

防災的 見地에서 본 建築地의 立地條件

金 亨 杰 (서울工大教授)

§ 1. 머릿말

一般的으로 防災라고 하면, 火災의 경우를 除外하면 天然災害를 對象으로 하는 것으로 解釋할 것이나 建築地의 災害中에는, 埋立, 盛土地盤의 沈下, 或은 造成한 地의 築台崩壞等과 같이 오히려 人爲的인 原因에 依한 災害가 많다.

自然狀態로 構成되고 形成되어 今日的 狀態에 이르던 地盤이나 地形에 對하여 思考해 보면, 때로는 地殼의 隆起와 같이 逆方向의 變動도 있을 것이나, 大勢로서는, 堆積年代가 오래지 않고 柔軟한 地盤은 長久한 年代를 거쳐서 마침내 堅固한 安定된 地盤으로 移行된다. 即形成年代가 오래지 않은 가파른 地形은 드디어 完만한 地形으로 끊임없이 不安定 狀態로부터 安定된 狀態로 移行 되어온 것일 것이다.

달 表面에 새겨진 鮮明한 발자취를 찍은 寫眞을 볼수있게 되어 우선 놀랜 것은 달 表面을 덮은 흙의 부드러움과 작게 뾰족뾰족하게 생긴 生生한 地形에 對해서였다. 地球와 달의 各各의 表面의 흙과 地形狀態 사이에, 分명한 區別을 붙인 空氣와 물 作用에 對하여 새삼스럽게 놀랐던 것이다.

地球表面에서는, 雨雪 또는 河川流水, 海岸의 風浪 或은 바람等, 물과 空氣의 作用, 또 地域에 따라서는 地震 作用도 加하여, 끊임없이 削剝作業과 平滑化 作用이 營爲되고 있다.

岩山의 험악한 地形이 岩石의 風化作用과 비, 또는 融雪의 流水에 依한 削剝作用에 依하여, 地質年代의 極히 長久한 規模로 漸漸 平坦한 地形으로 移行하는 것은 安定化의 過程을 쫓는 것일 것이다. 豪雨라든가 大地震 때에 發生하는 山 사태 또는 急激한 地盤沈下等, 여러가지 樣

相의 現象은 이 緩漫한 移行作用의 過程이 一時的으로 또는 段階的으로 促進된 結果 생긴 것으로 解釋이 된다.

人工的인 地盤이나 地形의 造成은, 自然의 理致를 거슬러서 人爲的으로 變行을 強要하고 있을 것이므로, 慎重한 技術的 檢討에 바탕을 둔 對策, 特히 물에 對한 處置가 배풀어져 있지 않는限 멀지않아 災害를 招來하게 될것은 當然하다.

§ 2. 防災와 立地條件

宅地의 立地條件에 關係되는 防災問題로서 災害 或은 障害의 原因과 그 現象中 우리 國土와 關聯된 것들을 列擧하여 보면 다음과 같다.

- ① 큰비 및 長期間에 걸친 비
- ② 큰눈
- ③ 센 바람
- ④ 산사태 및 빗탈崩壞
- ⑤ 河川氾濫
- ⑥ 浸水
- ⑦ 地盤沈下
- ⑧ 凍害

上記 項目中에서 산사태, 빗탈崩壞는 地表面의 傾斜度는 어떻든간에, 地表가 重力作用에 依하여 一般으로는 큰비나 長期間 오는비가 땅속에 浸透하게 되므로서 그 水圧 作用과 흙속의 間隔水壓이 높아지게 됨에 따라, 흙의 剪斷抵抗을 低下시키는 作用, 即 물에 依한 이 두 作用 때문에 發生하는 것이다.

또한 흙의 剪斷力은 庫倫式에 依하여 다음式으로 주어진다.

$$S = P \tan \phi + C = (P - v) \tan \phi + C$$

S : 흙의 剪斷強度

ϕ : 흙의 内部摩擦角

C : 흙의 粘着力

P : 土粒子 사이에 作用하는 有効壓力

P : 剪斷面に 對한 全垂直應力

v : 間隔水壓

強風에 依한 家屋의 災害는 台風이 지나가는 地域에 있어서 立地條件으로 問題가 되지만, 台風 以外에 突風の 被害를 받기 쉬운 것은 季節風이 불어 오는 方向에 面한 高地帶 부근 일 것이다. 이 밖에 急한 山골짜기도 바람을 強하게 받는 다고 한다. 이와 같은 地形인 場所에서는 家屋의 構造를 잘 생각해서 해야 될 뿐만 아니라, 담장 或은 樹木에 依한 遮蔽等의 對策이 바람직 하다. 이밖에 바람의 被害로서는, 地域的이고 地形的이긴 하지만 모래가 쌓인 地方에서는 砂丘의 問題가 있으나 우리나라에서는 該當되는 경우가 거의 없다.

