

6.5보다도 酸性이 低下되던 그有效度는 極히 좋지 못하고 또 鐵과 알루미늄(Aluminium)가 結合되어 溶解度가 低下시키는 原因도 된다. 그와 反對로 PH를 넘으면 알칼리性으로 變化하여 急히 溶解度가 減少된다.

加里(K) 硫黃(S) 石灰(Ca) 苦土(Mg)……이것等は 强磷性 土壤에서는 有效하게 作用되지 않는다.

鐵(Fe) 滿俺(Mn)……鐵은 PH 6.5以下이면 一部分가 亞鉛化鐵이 되고 6.5以上이면 酸化鐵이 된다.

滿俺은 必要한 成分이지만 酸性土壤으로 溶度가 높으면 有毒性을 表示한다.

銅(Co) 亞鉛(Zn)……그反應이 알칼리性으로 되면 溶解度가 減少된다.

(筆者, 水原農業試驗場經營技術科長)

흙의 三軸剪斷試驗

鄭 泰 正

1. 概 論

흙 構造物 안에 作用하는 剪斷應力(Shearing Stress)이 어떠한 限界值을 넘으면 이는 材料에 破壞를 招來한다 이때 흙의 支持條件과 荷重條件에 따라 이러한 破壞는 滑動 擁壁의 崩壞 或은 基礎面의 沈沒等을 이끈다 흙안에 剪斷應力이 생기면 이 應力의 크기에 따라 滑動에 對抗하려는 힘이 이리나며 이힘을 剪斷抵抗力(Shearing Resistance)이라고 稱한다. 萬若에 構造物이 安定된 狀態에 있다면 이 剪斷應力과 剪斷抵抗力이 平衡 狀態를 維持하고 있다고 본다 어떠한 힘의 作用으로 말미아마 剪斷應力이 커지면 剪斷抵抗力이 이에 對應하여 커지되 어떠한 限度를 넘어서 커질수는 없다. 이 剪斷抵抗의 限度를 剪斷強度(shearing strength)라고 한다.

剪斷強度는 흙의 工學的性質中 가장 重要한 性質의 하나로써 特히 道路堤防 土壤堤의 盛土斜面의 安定狀態를 維持할수 있는것은 흙이 剪斷強度를 갖이고 있는 것이며 또한 基礎地盤의 支持力과 構造物에 作用하는 土壓의 크기에 도 큰 關聯性을 갖이고 있다.

一般적으로 흙의 剪斷強度는 土粒子間에 作用하는 粘着力과 摩擦力的 두가지 成分으로써 構成된다는 것을 밝히고 佛蘭西의 技術者 Coulomb은 이를 다음과 같이 表示하였다.

$$S = C + P \tan \phi$$

但 S = 剪斷強度

C = 粘着力

P = 破壞面의 土粒子間에 作用하는 有效 垂直壓力

ϕ = 흙의 內部摩擦角

이 式에서 알수있는바와 같이 粘着力은 垂直壓力에 對해서 無關하나 內部摩擦力은 垂直壓力에 比例하여 變化한다. 內部摩擦角 ϕ 는 土質과 그狀態가 決定되면 一定한 值를 날아낸다. 그러나 實際上的 흙 特히 細粒土에 있어서는 그 剪斷強度는 Coulomb의 式과 같이 簡單하지 않고 여러가지 因子에 依하여 複雜한 影響을 받는다.

2. 剪斷試驗의 種類

剪斷強度를 正確하게 決定하는것은 極히 困難하다 剪斷強度는 土質뿐만아니라 흙의 各種狀態即 密度 含水比/壓密度에 따라서 變化한다 그런 故로 構造物의 設計나 安定을 檢討하기 爲한 剪斷試驗에 있어서는 흙의 實際現場에 날아나는 最惡狀態에서 行하여야한다 그러나 願하는 眞正한 剪斷強度를 求하기 爲한 過程은 亦是 困難한 問題다. 一般적으로 實驗室에서 行하는 剪斷強度試驗은 直接剪斷試驗(Direct shear test)과 三軸剪斷試驗(Triaxial shear test)이다 剪斷試驗에 있어서 試料의 外部에서 壓力을 加하면 흙은 容積을 縮小하나 이때 흙이 물로 飽和되어 있으면 처음에는 間隙水 壓力이 커져서 흙의 間隙中의 水分이 徐徐히 排除되고 土粒子間의 有效壓力이 커진다. 따라서 外部에서 試料에 壓力을 加한 後 經過된

時間에 따라서 試料內의 排水狀態 即 剪斷을 支配하는 粒子間의 有效壓力에 差가 생긴다 이러한 일은 試料에 剪斷力을 加할때도 이리한다 여기에 垂直壓力과 剪斷力을 加하는 方法에 따라 試驗方法을 다음과 같이 區分한다.

- (I) 緩速試驗(slow test)
- (II) 壓密急速試驗(Consolidated quick test)
- (III) 急速試驗(quick test)

緩速試驗에 있어서는 壓力과 그리고 剪斷力을 너무 徐히 加하므로 透水性이 낮은 完全히 飽和된 흙의 含水量이라 할져라도 壓力의 變動에 따라 完全히 이에 適應하는 變動을 이르킨다. 壓密急速試驗에 있어서는 미리 垂直壓力을 加하여 完全한 壓密을 이르게 놓은 然後 剪斷力을 加할때는 排水를 하지 않도록 한다 急速試驗에 있어서는 垂直壓力과 剪斷力을 加할때 全히 排水를 시키지 않으므로 試料의 含水量은 實質的으로 變動이 없다.

直接剪斷試驗에 依하면 Fig 1에 表示한바와 같이 上下 二段으로 나누어진 箱子안에 試料를 넣

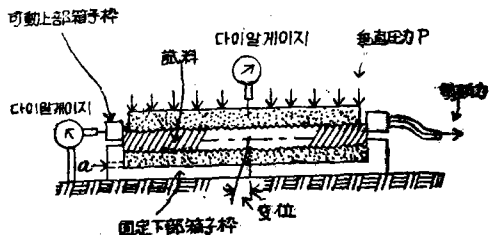


Fig 1. 直接剪斷試驗

어 下部箱子는 固定시키고 上部箱子를 水平方向으로 移動시켜 이 두箱子의 境界線을 따라 破壞가 生길때의 剪斷抵抗力을 測定할수 있다. 試料는 上下 多孔盤 中間에 位置하여 飽和된 試料가 壓密을 할때 排水가 可能하다.

然而나 直接剪斷試驗에서는 剪斷箱子內에 드러 있는 試料에 理想的인 剪斷破壞를 期待할수는 없다. 即 箱子의 壁이 障害가 되어 剪斷이 一定한 面에 따라 이어나지 않고 試驗이 進行함에 따라 破壞面의 變動을 招來하여 剪斷應力의 分布는 同一하지 않으며 應力의 變動에 따라 各種 흙의 飽和試料의 含水量이 急速히 變化한다 또한 上部箱子의 水平平動이 增加할수록 上下試料接觸有動斷面積은 減少하며 箱子和 剪斷된 試料間의 摩擦도

생긴다 또한 試驗中 試料의 容積變化에 對應하여 물의 出入을 調節할수 없으므로 急速試驗이나 壓密急速試驗은 粘土나 乾燥된 모래 以外의 흙에 對해서는 할수 없다 그러므로 이러한 誤差를 免할수 있는 方法으로써는 現今에서는 다음에 詳述하는 三軸剪斷試驗에 依存하지 않을수 없다.

3. 모래의 剪斷抵抗力

一般적으로 깨끗하고 乾燥한 모래의 剪斷強度는 粒子間의 摩擦力으로 말미아마 發生하고 粘着力은 全히 없다고 본다 그러므로 Coulomb의 式의 剪斷強度 S와 粒子間에 作用하는 垂直壓力의 關

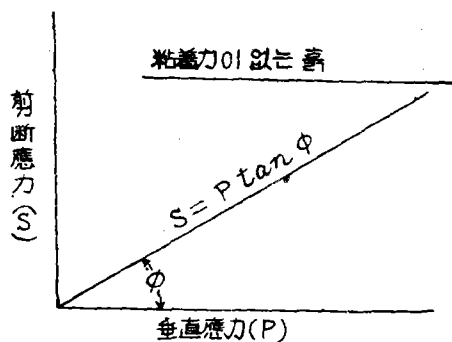


Fig 2

係를 圖示하면 Fig 2와 같이 原點을 通하여 水平軸과 內部摩擦角 φ와 同一한 傾斜直線을 이룬다 이때에 coulomb의 式은 C=0이므로

$$S = P \tan \phi \text{이다}$$

그러나 內部摩擦角 φ는 1個種類의 모래에 對해서 恒常 一定한 値를 갖는 것이 아니라 試驗器內에 試料를 넣는 方法에 따라 다르다 即 緻密하게 넣던 φ의 値는 크고 弛疎하게 넣던 φ의 値는 적다(Fig 3-a 參照) 모래의 弛疎狀態의 內部摩擦角은 그의 安息角과 비슷하다. 故로 乾燥한 弛疎狀態의 모래는 數斷試驗을 하지 않아도 그 內部摩擦角을 알수 있다 乾燥한 모래의 內部摩擦角 φ의 値는 第1表와 같다.

