



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	邊溪隧道口における地況について
Author(s)	眞井, 耕象
Citation	工学部研究報告, 8, 50-65
Issue Date	1953-09-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40433
Type	departmental bulletin paper
File Information	8_50-65.pdf



邊溪隧道口における地沁りについて

眞 井 耕 象

(February 17, 1953)

ON THE LANDSLIP NEAR THE PORTAL OF PENKE - TUNNEL.

Kōzō MANAI

Synopsis

The side slope near the portal of Penke-Tunnel in Ashibetsu, Sorachi District, Hokkaido has continued landslipping since the tunnel was completed 1949. And it seems to approach gradually to more settled condition, although it is still unstable at present.

The recent construction of a dam for Panke Power Station invited the rising of back water level, and this gives now another question for the stability of the slope.

In this paper, the progress of landslip is described and the problem on its stability is discussed, based on experimental data by laboratory and field soil tests.

要旨： 空知芦別にある邊溪隧道芦別口附近の斜面は昭和24年隧道竣工以來地沁りを續け、現在なお不安定ながら、漸次落ち着きつつあるようであるが、たまたま最近斑溪發電所ダムが建設されるに及んで、その back water の水位上昇による影響は新たな問題を提起している。

本文は地沁りの経過を述べ、實驗室並びに野外土質試験による資料に基いてその安定性を検討したものである。

目 次

§ 1 地沁り箇所の位置、地形及び地質	§ 6 現地における土質試験
§ 2 地沁り状況の経過	§ 7 地沁りに對する安定性計算
§ 3 沁り面の位置の推定	§ 8 水面上昇による安定性への影響
§ 4 現 地 調 査	§ 9 地沁りに對する安定性の検討
§ 5 實驗室における土質試験	

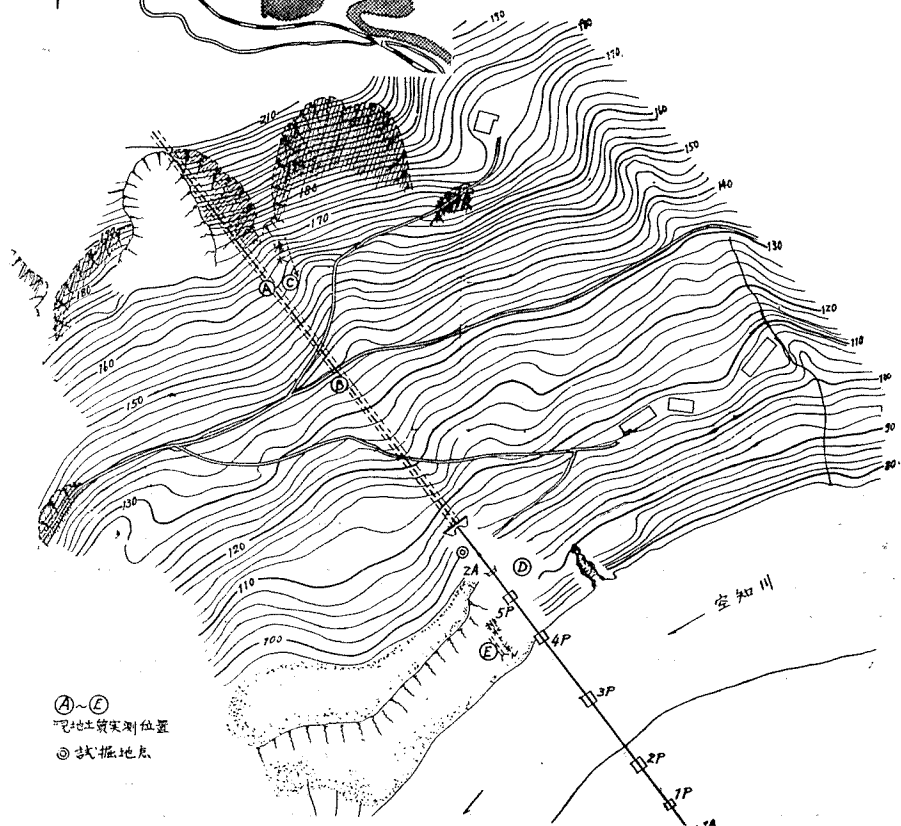
§ 1. 地沁り箇所の位置、地形及び地質

邊溪隧道は三菱芦別鑛業所邊溪線 2 k 660m より 3 k 285m に至る延長 625 m の隧道で、馬蹄形 1 號型、斷面積 22m²、昭和 23 年着工、24 年 12 月に竣工している。施工者は熊谷組である。

隧道の上芦別側は空知川本流が深い溪谷を作つて北々西の方向に流れ、これに高さ25.6m延長112 mの空知川橋梁が架設されて本隧道に連つている。圖一は本隧道の位置を示す。



圖一 邊溪隧道位置



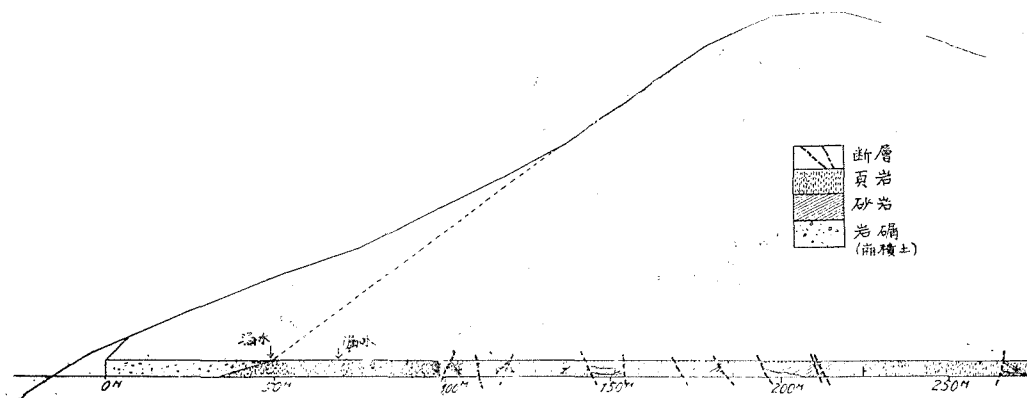
圖二 邊溪隧道芦別側附近地形圖

隧道が貫通する山の高さは軌道面上約114 m, 上芦別側は急峻で、邊溪側は比較的緩斜面をなしている。上芦別口側の山麓は喬木の疎林をなしているが、中腹以上は殆んど立木なく熊

笹灌木に蔽われている。しかも山頂近くの表土は最近小規模ながら絶えず山崩れを續け、隧道竣工後の昭和 25, 26 年に著しく擴大され、現在では中腹以上の大部分は赤肌となり、所々に岩盤が露れている。(圖一 2 地形圖参照)

中腹以下一帯は曾つて大規模の山崩れによる崩積土の堆積した部分で、その脚部は空知川の奔流に洗掘されている。中腹の、隧道中心線より約 20m 離れた山崩れ跡より僅かながら湧水している箇所があるが、それも 30m ほど流下している間に地面に滲透して消失している。

露頭及び隧道施工中の坑内調査によれば、山の地質は主として断層や龜裂の多い頁岩よりなり、甚しくもまれている。上芦別側は坑口より 45m までは岩塊累積する崩積土で蔽われ、邊溪口は砂岩よりなっている。中間の大部分は頁岩中に砂岩、砂質頁岩層が介在し、所々に薄い石炭層も挟まれている。(圖一 3 地質圖参照)



