

壁體變位에 따른 土留壁에 作用하는 土壓

The Lateral Earth Pressure on Rigid Retaining
Wall Due to the Various Modes of Wall Movement

蔡 瑛 秀*
Chae, Young Su
林 炳 祚**
Lim, Byung Jo
白 榮 植***
Paik, Young Shik

ABSTRACT

The reasonable static and dynamic earth pressure equations were developed by applying the Dubrova's theory and Chang's method to the following cases of wall movements;

- (1) Active case rotating about the top
- (2) Active case rotating about the bottom
- (3) Passive case rotating about the top
- (4) Passive case rotating about the bottom

The equations are presented in accordance with particular wall displacements for the sand and cohesive back-fill, respectively. The results computed by the proposed equations are compared with the conventional theoretical values.

要 旨

應力再分佈理論을 應用한 Dubrova의 土壓論과 이를 修正한 Chang의 方法을 發展시켜 靜的土壓과 地震時의 土壓을 壁體의 變位形態를 고려하여 算定하는 方法을 提案하였다. 뒤채움은 砂質土와 一般土로 區分하여 別個의 土壓算定式을 提示하였다. 土留壁의 變位形態는 다음 4가지를 選擇하였다.

- (1) 壁體의 頂點을 中心으로 回轉하는 主動變位
- (2) 壁體의 底面을 中心으로 回轉하는 主動變位
- (3) 壁體의 頂點을 中心으로 回轉하는 受動變位
- (4) 壁體의 底面을 中心으로 回轉하는 受動變位

*正會員·仁荷工專 副教授
**正會員·高麗大學校 教授
***正會員·慶熙大學校 教授

提案된 土壓公式를 다른 土壓論에 의한 理論値와 比較 檢討하였다. 그 結果 變位の 形態에 따라 相異한 土壓分布가 얻어졌으며 이는 現在 慣用되고 있는 土壓理論보다 더 合理的이라 思慮된다.

1. 序 論

土留構造物은 그 種類와 設置場所, 그리고 現場의 與件 등에 따라서 變位形態가 서로 달라지며, 變位形態에 따라 土壓分布 역시 달라진다는 事實은 잘 알려져 있다.^(1,2,3) 그럼에도 불구하고 靜的인 경우 實際問題에선 特殊한 경우를 除外하고는 通常 壁體의 變位에 關係없이 土壓分布는 三角形으로 看做하고 있다.

한편 20世紀에 들어와서 地震에 대한 問題가 우리 나라 뿐만 아니라 世界的인 關心事가 되고 있는데 地震이 作用하는 경우에 대해서도 여러 土壓理論이 發表되어 있으나 역시 거의 大部分의 경우가 壁體變位에 대한 考慮가 되어 있지 않으며 뒤채움 흙은 粘性이 없는 砂質土인 경우를 對象으로 하고 있다. 즉 粘性이 있는 一般土에 대해서 壁體變位形態를 考慮한 理論은 現在까지 全無한 狀態이다.

그런데 뒤채움이 砂質土이고 水平面이며,鉛直壁인 경우 壁體變位形態에 對應하여 相異한 土壓分布를 提示한 土壓理論으로는 Dubrova의 土壓再分布理論이 있다.⁽⁴⁾

本 論文에서는 Dubrova 理論의 概念을 좀 더 妥當性있게 發展시켜 뒤채움이 砂質土인 경우는 물론 一般土인 경우에까지 靜的 및 地震時의 土壓 크기와 作用位置를 合理的으로 나타낼 수 있는 方法을 提案하였다. 提案된 公式에 의한 結果値를 既存의 理論値와 比較하여 評價하였다.

2. 理論的 背景 및 檢討

2.1. 뒤채움이 砂質土인 경우의 靜的 土壓

土壓分布는 흙의 變形과 關係되는 壁體變位形態에 따라 달라진다는 것은 이미 잘 알려져 있으며 Tschebotarioff는 土壓分布는 거의 모든 경우 拋物線形態에 가깝다고 主張하였다.⁽⁵⁾ 그래서 特殊한 壁體變位에 따른 土壓分布를 妥當性있게 決定하는 理論的 方法은 Coulomb의 흙체

기理論을 擴張한 Dubrova의 土壓再分布理論이며 Harr에 의해 西方에 紹介되었다.^(6,7) 그런데 Chang⁽⁸⁾이 Dubrova의 理論에 다시 깊이에 따른 內部摩擦角의 變化 ϕ 와 壁摩擦角의 變化 δ_w 의 새로운 分布를 選擇하였다. 즉 그의 理論은 壁體變位가 일어나기 前에는 모든 곳에서의 應力은 靜止狀態이므로 壁體의 回轉中心點에서의 ϕ 는 靜止狀態(K_0 狀態)에 해당되는 ϕ_0 로 보는 것이 妥當하다는 것이다. 그래서 Jaky⁽⁹⁾의 式으로부터 Eq-1을 구하였다.