모래의 鬆密度	粒形과 密度	
	동그랗고 均等한 粒子	모가질 粒子가 混入되어 있음
緻密	28°30'	34°
弛疎	35°	46°

第1表 모래의 內部摩擦角

乾燥한 모래의 直接剪斷試驗에 있어서 剪斷應力 t와 變位の 關係를 圖示하면 Fig 3-b와 같다

即 緻密하게 넣은 모래는 剪斷應力이 한번 最大 值를 取하고 이것이 若干 낮아진 다음 試料에 剪斷破壞가 이리난다 그리고 材料의 剪斷強度 S는 試驗中에 있어서의 剪斷應力의 最大值를 取한다 弛疎하게 넣은 모래에 對해서 行한 試驗에 있어서 是는 剪斷應力—變位曲線圖는 途中에서 極大值를 取하지 않는다.

剪斷箱子中에 緻密하게 넣은 모래는 剪斷에 있어서 容積을 增加하나 弛疎하게 넣은 境遇에는 容積이 減少한다 弛疎한 모래에 있어서 是는 間隙이 크므로 試料가 變形을 이르킬때 모래의 粒子가 容易하게 그 位置를 變更하지만 緻密하게 넣은 모래에 在어서는 剪斷破壞面에 따라 砂粒子가 移動하기 爲하여서는 他粒子 위로 넘어가야만 하기 때

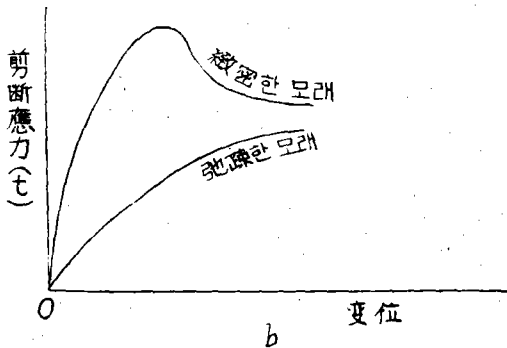
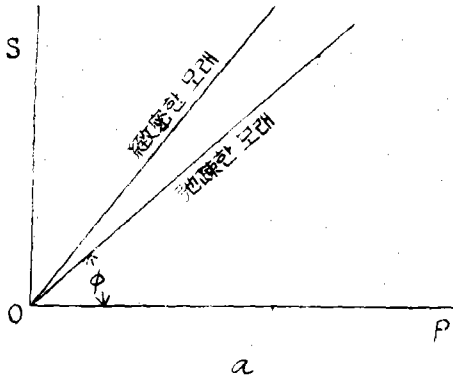


fig 3

a—모래의 直接剪斷試驗

b—모래의 直接剪斷試驗에 依한 應力—變位曲線

문에 容積의 增加를 招來한다 이 剪斷變形에 隨伴되는 容積의 增加를 다이레탄시(Dilatancy)라고 한다.

堤塘內의 飽和된 細砂體가 그 均衡을 잃었을때 即 堤塘에 接하는 水位가 堤體內部로 부터 表面에의 排水를 無視할수 있을 程度로 急激히 低下

한 境遇 堤塘의 흙이 破壞하는 狀態는 마치 飽和한 모래의 壓密急速剪斷試驗과 같은 狀態라 볼수 있고 또한 土中의 應力의 變化에 即應하여 土中의 排水가 充分히 이루어진다면 飽和한 모래의 緩速剪斷試驗과 同一한 狀態라고 볼수 있다. 實際의 砂質의 흙으로 만드러진 堤塘은 이 두가지 境遇의 中間이라고 생각 한다 飽和된 모래에 對해서 緩速試驗을 行하면 內部摩擦角 φ는 一定하고 그 값은 相對密度의 乾燥된 모래에서 求한 內部摩擦角 φ보다도 1~2°적다.

飽和된 모래에 對해서 急速剪斷試驗을 行하면 試驗中에 모래의 間隙水가 排出되지 않으므로 萬若 모래試料가 弛疎狀態이면 試驗中에 試料의 容積이 減少하려고 하니 間隙水壓이 發生하여 試料에 加한 垂直壓力 p는 砂粒子間의 壓力 p'와 間隙水壓 u로써 分擔되므로 剪斷強度 s는 緩速剪斷試驗보다 훨씬 減少된다. 即

$$s = p' \tan \phi = (p - u) \tan \phi$$

然而나 모래試料가 緻密하게 드리웠으면 剪斷試驗中에 試料容積이 增加하므로 間隙水에는 張力이 作用하여 剪斷力은 緩速剪斷試驗을 할때보다도 增加한다.

急速剪斷試驗에서 이 두가지 境遇의 中間에 在어서는 急速剪斷試驗으로 求한 剪斷力과 緩速剪斷試驗으로 求한 剪斷力이 相等하다. 即 試料의 容積變化로 말미아마 發生하는 剪斷力의 增減이 이어나지 않는 密度가 있다 이 密度를 限界密度(Critical density)라 하고 그때의 間隙比를 限界間隙比(Critical void ratio)라 한다 모래의 密度가 限界密度보다도 크거나 적을때 剪斷箱子內의 試料의 容積變化를 이르지 않고 剪斷強度를 求하는 것은 直接剪斷試驗으로서는 困難하니 三軸剪斷試驗方法을 擇하지 않으면 안된다.

4. 粘土의 剪斷抵抗力

一般的으로 粒子가 적은 粘性이 강한 흙의 剪斷強度는 全혀 摩擦力은 없고 粘着力만이 作用하므로 剪斷面에 垂直壓力이 作用하지 않더라도 粘着力의 크기에 該當하는 剪斷強度를 가지고있다고 보며 그 反面에 剪斷面의 粒子間에 큰 垂直壓力을 加한다 할져라도 剪斷強度의 增加는 없다 (Fig 4—a) 即 Coulomb의 式은 $p \tan \phi$ 의 項을 無視하여

$$S=C$$

前述한 粘着力이 전혀 없는 모래를 除外하고 大

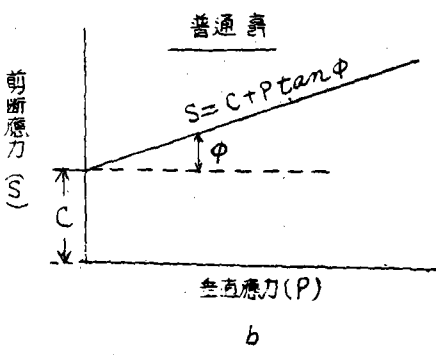
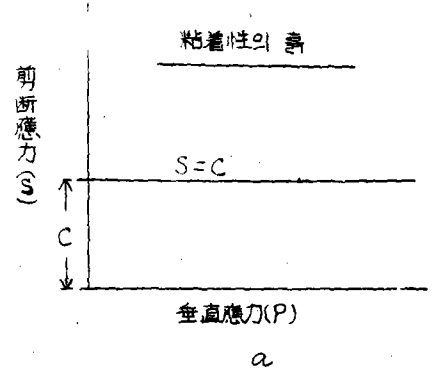


Fig 4

부분의 흙은 그 程度의 差는 있지만 Fig 4-b와 같이 S=C의 點에서 縱軸과 交叉하여 水平과 內部摩擦角φ에 相等한 傾斜를 가진 直線이 된다.

粘土의 剪斷試驗에 있어서 모래의 경우와 比하여 가장 顯著한 差異는 試料의 透水度가 異なる 것이다. 粘土에서는 間隙의 크기가 적으므로 試料中의 自由水의 移動速度는 極히 緩慢하다. 故로 直接剪斷試驗에 있어서 試料에 垂直應力을 加하면 粘土에 壓密이 始作할때 까지는 土粒子間의 有效壓力은 作用하지 않고 垂直應力은 모두 間隙水에 依하여 傳達된다 따라서 飽和한 粘土에 대해서 전혀 試料에서 排水를 시키지 않고 急速剪斷試驗을 行하면 試料의 剪斷強度는 垂直應力과 關係없이 一定한 值를 갖는다. (Fig 4-a) 即 垂直應力이 恒常 間隙水壓과 平衡狀態를 維持하는 까닭이다 然而나 急速試驗結果 φ=0°를 얻었다 할 찌라도 粘土의 內部摩擦角이 0°라고 斷定할수는 없으니 이는 C及 φ의 值가 試驗方法과 設備에 따라 相異하기 때문이다.

