

앵커의 極限 支持力 變化와 破壞 舉動에 관한 研究

A Study on Variation of Ultimate Pullout Resistance and Failure Behavior for Vertical Plate Anchors in Sands

張 秉 郁 · 黃 明 洙
Chang, Pyoung Wuck · Hwang, Myung Soo

Summary

Model tests for the ultimate pullout resistance of anchorages and investigation of failure behaviors in cohesionless soil have been conducted. The factors affecting the anchorage are mostly the geometry of the system, and soil properties of sands.

The main conclusions of the experimental work were as follows.

1. The load - displacement relationship can be a form of parabolic curve for all plates.
2. The change in ultimate pullout resistance of anchor is mostly affected by embedment ratio and size of anchor, and influenced to a lesser degree by its shape.
3. Critical embedment ratio which is defined as the failure mode changes from shallow to deep mode is increased with increasing height of anchor.
4. For a constant anchor height, as the width of anchor increases the ultimate pullout resistance also increases. However, considering the efficiency of anchor for unit area, width of anchor does not appear to have any significant contribution on increasing anchor capacity.
5. Anchor capacity has a linear relation to sand density for any given section and the rate of change increases as the section increases. Critical depth determining the failure patterns of anchor is decreased with a decrease of sand density.
6. With increasing inclination angle, size of anchor, and decreasing embedment ratio, the ultimate pullout resistance of anchor under inclined loading is significantly decreased.
7. The ultimate pullout resistance of double anchor, a method of improving single of anchor capacity, is influenced by the center - to - center spacing adjacent anchors. It is also found that tandem and parallel anchor rigging arrangements decrease the anchor system capacity to less than twice the single anchor capacity due to anchor interference.

*서울대학교 農科大學

키워드 : 極限支持力, 埋設깊이 比率, 앵커, 臨界깊이, 깊은 앵커, 傾斜荷重, 앵커의 重複現狀

I. 緒 論

앵커는 地中에 埋入된 引張材의 先端部에 시멘트풀 혹은 시멘트 모르타의 注入에 依해서 앵커體를 만들고 그것이 引張材와 앵커頭部를 통하여 構造物과 力學的으로 連結된 것을 말하며 앵커의 引張材에 加해지는 荷重은 주로 앵커體에서 地中으로 전달되는 原理를 利用하고 있다.

그런데 이러한 앵커를 使用하는 構造物은 許容變位量에 의해 그 設計荷重이 制約을 받게 되는 바, 任意的 條件에서 앵커의 極限支持力과 그에 관련된 破壞舉動을 규명하기 위해 수 많은 研究가 進行되어 왔으며 一般的으로 앵커의 形態 및 크기, 埋設깊이比率(embedment ratio), 폭-높이比率(width to height ratio), 荷重作用方向, 앵커의 連結狀態, 앵커의 設置間隔 및 個數, 앵커의 表面摩擦, 흙의 다짐密度와 内部摩擦角 등이 앵커의 極限支持力 變化에 影響을 미치는 것으로 알려졌다.

지금까지 發表된 앵커의 支持力 試驗에 관한 研究는 大部分 얕은 깊이에 限定되어 왔고 Coulomb의 受動土壓理論을 利用하여 앵커의 支持力을 決定하는 既存의 一般的인 方法은 多少 非經濟的이라 할 수 있다. 또한 앵커의 極限支持力에 관계되는 것으로 알려진 作用因子間的 關係分析을 위한 各各의 試驗條件과 方法이 서로 不同으로 인하여 因子 全般에 대한 具體的인 試驗結果가 不足할 뿐만 아니라 現場에서의 試驗도 支持力과 變位量 測定에 局限되어 왔으며 理論的 分析보다 施工方法의 開發이 先行되었기 때문에 經驗的으로 處理되는 면이 많은 實情이다.

따라서 本 研究는 受動土壓理論을 基礎로 하여 앵커의 支持力에 對한 模型試驗을 實施하여 앵커의 極限支持力 및 破壞舉動에 影響을 미치는 作用因子間的 關係를 究明하고 앵커의 支持效率를 높이기 위한 斷面의 決定 및 設置條件 等の 基礎資料를 提示하는데 그 目的이 있다.

II. 앵커의 基本理論

Teng(9)에 依하면, 조립토의 地表面 附近($H/h \leq 1.5 \sim 2.0$)에 設置된 앵커(anchor plate)의 極限支持力은 式(1)과 같다.

$$P_u = B(P_p - P_a) \quad (B/h \approx \infty) \dots\dots\dots (1)$$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 \tan^2(45 + \phi/2) \dots\dots\dots (2)$$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \tan^2(45 + \phi/2) \dots\dots\dots (3)$$

여기서 P_u : 앵커의 極限支持力

B : 앵커의 폭

一般的으로 式(1)은 平面變形(plane-strain) 條件에 適合하며, $B/h \geq 5$ 인 경우가 이에 該當된다.

