

Ⅲ - A238

地すべり抑止杭の設計手法に関する提案

日本道路公団 試験研究所 正会員 高野 辰雄 正会員○田山 聡
正会員 緒方 健治

1. まえがき

地すべり対策のひとつに抑止杭があり、その設計法についてはいくつかある。¹⁾ 其中で、地すべりの中間部に杭が施工できる場合は“くさび杭”，末端部や頭部に施工する場合は“抑え杭”で設計することになっている。しかし、両者の設計法は抑止効果が大きく異なるため、適用の判断が重要であるとともに工費にも大きく影響する。そこで、抑止杭の合理的・経済的な設計法を確立する目的で、これまでに模型載荷実験による杭挙動の把握²⁾ 及び平面骨組み解析による模型実験の検証を行い、“抑え杭”と“くさび杭”の境界領域の杭について、低減した移動層バネを考慮する設計法を提案³⁾ した。

今回は、この設計法を検証するため、変形挙動を生じている地すべり抑止杭の事例を収集し、平面骨組み解析を行った。その結果、提案設計法や移動層バネの低減方法について知見が得られたので報告する。

2. 解析モデル

解析は、地盤バネモデル5タイプ（(a)～(e)）と荷重モデル3タイプ（①～③）の組合せで解析を行った（表-1、図-1）。この中で提案している設計モデルは、表-1中の②-(b)と③-(b)である。くさび杭、抑え杭の現行設計が、設計計算式によるのに対し、提案手法は移動層のバネが等分布でないで平面骨組み解析によるものである。くさびの荷重モデルの解析方法は、図-2に示すとおり杭を移動層と不動層に分けて、それぞれすべり面位置に荷重として P_r をかけ、さらにすべり面の位置でのたわみ角が移動層と不動層で同じになるように曲げモーメント M_o を調整してかけた。

提案手法は、移動層のバネを任意に設定できるので現行の設計式に比べ汎用性が高いとともに実際の杭の挙動に合わせ解析することにより杭挙動の評価ができる。

3. 現場変形事例との比較結果

各現場における R_u/P_r （有効抵抗力/必要抑止力）、最大変位及び変形パターンに対して適合性の良い解析モデル等を表-2に示す。また、抑え型（事例1）、くさび型（事例4）、中間型（事例5）の杭変位図を図-3に示す。

この結果、表-2の $R_u/P_r < 0.4$ では、変形パターンが抑え杭の挙動、 $0.7 \leq R_u/P_r$ では、くさび杭の挙動を示すのに対し、両者の中間的な領域（ $0.4 \leq R_u/P_r < 0.7$ ）では両方の挙動がある。追加対策を施工した事例も中間的な領域（ $0.4 \leq R_u/P_r < 1.0$ ）に多い。これは、この領域では杭の変形パターンに他の要因（ β_1 や移動層厚など）の影響があると考えられる。

keyword：地すべり抑止杭，設計法；〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1 TEL:0427-91-1621 FAX:0427-92-8650

表1 検討地盤モデル

地盤バネモデル 荷重モデル	(a) 無視	(b) 三角形 (低減25%) $\Delta 25$	(c) 三角形 (低減50%) $\Delta 50$	(d) 等分布 (低減50%) $\square 50$	(e) 等分布 (100%) $\square 100$
①下1/3集中	○ 抑え杭と等価	○	○	○	○
②三角形分布	○ 抑え杭	○	○	○	○
③すべり面集中 (くさび杭型)	○ くさび杭 (バネ低減)	○	○	○	○

