

# 壁體變位에 따른 土留壁의 靜的 主動 土壓

Static Lateral Active Earth Pressures  
with Various Wall Movements

蔡 瑛 秀\*

Chae, Young-Su

金 用 鎮\*\*

Kim, Yong-Jin

---

## Abstract

This paper first presents the distributions of static lateral earth pressure in case of translational wall movement (ATRA), obtained respectively by the Dubrova method and by the method where Chang's idea is applied to the former, acting on the rigid retaining vertical wall with horizontal sand backfill.

Total active resultant forces and the points of application of those forces, calculated results by the two methods, are compared with the experimental results recently published by Fang Y.S. and Ishibashi I.

A comparative study about the distribution of static lateral earth pressure in each case of rotation about top(AT) and base (AB), on which the writer studied previously, is also conducted along with the above experimental results.

The following results are obtained

1) In case of AT and ATRA, the experimental results are in good agreement with the calculated results by the Dubrova's method.

2) In case of AB, the results of the Dubrova's method are very inconsistent with those of model test, where as the method where Chang's idea is applied, corresponds well, even though there is a small deviation.

## 要 旨

本 論文에서는 뒤채움이 砂質土이고 水平面인 鉛直壁이 水平移動變位(ATRA)를 일으킬 때 土留壁에 作用하는 靜的 主動土壓을 Dubrova 方法과 Dubrova 方法에 Chang의 概念을 導入시킨 方法 各各으로 구하였다. 이 結果를 最近에 Fang and Ishibashi가 發表한 模型實驗結果와 比較分析하였다.

또한 이미 發表한 바 있는 蔡(1985)의 壁體 頂點과 底面을 中心으로 回轉하는 靜的 主動土壓(AT, AB)의 경우도 上記模型實驗結果와 比較分析하였다.

그 결과 다음과 같은 結論을 얻었다.

---

\* 正會員, 水原大學 土木工學科 助教授

\*\* 正會員, 高麗大學校 博士課程

AT 와 ATRA 인 경우, Dubrova 이론에 의한 결과가 模型實驗結果와 잘 一致되나 AB 인 경우 Dubrova 理論結果는 模型實驗과 매우 큰 差異가 있고 Chang 개념을 導入한 結果는 약간의 誤차가 있긴 하지만 비교적 잘 맞는다.

## 1. 序 論

土留構造物 設計 時 土壓의 크기와 作用位置가 매우 重要한데 特殊한 경우를 除外하고는 通常 壁體變位에 關係없이 Coulomb 이나 Rankine 理論에 의한 三角形으로 간주하고 있다.<sup>2)</sup> 그래서 蔡(1985)<sup>1)</sup>가 뒤채움이 水平이고 鉛直壁體에 대해 變位形態를 고려한 Dubrova (1963)<sup>4)</sup> 理論과 이를 修正한 Chang (1981)<sup>3)</sup>의 方法으로 靜的 土壓과 地震時의 土壓을 算定하는 方案을 提示하였다. 그러나 蔡의 論文에서는 土留壁의 變位形態를 壁體 頂點과 底面을 中心으로 各各 回轉하는 主動(AT, AB) 및 受動土壓(PT, PB) 4 가지 경우만을 對象으로 하였으며 水平移動變位(Pure translation)에 대한 研究는 다루지 않았다. 또한 算定된 土壓의 檢證을 위한 模型實驗 結果와도 서로 比較하지 않았다.

따라서 本 論文에서는 뒤채움이 砂質土이고 水平面인 鉛直壁이 主動水平移動變位(ATRA)를 일으킬 때 土留壁에 作用하는 靜的 主動土壓을 구하는 方法을 研究하며 最近에 外國에서 發表된 模型實驗 結果와도 比較檢討해 본다. 또한 이미 發表한 바 있는 蔡(1985)의 壁體頂點과 底面을 中心으로 回轉하는 靜的 主動土壓(AT, AB)의 경우도 模型實驗結果와 比較分析한다.

