

地盤과 構造物 사이의 相互作用을 考慮한 農業用 사이로의 解析에 관한 研究(Ⅲ)

— 第 3 報 相對剛性的 影響 —

An Analysis of the Farm Silo Supported by Ground

曹 鎮 久* · 趙 顯 榮**
Cho, Jin Goo · Cho, Hyun Young

Summary

This study was to investigate the effects of soil-structure relative stiffness on the structural characteristics of the cylindrical tank supported by soil. A standard example model of the farm silo rested on the Winkler's subsoil model was used for the analysis of soil-structure coupled system. In this paper, Winkler's constants 4,15 and 100kg/cm²/cm were considered and the bottom plate thicknesses of the farm silo 20, 30, 50, 100 and 150cm were adopted. For the given model the effects of bottom plate thickness were the most conspicuous at weakest Winkler's constant 4kg/cm²/cm. While when Winkler's constant is 100kg/cm²/cm, the effect of the bottom plate thickness is almost negligible.

On the other hand, when the bottom plate thickness is more than 100cm, the effects of elastic foundation were almost disappeared. In design practice, it is hoped that the thicknesses of bottom plate should be determined reasonably because of its considerable effect on the structural characteristics as the 100cm thickness of bottom plate will not be practical value in usual sites.

I. 序 論

地盤 위에 놓여 있는 構造物이 어떤 荷重을 받을 때 흙에 의한 反力強度는 몇개의 因子의 影響을 받지만 이러한 構造物의 解析을 위해서는 地盤反力 p 는 地盤反力係數 k 를 使用하여 地表面의 變形 w 와 $p = kw$ 의 關係에 있다고 假定하는 것이 一般的이다.

筆者들은 이러한 假定에 基礎를 두고 地盤에 의해서 支持되는 矽 構造物을 解析할 수 있는

一連의 解析模型을 開發한바 있으며 이러한 解析模型을 사이로이지가 充填된 R·C 圓筒型 사이로 構造에 適用한 結果를 報告한바 있다.^{19,20} 이러한 筆者들의 研究 結果들로부터 彈性地盤 위에 놓인 矽 構造物의 解析에 있어서 地盤의 影響은 결코 無視될 수 없음이 確認되었다. 그러나 地盤이 그 위에 놓이는 矽 構造物의 力學的 舉動에 미치는 影響은 地盤과 構造物의 相對的 剛性에 따라 크게 달라질 것으로 思料된다.

따라서 본 研究의 目的은 地盤과 構造物 底盤의 剛性이 地盤위에 直接 놓이는 矽 構造物의 學

* 全南大學校 農科大學

** 釜山大學校 工科大學

動에 어떠한 影響을 미치는가를 數值的으로 比較 檢討하는 것이다.

II. 解析方法

解析方法 및 節次는 第1報(文獻19)와 同一하다.

III. 解析例 및 考察

第1報에서 報告된 解析模型 및 解析節次가 Fig.1과 같은 사이레이지가 充塡된 사이로의 構造 解析에 適用되었다. 地盤과 構造物 各 剛性的 影響을 알아보기 위하여 底版의 두께 20cm, 30cm, 50cm, 100cm 및 150cm의 各 값에 對해서 地盤 反力係數를 $4\text{kg/cm}^2/\text{cm}$, $15\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 및 $100\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 로 變化시켜 調查하였다. 따라서 本 論文에서의 結果는 全部 15가지 경우에 對해서 解析을 한 것이다.

이때 使用된 鐵筋 콘크리트의 常數들은 다음과 같다.

콘크리트 彈性係數 $E_c = 240,000\text{kg/cm}^2$

콘크리트 포아송比 $\nu = 0.17$

콘크리트 單位重量 $\gamma = 2,400\text{kg/m}^3$

모델 構造物의 要素分割은 第2報²⁰⁾와 同一하다.

解析된 結果를 檢討하여 보면 다음과 같다.

壁體의 圓周方向應力을 各 地盤反力係數別로 圖示하면 Fig. 2(a)~2(c)와 같다.

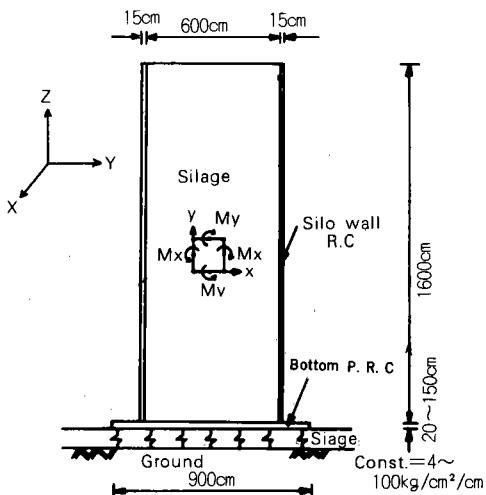


Fig. 1. Farm Silo on Elastic Foundation

$k = 4\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 인 경우 底版두께가 50cm 以下이면 壁體下端에 壓縮性 圓周方向 應力이 發生되었지만 底版두께 100cm 以上の 경우에는 이런