$$\phi_0 = \sin^{-1} \left(\frac{\sin \phi}{2 - \sin \phi} \right) \quad \dots \dots (\text{Eq-1})$$

또한 깊이에 따른 壁摩擦角의 變化 $\delta_w(x)$ 는 $\phi(x)$ 처럼 線形으로 分布하며 $n\phi$ 로 假定하였는데 여기서 $n = \frac{d\delta_w}{d\phi} = \frac{\delta}{\phi}$ 로 놓았다. Chang이 主張한 概念들은 여러가지 力學的 根據를 바탕으로 靜的인 경우 상당히 首肯이 가며 妥當性이 있다. 그러나 Chang은 地震이 作用하는 경우에 대해서 Mononobe-Okabe^(10,11) 公式에 이 概念을 導入시켜 그 理論을 鼎立시켰다. (2-2 참조) 그러나 그는 Dubrova의 一般式에는 이 概念을 應用하지 않았다.

2.2. 뒤채움이 砂質土인 경우 地震時의 土壓

地震時의 土壓理論은 많이 發表되어 있으나 實際로 實務者가 設計時 널리 利用되고 있는 理論은 完全塑性理論인 Mononobe-Okabe(MO) 理論이며, 이들은 Coulomb의 흙체기에 地震荷重을 重疊시켰다.⁽¹²⁾ 많은 사람들이 實驗을 통해 이 M-O 理論에 의한 土壓 크기의 妥當性을 檢證하였다.^(13,14) 그러나 M-O 理論은 壁體의 變位形態가 고려되지 않고 있다. 그래서 Saran and Prakash⁽¹⁵⁾와 Chang⁽⁸⁾은 壁體의 變位形態를 고려하여 土壓를 구할 수 있는 하나의 式을 提案하였다 그런데 이들이 適用시킨 M-O 理論의 가장 큰 問題點은 底面으로부터 壁體높이 H 의 $\frac{1}{3}$ 로 看做한 作用位置이다. 많은 사람들이 模型試驗을 한 結果 地震時 土壓의 作用位置는 거의 모두가 底面으로부터 $H/3$ 보다 높다고 하였

다. (16,17,18,19) 여러 模型實驗들에 根據를 두고 通常 地震만에 의한 土動主壓의 増分 ΔP_{AE} 의 作用位置는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 底面으로부터 (0.5~0.67) H 로 看做하는 것이 一般的이다. 그런데 Chang이 M-O 理論에 壁體의 變位形態의 效果를 直接 適用시켜 求한 ΔP_{AE} 의 作用位置는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 거의 $H/3$ 에 近接하는 것으로 되어 있다.

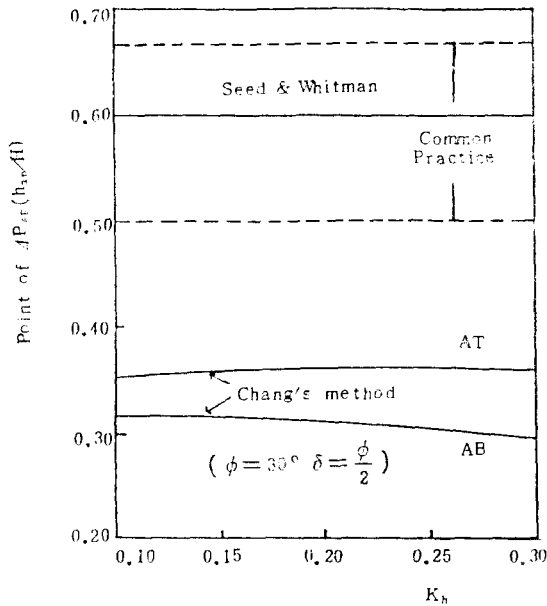


Fig. 1. Acting points of Earthquake Increments of Active Earth Pressure.

그래서 作用位置에 問題가 있는 M-O 理論을 Seed and Whitman⁽²⁰⁾이 實際問題에 利用하기 쉽도록 修正하여 다음과 같은 簡略式을 提示하였다. 즉

$$P_{AE} = P_A + \Delta P_{AE} = \frac{\gamma H^2}{2} (K_A + \Delta K_{AE}) \quad \dots\dots(\text{Eq-2})$$

여기서 P_A 는 地震이 作用하지 않는 경우의 靜的 土壓이다. 그런데 地震만에 의한 土壓係數 ΔK_{AE} 는 Eq-3과 같다고 하였다. 즉

$$\Delta K_{AE} = \frac{3}{4} K_h \quad \dots\dots(\text{Eq-3})$$

또한 ΔP_{AE} 의 作用位置를 $0.6H$ 라 主張하였다. (Fig. 1)

그러나 Seed and Whitman의 理論 역시 壁體 變位形態를 고려하지 않고 있다.

