

表 2-2-6 日ボ友好橋地点における月最高水位の発生日（単位:m）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2004	1/22	2/18	3/18	4/16	5/25	6/9	9/7	8/1	9/21	10/25	11/18	12/30
2005	1/10	2/11	3/13	4/3	5/30	6/14	7/1	8/31	9/12	10/29	11/5	12/20
2006	1/1	2/24	3/29	4/6	5/20	6/10	7/15	8/4	9/29	10/15	11/7	12/30
2007	1/31	2/5	3/11	4/13	5/7	6/27	7/10	8/28	9/17	10/7	11/24	12/9
2008	1/23	2/28	3/11	4/30	5/29	6/13	7/31	8/2	9/26	10/5	11/6	12/25
平均	1/22	2/18	3/18	4/16	5/25	6/9	9/7	8/1	9/21	10/25	11/18	12/30

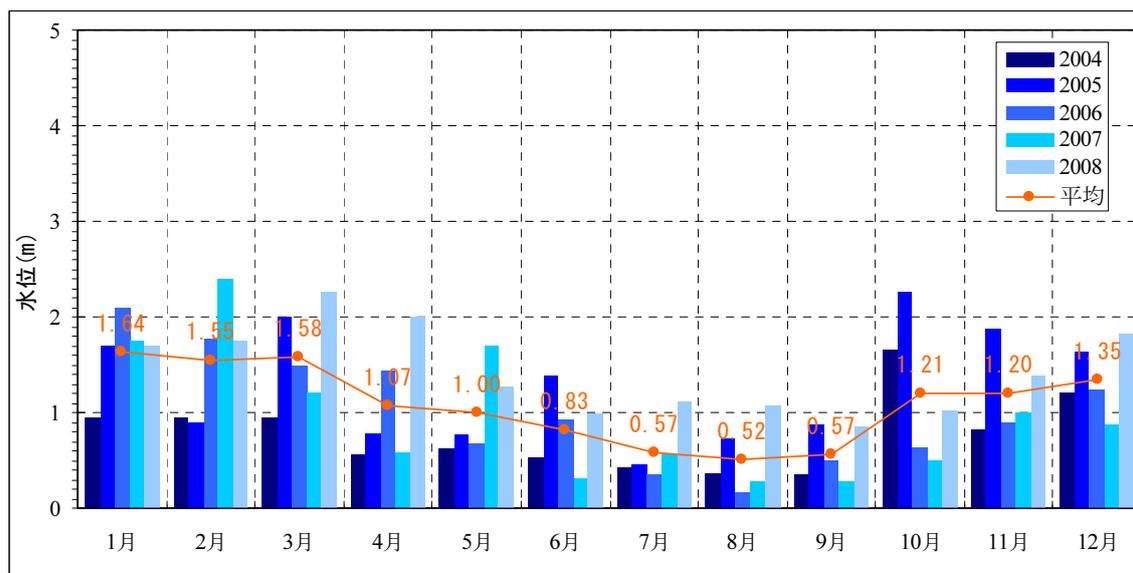


図 2-2-6 日ボ友好橋地点における月最高水位（単位:m）

2-2-2-3 地 形

2008年洪水で変化した河道と、応急対策工の設置状況を詳細に把握するため地形測量を行った。

地形測量として日ボ友好橋左岸 300m、幅 100m について平面地形測量 30,000m²、道路横断測量 20m ピッチ 2,000m を実施した。

また河川測量として日ボ友好橋からピライ川上流 2km から下流 1km までの範囲の河道幅約 800m について、平面測量 2.37km²、横断測量 7 測点 5,600m を実施した。

表 2-2-7 地形測量項目・位置・数量

種 別	縮 尺・仕 様	実施地点	単 位	数 量 (面積、横断幅の合計)
地形測量	<ul style="list-style-type: none"> 平面地形測量(縮尺:S=1/500) 日ボ友好橋左岸側の現道(国道4号線) (左岸橋台端部からボルタチェロ側へ長さ 300m、現道中心から左右各 50m) 	現道沿い および ピライ川	m ²	30,000
	<ul style="list-style-type: none"> 道路横断測量(縮尺:V=1/100) 現道(国道4号線) 測量間隔:測点 20m ピッチ、 測量幅:中心線左右各 50m 幅 		m	2,000

表 2-2-8 河川測量項目・位置・数量

種別	縮尺・仕様	実施地点	単位	数量 (面積、横断幅の合計)
河川測量	<ul style="list-style-type: none"> 平面測量 ピライ川(縮尺:S=1/1000) 平均幅 800m、橋梁から下流 1.0km、上流 2km、計 3km 道路平面測量で重複する範囲を除く 重複範囲は、幅 100m、延長 300m 	ピライ川	km ²	2.37
	<ul style="list-style-type: none"> 河川横断測量 ピライ川(縮尺:V=1/100,H=1/200) 橋梁中心地点 橋梁から下流、50m 地点、300m 地点、960m 地点 橋梁から上流、50m 地点、1km 地点、2km 地点 計 7 測線、平均幅 800m 		m	5,600