粘土의 試料에 對하여 壓密急速剪斷試驗을 하면 試料에 壓密을 이르는 壓力이 클수록 粘土의 間隙比가 적어지고 흙의 構造가 緻密해 진다. 또한 含水比도 低下하는 故로 剪斷強度는 增大한다. 垂直壓力 P의 크기를 바꾸어서 行한 壓密急速試驗結果로부터 垂直壓力과 剪斷強度를 圖示하면 Fig 5와 같다. 이 關係를 表示하는 曲線은 一般적으로 直線이 아니지만 垂直壓力(壓密을 이르는 壓力)이 어느 限度 以上 큰 部分에서는 Coulomb의 式

$$S=C+Pc \tan \phi_a$$

但 Pc= 壓密荷重強度

φa= 理論上(apparent) 內部摩擦角

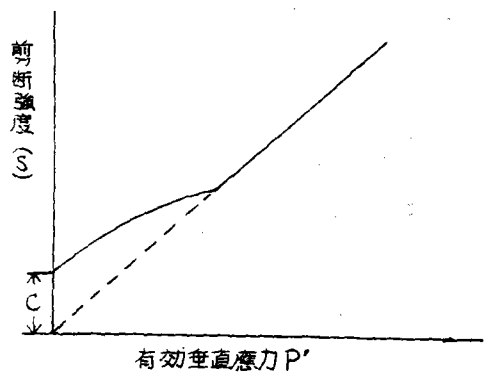


Fig 5

Fig 5 粘土의 壓密急速剪斷

으로 表示되는 直線이 된다 또한 剪斷強度垂直應力曲線이 Coulomb의 式으로 表示되는 直線에서 떠러지는 部分은 이 試料가 剪斷을 받기 前에 받은 壓密荷重強度의 影響이다. 即 한번 어떠한 크기의 垂直壓力을 받아 壓密한 試料를 그것보다 적은 垂直壓力下에 剪斷하면 剪斷強度는 Coulomb 壓式으로 表示한것 보다 커져서 最初에 行한 壓密로 말미아마 粘着力이 增大되어 있는것을 안다. Fig 6의 Ob線은 粘土에 對해서 行한 普通의 壓密急速剪斷에 있어서의 剪斷強度와 垂直壓力과의 關係를 表示하지만 P'의 垂直壓力을 加하여 壓密된 試料는 垂直壓力을 完全히 除去시켜도 Od에 相當한 粘着力 C가 남는다. 이 試驗에서 나타난 粘着力의 크기 C는 事전에 加한 壓密荷重強度 P'의 크기에 依하여 左右된다. 또한 壓密荷重強度 P'를 받은 試料에서 壓密荷重을 除去하고 膨脹시켜 여기에 壓密急速剪斷을 하면 剪斷強度와 垂直壓力의 關係는 de'와 같이

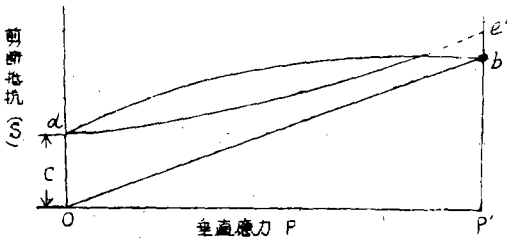


Fig 6

事前壓縮을 받은 粘土의 急速剪斷

된다. de' 曲線의 傾斜는 첫째 Ob 曲線보다도 緩和하다.

粘土試料에 對해서 剪斷을 할때 試料中の 水分이 自由스럽게 流出入할수있는 速度로 即 土中の 水分의 出入에 依하여 試料의 容積이 變化할수있는 速度로 緩速剪斷試驗을 하면 剪斷強度 s와 土粒子間의 有效壓力 p' 間에는 다음과 같은 關係가 있다.

$$s = c + p' \tan \phi = c + (p - u) \tan \phi$$

但 s = 粘土의 剪斷強度

c = 粘着力

p' = 有效垂直壓力

ϕ = 內部摩擦角

p = 試料에 加한 垂直壓力

u = 間隙水壓

即 粘土에서는 壓密이 完了할때까지 많은 時間이 所要되므로 壓密이 完了하기 前에는 試料에 加해진 垂直壓力은 土粒子間에 作用하는 有效壓力 p' 와 間隙水壓力 u로써 分擔 된다 充分히 壓密이 進展되면 前式에서 u=0로 置換할수 있다 垂直壓力을 變更시켜 緩速試驗을 行한 結果剪斷強도와 有效壓力와의 關係를 圖示하면 Fig 5에 表示한 壓密急速試驗과 같이 되지만 緩速剪斷을한 境遇의 ϕ 의 値가 크다 또한 事前에 받는 壓密의 影響도 Fig 6과 같이 나타 난다.

以上과 같은 各種 剪斷試驗을 行하여 얻은 粘土의 粘着力이나 摩擦角의 크기는 그 眞值를 나타 내지 않는다. 이는 粘土가 그때까지 받은 壓力에 따라 即 間隙比에 依하여 變化하고 特定한 粘土에 對해서도 一定한 値를 表示하지 않는다.

粘土에 對해서 行한 各種 剪斷試驗中 急速剪斷試驗으로 求한 剪斷抵抗値는 土壩堤와 같은 粘土 構造物의 完成時의 安定計算이나 粘土地盤上에 設置한 Footing의 築造直後의 安全率을 計算하는데

便利하다 또한 剪密急速剪斷은 粘土가 어가程度 壓密을 받은 後의 安全計算等에 必要한 資料를 求하는데 使用된다. 即 粘土로 만든 相當한 時日이 經過된 堤塘에서 上流水面이 急激히 降下한 境遇에 安全計算을 하는데 必要하다.

5. 흙의 三軸剪斷試驗의 目的

直接剪斷에서는 粘土나 乾燥된 모래 以外の 흙에 對해서 試驗中 含水量의 調節이 不可能하므로 信賴할만한 急速剪斷試驗이나 壓密急速剪斷試驗의 結果를 얻을수 없다. 三軸剪斷試驗機는 透水性이 普通이거나 或은 큰 흙에 對해서도 이와 같은 試驗이 可能하다.

이 試驗은 既知의 側壓(lateral Pressure)를 供試體에 加하면서 上下로 壓縮하고 應力과 歪力容積變化 間隙壓을 測定하고 또한 그 極限強度를 求하여 內部摩擦係數와 粘着力으로 表示한 剪斷強度를 決定하는데에 그 目的이 있다.

供試體의 規格과 使用되는 試驗節次는 試驗對象 흙의 種類와 所要로 하는 data에 따라 다르다. 一般的으로 1 3/8吋×3吋의 供試體는 粘質土나 自然狀態 코아(Core)에서 切斷한 供試體를 試驗하는데 使用되고 3 1/4吋×9吋의 供試體는 -No.4 築堤材料斷片을 試驗하는데 使用되며 9吋×22 1/2吋 供試體는 -2吋礫質築堤材料를 試驗하는데 使用된다. 여기에 使用되는 標準的인 節次로서는 排水를 하지 않고 供試體를 壓密하여 正確한 最終 間隙壓 測定을 할수있는 速度로 密閉된 供試體에 軸(鉛直)應力을 加한다. 이리하여 作用된 應力은 測定한 間隙壓으로 補正되어 供試體破壞時에 作用하는 有效內部應力을 決定한다 이러한 方法으로 求한 摩擦과 粘着力의 값은 "眞值"라고 말하며 間隙壓이 없을때 存在할수 있는 힘을 表示한다고 본다. 이때 使用하는 裝備와 節次는 壓密時間과 變位速度가 實際境遇에 알맞도록 變化하게끔 考案되었다. 全體試驗過程을 거쳐 最初壓密期間中 或은 試驗實施中 어느때라도 排水를 할수있다 이러한 機械裝置로써 試驗方法을 隨時로 바꾸어 各種의 豫期되는 狀態下에서 剪斷値를 決定하게 된다 三個의 三軸剪斷力試驗裝置가 있는데 이는 直徑 1 3/8吋 길이 3吋로부터 直徑 9吋 길이 22 1/2吋까지의 供試體를 試驗할수 있다 中 3 1/4吋×9吋의 供試體를 試驗하는 器械를 다음 項에 詳述

코져 한다. 여기에 記述한 標準方法은 前述한바와 같이 任意의 狀態에 알맞도록 變動시킬수 있으며 이는 이 試驗節次段階와 이 規格의 供試體로부터 얻는 Data를 例示한다.