2.3. 뒤채움이 一般土인 경우

大部分의 土壓理論은 뒤채움 흙이 砂質土인 경우를 對象으로 하고 있으며 一般土를 對象으로 한 경우는 매우 드물다. 더구나 壁體變位를 고려한 경우는 전혀 없다. 한편 地震을 고려하고 一般土인 경우에 대한 土壓理論으로서 唯一한 Prakash and Saran의 主動土壓理論이 있다.⁽²¹⁾ 이들은 全主動土壓을 흙의 自重, 載荷重, 그리고 粘着力에 의한 土壓效果를 하나씩 重疊시켰다. 그러나 이들의 理論 역시 壁體變位를 고려하지 않고 있다. 따라서 粘着力과 内部摩擦力을 모두 고려해야 하는 一般土에 대하여 構造物의 變位形態에 부응하여 合當한 土壓分布를 주는 새로운 土壓理論의 開發이 必要한 實情이다.

3. 研究內容 및 方法

3.1. 뒤채움이 砂質土인 경우의 靜的 土壓

Dubrova 公式에 Chang⁽⁸⁾이 主張한 強度定數 分布 概念을 導入시켜 Fig. 2에서 보는 바와 같이 AT, AB, PT, PB 등 4種의 變位形態에 대한 土壓分布를 研究하였다.

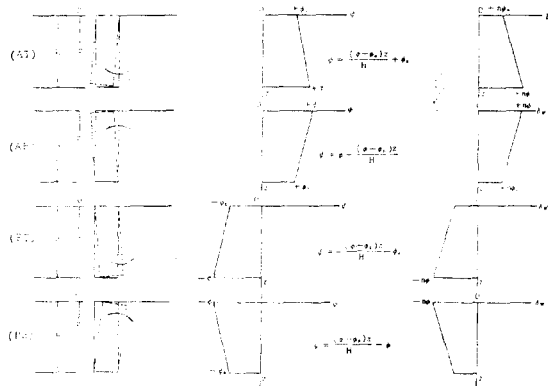


Fig. 2. Mobilized Internal Friction Angle (ϕ) and Mobilized Wall Friction Angle (δ_w) Distributions due to the Various Modes of Wall Movement.

3.2. 뒤채움이 砂質土인 경우 地震時의 土壓

壁體가 主動으로 回轉하는 경우(AT, AB)만 取扱하였다. Seed and Whitman⁽²⁰⁾이 提案한 바와 같이 Eq-2, Eq-3를 利用하였으며 또한 地震

만에 의한 土壓增分 ΔP_{AE} 의 作用位置도 그들과 같이 底面으로부터 $0.6H$ 로 假定하였다. 靜的 土壓 P_A 값은 本 研究에서 提示한 값을 그대로 利用하였다.

3.3. 뒤채움이 一般土인 경우

壁體變位形態를 고려하고 靜止 및 地震時的 主動(AT, AB) 및 受動(PT, PB) 土壓을 各各 算定할 수 있는 土壓方程式을 提案하였다. Fig. 3에는 흙체기에 作用하는 힘들을 提示하고 있으며 粘着高는 無視하였다.

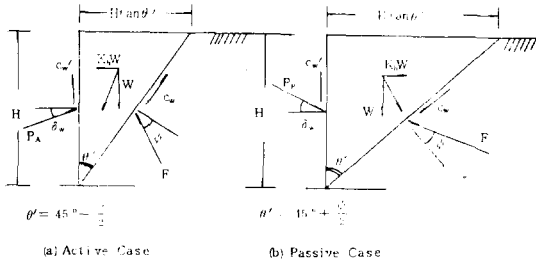


Fig. 3. Forces Acting on the Wall Retaining $c-\phi$ Soil Subjected to the Earthquake Load.

먼저 Fig. 3(a)에 提示된 主動狀態에 대해서 힘의 平衡方程式으로부터

$$\sum V=0; W-P_{AE} \sin \delta_w-C_w H-C_w' H-F \sin (\theta'+\phi)=0 \quad \cdots \cdots \text{(Eq-4)}$$

$$\sum H=0; K_h W-P_{AE} \cos \delta_w-C_w H \tan \theta'+F \cos (\theta'+\phi)=0 \quad \cdots \cdots \text{(Eq-5)}$$

여기서 C_w 와 C_w' 는 各各 壁體 높이에 따라 發揮되는 粘着力과 附着力인데 Prakash and Saran⁽²¹⁾과 마찬가지로 $C_w=C_w'$ 로 假定하였다. Eq-4에 $\cos(\theta'+\phi)$ 를 곱하고 Eq-5에 $\sin(\theta'+\phi)$ 를 곱하여 서로 더하여 整理하여 이것을 Prakash and Saran⁽²¹⁾과 類似한 形態의 式으로 나타내면 다음과 같이 된다.

$$P_{AE}=\gamma H^2(N_{ar})_{dyn}-CH(N_{ac})_{dyn} \quad \cdots \cdots \text{(Eq-6)}$$