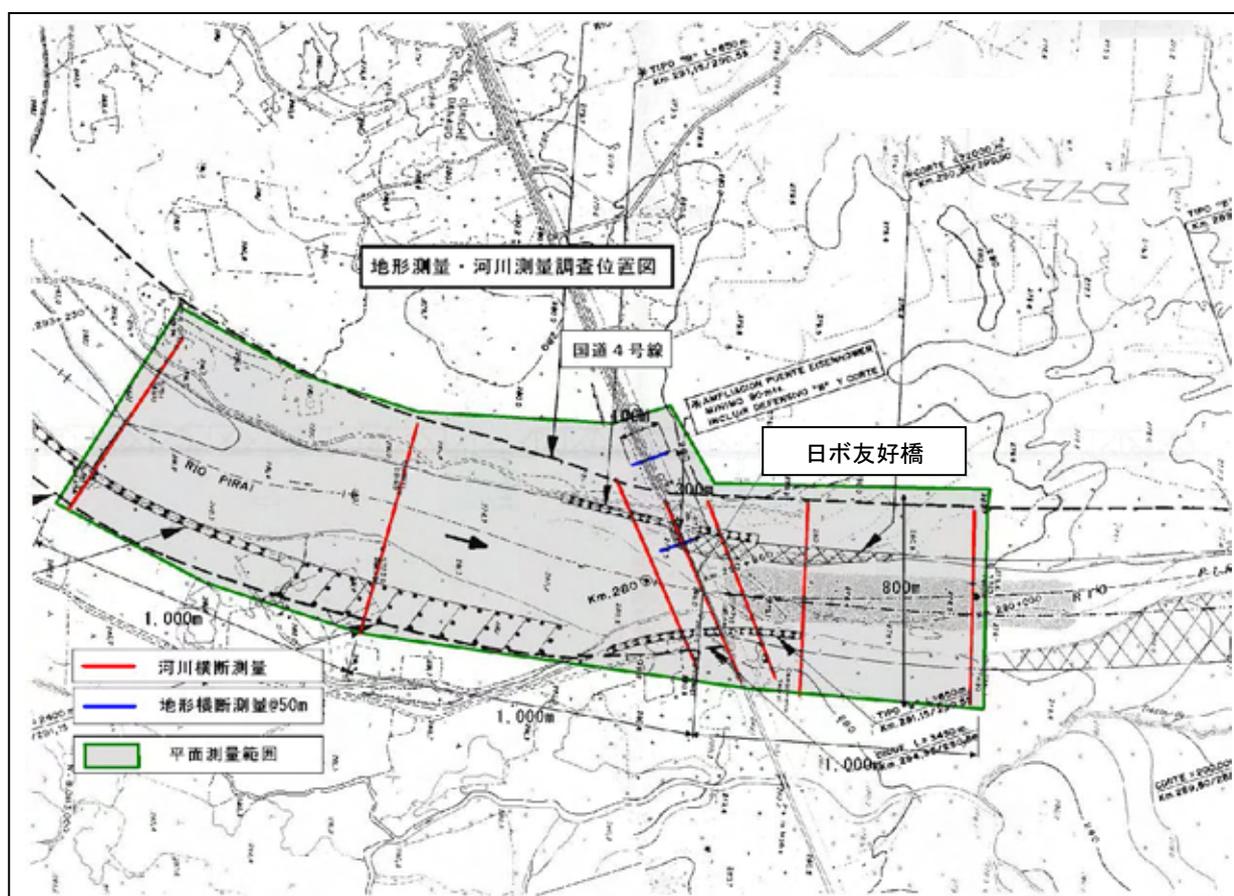


図 2-2-7 地形測量位置図

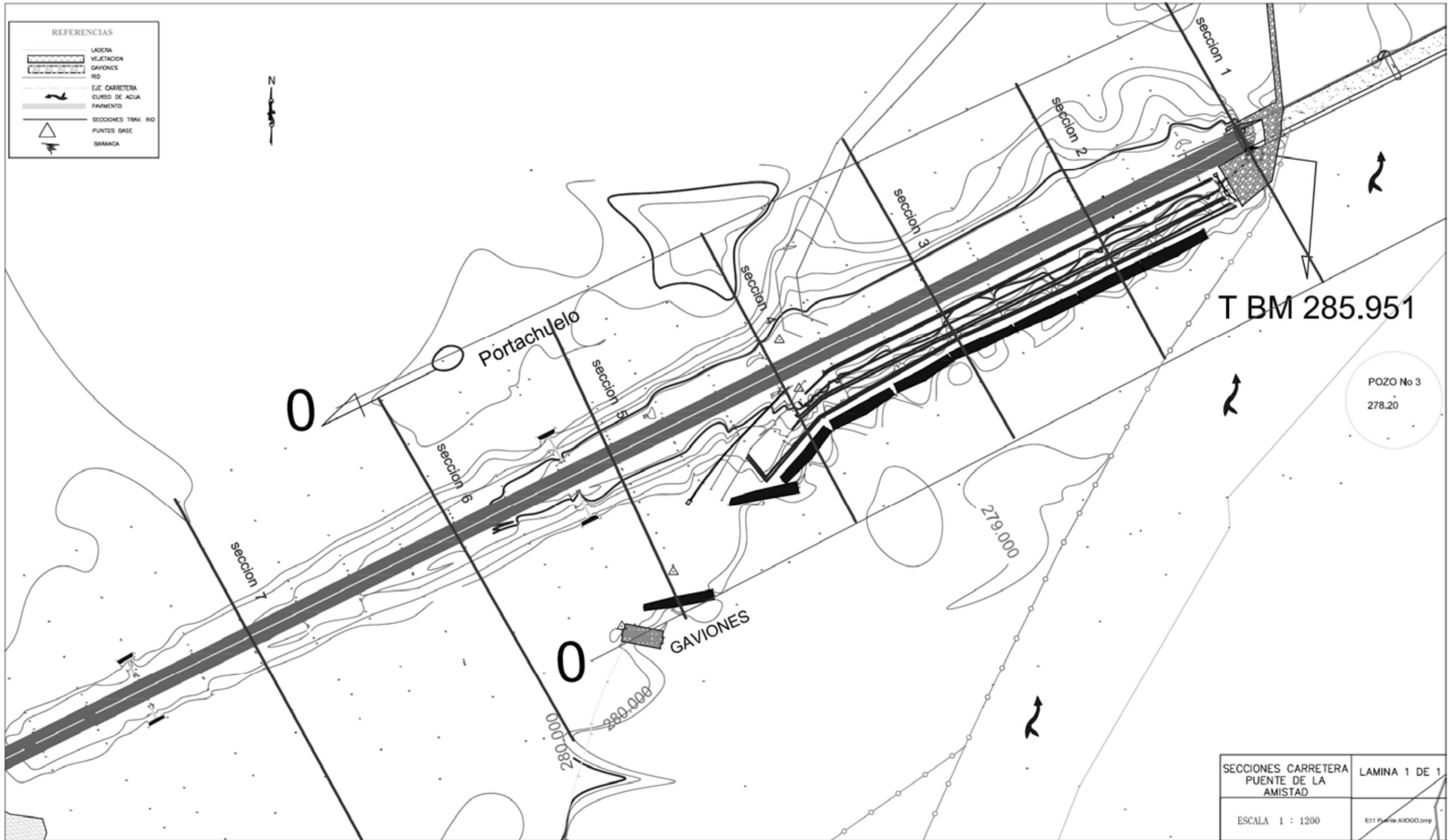


图 2-2-8 地形測量結果(1)



图 2-2-9 地形測量結果(2)



圖 2-2-10 地形測量結果(3)

2-2-2-4 地 質

(1) 概 要

プロジェクト地域はアンデス山脈とその外縁山地の東方に広がる広大な沖積低地（地質名称：地溝帯 Graven）に位置しており、リオ・グランデ川にかけて幅数 10km の大平原が続いている。アンデス山脈及び外縁山地は地殻上昇地域で、相対的に当プロジェクト流域は地殻の下降地域に相当する。地質構造応力は西から東に向かい、沖積低地も東方へ進展している。それゆえリオ・グランデ川も東方へ移動している。調査地域の地形形態は、ピライ川とリオ・グランデ川にはさまれた扇状地である。

(2) 地質調査結果

(a) 河道踏査

- 友好橋上流 6km、下流 1km にかけて踏査、流路方向、洗掘、堆砂状況を調査。
- 上流 2km 右岸に長さ 300m 高さ 3・5m の洗掘崖がありそこから川道が西側へ湾曲、流路が左岸アバット西側に向くようになっている。
- 相対的に右岸アバット側は堆砂傾向が認められた。
- 河川の表層の土質は均質な細砂からなる。

(b) ボーリング

洗掘対象の土質、その深度の確認を主目的として、計 3 本のボーリング（左岸アバット、左岸上流 1km、右岸上流 2km）を実施した。