## 2. 水平移動 變位 壁體에 作用하는 土壓

Dubrova 는 Fig. 1(a)와 같이 水平移動變位(Pure translation)를 일으키는 壁體에 作用하

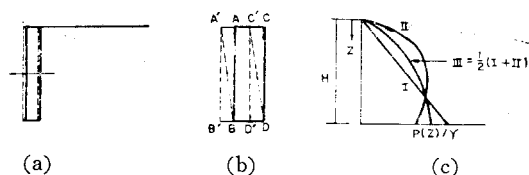


Fig. 1 Analysis of pure translation

는 主動 土壓을 구하는 경우 Fig. 1(b)에서와 같이 두가지 狀態의 平均값으로 解析하였다. 즉 壁體가 처음에 B 點을 中心으로 A'B 까지 回轉하고, 다음 A' 點을 中心으로 AB 에 平行한 最終位置 A'B' 로 된다. 이와 같은 解析으로 水平移動(ATRA) 壁體의 土壓分布는 두 成分의 平均으로 取한다. 이 때 처음에 B 點을 中心으로 A'B 로 回轉할 때의 土壓分布圖(I)는 Coulomb 의 三角分布로 보았고, 다음 A' 點을 中心으로 A'B' 로 되는 경우 Dubrova 理論에 의한 壁體頂點을 中心으로 回轉(AT)하는 土壓分布圖(II)로 간주하였다.<sup>6)</sup> 즉 水平變位の 靜的 主動土壓( $P_{ATRA}$ )은 Coulomb 土壓( $P_{ACO}$ )과 AT 때의 土壓( $P_{AT}$ )의 平均值로 (1)式과 같다.

$$P_{ATRA} = \frac{1}{2} (P_{ACO} + P_{AT}) \dots\dots\dots (1)$$

한편 AT 의 土壓分布圖(II)를 구하는데 있어서 Dubrova 는 發揮되는 흙의 內部摩擦角  $\phi$  를 壁體變位에 比例하는  $0 \leq |\phi| \leq \phi_0$  로 보았으며 壁面 摩擦角  $\delta$  는 壁體變位와 關係된다는 것이 James and Bransby<sup>8)</sup> 등의 研究를 통해 一般적으로 잘 알려져 있음에도 불구하고  $\delta$  를 一定하게 보았다. Chang<sup>3)</sup> 은 Dubrova 理論에서가 壁體變位에 比例해서  $0 \leq |\phi| \leq \phi_0$  로 나타난 것은 전혀 理論의 根據가 없다고 했으며  $\delta$  도 壁體變位와 關係된다고 하였다. 그래서  $\phi$  와  $\delta$  값이 壁體變位와 그때의 뒤채움 흙의 應力狀態에 密接한 關係가 있다는 事實에 根據를 두고 새로운  $\phi$  와  $\delta_w$  分布를 主張 하였으며, 이 概念을 地震이 作用하는 경우의 Mononobe-Okabe 公式<sup>9)10)</sup>에 導入시켜 鼎立시켰다. 그래서 蔡가 靜的인 경우 Chang 의  $\phi$  와  $\delta_w$  分布가 尙當한 것으로 보아 이 分布를 Dubrova 의 一般式에 導入시켜 4 가지 壁體變位(AT, AB, PT, PB)에 따른 土壓을 구하였다.

한편 Chang 은 水平移動變位(Pure translation) 壁體인 경우 壁體높이(H) 全體에서  $\phi$  가  $\phi_0$  를 전부 發揮하는 것으로 보아 결국 靜的인 경

우 Coulomb 土壓과 一致되는 三角形 土壓 分布 結果를 갖는다고 主張하였다. 그러나 Tschebotarioff<sup>(5)</sup> 등에 의하면 土壓分布는 거의 모든 경우 拋物線形態에 가깝다고 하였다.

本 研究에서는 (1)式을 利用하되 돌체항인  $P_{AT}$  를 구할 때 Dubrova의 方法과 蔡가 Chang의 概念을 導入시킨 方法(Recommended method) 各各으로 구한다.

### 3. 模型實驗

壁體變位에 따른 土留壁에 作用하는 土壓을 구하기 위해 오래 전에 Terzaghi<sup>(13)(14)</sup>는 Load cell 을 使用하여 大形模型實驗을 受行했지만 全體土壓 밖에는 구하지 못하고 壁體의 土壓分布圖은 구하지 못했다.

最近 Fang and Ishibashi (1986)<sup>(5)</sup>가 Univ. of Washington의 Shaking table에 移動可能한 翁벽을 組立하여 壁體頂點과 底面을 中心으로 回轉(AT, AB)하는 경우 및 水平移動(ATRA)하는 경우의 靜的 主動土壓을 實測하여 發表하였다. 이 模型實驗器具의 크기 및 입체도는 Fig. 2와 같다.

