No. 8　　地スベリ防止杭に作用する側方荷重についての一考察

大内　茂

1 まえがき

地スベリ防止工として、一般に排水工や排土工と杭工が併用されることが多いが、この地スベリ防止杭の設計方法は確立されていないようである。スベリ防止杭を設計するにあたり検討すべき点は、杭列に作用する荷重の算定、杭の応力変形挙動、および斜面の安定検討である。

特に杭等の規模を決定する重要な杭列に作用する荷重の算定方法は、従来、土と杭との挙動を考慮せず斜面の必要安全率の不足分を杭が受け持つものとして算定されていた。ところが最近、杭の設計荷重を土と杭との相互作用の結果として算定する方法、即ち、杭間隔を考慮した杭の側方荷重の算定方法が提案された。当報告ではこの方法を紹介するとともに、既設計例を用いて比較検討をも行うこととした。

2 杭間隔を考慮した地スベリ防止杭の側方土圧算定方法の概要

杭に作用する側方土圧の算定式を誘導する際特に重要な点は、杭間隔および杭周辺土の塑性状態の設定である。後者については一般に杭に付加される側方土圧は地スベリ土塊が移動しない場合の0から地スベリ土塊が大きく移動し、杭周辺地盤に受働破壊を生じさせる場合の極限値まで大幅に変化する。ここではその値として、地スベリの進行による杭の変形が増加して杭の低下がほとんど生じない状態における値を採用するものと考える。

列杭1本当りに作用する側方土圧を算定するには、図1(b)に斜線を施した部分の土の挙動を取り扱う。図2に拡大して示すように2本の杭間の土の挙動を取り扱うことで、杭間隔を考慮し、杭周辺土の塑性状態の設定については図2に斜線を施した部分のみがモール・クーロンの降伏条件を満足する塑性状態にあると仮定する。

その他の仮定や、式誘導の詳細は文献[1]による。

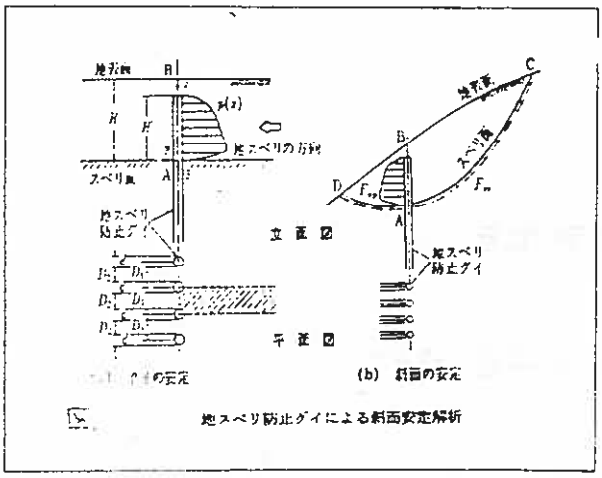

図1　地スベリ防止グイによる斜面安定解析

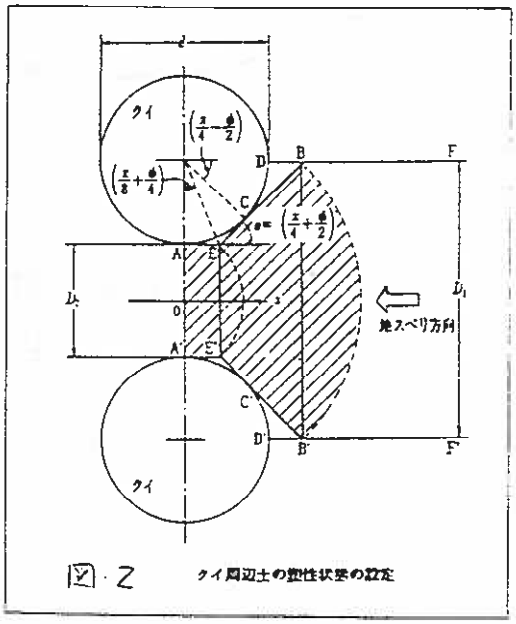

図2　クイ周辺土の塑性状態の設定

地スベリ土層単位深さ当りの1本の杭に作用する側方土圧 $P(z)$ は次式で求められる。

$$P(z)=C\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{(\sqrt{N_\phi}\tan\phi+N_\phi-1)}\left[\frac{1}{N_\phi\cdot\tan\phi}\left\{\exp\left(\frac{d}{D_2}\cdot N_\phi\cdot\tan\phi\cdot\tan\left(\frac{\pi}{8}+\frac{\phi}{4}\right)\right)-2\cdot\sqrt{N_\phi}\tan\phi-1\right\}\right.$$

$$\left.+\frac{2\tan\phi+2\sqrt{N_\phi}+1/\sqrt{N_\phi}}{\sqrt{N_\phi}\tan\phi+N_\phi-1}\right]-C\left\{D_1\frac{2\tan\phi+2\sqrt{N_\phi}+1/\sqrt{N_\phi}}{\sqrt{N_\phi}\tan\phi+N_\phi-1}-\frac{2D_2}{\sqrt{N_\phi}}\right\}\cdot$$

$$+\frac{\gamma z}{N_\phi}\left\{D_1\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{(\sqrt{N_\phi}\tan\phi+N_\phi-1)}\times\exp\left(\frac{d}{D_1}N_\phi\tan\phi\tan\left(\frac{\pi}{8}+\frac{\phi}{4}\right)\right)-D_2\right\}$$