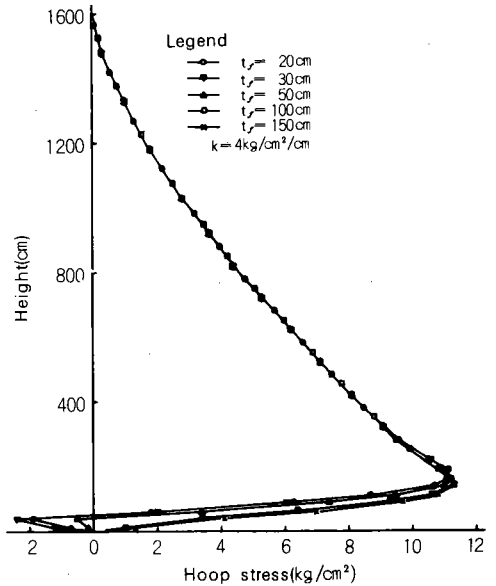


Fig. 2(a). Effect of bottom plate thickness for hoop-stress in silo wall

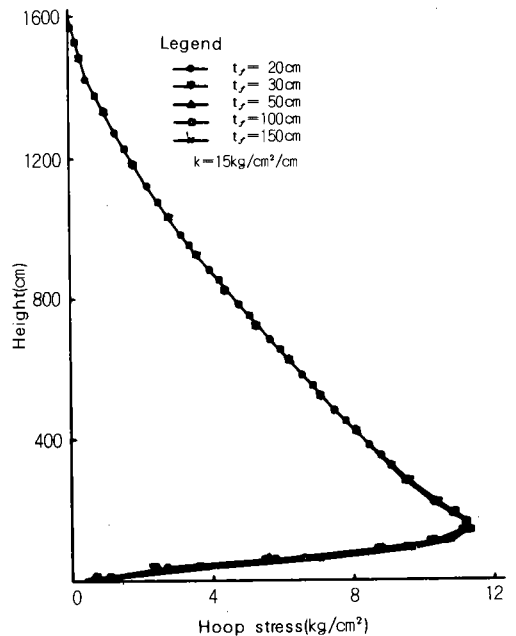


Fig. 2(b). Effect of bottom plate thickness for hoop-stress in silo wall

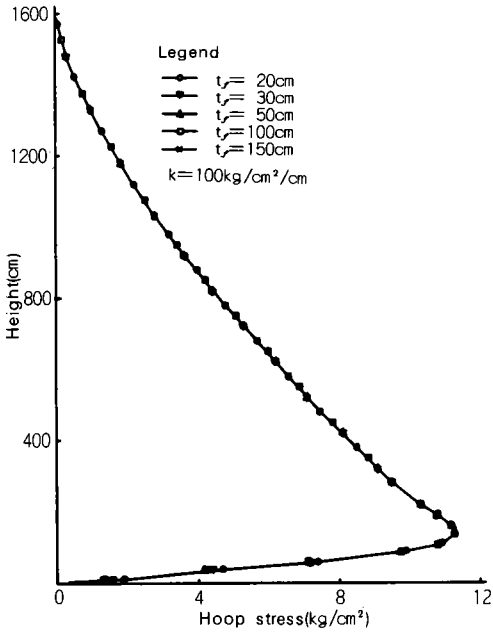


Fig. 2(c). Effect of bottom plate thickness for hoop-stress in silo wall

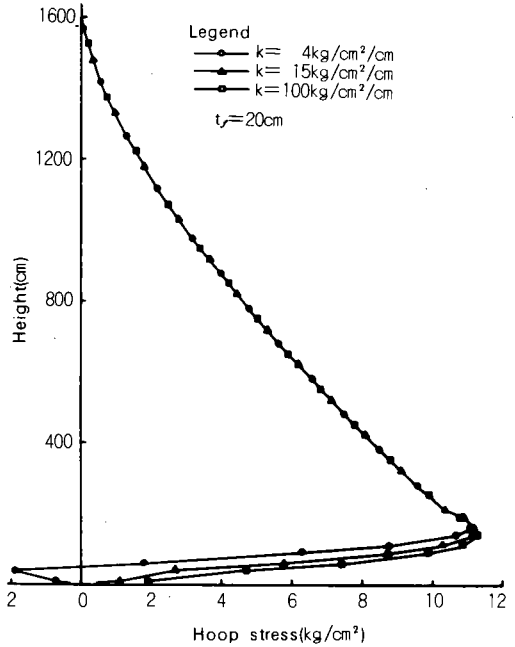


Fig. 3(a). Effect of sub-base rigidity for hoop-stress in silo wall

現象은 없었다. 또한 $k=4\text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 및 $k=15\text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 의 경우에는 程度의 差異는 있지만 底版의 두께가 두꺼운 경우에 圓周方向應力은 오히려 약간 큰 것으로 나타났다.

各 底版두께에 대한 사이로 壁體의 圓周方向應力의 全般的인 變化 패턴은 底版두께 20cm, 30cm 및 50cm일때 그리고 底版두께 100cm 및 150cm일때 아주 類似한 傾向을 나타냈으므로 代表的으로 底版두께 20cm일때와 100cm 경우만을 圖示하면 Fig 3(a)~ 3(b)와 같다.

그림에서 보는 바와 같이 底版의 두께가 두꺼울수록 地盤의 影響은 減少하였으며 또한 그의 影響은 地盤 가까이 局限되었다. 特히 底版두께가 100cm 以上이면 壁體의 圓周方向應力의 크기에 미치는 地盤의 影響은 거의 없었다. 底版의 두께가 50cm 以下の 경우에는 地盤이 견고할수록 圓周方向應力의 最大값이 나타나는 位置는 地盤 가까이 약간씩 移動되었으며 絶對値는 조금 크게 나타났다. 그러나 底版두께 100cm 以上の 경우에는 이러한 現象은 찾을 수 없었다. 壁體에서의 圓周方向모멘트(y軸에 關한 回轉모멘트, M_x)의 變化를 各 地盤反力係數別로 圖示하면 Fig 4(a)~ 4(c)와 같다. $k=4\text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 및

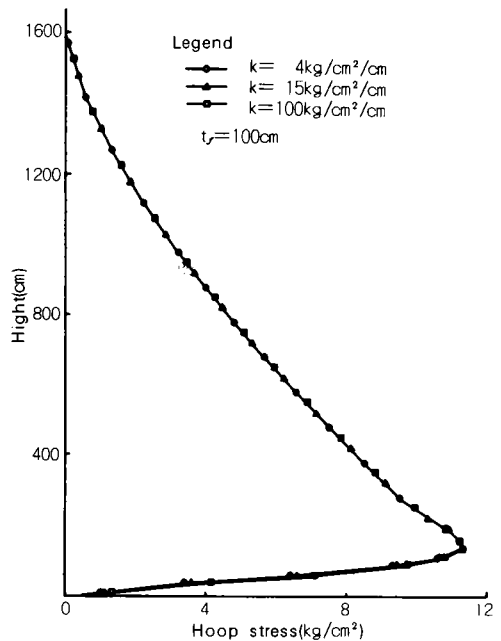


Fig. 3(b). Effect of sub-base rigidity for hoop-stress in silo wall

$k=15\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 의 경우에는 底版두께의 影響이 크게 나타났지만 $k=100\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 의 경우에는 底版두께의 影響이 거의 없는 것을 알 수 있었다. 또 底版의 두께에 대한 壁體의 圓周方向 모멘트의 變化패턴도 圓周方向應力의 경우와 같이 底版두께 20cm, 30cm 및 50cm일 경우 그리고 100cm 및 150cm의 경우에 各各 類似한 傾向을 나타

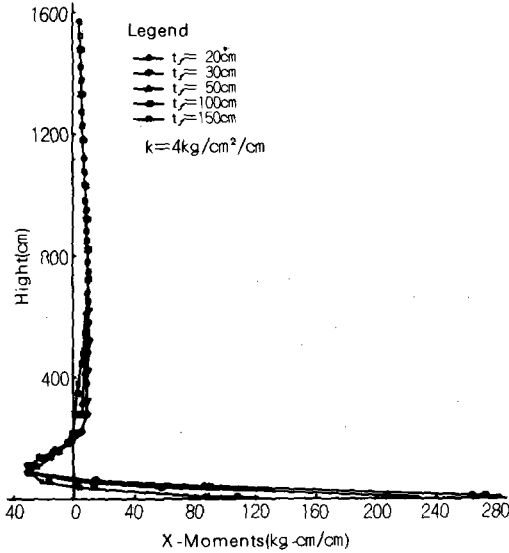


Fig. 4(a). Effect of bottom plate thickness for M_x in silo wall

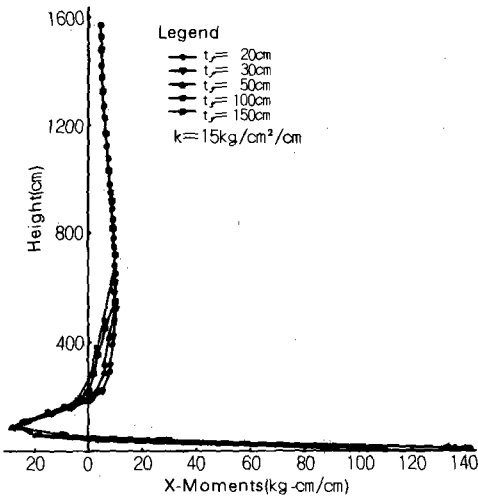


Fig. 4(b). Effect of bottom plate thickness for M_x in silo wall

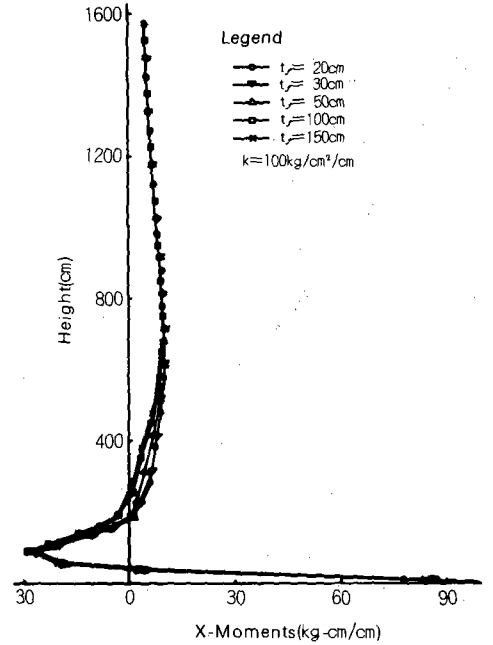


Fig. 4(c). Effect of bottom plate thickness for M_x in silo wall

였으므로 底版두께 20cm 및 100cm의 경우만을 圖示하면 Fig 5(a) 및 5(b)와 같다.

