

施工計画

地すべり防止区域における宅地造成工事の施工について

東京土木施工管理技士会

日本国土開発株式会社

近江 伸明[○]

坂本 秀行

Nobuaki Omi

Hideyuki Sakamoto

1. はじめに

工事概要

- (1) 工 事 名：妙法寺駅東地区宅地造成工事
- (2) 発 注 者：商業土地開発株式会社
- (3) 工事場所：神戸市須磨区妙法寺字乗越他
- (4) 工 期：平成24年5月1日～
平成27年8月31日
- (5) 工事概要：

宅地造成工事	開発面積	15.8ha
戸建住宅区画	425区画	
集合住宅用地	283戸	
高齢者住宅	70戸	

当造成地は、神戸市の山間に東西に延びる六甲山系のほぼ西端部の山の一つ高取山北西側山麓で、標高65～125mの丘陵地で、大きく分けて3つの尾根とその間に挟まれた2つの谷から構成され、計画区域の東側には2級河川妙法寺川の支流準用河川横谷川が流れており、川に沿って急勾配の傾斜地で接している。

地質は、新生代第三紀中新世の神戸層群（れき岩、泥岩、凝灰岩）によって構成されており、谷筋では神戸層群を起源とする崖錐堆積層が神戸層群を覆うかたちで分布している。また、神戸層群強風化岩、崖錐堆積層が分布する斜面部分は大小

凡 例		
名 称	記 号	地すべり対象断面
開発区域線	---	
開発区域区線	---	
地すべり最低区域線	---	
地名	○	
計画地盤高	○	
計画面積	○	
TBM	○	
切土	□	
盛土	□	
地すべり断面位置図	□	
造成工事による安定化する地すべり	■	S6・S7・S8・S10 S20・S21・D・2・5
全面置換えにより安定化する地すべり	■	S12・S17
上部土砂崩壊により安定化する地すべり	■	S4

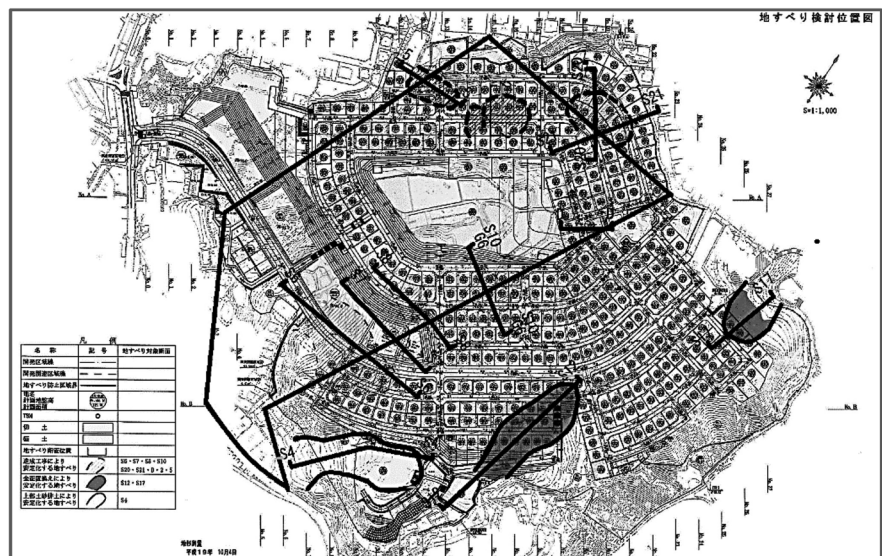


図-1 地すべりブロック位置図

の地すべりが見受けられ、事業区域内の一部地域は、地すべり防止指定区域に指定されている。

以降では宅地造成工事における地すべり防止対策の検討及び施工に関する実績を中心に報告するものである。

2. 現場における問題点

当初調査において、平成22年7月の『防災計画書（案）に対する意見書（追加）』[建設工学研究所] 調査結果によると、当初計画で推定された地すべりブロックのほとんどは造成による切盛土により平坦地に改変される。概観的には高いところを切土し低いところを埋め立てるため、一般的には発生する斜面は安定化する方向にある。しかし、すべりを引き起こす泥岩層の位置や傾斜等によっては必ずしも安定するとは限らない場合もある。

地すべりブロックとして全部で12箇所を抽出し、それぞれについて検討を行っている（図-1）。

それらの検討結果の大半は、切土における土塊の除去、並びに押え盛土によって安定化が図られる計画であったが、①敷地南西の最大地すべりブロック（S4-S4断面）、②敷地南の地すべりブロック（S12-S12断面）、③敷地東の地すべりブロック（S17-S17断面）の3箇所は造成後も不安定な状態で残ると判断された箇所である。

神戸層群の泥岩の中にはスレーキングを起こすものがあることから、掘削中の降雨による泥化によって地盤を緩める危険があり、泥岩の斜面においては、表面がスレーキングを起こし崩壊する場合がある。特に泥岩の掘削斜面においては、掘削当初はかなりの強度が期待できるが、空気に触れると時間と共に強度が低下し、崩壊につながる場合がある。神戸層群の層理面、特に泥岩の上に砂岩がある箇所では、その地層境界に地下水が存在する場合があります、その際、すべりは大規模なものになる可能性があるとして指摘されている。

