

第3章 導水路の基本設計

3.1 導水路の設計基本方針

本導水路は No.1 開水路、暗渠、No.2 開水路、第7ポンプ 機場、パイプライン、No.3 開水路で構成され総延長は 46km である。この導水路に要求される機能並びに現場の状況等から、本導水路設計上の留意点は次の通りである。

- 導水路施設に求められる水理及び構造上の要求を満足すること。
- 透水性が高くルーズな砂地盤に対する安全性の確保。
- 導水路への飛砂の流入防止と流入した土砂の排除。
- 第7ポンプ 機場が停電等により運転を急停止した場合の安全性の確保。
- 導水路施設の安全性を確保するための流水管理。
- 維持管理を容易にする施設並びに必要な安全設備の設置。
- 道路等の現況施設の機能に支障を与えないこと。

これらの条件を満足しかつ経済的である施設を設計する上での基本方針は次の通りである。

導水路設計の基本方針

考慮すべき事項	設計基本方針
1)水理及び構造上の要求の満足	-設計流量が流下でき、かつ安全で経済的な施設の設計。
2)透水性が高くルーズな砂地盤に対する安全性。	-過大な浸透ロスを抑制するためにコンクリートライニング水路を採用し、ライニングの基盤面には防水シートを敷く。 -風蝕防止のために、切土及び盛土斜面は練石張で保護し、バームは敷砂利で保護する。 -パイプラインのパイプの基礎はラライト敷きとする。
3)飛砂対策。	-第7ポンプ機場の直上流に沈砂池を設置する。 -移動性砂丘が卓越する Km.94.3 から Km.101.8 の区間の導水路は暗渠構造とする。 -開水路に沿って排除した土砂の仮置き場を設置する。 -O/M 道路並びに切土及び盛土部のバームの両サイトに植樹する。 -導水路から水の補給が可能になった段階で砂防林又は飛砂の流入防止に係わる適当な対策を講じること。この対策工は本実施設計には含まれない。
4)ポンプ 運転が急停止した場合の対策。	-第7機場のポンプが急停止した時の導水路内水位の急上昇を防止するために余水吐、余剰水の放流水路、余剰水を一時的に貯留する池を形成するために必要な非常用余水吐を備えた堤防を建設する。また、導水路の点検、補修、導水路堤防の決壊等の緊急時に導水路内を空虚にするために、余水吐にはゲート部を併設する。パイプラインの適当な位置にウォーターハンマー対策としてサージタンクを設置する。

考慮すべき事項	設計基本方針
5)施設の安全性を確保するための流水管理。	-開水路のコンクリートライニングへ過剰な背面水圧が作用するのを防ぐために水路内の水位低下は1日当たり1m以下と規定したポンプの操作規定を作成すること。 -導水路始点、中間点、終点には導水路への流入量、導水路内の流量等を把握するために量水標を設置する。
6)維持管理を容易にする施設及び安全施設の設置。	-導水路及び余水吐放流水路に沿ってO/M道路を設置する。また、導水路の北方を東西に走るハウェーとO/M道路とを結ぶアクセス道路を設置する。 -開水路部には適当な間隔で橋梁を計画する。 -暗渠区間の上下流端及び沈砂池の上流端には角落しゲートを計画する。 -暗渠区間には維持管理のため及びO/M道路沿に植えられた樹木及び砂防林等への給水のために適当な間隔で開口部を設置する。 -暗渠区間の上流端、第7ポンプ機場の直上流部にはスクリーンを設置する。
7)現況施設の機能の維持。	-現況道路と導水路及び余水吐放流水路との交差部には橋梁を設置する。

3.2 導水路の縦横断面計画

(1) 導水路路線の選定

F/S調査後に作成された1万分の1の地形図に、F/S調査で選定された路線を参考にして導水路路線を選定し、測量時に現地の状況から必要な修正を行い最終的に決定した路線は図3.2-1の通りである。尚、文化省の北シナイ考古庁によると、本導水路路線の周辺には確認された考古学的な遺跡は存在しない。

(2) 導水路縦断面計画

(a) 開水路の縦断勾配

コンクリートライニング水路である開水路の縦断勾配は本導水路より上流区間で建設中のコンクリートライニング水路の縦断勾配と同じ $I = 8\text{cm/km} = 1/12,500$ とした。水路底幅は本導水路の直上流の開水路断面($Q = 65.83\text{m}^3/\text{sec}$ 、 $B = 14\text{m}$ 、 $d = 3.5\text{m}$)を参考にしてF/S時に採用されている $B = 12\text{m}$ とした。

第1期工事完了後の最小流量($Q = 8.09\text{m}^3/\text{sec}$ 、11月)流下時の開水路の土砂の搬送能力は次式から求められる。

$$\begin{aligned}
 U_{c1} &= (gRI)^{1/2} \\
 &= (9.8 \times 0.974 \times 0.00008)^{1/2} \\
 &= 0.0276 \text{ m/sec} \\
 &= 2.76 \text{ cm/sec}
 \end{aligned}$$

他方、粒径 1mm（土質調査委託に基づく粒度分析結果では 0.3mm から 0.8mm の粒径分布が卓越している）の土粒子を流下するために必要な搬送能力は次の岩垣の式から求められる。

$$\begin{aligned}U_{c2} &= (55 d)^{1/2} \\ &= (55 \times 0.1)^{1/2} \\ &= 2.35 \text{ cm/sec}\end{aligned}$$

上記の計算から開水路の土砂の搬送能力は必要な能力の 1.2 倍以上あり開水路に入った飛砂は下流に流下される。下流端である第 7 ホンフ 機場の直上流部には沈砂池を設置する。

(b) 暗渠部の縦断勾配

暗渠部の土砂の搬送能力を高め暗渠内での土砂の堆積を防止しまた経済的な断面となるように、暗渠部の縦断勾配は、暗渠内の流速が開水路部の流速の 1.2 倍以上となるように設定し、 $I = 20\text{cm/km} = 1/5,000$ とした。

(3) 導水路の横断面計画

(a) 開水路の標準断面

設計流量が $52.66\text{m}^3/\text{sec}$ である No.1, No.2 及び No.3 開水路はコンクリートライニング水路であり、底幅 12m、水路法面勾配は 1:2、ライニング高さは 4.5m である。ライニングの厚さは法面で 25cm、底部で 20cm の計画である。ライニングの基盤として 10cm 厚のモルタルを敷均しその上に防水シート（1.5mm 厚さのポリエチレン製シート）を敷く計画である。

(b) 暗渠の標準断面

暗渠は $3.7\text{m} \times 3.7\text{m} \times 4$ 連とし、約 1.0km 間隔で暗渠内への出入り口としての利用等のため開口部を設置する。

(c) パイプライン

パイプライン工事は第 1 期工事と第 2 期工事に分割して実施されるが、横断面の中央（測量中心線）に O/M 道路を配置し、この O/M 道路の中心線から左側に 25m 離れた位置を第 1 期工事のパイプライン（ $\phi 2,400\text{mm}$ 鋼管 $\times 3$ 連）の中心とし、右側に 25m 離れた位置を第 2 期工事のパイプライン（ $\phi 2,400\text{mm}$ 鋼管 $\times 2$ 連）の中心とした。パイプラインの基礎には管の安定性及び工事車輛の交通が可能となるよう 50cm 厚さのコンクリートを敷く計画とした。

3.3 付帯構造物の基本設計

(1) 余水吐システム

(a) 余水吐の必要性

本導水路の延長は 46km であるが、始点より 22.36 km 下流地点に第 7 ポンプ 機場が計画されている。また、スエズサイホン下流より上流 40km の地点には第 6 ポンプ 機場があり、この導水路区間には余水吐は計画されていない。設計流量流下時、第 6 ポンプ 機場と第 7 ポンプ 機場間の 62.36km 区間の導水路中の総水量は約 459 万 m³ である。第 7 ポンプ 機場地点の水路盛土天端標高以下の導水路内に貯水可能な水量は 238 万 m³ であることから、第 7 ポンプ 機場のポンプが停電等により運転を停止した場合、第 7 ポンプ 機場の直上流部の水路から越流が発生する。従って、越流による導水路の崩壊を防ぎ、導水路周辺の住民や国道、建物等の安全を確保するためには余水吐の建設が必要不可欠である。

(b) 余水吐システムの構成

導水路内の余剰水は第 7 ポンプ 機場の北方約 4.8km 地点を東西に走るハイウェイの両側に広がっているエル・ムスタブルク (El. Mustablq) 低地に放流する計画とする。現在、上記のハイウェイの路面標高は低地の現地盤より僅かに高い (0.5~1.0m) 程度であるので、余水吐からの余剰水の放流によりハイウェイは水没する。ハイウェイの水没を防止する方法には次の 2 通りの方法がある。

代替案 1：低位部のハイウェイ (延長約 4.2km) を改修 (嵩上げ) する。

代替案 2：東西に走るハイウェイの低位部の西端から南方に向かって堤防 (延長 1.5km) を建設し、堤防の西方に形成されるポンドに余水吐から放流された余剰水を貯留する。

代替案 1 で改修の必要なハイウェイの延長は代替案 2 で建設が必要な堤防の延長の 2.8 倍である。余水吐の工事費は改修が必要なハイウェイ又は建設が必要な堤防の延長にほぼ比例することから、工事費が安くてすむ代替案 1 を採用する。

この場合、余水吐システムを構築するために必要な構造物は次の通りである。

- ① 余水吐 (自然越流式、ゲート部：2 門併設)
- ② 余水吐放流水路 (延長約 2.1km)
- ③ 堤防 (延長約 1.5km、非常用余水吐併設)

(c) 余水吐システムの基本設計

余水吐は本導水路工事の第1及び第2期工事が完了し設計流量が流下している時点を想定して設計する。余水吐から放流される総水量は第7ポンプ機場が停止して3時間後に第6ポンプ機場が停止したと仮定すると次のように算定される。

余水吐からの必要放流量

① 第7ポンプ機場停止後3時間の流入量：	
	$52.66 \text{ m}^3/\text{sec} \times 3 \text{ hr} \times 60 \text{ min} \times 60 \text{ sec} = 0.57 \text{ MCM}$
② 導水路内の貯留量：	4.59 MCM
③ 上流導水路（40km区間）からの分水量：	
	$3.27 \text{ MCM} \times 38.02 / 90.68 \text{ (m}^3/\text{sec)} = -1.37 \text{ MCM}$
④ 余水吐越流堰頂以下に貯留可能な水量：	-0.79 MCM
計	3.00 MCM