圓周方向 모멘트의 크기에 대한 地盤反力係數의 影響은 底版의 두께가 두꺼울 수록 작게 나

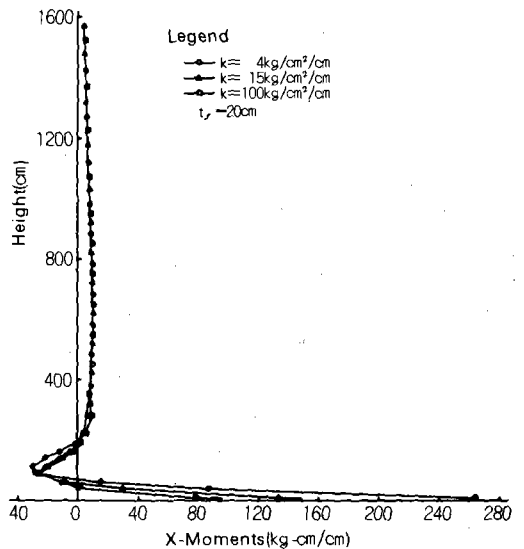


Fig. 5(a). Effect of sub-base rigidity for M_x in silo wall

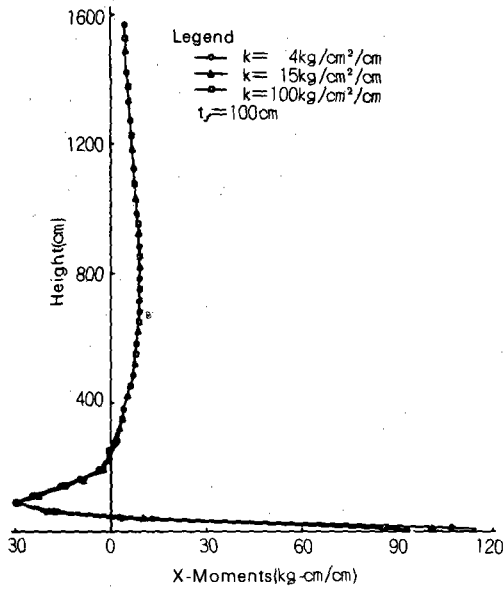


Fig. 5(b). Effect of sub - base rigidity for M_x in silo wall

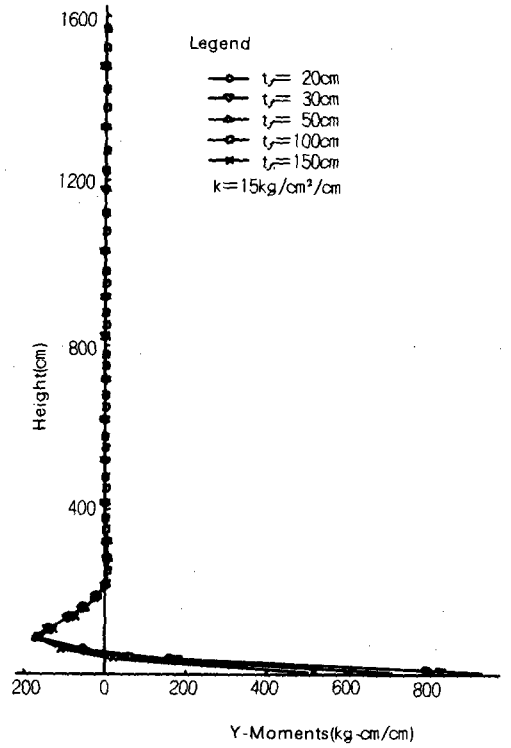


Fig. 6(b). Effect of bottom plate thickness for M_y in silo wall

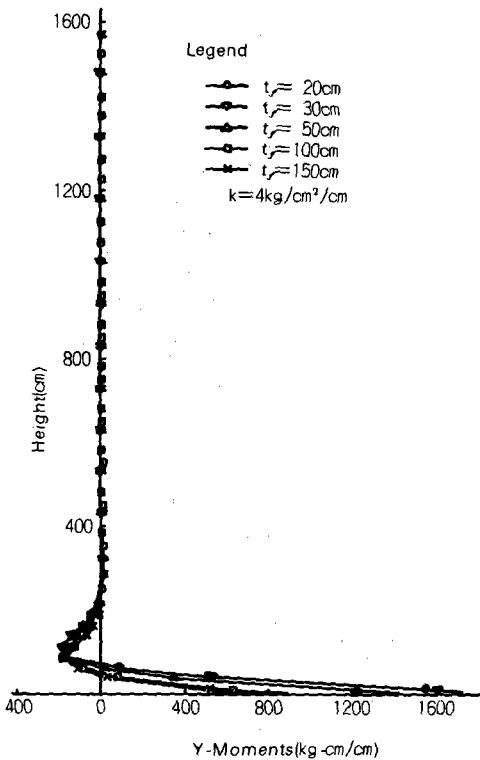


Fig. 6(a). Effect of bottom plate thickness for M_y in silo wall

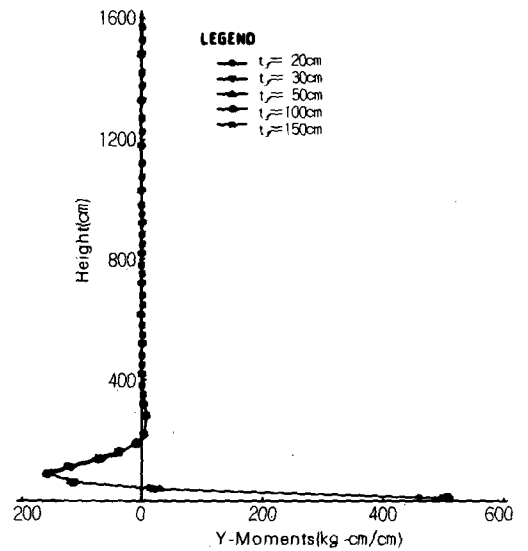


Fig. 6(c). Effect of bottom plate thickness for M_y in silo wall

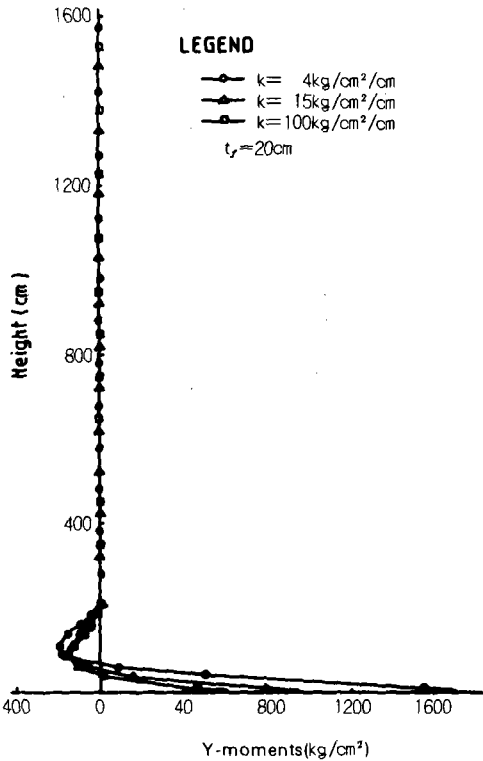


Fig. 7(a). Effect of sub-base rigidity for M_y in silo wall

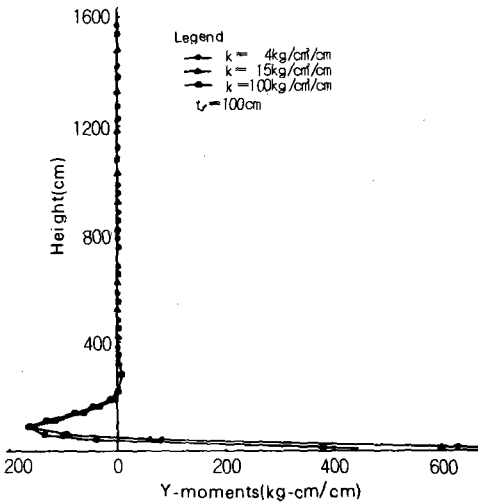


Fig. 7(b). Effect of sub-base rigidity for M_y in silo wall

타났다. 즉 底版두께 20cm의 경우 $k=4, 15$ 및 $100 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 를 比較하면 $k=15 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 인 경우

$k=4 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 의 경우의 1/2밖에 되지 않았으며 $k=100 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 의 경우에는 約 1/4의 크기에 지나지 않았다. 그러나 이러한 現象은 底版두께가 두꺼워 질수록 점차 減少하였으며 底版두께 100 cm이상의 경우에는 거의 差異가 없었다.

