

美國 農工學會 設計基準(I)

(農地造成 分野)

權 純 國*

머 리 말

美國 農工學會(ASAE)는 農業工學의 理論과 實際 그리고 農工學과 關聯된 學問과 技術을 발전시킬 목적으로 1907년에 창립되었다. ASAE 定款 第2條에 是와 같은 學會設立 目的을 달성하기 위한 한 方案으로서 農工에 關聯된 標準, 符號, 規定, 公式, 實行方法 등을 開發하고 公表할 것을 規定하고 있다.

이와 같은 정신에 따라 창립 3년후인 1909년 제3차 年例總會에서 벌써 農工分野技術의 標準化作業을 위한 委員會가 설치되었으며, 1912년 최초로 ASAE의 “농공인을 위한 約定 記號”에 대한 標準을 마련한 바 있다. 그후 계속하여 農工學의 各分野에 대한 標準化 案을 제정, 검토하여 왔으며 그중에는 檢討가 完了되어 標準으로 확정된 것도 多數에 이르고 있다. ASAE 標準은 강제적인 규정은 아니나 農工技術의 施行이 複合적인 社會構造와 關聯하여 發生하므로 이를 遵守하므로써 經濟적인 利益은 물론 技術의 標準化를 이룩할 수 있다는 점에 서 대단히 중요한 것으로 認識되고 있다.

현재 暫定案으로 分類된 것을 포함하여 制定된 ASAE 標準을 農工의 여러 分野別로 구분하여 살펴 보면 一般 4件, 農機械 85件, 農産加工 및 農業電氣 32件, 農業構造 및 環境 22件, 農業土木 21件으로서 總 160件에 달하고 있다.

本 講座에서는 紙面關係로 앞으로 4회에 걸쳐 農地造成, 灌溉, 排水 等 農業土木分野의 ASAE 標準 만을 발췌하여 紹介하고자 한다.

1. 테라스시스템의 設計基準

本 設計基準은 ASAE 標準 : ASAE S268.2에 明 示된 테라스시스템의 設計, 配置, 施工 및 維持管理

에 관한 것이다. 테라스란 適切한 기울기와 間隔으로 築造된 흙 둑 및 水路 또는 이들의 組合으로 構成된 것을 말하는 것으로서 土壤浸蝕의 減少, 土壤水分維持, 地表流出水除去, 地表面 調整, 耕耘條件의 改善, 流出水中의 流砂量 減少, 下流構造物에 대한 尖頭流出量 減少 등의 여러가지 目的을 가지고 設置된다.

그러나 一般的으로 테라스 만으로는 耕地의 流出水를 완전히 調節할 수는 없고 대개 水路, 暗渠, 分水工, 落差工과 같은 물管理 시스템과 效率적인 營農法의 並用이 필요하다. 뿐만 아니라 테라스는 가능한 한 農作業에 妨害되지 않도록 계획하고 土壤과 물을 最大로 保全할 수 있도록 設計되어야 한다.

本 設計基準의 테라스 組織은 路線, 斷面, 傾斜度, 排出口에 따라 여러가지 모양으로 分類된다.

가. 路線에 따른 分類

- 1) 平行테라스
- 2) 非平行테라스

나. 斷面に 의한 分類

- 1) 廣底型테라스(그림. 1 참조)
- 2) 水平型테라스(그림. 2 참조)
- 3) 逆傾斜型테라스(그림. 3 참조)
- 4) 狹底型테라스(그림. 4 참조)
- 5) 계단型테라스(그림. 5 참조)
- 6) 무이랑 水路型테라스(그림. 6 참조)