上記の計算結果から余水吐を流下した余剰水を貯留するポンプの容量は300万 m^3 とし、余水吐、余水吐放流水路、非常用余水吐の設計流量は導水路と同じ $52.66\text{m}^3/\text{sec}$ として設計する。

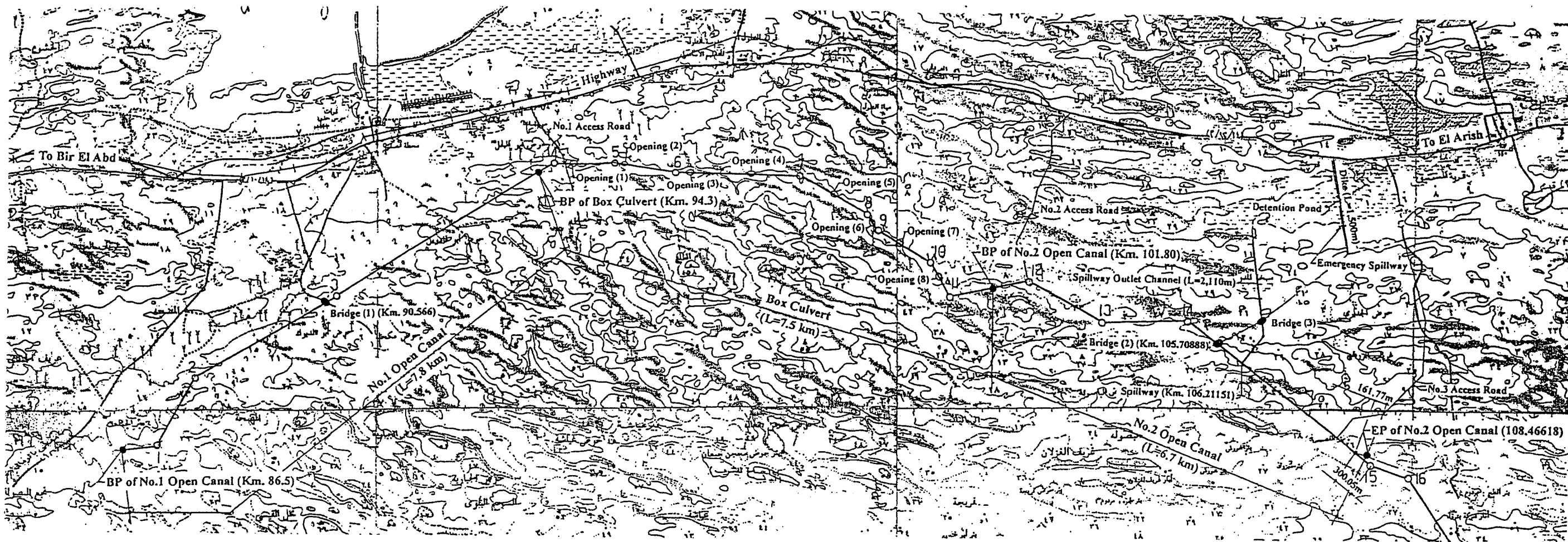
(2) 橋梁

橋梁はNSDOとの協議の結果、現状道路とNo.1、No.2開水路及び余水吐放流水路との交差部の3橋、No.3開水路に約5km毎に1橋で3橋計画した。車道幅員は10m、両側には2m幅の歩道を設置する。

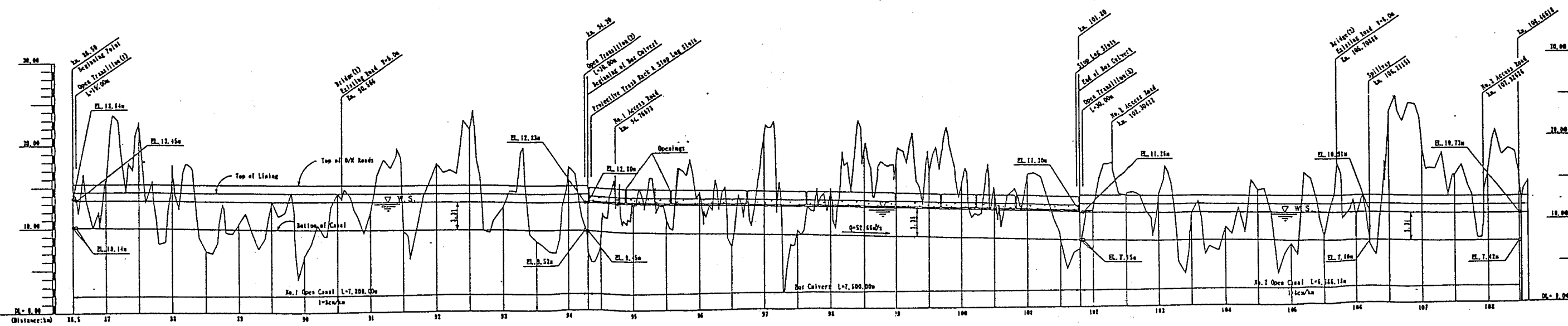
(3) 安全及び維持管理施設

安全及び維持管理施設として次のものを計画する。

- (a)階段工：開水路に沿って約500m間隔で設置する。
- (b)スクリーン：暗渠部の上流端並びに第7ポンプ機場の上流端に設置する。
- (c)角落し：暗渠部の上下流端、沈砂池の上流端に設置する。
- (d)暗渠への出入り口：暗渠部に約1km間隔で開口部を設置する。
- (e)量水標：導水路始点部、暗渠部の上下流端、余水吐、沈砂池上流端、No.3開水路の始点、中間点、終点付近に量水標を設置する。