壁體의 軸方向모멘트(x-軸에 關한 回轉모멘트, M_y)의 變化를 圖示하면 Fig 6(a)~b(c) 및 7(a)~7(b)와 같으며 全般的인 傾向은 圓周方向 모멘트의 경우와 類似하였다.

底版의 斷面力에 미치는 地盤-構造物 사이의 相對的剛性的 影響은 다음과 같았다.

먼저 地盤反力係數에 따른 底版의 影響을 알아보기 위하여 各 地盤反力係數 k 의 값을 一定하게 하고 各 底版두께에 대한 半徑方向 모멘트 (M_y , 모멘트로 인한 縮應力)의 變化를 圖示하면 Fig. 8(a)~8(c)와 같다.

$k=4 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 의 경우에는 底版두께 20cm, 30 cm, 및 50cm의 경우에는 거의 類似한 傾向을 보였으며 底版에 생기는 縮應力の 크기에도 큰 差異가 없었지만 底版두께가 100cm 및 150cm인 경우에는 縮應力の 크기는 현저히 減少되었다.

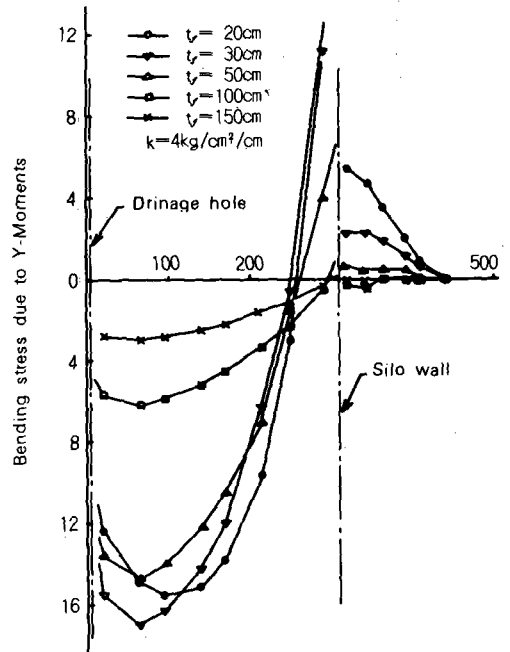


Fig. 8(a). Effect of bottom plate thickness for bending stress due to M_y in bottom plate

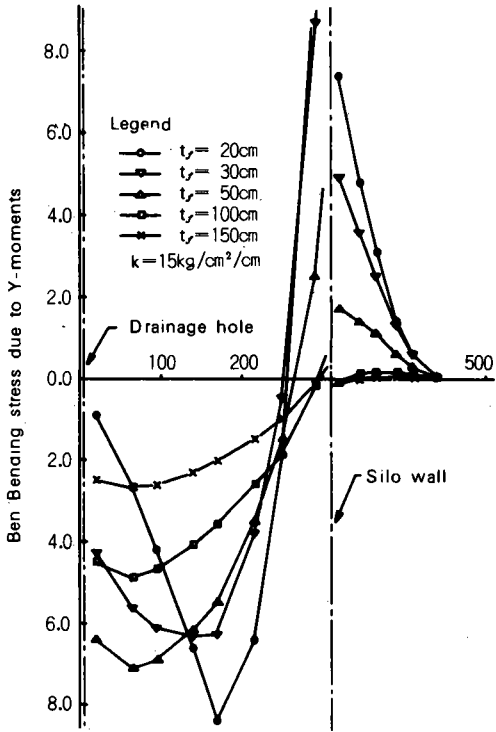


Fig. 8(b). Effect of bottom plate thickness for bending stress due to M_y in bottom plate

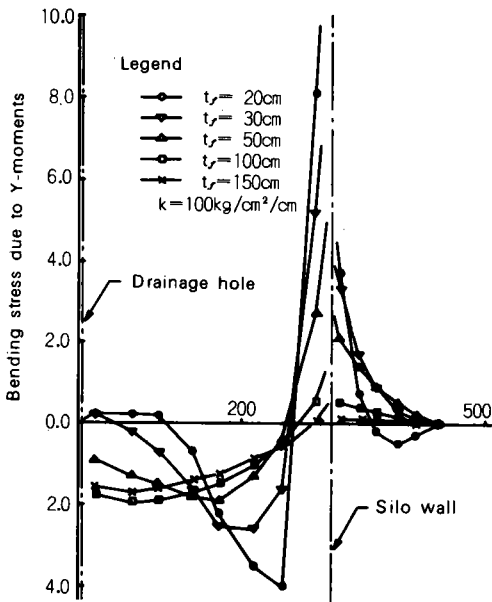


Fig. 8(c). Effect of bottom plate thickness for bending stress due to M_y in bottom plate

地盤反力係數 $k=100\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 의 경우 底版두께 20cm 및 30cm의 경우에는 底版中央部에 逆의 굽힘現象이 즉 위로 볼록하게 휘는 現象이 發生되었다. 또 底版의 두께에 따른 地盤反力係數의 影響을 알아보기 위하여 各 底版두께에 대한 半徑方向모멘트(M_y)의 變化를 圖示하면 Fig. 9(a) ~ 9(e)와 같다. 底版두께 20cm 및 30cm의 경우에는 地盤의 影響은 거의 類似한 傾向을 보였다. 즉 $k=4\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 의 경우에는 모멘트의 最大值는 底版의 中央에서 壁體와의 接合部쪽으로 약간 移動된 位置에서 發生되었지만 k 의 값이 增加할수록(즉 地盤이 堅固할수록) 最大值의 發生位置가 壁體와 底版과의 接合部쪽으로 현저히 移動되었으며 또한 모멘트의 크기도 현저히 減少되었다. 底版두께 50cm의 경우 $k=4\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 및 $k=15\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 의 경우에는 모멘트의 크기는 相異하였지만 모멘트의 變化하는 모양은 類似하였으며 $k=100\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 의 경우에는 아주 다른 傾向을 보였다. 그러나 底版두께 100cm 및 150cm의 경우에는 地盤反力係數 k 의 값에 따라 모멘트의 크기에 큰 差異를 나타냈다. 특히 底版두께가 100cm이고 $k=100\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 의 경우를 보면 $k=4\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 의 경우의 約 1/3에 지나지

