

數値解析에 의한 地中連續壁의 舉動에 관한 研究

A Study on the Behavior of Diaphragm Walls by Numerieal Method

李 滢 洙* · 鄭 亨 植**
Lee, Hyung Soo · Chung,Hyung Sik

Abstract

This paper deals with the influences on the wall movements and earth pressure distribution for strutted diaphragm wall of various design depth ration and pre-displacement at strutted point. The numerical method is adopted for the study. The conclusions derived from the study were summarized as followes:

1. The elasto-plastic depth ratio in the passive region is found to decrease as such parameters as wall stiffness, soil density and penetration depth ratio decrease.
2. Values of maxium bending moments of the walls decrease with the increase of soil density, and the influence to the wall stiffness increases in proportion to the penetration depth.
3. Maximum strut reaction is found to be inversely proportional to the soil density.
4. Pre-displacement at the point of strut installation must be brought into consideration on account of its active influence to the deflection of wall bodies.

要 旨

本論文은 堀착깊이에 따르는 地中連續壁의 土地變動에 關하여 壁體의 剛性, 흙의 密度, 根入깊이比 壁體移動에 起因되는 strut 設置地點의 先行變位等の 要素들을 考慮한 彈塑性 model을 提示하고 몇가지 境遇에 對하여 數値解析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 變動領域에서의 彈塑性限界比는 壁體의剛性, 모래의密度 및 根入깊이比가 增加됨에 따라 減少되는 現象을 나타낸다.
2. 壁體의 最大 휨-모멘트값은 모래의 密度가 클수록 減少하고 壁體剛性的의 影響은 根入깊이比에 比例하여 커진다.
3. 最大 strut 反力은 모래의 密度에 反比例한다.
4. strut 設置地點의 地中先行變位는 deflection에 큰 影響을 줌으로 받드시 考慮되어야 된다.

*정희원 · 中央大學校 工科大學 教授

**정희원 · 漢陽大學校 工科大學 教授

1. 서 론

산업이 發展함에 따라 建設工事は 大形化 되어가는 趨勢에 있으며 더욱이 大都市地域에서와 같이 限定된 地盤을 最大限 効率의으로 利用할 必要性을 느껴서 흙막이 工法에 관한 많은 研究가 이루어지게 되었다. 흙막이 工法이란 地下에 構造物을 設置할때 地盤을 掘착하면 地下水位가 低下하면서 隣近 構造物에 큰 影響을 미치기 때문에^(1, 2) 굴착이 進行되는 동안 地下水位의 低下를 막을 수 있고 建設된 흙막이壁 自體도 背面土壓을 充分히 支撐할 정도의 剛性을 갖는 새로운 工法이다.

本 研究에서는 Slurry wall 工法에 依해서 建設된 DIAPHRAGM Wall의 舉動에 대해서 간단한 模型을 利用하여 研究해보고 Sheet pile과 比較 檢討하고자 한다. 지금까지의 地下壁體 構造物에 대한 研究는 實驗的 方法^(5, 6, 12, 13, 15)이나 有限要素法에 依해서 이루어져 왔다. Hanna⁽⁵⁾는 小規模의 模型 實驗을 통하여 모래 地盤의 地下壁體 構造物에 對하여 研究하였고, Verdeyen과 Gillet⁽⁶⁾는 壁面의 거칠기 정도가 壁體舉動에 미치는 影響에 對하여 研究하였다. 또한 Clough와 Tsui⁽⁷⁾는 有限要素法을 利用하여 粘土 地盤에 건설된 Braced wall과 Tied back wall의 舉動의 差異를 밝혔고, 또한 여러가지 Parameter들의 壁體舉動에 대한 影響을 조사하였다. Eager⁽¹⁴⁾는 有限要素法을 利用하여 모래 地盤에 建設된 DIAPHRAGM Wall의 土壓分布에 대한 壁體의 剛性和 Anchor prestress의 影響을 研究하였다. 그러나 土留壁의 解析에 一般的으로 使用되고 있는 有限要素法은 周邊地盤沈下를 豫測할수 있다는 長點도 있으나 DIAPHRAGM Wall과 같은 單純한 構造物에 對해서는 彈性堡의 應力과 變位에 關한 微分方程式의 解를 使用^(9, 10)하는 것이 훨씬 더 간편하고 Computer 解析時間도 짧다. 土留壁의 構造解析에 微分方程式의 解를 直接利用하는 경우에 있어서는 土壓에 對한 假定條件이 매우 重要視되고 있다. 一般的으로 利用되어져 온 Sheet Pile에서는 단순히 塑性平衡狀態에서의 土壓만 고려했었다. 그러나 James와 Jack⁽¹¹⁾은 “DIAPHRAGM Wall의 設計를 위한 研究”에서 壁體의 受動領域에 彈性概念을 導入한 간단한 土壓分布模型을 提示하였다. 또한 Yamagata와

Yoshida, Akino⁽⁹⁾는 土壓의 假定에 彈塑性理論을 導入하여 Sheet pile의 舉動에 대한 研究을 하였으며 Nakamura, Nakajawa는 Yamagata의 理論을 發展시켰다.

