

# 흙 분류법에 대한提言

林 迎 春

## [1] 序 論

農工技術分野만이 아니라 一般土木系統이나 建築界에 있어 흙(Soil)이 材料로서 또는 基礎로서 차지하는 比重이 큰 再言을 不要한다. 比重이 큰 位置에 있는 흙에 對하여 實情은 알어야 할 많은 知識을 모르고 있으며 特히 우리 農業土木界에 있어서는 土堰堤工事 水路工事 工作物基礎 등의 許多한 難問題에 逢着하고 있으므로 흙에 關한 새로운 知識이 要求되는 實情에 있다. 흙을 研究하고 取扱함에 있어 第一 먼저 必要한 것이 이의 分類(Classification)인데 이 分類法이 우리 農業土木界뿐만 아니라 他 學界에서도 決定한바 없음이 우리나라의 現實情이며 흙의 分類法이 緊急히 要請되므로 美國開拓局과 陸軍工兵團에서 使用하고 있는 “統一흙分類法”(Unified Soil classification system)을 使用할 것을 提言하며 此에 對하여 論하고져 한다.

먼저 統一흙分類法의 目的과 範圍를 말하고져 한다. 大部分의 흙은 異種의 礦物粒子가 合積된 것으로서 이 粒子가 一體로 結合된 것은 아니다. 然이나 技術者가 使用하고 있는 土壤(Soil) 또는 흙(Earth) 등으로 불리우는 名稱은 普通 흙層에서 볼수 있는 有機物質 및 無機物質이 團合되어 있지 않은 것과 部分的으로 團合된 것이 모든 것을 指稱한다. 그러나 露出된 後에라도 硬度가 큰 것 即 岩(Rock)은 除外한다. 土工 및 基礎의 設計와 施工에 있어 技術者로서 먼저 알어야 할 重要한 것은 흙의 物理的性質 即 單位重量(unit weight), 透水性(permeability), 剪斷強度(shearing strength), 壓縮性(compresibility) 및 물과의 相互作用(Interaction with water) 등이다.

上記한 物理的性質을 究明함에 있어 現場에서나 事務室에서나 흙에 關하여 同一하게 불리움은 技術者를 爲하여 便利한 일이며 따라서 흙의 表示와 分類에 對한 어떤 標準方法이 必要하다.

技術者가 그 經驗을 活用하고 相互間에 情報를 交換할수있게 하기 爲하여서는 흙을 工學的成

分으로 區分하여야 하며 區分을 하기 爲하여서는 흙의 種類를 어떤 範疇안에 넣어 組織적으로 表示하여야 한다.

흙의 分類와 描寫를 할수 있는 試掘 其他 現場探查는 다음과 如히 여러가지 目的下에 施行된다. 即 一次의인 概算을 爲하여, 最終設計에 必要한 現場調査附加與否의 決定, 經濟面의 比較計劃 및 探查를 더 할것인가등이다.

重要한 工作物의 最終設計를 함에 있어서는 單純히 흙의 視覺分類만 가지고는 안되며 試驗所에서 試驗을 通하여 豫想한 現場條件下의 透水性, 剪斷強度 및 壓縮性等, 흙의 所持特性을 알아야 한다.

따라서 여러가지 구루푸(Group)의 흙의 標準工學的特性關係를 包含한 흙分類에 關한 知識은 흙을 取扱하는 技術者에게 有用한 要因이다. 即 흙을 15個구루푸로 分類함으로써 個個 구루푸에 內包된 標準特性을 判斷하여 여러 工學的目的에 適用시킬수 있는 것이다.

1952年 美國內務省開拓局과 陸軍工兵團이 相談役으로 A. Casagrande氏와 같이 合議하여 A. Casagrande氏의 Airfield分類法을 變更한 것이 即 統一흙分類法(Unified soil classification system)이다. 이 分類法은 흙의 工學的性質을 참작하여 만든 것으로서 實地로 흙의 取扱이 容易할 뿐더러 記述的이며 또한 現場에 있어서나 試驗所에 있어서나 融通性있게 適用된다. 이것의 가장 有利한 點은 試驗所에서 試驗을 하지않고도 視覺試驗方法(Visual test)과 손試驗方法(manual test)에 依하여 容易하게 分類할수 있는 것이다. 此 統合分類方法은 粒子의 크기(size), 各種size別 量 및 微細粒子部分의 性質에 基準을 둔 것이다.

흙은 여러가지 構成分子로 形成되어있으며 이 各 構成分子의 要素가 總合組成되어 그 흙全體의 物理的性質을 나타낸다. 흙의 分類는 그 흙의 構成分子의 性質을 第一먼저 考察함으로써 가장 잘 알수있다.

後述 [II]項에서는 흙의 構成과 分類法에 있어 使用된 概念을 紹介하였고 [III]項과 圖3 (分類表)에는 自然狀態의 흙에 對한 重要한 分類法을 包含시켰었다. 그리고 한갓 適切한 分類를 爲하여서는 試掘을 해봄과 報告書등을 參考로 하여야함도 重要한 일이다. 그러므로 [IV]項에서는 흙에 對한 解説을 하였고 [V]項과 圖4에서는 흙의 工學的性質과 各分類 구루부의 標準흙 使用과의 質的인 比較를 하였다.

[II] 흙의成分(Soil components)

1. 크기(size)

3吋보다 큰 粒子는 이 統一分類法에서 除外하였다. 然이나 이러한 큰 size의 量이 얼마나 있는나하는것은 盛土의 土取場選擇에 있어 가장 重大한 일이다. 그러므로 調査時에는 恒常 3吋보다 큰 粒子의 크기와 量에 關하여 잘 알아야 한다

이 分類法에 있어 粒子의 크기를 두가지로 大別한다. 卽 이것은 粗粒材(Coarse grains)와 細粒材(Fine grains)이다. 粗骨材는 No. 200채 (篩)크기(0.074mm)보다 큰 것을 말하며 이것을 또 細分類하면 다음과 같다.

자갈(Gravel, 符號 G).....3吋에서 No. 4 채 ( $\frac{3}{16}$ 吋)까지

粗砂利(Coarse gravel).....3吋에서

$\frac{3}{4}$ 吋까지

細砂利(Fin gravel)..... $\frac{3}{4}$ 吋에서

No. 4채 까지

모래(Sand, 符號 S).....No. 4채에서 No. 200채 까지

粗砂(Coarse Sand).....No. 4채에서 No. 10채 까지

中砂(Medium Sand).....No. 10채에서 No. 40채 까지

細砂(Fine Sand).....No. 40채에서 No. 200채 까지

肉眼으로 分類할때  $\frac{1}{4}$ 吋가 No. 4채와 同等하다고 生覺하면 되고 No. 200채 크기는 肉眼으로 筒筒粒子을 볼수 있는 最小粒子이다.

