iii) 少量の扉体水密部からの漏水
- (iv) 水密ゴムの劣化

上記取水口ゲートの現状を考慮して、取水口ゲートの確実な操作を確保するため損傷部に対して下記の修理を行うことが必要である。

- ケーブル配線と操作盤の更新
- 開閉機の補助機械・電気補助部品の更新
- 水密ゴムの更新
- 扉体の再塗装

(6) サージタンク、水圧鉄管トンネル放流設備

放流設備の外観調査および操作試験は調査団による発電所機器の詳細調査を行うため導水路トンネルの排水作業中に行われて、良好な結果を得られた。バルブからの漏水もない。

放流設備の表面は軽度の腐食が発生していることから、設備に対する再塗装が必要と判断される。

(7) バタフライ・バルブ

No.1 およびNo.2バタフライ・バルブの操作試験はベンストックおよび導水路トンネルを放水後、行われた。この操作テストと並行して、バタフライ・バルブの付属設備の空気弁、充水管およびバルブ、過流速非常閉塞装置も調査された。

調査に先立ち、バタフライ・バルブの漏水を測定し、水圧鉄管内面調査の安全を計った。この結果、No.1バルブから漏水がないことが確認されたがNo.2バルブからは4.5 l/minの漏水が測定された。外観調査ではバタフライ・バルブおよび空気弁の水密ゴムの劣化が進行し、腐食による過流速非常閉塞装置の老朽化が顕著になってきていることが確認された。No.2バルブに位置した導水路内の圧力測定用水圧計およびその送信機の作動不良を確認した。

一方、操作試験にて、No.2バルブが水密ゴムの摩擦力増加でスムーズに閉鎖しないことが明らかになった。塗装調査により、軽度の錆がバルブ外面には発生していることを確認した。

他のゲート設備の機械・電気機器に観察されたと同様に、バタフライ・バルブの操作盤、油圧装置および補助電気機器等にも、劣化および老朽化が見られる。

バタフライ・バルブの確実な操作を確保するため損傷部に対して下記の修理を行うことが必要である。

- ケーブル配線と操作盤の更新

- バタフライ・バルブの補助機械・電気補助部品の更新
- 油圧装置および配管の更新
- 専門技師の指導下でのバタフライ・バルブの弁体水密ゴムの更新
- 過流速非常閉塞装置の更新
- バタフライ・バルブ全体の再塗装
- サージタンク用水圧計および送信機の更新

## (8) 水圧鉄管

水圧鉄管の調査は水圧鉄管の運転および運転停止下で行われた。水圧鉄管の内面調査は鉄管の放水後、外観調査、塗装膜厚調査および写真撮影調査により行われた。調査団は、1976年にベトナムにより修復された、No.2水圧鉄管路のアンカーブロックNo.2とNo.3区間の全鉄管およびアンカーブロックNo.4とNo.5区間のNo.82単管の材質と修復状態が水圧鉄管全体の安全性評価の上で、もっとも重要と考えていた。このため、超音波調査および材質検査のための金属組織検査、化学分析検査等の詳細な調査を修復された鉄管部に実施した。現地にて採取した材料のサンプルは、鋼材の種類、機械的特性を明らかにするため、日本にて詳細解析された。

### 1) 外観調査

調査機器による詳細調査に先立ち、外観調査は鉄管の内・外面の劣化、損傷の程度を確認するために行われ下記の結果を得た。

#### a) 鉄管内面

No.1水圧鉄管路：PC-2職員によるとバタフライ・バルブより下流部の全鉄管内面に対して再塗装作業はエポキシ・レジン・ペイントを使用して1993年完了した。したがって今回の調査ではアンカーブロックNo.6とNo.7区間の数カ所に最大300 mm x 800 mmの塗装の剥離が観察されるのみで、塗装状態は良く、塗装厚も基準厚400 ミクロン以上であることが確認できた。

No.2水圧鉄管路：PC-2職員によると再塗装を行った記録がないとのことであった。しかし、塗装調査の結果、鉄管建設時に使用した塗装面上に品質が異なる

塗装材質を検出したことにより、再塗装は以前に実施された事があると推察された。現状の塗装面の状態は非常に悪く、多数の発錆が観察された。

各区間での塗装状態は下記のように記録された。

- アンカーブロックNo.3とNo.4区間の全底部に 800 mm幅の腐食が観察される。
- アンカーブロックNo.4とNo.6区間の腐食は進行しており、最大 3 mm の孔食も観察される。
- アンカーブロックNo.8とNo.9区間にて塗装面の損傷箇所が観測される。
- アンカーブロックNo.10以下の塗装面には、塗装材質の劣化による多数の割れが観測される。

以上の状態から、バタフライ・バルブ以下のNo.2水圧鉄管の内面に早期に再塗装を行う必要がある。

バタフライ・バルブ上流部鉄管：塗装の損傷はなかった。

#### b) 外面

PC-2職員によれば、補修塗装は2年前に水圧鉄管No.1およびNo.2のバタフライ・バルブ下流部の鉄管全外面に行われた。塗装検査によって、塗装状態は良いことが確認された。一方、バタフライ・バルブの上流部の露出鉄管に塗装剥離に伴う発錆が見られた。再塗装を行うが必要ある。

すでに裏当て金板にて補修された変形管胴箇所が数カ所みうけられた。外観検査により、補修施工は確実に行われたと考えられる。

水圧鉄管路の側壁からの落石による損傷が数カ所のリングガード部にみられる。これらのリングガード一部は早期に修理するとともに、水圧鉄管路の側壁の落石防護土木工事を実施することが必要である。

伸縮継ぎ手部の水密ゴムの劣化により、水密部より漏水が認められる。現状の伸縮継ぎ手部の水密ゴムおよびガスケットは高品質の材質と交換することが必要である。

#### 2) 板厚調査

超音波板厚調査により、板厚は許容設計値以内であることが確認された。



3) 現場溶接部品質調査

現場溶接部に対する超音波調査を各アンカーブロック間で3箇所およびNo.2水圧鉄管路アンカーブロックNo.2とNo.3区間で10箇所に対して実施した。調査の結果、現場溶接部の品質は基準以内と判断した。

超音波調査に付随して、浸透探傷調査を落石により損傷を受けたNo.1水圧鉄管路のリングガードーNo.28 およびNo.2水圧鉄管路のリングガードーNos.20, 40 および54に実施してリングガードーの損傷程度を調査した。この調査結果より、リングガードーNo.54は水圧鉄管との溶接部にひび割れが認められ、早期に修理する必要がある。

4) ヴィエトナムで修復された鉄管部に対する調査

ヴィエトナムで修復された鉄管部はNo.2水圧鉄管路のアンカーブロックNo.2とNo.3区間およびアンカーブロックNo.4とNo.5区間のNo.82単管である。これらの部分への外観調査から下記の鉄管構造形式が判明した。

- アンカーブロックNo.2とNo.3区間 : 突き合せ溶接形式単層管
- No.82 単管 : 突き合せ溶接形式二層管

ヴィエトナムによって高圧部のNo.82 単管に採用された鉄管構造形式から、調査団は水圧鉄管の修復は厚板の調達に困難な環境下で実施されたため、二層管を採用することにより厚板不足を補い、かつ鉄管の高圧に耐えうるように設計されたと推察した。

修復部への測定機器による詳細調査に先立ち、調査団は修復部の設計図、設計計算、施工品質検査結果等を確認するため、PC-2の報告書「ダニム水力電力システムのNo.2 水圧鉄管路の改修工事報告書」（1976年6月15日版）を検討した。鉄管路の安全性の検討は、下記する材料試験の解析結果からの鉄管応力と上記PC-2報告書の設計値と比較して行った。

- a) SUMP試験 (suzuki univaersal metal print) : 10箇所の材料のプリントを修復部よ

り採取した。

b) 化学分析試験：10箇所の材料片が材料の組織を解析するため採取した。

#### 5) 運搬装置

ダニム発電所の竣工時、維持管理用に水圧鉄管沿いに10 ton 容量の運搬装置が設備されていた。しかし、この鉄管路は内戦中の1967年に爆破され、かつ、鉄管から噴出した水でBL. No.4 とBL. No.7区間の運搬装置走行路面が流された。この事故以来、この運搬設備は使用不能の状態となっている。

PC-2はバルブ室とBL.8区間の急勾配水圧鉄管の維持管理を容易にするため運搬設備の修復を望んでいる。

#### 6) 改修を行う損傷部

発電所の適切な運営を維持するため損傷部に対して下記の修理を行う必要がある。

- No.2 水圧鉄管内部の再塗装
- バタフライ・バルブ上流部の露出部外面の再塗装
- 損傷しているNo.1 水圧鉄管のNo.28リングガードーおよびNo.2水圧鉄管のNo. 40 および54 リングガードーの修理
- すべての伸縮継ぎ手の水止めゴム、ガスケットの更新
- 運搬装置の修復

#### (9) 冷却水管

塗装剥離により管全外面に発錆が見られる。超音波板厚測定により、管厚が原設計管厚6.9mmから平均1 mm減少していることが確認された。しかし、管の低設計圧力を考慮すれば、現段階では管の更新の必要はない。

発電所機器の機能を確保するため損傷部に対して下記の修理を行う必要がある。

- 全管外面の再塗装

(10) その他設備機器

1) スペアパーツおよび工具

PC-2職員の報告によると、スペアパーツのストックがない。また、部品交換が必要となった場合、部品はベトナム国内にて調達するのが現状である。現状のスペアパーツのストックおよび調達状態から、日本からの高品質のスペアパーツを補給する必要がある。

PC-2は通常の維持および修理に必要な工具を保有していると考えられる。

2) 施設維持管理用機器

PC-2は施設の検査のための機器を十分に保有していない。従って、早期にこれらの機器を整備する必要がある。

5.1.4 現地調査結果の解析

(1) 解析方法

表 5.2 に示すように、調査にて明白となった損傷部は施設の損傷の程度を把握し、かつ残寿命を予測するために日本にて詳細に解析を行う必要があった。損傷および劣化の度合いの判定は電力施設の劣化の診断に適用されている、日本の規格、技術基準、公認された報告書に基づいた。

次項に、解析した施設の損傷部および解析方法を示す。

- 1) 灌漑用放流設備のトラシュラック  
外観検査より得た、トラシュラック・バーの腐食度および板厚のデータに基づき、理論的な応力解析を行った。
- 2) 取水口固定トラシュラック  
外観検査より得た、トラシュラック・バーの腐食度および板厚のデータに基づき、理論的な応力解析を行った。
- 3) 取水口可動トラッシュラック
  - a) 損傷が顕著である上流部トラシュラックに対して振動解析および共振発生の可能性を理論的方法により実施した。
  - b) 外観検査より得た、トラシュラック・バーの腐食度および板厚のデータに基づき、理論的な応力解析を行った。
  - c) PC-2より報告されている現状のトラシュラック・バーの操作方法を検討して、トラシュラック・バーへの損傷を最小にするための適正な操作方法・手順を提言する。
- 4) 水圧鉄管
  - a) リングガーダーの損傷部  
最も損傷の大きいNo.54リングガーダーに対して解析を行い、かつ解析は理論的な応力計算にて行った。
  - b) ヴィエトナムにて修復された区間  
水圧鉄管の安全性に関する解析は下記の手順にて行った。

### 第一段階：材質の確認

現地調査にて得られたSUMP試験および化学分析試験のサンプルは鋼種を明確にするため解析された。この解析により得られた鋼材の降伏点応力および引張り応力等の機械的特性は水圧鉄管の応力計算に使用された。

### 第二段階：応力解析

応力計算はPC-2報告書「ダニム水力電力システムのNo.2 水圧鉄管路の改修工事報告書」（1976年6月15日付け）に示す復旧当時の計算書に基づいて行った。水圧鉄管路の安全性の議論はPC-2報告書に記載されている設計値と調査団による材料試験結果に基づく設計値との比較にて行った。

## (2) 解析結果

前述項目(1)での解析作業の結果は下記事項が判明した。

### 1) 灌漑用放流設備のトラシュラック

トラシュラックパネルに最大3 mm の腐食が発生したとの条件で実施した理論的な応力解析の結果、許容応力 $1,150 \text{ kgf/cm}^2$ に対して最大曲げ応力は、 $510 \text{ kgf/cm}^2$ であることが確認された。

従って、現時点でトラシュラック・パネルに対する改修作業は緊急に必要ないと考えられる。

解析結果は、表 5.3に示した。

### 2) 取水口固定トラッシュラック

トラシュラックパネルに最大3 mmおよび固定ガーダーに1.5 mm の腐食が発生したとの条件で実施した理論的な応力解析の結果、許容応力 $1,150 \text{ kgf/cm}^2$ に対してトラシュラック・パネルおよび固定ガーダーの最大曲げ応力は、 $702 \text{ kgf/cm}^2$ および $1,085 \text{ kgf/cm}^2$ であることが確認された。

従って、現時点で緊急なトラッシュラック・パネルに対する改修作業は必要ないと考えられる。

解析結果は、表 5.3に示した。

3) 取水口可動トラッシュラック

a) トラッシュラックへの振動解析

トラッシュラックの共振発生の可能性は、カルマン渦によるトラッシュラックの理論的振動解析にて検討された。解析は下記する部品および解析条件にて行われた。

<u>ケース</u>	<u>部品</u>	<u>解析条件</u>
1	トラッシュラック・バー	支持条件：両端固定 支持間隔：52.7 cm
2	固定ガーダー	支持条件：両端固定 支持間隔：362.2 cm
3	トラッシュラック・バー	支持条件：両端ヒンジ 支持間隔：i) 52.2 cm ii) 104.3 cm iii) 156.5 cm

解析結果は表5.4に示したが概要は下記の通りである。

ケース	固有振動数 (Hz)	カルマン渦	
		による振動数 (Hz)	安全率
1	1,346	42.9	31.4 > 2.5
2	69.9	2.4	29.1 > 2.5
3 i)	58.5	42.9	1.4 < 2.5
ii)	14.7	42.9	0.3 < 2.5
iii)	6.5	42.9	0.2 < 2.5

上記ケース3の結果は、安全率が2.5以下であることからトラシュラック・バーに共振が発生し損傷が発生する可能性があることが判明した。従って、上流部トラシュラックに対して緊急の修復を行う必要がある。

b) トラシュラック・バーの応力解析

現地調査から、トラシュラック・バーの腐食は振動によるトラシュラック・パネルの固定金物の弛みから発生したもと考えられる。また、腐食の程度も軽微であることから、この腐食はトラシュラック構造には影響しないと考えられる。

c) 可動トラシュラックの操作要領

現地調査中、調査団は補助トラシュラックとして設計された上流部トラシュラックが2週間以上の長期間に亘り使用されていたことを観察した。適正な可動トラシュラックの操作要領から見て、現状の操作方法は適切でない。上流トラシュラックは下流トラシュラック前面にゴミが溜まり、それを取り除く時のみに操作するのが通常である。

従って、トラシュラックの損傷を最小にするために下流トラシュラックを主に使用し、かつ、ゴミ回収作業実施を洪水期間中は少なくとも1日に1回の下流トラシュラックの操作を行なうとゆう要領を確立することがPC-2に推奨される。

#### 4) 水圧鉄管

##### a) 損傷リングガードー

応力解析は最も損傷の大きいリングガードーNo.54の損傷条件を考慮して行った。この結果、リングガードーの最大応力は1,755 kgf/cm<sup>2</sup>であり許容応力の2,610 kgf/cm<sup>2</sup>以下であることが確認された。応力解析の結果を表 5.5に示す。損傷リングガードーの最大応力が許容応力以下であるが、現状の損傷部の拡大を防止するため、損傷リングガードーに対する修復作業の実施は重要である。

##### b) ヴィエトナムにより修復された水圧鉄管部

###### － 材質の確認

SUMPテストおよび化学分析テストの解析結果を表 5.6に示した。

上記結果から、修復された水圧鉄管部の材質は日本工業規格(JIS)の下記の材質に相当する。

<u>区間</u>	<u>板厚</u> (mm)	<u>材質</u>
BL.No.2 - BL. No.3 ( Outer pipe of No.82 )	9.53	JIS - SS 490 class
BL.No.2 - BL. No.3	11.988	JIS - SS 400 class
BL.No.2 - BL. No.3	12.7	JIS - SS 490 class
BL.No.2 - BL. No.3	14.0	JIS - SS 400 class
BL.No.2 - BL. No.3 ( Outer pipe of No.82 )	19.0	JIS - SS 490 class

###### － 応力解析

上記テストによって明らかになった水圧鉄管材質および前述したPC-2レポートに基づき、BL.No.2 およびBL.No.3区間に対する応力解析を実施した結果、水圧鉄管の最大応力は863 kgf/cm<sup>2</sup>であり、許容応力926 kgf/cm<sup>2</sup>以下であることが確認された。計算結果を、表 5.7に示す。



従って、水圧鉄管は現在のところ健全な状態であり、緊急な水圧鉄管の改修作業は必要でなことが確認された。

## 5.2 改修計画

### 5.2.1 概要

前章5.1.3に述べたごとく、現地調査結果に基づく初期検討により、30年前に建設された施設のものにかかわらずPC-2の適正なる維持管理により、ダニム・ダムおよび発電所に付随する水路機械設備は軽度の改修のみで充分と考えられる。この現状を踏まえ、以下に施設の改修計画を策定する。

### 5.2.2 緊急改修計画の策定

現地調査にて明確となった主な損傷箇所は(i)施設の腐食による老朽化、および(ii)施設の補助機械および電気部品の劣化、老朽化である。損傷の種類はすべて軽度なものである。一方、一般的な考え方において、これらの損傷は重大な損傷の初期的な徴候と考えることもできる。従って、損傷部の改修は劣化した施設の機器状態の改善、および施設の残寿命を延ばす観点より必要であると考えられる。以上より、表 5.2 に示す損傷に対する改修を緊急に実施することを提言する。

損傷部に対する改修に関連して、PC-2は新規に集中制御システムおよび他の施設の改善計画をも考慮している。従って、損傷に対する改修策定はPC-2の改修計画案も盛り込んで行うことが最も有効的である。

### 5.2.3 長期的改修計画の策定

ダニム・ダムおよび発電所において重大な損傷箇所がないことが確認された。しかし、本調査に基づく機器現状および解析結果に基づき、将来の維持管理計画を確立することにより長期的改修計画の立案することはダニム・ダムおよび発電所にとって有意義である。一方、水力発電プロジェクトの減価償却費計算にて、ゲートおよび水圧鉄管の寿命は50年として評価される。このような一般的

な考え方および30年前に建設された設備であることを考慮すれば、現時点において設備の大幅な改修を必要としなくても、近年において老朽化により徐々に設備の損傷および障害が多発する可能性がある。

従って、この長期改修計画に対する理解に基づき、将来の改修される設備機器を提言する。ただし、この長期改修計画の実施に当たっては定期的な既設設備状況の検査が条件づけられる。

## 5.3 緊急改修計画

### 5.3.1 概要

前章5.2.2 より、緊急改修計画に分類される項目を表 5.8 に総括してある。

上記表に記載した損傷項目に見られるように、設備機器の改修は土木・発電設備と関連した部分に求められている。従って、水路機械設備の損傷部は土木・発電設備の改修と同様に行うことが推奨される。

### 5.3.2 緊急改修計画の基本設計

表 5.8に参照されるように、基本設計は下記の項目に対して実施される。

- (1) ゲートおよびバルブの水密ゴムおよび止め金具の更新
- (2) ゲートおよび水圧鉄管の補修塗装
- (3) ゲートおよびバルブの操作盤の更新
- (4) ゲートおよびバルブの電気・機械部品の更新
- (5) 損傷リングガーダーの修理
- (6) 灌漑用放流バルブ設備の更新
- (7) 送水ポンプの更新
- (8) 可動トラシュラック・パネルの更新

- (9) 水圧鉄管荷揚げ設備の復旧
- (10) スペアパーツおよび維持管理用機器の整備

緊急改修計画での設備の基本設計は最新の日本の技術基準に従って行う。

- (1) 水密ゴムおよび止め金具の更新

洪水吐きゲート、取水口ゲート、水圧鉄管バタフライ・バルブ、空気弁、水圧鉄管伸縮継ぎ手およびマンホール用の水密ゴムと止め金具は更新される。水密ゴムと止め金具の設計条件を図 5.8 から図 5.11 に示した。

- (2) ゲートおよび水圧鉄管の補修塗装

補修塗装は、表 5.9 に示す塗装要領に基づき実施することを推奨する。

- (3) ゲートおよびバルブの操作盤の更新

更新を必要とする操作盤は下記の通りである。

<u>設備</u>	<u>機側操作盤</u>	<u>遠方操作盤</u>
洪水吐きゲート	1 面	1 面
取水口ゲート	1 面	—
取水口可動トラシュラック	1 面	—
バタフライ・バルブ	1 面	—

現状においては、4門の洪水吐きゲートは機側操作にてNo.1ゲート開閉機用設置台上に設置された1面の機側操作盤で操作されている。本調査から、現状の操作盤配置はゲート操作員による全門のゲート操作監視が困難と考えられた。従って、洪水吐きゲートの安全操作を確実にするため、2面の操作盤を開閉機用設置台上に設備することを推奨する。

操作盤は将来ダニム・ダムおよび発電所に導入される集中監視システムに対応するため、新たに下記する項目のデジタル変換器、表示器、端子台を設備すること必要である。

1) 送信項目

- ー デジタルタイプのゲートおよびバルブ開度表示

2) 遠方監視項目

On - Off接点（無電圧接点、機械式接点）は発電所のターミナル盤にすべての警報、表示を送信するために設備される。

ゲート用

- ー 全開表示
- ー 全閉表示
- ー 中間位置表示
- ー 故障表示（電源の短絡、過負荷）

バルブ用

- ー 全開表示
- ー 全閉表示
- ー 故障表示（電源の短絡、過負荷）

上記設計条件を除き、新規操作盤はダニム・ダム・発電所の完成図面に従い設計する。また、バタフライバルブの操作盤も、ダニム・ダム・発電所の完成図面に従い設計する。

(4) ゲートおよびバルブの電気・機械部品の更新

各設備で更新することが必要な電気・機械部品は下記の通りである。

<u>設備</u>	<u>機械部品</u>	<u>電気部品</u>
i) 洪水吐きゲート	・ワイヤーロープ吊り金具 ・油面計	・リミットスイッチ、接点、 端子、ケーブル・ワイヤー等 の部品
ii) 可動トラシュラック	・減速器	・リミットスイッチ、接点、 端子、ケーブル・ワイヤー等 の部品
iii) 取水口ゲート	—	・リミットスイッチ、接点、 端子、ケーブル・ワイヤー等 の部品
iv) バタフライバルブ	・油圧配管 ・過流速計	・リミットスイッチ、接点、 端子、ケーブル・ワイヤー等 の部品

各部品の基本設計は下記に従って実施する。

#### 機械部品

- (i) ワイヤーロープ吊り金具は図 5.12に従い行うことを推奨する。
- (ii) バタフライバルブの油圧配管にはステンレス鋼を使用することを推奨する。
- (iii) 他部品は可能な限りダニム・ダム・発電所の完成図面にに基づき設計し、設備する。

#### 電気部品

- (i) すべての外部使用のケーブル・ワイヤーは多重心銅線、ポリエチレン絶縁 PVC 600/1000 V とする。
- (ii) すべての外部使用のケーブル・ワイヤーの敷設は既存の電線管およびダクトを使用す

る。

(iii) 他部品は可能な限りダニム・ダム・発電所の完成図面にに基づき設計し、設備する。

#### (5) 損傷リングガーダの修理

前章 5.1.4 (2)にて述べたごとく、損傷リングガーダの早期修理を提言する。推奨する修理方法を表 5.10に示す。

#### (6) 灌漑用放流バルブの更新

灌漑用放流バルブの改修は放流バルブの更新および防水マンホールの設備を含む。

設備の基本設計は下記のように行われる。

##### 1) 灌漑用放流バルブ設備

下記の機器は全面的に更新する。

- 600 mm径バタフライバルブの1台
- 600 mm 径スルースバルブの1台
- No. 2 単管
- 放流管の伸縮継ぎ手の水密ゴムおよびパッキング

更新する区域および条件を図 5.13および図 5.14に示す。上記器機は既存の土木構造の変更なしに設計および据え付けを行うことが条件付けられる。

また、新規電動操作放流バルブは洪水吐きゲートの開閉機操作台に設置した機側操作盤にて操作される。電動操作のための操作盤、配電盤、電線等の必要な機器は新規にバルブ室および洪水吐き開閉機操作台上に設置する必要がある。

ポンプ室に新規に据え付けられる送水ポンプ操作用のすべての操作機器は、経済的な盤配置の観点から放流バルブの操作盤内に装備する。

## 2) 防水マンホールの設備

バルブ室への雨水の侵入を防ぐため、既存のマンホールを防水型に変更する。防水型マンホールの設備ため、灌漑用放流バルブの空気供給管路をマンホール付近で変更する必要がある。

防水型マンホールおよび空気供給管を図 5.14に示す。

## (7) 送水ポンプの更新

既存送水ポンプの設計データは下記の通りである。

ー 吐出量	: 2.0 m <sup>3</sup> /min
ー ポンプ形式	: 多段渦巻きポンプ
ー 電動機容量	: 37 kW
ー 揚程	: 60 m
ー 吸い込み管径	: 150 mm
ー 吐出管径	: 150 mm
ー 主送水管径	: 150 mm
ー 主送水管の長さ	: 約600 m
ー ポンプ台数	: 2 台
ー ポンプ室の配管	: 図 5.15

更新するポンプ機器の設計条件は可能な限り上記条件に従う。送水ポンプ室内の更新作業を容易にするため、作業境界は各吸い込み管および吐出管の仕切弁に設定した。更新作業はポンプ基礎以外の土木構造の変更なしに行う。