다. 傾斜에 따른 分類

- 1) 水平테라스
- 2) 傾斜테라스

라. 排出口에 의한 分類

- 1) 畦畝排出口
- 2) 地下排出口
- 3) 草生水路

* 서울大學校 農科大學

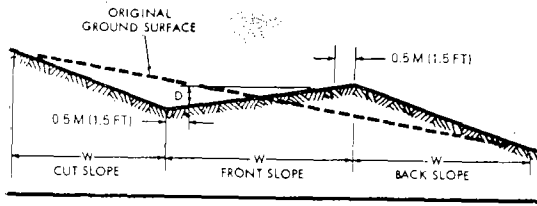


그림. 1. 廣底型테라스

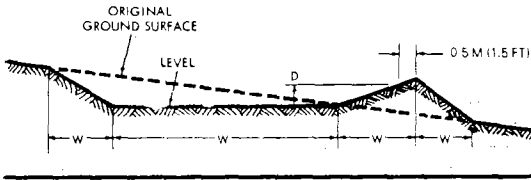


그림. 2. 水平型테라스

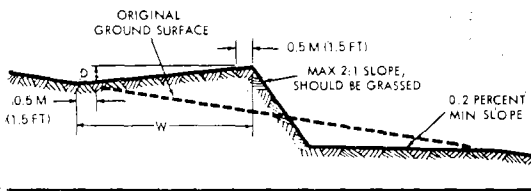


그림. 3. 逆傾斜型테라스

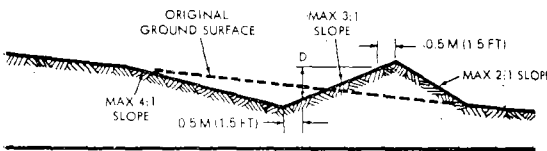


그림. 4. 狹底型테라스

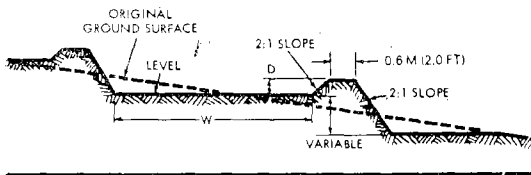


그림. 5. 階段型테라스

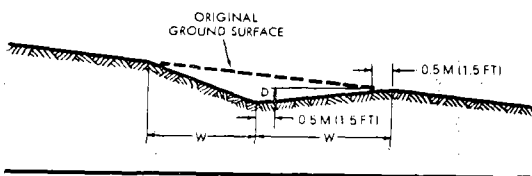


그림. 6. 무이랑水路型테라스

2. 設 計

가. 테라스의 間隔

土壤浸蝕防止의 目的으로 두는 테라스의 水平間隔은 許容 土壤浸蝕損失量, 集約的 土地利用, 管理效率 등을 고려하여 等高線耕作을 할 수 있도록 결정된 傾斜長을 超過하지 않도록 해야 하고 緩傾斜地에서는 土壤浸蝕보다는 豫想되는 流出水量과 經濟的인 테라스 斷面을 고려하여 間隔을 定한다.

테라스의 垂直間隔을 決定하는 公式은 $VI=XS+Y$ 이며 여기서 $VI=$ 垂直間隔(m), $X=0.12\sim0.24$ 의 값으로 地域에 따른 變數(그림. 7 참조), $S=$ 테라스로 排水되는 耕地의 加重平均傾斜度(m/100m), $Y=0.3, 0.6, 0.8, 1.2$ 의 값을 취하는 變數이다. Y 의 값은 土壤의 浸蝕性, 作物體系, 作物管理方法에 따라 달라지며 前述한 값중 가장 작은 값은 地面上에 作物 찌꺼기가 거의 남아 있지 않는 在來式 耕耘方法을 利用하는 매우 浸蝕性이 높은 土壤에 적용하고, 가장 큰 값은 土壤表面에 3.3ton/ha 以上の 많은 作物 찌꺼기가 남아 있거나 無耕耘方法을 利用하는 浸蝕에 대한 抵抗이 큰 土壤에 적용한다. 또한 위의 公式으로 결정된 垂直間隔은 農機械와 一致하도록, 良好한 路線이나 位置를 취해서, 障害物을 避할 수 있도록, 그리고 좋은 排出口에 到達할 수 있도록 하기 위해서 0.15m 또는 10%만큼 증가시킬 수 있다.

물 保全에 더 큰 比重을 두고 있는 水平테라스의 間隔도 앞에서 定한 基準에 따른다. 특히 水平테라스의 1次的 目的이 물을 가두어 두기 위한 것이라면 間隔公式에 사용하는 X 의 값은 0.8을 취해야 한다.