凍害는 本來 寒冷地에서 地形等에 따라 日照가 나쁜 곳 또 排水가 잘 되지 않고, 흙의 毛管作用이 센 粘土質의 地盤에서 생기기 쉽고, 地盤이 凍結되므로서 基礎가 떠 오르게 될 程度의 被害가 있다. 이것에 對하여는 基礎底面을 凍結深度보다 깊이 놓는다는 또는 基礎直下의 흙을 모래로 置換하는 등의 處置를 取하면 된다. 또 한가지 人爲的인 原因으로서, 鑛山에서 내다 버리는 畝物 以外의 廢棄物이라든가, 工場에서 處置한 石炭燼 또 우리 家庭에서 많이 쓰이는 石炭재의 堆積이 豪雨로 무너져서 그 泥流로 말미암은 被害도 있을 것인데, 最近 九孔炭使用이 많아져 가는데 比例하여 이 石炭재의 堆積의 경우 特別히 注意를 要할 것이다.

上記의 例는 全部 宅地의 立地條件으로서 考慮해야 될 問題인데, 其中에서 人爲的인 原因에 依한 것을 除外하고는 그것을 抑制한다는가 或은 防災對策을 세운다는가 하는 것은 어렵고, 적어도 個個의 宅地의 問題는 아니고 地域的으로 對策을 樹立할 것이 바람직 하다. 다음에 重要한 것 몇 가지에 對하여 記述코자 한다.

§ 3. 地盤沈下

軟弱地盤에 建物이 놓일 때에 土粒子 사이에 包含되어 있는 물이 壓縮應力의 增加에 따라, 間隔體積을 縮小시키므로서 일어나는 柔軟² 粘土質地盤의 所謂 圧密沈下가 問題가 되겠고, 또한 地方이 都市化가 進行되고 工場建設도 增加되어 將次 地下水의 揚水가 盛行되게 되면, 人工的인 強制圧密에 依한 地盤沈下가 促進될 것이 予想되므로 注意를 要하게 된다. 이와 같은 現象은 이미 隣國 日本의 大阪, 橫濱 등 大都市에서 共通的으로 認定되는 것

이며, 過大沈下라는 點에서도 基礎地盤으로서 問題가 되고 있다.

最近 우리나라에서 많이 試圖되고 있는 臨海工業團地造成에 있어서 低地帶의 地盤沈下가 問題될 뿐만 아니라, 農地 特別히 논을 埋立하여 垆地造成을 한다든가 또는 丘陵地 開發에 있어서 垆地造成을 할 때에도 地盤沈下 障害가 일어날 것이므로 적절한 對策이 講究되어야 할 것이다. 따라서 低地軟弱地盤地帶에 있어서는 事前에 充分한 調査를 하여 對策을 세우도록 注意를 기울여야 할 것이다. 새로운 埋立地, 特別히 丘陵의 골짜기의 埋立에서는 큰 埋立荷重에 依하여 沈下가 急速히 促進되며, 더우기 原地盤의 地表가 草木纖維等 多量의 有機物을 包含하는 間隔體積이 큰 피地盤으로 덮여 있을 때가 많을 것이므로 그만큼 沈下도 急速히 進行될 것이다. 또한 旧地表面의 傾斜 때문에 埋土層의 두께라든가 軟弱層의 두께도 다를 것이므로 沈下量이 不均等해서 建物에 不同沈下를 이르는 등 도리어 被害가 크게 나타나기가 쉽다.

이와 같은 새로운 埋土地盤을 垆地로 選定 하고자 할 때에는 詳細한 地盤調査를 行하므로서 綿密히 狀態를 把握하여, 沈下의 狀況觀察을 行하는 등의 措置가 바람직 하다.

§ 4. 산사태, 비탈붕壞, 築台崩壞

天然災害中에서 큰 목을 차지 하는 것 中の 하나로 豪雨 때의 산사태 또는 築台崩壞로 因한 것을 들 수 있다. 當局의 適切한 措置에 依하여 最近에 많이 補強이 되어 그 危險度가 減少는 되어가고 있는 줄 아나 아직도 危險한 狀態로 存在하는 家屋이 많을 것으로 推定 되므로, 加一層의 監視 밑에 事前의 崩壞防止 對策이 要된다. 그런데 이와 같은 危險宅地를 現狀態대로 修理 補強, 또는 安全한 狀態로 整備하기 爲해서는 隣接地와의 境界問題 或은 各戶마다 補強한다는 것 보다는 더 廣範圍하게 對策을 實施하지 않으면 안된다는 問題가 있고 또 地域에 따라서는 古跡 保存, 景勝地 保存을 爲한 法的 措置와 宅地 災害防止의 措置가 相互 矛盾 對立 된다는 問題가 惹起될 때도 있다.