新操作盤は洪水吐きゲートの開閉機操作台に設備される。ポンプ操作に必要な機器は灌漑用放流バルブ用操作盤内に設備される。

送水ポンプ室内の配置は図 5.15に示す。

#### (8) 可動トラシュラック・パネルの更新

前章5.1.4.(2).3)で記載したトラシュラックへの振動解析結果より認識されたように、上流部トラシュラックはトンネル内の水流に起因するトラシュラック・バーの共振により損傷する可能性がある。このため、トラシュラックの固有振動数を増加させ、かつ、2.5以上の安全係数を確保するため、ボルト接合形式トラシュラック・バーを溶接接合形式に変更する必要がある。

推奨する上流部トラシュラック・バーの設計は図 5.16に示す。

#### (9) 水圧鉄管用運搬装置の設備

運搬装置は水圧鉄管路に水圧鉄管の維持管理を容易にするため設備する。

運搬装置の基本設計は下記のように行う。

##### 1) 設計方針の整理

運搬装置の設計条件は下記の方針に基づき設定する。

(i) 運搬装置は水圧鉄管の点検作業が困難なバルブ室とBL. No.8区間に設備する。

(ii) 積載荷重は下記の維持・点検作業のために最大1 tonとした。

- － 水圧鉄管の補修塗装のための、機器および塗料の搬送
- － 水圧鉄管路の修理のための、セメント袋および軽量建設機器の搬送
- － 上記材料および機器の搬送と同時に、2名の作業員の搬送



(iii) 運搬装置の維持管理の容易さを考えて、運搬機構および操作機構の単純な装置の選定。

iv) 最大斜度48度での、安全搬送が可能な装置の設備。

## 2) 運搬装置の形式

水圧鉄管路の地形調査からBL.No.4 とBL.No.7区間の地表面に多数の浸食部がみられ、かつ、これらの浸食部は目視観測から最大8m深さと考えられた。これらの地形条件から下記の3形式の運搬装置から最適装置を選定する。

- ー ケーブルクレーン形式
- ー モノレール・ホイスト形式
- ー ワイヤー・ロープ・ウインチ式

これらの形式の運搬装置は、本章の項目 1)に記載した設計方針および機器の製作実績を考慮して、これらの適用性を検討した。この検討結果から、ワイヤー・ロープ・ウインチ式は他機器と比較して下記の点から最適な形式であることが判明した。

- (i) ケーブル・クレーン形式は人間輸送に安全性の点で不適切である。
- (ii) モノレール・ホイスト形式は斜度45度以上の地形に対して製作および据え付けの実績がない。通常は40度以下の傾斜部に設備される。従って、最大斜度48度のダム発電所の水圧鉄管には採用できない。
- (iii) ワイヤー・ロープ・ウインチ式は他形式に比較して単純な機構を有している。従って、設備に対する維持管理の容易さから、ワイヤー・ロープ・ウインチ式が推奨される。

運搬装置の全体配置図は図 5.17に示す。

#### (10) スペアパーツおよび点検用機器の設備

前章5.2.3に記述したごとく、PC-2は施設の定期検査を継続しなければならない。将来の維持管理業務を円滑に遂行するため、施設のスペアパーツおよび点検器機の調達を行う必要がある。推奨するスペアパーツおよび点検機器を表5.11に示す。

### 5.4 緊急改修計画の実施計画

#### 5.4.1 実施計画の基本方針

既施設に対するPC-2の維持管理の実績から見て、PC-2は施設の補修塗装および可動トラシュラックの製作等の改修作業を独自に実施する能力を有している。従って、改修計画に必要な機器および材料は国際入札により選定された信頼性の高い外国業者から調達し、現地作業は外国業者からの技術指導員の下にPC-2自身が実施することとする。

表5.8に示す改修作業の内、下記の項目は、全面的PC-2に財政負担にて行う。

作業内容	項目
(i) 補修塗装	Nos. 1.1, 5.1 (2), 6.1, 7.1, 8.1, 8.3(1) および 8.4 (1)
(ii) 可動トラシュラックの更新	No. 4.1
(iii) 水圧鉄管リングガード の修理	Nos. 8.2.(2)および8.3.(3)

上記方針を基準に、実施計画を策定し、事業費の積算を実施する。

#### 5.4.2 実施計画

実施計画は改修作業の設計、材料手配、製作、輸送および据え付け期間を調査団が適正に査定し

て、作成した。

実施計画は図 5.18に示す。

一方、経済的プロジェクト実施の観点より、施設の改修作業は土木、発電機、水車機器等の他作業分野とともに実施することを推奨する。

## 5.5 長期的改修計画

前章5.2.1(2)に基づき、長期的改修計画を下記に提言する。

### (1) 取水口固定トラシュラックの改造

前章3.1.3.(4)に述べたごとく、取水口可動トラシュラックのトラシュラック・パネル前面に流木・ゴミの貯留が観測された。この状況から、当初の設計思想に反して、多数の流木・ゴミが取水口固定トラシュラックを通過している可能性がある。緊急改修計画にて、可動トラシュラック・パネルの振動による損傷を防止する方策がとられる。しかし、取水トンネル内への流木／ゴミの流入は極力防止することが重要である。従って、取水口固定トラシュラックのトラシュラック・パネルのバー間隔を100 mm から60 mmに修正し、かつトラシュラック或いは鋼構造物の高さをH.W.L 1,042 m以上とした上で、除塵機を取水口に設備することも考えられる。

### (2) 可動トラシュラックの撤去の可能性

上記項目(1)における取水口固定トラシュラックの変更が実施された後、可動トラシュラックの撤去は可能である。

(3) 可動トラッシュラックの開閉機の更新

PC-2職員から報告されている開閉機の高頻度の操作および可動トラッシュラックの現状での重要性を考慮すれば、開閉機の更新は発電機器の信頼ある運転を確保するために効果的である。この改修計画は項目(1)にて推奨される取水口固定トラッシュラックの改造が行われな  
いとの条件で実施される。

(4) No.2水圧鉄管のBL.No.2 およびBL.3区間、およびNo.82 単管

水圧鉄管の残寿命を延長する観点より、上記鉄管部の定期検査の実施を条件に、適切な材質および構造に取り替えることを、模索する必要がある。

(5) 冷却水管の更新

本調査により、冷却水管の老朽化が確認されている。発電所設備の継続的な運転を確保するため、配管の更新を行う必要がある。

(6) 灌漑用トラッシュラックの更新

本調査により、トラッシュラックの老朽化が確認されている。放流設備の継続的な運転を確保するため、トラッシュラックの更新を行う必要がある。

## 5.6 設備の維持管理への提言

前章5.2.1 に記述したように、30年前に建設された施設にもかかわらず、本調査にてPC-2の適正な維持管理により施設に重大な損傷を見受けることができなかった。この事実より、PC-2は施設を維持管理する十分な能力を有していると考えられる。

しかし、施設が30年前に建設されたことを考慮した場合、PC-2は施設の状態を定期的に点検し

記録する管理計画を早急に整備することが望まれる。特に、水圧鉄管は過去に於いて2回に亘り爆破され改修された経緯があり、本件調査にて調査団が適用した調査レベルの定期検査を実施することが必要である。



表 5.1 施設設計条件 (1/2)

ダニム・ダムおよび発電所のゲート、バルブ、水圧鉄管の設計条件は下記の通りである。

(1) 洪水吐き

- |   |  |
|---|--|
| (i) ラジアル型クレストゲート、戸当り金物、アンカレッジ、開閉機および操作盤 | : 11.0 m 幅×13.7 m 高さ、4門                |
| (ii) 農業用放流設備                            | : 0.6 m 径スルース・バルブおよびバタフライ・バルブ、各1門、手動操作 |
| (iii) 放流管                               | : 0.6 m 径、長さ約26.0 m<br>1 条             |
| (iv) スクリーン                              | : 4.777 m 幅×7.7 m 高さ、<br>1 門           |
| (v) 送水ポンプ                               | : 15 HP, 150 mm 径、2台<br>3段タービンポンプ      |

(2) 取水口

- |                                   |                              |
|-----------------------------------|------------------------------|
| (i) 取水口固定トラシュラック                  | : 8.0 m 幅×11.25 m 斜長、<br>2 門 |
| (ii) 可動トラシュラック、戸当り金物、開閉機および操作盤    | : 3.6 m 幅×3.6 m 高さ、<br>2 門   |
| (iii) 取水口キャタピラゲート、戸当り金物、開閉機および操作盤 | : 3.6 m 幅×3.6 m 高さ、<br>1 門   |

(3) サージタンク・水圧鉄管トンネル放流設備

- |          |  |
|----------|--|
| (i) 放流設備 | : 0.6 m 径スルース・バルブおよびバタフライ・バルブ：各2門、手動操作 |
|----------|--|

表 5.1 施設設計条件 (2/2)

---

(ii) 放流管	: 0.6 mから1.2 m径、長さ 160 m(含む、Y形式集合 管を)1 条
(4) バタフライ・バルブ	: 2.0 m径、2台、油圧操作
(5) 水圧鉄管	: 2.0 mから1.05 m径、長 さ2,257 m(含む、上部分 岐部のY形式分岐管、下 部分岐部の球型分岐管), 設計圧920 m (静水圧: 800 m, 水撃圧: 15%), 2 条
(6) 冷却水管	: 304.7 mm径、長さ約143 m, 設計水頭 30.5 m, 4 条

---



表 5.2 現地調査結果 (1/8)

番号	設備機器	改修箇所	PC-2の改修計画/意見
1	洪水吐きゲートおよび開閉機		
1.1	扉体		
(1)	水密ゴム	水密ゴムの老朽化、劣化により扉体から漏水が発生 水密ゴムの損傷により扉体から漏水が発生 水密金物に発錆	水密ゴム部の全面更新
(2)	ワイヤロープ止め	ワイヤロープ止めの軸受部の腐食により、ワイヤロープの張力が左右均等に作用していない、かつ、ロープに曲げ応力が生じている。	ワイヤロープ止め金具の改修
(3)	スキンプレート 主桁、胸の塗装	塗装剥離に伴う発錆	扉体の補修塗装
1.2	開閉機および操作盤		
(1)	開閉機	リミットスイッチおよび減速機のオイルゲージ等の補助機械、電気部品の老朽化、機能低下	PC-2との協議にて、ダニム・ダム・発電所には近い将来、洪水予報警報と連動した計画があること コントロールシステムを導入する計画があると報告された。これらの新システムの導入が実現した場合、現状の操作盤および開閉機の補助部品を必然的にこの新システムに適合したものに 変更する必要がある

表 5.2 現地調査結果 (2/8)

番号	設備機器	改修箇所	PC-2の改修計画/意見
(2)	機側・遠方操作盤および電気配線	遠方・機側操作盤の電気部品の老朽化、劣化	操作機器および電気配線の更新
2	灌漑用放流設備	遠方・機側操作盤と開閉装置間のケーブル配線の老朽化、劣化	
2.1	放流バルブ	30年前にバルブ室の冠水が発生し、ダム下流への放流は不可能となった。また、放流バルブ調査も不可能である。このバルブ室状況は、バルブ室の排水パイプの閉塞状態にて雨水の侵入により発生した。	PC-2は灌漑用放流設備を改修し、機能を回復させたい意向である。 PC-2は放流設備改修時に、バルブを電動モーター駆動に改造して遠隔操作できるようにしたい意向である
2.2	送水ポンプ	2台の送水ポンプの内、1台は故障のため撤去されており、他の1台はポンプの老朽化により規定送水能力を確保できない	2台の送水ポンプおよび操作設備の更新
		機側盤および電気ケーブル配線の老朽化	

表 5.2 現地調査結果 (3/8)

番号	設備機器	改修箇所	PC-2の改修計画/意見
2.3	固定トラッシュラック	取水口固定トラッシュラックと同程度の腐食が確認された	
3	取水口固定トラッシュラック	トラッシュラック・パネルの腐食は広範囲にわたっている。トラッシュラック・バーはおよそ3mmの腐食が確認された	PC-2は1995年に上部パネル (EL. 1,020.8 m以上) の交換を行う予定である。
4	可動トラッシュラック		
4.1	上流側トラッシュラック・パネル	トンネル内の高速流に起因すると考えられる振動により、上流側パネルのトラッシュラック・バーの変形、スクリーン・パネルの損傷が確認された	PC-2はトラッシュラック・パネルの更新する計画をもっている。
4.2	ガイド・フレーム	トラッシュラック・バーおよびトラッシュラック・パネルに塗装の剥離に伴う発錆 下流側トラッシュラックパネルの戸当り金物左側に約高さ3.1m×深さ15cmの2次コンクリートの脱落を観測	
4.3	開閉機および操作盤		
(1)	開閉機	リミットスイッチおよび減速機のオイルレベルゲージ、電気配線等の補助機器、電気部品の老朽化、機能低下	機械・電気部品の更新
		減速機からのオイル漏れ	

表 5.2 現地調査結果 (4/8)

番号	設備機器	改修箇所	PC-2の改修計画/意見
(2)	操作盤および電気配線	機脚操作盤の電気部品の老朽化、機能低下 遠方操作盤と開閉機間の電気ケーブル配線の老朽化、劣化	操作盤および電気配線の更新
5	キャタピラ形式取水口 ゲートおよび開閉機		
5.1	扉体		
(1)	水密ゴム	水密ゴムの老朽化、劣化による扉体からの漏水 水密ゴムの損傷により扉体から漏水が発生	水密部の更新
(2)	スキンプレートおよび 主桁の塗装	塗装剥離を伴う発錆	補修塗装の実施

表 5.2 現地調査結果 (5/8)

番号	設備機器	改修箇所	PC-2の改修計画/意見
5.2	開閉装置		
(1)	開閉装置	リミットスイッチおよび電気配線等の補助機械、電気部品の老朽化、機能低下	PC-2は近い将来、ダム・ダムとダム発電所に洪水予報警報と連動した集中監視装置を導入する意向である。これら新システムの導入が実現した場合、現状の操作盤および開閉機の補助部品を必然的に新システムに適合したものに変更する必要がある
(2)	操作盤および電気配線	機側操作盤の電気部品の老朽化、機能低下	
		操作盤と開閉機間の電気ケーブル配線の老朽化、劣化	
6	サージタンク、放流設備		補修塗装の実施
7	バタフライ・バルブ	設備表面に軽度の発錆が見うけられる	
	バタフライ・バルブ	水密ゴムの老朽化	水密部の更新
		No.2バルブに少量の漏水 (4.5l/min) 塗装剥離に伴うバルブ外面の発錆	

表 5.2 現地調査結果 (6/8)

番号	設備機器	改修箇所	PC-2の改修計画/意見
7.2	付属設備 (空気弁、充水管およびバルブ)	No.2バタフライ・バルブが水密ゴムの摩擦力増加により円滑な開閉ができない  空気弁の水密ゴムの老朽化  過流速非常閉塞装置の老朽化  圧力測定用水圧計およびその送信機の不良	専門家の詳細な検査  機器部品の更新
7.3	操作盤および電気配線	油圧操作盤の老朽化  リミットスイッチおよび減速機のオイルゲージ等の補助機械、電気部品の老朽化、機能低下  機側操作盤の電気部品の老朽化、機能低下  操作盤と油圧操作盤間の電気ケーブル配線の老朽化、劣化	操作盤および機械・電気部品の更新

表 5.2 現地調査結果 (7/8)

番号	設備機器	改修箇所	PC-2の改修計画/意見
8	水圧鉄管		
8.1	バタフライ・バルブ 上流部の水圧鉄管	水圧鉄管外部の塗装剥離による発錆	補修塗装の実施
8.2	水圧鉄管維持管理用運 搬装置	1967年の鉄管爆破により運搬装置の路面が鉄管よりの噴出した水により流されたため、これ以降、運搬装置使用が不可能な状態となっている。	PC-2はバルブ室とBL, No.8区間の水圧鉄管路の維持管理を容易にするため、運搬装置を新規に設備する希望をもつ。
8.2	No.1水圧鉄管路	種々の検査の結果、水圧鉄管路は良い状態である	
(1)	塗装状態		
(2)	リングゲージ	No.1水圧鉄管路のリングゲージNo. 28部に側壁からの落石による損傷が見られる	リングゲージの修理
(3)	伸縮継手	伸縮継手部の水密ゴムおよびパッキン部の老朽化	水密ゴムおよびパッキンの更新
(4)	マンホール	マンホール部のガスケットの老朽化	PC-2はマンホール部のガスケットを32枚要求
8.3	No.2水圧鉄管路		
(1)	塗装状態	No.1水圧鉄管路と比較し、管内面に多数の発錆が確認されたため管路内面の再塗装が必要	補修塗装の実施
(2)	リングゲージ	No.2水圧鉄管路のリングゲージNo. 40およびNo. 54部に側壁からの落石による損傷が見られる。浸透探傷調査により、リングゲージNo. 54に水圧鉄管との溶接部にひび割れを確認したため、早期の修理が必要。	リングゲージの修理

表 5.2 現地調査結果 (8/8)

番号	設備機器	改修箇所	PC-2の改修計画/意見
(3)	伸縮継手	伸縮継手部の水密ゴムおよびパッキン部の老朽化	水密ゴムおよびパッキンの更新
(4)	マンホール	マンホール部のガスケットの老朽化	PC-2はマンホール部のガスケットを32枚要求
(5)	ヴェトナムで修復された水圧鉄管	ヴェトナムで修復された水圧鉄管部は材質および応力の解析を行った上で安全性を検討する。	
9	その他		
9.1	スペアパーツおよび工具	スペアパーツの備蓄がない 高品質のスペアパーツを整える必要がある (PC-2は現在ヴェトナム国内にて部品調達を原則としている) (PC-2は通常の維持、管理に必要な工具は保有している)	機材の調達
9.2	検査用器機	施設検査用の機材不足	



表 5.3 トラシュラックの応力解析

(I) 設計条件

	灌漑用トラシュラック		取水口固定トラシュラック	
設計水頭 (P1)	0.5	m	0.5	m
純径間 (B)	-		8	m
高さ (H)	-		10.575	m
バー間隔 (B0)	10	cm	10	cm
バー固定間隔 (B1)	2	m	3.866	m
許容応力 (So)	1,150	kgf/cm <sup>2</sup>	1,150	kgf/cm <sup>2</sup>
腐食代	3	mm	3	mm

(II) トラシュラック・バーの強度

$$M = Pw \times B1^2 / 8$$

$$S1 = M / Z$$

ここに M: バー曲げモーメント  
 Pw: 等分布荷重  
 L: バー固定間隔  
 I: バーの断面二次モーメント  
 Z: バーの断面係数  
 A: 断面積  
 S1: 応力

場所	バーサイズ ax b (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	Z (cm <sup>3</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )	Pw (kgf/cm)	B1 (cm)	M (kg-cm)	S1 (kgf/cm <sup>2</sup> )
灌漑用	7.2 x 0.6	17.7	4.9	4.2	0.5	200	2,500	510
取水口用	9.7 x 0.9	64.5	13.3	8.6	0.5	386.6	9,341	702

(III) 固定ガーダーの強度

$$W1 = P1 \times L$$

$$M = W1 \times B / 8 \times (2 \times B1^2 - B)$$

$$S2 = M / Z1$$

ここに、 P1: 設計圧  
 L: 圧力影響長さ (= H/3)  
 B: 純径間  
 B1: 固定径間  
 I: ガーダーの断面二次モーメント  
 Z: ガーダーの断面係数  
 A: ガーダーの断面積

場所	ガーダー サイズ	P1 (kgf/cm <sup>2</sup> )	L (cm)	W1 (kgf/cm)	B (cm)	B1 (cm)	M (tf-m)
取水口	H447x172 x 8 x 17	0.05	358	17.92	800	830	1,541

場所	I (cm <sup>4</sup> )	Z (cm <sup>3</sup> )	S2 (kgf/cm <sup>2</sup> )
取水口	H447x172 x 8 x 17	0.05	1,085

表 5.4 可動トラシュラックの振動解析

(I) カルマン渦による振動

$$f = (S \times V / d)$$

ここに S: ストロークハ数  
 V: 流速  
 d: 水流方向のトラシュラック・バーの板厚

Case	S	V (m/sec)	d (cm)	f (Hz)
Case 1	0.2	1.92	0.9	42.9
Case 2	0.2	1.92	16	2.4
Case 3 . i)	0.2	1.92	0.9	42.9
ii)	0.2	1.92	0.9	42.9
iii)	0.2	1.92	0.9	42.9

(II) トラシュラック・バー固有振動数

$$f_n = (a / 2\pi) \times \sqrt{(E \times I \times \rho) / (W \times L^3)}$$

$$W = V_0 \times (q + b/d \times a t)$$

Where,  $f_n$ : 固有振動数  
 a: 支持状態による係数  
 E: 弾性係数  
 I: 断面二次モーメント  
 g: 重力加速度  
 L: 支持間隔  
 W: 上記計算式参照

Where,  $V_0$ : トラシュラック間の容量  
 $V = b \times d \times L$   
 q: 鉄の単位体積重量  
 at: 水の単位体積重量  
 b: トラシュラック・バーの純間隔  
 d: トラシュラック・バーの板厚

安全率 =  $f_n / f > 2.5$

Case	a	E (kgf/cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	g (cm/sec <sup>2</sup> )	L (cm)	$V_0$ (cm <sup>3</sup> )	q (kgf/cm <sup>3</sup> )
Case 1	22.7	2,100,000	0.547	9.8	52.2	423	0.00785
Case 2	22.7	2,100,000	830.9	9.8	362.2	26,658	0.00785
Case 3 . i)	9.87	2,100,000	0.547	9.8	52.2	423	0.00785
ii)	9.87	2,100,000	0.547	9.8	104.3	845	0.00785
iii)	9.87	2,100,000	0.547	9.8	156.5	1,268	0.00785

Case	at (kgf/cm <sup>3</sup> )	b (cm)	d (cm)	W (kgf)	$f_n$ (Hz)	f (Hz)	安全率 $f_n / f$
Case 1	0.001	5.1	0.9	5.7	134.6	42.9	3.1
Case 2	0.001	176.5	16	503	30.6	2.4	12.8
Case 3 . i)	0.001	0.9	9	5.7	58.5	42.9	1.4
ii)	0.001	0.9	9	11.4	14.7	42.9	0.3
iii)	0.001	0.9	9	17.1	6.5	42.9	0.2

表 5.5 リングガーダー No.54 の応力解析(1/3)

応力解析は、損傷によってリングガーダーのステフナー間隔が180 mmから150 mmに狭くなったと仮定して、行う。

(I) 設計条件

パイプ No.	:	208-1
設計圧力	:	651.80 m
口径	:	1,650 mm
板厚	:	30 mm
材質	:	JIS-SM 590 class
腐食代	:	0 mm

(II) 許容応力の算定

$$Sca = Sy \times 0.7 / 1.65$$

ここに、

Sca: 許容応力	:	1,951 kgf/cm <sup>2</sup>
Sy: 降伏点応力	:	4,600 kgf/cm <sup>2</sup>

(III) 管胴板の強度

$$Sc = P \times Do / (2 \times t1)$$

ここに

Sc: 円周応力	:	1,792 kgf/cm <sup>2</sup>	<	1,951 x 0.95 = 1,853 kgf/cm <sup>2</sup>
P: 設計圧力	:	65.18 kgf/cm <sup>2</sup>		
Do: 口径	:	165 cm		
t1: 板厚	:	3.0 cm		

(IV) 軸方向応力

(1) 管胴板の曲げ応力

$$Sb = \pm M/Z \times 10^3$$

ここに、

M: 曲げモーメント
Sb: 曲げ応力
Z: 管の断面係数
t: 板厚

Do (cm)	t (cm)	M (tf - cm)	Z (cm <sup>3</sup> )	Sb (kgf/cm <sup>2</sup> )
165	3	10,800	65,355	165

表 5.5 リングガード No.54 の応力解析(2/3)

(2) スチフナー拘束による局部応力

$$Sf = \pm 1.82 \times A1 / A \times P \times rm / t$$

ここに、

- Sf: 局部曲げモーメント
- A1: スチフナーの断面積
- A: 管胴板およびスチフナーの断面積
- P: 設計圧力
- t: 板厚
- rm: 板圧の中心の半径

Do (cm)	t (cm)	P (kgf/cm <sup>2</sup> )	2A1 (cm <sup>2</sup> )	2A (cm <sup>2</sup> )	rm (cm)	Sf (kgf/cm <sup>2</sup> )
165	3	65.18	46.8	176.9	84	879

(3) 管軸方向の推力

- i) 管と支台の摩擦による推力 (P1)
- ii) 管の傾斜による推力 (P2)
- iii) 伸縮継ぎ手の摩擦による推力 (P3)
- iv) 伸縮継ぎ手に作用する内圧の軸方向成分による推力 (P4)
- v) ざん縮管に作用する内圧の軸方向成分による推力 (P5)
- vi) 管軸方向の応力

$$Sp = (P1 + P2 + P3 + P4 + P5) / A \times 10^3$$

P1 (ton)	P2 (ton)	P3 (ton)	P4 (ton)	P5 (ton)	A (cm <sup>2</sup> )	Sp (kgf/cm <sup>2</sup> )
56.75	42.27	151.15	105.46	-	1,583	224

\* 上記P1-P5の値は竣工時の計算書より得た。

(4) 管軸応力

$$Sc = Sb + Sf + Sp$$

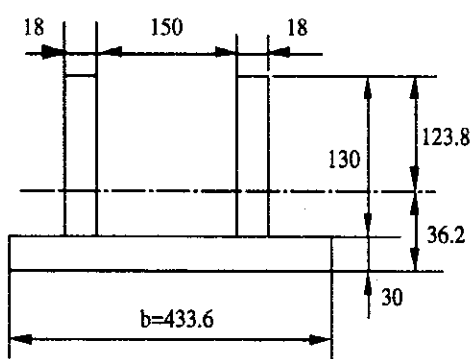
Sb	Sf	Sp	Sc	材質	許容応力
(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )		(kgf/cm <sup>2</sup> )
165	879	224	1,268	JIS-SM590 class	1,951

