

日本の軟弱地盤 對策

藤井 三千勇*

目 次

- 1. 序言
- 2. 軟弱地盤의 概念
- 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. 맺는말

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 할 수 있을 것이다.

말하자면 이들 軟弱地盤을 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 日本에 定着되어 다시

發展하고 있다.

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

2. 軟弱地盤의 概念

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.

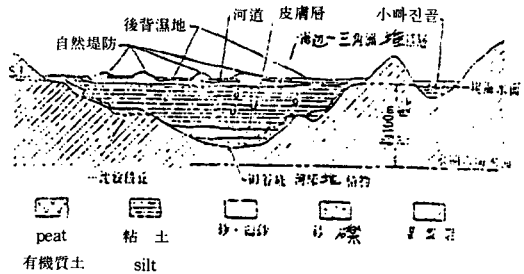


그림-1. 빠진골을 堆積하는 沖積層의 模式的 斷面

* (株) 藤井 基礎設計事務所 社長

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

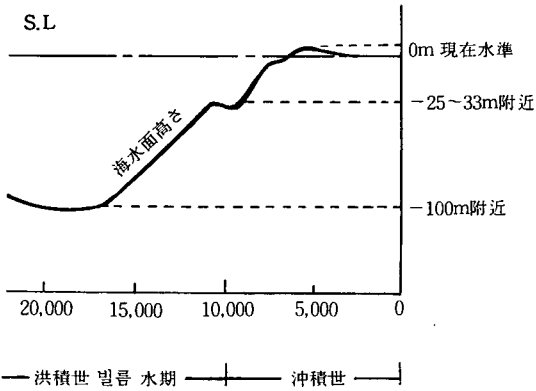


그림-2 洪積世末~沖積世에 있어서의 海水面 變動概念圖

15,000년까지에 -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.

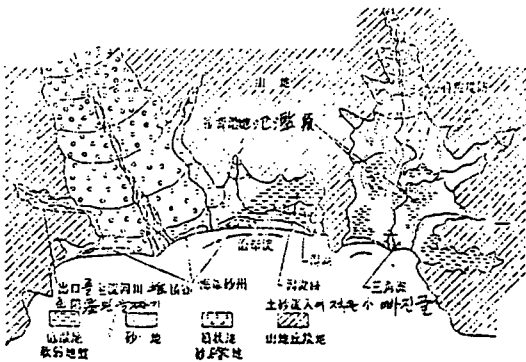


그림-3 軟弱地盤이 되기 쉬운 地形的 位置

그림-3은 地形과 堆積物과의 關係를 表示한 것이다.

5,000年前的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 急激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.

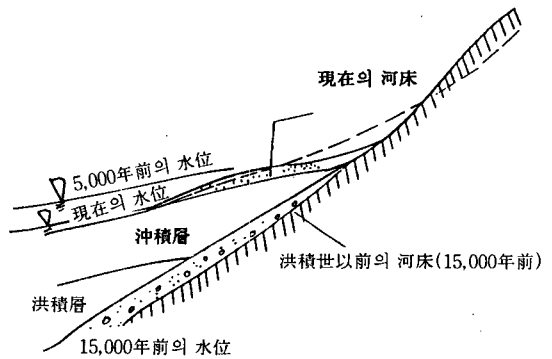


그림-4 河川縱斷模式圖

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年前的의 河床이 現在도 다시 侵蝕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 깊은 경우에는 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.

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.

특히 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 岫(岬,갭)에서 岫을 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.

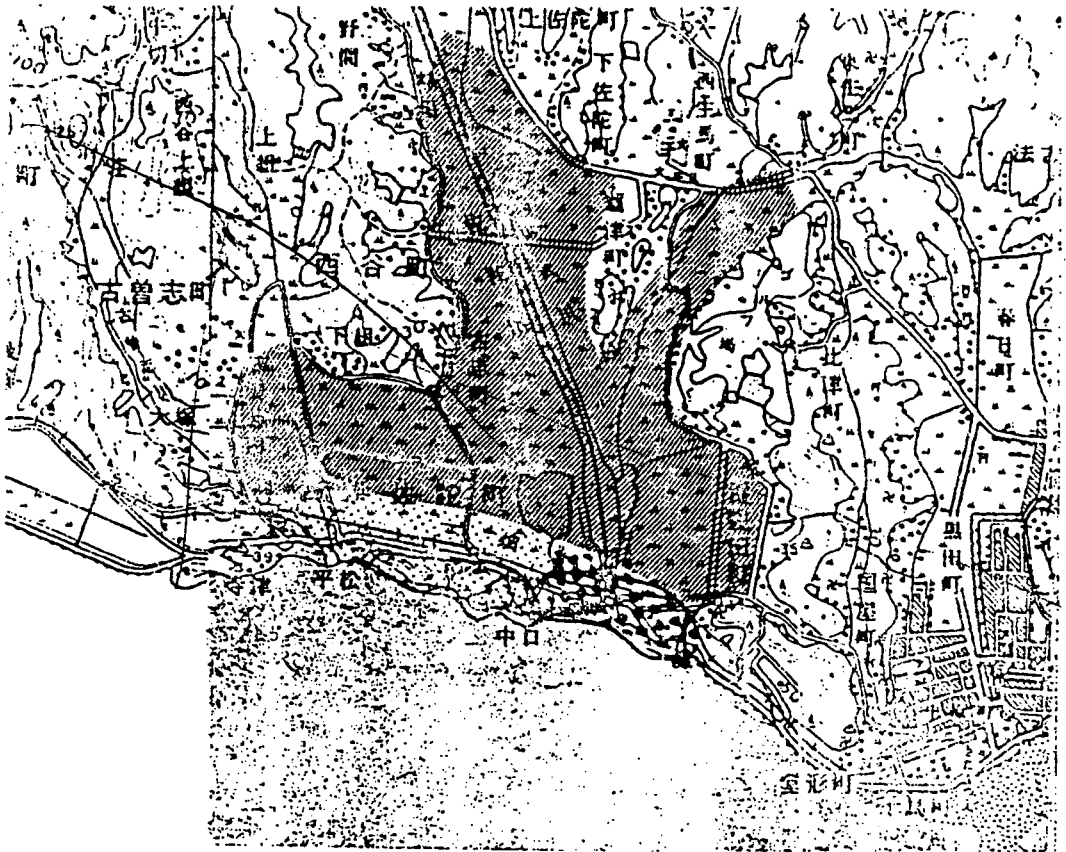


그림-7 浜佐陀附近的 軟弱地盤地形圖

2-3. 本川の 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.

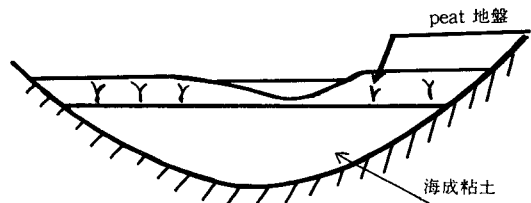


그림-8

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.