その結果を以下に要約する。

- ボーリング No.1 においては、架橋地点から上流 1km 以上に位置し、地層の堆積環境が異なることが想定され、明確なシルト層が確認できない。深度 4.90m まで、ルーズな細砂、4.90m から 8.00m までは細砂混じりのシルトで、8.00m 以下、9.00m まではシルト（砂分を含まない）、それ以深は相対的に密度の大きい細砂である。深度 4.90m までの細砂はルーズであり、また、深度 4.90m から 8.00m までの細砂混じりシルトは N 値が 5 と小さく軟弱であるとともに、深度 8.00m から N 値が増大していることから、洗掘対象と推定した。
- ボーリング No.2 においては、深度 8.50m までのルーズな細砂層が洗掘対象である。
- ボーリング No.3 においては、深度 7.10m までの細砂層がルーズであり洗掘の対象と判定される。

表 2-2-9 ボーリング結果（洗掘深度）

位 置	地盤標高(m)	非洗掘シルト標高(m)	洗掘深度(m)
ボーリング No.1（上流 2km、右岸）	280.60	272.60	8.0
ボーリング No.2（上流 1km、左岸）	280.40	271.90	8.5
ボーリング No.3（左岸アバット付近）	277.20	270.10	7.1

今回のボーリング及び過去に SEARPI により実施された調査によると、砂層の下には粘性層が存在している。砂層と粘性層境界の高さ、すなわち砂層下層の高さの縦断変化を図 2-2-11 に示す。洗掘は砂層内にとどまると考えられる。

