

側方土圧を受ける橋台基礎杭の設計法について

大阪大学工学部 正員 松井 保
同 大学院 学生員 ○井関 泰文

1 まえがき 軟弱地盤上の橋台において、背面盛土による地盤の側方流動がその基礎杭に側方土圧を加え、橋台が側方に移動する例が数多く見られ、その被害例も数多く報告されている。このような側方土圧を受ける杭は受働杭の典型例の一つであるが、橋台基礎杭に対する従来の設計法では、橋台に作用する側方外力を対象とした主働杭としての検討が主に行われ、基礎杭に作用する側方土圧を対象とした受働杭としての検討はほとんど行われていない。このため、数多くの橋台に予想以上の側方移動を生じさせ、種々のトラブルを起している原因である。著者はこれまで受働杭としての橋台基礎杭の設計法を検討してきたが、本報告では、受働杭としての検討も含めた実用的かつ系統的な橋台基礎杭の設計法を新たに提案する。

2 軟弱地盤上の橋台基礎杭の設計概念 一般に、広く慣用される実用的な設計法を確立する立場からは、できるだけ土質力学的な基本にもとづきかつ既存の慣用設計法を基本とした設計法を開発することが望ましいと考える。この立場から、筆者らは、軟弱地盤上の橋台基礎杭の設計を主働杭としての設計と受働杭としての設計に分けて考え、さらに両者を系統的に検討できる設計法を図-1のフロー図に従って新たに提案した。この設計法では、地盤の側方流動が生じない場合には、慣用の主働杭としての設計のみが行われ、地盤の側方流動が生じる場合には、以下に示す受働杭としての設計および主働杭としての慣用設計が対策工の検討も含めて系統的に行われる。

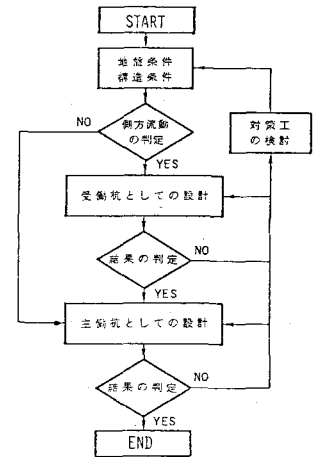


図-1

3 受働杭としての設計の基本的な方法 一般に、橋台基礎杭の受働杭としての設計においては、側方流動が生じるか否かの地盤の安定問題と側方土圧による杭の安定問題という全く異なる2つの安定問題を有機的・系統的に解析しなければならない。なぜなら、地盤の安定は群杭の存在により影響を受けるなど、両安定問題は相互に関連しているからである。橋台は3次元的存在であるので、これらの安定問題は本来3次元的に取扱われるべきものであるが、慣用設計法の枠内で通常行われるように基本的には2次元的に扱う。地盤および杭の安定問題に対して、もし側方流動により杭に作用する側方土圧（あるいは杭から地盤に作用する反力）が既知であれば、地盤の安定は、図-2(a)に示すように、群杭から側方流動地盤に作用する反力を付加し、慣用の斜面安定解析法を適用することによって検討することができる。一方、杭の安定は、図-2(b)に示すように、すべり面を仮想地表面と考えると剛な「フーテング」をもつ主働群杭に対する解法を適用することによって検討す

ることが出来る。ただし、杭頭付近の側方土圧は分布荷重である。

1) 受働杭に作用する側方土圧の評価法 筆者らは、杭周近にのみ塑性状態が生じる際に列杭1本当りに作用する単位深さ当りの側方土圧力 $p(z)$ を杭間隔を考慮した形で誘導し、現場測定および模型実験により検証してきた。ただし、この値は杭の前面と背面にそれぞれ作用する土圧力の差に相当するものである。しかるに、受働杭の設計において用いられる側方土圧は、側方土圧の付加される程度を表わす側圧付加係数 α_m を上記の理論値 $p(z)$ に乗じた値 $(\alpha_m \cdot p(z))$ とし、この係数 α_m は設計時には $0 < \alpha_m \leq 1$ なるパラメーターとして扱われる。