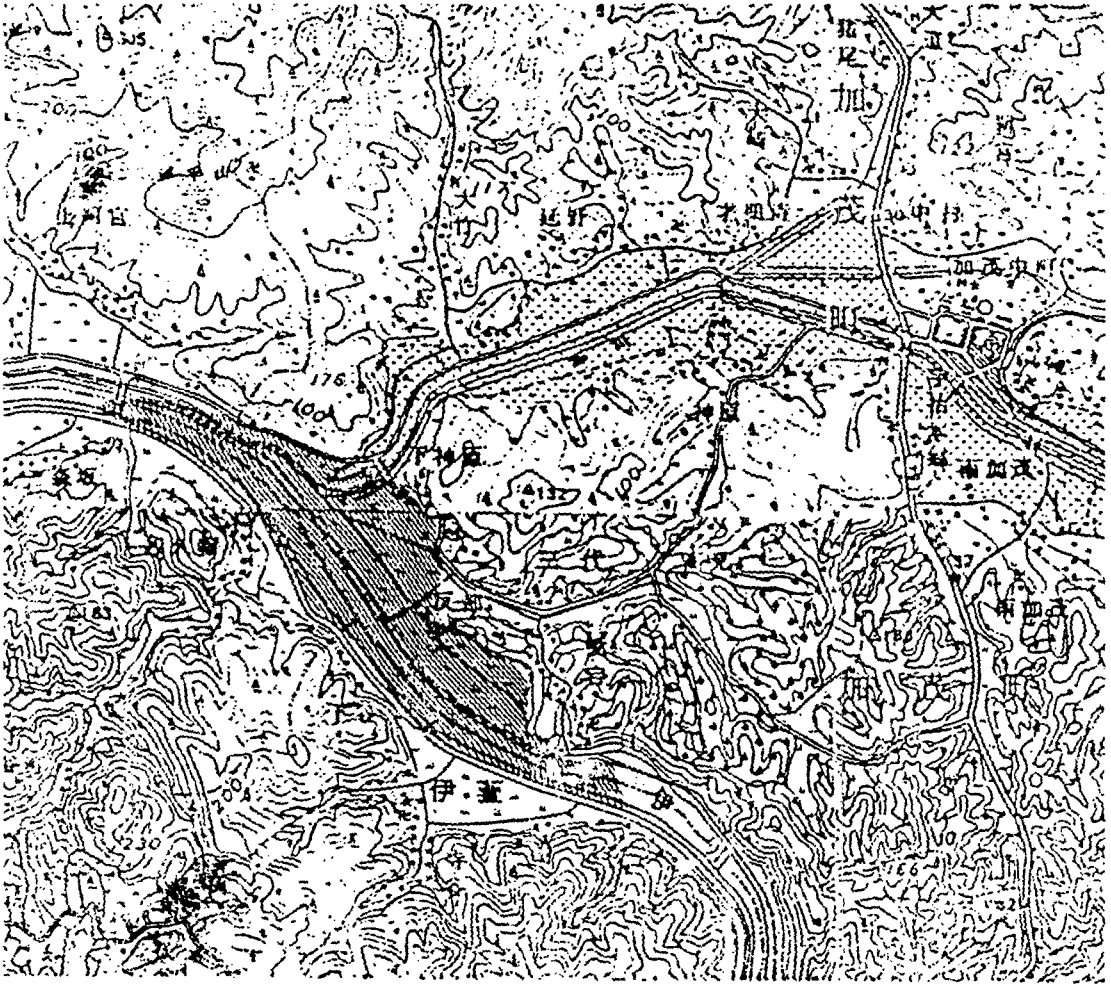


그림-9 加茂町附近의 軟弱地盤地形圖



그림-10 自然堤防模式圖

洪水時에는 이 自然堤防을 넘어 氾濫하여 背後地로 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

바꾸는 것으로 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 되는 일이 많다.