圖一 3 邊溪隧道地質圖 (芦別側)

§ 2. 地じり状況の経過

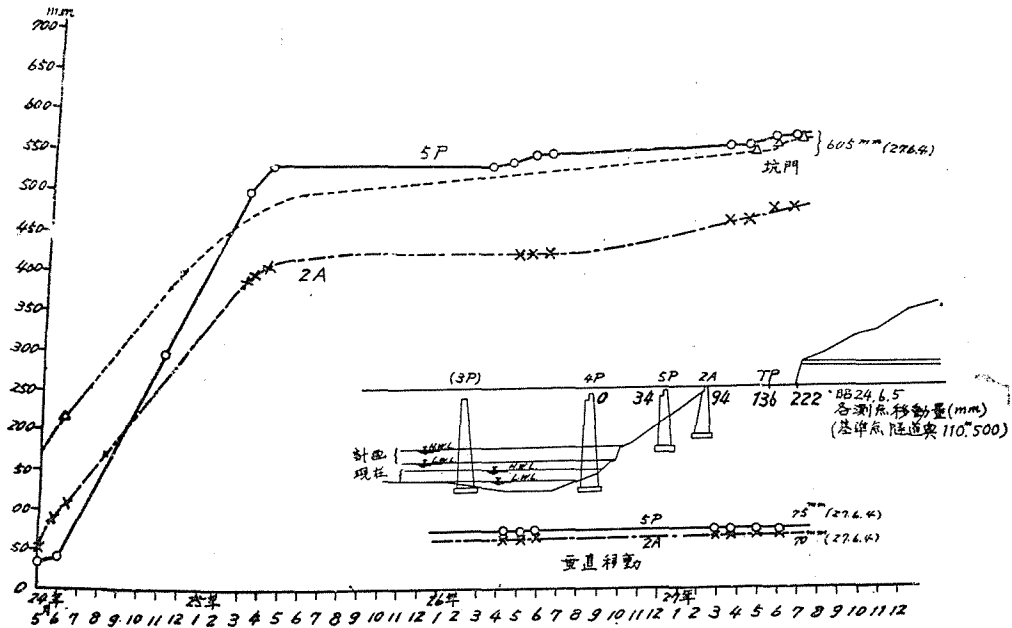
上芦別側斜面は頁岩々盤上に多數の岩礫を含む崩積土が堆積する不安定な部分であるから隧道掘鑿工事當初より地じりの傾向があり、昭和 24 年 5 月頃には坑口より 8.5 m 附近のコンクリート巻立に龜裂を發生し、16.5m の地表面にも地割れを生じた。よつて坑口より 30m までの覆工にはインバートを附して補強されている。

昭和 24 年 6 月 5 日隧道奥 110.5m (坑口より) を基點として各點の移動状況を測定した所によれば

地 點	坑口	T P	2 A (第 2 橋台)	5 P (第 5 橋脚)	4 P (第 4 橋脚)
水平移動量 (mm)	222	136	94	34	0

となつていて、坑口が最大で、それより遠くなるに従つて減少し、4 P において零となつている。坑口、2 A、5 P はいずれも崩積土上にあり、4 P 以下は河底の岩盤中に根入りされている。2 A 及び 5 P の基礎フーチングは根掘中多數の岩塊に突當り、杭打地形もできなかつたもので

ある。その後、各点の移動過程は圖—4に示されている如く、5 P、2 A、坑口とも24年5月から25年4月まではいずれも急激に移動し、5 Pは533 mmに、2 Aは410 mmに達している。



圖—4 5 P(第5橋脚), 2 A(第2橋台), 坑口の水平及び垂直移動進行圖

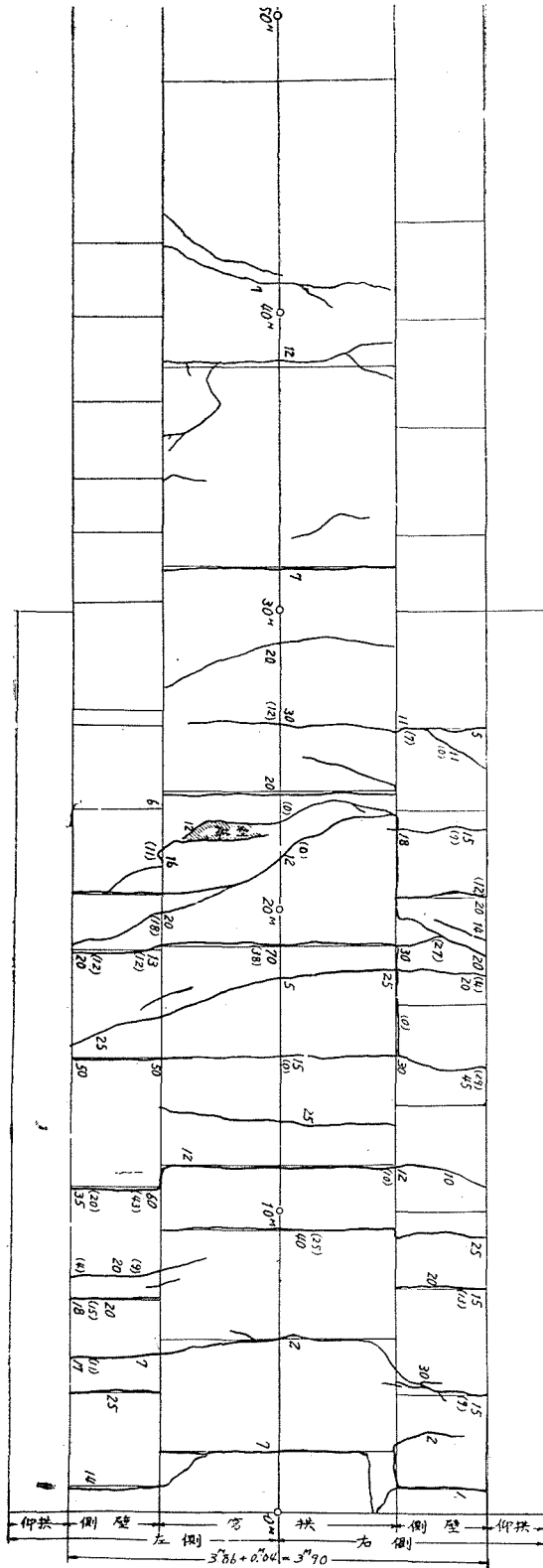
その後不安定ながら一應小康状態を保っているが、なお僅かながら移動を続け、昭和27年6月4日現在では

地 点	5 P	2 A	坑口
水平移動量 (mm)	605	515	605
垂直移動量 (mm)	75	70	—

を示している。

隧道内コンクリート覆工の龜裂状況は圖—5に示す如く、坑口より43mに至る間に相當ひどく發生し、漸次擴大の傾向にある。漏水は隧道掘鑿直後に相當量あつて、中央排水溝より流れていた。現在ではさほどひどくないが、アーチ部より常に水滴が落下し、側壁面及び軌道面を濡めらしている。27年2月4日の調査當時には坑口より48.7m附近の漏水が目立っていて最奥の點であつたが、同年4月29日の調査では更に奥に進んで68m附近が新しく漏水しているのが認められた。しかし中央排水溝の流水は依然として全くない程度である。