細粒材(Fine grains or Fines)는 No. 200 채

크기보다 적은 것으로 쉘트(Silt, 符號 M)와 粘土(Clay, 符號 C) 두가지로 나눌수 있다. 舊式分類法 또는 現在도 어떤곳에서는 粒經 5마이쿠론(0.005mm) 또는 2마이쿠론 보다 적은 것을 粘土라 부르고 이 粒土크기보다 큰 細粒材를 쉘트(Silt)라고 規定하고 있다 卽 粘土와 쉘트를 單純히 粒徑의 크기로 區分하고 있는 것이다. 그러나 粘土와 쉘트의 代表的인 工學上的 特性이 一定한 粒子의 크기에 一致한다는것은 잘못된 生覺이다. 岩粉(Rock flour)의 堆積層地帶는 5 마이쿠론以下의 것에 있어서도 모다 쉘트性質의 것만이며 一方 代表的인 粘土는 少量의 코로이드 크기(Colloidal size)가 包含되어 있을뿐이고 주로 5마이쿠론以上의 粒子로서 形成되어있다. 그러므로 統一分類法에서는 粘土와 쉘트와의 區分을 粒子의 크기로 하지않고 그 狀態(Behavior)에 따라 分類한다.

有機物質(Organic material, 符號 O)은 此亦 때때로 흙의 構成分子가 되나 이것은 一定한 粒子로서의 크기는없다. 이 區分은 그 粒子의 크기의 範圍 卽 微少한 코로이드크기부터 數吋길이의 野菜의 分解片에 이르는 有機物質粒子크기에 依한것이 아니고 그 粒子의 成分에 따라 區分한다.

2. 粒度(Gradation)

흙을 構成하고 있는 粒子의 크기와 量은 試驗所에서 粗粒材는 채(Sieve)로 치고 細粒材는 沈澱法(Sedimentation or wet mechanical analysis)에 依한 試驗을 通하여 決定한다. 이 試驗結果는 粒度加積曲線(Cumulative grain-size curve)으로 나타낸다. 粗粒材를 많이 包含한 흙에 있어서는 粒度로서 그 흙의 物理的性質을 어느程度 알수있으나 細粒材를 많이 包含한 흙에 있어서는 粒麥란 그 性質에 對하여 別다른 意味가 없다.

흙의 代表的인 粒麥란 아래와 같다.

(a) 良粒度(Well graded, 符號 W)

極細粒子에서 最大粒子에 이르는 여러가지 크기의 粒子가 모다 均等하게 잘 配合된것.

(b) 不良粒度(Poorly graded, 符號 P). 大部分의 粒子의 크기가 均等한것 또는 跳躍粒度(Skip gradation)일때 卽 한가지以上의 中間粒子가 없는 粒度일때를말한다.

現場에서 視覺試驗(Visual examination)으로 흙의 粒度가 良粒度인가 不良粒度인 가를 推定하며 흙의 粒度型은 粒子配列에 따르는 어떤 規範의 使用과 粒度曲線(Grain-size Curve)의 形狀에 依하여 決定한다. 粒子配列計算은 均等係數(Coefficient of uniformity) Cu로서 行한다. 이 Cu는 60%의 크기(D<sub>60</sub>)을 10%의 크기(D<sub>10</sub>)로 除한것이다. 그리고 粒度曲線의 形狀은 曲線係數(Coefficient of Curvature) Cc로서 表示한다. 이 Cc는 30%의 크기의 自乘을 60%의 크기와 10%의 크기를 乘한 것으로 除한것이다. 代表的인 粒度의 寫眞과 粒度 曲線은 圖1과 같다.

### 3. 粒子의 形狀(Shape)

粒子의 形狀은 흙의 物理的性質에 重大한 影響을 받는다. 普遍的인 흙粒子의 形狀은 다음과 같다.

(a) 부피가 있는 것 또는 둥근 것(Bulky or equidimensional grains).

이것은 粒子가 둥근 것(rounded), 若干 둥근 것(subrounded), 角진 것(angular), 若干 角진 것(subangular)등으로서 흙의 粗粒材의 成分이 普通 발키(Bulky)型이며 主로 石英(quartz)과 長石(feldspar)으로 되어 있다.

(b) 平粒子(Flaky grains 또는 plate-like particles)

이것은 細粒材에 많이 存在한다. 雲母(mica)와 粘土鑛物이 이 形狀이며 이것은 主로 高壓縮에 起因하여 生成된것이다.

### 4. 흙의 濕度(Soil moisture)

代表的인 흙덩어리(soil mass)의 構成要素는 土粒子, 空氣, 물의 세가지로 되어있다. 細粒子가 많은 흙은 空隙(voids)에 存在하는 물이 흙의 性質에 많은 影響을 준다. 흙構成에 있어 濕度上 세가지 主要形態는 다음과 같다.

(a) 液性狀態(Liquid state)

土粒子가 물과 混合되었을때 遊離狀態에 있거나 또는 粘性이 있는 液體의 性質을 가진 狀態를 말한다.

(b) 塑性狀態(Plastic state)

半固體의 狀態로서 變形되며 彈性的 反撥이 없고 容積變化가 없고, 금(crack)이 가지않고 또는 부서지지않게 이길수(mold)있는 흙의 含水狀態를 말한다.

(c) 硬性狀態(Solid state)

흙이 變形하면 금이 가고 부서지며 彈性的 反撥이 있는 狀態를 말한다.

以上の 三種의 흙狀態는 粒子의 크기 No. 40 체(4.76mm)이하의 것에만 생각한다.

液性狀態에서 塑性狀態로 바뀌는때의 含水量에 對한 그 흙의 乾重과센트를 液性限界(Liquid limit, 符號 LL)라한다. 이 液性限界를 決定하는 器具는 第2圖와 如한 裝置로서 어떤 條件下에 흙이 流動하는 狀態로서 液性限界를 決定한다. 이와 마찬가지로 塑性狀態와 硬性狀態의 限界에있는 흙의 含水量을 塑性限界(Plastic limit, 符號 PL)라한다.

이 塑性限界에 對한 試驗所에서의 試驗方法은 흙을 손바닥으로 反複하며 흙농이(threads)의 徑이 1/8吋이며 이 농이가 부서질때까지 平板위에서 부비여 이때의 含水量을 塑性限界로 決定한다.

液性限界와 塑性限界 사이의 含水量範圍의 흙은 非塑性한 性質이 있다. 이 含水量의 差를 塑性指數(Plasticity index, 符號 PI)라 稱한다. 塑性이 높은 흙은 PI值가 높고 塑性이 減少함에 따라 PI值가 減다. 卽 非塑性흙은 塑性限界와 液性限界가 同一하며 따라서 PI=0 가된다.

上記한 흙의 構成限界는 瑞典科學者의 이름을 딴 아타박限界(Atterberg limits)라고 불리며 統一흙分類法에서는 이것을 粘性이 많은 흙材料(粘土)와 輕한 粘性材料 및 非塑性材料(셀트)등의 差異를 分別하는 基準으로 使用하고 있다.

아타박限界의 試驗을 하지않고도 簡單한 手試驗方法으로 細粒흙材料가 粘性이나 셀트性이나를 決定할수가 있다. 이 試驗의 現場順序의 一部分은 다음과 같다.