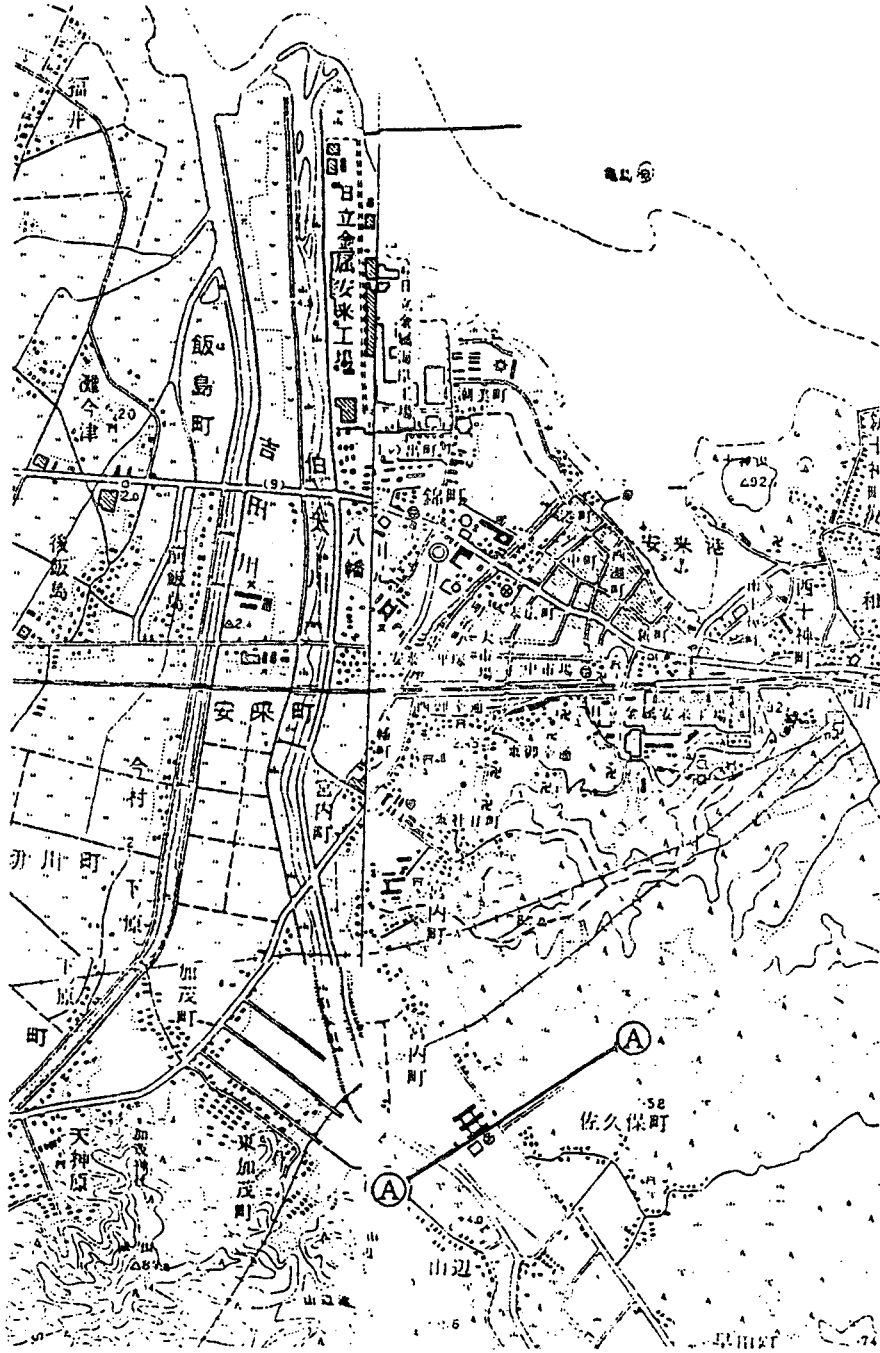


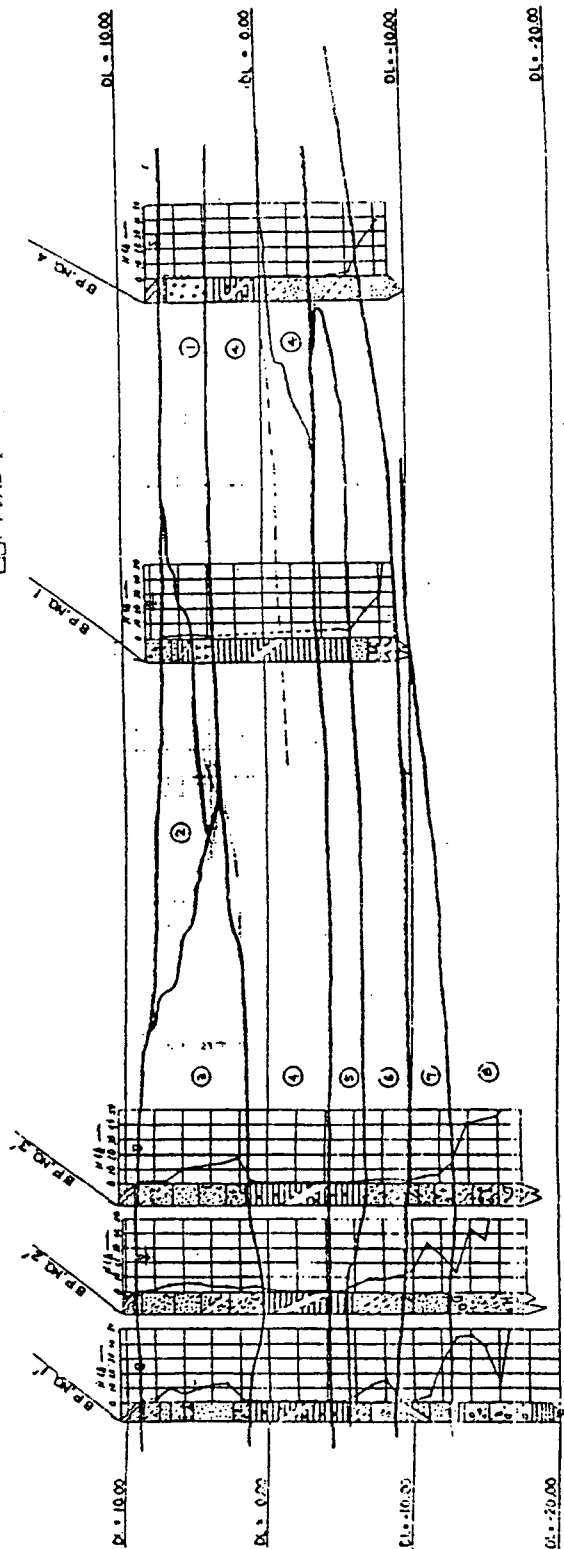
그림-11 安來高校附近的 軟弱地盤圖

①—④
地層構造断面圖



- 1: 砂礫層 (砂礫層)
- 2: 砂礫層 (砂礫層)
- 3: 砂礫層 (砂礫層)
- 4: 砂礫層 (砂礫層)
- 5: 砂礫層 (砂礫層)
- 6: 砂礫層 (砂礫層)
- 7: 砂礫層 (砂礫層)
- 8: 砂礫層 (砂礫層)
- 9: 砂礫層 (砂礫層)
- 10: 砂礫層 (砂礫層)
- 11: 砂礫層 (砂礫層)
- 12: 砂礫層 (砂礫層)
- 13: 砂礫層 (砂礫層)
- 14: 砂礫層 (砂礫層)
- 15: 砂礫層 (砂礫層)
- 16: 砂礫層 (砂礫層)
- 17: 砂礫層 (砂礫層)
- 18: 砂礫層 (砂礫層)
- 19: 砂礫層 (砂礫層)
- 20: 砂礫層 (砂礫層)

假名標記



1. 그림 12 假名標記地層構造断面圖

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 등이 堆積한 것.

1984年 9月 長野縣 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 玉瀧川을 길이 3.5km, 幅 200m, 깊이 30m에 걸쳐 閉塞되었다. 이 때문에 上流에 길이 約 2.5km, 幅 100m, 깊이 30m의 湛水池가 만들어졌다.

그림-14는 그 平面圖와 湛水池의 寫眞이다.