여기서

$$(N_{ar})_{dyn}=\frac{\tan \left(45^{\circ}-\frac{\phi}{2}\right)}{2 \sin \left(\delta_w+45^{\circ}+\frac{\phi}{2}\right)}\left\{\cos \left(45^{\circ}+\frac{\phi}{2}\right)+K_h \sin \left(45^{\circ}+\frac{\phi}{2}\right)\right\}$$

$$(N_{ac})_{dyn}=\frac{3 \sin \left(45^{\circ}-\frac{\phi}{2}\right)}{\sin \left(\delta_w+45^{\circ}+\frac{\phi}{2}\right)}$$

土壓分佈를 알기 위해 Eq-6을 微分하면 다음과 같다.

$$\frac{d P_{AE}}{d z}=2 \gamma z(N_{ar})_{dyn}+\gamma z^2(N_{ar})'_{dyn}-C_w(N_{ac})_{dyn}-C_w z(N_{ac})'_{dyn} \quad \cdots \cdots \text{(Eq-7)}$$

여기서

$$(N_{ar})'_{dyn}=\frac{1}{2\left\{\sin \left(\delta_w+45^{\circ}+\frac{\phi}{2}\right)\right\}^2}\left[\left\{-\frac{1}{2} \sin \left(45^{\circ}-\frac{\phi}{2}\right)\left(\frac{d \phi}{d z}\right)\left(\frac{1}{\cos ^2\left(45^{\circ}-\frac{\phi}{2}\right)}+1\right)-\frac{1}{2} K_h \cos \left(45^{\circ}-\frac{\phi}{2}\right)\left(\frac{d \phi}{d z}\right)\left\{\sin \left(\delta_w+45^{\circ}+\frac{\phi}{2}\right)\right\}-\left\{\tan \left(45^{\circ}-\frac{\phi}{2}\right) \cos \left(45^{\circ}+\frac{\phi}{2}\right)+\tan \left(45^{\circ}-\frac{\phi}{2}\right) K_h \sin \left(45^{\circ}+\frac{\phi}{2}\right)\right\}\left\{\cos \left(\delta_w+45^{\circ}+\frac{\phi}{2}\right)\left(\frac{1}{2} \frac{d \phi}{d z}\right)\right\}\right]$$

$$(N_{ac})'_{dyn}=\frac{-3}{2 \sin ^2\left(\delta_w+45^{\circ}+\frac{\phi}{2}\right)}\left(\frac{d \phi}{d z}\right)\left\{\sin \left(\delta_w+90^{\circ}\right)\right\}$$

受動인 경우도 Fig. 3(b)에서 主動인 경우와 마찬가지로 方法으로 생각하여

$$P_{PE}=\gamma H^2(N_{Pr})_{dyn}-C_w H(N_{PC})_{dyn} \quad \cdots \cdots \text{(Eq-8)}$$

이다.

여기서

$$(N_{Pr})_{dyn}=\frac{\tan \left(45^{\circ}+\frac{\phi}{2}\right)}{2 \sin \left(\delta_w-45^{\circ}+\frac{\phi}{2}\right)}\left\{K_h \sin \left(45^{\circ}-\frac{\phi}{2}\right)-\cos \left(45^{\circ}-\frac{\phi}{2}\right)\right\}$$

$$(N_{PC})_{dyn}=\frac{3 \sin \left(45^{\circ}+\frac{\phi}{2}\right)}{\sin \left(\delta_w-45^{\circ}+\frac{\phi}{2}\right)}$$

또한

$$\frac{dP_{PE}}{dz} = 2\gamma z(N_{Pr}) \text{ dyn} + \gamma z^2(N_{Pr})' \text{ dyn} - C_w(N_{PC}) \text{ dyn} - C_w(N_{PC})' \text{ dyn} \dots \text{(Eq-9)}$$

여기서

$$(N_{Pr})' \text{ dyn} = \frac{1}{2 \left\{ \sin \left(\delta_w - 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \right\}^2} \left[\left\{ -\frac{1}{2} \sin \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \left(\frac{d\phi}{dz} \right) \left(\frac{1}{\cos^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)} + 1 \right) + \frac{1}{2} K_h \cos \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \left(\frac{d\phi}{dz} \right) \right\} \left\{ \sin \left(\delta_w - 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \right\} - \left\{ -\tan \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cos \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) + \tan \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) K_h \sin \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \right\} \left\{ \cos \left(\delta_w - 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \frac{d\phi}{dz} \right) \right\} \right]$$

$$(N_{PC})' \text{ dyn} = \frac{3}{2 \sin^2 \left(\delta_w - 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)} \left(\frac{d\phi}{dz} \right) \left\{ \sin \left(\delta_w - 90^\circ \right) \right\}$$

Eq-6, Eq-7, Eq-8, Eq-9에서 ϕ 와 δ_w 는 4가지 벽체변위形態에 따라 Fig. 2의 값을 利用하였다. 한편 깊이에 따라發揮되는粘着力 C_w 와附着力 C_w' 도 ϕ 및 δ_w 와 마찬가지로 벽체變位の 크기에 따라 比例하는 값을 使用하였다. 즉 벽체變위에 따라發揮되는粘着力 $C_w = \frac{\tan \phi}{\tan \phi} C$ 로 假定하였다. 地震이 作用하지 않는 靜的土壓을 求하려면 Eq-6, Eq-8에 $K_h=0$ 만 代入하면 된다.