危險築台나 擁壁의 改善에 關하여 當局으로부터 勸告 또는 命令이 내리워져도, 經濟的 理由로 實施不能이 되는 一般的인 問題가 있고 또 住民自身들의 危險性에 對한 認識缺如와 같은 것도 이러한 危險物 改善을 妨害하는 原因이 되고 있다.

산사태, 築台崩壞에 依한 被害는 그 工事中の 災害와 더불어 第3자에게 또는 멀리까지 미치는데도 問題가 있다. 따라서 앞으로는 危險한 垆地造成이나 擁壁構造에 關한 建築法 其他 諸法令에 違反하는 造成工事의 着工과 危險區域 안에서의 居住를 徹底的으로 監視 取締하므로서,

危險의 增加를 防止해야 할것이다.

산사태나 築台, 擁壁의 崩壞는 降雨 또는 解水으로 말미암은 물 때문에 助長되는 以外에 비탈 위에 있는 宅地의 排水管의 漏水가 그 原因이 되는 수도 있다. 따라서 排水等 물의 處理를 完全히 해두는 것이 對策上 第一要點이 된다 하겠다.

人工的으로 盛土하여 만든 築台는 自然의 山을 깎아서 만든 築台 또는 自然狀態대로의 築台와 比較하여 볼때, 그 盛土築台가 構造的으로 튼튼한 擁壁으로 保護되고, 다음 그림 1에 나타낸 것처럼 그 擁壁의 排水孔 및 뒤채움의 排水, 그리고 表面排水가 잘 되어 있는 경우를 除外하고는 兇險性이 더크고 災害發生의 例도 많다. 그러

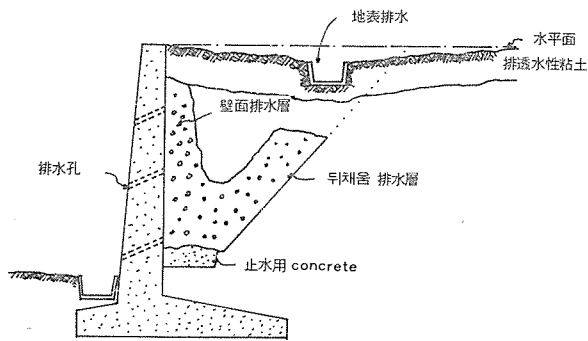


그림 1 擁壁과 뒤채움排水

나 오랜 時日 그 狀態를 保持해서 一応 安心이 된다고 생각 되었던 自然築台가 흙의 風化 또는 背后 地表面에 생긴 龜裂로부터 浸透된 물의 作用으로 崩壞되었다는 例도 많으니, 何時에 그런 事態가 發生할지 方심 不許이다.

築台 위에 무거운 構造物을 建築할 때에는, 基礎荷重에 의한 地中應力이 築台安定에 미치는 影響과 施工上의 問題까지 包含시켜 其他 여러가지 影響에 對하여 檢討할 必要가 있다.

築台崩壞와 建物被害에 關하여 發生可能性이 있는 경우를 例示하면 다음 그림 2와 그림 3과 같다.

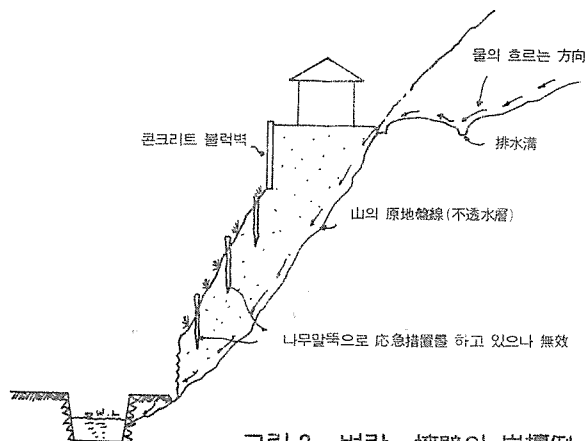


그림 2. 벼랑, 擁壁의 崩壞例

그림 2는 盛土위에 세워진 住宅인데 排水溝가 不備하기 때문에 위로 부터 내려 오는 물이 山の 原地盤線의 不透水層과 盛土 사이에 흘러 들어가게 되어 盛土部分이 무너지게 되는 例를 나타낸 것이다.

또 其原因의 主要한 것을 들어보면 다음과 같은 것들이 다.

