

III-218 粒状地盤の管埋設による すべり面の変化と地盤応力

摂南大学 工学部 正員○井上 治
近畿測量専門学校 正員 小林和夫

1. はじめに

最近、都市の再開発に伴い地下掘削が多く行われるようになってきた。地下掘削に伴うすべり領域に埋設管などの地下構造物があると危険である。また、すべり面が変化すると地盤内の応力分布が変化すると考えられる。しかし、粒状地盤のすべり面付近に管を埋設したときのすべり面の変化を調べた研究¹⁾は少ないようである。そこで、粒状地盤の要素実験として、二次元モデルの土圧測定装置を用いて、すべり面付近に管を埋めて壁体を移動させ、このときに起こるすべり面の変化の状況と、すべり面上の応力変化がすべり面周辺の地盤に及ぼす影響について実験的に調べてみた。

2. 実験概要

図-1は、すべり面発生装置である。前面の壁板を前方に移動させることにより、すべり面を二次元的に観測することができる。壁板に作用する土圧（主働土圧）の測定はロードセルで、またすべり面が発生するときの地盤応力はアルミ丸棒の長さと同じ寸法に製作した圧力計を、装置の壁面から 60, 120 および 180mm 離れた底面の位置に配置した各点で測定した。地盤は3種類のアルミ丸棒（径 1.2, 3, 5mm、長さ70mm）を重量比 5 : 7 : 8 の割合で混ぜて 200 mm の高さに積み上げた（ $\gamma_s = 2.2 \text{gf/cm}^3$, $\phi \approx 30^\circ$ ）。すべり面発生試験は、仮定すべり面の傾斜を 60° とし、各実験で図-2に示すように管を、①すべり領域内（ $H=2D$ ）、②すべり面上（ $H=3D$ ）、および③すべり領域外（ $H=4D$ ）に埋設して順次行った。ここで、 H は土被り厚さで、管の直径は $D=32\text{mm}$ である。また、写真の撮影は、壁板を前方に 0.25mm 移動する毎に行った。

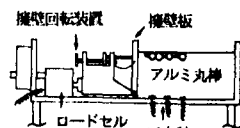


図-1 すべり面発生装置

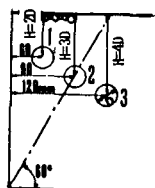


図-2 管の埋設位置



図-3 壁板の移動と主働土圧

3. カメロン効果による測定

この方法は、これまで報告してきた測定法と同様にアルミ丸棒が動く状況を一台のカメラで連続的に撮影し、互いに続く2つの時点での2枚の写真を実体視して水平・鉛直（ X, Y ）の移動量を測定するものである。

4. 実験結果と考察

(1) 壁面の移動と土圧

図-3は、壁板の移動と土圧（主働土圧）との関係をプロットしたものである。各埋設管とも主働土圧の発生時点は多少異なっているが、主働土圧は移動量が 2.25mm 以降ですべて発生しているものと思われる。また、主働土圧の大きさは、管の位置②の場合（ $H=3D$ ）が最も大きく、①の場合（ $H=2D$ ）が最も小さくなっている。

(2) 等移動量曲線（ X, Y ）とすべり面

図-4, 5は管の埋設位置①（ $H=2D$ ）で、壁板の移動前と主働土圧が発生した時点の写真を用いて測定した X, Y 等移動量曲線を示したものである。粒状土のひずみは、これまでの報告では微小ブロックの4端点について ΔX_i , ΔY_i ,

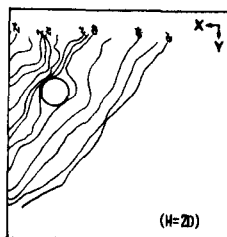


図-4 X-成分の等移動量曲線

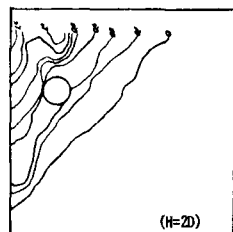


図-5 Y-成分の等移動量曲線

Osamu INOUE, Kazuo KOBAYASHI

の両成分を測定し、式 $v = \epsilon_x + \epsilon_y$ から求めてきた。ここでは、X, Y両曲線を、図-6, 7および8のように、重ね合わせた曲線のもつ特性から、すべり面を求めてみた。すべり面は、曲線間隔の狭いX, Y両曲線の重なる点を結んだ面とすると、図中の記号 Δ の付近で示される。図-9は、すべり面の傾斜角（ θ ）と主働土圧（P）との関係を示す。この図から、すべり面と土圧とを比較すると、管をすべり面上に埋設すれば土圧が最大になり、すべり面から離れると土圧の減少が認められる。

