

不動建設株式会社 正員 水野 恭男
 不動建設株式会社 正員 寺田 正治
 不動建設株式会社 正員 〇坪井 英夫

粘性土地盤にコンポーザーを打設したような複合地盤の土圧のとり方が従来より問題にされてきているが、本報ではこの土圧を算定するにあたって、土理論的に力のつりあい式より解を求め、さらにこれを震度法に従って地震時の土圧式を求めた。

I. 常時の複合地盤土圧式

スベリ面全体にコンポーザーパイルが打設されているものとし、

図-1におけるスベリ面方向の力のつりあい式は次式で与えられる。

$$P_p^A \cos \beta \pm T = (Q + W) \sin \beta \quad (1)$$

(上号：主働の場合，下号：受働の場合)

ここに、 $T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$ ， $T_1 = (1 - Fr) \cdot CH / \sin \beta = A_1 H / \sin \beta$

$T_2 = Fr \tan \phi_s W \cos \beta = A_2 W \cos \beta$ ， $T_3 = A_2 \mu_s Q \cos \beta$ ， $T_4 = A_2 P_p^A \sin \beta$ ， $W = \frac{1}{2} \bar{\gamma} H^2 \cot \beta$ ， $Q = \gamma H$ ， γ ：上載荷重， Fr ：コンポーザーの圧入率， C ：平均的な原地盤粘着力， $\bar{\gamma}$ ：平均単位体積重量 $\{(1 - Fr) \gamma_c + Fr \gamma_s\}$ ， γ_c ：原地盤の γ ， γ_s ：コンポーザー-砂杭の γ ， n ：応力分担比， μ_s ：応力集中係数 $\{n / \{1 + (n - 1) Fr\}\}$ ， β ：崩壊角， ϕ_s ：砂杭の内部摩擦角， $A_1 = (1 - Fr) C = \bar{C}$ ， $A_2 = Fr \tan \phi_s = \tan \bar{\phi}$

(1)式を P_p^A に関して整理し、 P_p^A を最大にするように β を定め、 P_p^A を求めると次式が得られる。

$$P_p^A = \frac{\mp A_3 X_p^A \pm A_2 X_p^A \mp A_1}{X_p^A \pm A_2} \cdot H \quad (2)$$

ここに、 P_p^A ：主働土圧(上号)， P_p ：受働土圧(下号)， $X_p^A = \mp A_2 + \sqrt{A_2^2 + A_6^2 / A_5}$ ， $A_3 = \frac{1}{2} \bar{\gamma} H + \gamma$ ， $A_4 = \frac{1}{2} \bar{\gamma} H + \mu_s \gamma$ ， $A_5 = A_1 + A_2 \times A_4$ ， $A_6 = A_1 + A_2 \times A_3$ ， $\beta_p^A = \cot^{-1} X_p^A$

(2)式中、応力分担比を考慮しない方が安全側の結果を与えることになるので、

(2)式を応力分担比 n の効果を無視し、土圧強度の式として求めると次のようになる。

$$P_p^A = K_p^A (\gamma h + \gamma) \mp 2 \alpha_p^A C \quad (3)$$

ここに、 $K_p^A = \tan^2 \left\{ \frac{\pi}{4} \mp \frac{1}{2} \tan^{-1} (Fr \tan \phi_s) \right\}$ ， $\alpha_p^A = (1 - Fr) \tan \left\{ \frac{\pi}{4} \mp \frac{1}{2} \tan^{-1} (Fr \tan \phi_s) \right\}$