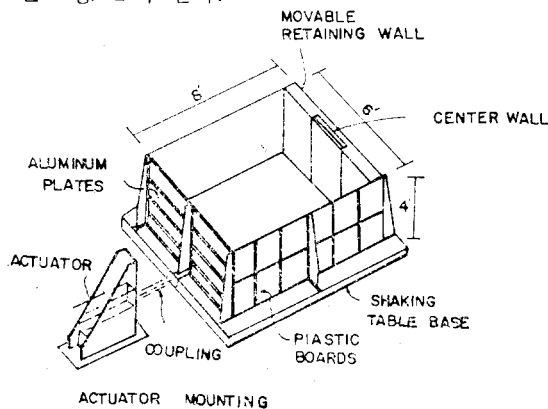


Fig. 2 Shaking table, soil box, and actuator

Fig. 2에서 測定器具는 모두 中央壁體(1.02m × 높이 1.04m)에 設置하였기 때문에 土壓測定에 미치는 側壁效果는 無視될 수 있다고 하였다. 土壓은 Fig. 3과 같이 서로 다른 깊이마다 6個를 壁體 中央에 設置하여 Kulite VM-750(土壓感度 직경=1.90cm)을 使用하여 구하였다.

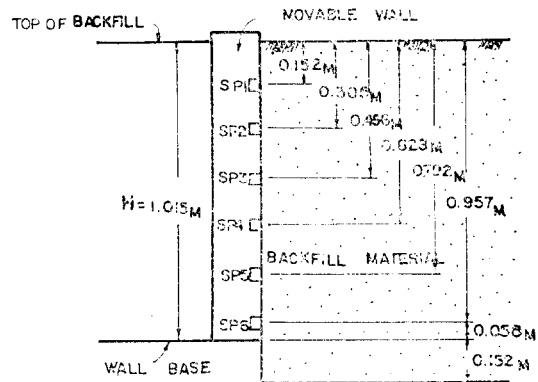


Fig. 3 Locations of pressure transducers behind rigid center wall.

뒤채움은 건조한 Ottawa Silica Sand( $D_{10}=0.176\text{mm}$ ,  $D_{30}=0.217\text{mm}$ ,  $D_{50}=0.251\text{mm}$ ,  $D_{60}=0.264\text{mm}$ ,  $G_r=2.67$ ,  $e_{\max}=0.754$ ,  $e_{\min}=0.530$ )를 使用하였다.

模型實驗器具 및 뒤채움 흙의 더 자세한 내용은 Sherif et al의 文獻<sup>(11)(12)</sup>을 參助하길 바란다.

### 4. 理論과 模型實驗結果 比較 및 考察

#### 4.1 水平移動 變位(ATRA)인 경우

ATRA의 경우 뒤채움의  $\gamma=1.571\text{t/m}^3$ ,  $\phi=34^\circ$ ,  $\delta=17^\circ$ ,  $e=0.698$ ,  $D_r=24.8\%$  상태로 實施한 模型實驗結果, 壁體 上部의 SP1, SP2만을 除外하고는 다 0.25mm 變位를 일으켰을 때 最小 水平土壓이 되었으며 그 이후는 거의 一定한 水平土壓을 유지하였고 Terzaghi<sup>(13)(14)</sup>와 마찬가지로 壁體上部에서 약한 Arching 現象이 發生하였다.

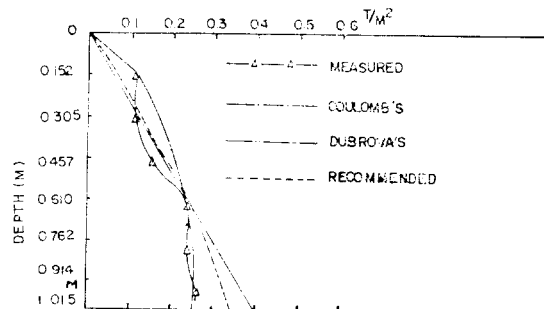


Fig. 4 Distributions of horizontal active earth pressure with translational wall movement. ( $\gamma=1.571\text{t/m}^3$ ,  $\phi=34^\circ$ ,  $\delta=17^\circ$ )

模型實驗 뒤채움 흙의 同一한 條件에서 2節에서 說明한 바와 같이 Coulomb理論에 의한 三角分布土壓(=Chang의 方法), Dubrova方法 및 本 研究에서 提示한 方法에 의한 土壓分布, 模型實驗 結果(0.50mm 變位를 일으켰을 때)를 나타낸 것이 Fig. 4이다.