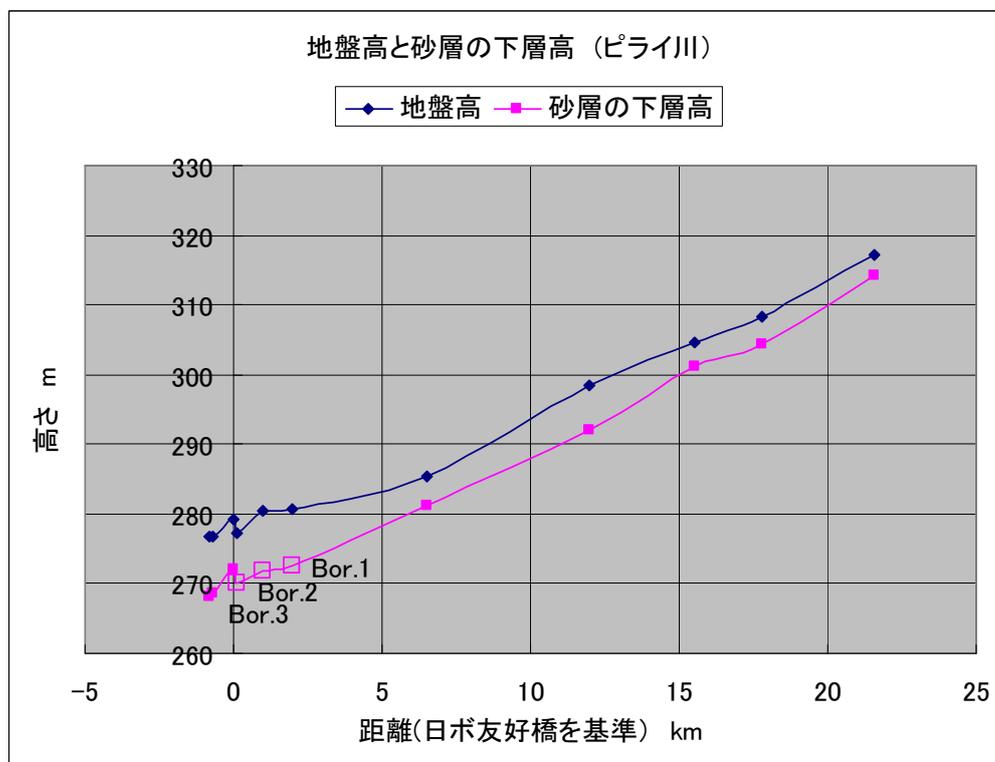


図 2-2-11 地盤高及び砂層の下層高の縦断分布

(c) 土質試験

全部で21個の砂層のサンプルを採取、粒度分析試験を行った。その結果。砂層の平均粒径は、0.2mmである。

表 2-2-10 土質試験結果 (砂層の平均粒径)

ボーリング No.1		ボーリング No.2		ボーリング No.3	
深度(m)	平均粒径(mm)	深度(m)	平均粒径(mm)	深度(m)	平均粒径(mm)
0.0 - 2.1	0.20	0.0 - 1.1	0.20	0.0 - 1.8	0.20
2.1 - 4.3	0.20	1.1 - 2.3	0.20	1.8 - 3.2	0.15
9.0 - 11.7	0.20	2.3 - 4.2	0.15	6.0 - 7.1	0.50
13.9 - 15.1	0.15	4.2 - 5.5	0.20	8.1 - 8.6	0.15
		5.5 - 6.9	0.15	8.6 - 9.5	0.15
		7.1 - 8.5	0.20	9.7 - 10.6	0.15
		12.3 - 13.3	0.20	13.3 - 14.0	0.20
		13.5 - 14.8	0.20		
		14.8 - 15.8	0.20		
		15.8 - 16.3	0.20		

