

鹿島建設技術研究所 正員 保国 光敏

石谷 尹利

正員 ○菅 好徳

1. はじめに

土留の壁に作用する土圧として切バリ荷重から求めた Terzaghi-Peck の修正土圧分布の土圧式は土留めの構造条件、施工条件などによる要素を補正係数 m で調整するようにした点に意義が認められているが、この補正係数 m の値の決め方については現在のところ具体的な決め方がないように、土圧式に土留めの構造条件、施工条件を具体的に導入することが出来ないのが現状である。

そこで今回、上の二つの条件の内土留めの構造条件に注目して、土留め土圧におよぼす影響について調べてみた。その結果、粘性土地盤においてこれまでに各工事現場で実施された壁面土圧計による土留め土圧の測定結果を、土留めの構造条件として掘削深度、掘削断面の大きさを用いて整理したところ興味ある結果を得ることが出来たので、ここに報告する。

2. 測定例と整理方法

これまでに土留め工事において実施された測定例は、その工事規模のためか掘削断面の大きい掘削深度の深いものが大部分である。ここでは掘削断面、土性値等が比較的明瞭に記述してある表-1 の 5 つの測定例を用いて、地盤の強度、掘削深度、掘削断面の大きさを要因に以下の手法で整理した。

a) 実測土圧の分布はバラツキが見うけられるため近似曲線で分布形状を推定した後、掘削面 Z の位置で土留め壁に作用している土圧を読み取った。

b) 土の強度は内部マサツ角 ϕ を無視し、粘着力 $C = \gamma u/2$ を採用した。

c) 測定土圧は $P = \gamma \cdot Z - Nc \cdot C$ (Nc : 粘着力係数) で整理した。

d) 実測例はすべて矩形断面であるので掘削断面の大きさは換算半径 $R_0 = 2(l_1 + l_2)/\pi$ (l_1 : 長辺, l_2 : 短辺) で表した。

3. 掘削深度、掘削断面の大きさが土留め土圧におよぼす影響

測定例を掘削深度 Z と掘削断面の大きさ

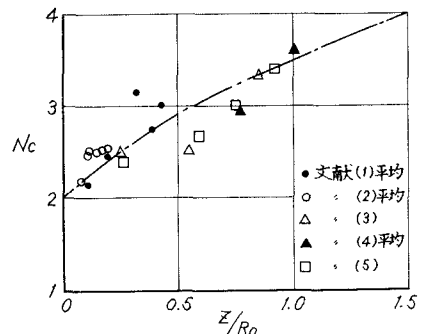
R_0 で粘着力係数 Nc について整理すると図-1 の関係が得られる。

図-1 はデータに幾分のバラツキがあるものの Z/R_0 と Nc はある一定の関係を持ち、土留め土圧が掘削深度と掘削断面の大きさに影響を受けるという結果が得られた。

今回の整理では比較的大断面の掘削工事の測定例を用いているために Z/R_0 が小さく Nc も 4 程度までしか変化していないが、小断面の掘削工事においては Z/R_0 が大きくなるため Nc がもっと大きな値を示すものと推測でき、特に小断面掘削工事の土留め土圧を考える場合には土圧式に土留めの構造条件として掘削深度と掘削断面の大きさを考慮する必要があると考えられる。

表-1. 検討に使用した参考文献

参考文献	掘削断面の大きさ (m)	掘削深度 (m)
1. 古藤田他: 軟弱地盤における山趾の諸測定について、オ8回土質工学研究発表会講演集 1973, PP 721~724	55.0 × 22.0	13.1
2. 岡沢他: 土留め壁として地中壁にかかる外圧と内部応力の測定と現場への反映、土と基礎, Vol. 22, No. 11, 1974 PP 53~62	340.0 × 17.0	21.2
3. 黒柳他: 軟弱地盤におけるRC山止め壁の変位と土圧の測定例、オ9回土質工学研究発表会講演集 1974 PP 785~789	53.7 × 23.7	21.0
4. 山肩他: 掘削にともなう鋼管矢板壁の土圧変動土と基礎, Vol. 15, No. 5 1967 PP 29-30 および No. 6, 1967 PP 7-16	29.5 × 9.1	12.4
5. 瀬谷他: 市街地の地下発電所における根切り工事基礎工, Vol. 2, No. 2, 1974, PP 30~60	50.3 × 21.6	21.0

図-1 Nc と Z/R_0 の関係

4. 掘削深度と掘削断面の大きさを考慮した土留め土圧式

図-1で求められた関係がもっと掘削断面の小さなものに対しても成立すると考え、掘削深度と掘削断面の大きさを考慮した土留め土圧式を図-2の円形立坑周囲の土の応力状態より推定してみる。