以上により、管軸応力の合計は許容応力以内である。

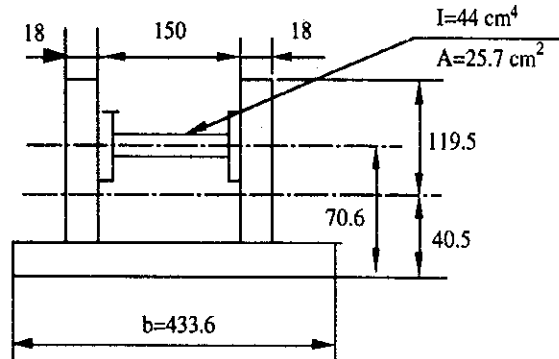
(V) リングガードNo.54の検討

- D= 1,650 mm
- t = 30 mm
- Q = 64.8 ton
- P = 65.18 ton
- Material JIS-SM 590 class

表 5.5 リングガード No.54 の応力解析(3/3)



90o以外  
 $I = 2,959 \text{ cm}^4$   
 $Z_i = 817 \text{ cm}^3$   
 $Z_o = 239 \text{ cm}^3$   
 $A = 176.9 \text{ cm}^2$



90o 付近  
 $I = 3,270 \text{ cm}^4$   
 $Z_i = 807 \text{ cm}^3$   
 $Z_o = 273 \text{ cm}^3$   
 $A = 202 \text{ cm}^2$

(1) 通常状態

$B = 0.733$   
 $R = 86.12 \text{ cm}$   
 $X = 3.44 \text{ cm}$   
 $N = 239.04 \text{ ton}$

	T	M	T/A	M/Zi	- M/Zo	N/A	Si	So
	ton	t-cm	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>
0	-0.35	47.65	-2	58	-	1,352	1,408	-
60	-9.35	-57.23	-54	-	235	1,351	-	1,533
90	16.2	-55.73	80	-	204	1,180	-	1,464
120	9.53	56.23	54	69	-	1,351	1,474	-
180	0.35	-47.65	2	-	199	1,351	-	1,553

以上の応力は許容応力以内である。

(2) 合成応力

$H_s = 3.44 \text{ ton}$   
 $H_w = 3.42 \text{ ton}$   
 $S = 63 \text{ cm}$   
 $B = 1.348$

	T	M	T/A	- M/Zo	N/A	Si	So	許容応力
	ton	t-cm	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>
60	-1.33	-51.19	-8	214	207	1,533	1,739	2,610
270	1.2	-77.75	6	285	291	1,464	1,755	2,610

許容応力

$S_{ca} = 0.45 \times T_s = 2,610 \text{ kgf/cm}^2$

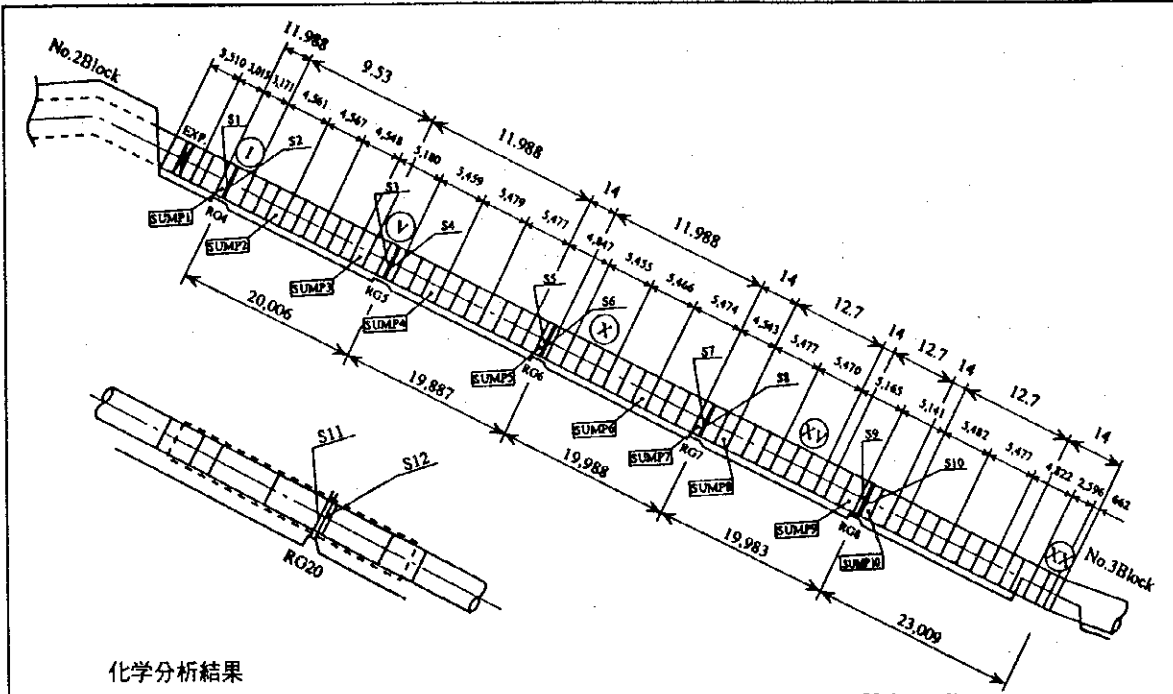
$T_s$ : 最大応力

: 5,800 kgf/cm<sup>2</sup>

以上の応力は許容応力以内である。

表 5.6

水圧鉄管の材料試験



化学分析結果

Unit: wt %

Sample	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Equi. C
No.1	0.32	0.03	0.55	0.006	0.022	0.04	0.02	<0.01	<0.01	0.42
No.2	0.30	0.04	0.58	0.005	0.022	0.04	0.03	<0.01	<0.01	0.41
No.3	0.32	0.04	0.56	0.007	0.022	0.04	0.03	<0.01	<0.01	0.42
No.4	0.29	0.04	0.58	0.005	0.023	0.04	0.03	<0.01	<0.01	0.40
No.5	0.28	0.04	0.58	0.005	0.023	0.04	0.03	<0.01	<0.01	0.39
No.6	0.30	0.04	0.56	0.007	0.022	0.04	0.03	<0.01	<0.01	0.40
No.7	0.16	0.07	0.41	0.006	0.033	0.02	0.02	<0.01	<0.01	0.24
No.8	0.15	0.07	0.42	0.006	0.033	0.02	0.02	<0.01	<0.01	0.23
No.9	0.16	0.07	0.42	0.006	0.033	0.02	0.02	<0.01	<0.01	0.24
No.10	0.16	0.07	0.41	0.006	0.033	0.02	0.02	<0.01	<0.01	0.24
No.11	0.22	0.02	1.10	0.008	0.027	0.03	0.03	<0.01	<0.01	0.41
							Cu	0.08	Nb	<0.01
No.12	0.21	0.02	1.08	0.007	0.025	0.04	0.02	<0.01	<0.01	0.40

SM 570の炭素当量

$$\text{炭素当量(\%)} = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14$$

(考察)

高炭素当量およびSMUMテストの組織状態から、上記材質は下記のように判定する。

1. 材料サンプル No. 1 - No.6 : JIS - SS 490 class
2. 材料サンプル No.7 - No.10 : JIS - SS 400 class
3. 材料サンプル No.11 - No.12 : JIS - SS 490 class

表 5.7 水圧鉄管の応力解析

応力解析は、アンカーブロックNo.2とNo.3区間で最大圧が作用するV20-3 単管にて行う。

応力解析の方法は1976年2月15日付けダニム電力システムNo.2水圧鉄管の復旧報告書に基づく。

(I) 設計条件

パイプ No.	:	V20-3
設計圧力	:	119.84 m
口径	:	2,000 mm
板厚	:	13.88 mm *
材質	:	JIS-SS400 class
腐食代	:	0 mm

\*: 板厚は現地調査結果より算出する。

(II) 許容応力の算定

$$Sca = Sy \times 0.7 / 1.65$$

ここに,	Sca : 許容応力	: 975 kgf/cm <sup>2</sup>
	Sy : 降伏点応力	: 2,300 kgf/cm <sup>2</sup>

(III) 管胴板の強度

$$Sc = P \times Do / (2 \times t1)$$

ここに,	Sc : 円周応力	: 863 kgf/cm <sup>2</sup>	<	975 x 0.95 = 926 kgf/cm <sup>2</sup>
	P: 設計圧力	: 11.984 kgf/cm <sup>2</sup>		
	Do: 口径	: 200 cm		
	t1: 板厚	: 1.388 cm		

表 5.8 緊急改修計画 (1/8)

番号	設備機器	改修箇所	解析方法	改修作業
1	洪水吐きゲートおよび開閉機			
1.1	扉体			
(1)	水密ゴム	水密ゴムの老朽化、劣化により扉体から漏水が発生 水密ゴムの損傷により扉体から漏水が発生 水密金物に発錆		水密ゴムの更新 水密ゴムの更新 水密金物の更新
(2)	ワイヤロープ止め	ワイヤロープ止めの軸受部の腐食により、ワイヤロープの張力が左右均等に作用していない		ステンレス材のワイヤロープ止め軸への更新 再塗装
(3)	スキンプレート 主桁、脚の塗装	塗装剥離を伴う発錆		
1.2	開閉機および操作盤			
(1)	開閉機	リミットスイッチおよび減速機のオイルゲージ、電気配線等の補助機械、電気部品の老朽化、機能低下		電気および機械の欠陥部品の交換 新システムに適合した追加電気部品の設計
(2)	機側・遠方操作盤および電気配線	機側・遠方操作盤の電気部品の老朽化、劣化		新規コントロールシステムの設計方針を確認した上で新規遠方・機側操作盤および開閉機の追加部品を整備する必要がある。



表 5.8 緊急改修計画 (2/8)

番号	設備機器	改修箇所	解析方法	解析結果	改修作業
2	灌漑用放流設備	遠方・機側操作盤と開閉装置間のケーブル配線の老朽化、劣化			新規操作盤の交換時に、新規電気配線に交換する
2.1	放流バルブ	30年前にバルブ室の冠水が発生し、ダム下流への放流は不可能となった。また、放流バルブ調査も不可能である。このバルブ室状況は、バルブ室の排水パイプの閉塞状態にて雨水の侵入により発生した。			信頼できる排水設備をバルブ室に備えた後、新規放流バルブに交換する。さらに、バルブを電動モータ駆動により遠隔操作できるようにする。
2.2	送水ポンプ	2台の送水ポンプの内、1台は故障のため撤去されており、おり、他の1台はポンプの老朽化により規定送水能力を確保できない 機側盤および電気ケーブル配線の老朽化			電気部品と操作盤を更新し、さらに送水ポンプ2台を更新する。
2.3	トラシユラック・パネル	取水口固定トラシユラックと同様の腐食が確認された	トラシユラック・バーの応力解析	応力解析の結果、許容応力1,150 kgf/cm <sup>2</sup> に対して最大曲げ応力は510 kgf/cm <sup>2</sup> であった。 (参照 表 5.3)	現時点で、トラシユラック・パネルを緊急に改修作業する必要がない。改修作業は長期改修計画にて実施する事は推奨される。

表 5.8 緊急改修計画 (3/8)

番号	設備機器	改修箇所	解析方法	解析結果	改修作業
3	取水口固定 トラッシュユラック	トラッシュユラック・パネルの腐食は広範囲にトラッシュユラック・バーの応力わたっている。 トラッシュユラック・バーはおおよそ3mmの腐食が確認された	解析 力解析	応力解析の結果、許容応力1,150 kgf/cm <sup>2</sup> に対してトラッシュユラック・パネルおよびガーダーの最大曲げ応力はそれぞれ702 kgf/cm <sup>2</sup> および1,085 kgf/cm <sup>2</sup> であった。(参照 表 5.3)	現時点で、トラッシュユラック・パネルを緊急に改修作業する必要がない。改修作業は長期改修計画にて実施することは推奨される。
4	可動トラッシュユラック	トンネル内の高速流に起因すると考えられる振動により、上流側パネルのスクリーン・バーの変形、トラッシュユラック・パネルの損傷が確認された	(1)トラッシュユラック・バーの振動解析の補強修理 (2)トラッシュユラック・バーの応力解析 (3)トラッシュユラックパネルの製作方法の検討	(1)トラッシュユラック・パネルに於いて水流により共振を起こす可能性がある。 (2)腐食の程度が軽微であるため、応力的に問題なしと考えられる。 (3)下記する可動トラッシュユラックの操作要領を確立する必要がある。 i)通常操作は下流トラッシュユラックにて行う。 ii)洪水期は一日に一回の除塵作業を行う。	トラッシュユラック・パネルの構造を振動の耐えるように変更する必要がある。
4.2	ガイド・フレーム	下流側トラッシュユラックパネルの戸当り金物左側に約高さ3.1m×深さ15cmの2次コンクリートの脱落を観測			貯水池水位EL.1,019m以下時に、土木作業にてコンクリートおよびその他充填材にて修理する 改修計画は項目 6.3 に示す。
4.3	開閉機および操作盤				電気部品および機械部品の更新
(1)	開閉機	リミットスイッチおよび電気配線等の補助機械、電気部品の老朽化、機能低下			減速機の更新
(2)	操作盤および電気配線	機御操作盤の、電気部品の老朽化、機能低下			操作盤の更新

表 5.8 緊急改修計画 (4/8)

番号	設備機器	改修箇所	解析結果	改修作業
5	キャタピラ形式取水口ゲートおよび開閉機	操作盤と開閉機間の電気ケーブル配線の老朽化、劣化	新規操作盤の交換時に、新規電気ケーブル配線に交換する	
5.1	扉体			
(1)	水密ゴム	水密ゴムの老朽化、劣化による扉体からの漏水		水密ゴムの更新
(2)	スキンプレートおよび主桁の塗装	水密ゴムの損傷により扉体から漏水が発生 塗装剥離を伴う発錆		水密ゴムの更新 再塗装作業の実施
5.2	開閉装置			
(1)	開閉装置	リミットスイッチおよび電気配線等の補助機械、電気部品の老朽化、機能低下		電気部品および機械部品の更新
(2)	操作盤および電気配線	機側操作盤の電気部品の老朽化、機能低下 機側操作盤と開閉機間の電気ケーブル配線の老朽化、劣化		新規コントロールシステムの設計方針を確認した上で新規操作盤および開閉機の追加部品を整備する必要がある。 新規操作盤に交換するに伴い、新規電気配線に更新

表 5.8 緊急改修計画 (5/8)

番号	設備機器	改修箇所	解析方法	解析結果	改修作業
6	サージタンク、放流設備	設備表面に軽度の腐食			再塗装の実施
7	バタフライ・バルブ	水密ゴムの老朽化			水密ゴムの更新
7.1	バタフライ・バルブ	No.2バルブに少量(4.5 l/min)の漏水 塗装剥離に伴いバルブ外面に発錆が見う けられる			水密ゴムの更新 再塗装の実施
7.2	付属設備 (空気弁、充水管 およびバルブ)	No.2バタフライ・バルブが水密ゴムの 摩擦力増加により円滑な閉閉 ができない			水密ゴムの更新 過流速非常閉塞装置の更新 改修計画は、第8章に記述される。
7.3	操作盤および電気配線	空気弁の水密ゴムの老朽化 過流速非常閉塞装置の老朽化 圧力測定用圧計およびその送信機の不 良			油圧操作盤および油圧配管の更新 電気部品および機械部品の更新

表 5.8 緊急改修計画 (6/8)

番号	設備機器	改修箇所	解析結果	改修作業
8	水圧鉄管	機側操作盤の電気部品の老朽化、機能低下	機側操作盤の更新	
		機側操作盤と油圧操作盤間の電気ケーブル配線の老朽化、劣化	新規操作盤設備時に、電気ケーブルの更新	
8.1	バタフライ・バルブ 上流部水圧鉄管	水圧鉄管外面部の塗装剥離に伴う発錆	再塗装の実施	
8.2	水圧鉄管運搬装置	1967年の鉄管爆破により運搬装置の路面が鉄管より噴出した水により流されたため、これ以降、運搬装置使用が不可能な状態となっている。	最小規模の運搬設備を新規に設置する。 設置する水圧鉄管の区間は管路斜度が大きいバ ルブ室とBL.No.8とする。	
8.2	No.1水圧鉄管路	種々の検査の結果、水圧鉄管路は良い状態である	改修の必要なし	
(1)	構造状態	No.1水圧鉄管路リングガードNo.28部に側壁からの落石による損傷が見られる	損傷したリングガードの修理	土木作業による防護壁工事が必要 改修計画は第6.3章に示す。
(2)	リングガード	伸縮継手部の水密ゴムの老朽化	伸縮継手の水密ゴムおよびパッキンの高品質部品への交換	
(3)	伸縮継手	マンホール部のガスケットの老朽化	マンホール部のガスケット32枚供給	
(4)	マンホール			

表 5.8 緊急改修計画 (7/8)

番号	設備機器	改修箇所	解析方法	解析結果	改修作業
8.3	No.2水圧鉄管路				
(1)	構造状態	No.1水圧鉄管路と比較し、多数の塗層が確認されたため管路内面の再塗装が必要			再塗装の実施
(2)	リングゲージ	No.2水圧鉄管路リングゲージNo.20、No.40およびNo.54部に割壁からの落石による損傷が見受けられる。浸透探傷調査により、リングゲージNo.54に水圧鉄管との溶接部にひび割れを確認したため、早期の修理が必要。	リングゲージNo.54の応力解析	最大応力は許容応力2,610 kgf/cm <sup>2</sup> に対して、1,755 kgf/cm <sup>2</sup> である。	表5.10に示す修理方法に従い、早期に修理を行う。  土木作業による防護壁工事が必要
(3)	伸縮継手	伸縮継手部の水密ゴムおよびパッキンの老朽化			高品質な伸縮継手の水密ゴムおよびパッキンに交換
(4)	マンホール	マンホール部のガスケットの老朽化			マンホール部のガスケット32枚供給
(5)	ヴェトナムで修復された水圧鉄管		(1) 材料の明確化 (2) 水圧鉄管の安全性の検討	(1) 材料テストの結果、BL.No.2およびBL.No.3区間の材質はJIS-SS 400およびSS490クラスである。 (2) 応力解析の結果、最大応力は許容応力値以内である。	現時点で、水圧鉄管を緊急に改修作業する必要がない。改修作業は長期改修計画にてPC-2の定期検査を条件に実施することは推奨される。

表 5.8 緊急改修計画 (8/8)

番号	設備機器	改修箇所	解析方法	解析結果	改修作業
9	その他	9.1 スペアパーツおよび工具 スペアパーツの備蓄はない 高品質のスペアパーツを整える必要がある。 (PC-2は現在ガイエットナム国内にて部品 調達を原則としている。) (PC-2は通常の維持管理に必要な工具を 保有している。)			高品質の補修部品を供給 調査団は推奨するスペアパーツリストを作成す る。
9.2	検査用器械	施設検査用の機材不足			調査団は推奨する器械リストを作成する。

表 5.9 塗 装 仕 様

項目 No.	施設名	適用部品	工程	塗装仕様
1	洪水比ゲート	扉体上流部	下地処理  プライマ 第1層 第2層 第3層 第4層	パワーツール又はサンドブラストにてスウェーデン規格SIS 05 59 00 Grade SA 3.0 ジンクリッチプライマー：15 $\mu$ タールエポキシ樹脂塗料：100 $\mu$ 以上 タールエポキシ樹脂塗料：100 $\mu$ 以上 タールエポキシ樹脂塗料：100 $\mu$ 以上 タールエポキシ樹脂塗料：40 $\mu$ 以上X2回 塗膜厚合計：395 $\mu$ 以上
		扉体下流側	下地処理  プライマ 第1層 第2層 第3層	パワーツール又はサンドブラストにてスウェーデン規格SIS 05 59 00 Grade SA 3.0 長暴形ウオッシュプライマー：15 $\mu$ 鉛丹，クラス1：35 $\mu$ x 1回 鉛丹，クラス1：35 $\mu$ x 1回 フタル酸樹脂系：25 $\mu$ x 2回 塗膜厚合計：120 $\mu$ 以上
2	可動トラシュラック	トラシュラック	下地処理 プライマ 第1層 第2層 第3層 第4層	サンドブラストにてスウェーデン規格SIS 05 5900 Grade SA 3.0 ジンクリッチプライマー：15 $\mu$ タールエポキシ樹脂塗料：100 $\mu$ 以上 タールエポキシ樹脂塗料：100 $\mu$ 以上 タールエポキシ樹脂塗料：100 $\mu$ 以上 タールエポキシ樹脂塗料：40 $\mu$ 以上X2回 塗膜厚合計：395 $\mu$ 以上
3	取水口ゲート	扉体  (キャタピラローラー部を除く)	下地処理  プライマ 第1層 第2層 第3層 第4層	パワーツール又はサンドブラストにてスウェーデン規格SIS 05 59 00 Grade SA 3.0 ジンクリッチプライマー：15 $\mu$ タールエポキシ樹脂塗料：100 $\mu$ 以上 タールエポキシ樹脂塗料：100 $\mu$ 以上 タールエポキシ樹脂塗料：100 $\mu$ 以上 タールエポキシ樹脂塗料：40 $\mu$ 以上X2回 塗膜厚合計：395 $\mu$ 以上
4	No.2水圧鉄管、バタフライバルブ上流部鉄管、サージタンク排水設備	内面	下地処理  プライマ 第1層 第2層 第3層 第4層	パワーツール又はサンドブラストにてスウェーデン規格SIS 05 59 00 Grade SA 3.0 ジンクリッチプライマー：15 $\mu$ タールエポキシ樹脂塗料：100 $\mu$ 以上 タールエポキシ樹脂塗料：100 $\mu$ 以上 タールエポキシ樹脂塗料：100 $\mu$ 以上 タールエポキシ樹脂塗料：40 $\mu$ 以上X2回 塗膜厚合計：395 $\mu$ 以上
		外面	下地処理  プライマ 第1層 第2層 第3層	パワーツール又はサンドブラストにてスウェーデン規格SIS 05 59 00 Grade SA 3.0 長暴形ウオッシュプライマー：15 $\mu$ 鉛丹，クラス1：35 $\mu$ x 1回 鉛丹，クラス1：35 $\mu$ x 1回 フタル酸樹脂系：25 $\mu$ x 2回 塗膜厚合計：120 $\mu$ 以上
		損傷リングガードの補修塗装	下地処理  最終層	パワーツール又はサンドブラストにてスウェーデン規格SIS 05 59 00 Grade SA 3.0 エポキシ樹脂塗料 x 6回：400 $\mu$ 以上
		バタフライバルブ上流部の外面塗装及びサージタンク排水設備	下地処理  プライマ 第1層 第2層 第3層 第4層	パワーツール又はサンドブラストにてスウェーデン規格SIS 05 59 00 Grade SA 3.0 ジンクリッチプライマー：15 $\mu$ タールエポキシ樹脂塗料：100 $\mu$ 以上 タールエポキシ樹脂塗料：100 $\mu$ 以上 タールエポキシ樹脂塗料：100 $\mu$ 以上 タールエポキシ樹脂塗料：40 $\mu$ 以上X2回 塗膜厚合計：395 $\mu$ 以上



