

名古屋大学工学部 正会員 市原 松平
名古屋大学工学部 ○中根 進

1. まえがき

粘性土の地震時受働土圧の不連続解を第4境界値問題を解くことによって数値計算した。壁面土圧の実用解としては、特異点の解を強行しても、実用上差しかえないことが明確になった。

2. 不連続線の発生する条件

Sokolovski の塑性論に基づく粘性土の土圧の解法は、特異点による解法と不連続線による解法がある。図-1で原点Oを除いたあらゆる点で限界応力時の応力が連続である場合に、特異点による解法を用いる。これは壁面と地表面とのなす角がかなりに大きい場合に適用する。この角が小さい場合には、裏込め土内に不連続線が形成される。この線を横切っては応力は全部が連続ではない。この不連続線が生ずる条件としては、次の式で示される。

$\psi \leq \psi' \text{ --- (1)}$ ニこに ψ, ψ' はいずれも最大主応力面からほかった u 面までの角度で、それぞれ不連続線上と不連続線に接した領域Iの値である。(以下 ψ は壁面と不連続線間における任意の点で使用する。)

3. 不連続線による解法の概略

図-1の線分OR(不連続線), OC(壁面)を λ - ν 面上に写像し、特性線網を作る。これは図-2に示す。OR, OCに沿ってそれぞれ u, v と $\tilde{\psi}, \psi$ の間の二つの微分比を与え、 $+m, -m$ すべり線に沿う微分比から、それぞれOR, OC上の節点の $u, v, \tilde{\psi}, \psi$ を求める漸化式を作る。次に原点近傍の一点で $u, v, \tilde{\psi}, \psi$ を決定し、漸化式を用いて、既知の原点と原点近傍の一点から計算を始め、逐次不連続線ORと壁面OC上の各節点の $u, v, \tilde{\psi}, \psi$ を求めてゆく。この解法の問題を第4境界値問題と称する。

4. 土圧分布

不連続線の解法で得られた土圧分布の一例を図-3, 図-4に示す。図示された壁面の垂直土圧 σ'_n の分布は、 $c=\gamma=1$ において無次元化計算したものである。図-3は内部摩擦角 $\phi=20^\circ$, 壁摩擦角 $\delta=0$, 壁面傾角 $\alpha_1=0$, 地震合成角 $\theta_0=\tan^{-1}\gamma_0=10^\circ$, 地表面載荷重 $q=0$ で、地表面傾角 β を変化させたときの σ'_n の分布である。また図-4は

$\phi=20^\circ, \alpha_1=30^\circ, \beta=0, \theta_0=10^\circ, q/c=0$ で δ を変化させた場合の分布である。図-5は $\phi=20^\circ, \delta=0, \beta=0, \theta_0=0, q/c=0$ で α_1 を変化させた場合の K_{pc} と K_{pr} を図示した。ここで $\sigma'_n = \sigma'_{nc} + \sigma'_{nr} = c \cdot K_{pc} + \gamma x K_{pr}$
 $\sigma'_n = \sigma'_{nc} + \sigma'_{nr} = K_{pc} + x' K_{pr}$
 $x' = \frac{\gamma}{c} x$ とおく。ただしこのようなおき方は土圧分布が直線の場合にのみ適用できるもので、図-3のように土圧分布が曲ってしまう場合には適用できない。一方、壁頂($x=0$)における σ'_n (上式を用いれば K_{pc} に相当する)を次式より求めて図示した。次式の第一式は不連続線から、第二式は特異点から求められる。

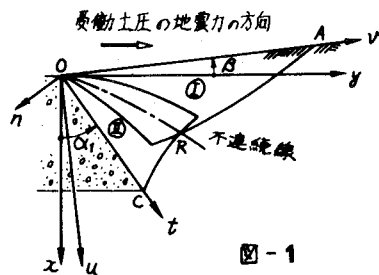


図-1

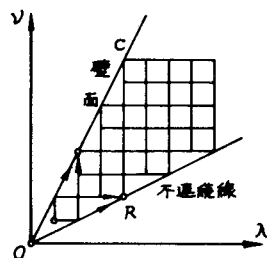


図-2

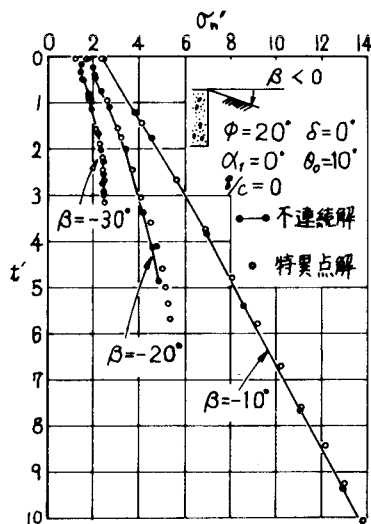


図-3

$$\frac{\tilde{\sigma}}{\tilde{\sigma}_0} = \frac{\sin 2(\psi' + \omega)}{\sin 2(\psi + \omega)} \quad \left. \begin{array}{l} \text{ただし } 2\omega = -(\psi' + \psi) + \Delta_2 - \frac{\pi}{2} \\ \sin \Delta_2 = \sin \phi \cos(\psi - \psi') \end{array} \right\} \quad (2)$$