模型實驗結果 壁體높이(H) 中央  $\frac{H}{3}$  되는 部分의 水平土壓이 Coulomb理論에 의한 結果(=Chang 方法)보다 작는데 反하여 Dubrova理論과 本 研究의 結果에서는 더 큰지 하지만, 上部  $\frac{H}{3}$ 에서의 水平土壓은 Coulomb理論에 의한 結果보다 大고, 下部  $\frac{H}{3}$ 에서의 水平土壓은 작은 現象이 일어났는데 이는 Dubrova理論에 의한 結果와 本 研究結果와도 마찬가지이다.

內部摩擦角  $\phi$ 의 크기에 따른 水平土壓係數의 變化를 나타낸 것이 Fig. 5이다. Fig. 5에는 Ichihara and Matsuzawa<sup>7)</sup>에 의해 보고된 實驗結果도 나타나 있는데 이들은 壁體底面아래 0.36H 軸에 대해 水平移動과 回轉의 組合變位를 일으킨 경우를 對象으로 하고 있다.

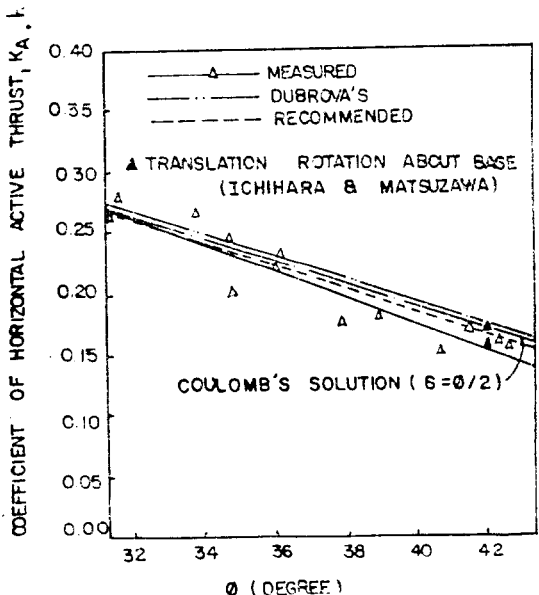


Fig. 5 Coefficients of horizontal active thrust as a function of internal friction angle. (Translation)

模型實驗結果  $\phi$ 가 커짐에 따라 Coulomb의 土壓크기에 비해 약간씩 감소되는 現象은 있으나 큰 差異가 없으며, Dubrova理論과 本 研究

에서 提示한 理論에 의한 土壓크기도 Coulomb의 土壓크기와 거의 差異가 없이 模型實驗과 상당히 一致되며 Ishihara and Matsuzawa의 結果도 마찬가지이다.

한편 Fig. 6은  $\phi$ 의 크기에 따른 全主動土壓의 壁體底面으로부터의 作用位置의 變化를 나타내고 있다.

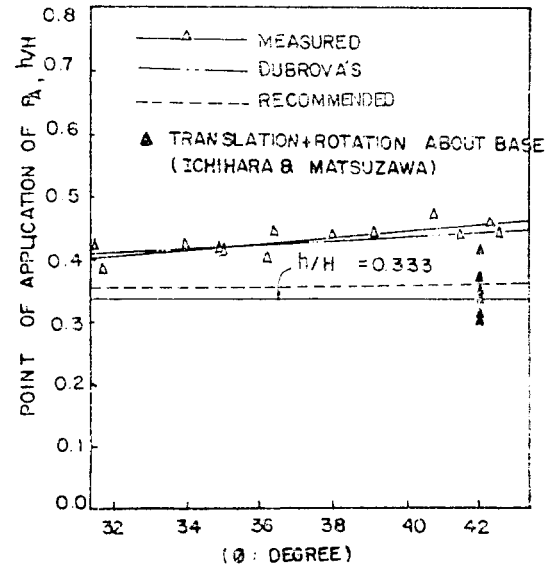


Fig. 6 Points of application of active thrust with translational wall movement.

模型實驗結果 Dubrova理論에 의한 結果, 本 研究에서 提示한 結果 모두가 Coulomb의  $\frac{H}{3}$ 보다 높게 作用함을 알 수 있고,  $\phi$ 가 커짐에 따라 本人이 提示한 結果만이 매우 完滿하지만 모두 作用位置가 높아지는 傾向이 있다.