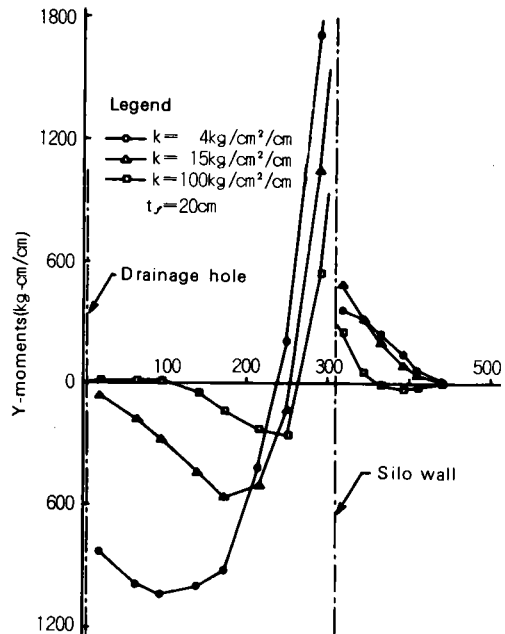


Fig. 9(a). Effect of sub-base rigidity for M_y in bottom plate

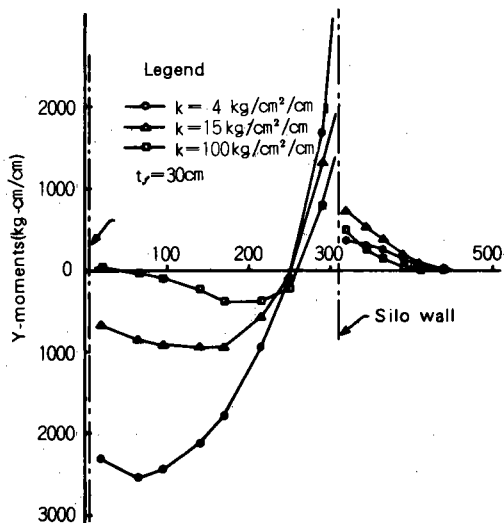


Fig. 9(b). Effect of sub-base rigidity for M_y in bottom plate

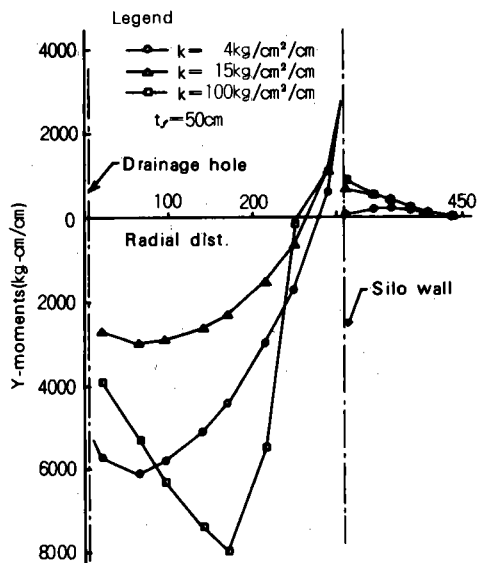


Fig. 9(c). Effect of sub-base rigidity for M_y in bottom plate

않았지만 底版두께가 150cm의 경우를 보면 $k=100 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 인 경우의 모멘트 값은 $k=4 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 의 경우의 約 1/2程度的 값을 나타냈다. 다시 말하면 底版두께 150cm의 경우가 底版두께 100cm의 경우보다 地盤의 影響을 작게 받고 있음을 알 수 있었다.

底版에서의 圓周方向 모멘트(M_x)의 變化를 圖

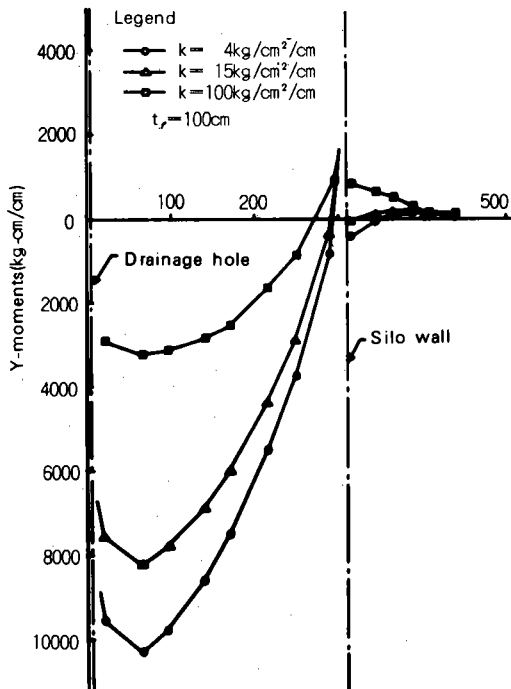


Fig. 9(d). Effect of sub-base rigidity for M_y in bottom plate

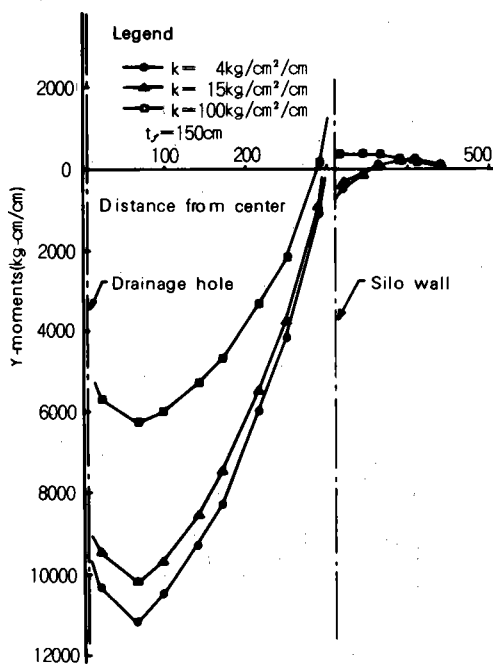


Fig. 9(e). Effect of sub-base rigidity for M_y in bottom plate

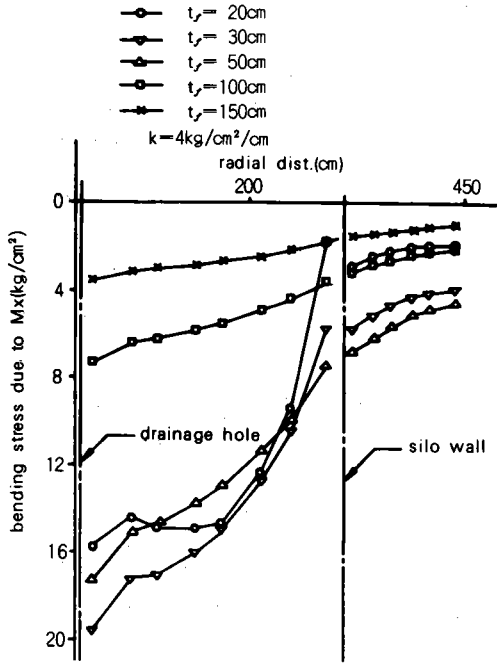


Fig. 10(a). Effect of bottom plate thickness for bending stress due to X-moment in bottom plate ($k=4\text{kg/cm}^2/\text{cm}$)

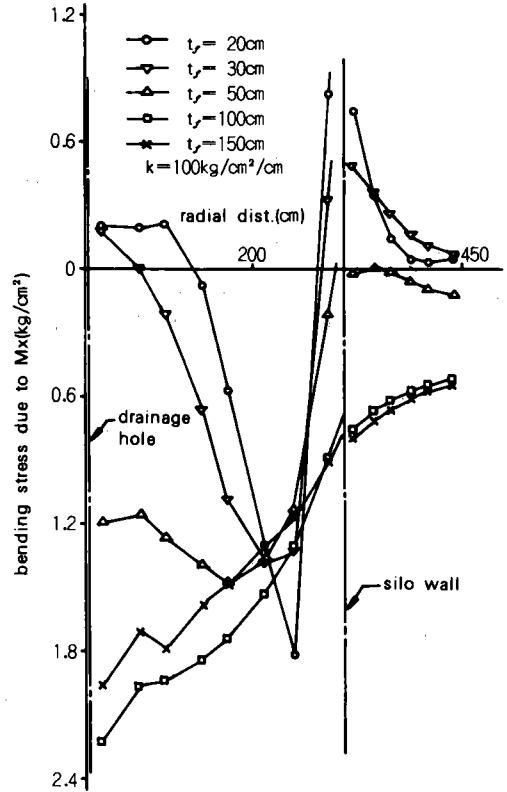


Fig. 10(c). Effect of bottom plate thickness for bending stress due to X-moment in bottom plate ($k=100\text{kg/cm}^2/\text{cm}$)