6. 三軸剪斷試驗器의 構造

Fig 7은 三軸剪斷試驗器中の 하나으로써 그 構造를 說明하는 展開圖이고 Fig 8은 그 寫眞이다 金

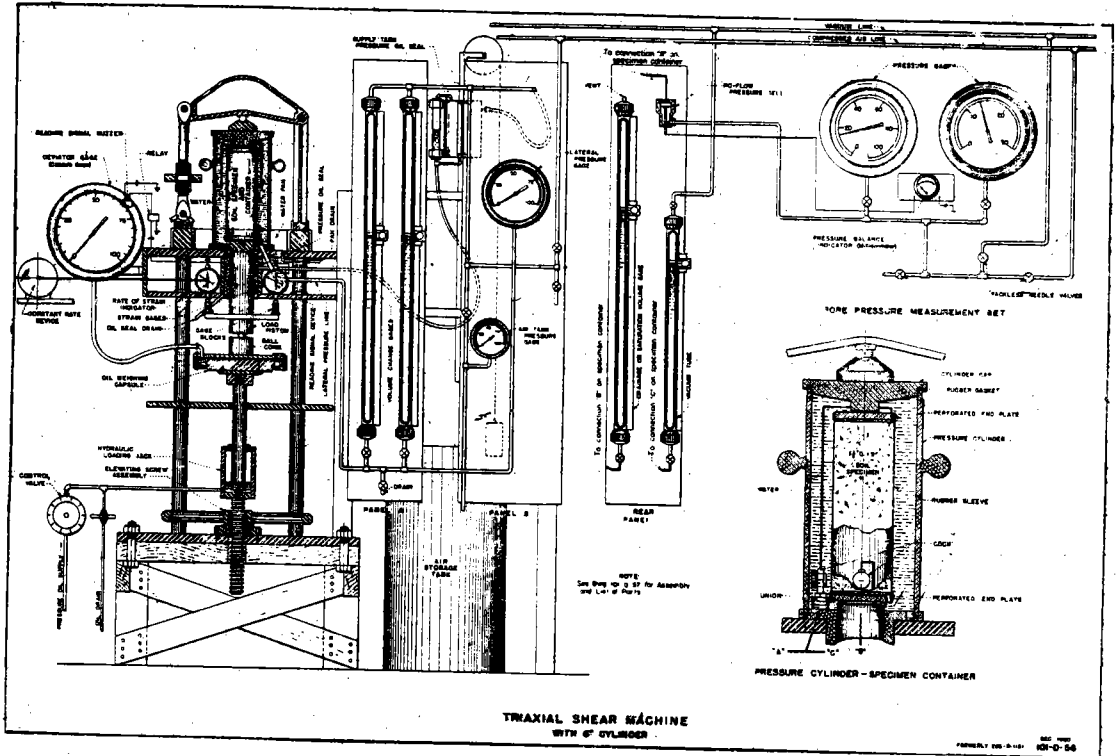


Fig 7. 三軸剪斷試驗器說明圖

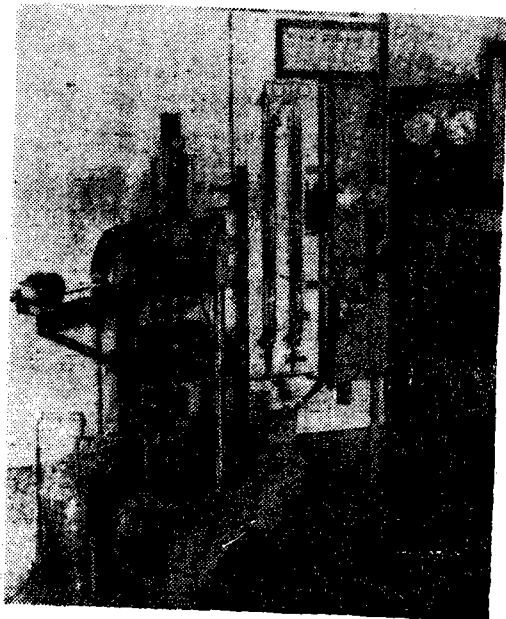


Fig 8. 三軸剪斷試驗器

屬透水板(metal perforated end plate)에 緊着되어 封해진 薄壁 고무膜 스크리브에 圓筒型 供試體를 넣도록 되어 있고 한쪽 또는 兩쪽 透水板에 구멍이 뚫여서 間隙壓을 壓力函에 傳達하는 眞空水가 充滿된 小型銅管에 連結되어 있다.

b. 作用된 側壓(σ_3)은 大型空氣탱크에 貯藏되도록 되어 있다.

c. 눈금이 그려진 유리計器가 壓縮筒과 空氣탱크中間에 連結되어 있다. 壓縮筒內外로 흐르는 물은 容積變化側定計에 날아나는 故로 이로서 供試體의 容積變化를 判斷할수 있다.

d. 載荷“피스톤”(load piston)周圍를 둘러싼 油壓密封 漏水防止油(oil pressure seal)는 壓縮筒(pressure cylinder)底面의 “부싱”(bushing)을 通한 물의 漏出을 防止한다. 漏水防止油와 空氣“탱크”間에는 壓縮筒內의 물에 作用하는바와 같은 空氣壓力을 받는 漏水防止供給탱크(supply tank pressure oil seal)라고 稱하는 油槽가 있다 이 油槽는

垂直軌道에 붙어있는 故로 漏水防止油의 壓力은 壓縮筒內 水壓과 一致하도록 人力으로 調節할 수 있게 된다. 이 人力에 依한 調節의 目的은 다만 容積變化測定計內 水位差에 依하여 招來된 若干의 壓力變動을 是正하는데 있다 (1 2/8吋×3吋 供試體를 試驗하는 器械의 “피스톤”密閉는 “slyphon”吹風器를 使用하고 9吋×22 1/2吋 供試體에 對한 壓縮筒의 密閉는 “O” “링그” “패킹”을 使用하면 된다)

e. 軸荷重(鉛直載荷)은 기름위에 作用하는 瓦斯(窒素)壓力에 依하여 움직이는 油壓載荷 “체크”로써 調節한다 이는 人力으로 針弁(needle valve)을 돌려 一定한 增加速度로써 荷重增分을 나타내고 或은 供試體의 一定한 軸變位速度를 나타낸다. 그리고 이 一定한 軸變位速度를 普遍的으로 使用하게 된다 “체크”는 油杯皿加壓板(oil weighing capsule)에 荷重을 作用시키면 이 荷重을 스테인레스製 荷重“피스톤”으로 傳達시킨다(軸供試體變位速度를 얻기 爲한 機械的載荷裝置는 1 3/8吋×3吋 供試體에 對한 器械에 併置되고 軸荷重은 一定한 荷重과 定速 變位速度指示計(constant strain indicator)를 가진 60,000 封度 유니버설 試驗器로써 9吋×22 1/2吋 供試體에 作用된다.

f. 變位計(strain gage)가 1吋 움직이면 軸荷重 피스톤이 壓縮筒으로 움직이는 距離를 表示하면서 供試體의 軸變位를 測定하게 된다 變位計에 對한 標的은 움직일수있는 “부록”連鎖로 構成되어 繼續的인 軸變位測定에 依하여 3吋 程度까지의 變位를 求할수있다. 一個 變位計는 定速裝置로 回轉시킬수있는 變位速度指示計가 붙어있고 이는 一定한 速度의 모타의 回轉을 얻는데 變速齒車函(adjustable speed gearbox)를 움직이도록 되어 있다.

g. 壓縮筒을 底面으로 부터 떨어질수 있는 別個裝置로써 供試體를 荷重“피스톤”에 놓을수 있도록 되어 있다. 壓縮筒은 旋回繫子(turn buckle)로써 調節되는 裝置이며 底面に 位置하도록 附着되어 있다.

二個種類의 蓋板(cylinder cap)을 使用하고 적은 힘을 가진 供試體에 對해서는 荷重計(pressure capsule)를 가진 壓縮室蓋板을 使用 함으로써 供試體의 軸荷重을 直接 測定하는데 이는 荷重 “피스톤” 摩察이 壓縮筒 아래 上下壓計(Deviator gage

or Capsule gage)에 依한 正確한 讀值를 取하는데 있어서 妨害가 되기 때문이다. 큰 힘을 가진 大型 供試體에 對해서는 普通壓縮室蓋板을 使用하고 軸荷重을 上下壓計에 依하여 測定하게 된다. “피스톤” 摩察誤差는 大軸荷重에 있어서는 無視하여도 좋다 摩察力의 크기는 各 器械마다 實驗에 依하여 決定된다.

7. 所要裝備一覽

a. 間隙壓測定에 必要한 裝備를 包含한 三軸剪斷試驗器는 Fig 7에 表示되어있다.
b. 供試體準備에 所要되는 裝備와 其他裝備는 下記와 같다.

- (1) 乾燥爐(Oven)
- (2) 試驗室用 天秤(3000g까지)
- (3) 0.01封度 까지 눈금을 가진 “프레트홍스 케일” (250封度까지)
- (4) 大型乾燥板
- (5) 混合패들(Paddle)
- (6) 各試料에 對한 30封度 강통
- (7) 打棒(strikingpaddle)
- (8) 손삽(Hand scoop)
- (9) 乾燥箱子(Desiccator Box)
- (10) 計重容器(1가롱까지 젤수 있고 강통안에 맞는 浮蓋가있음)
- (11) 三個斷面을 가진 3 1/4×9吋의 搗固筒(底板과 結着나사가 붙음)
- (12) 2 1/2封度 搗固함마(落下計附)
- (13) 아류미늄端板 (1/2吋×1 1/4吋直徑)
- (14) 프라스틱板(1/2吋×1 3/8吋直徑)
- (15) 놋쇠透水板(間隙壓接續部가 붙음)
- (16) 고무膜 “스리브”(3 1/4吋×10吋)(3/100吋의 두께)
- (17) 고무膜스리브 (1 3/8吋直徑×3 1/2吋 거리)(마개가 붙음)
- (18) 眞空膨脹管(vacuum expander) 3 1/2吋 1. D.×9吋거리)(마개가 붙음)
- (19) 놋쇠밴드(brass band)와 固定나사 볼트
- (20) 水中에서 計重할수 있는 懸垂板과 棒桿)
- (21) 試驗室用저울 (4 1/2kg까지 재고 0.10g까지 눈금이 있음)
- (22) 물容器(水中에서 計定할때 供試體를 侵水케 하는데 使用되는 20吋의 깊이와 적어

- 도 8吋의 直徑을 가짐)
- (23) 아류미늄製水板 (3쿼트 까지 절수 있고 물을 퍼내는 器具가 붙어 있음)
- (24) 試料切斷台(切斷刀와 接取筒, 皿板, 가이드桿等이 붙어 있음)
- (25) 스페츨라(spatula)
- (26) 나이후
- (27) 1000立方糲로 눈금이 그려진 “씨린다”
- (28) 100立方糲로 눈금이 그려진 씨린다.

前記 裝備는 試驗에 必要한 最小限度의 品目이다 試驗過程이 進行됨에 따라 其他의 器材가 必要하게 된다. 試驗所는 充分히 밝고 + 或은 -1°F 까지 調節될수있는 溫度를 維持하는 裝置가 必要하다.

8. 試驗 節 次

a. 供試體의 準備

(1) 搗固試料

No. 4 체를 通過하는 約 40封度の 材料가 最小限度 三個供試體에 對한 試驗過程에 必要하다. 特定한 含水量을 갖도록 材料에 물을 加하여 完全히 混合시킨다 이 混合供試體를 密閉容器에 含水量이 고르게 미칠때까지 넣어 둔다 이는 자갈材料일때는 數時間 粘土材料일때는 數日間을 所要로 한다.