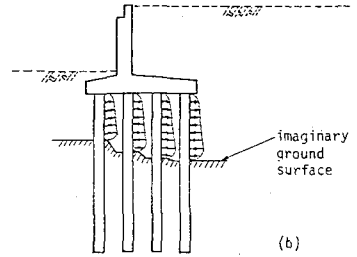
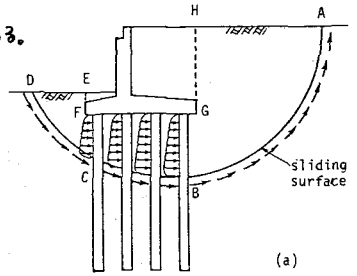


図-2

2) 基礎杭の抵抗力を考慮した地盤の安定解析法 図-2(a)に示すように、すべり土塊に作用する滑動モーメント M_d と抵抗モーメント M_r の比較によりその安定が検討される。この抵抗モーメントは、すべり面に沿うせん断抵抗力によるモーメント M_{rs} および群杭からの反力によるモーメント M_{rp} の和として求められる。したがって、斜面の安定に対する安全率 $(F_s)_{slope}$ は次式のように表わされる。

$$(F_s)_{slope} = M_r / M_d = (M_{rs} + M_{rp}) / M_d \quad (1)$$

ここに、 M_{rp} は各杭列に対して1)で述べた方法によって得られる杭1本当りの側方土圧力を杭中心間隔で除した値を用いて算定される。他は慣用の斜面安定解析法におけるものと同様である。ここで、 $(F_s)_{slope} \geq F_{sc}$ (F_{sc} :側方土圧が生じない限界の安全率で、1.4~1.6程度の値)で斜面は安定する。実際の設計では、 $(F_s)_{slope} = F_{sc}$ となるように、各杭列の α_{mi} をパラメーターとして差算することになる。すなわち、各杭列の α_{mi} を等しく ($\alpha_{mi} = \alpha_m$) とすれば、

$$\alpha_m = (F_{sc} \cdot M_d - M_{rs}) / \sum_{i=1}^n M_{rpi} \quad n: \text{杭列数} \quad (2)$$

ただし、 α_m の最大値を1とするので、常に F_{sc} が確保できる保証はない。

3) 群杭の安定解析法 図-2(b)に示すように、すべり面を仮想地表面とみなせば、杭に側方外力が作用する剛なフーゲングをもつ群杭として、主働杭に対して通常行われる変位法によって解析できる。この場合の側方外力は2)の斜面安定解析によって得られた α_m の値と $p(z)$ の理論値より算定される。その結果、群杭の安定の検討は杭体、曲げ応力のあるいは橋台の水平変位量 δ に対して行われ、それぞれ許容値と最大値とを比べのうち小さい方の値として、次式のように杭安定に対する安全率 $(F_s)_{pile}$ が求められる、 $(F_s)_{pile} \geq 1$ において安定となる。すなわち、

$$(F_s)_{pile} = \delta_{allow} / \delta_{max} \quad \text{あるいは} \quad S_{allow} / \delta_{max} \quad (3)$$

4) 解析例 および結果 表記については講演時に発表する。

- 参考文献 1) 例として、高速度道路調査会：軟弱地盤上の橋台基礎に関する調査研究報告書、同(第2)、1979、1980。
2) 松井 保：主働杭と受働杭、筑術事情、土と基礎、1982。
3) 松井 浩、井関：側方土圧を考慮した橋台基礎杭の安定解析について、土木学会関西支部年報、1981。
4) 松井 井関：同上(続報)、土木学会関西支部年報、1982。
5) Ito T. and Matsui T.: Methods to estimate lateral force acting on stabilizing piles, Soils and Foundations, Vol.15, No.4, 1975.
6) Matsui T. et al.: Earth pressures on piles in a row due to soil movements, Soils and Foundations, Vol.22, No.2, 1982.