本 研究에서는 Nakamura, Nakajawa의 理論을 數値解析化하여 N值가 다른 모래 地盤에 있어서의 Struted DIAPHRAGM Wall을 構造解析하고 같은 條件에서 Sheet pile을 解析해봄으로써 모래의 剛性和 壁體의 剛性이 土壓分布와 壁體舉動에 미치는 影響에 對하여 考慮해 보았고 Strut 支點의 地中先行變位가 DIAPHRAGM Wall의 舉動에 미치는 影響에 대해서도 研究하였다.

2. 理論的 背景

本 研究에서는 土壓解析에 彈塑性理論을 利用하기 위하여 다음과 같은 假定을 하였다.

- 土留壁의 根入은 有限長으로 하고 根入先端은 地質狀態에 따라 固定 힌지 自由端중의 하나로 한다.

- 背面土壓 및 掘착側의 有效受動土壓은 掘착에 依한 土質條件에 對치할수 있도록 掘착段階別로 고려했다.

- 掘착面以下에서 土留壁에 作用하는 抵抗土壓은 土留壁의 變位에 一次的으로 比例하고 有效受動土壓을 넘지 않는 것으로 한다.

- Strut 設置後의 Strut 設置支點은 Strut의 間격, 길이, 材料의 Young율에 따라 얻어지는 彈性支點으로하고 Strut 設置 以前에 이미 發生된 地中先行變位를 고려한다.

2.1 構造系 및 彈塑性模型

彈塑性 平衡狀態에서의 土壓은 塑性平衡狀態에서의 土壓의 受動領域을 塑性領域과 彈性領域으로 나누어 彈性領域은 스프링으로 假定한 간단한 模型로 나타내었다. 그림 1은 DIAPHRAGM Wall에 作用하는 土壓分布와 Strut 設置狀態 및 地中先行變位等의 數値解析을 위한 構造系이며 그림 2는 構造系을 數値解析에 利用할 간단한 模型이다. 假定된 構造系에 作用하는 土壓은 그림에서 보는 바와 같이 背面側에는 有效主動土壓이 受動領域에서는 塑性領域에 有效受動土壓이, 彈性領域에는 土體의 스프링 反力이 作用하는 것으로 하며 Strut를 彈性支點으로한 하나의 堡로 假定하였다.

變位이고, 式(1)은 彈性堡에 對한 微分方程式이다.

$$EI \frac{d^4 y_x}{dx^4} - (p + qx) = 0 \quad (1)$$

여기서, E: 土留壁 材料의 彈性係數

I: 土留壁 斷面2次 모멘트

y_x: x點에 있어서의 土留壁의 變位

x: 部材端에서 任意的 點까지의 거리

P: x=0에 對한 荷重強度

q: 荷重의 增加率

이 微分方程式을 積分하여 x = l 에 있어서의 變位 및 斷面力을 다음과 같이 Matrix 狀態로 表現할 수 있다.

$$\begin{pmatrix} y_l \\ \theta_l \\ M_l \\ S_l \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1, l, -l^2/2EI, -l^3/6EI \\ 0, 1, -l/EI, -l/2EI \\ 0, 0, 1, l \\ 0, 0, 0, 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_0 \\ \theta_0 \\ M_0 \\ S_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} pl^4/24 + ql^5/120 \\ pl^3/24 + ql^4/48 \\ -pl^2/2 - ql^3/6 \\ -pl - ql^2/2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

式(2)를 간단히 표시하면 다음 式(3)과 같다.

$$V_{x=l} = DV_{x=0} + K \quad (3)$$

여기서 D와 K를 堀착面 上部 및 塑性領域에 對한 遷移行列이다.

2.3 彈性領域의 微分方程式 및 遷移行列

그림 4는 壁體를 여러개의 要素로 나누었을 경우 彈性領域의 堡要素에 對한 모델이며, 彈性地盤上의 彈性堡의 微分方程式이 式(4)이다.

$$EI d^4 y_x / dx^4 + K_h \cdot y_x - (p + qx) = 0 \quad (4)$$

여기서 k_h는 흙의 水平地盤反力係數 즉 흙의 스프링 常數이다.

