

横杭橋基礎杭の斜面安定効果について

大阪大学工学部 正員 伊藤 富雄

大阪大学工学部 正員 松井 保

大阪大学大学院 学生員 〇 洪 元 杓

1. まえがき

斜面安定問題において、杭列がすべり面を貫くことがしばしば見られる。たとえば、橋基礎、橋台基礎、地すべり防止杭などの場合がある。このような場合に、斜面のすべりを防止する杭列の効果は期待され、一方、杭はすべり面上の土壌により側方外力を受けることになる。このような問題に対処するためには、この側方外力を適確に算定することが非常に重要である。なぜなら、この外力が斜面の安定および杭の安定にともに関連しており、またその発生機構が非常に複雑であるからである。

本研究は、列杭の斜面安定効果の機構を明らかにし、今後有効な設計指針を提供することを目的としており、本報告においては、すでに発表した塑性変形地盤中の列杭に作用する外力の算定理論式⁽¹⁾を用い、列杭を含む斜面の安定解析法⁽²⁾によって横杭橋基礎杭の斜面安定効果について検討したので、その結果を報告する。

2. 杭の安定に及ぼす杭頭拘束条件の影響

列杭を含む斜面の安定は斜面の安定および杭の安定がともに満足されてはじめて成立する。杭の安定は杭頭の拘束条件によって大きく影響を受けるので、まず、この影響について検討する。図-1のどとく、すべり面上部の列杭周辺の土壌が塑性状態になったときの外力が杭に作用すると考える。そうすれば、杭の安定に就いては、水平力を受ける杭の解析法（たとえば、Changの方法）と同様にして検討できる。基本式は、

$$\left. \begin{aligned} \text{すべり面上部 } (-H \leq x \leq 0) \quad EI \frac{d^4 y_1}{dx^4} &= g(x) \\ \text{すべり面下部 } (0 \leq x \leq \infty) \quad EI \frac{d^4 y_2}{dx^4} + E_s y_2 &= 0 \end{aligned} \right\} (1)$$

$x \rightarrow \infty$ で $y_2 = 0$ とすれば、式(1)の一般解はつきようになる。

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + f(x)/EI \\ y_2 &= e^{-\beta x} (A \cos \beta x + B \sin \beta x) \end{aligned} \right\} (2)$$

ここに $f(x): g(x)$ を4重不定積分した関数の中で積分定数 ($a_0 \sim a_3$) を含んでない項、 EI : 杭の弾性係数および断面二次モーメント、 E_s : すべり面下部地盤の地盤反力係数、 $\beta = \sqrt{E_s/4EI}$ 。

式(2)の定数 $a_0 \sim a_3$ 、 A 、 B は杭頭（図-1のA点）の拘束条件およびB点の連続条件から求められる。杭頭の拘束条件として、固定（杭頭変位なし）、ヒンジ、回転拘束（杭頭変位あり）

の3ケースを考え、それぞれの杭の安定に及ぼす影響を図-1の例に対して検討する。杭径318.5mm、肉厚6.9mm、長さ15mの鋼管杭を3.95m間隔で設置した場合の列杭に作用する

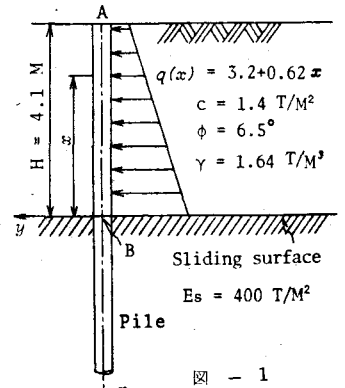


図-1

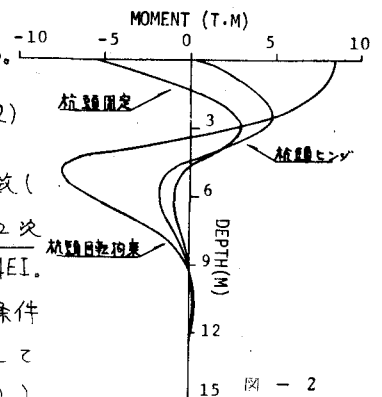


図-2

外力は図中のようになり、杭のモーメント分布図は図-2に示すように得られる。この図より、杭のモーメントに關する安全率は杭頭回転拘束の場合が0.97、杭頭固定の場合が1.47、杭頭ヒンジの場合が1.72になる（杭の許容曲げ応力は 1600 kg/cm^2 とした）。従つて、杭頭条件がヒンジあるいは固定の場合の方が回転拘束の場合より安全率が高く、杭頭の変位を許さない方が杭の効果をより有効に發揮させるものと考えられる。