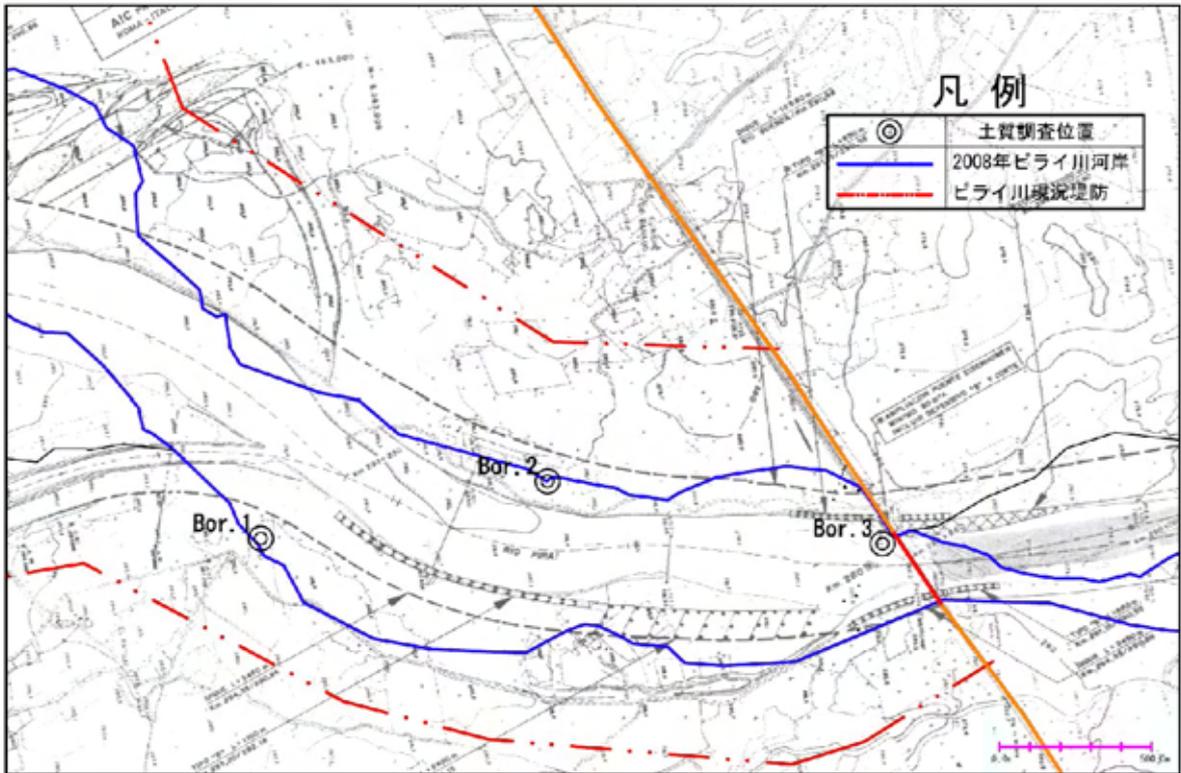


図 2-2-12 土質調査位置

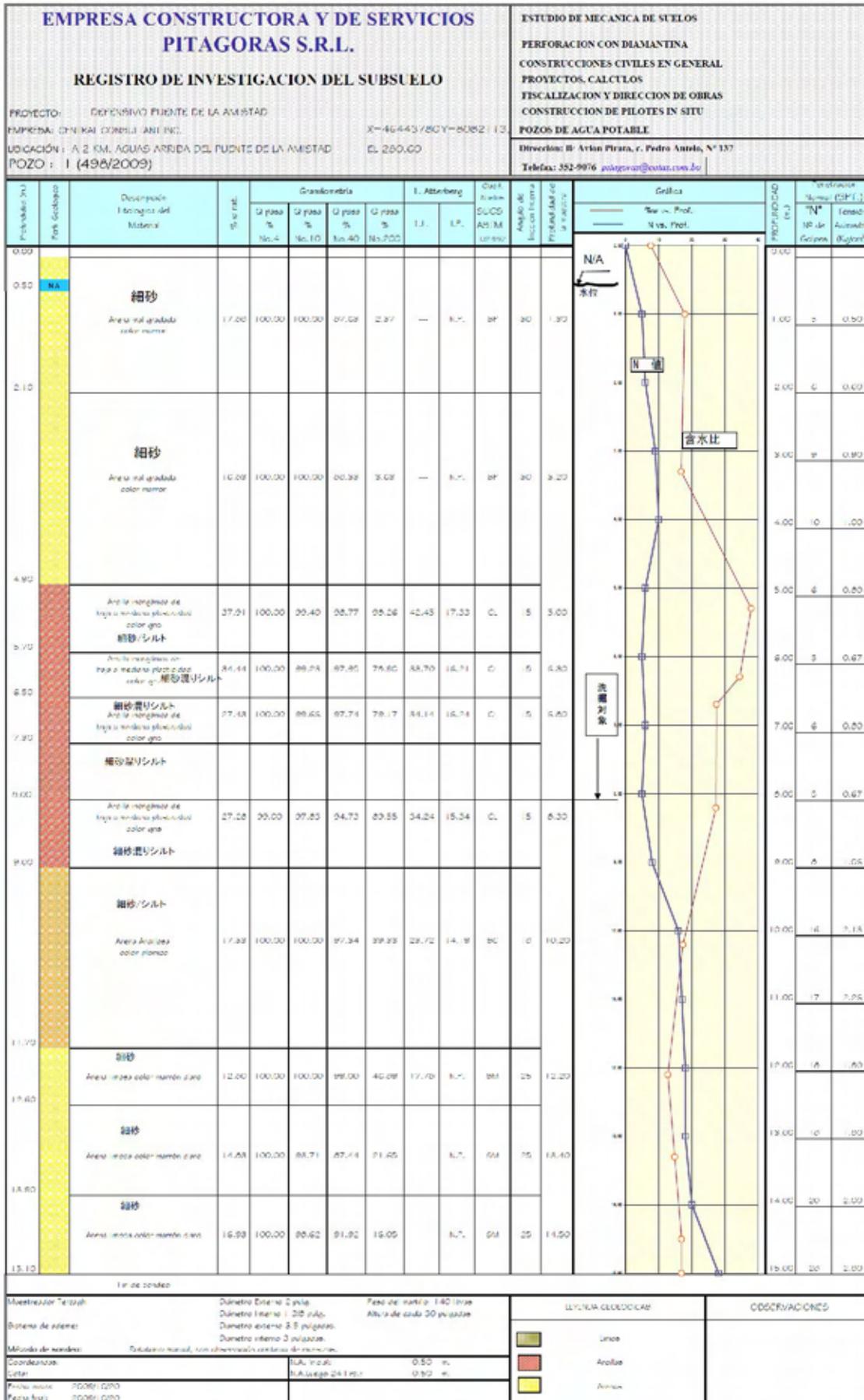


図 2-2-13 土質柱状図 (No.1)