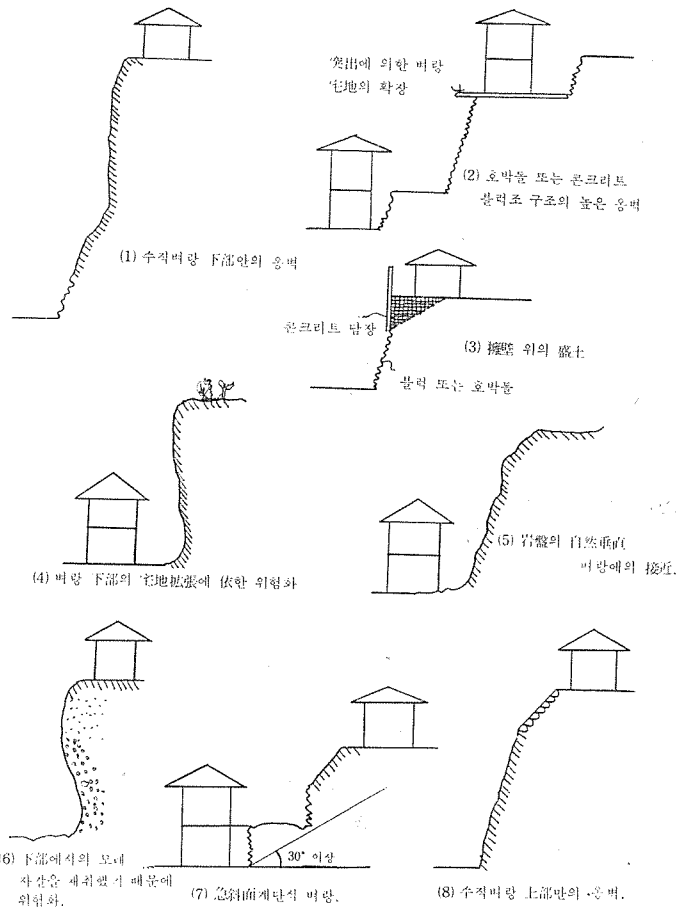


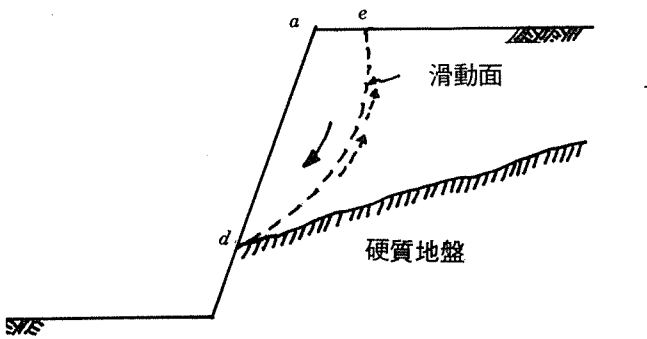
그림 3 벼랑, 응벽의 붕괴에 模式圖

- ① 擁壁의 構造的 不備
- ② 擁壁의 排水上의 不備
- ③ 擁壁의 뒤채움 및 造成地 地表面의 排水不備
- ④ 擁壁 위의 過大 積載荷重
- ⑤ 盛土의 不備, 盛土의 다지기 不足 및 表面處理의 不備
- ⑥ 旧地表面과 盛土와의 密着에 對한 處置의 不完全 (旧地表面의 草木의 撤去 및 段지우기 不徹底)
- ⑦ 自然으로 생긴 벼랑面의 下部切取 및 樹木除去
- ⑧ 自然 벼랑에의 接近
- ⑨ 全体的으로 急斜面에 많은 段을 지워 造成한 垜地
- ⑩ 其他, 石炭殼 等の 山積放置

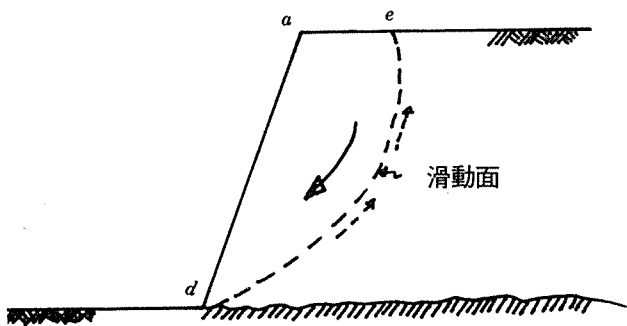
§ 5. 破壞面과 斜面安定의 基本

地表面에 高低差가 있고 그 境界가 鉛直面에 가까운 벼랑이나 或은 急斜面으로 境界되어 있는 土地, 또는 全体가 急斜面인 土地에 建物을 세울때, 或은 擁壁을 設置할 때에는 法的인 規制에 따라야 될 것은 當然한 것이지만 實地 調査한 바에 따르면 前項에 指摘한 缺陷이라든가 危險이 到處에 나타난다. (그림 3 参照). 이것은 또 每年 같은 狀態의 被害가 反復하여 發生하고 있다는 事實로서도 證明이 된다.