振動試驗(Dilatancy).....振動反應

破碎試驗(Dry strength).....破碎性

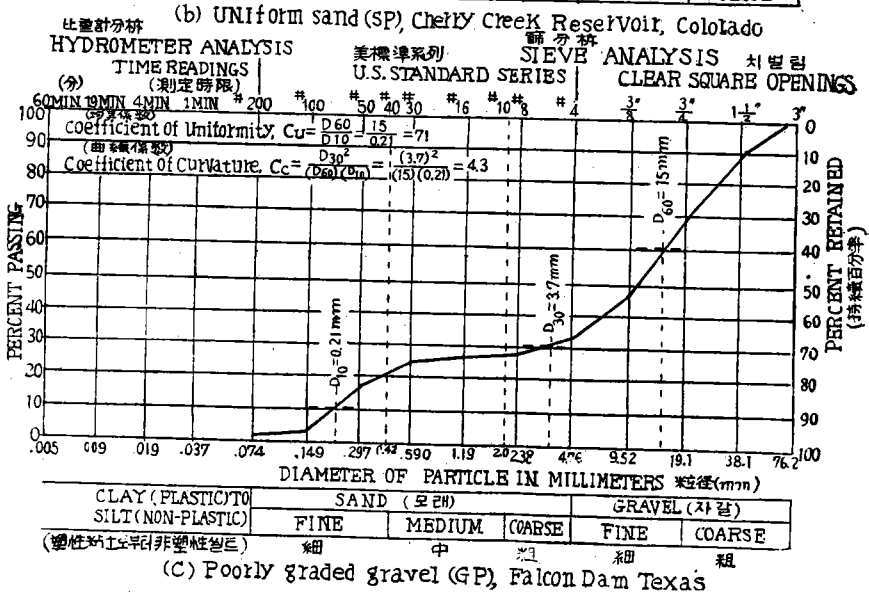
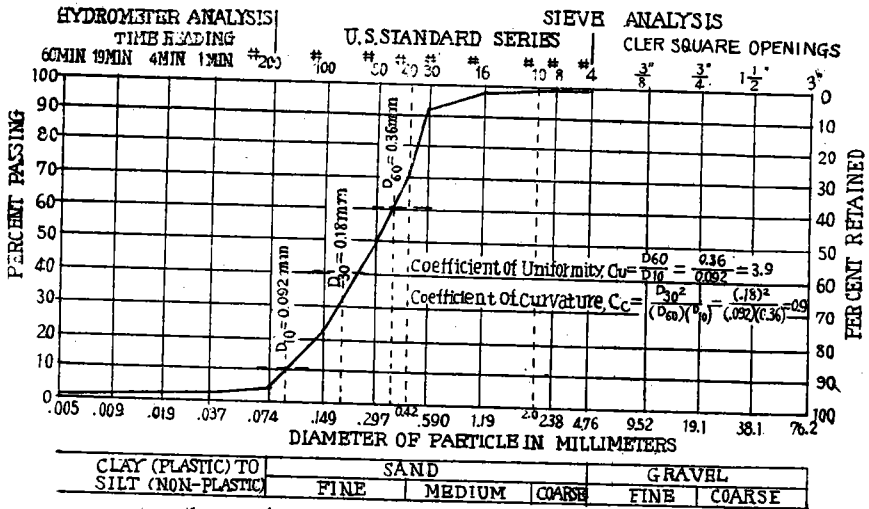
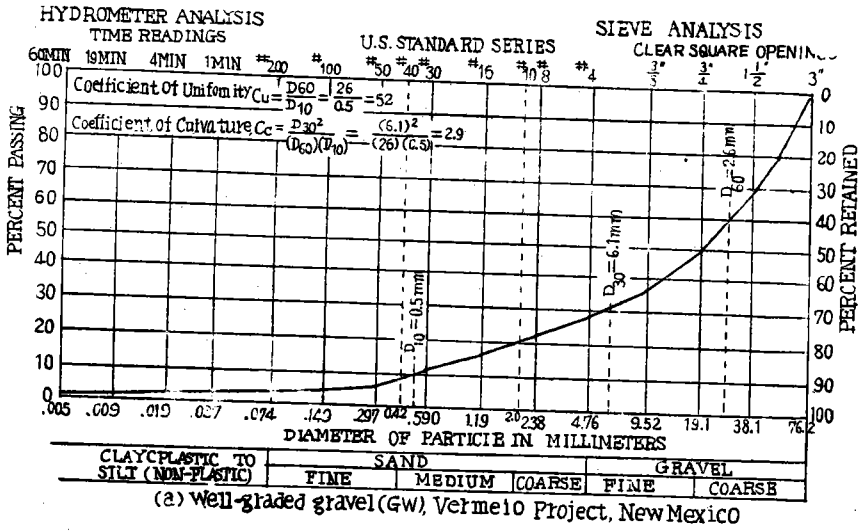
塑性試驗(Toughness).....塑性限界에 가까운 콘시스턴시

上記한 試驗方法에 對하여는 다음과 같이 說明할수있다.

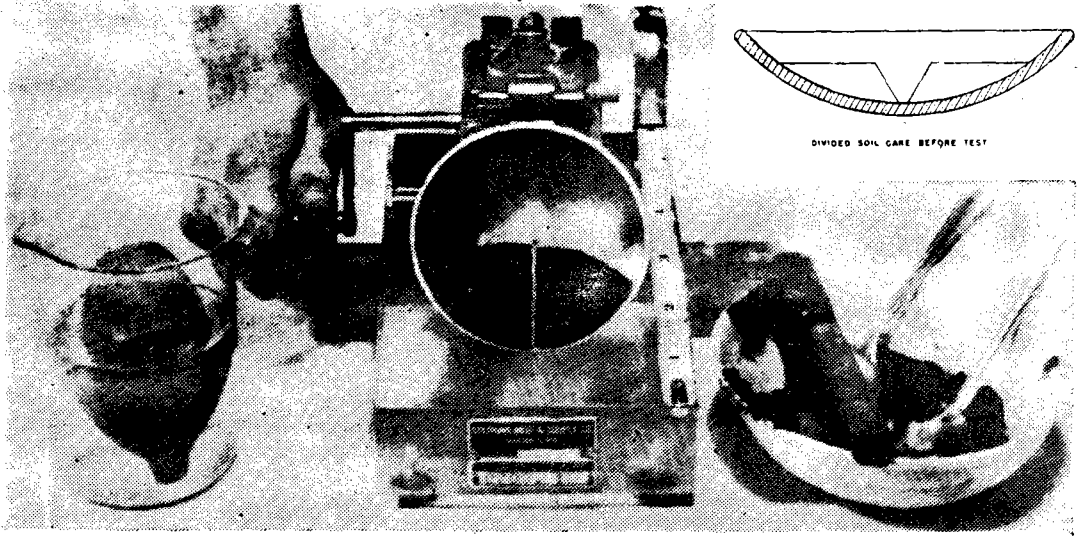
### 5. 흙成分의 工學的 特性

(a) 자갈 및 모래(Gravel and Sand)

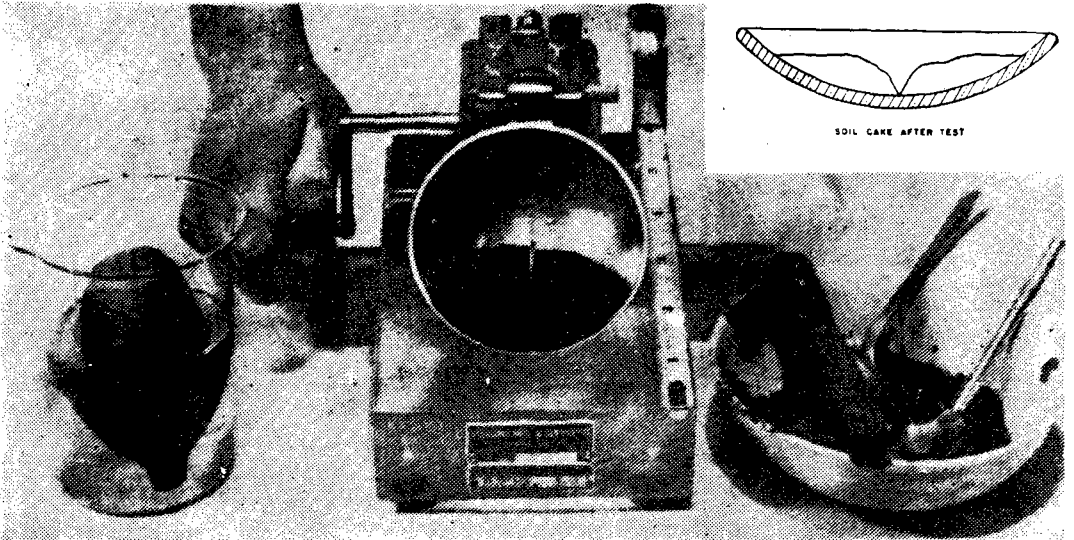
흙의 이 두가지 粗粒成分(자갈과모래)은 主로 粒度가 相異할뿐 本質的으로 같은 工學的成分을