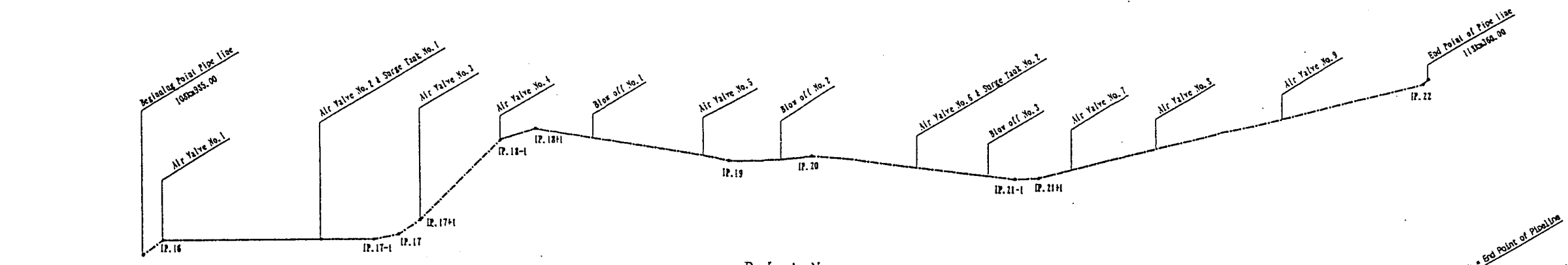


PLAN

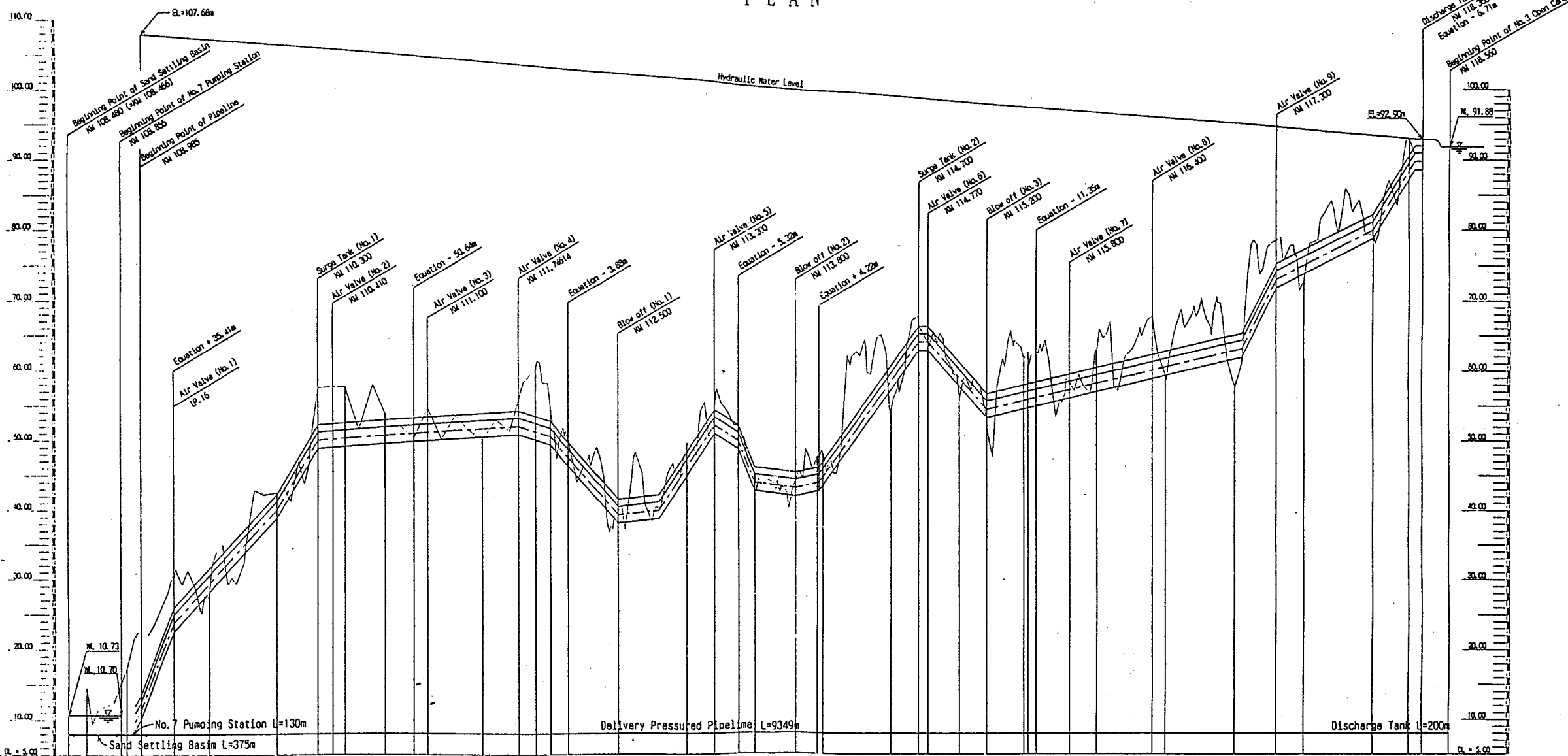


PROFILE

图 3.2-1 No.1 開水路、暗渠、No.2 開水路縦平面図



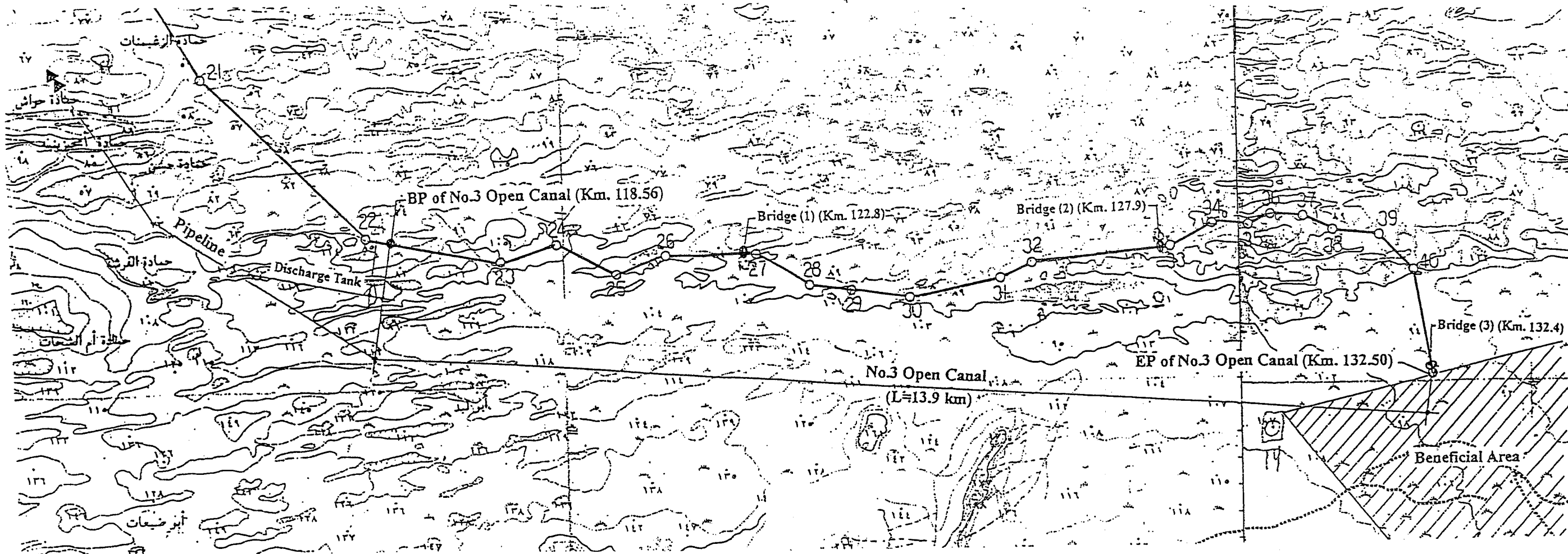
PLAN



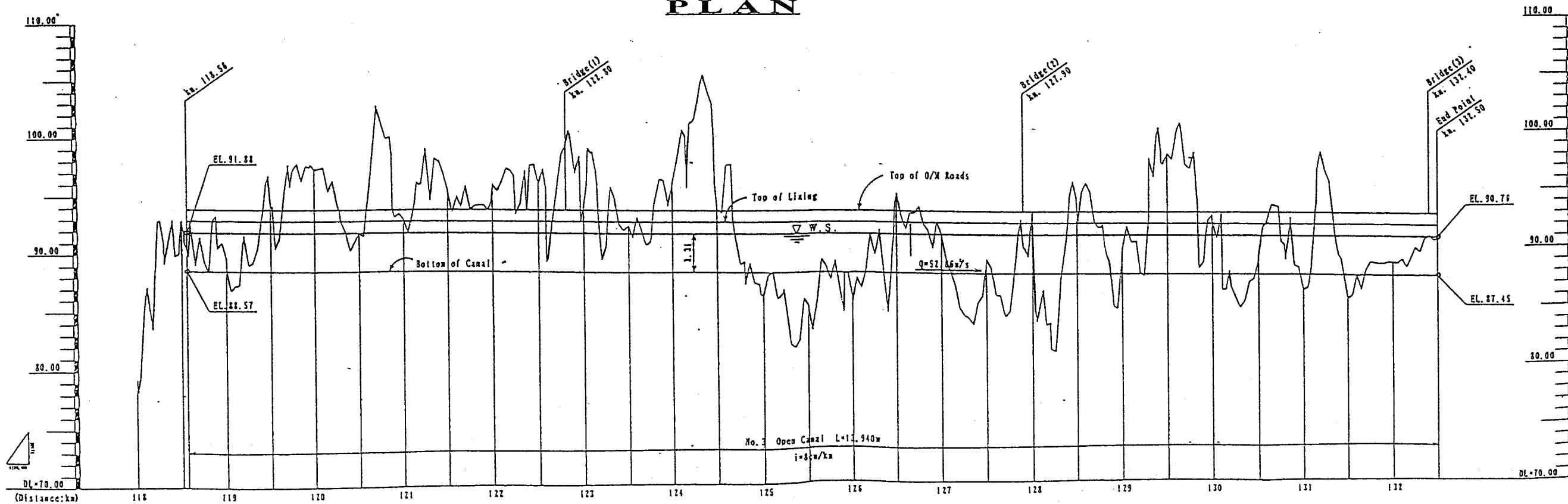
DISTANCE (KM)	108.600	108.700	108.800	108.900	109.000	109.100	109.200	109.300	109.400	109.500	109.600	109.700	109.800	109.900	110.000	110.100	110.200	110.300	110.400	110.500	110.600	110.700	110.800	110.900	111.000	111.100	111.200	111.300	111.400	111.500	111.600	111.700	111.800	111.900	112.000	112.100	112.200	112.300	112.400	112.500	112.600	112.700	112.800	112.900	113.000	113.100	113.200	113.300	113.400	113.500	113.600	113.700	113.800	113.900	114.000	114.100	114.200	114.300	114.400	114.500	114.600	114.700	114.800	114.900	115.000	115.100	115.200	115.300	115.400	115.500	115.600	115.700	115.800	115.900	116.000	116.100	116.200	116.300	116.400	116.500	116.600	116.700	116.800	116.900	117.000	117.100	117.200	117.300	117.400	117.500	117.600	117.700	117.800	117.900	118.000	118.100	118.200	118.300	118.400	118.500	118.600	118.700	118.800	118.900	119.000	119.100	119.200	119.300	119.400	119.500	119.600	119.700	119.800	119.900	120.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
ORIGINAL GROUND SURFACE	14.62	11.70	12.47	13.28	14.12	14.98	15.87	16.78	17.71	18.66	19.63	20.62	21.63	22.65	23.69	24.74	25.81	26.89	27.98	29.09	30.21	31.34	32.48	33.63	34.79	35.96	37.14	38.33	39.53	40.74	41.96	43.19	44.43	45.68	46.94	48.21	49.49	50.78	52.08	53.39	54.71	56.04	57.38	58.73	60.09	61.46	62.84	64.22	65.61	67.01	68.42	69.84	71.27	72.71	74.16	75.62	77.09	78.57	80.06	81.56	83.07	84.59	86.12	87.66	89.21	90.77	92.34	93.92	95.51	97.11	98.72	100.34	101.97	103.61	105.26	106.92	108.59	110.27	111.96	113.66	115.37	117.09	118.82	120.56	122.31	124.07	125.84	127.62	129.41	131.21	133.02	134.84	136.67	138.51	140.36	142.22	144.09	145.97	147.86	149.76	151.67	153.59	155.52	157.46	159.41	161.37	163.34	165.32	167.31	169.31	171.32	173.34	175.37	177.41	179.46	181.52	183.59	185.67	187.76	189.86	191.97	194.09	196.22	198.36	200.51	202.67	204.84	207.02	209.21	211.41	213.62	215.84	218.07	220.31	222.56	224.82	227.09	229.37	231.66	233.96	236.27	238.59	240.92	243.26	245.61	247.97	250.34	252.72	255.11	257.51	259.92	262.34	264.77	267.21	269.66	272.12	274.59	277.07	279.56	282.06	284.57	287.09	289.62	292.16	294.71	297.27	299.84	302.42	305.01	307.61	310.22	312.84	315.47	318.11	320.76	323.42	326.09	328.77	331.46	334.16	336.87	339.59	342.32	345.06	347.81	350.57	353.34	356.12	358.91	361.71	364.52	367.34	370.17	373.01	375.86	378.72	381.59	384.47	387.36	390.26	393.17	396.09	399.02	401.96	404.91	407.87	410.84	413.82	416.81	419.81	422.82	425.84	428.87	431.91	434.96	438.02	441.09	444.17	447.26	450.36	453.47	456.59	459.72	462.86	466.01	469.17	472.34	475.52	478.71	481.91	485.12	488.34	491.57	494.81	498.06	501.32	504.59	507.87	511.16	514.46	517.77	521.09	524.42	527.76	531.11	534.47	537.84	541.22	544.61	548.01	551.42	554.84	558.27	561.71	565.16	568.62	572.09	575.57	579.06	582.56	586.07	589.59	593.12	596.66	600.21	603.77	607.34	610.92	614.51	618.11	621.72	625.34	628.97	632.61	636.26	639.92	643.59	647.27	650.96	654.66	658.37	662.09	665.82	669.56	673.31	677.07	680.84	684.62	688.41	692.21	696.02	699.84	703.67	707.51	711.36	715.22	719.09	722.97	726.86	730.76	734.67	738.59	742.52	746.46	750.41	754.37	758.34	762.32	766.31	770.31	774.32	