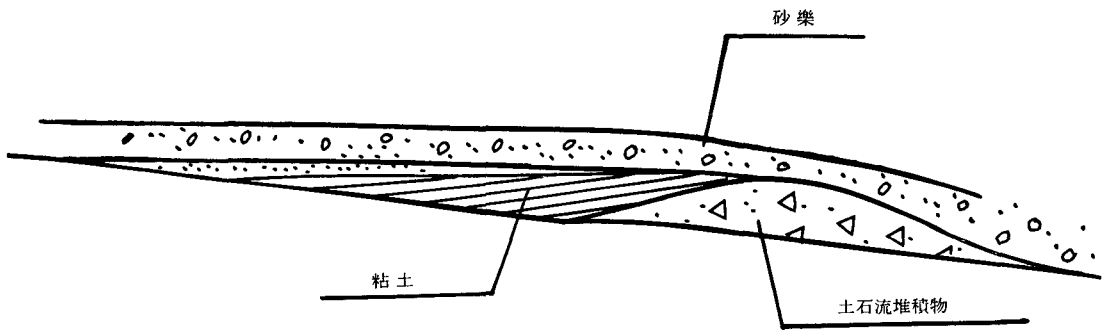


그림-13 土石流에 의해 閉塞된 河川의 模式斷面圖

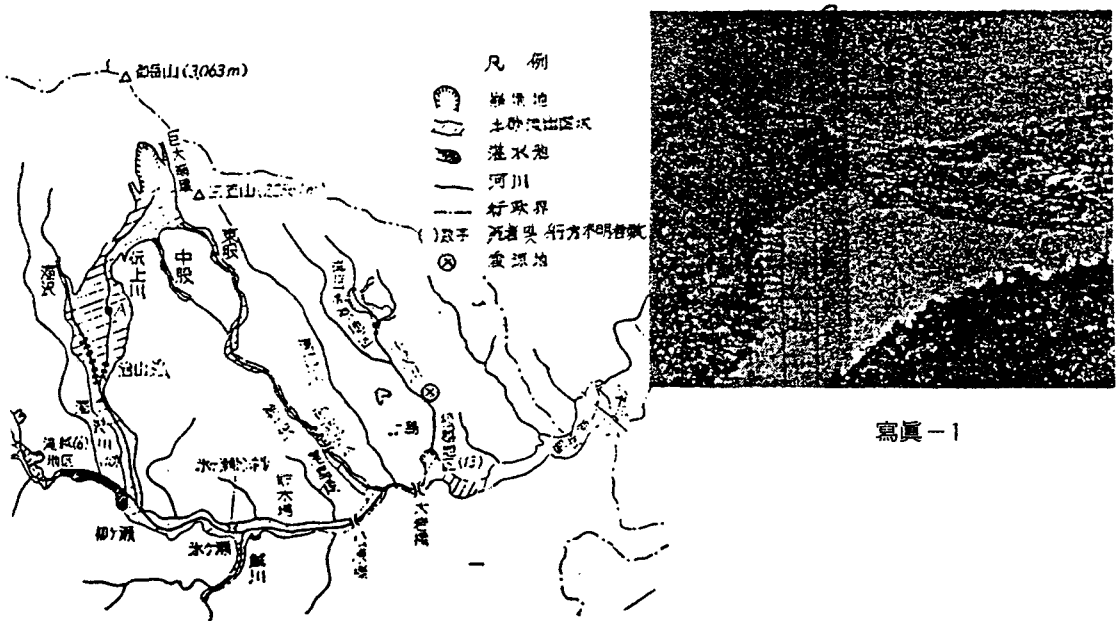


그림-14 長野縣西部地震被害狀況圖

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한

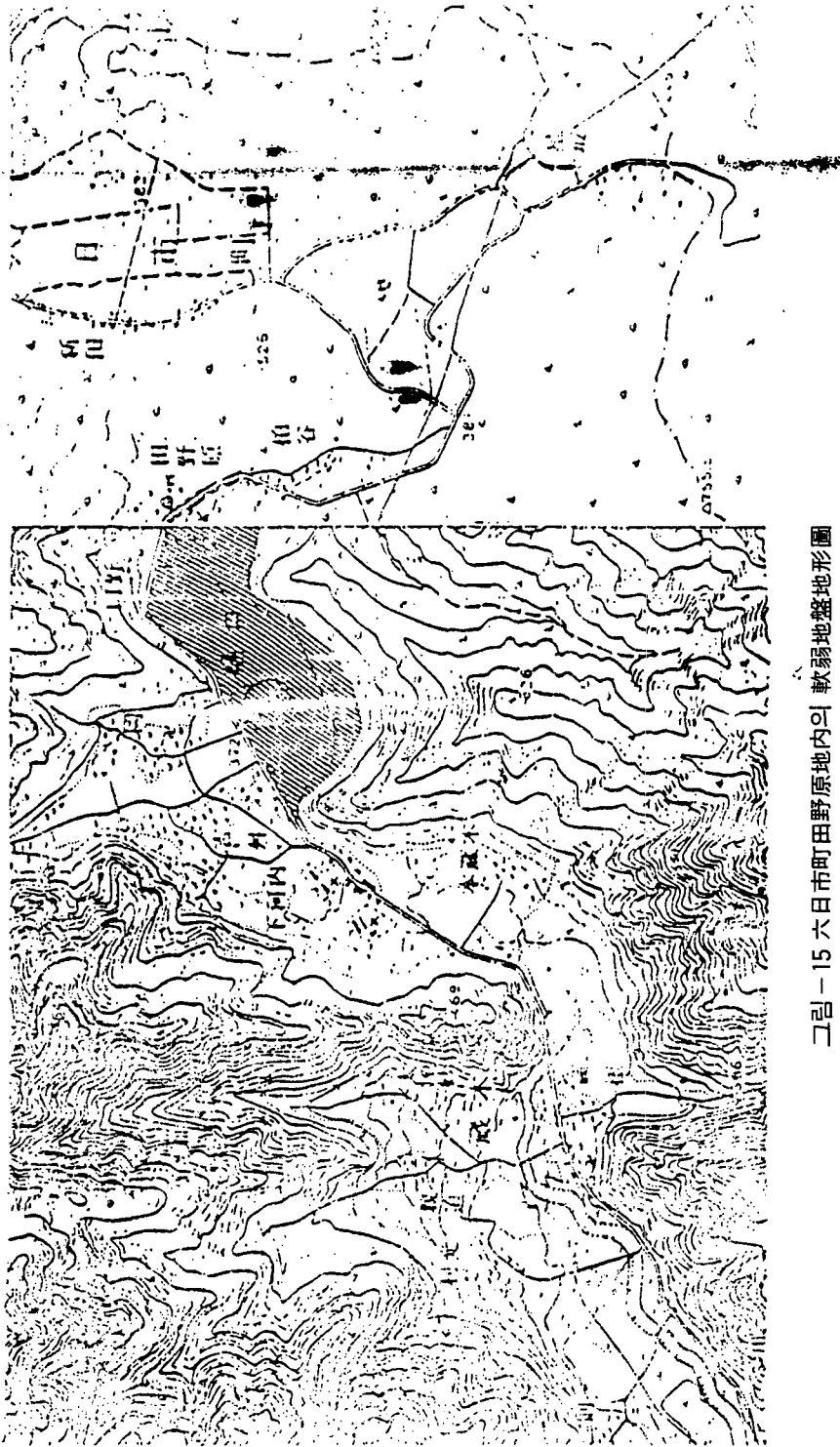


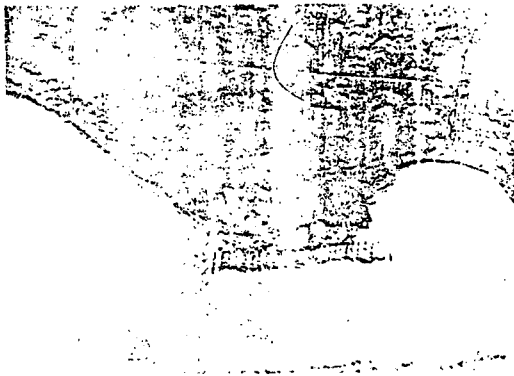
그림-15 六日市町田野原地内の軟弱地盤地形圖

土石流에 의한 것인지 어떤지는 不明하나 이러한 上流部에 있어서 軟弱粘土層이 두껍게 堆積되어 있는 것도 있다.

2-6. 골짜기에 두껍게 堆積되어 있던 火山灰質土

大山 또는 三瓶山の 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되어 있다.

侵蝕作用이 進行되고 있는 곳에서는 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 土木工事に 있어서 危險한 軟弱地盤을 構成한다.



寫眞-2

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이나 平 石灰山 附近에는 옛날 沈澱池가 만들어져 있고 이것이 그후 埋立되거나 하여 一見 識別할 수 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 일도 있다.

3. 軟弱地盤技術의 基本的 問題

軟弱層에 土木構造物을 만들 경우

1. 沈下(壓密沈下)
2. 미끄러짐(斜面的 安定)
3. 支持力
4. 變形(側方流動 等)

이들의 理論的 說明은 專門書에 맡기고 技術者로서 머리에 넣어 두어야 할 事項에 대하여 技術한다. 미끄러짐도 支持力도 地盤의 破壞時의 塑性平衡을 問題로 하고 있는 點에서는 전혀 같은 일이나 一般的으로 미끄러짐의 경우는 安全率 $F_s \geq 1.2$ 로 하고 支持力의 경우에는 $F_s \geq 3.0$ 으로 하고 있는 點, 構築하는 土木構造物의 重要度, 構造物의 許容되는 變形의 程度에서 設計의 安全性을 考慮한다고 하는 技術的 感覺으로 나누어 생각하고 있다.

또한 軟弱地盤에 무엇인가를 만들려면 破壞에는 이르지 않더라도 地盤은 반드시 變形한다. 近年 이 變形이 問題로 되어 왔다. 設計時에 考慮해둘 問題이다.

3-1. 沈下

沈下量

$$S = \frac{e_0}{1+e_c} \cdot H$$

$$\text{또는 } S = \frac{H}{1+e_0} c_c \cdot \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$$

e_0 : 壓密層의 初期間隙比

e_1 : 壓密層의 壓密後의 間隙比

H : 壓密層의 層 두께

c_c : 壓縮指數

P_0 : 壓密層의 土被壓

ΔP : 壓密層의 壓力增分

地盤内の應力分布

부시네스크, 뉴마크, 오스타바크 등의 식, 圖

表가 提案되어 있다. 概念的으로는 다음의 方法이 알기 쉽다.