(圖 1)



(a) GROOVE FORMED



(b) GROOVE CLOSED

圖 2 - Test for liquid limit

가지고 있다. 자갈과 모래는 No. 4 체 크기까지로 任意的으로 定한것이며 그 特性에 對한 큰 變化와는 關係없다. 良粒度이고 搗固한 자갈 또는 모래는 安定된 材料이다. 細粒材가 섞여있지 않는 粗粒흙은 透水性이 크며 搗固하기 容易하고 水分에 對한 影響이 적고 凍結作用을 받지 않는다. 粒子의 크기와 같이 粒度와 粒子의 形狀이 흙의 特性에 影響이 있으나 同量의 細粒材가 자갈과 모래에 섞여있을때는 모래에 섞인것보다 자갈에 섞인것이 透水性이 더 크고 더 安定하며 물에 對한 影響이 더적다.

모래의 粒子가 더 적어지고 더 均等해지면 셀트의 特性에 接近한다. 即 透水性이 적어지고 물을 含有할때에 安定성이 減少된다. 極히 적고 均等한 모래는 事實上 셀트와 區別하기 어렵다. 然이나 乾셀트는 極히 적으나마 凝集性이 있고 손으로 接觸하여 平滑한 感を 느끼게 하는데에 反하여 乾砂는 凝集力이 全然 없고 接觸할때 硃硃(gritty)하게 느껴진다.

(b) 셀트와 粘土(Silt and Clay)

細粒흙의 量이 적게 섞여 있을지라도 흙의 工學的 效果에 있어서는 重要하다.

No. 200체 크기보다 적은 粒子가 10%만 모래와 자갈에 섞여 있을지라도 事實上 不滲透部를 만들수 있으며 特히 粗粒材가 良粒度일 경우는 그러하다. 그리고 細粒材 10%以下가 良粒度인 모래와 자갈에 섞여 있을때는 甚한 凍上을 받을 때가 있다. 그러므로 粗粒材를 道路表面等에 利用할 때는 모래와 자갈의 結束材가 되도록 少量의 粘土를 加함으로써 이 粗粒材를 改良할수있다. 셀트와 粘土가 多量으로 섞여 있는 흙은 技術者에 對하여 大端히 귀찬은 存在이다. 이러한 흙은 含水量의 變化에 따라 物理的性質의 顯著한 變化를 나타낸다. 例를들면 굳고 乾燥한 粘土는 乾燥狀態에 있을 동안은 무거운 荷重에 對한 基礎로서 適合할지 모르나 濕해지면 泥池化해버린다. 慶山水組 文村池堤塘이 今年雨期에 斷面이 約半가량 內堤側으로 數十米區間 滑落하여 溢流堰을 다이내마이트로 爆破하는등 騷動이 일어났

은 것은 中心粘土와 抱土가 모다 粘土分이 過多하였든 까닭이라 推測하는바이다. 大部分의 細粒흙은 乾燥하면 收縮하고 濕하면 膨脹하므로 이 위에 工作物을 建造하든가 土堰堤材料로 使用하면은 惡影響을 받는다.

含有濕度の 變動이 없다하드라도 細粒材는 地層의 自然條件과 흙을 一端 파제친後의 狀態와는 相當한 差異가 있다. 地質學的으로 長期間 荷重을 받은 細粒材의 堆積層은 때때로 自然狀態에 있어 그 흙의 獨特한 構造의 特性을 가지는 수가 있다. 흙을 工事材料로 使用할目的으로 掘鑿하였거나 또는 自然堆積層이 杭木박기등으로 騷亂(disturved)되었을때는 其 흙의 構造가 破壞되며 其 흙의 性質이 根本的으로 달려진다.

셀트는 여러가지 重要한 點에서 粘土(clay)와 相違하다. 그러나 外觀上 類似한까닭에 間或 相互間 誤認하는 경우가 있으며 때로는 잘 못된 結果를 招來하는 경우가 있다. 乾燥한 粉體의 셀트와 粘土는 區別할수 없다. 그러나 이것들을 물에 넣거나 水分을 含有시킴으로써 容易하게 鑑定할수 있다. 셀트를 셀트로서 粘土를 粘土로서의 細粒材로 認識한다는것은 흙分類에 있어 가장 重要한 部分이다.

(1) 셀트(Silt)

셀트는 非粘性細粒材이다. 그리고 水分을 含有할때는 本質的으로 安定되지 못하며 물에 飽和되었을 때는 “퀵크”(quick)해지는 傾向이 있다. “퀵크셀트”(quick silt)를 技術者들은 “황소간”(bull's liver)이라고부른다. 셀트는 比較的 不透水性이며 搗固하기 難하며 凍上에 對하여 感度가 大端히 높다.

粘土는 振動하였을때 그 形狀은 變化하나 이에 따라 容積이 變化하지않는 反面에 셀트는 이때 그 形狀의 變化에 따라 容積이 變化한다. 振動하였을 때에 擴潤特性(Dilatancy property)으로 “quick”한 反作用이 일어나며 此 性質로서 弛解되어있고 濕한 狀態에 있는 代表的인 셀트를 分別할수 있다(圖3의 振動試驗을 參照). 셀트가 乾燥하였을 때는 손가락으로 누르는 壓力

으로 容易하게 부서진다. (大端히 弱한 乾燥抵抗力을 所持) 그리고 손으로 비빌때 모래는 걸쭉걸쭉한 感이 있는 反面에 쉼트는 부드러운 (smooth) 感이 있다.

쉼트는 그 粒子의 크기와 形狀에 따라 主로 壓縮性에 있어 그 影響을 받는 바가 다르다. 同一 負荷條件下에 있어 液性限界가 높으면 높을수록 壓縮性이 더 커진다. 代表的인 발키 無機質 쉼트(Typical bulky-grained inorganic silt)의 液性限界는 約 30%이며 一方 主로 平粒子(Flaky grains)로 構成된 雲母 또는 硅藻質이 높은 쉼트(Elastic silt)는 液性限界가 100%까지 높아질 때가 있다. 쉼트의 擴潤성과 “quicking”의 特性으로서 低液性限界(符號 L)와 高液性限界(符號 H)를 現場에서 分別할 수 있다.