式(4)를 積分하여 x=0와 x=l 에서의 Matrix形態로 表現하면 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} y_0 \\ \theta_0 \\ M_0 \\ S_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1, & 0, & 1, & 0 \\ \beta, & \beta, & -\beta, & \beta \\ 0, & -2EI\beta^2, & 0, & 2EI\beta^2 \\ 2EI\beta^3, & -2EI\beta^3, & -2EI\beta^3, & -2EI\beta^3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} p/k_h \\ q/k_h \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{pmatrix} y_l \\ \theta_l \\ M_l \\ S_l \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e^{\beta l} \cos \beta l, e^{\beta l} \sin \beta l, e^{-\beta l} \cos \beta l, e^{-\beta l} \sin \beta l \\ \beta e^{\beta l} (\cos \beta l - \sin \beta l), \beta e^{\beta l} (\cos \beta l + \sin \beta l), \beta e^{-\beta l} (-\cos \beta l - \sin \beta l), \beta e^{-\beta l} \sin \beta l \\ 2EI\beta^2 e^{\beta l} \sin \beta l, -2EI\beta^2 e^{\beta l} \cos \beta l, -2EI\beta^2 e^{-\beta l} \cos \beta l, 2EI\beta^2 e^{-\beta l} \cos \beta l \\ 2EI\beta^3 e^{\beta l} (\cos \beta l + \sin \beta l), 2EI\beta^3 e^{\beta l} (-\cos \beta l + \sin \beta l), 2EI\beta^3 e^{-\beta l} (-\cos \beta l + \sin \beta l), 2EI\beta^3 e^{-\beta l} (-\cos \beta l - \sin \beta l) \end{pmatrix}$$

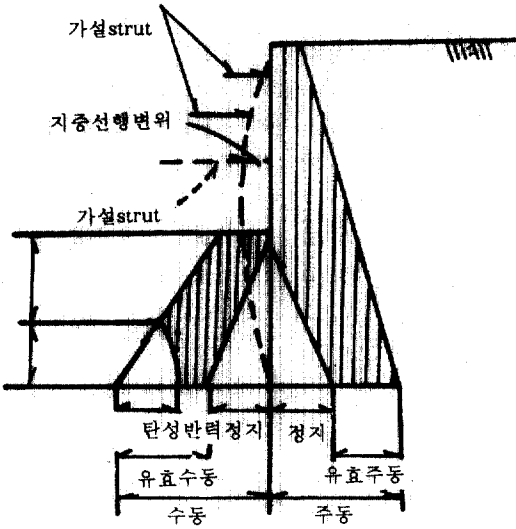


그림 1. Structural system

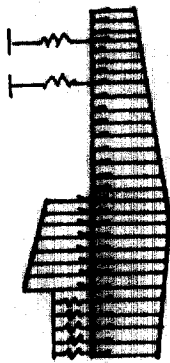


그림 2. Elasto-Plastic model

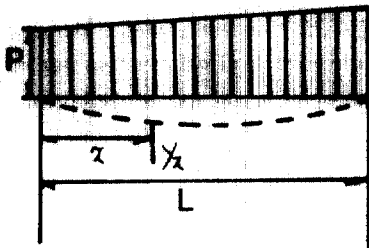


그림 3. Beam model of load and displacement

2.2 堀착面 上部 및 塑性領域의 微分方程式 및 遷移行列

그림 3은 壁體를 여러개의 要素로 나누었을 경우 堀착面 以上 및 以下의 塑性領域의 要素에 對한 荷重 및

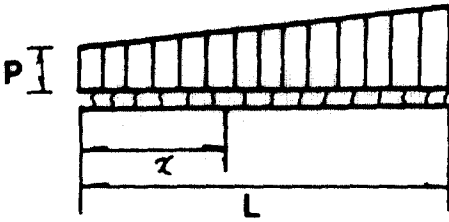


그림 4. Beam model in elastic state

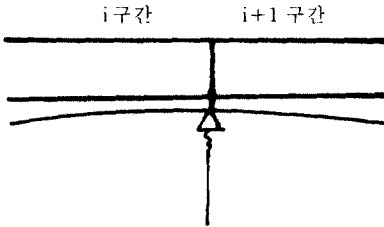


그림 5 Strutted point

$$\begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} p+ql/k_h \\ q/k_h \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (6)$$

여기서 C_1, C_2, C_3, C_4 는 部材兩端의 狀態에 따라 決定되는 積分常數이고 $\beta = \sqrt{k_h/4EI}$ 이다. 式(5), (6)을 각각 간단히 表示하면 다음과 같다.

$$V_{x=0} = D_0 A + K_0 \quad (7)$$

$$V_{x=l} = D_1 A + K_1 \quad (8)$$

여기서 式(7)을 A에 대하여 정리하고 式(8)에 대입하여 整理하면 式(9)을 얻을 수 있다.

$$V_{x=l} = D_1 D_0^{-1} V_{x=0} + K_1 - D_1 D_0^{-1} K_0 \quad (9)$$

또한 $D_1 D_0^{-1} = D$ 라 하고 $K = K_1 - D_1 D_0^{-1} K_0$ 라 하면 式(9)은 다음과 같이 된다.

$$V_{x=l} = D V_{x=0} + K \quad (10)$$

여기에서 D와 K는 彈性領域에서의 遷移行列이다.