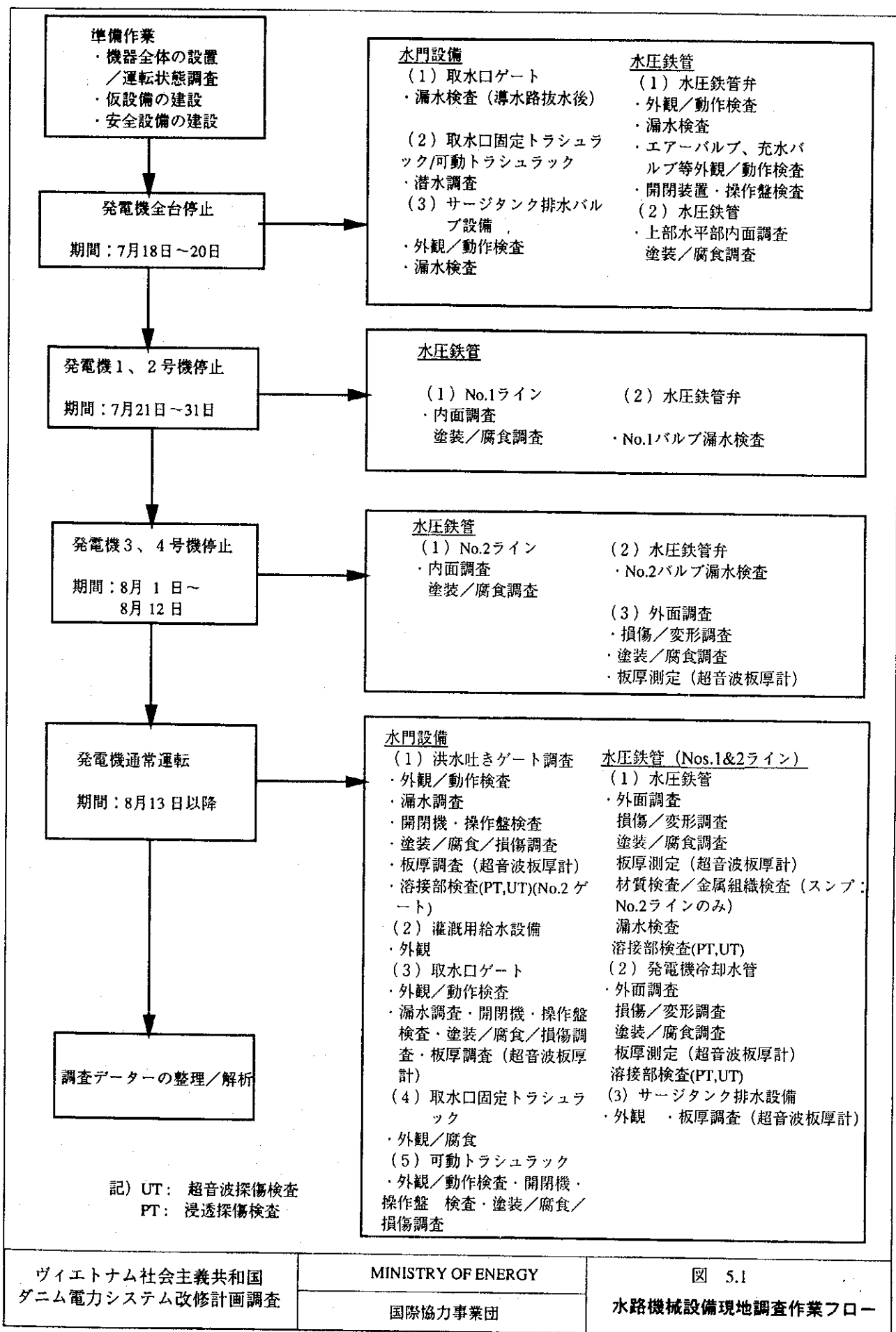
表 5.10

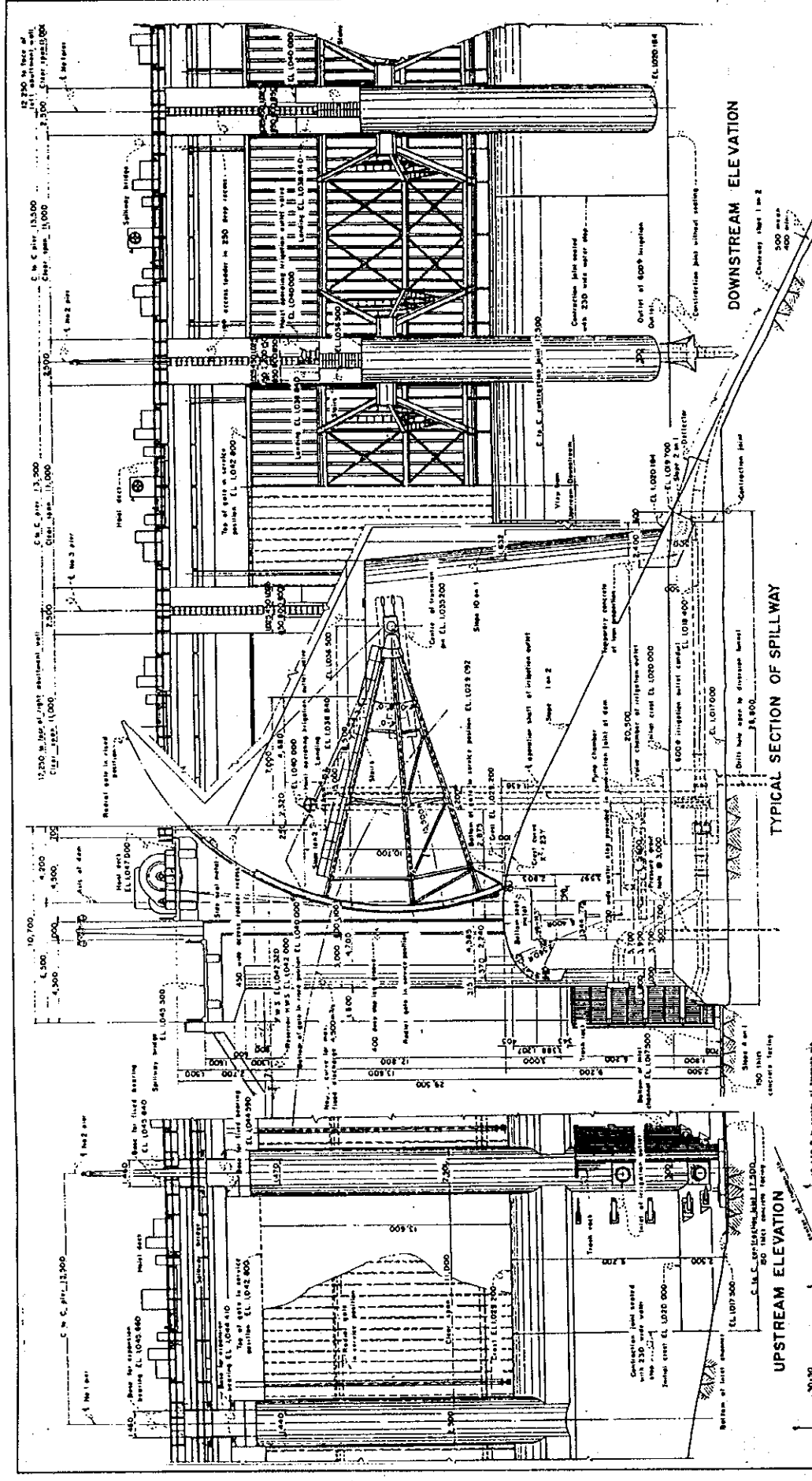
リングガードの修復

<p>No.2 水圧鉄管の No.54 リングガード</p>	<p>No.1 水圧鉄管の No.2B リングガード</p>																																							
	<p>他リングガード</p> <p>No.1ライン: Nos. 7, 8, 17, 19, 20, 24, 31, 33, 35, 48 &amp; 55</p> <p>No.2ライン: Nos. 6, 7, 8, 9 x 2, 18 x 2, 19 x 2, 20, 21, 25, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 40, 44, 45, 52, 57, 93 &amp; 99</p> <p>補修板の板厚: _____</p> <p>板厚19mmはNo.41以上に位置するリングガードに使用する。</p> <p>板厚24mmはNo.41以下に位置するリングガードに使用する。</p>																																							
<p>他リングガード</p>																																								
<p>溶接施工要領</p>																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">材質</th> <th colspan="3">溶接棒</th> <th rowspan="2">電流 (A)</th> <th rowspan="2">電圧 (V)</th> <th rowspan="2">スピード (cm/min)</th> <th rowspan="2">溶接方法</th> <th rowspan="2">入熱量 (kJ/cm)</th> </tr> <tr> <th>基準</th> <th>溶接棒タイプ</th> <th>径 (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>JIS SM400 class</td> <td>D5826</td> <td>低水素系</td> <td>3.2&amp;4.0</td> <td>100 - 250</td> <td>28 以下</td> <td>4 - 25</td> <td>手溶接</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>JIS SM490 class</td> <td>D5016</td> <td>低水素系</td> <td>3.2 &amp; 4.0</td> <td>100 - 250</td> <td>28 以下</td> <td>4 - 25</td> <td>手溶接</td> <td>80 以下</td> </tr> <tr> <td>JIS SM590 class</td> <td>D5816</td> <td>低水素系</td> <td>3.2 &amp; 4.0</td> <td>100 - 250</td> <td>28 以下</td> <td>4 - 25</td> <td>手溶接</td> <td>60 以下</td> </tr> </tbody> </table>	材質	溶接棒			電流 (A)	電圧 (V)	スピード (cm/min)	溶接方法	入熱量 (kJ/cm)	基準	溶接棒タイプ	径 (mm)	JIS SM400 class	D5826	低水素系	3.2&4.0	100 - 250	28 以下	4 - 25	手溶接	-	JIS SM490 class	D5016	低水素系	3.2 & 4.0	100 - 250	28 以下	4 - 25	手溶接	80 以下	JIS SM590 class	D5816	低水素系	3.2 & 4.0	100 - 250	28 以下	4 - 25	手溶接	60 以下	
材質		溶接棒								電流 (A)	電圧 (V)	スピード (cm/min)	溶接方法	入熱量 (kJ/cm)																										
	基準	溶接棒タイプ	径 (mm)																																					
JIS SM400 class	D5826	低水素系	3.2&4.0	100 - 250	28 以下	4 - 25	手溶接	-																																
JIS SM490 class	D5016	低水素系	3.2 & 4.0	100 - 250	28 以下	4 - 25	手溶接	80 以下																																
JIS SM590 class	D5816	低水素系	3.2 & 4.0	100 - 250	28 以下	4 - 25	手溶接	60 以下																																

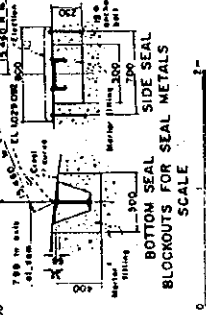
表 5.11 スペアパーツおよび検査機器

機器名	数量
1. 管胴板調査用	
超音波板厚計	2 セット
2. 塗装検査用	
ピンホール検査器	2 セット
電磁膜厚計	2 セット
3. 管板振動検査用	
騒音計	1 セット
振動計	1 セット
4. 開閉機検査用	
温度計	10 セット
テスター	4 セット
絶縁抵抗測定器	2 セット
5. 水圧鉄管マンホール用ガスケット	
No.1 水圧鉄管用ガスケット (各2セット)	64 セット
No.2 水圧鉄管用ガスケット (各2セット)	64 セット
6. 現場用通信機	
トランシーバー	3 セット





0	5	10	15
0	0	0	0
1000	1000	1000	1000
2000	2000	2000	2000
3000	3000	3000	3000
4000	4000	4000	4000
5000	5000	5000	5000
6000	6000	6000	6000
7000	7000	7000	7000
8000	8000	8000	8000
9000	9000	9000	9000
10000	10000	10000	10000



MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

図 5.2  
洪水吐きゲート

ヴェトナム社会主義共和国  
ダム電力システム改修計画調査

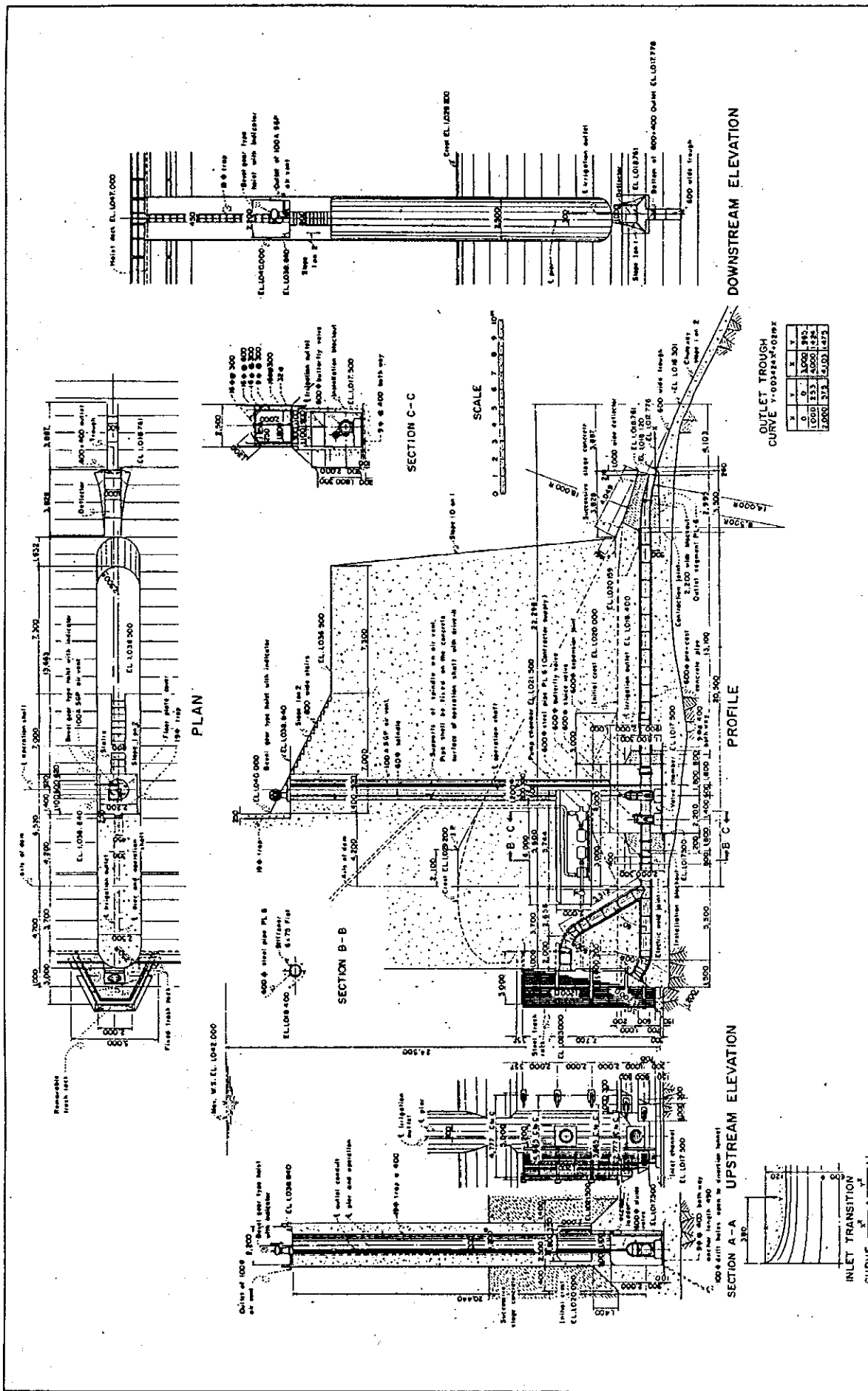


図 5.3  
灌溉用放流設備

MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

ヴェトナム社会主義共和国  
ダム電力システム改修計画調査

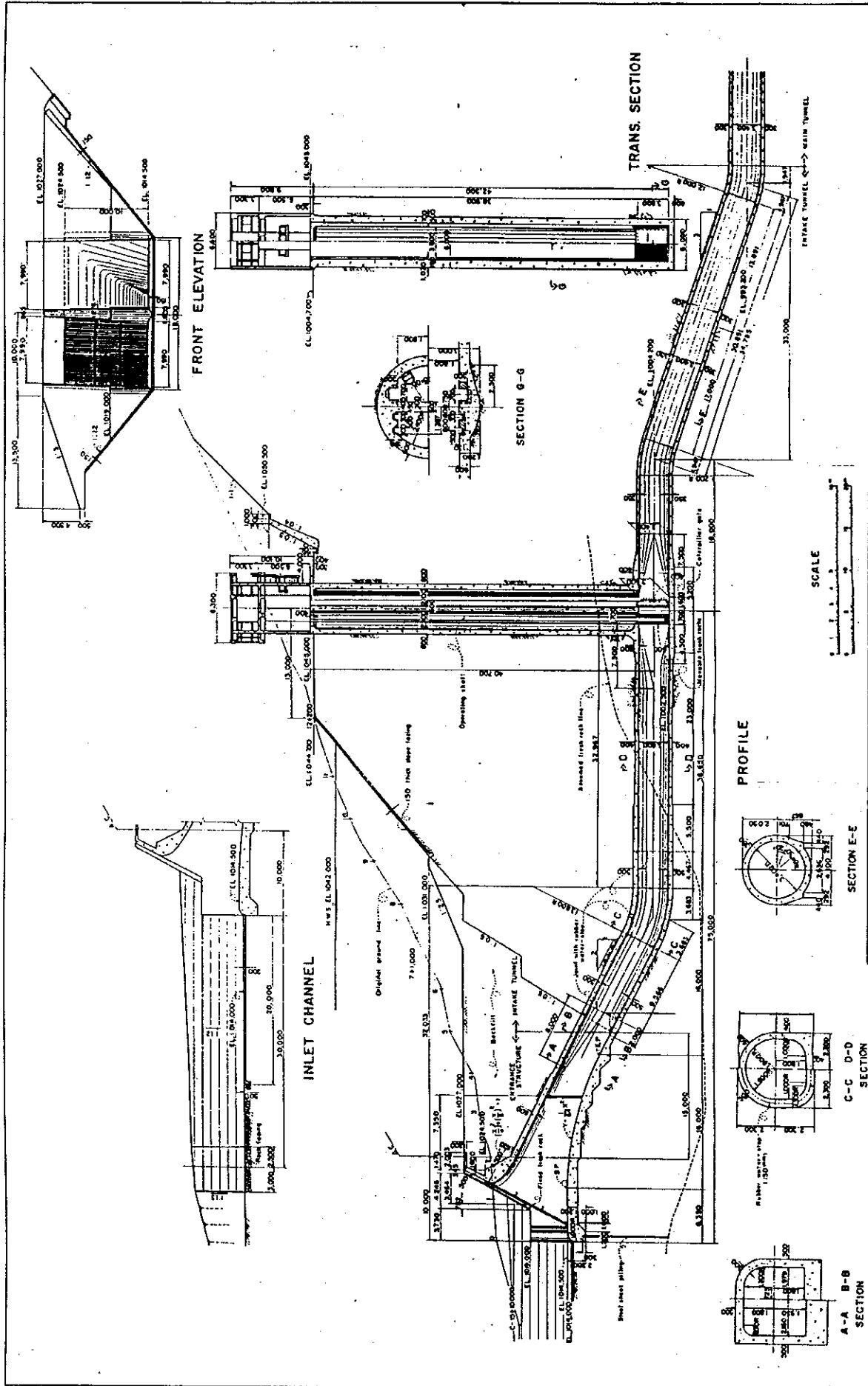


図 5.4  
取水ロゲート設備

MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

ヴィエトナム社会主義共和国  
ダム電力システム改修計画調査

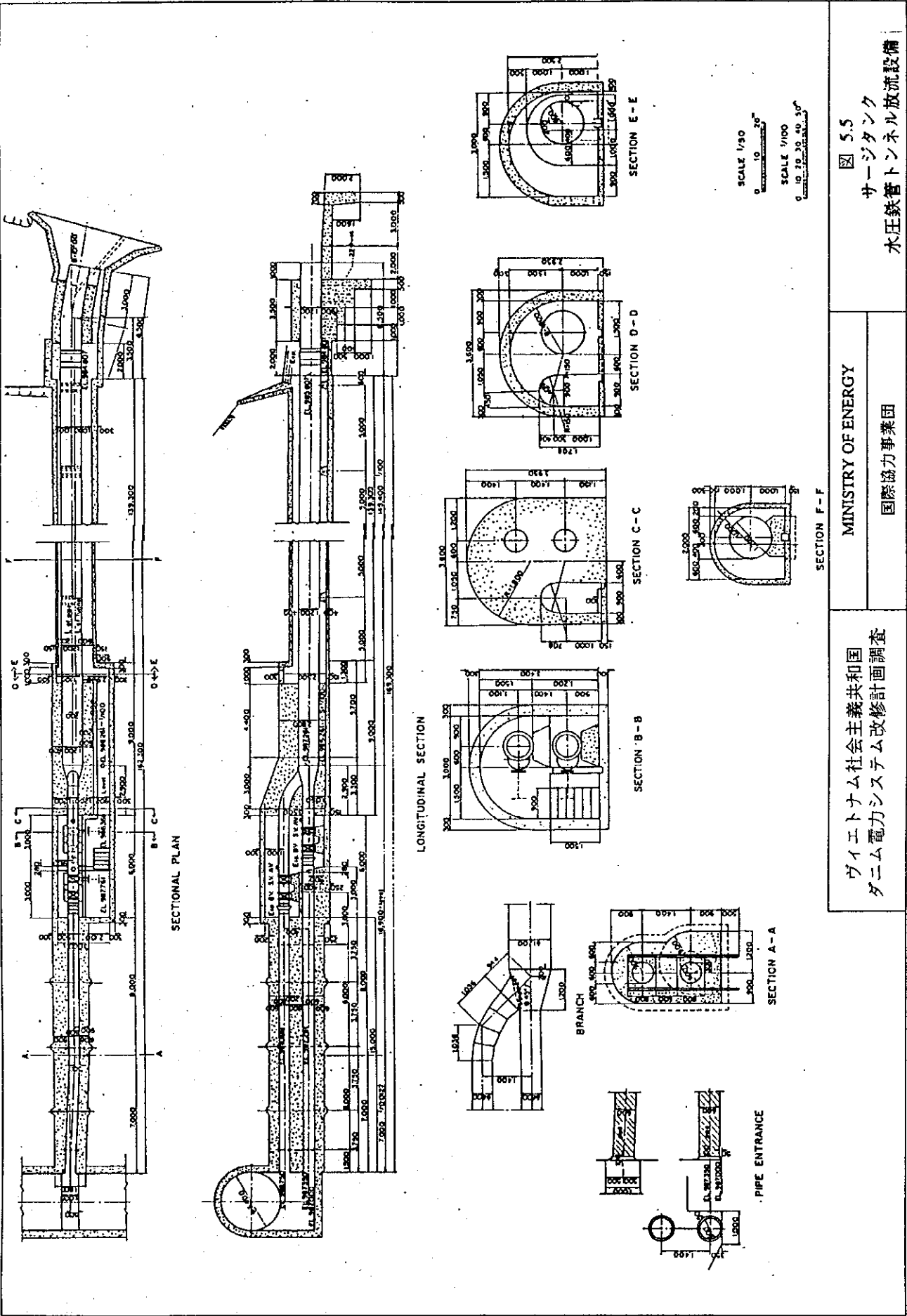
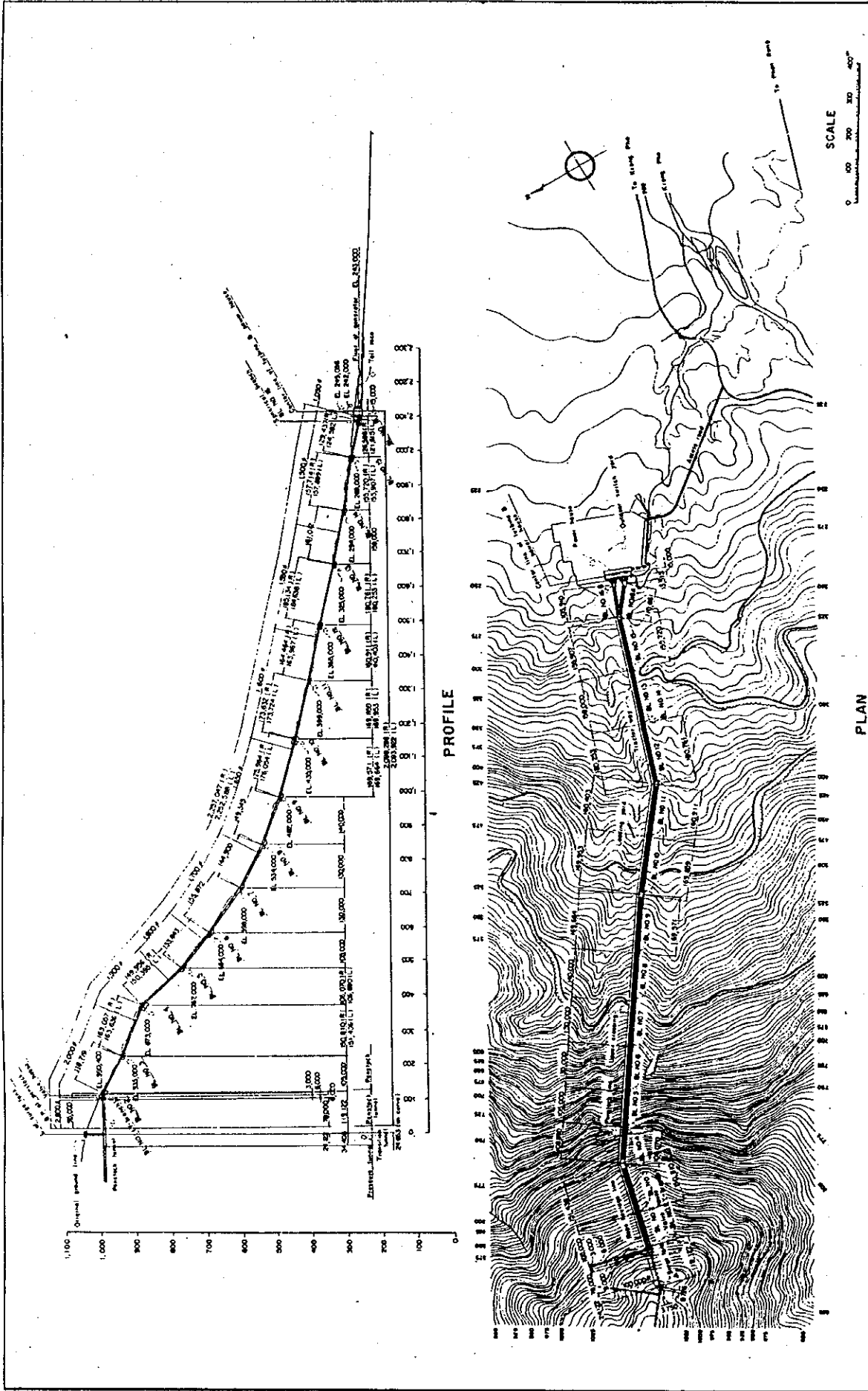