以上の内容を踏まえ、施工計画を立案し安全に現場工事を進めていく必要性があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

今回報告する敷地南の地すべりブロック（S12-S12断面）は、全体工程に大きく影響し、時間、費用、施工面で大きな問題となる箇所であった。当断面部は幅30m～40m、長さ80m、深さ2m～4mの表層の地すべり形状を示している。当初の地すべり対策では、地すべり土塊を全て排土置換する計画となっていたが、すべてを置換するには、残土搬出量のさらなる増加に加え沢筋部で高低差が大きいことから土砂搬出が非常に困難であった。また、良質土の置換となると、土の搬出、移動の自由度が極端に制限され工程も膨大な日数を要することから、現実的に現場での良質土置換は不可能であった。又、防災上の雨水処理対策も流末が作業工程上整備できない等の問題点もあったので、排土しないで盛土を施工するものとし、崖錐層の地盤改良を検討した。

現地 SWS 試験、土質資料採取による試験の検討結果から、図-7に示す範囲において地盤改良を実施した。

地盤改良は中層混合処理工法 WILL 工法を選定した。他の改良工法として、深層混合処理工法であるエコドラム工法とも比較検討したが、後者においては、基本的に50tラフタークレーンにオーガーを装着し施工する工法となる。しかしながら、施工場所の沢筋部は高低差が大きく、かつ斜面の勾配が急峻で平地がほとんど無い現況であったため、50tラフタークレーンを搬入するだけの進入走路を設置するのが非常に困難であった。又、進入走路を設置すると、沢筋部の改良範囲も進入路の盛土で埋まってしまう、削孔長が2倍以上となり、また進入路の撤去も必要となることからコスト、工程共にデメリットが多い。そのような観点から、斜面でも機動性に優れた WILL 工法を選定した。WILL 工法とはバックホータイプベースマシンの先端に特殊な攪拌翼よりスラリール状の改良材を注入しながら、固化材と原位置土を強制的に攪拌混合し、安定した改良体を形成する



図-2 ベースマシン1.4m³バックホー



図-3 地盤改良施工状況

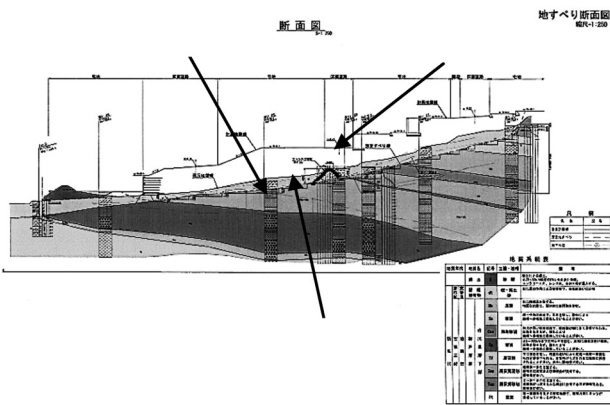


図-4 当初調査断面図 (S12-S12)

工法である。軟弱な粘性土地盤はもとより、N 値 30を超える締まった砂質土地盤・砂礫地盤にも対応可能であり、改良深さ10m程度までの中層改良に対応できる。

なお、S4断面は公園を配置する土地利用計画とし、上部土砂を排土することで安定化を計った。S17断面は追加サウンディング調査を実施検討した結果、当初調査より地すべり土塊の層厚は薄く問題なしと判断した。

S12-S12断面の地すべり対策は、以下のフローにより盛土の安定検討を行った。また地盤改良の仕様は以下のように設定した。

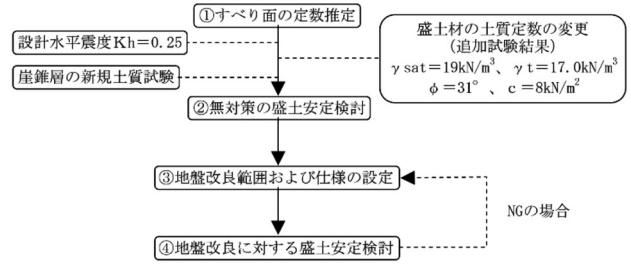


図-5 検討フロー図

a) 盛土1次施工改良部

改良率 $\alpha = 50\%$

設計基準強度 $quck = 500kN/m^2$

粘着力 $c1 = \alpha1 \times (quck/2) = 125kN/m^2$

b) 盛土2次施工改良部

盛土2次施工部の改良率 $\alpha2$ は、6.0m 間隔に 1.0m のスリッドを設けることから以下の値とする。

$$\alpha2 = (6.00 - 1.00) / 6.00 = 83.3\% \rightarrow 80\%$$

設計基準強度 $quck = 500kN/m^2$

粘着力 $c2 = \alpha2 \times (quck/2) = 200kN/m^2$

設計強度 $500.0kN/m^2$ 室内目標強度 $1000.0kN/m^2$

表-1 検討結果

		安全率	必要安全率	判定
地震時	すべり1	1.035	1.000	○
	すべり2	1.253		○
	すべり3	1.451		○
	すべり4	1.075		○
	すべり5	1.125		○
	すべり6	1.211		○