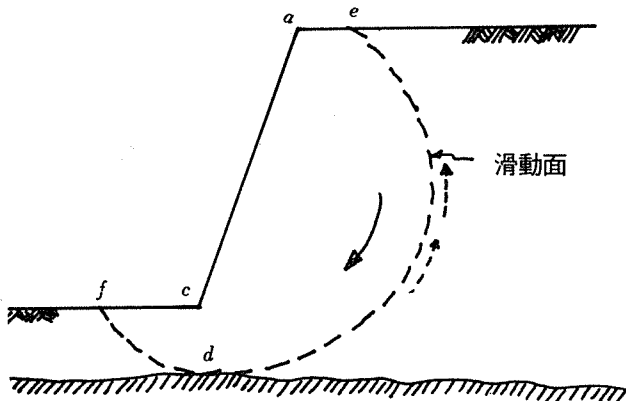
本項에서는 벼랑 等의 崩壞, 또는 그 限界에 對하여, 斜面安定의 理論을 適用하여 그 要點을 記述키로 한다.



(i) 斜面內 붕괴



(ii) 斜面끝 부분 붕괴



(iii) 低面붕괴

그림 4. 斜面崩壞

斜面 崩壞의 基本的 樣相을 大別하면 그림 4와 같다. 그 어느 境遇에 있어서도 破壞面(滑動面)에 따라 위의 흙이 미끄러져 내린다. 그 以外에 後述하는 바와 같이 地層面 其他面을 滑動面으로 하여 그 위의 흙이 흘러져 내려오는 現象의 崩壞가 있다. (그림 5. 그림 6)

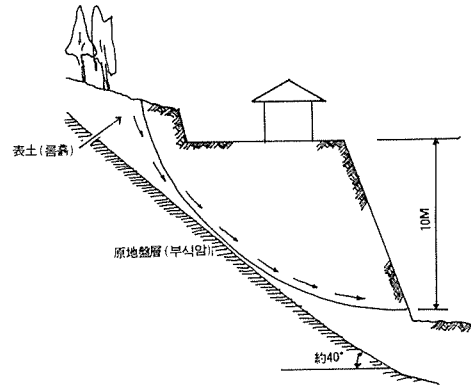


그림 5. 不透水層의 影響으로 滑動을 이 일으킨 表層

崩壞面이 發生하는 位置는 斜面의 形狀, 地層의 狀態 및 土質, 地下水 또는 地中에의 물의 浸透狀態에 따라, 미끄러져 내리려는 힘과 흙의 剪斷 抵抗力과의 關係로 決定될 것이나, 工學的으로 檢討할 때에는 可能한限 詳細한 調査를 行하여, 上記 地形과 地盤 狀態를 把握한 後, 몇가지

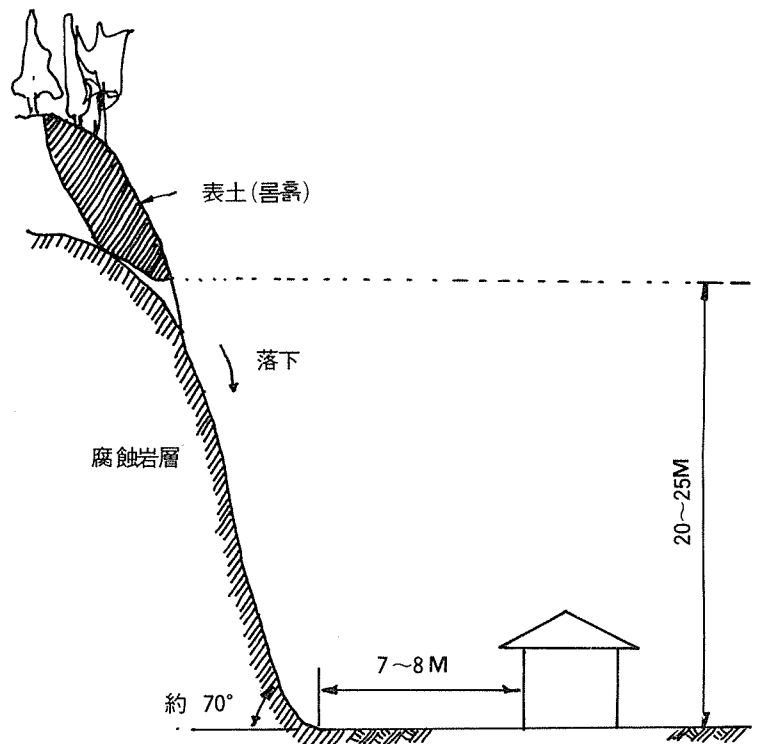


그림 6. 高所에서의 礫層 末端部의 崩落

의 滑動面을 想定하고, 다음에 要点을 說明하는 方法에 따라 數値的 檢討을 하여, 가장 安全率이 작게 되는 滑動面의 位置를 發見하여, 그때의 安全率 F가 적어도 1.5以上을 確保하는가 아닌가를 檢討한다.