24 Strut設置支點과 地層變化點의 遷移行列

그림 5에 보인 바와 같은 Strut 設置支點에서의 遷移行列을 誘導하기 위하여 Strut의 스프링 常數를 H라하고 Strut設置支點의 變位와 地中先行變位를 각각 y와 Y라고 할때 Strut 反力 P는 다음과 같다.

$$P = H(y' - Y') \quad (11)$$

한편 i+1 區間の x=0點에서의 剪斷力은 i區間の

剪斷力과 反力의 合力과 같으므로

$$S_i^{i+1} = S_i + H'(y_i' + Y_i') \quad (12)$$

이다. Strut 設置支點의 剪斷力을 除外한 나머지 처짐, 처짐각, 모멘트는 i要素의 끝점과 i+1要素의 始作點이 같은 값을 가지므로 Strut 設置支點에서의 應力 및 變位の 變化를 Matrix 形態로 表示하면 다음 式과 같다.

$$\begin{pmatrix} y_0 \\ \theta_0 \\ M_0 \\ S_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ H' & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ \theta_1 \\ M_1 \\ S_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -HY' \end{pmatrix} \quad (13)$$

윗 式을 간단히 表示하면

$$V_{x=0}^{i+1} = F' V_{x=1}^i + G' \quad (14)$$

式(14)은 strut 設置支點이 아닌 地層變化點에 對해서 使用되어 질수 있으며, 地層變化點에서는 實際 strut가 설치되지 않았으므로 H가 0이 되어 F Matrix가 單位 Matrix가 되고 G Matrix는 0 Matrix가 된다.

여기서 F 및 G는 strut 設置支點 및 地層變化點에서의 遷移行列이다.

25 應力 및 變位の 決定

式(3)(10)(14)로부터 土留壁의 最上端의 應力 및 變位를 最上端의 變位 및 應力과 연결하여 遷移行列로 표시하면 다음과 같다.

$$V_{x=1}^n = L V_{x=0}^1 + M \quad (15)$$

윗식에 壁體의 上端과 下端의 支持狀態에 따른 境界條件을 代入하면 上下端의 變位 및 應力이 決定된다.

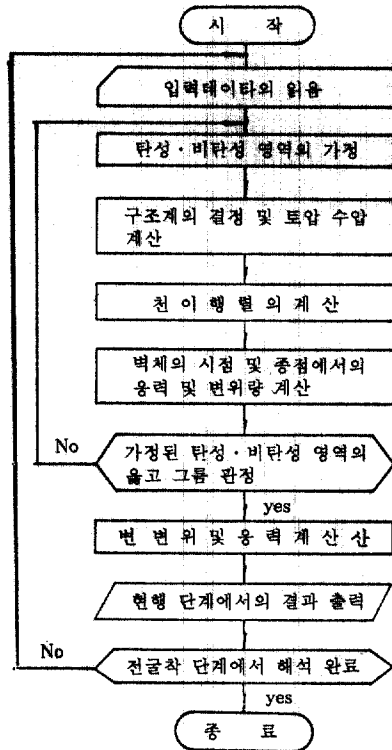
26 흐름도 및 Input Data

本 研究에서는 Diaphragm wall과 Sheet pile을 3가지 土質條件(Loose sand, Medium sand, Dense sand)에서 數值解析하였으며 解析에 使用된 흐름도와 Input Data은 다음과 같다.

3. 數值解析 및 結果分析

解析結果는 土留壁體의 剛性, 모래의 密度, 根入 길이, 그리고 strut支點의 地中先行變位가 土留壁의 舉動에 미치는 影響을 나타내며 表(1), (2)는 數值解析結果이다.

• 흐름도



• wall property

종류	E (T/M ²)	I (M ⁴)	벽체 두께(M)	EI (E · M ²)
SURRY WALL	2300000	0.018	0.6	41400
SHEET PILE	21000000	10 ⁻⁴	0.106	2100

위에서

E:탄성계수

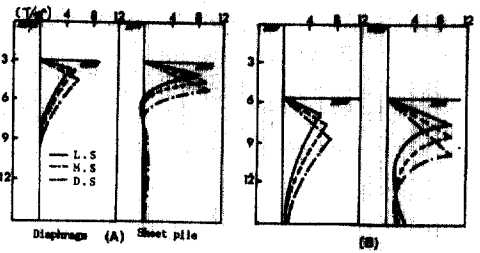
A:단면적

I:단면 2차 Moment

l:길이

이다.