(2) 粘土(Clays)는 可塑性細粒材이다. 이것은 濕하였을 때는 變形에 對한 抵抗이 약이나 乾燥하면 굳게 凝結된 덩어리로 된다. 粘土는 事實上 不透水性이며 濕하였을 때는 搗固하기 困難하고 또 普通方法으로서는 排水가 不可能하다. 그리고 含水量의 變化에 따라 膨脹과 收縮이 큰 것이 粘土의 特徵이다. 粘土粒子의 크기가 적은 것과 形狀의 平平한 것과 鑛物性成分의 粒子들로 調合된 粘土는 壓縮성과 粘性이 많다. 同一한 事前負荷條件下에 있어 粘土의 液性限界가 높으면 높을수록 壓縮性이 크다. 그러므로 統一흙分類法에 있어서는 液性限界를 高壓縮性(符號 H)인 粘土와 低壓縮性(符號 L)인 粘土를 區分하는데 使用한다. 粘土의 塑性의 差異는 塑性指數(Plasticity indexes)에 關係된다. 同一한 液性限界인 경우 粘土는 塑性指數가 높으면 높을수록 粘性이 크다.

現場에서 粘土의 差異를 分別하는 方法은 濕한 흙을 농이(Threads)로 굴리여 농이가 부서질때까지 繼續하는 塑性試驗(Toughness)과 부서지는것으로서. 粘土의 抵抗을 測定하는 破碎試驗(Dry strength)에 依하여 決定한다(圖3參照) 上述한 試驗에 對하여 若干의 經驗이 있더라도 低壓縮性이며 低塑性인 即 貧粘土(lean clay 符號 L)와 高塑性이며 高壓縮性인 即 富粘土(Fat

clay, 符號 H)와의 區別을 容易하게 할 수 있다.

(c) 有機物質(Organic matter)

植物이 腐敗하여 分斷된 形態에 있는 有機物質은 泥炭性 흙의 初期的인 組織이다. 植物體가 여러가지로 細分된 것은 粘性 및 非粘性沈澱物中에 볼 수 있으며 그리고 때때로 그 特性을 分類할때 많은 影響을 주는 수가 있다. 그리하여 低塑性인 有機質쉼트 및 쉼트-粘土와 高塑性인 有機質 粘土로 나타나는 것이다. 有機物質이 少量일지라도 코로이달形態로 粘土에 있을 때는 塑性指數가 增加됨이 없이 그 材料의 液性限界가 相當히 增加하게 된다. 有機質 흙은 暗灰色 또는 黑色이며 그리고 普通 腐敗한 獨特한 냄새를 가지고 있다. 有機質粘土는 無機質粘土에 比較할 수 있는 塑性範圍에 있어 海綿과 같은 느낌을 갖게 된다. 흙의 有機物含有度가 높으면 腐殖으로 因하여 空隙이 生起게 되고 化學的인 變化를 통하여 흙의 物理的性質을 變化케 하는 등의 傾向은 工學的使用面에 있어 良好하지 못하다. 흙에 有機物質이 少量일지라도 그것이 含有될때는 確實히 壓縮이 더 있게 된다. 그러므로 이 有機質흙은 工學的使用面으로 볼때는 좋지 않다.

〔Ⅲ〕 흙의 分類(Classification of soils)

1. 概 要

自然흙은 자갈 모래 쉼트 粘土 또는 有機物質 등, 單獨으로 되어있는 것은 大體로 없다. 그런 故로 前記한 여러가지 物質이 多樣配合으로 混成된 것이 普通이다. 統一흙分類法에 있어서는 組織型 主要構成 粒子의 크기, 粒度 및 塑性和 壓縮性등을 認識함을 主要基準으로 하고 있다. 그리고 흙을 粗粒흙, 細粒흙 및 高有機質흙의 세가지로 大別하고 있다. 現場에서 分類하는 方法은 粗粒材에 對하여는 視覺試驗에 依하여 行하며 細粒흙 또는 細分片흙에 對하여는 簡單한 몇가지 손試驗에 依해 行하여 진다. 一方 試驗所에서는 粒度曲線(Grain-size carve)과 아타박 限界를 使用하여 行한다. 泥炭質흙(Peaty soils 符號 Pt)은 色과 냄새 海綿性觸感 및 纖維質組織 등으로 判別할 수 있으며 分類法에 있어서는 이 以上 더 再分類를 하지 않는다.

2. 現場分類法(Field classification)

第一번째 代表的인 흙試料(3吋以上の 크기를 가진 粒子는 除外)에 있어 粒子의 個個를 肉眼으로 볼수 있는 것이 重量으로 50%以上 있느냐 없느냐를 推定하는데 따라 粗粒材나 細粒材나를 區分한다. 肉眼으로 볼수있는 粒子가 50%以上 混入되어있는 흙을 粗粒흙(Coarse-grained soil) 이라고 하며 肉眼으로 見別치 못할 細粒子가 50%以上 含有한 흙을 細粒흙으로 본다. 粗粒흙이 優勢할 때는 粗粒材中 第4番채(約 1/4吋) 크기보다 큰 것 또는 적은 것이 50%나 또는 그 이상이나를 評價함으로써 자갈 또는 모래로 區分鑑定한다.

萬若 흙이 자갈性이면 그 다음에는 “크린”(Clean, 細粒材가 적으나 없는 것)하나 또는 “다-티”(dirty, 細粒材가 相當量 包含되어있는 것)하나를 分別한다. “Clean”자갈의 最終分類는 粒度를 鑑別함으로써 行하여진다. 即 良粒度자갈은 GW에 屬하며 均一한 것과 跳躍粒度의 자갈은 GP에 屬한다. “다-티”자갈에는 두가지型이 있는데 無塑性細粒材를 包含하였을 때는 GM 이고 可塑性(粘性)細粒材를 包含하였을 때는 GC로 한다.

細粒흙에 있어 細粒材가 쉘트性이나 또는 粘性이나 하는 것은 세가지 手試驗(Manual test)을 通하여 決定한다.

萬若 흙이 모래性이면 자갈인때와 마찬가지로 同一한 順序와 規範을 使用하여 그 흙이 良粒度 Clean 모래(SW)나 不良粒度 Clean 모래(SP)나 쉘트性細粒모래(SM)나 또는 粘質細粒모래(SC)나를 決定한다.

細粒材가 많을 때는(重量으로 50%以上) 振動試驗(Dilatancy), 粉碎試驗(Dry strength) 및 塑性試驗(Toughness, 塑性限界에 가까울 때)에 依하여 또는 有機物質과 無有機物質의 存在를 分別함으로써 ML, CL, OL, MH, CH, OH의 6個 群中 하나로 分類한다. 그 試驗方法과 各種 手試驗을 하기爲한 여러 群의 細粒흙의 狀態는 圖 3의 分類表에서 보는바와 마찬가지로이다.

여러가지 群의 代表的인 흙은 前述한 方法에 依하여 容易하게 分類할수 있다. 然이나 여러 自然흙에 있어 群間의 境界에서는 兩便이 모다 接近되어 있음으로 여러가지 크기의 파센

티지(百分率)에 있어서나 塑性에 있어서나간에 그 群의 特性을 가진다. 이러한 종류의 흙이 있는 까닭에 境界分類法(Boundary classification)을 使用한다. 即 그 흙에 가장 가깝게 說明되는 2個 群의 符號를 例하면 GW—GC와如히 하이픈(Hyphen)으로 連絡하여 分類하는 것이다.