崩壞는 물의 浸透壓과 間隔水壓의 增大에 依하여 發生하는 것이 많다. 따라서 地中에 浸透한 물이 흐르는 모양 即 흙의 透水性을 考慮하여 例를 들면 그림 5에 表示한것처럼 上部가 比較的 透水性이 높은 砂質흙이고 下部에 粘土 或은 岩盤 같은 不透水質의 層이 있을 때에는 그 境界에 따라서 滑動面이 發生하기가 쉽다.

그림 5는 그의 한 實例를 나타낸 것이다. 即 岩과 같이 固結된 硬한 粘土의 벼랑面으로서 보기에 安定되어 있는 것 같으나 그 위를 덮고 있는 흙층(Roam)은 風化하여 粘着力이 低下되어 있는데다가 元來 이 흙은 火山灰가 推積된 흙이어서 間隔이 많고 風化되면 透水가 比較的 容易하고 膨潤性도 있었다. 그런데 豪雨로 地中에 浸透한 물이 下部固結 粘土層의 境界面에 고이어서 흙층의 間隔水壓을 增大시켜 剪斷抵抗을 弱화 시킴과 同時에 地下水의 流勢도 加重하여 흙층이 미끄러져 내려오게 된 例이다.

宅地를 造成 하므로서 흙층을 水平面으로 整地한다든가 또는 樹木, 雜草를 除去 하였기 때문에 地中에 물을 浸透 시키기 쉬운 狀態 即 危險 狀態로 誘導할 때도 있다. 여기서 注意할 것은 崩壞事故 現場으로 부터 어지간히 떨어진 먼 位置에서의 宅地造成工事が 아래 方向의 自然 斜면의 崩壞 또는 山砂汰라는 大規模의 崩壞를 招致 하였다는 例도 있다.

盛土인 境遇에는 旧斜면 特히 旧斜면 위에 자라있던 雜草等을 그대로 두고 그 위에 盛土를 하였을 경우에는, 雜草의 纖維가 물의 通路가 되든가 또는 그 腐蝕物로 미끄러지기 쉽게 된다. 盛土를 하기에 앞서, 그림 7에 表示한 것처럼 段지어 파기로 工事を 實施하는 것은 旧斜면과의 境界를 滑動하기 쉬운 平面으로 하지 않게 하기 위한 것으로서 草木을 除去하는 것도 같은 效果가 있다. (그림 7 參照) 그림 2 (b)는 盛土의 나쁜 例이다.

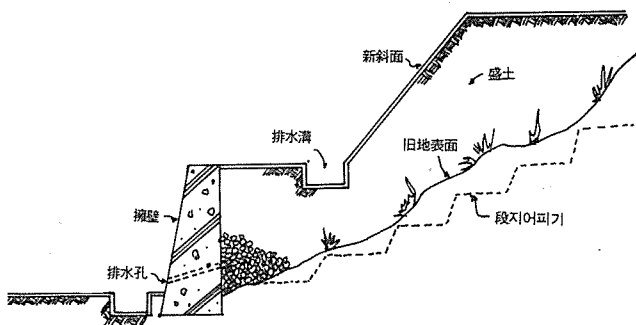
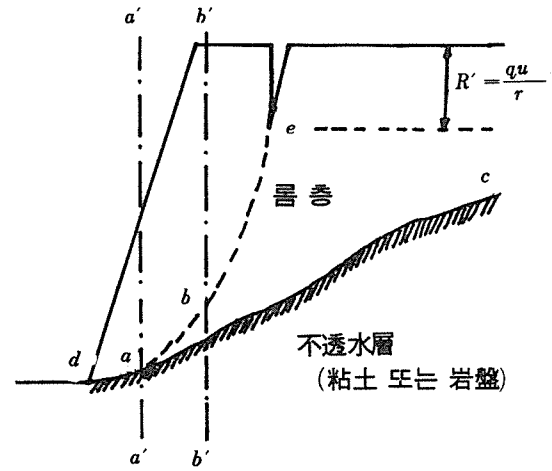
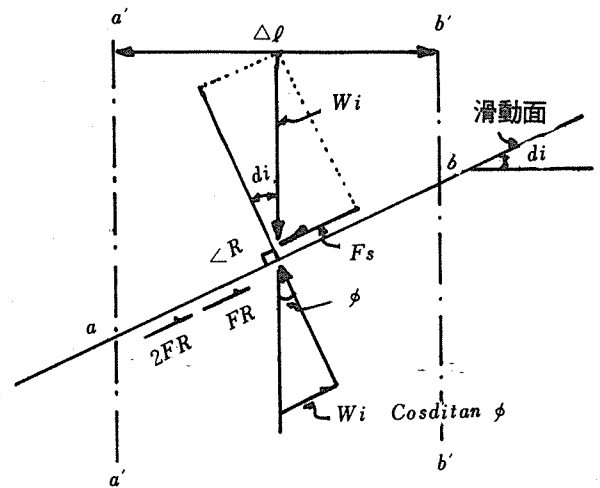


