日本의 軟弱地盤 處理技術

藤井 三千勇　技術士

(株)藤井 基礎設計 事務所

/ 代表取締役

日本의 軟弱地盤 對策

目　　次

1. 序言

2. 軟弱地盤의 槪念

3. 軟弱地盤技術의 基本的 問題

4. 軟弱地盤 對策工의 問題

4-1. 軟弱地盤 對策의 要點

4-2. 橋梁

4-3. 地下鐵

4-4. 道路

4-5. 空港

4-6. 宅地造成

5. 맺 는 말

1. 序言

日本은 軟弱地盤이 매우 많은 곳이다. 東京, 大阪, 名古屋 等의 大都市는 모두 이 軟弱地盤上에 만들어져 있다.

따라서 이들 大都市에 建造되는 建築物 또는 土木構造物은 軟弱地盤의 技術問題를 거의 克服하여 왔다고 할수 있을것이다.

말하자면 이들 연약지반을 현재와 같이 科學的으로 解析하여 設計에 도입된 것은 1960년대 名神高速道路, 新幹線의 건설부터 이다.

이 30년 사이에 미국으로부터 導入된 科學的인 設計方法은 完全하게 일본에 定着되어 다시 發展하고 있다.

여기에서는 우선 軟弱地盤이 어떻게 하여 어떤곳에 生成되는가에 대하여 나의 지금까지 體驗을 通하여 整理하고 다음에 軟弱地盤對策의 基礎理論의 槪念에 대하여 說明을 하고 最後에 橋梁, 地下鐵, 道路, 空港, 宅地造成, 建築 等의 具體的 分野에 대하여 日本에서의 現狀의 問題点 또는 留意点에 대하여 記述하기로 한다.

2. 軟弱地盤의 槪念

2-1. 軟弱地盤의 生成

軟弱地盤은 一般的으로 流速이 0에 가까운 곳에서 堆積된 地盤이고 地質的으로는 10,000年前부터 新時代의 소위 沖積層에 屬하는 것이다. 一般的으로 沖積平野라고 부르고 있는 斷面(빠진골)은 그림-1과 같다.

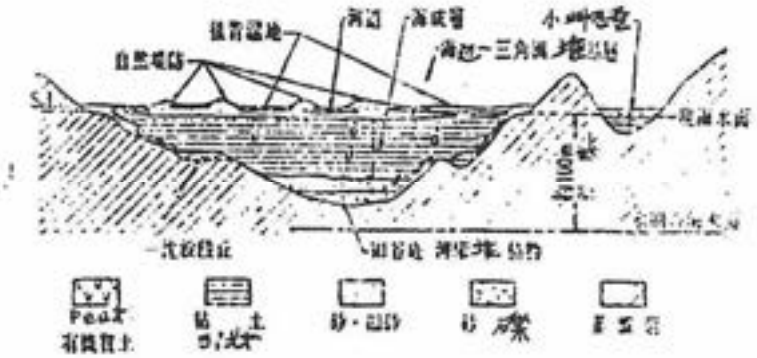


그림 -1 빠진골을 埋積한 沖積層의 模式的斷面

洪積世末期부터 沖積世 初에 거쳐 地球는 急速하게 溫暖해지고 氷河가 融解하여 海水面이 急擊히 上昇 하였다. (그림-2)

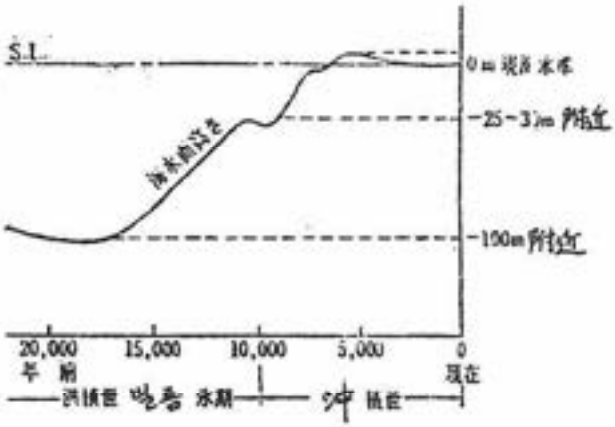


그림 — 2 洪積世末~ 沖積世에 있어서의 海水面變動概念圖

15,000年까지에 -100m 附近에 海水面이 低下되어 있던때의 地形이 그림-1의 빠진골을 形成하고 있는 基盤이다.

그후의 海水面 上昇에 따라 이 빠진골은 바다가 되고 細粒粒子가 조용히 沈澱堆積되어 現在의 粘土地盤을 形成하여 가고 있다.

沖積層이 모두 軟弱地盤은 아니고 堆積時의 流速에 의하여 砂礫 , 모래, Silt, 粘土가 된다. 堆積時의 流速은 地形的 要因이 크다.