Dubrova에 의한 作用位置가 模型實驗의 結果와 거의 一致되고 本人의 提示結果는 약 10%程度의 誤差를 가져 오지만 Ichihara and Matsuzawa의 實驗結果와는 더 近接함을 알 수 있다. 結果의으로 Dubrova의 提案方法이 模型實驗과 잘 一致된다.

#### 4.2 壁體 頂點을 中心으로 回轉(AT)하는 경우

뒤채움의  $\gamma=1.582t/m^3$ ,  $\phi=34.9^\circ$ ,  $\delta=17.5^\circ$ ,  $e=0.687$ ,  $D_r=30.1\%$  狀態로 實施하는 AT 模型實驗結果와 同一한 條件에서 Coulomb理論에

의한 三角分布土壓, Dubrova 方法 및 Chang의 概念을 導入시켜 提示한 方法에 의한 土壓分布를 그림으로 나타내면 Fig. 7이다.

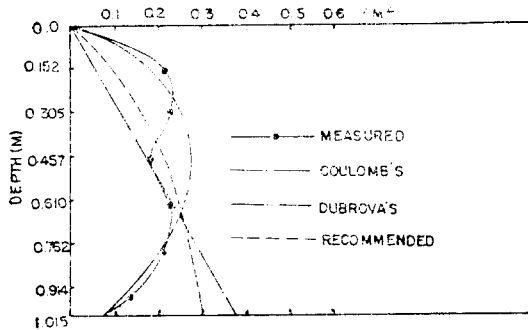


Fig. 7 Distributions of horizontal active earth pressure with rotation about top. ( $\gamma=1.582t/m^3$ ,  $\phi=34.9^\circ$ ,  $\delta=17.5^\circ$ )

模型實驗結果 ATRA인 경우보다 더 현저한 Arching 現象이 發生되어 Coulomb 土壓分布에 비해  $H/3$ 보다 上部側에는 큰 土壓이 作用하였고 下部  $H/3$ 에서는 작은 土壓이 作用하였다. Dubrova 理論과 本人이 提示한 結果에서는 Coulomb의 土壓分布에 비해  $H/3$ 보다 上部側에서는 큰 土壓이 作用하였고 下部  $H/3$ 에서는 작은 土壓이 作用

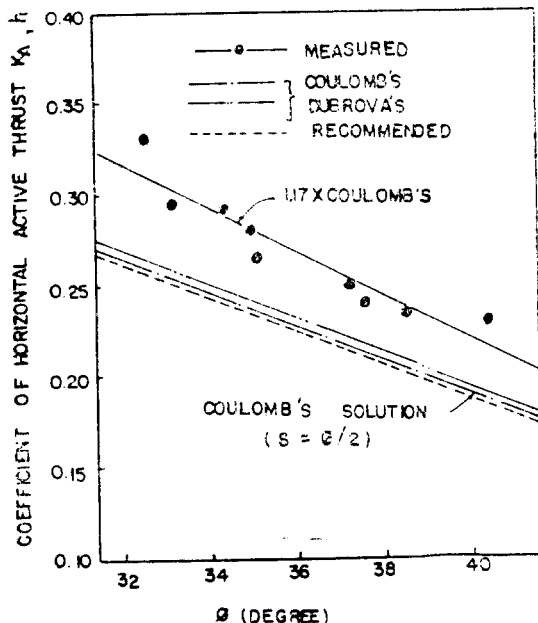


Fig. 8 Coefficients of horizontal active thrust as a function of internal friction angle (Rotation about top)

用하였다. 壁體 上部와 下部에서는 Dubrova 理論에 의한 土壓分布가 模型實驗結果와 잘 一致되며 中央部分에서는 本人이 提示한 結果가 더 近接됨을 볼 수 있다.

한편 Fig. 8은  $\phi$ 의 크기에 따른 水平土壓係數의 變化를 나타낸 것이다.

Fig. 8에서 알 수 있는 바와 같이 모든 結果가  $\phi$ 가 커짐에 따라 土壓크기가 작아짐을 알 수 있는데 Dubrova와 本人의 土壓크기는 Coulomb 土壓크기와 거의 같았으나 模型實驗結果는 Coulomb 土壓크기의 平均 1.17倍가 增加하였다. 이와 같은 現象은 模型實驗의 Arching으로 인한 壁體上部의 土壓增加는 매우 큰데 比하여 下部에서의 土壓은 더 작게 감소하는데 그 原因이 있는 것으로 思慮된다.

