

狭隘な施工箇所における地すべり対策工の設計事例

○屋良 隆司¹・○泉水 雄太¹・

¹(株)沖縄建設技研（沖縄県浦添市字前田1124番地）

キーワード：地すべり防止区域、地すべり対策工、抑止杭、住宅密集地、施工期間短縮

1. はじめに

地すべり対策工事中に法面に変状が確認され、また、住宅地が近接している場合には緊急的な対応が求められる。そのような中、設計者、施工業者および発注者の三者が密に協議を行いながら問題の解決に向かっていく必要がある。設計者として比較的工期も短い中でも、早急な問題の把握や課題に対する解決策の提案が求められる。

ここでは、狭隘な箇所において工事中に法面変状が進行した施工箇所での地すべり対策の設計事例を報告する。

設計対象地の地質状況は、既往のボーリング調査結果から、図-1に示すように、上部より埋土層、崖錐性堆積物層および島尻層群に区分される。

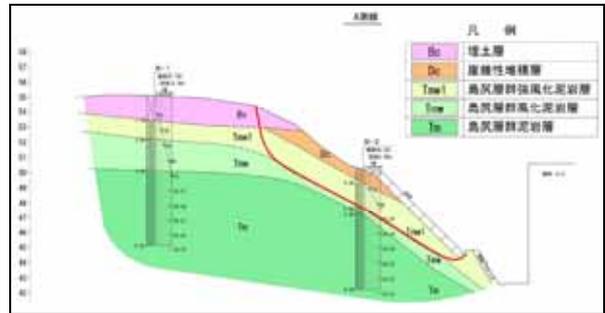


図-1 土層断面図

2. 現地状況

2.1 地形および地質概要

設計対象箇所は、地すべり防止区域に指定され、設計対象地周辺には住宅が密集する市街地である。写真-1に示すように、対象となる法面は、住宅地の背後に位置し、丘陵・台地周縁の斜面で、やや丸みを帯びた尾根状地形を呈していた。



写真-1 対象箇所

2.2 設計発注までの経緯

対象箇所周辺は、隣接する法面において、平成11年度に杭工、横ボーリング工、水路工および吹付法砕工の地すべり対策工が実施されていた。

対象法面の地すべり対策工事は、当初グラウンドアンカー工で工事発注されていた。しかし、図-2に示すように、斜面下部直近に住宅があることから、足場仮設が困難であった。また、写真-2に示すように、法面下方において法面のはらみ出しによる変状が進行していた。また、法面内に堆積した土砂の撤去が必要であったが、法面のはらみ出し状況から法面内に堆積した土砂の撤去を行うことにより法面上方の崩壊が懸念

された。このようなことから、仮設および施工時の安全確保の面から地すべり対策工法を見直しする必要性が生じた。

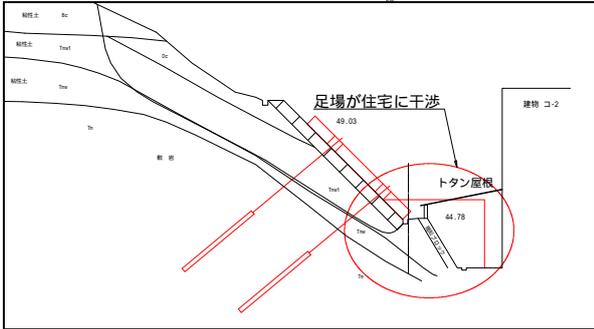


図-2 当初計画断面図



写真-2 法面の変状(はらみ出し)状況

3. 現状および課題

当該現場では、地すべり対策工事が既に発注済みで、早急に工事を進める必要があった。また、施工箇所は住宅地背後の狭隘な箇所であり、近隣の道路は幅員片側約2.5mのクランク状の生活道路となっており、資材搬入を考慮した対策工法が求められた。さらに、法面内に堆積した土砂を安全に撤去できる対策工法が求められた。