그러나 $B/h < 5$ 인 條件에서는, 앵커의 兩側面에서 發生하는 마찰저항의 影響을 考慮한 三次元的 破壞(three-dimensional failure)로 가정하여 極限支持力을 誘導하며 그 結果는 式(4)와 같다.

$$P_u = B(P_p - P_a) + \frac{1}{3} K_0 \cdot \gamma (\sqrt{K_p} + \sqrt{K_a}) H^3 \tan \phi \quad (H/h \leq 1.5 \sim 2) \dots\dots\dots (4)$$

여기서 K_0 : 靜止土壓係數 (≈ 0.4)

또한 $B/h \leq 1.5$ 인 데드맨(deadman)이나 粗粒土內에 埋設된 깊은 앵커(deep anchor)의 極限支持力은 式(5)와 같다.

$$P_u = C \gamma H^2 B K_p \quad (H/h > 6.5) \dots\dots\dots (5)$$

式(5)에서 係數 C 는 콘크리트블록과 같은 側面과 바닥의 마찰저항을 고려할 경우 $C=0.65$ 이며 (Smith(8), Tschobotarioff(10)), 금속판에 對하여 $C=0.5$ 가 適合하다.

한편 地表面에 上載荷重 q 가 作用할 경우의 極限支持力은 安全의 측면에서 상재하중의 영

항이 主動土壓에만 관여되는 것으로 보고 이를 나타내면 式(6)과 같다.

$$P_u = B(P_p - P_a) - qHK_a \quad (H/h \leq 2) \dots\dots (6)$$

類似한 例로 앵커의 破壞面을 對數曲線(log spiral)과 直線의 組合으로 가정하고 앵커上部의 흙이 上載荷重으로 作用한다고 생각하면 極限 支持力은 式(7)과 같다.

$$P_u = B(P_p - P_a) - \gamma h(H-h)K_a + \frac{1}{2}\gamma(H-h)^2(K_a - K_p) \dots\dots\dots (7)$$

이 方法은 앵커 上部에서 發生하는 전단저항을 無視하므로 埋設깊이가 작을때에는 實側値와 別 차이가 없으나 깊이가 增加할수록 安全側으로 된다. 보다 최근에 Neely(7)등은 Meyerhof(6)가 提案한 등가자유곡면법(Equivalent Free Surface Method)을 利用하여 알은 앵커의 이론적인 極限 支持力을 分析하였다. 이 方法에서는 앵커상부의 파괴면을 따라 剪面應力과 垂直應力이 作用하는 것으로 보았으나 실제 計算에 依하면 이러한 가정이 支持力에 미치는 影響은 크지

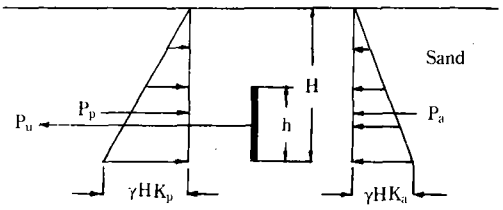


Fig. 1. Ultimate resistance of anchor plate in sand.

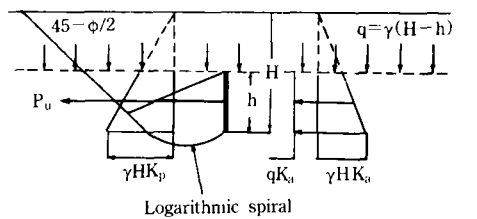
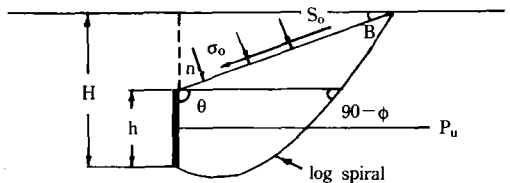


Fig. 2. Ultimate resistance of anchor plate with surcharge.



$$H/h = \frac{\sin \beta \cos \phi \exp(\theta \tan \phi)}{\cos(\phi + n)} + 1$$

$$S_o = \sigma_o \tan \phi \cdot m$$

Fig. 3. Ultimate resistance of anchor plate using equivalent free surface analysis.

않은 것으로 나타났다.(Fig. 3)
式(8)은 이 方法에 依한 極限 支持力이다.

$$P_u = Mr_q(\gamma h^2)BS' \quad (H/h < 5) \dots\dots\dots (8)$$

여기서 Mrq : 荷重係數(force coefficient)
S' : 形態係數(shape factor)

Das(3)는 荷重係數 Mrq가 埋設깊이比率 H/h와 對數關係라 하였고 앵커의 形態에 따른 極限 支持力을 算定하면 式(9)와 같다.

$$P_u = C\gamma(H/h)^n \cdot h^3 \dots\dots\dots (9)$$

여기서 C : 흙이 内部摩擦角과 관련된 定數
n : 指數

III. 材料 및 試驗方法

1. 材 料

試料로는 密度變化의 影響을 줄이기 위해 No. 20체를 거의 다 통과하고 No. 60체에 거의 다 남는 콘크리트용 모래를 使用하였으며 그에 대한 力學的性質은 Table-1과 같고 粗度분포는 Fig. 4와 같다.