3.1 土壓分布



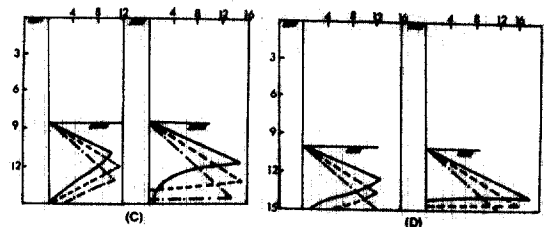
● Input Data

• soil property

흙의 종류	습윤단위 중량(T/M ³)	수중단위 중량(T/M ³)	내부 마찰각	점착력(T/M ²)	N	k _s (T/M ³)
노슨한 모래	1,708	0,950	30°	0.000	7	1520
중간 모래	1,910	1,030	35°	0.000	20	2330
굳은 모래	1,985	1,150	40°	0.000	40	3090

• Strut property

E (T/M ²)	A (M ²)	l (M)	스프링계수 (T/M)
2.1 × 10 ⁷	111.8 × 10 ⁻⁴	25.5	9500



(a) 1step (b) 2step

(c) 3step (d) 4step

그림 6. Earth pressure distribution of diaphragm wall(sheet pile)

그림 6은 Diaphragm wall과 sheet pile의 여러 土質條件에서의 土壓分布圖이며 土壓分布에는 静止土壓은 고려하지 않았고 수압도 主動側과 受動側의 差異만 고려했다. 그리고 그림 7은 흙이 서로 다른 密度일때의 壁體剛性的의 變化에 따른 彈塑性 限界깊이의 變化를 plot한 것이다.

表 1. 數值解析結果

STEP			1	2	3	4	5	6
굴착깊이(m)			3	5.5	8.5	10	11	12
L O O S E	최대휨모멘트	(+)	0.000 (0.0)	11.170 (4.67)	36.084 (8.5)	[24.743(10.62)] 24.754(10.63)		
	(T-m)	(-)	11.720 (5.41)	6.811 (9.79)	13.696 (4.5)	[18.141(7.5)] 18.122(7.5)		
	최대처짐	(cm)	1.05 (0)	0.9 (0)	1.53 (8)	[0.8(11.7)] 3.77(15)		
S A N D	STRUT	1(15)		8.458	0.000	[0.961] 0.000		
	REACTION (T)	2(45)			29.421	[10.693] 12.622		
		3(75)				[36.593] 35.623		
		4(95)						
		소성		4.302	8.410	12.952	15.000	
M E D I U M	최대휨모멘트	(+)	0.000 (15.0)	8.103 (4.34)	26.673 (8.17)	35.371 (9.84)	[22.191(11.32)] 22.191(11.32)	
	(T-m)	(-)	8.535 (4.83)	5.528 (8.98)	8.665 (4.50)	11.933 (4.50)	[42.676(7.5)] 42.676(7.5)	
	최대처짐	(cm)	0.63 (0.0)	0.55 (0.0)	0.94 (7.5)	1.22 (9.22)	[2.49(15.0)] 45.91(15.0)	
S A N D	STRUT	1(15)		6.670	1.089	0.000	[0.000] 0.000	
	REACTION (T)	2(45)			22.845	21.085	[2.320] 2.320	
		3(75)				16.531	[49.485] 49.485	
		4(95)						
		소성한계깊이		3.831	7.440	11.851	13.662	15.000
D E N S E	최대휨모멘트	(+)	0.000 (0.0)	3.497 (4.18)	19.368 (7.83)	26.306 (9.53)	36.738 (10.5)	[15.553(12.0)] 11.553(12.0)
	(T-m)	(-)	6.311 (4.68)	4.150 (8.39)	5.224 (4.50)	9.974 (4.50)	9.974 (4.5)	[18.166(9.5)] 24.444(7.5)
	최대처짐	(cm)	0.41 (0.0)	0.37 (0.0)	0.61 (7.34)	0.80 (9.06)	1.07 (10)	[0.92(15.0)] 2.90(15.0)
S A N D	STRUT	1(15)		5.110	1.583	0.000	0.000	[1.965] 0.000
	REACTION (T)	2(45)			17.263	17.713	14.781	[5.115] 5.823
		3(75)				13.713	24.379	[15.114] 21.206
		4(95)						[33.894] 29.062
		소성한계깊이		3.541	6.700	10.79	12.62	13.942

result of diaphragm wall

위에서

[]:지중선행 범위는 고려하지 않은 경우
 ():최대단면력 및 최대 처짐의 발생깊이] 이다.