このような状況より、施工時に法面の安定を確保し、現場条件に適した法面对策工の選定が課題となった。対策工の比較検討した結果、推奨案は抑止杭工となった。

4. 抑止杭の採用における課題

4.1 現場条件に対する課題

施工箇所は住宅に囲まれ、工事車両の

進入路がクランク状を呈し、施工機械等の切り返しが困難であることから、施工現場までの資材搬入方法が課題となった。

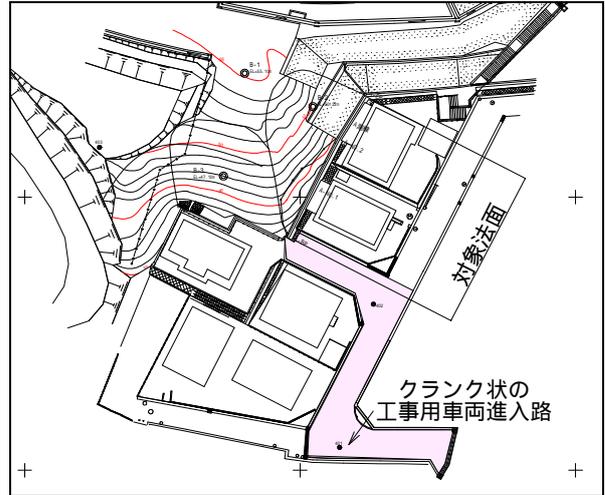


図-3 施工箇所における工事車両進入路

4.2 施工短縮に対する課題

当該現場は、法面下方において法面のはらみ出しによる変状が進行し、地すべり発生の可能性が高く、地域住民の安全を図るために早急に設計を進める必要があった。地すべり対策工に用いられる抑止杭は、一般的にSKK材の鋼管杭であり、現場に応じて杭長、肉厚等が決定される。また、基本的に受注生産となるため資材調達に3ヶ月程度の時間を要し、工事の工期に与える影響が大きい。そのため、可能な限り資材調達の期間を短縮するかが課題となった。

5. 対策工の設計

5.1 現況安全率の設定

砂防基準では、法面の状況により、表-1¹⁾のように現況安全率を設定する。当該現場では、降雨の影響により、法面にはらみ出しの変状が確認されていることから、現況の安全率は $F_s=0.98$ に設定した。

表-1 現況の安全率¹⁾

現在安定を保っている場合	1.00
降雨などに伴い若干の変動が認められている場合	0.98
すべりが進行している場合	0.95

5.2 計画安全率の設定

砂防基準では、すべりが発生した場合の周辺に与える影響、被害の度合いに応じて、表-2¹⁾のように計画安全率を設定する。

当該現場では、対象法面下方に民家が近接し、人家に重要な影響を与える箇所と判断し、計画安全率は $P \cdot F_s = 1.20$ と設定した。

表-2 計画安全率¹⁾

重要な道路、河川、人家等に重大な影響を与える箇所		1.20
上記以外	主要地方道、一般県道	1.15
	市町村道	1.12
応急工事		1.05

5.3 すべり面における土質強度の設定

すべり面については、過年度業務で検討されたすべり線を採用した。

すべり面の土質強度 (c 、 ϕ) は修正フェレニウス法における逆算法を用いて算出した。算出した結果、表-3 に示すように、粘着力は $c = 3.18$ (kN/m²)、内部摩擦角は $\phi = 26.0^\circ$ となった。設定した土質強度を用いて必要抑止力を算出した結果、必要抑止力は $Pr = 66.9$ (kN/m) となった。

表-3 すべり面の土質強度、必要抑止力

すべり線	すべり面の土質強度		必要抑止力 Pr (kN/m)
	c (kN/m ²)	ϕ (°)	
船底型すべり	3.2	26.0	66.9

6. 課題における解決策

6.1 現場条件に対する解決策

現場条件に対する課題の解決策として、法面の安定性を確保し、かつ、現地に搬入できる杭長および杭規格の検討を行った。

(1) 杭の形式および設置位置の検討

杭の形式は、杭谷側の地すべり土塊に期待される有効抵抗力 (地盤反力) によって杭形式を決定する。当該法面では、安定計算の結果、杭に期待する有効抵抗力が期待できないことから、すべり面より上の杭を

片持ち梁と考える抑え杭とした。また、杭の設置位置に関しては、すべり面末端部に設置する計画とした。杭長は最大 7m で、中型トラックにて搬入できる杭長となった。

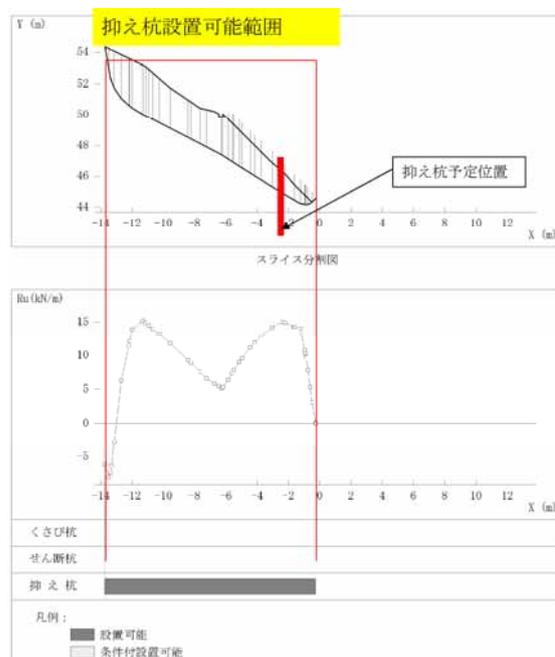


図-4 安定計算結果(抑え杭設置可能範囲)

(2) 杭頭部の処理について

抑え杭を採用する場合は、「杭頭は原則として連結する」とされている。これは、地すべりを三次元モデルとして考えた場合、主測線で設定したすべり面と土質が同一条件で続くわけではなく、移動層の端部ではより不均一であると考えられており、不均一な地盤の影響で、予想外の力を受ける場合もあるため、杭頭連結を行うとされている。