各 試驗에 使用되는 앵커는 斷面이 원형, 正方形, 四角形인 것으로 두께 3 mm의 아크릴板을 잘라 版形(plate anchor)으로 製作하였다. 앵커 斷面의 指數는 圓形의 경우 直徑 30 mm, 45 mm, 60 mm이고 正方形은 30 mm×30 mm, 45 mm×45 mm, 60 mm×60 mm이며 四角形은 30

Table-1. Physical properties of sand tested.

| Specific gravity | Uniformity coefficient | Coefficient of gradation | Permeability coefficient cm/sec | Dry density | | Angle of friction deg. |
|------------------|------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------|------|---------------------------|
| | | | | max | min | |
| 2.67 | 2.14 | 1.05 | 0.045 | 1.73 | 1.37 | 37.9 |

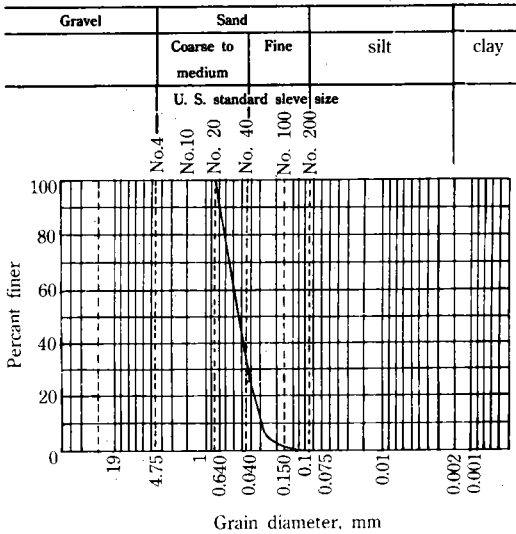


Fig. 4. Gradation curve of sand.

mm×45 mm, 30 mm×60 mm, 30 mm×90 mm 로 하였다. 荷重을 전달하는 鋼線과의 連結은 斷面中心部에 볼트와 너트로 固定하였다.

2. 實驗裝置

實驗裝置는 70 cm×70 cm×35 cm로 製作하고 前面은 實驗時의 觀察이 可能하도록 두께 5 mm의 아크릴板을 사용하였으며 兩側에 줄자를 붙여 깊이 測定에 容易하도록 하였다. Fig. 5는 실험장치의 概略圖를 보인 것이다.

3. 實驗方法

장(1)은 粒度가 高은 모래로 公중투하법(Plu-riation)에 의하여 公시체를 제작할 경우 公시체 내의 밀도 變化가 크지 않다고 하였으며, 본 시험에서도 일정량 的 모래를 정해진 높이로 낙 하하여 매층 8cm의 깊이로 부어 넣고 일정한 타격회수로 고르게 다져 일정한 밀도를 얻도록

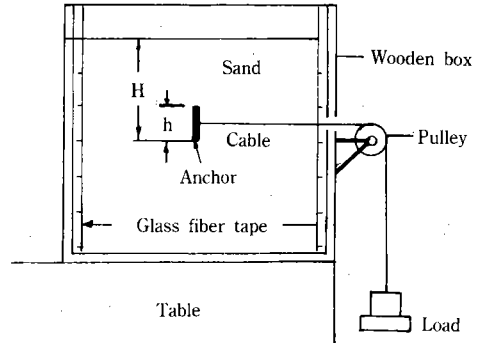


Fig. 5. Laboratory test setup for ultimate pullout resistance.

하였으며 다짐용 램머의 타격회수를 變化시키며 各各의 다짐條件에 對한 密度를 測定해, 密度 變化에 따른 試驗에서 利用할 수 있도록 하였다.

앵커는 埋設깊이比率 H/h를 1, 3, 5, 7, 9로 變化시키면서 極限支持力을 求하고 이에 對한 荷重-變位關係를 測定하였다. 荷重은 壓密試驗用 錐를 使用하였으며, 이에 따른 變位는 도 르래의 回轉軸으로 부터 케이블의 表示눈금이 이동한 距離를 測定하여 決定하였다. 여기서 極限支持力은 破壞가 일어나는 순간의 荷重값 으로 하고 이때의 變位를 破壞時의 總變位로 하였으며 케이블 自體의 變位量을 고려하여 補 正한 값을 適用하였다.

폭-높이比率 B/h는 1, 1.5, 2, 3으로 미리 固 定하였으며 密度는 다짐條件에 따라 5가지로 變化시켜 使用하였다.

傾斜荷重試驗에 使用한 앵커는 直徑 3 cm, 4.5 cm의 圓形斷面으로 埋設깊이比率 H/h=3.5에 對하여 荷重傾斜角을 수평과 0, 10, 20, 30度로 調節하면서 支持力試驗을 行하였다.

荷重傾斜角은 앵커의 中央部에 固定된 鋼線을 원하는 각도로 기울이고 앵커를 수직으로 不變 하도록 設置한 후 測定하였다.

複數앵커(Double anchor)의 支持力試驗에서 는 直徑 4.5 cm의 圓형앵커를 中心間거리 約10 cm의 直列(tandem anchor)과 並列(parallel anchor)로 連結하고 깊이에 따른 支持力 變化를 求하여 單一앵커(single anchor)의 경우와 比較 하였다.