ここに $N_\phi=\tan^2(\pi/4+\phi/2)$, d は杭径, D_1 は杭中心間隔, D_2 はクイの純間隔, C および ϕ は地スベリ土の粘着力および土質試験による内部摩擦角, γ は地スベリ土の単位重量, z は地表面からの任意深さである。

3 杭の設計手順について

従来の設計方法による手順Ⓐと杭間隔を考慮した側方土圧算定方法による設計手順Ⓑを対比して図3に示した。

手順Ⓑは杭径, 杭間隔が変わる毎に, 側圧が変る為, 杭径と杭間隔を決定するための手間が手順Ⓐより多い方法である。しかし側圧算定プログラムを用意しておけば, 大きな問題とはならないであろう。

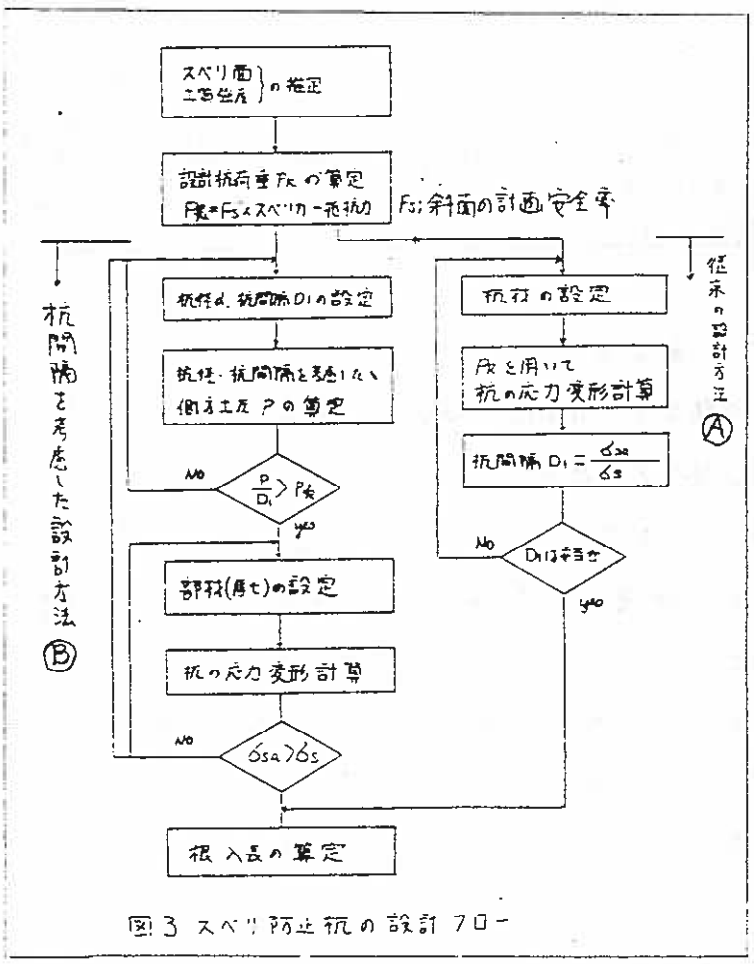

図3 スベリ防止杭の設計フロー

4 既設計例を用いての比較

松江地域の5ケ所でのスベリ防止杭の設計例を用いて杭の側方土圧を杭間隔を1.0mから3.0mまで0.5m毎に変化させて計算した結果を表1, 図4に示す。

①八雲村鳥屋郷の例では杭ピッチを1.0m, 2.0m, 3.0mと増加すると杭1本当りの側方土圧は75.2t/m, 57.4t/m, 55.7t/m, と急速に低下する。1m幅当りの荷重では75.2t/m, 29.7t/m, 18.6t/m と さらに急速に低下した

又, 松江地域の5ケ所での既設計例と杭間隔を考慮した設計結果との比較を表2に示した。同じ杭を用い杭設計荷重を考慮して杭間隔を算定した内, ①八雲村鳥屋の例以外では杭間隔は元計画の1.5mに対し杭間隔を考慮した設計では1.4m