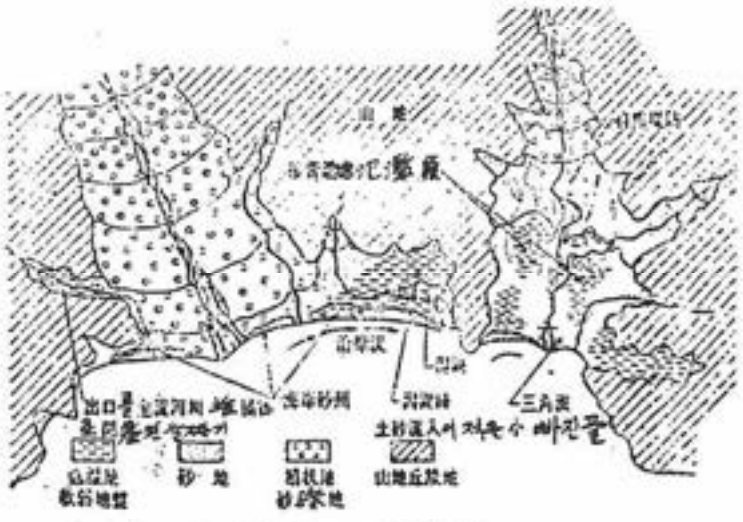


그림 — 3 軟弱地盤이 되기쉬운地形的位置

그림-3은 地形과 堆積物과의 關係를表示한 것이다.

5,000年前의 繩文海進 以後 海水位가 低下하고 이것에 따라 沖積層이 陸化되고 海岸의 沿岸流부터 陸化된 港口를 砂洲가 閉塞하거나 陸化된 部分으로 河川의 모래의 堆積이 發生하거나 堆積環境이 急擊히 變化하였다.

또한 10,000年前에 海水位가 低下되었으나 低下分만큼 이 以前에 堆積한 粘土層은 壓力을 받아 굳어져 있다. 이것을 洪積粘土라고 부르고 있고 10,000年 이후의 粘土와 區別하고 있다.

15,000 年前의 빠진골의 縱斷과 現在의 河川縱斷을 模式的으로 比較하면 그림-4와 같이 된다.

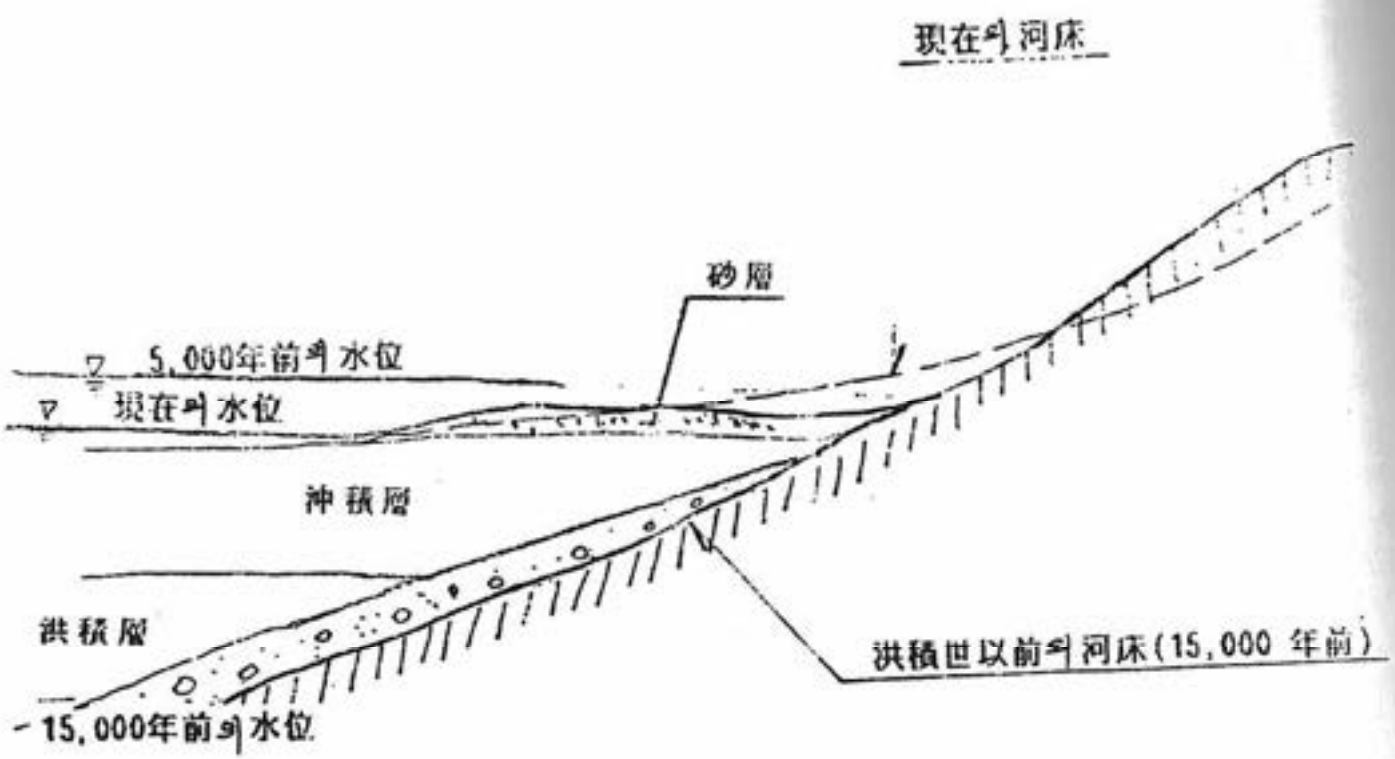


그림 - 4 河川縱斷模式図

즉,

1) 陸化된 沖積平野上의 山側部分에 堆積이 이루어졌다.
2) 上流에서는 어떤 地點에서 堆積環境에서 侵蝕環境으로 變化되고 15,000年前의 河床이 現在도 다시 浸蝕되고 있다.
3) 急流河川에서 岩質이 굳은 경우에는 堆積區間이 짧고 岩質이 崩壞되기 쉬운 빠진골이 깊은경우에는 堆積區間이 길다.
4) 現在의 골짜기 地形은 15,000年前에 開削된 골짜기와 一致하고 있다.