図 5.5  
 サージタンク  
 水圧鉄管トンネル放流設備

MINISTRY OF ENERGY  
 国際協力事業団

ヴィエトナム社会主義共和国  
 ダナム電力システム改修計画調査



ザイエトナム社会主義共和国  
ダム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

図 5.6  
水圧鉄管



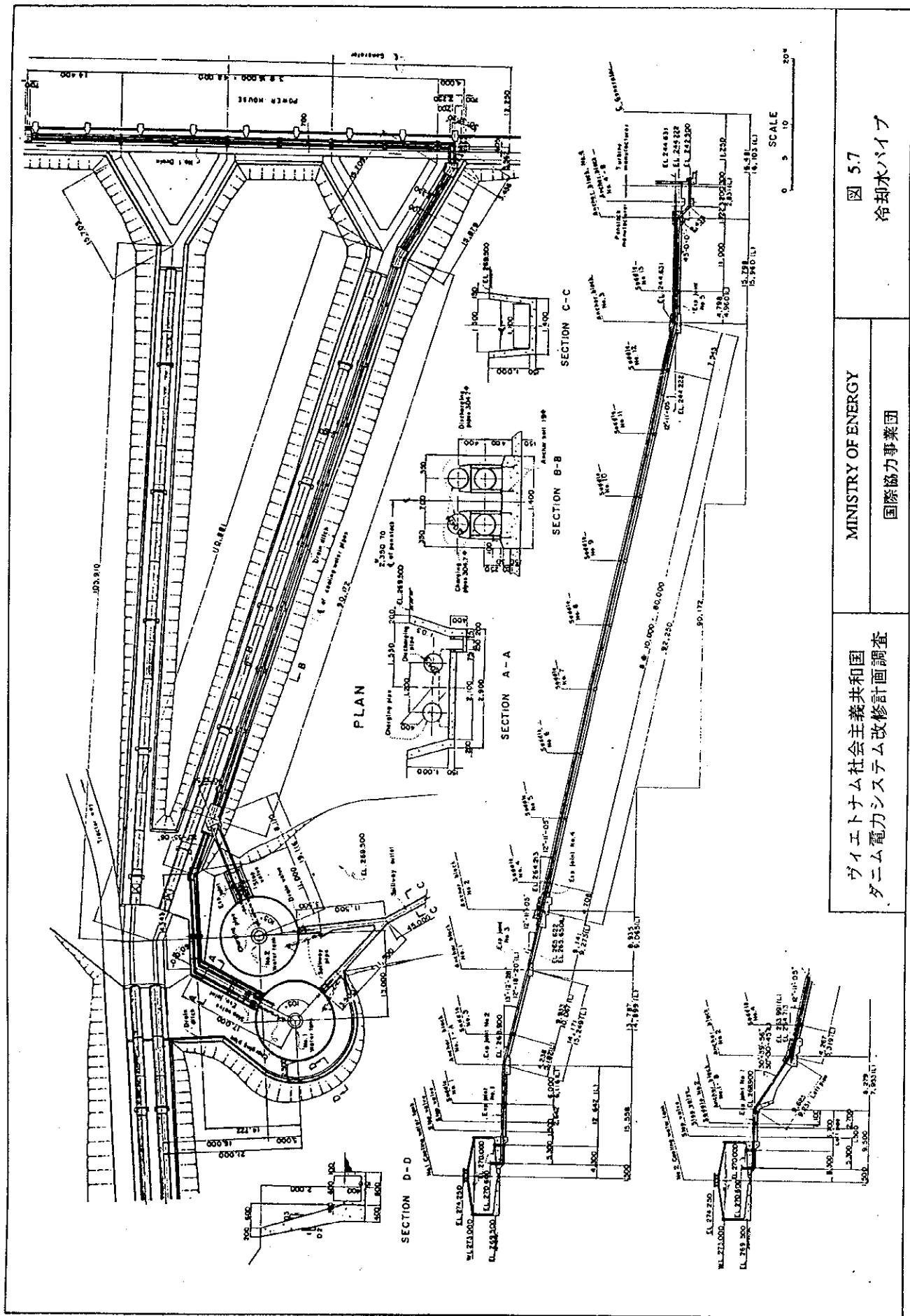
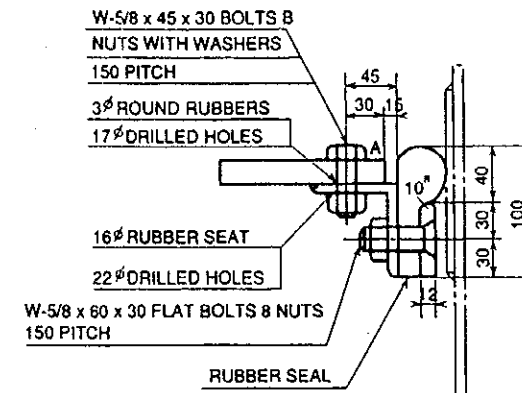
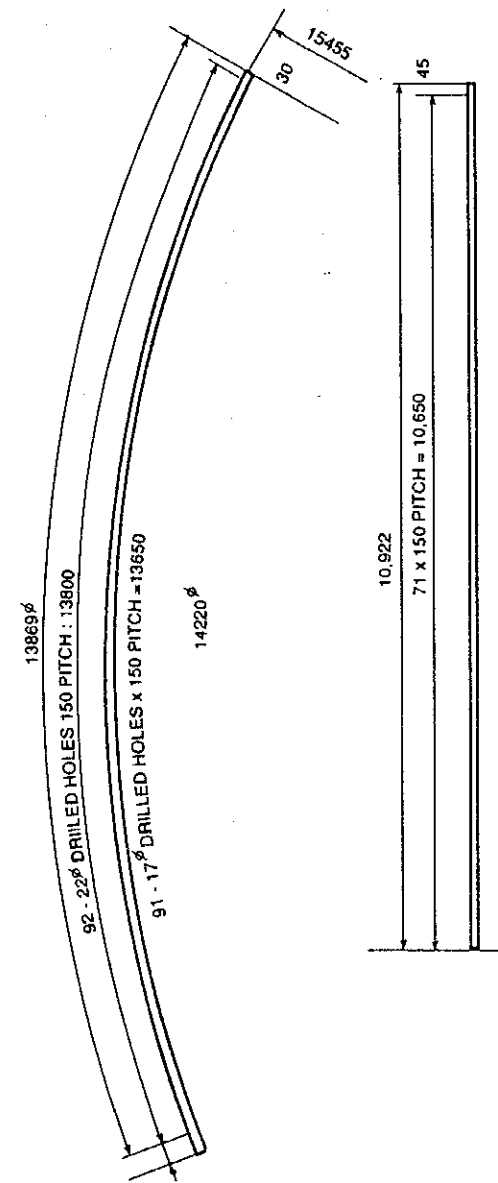
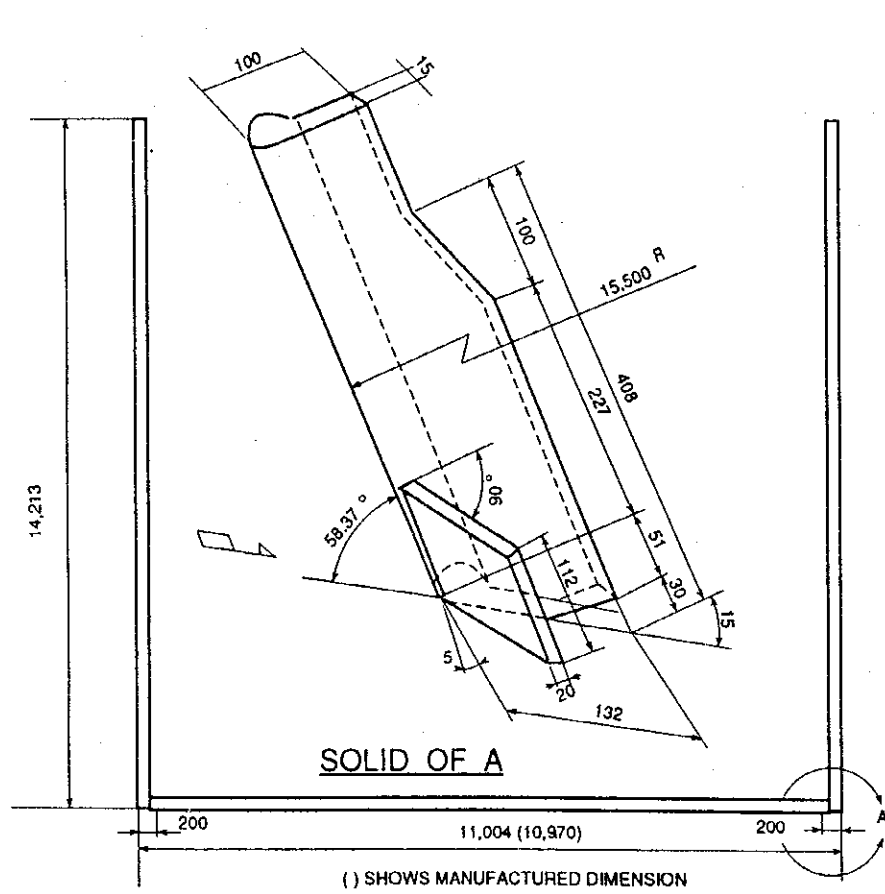


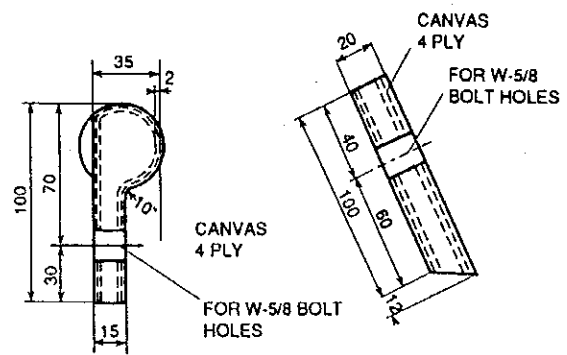
図 5.7  
冷却水パイプ

MINISTRY OF ENERGY  
国際協力事業団

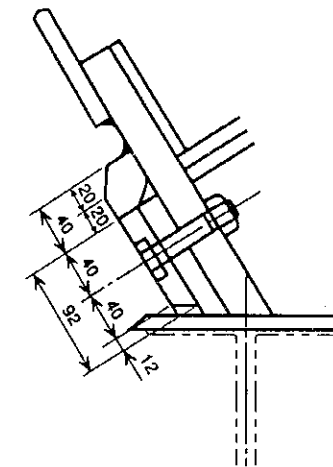
ヴェトナム社会主義共和国  
ダム電力システム改修計画調査



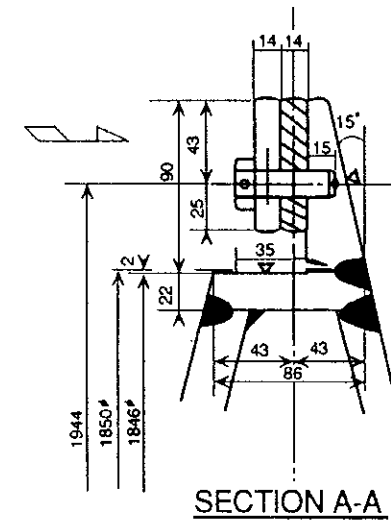
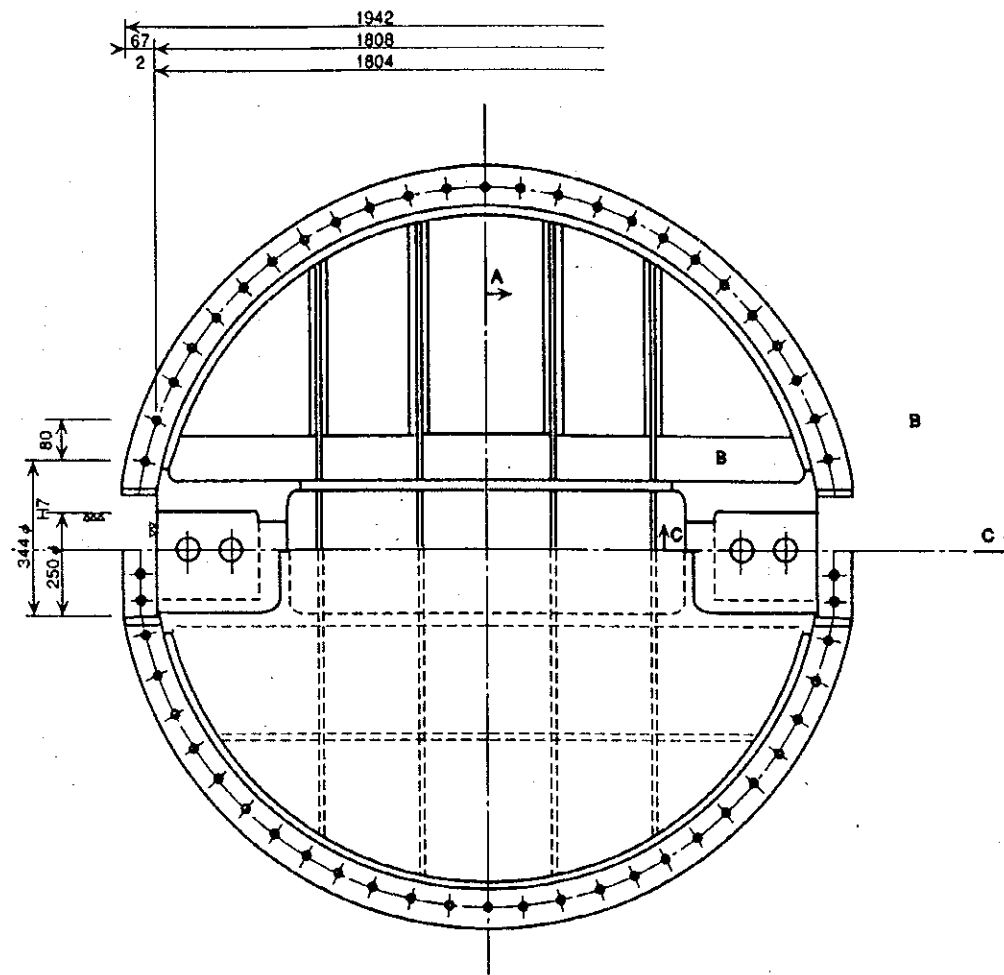
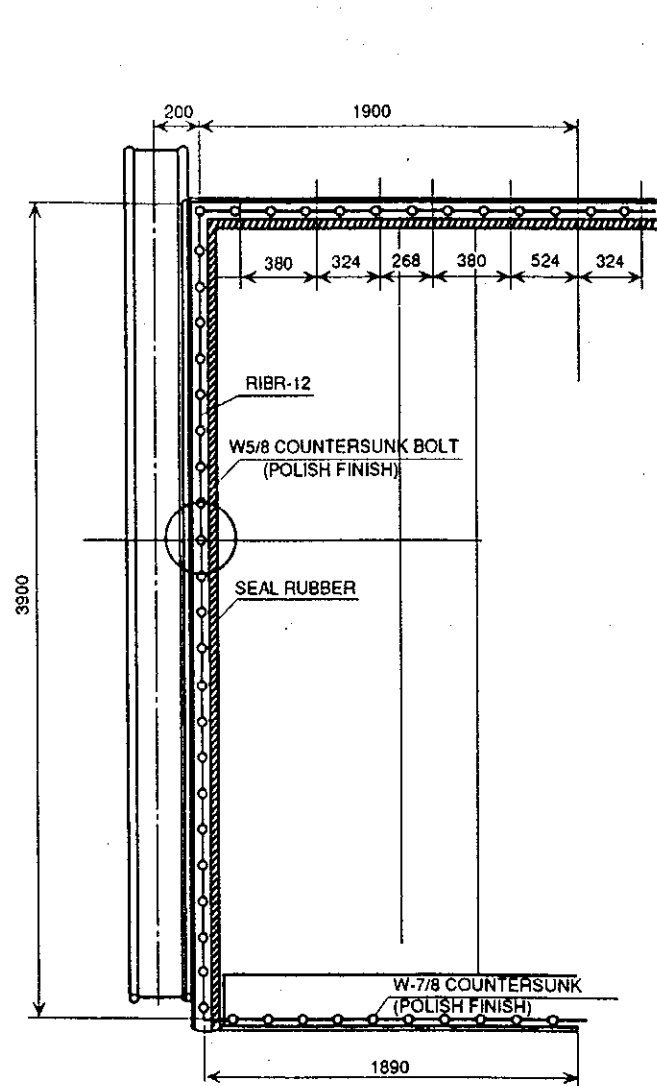
**DETAIL OF SIDE WALL SEAL**



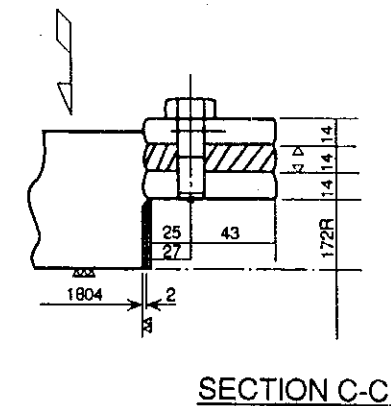
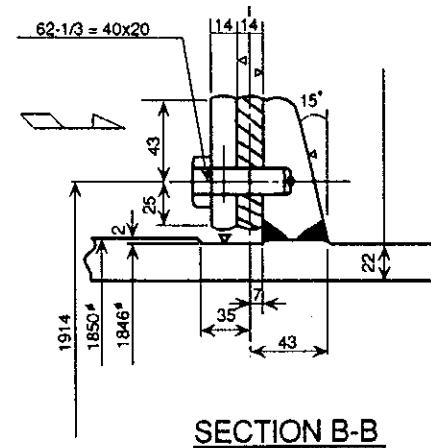
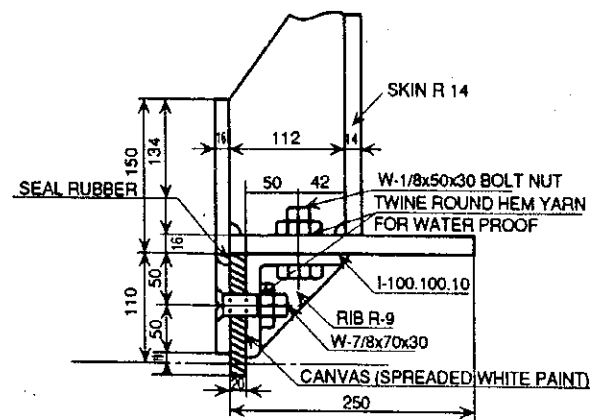
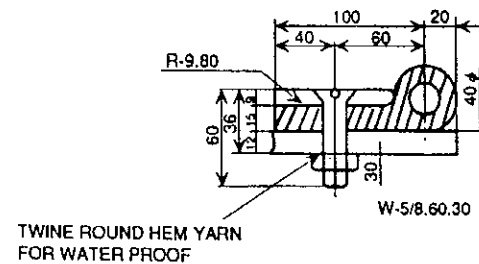
**DETAIL OF RUBBER SEAL**



**DETAIL OF BOTTOM SEAL**



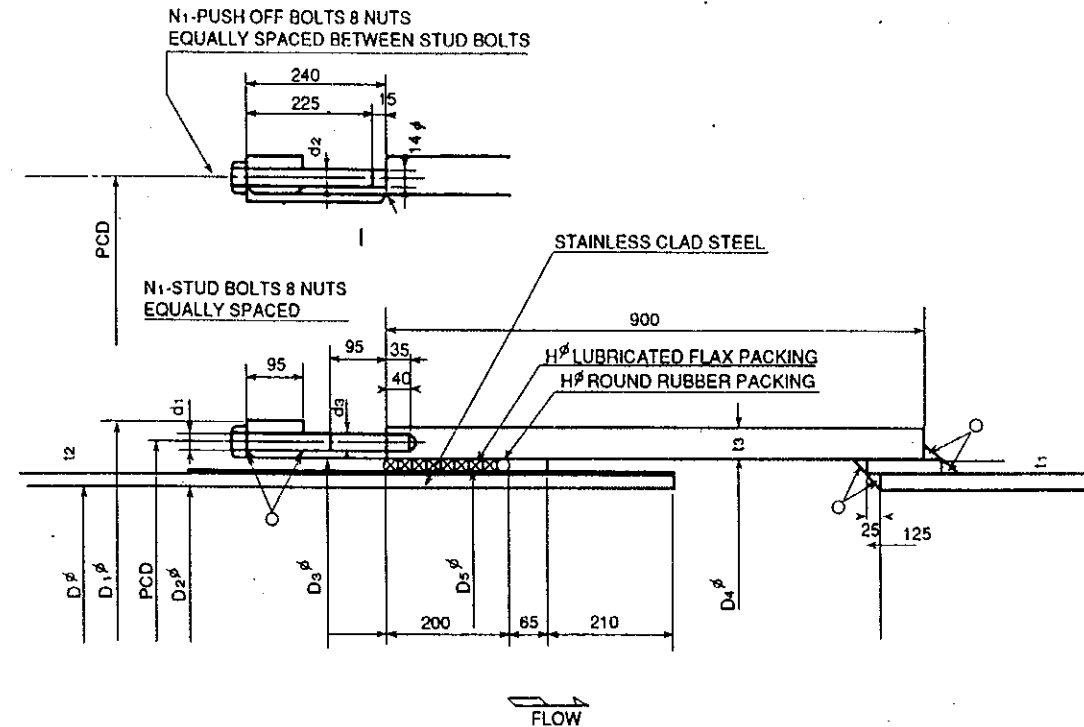
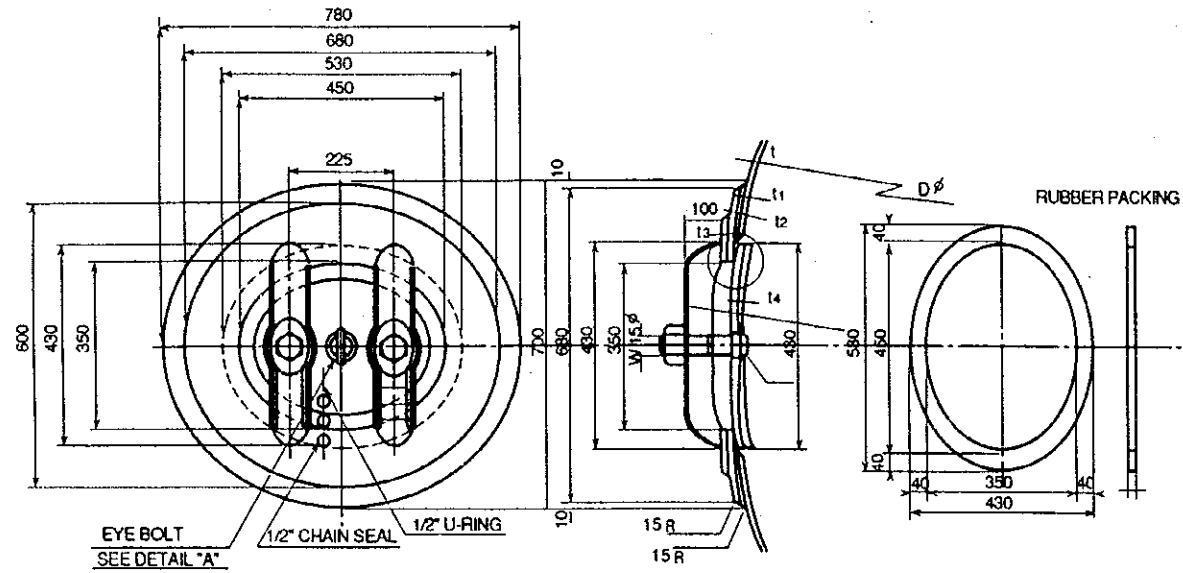
DETAIL OF SIDE AND UPPER RUBBER



INTAKE CATERPILLAR GATE

Note: Position of blot holes for seal rubber and clamber shall be adjusted at the site.

BUTTERFLY VALVES



MAN HOLE NO	Dφ	t	t1	t2	t3	t4	NO. OF REQD	PIPE NO.	MATERIAL OF t1-t3	MATERIAL OF t4		
1	2800	11	20	9	9	19	1	(14)	SM41B	SM41B	0°	0°
2	2000	9	22	9	9	19	2	(17)R (17)L	-	-	0°	0°
3	2000	11	20	10	9	10	-	(39)R (39)L	SM50B	60HTS	22° 21'	22° 16'
4	1900	11	24	11	9	23	-	(67)R (67)L	60HTS	-	44° 59'	44° 49'
5	1800	16	25	15	14	29	-	(92)R (92)L	-	-	38° 20'	38° 20'
6	1700	19	26	18	18	33	-	(114)R (114)L	-	-	33° 29'	33° 29'
7	1700	24	25	22	22	37	-	(140)R (140)L	-	-	26° 13'	20° 13'

MAN HOLE NO	Dφ	t	t1	t2	t3	t4	NO. OF REQD	PIPE NO.	MATERIAL OF t1-t3	MATERIAL OF t4		
8	1650	26	26	24	24	40	2	(169)R (169)L	60HTS	60HTS	20° 23'	20° 23'
9	1650	30	27	27	27	45	-	(191)R (191)L	-	-	15° 30'	15° 29'
10	1600	30	27	29	28	45	-	(222)R (222)L	-	-	11° 58'	11° 58'
11	1600	32	25	30	30	45	-	(261)R (261)L	-	-	11° 56'	11° 58'
12	1550	33	29	31	31	50	-	(279)R (279)L	-	-	12° 29'	12° 31'
13	1550	35	27	33	33	50	-	(309)R (309)L	-	-	11° 06'	11° 06'
14	1500	35	27	34	33	50	-	(336)R (336)L	-	-	9° 07'	9° 06'
15	1500	39	25	35	35	50	-	(365)R (365)L	-	-	12° 11'	12° 44'
16	1500	38	24	36	36	50	-	(382)R (382)L	-	-	12° 11'	12° 44'

MANHOLES

EXP NO	Dφ	D1φ	D2φ	D3φ	D4φ	D5φ	PCD	t1	t2	t3	d1 x N1	d2 x N2	d3	H	MATERIAL OF t1
1	2800	2961	2829	2861	2860	2864	2902	11	13	40	3/4" x 64	5/8" x 16	22φ	19	SM41B
3	2000	2157	2025	2057	2056	2060	2098	9	11	40	3/4" x 44	5/8" x 11	22φ	19	-
7	1700	1885	1747	1785	1784	1788	1831	20	22	45	7/8" x 40	3/4" x 10	25φ	22	-
9	1650	1849	1711	1749	1748	1752	1795	27	29	45	7/8" x 40	3/4" x 10	25φ	22	SM50B
11	1600	1815	1671	1715	1714	1718	1761	32	34	45	7/8" x 40	3/4" x 10	25φ	25	60HTS
13	1550	1771	1627	1671	1670	1674	1717	35	37	45	7/8" x 26	3/4" x 9	25φ	25	-
15	1500	1725	1581	1625	1624	1678	1671	37	39	45	7/8" x 36	3/4" x 9	25φ	25	-
16	1500	1729	1585	1629	1628	1632	1675	39	41	45	7/8" x 36	3/4" x 9	25φ	25	-

EXP NO	Dφ	D1φ	D2φ	D3φ	D4φ	D5φ	PCD	t1	t2	t3	d1 x N1	d2 x N2	d3	MATERIAL OF t1	H
4	2000	2161	2029	2061	2060	2064	2102	11	13	40	3/4" x 44	5/8" x 11	22	SM41B	19
5	1900	2061	1929	1961	1960	1964	2002	11	13	-	3/4" x 44	5/8" x 11	-	-	-
6	1800	1979	1841	1879	1878	1882	1920	17	19	-	3/4" x 44	5/8" x 11	-	-	22
8	1700	1895	1757	1795	1794	1798	1841	25	27	45	7/8" x 40	3/4" x 10	25	SM50B	-
10	1650	1861	1717	1761	1760	1764	1812	30	32	50	7/8" x 40	3/4" x 10	-	-	25
12	1600	1819	1675	1719	1718	1722	1765	34	36	45	7/8" x 40	3/4" x 10	-	60HTS	-
14	1550	1775	1621	1675	1674	1678	1721	37	39	-	7/8" x 36	3/4" x 9	-	-	-

EXPANTION JOINTS

**(I) Spillway radial gates and intake caterpillar gate**

<u>Property</u>	<u>Limits</u>
Tensile strength	210 kgf/cm <sup>2</sup> minimum
Ultimate elongation	450 % minimum
Specific gravity	1.1 to 1.3
Durometer hardness (Shore, Type A)	more than 60
Water absorption (70°C for 48 hours)	5 % by weight (max.)

