

Study on safety evaluation on weathered mudstone slopes : For the Akiya district of Yokosuka city

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-03-18 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田中, 正史 メールアドレス: 所属:
URL	https://mu.repo.nii.ac.jp/records/1420

風化泥岩の斜面における安全性評価に関する研究
横須賀市秋谷地区を対象として

Study on safety evaluation on weathered mudstone slopes
For the Akiya district of Yokosuka city

田中 正史*1
TANAKA Masafumi*1

地すべり防止区域 すべり面 土質特性
斜面地 風化泥岩 安全率

1. 序論

1.1. 研究の背景と目的

神奈川県に位置する三浦半島は、北米プレートおよびフィリピン海プレートが隣接し、プレート運動により隆起して形成された。このような地形では、傾斜した地形となりやすいため、複雑な地質特性が懸念され、地盤の安定性や支持耐力の推定に注意が必要となる。

特に、地すべり防止区域では、山や台地に降雨した水や風によって浸食され、土の塊の平衡状態が破られて、移動する恐れがある。これまで、地すべりや土の沈下障害の研究では、山野井らによる傾斜地盤を分析した研究¹⁾、田村らによる圧密沈下に基づき、不動沈下のメカニズムを明らかにした報告²⁾、テルツァギらによる理論的に圧密のメカニズムを定式化した研究³⁾等がある。

本調査では、1980年代から敷地周辺の異常、住宅等の沈下障害の被害が確認されている神奈川県横須賀市秋谷に位置する敷地を対象として、自然災害の危険性について現地調査を実施する。研究の目的は、当該敷地におけるボーリング調査を実施し、これらの敷地から採取したサンプルを用いた土質試験に基づき、斜面の安定性を究明することである。

1.2. 研究の方法

事前調査では、地形や地質の基礎的な情報を把握するため、神奈川県横須賀土木事務所が公開している地形図や周辺地盤の情報を活用し、当該敷地における地盤調査の計画を行う。次に、現地調査では、地盤調査および敷地周辺の状況を目視により確認し記録する。これらの試験結果に基づき、斜面における安全性を評価するため、安定解析を行い、斜面の安定余裕度を分析する。

2. 地盤調査の概要

2.1. 地すべり防止区域

調査では、地盤調査と並行し、敷地周辺の地すべり防止区域について、基本的な考え方を整理することにした。

まず、地すべりとは、山や台地に降雨した水や風によって浸食され、土の塊の平衡状態が破られて、移動する現象である^{4,5)}。この滑動現象は、運動時間が短く突発するものを山崩れ、運動時間がゆるやかに継続するものを地すべりと区別している。その他の項目の相違については、表1に示す。しかしながら、地すべり発生後、山崩れが発生する等の複合的な自然現象もあり、明確に区別することは困難であるため、「地すべり等防止法」における「地すべり」とは、土地の一部が地下水等に起因してすべる現象又はこれに伴って移動する現象。（地すべり等防止法第二条。以下、法第二条と略記）と定義し、土塊の滑動現象とそれらに伴って発生する崩壊現象も加えて広義に規定している。

表1 地すべりと山崩れの分類

分類項目	地すべり	山崩れ
発生場所	地中より発生	地表面より発生
移動規模	大きい	小さい
移動深さ	数m~数十m	1~2m以内
移動速度	緩慢	急激
土塊の形状	原形をとどめる	崩土となる
再発性	あり	なし
地質特性	特定の地質、地質構造の場所に発生	地質との関連なし
地形特性	地すべり地形をつくる	急斜面に発生する
誘因	地下水	豪雨
前兆現象	樹木の傾斜、地表面の亀裂	ほとんどない

2.2. 標準貫入試験と土質試験

原位置試験では、敷地の地表面（以下、GLと略記）から支持層（N値50以上の層厚5m以上となる強固な地盤）までとして、1mごとに標準貫入試験にて土の硬さを測定し、N値を測定した^{6,7)}。これらの試験結果に基づき、土質柱状図を図1に示す。

*1 工学部建築デザイン学科 講師

同図より得られた地盤の断面構成は、表土は風化岩混じりの粘土で、その下位にはN値が20程度の風化泥岩、N値が60以上の泥岩が存在する。地下水位は、GL - 4.3m付近に観測された。これらの試験結果に基づき、支持地盤をGL - 11.8m以深の泥岩と判断できる。そして、斜面の安定性に影響を及ぼすと考えられる風化泥岩 (GL - 1.7m ~ - 11.8m) における土質試験を実施する方針とした。採取する試料は、2深度における試料とし、図1内に示した試料① (GL - 3.50m ~ - 4.05m) および試料② (GL - 5.50m ~ - 6.00m) とした。

更に、N値とすべり面の関係について、地表面から支持層までの風化泥岩 (GL - 1.7m ~ - 11.8m) 層におけるN値の分布に着目すると、N値のパラツキが大きい深度レベルを確認できる。この理由は、GL - 4.5m付近において、風化に伴い亀裂が生じ、地下水の浸透による粘性化や土質構成の変化によるものと考えられる。

2.3. 現地調査

調査地は、三浦半島の南部丘陵に位置し、直下に5つの活断層が存在し、起伏の有る傾斜地の東側を宅地造成により平坦化されている。調査地は、相模湾の海岸線まで約700m、標高57mの丘陵に位置しており、南西側を山林の斜面地である。

当該敷地周辺における地すべり防止区域を目視により調査⁸⁾を実施し、地すべりや山崩れの発生を確認した。本調査では、地形の状況や構造物の変形状況を図2に示す。標高が高い地域では地すべりや山崩れの発生は確認でき