앵커間의 연결은 直列의 경우 앞의 앵커(front anchor)에 鋼線을 固定하기 위해 使用한 볼트와 너트를 利用하여 뒤의 앵커를 연결하였으며, 並列의 경우에는 各 앵커의 支持軸을 하나의 고리로 연결하고 여기에서 荷重을 전달할 수 있도록 케이בל을 延長하였다.

IV. 結果 및 考察

1. 荷重과 變位の 關係

앵커의 荷重P와 그에 따른 變位 Δ를 破壞時의 極限荷重 P₀와 總變位 Δ₀로 나누어 無次元荷重 \bar{P} 와 變位 $\bar{\Delta}$ 의 形態로 만들고 여러 埋設깊이 (embedment depth)에서의 앵커形態에 따른 荷重과 變位를 계산하였다.

Fig. 6에서와 같이 실험치의 결과를 무차원 변위 $\bar{\Delta}$ 에 대해 無次元荷重 \bar{P} 의 平均曲線을 포물선으로 代表할 수 있다.

따라서 포물선의 一般公式을 適用하고 $\bar{\Delta}/\bar{P}$ 와 $\bar{\Delta}$ 의 關係를 나타낸 Fig. 7의 平均函數로 부터 未知數값들을 決定하면 앵커의 荷重-變位關係는 式(10)와 같다.

$$\frac{\bar{\Delta}}{\bar{P}} = m\bar{\Delta} + C \quad \dots\dots\dots(10)$$

여기서 $\bar{P} = P/P_0$

$\bar{\Delta} = \Delta/\Delta_0$

m, c = 상수

일반적으로 變數는 荷重이 增加함에 따라 比

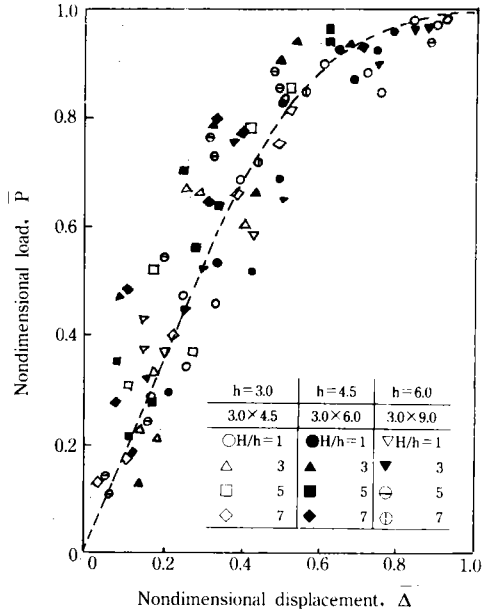


Fig. 6. Nondimensional load and displacement diagram for plate anchors.

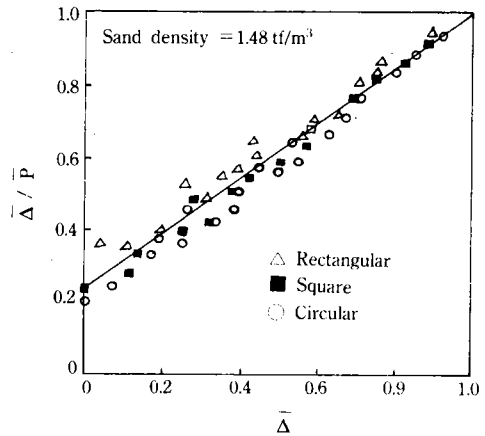


Fig. 7. $\bar{\Delta}/\bar{P}$ versus \bar{P} from average nondimensional load and displacement diagram.

例하여 增加하는 경향을 보이지만 以上の 結果에서 보듯이 荷重과 變位의 關係는 앵커의 形態 및 크기, 埋設깊이比較 H/h, 폭-높이比率 B/h에 關係없이 一定한 變化樣相을 나타낸다. 但, 形態에 따라 分布狀態를 약간의 差異를 보여

원형과 正方形의 경우에는 거의 같은 增加率을 보이고 四角形앵커와는 그 特性에 多少 차이가 있는 것으로 볼 수 있다.

2. 極限支持力の 變化樣相

앵커의 極限支持力이 흙의 密度와 앵커의 크기에 比例한다는 事實을 利用하여 그 값을 荷重係數($Mr_q = P_u/\gamma h^3$)의 形態로 나타내고 埋設깊이比率에 對하여 圖示하면 Fig. 8과 같다.

極限支持力은 埋設깊이比率 H/h 와 앵커의 크기 h 의 函數로서 앵커의 形態와는 관계없이 斷面의 높이 h 에 따라 變化樣相을 달리하는 것으로 나타났다. 즉 斷面의 높이가 같은 앵커는 極限支持力の 增加率이 一定하며 높이 h 가 커짐에 따라 그 增加率도 커지는 것을 알 수 있다.