**(II) Butterfly valves with air valves and expansion joints**

<u>Property</u>	<u>Limits</u>
Tensile strength	150 kgf/cm <sup>2</sup> minimum
Ultimate elongation	300 % minimum
Specific gravity	1.1 to 1.3
Durometer hardness (Shore, Type A)	more than 55
Water absorption (70°C for 48 hours)	5 % by weight (max.)

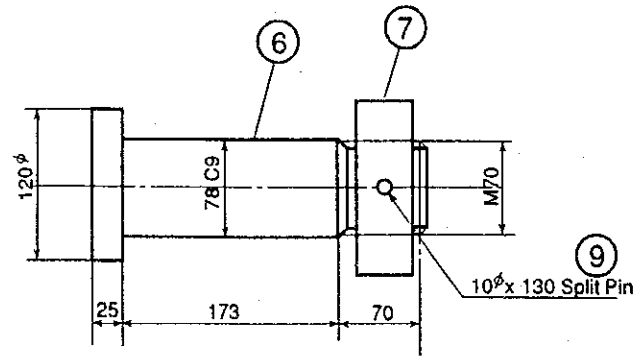
**(III) Manhole of penstocks**

For No. 1 to No.7 manhole

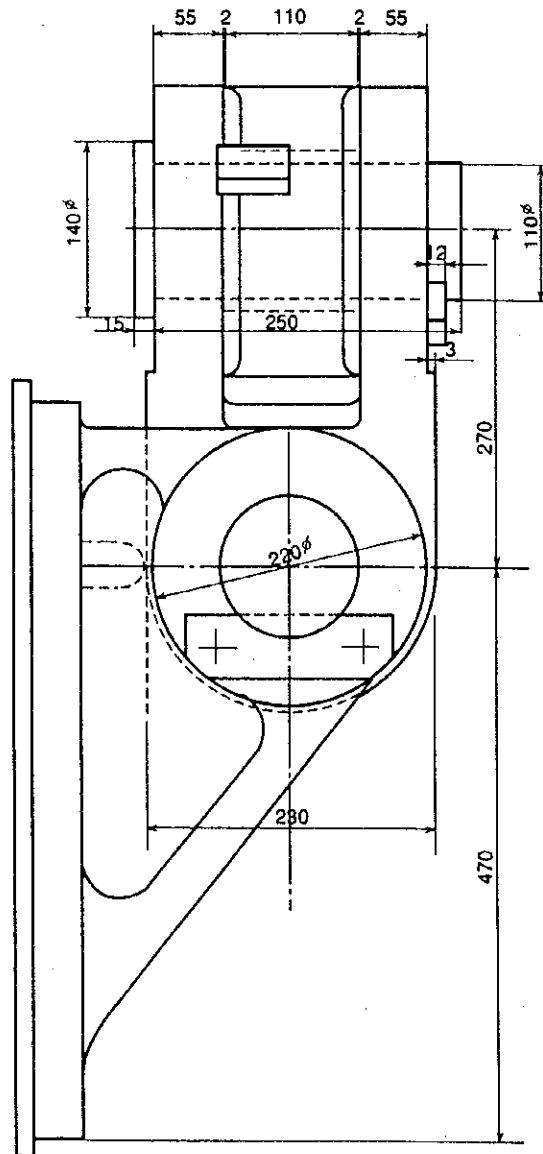
<u>Property</u>	<u>Limits</u>
Tensile strength	150 kgf/cm <sup>2</sup> minimum
Ultimate elongation	300 % minimum
Specific gravity	1.1 to 1.3
Durometer hardness (Shore, Type A)	more than 60
Water absorption (70°C for 48 hours)	5 % by weight (max.)

For No. 8 to no.16 manhole

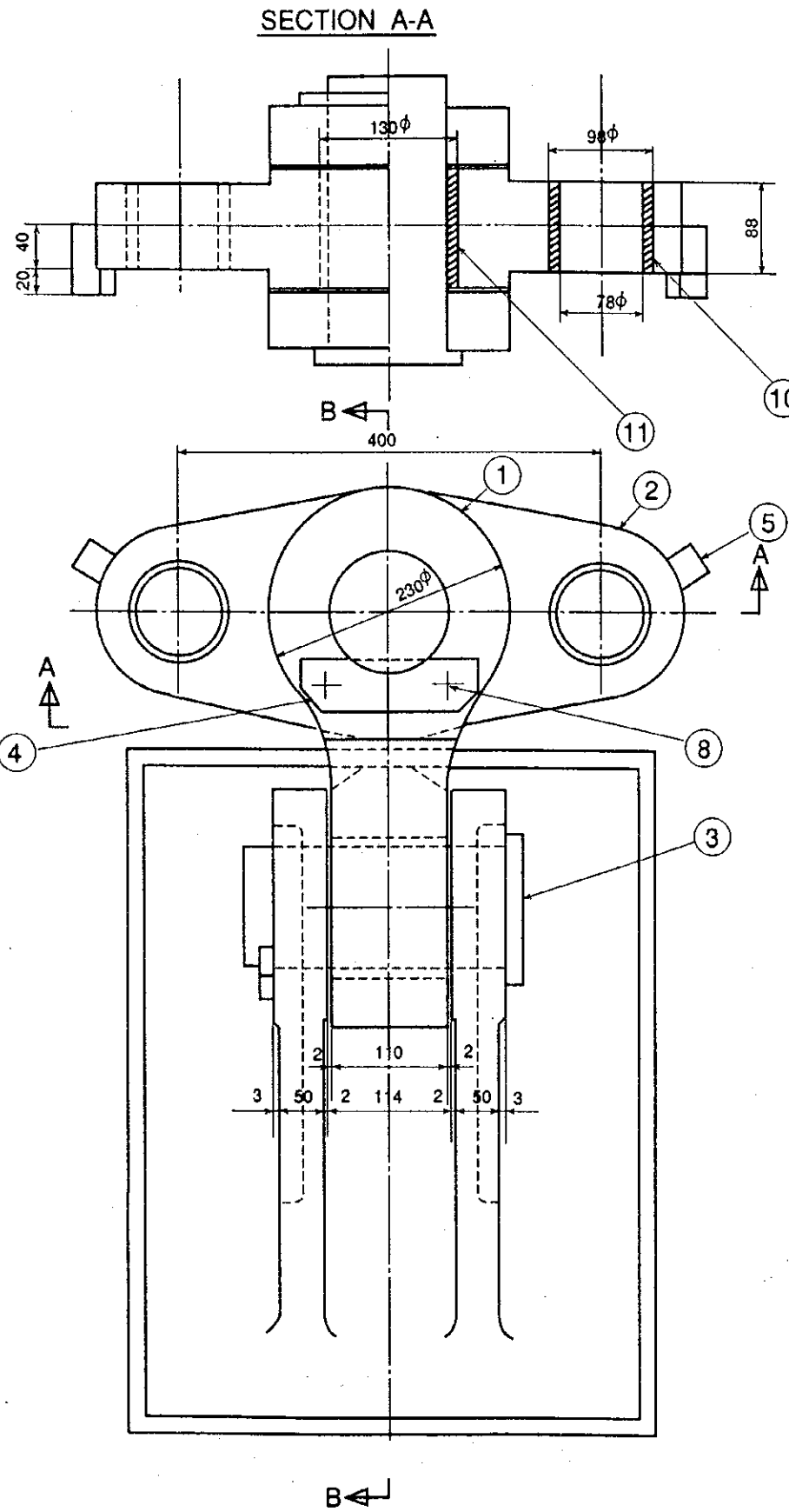
<u>Property</u>	<u>Limits</u>
Tensile strength	200 kgf/cm <sup>2</sup> minimum
Ultimate elongation	400 % minimum
Specific gravity	1.1 to 1.3
Durometer hardness (Shore, Type A)	more than 60
Water absorption (70°C for 48 hours)	5 % by weight (max.)



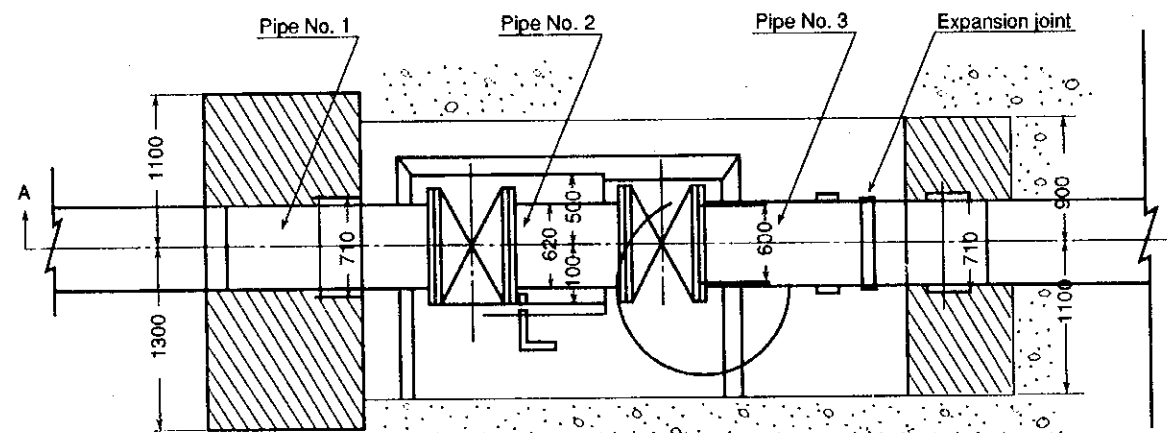
DETAIL OF ROPE PIN



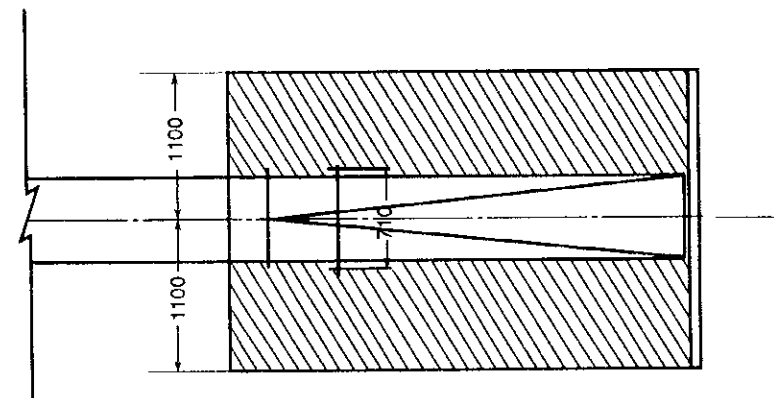
SECTION B-B



	Parts	Material	Q'ty
①	Rocker	SF540A	2x4
②	Balance Lever	"	2x4
③	Pin	SUS304	2x4
④	Key Plate	SS400	2x4
⑤	Stopper	"	4x4
⑥	Rope Pin	SUS304	4x4
⑦	Nut	SUS	4x4
⑧	Bolt(w3/4x30x25)	S45C	4x4
⑨	Split Pin	SUS	4x4
⑩	Bush	Oilless	4x4
⑪	"	"	4x4
⑫	Set Screw	Bs	16x4

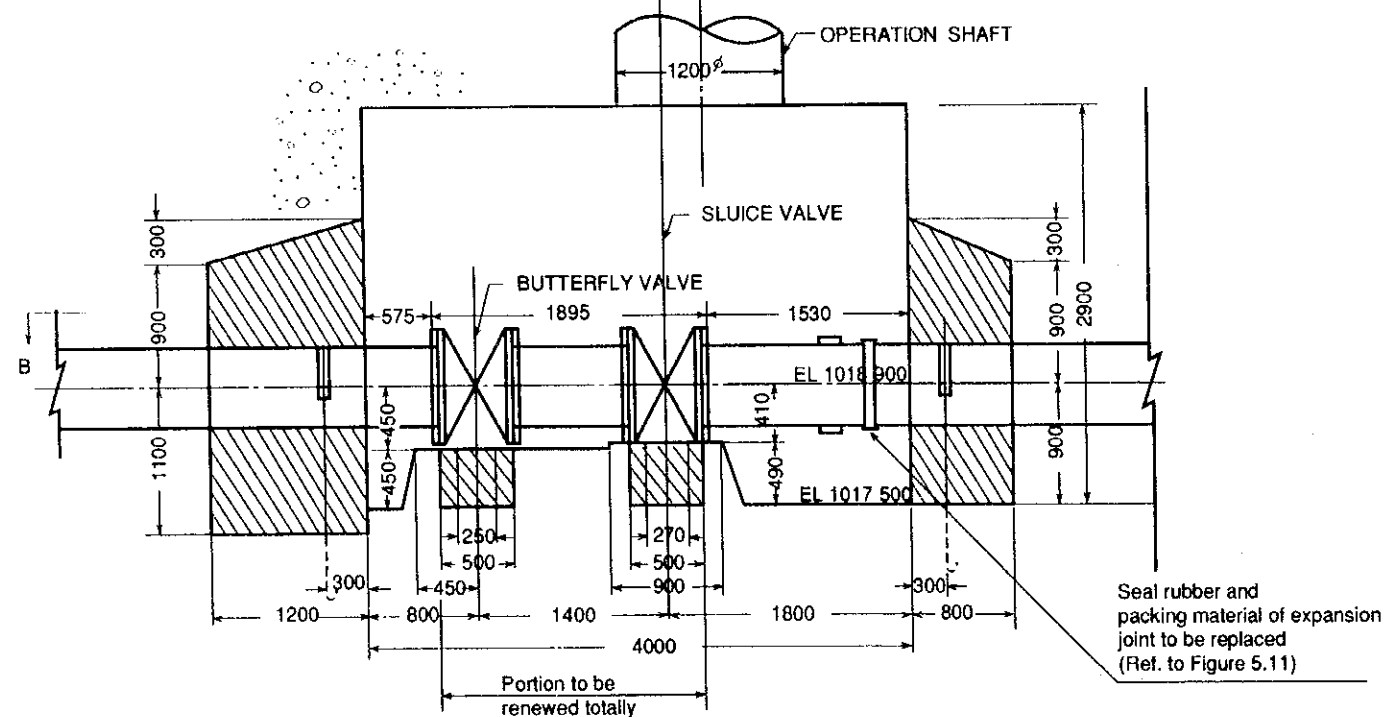


SECTION B-B

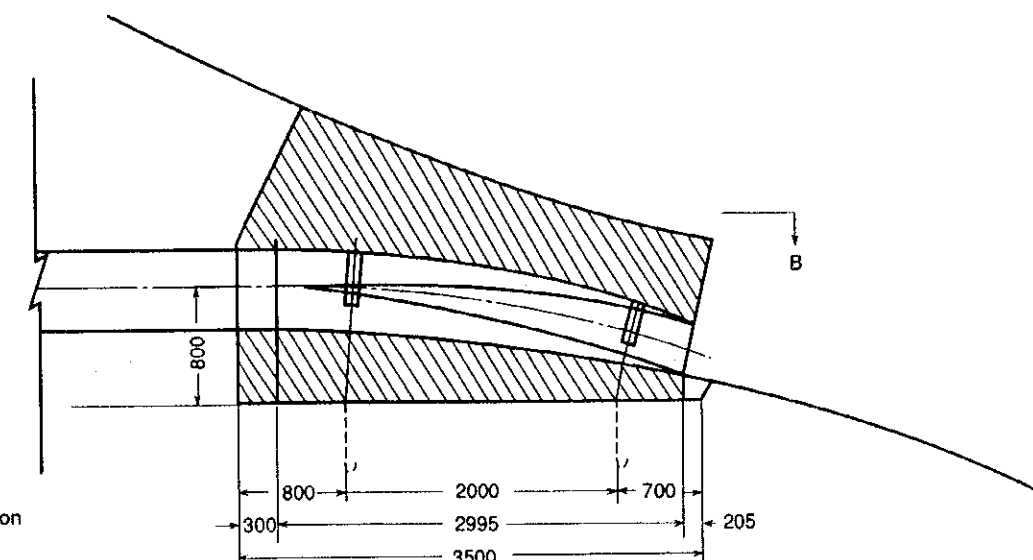


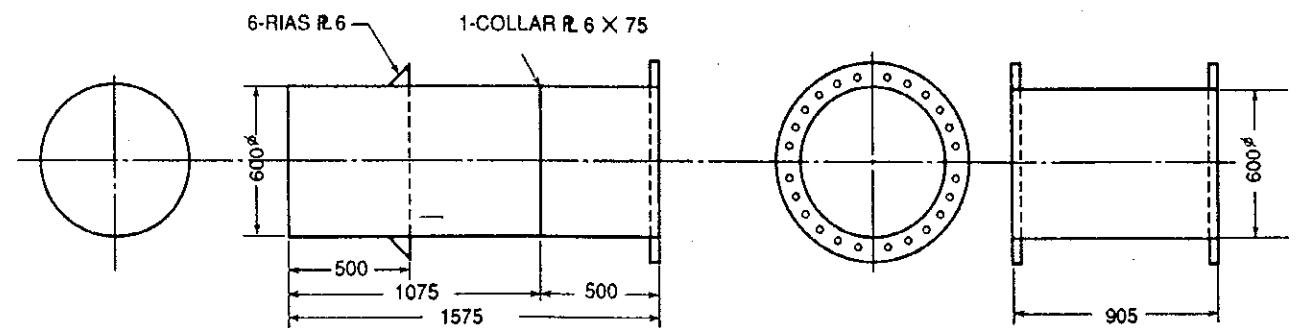
NOTES:

