

## 農業土木과 土質工學

姜 又 默

(忠南大學校 農科大學)



### 1. 緒 言

農業土木學이라고 하면 農業에 있어서 生物環境, 勞動環境, 生活環境 等を 土木的인 手段에 의하여 改善하므로써 土地의 農業的 利用價値를 높이는데 目的을 둔 學問을 말한다. 따라서 農業土木은 食糧生産을 爲한 農地의 基盤造成은 勿論 農民의 生活環境을 整備改善하는 分野로서 農地에 對한 灌溉排水改善, 擴張, 및 改良 等を 事業의 主體로 하고 있으면서 農業機械, 農業氣象 等を 包含하는 農業工學의 한 分野이다. 따라서 이들 모든 事業은 흙을 材料로 使用하거나 또는 흙위에 構造物을 設置하는 것으로 土質工學과는 아주 密接한 關係를 가지고 있다. 흙에 對하여 使用되는 用語로서 土壤과 土質의 差異點은 흙을 生物生育의 對象으로 할때는 土壤이라고 하고, 흙을 建設事業對象으로 할때는 土質이라고 한다.

그러나 土壤의 경우에도 耕作分野에서 農機具와 흙과 사이의 力學的인 部分은 土壤學에서 取扱하기는 어려울 것이다. 一般的으로 作物의 栽培를 對象으로 하는 흙의 問題는 土壤學에서 取扱하고 있고 그중에서도 土質分野와 關係가 깊은 것은 土壤物理學에서 다루고 있다. 土壤物理學과 土質力學은 基礎的인 物理學分野는 같기 때문에 土質力學을 흙의 物理學이라고 부르는 사람도 있었다. 이 土質力學을 建設分野에 應用하는데 관한 學問을 土質工學이라고 한다.

### 2. 土壤物理學

흙의 物理學的인 分野는 흙의 構造, 土粒子의 比重, 粒度, 空隙, 水分, 軟硬度, 比表面積등 흙의 基本的 性質과 熱的性質, 電氣的性質, 收縮性, 粘着性, 透水性, 土壤空氣, 組成, 通氣性, 가스擴散 等を 들 수 있다.

흙은 固相(土粒子), 液相(물), 氣相(空氣)의 三相으로 構成되어 있으며 이들의 相互量的인 關係에 따라 흙의 物理的 性質이 달라지므로 이에 對하여 言及하고자 한다.

## 가. 흙속의 水分

土壤學的으로 水分은 固相속에 作用해서 흙의 物理的 및 力學的 性質에 크게 影響을 주고있으며 또 그의 增減은 氣相의 量과 運動에 影響을 준다. 또 土壤水分은 植物生長에 必要한 水分을 補給하는 役割을 하며 흙속에 있는 養分을 溶解 및 移動시켜 土壤의 生産力을 높이는데 直接 關係되고 있다. 이와같은 흙속의 水分은 水蒸氣, 吸濕水, 膨潤水, 毛管水, 重力水 等으로 分類하고 있다. 이들 土壤水分을 量的으로 表示하는데에는 含水比를 使用하고 있으나 이 含水比만으로는 흙속의 물의 흐름 即 물의 에너지狀態를 나타낼 수가 없으므로 물이 갖는 퍼텐셜에 의해서 에너지狀態를 表示하고 있다.

흙을 築造材料로 取扱할 경우나 現地盤을 그대로 基礎로 使用할 경우에도 흙의 透水性이 主要 工學的인 問題로 提起되고 있다. 예를 들면 흙댐이나 干拓堤防에서 提體를 통한 漏水量과 浸透洗掘의 問題, 構造物基礎에서 地下水의 移動에 의한 浸透洗掘의 問題 等 工學的으로 重要な 問題가 많다. 이들 透水係數에 影響을 미치는 因子로서는 大體로 흙의 種類, 構造狀態, 粒度, 空隙, 土粒子의 比表面積, 浸透水의 性質, 飽和度 等を 들 수 있다.