軌道面より15.25m下降した河岸上の斜面に、昭和25年3月に排水隧道延長30mが掘鑿されて、相當水量が常に絞り出されている。同坑口より20~23m間は頁岩が風化した粘土層が介入し、特に漏水がひどく、粘土は飽和状態になつている。23mより奥は硬質岩盤に達し、やや上向きに掘り上つている。この部分の岩肌は全く乾燥している。



圖一5 上戸別方 隧道覆工被害状況展開圖
昭和27年6月4日現在 (括弧内數字は25年6月2日)

§3. 入り面の位置の推定

入り面の位置は、(1)山腹の露頭、(2)本隧道並びに排水隧道内における地質の調査及び(3)本隧道坑口附近におけるボーリングによる地質圖(圖—6)等より考察して、上部32°57' 中央部19°27' 下部8°8' の傾斜をなす頁岩々盤上の厚さ1 m餘の粘土層—これが滲透水によつて飽和されて入り面を構成しているものと推定される。この粘土層の上に崩積土が堆積して入り面までの最深部18mに達している。

§4. 現 地 調 査

(a) 昭和27年2月4日—第1回調査

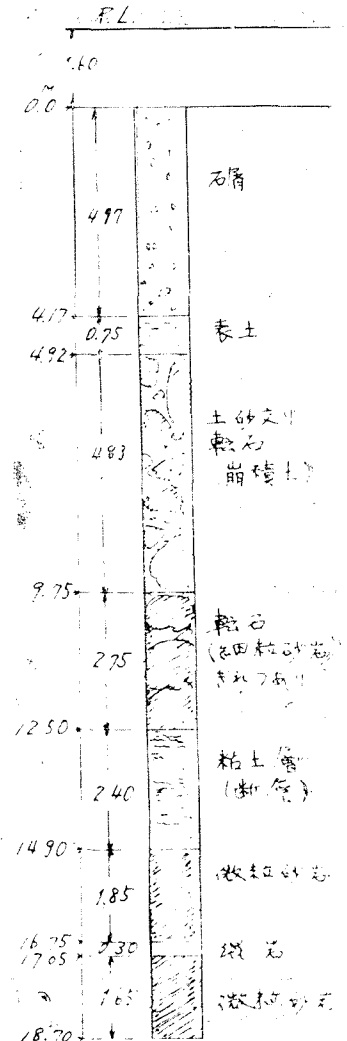
猛吹雪を冒して第1回現地調査、本隧道及び水抜隧道内の龜裂漏水狀況等を調査し、膝を没する積雪中を强行して山頂に登り、一般地形を踏査した。なお水抜隧道内漏水箇所の風化粘土及び坑外の土を試料として採取し、又ポン抜き器により密度、含水量を測定した。

(b) 昭和27年4月29日—第2回調査

雪解け直後の現地調査、隧道内外特に山上の山崩れ狀況を調査し、崩積土を試料として採取した。

(c) 昭和27年6月29～30日—第3回調査

上芦別側崩積地の現地土質試験實施、隧道中心線上で地りの上端に近い④點(圖—2参照)、中腹の⑥點、及び地り下端に近く2Aと5Pとの中間で中心線外約10mの地點⑦にそれぞれ深さ3 m餘の豎坑を掘り、又A點に近く、中心線外約10mの所で自然湧水が地面にしみ込んでいる地點③、及び水抜隧道内⑥點の5箇所について、自然土質の密度、含水量、剪斷強度等の測定を實施した。一般に岩礫が嚙合つて混入している部分が多いので、かかる場合は岩礫間の土の部分について取扱つた。



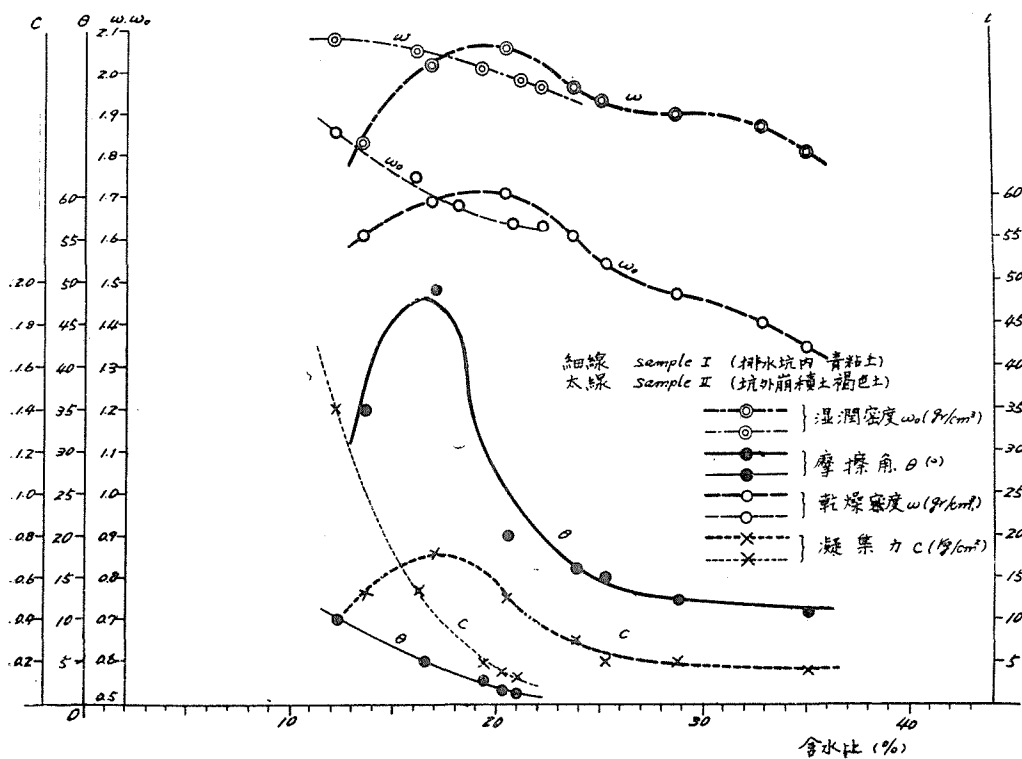
圖—6 ボーリングによる地質圖

§5. 實驗室における土質試験

(a) 昭和27年2月4日第1回調査の際採取した排水隧道内及び坑外附近におけるポン抜き試料について測定した密度・含水比等の値は表—1の通りである。

表—1 中 No. 1～6 の青粘土(試料I)について含水比を種々變えながら密度2.0程度に詰めた人工土の剪斷試験結果は表—2の如し。但し剪斷試験機は4×4 cm 高さ4 cm の一面剪

断式で、上下圧は 0, 30, 60, 90kg を 1 時間载荷した。これを圖示すれば圖—7 の如くなる。



圖—7 代表的試料土 (2 種) の含水比と剪断抵抗との關係
(實驗室における測定値)

表 — 1

採取箇所	No.	密度		含水比 %	眞比重	備考
		湿潤	乾燥			
排水トンネル内 入口より 21m	1	2.08	1.74	19.5		青灰色飽和土 (頁岩風化性粘土) 漏水多き箇所
	2	2.14	1.80	19.1		
	3	2.09	1.75	19.6	2.62	
	(平均)	(2.10)	(1.76)	(19.4)		
同 上 22m	4	2.08	1.74	19.5	2.63	同 上
	5	2.16	1.80	20.7	2.62	
	6	2.08	1.74	19.4	2.63	
	(平均)	(2.11)	(1.76)	(19.9)	(2.63)	
排水トンネル 坑口附近	7	1.50	1.29	16.3	2.65	褐色崩積土 (砂質頁岩の風化せるもの)
	8	1.72	1.48	16.8		
	9	1.78	1.53	16.4	2.63	
	(平均)	(1.67)	(1.43)	(16.5)		