이상의 思考方式을 基本으로 하고 松江- 出雲 - 斐伊川의 代表的인 Boring 柱狀圖를 그림-5에 表示한다.

그림 - 5 섬진강 수계 하천 현황도

2-2. 軟弱地盤의 分布와 特徵

1. 一般的인 沖積平野

소위 沖積平野라고 부르고 있는 平野는 거의 똑같이 海成粘土가 堆積되어 있다. 그림-6은 代表的인 松江市의 柱狀圖이다.

2. 港口가 海岸砂洲로 닫혀진 流入土砂量이 적은 빠진골 沖積平野는 가장 軟弱한 地盤이다. 特히 海岸砂洲는 5,000以來의 海水位 低下에 의해 沿岸流가 發生하고 이것에 의해 곶(岬,갑)에서 곶을 連結하는 形으로 砂洲가 發達한 것으로 港口가 닫혀짐에 의해 內側은 湖沼化되고 水生植物로 덮여져서 이것이 Peat 地盤으로 된 것이다.

그림 - 7 浜佐陀附近의 軟弱地盤地形図

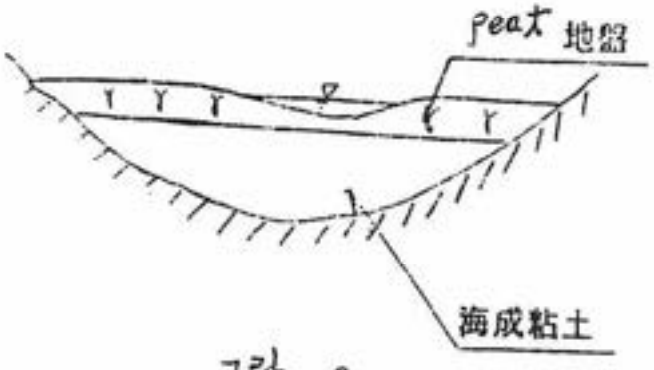


그림 - 8

그림－6　松江市의 代表的柱状図

土　質　柱　状　図

試錐 No. ： 2.　　測点 No. ：

調査名 ： 宍道湖大橋北詰調査

調査位置 ： 島根県松江市

現地状況 ： 宍道湖上

調査深度 ： 21.45 m

試錐口径 ： 86 mm

試錐機種 ： 三井 HF－50

調査期間 ： 自 1969 年 5 月 6 日
至 1969 年 5 月 9 日

標高 ： －1.03 m

現場担当 ：

整理担当 ：

標尺 m	深度 m	標高 m	層厚	試料採取法	試料番号	土質記号	地質名	土質名	色調	相対密(調)度	地下水位 m	記事
1		0.97										가시설 시작 7.0시경
0		-1.03										
1				○	1							30cm 이하 ~ 중간
2	2.0	-3.03	2.0	○	2		(上部粘土層)	粘土	青灰色			약간 모래질 섞여 있음
3				○	3							점성성의 높은
4				○	4							粘土
5				○	5							표면은 약간 황색을
6				○	6							띠고 있으나
7				○	7							심층으로 갈수록
8				○	8							일정한 색조
9				○	9							를 보이다
10				○	10							심층에서는
11				○	11							균일한
12				○	12				暗灰色			粘土
13	13.00	-14.03	11.0	○	13			粘土	暗灰			상당히 다져져 있다
14				○	14		古浦層下部					하부로 갈수록
15	15.0	-16.03	2.0	○	15			모래섞인粘土	暗灰			모래분이
16				◎	16		天神森層					섞여 있다
17				○	17							상당히 다져져 있다
18				○	18				白灰			含粘土 ID 1.0 이하
19	19.0	-20.03	3.4	○	19			粘土질 細砂	青灰			모래는 中~細粒
20				○	20		松江砂礫層					礫径 最大径 40mm
21	21.45	-22.48	2.43	◎	21			砂礫	白灰 ~ 暗灰			円径 10~20
												礫質은 安山
												礫으로 이루어
												져 있다
												모래는 細~中粒으로
												거의 균일하게
												상당히 固化되어
												있다.