II. 地震時の複合地盤土圧式

水平震度 k_h ，鉛直震度 k_v とすると震度法に従えば地震合成角 θ_0 は次のように表わされる。

$$\theta_0 = \tan^{-1} \{ k_h / (1 - k_v) \} \quad (4)$$

図-2に示すように土塊全体を θ_0 だけ傾け、常時の場合と同様にして求めると次のように表示される。

$$P_{PE}^{AE} = A^* K_{PE}^{AE} \quad (5)$$

ここに、 K_{PE}^{AE} は地震時複合地盤の主働土圧係数および受働土圧係数であり以下のように計算される。

$$K_{PE}^{AE} = \frac{Z_p^A [\cos(\bar{\phi} - \theta_0) \mp Z_p^A \sin(\bar{\phi} - \theta_0)] \mp \alpha (Z_p^A + 1)}{(Z_p^A \cos \bar{\phi} \pm \sin \bar{\phi})} \quad (6)$$

$$Z_p^A = \cot(\beta - \theta_0) = \mp \tan \bar{\phi} \pm \sec \bar{\phi} \sqrt{\frac{\cos \theta_0 \sin \bar{\phi} + \alpha}{\sin(\bar{\phi} - \theta_0) + \alpha}} \quad (7)$$

$$\alpha = 2 \bar{C} \cos \bar{\phi} / (1 - k_v) (\bar{\gamma} H + 2 \gamma) \quad (8)$$

$$A^* = \frac{1 - k_v}{2 \cos \theta_0} (\bar{\gamma} H^2 + 2 \gamma H) \quad (9)$$

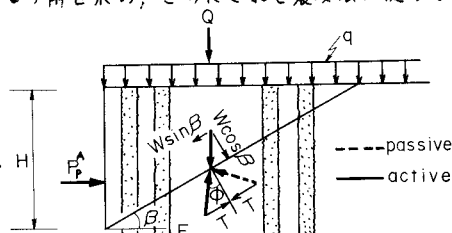
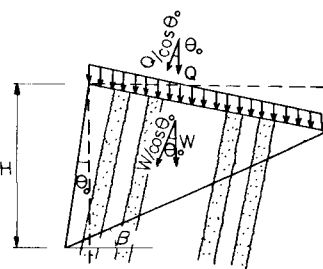
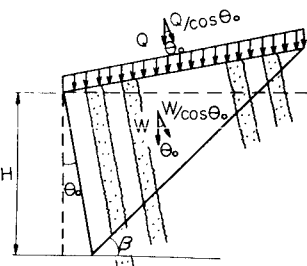


図-1 常時の土塊の釣合



(a) active



(b) passive

図-2 地震時の土塊の釣合

Ⅲ. 算定図表

(3) 式の K_p , α_p は砂杭の内部摩擦角, 圧入率の関数であり図-3に示される。

地震時においては(5), (6), (7)式から明らかなように F_v , ϕ_s , θ_0 , α ($C, \bar{\sigma}, k_0, \bar{\gamma}, H, \delta$) の関数であることより, K_{AE} , K_{PE} と α との関係を示すと図-4のように示される。なお, 同図においては, 施工実績より, $F_v = 0.3, 0.5$ の場合は $\phi_s = 30^\circ$ とし, また $F_v = 0.7$ の場合は $\phi_s = 35^\circ$ とし計算している。

(3) 式はランキンの式に一致し, (5) 式は $C = 0$ としたとき物部の式に一致している。

Ⅳ. 施工例

大阪南港において, 埋立軟弱地盤 ($C = 1.6 \text{ t/m}^2, \gamma = 1.5 \text{ t/m}^3$) の山留めにコンポーザーを施工した例をあげる。図-5および図-6は, それぞれ矢板の曲げモーメント図, 変位図である。本例は, コンポーザーを掘削側(受働側)に施工した場合であり, 図中の計算値には(3)式より求めた受働土圧 ($K_p = 1.5, \alpha_p = 0.83$) を使用した。側圧は切梁の軸力の実測値にもとづいて側圧係数 $K = 0.8$ とし, また, 7.8m 以深では矢板下端 -24.0m にて零となるように漸減して作用させた。曲げモーメント, 変位の実測値と計算値は比較的良好な一致を示しているといえる。ここでは省略したが, 切梁の軸力についても同様に実測値と計算値は良好な一致を示している。なお, コンポーザーを施工しなかった場合を想定して計算を行なうと, 3段目の切梁の応力が許容値を越えり結果となった。