778.34	782.37	786.41	790.46	794.52	798.59	802.67	806.76	810.86	814.97	819.09	823.22	827.36	831.51	835.67	839.84	844.02	848.21	852.41	856.62	860.84	865.07	869.31	873.56	877.82	882.09	886.37	890.66	894.96	899.27	903.59	907.92	912.26	916.61	920.97	925.34	929.72	934.11	938.51	942.92	947.34	951.77	956.21	960.66	965.12	969.59	974.07	978.56	983.06	987.57	992.09	996.62	1001.16	1005.71	1010.27	1014.84	1019.42	1024.01	1028.61	1033.22	1037.84	1042.47	1047.11	1051.76	1056.42	1061.09	1065.77	1070.46	1075.16	1079.87	1084.59	1089.32	1094.06	1098.81	1103.57	1108.34	1113.12	1117.91	1122.71	1127.52	1132.34	1137.17	1142.01	1146.86	1151.72	1156.59	1161.47	1166.36	1171.26	1176.17	1181.09	1186.02	1190.96	1195.91	1200.87	1205.84	1210.82	1215.81	1220.81	1225.82	1230.84	1235.87	1240.91	1245.96	1251.02	1256.09	1261.17	1266.26	1271.36	1276.47	1281.59	1286.72	1291.86	1297.01	1302.17	1307.34	1312.52	1317.71	1322.91	1328.12	1333.34	1338.57	1343.81	1349.06	1354.32	1359.59	1364.87	1370.16	1375.46	1380.77	1386.09	1391.42	1396.76	1402.11	1407.47	1412.84	1418.22	1423.61	1429.01	1434.42	1439.84	1445.27	1450.71	1456.16	1461.62	1467.09	1472.57	1478.06	1483.56	1489.07	1494.59	1500.12	1505.66	1511.21	1516.77	1522.34	1527.92	1533.51	1539.11	1544.72	1550.34	1555.97	1561.61	1567.26	1572.92	1578.59	1584.27	1589.96	1595.66	1601.37	1607.09	1612.82	1618.56	1624.31	1630.07	1635.84	1641.62	1647.41	1653.21	1659.02	1664.84	1670.67	1676.51	1682.36	1688.22	1694.09	1700.06	1706.04	1712.03	1718.03	1724.04	1730.06	1736.09	1742.13	1748.18	1754.24	1760.31	1766.39	1772.48	1778.58	1784.69	1790.81	1796.94	1803.08	1809.23	1815.39	1821.56	1827.74	1833.93	1840.13	1846.34	1852.56	1858.79	1865.03	1871.28	1877.54	1883.81	1890.09	1896.38	1902.68	1908.99	1915.31	1921.64	1927.98	1934.33	1940.69	1947.06	1953.44	1959.83	1966.23	1972.64	1979.06	1985.49	1991.93	1998.38	2004.84	2011.31	2017.79	2024.28	2030.78	2037.29	2043.81	2050.34	2056.88	2063.43	2069.99	2076.56	2083.14	2089.73	2096.33	2102.94	2109.56	2116.19	2122.83	2129.48	2136.14	2142.81	2149.49	2156.18	2162.88	2169.59	2176.31	2183.04	2189.78	2196.53	2203.29	2210.06	2216.84	2223.63	2230.43	2237.24	2244.06	2250.89	2257.73	2264.58	2271.44	2278.31	2285.19	2292.08	2298.98	2305.89	2312.81	2319.74	2326.68	2333.63	2340.59	2347.56	2354.54	2361.53	2368.53	2375.54	2382.56	2389.59	2396.63	2403.68	2410.74	2417.81	2424.89	2431.98	2439.08	2446.19	2453.31	2460.44	2467.58	2474.73	2481.89	2489.06	2496.24	2503.43	2510.63	2517.84	2525.06	2532.29	2539.53	2546.78	2554.04	2561.31	2568.59	2575.88	2583.18	2590.49	2597.81	2605.14	2612.48	2619.83	2627.19	2634.56	2641.94	2649.33	2656.73	2664.14	2671.56	2679.0	2686.44	2693.89	2701.35	2708.82	2716.3	2723.79	2731.29	2738.8	2746.32	2753.85	2761.39	2768.94	2776.5	2784.07	2791.65	2799.24	2806.84	2814.45	2822.07	2829.7	2837.34	2844.98	2852.63	2860.29	2867.96	2875.64	2883.33	2891.03	2898.74	2906.46	2914.19	2921.93	2929.68	2937.44	2945.21	2952.99	2960.78	2968.58	2976.39	2984.21	2992.04	3000.0
ELEVATION OF PIPE CENTER	11.00	19.00	23.00	40.00	50.00	50.40	50.72	51.00	52.00	50.50	39.35	40.00	52.50	51.00	44.00	43.00	44.00	64.10	64.10	54.50	55.35	56.12	58.18	63.00	72.00	80.00	86.00	86.00	92.50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
HORIZONTAL ANGLE	IP-16		IP-17-1																		IP-18-1		IP-19		IP-20		IP-21-1								IP-22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