3 1/4×9 1/4吋 供試體에 必要한 材料濕潤重量은 特定含水量 및 密度를 利用하여 計算할수 있다. 測定된 量의 供試體를 密閉計重器안에 넣는다.

油紙라이닝이 붙은 三個斷面 搗固 “씨린다”가 平坦端板에 結合되어 底面과 連絡되어 있다 供試體는 2 1/2封度の 搗固함마로써 8個의 同一한 平板에 다져 넣는다 供試體材料가 計算된 密度만큼 다져졌을때 約1/4의 供試體材料를 除去시켜 그 기리가 9吋만큼 되도록 한다.

三個斷面搗固 “씨린다”와 油紙를 除去시켜 “아류미늄”板을 供試體위에 놓는다 다음에 薄壁 고무膜供試體 “스리브”를 眞空膨脹器에 늘쳐 端板과 供試體周圍에 位置시킨다 眞空膨脹器를 除去시킨 다음 金屬벨드나사로 上部透水板에 고무膜 “스리브”를 固定시킨다 隙間壓 測定을 할때는 구멍이 뚫린 平板으로써 搗固時에 使用된 빈 透水板을 交代시켜야 한다. 이는 빈 端板에서 고무膜 “스리브”

를 돌려 供試體를 물이 찬 구멍이 뚫린 端板위에 놓고 천길으로 덮으면 된다. 고무膜 “스리브”는 구멍이 뚫린 端板을 감고 돌아 거기에 帶線나사가 附着되어 있다 供試體를 再次 뒤집어 놓고 上側 구멍뚫린 透水板에서 試驗할수 있도록 한다.

(2) 自然狀態供試體

이 供試體는 自然狀態 흙에서 切斷한 것이며 3 1/4吋×9吋 或은 1 3/8吋×2 3/4吋의 二個規格을 갖는다 적어도 10吋의 길이와 5吋의 直徑을 가진 自然狀態材料의 一片 或은 圓筒型은 大型 供試體로써 利用된다 그리고 적어도 4吋의 길이 2吋의 直徑을 가진 自然狀態材料의 一片 或은 圓筒型은 小型供試體로써 利用된다. 自然狀態供試體는 供試體 切斷板에 놓고 切斷하기 前에 斷層 및 構造狀態를 確認하기 爲해서 細密한 調査를 하여야 한다 그리고 切斷過程에 있어서 繼續인 調査를 하여야 한다. 即 材料의 構造 斷層 硬度 含水狀態 其他 一般의인 事項을 記錄해 두고 供試體의 一部를 떼 놓으므로써 區分 및 分類試驗에 參考가 되도록 한다.

供試體를 供試體切斷底板 中央에 位置하도록 한다. 切斷刀接取筒 上板 導桿(Guide rod)을 供試體 위로 集中시킨다.

얇은 圓筒型 鋼鐵 切斷刀가 接取筒과 一致되도록 맞추어 놓고 얇은 切斷端側의 內徑 3 1/2吋로부터 切斷凹部에 이르러 3 1/2吋가 되도록 깎아낸다. 接取筒은 9吋 기리를 가진 標準 3 1/2吋 I.D 管 或은 透明管이면 좋다. 導桿이 붙은 上蓋 或은 上板은 “씨린다”에 맞도록 調節한다 堅固한 試料에서 願하는 供試體를 切斷할때 充分한 壓力을 維持하기 爲하여 重量을 上板에 加하여도 좋다 적은 “나이후”나 “스페츨라스”와 같은 손연장으로써 供試體를 全 周邊을 따라 切斷雙端內外로 깎아내어 願하는 規格으로 다듬는다 切斷되는 極히 적은 量의 흙을 깎아내어 試料의 硬度에 따라 適當한 壓力을 斷雙에 加하여 恒常 이 切斷雙가 下向하도록 힘을 作用시킨다.

充分한 기리로 供試體가 切斷되면 誘導蓋 및 上蓋를 떼어버리고 切斷刀 및 “씨린다”에 쌓인 供試體를 上板위에 놓는다 이러한 然後 “씨린다”와 切斷雙를 除하고 供試體 周圍에 三個斷面을 가진 搗固筒을 固定하여 그 兩端을 9吋의 기리로 잘른다.

b. 最初重量 및 容積決定

供試體를 準備하여 密閉한 後 供試體의 完全單位量 密閉된 고무膜“스리브” 그리고 端板 等を 제서 鐵線 및 棒桿에 거러둔다 總重量은 Fig 9의 1 行目에 記錄한다 鐵線에 매어달린 完全供試體는 저울에서부터 물이 充滿된 容器안으로 드러가도록 거러둔다. 侵水된 供試體를 제거 前에 侵入한 모든 空氣를 뽑아 내어야 한다 그리고 三軸剪斷 試驗器에 놓았을 때 供試體의 上部와 같은 깊이로 되도록 供試體를 거러야 한다. 무게를 제거前 15分間의 壓密할수있는 時間의 餘裕가 必要하다. 水溫은 72°F를 維持하도록 한다. 壓密時間이 完了되면 供試體의 무게를 測定하여 Fig 9의 6行目에 記入한다.

c. 器械 및 供試體의 裝置

(1) 배어링 上部 “피스톤” 周圍의 過度한 기름을 닦아낸다.

(2) 器械에 붙어 있는 水板은 底板 위 2吋된 位置에 있는 間隙壓管 連結部가 덮힐때까지 約72°F의 溫度 下에서 물을 넣는다.

(3) 壓縮筒 底部를 密閉하는 고무 “가스켓”를 바꾸어 空氣가 새지 않도록 確認한다.

(4) 이리하여 器械는 準備되어 供試體를 “피스톤” 위 에 놓고 底板 外 裝置로 中央에 오도록 操作한다.

(5) 供試體의 間隙壓管을 器械底面連結部에 부쳐 놓는다. 이는 口弁과 底板連結部가 侵水될때까지 水板의 水位를 올리면서 물속에서 이 操作을 한다. 連結을마춘 후 口弁을 열고 供試體의 上板을 壓縮室에 그리고 測定裝置를 器械가까히 接結하게 되는것이다.

(6) 壓縮筒을 제자리에 位置시켜 眞空水를 充滿시킨다. 이때 壓縮筒에 물을 넣을때 모든 侵入 附着空氣는 壓縮筒 및 供試體 容器의 內壁으로부터 씻기워 나가게되는 것이다 이리하여 “피스톤”은 上板 및 蓋板사이에서 約 $\frac{1}{25.000}$ 吋의 間隙으로 豫定點에 位置하도록 한다.

(7) “가스켓”를 다시 附着시킨後 蓋板은 約72°F의 溫度에서 水中으로부터 除去하여 壓縮筒우에 位置시켜 제 자리에 固定되도록 한다. “턴바를”을 죄인 다음 過分の 물은 容積變化測定計底部에 있는 口辯을 通하여 排水한다. 이 過分の 물을 本器械의 外部表面으로부터 除去함으로써 蒸發과 溫度의 變動을 避하도록 한다.

(8) 器械의 裝置를 마치면 變位計의 讀值를 Fig 10의(4)에 記錄한다. 물은 計器의 讀值가 1.00이 되도록 水量計로 부터 排水시킨다. 이 讀值를 Fig 4의 (6)에 記入한다. 最初 上下壓計 讀值 및 間隙壓讀值를 Fig 10의 (3) 및 (10)에 記入한다.

		Sheet 1 of 4	
		Feature VALLECITO DAM	
		Date May 2, 1943	
		Compaction 25 Blows	
Sample No.	00-T8	Initial	Final
Specimen No.	1	3856.1	3856.1
Container No.	1		
(1) Wt. Spec. & Cont. - Air	(gm.)	3856.1	3856.1
(2) Wt. of Container - Air-Rubber Endplate	$\frac{60.4}{754.6}$ (gm.)	1280.0	1279.3
(3) Wet Wt. of Specimen = (1) - (2)	(gm.)	2576.1	2576.8
(4) Dry Wt. of Specimen = (3) / (1 / $\frac{12}{100}$)	(gm.)	2236.2	2236.2
(5) Wt. of Water = (3) - (4)	(gm.)	339.9	340.6
(6) Wt. Spec. & Cont. - H ₂ O	(gm.)	2376.8	2377.9
(7) Wt. Loss Spec. & Cont. = (1) - (6)	(gm.)	1479.3	1478.2
(8) Wt. Loss of Container	(gm.)	257.5	257.5
(9) Wt. Loss of Specimen = (7) - (8)	(gm.)	1221.8	1220.7
(10) Specimen Volume = (9) / 16.350	(cu. in.)	74.728	74.661
(11) Dry Density = $\frac{(4) \times 62.29}{(9)}$ (lbs./cu. ft.)		114.01	114.11
(12) Moisture, Percent Dry Wt.	(%)	15.20	15.23
(13) Absolute Soil Density = $\frac{2.739}{Sp.G. \times 62.43}$ (pcf)		171.058	
(14) Soil Volume = (11) x 100 / (13)	(%)	66.65	
(15) Water Volume = (11) x (12) / 62.29	(%)	27.82	
(16) Free Air Volume = 100 - (14) - (15)	(%)	5.53	
(17) Void Ratio = $\frac{100}{(14)} - 1$		500	
(18) Degree of Saturation = $\frac{(15) \times 100}{100 - (14)}$ (%)		83.42	
(19) Volume Change	(cu. in.)	Weighed - 0.07	Measured + 0.02
(20) Drainage	(cu. in.)		
Prepared by	K.C.	Computed by	K.C.
		Checked by	O.A.N.