標準貫入試験結果

試験深度 (m)	実測N値	補正N値	試料採取長 cm
2.0	1/30	1	
4.0			
4.6	5/42	13	
7.3			
8.1	1/30	1	
11.0			
11.4	1/40	1	
13.0			
13.6	3/32	3	
14.2			
14.8	30.5	8	
16.9			
17.1	25/30	20	
17.8	23/30	23	
18.4			
19.0	23/30.5	23	
19.5			
20.1	15/30	40	
20.5			
21.1	40/30	40	

補正N値一覧図　●：推定N値　10　20　30　40　50

機械掘進結果

給圧 kg/cm²	毛ビ回転数 r	掘進時間 m	給水量 l/m	排水量 l/m	毛ビ圧 kg	試料採取長 cm	記事
			배라			150	
						230	
						330	
			5				
			7			330	
			6				
			20			220	
			20				
			20	15		150	170 m/m Bentonite 使用
		90	5				
		100	23	20	20	66 100	

(註)　試料採取法の記号
○撹乱された試料　○標準貫入試験 サンプラーによる試料　■不撹乱試料
地質名及び土質名は現場判定に従った場合が多く　土質試験、岩石鑑定の結果により修正される場合がある
●……現場判定による結果
○……最終判定による結果

2-3. 本川의 堆積物로 河口가 닫혀진 枝谷

海水面의 上昇에 따라 河川은 河口에서 堆積이 進行되고 砂礫 또는 모래가 堆積한다.

河口部에 比較的 가까운 枝谷에서 堆積速度가 本川보다 늦은 경우에는 枝谷의 河口가 닫혀짐에 의해 軟弱地盤이 만들어 진다.

2-4. 自然堤防 背後의 後背濕地

5,000年 以來의 海水面 低下에 隨伴하여 沖積平野는 河川의 堆積環境이 되고 河川은 自然堤防內로 흐르게 된다.