$\phi$  크기에 따른 全主動土壓의 壁體底面으로부터의 作用位置의 變化를 그림으로 나타낸 것이 Fig. 9이다.

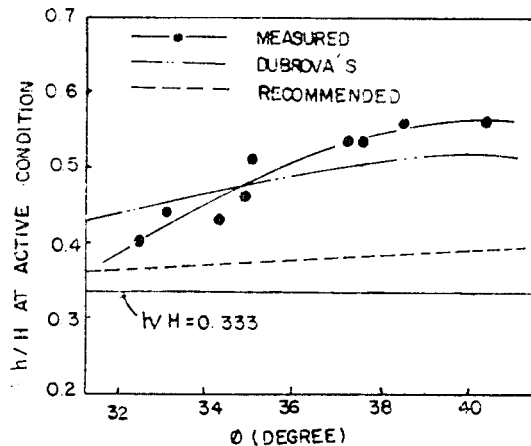


Fig. 9 Points of application of active thrust with rotation about top

Fig. 9로부터  $\phi$  크기에 關係없이 作用位置는 모든 結果가 Coulomb의  $H/3$ 보다 높게 作用하며 模型實驗結果와 Dubrova의 結果가 더 類似하면서  $\phi$ 가 커질수록 作用位置가 높아감을 알 수 있고 本人提示結果는 약간 낮은 0.375H程度임을 알 수 있다.

그런데 壁體頂點을 中心으로 回轉하는 (AT) 경우, 壁體 轉倒(Overturning moment)에 대한 安定問題가 주도적 역할을 하여 破壞檢討할 때

土壓크기와 作用位置가 同時に 고려되어야 하고 作用位置도 壁體 頂點으로부터의 距離를 取해야만 할 것이다. 그래서 模型實驗의 土壓크기 結果가 本人研究의 土壓크기 結果(=Coulomb 土壓크기)보다 17%程度크게 나왔지만 壁體頂點으로부터의 作用位置가 작게 나오므로 作用位置를 17% 고려한( $0.375H \times 1.17 = 0.439H$ )  $\phi = 34^\circ$  정도에서의 轉倒에 대한 安全率은 결국 같은 結果를 얻을 수 있다.

#### 4.3 壁體底面을 中心으로 回轉(AB)하는 경우

AB 模型實驗을 뒤채움의  $\gamma = 1.564t/m^3$ ,  $\phi = 33.4^\circ$ ,  $\delta = 16.7^\circ$ ,  $e = 0.706$ ,  $D_r = 21.4\%$  狀態로 實施한 結果와 同一한 條件에서 Coulomb 理論에 의한 三角分布土壓, Dubrova 方法 및 本人研究에서 提示한 方法에 의한 土壓分布를 나타낸 것은 Fig. 10이다.

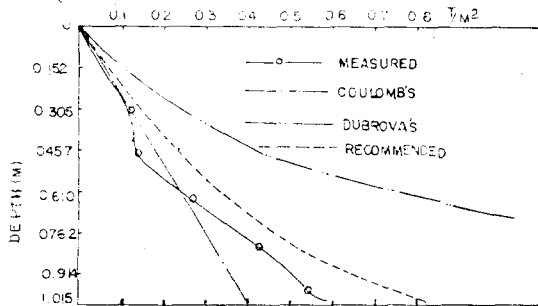


Fig. 10 Distributions of horizontal active earth pressure with rotation about base ( $\gamma = 1.564t/m^3$ ,  $\phi = 33.4^\circ$ ,  $\delta = 16.7^\circ$ )

Fig. 10 으로부터 Dubrova 理論에 의한 土壓크기는 模型實驗結果와 매우 顯격한 差異가 있음을 알 수 있다. 本人의 提示結果에서도 다소 差異가 있긴 하지만 壁體上部  $\frac{H}{3}$  근방에서의 土壓分布는 類似하며 底面으로 갈 수록 土壓이 커짐은 같은 現象이다.

$\phi$ 의 크기에 따른 水平土壓係數의 變化를 그림으로 나타내면 Fig. 11이다. 이 때 Dubrova 理論에 의한 土壓크기는 Coulomb 土壓크기의 4倍以上이 되어 너무 差異가 커서 Fig. 11에는 생략하였다.