PROFILE

図 3.2-2 パイプライン縦平面図



PLAN



PROFILE

图 3.2-3 No.3 開水路縦平断面图

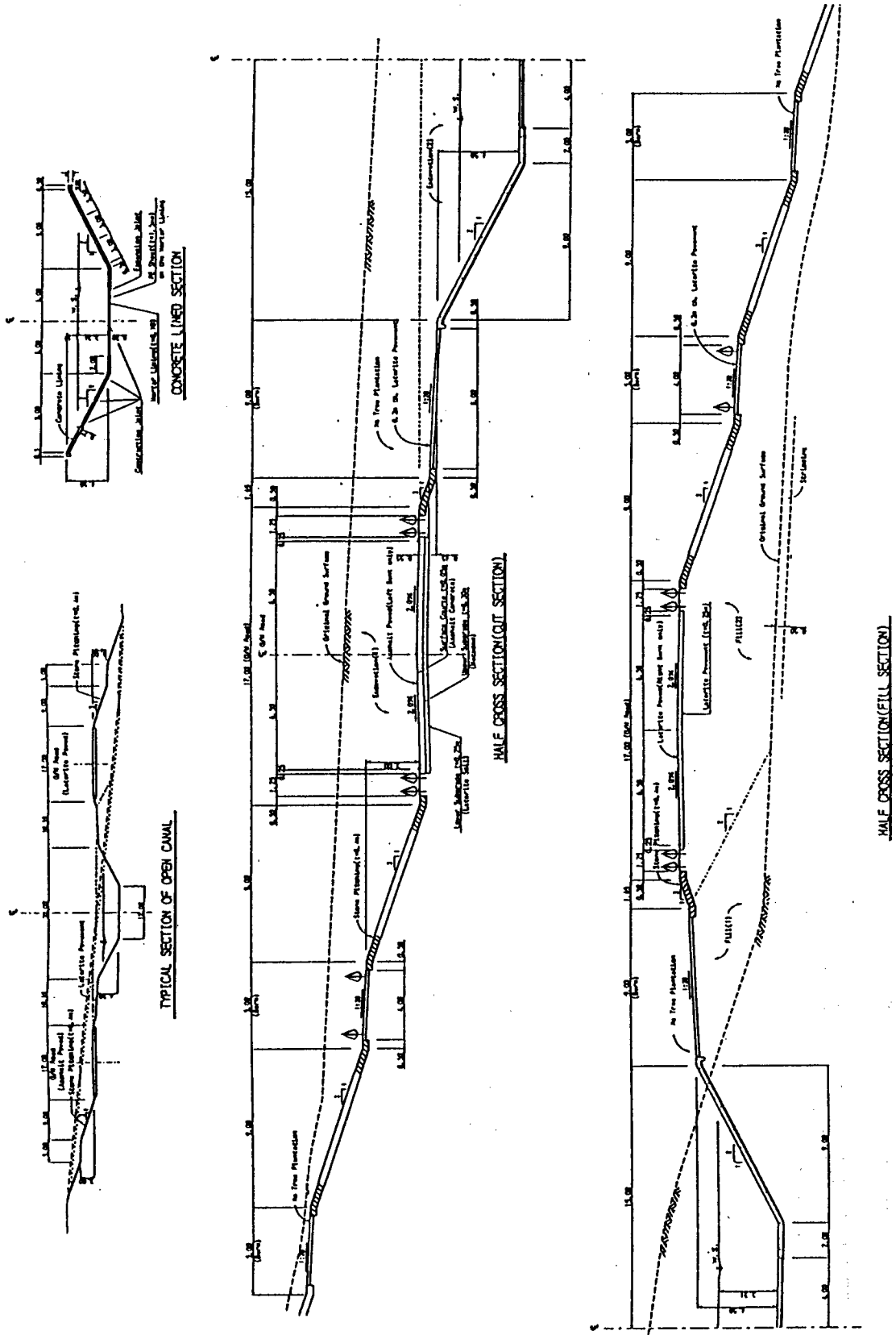


图 3.2-4 開水路工標準断面图

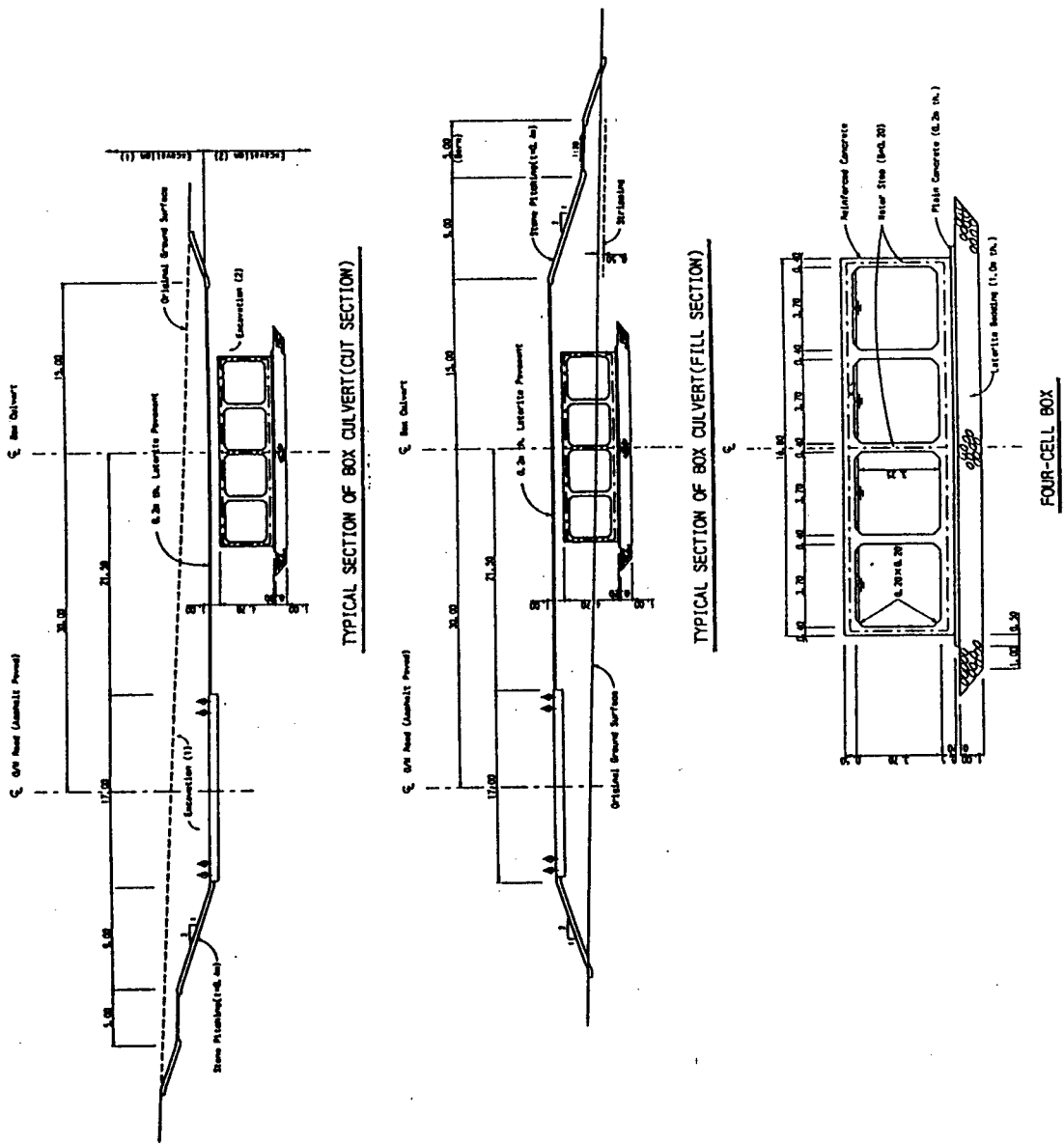
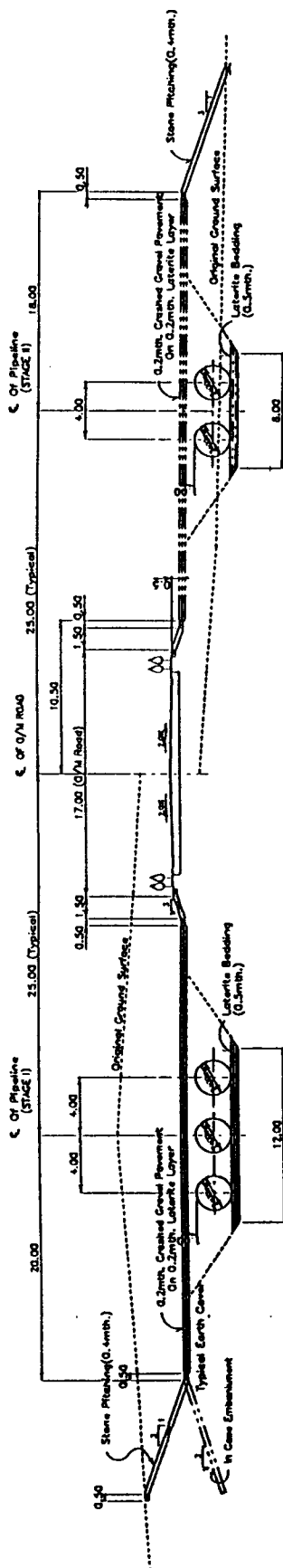


图 3.2-5 暗渠工標準断面图



TYPICAL CROSS SECTION OF PIPELINE

図 3.2-6 パイプライン工標準断面図

第4章 第7ポンプ機場と圧送管路

4.1 ポンプ機場の位置

ポンプ機場の位置の選定は、ポンプ機場のみならず、沈砂池、変電所及び維持管理施設等の建設が可能な広がりを持ち且つ極力移動砂丘等の影響を受けない安定した場所、圧送管路の延長が建設費の軽減を図る観点から極力短くなる位置、地形標高が上水路の水位条件からポンプ機場として適当な高さであること等を考慮し、スエズサイホンから起算して約 109km 地点とした。

4.2 適正なポンプ台数

ポンプの基本設計を適正に行うため、基本となるポンプの適正台数の検討を当該国の基準及び部品交換、利水条件等を勘案し、特に技術的な比較及び経済性の両面から検討した。検討の基本原則として、当該国の機械設備輸入の現状と部品交換、導水路レベルでの用水供給システムの基本、ポンプ予備機の考え方等から、ポンプは等分割とし月別の流量変動に対しては台数及び時間制御で対応すること、及び予備機は実働ポンプ 4 台までに対し 1 台、5 台以上 8 台までに対し 2 台を計画することとした。

比較代替案として、第 1 期及び第 2 期開発計画の設計流量を考慮し、予備機を含めた合計 5 台案から 13 台までの 7 案を検討した。

技術的な検討項目としては、供給すべき用水の期別変化への対応度合、第 1 期及び第 2 期それぞれの用水量に対する適応性、技術的な信頼度等を検討項目とした。又、経済性の比較では、初期投資額の現在価値換算値と電気料金を含む維持管理費を考慮した。

その結果、第 1 期は予備機 1 台を含め 4 台、第 2 期は予備機 1 台を含む 3 台案を最適組み合わせ案として採択した。

4.3 ポンプ形式の選定

ポンプの形式選定にあたり、1 台当たりの設計流量が約 $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、全揚程が概ね 100m であるという水理条件から渦巻ポンプとする。

ポンプの軸形式は、横軸形式のポンプケーシングの製造限界及び電動機の据付高さの制限（エジプトでは原則としてモーターは吸水槽最高水位より上位に設置する）、

キャビテーション性能、ポンプ効率等を総合的に判断し、片吸込縦軸渦巻きポンプとした。

4.4 ポンプ機器の基本設計

ポンプ仕様は、片吸込縦軸渦巻形式に対し、流量の期別変動及び第1期、第2期完了時の連合運転を考慮した適正なポンプ設計仕様点の検討、キャビテーション性能からの経済的なポンプ据付位置の選択、ポンプ機場の形状寸法を決定するため特にポンプのインペラー口径、渦巻き室の形状寸法を理論値、米国の標準及び日本での経験値等から総合的な検討を経て以下の通り仕様を決定した。

ポンプ及び付属機器の概略仕様

仕 様	第1期開発	第2期開発	全 体
1.ポンプ			
－ポンプ口径(mm)	1,900 x 1,500	1,900 x 1,500	1,900 x 1,500
－設計流量 (cu.m./sec/unit)	10.827	10.827	10.827
－全揚程(m)	99.6	99.6	99.6
－回転数	375	375	375
－台数	4	3	7
2.弁類(台数 x 口径)			
－ポンプ制水弁	4 x 1,500	3 x 1,500	7 x 1,500
－緩衝制水弁	4 x 1,500	3 x 1,500	7 x 1,500
－パイプ制水弁	3 x 2,400	2 x 2,400	5 x 2,400
3.天井走行クレーン (台数 x トン)	1 x 100	1 x 100	2 x 100

4.5 電気機器の基本設計

(1) 規格・基準

電気機器の設計、製作は IEC 国際規格を適用する。また、機器製作当該国の規格 (IEC 同等) の適用も考慮する。

(2) 設計条件

(a) 使用条件

電気機器設置場所の周囲条件は次の通り規定する。

- － 最大周囲温度：45°C
- － 最低周囲温度：5°C
- － 最大相対湿度：85%
- － 最大標高：1,000m 以下

(b) 主要電気機器構成

主要電気機器の概要は次の通りである。

- － 主ポンプ電動機
- － 主電動機始動用単巻変圧器（コンドルファー）
- － 主電動機始動盤
- － 励磁装置盤
- － 主ポンプ制御盤
- － 補機制御盤（MCC – Motor Control Center）
- － 中央監視・操作デスク
- － 直流電源装置

(c) 主要電気機器の定格

No.7 ポンプ場に設置予定の主要機器の定格は次の通りである（1期/2期共、共通）。

- － 主ポンプ電動機
電動機形式：交流同期電動機
定格：13MW、11KV、50Hz、375rpm、力率 1.0、F種絶縁
励磁方式：ブラシなし励磁方式
- － 始動用単巻変圧器（コンドルファー）
定格：11KV、3相、50Hz、3分定格
電圧タップ数：80%、65%、50%
- － 主電動機始動盤
定格：11KV、3相、50Hz、1,200A、40KA（遮断電流容量）
- － 補機電動機制御盤（MCC）
定格：380/220V、3相4線、50Hz、50KA（遮断電流容量）
母線電流：400A（主ポンプMCC用）1,200A（共通補機MCC用）
- － 直流電源装置
バッテリー：鉛バッテリー、10時間放電率
バッテリー充電器：3相全波シリコン整流、自動制御方式
入力電源：3相、380V、50Hz
出力：直流 110V

(3) 主ポンプ制御

(a) 操作盤/場所

主ポンプの操作は次の3ヶ所に設置される制御盤で操作可能とする。

- － 機側制御盤/ポンプ室内に設置
- － 主電動機制御盤/ポンプ室隣接サブステーション内に設置
- － 中央監視、操作デスク/上記サブステーション制御室内に設置

(b) 操作モード

ー 手動（個別）操作

主ポンプ及び補機（吐出弁等の操作）はオペレータが個別に操作する。

ー シーケンス（ワンマン制御）操作

オペレータが操作盤上の始動／停止操作スイッチの操作（ワンタッチ）により、主ポンプ始動／停止に関連する補機等はシーケンス制御で自動的に実行される。

(4) 主ポンプユニットの保護システム

主ポンプユニットの保護システムは次の通りとする。

異常状態		
重故障	ポンプ	(1) 吸い込み水槽低水位 (2) ベアリング高温 (3) ベアリングオイルレベル低下
	モーター	(4) 過電流／過負荷 (5) 欠相／逆相 (6) 脱調 (7) 差動リレー動作 (8) 界磁電流異常 (9) 電力供給異常（低電圧、DC 制御電源異常等） (10) ベアリング高温（スラスト／ガイドベアリング）
軽故障	ポンプ	(1) 始動渋滞 (2) ポンプ羽根車上部圧力異常 (3) 冷却水温度高（ベアリングオイルクーラー） (4) ガイドベアリング振動異常
	モーター	(6) 固定子巻線温度高 (7) 冷却水温度高（モーター／ベアリングクーラー） (8) モータークーラー冷却水低水位 (9) 補機異常

注1：重故障、主ポンプ自動停止

注2：軽故障、オペレータが故障内容チェックし、主ポンプ停止の判断をする。

4.6 ポンプ機場の基本設計

(1) 段階開発に伴う第7ポンプ機場の建設方法

当該地区の開発政策の変更に伴い、関連導水施設のうち第7ポンプ機場と付帯沈砂池、圧送管路及び吐出水槽については、第1及び第2期開発別に分離施設として建設したい旨の要望がエジプト政府側からなされた。