萬若 粗粒흙中 자갈과 모래의 含有部割이 比等할 때는 分類順序로서 그 흙을 자갈質이라 假定하고 然後에 말하자면 GC라든가의 最終흙 群까지 分類表에서 分類를 繼續한다. 그리고 그 흙은 모래質이라고도 假定할수 있음으로 正當한 現場分類方法은 GC—SC이다. 이것은 자갈 및 모래의 二次群의 規範이 同一視되는 까닭이다. 上述한바와 如히 자갈과 모래群의 사이에는 境界分類로서 GW—GP, GM—GC, GW—GM, SW—SP, SM—SC 및 SW—SM 등이 있을수 있다.

粗粒흙과 細粒흙의 境界에 가까운 適當한 境界分類方法은 粗粒材를 먼저내고 그 다음에 細粒흙을 表示하여 分類한다. 即 SM—ML, 또는 SC—CL등과 같이 分類함이 普通이다.

細粒材以下의 部分에 있어 境界分類는 液性限界의 同一範圍에 있어 쉘트質材와 粘土質材間과 같이 低液性限界흙과 高液性限界흙間에도 있을수 있다. 例하면 ML—MH, CL—CH, OL—OH, 그리고 CL—ML, ML—OL, CL—OL, MH—OH 및 CH—OH 흙이 있을수 있다.

3. 試驗所分類(Laboratory Classification)

視覺과 手試驗에 依하여 現場에서 흙의 分類를 한다고 하나 統一흙分類法에서는 試驗所에서 機械的分析 및 아-타박限界試驗에 依하여 흙種別群을 仔細히 描寫할수 있게끔 되어있다. 試驗所 分類를 할 때에는 間或 強度, 壓縮性 및 透水 등의 廣範圍한 試驗을 하기爲한 代表的인 흙試料에 對하여 分類試驗을 하기도 한다. 그리고 現場分類技術者가 塑性의 파센트(%)와 度合을 鑑定하는 能力을 增進케하는 訓練上의 面에서도 此 試驗所分類가 必要하다.

粒度曲線(The grain-size Curve)은 粗粒이나 細粒이나 하는 흙分類에 使用된다. 粗粒흙일 때는 50%規範을 使用함으로써 크기에 따라 자갈 또는 모래로 分類한다. 자갈 또는 모래群內에 있어 No. 200番 채 以下의 細粒흙이 5%以下 섞



圖 3 統 一 흙 分 類

現場分別方法 (徑 3吋以下에 限함)		符號	標 準 名 稱		
粗 粒 (No. 200號 以上粗粒자가半以上인것)	갈 자 (No. 4號 크기 以上粗粒자가半以上인것) 개끗한 자갈 (粗粒材가 많) (細粒材가 적은 것)	粒자가 廣範圍하게 여러가지로 適當量 調合되어 있는것	GW 良粒度자갈, 자갈-모래 混合된것 粒細材가 적거나 없는것		
		한종류만 많은가 中間粒자가 欠如되었는가 한것	GP 不良粒度자갈, 자갈-모래 混合된것 粒細材가 적거나 없는것		
	자 (No. 4號 크기 以上粗粒자가半以上인것) 細粒材가 적인 것	非塑性細粒材(ML)	GM 셴트性자갈, 不良粒度자갈-모래 셴트 混合된것		
		塑性細粒材(CL)	GC 粘土質자갈, 不良粒度자갈-모래 粘土 混合된것		
	레 모 (No. 4號 크기 以下粗粒자가半以上인것) 개끗한 모래 (細粒材가 많) (粗粒材가 적은 것)	粒자가 廣範圍하게 여러가지로 適當量 調合되어 있는것	SW 良粒度모래, 자갈質모래 細粒材가 적거나 없는것		
		한종류만 많은가 中間粒자가 欠如되었는가 한것	SP 不良粒度모래, 자갈質모래 細粒材가 적거나 없는것		
모 (No. 4號 크기 以下粗粒자가半以上인것) 細粒材가 적인 것	非塑性細粒材(ML)	SM 셴트性모래, 不良粒度 모래-셴트 混合된것			
	塑性細粒材(CL)	SC 粘質모래, 不良粒度 모래-粘土 混合된것			
No. 40號 크기 以下의 粒자에 對한 分別方法					
細 粒 (No. 200號 크기 以下가 半以上인것)	셴트 및 粘土 (液性限界50以下)	破 碎 性	振動에 對한 反 應	塑性反應	
		none to slight	Quick to slow	none	ML 無機質셴트 및 微細砂, 岑粉, 塑性이 대단히 적은 셴트性細砂, 또는 粘質細砂
		Medium to high	none to very slow	Medium	CL 塑性이 적은것에서 中程度까지의 無機質粘土, 자갈性粘土, 모래性粘土, 셴트性粘土 및 린粘土
	셴트 및 粘土 (液性限界50以上)	slight to medium	slow	slight	OL 有機質셴트 및 低塑性有機質셴트性粘土
		slight to medium	slow to none	slight to medium	MH 無機質셴트, 雲母性 또는 硅藻性細砂 또는 셴트質흙, 彈性셴트
		High to very high	none	High	CH 高塑性無機質粘土, 富粘土
	셴트 및 粘土 (液性限界50以上)	Medium to high	none to very slow	slight to medium	OH 中位에서 高塑性까지의 有機質粘土
		高 有 機 質 흙	색 냄새, 海綿性觸感 및 섬유質 등으로 容易하게 分別할수 있다.		PT 泥炭 및 其他高有機質흙

振動試驗方法

No. 40番號 보다 큰 粒자를 除去한 다음  $\frac{1}{2}$  立方吋가량의 汎흙덩어리를 만든다. 흙덩어리가 물렁물렁할때까지 充分히 물을 加한다. 흙덩어리를 손바닥에 놓고 水平으로 振動한다. 그다음 다른쪽손에 數次히 있게 흙을 친손으로 친다. 이때 흙덩어리 表面에 물이 나타나며 빛이 나는 反作用이 일어난다. 또 이試料를 두손가락으로 夾았을 때 흙덩어리 表面으로부터 물기가 없어지며 따라서 물 빛이 없어진다. 振動하였을 때 물기가 速히 나타나든가 손가락으로 夾았을 때 물기가 없어지는 것이 細粒材의 特性을 아는데 補助가 된다. 極히 깨끗한 모래는 反作用이 速하고 顯著하다. 그反面 塑性粘土는 反作用이 없다 代表的인 岩粉과 같은 無機質셴트는 相當히 速한 反作用을 나타낸다.

破碎試驗方法

No. 40番號 보다 큰 粒자를 除去한 다음 必要에 따라 물을 加하며 파티같은 稠度로 汎흙덩어리로 造다. 이 汎흙덩어리를 乾燥 솟이나 太陽 또는 空氣에 依하여 完全乾燥를 시킨다. 그리고 손가락으로 夾여 汎흙덩어리가 부서지는 強度를 試驗한다. 이 強度로서 흙의 코르이달 粒자가 섞여있는 흙의 特性을 測定한다. 乾燥強度는 塑性의 增加에 따라 增加한다. 高乾燥強度는 CH구루부의 粘土의 特性을 나타내고 代表的인 無機質셴트는 아주 弱한 乾燥強度를 가지고 있다. 셴트性細砂 및 셴트는 大概 같은 弱한 乾燥強度를 가지고 있다. 그러나 乾燥試料를 가루로 부시는 感覺으로 이를 區別할수 있다. 即 代表的인 셴트는 가루와 같은 스무스한 感覺을 느끼는 反面에 細砂는 堅결하게 造인다.



