

ここでは、すでに提案している空間滑動面に基づいた土の応力・ひずみ関係式と破壊規準を用いて擁壁の主働および受働土圧問題の応力・変形解析を行ない、その解析結果を従来の剛塑性論に基づく土圧論の解と比較・検討する。なお解析にあたっては壁面摩擦および壁体の変形様式が壁面土圧におよぼす影響を考慮する。

1. 解析の方針

解析を行なったモデル地盤は図-1に示す平面ひずみ条件下の地盤で146個の四辺形要素に分割している。また壁体と裏込め土の間の摩擦を考慮するため、 x, y 間に5個のジョイント要素を導入している。境界条件としては底面で完全固定、地盤の両側面で鉛直方向のみ可動とし、壁体を左方向に強制変位させることに主働状態を、右方向に強制変位させることにより受働状態を生じさせている。地盤材料としてはやや密な豊浦砂（初期間隙比 $e_0 \approx 0.68$ ）を想定しており、地盤の初期応力はその単位体積重量 $\gamma_s = 15.5 \text{ kN/m}^3$ 、静止土圧係数 $K_0 = 0.45$ として算定している。

さて、解析に用いた一般応力条件下の土の応力・ひずみ関係式は、空間滑動面（SMP）³⁾とそれに基づくひずみ増分量⁴⁾の概念を導入することにより得られたものであり、その土質パラメータ²⁾はすべて通常の三軸圧縮条件下のせん断試験と圧密試験より決定することができる。また、土の破壊規準としてはSMPに基づく破壊規準を用いている。これらの応力・ひずみ関係式や破壊規準の概要ならびに豊浦砂の土質パラメータは参考文献を参照されたい。

次に、壁面と裏込め土の境界面の挙動は、境界面のせん断・垂直応力比 P_s/P_n が最大摩擦係数 $\tan \delta$ （ δ ：境界面の摩擦角）になるまでは境界面でズレが生じないが、 P_s/P_n が $\tan \delta$ になった後は $P_s/P_n = \tan \delta$ を維持しつつ境界面でズレが生じると考えられる。本解析ではこのような摩擦特性を⁵⁾Goodmanらの提案しているジョイント要素に導入することにより、壁面摩擦の影響を考慮している。⁶⁾

2. 主働土圧問題の解析結果

図-2(a), (b)は $\delta = 0^\circ$ （滑らかな壁面）とした時の地盤内の安全率分布の解析結果を示している（ここに、安全率F.S.はSMPに基づく破壊規準に従って規定している）。図の上方には壁体の変形様式ならびに変位量 d を示している。さて(a)図の変形様式の場合、地盤の破壊域（F.S. ≤ 1.0 ）は壁面後方の三角形のくさびの部分に発生するのが見られ、これがRankineの塑性領域に対応するようである。一方(b)図の場合、破壊域や安全率の特に低い領域（F.S. ≤ 1.1 ）が壁体下部から地表面まで斜めに達しているのが見られCoulombのすべり線（図中の破線）に対応しているのがわかる。次に、図-3は図-2(b)と同じ変形様式で $\delta = 40^\circ$ の場合の地盤内の安全率分布を示したものである。ここで図-2(b)と図-3を比較すると、 $\delta = 40^\circ$ の場合すべり線に対応する安全率の低い領域（F.S. ≤ 1.1 ）が地盤側（右側）に入り込むのがみられる。

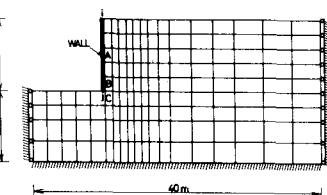
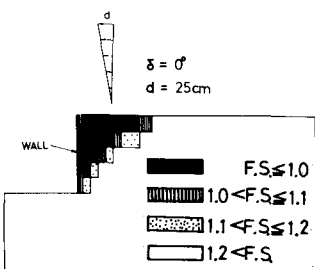
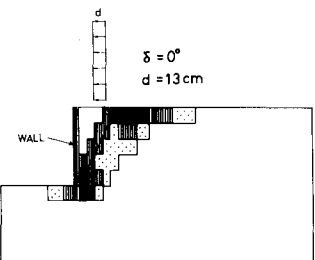


図-1 土圧問題の解析に用いたモデル地盤



(a)



(b)

図-2 地盤内の安全率分布（主働状態、滑らかな壁面）

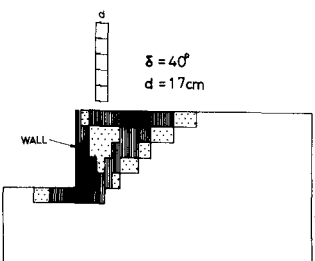
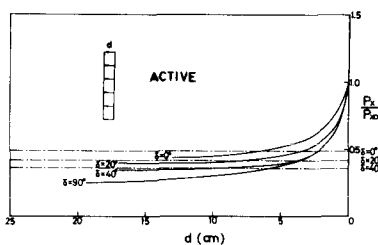
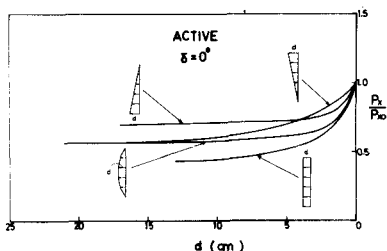