土深이 깊고 地下排出口를 가진 테라스는 24時間 10年 頻度의 降雨로 發生되는 流去를 基準으로 設計한다. 이때 流去는 土壤속과 테라스水路에 貯藏되고 그 나머지가 地下排出口를 通하여 放出된다. 또한 農機械作業이 작수번으로 이루어지고 물이 貯水될 수 있도록 間隔이 調整되어야 한다.

10% 以上の 傾斜地는 階段型이 바람직하나 間隔을 너무 넓게 잡으면 土地를 階段化하기 위한 土壤運搬이 많아지고 따라서 그만큼 더 造成時間이 걸린다.

나. 路 線

農作業을 容易하게 하기 위해서 테라스는 가능한 緩慢한 屈曲을 가진과 동시에 平行한 路線을 취하는 것이 좋다. 現代農業에서는 列間間隔은 좁아지고 裝備(農機械)의 幅은 넓어지는 傾向이므로 테라스

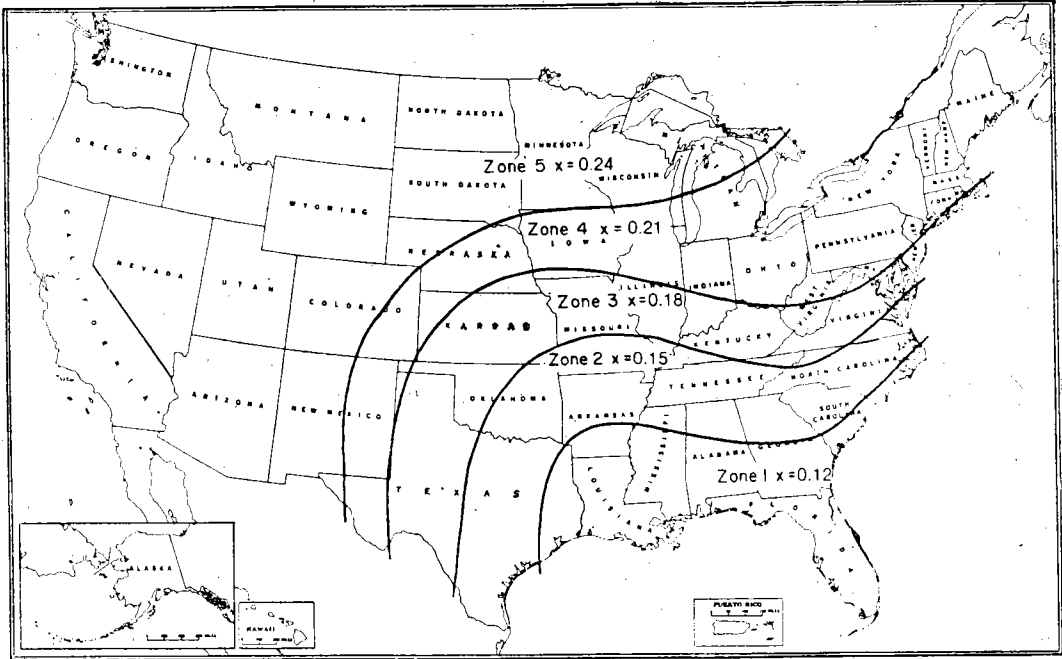


그림. 7. 垂直間隔公式의 \times 값

스路線이 매끈한 屈曲을 갖는 것이 대단히 중요하다. 테라스가 自然的인 이랑이나 또는 排水路를 가로지르면 적절한 路線과 屈曲으로 조성하기가 더욱 어려워진다.

農作業을 쉽게 하고 point row를 避할 수 있는 路線의 選定은 다음과 같은 여러가지 方法을 使用하므로써 可能하다.

- 길고 平평한 緩傾斜이랑은 마구리 (Turn strip) 를 利用한다.

- 테라스水路의 傾斜度를 變動시킨다.
- 테라스線에 沿한 切土深을 變化시킨다.
- 施工前에 먼저 土地區劃을 定하고 整地한다.
- 逆傾斜型테라스로 施工할 경우는 이랑과 테라스水路에 沿한 切盛土量을 調整한다.

- 水平테라스에서 높이가 다른 두 部分을 連結하는 테라스水路는 水路 block을 利用한다.