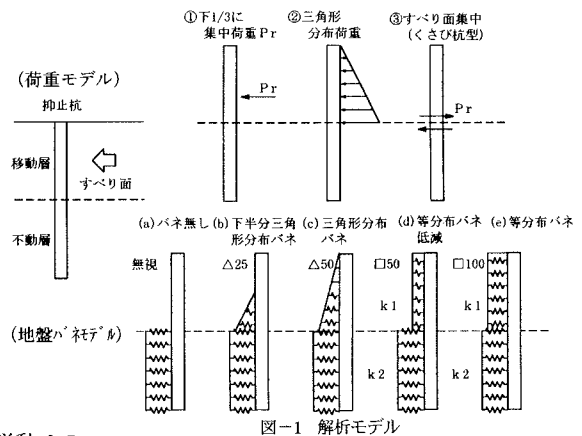


図-1 解析モデル

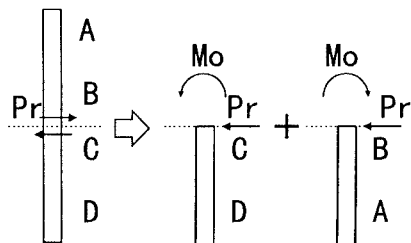


図-2 くさび杭の解析モデル

表-2 モデル試算結果一覧

事例 No.	設計 上の 杭区 分	Ru ／ Pr	最大 変位 量 (cm)	変形 パター ン	A:適合性の 良いパネ 荷重条件 (図-1参照)	B	C	β /		移動 層厚 (m)
								移動 層	不動 層	
1	抑え	0.08	4.3	抑え	②-(b)	1.3		—	3.01	6.2
					②-(a)	0.32				
2	抑え	0.34	10.0	抑え	②-(b)	2.1		—	3.16	9.4
					②-(a)	0.64				
3	抑え	0.37	0.6	抑え	②-(c)	0.14		—	4.72	5.0
					②-(a)	0.06				
4	くさび	0.47	6.0	くさび	③-(b)	1.05		10.6	6.50	17.0
					③-(e)	1.11				
5	くさび	0.63	13.8	中間	③-(d)	2.1	有	6.96	5.27	18.0
					③-(e)	3.0				
6	抑え	0.67	7.2	抑え	②-(b)	1.7	有	—	2.16	6.2
					②-(a)	0.58				
7	くさび	0.75	11.1	くさび	③-(d)	1.7	有	8.31	5.82	21.5
					③-(e)	2.4				
8	くさび	1.0	12.6	くさび	②-(c)	0.54	有	4.09	1.80	22.0
					③-(e)	0.12				
9	くさび	1.65	3.3	くさび	③-(c)	0.50		7.10	6.69	14.0
					③-(e)	0.53				
10	くさび	4.80	1.6	くさび	③-(c)	0.63		9.48	8.51	15.5
					③-(e)	0.64				

A:上段,実測データと適合性の良いモデル；下段,設計時のモデル

B: Aに示すモデルにおける試算値と実測変位量との比（実測値／各モデルによる試算値）

C: 追加対策実施の有無

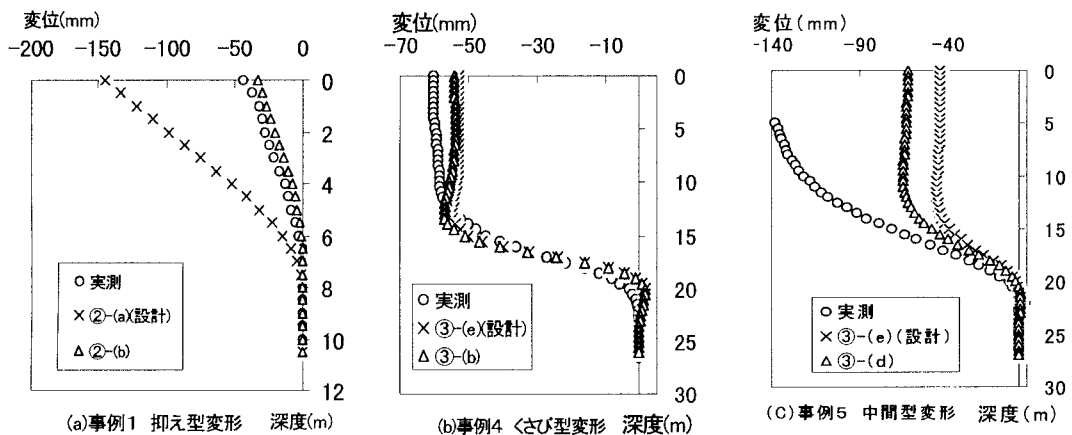


図-3 杭の変位図

4. あとがき

今回の解析から、以前に提案した設計手法を直ちに現場採用することはできないが、①抑え杭でもある程度の三角形パネを考慮できること、②くさび杭でパネを低減する場合は、三角形低減より矩形低減の方が現場適合性の良いことが分かった。また、今回の解析手法を用いることにより、実際の杭の挙動に合わせ任意のパネを想定して評価できることを確認した。今後とも変形事例を更に検証し、地すべり抑止杭の合理的・経済的な設計法を提案したい。

- 参考文献：1) 地すべり鋼管杭設計施工要領検討委員会（社）地すべり対策技術協会：地すべり鋼管杭設計要領
 2) 外崎・山田・鈴木・成瀬・田山：すべり杭に関する模型実験，土木学会第49回年次学術講演会（平成6年9月）
 3) 前野・成瀬・田山：地すべり抑止杭工の設計手法に関する模型実験，日本道路公団試験研究所報告 Vol. 32 (1995-11)