表 — 2

No.	平均含水比	湿潤密度	乾燥密度	凝集力 C kg/cm ²	摩擦角 θ°
1	0.122	2.09	1.87	1.41	10
2	0.163	2.06	1.77	0.54	5
3	0.193	2.02	1.69	0.19	3
4	0.202	1.99	1.66	0.16	1.5
5	0.207	1.98	1.64	0.13	1

(b) 昭和27年4月29日第2回調査により隧道上の山崩れ箇所から採取した崩積土は砂質頁岩が風化した黄褐色の土(試料II)で、その液性限界は27%である。試料Iの場合と同様に含水比を種々變えて剪断試験を行つた。但しこの場合の供試體は4×4cmの容器に試料を詰めて1kgの重錘を30cmの高さから10回落して搗き固めたものを前記の一面剪断機にかけて測定したものである。試験の結果は表—3及び圖—7に示される。

表 — 3

No.	含水比 %	湿潤密度	乾燥密度	凝集力 C kg/cm ²	摩擦角 θ°
1	13.6	1.85	1.63	0.52	36
2	17.0	2.04	1.70	0.72	49
3	20.5	2.07	1.71	0.50	20
4	23.8	1.98	1.61	0.30	16
5	25.2	1.95	1.55	0.20	15
6	28.7	1.91	1.48	0.20	12
7	32.9	1.88	1.42	—	—
8	35.0	1.81	1.34	0.17	10

§ 6. 現地における土質試験

昭和27年6月29～30日第3回調査における現地土質試験の測定結果は次の通りである。

(a) 密度, 含水比, 剪断強度の値(表—4)

表 — 4

地 點	深 度	No.	湿潤密度	乾燥密度	含水比 %	上下壓 n kg/cm ²	剪断強度 f kg/cm ²	平 均 値
①	2m65	1	1.95	1.70	14.7	0	0.344	土質番號 ② { 湿潤密度 1.97 乾燥密度 1.68 含水比 16.5%
		2	1.77	1.58	10.3	0	0.600	
		3	1.88	1.64	17.2	0	0.238	
		4	1.91	1.63	16.9	0	0.125	
		5	2.01	1.73	14.9	1.25	0.806	
		6	1.93	1.62	18.5	1.25	0.525	

地點	深 度	No.	濕潤密度	乾燥密度	含 水 比 %	上 下 壓 n kg/cm ²	剪斷強度 f kg/cm ²	平 均 值	
㊸	2m65	7	2.01	1.69	15.9	2.50	0.925	n	f
		8	1.92	1.69	15.9	2.50	0.644	0.0	0.33
		9	1.89	1.71	19.5	1.25	0.575	1.25	0.64
		10	2.03	1.71	18.7	1.25	0.650	2.50	0.71
		11	2.02	1.68	18.6	2.50	0.563		
		12	2.06	1.76	17.1	2.50	0.700		
㊸	1m65	13	1.73	1.60	16.7	0	0.113	土質番號 ①	
		14	1.83	1.56	18.1	0	0.100	濕潤密度 1.89	
		15	2.02	1.72	17.0	1.25	0.644	乾燥密度 1.63	
		16	1.88	1.61	16.6	1.25	0.775	含水比 17.0%	
		17	1.91	1.57	20.4	2.50	1.000	n	f
		18	1.97	1.67	16.6	2.50	2.950 ⁽¹⁾	0.0	0.10
		19	1.86	1.60	16.0	0	0.088	1.25	0.79
		20	1.92	1.65	16.6	1.25	0.950	2.50	1.24
		21	1.88	1.65	15.0	2.50	1.479		
㊸	1m90	22	1.58	1.13	38.2	0	0.038	土質番號 ④	
		23	1.77	1.43	22.4	0	0.075	濕潤密度 1.78	
		24	1.84	1.42	28.0	1.25	0.888	乾燥密度 1.38	
		25	1.86	1.42	21.5	1.25	0.500	含水比 26.9%	
		26	1.76	1.32	30.7	2.50	0.838	n	f
		27	1.72	1.27	32.7	2.50	0.625	0.0	0.10
		28	1.79	1.40	26.5	0	0.188	1.25	0.67
		29	1.83	1.17	37.5	1.25	0.631	2.50	1.10
		30	1.83	1.40	26.3	2.50	1.844		
㊸	1m20	31	1.72	1.33	29.1	0	0.225	土質番號 ③	
		32	1.73	1.26	34.6	0	2.250	濕潤密度 1.65	
		33	1.64	1.24	30.4	1.25	0.544	乾燥密度 1.25	
		34	1.68	1.26	33.4	1.25	0.731	含水比 27.3%	
		35	1.68	1.30	28.0	2.50	1.006	n	f
		36	1.55	1.19	30.0	2.50	1.438	0.00	0.18
		37	1.62	1.24	29.3	0	0.063	1.25	0.58
		38	1.61	1.25	28.5	1.25	0.475	2.50	1.05
		39	1.63	1.24	30.7	2.50	0.713		
㊸	2m00	40	1.61	1.18	27.0	0	0.075	土質番號 ⑤	
		41	1.64	1.28	26.7	0	0.075	濕潤密度 1.60	
		42	1.53	1.18	29.7	1.25	0.338	乾燥密度 1.24	
		43	1.60	1.24	28.8	1.25	0.500	含水比 27.5%	
		44	1.56	1.20	29.6	2.50	0.631		

地 点	深 度	No.	湿潤密度	乾燥密度	含 水 比 %	上 下 壓 $n \text{ kg/cm}^2$	剪断強度 $f \text{ kg/cm}^2$	平 均 値	
㊦	2m.00	45	1.61	1.30	24.4	2.50	1.013	n	f
		46	1.62	1.25	28.4	0	0.200	0.00	0.12
		47	1.60	1.24	28.3	1.25	0.525	1.25	0.46
		48	1.67	1.34	24.4	2.50	1.025	2.50	0.91
㊢	2m.50	49	1.82	1.68	15.4	0	0.119	土質番號 ㊦ 湿潤密度 1.85 乾燥密度 1.55 含水比 18.5%	
		50	1.85	1.57	16.1	0	0.244		
		51	1.86	1.61	16.1	1.25	1.825		
		52	1.87	1.60	11.5	2.50	3.263 ⁽²⁾		
		53	1.92	1.58	21.2	2.50	1.200	n	f
		54	1.87	1.54	19.6	1.25	1.200	0.00	0.18
		55	1.88	1.54	21.3	0	0.100	1.25	1.50
		56	1.86	1.54	18.5	1.25	1.475	2.50	1.32
		57	1.86	1.58	16.5	2.50	1.469		
		58	1.86	1.52	21.2	2.50	0.925		
					*				
		59	1.73	1.43	31.0	2.50	1.694		
㊣	0m.15	60	1.81	1.44	24.9	0	0.038 ⁽³⁾	土質番號 ㊦ 湿潤密度 1.86 乾燥密度 1.49 含水比 23.7%	
		61	1.93	1.56	24.0	0	0.000		
		62	1.95	1.54	23.5	1.25	0.163		
		63	1.82	1.48	23.1	1.25	0.313		
		64	1.94	1.50	27.8	2.50	0.206	n	f
		65	1.83	1.50	22.4	0	0.081	0.00	0.07
		66	1.80	1.44	22.6	2.50	0.388	1.25	0.22
		67	1.72	1.38	24.3	2.50	0.100	2.50	0.29
		68	1.89	1.56	20.5	1.25	0.163		
		69	1.84	1.49	24.3	0	0.088		
		70	1.82	1.46	23.5	1.25	0.225		
		71	1.94	1.54	23.3	2.50	0.363		
㊤	2m.00	72	1.96	1.67	17.2	0	0.225	土質番號 ㊦ 湿潤密度 1.97 乾燥密度 1.69 含水比 16.5%	
		73	1.91	1.62	18.2	0	0.225		
		74	2.02	1.70	18.5	1.25	0.944		
		75	2.04	1.73	16.6	1.25	0.750		
		76	1.92	1.66	14.2	2.50	1.431	n	f
		77	1.95	1.66	15.5	2.50	1.350	0.00	0.32
		78	1.96	1.68	15.3	0	0.494	1.25	0.90
		79	1.98	1.72	16.3	1.25	1.025	2.50	1.29
		80	2.01	1.72	16.3	2.50	1.075		
㊦	1m.20	81	1.89	1.65	14.9	0	0.238	土質番號 ㊦ 湿潤密度 1.88 乾燥密度 1.60 含水比 17.1%	
		82	1.96	1.67	17.3	0	0.375		
		83	1.84	1.61	15.4	1.25	0.919		
		84	1.81	1.51	18.8	1.25	0.669		