인 흙을 "Clean"이라 생각한다. 그 다음에 均等係數와 曲線係數에 의하여 良粒度이나 不良粒度이나를 分類한다. 良粒度 자갈(GW)이며 Clean한것은 4以上の 均等係數(Cu)와 曲線係數(Cc)가 1과 3 사이에 있어야하는 兩條件에 相當하여야 한다. 그렇지 않으면 이것은 不良粒度자갈(GP)이라고 分類하여야 한다. 良粒度(SW) Clean 모래는 Cu가 6以上이며 Cc가 1에서 3 사이에 있어야 한다. 그렇지 않으면 이것은 不良粒度모래(SP)이다.

"Dirty"자갈 또는 "Dirty"모래는 12%以上の 細粒材가 섞인 흙을 말하며 이것은 圖3의 塑性表에 나타난 아타박限界試驗의 結果에 의하여 鹽土性(GM 또는 SM) 또는 粘質(GC 또는 SC)로 分類한다. 鹽土性細粒材는 塑性指數(PI)가 4以下나 또는 "A"線以下로 떠러지는것이다. 粘質細粒材는 PI가 7以上이며 "A"線以上에 푸를 되는 것이다.

細粒材를 5%~12% 含有하고 있는 粗粒흙은 "clean"한 것과 , "dirty"한 자갈 또는 모래(GW, GP, SW, SP, 및 GM, GC, SM, SC)와의 中間境界에 있다. 이와 마찬가지로 다-티 자갈과 모래의 경우도 PI가 4~7(GM-GC, SM-SC) 사이에 있을 때는 境界線上存在(Borderline Cases)에 있게 된다. 따라서 理論的으로는 境界線上存在는 또 境界線上存在를 가질수 있다. 그러나 이것은 許容하지 않으며 正確한 分類規則은 非塑性흙을 優位하게 取扱한다. 例하면 10%의 細粒材를 含有한 자갈의 Cu가 20이고, Cc가 2, 그리고 PI가 6일때는 GW-GC보다 GW-GM라고 分類하는 것이다.

一旦 粒度曲線에 의하여 細粒흙이라고 決定되면 塑性圖에 作圖된것과 如한 아타박限界試驗의 結果에 의하여 有機物質含有關係에 對한 關心을 兼하여 가지면서 6個分類群中 하나로 分類한다.

PI가 7以上이며 "A"線以上인 無機質細粒흙은 液性限界가 50%以下나 50%以上이냐에 따라 CL 또는 CH가 된다. 이와 마찬가지로 PI가 4以下이며 "A"線以下인 無機質細粒흙은 그 液性限界가 50%以下나 또는 50%以上이냐에 따라 ML 또는 MH가 된다.

"A"線以上에 있으며 PI가 4~7사이에 있는 細粒흙은 ML-CL로 分類한다. 萬若 液性限界가

50%以下면 確實한 有機物質인 "A"線以下の 흙은 OL이라 分類하고 이때의 液性限界가 50%以上이면 OH로 分類한다. 有機質鹽土 및 粘土는 普通 냄새(odor)와 色(color)에 의하여 塑性圖上 同一位置에 있는 無機質鹽土와 分別한다. 有機質含有量이 疑心스러울 때는 흙을 솟에 乾燥하는수가 있으며 물을 섞어 再混合하여 液性限界를 再試驗한다. 細粒有機質흙의 塑性은 솟乾燥를 할때 有機質코로이드가 絕對的인 變化를 함에 基因하여 많이 減少된다. 無機質흙이라도 솟乾燥(Oven drying)를 하며는 液性限界에 若干의 影響이 있다. 솟乾燥後의 液性限界가 솟乾燥前의 液性限界의 3/4以下로 減少되는 흙은 確實히 有機質흙으로 看做할수 있다.

#### [IV] 흙의 種別解說

##### 1. 概 論

代表的인 흙을 統一흙分類法의 種別群符號로서 表示한다고 하나 아직 確實히 符號로써 指定되지 못한 흙의 重要한 特性이 있다. 特히 工作物의 基礎로서 使用하기 爲하여 調査되는 흙에 있어 重要하다. 여기에 흙의 自然條件인 그 弛緩性, 搗固性 그 構造 및 排水性등은 그 構成分類에 있어 모두 重要한 것이다.

흙을 調査하는 目的을 두 規範으로 나눌수 있다. 卽

(a) 盛土와 뒤메꾸기(Backfill)를 하기 爲한 土取흙

(b) 工作物의 基礎

따라서 그 規範이 內包하고있는 것에 따라 흙을 여러가지 形態로 分別한다. 工作物에 있어서는 흔히 多量의 흙을 所要深에 達하기까지 掘鑿하여야 한다. 經濟面으로 最高度의 利用을 하는 것은 掘鑿한 흙을 盛土 또는 뒤메꾸기(Backfill)에 流用하는것이다. 그런故로 基礎地面이 때때로 土取場이 되며 이 區域의 調査는 二重目的에 行하여야한다. 이러한 調査를 할때의 흙의 解說은 土取材料로서 또 基礎흙에 關하여 充分히 調査하여야 한다.

##### 2. 土取材料(Borrow Materials)

盛土를 하기爲한 土取場의 흙은 探查掘 또는 오-가(auger)孔을 파서 適當히 種別分類를 하여야한다. 土取흙은 掘鑿, 運搬 또는 盛土時 搗

固에 의하여 構造가 騷亂하게 되므로 그 構造는 그 흙 構成의 特性과 量보다 重要하지 않다. 然이나 그 흙의 自然含水條件의 記錄은 重要하다. 大端히 乾燥한 土取材料는 搗固調節時 多量의 水分을 加하여야 하며 이와 反對로 大端히 過濕한 相當量의 細粒材를 含有한 흙을 實用할수 있도록함에는 많은 手工이 必要하다. 土取場試驗孔은 異分類群土質間의 그 部所를 表示하게끔 판다. 然이나 同一한 흙種別群이라도 濕度에 따라 重大한 變化가 있다.

3. 構造物의 基礎(Foundations for Structures)  
 흙을 水理工作物의 基礎로서 探查할때는 그 自然構造, 搗固性 및 含有水分은 大端 重要한것이다. 基礎探查位置에서는 그 構成을 分別하는데 附加하여 負荷時의 條件을 잘 調查하여야 한다. 基礎흙의 自然狀態는 흙의 構造와 締固性에 따라 變化많은 負荷下의 支持力과 沈下때문에 大端 重要하다. 故로 粘土가 굳고 乾燥하든가 또는 軟하고 濕하다는것 등은 重要한것이다. 施工條件에 비추어 水分含有量에 基因하여 基礎흙의 構造變化를 設計時 考慮하여야 한다. 基礎흙性質로 말미암은 濕度變化의 效果를 豫知하기 위하여 正確한 現場分類가 必要하다.

4. 表1의 說明  
 이 表에 土取흙과 基礎흙의 種別解述에 必要한 “데-타”를 記錄하였다. 이 規範의 個個에 對하여 粗粒흙 및 細粒흙의 情報가 必要한것은 ×로 表示했다. 이 表의 全體의 “데-타”가 恒常 必要한것은 아니며 反對情報과 反覆을 除去하는 同時 適當한 情報를 得하기 위하여서는 判斷이 必要하다. ××로 表示한條項은 恒常 報告가 必要한것이다. 圖3의 分類圖에 흙種別解述의 例가 있다.