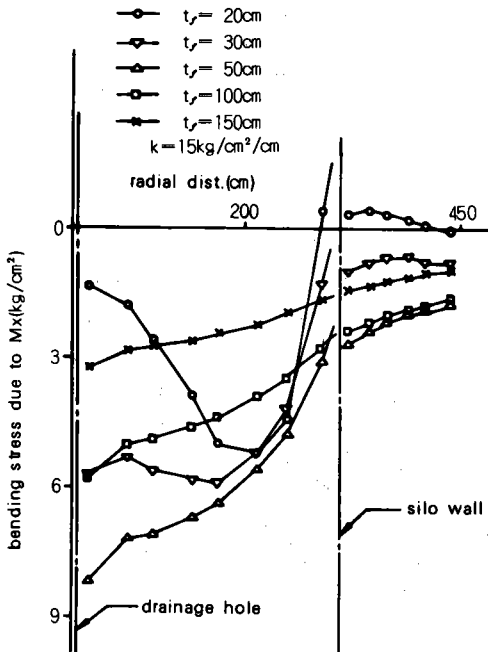


Fig. 10(b). Effect of bottom plate thickness for bending stress due to X-moment in bottom plate ($k=15\text{kg/cm}^2/\text{cm}$)

示하면 Fig 10(a)~10(c) 및 Fig 11(a)~11(e)와 같다.

底版에서의 圓周方向 모멘트의 全般的인 變化特性은 半徑方向 모멘트의 경우와 類似하였지만 壁體와 接合部에서의 모멘트는 底版두께가 두꺼워 짐에 따라 正의 모멘트로부터 負의 모멘트로 變化하였으며 底版두께가 두꺼운 경우에도 相當한 크기의 모멘트가 作用되고 있음을 알 수 있다.

設計의 直接的인 支配要因이 되는 最大斷面力의 값이 地盤과 構造物 底版의 各 剛性에 따라 어떻게 變하는 가를 圖示하면 Fig.12 ~ Fig.16과 같다.

壁體에서의 圓周方向應力(Fig.12) 및 圓周方向모멘트(Fig.13)는 아주 類似한 傾向을 보였는데 그림에서 보는 바와 같이 底版이 두꺼워짐에 따라 圓周方向應力 및 圓周方向모멘트의 變化傾向은 地盤條件에 따라 다른 樣相을 나타냈다. 즉