## 나. 흙속의 空氣

흙속의 空氣의 組成은 大氣와는 달리 그 組成에 현저한 特徵을 가지고 있다. 空氣의 組成은 大氣에서는 體積比로서 窒素 78%, 酸素 21%, 炭酸가스 0.03% 및 其他로 되어 있으며 흙속에서는 窒素과 酸素는 各各 79% 및 20%로서 別差異가 없으나 炭酸가스는 0.25%로 大氣中에서 보다 그의 量이 현저히 많다.

또한 흙속의 空氣에 水蒸氣로서 飽和에 가까운 濕度를 유지하고 있는 것이 特徵이다. 이와같은 組成上의 큰 差異는 地面에서 30cm程度까지의 土層內에서만 있는 現象이다. 根圈內에서 空氣組成은 土中の 微生物, 植物根, 小動物 等の 活動에 크게 影響을 주며 또 이들 空氣의 量은 흙의 力學的인 面에게 크게 影響을 준다.

흙속의 空氣에 通氣는 空氣의 壓力勾配에 의해서 일어나는 것과 各 組成가스의 濃度勾配에 의해서 일어나는 것이 있으며 이들은 모두가 植物生育에 重要な 意義를 가지고 있다.

가스擴散은 組成變化에 支配的인 影響을 미치며 特히 酸素의 擴散速度는 植物生育에 重要な 意義를 갖는다. 이들 흙속의 空氣交換과 通氣性의 問題는 多孔質속의 물에 흐름의 경우와 같이 壓力勾配가 一定한 範圍內에서는 Darcy의 法則이 適用된다. 通氣係數는 흙의 通氣性의 良否를 나타내는 指標로서는 役割만이 아니고 흙속의 空隙에 構造를 反映하고 있기 때문에 透水係數와 더불어 重要な 構造指標로서 評價된다. 다만 여기서 通氣성과 透水性은 언제나 比例하지는 않는 것에 注意해야 한다.

### 3. 土質工學과 農業土木構造物

農業土木構造物中에서 土質工學의 理論을 가장 많이 利用한 構造物은 필댐과 干拓堤防이라고 생각한다. 이들 필댐이나 干拓堤防 等과 같은 施設物 築造에 使用되는 흙 材料에서는 内部 摩擦角( $\phi$ )과 粘着力( $c$ )이 安定解析에 重要な 土質定數로 된다. 이 土質定數를 利用해서 安定解析을 함에는 다음과 같은 三種類로 大別해서 考察하게 된다.

#### 가. 粘着力만 있고 内部摩擦이 없는 흙( $C > 0, \phi = 0$ )

이와같은 土質은 干拓堤防基礎의 軟弱地盤 等を 解析할때 對象이 된다. Taylor와 Terzaghi 等은 이들 安定解析에서 臨界面을 求하기 爲한 試算法을 提案해서 現在까지도 이 方法이 널리 利用되고 있다. 最近에는 試算을 하지 않고 理論的인 計算方法으로서 偏微分方程式을 使用해서 試算式을 誘導하는 方法이 提案되고 있으나 이 理論式이 一般化되어서 實用에 提供되려면 앞으로 많은 研究가 遂行되어야 할 것으로 믿는다.

#### 나. 粘着力과 内部摩擦力이 있는 흙( $C > 0, \phi > 0$ )

이와같은 土質은 주로 흙댐 等に 使用되는 흙이 그 對象이 된다. 이 경우는 現在 圓弧滑動面法이 널리 使用되고 있으나 實際로 滑動面은 圓形이 아니고 對數曲線이라는 것이 理論的으로 實際 破壞面으로부터 알려져 있는 事實이다. 特히 높은 댐에서는 斜面的 安定解析에 平衡理論을 適用해서 安全率을 求하고 있는데 댐의 높이가 높게 되면 粘着力의 効力은 減少한다는 것에 유의해야 한다.