- 테라스의 排水長을 짧게 하고 여러개의 排出口를 設置 使用한다. 테라스가 짧으면 水路傾斜의 變化幅을 더 크게 할 수 있으므로 테라스를 平行하게 調整하기가 쉬워진다.

다. 通水能力

傾斜테라스(graded terrace)는 24時間, 10年頻度 降雨의 尖頭流量을 감당할 수 있는 通水能力을 가져야 하며 이때 洪水量計算에 쓰이는 曼寧 粗度係數 n 은 0.06을 使用한다. 또한 耕地 流去水를 貯溜할

目的으로 設置하는 地下排出口를 갖는 水平테라스와 傾斜테라스는 24時間, 10年頻度 降雨로 發生하는 流去容量을 貯藏할 수 있도록 設計되어야 한다.

라. 斷面

테라스斷面은 土地傾斜度, 栽培作物, 利用農機械에 맞도록 設計되어야 한다. 테라스는 沈下, 水路流砂 沈澱, 이랑의 浸蝕, 日當的인 耕耘作業으로 생기는 被害, 安全率 등을 고려하여 餘裕高를 더해 주어야 한다. 이랑과 水路의 幅은 設計標高에서 最少 0.9m는 되어야 한다.

마. 水路傾斜度

水路에 물이 고여서 農作業에 甚한 妨害를 주지 않는 水路 最小傾斜度가 필요하다. 大體로 土壤內部の 排水가 늦은 土壤은 0.2%, 排水가 良好한 土壤은 0.8%를 취한다. 最大傾斜度는 테라스의 形態와 目的에 따라서 달라진다. 同一한 最大傾斜度에서도 最近에 耕作을 시작하여 植生被覆이 없는 경우에는 危險한 條件이 생길 수 있다.

테라스水路의 最大流速은 有機質含量이 높은 土壤은 0.8m/sec, 普通 土壤은 0.6m/sec, 浸蝕性이 큰 土壤은 0.5m/sec를 취하고, 流速을 計算할 때 曼寧의 조도계수 n 은 0.03을 취한다.

바. 排出口 (Out let)

모든 種類의 테라스는 반드시 적절한 排出口를 가지고 있어야 한다. 要求되는 排出口의 模樣은 테라

스의 形態에 따라 달라진다. 排出口는 機能에 따라서 草生排出口, 地下排出口, 閉鎖排出口(土壤滲透)의 3가지 種類로 區分된다.

草生排出口는 傾斜테라스에서 使用되며 水平테라스라도 끝이 열린 곳에서 使用된다. 排出口는 테라스에서 흘러오는 流去를 土壤浸蝕이 생기지 않는 限界點 以內에서 運搬되도록 設치된다. 필요하다면 충분한 植生被覆이 되도록 테라스 施工前에 草生排出口를 設치할 수 있다.

地下排出口는 끝이 막힌 傾斜地, 혹은 水平테라스에 사용되는데 吸水渠, 地下埋設管, 排出口로 構成되어 있다. 한개의 地下埋設管에 둘 以上の 吸水渠가 連結될 때는 流去水의 放出이 調節될 수 있도록 吸水渠에 ori fice판을 設치한다. 排出口는 一定時間 동안에 각 테라스의 貯溜水量을 排水시킬 수 있도록 設計되어야 한다. 테라스로 排水하는 最大排水時間은 48時間이며, 栽培作物의 浸水許容程度에 따라서 排水時間이 더 짧아질 수 있다.

閉鎖排出口는 끝이 막힌 水平테라스에서 사용되는데 水路에서 수머 나오는 浸透水를 利用하여 이랑을 灌溉하고 나서 테라스에 貯溜되는 물을 이 閉鎖排出口를 통해서 排出口시킨다. 이때 土壤浸透量은 48時間 以內에 테라스水路의 물을 排水할 수 있는 量이 되어야 한다. 貯水土壤斷面의 面積을 最大로 하기 위해서 테라스 block 사이의 水路는 平평하게 만들어야 한다. 水平테라스의 끝막이 水路(일종의 高랑형 유수로)는 물이 테라스이랑을 越流하지 않고 끝막이 水路 안에서 흐르도록 設치할 것이다.