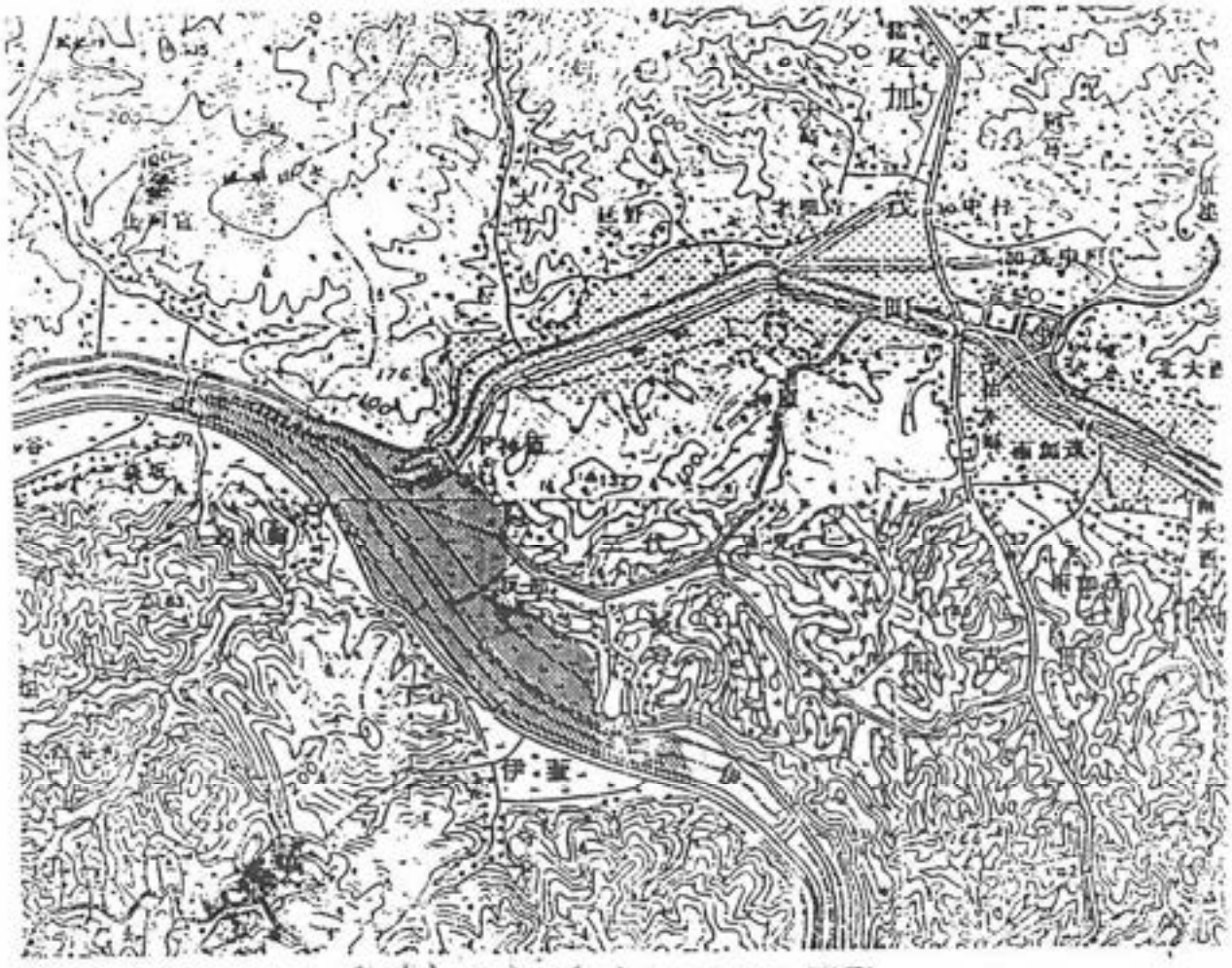


그림-9 加茂町附近의 軟弱地盤地形図

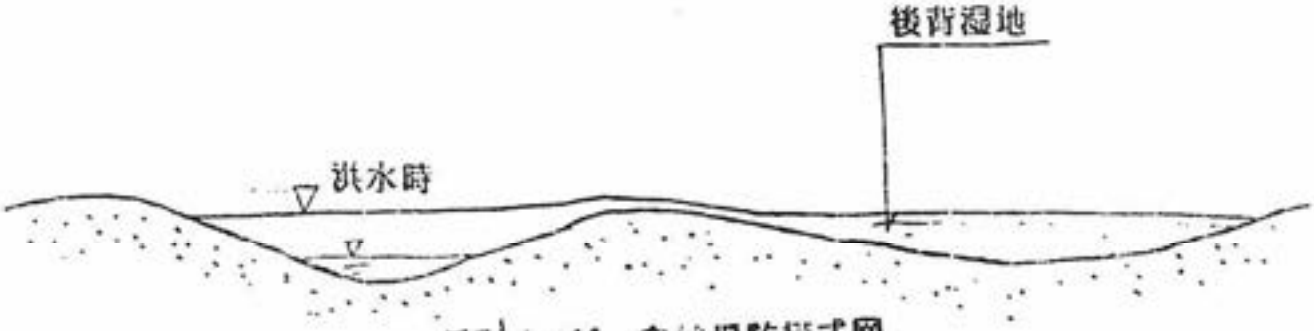


그림 -10 自然堤防模式図

洪水時에는 이 自然堤防을 넘어 氾濫하여 背後地에 濕地帶를 形成한다. 그리고 이 自然堤防은 堆積土砂의 增加에 의해 낮은 位置로 河道를 바꾸는것으로 새로운 自然堤防을 形成한다.

따라서 後背濕地는 peat, 모래, 粘土가 複雜하게 섞인 地盤이 되는일이 많다.