地 點	深 度	No.	濕潤密度	乾燥密度	含 水 比 %	上 下 壓 n kg/cm ²	剪斷強度 f kg/cm ²	平 均 値	
㊦	1m20	85	1.84	1.43	26.8	2.50	1.319 ⁽⁴⁾	n	f
		86	1.90	1.63	16.1	2.50	4.325	0.00	0.27
		87	1.88	1.59	18.9	0	0.188	1.25	0.87
		88	1.77	1.38	27.9	1.25	1.025	2.50	1.33
		89	1.98	1.67	18.1	2.50	1.325		
㊧	坑口より 20m85	90	2.03	1.62	22.5	0	0.075	土質番號 ㊩ { 濕潤密度 1.99 乾燥密度 1.60 含水比 22.1%	
		91	1.95	1.62	22.4	0	0.075		
		92	2.01	1.65	21.0	1.25	0.350		
		93	1.93	1.53	22.8	1.25	0.100		
		94	1.98	1.56	23.5	2.50	0.156	n	f
		95	1.97	1.57	23.1	2.50	0.231	0.00	0.09
		96	2.01	1.61	21.6	0	0.113	1.25	0.26
		97	1.97	1.61	21.4	1.25	0.344	2.50	0.23
		98	2.05	1.67	21.0	2.50	0.313		
㊨	坑口より 13m0	99	1.90	1.60	18.0	0	0.069	土質番號 ㊪ { 濕潤密度 1.97 乾燥密度 1.62 含水比 19.8%	
		100	1.96	1.66	18.5	0	0.094		
		101	1.90	1.57	24.1	1.25	0.513		
		102	1.96	1.62	18.9	1.25	0.488		
		103	1.90	1.54	20.6	2.50	0.650	n	f
		104	1.90	1.57	17.3	2.50	1.544	0.00	0.08
		105	2.03	1.68	20.8	0	0.088	1.25	0.82
		106	2.06	1.73	19.2	1.25	1.450	2.50	0.82
		107	1.97	1.60	21.1	2.50	0.263		

(註) (1)(2)(4)は岩石屑混入・(3)は疑點があるので何れも省略する。

(b) 凝集力及び摩擦角

表—4の剪斷試験の結果から凝集力及び摩擦角の値を求むれば表—5の如くなる。

表 — 5

地 點	土質 番號	深 度	濕潤密度	乾燥密度	含 水 比 %	凝 集 力 C kg/cm ²	摩 擦 角 θ°	摘 要
㊦	1	1.65 ^m	1.89	1.63	17.0	0.10	26.2	黄褐色
	2	2.65	1.97	1.68	16.5	0.33	10.9	青灰色, 褐色
㊧	3	1.20	1.65	1.25	27.3	0.18	18.8	赤褐色
	4	1.90	1.78	1.38	26.9	0.10	23.0	〃
	5	2.00	1.60	1.24	27.5	0.12	17.1	黒 色
	6	2.50	1.85	1.55	18.5	0.18	33.8 [*]	黄褐色
㊨	7	0.15	1.86	1.49	23.7	0.07	6.0	暗褐色

⑧	8.	1.20	1.88	1.60	17.1	0.27	24.4	赤褐色
	9	2.90	1.97	1.69	16.5	0.32	22.4	青灰色
⑩	10	坑口より 13.0	1.99	1.62	19.8	0.08	21.4*	青灰色
	11	20.85	1.97	1.60	22.1	0.09	4.8	青灰色

(註) 上表の中土質番號⑧及び⑩は剪斷試験の測定値が分散しているので*印の所は信頼し難い。

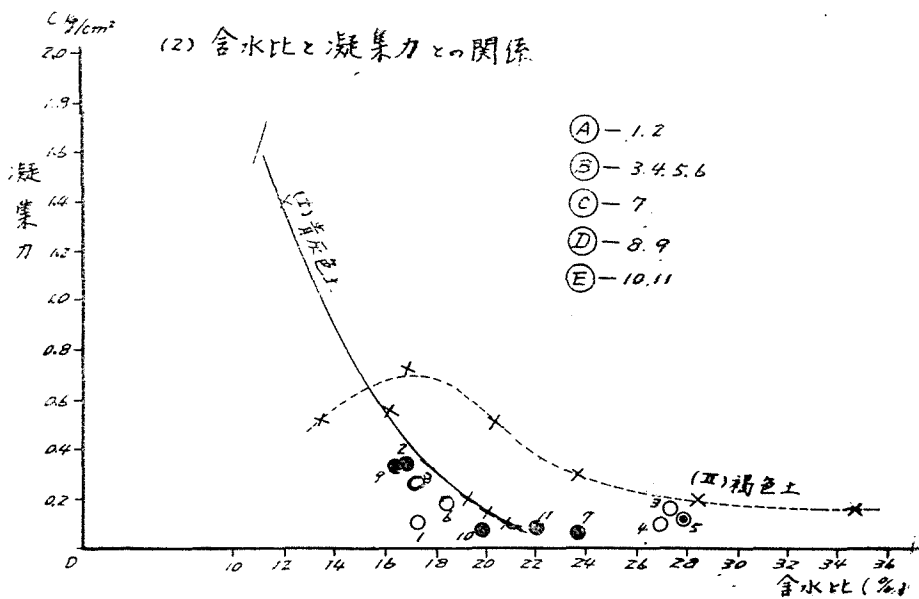
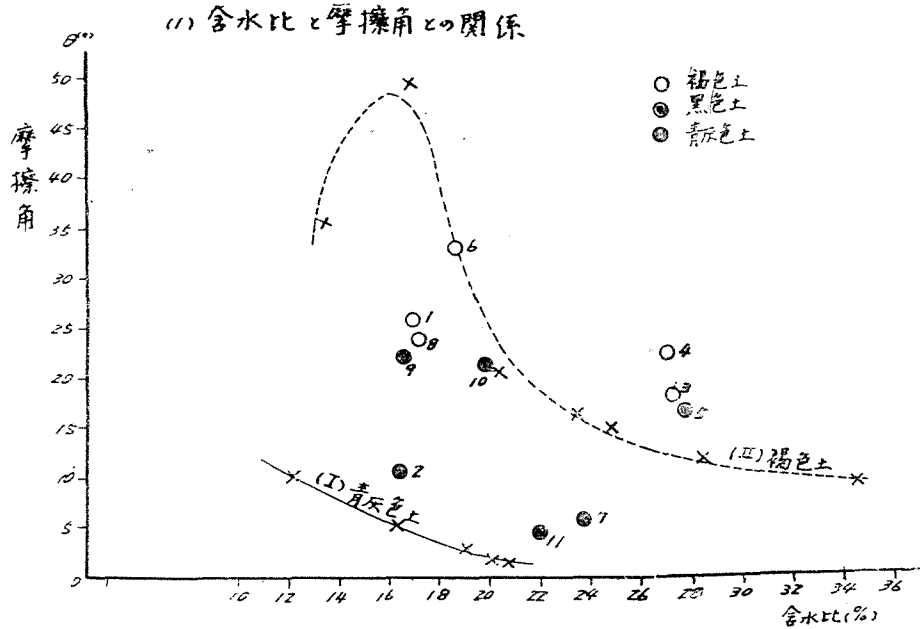