Form DC-217

Fig 9 供試體 基本計算表

Sample No. 00-T8

Feature VALLECITO DAM

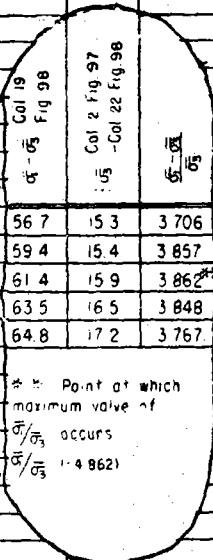
Specimen No. _____

Date Nov. 2, 1943

Constant Strain Rate 0.50 in./min.

Recorder K.C.

Time Actual	Lateral Press. (2)	Deviator Cages Read (3)	Axial Strain		Volume Change		Drain. Tube		Pore Press. (10)	
			Gr% (4)	Strain (5)	Tube 1 (6)	Tube 2 (7)	Read. (8)	Volume (9)		
Inches										
1	0	0	1.4	0.75	1.00				0.6	
2	1	100.0	13.2	0.75	11.95				48.6	
3	5		13.2	0.75	12.29				52.8	
4	15		13.2	0.75	12.43				55.0	
5	16		13.2	224	149	10.06			55.5	
6	18-0		13.2	224		30.00			55.5	
7	1.5		17.1	3	-0.76	29.10			59.0	
8	3.5		19.6	4		27.80			76.5	
9			21.0	5		26.36			81.2	
10			21.9	6		24.89			83.5	
1			22.6	7		23.39			84.3	
2			23.2	8		21.89	56.7	15.3	3706	84.7
3			23.8			20.35	59.4	15.4	3857	84.6
4			24.3	2		18.82	61.4	15.9	3862	84.1
5			24.8	3		17.27	63.5	16.5	3848	83.5
6			25.2	4		15.78	64.8	17.2	3767	82.8
7			25.6	5		14.25				82.0
8			26.1	6		12.69				81.2
9			26.5	7		11.14				80.4
20			26.8	8		9.57				79.8
1			27.3			7.97				78.9
2			27.4	2		6.39				78.9
3			27.7	3		4.79				77.7
4			28.0	4		3.19				77.0
5			28.3	5		1.60	30.00			76.4
6			28.5	6			28.44			75.7
7			28.6	7			26.88			75.0
8			29.8	8			25.34			73.8
9			1.4	3			21.21			-0.3



Specimen just touching stop. *** Point to which piston lowered after failure
 Form CC-215 Initial Temp. 72.0 °F. Final Temp. 71.7 °F.

Fig10 三軸試驗 Data 表

d 供試體의 壓密

(1) 器械 및 供試體의 結合裝置가 끝나면 所期 側壓이 供試體에 作用하고 軸荷重이 作用하기 前 1.5分間의 最初壓密時間中 繼續하도록 한다. Fig 10의 (6) 容積變化 그리고 (10) 間隙壓에 側壓이 作用한 瞬間부터 1分 5分 10分 間隙으로 壓密의 結果를 記入한다. 이러한 壓密 過程을 通하여 排水管을 열고 供試體에서 排水를 하도록 할수 있다. 이렇게 되면 排水는 壓密이 完了할때 까지 繼續할수 있다. 다음 排水管을 닫는다.

(2) 載荷“퍼스톤”을 15分後 或은 排水 完了後

위로 올려 供試體를 蓋板에 接하도록 한다 上下壓計上의 若干의 增加로 依하여 이러한 接觸의 與否를 確認할수 있다. 供試體 端板과 蓋板間의 接觸을 期하도록 하는것 以上으로 나가지 않도록 注意 하여야 한다.

(3) 載荷퍼스톤이 올라 가고 軸荷重을 作用시키기 前 에 容積變化測定管 및 間隙 壓 讀值를 取하여 Fig 10의 該當欄에 記入한다. 이리하 여 물은 容積變化測定計로부 터 排水 시켜 30.0이 되도록 하고 追加氣壓을 넣어 一定 한 測壓을 維持하도록 한다.

e. 試驗荷重載荷

(1) 標準剪斷力試驗에서는 鉛直變位速度는 1分間 0.05 吋(其他의 값을 使用할수도 있다)이니 變位速度 指示計의 變位速度를 이와같이 定하여 載荷速度를 이에 調節한다. 이 리하여 試驗中一定한 變位量 0.10吋마다 軸荷重 容積變化 測定計 그리고 間隙壓 讀值를 取한다. 變位計(strain gage) 에 連結된 “부자”가 一定한 間 隙으로 올리도록 한 信號裝 置가 되어 있다.

軸荷重은 油壓잭크 로써 加하게 된다. 이 잭크 는 人力으로 操作되는 油線內針辨으로 調節할수 있다. 퍼스톤에 이르는 기름의 흐름은 變位計指針 의 움직이는 速度가 變位速度指示計와 一致하도 록 調節한다.

變位量이 0.8吋에 達하면, 0.8吋의 “부록”을 하나 빼어서 讀值를 繼續하여 取하고 必要에 따라 두 번째 및 세번째의 부록을 뺀다 또한 萬若에 第1 의 容積變化 測定計가 물에 充滿되면 그쪽의 마 개를 닫고 第2의 마개를 돌려 測定을 繼續한다. 側壓은 試驗中 一定하게 維持하고 供試體가 破壞

앞에까지 試驗을 繼續한다 이러한 破壞는 上下 壓計讀值에 依하여 알수있으니 即 이는 前讀值보다 적거나 同一하거나 或은 若干 더 클수도 있다 前值보다 적거나 同一한것은 無難하지만 보다 큰 境遇에는 주어진 荷重과 變位에 對해서 供試體內에 一定한 軸單位應力을 維持하는데 必要한 最低 上下壓計增加를 表示하는 數表를 만드려 判斷하게 된다.

(2) 裝置의 分解(Disassembling)

供試體가 破壞되어 試驗이 끝나면 載荷피스톤을 낮추어 壓縮室蓋板에 놓이지 않고 供試體가 膨脹하도록 한다. 側壓을 除去하고 供試體의 容積이 一定하게 될때까지 膨脹시킨다. 上下壓計, 變位計, 容積變化計 間隙壓의 讀值를 取하여 記錄한다 間隙壓管의 마개를 닫고 供試體를 機械에서 꺼내어 最終重量과 容積을 決定하고 Fig 3의(1)(6)에 記錄한다. 全體 供試體는 乾燥爐에서 말리우고 그 含水量을 測定하여 Fig 9(12)에 記入

한다.

9. 計 算

(1) 供試體 Data는 Fig 9의 樣式에 記入한다. 計算을 하는 要領이 그 樣式에 表示되어 있다. 試驗中에 얻게되는 Data는 Fig 10의 樣式(1),(2),(4),(6),(7),(8)에 記錄한다. 이 試驗結果는 Fig 10 Fig 11에 計算記入한다. 다음에 各欄記入事項을 說明한다.

(3) 補正된 上下壓 讀值를 記入한다. 이는 (2)의 上下壓計讀值에서 1 3/8吋 器械에 있어서는 Syphon荷重을 減하고 3 1/4吋 器械에 있어서는 5封度以下の 荷重에 對해서 上下壓計눈금 補正을 減한 數值와 같다 大型器械는 補正을 할 必要가 없다.

(5) 軸變位 이는 (4)의 같은 行目值에서 (4)의 前行目值를 減한 數值이다.

(9) 排水量 이는 (8)의 같은 行目值와 (8)의 最初讀值와의 差異이고 管의 눈금에서 立方呎로 換算된다.

(11) 容積計의 變動 이는 容積變化表를 使用하여 立方吋로 換算한 (6)의 數值와 같다 壓密狀態에서는 負號를 取한다.

(12) 피스톤 變化值 이는 피스톤의 面積이다. (5)의 피스톤 移動距離(軸變位)를 乘한 值이며 負號를 取한다.

(13) 이는 補正值로써 容積變化表에서 求할수있는 側壓과 軸荷重(鉛直荷重)으로 因한 容積變化量이고 正號를 取한다.

(14) 容積變化量으로써 (11),(12)및 (13)의 代數和이다.

(15) 이는 供試體容積으로써 最初供試體容積(Fig 11行目을 參照)은 1行目에 記入하고 正號를 取한다. 壓密時 다음 容積은 (14)數值를 最初供試體容積에 代數的으로 加하면 된다. 剪斷試驗中容積도 같은 方法으로 計算되나 壓密이 끝났을때의 容積을 最初容積代身에 使用하여야 한다.