Fig. 11에서 알 수 있는 바와 같이 本人의 提示 方法에 의한 土壓크기(Coulomb 土壓크기의 1.5 倍 程度)가 模型實驗의 土壓크기(Coulomb

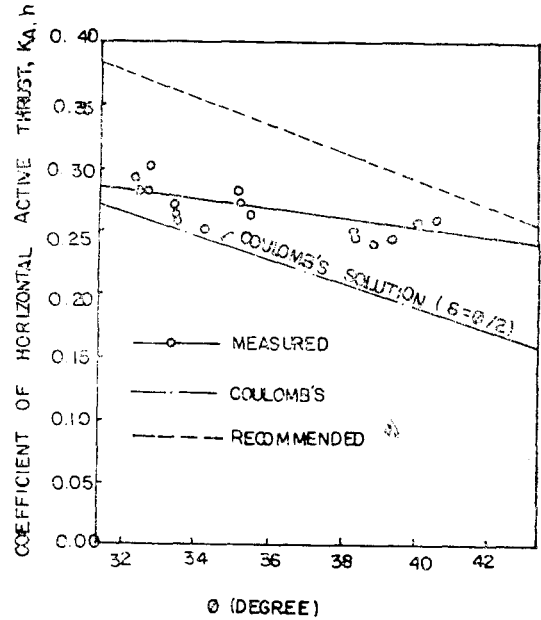


Fig. 11 Coefficients of horizontal active thrust as a function of internal friction angle (Rotation about base)

土壓크기의 (1.1~1.35)倍)에 비해  $\phi = 34 \sim 40^\circ$  범위에서 약 (30~15)% 程度 کم을 알 수 있다. 한편 本人의 研究結果는  $\phi$ 가 커짐에 따라 土壓크기는 Coulomb 土壓크기와 類似하게 比例해서 작아지는 反面 模型實驗結果는 매우 完滿하게

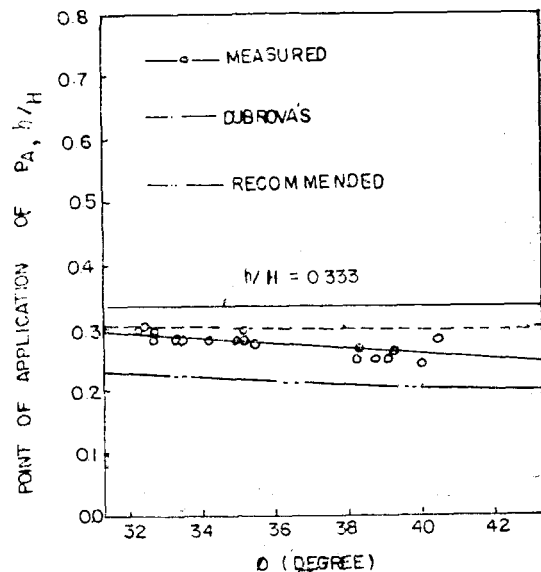


Fig. 12 Points of application of active thrust with rotation about base

작아졌다.

Fig. 12는  $\phi$ 크기에 따른 全主動土壓의 作用位置의 變化를 나타내고 있다. Fig. 12로부터 作用位置가 模型實驗, Dubrova 理論 및 本人의 提示方法 모든 경우 Coulomb의  $\frac{H}{3}$ 보다 낮으며  $\phi$ 가 클수록 作用位置가 약간씩 낮아지는데 本人의 提示結果가 Dubrova에 의한 結果에 비해 模型實驗結果와 더 近接함을 알 수 있다.

## 5. 結 論

뒤채움이 砂質土이고 水平面인 鉛直壁을 對象으로 水平移動變位(ATRA)를 일으킬 때, 土留壁에 作用하는 靜的 主動土壓을 구하는 方法을 研究하고 最近(1986) Fang and Ishibashi<sup>9)</sup>가 發表한 模型實驗 結果와 比較 分布하여, 이미 發表한 바 있는 蔡(1985)<sup>1)</sup>의 壁體 頂點과 底面을 中心으로 回轉하는 靜的 主動土壓(AT, AB)의 경우도 模型實驗 結果와 比較 分析한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) ATRA인 경우 Dubrova 理論에 의한 結果가 模型實驗結果와 거의 一致되며, 本 研究에서 提示한 方法에 의한 結果도 土壓크기는 거의 一致되고 作用位置만이 10% 程度의 誤差를 나타낸다.