表-1の検討結果により、設定した改良範囲および仕様で必要安全率を満たす。

上記計算結果より改良範囲の施工を実施するに

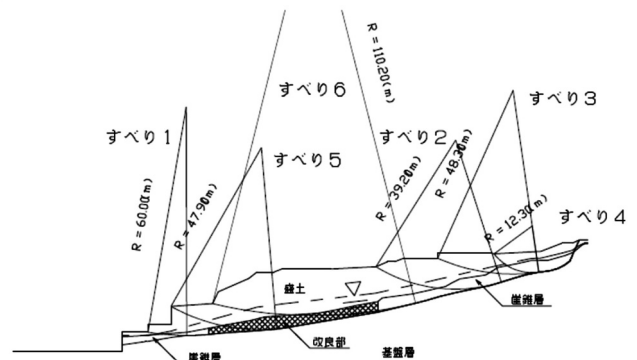


図-6 地盤改良に対する安定検討

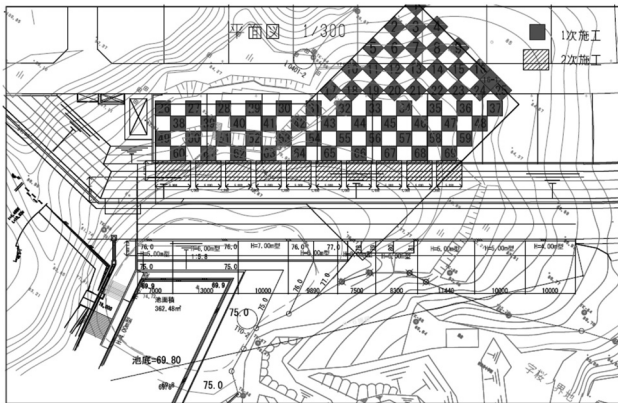


図-7 検討後の地盤改良計画平面図

あたり、1次施工箇所を3m四方のメッシュで区切り、全体の改良面積が50%となるように均等に配置した。又、2次施工部においては、全体の改良率が80%となるように均等に配置しかつ、改良土で地下水が遮断されないように、改良体と改良体の間にスリッドを設け、地下水が上昇しないよう配置した(図-7)。

室内目標強度の設定は、WILL工法技術・積算資料(平成23年7月WILL工法協会)より、これまでの施工実績において現場で得られる一軸圧縮強度が室内配合試験時の一軸圧縮強度のおおよそ1/1.5以上の強度発現が認められていることから改良土のバラツキを考慮し2倍と設定した。

固化材は高有機質土や高含水泥土の土質に適した麻生セメント(株)ソリッドエース#200を使用した。

表-2 セメント改良配合表

界地谷	添加材料	界地谷	W/C
ソリッドエース	268 kg/m ³		70%
比重	3.04	配合	
注入量	276 L/m ³	固化材	972 kg
		水	680 ℓ
			1000 ℓ
		比重	1.652

その他、施工において神戸層群の特に泥岩についての取り扱い是非常に厄介で、あらゆる場面で工事に支障を与えた。構造物掘削面に存在した場

合などは、降雨による泥化によつての法面崩壊に至る場合があり、掘削勾配を緩くすることや、法面養生に仮設のモルタル吹付などの実施が有効であった。

工事用道路上に存在した場合は、泥岩が泥化すると、2%程度の勾配の道路でも車両は走行ができなく、重機においても横すべりを起こし、移動が困難になり、人の歩行ですら危険な状態となる。降雨後の工事用道路対策としては、毎回、泥化した部分を重機の排土板等で削り、フレッシュな地盤面を出すことや、地盤改良材による走路整備を行うことが有効であった。又、一旦、車両のタイヤに付着すると湿式のタイヤ洗浄機を使用するだけではタイヤの泥を落とすことができず、ハイウォッシャーを別途3台程度用意しタイヤ洗浄専属の作業員を2人~3人と併用することでようやくタイヤの泥が落ちるという状況であり非常に苦労した。

4. おわりに

当初の調査結果及び問題点を踏まえた上で、現場施工に先立ち、必要な地盤情報を得るために追加調査・試験を実施することは、最適な対策工法を決める上で極めて重要である。

今回S12-S12断面において地すべり対策工として原位置での地盤改良に変更したことは工程、費用的において非常に有効であった。選定機械のベースマシンがバックホーであることから施工性が良く、改良品質も十分に確保することができた。

また神戸層群の地すべりに起因する泥岩の取り扱いにおいては、工事用道路の確保も重要な要因の一つであり、それに費やす時間、費用については今後現場を進めて行く上で重要である。このことから、事前調査を基に、詳細調査を実施し現場と照らし合せ施工検討することにより安全かつ経済的に工事を進めていく必要があると考える。