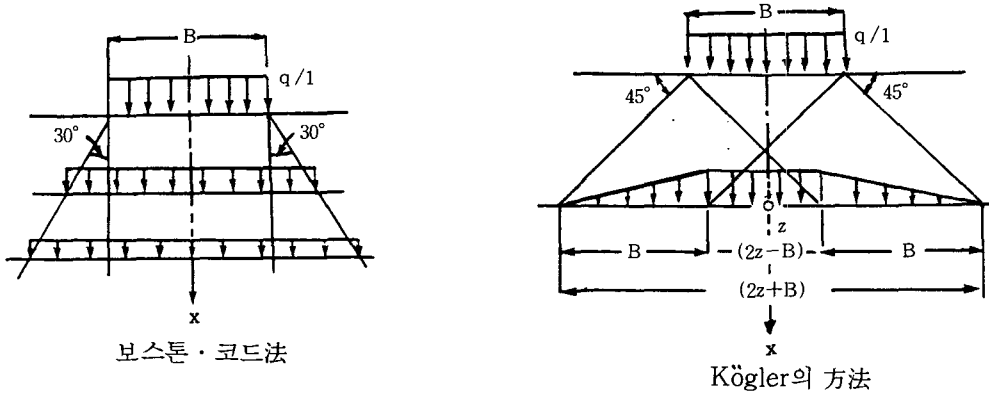


그림 - 18 地盤內應力分布概念圖

沈下에 關한 注意點

- 1) 正規壓密인가 過壓密 인가?
- 2) 沈下時間은 壓密層 두께의 2乘에 比例한

다. 즉 粘土層 두께가 2倍가 되면 時間을 4倍가 된다.

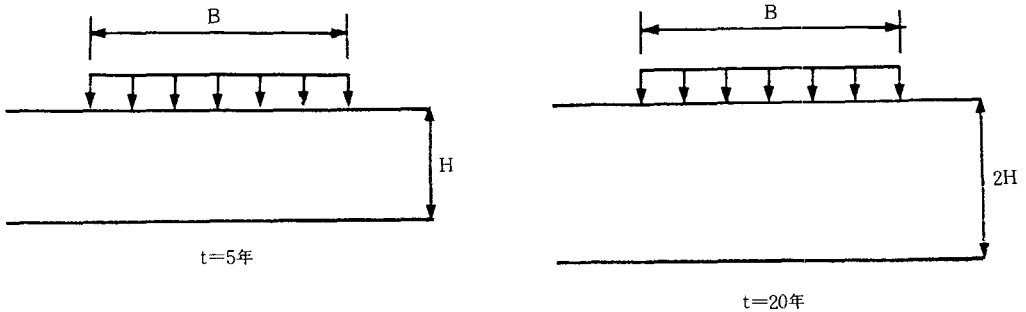


그림 - 19 沈下時間概念圖

- 3) 沈下の 側方으로의 影響의 範圍는 깊이 H 의 範圍이다.

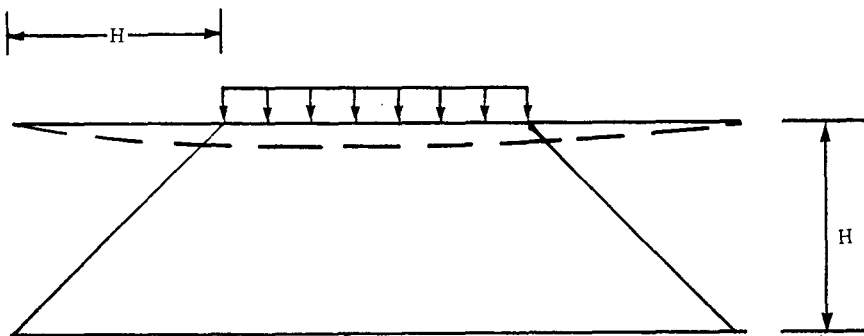


그림 - 20 沈下範圍概念圖

3-2. 미끄러짐(省略)

3-3. 支持力

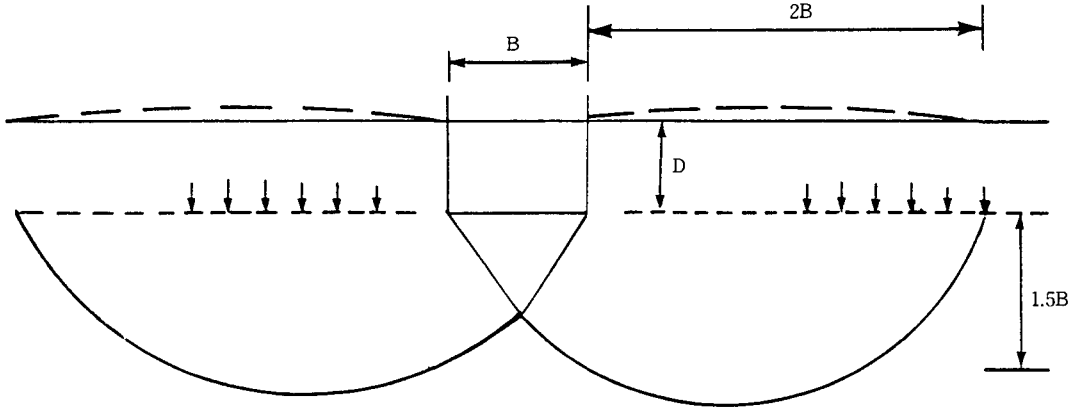


그림-21. 支持力機構概念圖

$$q_d = \alpha \cdot c \cdot N_c + \beta \cdot \gamma \cdot B \cdot N_r + \gamma \cdot D_f \cdot N_q \dots (2 \cdot 6)$$

여기에는 α , β 形狀係數로서 表-2·2에 表示되어 있다.

表-2·2 테라지미 公式의 形狀計數

基礎形狀	連 續	正 方 形	円 形	長 方 形
α	1.0	1.3	1.3	$1+0.3B/L$
β	0.5	0.4	0.3	$0.5-0.1B/L$

支持力에 관한 注意點

1) 支持力(t/m^2)은 흙 自身の 強度 以外에 構築하는 構造物의 幅(B)과 根入(Df)에 依하여 變한다.

2) 上記한 支持力 公式은 깊이가 1.5B, 幅 2B의 範圍가 거의 均一한 때에 成立한다.

3) 또한 上式은 地表面이 水平인 경우이므로 地表面이 傾斜된 경우에는 1/2 以下로 減少한다.

不足되어 있다.

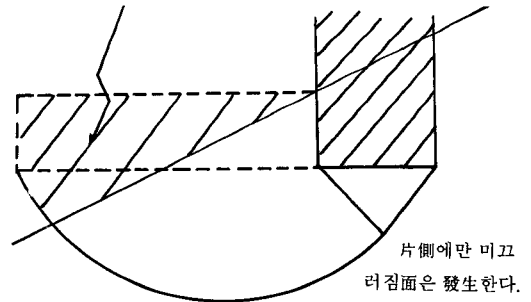


그림-22 傾斜地 支持力機構概念圖

彈性變形 (即時沈下)

$$S = aB \frac{1-\mu^2}{E} I_p$$

- a : 基礎의 荷重強度
- B : 基礎幅
- E : 흙의 彈性係數
- μ : 同 Poisson比
- I_p : 影響值

彈性支承上의 beam으로서 變形量과 部材의 應力을 求한다.

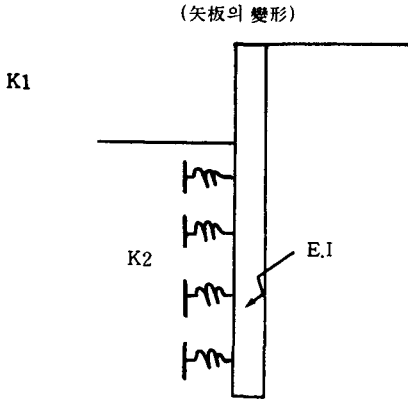


그림-23 Spring支持力機構概念圖

$$a_{cv} = \left(\alpha \frac{B}{H} + \frac{\pi}{2} \right) C_u$$

α : 帶載荷で 1/2

円形 * 1/3

矩形 * $B \times 1$

$$\alpha = (1 - B/3L) 1/2$$

C_u : 粘土의 非排水強度

變形에 대한 注意點

1) 變形量은 理論的으로 計算은 되어도 실제는 거의 一致하지 않는다. 따라서 반드시 계측에 의해 Check해야 한다.