$$\frac{\tilde{\sigma}}{\tilde{\sigma}_0} = e^{-(\psi' + \psi) \tan \phi}$$

ここ ω は u 軸から不連続線までの角度である。

筆者らは先に計算した地震時受働土圧係数 K_{PE} を図-5 に示した。この図-5 より次のことが明らかになった。① もしも壁面土圧にランキン土圧を適用すれば、非常に大きな値をとる。② 土圧分布が直線分布するときは、上述の K_{PY} と地震時受働土圧係数 K_{PE} は合致している。従って K_{PE} より粘性土 (C, ϕ 材) の受働土圧分布を求めることが可能になる。

5. 不連続線の解法上の問題点

① 式(1)より $\psi' - \psi > 0$ でしかも $\psi' = \psi$ の場合の不連続線の解の適用

$\psi' = \psi$ で不連続線の解法を適用すると計算をすすめるに従って、すべり線で囲まれる格子が大きくなり、 σ_n' の分布が不規則になる。不連続線の条件にそわかかわらず強引に特異点による解法を試みると、図-1 のように領域Ⅰと領域Ⅱが重なり合うすべり線網が描かれる。この特異点の方式で求めた σ_n' の分布を図-3、図-4 に示す。この両図によれば σ_n' の分布は、不連続線の解法から求めたものと特異点の方式から求めたものとよく一致する。しかし図-5 で示したように壁頂 ($x=0$) における σ_n' は式(2) から算定するので $(\psi' - \psi)$ が大きくなるにつれて特異点と不連続線との σ_n' の差は大きくなるが、土圧合力の大きさを考えれば、この壁頂における σ_n' の差は無視できる。従って $\psi' = \psi$ の条件では、特異点によって求めた方が、不連続線の場合より σ_n' の分布は自然である。

② 原点近傍の一点 ($u_*, v_*, \tilde{\sigma}_*, \psi_*$) のとり方

u_* を大にとると σ_n' の分布は、地表面近くで大きくなる。この場合の σ_n' の分布と u_* を小にとったときの分布とを比較すれば、壁頂から深くなるに従って両者の差はなくなってくる。しかしながら u_* をあまり小にとると、特性線の数が非常に多くなり、計算に要する容量および所要時間が増大するので、精度上の許容範囲内に u_* を大きくとることが望ましい。

6. すべり線網

図-6 に、図中を示す条件で得られたすべり線網の一例を

示す。同一条件で特異点の解法を行えば、領域Ⅰと領域Ⅱが重なったすべり線網が描ける。このすべり線網と図-6 の不連続線の解法から得られたすべり線網を比較すれば、壁面と不連続線とのすべり線網はきわめてよく一致する。

<参考文献> 1) 市原, 森「地震時受働土圧係数」土木学会論文報告集 1973. 7, 市原, 森, 中根, 平野「Passive earth pressure coefficient during earthquake」名古屋大学工学部紀要 1973. 12

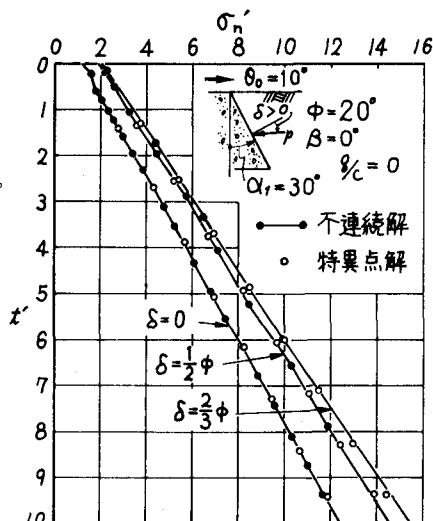


図-4

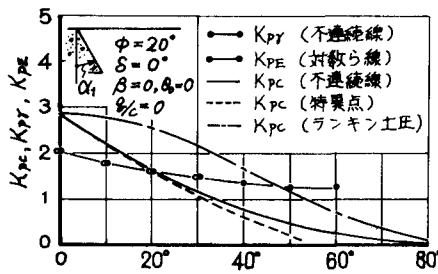


図-5

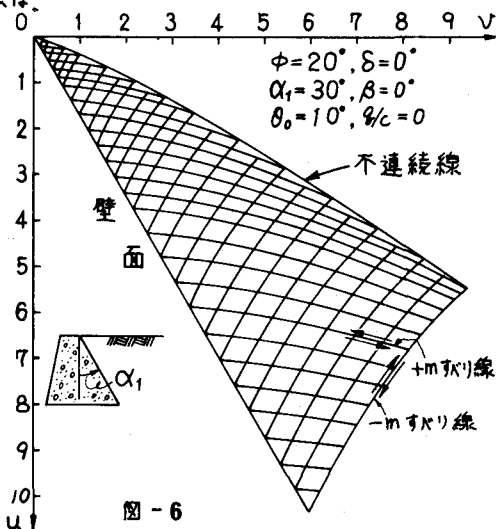


図-6