

石井屋大 正会員 松澤 宏

面松建設 正会員 山本有吉

1. まえがき

剛塑性論によれば、粘着力と内部摩擦角を有する土による地震時受働土圧の算定は塑性論による方法に基づくのが妥当である。市原と中根は、このように土に対して Sokolovski の方法による塑性論に震度係を適用して、地震時受働土圧の厳密解を求め、さらにこれを実用の便を考慮して、土の自重と地震力による地震時受働土圧係数 K_{ps} と粘着力による地震時受働土圧係数 K_{pc} で表わし、幾つかの幾何学的条件および壁面の境界条件（壁面摩擦および壁面の付着力）に対する土圧係数表を作成した。しかし、この方法は理論および計算が煩雑である。これをも有する土では、地震時に壁下端から発生するすべり面は全域にわたって曲面を描くので、筆者らは簡便な解法のひとつとして、すべり面の全域を対数らせで近似させた場合の K_{ps} 、 K_{pc} およびすべり面に関する計算結果の有用性を検討した。その結果、筆者らによる方法は、市原らによる結果と大差のない解を与えることがわかった。以下ではこれについて報告する。

2. 計算方法

図-1において、壁面 AB の右側を基礎地盤とし、水平震度 k_h なる地震力が右方向に作用しているとする。この状態で壁が右方向に変位して、基礎地盤が極限亦か状態に移行した時、すべり面 BC が発生したと考える。このすべり面は図中の $\bar{O}$ 点を極として、 $r = r_0 e^{\omega \tan \phi}$ なる対数らせで近似されると仮定する。このとき壁面にはすべり土塊 ABC の自重 W と地震力 $k_h W$ による土圧合力 P_{pr} と壁面に沿う付着力の合力 C_a と土の粘着力による土圧合力 P_{pc} が図示した位置に、壁面の垂線に対して壁摩擦角 δ だけ傾斜して作用する。なお、 δ 、 α および β は図示した方向に角度を測るときを正とする。すべり土塊 ABC に作用する力の $\bar{O}$ 点のまわりの回転モーメントの釣り合い条件より、 P_{pr} 、 P_{pc} はそれぞれ次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} P_{pr} &= \frac{\pm M_1 \mp M_2 \mp M_3}{l_p} \\ P_{pc} &= \frac{M_{c1} + M_{c2}}{l_c} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここに、 M_1 、 M_2 、 M_3 はそれぞれ扇形 $\bar{O}BC$ 、 $\triangle \bar{O}AB$ 、 $\triangle \bar{O}AC$ を土塊とみなしたとき、これらに作用する重力と地震力による $\bar{O}$ 点のまわりの回転モーメント、 M_{c1} はすべり面 BC に沿う粘着力による $\bar{O}$ 点のまわりの回転モーメント、 M_{c2} は壁面 AB に沿って作用する付着力による $\bar{O}$ 点のまわりの回転モーメント、 l_p 、 l_c はそれぞれ P_{pr} 、 P_{pc} の $\bar{O}$ 点に対する腕の長さである。なお、壁面の単位面積当りに作用する付着力 c_a と土の粘着力 c との間には $c_a = c \tan \delta / \tan \phi$

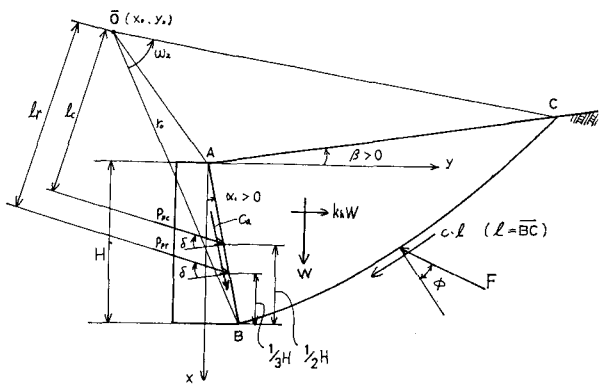


図-1(a)

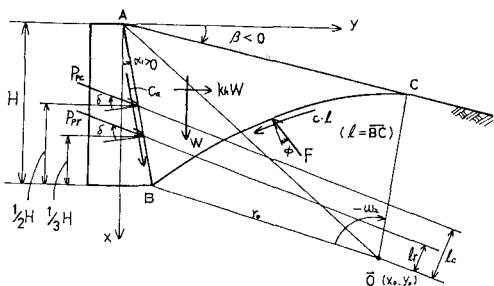


図-1(b)

なる関係がある。また、式(1)の第1式右辺の横号は上号が図-1(a)に示したように下に凸なるすべり面に、下号は(b)図に示した上に凸なるすべり面に対応する。地震時受働土圧合力 P_{PE} は $P_{Pr} + P_{Pc}$ の最小値で与えられ、これに対応する対数から線がすべり面に相当する。また、 K_{Pc} 、 K_{Pr} は、

$$\left. \begin{aligned} K_{Pr} &= \frac{2P_{Pr} \cdot \cos \delta \cdot \cos \alpha_1}{\gamma \cdot H^2} \\ K_{Pc} &= \frac{P_{Pc} \cdot \cos \delta \cdot \cos \alpha_1}{c \cdot H} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