2) 變形을 적게 抑制하기 위하여 現狀에서는 安全率을 크게 취하던지 強度를 낮게 見積하는 以外에 確信을 갖게하는 方法은 없다.

4-1. 軟弱地盤對策의 要點

軟弱地盤對策은 1) 地盤上에 새로 建設을 行할 경우와 2) 自然災害에 대하여 地盤의 保全을 圖謀한다는 경우가 있다.

여기에서는 1)의 경우에 대하여 敘述한다.

이 경우 計劃하고 있는 構造物을 安全하게 地盤上에 만드는가 하는 것이 문제가 된다. 安全이라는 意味는 1) 地盤이 構造物의 重量을 充分히 支持할 수가 있을 것 2) 將來도 構造物의 沈下나 傾斜等 使用上 形便이 좋지 않을 것이 생기지 않는 것을 意味하고 있다.

어떤 地盤上에서 構造物의 建設이 計劃된 경우에는 우선 그 地盤의 調査를 行하여 支持力과 沈下 傾斜의 檢査를 行한다. 이 結果 不安이 있을 경우에는 構造物의 設計變更을 行한다.

支持力에 관하여는 單位面積當 荷重을 減少시키는 것이고, 沈下에 대하여는 荷重의 減少와 載荷面積의 減少를 考慮해야 한다.

荷重을 減少시키려면 構造物의 높이를 減少시킬 것, 構造物의 材料의 計量化를 圖謀하는 것이 생각되나 地盤을 掘鑿하여 地下部分을 增加시키는 것도 有效한 手段이다. 이것을 Floating 基礎라고 부르고 最近의 分布가 變化하는 距離를 크게 하여 荷重 臨海地域의 大規模 工事中에서 잘 使用하고 있다.

흙을 쌓아 堤防을 만들 경우(또는 흙갇이하어 斜面을 만들 경우)에는 荷重을 減少시키는 것도 重要하나 構造物의 本體가 地盤과 그다지 다른 無는 흙이기 때문에 例를들면 흙쌓기의 端部만이 地盤과 함께 破壞되는 일도 있고, 地表面의 荷重變化로 하는 것도 重要하다. 이것들을 考慮

한후 더구나 不安이 있을경우 基礎工을 研究하게 된다. 一般的으로 말뚝基礎, Pier基礎 등을 考慮하고 있다. 또 弱한 地盤을 強하게 한다는 생각에서 地盤改良이 많이 行해지게 되었고 軟弱地盤對策이라고 말하면 地盤改良을 意味하는 것이 되고 있다.

이것에는 置換工法과 補強工法이 있다. 近年 環境問題에 대한 配慮에서 置換工法은 行해지지 않게 되었고 흙을 置換하지 않고 強化한다고 하는 地盤改良이 一般的인 것이 되고 있다.

粘性土地盤을 強化하기 위해서는 地盤上에 荷重을 加하고 흙中의 물을 짜내는 壓密工法이 가

장 Orthodox하다. 그러나 壓密에는 時間이 걸리는 것이 實제상의 缺點이다. 이 點을 克服하기 위하여 使用되는 것이 Vertical drain 等에 의한 壓密促進公法이다.

但 Drain施工의 信賴性, 地盤內의 흙의 不均質性 問題가 있다. 또 한편으로는 粘性土地盤의 Cementation 效果를 短時間에 終了시키기 위하여 高化劑를 흙에 混入하여 科學的으로 흙을 強化하는 科學的 改良工法도 많이 使用하게 되고 있다.

이 工法의 問題點은 強化의 程度를 豫測대로 Control할 수 없는 것이다. 또 이 工法이 壓密工法과 決定的으로 다른點은 壓密工法이 面을 Cover하는 工法에 대하여 이것은 改良工法을 實施하는 部分을 흙만을 強化하는 말하자면 點을 對象으로 하고 있는 點이다.

또 強化部分과 未改良部分이 分離되어 混在하는 소위 複合地盤이 되고 이 複合地盤의 全體의 인 性格의 把握에 대하여도 今後 解明하여야 할 問題이다.

지금까지 敘述한바와 같이 計劃된 構造物에 대하여 地盤의 強度에 不安이 있으면 地盤에 손

을 加하지 않고 基礎工의 研究에 의하여 解決하는 方法과 地盤의 흙을 地盤改良에 의하여 強化한다고 하는 2가지 方法이 있다.

이 2가지 方法은 실제로는 서로 補完하면서 檢討를 進行시켜야 할 것이다.

4-2. 橋梁의 留意點

軟弱地盤에서 各種의 原因으로 생기는 壓密沈下에 의하여 말뚝에 作用하는 負의 摩擦力이나 基礎말뚝으로 부터의 荷重에 의한 地盤의 壓密沈下에 의하여 생기는 沈下被害, 또는 橋台나 盛土에 近接한 橋脚 等 偏土壓에 기인되는 地盤의 側方流動에 의한 被害가 생기는 일이 많다.

① 摩擦말뚝

支持말뚝에 비해 長期間의 支持力 特性 等의 不明한 點이 있으므로 信賴性이 떨어지는 것으로 되어왔다. 그러나 長期載荷試驗도 수많이 行하여지고 長期의 沈下性狀에 대하여도 明白하게 된것으로 부터 摩擦말뚝을 고쳐보게 되었다.

② 負의 摩擦力에 대한 對策

말뚝基礎에서는 最近 負의 摩擦力을 低減하는 工法이 많이 使用되게 되고 있다.

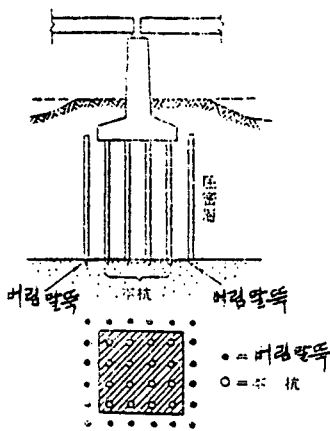


그림 - 24 버림말뚝

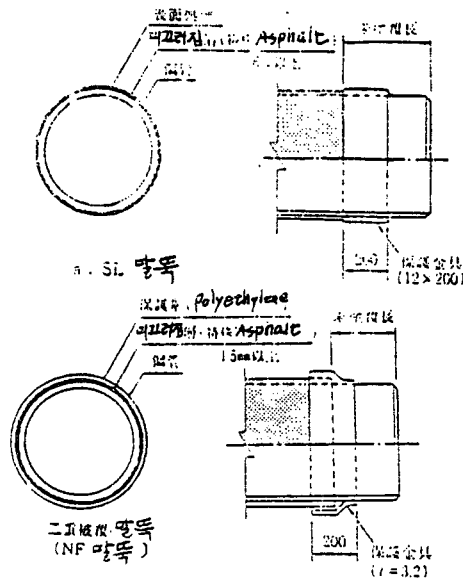


그림 - 25 二重被覆말뚝

③ 側方移動對策工

對策工法	概 念 圖	對策工法	概 念 圖
Preloading 工法		상아플림 式 樁 台	
其 他의 地盤改良工法		Approach Cushion 式樁台 (AC式)	
堆置盛土材		押 盛土工法	
Pipe (Box)를 埋設하는工法		埋 設 樁 台	
pile slab 工法 pile net 工法		Seurat 工法 (押 slab 工法)	

그림 - 26 側方移動對策工法의 概念圖

4-3. 地下鐵의 留意點

軟弱地盤에서의 建設公法은 開鑿工法이든지 Shield에 거의 限定된다.