그림 -11 安来高校附近의 表層地質図

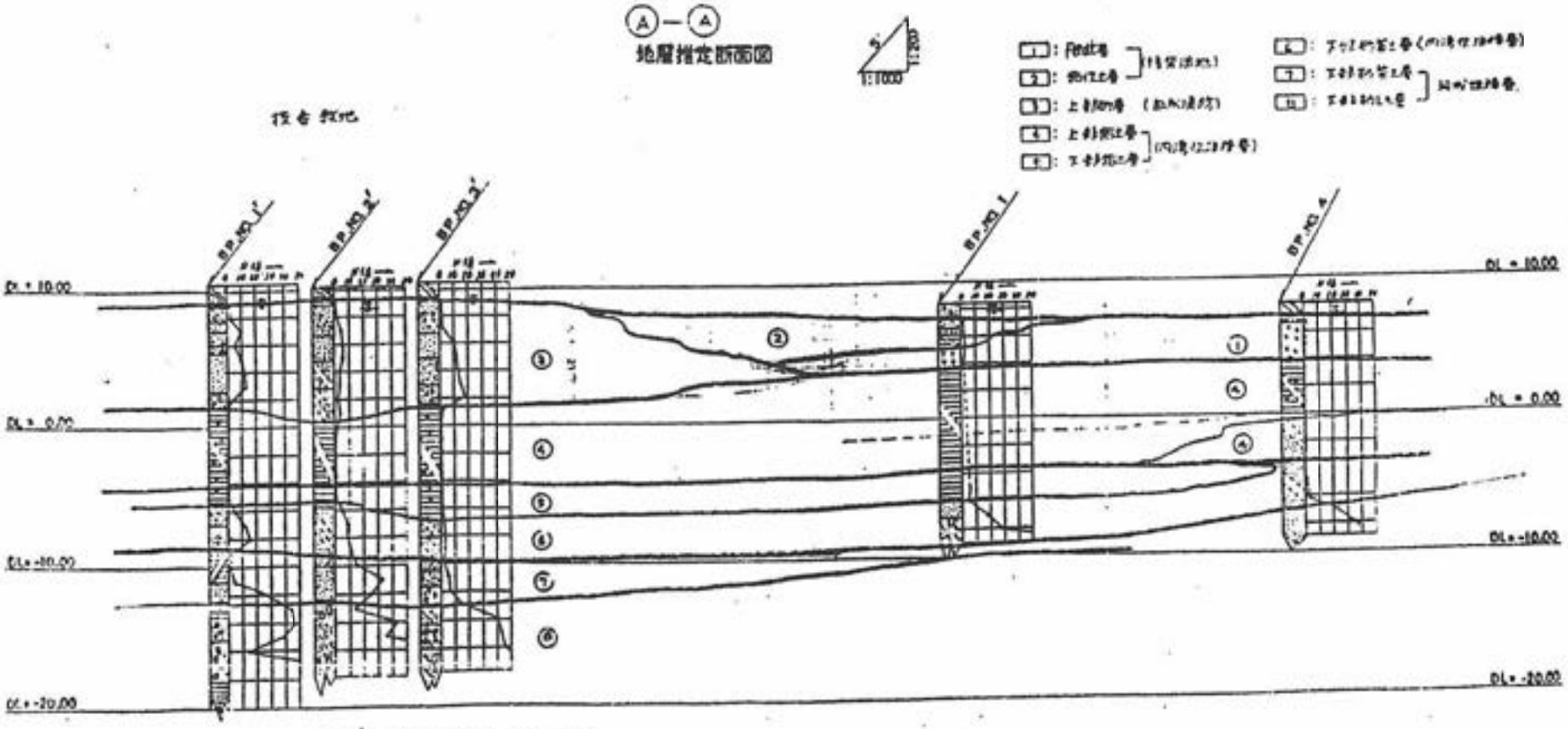

Ⓐ—Ⓐ
地層推定断面図
1:1000
1:200
① : 埋土層
② : 粘性土層
③ : 上部砂層 (細粒分混り)
④ : 上部粘土層
⑤ : 下部粘土層
⑥ : 下部砂質土層
⑦ : 下部粘性土層
⑧ : 下部砂礫層
BP-NO.1
BP-NO.2
BP-NO.3
BP-NO.4
DL = 10.00
DL = 0.00
DL = -10.00
DL = -20.00

그림 -12 [illegible]

2-5. 土石流 等으로 河道가 閉塞되어 만들어진 湖

大規模的인 土石流의 流出土砂에 의해 河道가 埋沒되어 이 dam에 의해 上流側에는 湖가 만들어지고 여기에 粘土 等이 堆積한것.

1984年 9月 長野懸 西部의 地震에 의한 大規模的인 崩壞는 土石 사태가 되어 10Km 流下하여 本川 玉滝川을 길이 3.5Km, 幅 200m, 깊이 30m에 걸쳐 閉塞되었다. 이때문에 上流에 길이 約 2.5Km, 幅 100m, 깊이 30m의 湛水池가 만들어 졌다.

그림-14는 그 平面圖와 湛水池의 寫眞이다.

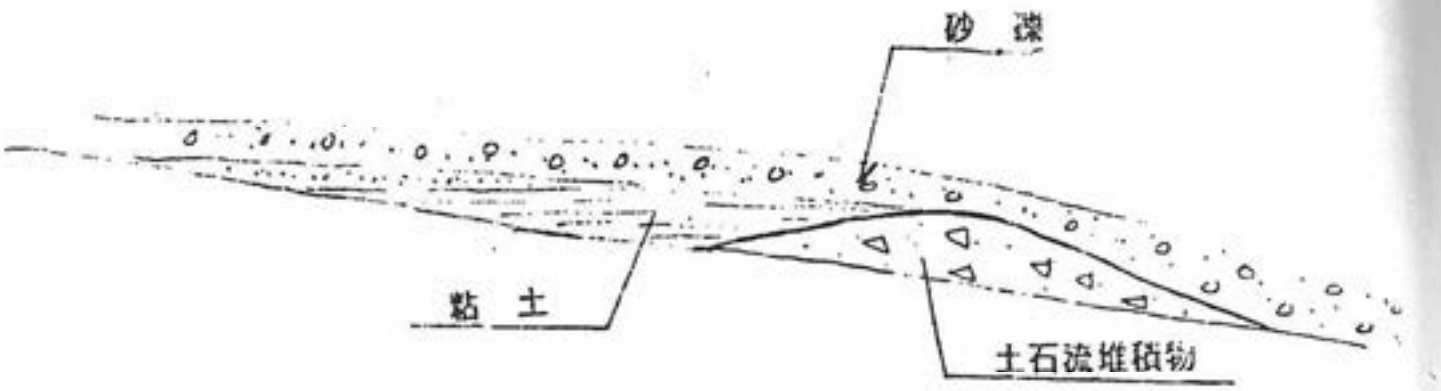


그림 -13 土石流에의해 閉塞된 河川의 模式断面図

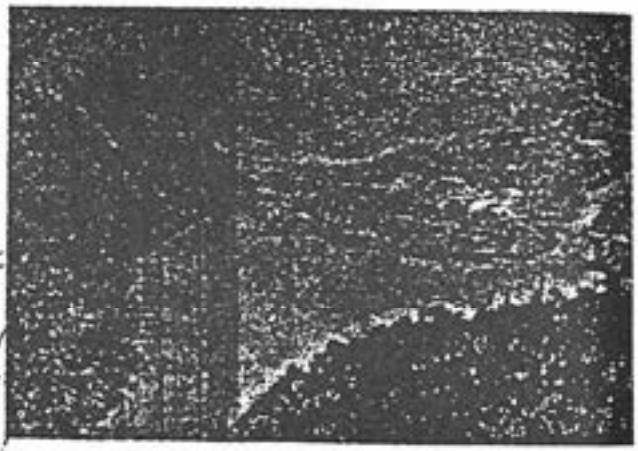


写真-1

그림-14 長野県西部地震被害状況図

그림-15는 鹿足郡 六日市町 田野原 地區의 地形圖로서 高津川의 水源地의 上流에 該當한다.