圖 - 8

(c) 實驗室における試験値との比較

現地試験において測定した含水比と凝集力及び摩擦角との関係を、實驗室において求めた代表土としての試料Ⅰ及びⅡの場合と比較すれば圖一8の如くなり、兩者の一致點は餘り見出し難いが、凝集力では試料Ⅰに近似し、摩擦角ではむしろ試料Ⅱに接近している。もつとも前者の自然土に對し後者は組織も亂された人工土であり、採取場所もちがうので兩者異つた値を示すことはやむを得ない。

(d) 眞比重と粒度組成 (表一6)

表 一 6

地 點		㉠		㉡			
土 質 番 號		1	2	3	4	5	6
眞 比 重		2.67	2.76	2.82	2.84	2.57	2.75
組 成 (%)	砂	55.4	43.2	72.8	64.0	50.2	52.3
	シルト	22.1	34.7	12.5	18.3	24.7	29.4
	粘 土	22.5	22.1	14.7	17.7	25.1	18.3
土 質 分 類		Sandy clay loam	Clay loam	Sandy loam	Sandy loam	Sandy clay loam	Sandy loam

地 點		㉢	㉣		㉤	
土 質 番 號		7	8	9	10	11
眞 比 重		2.56	2.72	2.75	2.61	2.69
組 成 (%)	砂	40.2	42.0	48.5	51.7	31.9
	シルト	32.7	38.9	24.6	23.0	32.3
	粘 土	27.1	19.1	26.9	25.3	35.8
土 質 分 類		Clay loam	Loam	Clay loam	Sandy clay loam	Clay

§ 7. 地 じ り に 對 する 安 定 性 計 算

滑動する土砂は大體頁岩々盤上の崩積土の部分と考えられ、じり面の位置は前述の如く比較的はつきりしている。そこで圖一9及び10の a. b. c. d を通る折線又は圓形をじり面と假して地じりに對する安定性を計算しよう。

定圖一9について、

各區分の土の重量 $W = \omega A$

法線及び切線分力 $T = W \sin \varphi, \quad N = W \cos \varphi$

安定條件 $\sum T = \tan \theta \sum N + CL \times 10 \dots \dots \dots (a)$

$$\omega \sum A \sin \varphi = \omega \tan \theta \sum A \cos \varphi + CL \times 10$$

$$\therefore C = \frac{\omega (\sum A \sin \varphi - \tan \theta \sum A \cos \varphi)}{10 \times L} \dots \dots \dots (b)$$

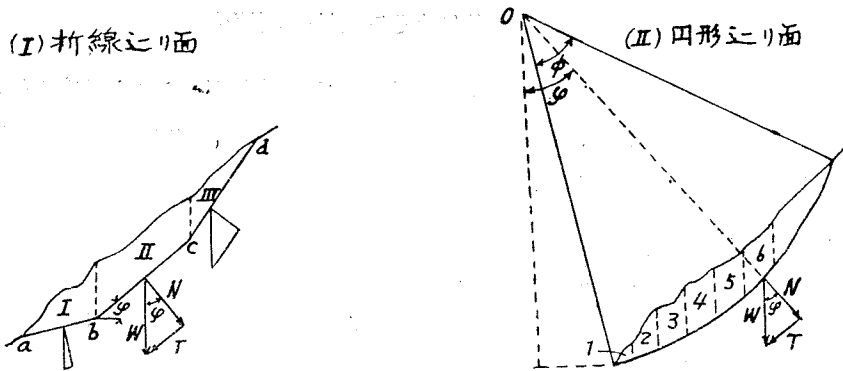


圖 — 9

但し ω = 土の単位重量 t/m^3 L = じり面の延長 m

C = 凝集力 kg/cm^2 , θ = 摩擦角

A = 各區分の面積 m^2 , φ = じり面の傾斜角

圖—10より

	$\Sigma A \sin \varphi$	$\Sigma A \cos \varphi$	L
折線じり面	862.7	2011.5	213.2
圓形じり面	1010.1	2317.0	213.7

従つて式(b)に代入すると

$$\text{折線じり面の場合 } C = \frac{\omega(862.7 - 2011.5 \times \tan \theta)}{213.2 \times 10} \quad (1)$$

$$\text{圓形じり面の場合 } C = \frac{\omega(1010.1 - 2317.0 \times \tan \theta)}{213.7 \times 10} \quad (2)$$

式(1), (2)において $\omega = 1.6 \sim 2.4$ $\theta = 20 \sim 0^\circ$ に對して安定を保つに必要な C の限界値を求むれば表—7, 圖—11の如くなる。

又 $C = 0$ の場合は 折線じり面で $\theta = 23^\circ 2'$

圓形じり面で $\theta = 23^\circ 6'$

表 — 7

θ	折線じり面 (1) 式より					圓形じり面 (2) 式より				
	$\omega=1.6$	1.8	2.0	2.2	2.4	$\omega=1.6$	1.8	2.0	2.2	2.4
20°	0.098	0.110	0.123	0.135	0.147	0.125	0.140	0.156	0.172	0.187
17.5	0.171	0.193	0.214	0.236	0.257	0.209	0.235	0.262	0.288	0.314
15	0.243	0.273	0.304	0.334	0.365	0.292	0.328	0.364	0.401	0.437
12.5	0.313	0.352	0.391	0.430	0.469	0.372	0.418	0.465	0.511	0.557
10	0.381	0.429	0.477	0.524	0.572	0.450	0.507	0.563	0.619	0.676
7.5	0.449	0.505	0.561	0.617	0.673	0.528	0.594	0.660	0.726	0.792
5	0.515	0.580	0.644	0.709	0.773	0.604	0.680	0.756	0.831	0.907
2.5	0.581	0.654	0.727	0.800	0.872	0.680	0.765	0.850	0.936	1.021
0	0.647	0.728	0.809	0.890	0.971	0.756	0.851	0.945	1.040	1.134

§ 8. 水面上昇による安定性への影響

本隧道より空知川下流 6 km の地点に、北海道電力斑溪発電所のダムが計畫され、目下建設工事中で近く完成することになっている。これに伴つて back water の平均水面が隧道箇所において約 5 m 餘上昇することになる。これがため隧道口斜面の安定性が如何に影響されるかが新たな問題となつてゐる。