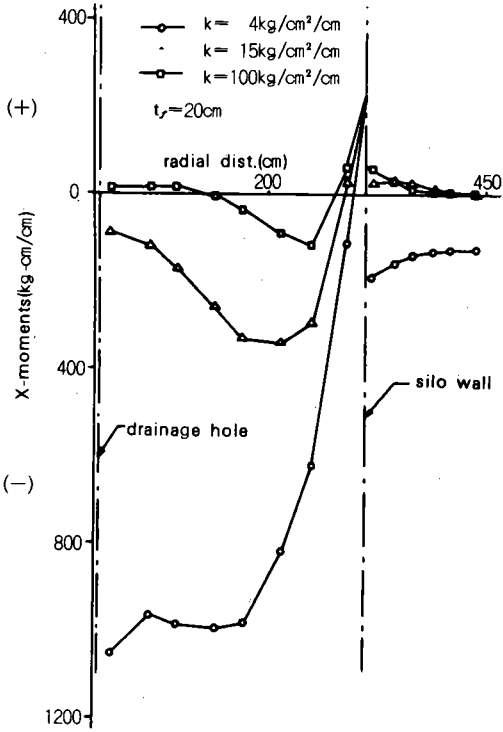


Fig.11(a). Effect of sub-base rigidity for bending moment M_x in bottom plate

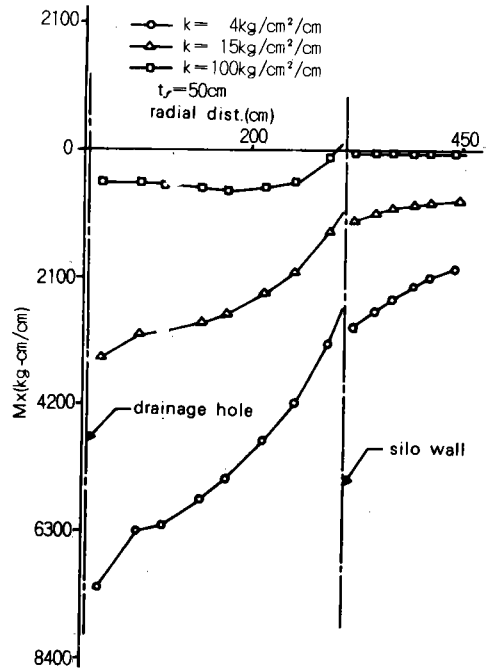


Fig.11(c). Effect of sub-base rigidity for bending moment M_x in bottom plate

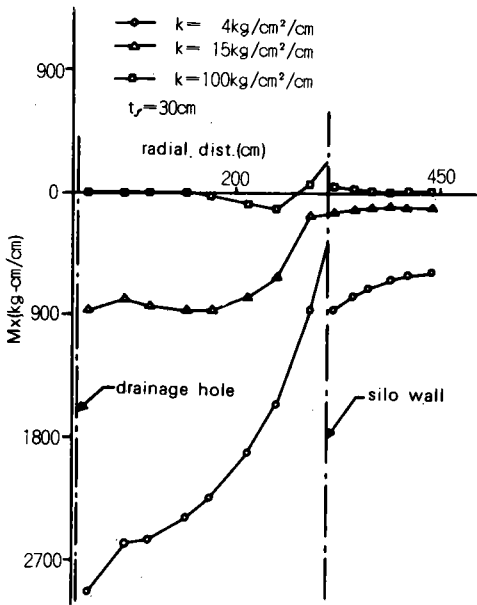


Fig.11(b). Effect of sub-base rigidity for bending moment M_x in bottom plate

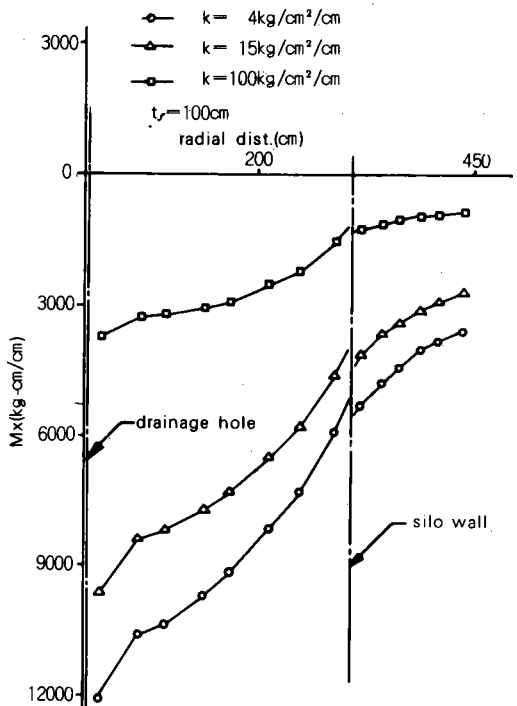


Fig.11(d). Effect of sub-base rigidity for bending moment M_x in bottom plate

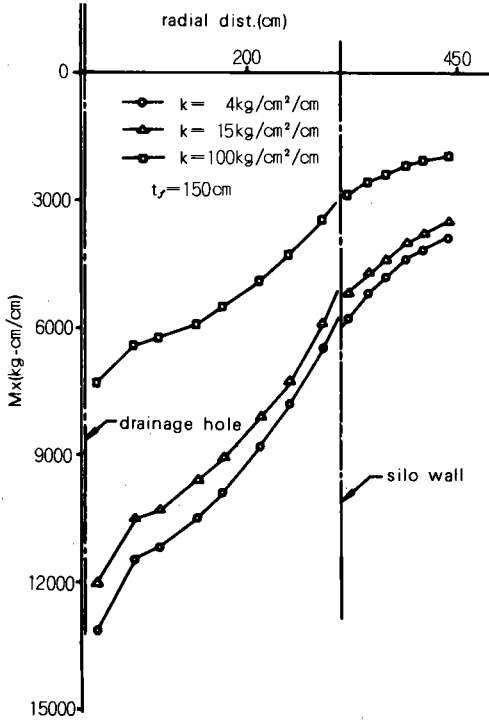


Fig. 11(e). Effect of sub-base rigidity for bending moment M_x in bottom plate

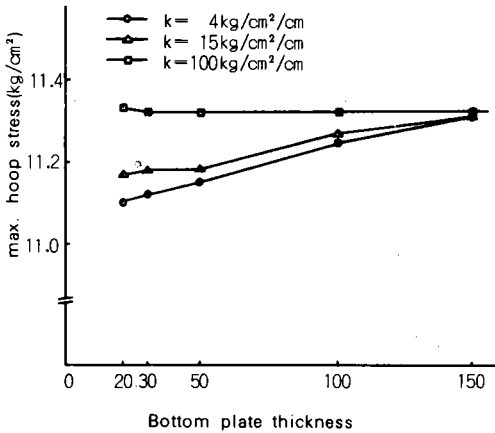


Fig. 12. Relationship between max. hoop stress and bottom plate thickness in silo wall

$k=4\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 인 경우에는 底版두께의 影響이 大端히 크게 나타났으며 地盤反力係數 k 의 값이 增加함에 따라 즉 地盤이 堅固할수록 底版두께

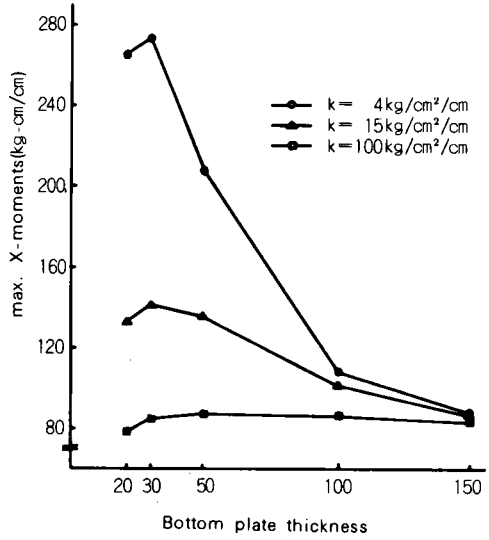


Fig. 13. Relationship between max. X-moments and bottom plate thickness in silo wall

의 影響은 크게 鈍化되었으며 특히 $k=100\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 인 경우에는 거의 一定한 最大值를 나타냈다. 즉 底版의 影響은 없는 것으로 判斷되었다. 특이한 것은 모든 地盤條件에서 底版두께가 30cm인 경우가 가장 不利한 것으로 나타난 것에 注意할 必要가 있으며 底版두께가 100cm이면 壁體의 斷面力에 대한 地盤의 影響이 크게 줄어들었으며 150cm이면 最大值에 대한 地盤의 影響은 거의 없음을 알 수 있다. 壁體에서의 軸方向모멘트의 變化는 Fig. 14와 같다. 이 경우는 圓周方向應力이나 圓周方向모멘트처럼 相對剛性的 影響이 크게 나타나지 않았으며 $k=100\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 일 때 底版두께의 影響은 거의 없었으며 $k=4\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 및 $k=15\text{kg/cm}^2/\text{cm}$ 인 경우 底版이 두꺼워짐에 따라 모멘트의 값은 增加하는 傾向은 보였지만 역시 底版두께 100cm 이상이면 增加傾向이 鈍化되었으며 150cm이면 地盤의 影響은 거의 없음을 알 수 있다. 底版中央部에서의 굽힘應力の 最大值의 變化는 Fig. 15와 같으며 全體의인 減少傾向은 壁體斷面力의 경우와 同一하다. 底版과 壁體와의 接合部에서의 굽힘應力の 最大值는 Fig. 16과 같으며 接合部에 생기는 굽힘應力은 모든 地盤條件에서 底版두께의 影響을 크게 받고 있으며 底版두께가 50cm 이상이면 굽힘應力の 減少는 크게 鈍化되었으며 底版두께가 100cm 이상이면 아주 작은 굽힘應力만이 發生되고 있음을 알 수

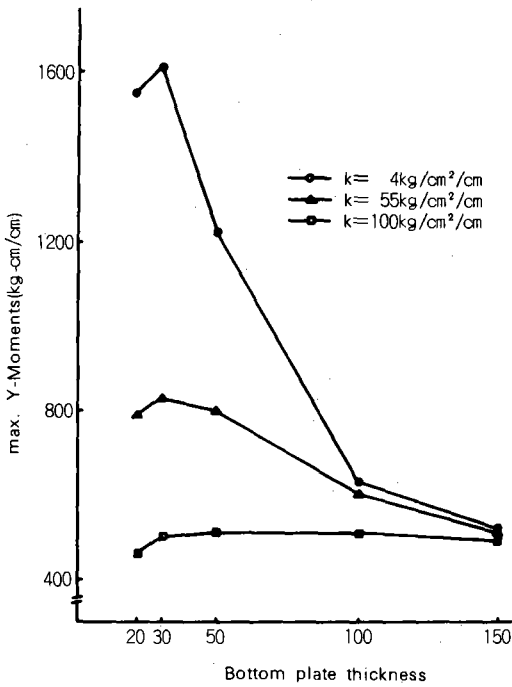


Fig. 14. Relationship between max Y-moments and bottom plate thickness in silo wall

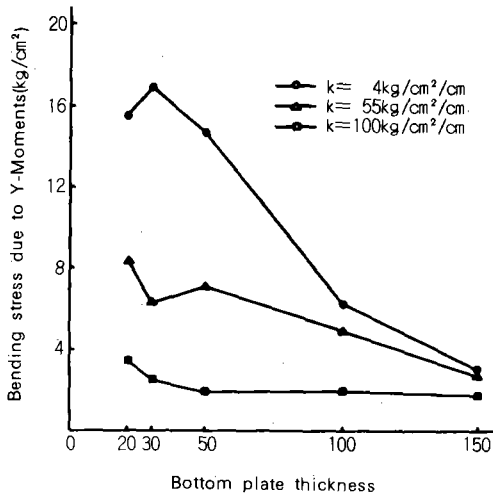


Fig. 15. Relationship between max bending stress due to Y-moment and bottom plate thickness in central area of bottom plate

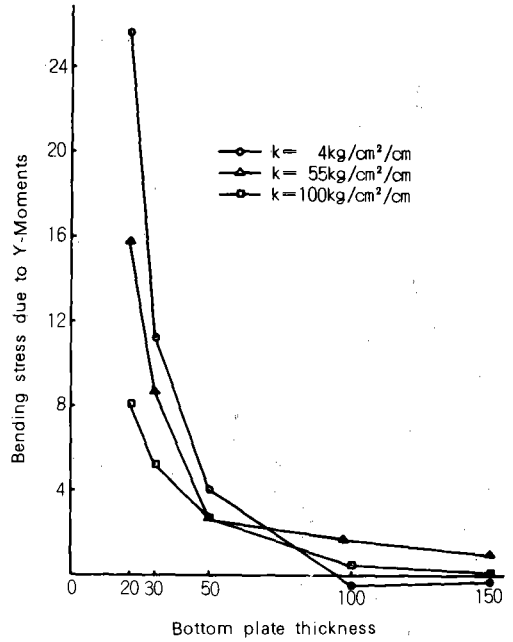


Fig. 16. Relationship between max bending stress due to Y-moment and bottom plate thickness at junction of wall and bottom plate

있다.

IV. 結 論

본 研究는 地盤과 構造物의 剛性이 地盤上의 構造物의 力學的 舉動에 어떠한 影響을 미치는 가를 알아 보기 위하여 사이레이지가 充填된 農業用 사이로를 한 例題로 選定하여 解析한 것이다. 여기서 解析된 몇 개의 數值例로부터 얻어진 結果들을 要約하면 다음과 같다.