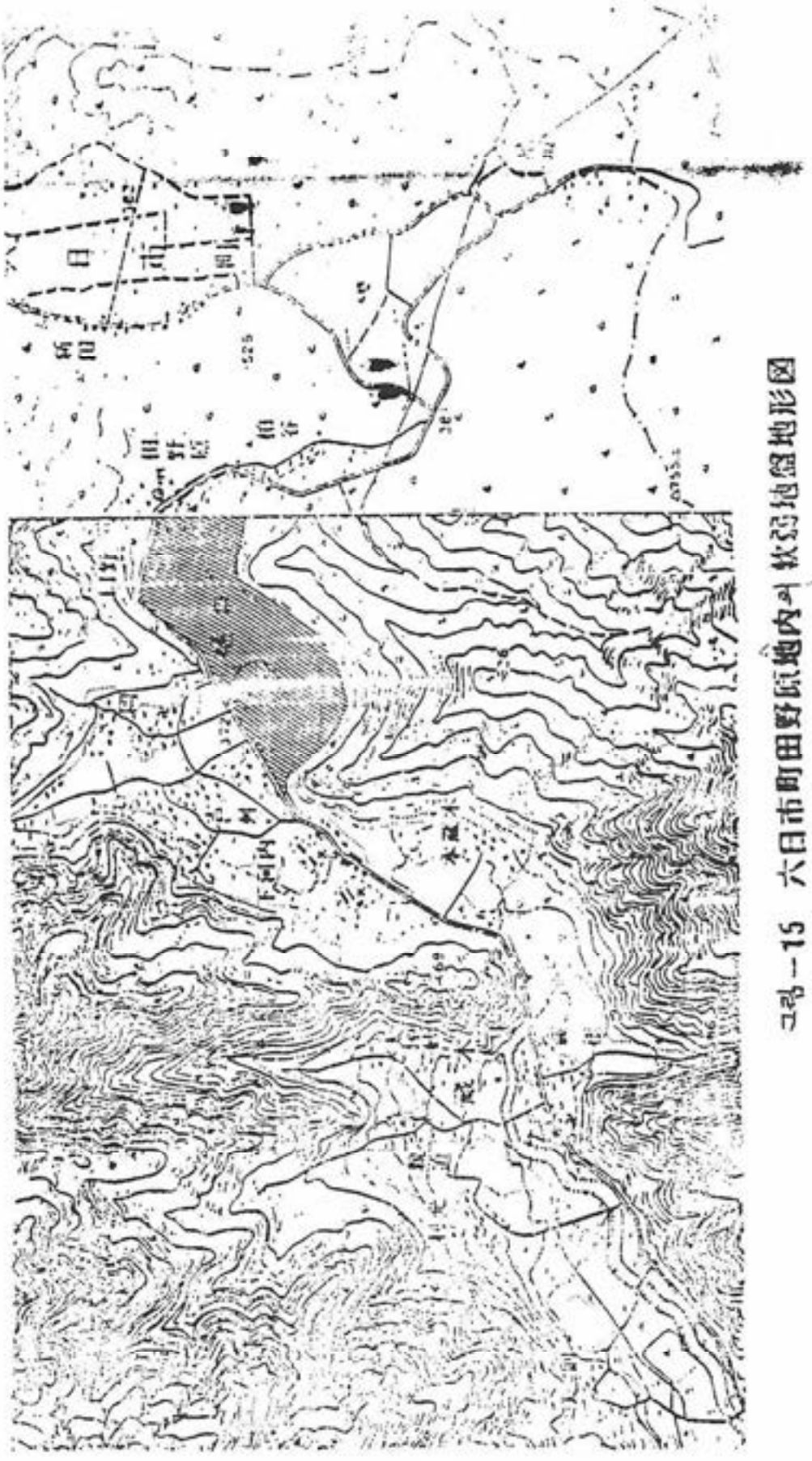


그림-15 六日市町田野原地內의 林況地形圖

그림-16 柱狀圖에 表示하는바와 같이 두께 4.5m의 N=3回의 軟弱層이 存在하고 있었다.