1.8mと、両者が相似することとなった。

表1　杭間隔を考慮した杭の側方土圧の算定例

位置	土質定数 γt(t/m³)	φ(°)	C(t/m²)	移動層厚H(m)	スベリ力(t/m)	杭設計面巾Bp(t/m)	杭径(m)	側方土圧 PR(t/本) CTC 1.0m	CTC 1.5m	CTC 2.0m	CTC 2.5m	CTC 3.0m
①八雲村 島産郷	2.0	16.6	1.0	10.0	238.9	18.0	φ318.5	75.2	(42.5) 63.7	(29.9) 59.4	(22.8) 57.1	(18.6) 55.7
②八雲村 雷 狩	1.8	7.0	1.0	5.0	70.9	9.0	φ318.5	14.2	(8.7) 13.0	(6.3) 12.6	(4.9) 12.2	(4.0) 12.1
③東出雲町 雨中津	1.8	10.0	0.76	4.0	29.5	8.5	φ406.4	19.9	(8.1) 12.2	(5.7) 11.4	(4.4) 11.0	(3.6) 10.8
④島根町 海島	1.8	17.0	1.5	14.0	403.5	77.3	φ318.5	136.8	(76.6) 114.9	(53.4) 106.7	(41.2) 102.4	(33.2) 99.7
⑤秋鹿町 佐香	1.8	4°	2.52	6.0	121.8	21.6	φ318.5	24.4	(14.7) 22.1	(10.6) 21.2	(8.2) 20.6	(6.8) 20.3

（ ）は杭受け荷重

表2　既設計との比較

位置	土質定数 γt(t/m³)	φ(°)	C(t/m²)	移動層厚H(m)	スベリ力(t/m)	杭設計面巾Bp(t/m)	元設計 杭材	元設計 杭間隔(cm)	杭間隔を考慮した設計 杭材	杭間隔(m)	側方土圧 PR(t/本)	PR/Up 杭間隔
①八雲村 島産郷	2.0	16.6	1.0	10.0	238.9	18.0	φ318.5 t=9	1.6	φ318.5	3.0	55.7	18.6
②八雲村 雷 狩	1.8	7.0	1.0	5.0	70.9	9.0	φ318.5 t=10.3	1.5	φ318.5	1.4	12.7	9.1
③東出雲町 雨中津	1.8	10.0	0.76	4.0	29.5	8.5	φ406.4 t=12.7	1.5	φ406.4	1.4	12.0	8.6
④島根町 海島	1.8	17.0	1.5	14.0	403.5	77.3	φ318.5 t=9	1.5	φ318.5	1.4	111.9	79.9
⑤秋鹿町 佐香	1.8	4°	2.52	6.0	121.8	21.6	φ318.5 t=10.3	1.5	φ318.5	1.8	39.1	21.7

5　あとがき

当報告で、杭間隔を考慮したスベリ防止杭に作用する側方土圧の算定方法を示すと共に、既設計例を用いて杭間隔を比較した所、よく似た結果を得ることが出来た。今後、杭の応力、変形計算方法をも合せて検討を加えて杭の設計方法を明らかにしてゆきたい。当検討が進めば、最適配列が図られるスベリ防止杭の設計フローに従うシステム化が可能となろう。

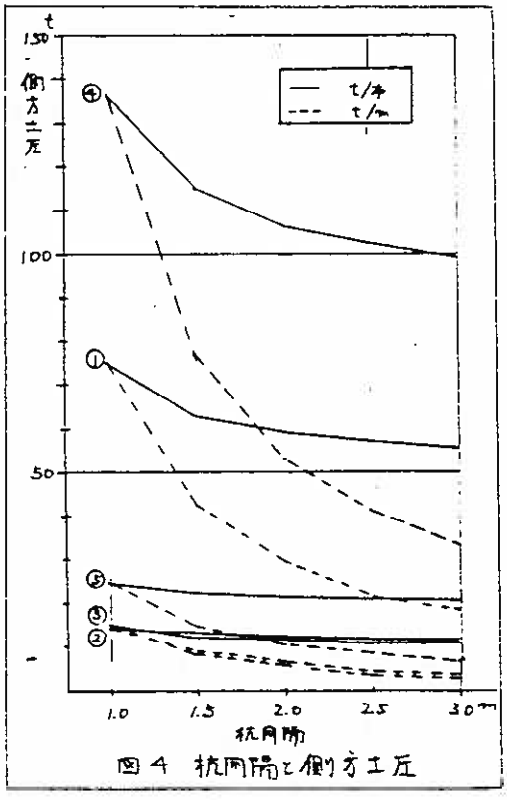

図4　杭間隔と側方土圧

〈参考文献〉

1) 伊藤富雄、松井保「グイ間隔を考慮したスベリ防止グイの設計法に関する提案」土と基礎 Vol 26. NO.6 1978

2) 池原勝彦「地スベリ防止杭の設計法に関する研究」第16回土質工学研究発表会

3)「地スベリ斜面崩壊の調査解析防止工法資料集」建設省土木研究センター

4) 中村浩之「地スベリ防止対策グイの三つの機能」土質工学会論文報告集 Vol 17 NO 1, 1977