2) AT인 경우 Dubrova 理論이나 Chang의 概念을 導入한 本人의 方法으로 구한 土壓크기 (=Coulomb 土壓크기)보다 模型實驗 結果가 平均 17% 程度크게 나왔다.

3) AT인 경우 全主動土壓의 作用位置는 Dubrova 理論에 의한 結果가 模型實驗 結果가 類似하다. 本人의 方法으로 구한 作用位置는  $\phi=(32\sim40)^\circ$  범위에서 다소(5%~50%) 誤差가 있으나 모든 경우 Coulomb의  $\frac{H}{3}$ 보다 높게 나타난다.

4) AT인 경우, 壁體轉倒(Overturning)에 대한 安定問題가 主要한 경우  $\phi=34^\circ$  程度의 뒤채움에서는 本人의 方法에 의한 轉倒 Moment와 模型實驗 結果에 의한 轉倒 Moment는 같게 된다.

5) AB인 경우 Dubrova의 土壓크기는 Coul-

omb의 土壓크기에 비해 4倍以上이 되어 模型實驗結果(=Coulomb 土壓크기의 (1.1~1.35)倍)와 매우 큰 差異가 있으며 本人의 方法에 의한 土壓크기(Coulomb 土壓크기의 1.5 倍程度)는  $\phi=(34\sim40)^\circ$  범위에서 약 (30~15)% 程度가 더 크다.

6) AB인 경우 作用位置는 本人의 方法 結果가 Dubrova의 結果보다 模型實驗結果에 더 近接하며, 모든 경우 Coulomb의  $\frac{H}{3}$ 보다 낮으며  $\phi$ 가 클수록 약간씩 낮아진다.

## 참 고 문 헌

1. 채영수, 벽체변위에 따른 토류벽에 작용하는 토압, 박사학위논문, 고려대학교 대학원, 1985.
2. Bowles, J.E., "Foundation Analysis and Design" McGraw-Hill Book Co., New York, 3rd Ed. 1982.
3. Chang, M.F., "Static and Seismic Lateral Earth Pressures on Rigid Retaining Structures" Ph. D. Thesis, Purdue Univ. No.8200652, 1981.
4. Dubrova, G.A. "Interaction of Soil and Structures" Rehnoy, Transport, Moscow, U.S.S.R., 1963.
5. Fang, Y.S. and Ishibashi, I., "Static Earth Pressures with Various Wall Movements" Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol.112, No.GT 3. Mar., pp.317-333, 1986.
6. Harr, M.E. "Foundation of Theoretical Soil Mechanics", McGraw-Hill Book Co., New York, NY. 1966.
7. Ichihara, M., and Matsuzawa, H., "Earth Pressure during Earthquake", Soils and Foundations, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol.13, No.4, pp.75~86. 1973.
8. James, R.G. and Bransby, P.L., "Experimental and Theoretical Investigations of a Passive Earth Pressure Problem" Geotechnique. vol.20, No.1, pp.17-37, 1970.
9. Mononobe, N. "Earthquake-Proof Construction of Masonry Dams" Proc. World Engng. Conf.,

- Vol. 9, pp. 275, 1929.
10. Okabe, S. "General Theory of Earth Pressure" Journal of the Japanese Society of Civil Engineers, Tokyo, Vol. 12, No. 1 (Jan). 1926.
  11. Sherif, M.A., Ishibashi, I., and Lee, C.D., "Dynamic Earth Pressures Against Retaining Structures", Soil Engineering Report No. 21, Univ. of Washington, Seattle, 1981.
  12. Sherif, M.A., Ishibashi, and Lee, C.D., "Earth Pressure Against Rigid Retaining Walls", Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 108, No. GT5, May, pp. 679-695., 1982.
  13. Terzaghi, K., "Large Retaining-Wall Tests", Engineering News-Record, Vol. 112, pp. 136-140, 259-262, 316-318, 403-406, 503-508. 1934.
  14. Terzaghi, K., "General Wedge Theory of Earth Pressure", ASCE, Transaction, No. 106, Vol. 67, pp. 68-80, 1941.
  15. Tschebotarioff, G.P., "Retaining Structures, Foundation Engineering" (Edited by G.A. Leonards) McGraw-Hill, N.Y., pp. 438-524, 1962.

(접수일자 1988. 5. 21)