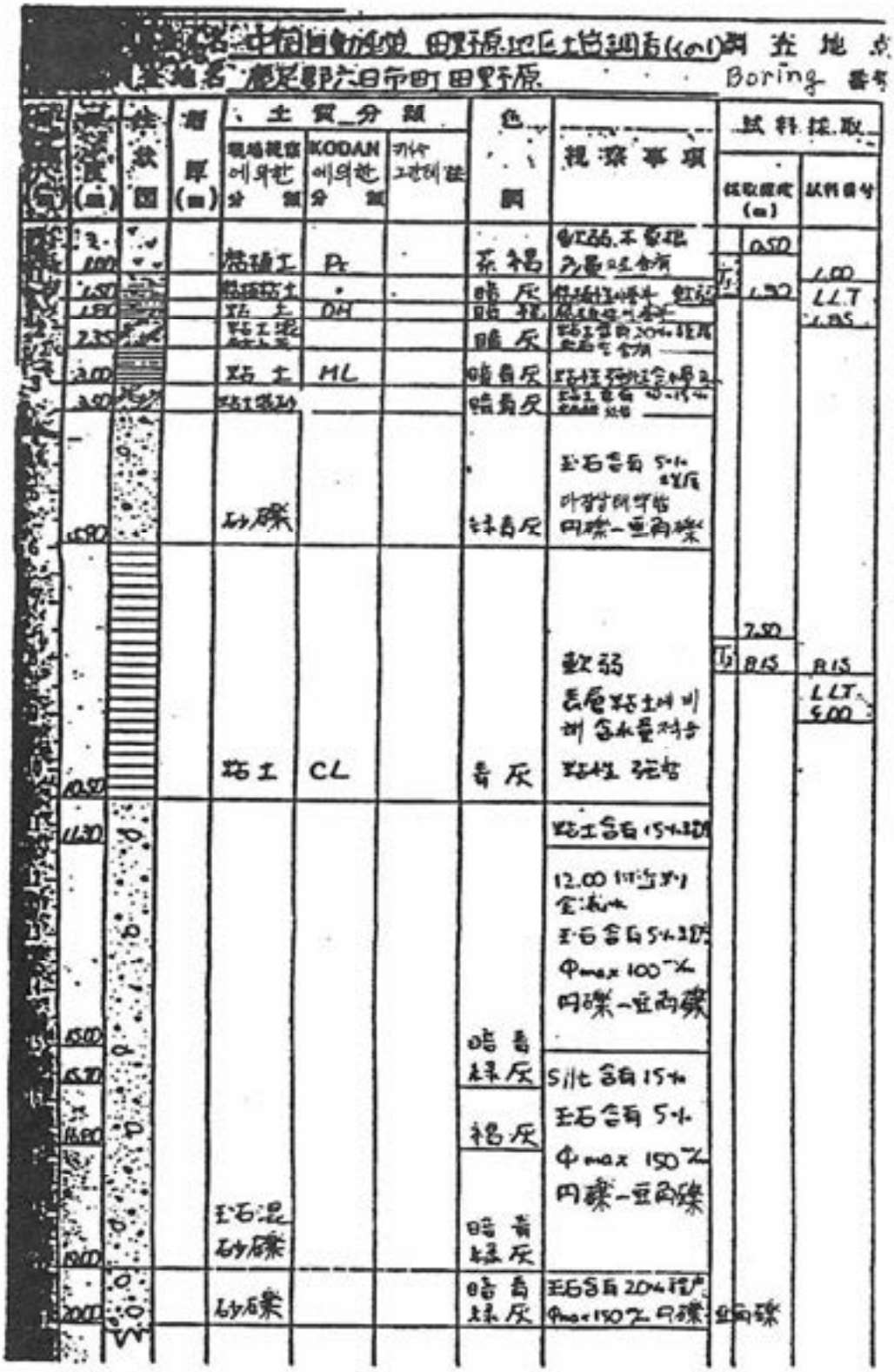
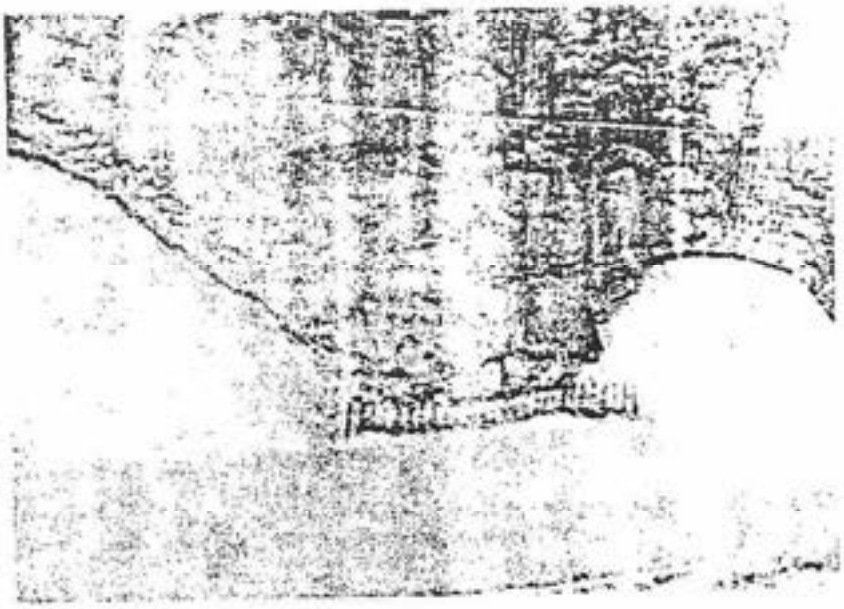


그림 -16 六日市町田野原地区柱状図

土石流에 의한것인지 어떤지는 不明하나 이러한 上流部에 있어서 軟弱粘土層이 두껍게 堆積되어 있는것도 있다.

2-6. 골짜기에 두껍게 堆積되어 있던 火山灰質土

大山 또는 三瓶山의 噴火에 따른 火山灰質土 (검고 거칠어 부서지기 쉬운 흙)가 中國山脈, 山間部에 널리 堆積되어있다.



寫眞－2

侵蝕作用이 進行되고 있는 곳에서는 이미 流失되어 있으나 侵蝕이 약간 완만한 盆地性이 완만한 谷部에서는 두껍게 堆積되고 이것이 地下水 以下인 경우에는 土木工事에 있어서 危險한 軟弱地盤을 構成한다.

2-7. 人工的으로 만들어진 溜地, 沈澱池 等

都市部에서는 市街地化가 進行되고 農業用水用의 溜池도 그 必要性이 없어지고 埋立하는 경우가 많다. 溜地의 밑바닥에는 軟弱한 粘土層이 堆積되어 있다.

또한 鑛山의 質이 나쁜 石灰山 附近에는 옛날 沈澱池가 만들어져 있고 이것이 그후 埋立되거나 하여 一見 識別할수 없는 경우가 있다. 構造物을 設置한 경우 常한 沈下가 發生되어 調査한 結果 舊沈澱池의 粘土層이 存在하고 있었다는 일도있다.