[V] 흙種別群의 工學的比較

(Engineering Comparison of Soil Groups)

1. 概 論

統一흙分類法에 있어 結果의으로 흙의 狀態 (Soil behavior)를 強調하는것은 여러가지 代表的인 흙種別群의 工學的性質을 表示할수 있기에 문이다. 如斯히 흙分類와 性質의 直接關係는 여러가지 흙에 關한 問題에 當面한 技術者에게 有價値한것이다. 亦是 基礎흙이나 土取흙을 調査

하는 技術者로서는 다른 工事種類의 基礎와 築造材가 어떻게 分類되었는가를 比較하여봄이 間或 必要하다. 故로 흙의 工學的使用圖 卽 圖4는 이러한 情報를 爲하여 作成한것이다.

2. 圖4의 說明

各 代表的인 分類群의 네가지 흙의 重要한 特性은 圖4의 구름符號의 罫欄에 記錄되어 있다. 이 特性들은

- (a) 搗固하였을때의 透水性
- (b) 搗固하고 飽和하였을때의 剪斷力
- (c) 搗固하고 飽和하였을때의 壓縮性
- (d) 築造材로서의 워카비리티

上記 特性과 經驗에 基準한 이 表는 轉壓式土堰堤, 水路斷面, 基礎 및 道路에 對한 適用성을 흙구름으로 比較해 놓았다. 이 表의 數字의인 等級은 大略의이며 여러가지 目的을 爲하여 比較하는데 調査者에 도움이 되며 案內가 될수있는 것을 알아야 한다.

(表 1) 흙의 解述

必要한 데-타	土取材料		基 礎	
	粗粒흙	細粒흙	粗粒흙	細粒흙
代表的인 名稱	××	××	××	××
자갈과 모래의 大體의인  퍼센티지	×		×	
最大粒子(栗石과 丸石包含)	××		×	
粗粒材의 形狀	×		×	
粗粒材의 表面條件	×			
粗粒材의 硬度(破碎可能性)	×		×	
色(粗粒材가 濕할때)	×	×	×	×
含有水分과 排水性(乾燥, 濕, 過濕, 飽和)	××	××	××	××
有機物質含有量	×	×	×	×
塑性(粗粒흙中 細粒흙에 對하여, 細粒흙의 性質과 度合)	×	××	×	××
粗粒材의 最大寸法과 量		×		×
構造(斷層, 버리집型, 根孔等)			××	××
凝結型			××	××
搗固度合……緩 또는 密(除外粘土)			××	××
自然狀態흙의 構成과 이것을  때의 狀態(粘土만)				××
地方的 또는 地質學의 名稱	×	×	×	×
符號	××	××	××	××



〔VI〕 結 論

흙을 工學的的目的에 利用코자 흙에 關한 設計를 하고 工事를 하고 또 이 目的을 爲하여 調査할때에 가장 必要한것이 흙의 分類이다. 우리나라는 아직 흙分類法을 設定하지 못하고있어 早速한 時日內에 此決定이 있어야할 立場에 當面하여 先進國家에서 여러가지 分類法이 使用되고있는것中 가장 發展된것이며 우리가 使用하기에 便利하다고 生覺되는 것이 美國內務省開拓局과 工兵技術團에서 使用하고있는 統一흙分類法인바 이 分類法은 視覺과 簡單한 試驗으로 흙을 分類할수 있으며 此에 附加하여 試驗所에서 粒度 分析和 아타발限界만을 試驗함으로써 더 確實하

게 分類할수 있다. 어떤 흙이든지 15個구름으로 分類를 하면 그 個구름의 흙을 工學的的目的에 使用에 適否를 比較하는고로 大體의인 흙에對한 判斷을 할수있다. 開拓局에서도 1952년에 本分類法을 決定한點에 비추어 其 以後부터 使用하였을것이며 筆者가 Denver開拓局에서 訓練을 받고있는 1956年2월에 開拓局管內 全國의 地方事務所와 水利組合技術者에 對한 講習會에서도 熱心히 講義하고있는 點등에 비추어 美國에서도 本分類法을 最近에야 使用함에 이르렀을 것으로 생각되는바로서 本法를 그대로 우리가 使用하여도 無妨할것으로 믿는다.

(筆者, 大韓水聯事業部企劃係長)

土壤侵蝕量算出法

金 學 榮

1. 緒 論

國土保存 及 農地保全의 見地에서 土壤의 侵蝕防止 及 水源涵養이 時急히 要求되는 이때. 特別히 우리들이 從事하고 있는 水利事業에 있어서 貯水池築造後 年年히 堆積되는 泥土로 因하여 貯水量的 減少를 招來하며 再次 餘水吐 及 土堰堤의 嵩上工事를 하지 않으면 안될 境遇가 頻繁하니 此後 貯水池設計에 있어서는 最少 30~50年間의 沈澱土를 豫算하여 設計하지 않으면 안되며 沈澱의 原因에 對한 研究 及 沈澱量減少에 對한 對策等이 必要하게 된다.

土壤侵蝕에는 水路侵蝕(Canal Erosion)과 表面侵蝕(Sheet Erosion)이 있으며 水路侵蝕안에 溝侵蝕(Gully Erosion), 溪谷侵蝕(Valley Trenching), 川床侵蝕(Streambed Erosion) 堤防侵蝕(Stream bank Erosion) 등이 있다. 水路侵蝕의 被害는 一目瞭然하여 認知하기가 容易하므로 이를 過大視하며 表面侵蝕은 傾斜地全域에 걸쳐서 土壤이 薄層으로 流失되는 現象으로서 이의 被害程度가 大端히 甚하지 아니하므로 放任하는 傾向이 많다. 또한 土壤의 生成이 長久한 歲月을 經過하여 이루어졌으며 自然資源의 保全과 더불어 土地의 肥沃度を 增加시키고 傾斜地の 生

產量을 增加함은 勿論, 集水流域에서 일어나는 土壤侵蝕量을 算出하고 貯水池의 沈澱(Sediment)을 防止하여야 한다. 美國의 New Mexico Juney 堰堤는 每年 4.9%의 貯水量이 減少되어 12年後에는 餘水吐의 높이까지 達하였었다고 한다. 우리나라에 있어서도 洪水와 더불어 土砂流去, 田畝埋沒天床川의 造成 河床의 位置變動等은 既設揚水場의 廢棄 및 水源變更工事, 水害復舊工事等을 招來하는 例가 많다. 우리나라는 約70%가 山林이고보니 山林綠化, 及 砂防工事に 期待되는바 至大함은 勿論이려니와 합거름 더 나가서 流域全體에 對한 管理, 卽 山林地, 牧草地, 耕地 三種으로 이를 區分하여, 土地의 傾斜에 依하여 開拓可能地를 開拓하여 全流域에 對하여 保全事業을 實施함으로써 自然人口의 增加에 對한 食糧對策 及 農村生活水準의 實質的인 向上을 가지고 와야 할 것이다.

2. 年間面狀侵蝕量의 算出法

現在 美國 東南部地帶(9個洲)에서 使用하고 있는 資料를 紹介하고자 한다.

土壤侵蝕의 諸因子인 地被物條件, 土質傾斜度 傾斜長 雨量等에 對하여 試驗測定을 하고 貯水池築造時에는 土壤專問家로 하여금 集水流域의