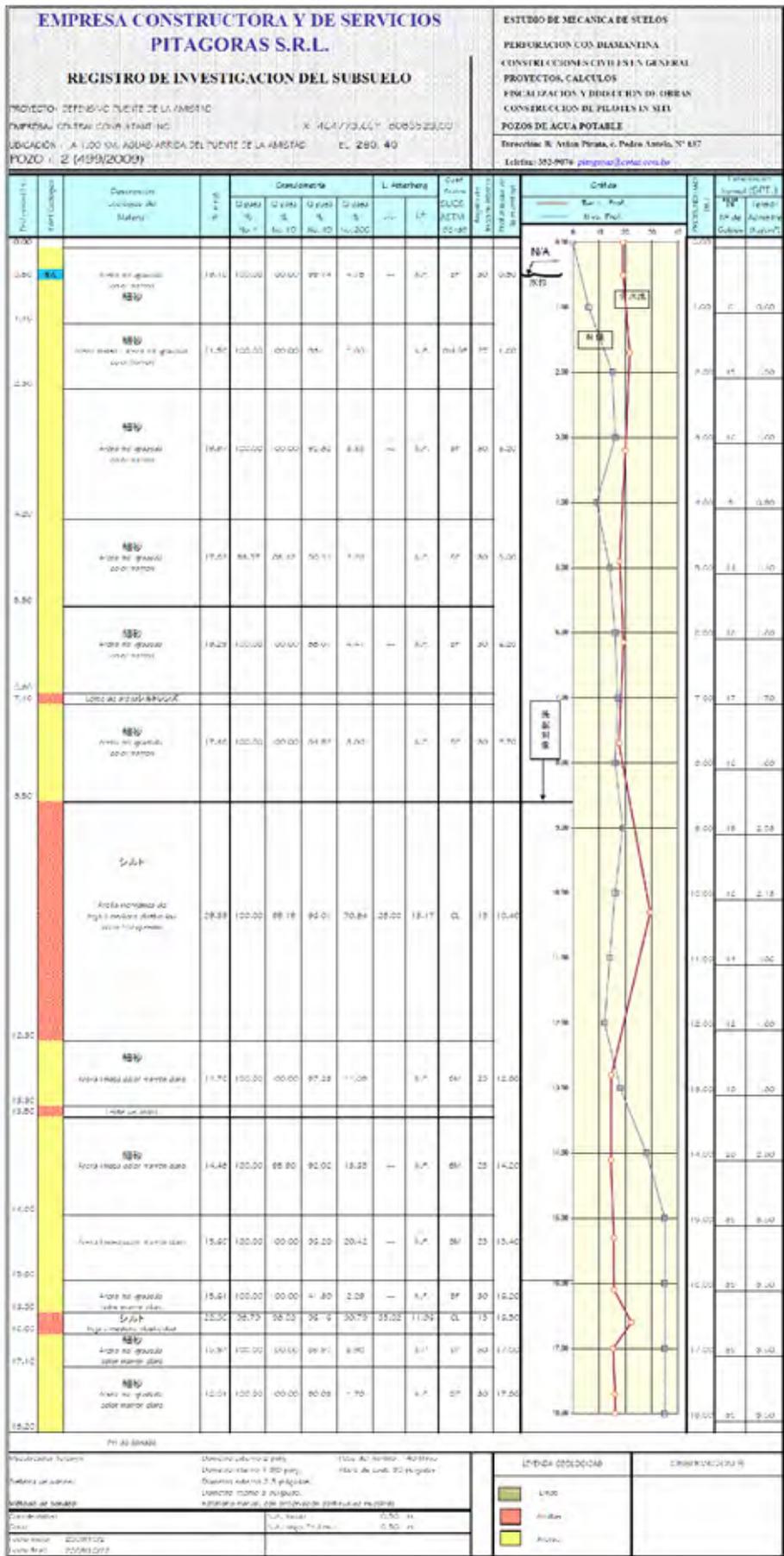


图 2-2-14 土質柱状図 (No.2)