그림 7. 旧斜면의 段지어파기

벼랑의 崩壞는 그림 8에 보인 것처럼 全面的 崩壞에 앞서서 벼랑 頂部에 생긴 引張龜裂에 雨水가 浸入하여 이 龜裂面으로 부터 始作되는 破壞面에 따라서 崩壞될 경우가 많다.



(a) 全体圖



(b) 一部詳細

그림 8. 斜面安定의 基本

粘性土인 경우에는 흙의 一軸壓縮強度 q_n 에 따라서 自立할 수 있는 높이 h_c 가 있을 것이나, 그 위 折半部分에는 理論的으로도 龜裂이 생기게 될 것이므로 長期間 동안 自立한다는 것에 대해서 過信한다는 것은 避해야 할 것이다. 그보다는 오히려 h'_c 를 自立 높이로 보아야 할 것이다.

$$h_c = \frac{2q_n}{r} \quad h'_c = \frac{1}{2}h_c$$

h_c : 自立할 수 있는 높이(m)

q_n : 흙의 一軸壓縮強度 (t/m^2)

r : 흙의 濕潤狀態의 單位 體積重量 (t/m^3)

§ 6. 斜面安定 檢討의 要点

그림 8에 나타낸 것처럼 斜面의 安定에 對하여 (a)의 破壞面 a-b 部分을 (b)에 擴大하여 表示 하였다. 斜面을 a'-a', b'-b'와 같은 面으로 區劃하고, 各區劃마다 (b)에 表示한 面에서의 미끄러트리는 힘과 剪斷力과의 平衡을 생각 하자.

\bar{w}_i : 各區間的 흙 및 地表面에 荷重이 있을 경우에는 地 表荷重도 包含한다. (t/m)

F_s : 미끄러 트리는 힘, $F_s = \bar{w}_i \sin \alpha_i$ (t/m)

${}_1F_r$: 흙의 剪斷力, ${}_1F_r = \bar{W}_i \cos \alpha_i \cdot \tan \phi$ (t/m)

${}_2F_r$: 흙의 剪斷力, ${}_2F_r = c \cdot \Delta \ell$ (t/m)

α_i : 破壞面과 水平面과의 角

ϕ : 흙의 内部 摩擦角

C: 흙의 粘着力(t/m²)

여기서

$$\text{安全率} = \frac{\bar{W} \cos \alpha_i \cdot \tan \phi + C \Delta \ell}{\bar{W} \sin \alpha_i}$$

各區間마다 $F > 1$, 또는 破壞面이 한 平面일 경우에는, 破壞面 全長에 對하여 F가 1보다 크면 斜面은 一応 安定하다.

破壞面이 曲面으로 될 경우에는 破壞面 全長에 對하여 冪式 以外에 모멘트의 平衡을 檢討하지 않으면 안된다.

그래서 曲面이 円弧가 되면 各區間마다의 α_i 에 對하여 F_s , ${}_1F_r$, ${}_2F_r$ 를 求하여, 破壞面 全長에 對하여 冪式을 檢討하면, 모멘트의 平衡도 同時에 檢討한 것이 되어서 計算은 容易하다.

破壞面 上部에 물이 있을 경우에는 흙의 剪斷力은 間隔 水圧의 增加와 더불어 減少된다. 近似的으로는 各區間마다 地下水의 水頭 h_w 를 推定하고, 各區間에 包含되어 있는 물의 무게 U_i 를 求하여, ${}_1F_r = (\bar{w}_i - U_i) \cos \alpha_i \cdot \tan \phi$ 로 하면 된다. 또 미끄러트리는 힘 F_s 에는 물의 流下에 依한 影響도 들어간다고 생각되나 一応 冪式을 그대로 쓰기로 하고 安全率 F에 1.5 以上の 餘裕를 갖게 하고 싶은 것이다.