特に第7ポンプ機場の建設方法は、各施設完了後の連合運転の可能性、建設技

術の諸問題、維持管理上の必要なスペース、基礎処理の問題点、工事期間中の地下水排除対策等技術的な諸問題と仮設工事費を含む経済性の比較検討を行った。

比較案として、(ア) 統合施設として第 1 期開発において一括施工する案、(イ) 第 1 期分施工後、第 2 期分を合併施工する案、(ウ) 第 1 期分、第 2 期分を完全に分離施工する案の 3 案について検討した結果、その概要は以下の通りである。

- ー 一括施工案は技術的、経済的視点から何ら問題なく最有利案である
- ー 合併施工案は第 1 期施設建設時において第 2 期施設建設時に想定されるパイピング現象及び不同沈下対策施設の先行投資が必要である。経済的には他の案に比べて中庸である。
- ー 分離施工案は技術的には問題ないが建設費が高価である。

以上の結果を踏まえエジプト政府と協議の結果、将来の第 2 期開発地域の開発構想（民間投資・活力による開発）を実現するためにも分離施工案で実施したいとのエジプト政府運営委員会（Project Steering Committee）の結論であった。これを受けて両国政府による協議の結果、実施細則を変更し分離施工案で実施設計を行うこととした。

(2) 機場の形状寸法の決定

当該ポンプ機場の請負契約方式は、機械電気局が従来から実施している方式（ポンプ納入メーカーを先行して選定契約し、そのメーカーが示す機械配置図に基づいて機場の土木設計を行い、入札・契約手続きを経て着手する）とは異なるプロセスを踏むため、機場の形状寸法の決定は慎重に行なった。

前項、4.4 及び 4.5 で述べた基本設計に基づいて、機場の構造上、機能上及び維持管理面を考慮し図 4.6-1 及び図 4.6-2 に示す形状とした。

(3) 機場の基礎処理

機場躯体部分の形状寸法は、 $52.5\text{m} \times 21.5\text{m} = 1,130\text{m}^2$ で、機械荷重を含む全体荷重は概ね 40,000 トンで単位当たり $35 \text{ トン}/\text{m}^2$ である。機場建設予定地点の地質調査結果から代表的な地質柱状図を図 4.6-3 に示した。計画基礎地盤面（ -6.70m ）以深の基礎地盤は、N 値 50 以上の固結した砂地盤層に一部粘土層を含むが基礎地盤支持力の観点からは何ら問題ないものと考えられる。これらの資料から計算された地盤支持力は約 $140 \text{ トン}/\text{m}^2$ で基礎処理の必要性はないものと判断した。

(4) 建築設備

当該ポンプ機場に必要な主建築設備は機場本体の他に隣接して補助変電所及び電気機器類と運転管理室を含むスペースを計画した。これらの建築施設は第 1 期及

び第2期それぞれに計画した。これらの建築規模は下表の通りである。

種 別	第1期開発	第2期開発
ポンプ室	1,440 m ² ..	1,247 m ² ..
電気・操作室	660 m ² ..	561 m ² ..
合 計	2,100 m ² ..	1,808 m ² ..

4.7 圧送管路の基本設計

(1) 圧送管路の水利条件

- ー 設計水位及び内圧：圧送管路の動水圧及び経験則によるポンプ停止時の最大上昇圧力は次式で示される。

$$\begin{aligned} \text{動水圧} &: \text{吐出水位 (92.90m)} + \text{摩擦損失水頭等 (14.78m)} - \text{管中心高 (9.20m)} \\ &= 98.5\text{m (9.9 kg/cm}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\text{最大上昇圧} : \text{動水圧 (9.90)} \times 1.60 = 15.8 \text{ kg/cm}^2$$

- ー ポンプ台数及びパイプ条数：ポンプ台数、管路条数はプログレス・レポート(2)により決定された結果に基づき計画ポンプ運転台数を5台、管路敷設条数を5本とした。
- ー 設計流速の範囲：設計流速の適正な範囲は、管路内面の磨耗、水理特性、ポンプ・管路費用を含む経済性等に配慮して1.5m/s～2.5m/sの範囲とする。

(2) 管種選定と製管技術

(a)管種選定

上述の設計内圧から適用可能な管種は、鋼管 (SP)、ダクタイル鋳鉄管(DCIP)、プレストレス・コンクリート (PCCP)である。このうちエジプト国において製作している PCCP は、その継ぎ手方式が押輪形とみなされ、継ぎ手の水密性能は 9.0 kg/cm² 以下と考えられる。一方、継ぎ手に要求される水密性能は設計内圧 x 2 倍= (11.9～7.8) =23.8～15.6kg/cm² とされるため PCCP の適用は困難と判断した。鋼管とダクタイル鋳鉄管の製品上の優劣はつけ難いことから、施工を含むコスト比較を行った。この結果は下表の通りで、鋼管はエジプト国での製管の場合、輸入による場合、ともにダクタイル鋳鉄管より経済的となるため、鋼管を採用することとした。

(単位：エジプトポンド)

項目	鋼管	ダクタイル鋳鉄管	備考
諸元			
口径	2,400mm	2,400mm	
管厚	22mm	36.5mm	
管長	9.0 m	4.0m	
1 本当重量	11.80t/本	10.08t/本	
1 本当価格	74,500 (20,200)	43,200	輸入は CIF 価格
製管価格	0 (24,800)	0	
塗覆装費	0 (12,600)	0	
運搬・据付費	10,100 (10,100)	2,881	
異形管費等(5%)	4,230 (3,400)	2,293	
1 本当工事費	88,830 (71,100)	48,149	
m 当工事費	9,870 (7,900)	12,037	

注：()内はエジプト国内生産価格を示す

(b) 製管技術

エジプト国の製管技術・能力：エジプト国における数社にわたる鋼管の製作技術、製管能力の調査結果から特に、工場における製管技術向上の必要性、エジプト国での鋼材品質の不規則性、不完全な真円度、製管能力の不足、不完全な現場溶接技術等の諸問題があり鋼管の輸入も視野に入れた検討、予算措置の必要性をエジプト政府と協議済みである。

(c) 製管方法

口径 2,000mm 以上の鋼管の製作方法として、スパイラル方式とベンディング・ロール方式が考えられる。口径 2,400mm の鋼管に対して、スパイラル方式は板厚が 22mm であることからエジプトでの製管は極めて困難である。従って基本的にはベンディング・ロール方式とした。

(3) 鋼管の口径、条数の検討

鋼管の口径、条数の検討は、本パイプラインが損失水頭に比べて実揚程が大きいため適用流速の範囲内において、速い流速側での有利性が考慮されるが、ポンプ設備費、電気料金等を含む総年経費が最小となる組み合わせを選定した。

本検討では、2,000mm x 10 条案 ~ 3,000mm x 4 条案まで 8 のケースの比較検討を行った。その結果を下表に示す。

口径別の経費比較

(単位：100 万ポンド)

代替案	ポンプ機 場工事費 (PU) (1)	管水路 工事費 (PL) (2)	年経費 (PU) (3) = (1) x 0.07823	年経費 (PL) (4) = (2) x 0.06344	電気料金 (5)	年経費 (6 = (3)+ (4) + (5))	順位
2,000- 7	185.68	381.96	14.53	24.23	56.78	95.54	8(104.2)
2,200- 6	184.54	379.81	14.44	24.10	55.20	93.74	4(102.2)
2,400- 6	182.56	432.23	14.28	27.42	52.28	93.98	5(102.5)
2,400- 5	184.26	360.19	14.41	22.85	54.53	91.79	2(100.1)
2,600-5	182.56	443.23	14.28	28.12	52.06	94.46	6(103.0)
2,600-4	184.26	354.59	14.41	22.50	54.81	91.72	1(100.0)
2,800- 4	182.85	412.88	14.30	26.19	52.40	92.89	3(101.3)
3,000- 4	181.71	471.21	14.22	29.89	50.82	94.93	7(103.5)

上表から、最適案として各期別の開発規模（流量）との整合性を考慮して、管口径 2,400mm で第 1 期 3 条、第 2 期 2 条案を採用した。

(4) 塗覆装と管接合方法

(a) パイプライン敷設に係る水質及び土壌条件

今回の地質調査で得たパイプライン建設地点での土壌の比抵抗は 2,000 から 5,000 (Ω -cm)までの範囲にあり管外面に対する何らかの対策が必要である。

土壌の抵抗 (Ω - cm)	
2,000 以下	10 %
2,000～3,000	30 %
3,000～4,000	30 %
4,000～5,000	30 %

一方、通水する水の水質は既存の第 2, 第 3 ポンプ場の上下流及びスエズサイフォン上流の TDS 値は以下の通りである。

採水地点	TDS	採水月
PS,No,2 上流	776	Jul, 98
	1694	Jan, 98
PS,No,3 下流	1752	Jul, 98
	3794	Jan, 98
スエズサイホン上流	1351	Mar, 99

注：TDS：Total dissolved solid, ppm

農業用水としての上限値（概ね 1,500 ppm）を考慮し適切な塗覆装対策が必要である。

(b) 鋼管外面の塗覆装と防食計画

エジプト国における維持管理の状況を考慮し、一般の塗覆装に加えて電気防食を行うこととし、電気防食には外部電源方式と流電陽極方式が一般的であるが、本パイプラインでは、規模が大きいこと、流電陽極方式より経済的とできること等から、外部電源方式を採用し、塗覆装はアスファルト・ビニロン・クロスとする。

(c) 鋼管内面の塗覆装

パイプラインを流下するかんがい用水は、上述のように高い塩分濃度が予測されるため十分な検討が必要である。本パイプラインでは、さらに、ジョイント部の塗覆装や施工時内面の損傷の補修等を考慮して、鋼管布設後におけるモルタル・ライニングの一括施工を計画する。尚、モルタル・ライニングは鋼管のタワミ（3%以下）や施工時の温度、湿度の制限があるため、タール・エポキシ樹脂塗装を代案として詳細な検討を行い、結論としてモルタルライニングとした。

(d) 溶接・接合

鋼管の接合は、内外圧に対する安全性、経済性から、一般的に多用される溶接接合を行う。本パイプラインでは、施工時間の短縮、溶接品質の確保及び均一性から自動または、半自動溶接を計画する。尚、これらに要する溶接設備、技術については先進国からの技術の導入を図る必要がある。