1. 底版의 두께가 50cm 以下の 경우에는 地盤反力係數 k의 값이 클 수록 圓周方向應力의 最大값이 나타나는 位置는 地盤가까이 移動되었으며 應力의 크기가 큰 것으로 나타났다.

2. 底版의 두께가 100cm 以上이면 結論 1과 같은 現象은 나타나지 않았으며 壁體의 圓周方向應力의 크기에 미치는 地盤의 影響은 거의 消失되었다. 特히 底版두께 150cm의 경우에는 壁體의 圓周方向應力에 대한 地盤의 影響은 事實상 없어졌다.

3. k = 4 kg/cm²/cm인 地盤에서 底版의 두께

가 50cm以下인 경우에는 壁體下端에 壓縮性 圓周方向 應力이 發生되었지만 底版두께가 100cm以上인 경우에는 이런 現象이 發生되지 않았다.

4. $k = 4 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 및 $k = 15 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 인 경우에는 底版의 두께가 두꺼운 경우에 圓周方向 應力은 큰 것으로 나타났다.

5. $k = 4 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 및 $k = 15 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 인 경우 壁體 下端에서의 圓周方向모멘트 및 軸方向모멘트에 대한 地盤의 影響은 底版두께가 얇은 경우에는 상당히 크게 나타났지만 底版두께가 두꺼워 질수록 減少傾向을 보였다.

6. $k = 100 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 의 경우 壁體 下端에서의 圓周方向모멘트 및 軸方向모멘트에 대한 底版두께의 影響은 크지 않았다.

7. 底版의 두께가 얇은 경우 壁體下端의 圓周方向모멘트 및 軸方向모멘트에 대한 地盤의 影響은 大端히 크게 나타났으며 이러한 影響은 底版의 두께가 두꺼워 질수록 減少되다가 底版두께 150cm인 경우에는 地盤의 影響이 거의 없었다.

8. 底版두께 20cm 및 30cm의 경우에는 底版 中央部에 생기는 굽힘모멘트의 最大値가 發生되는 位置는 地盤反力係數 k 의 값이 增加함에 따라 壁體와 底版과의 接合部쪽으로 移動되었다. 그러나 底版두께 50cm 以上の 경우에는 이런 現象은 볼 수 없었다.

9. 地盤위에 直接 놓이는 底版의 굽힘 모멘트는 底版두께가 두꺼운 경우라 할지라도 地盤의 影響이 大端히 크게 나타났다. 따라서 이러한 版의 設計에서는 地盤의 影響을 考慮한 解析이 이루어져야 할 것으로 思科된다.

10. $k = 100 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ 이고 底版두께 20cm 및 30cm인 경우에는 底版 中央部에는 아래로 오목해 지는 굽힘 現象이 發生되었다.

以上과 같은 計算結果를 綜合하여 보면 實際 設計에서 特別히 留意하여야 할 事項은 다음과 같다.

첫째, 岩盤과 같은 剛體에 가까운 地盤을 除外하고 通常의 地盤($k = 4 \text{ kg/cm}^2/\text{cm} \sim 15 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$)의 경우 地盤剛性的의 差에 따라서 應力の 크기가 큰 폭으로 變化하기 때문에 地盤剛性的의 決定은 慎重한 注意를 要한다.

둘째, 底版의 두께는 構造物의 全般的 應力分布에 가장 不利한 치수가 存在한다(例題에서는 約 30cm였다). 이러한 치수는 가급적 피하는 것

이 좋을 것이다. 地盤剛性的의 影響이 없는 底版의 두께는 本例題의 경우 100cm나 되어 通常의 常識的 設計 치수와는 거리가 멀다.

따라서 가장 經濟的 兩께가 試算으로 追求되어야 할 것이다.

끝으로 本 研究는 韓國科學財團의 1986年度 後半期 研究費 支援에 의해서 遂行되었으며 이 번에 發表된 部分은 研究課題의 部分結果임을 밝히며 研究費를 支給하여 준 財團當局에 眞心으로 感謝를 드린다.

參 考 文 獻

1. Lightfoot, E. and Michael, D., "The Analysis of Ground-supported Open Circular Concrete tanks" (Part I) Civil Engineering and Public Works Review, December, 1963, pp : 1524~1527.
2. _____, "The Analysis of Ground-supported Open Circular Concrete Tanks" (Part II) Civil Engineering and Public Works Review, January, 1964, pp : 92~95.
3. _____, "The Analysis of Ground-supported Open Circular Concrete Tanks" (Part III) Civil Engineering and Public Works Review, September 1965, pp : 1307~1313.
4. _____, "The Analysis of Ground-supported Open Circular Concrete Tanks" (Part IV) Civil Engineering and Public Works Review, October, 1965, pp : 1503~1505.
5. Timoshenko, S. P. and Woinowsky-Krieger, S. "Theory of Plates and Shells" McGraw-Hill Book Co., New York.
6. Hinton and D. R. J. Owen "Finite Element Programming" Academic Press Inc., Ltd., 1977.
7. Zienkiewicz, O. C. "The Finite Element Method in Engineering Science" McGraw-Hill Book CO. Ltd., 1972.
8. Johnson, C. P. "The Analysis of Thin Shells by a Finite Element Procedures" Thesis for Ph. D. University of California, Berkeley Sept. 1967.
9. Sukhvarsh Jerath and Arthur P. Borezi "Stress Analysis of Bins by Shell Bendign Theory"

- Journal of the Structural Div., ASCE, Vol. 105, No. ST 5, June, 1979, pp : 1069~1087.
10. Bela Goschy "Soil-Foundation-Structure Interaction" Journal of the Structural Div., ASCE, Vol. 104, No. ST 5 May, 1978, pp : 749~766.
 11. Cheng, Y. K. and Zienkiewicz, O. C. "Plates and Tanks on Elastic Foundational Application of Finite Element, Method" Int. J. Solids Structures, 1965, Vol. 1, pp : 451~461.
 12. Davies, J. D. "Influence of Support Condition on the Behaviour of Long Rectangular Tanks" Journal of the American Concrete Institute, April 1962, pp : 601~608.
 13. John Duncan Davis, "The influence of support conditions on the behaviour of cylindrical concrete tanks", proc. of The Institution of civil Engineers, 1962, pp : 379~388. Y. K. CHEUNG, D. K. NAG, "Plates and beams on elastic foundation", Geotechnique, 18 : pp : 250~260.
 14. Otto J. Svec "Thick Plates on Elastic Foundations by Finite Elements" Journal of the Engineering Mechanics Div., ASCE, Vol. 98, No. Em 3, June 1976, pp : 461~476.
 15. Richard Bolton "Stresses in Circular Pates on Elastic Foundation" Journal of the Engineering Mechanics Div., ASCE, Vol. 98, No. Em 3, June, 1972, pp : 629~640.
 16. 송유진, "탄성지반상의 축대칭 프리스트레스드 콘크리트 탱크 해석에 관한 연구" 1984. 부산대학교 대학원 박사학위논문
 17. 조진구, 박병기, 조현영, "유한요소법에 의한 PC 농업용 사이로의 해석에 관한 연구 (I)" 한국농공학회지, 제23권 제4호 1981, pp : 60~74
 18. 조진구, 조현영, 박병기, "유한요소법에 의한 PC 농업용 사이로의 해석에 관한 연구 (II)" 한국농공학회지 제24권 제3호, 1982, pp : 73~83
 19. 조진구, 조현영, "지반과 구조물사이의 상호작용을 고려한 농업용 사이로의 해석에 관한 연구 (I)" 한국농공학회지 제27권 제2호, 1985, pp : 38~46
 20. 조진구, 조현영 "지반과 구조물 사이의 상호작용을 고려한 농업용 사이로의 해석에 관한 연구 (II)" 한국농공학회지 제27권 제3호, 1985, pp : 97~108