表 2 數値解析結果

STEP			1	2	3	4	5	6
굴착깊이(m)			3	5.5	8.5	10	11	12
L O O S E	최대휨모멘트	(+)	0.486 (9.77)	10.316 (4.5)	33.767 (8.5)	24.754 10.63		
		(-)	11.282 (4.85)	9.636 (9.35)	13.696 (4.5)	18.122 (7.5)		
	최대처짐	(cm)	8.666 (0.000)	6.421 (3.237)	16.551 (8.657)	32.118 (15.00)		
	S A N D	STRUT REACTION (T)	1(15)		8.004	0.000	0.000	
2(4.5)					28.842	12.622		
3(7.5)						35.623		
4(9.5)								
소성한계깊이 (m)			5.14	9.501	14.298	15.000		
M E D I U M	최대휨모멘트	(+)	0.335 (8.487)	7.109 (4.184)	20.245 (8.00)	24.249 (10.00)	22.191 (11.32)	
		(-)	8.006 (4.444)	6.953 (8.35)	11.933 (4.5)	11.933 (4.5)	42.676 (7.50)	
	최대처짐	(cm)	4.799 (0.000)	3.414 (3.079)	7.116 (7.83)	9.448 (9.69)	32.91 (15.0)	
	S A N D	STRUT REACTION (T)	1(15)		6.315	0.000	0.000	0.000
2(4.5)					23.041	15.878	2.320	
3(7.5)						23.601	49.485	
4(9.5)								
소성한계깊이 (m)			4.444	8.35	13.014	14.427	15.000	
D E N S E	최대휨모멘트	(+)	0.251 (8.13)	4.656 (4.08)	13.610 (7.67)	15.667 (9.53)	25.734 (10.67)	15.553 (12.0)
		(-)	5.777 (4.0)	4.949 (7.41)	9.974 (4.5)	9.869 (4.5)	15.724 (7.5)	18.166 (15.000)
	최대처짐	(cm)	2.920 (0.000)	1.948 (2.763)	3.666 (7.500)	4.683 (9.219)	7.663 (10.5)	17.910 (15.000)
	S A N D	STRUT REACTION (T)	1(15)		4.782	0.000	0.035	0.927
2(4.5)					18.532	13.767	6.943	7.789
3(7.5)						18.111	33.564	12.401
4(9.5)								34.927
소성한계깊이 (m)			4.008	7.41	11.611	13.553	14.516	15.000

result of sheet pile

위에서

():최대단면력 및 최대 처짐의 발생깊이)이다.

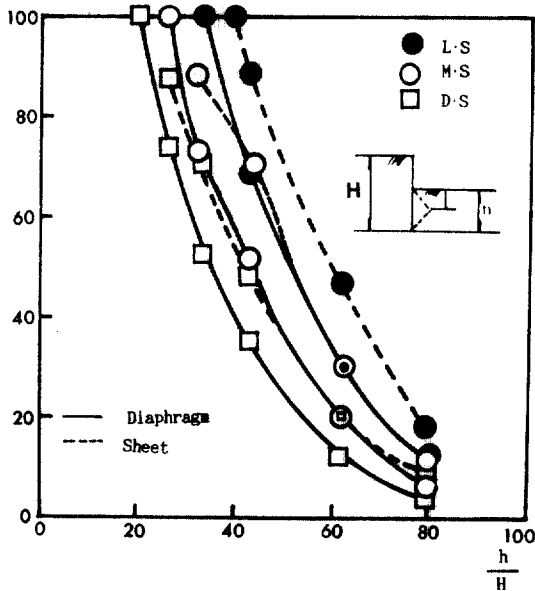
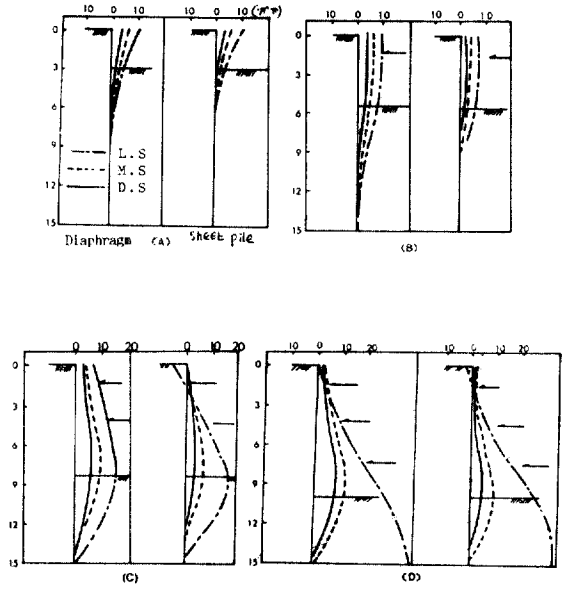


그림 7. Relationship between penetration depth ratio and Elastoplastic depth ratio

그림 7에 보여진바와같이 掘착깊이가 깊어짐에 따라서 根入깊이에 대한 彈塑性限界깊이의 比率이 점점커짐을 볼 수 있는데 이는 根入 깊이가 깊을수록 根入部에서의 壁體의 變位가 微少하기 때문이다.

本 研究에서는 各各의 土質條件에 對하여 彈性領域이 없어질때까지 掘착段階를 늘려 解析한 結果 各各의 土質條件에 따라 差異는 있지만 根入깊이가 깊은 경우는 既存의 土壓分布모델은 타당성이 없으며 根入깊이가 比較的 얕은 경우에 있어서는 既存의 塑性平衡狀態에서의 土壓分布 모델의 타당성이 있다는 것을 알 수 있었다. 또한 그림 6에서 보여진 바와같이 모래의 密度가 클수록 彈性反力으로 因한 受動領域에서의 흙의 抵抗이 증가하므로 壁體의 變位가 작아졌기 때문이며 Diaphragm wall보다 sheet pile에서 彈性領域의 土壓變化率이 훨씬더 크고 (-)區域이 發生하는 경우도 있으며 彈塑性限界깊이도 더큼을 볼 수 있는데 이것은 壁體剛性が 적은데 따른 壁體變位の 증가에 因한것이며 彈性領域에서의 土壓分布가 急速히 變化하는 것은 sheet pile의 掘착도가 Diaphragm wall에 비해 매우 크기 때문이라고 思料된다.