(3) 地盤応力の変化

すべり面の発生に伴う地盤応力は、図-10に示すように、すべり面上の微小三角要素の釣り合い条件から、 $p_h = \sigma + \tau \tan \theta$, $p_v = \sigma - \tau \cot \theta$ で表すことができる。ここで、 p_v , p_h は垂直・水平応力で、また σ , τ はすべり面上の垂直・せん断応力である。いま、壁の移動に伴い静止状態（ p_h ）から主働状態（ p_v ）に変わった時点で、すべり面上では $p_h > p_v$ となる。応力差を $\Delta p_h = p_h - p_v$ とし、 $p_v / p_h = \alpha$ とすると、 $\Delta p_h = p_h (1 - \alpha)$ となる。ここで、 $p_h / p_v = \Delta p_h / \Delta p_v = K$ とおけば、垂直応力の変化量は $\Delta p_v = p_h (1 - \alpha) / K$ で表される。この式から、すべり面の変化に伴い、地盤の垂直応力が変わることがわかる。

ここでいう地盤応力は、底板に取り付けた3個の圧力計で測定した垂直応力である。この圧力計の検定は、地盤を10mm積み上げる毎に圧力を測定して、図-11に示す換算図を作成して行った。

すべり面の発生に伴う地盤内応力の変化は、3個の圧力計の取り付け位置と、主働土圧が発生した時点の地盤内応力（換算高さで表す）との関係で示せば、図-12の通りである。

すべり面の発生に伴うその面上のせん断力と垂直応力の増加の予測は、静止土圧から主働土圧への土圧の減少でみることが出来る。図-12から、地盤内応力は、管の埋設位置にかかわらず、すべり面に近い方が大きく、面から離れるに従い減少する傾向がみられる。しかし、地盤応力とすべり面の変化の関係については、今後の研究課題である。

5. おわりに

本実験から、

- (1) すべり面の状況はX, Y等移動量曲線からみられる、
- (2) すべり面の土圧が最も大きい、
- (3) 管の埋設で、すべり面の変化に伴い地盤応力が変化

することがわかった。

謝辞 実験に協力頂いた摂南大学学生小倉吉弘、高田太、橋本哲生の諸君に謝意を表す。

参考文献

- 1) 井上／小林：すべり面付近への管の埋設に伴うすべり面の変化について；土木学会第41回年次学術講演会

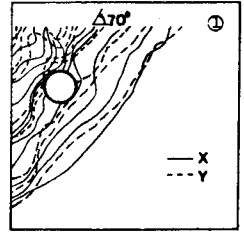


図-6 X-Y 重ね合わせ曲線

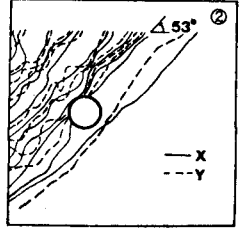


図-7 X-Y 重ね合わせ曲線

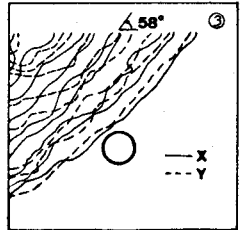


図-8 X-Y 重ね合わせ曲線

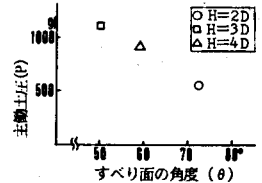


図-9 θ とPとの関係

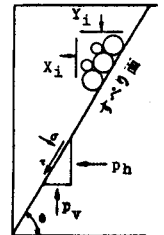


図-10 つり合いモデル

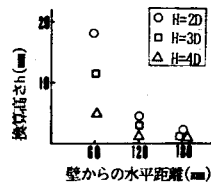


図-12 圧力計の位置と地盤内応力

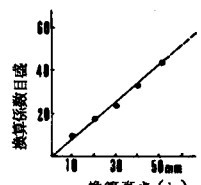


図-11 圧力計の検定