(16) 이는 供試體의 기리으로써 供試體가 蓋板에 接하게 될때 5行目值는

Sheet 3 of 4

Sample No. 00-T8
Specimen No. 1

Feature VALLEGITO DAM
Date Nov. 2, 1943

Tube Change	Piston Change	Corr. Change	Volume Change	Volume Change	Length	Mean Area	Periater			Axial Strain	Volume Change	Pore Press.
							Load	Stress	Strain			
Cubic Inches					Ins.	sq.in.	Lbs.	psi	%	%	psf	
(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	
1	00				74.73							
2	-3.74		+32	-3.42	71.31							
3	3.86		+32	3.54	71.19							
4	3.91		+32	3.59	71.14							
5	3.09	-81	+32	3.58	71.15	8.876				00	-4.79	55.5
6	00											
7	+32	-41	+01	-08	71.07	8.8	8.08	189	23.4	86	-4.90	69.0
8	.78	.95	.02	.15	71.00	7	8.16	310.	38.0	1.98	4.99	76.5
9	1.30	1.49	.02	.17	70.98	6	8.25	378.	45.8	3.11	5.02	81.2
10	1.82	2.03	.02	.19	70.96	5	8.35	422.	50.5	4.24	5.04	83.5
1	2.35	2.58	.02	.21	70.94	4	8.45	456.	54.0	5.36	5.07	84.3
2	2.89	3.12	.02	.21	70.94	3	8.55	485.	56.7	6.49	5.07	84.7
3	3.44	3.66	.02	.20	70.95	2	8.65	514.	59.4	7.62	5.06	84.6
4	3.98	4.20	.03	.19	70.96	1	8.76	538.	61.4	8.74	5.04	84.1
5	4.53	4.74	.03	.18	70.97	0	8.87	563.	63.5	9.87	5.03	83.5
6	5.06	5.28	.03	.19	70.96	7.9	8.98	582.	64.8	11.00	5.04	82.8
7	5.59	5.82	.03	.20	70.95	8	9.10	601.	66.0	12.12	5.06	82.0
8	6.13	6.36	.03	.20	70.95	7	9.21	626.	68.0	13.25	5.06	81.2
9	6.67	6.90	.03	.20	70.95	6	9.34	645.	69.1	14.38	5.06	80.4
20	7.22	7.44	.03	.19	70.96	5	9.46	660.	69.8	15.50	5.04	79.8
1	7.77	7.99	.03	.19	70.96	4	9.59	684.	71.3	16.63	5.04	78.9
2	8.30	8.53	.03	.20	70.95	3	9.72	689.	70.9	17.76	5.06	78.5
3	8.84	9.07	.03	.20	70.95	2	9.85	703.	71.4	18.88	5.06	77.7
4	9.39	9.61	.03	.19	70.96	1	9.99	718.	71.9	20.01	5.04	77.0
5	9.93	10.15	.03	.19	70.96	0	10.14	732.	72.2	21.14	5.04	76.4
6	10.47	10.69	.03	.19	70.96	6.9	10.28	742.	72.2	22.26	5.04	75.7
7	11.02	11.23	.03	.18	70.97	8	10.44	747.	71.6	23.39	5.03	75.0
8	11.55	11.77	.03	.19	70.96	7	10.59	757.	71.5	24.52	5.04	73.8
9	12.99	9.07		+3.60	74.15							
30												

* Values in this column are of the maximum stress ratio
Form UC-216 Computer K.C. Checker O.A.N.

Fig11 三軸 剪斷 試驗 計算 表

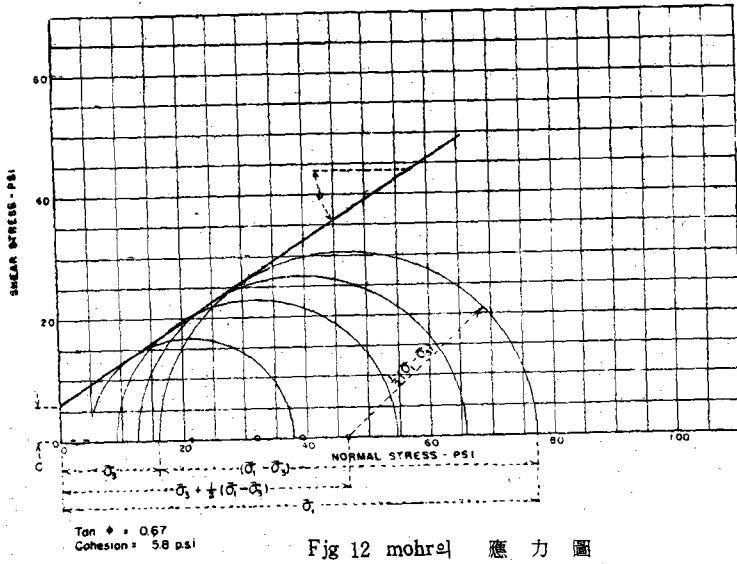


Fig 12 mohr의 應力圖

剪斷數值 即 力學的常數라고 할 수 있는 $\tan\phi$ 와 C 는 三個 乃至 그 以上의 三軸剪斷供試體에서 얻은 結果에 依하여 그린 “모-르”의 應力圓(Mohr's stress diagram)을 通하여 決定하게 된다. 이때는 다음과 같은 數值를 使用하여 mohr 應力圓을 그린다 Fig 6을 參照

$\bar{\sigma}_1$ = 測定한 間隙壓으로 補正된 破壞時의 單位壓縮(軸)荷重이고 이를 大主應力(major principal effective stress)라고 稱한다.

σ_3 = 測定한 間隙壓으로 補正된 破壞時의 單位面積當側壓이고 이를 小主應力(minor principal

Sheet 4 of 4

Feature VALLECITO DAM

Date Nov. 2, 1943

Sample No. 00-T8

9. 10吋에서 (4)의 2點에 있어서의 變位다이알게이지 讀值를 減하면 된다 다음 기리는 그前供試體의 거리에서 (5)의 各 거리의 減少值 만큼 減하면 된다.

(17) 供試體平均面積으로써 이 是 (10)을 (16)으로 除하면 된다.

(18) 上下壓 荷重으로써 眞上下壓計讀值에 荷重係數(Capsule factor)를 乘하여 計算한다. 即眞上下壓計 = (上下壓計讀值(3)) - (供試體의 重量 + 側 壓讀值)

(19) 上下壓應力으로써 (18)을 (17)으로 除한다.

(20) 軸(鉛直)變位率 이는 (16) 供試體最初의 거리에서 變化된 值를 (16) 供試體最初의 壓密된 거리로 除하여 100을 乘한다.

(21) 容積變化率 이는 (15) 最初容積으로부터 變化된 量을 (15) 最初容積으로 除하여 100을 乘한다.

(22) 間隙壓 이는 計器의 間隙壓으로써 (10)의 讀值와 같다.

Spec. No.	σ_1	σ_3	$\sigma_1 + \sigma_3$
9	37.8	4.7	42.5
3	54.5	9.1	63.6
2	65.6	12.5	78.1
1	77.3	15.9	93.2
Σ	235.2	42.2	277.4
Ext. σ_1	$\Sigma(\sigma_1)^2 = 14,677.74$	$\Sigma(\sigma_1 \sigma_3) = 2,722.68$	$\Sigma[\sigma_1(\sigma_1 + \sigma_3)] = 17,400.42$
nExt. σ_3	$n\Sigma(\sigma_1)^2 = 58,710.96$	$n\Sigma(\sigma_1 \sigma_3) = 10,890.72$	$n\Sigma[\sigma_1(\sigma_1 + \sigma_3)] = 69,601.68$
Corr.	$(\Sigma\sigma_1)^2 = 55,313.04$	$\Sigma\sigma_1 \Sigma\sigma_3 = 9,925.44$	$\Sigma\sigma_1 \Sigma(\sigma_1 + \sigma_3) = 65,244.48$
Mal. Mom.	(1) 3391.92	(2) 965.28	(3) 4357.20
$n = 4$	Ext. σ_3	$\Sigma(\sigma_3)^2 = 513.96$	$\Sigma[\sigma_3(\sigma_1 + \sigma_3)] = 3236.64$
$A^2 = \frac{(1)}{(n)} = \frac{3391.92}{275.00}$	nExt. σ_3	$n\Sigma(\sigma_3)^2 = 2,055.84$	$n\Sigma[\sigma_3(\sigma_1 + \sigma_3)] = 12,946.56$
$A^2 = 12.334$	Corr.	$(\Sigma\sigma_3)^2 = 1,780.84$	$\Sigma\sigma_3 \Sigma(\sigma_1 + \sigma_3) = 11,706.28$
$A = 3.512$	Mal. Mom.	(b) 275.00	(5) 1240.28
$\sqrt{A} = 1.874$	$2\sqrt{A} = 3.748$		
$A\Sigma\sigma_3 = 148.206$			
$C = \frac{\Sigma\sigma_1 - A\Sigma\sigma_3}{2\sqrt{A}} = \frac{235.2 - 148.206}{4 \times 3.748} = 5.80$			
$\tan \phi = \frac{A - 1}{2\sqrt{A}} = \frac{2.512}{3.748} = .67$			
			$\phi = 33^\circ 49'$

Form DC-21A

Computer F. J. P.

Checker F. B. L.

Fig 13. 内部摩擦係數와 粘着力의 最少自乘法에 依한 計算

effective stress)라고 稱한다.

이때에 破壞라 함은 $\frac{\bar{\sigma}_1}{\bar{\sigma}_3}$ 가 最大值를 가질때 이
러나는 境遇를 말한다. $\frac{\bar{\sigma}_1}{\bar{\sigma}_3}$ 의 最大值는 間隙壓
이 最大에 이르러때 이다 그러므로 $\frac{\bar{\sigma}_1}{\bar{\sigma}_3}$ 의 最大
值是 簡單히 求할수 있다. 便宜上 $\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_3}$ 의 最
大值를 求하는 計算은 Fig 4에 表示되어 있다
 $\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_3}$ 의 最大值는 $\frac{\bar{\sigma}_1}{\bar{\sigma}_3}$ 가 最大인 境遇에 있을
수 있다.