Fig. 8에서 圓形앵커의 直徑 d 와 正方形 앵커의 높이 h 가 같은 경우의 極限支持力을 比較해 보면 ($h=d$), 圓形앵커의 支持力은 같은 높이 h 를 가진 正方形에 比較 約 17%의 支持力 減少가 發生하며 이는 圓形斷面이 같은 높이의 正方形斷面보다 $(1-\pi/4)$ 即, 21.5%가 작다는 事實과 比較하여 볼 때 同一面積에 對하여 圓形앵커가 正方形앵커보다 支持效率이 약간 큰 것으로 생각되며 이러한 結果로 부터 圓形앵커의 使用이 보다 有利할 것으로 判斷된다.

한편 四角形앵커의 支持力變化는 斷面의 높이 h 가 같은 ($h=3.0\text{ cm}$) 正方形앵커와 同一한 增加率을 보이며 폭 B 가 커짐에 따라 支持力이 增加되는 것으로 나타났으나 그 支持效率은 支持斷面의 增加에 比較 그리 크지 않은 값을 보이고 있다. 따라서 앵커의 斷面要素中 길이(폭) 方向의 增加보다, 높이 h 方向으로의 斷面設定이 極限支持力 增加에 더욱 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

3. 臨界깊이의 決定

Fig. 9에 앵커의 形態別로 無次元荷重 $P_u/\gamma h^3$ 과 埋設깊이比率 H/h 와의 關係를 나타내었다.

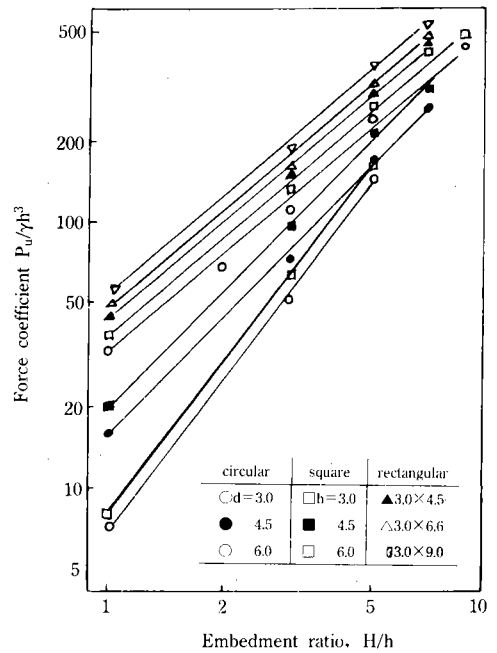


Fig. 8. Force coefficients for different plate anchors

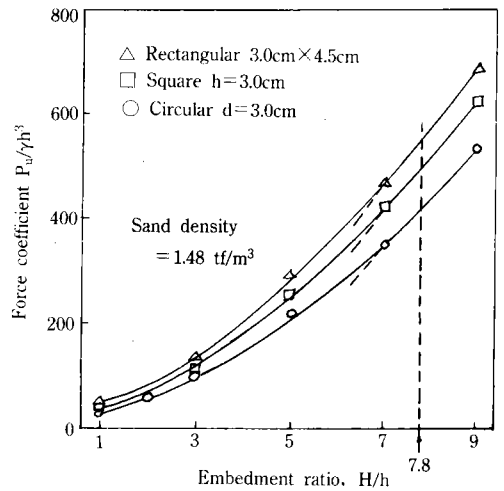


Fig. 9. Variation of nondimensional anchor load at failure $P_u/\gamma h^3$ with embedment ratio H/h .

여기서 앵커의 極限支持力은 埋設깊이에 따라 增加하고 支持力の 增加率은 H/h 가 7.8이 될때 까지 계속 增加하며 그 後 一定하게 된다. 即

앵커높이의 7.8배되는 깊이에서 앵커의 舉動이 얇은 앵커(shallow anchor)로부터 깊은 앵커로 變換되며 이 경우 埋設깊이가 7.8h인 곳이 바로 臨界깊이에 該當된다.

따라서 $H/h > 7.8$ 인 範圍에서의 極限支持力の 增加는 上載荷重만의 영향에 基因하는 것으로 思料된다.

앵커의 破壞領域을 圓形으로 假定할 경우 흙이 破壞時에 塑性變形을 하므로, 깊은 앵커(deep anchor)에 影響을 미치는 最大荷重은 $(H-2h)$ 部分의 上載깊이에 依한 것으로 그 밑부분에 存在하는 흙은 앵커의 支持力에 對해 理論적으로 直接的인 支持效果가 없으리라 생각된다.

한편 앵커의 높이 h 와 臨界깊이의 關係는 앵커의 높이가 커질수록 臨界깊이에 대한 埋設깊이比率이 減少하는 것으로 나타났으나 높이 h 의 增加와 더불어 이에 따른 實際깊이 H 는 상당히 증가하므로 앵커의 破壞舉動이 地表面에 影響을 미치는 與否의 問題는 흙의 性質 및 上載荷重의 影響을 고려하여 볼 때 埋設깊이比率이 比率의인 側面보다는 앵커上部의 實際埋設깊이에 더욱 큰 影響을 받을 것으로 判斷된다.

즉, 앵커의 臨界깊이를 決定하는 主要한 因子는 앵커의 斷面條件, 埋設깊이比率과 특히 埋設깊이의 絶對量이 크게 關여되는 것으로 思料된다.

