

1. まえがき

粘性土地盤の適切な設計を行うために、粘性土がもっている特性を十分に活用することが肝要である。粘性土地盤の地震時土圧式は岡部博士によって1924年土木学会誌(Vol.10, No.6)に発表された。今回、これにさらに壁面付着力を考慮に入れた土圧式を得たので、これを紹介し、関連するすべり面について述べることにする。

2. 壁面付着力を考慮する地震時土圧式

図-1の壁面 ac に作用する地震時主働土圧力が土けい oae とその上の上載荷重の地震力によって生じたとするとき、壁面が単位壁面長だけ深い ab 面についても同様に、土けい obd とその上載荷重の地震力を考えることができる。そこで、壁面 ab に働く土圧はこの両者の差、すなわち、 $abde$ の土柱地震力とその周辺の外力によって生ずるものと考えられる。ここで ab を単位壁面長と考えると、 ab 面に働く土圧は地震時主働土圧強度と等しい。図では ac を地表面 ad に平行にとっているの、土柱の側壁間隔を一定とすると ac 上の土柱は直な土柱も曲がり土柱もその重量は等しい。この土柱の側面に働く土圧やせん断力を、ここでは、両側面で等量、向きが反対の力と考え、これらを結果的に零としているので、 ac 上の土柱はあたかも上載荷重のように扱われている。以上により、微小土柱について図のような力を考え、下図のような力の多角形を作ると、式(1)のような力の平衡式を得る。この式から、地震時主働土圧式(2),(3)を得ることができる。

$$(\Delta W_e + \Delta Q_e) \sin(\alpha - \phi + \epsilon) = p_a \sin(\beta - \alpha + \phi + \delta) + \Delta S \cos(\beta - \alpha + \phi) + \Delta T \cos \phi \quad \dots (1)$$

つぎに、すべり面であるが、式(3)のすべり角の式は式(2)から微分して求めた式であるため、壁面近傍のものであり、背後地盤に生ずると考える地表面にいたるすべり面を示すものではない。しかし、図-3のように、 $\phi=0, \delta=0, Ca=0$ と壁面近傍の計算条件と背後地盤のそれとが等しい場合は、両者のすべり角は同一の値となるので、全体的すべり面を求めることが可能となる。すべり面は各梁上におけるすべり角を用いて、壁面下部から地表面に向けて、順次連絡することで求まるが、その結果は曲ったすべり面となる。実務的には煩雑のため、適宜層分けし、平均的な直線を連ねることと十分と考える。

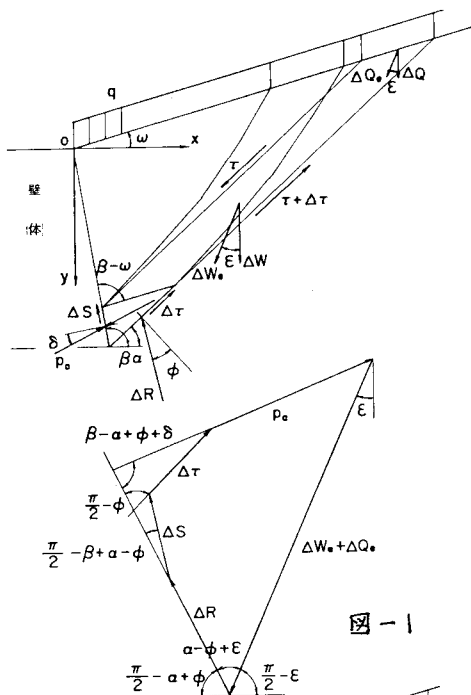


図-1

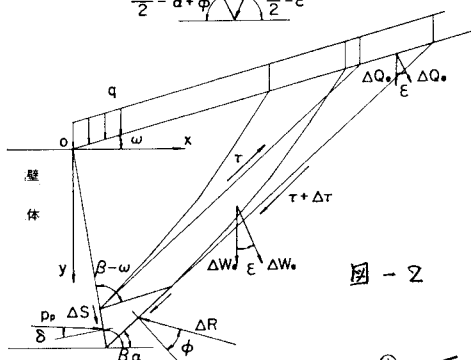


図-2

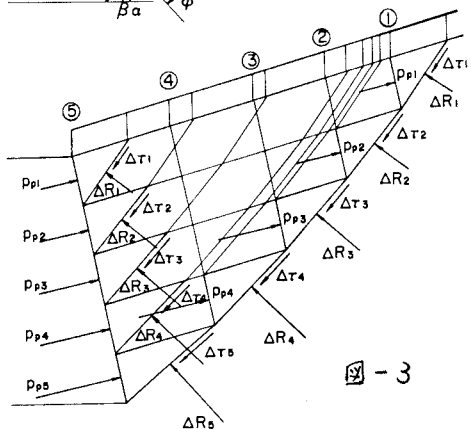


図-3

$$p_a = \left\{ \frac{\gamma y \sin(\beta - \omega)}{\sin \beta} + q \right\} \frac{\sin(\alpha - \phi + E) \sin(\beta - \alpha)}{\cos E \sin(\beta - \alpha + \phi + \delta) \sin(\alpha - \omega)} \\ - \frac{\lambda C \cos(\beta - \alpha + \phi) \sin(\alpha - \omega) + C \sin(\beta - \omega) \cos \phi}{\sin(\beta - \alpha + \phi + \delta) \sin(\alpha - \omega)} \quad \dots (2)$$