で与えられる。ここに、 γ は土の単位体積重量、 H は壁の鉛直高さである。また、地表面からの深さが x なる壁面の単位面積当りに作用する土圧強度の垂直成分 p_{pen} は

$$p_{pen} = c \cdot K_{Pc} + \gamma \cdot x \cdot K_{Pr} \quad (3)$$

3. 計算結果と考察

種々の α_1 、 β 、 ϕ_0 に対する地震時受働土圧を計算した。ここに、 $\phi_0 (= \tan^{-1} k_h)$ は地震合成角である。計算は市原らによる K_{Pr} 、 K_{Pc} と比較するために、市原らと同じ方法で無次元化して行った。なお、本来、ここに示した計算方法は無次元化計算が前提であるが、計算方法の妥当性と検討する意味においては差をえない。また、計算に用いた壁高の無次元量 H' は市原らと同様に $H' = 10$ とした。図-2は筆者らと市原らとをそれぞれによる K_{Pc} 、 K_{Pr} を用いて求めた土圧分布図の一例である。両者は比較的良く合致している。表-1は市原らによる K_{Pc} 、 K_{Pr} に対する筆者らによる値の差の割合を百分率で表わしたものの一例である。 α_1 の値が大きいくほど両者の差は小さくなり、 $\alpha_1 \leq 0$ では $\phi = 20^\circ$ 、 $\phi_0 = 20^\circ$ を除けば、筆者らの方法は数%程度大き目にすぎない。図-3は $\phi_0 = 0^\circ$ 、 $\alpha_1 = 0^\circ$ 、 $\phi = 25^\circ$ 、 $\delta = 0^\circ$ のとき、種々の β に対するすべり面の比較を示したものである。筆者らの方法によるすべり面の形状位置は市原らが求めたものと大局において良く合致している。

4. 結 語

粘着力と内部摩擦を有する土による地震時受働土圧を、力学的に厳密性に乏しい全域対数線法で求めても、より厳密な理論である Sokolovski の方法に基づく計算値と実用上大差のないことがわかった。筆者らの方法によれば、 K_{Pc} 、 K_{Pr} および壁下端から発生するすべり面の概略を比較的簡単に求めることができる。

参考文献

- 1) 市原・中根:「内部摩擦をもつ粘性土の地震時受働土圧の算定」土木学会論文報告集, 第258号, 昭和54年9月 pp. 69~84.

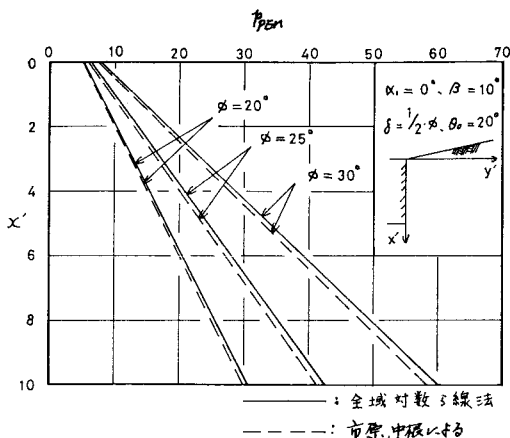


図-2

表-1

$\beta = 0^\circ, \delta = \frac{1}{2}\phi$		$\alpha_1 = -20^\circ$		$\alpha_1 = -10^\circ$		$\alpha_1 = 10^\circ$		$\alpha_1 = 20^\circ$	
ϕ	ϕ_0	K_{PC}	K_{PT}	K_{PC}	K_{PT}	K_{PC}	K_{PT}	K_{PC}	K_{PT}
20	0	2.10	3.16	4.74	2.03	0.62	0.80	0.20	0.05
	10	1.92	2.99	3.92	1.69	1.98	0.54	1.70	0.85
	20	12.34	2.81	10.96	1.36	11.09	2.16	12.33	4.15
25	0	11.24	3.87	6.58	1.72	1.02	0.44	0.07	0.04
	10	8.33	3.04	4.96	1.69	1.29	0.25	0.88	0.94
	20	9.73	2.90	7.65	0.91	6.09	0.11	6.89	1.04
30	0	14.70	4.18	8.49	2.79	1.47	0.71	0.15	0.14
	10	11.48	4.87	6.73	2.89	1.34	0.51	0.56	0.24
	20	10.82	5.55	7.15	2.75	4.15	0.23	3.90	0.71

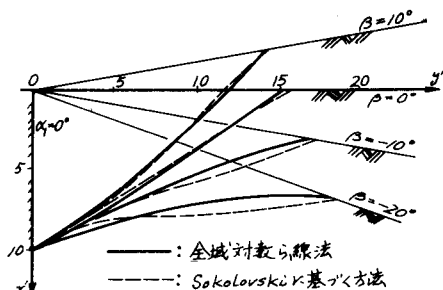


図-3