今 (1) 水面以下の切り面は飽和状態になると考え、この部分の土の凝集力及び摩擦角の値を水抜隧道内の土質番號⑩及び⑪の平均値 $C = 0.085 \text{ kg/cm}^2$, $\theta = 13^\circ 1'$ とし、(2) 土 (岩塊多數を含む) の単位重量 $\omega = 2.0 \text{ t/m}^3$ と假定して、水面上昇による安定性への影響を計算してみる。

先ず水面以下の部分のみについて考えると、現在水面では折線切り面、圓形切り面とも地切りに對す抵抗は 56.5 kg となり、計畫水面では折線切り面で 21.7 kg、圓形切り面で 25.4 kg の抵抗となる。

従つて全體の地切りに對する安定性は次の式で現わされる。

現在水面に對しては

$$\begin{aligned} \text{折線切り面 } C &= \omega \{ \Sigma A \sin \varphi - (\tan \theta \Sigma A \cos \varphi + 56.5) \} / L \times 10 \\ &= 2.0 \{ 838.1 - (\tan \theta \times 1839.3 + 56.5) \} / 183.1 \times 10 \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

$$\text{圓形切り面 } C = 2.0 \{ 970.7 - (\tan \theta \times 214.9 + 56.5) \} / 183.7 \times 10 \dots\dots\dots (2)$$

計畫水面に對しては

$$\text{折線切り面 } C = 2.0 \{ 771.3 - (\tan \theta \times 1650.3 + 21.7) \} / 168.0 \times 10 \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{圓形切り面 } C = 2.0 \{ 892.7 - (\tan \theta \times 1849.2 + 25.4) \} / 164. \times 10 \dots\dots\dots (4)$$

式 (1), (2), (3), (4) から θ と C との相關限界値を求めると表—8 となり、これを圖示すれば圖—12 が得られる。

表 — 8

θ	現 在 水 面		計 畫 水 面		(水面を考えない時)	
	(1) 折 線	(2) 圓 形	(3) 折 線	(4) 圓 形	折 線	圓 形
22°5'				0.124		
20	0.122	0.147	0.177	0.237	0.123	0.156
17.5	0.220	0.260	0.273	0.347	0.214	0.262
15	0.316	0.371	0.336	0.454	0.304	0.364
12.5	0.408	0.479	0.457	0.558	0.391	0.465
10	0.500	0.584	0.546	0.660	0.477	0.563
7.5	0.589	0.688	0.634	0.761	0.561	0.660
5	0.678	0.791	0.720	0.860	0.644	0.756
2.5	0.766	0.893	0.807	0.959	0.727	0.850
0	0.854	0.995	0.892	1.058	0.809	0.945
$C = 0$ の 時の θ	23°0'	23°1'	24°4'	25°1'	23°2'	23°6'

圖一11 邊溪隧道上芦別口地り安定計算

圖一10

滑り面中心の方向

(I) 摩擦角及凝集力安定限界曲線

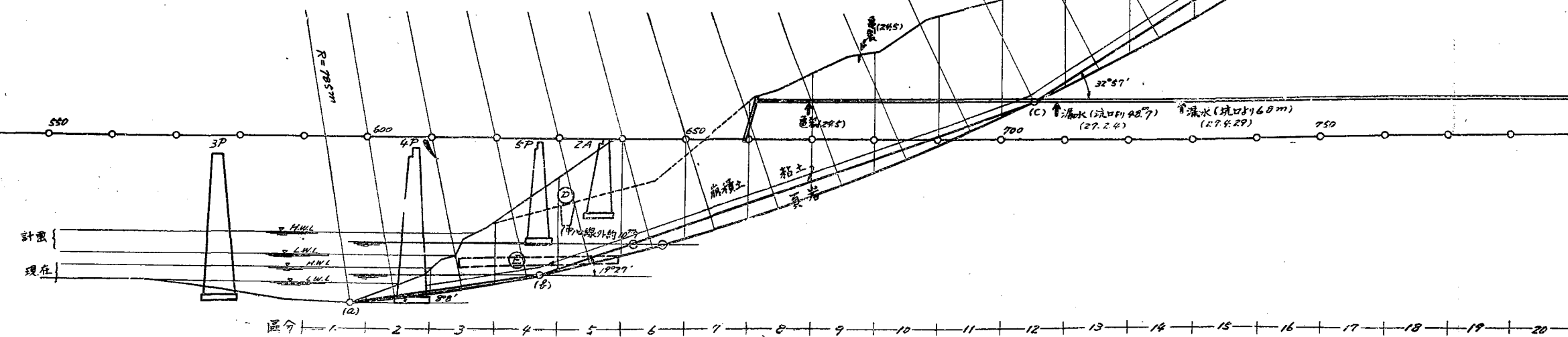
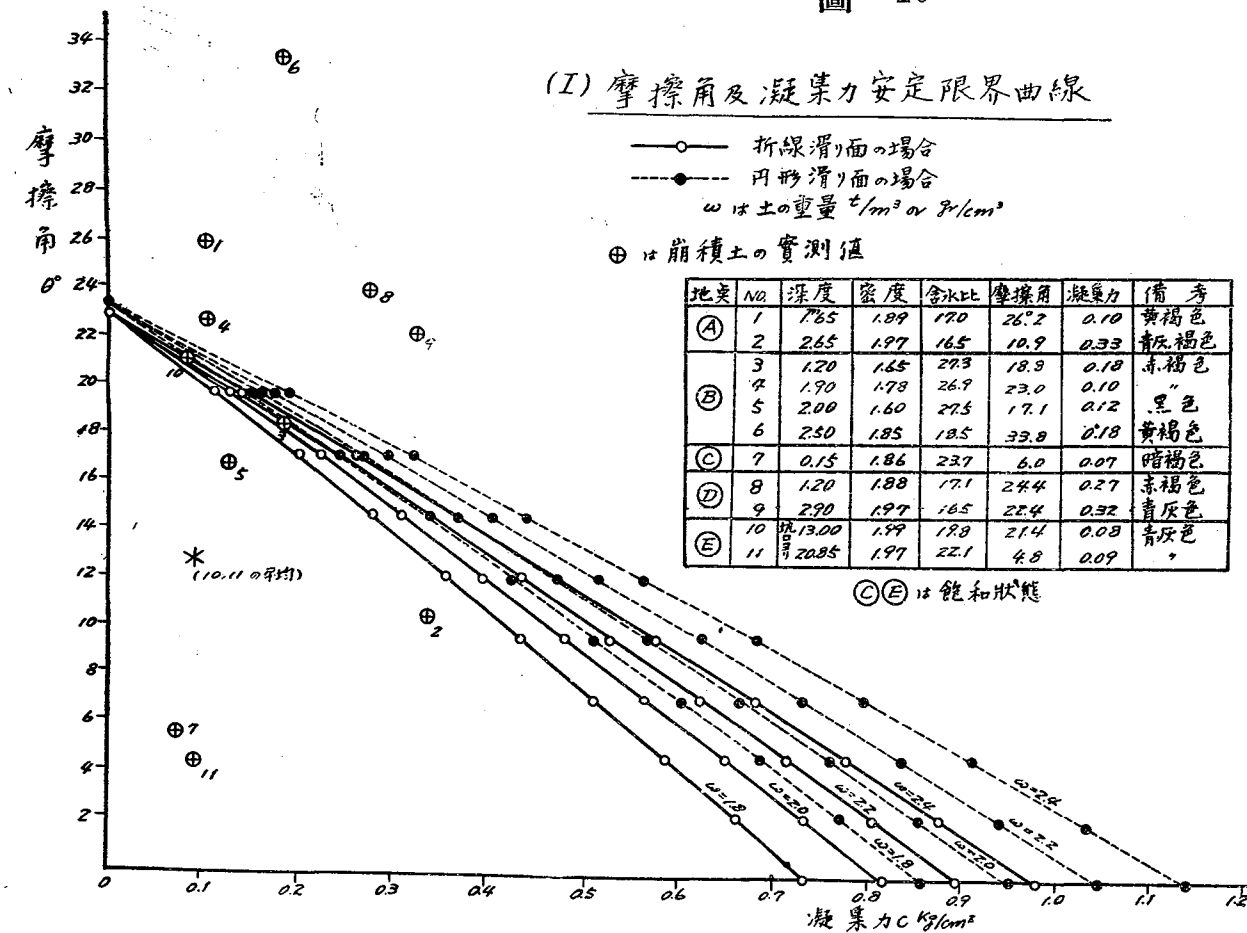
—○— 折線滑り面の場合
 -●- 円形滑り面の場合
 ω は土の重量 t/m^3 or g/cm^3