設計上의 留意點

① 土壓과 連續壁의 本體利用

軟弱地盤에서는 側方土壓이 커지기 때문에 部材의 剛性を 높일 必要가 있고 그 對策의 하나로서 흙막이工에 設置한 連續壁을 本體壁에 利用하는 것도 今後의 課題이다.

② 地盤沈下對策

一般的으로 排除한 흙의 重量보다 Tunnel의 重量이 가볍기 때문에 Tunnel 축조에 수반하는 沈下는 없다.

그러나 自然沈下가 進行되고 있을 경우에는 補強對策이 問題가 된다. Tunnel 밑에 基礎를 設置하고 沈下를 防止하는 方法과 Tunnel을 沈下에 追從시키는 方法이 있고 一般的으로는 後者의 工法이다. 이 경우 Flexible Joint를 設置하던지 內空斷面을 擴大하여 將來 調整을 할 수 있도록 해둘 必要가 있다.

③ 地震對策

橫斷方向 보다도 縱斷方向의 檢討 問題가 있다. 箱子形 斷面에서는 斷面剛性を 올리고, Shield의 경우에는 Flexible에 대응하는 대책이 된다.

施工上의 留意點

① 開鑿工法인 경우의 周邊地盤의 沈下

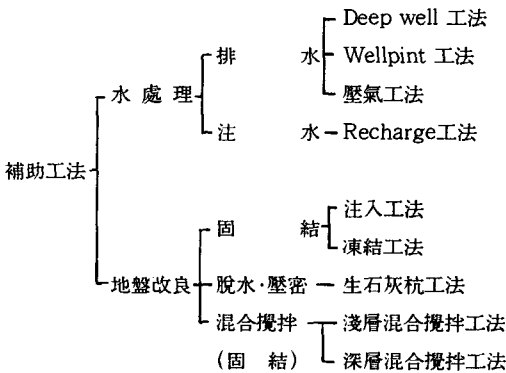
沈下原因으로서는 흙막이壁의 變形에 隨伴하는 沈下와 地下水 低下에 隨伴하는 壓密沈下が 있다. 土留壁의 腹起 變形量의 算出에는 FEM 解析이 사용되게 되고 計測管理手法을 併用하는 것에 의해 重要構造物의 近接施工의 豫測解析이 可能하게 되었다.

② 地下水 對策

周邊의 沈下防止 및 井戶枯渴防止를 위해서 止水性이 높은 土留壁을 使用하도록 되어 있다. 止水性 흙막이를 使用한 경우에는 背面의 水壓이 作用하기 때문에 土流壁의 變形이 커지고 地盤沈下를 增大시키게 된다. 또한 根入部에서의 boiling heaving이 發生할 憂慮가 있고 充分히 注意할 必要가 있다.

③ 補助工法과의 balance

最近 軟弱地盤의 開鑿工法에 있어서는 補助工法이 不可缺의 要素로 되어 있다. 이 採用에 있어서는 安全性과 工事費를 包含한 全體的인 balance가 必要하다. 地下鐵工事에서의 補助工法의 分類는 다음과 같다.



4-4. 道路의 留意點

① 敷砂(Sand mat) 工法

1. 軟弱層의 壓密을 위한 上部排水層
2. 施工機械의 Trafficability의 두께로 다시 trafficability의 確保를 할 수 없는 경우에는 敷設鐵板, 敷設材를 併用한다.

② 緩速 載荷工法

軟弱地盤에서의 흙쌓기 工法의 基本工法으로 動態觀測을 併用한다.

③ 押盛土 工法

本體 盛土外側에 對荷重으로서 作用하는 小盛土를 行하고 基礎地盤의 미끄러짐에 抵抗 시키는 것이다.

側道 또는 工事用 道路로서 有効하게 利用할 必要가 있다. 施工에서는 반드시 押盛土部分을 先行시키는 것이 重要하다.

④ 載荷重工法(Surcharge 工法, Floating 工法)

計劃高 以上으로 盛土를 載荷하고 一定의 放置期間을 두었다가 餘分의 荷重을 除去하는 工法

計劃高 以上으로 盛土를 行하기 때문에 安定에 대하여 充分히 檢討하는 것이 重要하다. 또 Floating工法에서는 盛土의 除去에 따라 地盤이 Rebound 되는 일이 있고 Box의 施工 높이를 決定할 時에 注意가 必要하다.

⑤ Vertical drain 工法

모래말뚝 등의 銳直排水柱를 設置하여 排水距離를 短縮하는 것으로 壓密을 促進시키는 工法이다.

盛土 法面 밑에서 中心部를 向하여 施工하는 것, 모래나 guard board가 途中에서 잘라지지 않도록 引拔速度를 充分히 管理할 必要가 있다.

⑥ Sand compaction 工法

衝擊荷重이나 振動荷重에 의해 모래를 地盤中에 壓入 다집하여 基礎地盤의 支持力 向上을 圖謀하는 것이다.

施工時에는 振動, 騒音對策에 配慮할 必要가 있다.

또 周邊地盤으로의 밀어냄 등 近接構造物의 影響에 대해서도 考慮할 必要가 있다.

⑦ 深層混合處理工法

Cement나 石灰 등의 安定材를 原位置의 軟弱土와 強制混合하는 것으로 그 科學的 固結作用으로 地盤을 強化하는 것이다.

다른 工法보다 施工時의 騒音, 振動 등의 影

響이 적고 더구나 큰 改良效果가 얻어지므로 最近 많이 使用되게 되었다. 그러나 현재 다른 공법에 비해 比較的 높으므로 使用場所에 대하여는 檢討할 필요가 있다.

4-5. 空港의 留意點

空港建設에 큰 障害가 되는 것에 騒音問題가 있다. 이 때문에 空港의 立地는 사람들과 洞에서 떨어진 山의 奧地던가 海岸에서 멀리 떨어진 앞바다의 人工섬에 制限된다.

東京國際(羽田) 空港·關西國際空港에 代表되는 앞바다의 人工섬은 軟弱地盤對策이 重要한 point가 된다.

1. 滑走路, 誘導路나 Apron部分은 嚴한 平坦性이 要求되므로 不等沈下는 거의 허락되지 않는다

羽田空港의 경우, 아래의 土層圖에 表示하는 Ac 1層을 Vertical drain 工法으로 改良하였다. 이 結果 約 1年間に Ac 1層의 압밀은 끝나고 이것을 기다려서 鋪裝하면 Ac 2層에 의한 沈下는 最初의 10년간에 40cm, 다음의 10년간에 20cm, 다시 다음의 10年間에는 10수cm로 된다. 이 정도의 沈下이면 不等沈下가 생겨도 이年間에 1~2회에 陸地가 아니곳을 修正하기 위한 高尙을 行하는 것으로 充分히 對處할 수 있다.

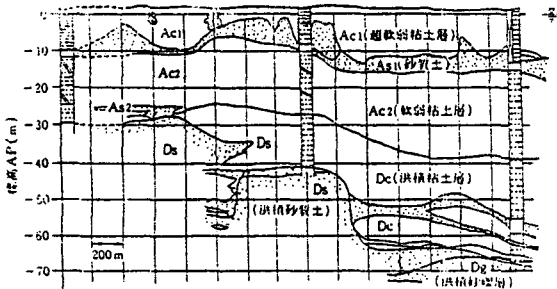


그림-27 新A滑走路縱斷方向土層圖

2. 埋立두께가 크고 埋立面積이 크기 때문에 沈下의 影響이 깊다. 關西空港의 경우 土層構成은 羽田과는 다르고 海岸에서 앞바다를 향하여 傾斜된 單斜構造로 되어 있다. 代表的인 土質柱狀圖를 그림-28에 表示한다.