(a) 1step (b) 2step (c) 3step (d) 4step
그림 8 Deflection of diaphragm wall(sheet pile)

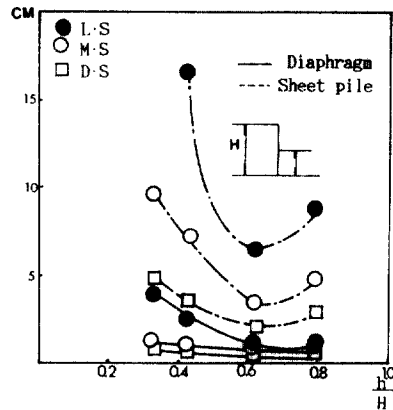


그림 9. Relation between penetration depth ratio and Max deflection

3.2 變位

그림 8은 Diaphragm wall과 sheet pile의 各各의 土質條件에 대한 처짐曲線이며, 그림 9는 根入깊이比 變化에 따른 最大처짐의 變化圖이다. sheet pile에 따른 처짐曲線의 Scale은 Diaphragm wall에 대한 것의 1/10으로 하였다. 그림에서 보여진바와같이 掘착깊이의 증가에 따라 最大變位量은 증가하고 最大變位가 發生하는 깊이가 깊어진다. 그러

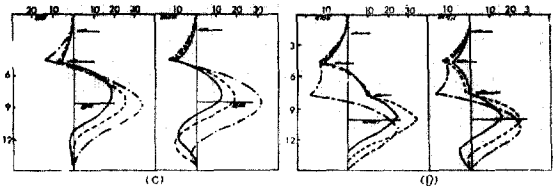
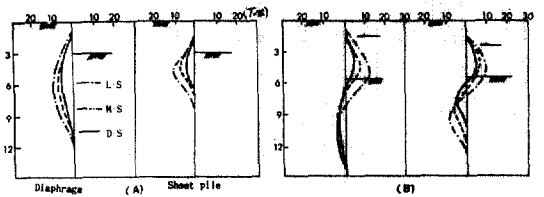
나 이것은 2번째 step에서는 맞지 않음을 볼 수 있는데 이는 두번째 step에서 첫번째 strut의 영향을 반영하고 있기 때문이다.

堀착깊이의 증가에 따른 最大變位量的 增加는 抵抗土壓의 減少때문이고 最大 처짐의 發生깊이가 깊어지는것은 壁體의 變位에 抵抗하는 힘이 抵抗土壓에서 strut反力으로 즉, 下部에서 上部로 移動에 因한것이다. 또한 모래의 剛性이 증가할수록 壁體의 變位는 減少하고 最大變位의 發生깊이도 減少한다. 이는 모래의 密度增加에 따른 主動土壓감소및 受動領域에서의 抵抗反力이 증가하기 때문이라고 思料되며 이것은 受動領域에서의 土壓分布의 變位에 相當한 영향을 미친다.

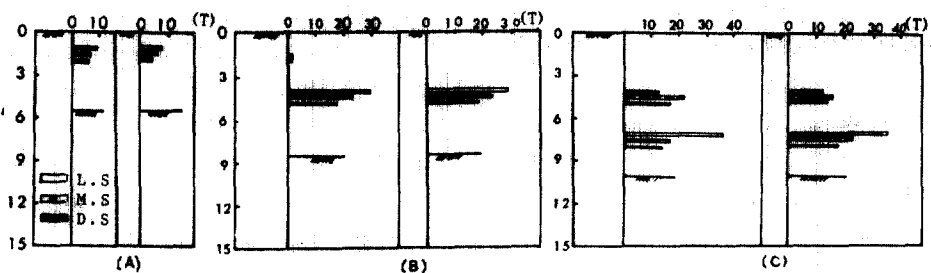
3.3 휨 모멘트

그림 10은 Diaphragm wall과 sheep pile의 휨 모멘트 分析圖이다. 그림에서 보여진바와같이 흙의 剛性이 클수록 휨모멘트의 最大값은 적으며, 壁體의 剛性의 영향은 1, 2step에서는 微少하지만 3, 4step에서는 Diaphragm wall이 훨씬 더 큰 모멘트 값을 나타내었고 4step의 Loose sand의 경우에는 거의 一致하는 경향을 나타내었다. 이 結果는 흙의 剛性이나 壁體剛性의 變化에 따른 受動領域에서의 土壓分布의 差異에 起因하는 것으로 보인다. Loose

sand의 경우 4step에서는 壁體剛性에 관계없이 彈性領域이 存在하지 않으므로 受動領域에서의 土壓分布는 一致하고, 따라서 휨모멘트分布圖는 完全히 一致하는 경향을 볼 수 있었다.