4. 폭-높이比率(H/h , Width to height ratio)의 影響

앵커의 높이 h 를 一定하게 하고 폭 B 를 變化시키면서 極限支持力을 測定한 結果 Fig. 10에서 보는 바와 같이 一定한 높이($h=3.0$ cm)에 대하여 폭 B 가 增加할 수록 또한 埋設깊이比率 H/h 가 증가할 수록 앵커의 支持力이 커지는 것으로 나타났으나 單位面積上의 效率은 斷面增加에 비해 크게 改善되지 않음을 알 수 있다.

이것은 앞節에서 보인 바와 같이 四角形앵커의 支持力分布가 폭 B 에 關계없이 一定한 增加樣相을 보임으로 인해 相對적으로 效率이 減少하는

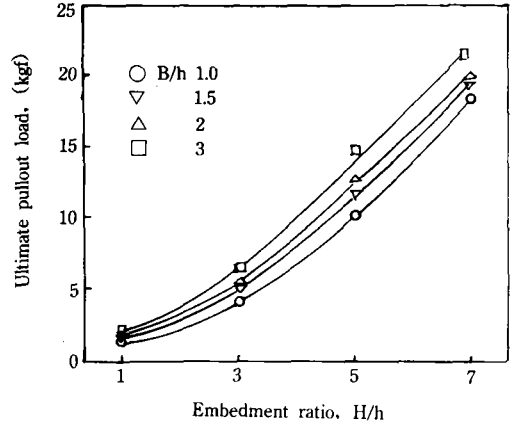


Fig. 10. Ultimate pullout load of rectangular plates.

것에 原因을 두는 것으로 생각된다.

이 結果를 Neely등이 試驗한 경우와 比較하여 보면 Neely등은 높이 h 가 5.1 cm인 四角形앵커를 使用하였으며 다짐管理가 1.62 tf/m²으로 $B/h=3$ 인 앵커는 $B/h=1$ 인 正方形앵커에 비해 約2배의 支持力을 나타내어 本 試驗보다는 높은 支持效率을 보이고 있다.

이러한 差異를 보이고 있는 理由는 實驗裝置 및 앵커의 크기등에서 緣由하는 치수효과(scale effect)와 支持力試驗의 基本條件인 密度의 차이에 基因하는 것으로 推定되며 斷面の 增加에 비해 支持力の 增加率이 낮은 것은 Neely의 경우나 本 試驗의 경우나 비슷한 樣相을 보이고 있다. 앞節에서도 言及한 바와 같이 四角形앵커는 同一面積의 앵커를 使用하더라도 길이보다는 높이方向으로 斷面을 늘리는 것이 效率上 有利한 것으로 思料된다.

5. 密度變化에 따른 影響

흙의 密度變化에 따른 極限支持力과 埋設깊이比率 Fig. 11에서 보듯이 埋設깊이比率이 增加하는 동안 極限支持力은 斷面の 크기에 關계없이 비슷한 增加樣相을 나타내며 단면이 커질수록 增加率도 커진다는 事實을 알 수 있다. 예를 들어

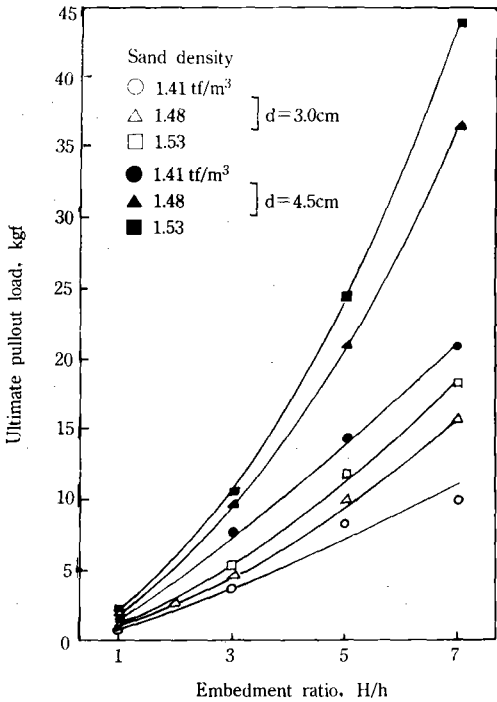


Fig. 11. Ultimate pullout load with different sand densities and embedment ratio H/h.

흙의 밀도를 1.41 tf/m³에서 1.53 tf/m³으로 증가 시킴에 따라 H/h=7에서 d=3.0cm인 경우에는 1.8배의 지지력 증가가 기대되며 d=4.5cm인 경우에는 2.1배의 지지력이 증가되는 것으로 나타났다. 이는 밀도의 증가와 더불어 모래粒子間的 마찰저항이 커짐으로 인한 내부應力の 증가와 앵커에 사용하는 土壓에 기인하는 것으로 생각된다.