4.8 ウォーターハンマー対策

当該ポンプ設備の水理条件及び施設規模は極めて大型であり、ポンプ設計のみならず圧送管路の設計は慎重且つ綿密な検討が必要である。管水路の現場での路線選定を開始する前に既往の地形図に基づいて縦断形状を慎重に検討しダウンサージ対策を検討した。しかしながら現地の地形条件と移動砂丘の挙動及び管水路延長を可能な限り短絡化する事等を考慮した結果、最終的に選定された路線において、2カ所の負圧対策が必要となった。

ポンプ系のウォーターハンマー対策として、アップサージに対するポンプ及び管水路の安全対策及びダウンサージに対する管水路の負圧対策が必要である。

昇圧対策：大容量かつ高揚程におけるアップサージに対するポンプ及び管水路の安全対策は、後述する負圧対策による併用効果が大きいが、緩閉逆止弁や主吐出弁を水圧又は油圧による自動緩閉とする方式が適用される。本対策では、主吐出弁を油圧駆動によりその閉扉時間を操作して昇圧

を制限し、且つ、水頭損失の小さい油圧駆動蝶型弁を採用する。

負圧対策；高揚程、大容量、長距離の管水路における主要負圧対策は、地形条件からほぼワンウェーサージタンク方式に限定され、数種のケーススタディー（無対策を含め6ケース）を行った。この結果は図 4.8-1 及び図 4.8-2 に示すとおり、路線上の2ヶ所の鞍部にワンウェーサージタンクを設けることにより、負圧を0mとすることができた。下表にワンウェーサージタンクの主要諸元を示す。

ワンウェーサージタンクの主要諸元

位 置	No.1 タンク (PS より 1.4km 下流)	No.2 タンク (PS より 5.78km 下流)
容量		
水面積	60m ²	5 m ²
必要容量	240 m ²	10 m ²
水位 (HWL)	56.00 m	68.00
(LWL)	52.00 m	66.00
計画容量	5.0 x 14.0 x 4.0 = 280 m ³	2.0 x 4.0 x 2.0 = 16 m ³
接続管	φ 1.00m x 2 条	φ 0.70m x 2 条