$\bar{\sigma}_1$, $\bar{\sigma}_3$ 와 $\bar{\sigma}_3 + \frac{1}{2}(\bar{\sigma} - \bar{\sigma}_3)$ 의 值를 X軸에 날아낸

다 그리하여 $\bar{\sigma}_2 + \frac{1}{7}(\bar{\sigma} - \bar{\sigma}_3)$ 의 點
을 中心으로 하여 X軸위로 $\bar{\sigma}_1$ 과 $\bar{\sigma}_3$
를 通過하도록 半圓을 그린다 同一
한 最初密度와 含水比를 가진 數個
의 供試體에 對해서 試驗하여 얻은
 $\bar{\sigma}_3$, $\bar{\sigma}_1$ 의 值를 適用하여 이와 같은
作圖를 反復한다. 이리하여 이 應
力圓에 對한 切線을 그리면 이 直
線은 破壞面에 作用하는 垂直應力
과 이 面에 따르는 剪斷抵抗力을 表
示한다. X軸座標는 垂直應力을 가
르키고 Y軸座標는 極限剪斷抵抗
力을 가르킨다

이 直線은 Coulomb의 公式

$$S = C + P \tan \phi$$

를 代表한다.

C의 值는 이 直線이 原點을 通하는
Y軸과 交合하는 點에서 原點까지의
거리이고 $\tan \phi$ 는 X軸에 對한 이 直
線의 勾配로써 表示된다.

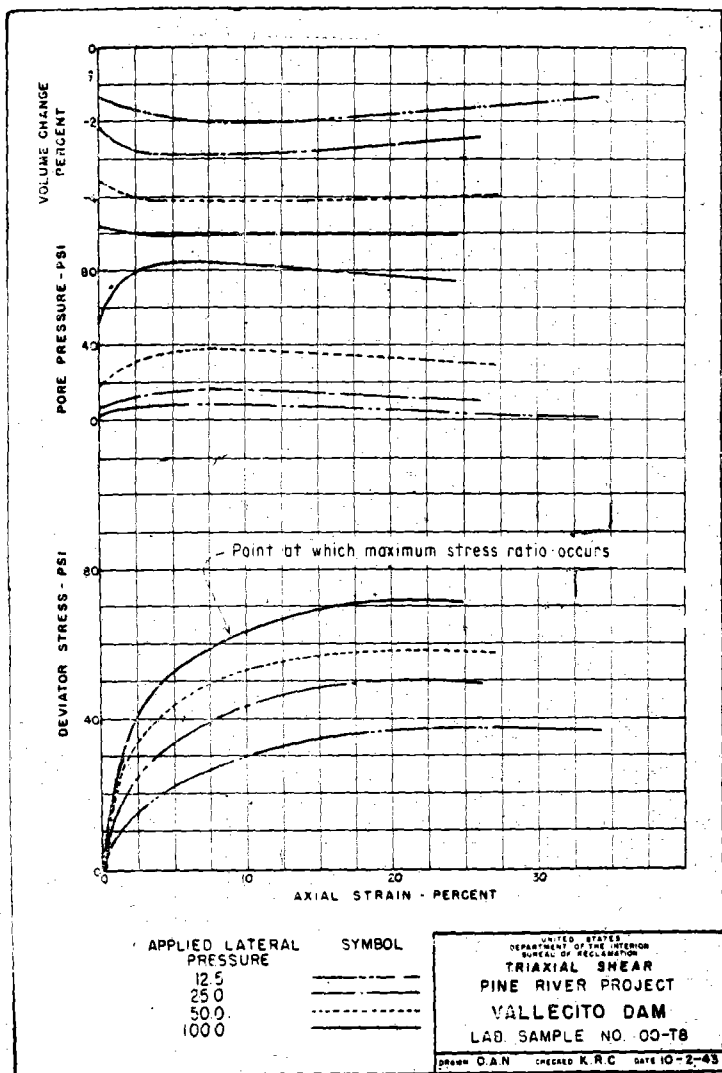
觀察에 依하여 모든 應力圓에 對
한 切線을 그리기가 힘들때는 最少
自乘法을 利用하여 切線의 位置를
決定한다. Fig (7)에 이 方法이 說
明되어 있다. 이 方法이 切線을 그
리는 個人誤差를 避하는 適切한 方
法이므로 널리 使用되고 있다. 事
實上 이 方法을 適用하면 Mohr의 應
力圓을 그릴 必要가 없으나 이 應力
圓은 試驗結果의 正確性을 檢討하
는데 有用하므로 그려보는 것이 좋

다.

Mohr의 應力圓에 追加하여 曲線을 그려 軸變位
에 對한 容積變化率 間隙壓上下壓應力의 關係를
알아낼수도 있다. 一個試料에 對한 이러한 曲線
은 同一한 紙面上에 表示할수 있다 (Fig 8) 軸變
位值(Fig 5(20))는 橫座標에 그리고 上下壓應力
에 對한 相應值 (19)는 縱座標에 作圖한다. 容積
變化와 間隙壓의 讀值는 圖面上部 該當되는 位置
에 相應하는 變位值에 對해서 縱座標로 表示한다.

7. 結 論

前述한와마 같이 흙의 三軸剪斷試驗이란 三軸



Form DC-155

Fig 14 容積變化間隙壓—上下壓應力—軸變位曲線

剪斷試驗器로서 同一한 密度와 含水比를 갖인 數個의 供試體에 相異한 側壓(大略 3.1 psi에서 100 psi까지)을 加하여 必要한 讀值를 取하고 mohr의 應力圓 乃至 最少自乘法을 通하여 흙의 內部摩擦 係數와 粘着力을 判斷함으로써 그의 剪斷抵抗力을 決定하는 過程이라고 볼수 있다 이 試驗은 美

國 덴바試驗所에서 採擇한 標準의 方法이며 앞으로 우리나라에서도 普及되어야 할것이다.

參考文獻

1. Earth manual 美內務省開拓局編
2. Soil mechanics in Engineering practice Terzaghi peck 著

干拓事業豫定地區調查測量要領

金 洞 圭

1. 緒 言

干拓事業은 多額의 工事費와 長期日의 工期가 所要되며 工事施行에 있어서도 一般 土地改良事業에 比하여 難關이 許多하므로 調查에있어서는 特別히 詳細하고 廣範하게 調查하여야 할것이며 事業의 成否는 計劃當初의 調查適否및 精粗에 左右되는바 크다 調查는 技術的인 面과 經濟的인 面을 調查하여야 할것이며 經濟的인 面에 있어서는 干拓事業 豫定地附近의 水産業 鑛工業 製鹽業 港灣施設關係 附近住民의 農業狀況및 社會的 諸事情을 調查하여야 할것이다 調查測量要領을 略記하여 現地調査에 參考되기를 바란다.

2. 干拓適地の 條件

干拓事業을 實施함에있어 干拓 適地로서 다음 基本條件에 留意하지 않으면 안된다 干拓事業의 成否는 다음 條件을 具備하느냐 않느냐에 左右되므로 徹底하게 調查한後 干拓適地를 擇할것이다.

1. 짧은 防潮堤로서 最大의 干拓面積을 包容할 수 있는 地形일것.
2. 干拓 豫定地는 干瀉地가 잘 發達되고 地盤이 平坦하며 갯강(濬)이 적을것
3. 干滿의 差가 크고 風波 潮流等이 防潮堤 其他 構造物에 惡影響을 미치지 않을것
4. 防潮堤 築造豫定線의 地盤이 堅固하여 沈下의 憂慮가 없을것
5. 干拓豫定地의 土質이 農地造成에 適合할것
6. 背後地의 集水面積이 灌溉用水 確保에 充分

하여야 하며 反面 集水面積이 過大하여 排水에 困難하지 않을것

7. 工事用 資材(石材築堤用土)가 附近에서 容易하게 採取할수 있을것

8. 各種 既得權益에 對한 影響이 작을것

9. 農業經營上 有利한 立地條件을 具備할것

3. 地形 地勢

干拓事業費의 大部分이 防潮堤費이며 全工事費의 50%~70%를 占하는때가 많다 故로 最短의 防潮堤로서 最大의 干拓面積을 包容할수있는 地形이 좋다 陸地에 灣入하거나 島嶼로 圍繞되어있는 干瀉地는 此條件을 充足시킨다 이에 反하여 海面에 突出한 干瀉地는 가장 不利하다. 耕地面積 一町步當 防潮堤延長은 우리나라에서는 普通 5m~10m이며 10m 이상은 거이 없으며 現在 計劃中인 海面 干拓地區는 耕地面積 2,100町步에 防潮堤延長 2000m로서 一町步當 約 1m未滿이다. 外國에서는 1町當 20m~30m까지도있다 干拓地의 地盤은 높을수록 좋으며 地盤이 높으면 防潮堤의 높이가 작아지며 排水關係도 良好하나 地盤이 낮으면 防潮堤가 높아지고 地區內 排水가 困難하며 潮汐의 影響을 받아 除鹽에 長時日을 要한다 干瀉地의 有效利用範圍는 一般的으로 小潮干潮位 以上 0.30m 以上이 아니면 않된다. 干拓地內의 地盤은起伏이 작은 平坦地帶가 좋으며 起伏이 甚하면 整地費用이 過大하다 갯강(干瀉地에 있어 河水又是 屬 干瀉地의 排水의 水道에 該當하는 部分은 길게되어서 江과 같이 되어있다. 이것을 갯강(濬)이라