또 하나 특이한 사실은 밀도가 작은 條件, 즉 $\gamma = 1.41 \text{ tf/m}^3$ 인 때의 埋設깊이比率 H/h=7에서 極限支持力이 平均增加率보다 작은 값을 보이는 點이다. 이러한 理由는 相對的으로 조밀한 모래에서는 荷重의 作用과 同時에 支持效果가 나타나지만 느슨한 모래는 破壞되기 前에 多少 다져지는 경향을 보이며 變位の 增加에 비해 支持力은 늘어나지 않는데 연유하는 것이다.

또한 이는 앵커의 破壞方式에 變化가 있는

것으로 解析할 수 있으며 實際로 H/h=7에서 깊은 앵커방식으로 破壞가 일어난 點을 勘案하여 볼 때 埋設깊이比率 7이하에 臨界깊이가 存在하는 것으로 判斷된다.

흙의 密度가 작아질수록 앵커의 破壞樣式을 決定하는 臨界깊이가 減少한다는 것을 알 수 있다.

任意的 條件에서 密度變化가 極限支持力에 미치는 影響은 Fig. 12에서는 앵커의 支持力 相對密度에 比例하여 直線的으로 增加하는 것으로 나타났으며 이는 앞 節에서 言及한 極限支持力 公式에 密度가 一次的으로 比例한다는 事實과도 一致하는 것임을 알 수 있다.

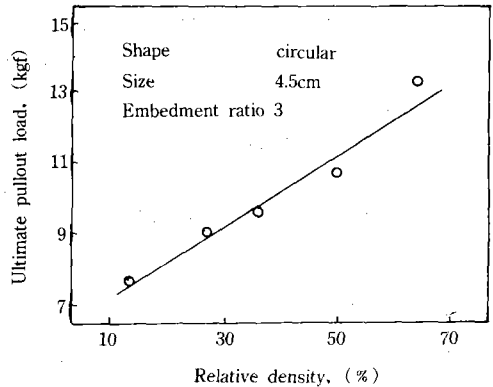


Fig. 12. Variation of load at failure with different relative densities.

6. 傾斜荷重을 받는 앵커의 支持力 變化

水平荷重이 作用할 경우의 極限支持力 P_u 값에 대한 傾斜荷重을 받는 圓型앵커의 支持力 $P_{u\theta}$ 값을 0에서 30도의 傾斜範圍內에서 Fig. 13에 圖示하였다.

荷重作用方向의 경사가 增加할수록 極限支持力이 큰 幅으로 減少하여 이때 傾斜의 作用과 더불어 10度에서 約 20%의 支持力 減少로 가장 큰 減少率을 보이고 그 影響은 점차 줄어드는 것으로 나타났다. 또한 支持力의 減少比率은

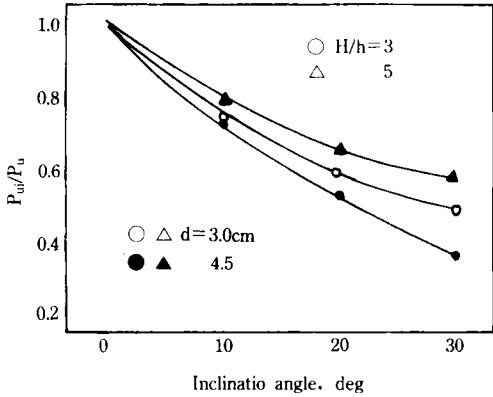


Fig. 13. Nondimensional ultimate pullout resistance for inclined circular anchors.

앵커의 斷面이 크고 埋設깊이가 작은 경우에서 보다 뚜렷한 樣相을 보이며 埋設깊이比率 H/h 이 增加할수록 줄어들어 $H/h=5$ 에서는 斷面의 크기에 관계없이 거의 一定한 것으로 나타났으나 $H/h=5$ 의 30度 傾斜에서 最大支持力의 約 60% 밖에 부담하지 못하므로 앵커의 連結狀態와 관련된 回轉變位가 앵커의 破壞에 主要한 因子로 作用하리라 생각된다.

이 結果를 Das가 試驗한 경우와 比較하여 보면 Das는 四角形앵커를 使用하여 앵커에 傾斜를 주어 固定하고 水平荷重을 加하는 方式로 앵커自體의 傾斜가 極限支持力에 미치는 影響을 分析하였으며 이 경우에도 傾斜의 增加와 더불어 支持效率이 크게 줄어드는 것으로 나타났다.

따라서 앵커의 傾斜가 支持力 變化에 미치는 影響은 Das의 경우나 本 試驗의 경우나 同一하다고 볼 수 있으며 이는 荷重作用方向에 對하여 앵커斷面이 기울어짐으로 인한 絶對支持面積의 減少와 앵커支持部의 滑動에 따른 摩擦抵抗力 減少에 依한 것으로 判斷된다.

7. 複數앵커의 支持力 變化

Fig. 14에 보인 結果에서 並列앵커는 直列앵커보다 支持效率이 높은 것으로 나타났으나 複數로 設置된 앵커는 모두 單一앵커(single an-

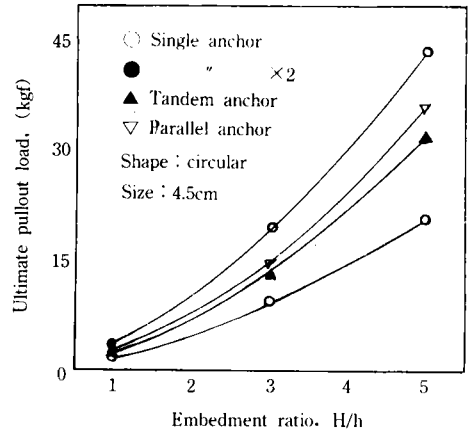


Fig. 14. Double anchor capacity to embedment ratio H/h .

chor)의 2배보다 작은 支持力 分布를 보이고 있다.