1. SHOWS SECONDARY CONCRETE.
2. TYPE OF FLANGE FOR IRRIGATION VALVES SHOWS IN FIGURE 5.14



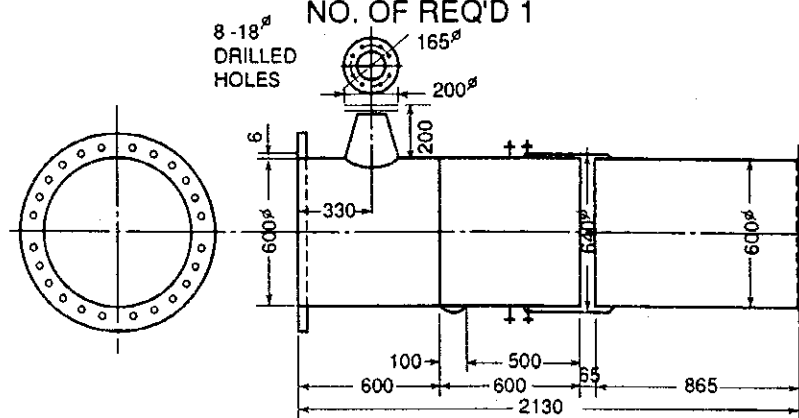
SECTION A-A





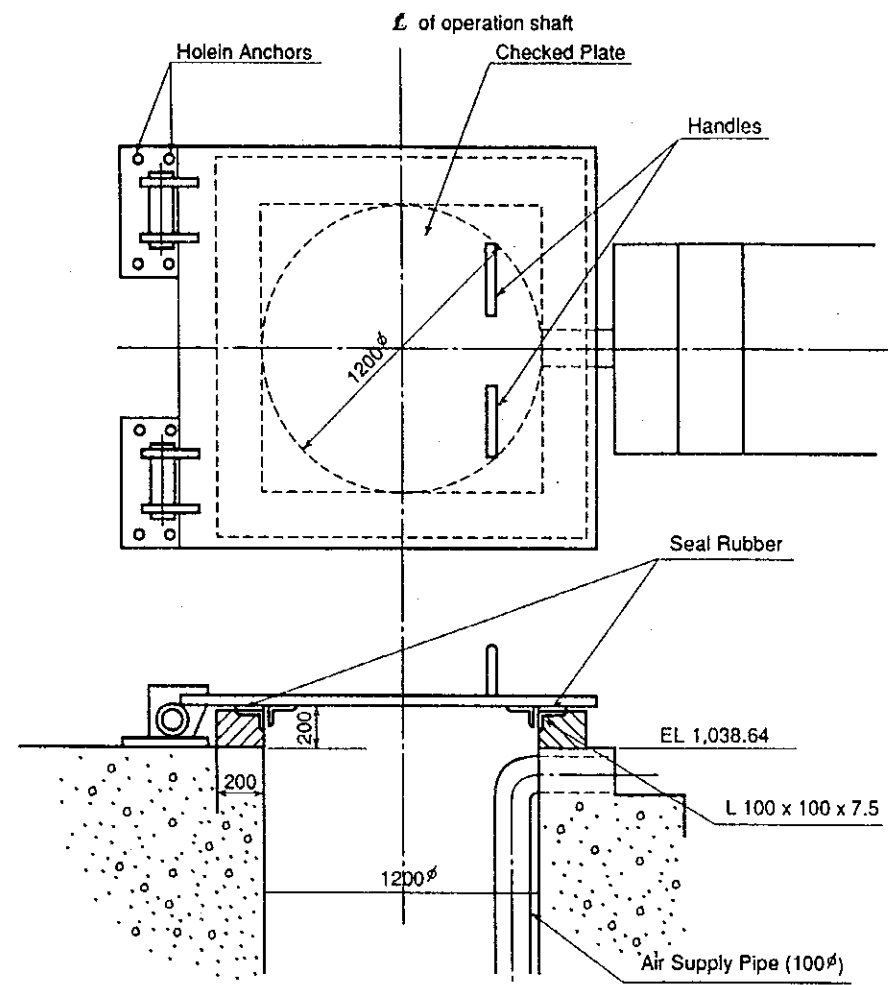
PIPE NO. 1  
SS 41  
NO. OF REQ'D 1

PIPE NO. 2  
SS41  
NO. OF REQ'D 1

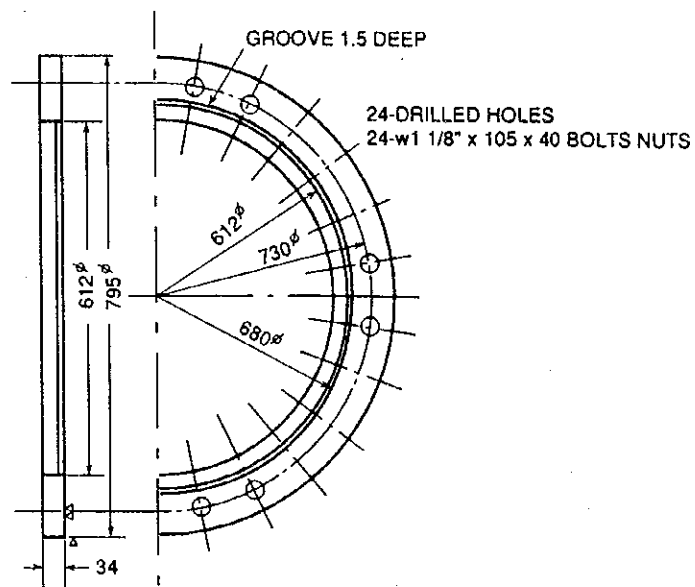


PIPE NO. 3  
SS 41  
NO. OF REQ'D 1

DETAIL A

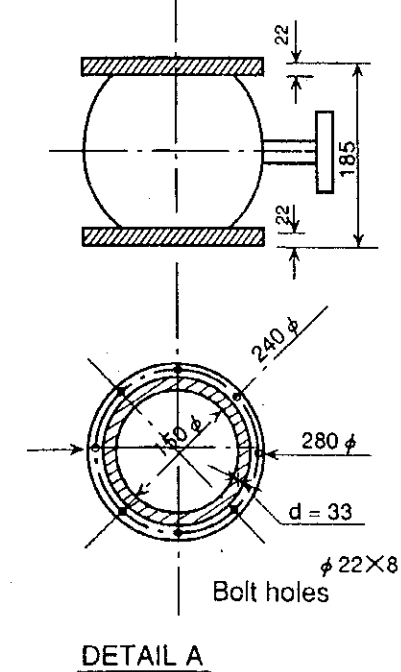
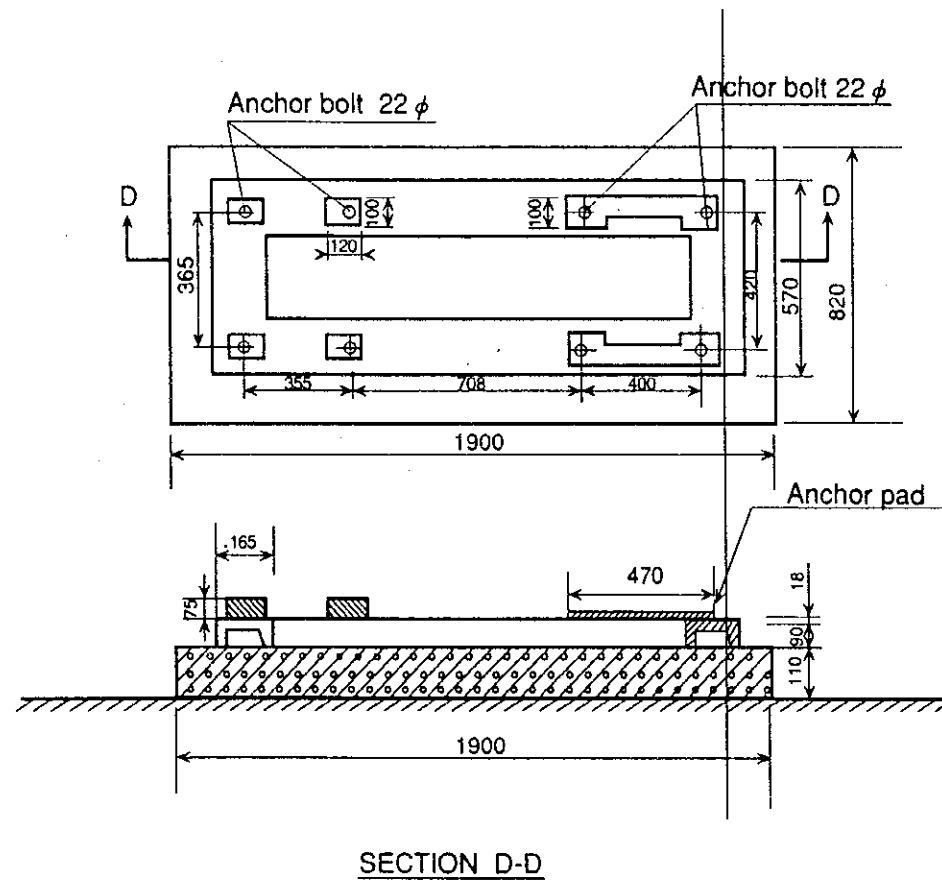
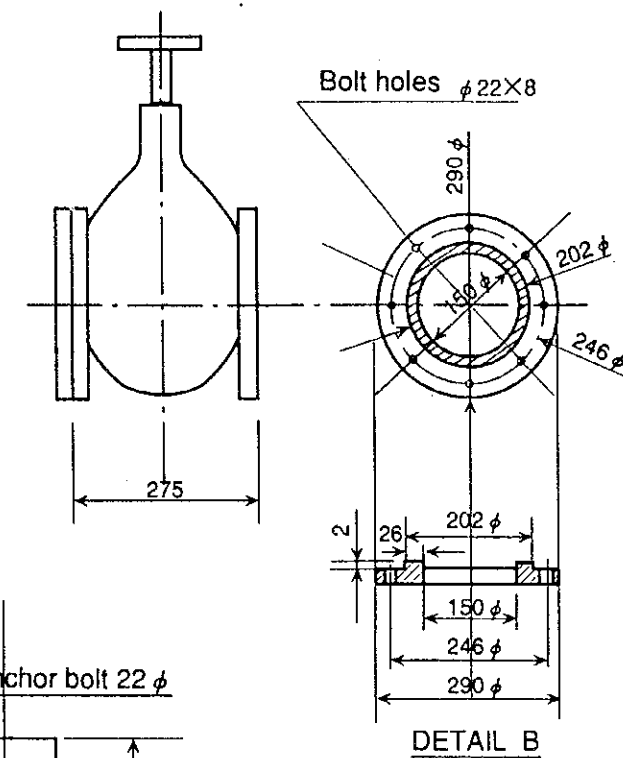
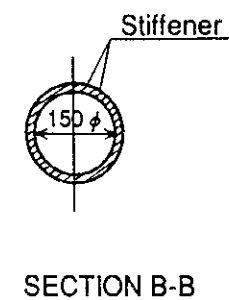
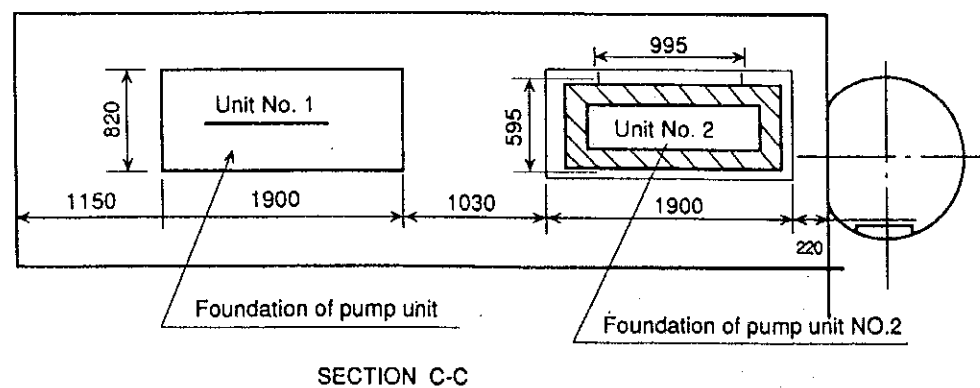
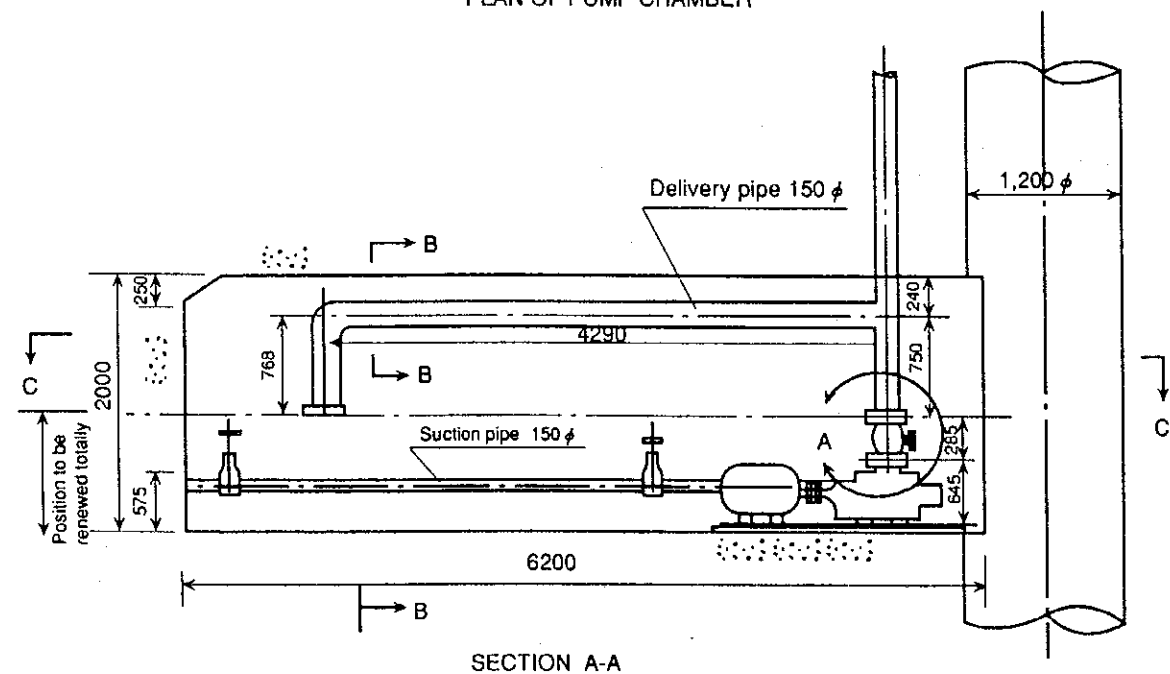
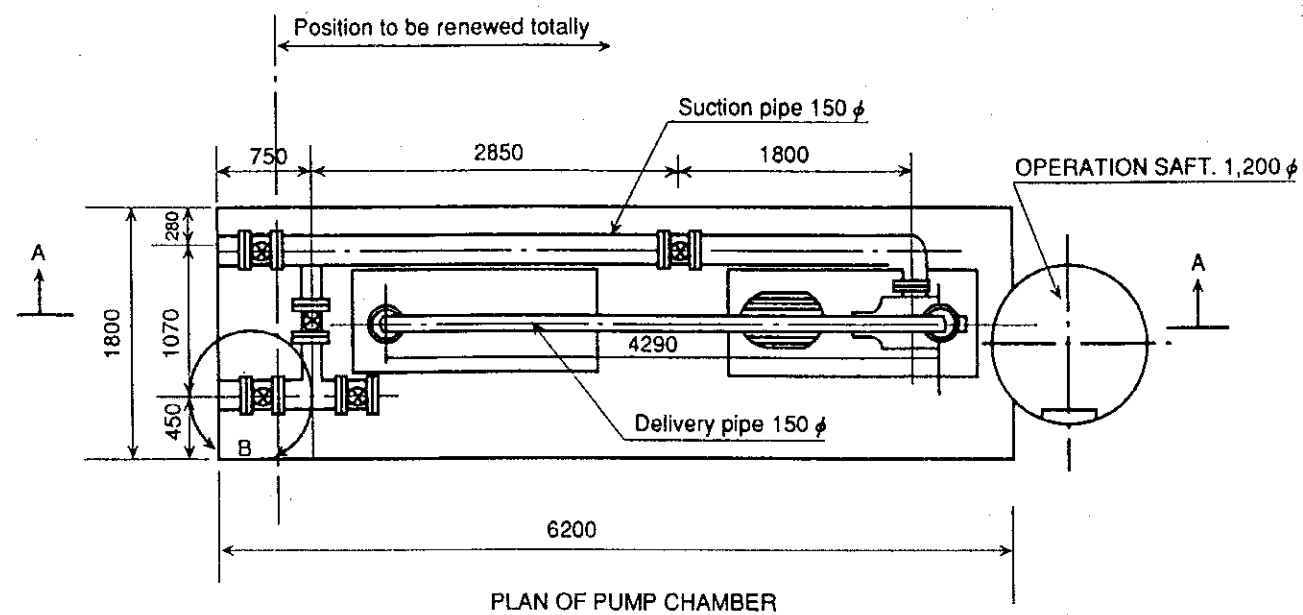


DETAIL OF MANHOLE

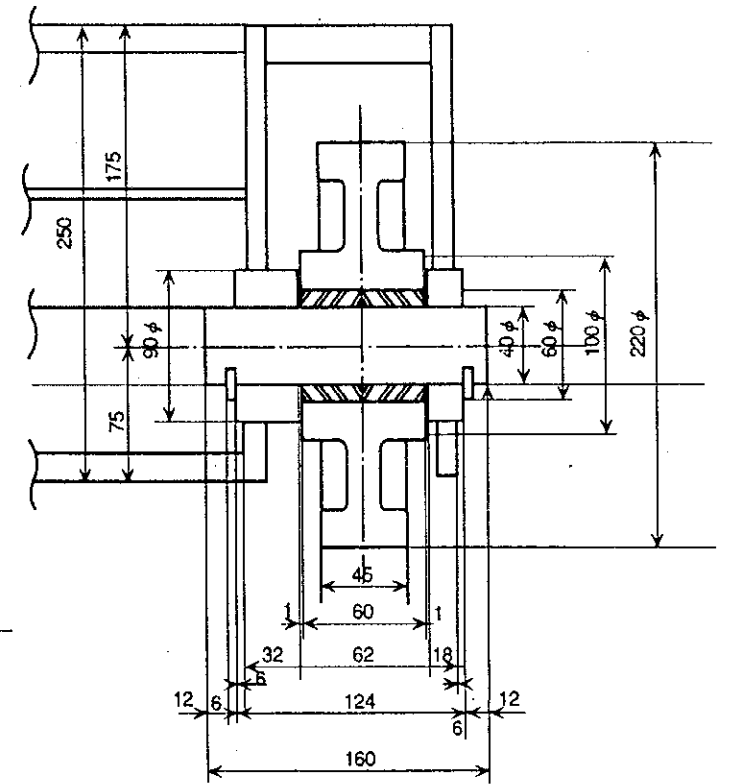
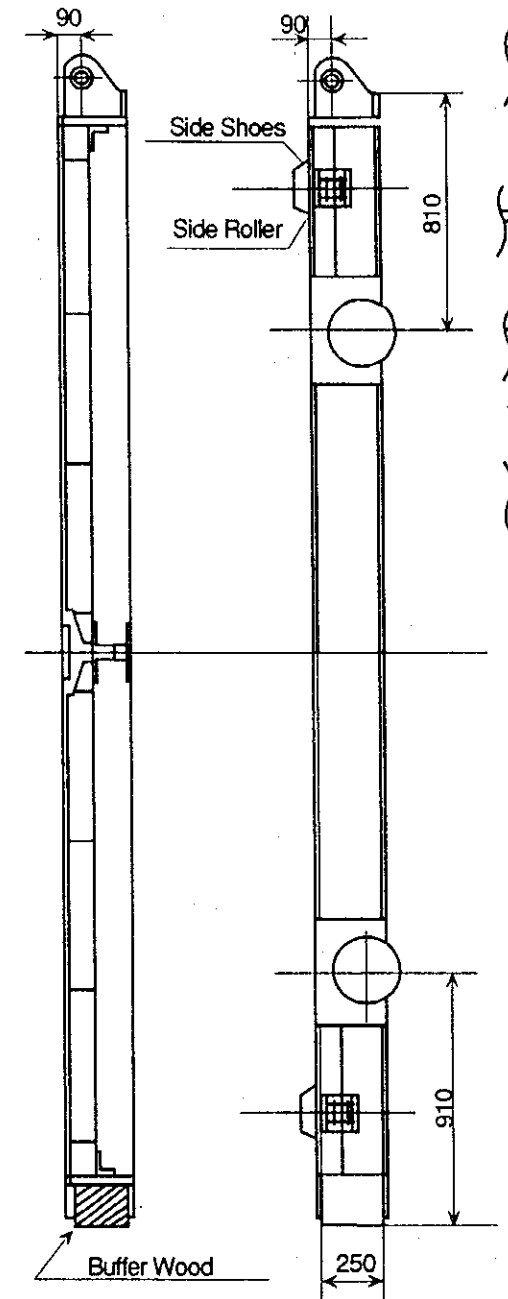
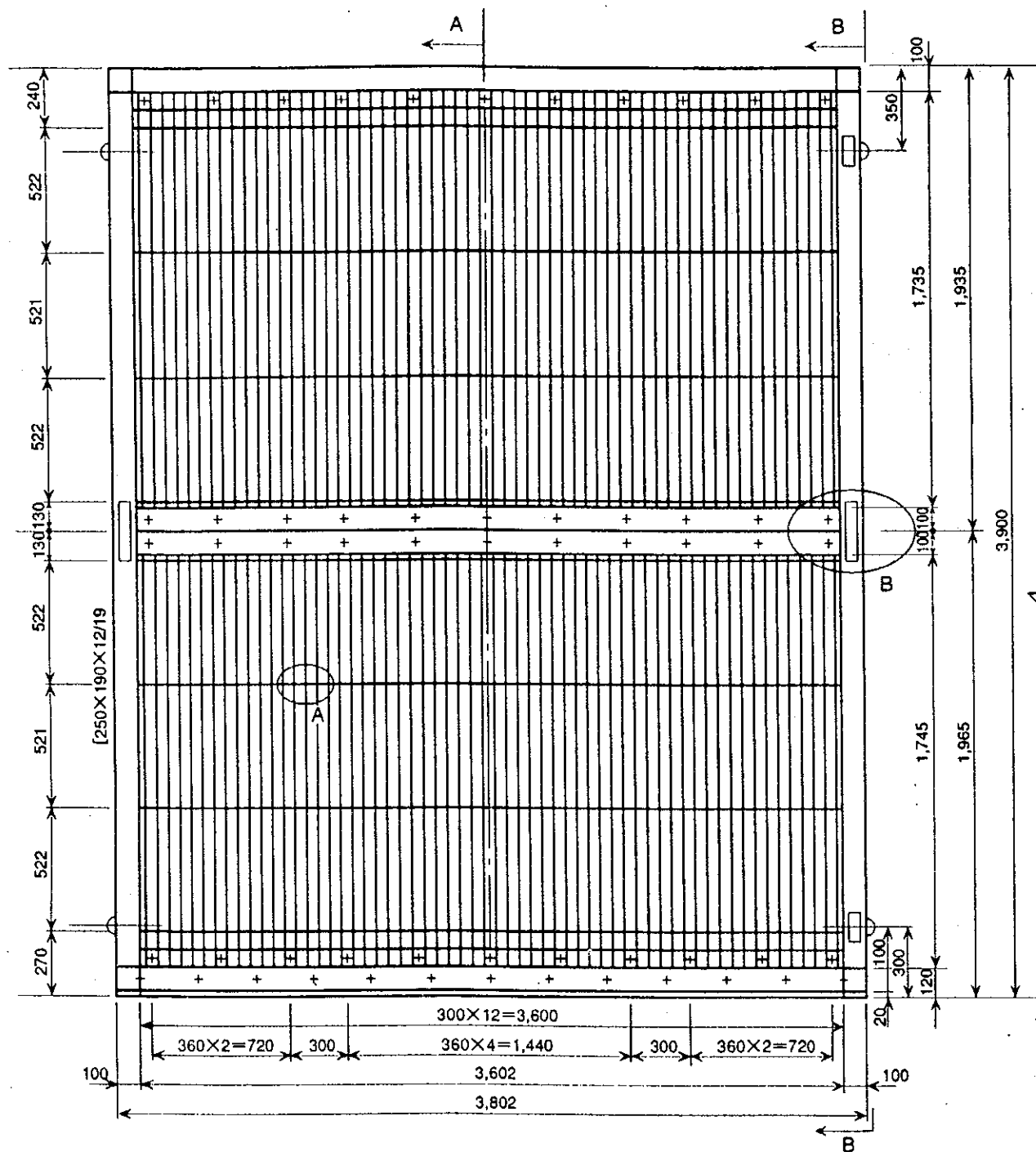


FLANGE  
SS41  
NO. OF REQ'D 4

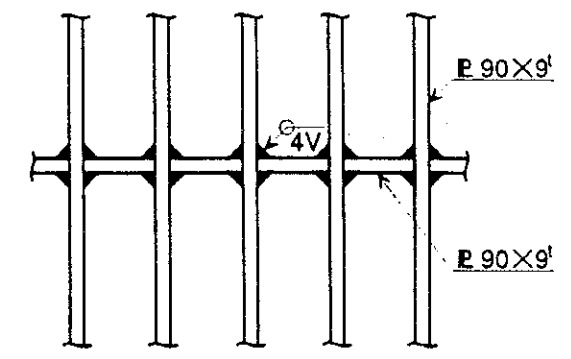




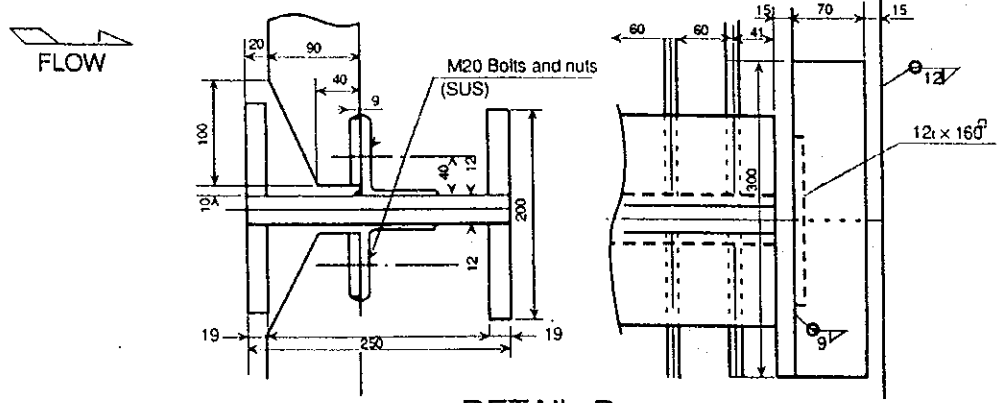
SECTION D-D  
FOUNDATION OF PUMP UNIT



DETAIL OF ROLLER PARTS

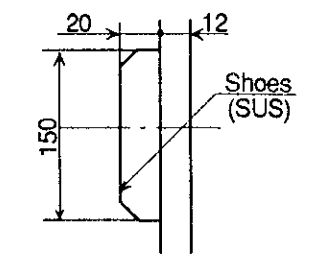


DETAIL A



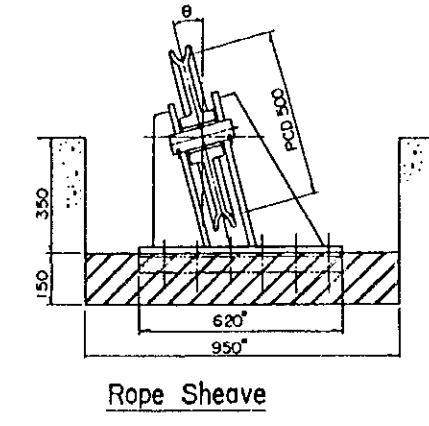
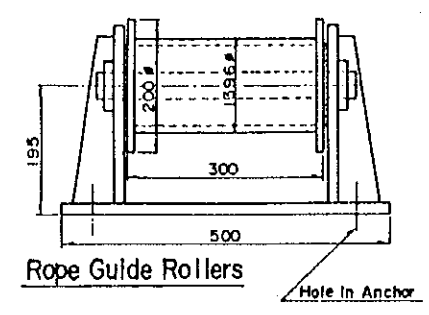
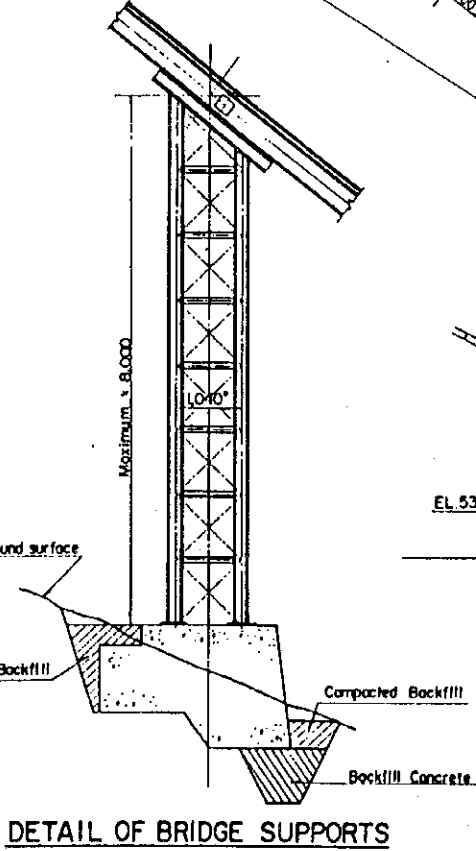
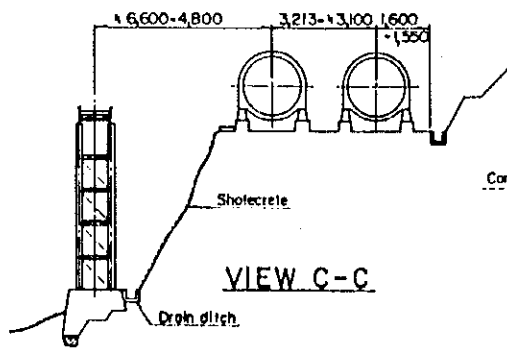
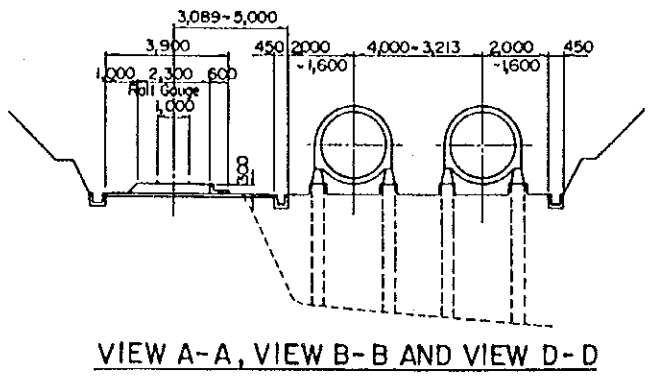
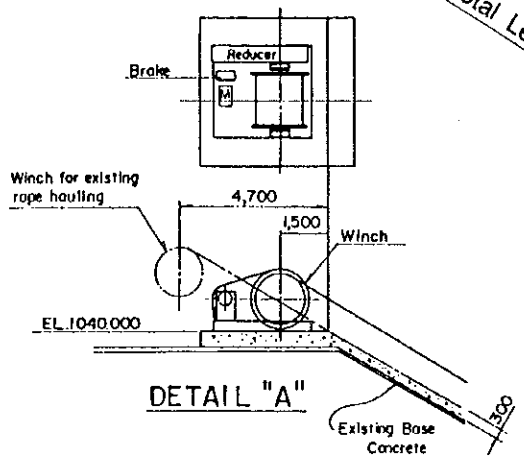
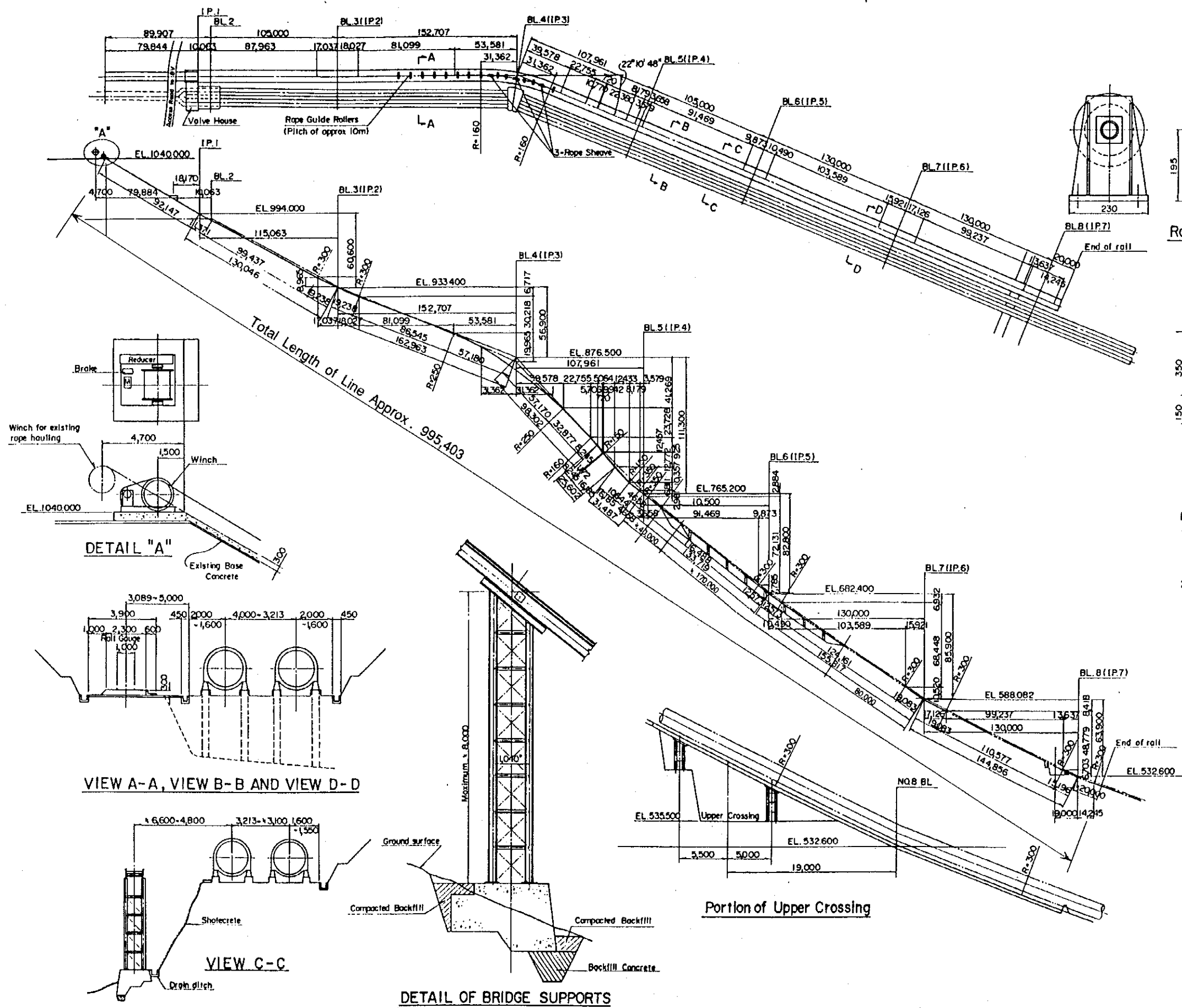
DETAIL B