(a) 1step (b) 2step (c) 3step (d) 4step
그림 10. Bending Moment diagram of diaphragm wall



(a) 2step (b) 3step (c) 4step
그림 11. Strut reaction of diaphragm wall and sheet pile

3.4 Strut 反力

그림 11은 모래의 剛性和 壁體剛性의 變化에 따른 strut 反力の 差異圖이다. 그림에서 보여진 바와같이 2, 3step에서는 모래의 剛性이 클수록 strut 反力은 작고 壁體剛性의 영향은 微少하게 나타나고 있다. 그러나 4step의 2단 strut에서는 Medium sand의 strut反力이 가장크고 壁體剛性의 영향도 比較

的 크게 나타나고 있다. 1단 strut 軸壓은 2step 이후 壁體剛性에 관계없이 거의 Zero의 값을 나타내고 있는데 이는 堀착깊이가 깊어짐에 따라 下端 strut를 中心으로 壁體가 回轉하기 때문이라고 思料된다.

4. 결 론

土留壁體의 舉動에 對한 여러가지 parameter들의 영향에 대하여 研究한 結果 다음과 같이 結論을 얻었다.

1. 受動領域에서의 彈塑性 限界깊이비(d/n)는 壁體의 剛性, 모래의 密度, 根入깊이의 比(h/H)가 증가할수록 減少한다.
2. 土留壁의 最大힘모멘트값은 모래의 密度가 클수록 減少하고 壁體剛性的의 영향은 根入깊이비(h/H)가 클때에 (3, 4step)는 크게 나타났다.
3. 彈塑性 限界깊이비(d/h)가 1이되면 壁體剛性은 힘모멘트에 영향을 미치지 않는다.
4. 最大 strut 反力은 모래의 密度에 反比例하고 根入깊이비(h/H)가 큰 경우에는 微少하다.
5. 地中先行變位를 고려하지 않고 壁體構造物을 設計하면 變位量의 過小 算定으로 構造物의 安定에 큰 영향을 미치게 될 것으로 반드시 고려해야 한다.

參 考 文 獻

1. D'Appolonia, D. J., : Effect of Foundation Construction on Nearby Structures, *4th Pam-Am Conf. Soil Mech. Found. Eng.*, San Juan, Puerto Rico, State-of-Art Volume. 1971.
2. Sowers, G. F., : "Shallow Foundations", McGraw-Hill, New York. 1962.
3. Greg, C. Y. Wong, : Stability Analysis of Slurry Trenches, *M. ASCE*, Vol. , p1577~90. 1984
4. Peck, R. B., : Deep Excavation and Tunneling in Soft Ground, *Proc. 7th Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng.*, Mexico City, State-of-the Art Volume
5. Hanna, T. H., : Studies on Anchored Flexible Retaining Walls in Sand, *J., Soil MEch. Found. Div.*, ASCE OCTOBER. 1974.

6. Verdeyen, J, and Gillet, J., : Rigid Diaphragm Walls, Stability after Construction, *Proc. 7th Int. Conf. Soil Mech. Eng.*, Spec. Sess. 14, 15, Mexico city. 1969.
7. Clough, W. and Tauai, Y., : Performance of Tied-Back Walls in Clay, *ASCE*, DECEMBER. 1974.
8. Clough, W. and Duncan, J., : Finit Element Analysis of Retaining Wall Behavior, *J Soil Mech. Found ASCE*. DECEMBER. 1971.
9. 山倉邦男, 吉田洋次, 秋野知之, 堀削工事における切ばり土留の機構 理論的考察, 土基礎, 第17卷9號.
10. 中村兵次, 中尺章, 堀削工事における土留の壁應力 解析, 土質工學會論文報告集 Vol 12, No. 4, 1972.
11. James, E. L., and Jack, B. J., : Design Study of Diaphragm Walls, *Proc. Diaphragm Walls and Anchorages*, Inst. Civ. Eng., London 1974.
12. Kitagu, shi, H. M: *Observed Performance of Diaphragm Walls at Joto Site*, Osaka, Aoki Construction Co., Osaka, April 1976.
13. Thon, J. G., and Harlam, R. C., : Slurry Walls for BART Civil Center Subway Station *Soil Mech. Found. Div.*, ASCE September 1971.
14. Egger, P., : Influence of Wall Stiffness and Anchorprestressing on Earth pressure Distribution. *Proc. 5th Eur. Conf. Soil Mech. Found. Eng.*, Madrid, Vol. 1. 1972.
15. Peter, L. B and Smith, I., : Side Friction in Moder Retaining-Wall Experiments, *J. Soil Mech. Found. Div.*, ASCE. July 1975.
16. Xanth, akos, P. P. : *Slurry Walls*, McGRAW-HILL
17. 土質工學會, 土質工學 ハソトプシク, 昭和40, p430.

(接受:1990. 9. 21)