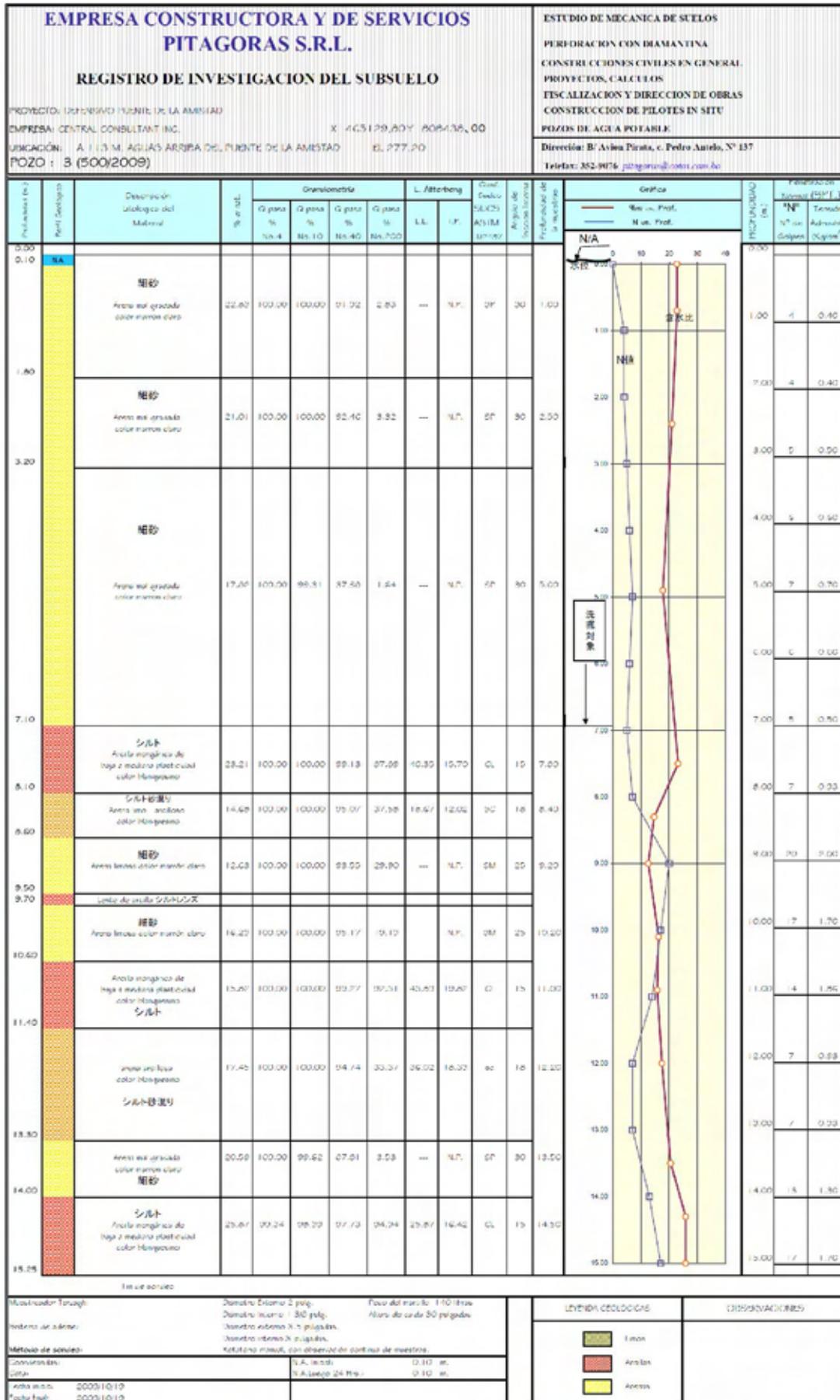


図 2-2-15 土質柱状図 (No.3)

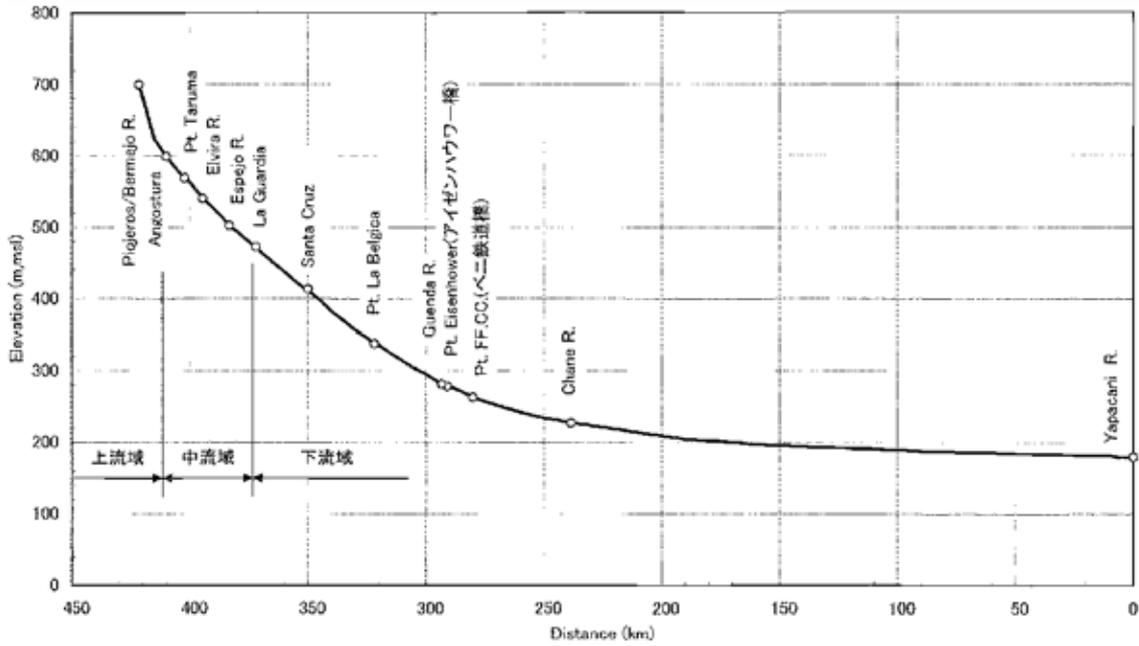


図 2-2-17 プライ川縦断図 (資料：アイゼンハウアー橋予備調査報告書)

自由水面を持った移動床には、流れの水理量変化に応じて種々の河床波が発生する。河床波の形および大きさは、流れの抵抗と密接な関係がある。河床波の特徴と定義を下表に示す。流水と河床波の状態は現地及び実験室のデータから、粒径ごとに整理されている。プライ川における流水と河床波の関係を把握するため、以下のパラメータを計算した。

摩擦速度 $u_* = (gHI)^{0.5}$
 無次元掃流力 $\tau_* = u_*^2 / (sgd) = HI / (sd)$
 流速係数 $\phi = v_m / u_* = HI / 6 / (ng^{1/2})$
 水深粒径比 H/d

表 2-2-11 河床波の特徴と定義 (資料：構造沖積河川学)

河床形態	形状・流れのパターン		移動方向	河床波の特性	
	縦断面図	平面図			
小規模河床形態	砂 礫		直線状	下 流	河床波の移動速度は、流水の速度よりも小さい。砂礫の波長は河床材料の粒径の約500~1500倍である。
	砂 礫		白根状 三日月状 香 状		
	遷移河床				河床波の上流側斜面は、通常勾配の急な下流側斜面に比べると緩やかに傾斜している。砂礫の波長は水深の約4~10倍である。
高水鏡領域	平坦河床				発達の初期段階にある小さな砂礫と砂礫が平坦河床の裏に広がっている。
	反砂礫			上 流 下 流	多量の流砂が平坦な河床上を流れている。
中規模河床形態	交互砂洲			停 止 下 流	河床波と同位相の水波状と強い相互干渉を持つ河床波。
	複列砂洲			下 流	水流は水路内を曲がりくねって流れる。交互砂洲の波長は水路幅の約5~16倍である。
	うろこ状砂洲			下 流	うろこ状砂洲は B/H が非常に大きい領域で発生する。それは魚のうろこのように見える。