NOTE : SUS : Stainless steel

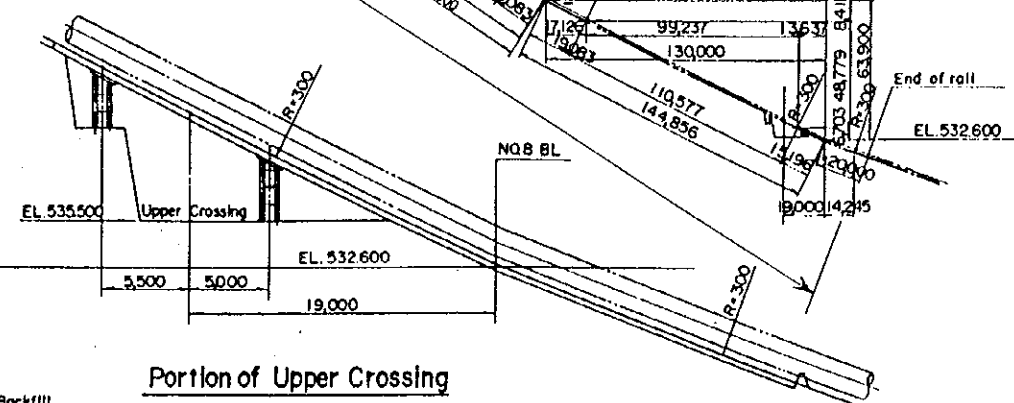


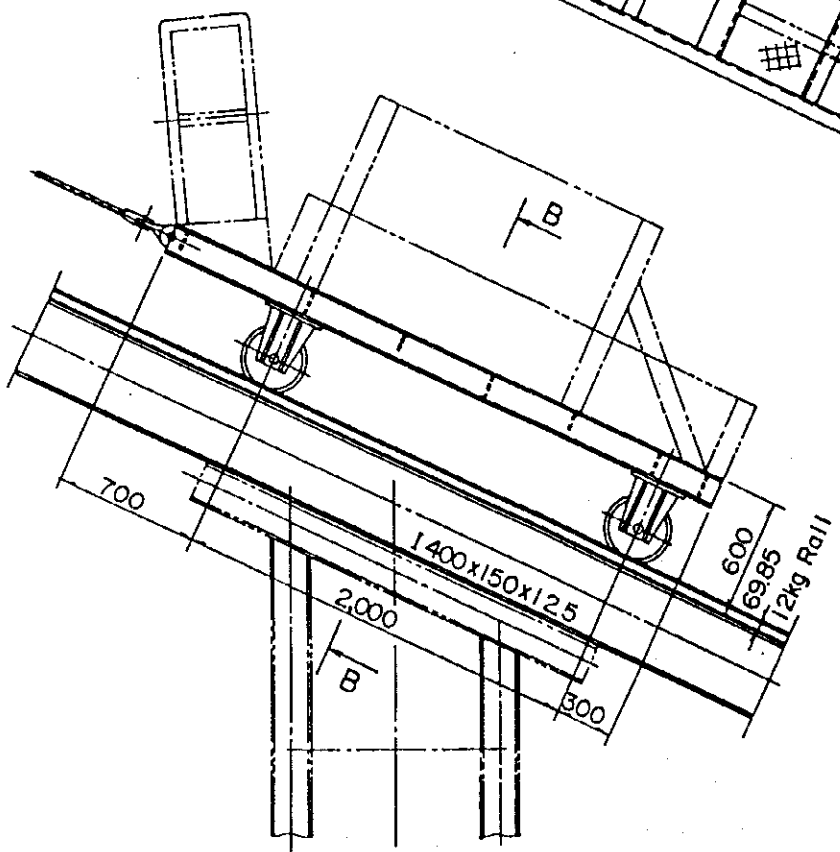
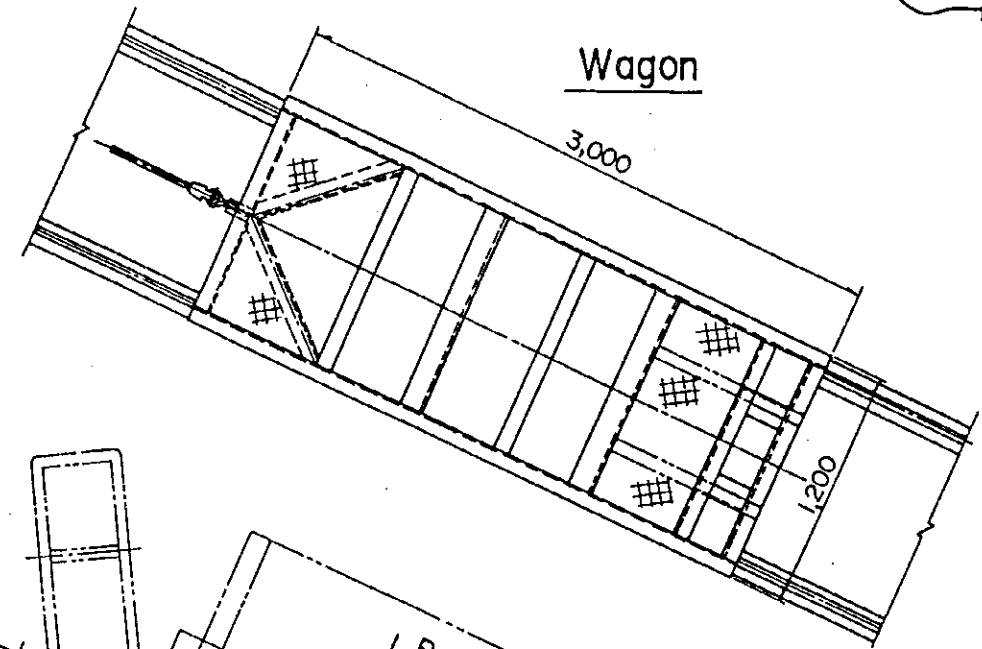
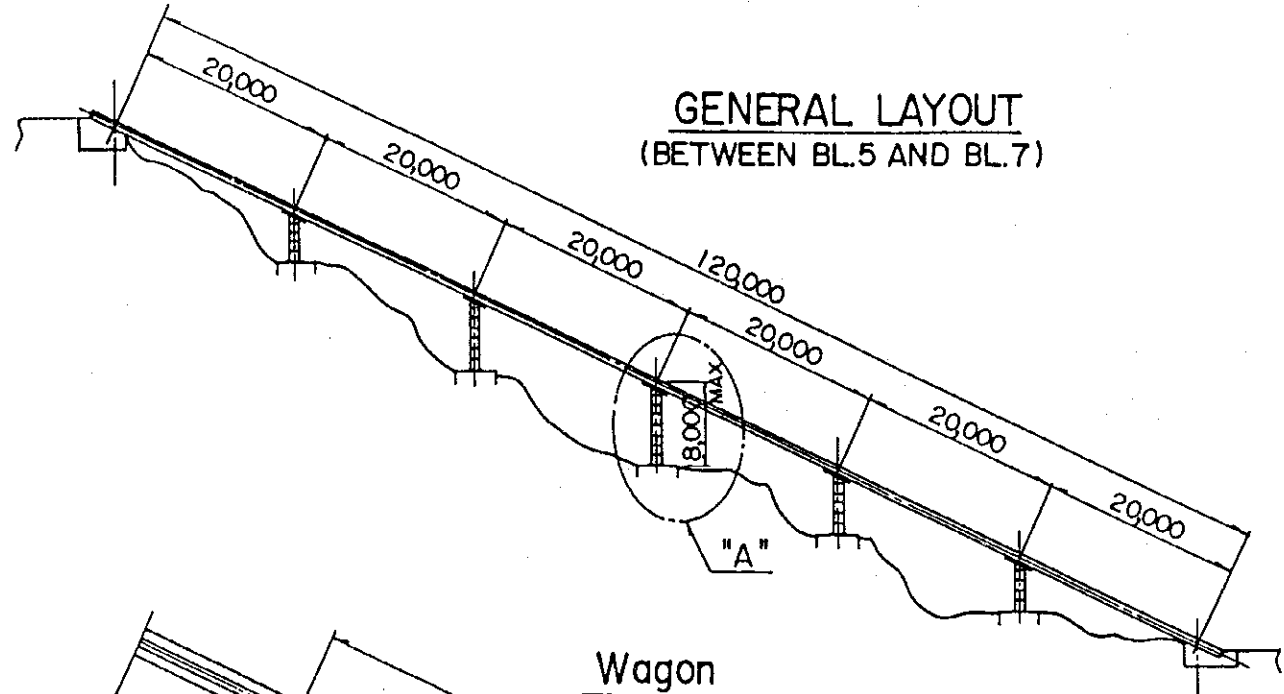
DETAIL OF SHOES

ヴィエトナム社会主義共和国 ダニム電力システム改修計画調査	MINISTRY OF ENERGY	図 5.16 可動トラッシュラック 上流部トラッシュラック改修
	国際協力事業団	

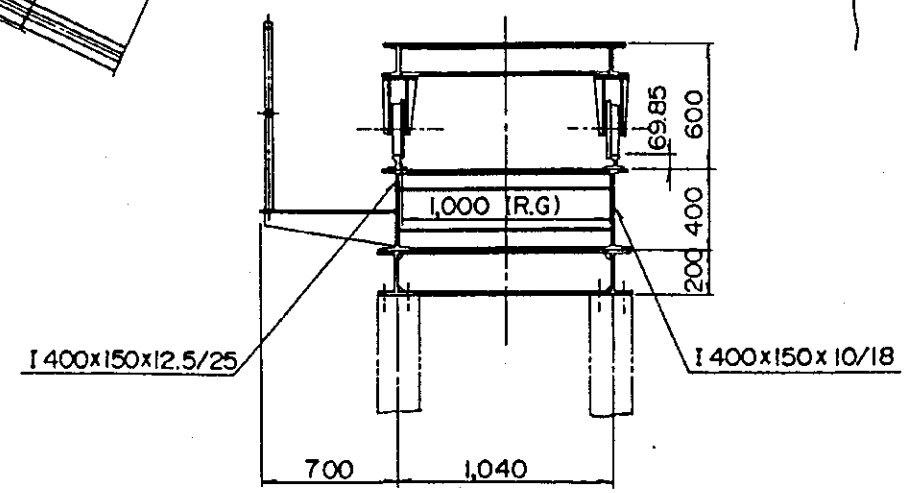


- Notes:
1. All the structures shall be designed on condition that the maximum loading capacity of the wagon shall be 1 ton.
  2. All the dimensions indicated in the drawing will be decided finally by the detailed survey and design at the implementation stage.

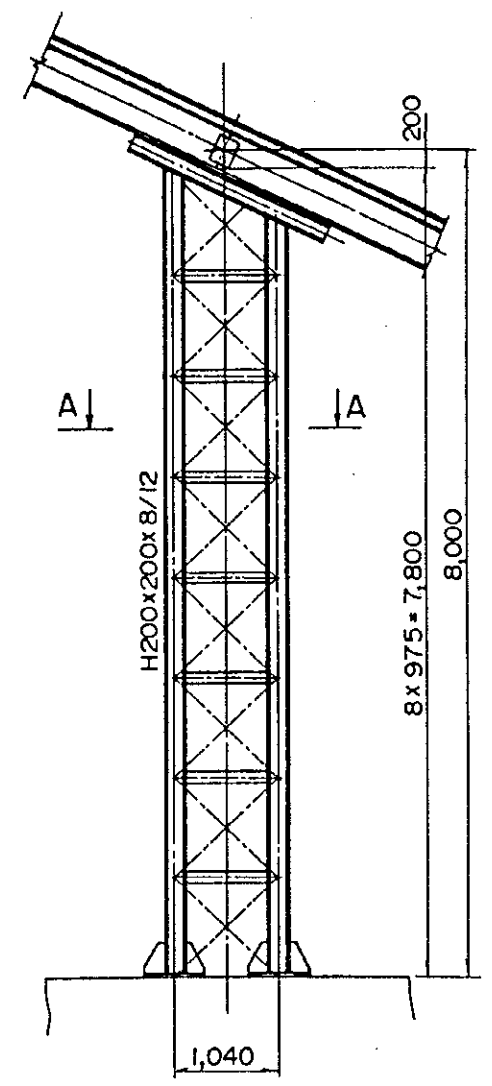




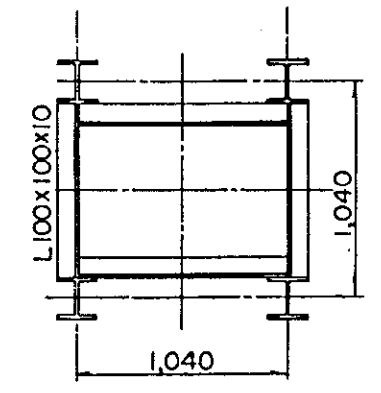
VIEW B-B



DETAIL "A"



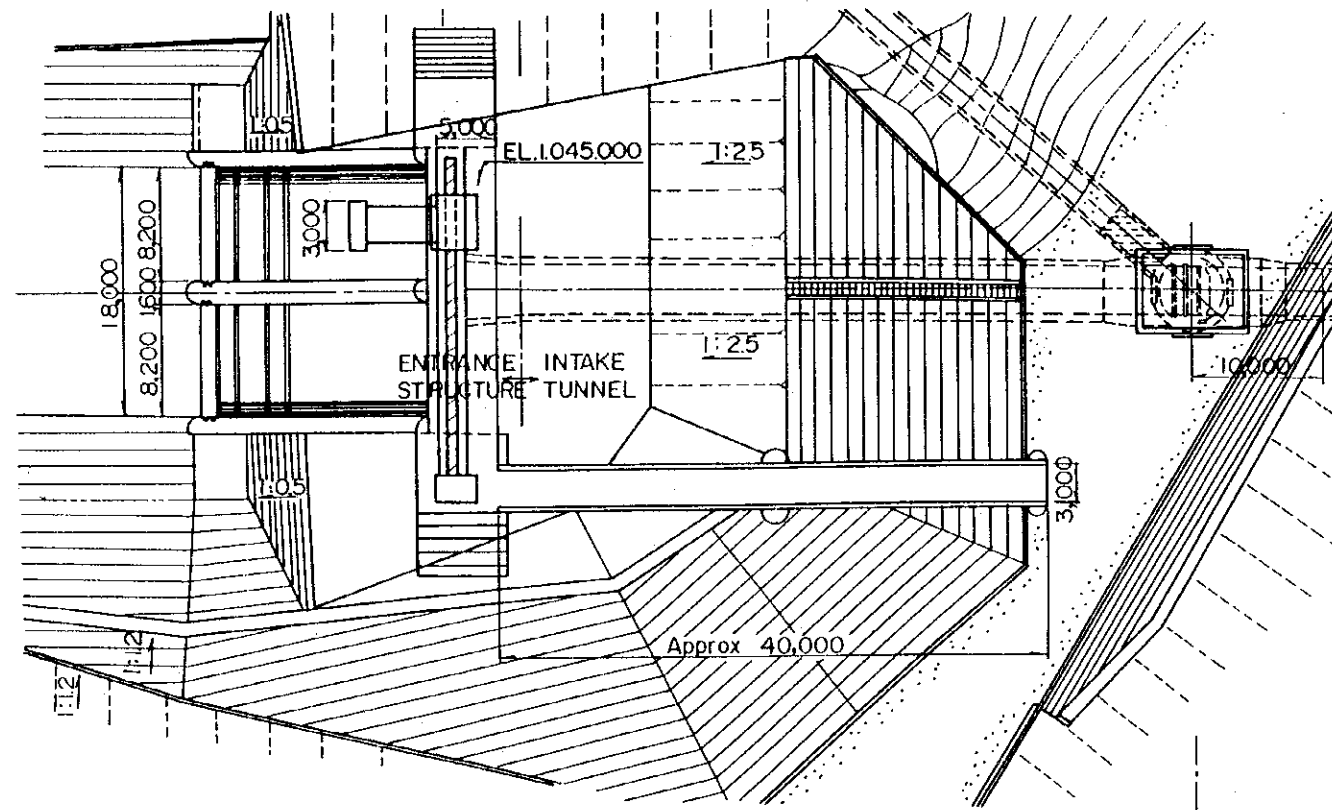
VIEW A-A



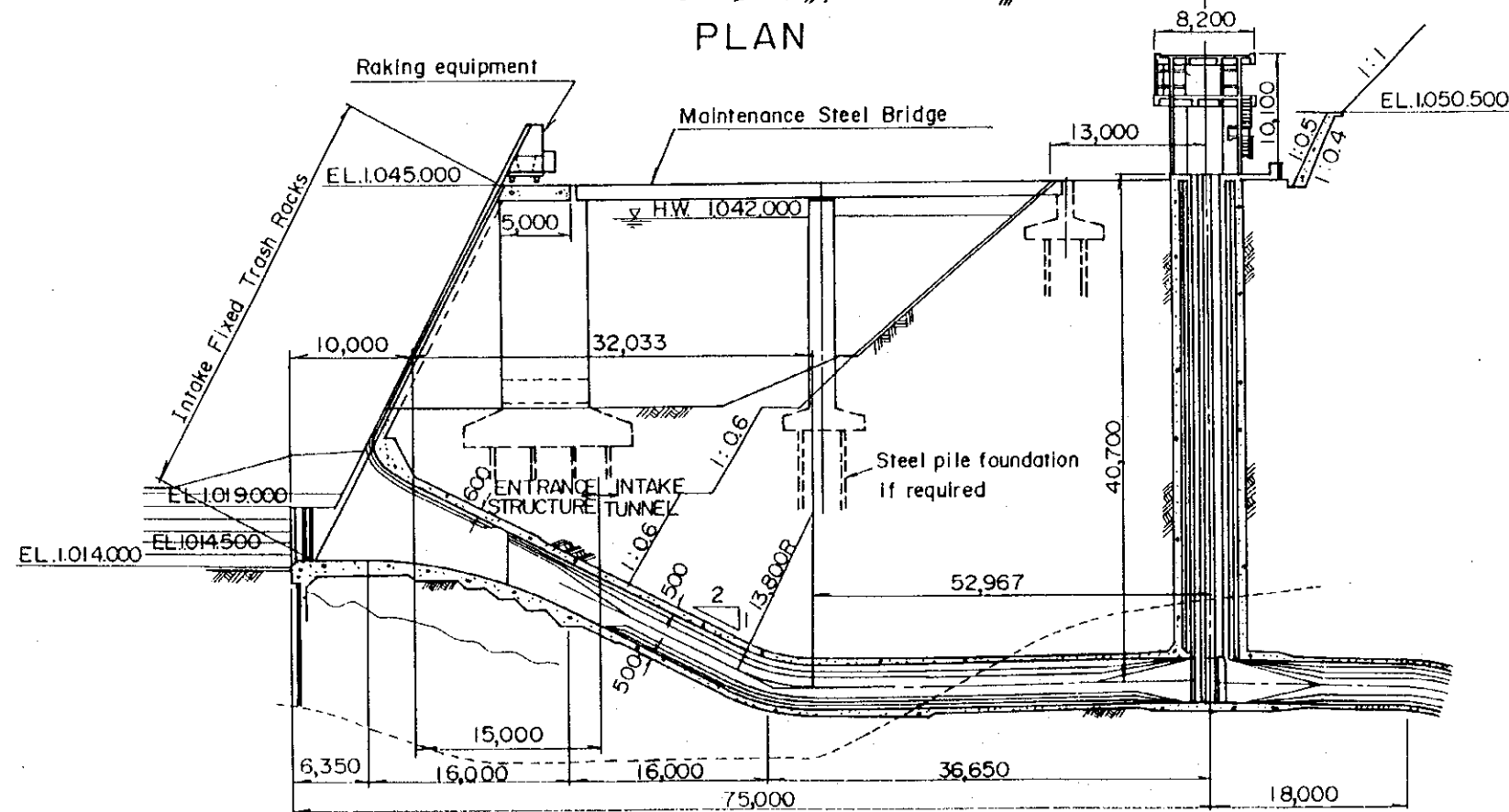
- Notes:
1. All the structures shall be designed on condition that the maximum loading capacity of the wagon shall be 1 ton.
  2. The parts shown as ---- shall be of removable type.
  3. All the dimensions indicated in the drawing will be decided finally by the detailed survey and design at the implementation stage.

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 洪水吐きゲート																				
1.1 ワイヤ・ロープ止め金具	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
1.2 補修塗装			////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
1.3 水密ゴムおよび取り付け金具	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
1.4 開閉機械および電気部品	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
1.5 操作盤および配線	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
2 渣瀝用放流設備																				
2.1 放流バルブおよび操作盤	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
2.2 給水ポンプ	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
3 可動トラシュラック																				
3.1 上流トラシュラック	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
3.2 開閉機械および電気部品	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
3.3 操作盤および配線	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
4 取水口ゲート																				
4.1 水密ゴムおよび止め金具	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
4.2 補修塗装			////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
4.3 開閉機械および電気部品	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
4.4 操作盤および配線	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
5 サージタンク放流設備																				
5.1 サージタンク放流設備			////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
6 バタフライバルブ																				
6.1 バタフライバルブ	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
6.2 付属設備	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
6.3 操作盤および配線	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
6.4 詳細検査																				
7 水圧鉄管																				
7.1 補修塗装			////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
7.2 運搬装置	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
7.3 No.1水圧鉄管			////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
7.4 No.2水圧鉄管			////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
8 他																				
8.1 スペアパーツおよび点検用器機																				

記号説明 : //// : 設計    ▨ : 材料調達    ○ : 製作    --- : 海上輸送    ■ : 据え付け



PLAN



PROFILE

Note :

The bar pitch of the intake trash rack shall be changed to 60mm from 100mm.