本 研究에서 提示한 方法을 利用하여 靜的 및 地震時의 土壓의 크기와 作用位置를 各各 求하고 그 結果를 RANKINE 理論에 의한 結果值와 比較하였다. 이 때 RANKINE의 主動土壓의 크기와 作用位置를 計算할 때는 粘着高까지의 土壓은 無視하였다.

4. 結果 및 考察

4.1. 뒤채움이 砂質土인 경우의 靜的 土壓

內部摩擦角 $\phi=30^\circ$, 壁摩擦角 $\delta=0$, 뒤채움 흙의 單位重量 $\gamma=1.8\text{t/m}^3$, 壁體 높이 $H=6\text{m}$ 인 壁體에 대해 Dubrova 理論과 Coulomb 理論, 그리고 本 研究에서 提示한 方法에 의해 求한 土壓分布는 Fig. 4와 같다.

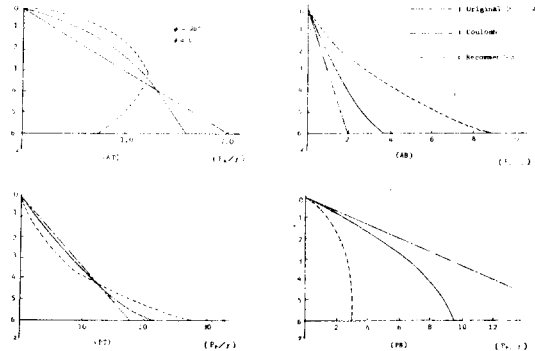


Fig. 4. Comparison of Earth Pressure Distributions obtained by Dubrova's, Coulomb's and the Recommended Method. ($H=6\text{m}$, $\gamma=1.8 \text{ t/m}^3$, $\phi=30^\circ$, $\delta=0$)

Fig. 4에서 보는 바와 같이 本 研究에서 提示한 方法의 結果值는 Dubrova 理論의 結果值와 Coulomb 理論의 結果值의 中間에 있음을 알 수 있고 壁體變위에 따른 土壓分布는 모두 曲線形이다.

한편 本 論文에서 提示한 方法으로 求한 土壓의 크기 및 顛倒 Moment와 Coulomb 理論으로 求한 土壓의 크기 및 顛倒 Moment와의 比를 各各 求하여 이를 ϕ 와 δ 의 크기 別로 나타낸 것이 Table. 1이다.

Table. 1에서 頂點을 中心으로 回轉하는 경우 (AT, PT)에는 土壓의 크기는 ϕ 에 關係없이 거의 Coulomb 값과 一致한다. 이에 反해 底面을 中心으로 回轉하는 경우 (AB, PB)에는 ϕ 의 크기에 따라 土壓의 크기가 많이 달라지며 Coulomb 값과 差異가 크다. 한편 顛倒 Moment를 比較하여 보면 主動인 경우 (AT, AB)에는 Coulomb 의 값보다 크고 受動인 경우 (PT, PB)에는 더 작는데 이러한 影響은 頂點을 中心으로 回轉하

Table 1. The Ratio of Earth-Pressures and Overturning Moments obtained by Coulomb's and Recommended Method.

Case	P, M	ϕ°										
		30		35		40		45		50		
		δ	0	$\phi/2$	0	$\phi/2$	0	$\phi/2$	0	$\phi/2$	0	$\phi/2$
AT	P_{RE}/P_{CO}		0.999	0.988	0.998	0.985	0.998	0.981	0.998	0.978	0.998	0.974
	M_{RE}/M_{CO}		1.111	1.103	1.130	1.113	1.141	1.129	1.154	1.128	1.167	1.134
AB	P_{RE}/P_{CO}		1.502	1.525	1.576	1.586	1.646	1.640	1.710	1.687	1.769	1.728
	M_{RE}/M_{CO}		1.365	1.379	1.418	1.423	1.469	1.473	1.514	1.497	1.557	1.527
PT	P_{RE}/P_{CO}		1.002	1.003	1.002	1.007	1.002	0.983	1.002	1.032	1.002	1.064
	M_{RE}/M_{CO}		0.906	0.846	0.895	0.816	0.885	0.757	0.876	0.738	0.868	0.675
PB	P_{RE}/P_{CO}		0.666	0.515	0.635	0.445	0.608	0.360	0.585	0.290	0.565	0.194
	M_{RE}/M_{CO}		0.737	0.604	0.710	0.539	0.687	0.453	0.667	0.384	0.649	0.277

는 경우보다 底面을 中心으로 回轉하는 경우가 더욱 顯著하다. 한편 δ 크기에 따른 土壓 크기의 變化는 PB인 경우만이 매우 敏感한 것에 注意할 必要가 있다. 顛倒 Moment는 主動보다 受動土壓에서 δ 의 影響이 더 크다. 따라서 壁摩擦角 δ 가 큰 경우 受動土壓은 매우 작아짐을 注意해야 한다.