図-3 地盤内の安全率分布（主働状態、粗い壁面）

これは土圧論におけるすべり線と同じ傾向を示しており興味深い。

図-4は $\delta = 0^\circ$ で壁体の変形様式を変化させた時の水平全土圧 P_x の解析結果を $P_x/P_{x0} \sim d$ 関係で表わしている(ここに P_{x0} は静止全土



圧($K_0 = 0.45$)を表わす)。また、図-4 壁体の変形様式を変えた時の水平全土圧と壁の変位量の関係

図-5 壁面摩擦を変えた時の水平全土圧と壁の変位量の関係

図-5は壁面摩擦角 δ を変化させ

たときの水平全土圧を同じ関係で整理している。同図にはCoulombの土圧論より得られる解も一点鎖線で示している。解析結果は変位の大きい所ではCoulomb土圧より小さく、 δ が大きくなるに従い全土圧が小さくなる傾向をよく表現している。

3. 受働土圧問題の解析結果

図-6(a),(b)は $\delta = 0^\circ$ とした時の地盤内の安全率分布を示している。主働土圧の場合同様、破壊域や安全率の低い領域が(a)図ではRankineの塑性域に、(b)図ではCoulombのすべり線(破線)にはほぼ対応するのがみられる。そして、その三角形のくさびやすべり線の角度は主働状態(図-2(a)(b))に比べ緩くなっている。図-7(a),(b)には $\delta = 20^\circ$ (粗い壁面)の時の解析結果を示す。主働状態ほど明確ではないが、壁面が粗い場合破壊域や安全率の低い領域が地盤側に入り込む傾向がここでもみられる。

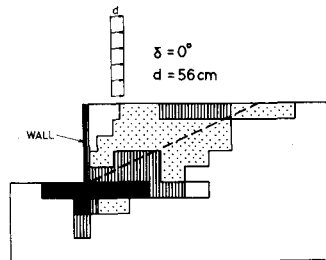
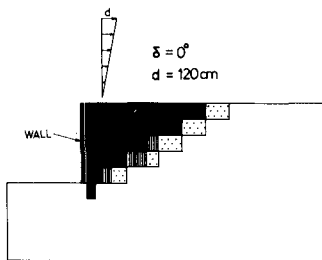


図-6 地盤内の安全率分布(受働状態、滑らかな壁面)

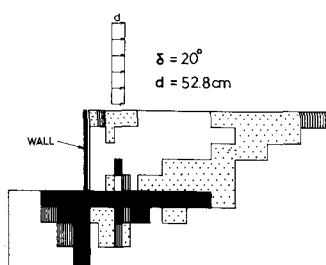
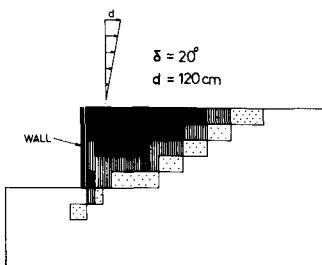


図-7 地盤内の安全率分布(受働状態、粗い壁面)

図-8,9はそれぞれ壁体の変形様式ならびに δ を変化させた時の水平全土圧の P_x/P_{x0} の解析結果を示している。両図と図-4,5を比較すれば、受働土圧に達するにはかなりの変位量が必要だが理解されよう。なお、図-9には参考までにCoulombおよびSokolovskyの土圧論の解を一点鎖線および二点鎖線で示している。

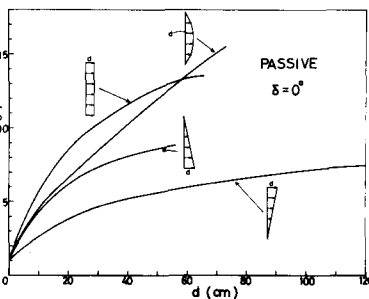


図-8 壁体の変形様式を変えた時の水平全土圧と壁の変位量の関係

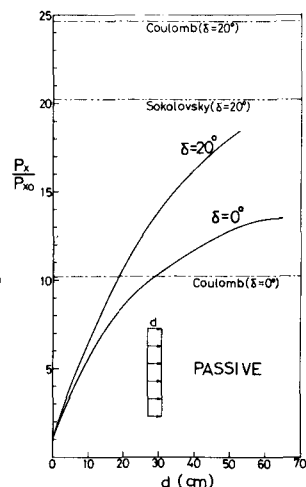


図-9 壁面摩擦を変えた時の水平全土圧と壁の変位量の関係

謝辞 日頃議論していただいている本学松岡元助教授に感謝致します。

文献

- 1) 中井・松岡: 土木学会論文報告集, No. 306, pp. 23~34, 1981.
- 2) 中井: 第15回土質工学研究発表会, pp. 785~788, 1980.
- 3) 松岡・中井: 土木学会論文報告集, No. 232, pp. 59~70, 1974.
- 4) 中井・松岡: 土木学会論文報告集, No. 303, pp. 65~77, 1980.
- 5) Goodman, Taylor, Brucke: Proc. of ASCE, vol. 94, SM3, pp. 637~659, 1968.
- 6) 中井・松岡・木下・河合: 名工大学報, vol. 31, pp. 359~367, 1979.