다음 表 2에 上記의 例題를 表示 한다. 破壞面은 円弧로 假定 하였다. 地下水의 作用이 없을 경우에는 安定되어 있는 斜面(表 2-(1)에 그 計算을 나타냈다) 이 물을 包含하여 安全率 $F < 1$ 로 되어 (表 2-(2)에 그 計算을 나타냈다) 崩壞가 일어난다는 것을 表示하고 있다. (그림 9 參照)

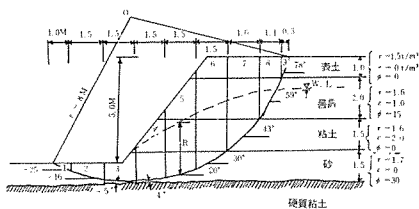


그림 9. 計算例

表 2-(1) 水位를 考慮하지 않은 斜面의 安定計算

區分 No.	面積 m ²	平均 r t/m ²	w t/m	d 度	sin α	cos α	w sin α	w cos α	tan φ	W cos α × tan φ	Δℓ	C × Δℓ
1	0.25	1.7	0.43	-25	-0.423	0.906	-0.182	0.390	0.577	0.255		
2	1.05	1.7	1.78	-16	-0.276	0.961	-0.491	1.710	"	0.986		
3	1.73	1.7	2.94	-5	-0.087	0.996	-0.255	2.928	"	1.689		
4	3.88	1.65	6.40	4	0.070	0.997	0.448	6.380	"	3.681		
5	6.07	1.6	9.71	20	0.342	0.940	3.340	9.127	"	5.266		
6	7.20	1.6	11.52	30	0.500	0.866	5.760	9.976	"	5.756		
7	6.20	1.6	9.66	43	0.682	0.731	6.588	7.061	-	-	2.38	4.76
8	2.20	1.55	3.41	59	0.857	0.515	2.922	1.756	0.268	0.471	2.23	2.23
9	0.15	1.5	0.23	78	0.940	0.342	0.216	0.076	-	-		

$$\Sigma Md = 18,346r \quad \Sigma Mr = (18,075 + 6.99)r$$

$$\begin{aligned} \text{安全率 } F_s &= \frac{\Sigma Mr}{\Sigma Md} \\ &= \frac{\Sigma Mr}{\Sigma Md} \\ &= \frac{25,065r}{18,346r} \\ &= 1.36 > 1.2 \end{aligned}$$

表 2-(2) 水位를 考慮한 斜面의 安定計算

區分 No.	面積 m ²	平均 r t/m ²	w t/m	h _w	U = rwh _w / Δℓ t/m	α 度	sin α	cos α	w sin α	w cos α	tan α	W cos α - U tan α	Dℓ	C · Dℓ	
1	0.25	1.7	0.43	0.3	0.30	-25	-0.423	0.906	-0.182	0.390	0.090	0.577	0.062		
2	1.05	1.7	1.78	0.8	1.20	-16	-0.276	0.961	-0.491	0.710	0.510	"	0.235		
3	1.73	1.7	2.94	1.0	1.50	-5	-0.087	0.966	-0.255	2.928	1.428	"	0.825		
4	3.83	1.65	6.40	2.2	3.30	4	0.070	0.997	0.448	6.380	3.080	"	1.780		
5	6.07	1.6	9.71	2.7	4.05	20	0.342	0.940	3.340	9.127	5.077	"	2.930		
6	7.20	1.6	11.52	2.8	4.20	30	0.500	0.866	5.760	9.976	5.776	"	3.330		
7	6.04	1.6	9.66	2.0	3.20	43	0.682	0.731	6.588	7.061	3.861	-	-	2.38	4.76
8	2.20	1.55	3.41	0.6	0.66	59	0.857	0.515	2.922	1.756	1.0	0.268	0.234	2.23	2.23
9	0.15	1.5	0.23	-	-	78	0.940	0.342	0.216	0.076	0.076	-	-		

$$\begin{aligned} \Sigma Md &= 18,346r \text{ (t} \cdot \text{m}^2\text{)} \\ \Sigma Mr &= (9,506 + 6.99) \times r \text{ (t} \cdot \text{m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{安全率 } F_s &= \frac{\Sigma Mr}{\Sigma Md} \\ &= \frac{16,496r}{18,346r} \\ &= 0.9 < 1.2 \quad \text{N. G} \end{aligned}$$

但 U: 間隔水圧

参考文献

1. 岸田英明, 小山邦勇「降雨條件가 崖崩れに及ぼす影響」第3回土質工学研究発表會講演集, 昭和46年6月.
2. 小山邦勇「崖崩れに関する研究」昭和42年度日本大学理工学部卒業論文.
3. 日本文務省災害科学総合研究班「災害科学の研究成果とその問題点」昭和43年7月.