4.2. 뒤채움에 砂質土인 경우 地震時的 土壓

水平地震係數 K_h 의 크기에 따른 主動 土壓 크기와 作用位置는 Fig. 5와 Fig. 6에 提示되어 있다.

여기서 알 수 있는 바와 같이 土壓의 크기는 地震荷重이 커짐에 따라 比例해서 增加하며 K_h 가 0.3이 될 때까지 Chang 理論에 의한 結果와

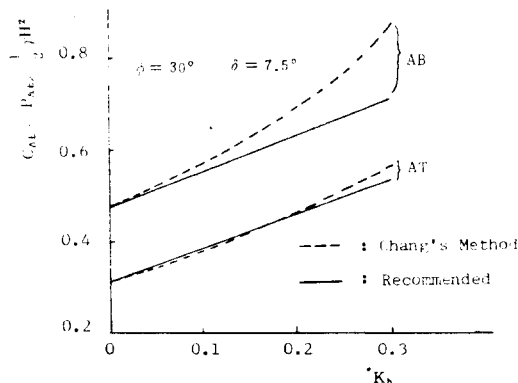


Fig. 5. Comparison of C_{AE} -Values obtained by Chang's and the Recommended Method.

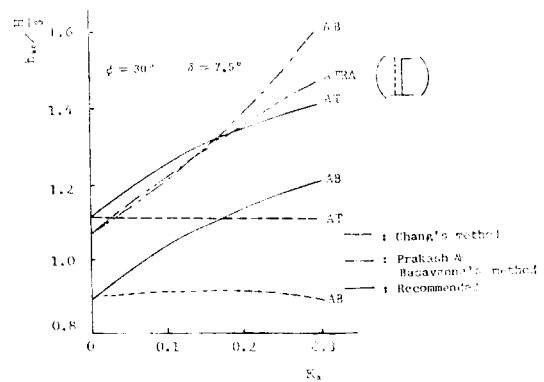


Fig. 6. Comparison of $h_{ae}/H/3$ -Values obtained by Chang's, Prakash and Basavanna's and the Recommended Method.

大差가 없으나, 作用點의 位置는 매우 큰 差異를 나타내고 있다. K_h 가 커짐에 따라 作用點의 位置는 거의 比例해서 增加하는데 이는 Prakash and Basavanna⁽¹⁸⁾의 研究結果와 類似한 現象이다.

4.3. 뒤채움에 一般土인 경우

4.3.1. 靜的인 경우

本 研究에서 提案한 土壓의 크기와 顛倒 Moment에 대한 RANKINE의 理論值의 比를 ϕ 의 크기에 따라 圖示한 것이 Fig. 7이다.

여기서 主動土壓 크기는 RANKINE 理論의 結果值보다도 크며 受動土壓은 PT는 거의 一致

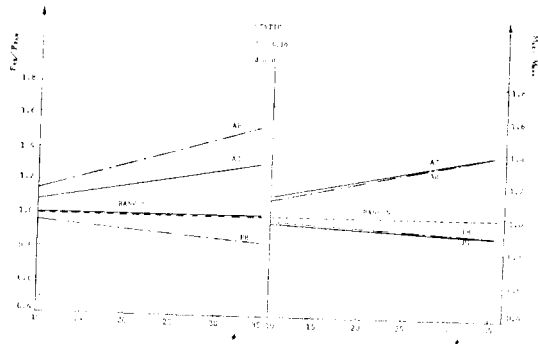


Fig. 7. The Ratio of Earth Pressures and Overturning Moments obtained by Rankine's and the Recommended Method. ($c=0.10t/m^2$, $\delta=0$)

되고 PB 는 작다. 한편 顛倒 Moment에서도 RANKINE 理論에 의한 顛倒 Moment와 比較하면 主動인 경우는 더 크고 受動인 경우는 더 작는데 이와 같은 傾向은 砂質土에서도 마찬가지 이었다. (Table. 1 參照) 더욱 興味있는 것은 回轉中心點이 頂點이던 底面이던 間に 關係없이 ϕ 에 따른 顛倒 Moment 값이 거의 一致된다는 事實이다.

한편 粘着力 C 의 크기에 따른 土壓 크기의 影響을 整理하여 提示한 것이 Fig. 8이다.