이러한 事實은 並列앵커의 경우, 破壞面이 相互干涉을 일으켜 支持效率이 減少하기 때문이며 直列앵커에서는 앞의 앵커(front anchor)가 破壞되며 교란시킨 흙속으로 뒤의 앵커(rear anchor)가 따라 들어감으로 인한 破壞面 重複現狀에 그 原因을 두는 것으로 생각된다.

即, 複數앵커의 支持力은 앵커間의 中心間隔에 크게 左右되므로 複數앵커의 支持效率을 높이기 위해서는 各各의 앵커가 獨立的으로 作用할 수 있도록 維持하는 것이 必要하며 並列앵커의 경우에 平行으로 設置하는 것보다 支持깊이를 각기 달리하는 방법이나 直列앵커에서 中心間隔을 增加시킴으로써 支持改善效果가 있을 것으로 豫想된다.

V. 結 論

1. 一般的으로 變位 $\bar{\Delta}$ 는 荷重 \bar{P} 가 增加함에 따라 比例하여 增加하는 傾向을 보이며 荷重의 變位の 관계는 앵커의 形態 및 크기, 埋設깊이比率, 폭-높이比率에 관계없이 一定한 變化樣相을 나타내고 $\bar{\Delta}/\bar{P} = m\bar{\Delta} + C$ 의 식으

로 대표된다.

2. 앵커의 極限支持力은 埋設깊이比率 H/h 와 앵커의 크기 h 의 函數로서 앵커의 形態와는 關係없이 斷面의 높이에 따라 支持力 增加率에 差異가 發生함을 알 수 있다.

3. 水平荷重에 의한 支持力 試驗 結果, 斷面의 높이 $h=3.0$ cm인 앵커는 높이의 7.8배되는 깊이에서 앵커의 舉動이 얕은 앵커方式으로부터 깊은 앵커方式으로 變換되며 높이 h 가 커질수록 臨界깊이比率이 減少하는 傾向을 보이고 있다.

4. 一定한 斷面높이에 대하여 폭 B 가 增加할 수록 앵커의 支持力이 커지는 것으로 나타났으나 單位面積上의 效率은 오히려 減少하므로 四角形앵커의 폭 B 는 높이 h 만큼 極限支持力에 미치는 영향이 크지 않은 것으로 判斷된다.

5. 同一斷面에서 앵커의 支持力은 密度變化에 比例하여 直線的으로 增加하는 樣相을 보이며 斷面이 커질수록 增加率도 커진다는 事實을 알 수 있다. 또한 흙의 密度가 작아질수록 앵커의 破壞舉動을 決定하는 臨界깊이가 減少하는 것으로 나타났다.

6. 앵커의 回轉變位가 支持力 減少에 미치는 영향은 荷重作用方向의 傾斜가 增加할수록, 앵커의 斷面이 크고 埋設깊이比率이 작을수록 顯著하다.

7. 單一앵커의 容量을 補完하기 위한 方法으로서 複數앵커의 支持力은 各 앵커間의 中心間隔에 크게 左右된다.

參 考 文 獻

1. 장병욱(1987), Density Variation within Spe-

cimen as Affected by Vibration, 대한토질공학회지 3(3).

2. Bowles, J. E. (1985), Foundation Analysis and Design, 3ed., McGraw-Hill Co., Inc., N. Y.
3. Das, B. M. (1975), Pullout Resistance of vertical Anchors, ASCE, Vol. 101, No. GT1, pp. 87 - 91.
4. Das, B. M. and Seeley, G. R. (1975), Passive Resistance of Inclined Anchors in Sand, ASCE, Vol. 101, No. GT3, pp. 353 - 356.
5. Das B. M. and Seeley, G. R. (1975), Load - Displacement Relationship for Vertical Anchor Plates, ASCE, Vol. 101, No. GT7, pp. 711 - 715.
6. Meyerhof, G. G. (1973), The Uplift Capacity of Foundations under Oblique Loads, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 10, No. 1, pp. 64 - 70.
7. Neely, W. J., Stuart, J. G., and Graham, J. (1973), Failure Loads of Vertical Anchor Plates in Sand, ASCE, Vol. 99, No. SM9, pp. 699 - 685.
8. Smith, J. E. (1975), Tests of Concrete Deadman Anchorages in Sand, ASTM STP 206, pp. 115 - 132.
9. Teng, W. C. (1962), Foundation Design, Prentice - Hall, Englewood Cliffs, N. J.
10. Tschebotarioff, G. P. (1962), Retaining Structures, Chap. 5 in Fdn. Engineering, McGraw - Hill, N. Y., pp. 466 - 468.