表 2-2-12 パラメータ計算表

流量 Q (m^3/s)	流積 A (m^2)	水面幅 B (m)	平均水深 H (m)	河床勾配 I	重力加速度 g (cm/s^2)	河床材料代表粒径 d (cm)	水中比重 s	摩擦速度 u_* (cm/s)	無次元掃流力 τ_*	水深粒径比 H/d	流速係数 ϕ
5,620	1,244.60	225.86	5.51	0.000713	980	0.03	1.65	19.62	7.94	18,368	19
4,700	1,104.86	225.86	4.89	0.000736	980	0.03	1.65	18.78	7.27	16,306	19
3,500	906.22	225.86	4.01	0.000782	980	0.03	1.65	17.54	6.34	13,374	19
2,700	756.54	221.21	3.42	0.000823	980	0.03	1.65	16.61	5.69	11,400	19
1,100	412.56	216.17	1.91	0.000991	980	0.03	1.65	13.61	3.82	6,362	20
1,000	386.59	215.84	1.79	0.001015	980	0.03	1.65	13.35	3.67	5,970	20
500	241.51	213.71	1.13	0.001197	980	0.03	1.65	11.51	2.73	3,767	20
200	128.00	201.59	0.63	0.001464	980	0.03	1.65	9.54	1.88	2,117	10
100	78.10	178.12	0.44	0.001608	980	0.03	1.65	8.31	1.42	1,462	10

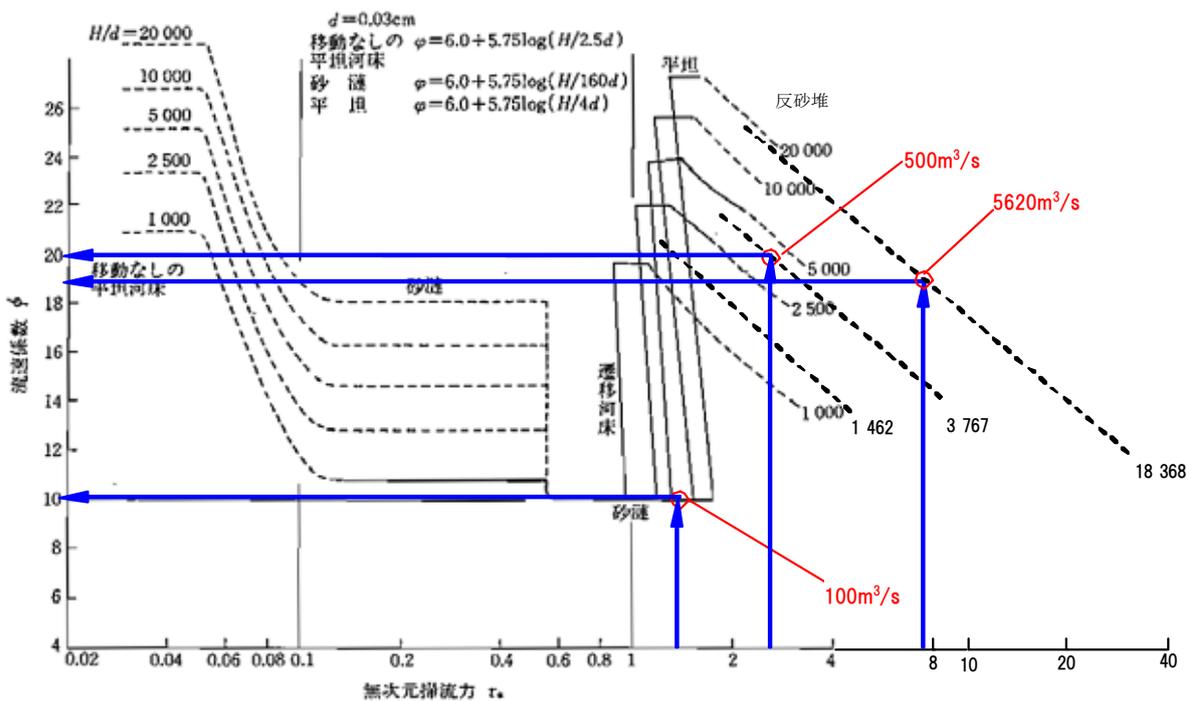


図 2-2-18 ϕ と τ_* の関係

計算の結果、河床材料の粒径が摩擦速度に対してきわめて小さく浮遊砂となって移動していると考えられる。一方、流量が $500m^3/s$ を越える流量における河床は、反砂堆の領域にあり、 $500m^3/s$ 未満の流量では、砂漣の領域にある。以上のことから、ピライ川の日ボ友好橋付近においては、洪水時は反砂堆の状態が高濃度の浮遊砂が流下していると考えられる。

また、計算結果から洪水時のマンニングの粗度係数を推定すると $n=0.023$ となり、ピライ川河道計画の計画値である 0.024 にほぼ近い値となる。