또 現在 使用하는 解析方法으로는 滑動을 일으키는 部分과 그 양쪽에서 滑動을 일으키지 않고 남아있는 部分과의 接觸面에 對한 問題이다. 例를 들면 댐敷地の 幅이 좁아서 댐의 길이가 짧은 곳에서는 安全率이 1보다 작은 部分이 있어도 滑動을 일으키지 않고 있으며, 反對로 干拓堤防과 같이 帶狀의 긴 堤防에서는 安全率이 1보다 작은 部分이 있으면 그 部分만이 滑動을 일으키는 것이 아니고 어느 幅을 가지고 全體的으로 1보다 작게 될때 비로서 滑動破壞를 일으키고 있는 例가 있다. 따라서 最近에는 三次元解析에 의한 斜面安定의 研究가 進行되고 있다. 또 흙댐의 安定解析條件으로 現在 使用되고 있는 것은 各 貯水位의 變化에 따르는 解析方法으로서 水位가 急激히 降下할때 地震力과 空隙水壓을 考慮한 最危險時에 대하여 安定度를 檢討하면 가장 작은 安全率이 얻어지므로 다른 경우의 計算은 할 必要가 없게 된다.

#### 다. 粘着力은 없고 内部摩擦力만 있는 흙( $C = 0, \phi > 0$ )

이것은 록필댐(Rock fill dam) 等の 築堤材料가 對象이 된다. 이 경우도 安定解析의 基本에는 一般的으로 前述한 平衡理論이 適用되고 있으나 이 理論式에서  $C = 0$ 이면 實際 滑動面은 흙댐에서와 같이 아래로 凹形의 圓弧形狀의 滑動面이 일어나지 않고, 靜的으로 直線形狀으로

된다. 그럼에도不拘하고 흙땀의 경우와 같이 圓弧滑動面法을 適用하고 있는 例가 많다. 粘着力이 없는 흙에서의 破壞面이 直線形狀에 가까운 것은 實際로 破壞面에서도 立證될 수 있다.

即 斜面的 安定解析에서 圓弧의 반지름을 크게 하면 할수록 滑動面은 直線形狀에 가까우며, 또 斜面的 表層面에 가까울수록 安全率은 작아져서 가장 危險한 滑動面은 表層滑動이라고 생각하여 半無限斜面的 直線形狀이 된다. 그러므로 斜面安定解析에서는 表面滑動의 解析法을 添加해서 檢討해야 한다고도 하고 있으나 靜的으로는 安息角 보다 築堤斜面的 傾斜角이 작으면 安定하므로 이 경우에는 安全率을 求할 必要가 없게 된다. 또 地震力이 作用했을 때와 같은 動的인 경우는 堤體의 下部와 上部에서 진동의 크기가 다르게 傳達되므로 下部에서 上部까지 진동의 크기를 深淵이에 比例해서 增幅하고 있는 것으로 假定하여 一律的으로 計算하는 것은 問題가 있다.

#### 4. 結 言

農業土木事業은 水利權이나 其他의 問題로 부터 地區가 限定되어 있기 때문에 構造物의 位置選定에 自由度가 적고 定해진 位置에 適合한 工法을 選定 또는 構想해서 對處하지 않으면 안 된다. 이에 反해서 土質工學은 그의 歷史가 不過 50年밖에 되지 않으므로 土質工學 自體의 學問的 體係가 確立되지 않은 部分도 없지 않다. 따라서 土質研究者 및 土質技術者를 養成해서 未確認된 새로운 分野를 研究開發하므로서 經驗에 立却한 判斷으로 設計 또는 施工하는 것을 早速히 脫皮하도록 勞力해야 할 것이다. 또한 앞으로의 모든 工事は 築造材料와 基礎 地盤에 對한 正確한 事前調査를 實施하고 試驗을 通해서 얻은 土質定數를 設計에 反映하므로서 現場與件에 適合한 工法이 選擇 또는 研究開發되므로서 보다 經濟的이고 安定性이 큰 構造物이 築造되어야 할 것으로 생각한다.