⊕ は崩積土の實測値

地点	No.	深度	密度	含水比	摩擦角	凝集力	備考
A	1	1.65	1.89	17.0	26.2	0.10	黄褐色
	2	2.65	1.97	16.5	10.9	0.33	黄褐色
	3	1.20	1.65	29.3	18.9	0.10	赤褐色
B	4	1.90	1.78	26.9	23.0	0.10	黒色
	5	2.00	1.60	27.5	17.1	0.12	黄褐色
C	7	0.15	1.86	23.7	6.0	0.07	暗褐色
D	8	1.20	1.88	17.1	24.4	0.27	赤褐色
	9	2.90	1.97	16.5	22.4	0.32	黄褐色
E	10	13.00	1.99	18.8	21.4	0.08	青灰色
	11	20.85	1.97	22.1	4.8	0.09	?

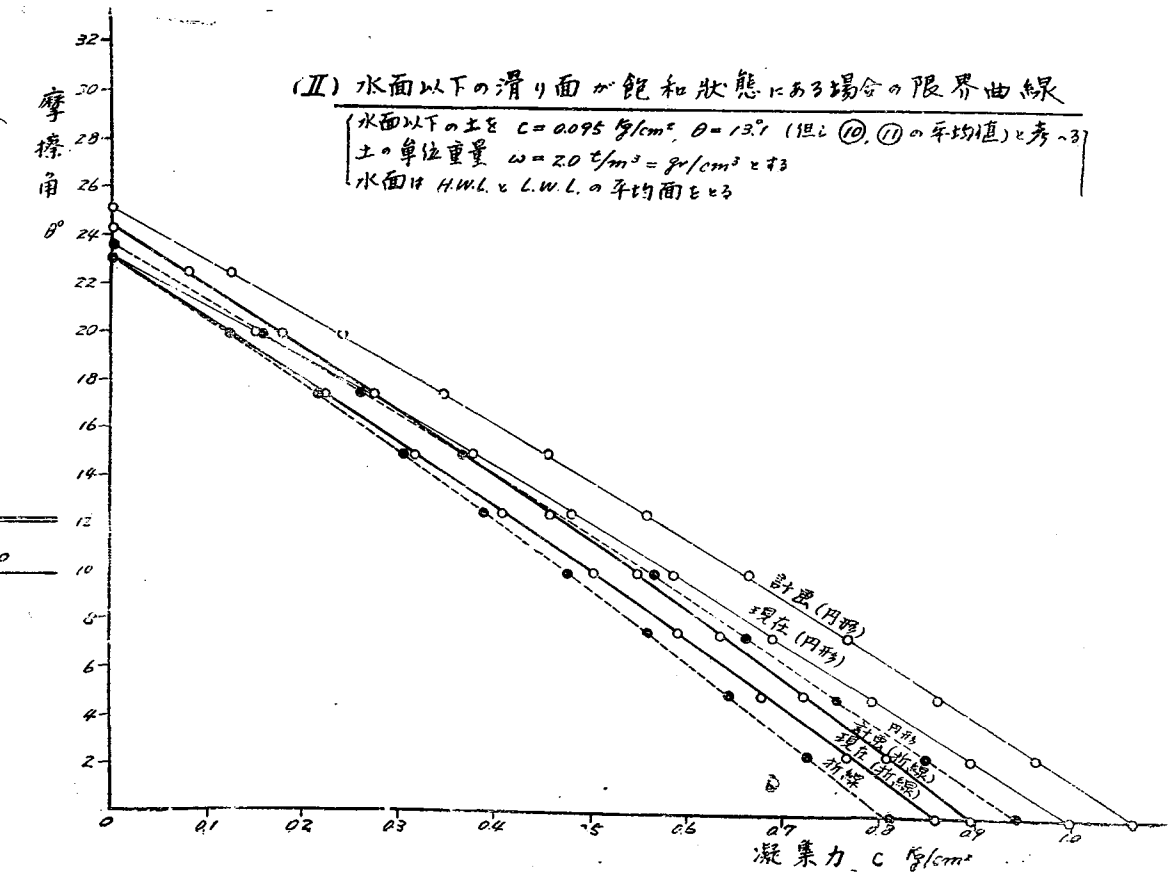
ⓐⓑは飽和状態

ⓐ~ⓑは土質試験箇所



(II) 水面以下の滑り面が飽和状態にある場合の限界曲線

水面以下の土を $C=0.095 \text{ kg/cm}^2$, $\theta=13.1^\circ$ (但し⑩⑪の平均値) と考へる
 土の単位重量 $\omega=2.0 \text{ t/m}^3 = 2.0 \text{ g/cm}^3$ とす
 水面は H.W.L. と L.W.L. の平均面をとる



圖一12

§ 9. 地沁りに對する安定性の検討

野外における11種の土質試験結果を圖—11にプロットして地沁りに對する安定度限界曲線との關係を検討するに、土質 No. 3, No. 10は丁度限界曲線上にあり、No. 2, No. 5は危險側に、そしてNo. 7, No. 11は甚しく危險な状態にある。その他のNo. 1, 4, 6, 8及び9の土質は安全側にある。しかしてこの中No. 7, 10, 11を除けば地表面から3m以内の深さの試料で、沁り面の位置まではなお距離があり、深くなるほど含水量を増して不安定となることも豫想される。

崩積土内には大小多量の岩塊及び岩礫を含んでいるから、もし沁り面にもこれらの岩塊がある程度交錯しているときはそれだけ抵抗を増すわけであるがこれと反對に岩石の混合度合によつて單位重量 γ の値が増大するから却つて滑動力は大となる傾向もある。

一方隧道の坑口、2A, 5Pとも現在漸次落ちついて一應平衡状態に復しつつあるようであるが、現實には僅かながらなお移動を續け、隧道卷立コンクリートの龜裂もむしろ擴大の傾向が認められている。従つて今後状況變化の如何によつては全體として更に活動する可能性を多分にもつてゐる。

水位の影響を考えれば圖—12に示すが如く、それだけ不安定となることは確かで、水位の上昇とともに安定性を低下することも事實である。

附 記 一本問題に關して、特に土質試験に協力された助手高比良孝君の勞に對し深く感謝の意を表する。(昭和27年7月)