しかし、図-5 に示すように、対象法面において杭頭連結を行った場合、掘削高さが約 2.5m となり、掘削の影響範囲が大きくなり、法面の崩壊を誘発する恐れがある。また、必要抑止力は 70kN/m² 程度で、移動層厚が 2m 程度と浅い地すべり対策工であるため、不均一な地盤と考えられる移動層の端部の杭と主測線上の杭が負担する地す

杭頭連結の処理を行わないものとした。

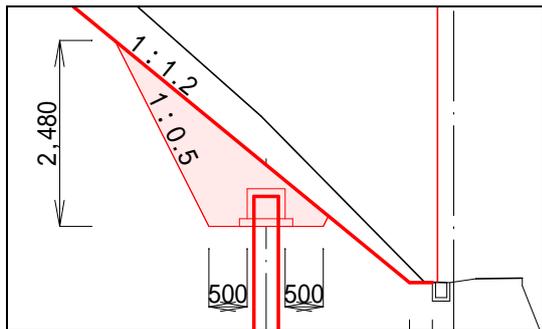


図-5 杭頭連結時の掘削影響範囲

6.2 施工短縮の課題に対する解決策

施工短縮を図る目的として、早急な地元住民の安全確保、資材調達までの待機期間のロスを減らすことが考えられる。

抑止杭の資材調達の短縮のためには、流通量が多く、定尺物を用いることで、杭材の調達期間を短くすることが可能となる。

前述したように、地すべり対策工に用いられる SKK 材では資材調達に時間を要することから、推奨される杭材は、H 形鋼または STK 材となる。どちらも定尺物で流通量が多く、資材調達に要する期間は約 2～3 週間で、SKK 材と比較して 2 ヶ月程度短縮することが可能となる。そのため、資材調達時間を短縮することで対策工事が早急に行え、地域住民の安全確保にも繋がった。

表-4 杭材の比較表

杭材	規格	長さ	金額	納期	採用
H形鋼	300×300×10×15	7m	141000/t	定尺物・在庫あり 約2～3週間	
	250×250×9×14	7m	141000/t		
STK材	φ 318.5×10.3	6m	263000/t	定尺物・在庫あり 約2～3週間	○
	φ 355.6×9.5	6m	325000/t		
SKK材	φ 400.0×9.0	7m	280000/t	受注生産 約3ヶ月	

7. 抑止杭施工後の対策

抑止杭の施工後は、法面上の崩積土砂の撤去が必要となる。既設法面の勾配は、約 1 : 1.0 であり、粘性土における切土法面の標準勾配 (1 : 0.8～1 : 1.2) の範囲内であった。当該法面では、法面のはらみ出しの変

状が確認されていることから、法面の安定を確保する目的で、切土法面の勾配を 1 : 1.2 の緩勾配とした。そうすることで崩積土砂を可能な限り撤去することが可能となった。また、切土後の法面は、表層崩壊および地山の風化・浸食防止を図る目的で吹付法砕工による法面保護対策を行った。

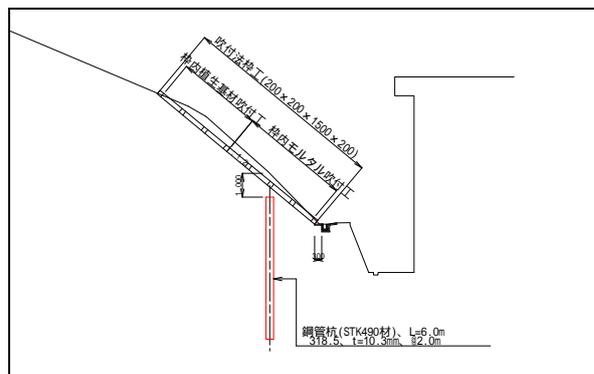


図-6 対策工断面図

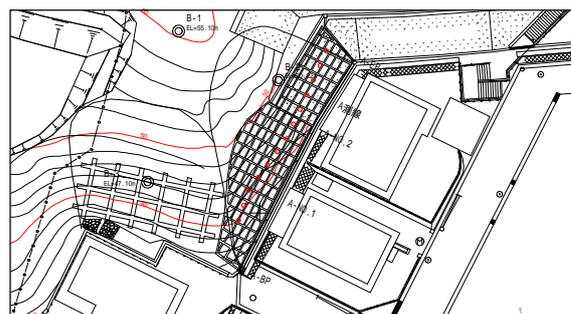


図-7 対策工平面図

8. おわりに

本業務にあたっては、施工段階から発注者、施工業者を含めた三者協議を密に行ったことにより、工事の進捗に影響を及ぼすことなく設計を進めることができた。また、設計段階から現地に適した対策工法を立案することが重要であることを再認識できた。この経験を今後の業務に活かして、成果品の品質を高めていきたい。

参考文献

- 1) 河川砂防技術基準(案)同解説 調査編
- 2) 道路土工 切土工・斜面安定工指針
- 3) 地すべり鋼管杭設計要領 社団法人地すべり対策技術協会