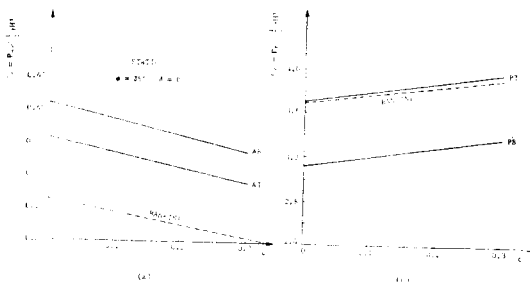


Fig. 8. Comparison of C_A and C_P Values obtained by Rankine's and the Recommended Method. ($\phi=35^\circ$, $\delta=0$)

여기서 알 수 있는 바와 같이 主動土壓 크기는 C 가 커짐에 따라 작아지고 受動土壓은 若干씩 增加하고 있다. 또한 RANKINE 理論에 있어서 C 가 土壓에 미치는 影響과 類似한 傾向을 나타내고 있다.

4.3.2. 地震을 고려하는 경우

地震의 크기에 따른 土壓의 크기와 作用位置를 求한 것이 Fig. 9와 Fig. 10이다.

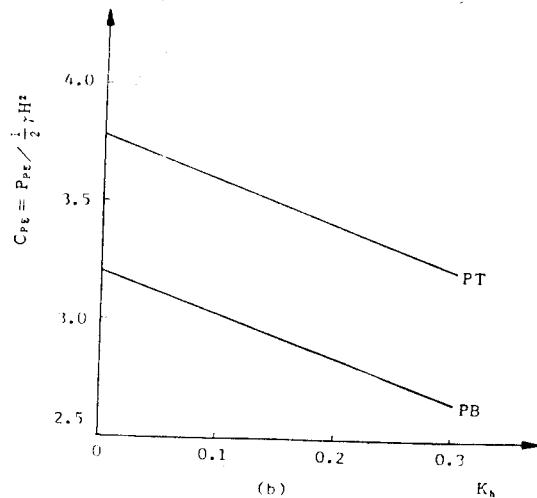
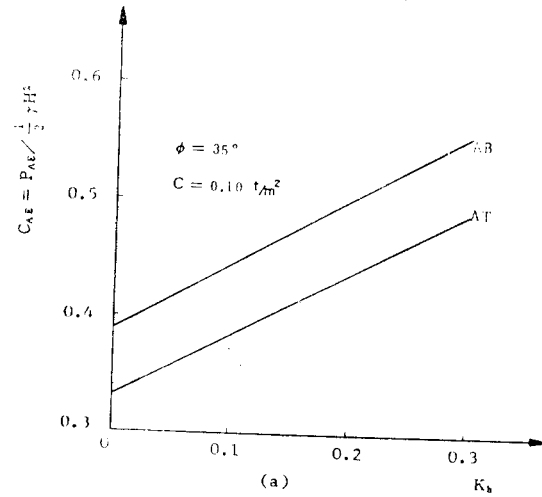


Fig. 9. The Changes in C_{AE} and C_{PE} with Various Values of Horizontal Earthquake Coefficient (K_h). ($\phi=35^\circ$, $c=0.10t/m^2$)

豫想한 바와 같이 地震荷重이 클수록 比例적으로 主動土壓은 커지고 受動土壓은 작아진다. 한편 作用位置는 모든 경우에 있어서 底面으로부터 $H/3$ 附近이었다. 砂質土가 뒤채움인 경우는 作用位置가 地震荷重이 클수록 거의 比例하여 커지는데 反해 一般土인 경우에는 거의 一定한 높이를 維持하고 있는데 이에 대해서는 模型試驗 등을 통한 繼續的인 研究가 必要하다고 생각된다.

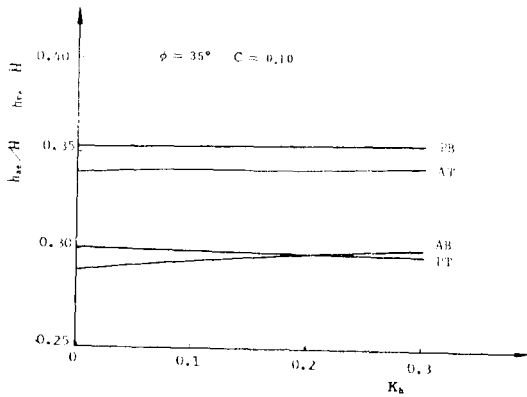


Fig. 10. The Changes in h_{ac}/H and h_{pe}/H with Various Values of Horizontal Earthquake Coefficient (K_h). ($\phi = 35^\circ$, $c = 0.10t/m^2$)

5. 結 論

以上에서 論議한 바와 같이 Dubrova의 土壓再分布 概念을 導入하여 壁體의 變位形態를 감안한 橫方向土壓 算定方法을 研究하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

(1) 뒤채움이 砂質土 및 一般土인 경우를 區分하여 靜的土壓과 地震時 土壓算定式을 提案하였다. 變位の 形態는 壁體의 頂點과 底面을 中心으로 回轉하는 主動 및 受動變位를 모두 고려하였다.