$$A = \sin(\delta + \omega + E) - \frac{\lambda C \cos \delta \cos E}{\frac{\gamma y \sin(\beta - \omega)}{\sin \beta} + q} \\ B = \cos(\beta + \phi + \delta - \omega) \cos E - \cos(\beta - \phi + E) \cos(\delta + \omega) \\ - \frac{C \cos E}{\frac{\gamma y \sin(\beta - \omega)}{\sin \beta} + q} \left\{ \lambda \sin(\beta + \phi - 2\omega) \cos \delta + 2 \sin(\beta - \omega) \cos \phi \cos(\delta + \omega) \right\} \\ C = \cos(\beta + \phi + \delta - \omega) \sin E + \cos(\beta - \phi + E) \sin(\delta + \omega) \\ + \frac{C \cos \beta}{\frac{\gamma y \sin(\beta - \omega)}{\sin \beta} + q} \left\{ \lambda \cos(\beta + \phi - 2\omega) \cos \delta + 2 \sin(\beta - \omega) \cos \phi \sin(\delta + \omega) \right\} \quad \dots (3) \\ 2\alpha = \beta + \phi - \mu, \quad \mu = \tan^{-1} \frac{BC + A\sqrt{B^2 - A^2 + C^2}}{B^2 - A^2}$$

壁面を考慮する地震時受働土圧式

$$p_p = \left\{ \frac{\gamma y \sin(\beta - \omega)}{\sin \beta} + q \right\} \frac{\sin(\alpha + \phi - E) \sin(\beta - \alpha)}{\cos E \sin(\beta - \alpha - \phi - \delta) \sin(\alpha - \omega)} \\ + \frac{\lambda C \cos(\beta - \alpha - \phi) \sin(\alpha - \omega) + C \sin(\beta - \omega) \cos \phi}{\sin(\beta - \alpha - \phi - \delta) \sin(\alpha - \omega)} \quad \dots (4)$$

$$A = -\sin(\delta - \omega + E) - \frac{\lambda C \cos \delta \cos E}{\frac{\gamma y \sin(\beta - \omega)}{\sin \beta} + q} \\ B = \cos(\beta - \phi - \delta - \omega) \cos E - \cos(\beta + \phi - E) \cos(\delta - \omega) \\ + \frac{C \cos E}{\frac{\gamma y \sin(\beta - \omega)}{\sin \beta} + q} \left\{ \lambda \sin(\beta - \phi - 2\omega) \cos \delta + 2 \sin(\beta - \omega) \cos \phi \cos(\delta - \omega) \right\} \\ C = \cos(\beta - \phi - \delta - \omega) \sin E + \cos(\beta + \phi - E) \sin(\delta - \omega) \\ + \frac{C \cos \beta}{\frac{\gamma y \sin(\beta - \omega)}{\sin \beta} + q} \left\{ \lambda \cos(\beta - \phi - 2\omega) \cos \delta - 2 \sin(\beta - \omega) \cos \phi \sin(\delta - \omega) \right\} \quad \dots (5) \\ 2\alpha = \beta - \phi - \mu, \quad \mu = \tan^{-1} \frac{-BC - A\sqrt{B^2 - A^2 + C^2}}{B^2 - A^2}$$

ここに用いる記号は図に示されているほか次のとおりである。C: 粘着強度 (tf/m), Ca: 壁面付着強度 (tf/m), p_a : 主働土圧強度 (tf/m), p_p : 受働土圧強度 (tf/m), ΔQ_e : 土柱に働く上載荷重の地震力 (tf/m), ΔR : 土柱に働く地震反力 (tf/m), ΔS : 微小壁面に働く壁面付着力 (tf/m), ΔW_e : 土柱の地震力 (tf/m), y : 鉛直軸または深さ (m), α : すべり角, β : 壁面の水平となす角度 (度), γ : 土の単位体積重量 (tf/m³), δ : 土の壁面摩擦角 (度), E : 地震合成角 (度), λ : 付着比 = C_a/C , Δt : 土柱のすべり面に働く粘着合力 (tf/m), ϕ : 土の内部摩擦角 (度), ω : 地表面傾斜角 (度) なお, 符号は主働土圧は図-1, 受働土圧は図-2の場合を正とする。

3. まとめ ①壁面付着力を考慮する地震時土圧式は他の砂質土地盤についても利用できる。②背後地盤に生ずると考えるすべり面は, 壁面近傍と背後地盤の計算条件が等しいときについての求めめることができる。

参考文献 1) 松並仁茂 (1980): 係船岸におけるたけみ性控え工の設計に関する研究, 港務技術研究所報告, 第19巻, 第3号 2) 松並仁茂・内田豊彦・岩崎正二 (1980): 地震時土圧の計算図表, 港務研資料, No. 357