立坑周囲に沿うせん断応力を無視すれば、立坑周囲に出来る塑性域における平衡方程式は(1)式で表わされる。

$$\frac{\partial \sigma}{\partial R} + (\sigma_r - \sigma_\theta)/R = 0 \quad \text{----- (1)}$$

(1)式を最大主応力 σ_θ と最小主応力 σ_r の関係

$$\sigma_\theta = \sigma_r + 2C \quad \text{----- (2)}$$

と塑性域の境界 $R=R_0$ における塑性平衡式を

$$\sigma_r = \gamma_t \cdot Z - 2C \quad \text{----- (3)}$$

として解くと、立坑の孔壁に作用する応力は(4)式で求められる。

$$\sigma_{r0} = \gamma_t \cdot Z - 2C \{ \ln(R_e/R_0) + 1 \} \quad \text{----- (4)}$$

(4)式中の R_e/R_0 を表-1の測定例より σ_{r0} =測定土圧として整理すると、図-3になり(5)式の関係が得られる。

$$R_e/R_0 - 1 = 1.14 Z/R_0 \quad \text{----- (5)}$$

(5)式を(4)式に代入すると、(6)式の土圧式が得られる

$$\sigma_{r0} = \gamma_t \cdot Z - 2C \{ \ln(1.14 Z/R_0 + 1) + 1 \} = \gamma_t Z - N_c \cdot C \quad \text{---- (6)}$$

5. 小断面掘削工事の測定結果⁽⁶⁾への適用

(6)式で算定される土圧を、 Z/R_0 が大きくなるために土留め土圧が大きな変化を示すであろうと推測できる小断面掘削工事に適用し、実測土圧値と比較する。

比較のために採用した測定例は図-4に示す軟弱粘性土地盤に円形立坑を掘削した場合の土圧測定結果で、測定された土圧は地盤の深度方向に土カブリ圧が増大するにもかかわらず作用土圧は比例して大きくならない。一般に考えられる土圧分布と異った形状を示しているのが特徴である。

(6)式をこの工事に適用して算定した土圧は図-4に示すもので、掘削断面が小さいため掘削深度の増大につれ Z/R_0 が非常に大きくなり N_c も大きくなって、標高-20ft以下では土圧は掘削深度の増大にもかかわらず低下し、実測土圧と良い対応を示す。この比較では矩形

断面から得られた結果を円形断面に適用した点や、(6)式の作成に当ってのデータが少ないという問題点があったにもかかわらず、小断面掘削工事において測定された一般の分布形状と異なる土圧をもうまく説明出来る結果を得て、掘削深度と掘削断面の大きさを土留めの構造条件として土圧式に導入することが出来たと考えられる。

6. おわりに

今回実施した土留め土圧の測定結果の整理より、土留め土圧は掘削深度と掘削断面の大きさに関係することがわかり、特に小断面掘削工事においてはこれらの影響を充分に加味する必要が認められた。

今後はさらにデータの蓄積をはかり、より定量的な土圧の算定が出来るように検討を進めたいと思っている。

参考文献

(6) Peck & Sidney Berman, Measurements of Pressures against a Deep Shaft in Plastic Clay, 2nd Int. Conf. S.M. & F.E Vol III 1948

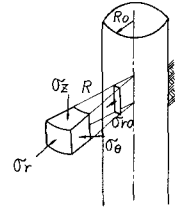


図-2 立坑中心より距離 R の土塊に作用する応力

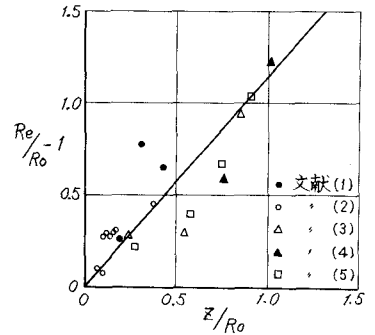


図-3 $(R_e/R_0 - 1)$ と Z/R_0 の関係

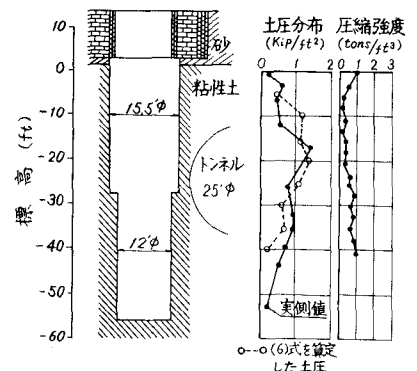


図-4 文献(6)の土圧測定結果と(6)式で算定した土圧の比較