사. 計劃과 配置

테라스시스템은 地形圖를 利用하여 計劃할 수 있다. 地形圖의 等高線間隔은 1.5m가 좋으나 萬若 1.5m 이하 일때는 테라스 사이의 垂直間隔이 等高線間隔과 같은 地形圖를 사용하는 것이 좋다. 먼저 排出口, 水路, 道路, 農機械 回轉路 등이 選定되고 다음에 위테라스와 아래테라스의 位置를 定한다. 테라스의 間隔은 公式, 列間間隔(作物), 機械의 幅, 上下 테라스 사이의 傾斜度에 따라 결정된다. 간격을 定하고 난후 基準 테라스를 定한다. 基準 테라스는 排出口의 位置, 이랑의 位置, 傾斜均一度 등의 物理的 要因을 고려하여 定한다. 테라스 曲線이 急한곳은 草生回轉地(grassed turn area)를 계획하는 것이 좋다. 速度가 빠르고 廣幅의 農機械로 耕作하는 곳은 테라스 曲線의 曲率半徑이 30m 以上되어야 한다.

아. 施 工

테라스를 造成한 때는 여러가지 裝備가 이용된다.

農用트랙터 動力을 使用하여 各種 切盛土作業機를 連結 이용할 수도 있고 建設重裝備를 이용할 수도 있다. 移動되는 土工量과 運搬距離를 고려하여 裝備를 選定해야 한다.

자. 維持管理

적절한 維持管理를 하므로써 테라스의 이랑높이와 模樣을 設計 當初대로 維持시킬 수 있고 시스템의 適正機能을 확보할 수 있다. 日常的인 耕耘作業 또는 浸蝕作用은 테라스를 매우고 낮추므로 그 補修가 필요하고 테라스 水路의 流砂沈澱은 通水能力을 制限하므로 除去되어야 한다. 周期的인 維持管理는 테라스시스템의 適正機能을 유지하기 위하여 요구되며 緊急維持管理는 보통 損傷을 주는 暴雨후에 요구된다. 어느 한 테라스가 欠漚되면 심한 圃場浸蝕이 생기고 다시 그 아랫쪽의 테라스로 擴散欠漚되므로 특히 維持管理에 세심한 注意가 必要하다.

耕耘作業에 mold board나 disc-type 쟁기를 이용할 때는 이러한 農機械를 利用하여 日常的인 維持管理를 할 수 있으나 mold board나 disc-type 쟁기를 利用하지 않는 경우는 그레이다, 整地機, 불도우져 등의 裝備를 利用한다. 이러한 裝備는 또한 日常的인 耕耘作業前에 土地의 모양을 바꾸거나 많은 修理 및 維持管理가 필요할 때 사용된다.

傾斜테라스 혹은 끝이 열린 水平테라스의 末端部는 테라스水路로부터 流去水가 잘 흘러내릴 수 있도록 管理를 해야 한다. 끝이 닫힌 水平테라스의 末端部는 恒常 알맞게 닫혀 있어야 한다.

地下排出口의 吸水渠近處에 堆積된 流砂와 耕耘作業 도중에 吸水渠 近處에 쌓인 흙은 吸水渠가 테라스水路 貯溜部의 가장 낮은 部分에 位置될 수 있도록 고루 配置해야 한다. 또한 暴雨直後에 流去가 發生하여 吸水渠에 모인 찌꺼기를 除去하고 損傷된 排出口는 代置하거나 修理하여야 한다.

차. 安 全

테라스에서 裝備를 사용할 때는 注意하여야 하며 특히 傾斜度가 4:1보다 急한 곳은 特殊한 裝備가 필요하다. 運轉土를 保護하기 위한 보호를 또는 보호덮개와 같은 安全裝置가 반드시 요구된다.

設計者는 安全性을 念頭에 두고 設計하여야 하며 構造物이 施工되는 方法과 사용되는 方法을 想像하면서 設計하여야 한다. 最終設計는 構造物의 制限性과 安全에 대한 情報가 提示되어야 하며, 危險이 있으면 構造物의 施工 및 維持管理를 擔當하는 사람에게 危險事項을 公示하여야 한다. 이러한 것은 文書로 記錄, 整理하여 保管되어야 한다.