Ⅴ. あとがき

今回, 複合地盤の土圧式を土楔論にしたがって誘導し, 本提案式を利用して実測値との対応を行ない若干の検討を加えた。本例では, 実測値と複合地盤の土圧提案式による計算値と比較的良好な一致をみたが, 圧入率(置換率)が低い場合については本提案式の適用に十分な注意を要する。また, 地震時の土圧については, 土楔論によっているために解析不可能な領域が存在し, 他の理論解析を導入する必要がある。最近では, コンポーザーの置換率の比較的大きな場合における土圧軽減への適用が次第に多くなっている。これは複合地盤の土圧式によって計算されているが, 実測値との対応は不充分であり, 今後さらにデータを集積して本提案式の実用性について検証してゆきたい。

参考文献

- 1) 森下, 水野, 岩崎, 沢井: 「複合地盤の土圧に関する一考察」, 第11回土質工学研究発表会, 1976, PP. 717 ~ PP. 720
- 2) 森下, 木阪, 坪井, 神田: 「複合地盤の実施例に基づく設計諸数値の安全率に与える影響」, 第10回土質工学研究発表会, 1975, PP. 323 ~ PP. 326

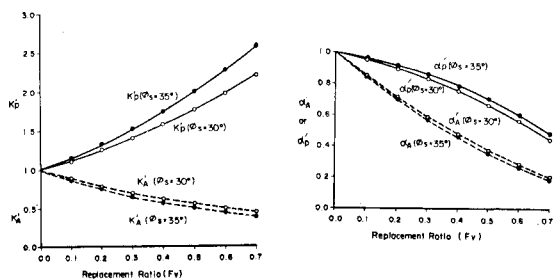


図-3 常時の複合地盤の土圧係数

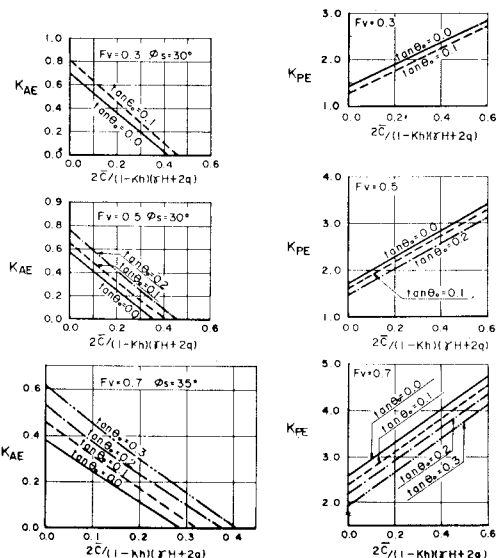


図-4 地震時の複合地盤の土圧係数

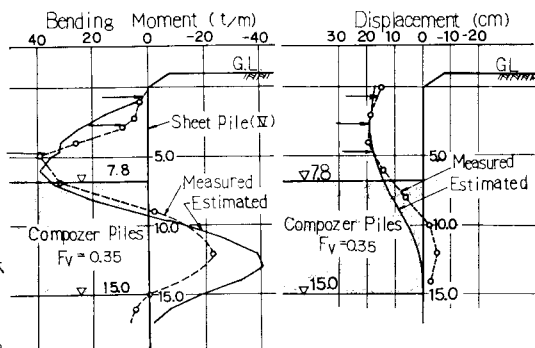


図-5 曲げモーメント図

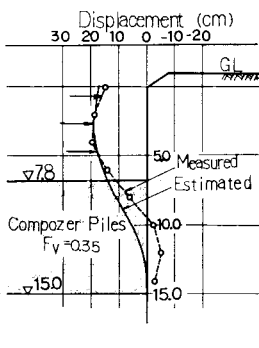


図-6 変位図