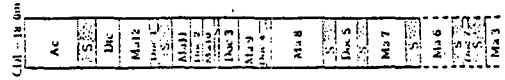
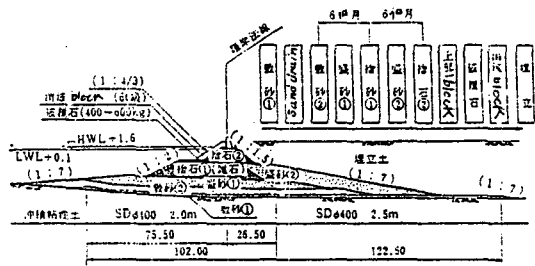


그림-28 代表的인 地質構成

水深 16.5~19m의 海저에서 16~20m의 두께의 沖積粘土層(AC)이 堆積되고 그밑에 粘土層과 얇은 砂層과의 互層으로 된 洪積層이 수백m 繼續되어 있다.



()內는 施工時의 法勾配를 表示한다.

그림-29 緩傾斜石積 護岸의 標準斷面圖

沖積層은 正規 壓密粘土이고 洪積粘土層은 過 壓密層이다. 埋立두께가 30m나 달하고 面積이 넓으므로 洪積層의 沈下도 無視할 수가 없고 깊이 150m 정도까지 沈下에 關係된다고 豫測하고 있다.

4-6. 宅地造成의 留意點

宅地造成에 있어서의 軟弱地盤對策은 다만 地盤改良 等の 技術的인 處理에 멈추지 않고 土地利用 計劃의 立案을 始作하여 供給計劃 工事竣工後의 維持管理에 이르기 까지의 綜合的인 檢討가 必要하다. 技術的으로는 地盤의 安定과 沈下에 대한 對策으로 一般的으로 다음과 같은 工法이 使用되고 있다.

- 盛土荷重 載荷工法(pre-load, surcharge 工法)
- Vertical drain 工法
- Sand compaction pile 工法
- 深層安定 處理工法
- 深層安定 處理工法

4-7. 建築의 留意點

軟弱地盤에 대하여는 이軟弱層을貫通하여 굳은確固한地盤까지말뚝을打設하고이위에構造물을만들고沈下가생기지않도록하는것이一般的이고建築構造물에있어서도이것은例外는아니다. 그러나近年의海邊의埋立地盤等に있어서는軟弱한層이두꺼워져서支持말뚝으로하면매우긴말뚝이必要하므로, 특히中低層의建物에는基礎工事に相對的으로莫大한費用이들고매우不經濟인建築物이된다.

그것만이아니라埋立造成後얼마되지않은時機에建設하는일도많고이와같은경우에는建物竣工後의地盤沈下가1m以上에나이르는일도있다. 이와같은場所에서支持말뚝을사용하면經濟인面外에말뚝에대한負의摩擽力, 構造물의뽀아올림, 設備配管等과의沈下量의差等여러가지技術的, 環境的인問題가생겨난다.

이러한것을背景으로하여最近의建築에서의支持말뚝을사용하지않고침하나不等沈下를적게하는공법이나또는沈下를補正하는裝置를가진工法이採用되기始作하고있다.

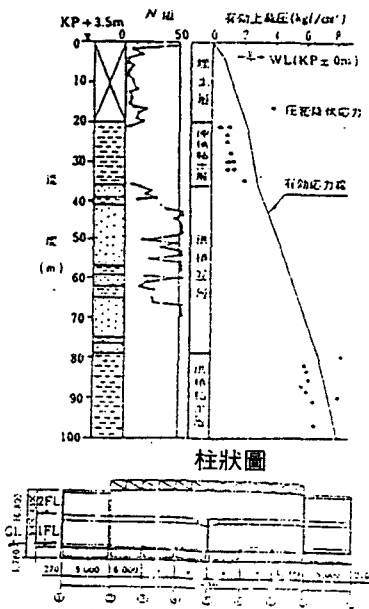


그림-30 建物斷面圖

다음에 그事例를表示한다.

敷地는海面의埋立地로서그림-30에表示하는柱狀圖이고殘留沈下는約2.5m로豫測되었다. 建物은그림에表示하는바와같이地上2層, 平面規模55×50m의體育館이다.

沈下量이2.5m나되면豫期할수없는不等沈下가생기는것도充分히생각되고이를위한對策도考慮한工法을하지않으면안된다. 또2.5m의地盤沈下에대하여5.5m의崇尚을行하였다. 이盛土重量과建物重量을考慮한粘土層의最終沈下는約300cm로計算되었다.

이沈下量에견딜수있는建物を築造하기위하여다음의對策이施行되었다.

① 計算되어있지않은埋土層의沈下를最小限으로하기위하여埋土層을Sand compaction pile에의하여地盤改良한다.

② 排土重量과建物重量을balance시키는floating基礎工法으로한다.

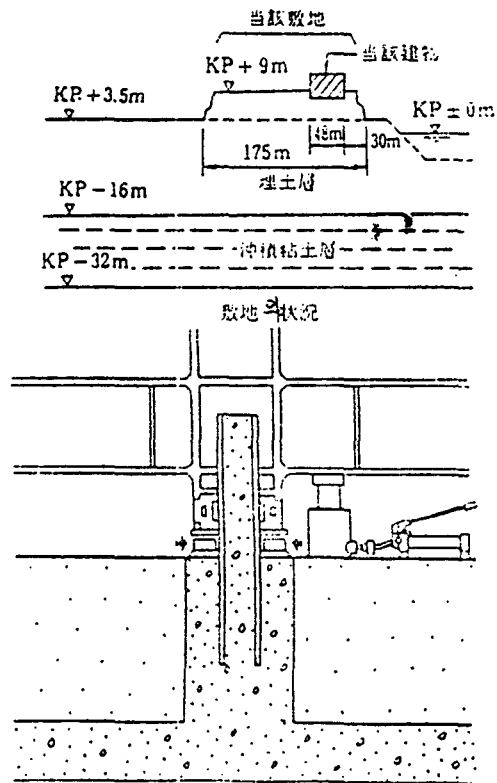


그림-31 Jack up機構

③ 基礎beam과 基礎底盤의 龜裂을 防止하기 위하여 prestress를 導入한다.

④ 管理限界를 超過하는 不等沈下를 修正하기 위하여 基礎beam과 1層床과의 사이에 jack up 機構를 設置한다.(그림-31참조)

⑤ 上部架構를 鐵骨造의 大span 架構로 하여 不等沈下에 의한 變形에 뒤를 따라 쫓아갈 수 있도록 한다.

5. 맺는말

지금까지의 經驗과 研究의 成果덕분으로 軟弱

地盤에 대한 對策의 種類나 數도 增加하고 또한 그 豫測의 精度도 向上되어 왔다. 日本의 지금까지의 軟弱地盤對策은 高度成長期에 가로막혀 힘들어 問題을 解決한다는 印象이 強했다.

그러나 攻擊에만 치우치는 것이 아니라 때로는 逃亡쳐서 相對의 勢力을 꺾는다는 技術도 있어서는 좋을 것이다. 具體的으로는 地盤에 無理한 負擔을 주지 않는 것 같은, 例를 들면 發泡 styrol 등의 輕量材를 使用하는 것 같은 일도 今後 크게 檢討하여야 할 것이다.

또한 地域의 中小規模 工事에서는 보다 flexible하게 多樣한 對策을 檢討하여야 할 것이다.

軟弱地盤에서의 計測管理

東成엔지니어링(株) 理事 南 淳 星

연약지반상의 성토