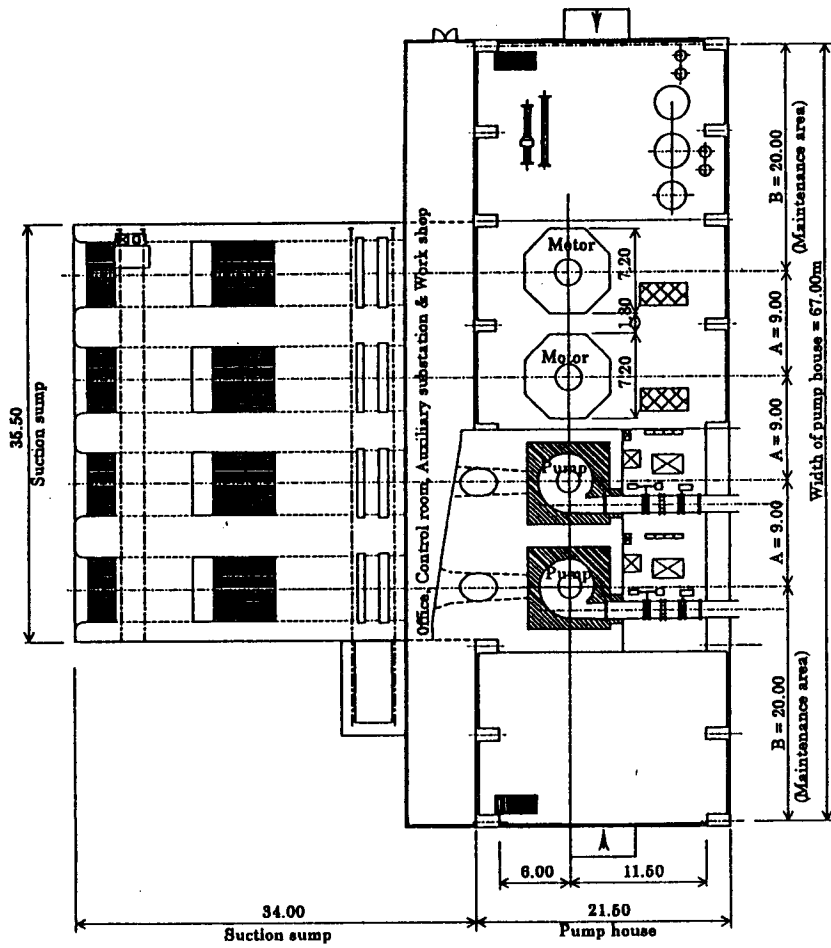


図 4.6-1 第 1 期ポンプ機場平面図

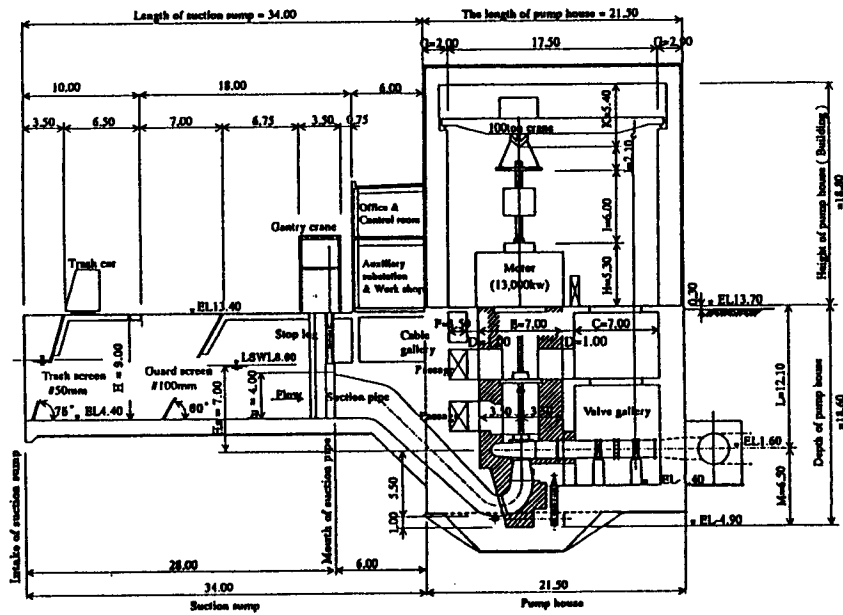


図 4.6-2 第 1 期ポンプ機場断面図

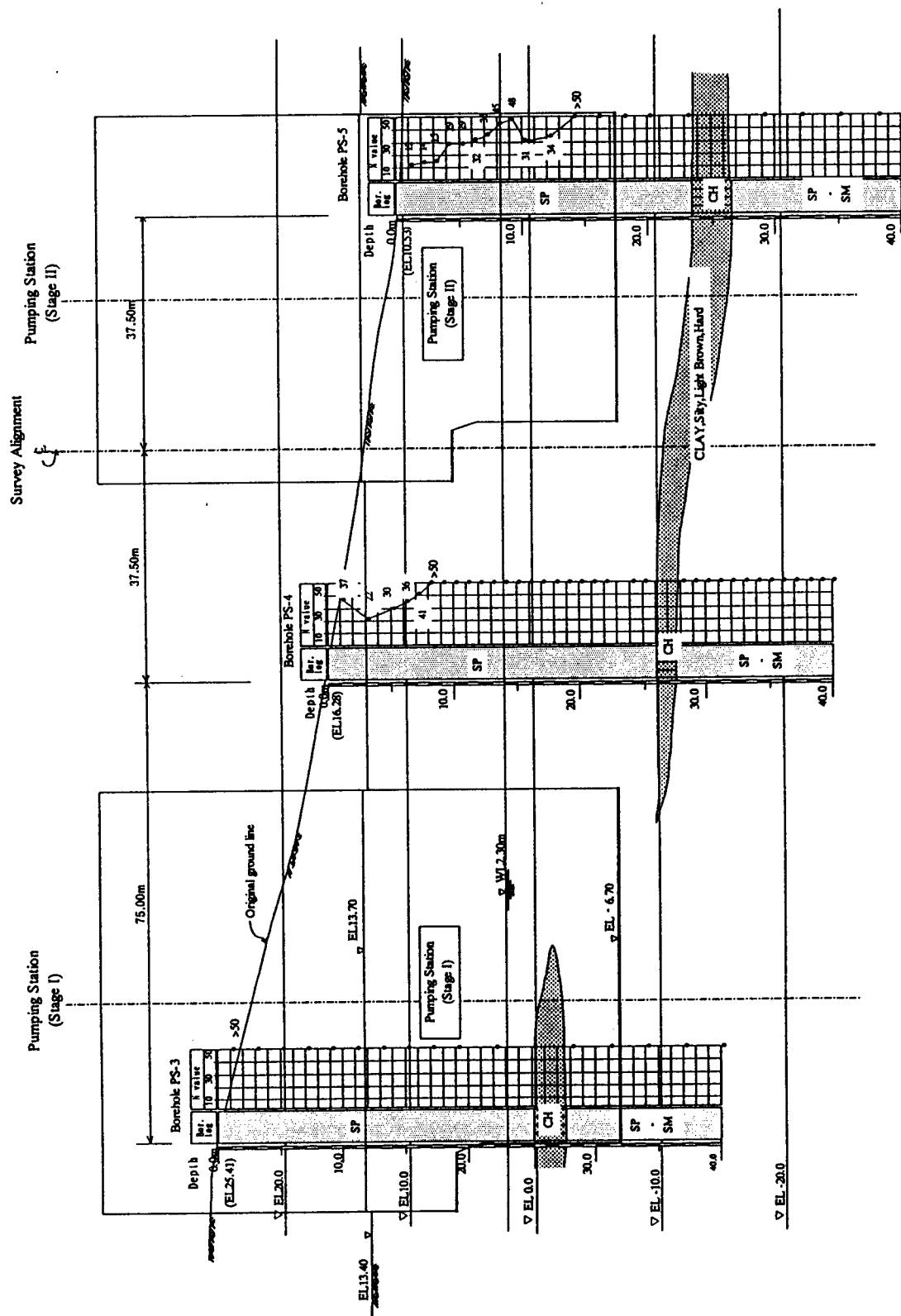


図 4.6-3 ポンプ機場地質柱状図

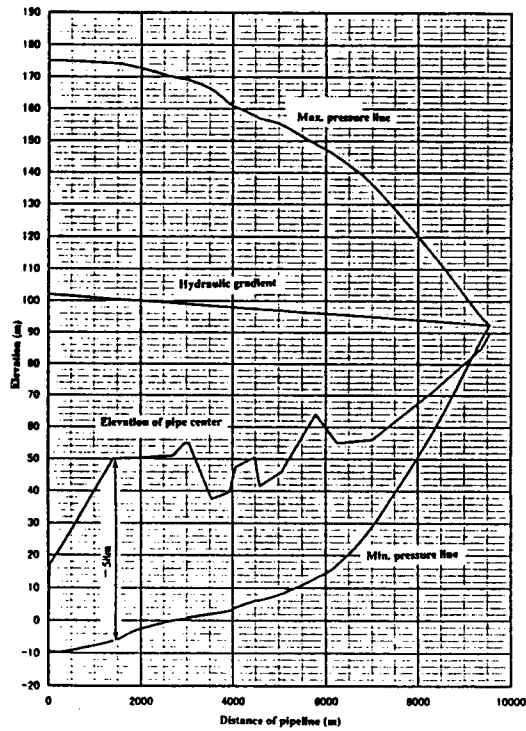


図 4.7-1 水撃圧検討結果（無対策）

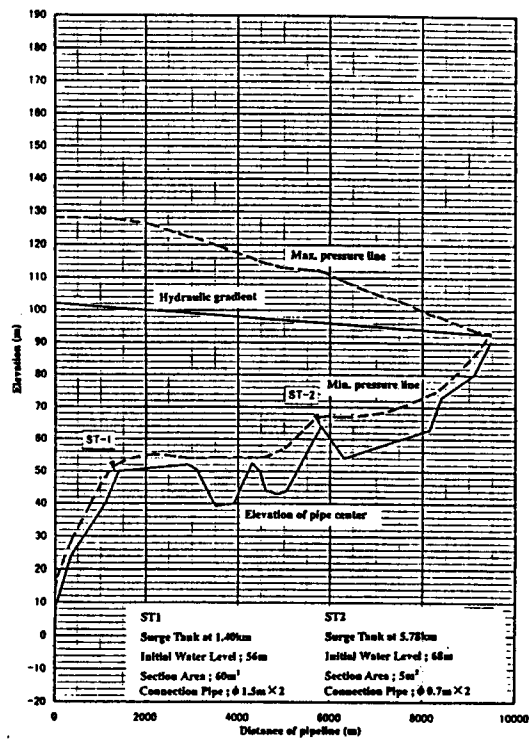


図 4.7-2 水撃圧検討結果（サージタンク：2カ所）

第5章 電力供給

5.1 電力供給施設と実施機関

本プロジェクト用の電力は第7ポンプ場から北西に約35km離れたエル-アブド変電所及びエルアリッシュ変電所から66kV送電線4回線（本線+予備線）を経由して供給される。

上記電力は第7ポンプ場に隣接して設置される主変電所で11kVに降圧され各ポンプ棟建物内に設置される補助変電所に地中ケーブルで配電される。

電力供給施設は大別して次の4項目から構成される。

- 1) 66 kV 送電線路
- 2) 66 kV 主変電所
- 3) 11 kV 地中配電線路
- 4) 11 kV 補助変電所

66 kV 送電線路は電力事業庁の傘下にある REA (Rural Electrification Authority) により設計、入札、工事、運営などすべてが実施される。工事实施時期、運用開始時期、送電容量など必要な事項は MED から REA に要請し協議の上決定される。

66 kV 主変電所の技術的要求事項を盛り込んだ基本設計図書は MED で作成し、REA に提示して主変電所の詳細設計、入札、工事、運営を REA に要請する。

- － 変電所用地は MED で用意する。
- － MED は REA 算出による建設費の一部を分担する。
- － REA は主変電所運転開始後もこれに関するすべての運営管理を行う。
- － 11 kV 補助変電所は2個所のポンプ場にそれぞれ設置される。
- － 補助変電所の設計、入札、工事、運営はすべて MED により実施される。
- － 各ポンプ場での需要電力料金は各 11 kV 引込線に設置した電力量計で計量し月毎に清算する。

5.2 需要電力量

66 kV から 11 kV に降圧する主変圧器の単器容量は REA の基準により最大 25 MVA に規定されている。一方、主ポンプモータの容量は 13,000 kW でその起動容量は約 33 MVA となる。従って、ポンプを起動するには少なくとも 2 台の変圧器による並列運転が必要となる。主ポンプモータの起動条件を考慮すると 25 MVA 変圧器 2 台の並列運転で 3 台のポンプが運転可能である。すなはち、ポンプ補機、建物付属設備（照

明，コンセント，換気機器）など低圧負荷が通常状態で稼働中にポンプを一台ずつ順次起動し，3台を全負荷運転にすることが可能である。

通常運転時の最大需要電力は次表に示す通り，第1期で40 MW，第2期で27 MWと予想される。いずれも主ポンプの稼働率が100%であり，かつ他の負荷容量の全体に対する比率が非常に小さいため全体の需要率はほぼ100%となる。

各ポンプ場接続負荷表

負荷名称	使用電圧	ポンプ場-1		ポンプ場-2	
		数量	容量 (kW)	数量	容量 (kW)
主ポンプモータ	11 kV	3台	39,000	2台	26,000
ポンプ補機	380 V	1式	946	1式	935
建物照明，コンセント等	220 V	1式	250	1式	200
道路，外構照明等	220 V	1式	250	1式	200
合計			40,446		27,335

5.3 変電所基本設計

(1) 主変電所

第1期における主変電所は66 kV受電装置4組，変圧器用分岐装置4組および25 MVA変圧器4台で構成される。ポンプ3台の全負荷運転は25 MVA変圧器の並列運転で可能であるが，故障時の復旧作業が相当長期になるものと予想されるので予備変圧器として2台設置する。変電所は塩害および砂塵による機器の汚損，損傷を防ぎ，機器寿命の延長，経済性などを考慮して屋内開放型とした。

66 kV電力引込線はREAにより敷地内に建設予定の送電線端末鉄塔から架空線で変電所建物の側壁に取り込み，建物内の天井部分を開放母線で配電する。接地方式はメッシュ方式とし敷地内および敷地境界に設置される塀の外側(1m)に渡り約25mのグリッドで地中2mに埋設する。

第2期においては，ポンプ2台の運転用として変圧器用分岐装置4組および25 MVA変圧器4台(内2台は予備)を増設する。66 kV遮断器はSF6ガス遮断器，断路器，接地スイッチは気中開閉型，変圧器は屋外型油入自冷式(換気装置付)を採用する。

下記図面に概要を図示する。

図面 DS-01 主変電所単線結線図(第1期)

図面 DS-02 主変電所機器配置図(第1期)

図面 DS-10 主変電所増設工事単線結線図(第2期)

図面 DS-11 主変電所増設工事機器配置図(第2期)

(2) 補助変電所

主ポンプ，ポンプ補機およびポンプ場電気施設に電力を供給するため各ポンプ場に補助変電所を設置する。補助変電所は屋内型キュービクル式とし，11 kV 受電盤，11 kV 二重母線，主モータ分岐盤および所内変圧器盤から構成され主モータ室内に設置する。

11 kV 遮断器は真空遮断器（VCB），所内変圧器は火災予防を考慮し乾式またはモールド型を使用する。接地はポンプ場構造物の最下階床の鉄筋を接地極として利用する方式とする。それと同時に建物の周囲に接地導体を埋設し，構造体と電氣的に接続して周辺地盤の電位上昇による障害を防止する。

下記図面に概要を図示する。

図面 DS-06 補助変電所単線結線図（第1期）

図面 DS-07 補助変電所盤構成図（第1期）

図面 DS-13 補助変電所単線結線図（第2期）

図面 DS-14 補助変電所盤構成図（第2期）

5.4 建築設備

各期別開発の変電所及び管理室の建築設備規模は以下の通りである。

建築設備	第1期開発	第2期開発
主変電所	1,344 m ²	1,344 m ²
同管理室	576 m ²	576 m ²
計	1,920 m ²	1,920 m ²

第6章 進入道路

6.1 設計の基準

(1) 設計速度

NSDO と協議の結果、地形等の条件を考慮して可能な限り「設計速度」は 100 km/hr とする。路線選定の結果、設計速度は次のように決定した。

道路名	設計速度	理由
No.1	80 km/hr	道路延長が 1.05 km と短い。
No.2	60 km/hr	地形条件が厳しい。
No.3	100 km/hr	制限条件がない。

(2) 道路幅員

NSDO と協議の結果、進入道路の幅員は次の通りとした。

車道	2車線 x 4.0 m = 8.0 m
路肩	2箇所 x 2.5 m = 5.0 m
保護路肩	2箇所 x 0.5 m = 1.0 m
道路幅員	14.0 m

6.2 路線計画

(1) No.1 進入道路

No.1 進入道路は、国道から導水路・暗渠区間の始点付近に連絡する。この国道から既設の村道を改修して維持管理用道路とする。

(2) No.2 進入道路

No.2 進入道路は、国道から導水路・暗渠区間の終点付近に連絡する。この区間には既設道路はなく砂丘地帯であるため、可能な限り砂丘を避けて路線を選定した。その結果、低く小さい砂丘を 5 箇所及び低地を 4 箇所横断することとなった。道路の曲線半径は 200 m ~ 1,000 m で NSDO と協議の結果、設計速度は 60 km/hr とした。

(3) No.3 進入道路

No.3 進入道路は、国道から No.7 ポンプ機場に連絡する。国道から 500 m 区間はアスファルト舗装の既設村道を改修して進入道路とする。既設村道からポンプ機場までは、砂丘地帯であるため可能な限り砂丘を避けて路線を選定した。始点から 3.5 km 地点より No.7 ポンプ機場区間は、高い砂丘を横断しなければならないため、北西に迂回して No.7 ポンプ機場の上流約 1.0 km 地点の導水路・左岸維持管理用道

路に連絡した。

6.3 進入道路の基本設計

進入道路の基本設計の結果、主要諸元は次の通りである。

主 要 諸 元	No.1	No.2	No.3
設 計 速 度	80 km/hr	60 km/hr	100 km/hr
道 路 延 長	1,046 m	2,838 m	5,103 m
道 路 幅 員	14.0 m	14.0 m	14.0 m
最小曲線半径	700 m	200 m	600 m
最大縦断勾配	1.78 %	6.73 %	3.35 %
最大盛土高	4.5 m	14.0 m	11.4 m
最大切土高	0.3 m	10.5 m	2.0 m