(2) 土壓分布는 從來의 靜水壓的 三角分布와는 달리 曲線分布를 하였으며 壁體變位形態에 對應하여 相異한 土壓分布가 얻어졌다.

(3) 砂質土의 地震時 土壓은 靜的土壓에 Seed and Whitman의 理論을 導入하여 算定하였다. 이 結果는 從來의 Mononobe-Okabe 系列과 比較할 때 土壓의 크기는 大差가 없으나 土壓의 作用位置는 상당히 달라져서 實測資料와 더 잘 符合되는 값을 주는 것으로 判明되었다.

(4) 一般土에 대하여서는 Dubrova 理論을 應用한 獨自的 土壓方程式으로 靜的 및 地震時的 主動과 受動土壓을 算定할 수 있게 하였다.

(5) 一般土에 대해 提案한 公式의 檢證을 위하여 앞으로 보다 많은 模型試驗 등이 實施되어야 한다고 생각된다.

參 考 文 獻

1. Mueller-Breslau "Erddruck auf Stützmauern", 1906.
2. Meem, J.C. "Pressure Resistance and Stability of Earth", *Transaction of ASCE*, New York, 70, 1910, pp. 352~411.
3. Hansen, J. Brinch "Earth Pressure Calculation", *The Danish Technical Press*, Institution of Danish Civil Engineers, Copenhagen, 1953.
4. Dubrova, G.A. (1963) "Interaction of Soil and Structures", Rehnoy, *Transport*, Moscow, U.S. S.R.
5. Tschebotarioff, G.P. "Retaining Structures, Foundation Engineering", (Edited by G.A. Leonards) McGraw-Hill, N.Y., 1962, pp. 438~524.
6. Harr, M.E., *Foundation of Theoretical Soil Mechanics* McGraw-Hill, New York, 1966.
7. Harr, M.E. *Mechanics of Particular Media, A Probabilistic Approach*, McGraw-Hill, New York, 1977.
8. Chang, M.F., "Static and Seismic Lateral Earth Pressures on Rigid Retaining Structures", *Ph. D Thesis*, Purdue Univ. No. 8200652, 1981.
9. Jaky, J. "The Coefficient of Earth Pressure at Rest", *J. Soc. Hung. Archit. Eng.*, Budapest, 1948, pp. 355~358.
10. Mononobe, N., "Earthquake-Proof Construction of Masonry Dams", *Proc. World Engng. Conf.*, Vol. 9, 1929, pp. 275.
11. Okabe, S., "General Theory of Earth Pressure", *Journal of the Japanese Society of Civil Engineers*, Tokyo, Vol. 12 No. 1 (Jan), 1926.
12. Nazarian, H.N. and Hadjan, A.H., "Earthquake-Induced Lateral Soil Pressure on Structures", *Journal of Geotech. Engng. Div.*, ASCE 105 (GT 9), 1049~1066, 1979.
13. Jacobsen, L.S. Described in Appendix D of "Kentucky Project", *Technical Report No. 13*, Tennessee Valley Authority, 1951.
14. Kurata, S., Arai, H. and Yokoki, T., "On the

- Earthquake Resistance of Anchored Sheet Pile Bulkheads”, *Proc. 3rd World Conf. on Earthquake Engng.*, New Zealand, 1965.
15. Saran, S. and Prakash, S. “Effect of Wall Movement on Lateral Earth Pressure”, *Proc. 6th World Conf. on Earthquake Engineering*, India, 1977, pp. 2371~2372.
 16. Matsuo, H. and Ohara, S., “Lateral Earthquake Pressure and Stability of Quay Walls during Earthquakes”, *Proc. 2nd World Conf. on Earthquake Engng.*, Vol. 2., 1960.
 17. Datta, R. and Nigam, P.S., “Effect of Seismic Forces on Various Power Houses”, *Presented at the Nov. 10-12. 2nd Symposium on Earthquake Engng. held at the School of Research and Training in Earthquake Engng.*, Univ. of Roorkee, India, 1962.
 18. Prakash, S. and Basavanna, B.M. “Earth Pressures behind Retaining Walls during Earthquake”, *Proc. 4th World Conf. on Earthquake Engineering*, 1969.
 19. Prakash, S. and Nandkumaran P., “Earth Pressures during Earthquakes”, *Proc. 2nd U.S. National Conf. on Earthquake*, 1979.
 20. Seed, H.B. and Whitman, R.V., “Design of Earth Retaining Structures for Dynamic Loads”, *ASCE Specialty Conf. on Lateral Stresses in the Ground and Design of Earth-Retaining Structures*, Cornell Univ. Ithaca, N.Y., 1970, pp. 103~147.
 21. Prakash, S. and Saran, S., “Static and Dynamic Earth Pressure behind Retaining Walls”, *Proc. 3rd Symposium on Earthquake Engineering*, Nov., 1966.

(1985. 5. 28. 접수)