3. 横棧橋基礎杭の斜面安定効果の検討例

図-3に示すような実在の横棧橋を例として、列杭の斜面安定効果について検討する。この棧橋は勾配1:3のゆるい斜面であり、棧橋の基礎として8列の鋼管杭が設置されている。地盤の断面および土質定数は図中に示されている。杭列を無視した場合の斜面の最小安全率は図中のすべり円弧に対して1.17である。そこで、斜面の勾配を1:2とすると、斜面の安全率のコンターは図-4に示すようになり、最小安全率は図中のすべり円弧に対して1.00である。この斜面に杭径 812.8 mm 、肉厚 22 mm の鋼管杭（杭頭拘束条件をヒンジとする）を 5.4 m 間隔で図-5に示す位置に1列に配置した場合、これらの杭のすべり防止効果を考慮して、斜面の安全率のコンターを求めると図-5に示すように得られ、最小安全率は図中のすべり円弧に対して1.65となる。図-4と図-5を比較すれば明らかなように、杭の効果を考慮することにより、安全率のコンターは全体に左方に移動し、最小安全率のすべり円弧は杭の効果のないところに移る。杭の効果も考慮した場合の斜面の最小安全率は杭を無視した場合のそれより0.65増加している。また杭を無視した場合の最小安全率の位置では杭の効果によって安全率が2.65増加した結果が得られている。

最後に、本研究の計算、データ整理に協力された本学学生阪本周造君に謝意を表す。

<参考文献>

- (1) ITO & T. MATSUI: "Methods to estimate lateral force acting on stabilizing piles," Soils and Foundations Vol. 15, No. 4, 1975
- (2) 伊藤・松井: 「斜面安定におけるクイックスベリ防止効果について」

第9回土質工學研究発表会, 1974.

図-3

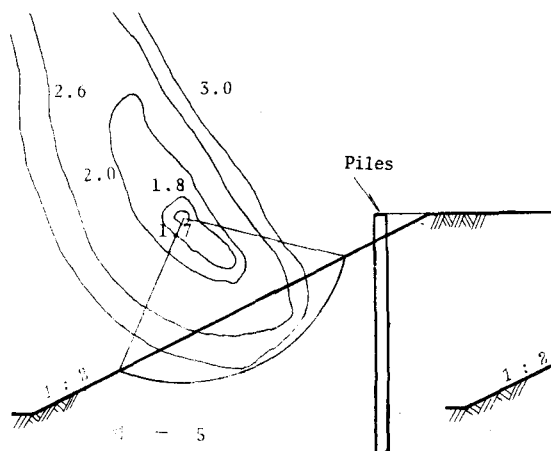
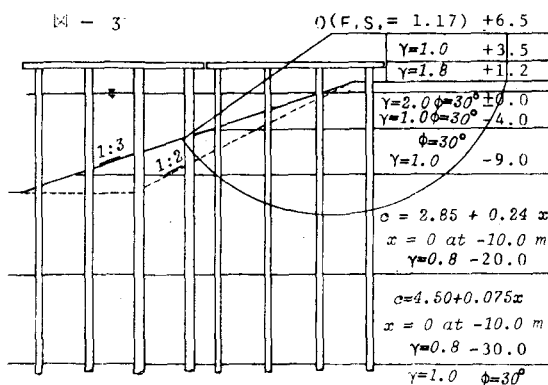


図-5

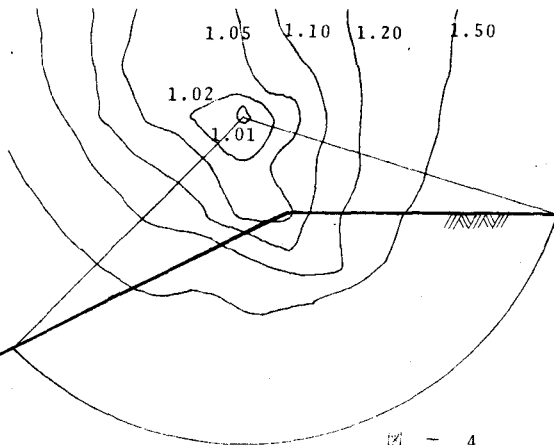


図-4