調査時期：2020年8月25日~8月28日
 位置座標：北緯 35° 14' 45.59" 東経 139° 36' 1.49"
 孔口標高：KBM+2.082m, 総掘進長：17.32m
 孔内水位：4.3m

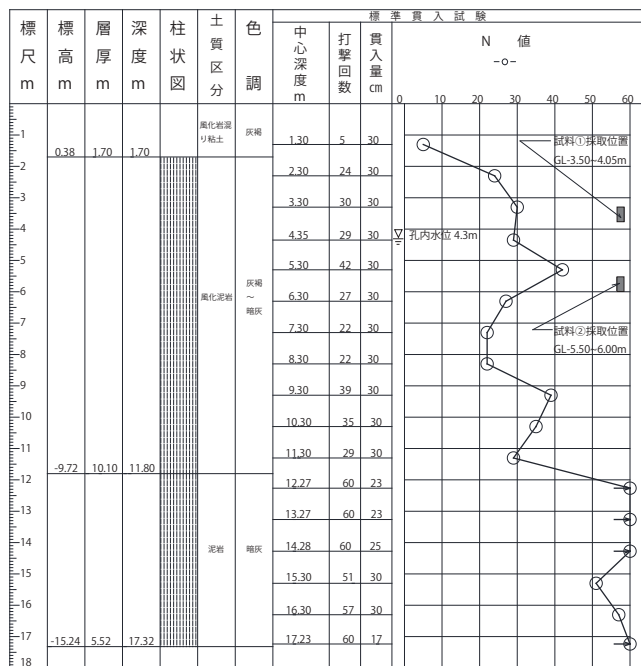


図1 土質柱状図

ず、標高の低い地域ではブロック塀やコンクリート擁壁に亀裂が確認され小規模な地すべりが発生していることが認められる。宅地の段差や擁壁の下部では、湧水が発生していることが確認された。

3. 土の特性と評価

3.1. 土の種類と基本的な性質

土の種類^{9,10)}は、土粒子の大きさにより区分し、粒径の小さなものから粘土、シルト、砂、レキと名称がつけられている。一般的に、土粒子は、砂の中に粘土が、レキ混じりのシルト等と様々な割合で混じり合い、複雑な構成となっている。この混じり具合を粒度と呼び、粗粒分や細粒分が多いもしくは少ない土と判断でき、土の特性を把握することが可能となる。

本敷地における土質の構成は、風化岩混じり粘土 (GL ± 0 ~ - 1.7m)、風化泥岩 (GL - 1.7 ~ - 11.8m)、泥岩 (GL - 11.8 ~ - 17.32m) となっている。ここで、先ほどの土の種類における名称では、泥岩が定義されていないため、補足を加える。泥岩とは、岩石に分類されるもので、堆積岩、火成岩、変成岩に分類されている。この堆積岩の細分類されたものが泥岩と呼ばれる。堆積岩とは、川から運ばれたシルトや粘土が海底に堆積したものである。長い年月を掛け、堆積物の自重や水圧等により土の粒子間の水分が排水され、粒子から溶け出したカルシウム、マグネシウム、ナトリウム、ケイ酸等が高濃度となり、粒子を結合させる。この粒径の大きさに応じて、レキ岩、砂岩、泥岩となる。泥岩は、3つの特徴的な性質がある。①乾燥や湿気による影響で土の特性が粘土化する。②地震の震動や自重による移動により亀裂が発生しやすい。③風化し土壌化すると強酸性化する。

そして、砂質土と粘性土の性質の違いとして、土中水の流れやすさがある。土粒子が小さい粘土より粒子の大きいレキの方が粒子間の隙間が広がるため、水が流れやすくなる。したがって、透水係数も大きくなる。これらの土の性質を利用することにより、止水や排水を制御することが可能となる。

3.2. 土の強度

土の強度は、土粒子相互に作用する引力と間隙水圧との差によって生じる抵抗力のことである。即ち、土中に含まれる水分により、土の強度は影響を受けることを意味する。例えば、豪雨や地下水位の上昇に伴い、間隙水圧が増



図2 敷地周辺の状況と亀裂

加すると、土粒子間は離れる方向へ力が発生した状態となり、土粒子間の抵抗力が減少し、土の強度が低下する。したがって、粘性土の強度を評価する上で、間隙水圧の影響を考慮することは重要となる。

一般的に、粘性土の強度は、粘着力の大きさと相関関係がある。この粘着力は、土粒子間の電気化学的な吸着力のことであり、三軸圧縮試験により求めることができる。

3.3. 土質試験の結果

採取した試料から室内土質試験を実施し、物理特性を求め、表2に示した。今回、透水係数を算出するため、変水位透水試験を実施したが、風化泥岩層に亀裂が多く発生し試料を成形することが困難となり実験値を得ることはできなかった。

最初に、採取した試料について、試料①は、泥岩と砂泥岩が互層状に堆積しており、亀裂が多く確認できる。これは泥岩内の硫化水素と鉄が風化現象により、明るい色に変化していることから判断できる。試料②は、土の色調が試料①の灰褐色から暗灰色に変化し、亀裂も少なく、密実に締め固まっていることが確認できる。

次に、土質試験の結果について、自然含水率では、地下水位 (GL - 4.3m 付近) の影響を受け、6.9%の相違が認められるが、2 深度ともに砂質土に似た傾向を示している。一般的な自然含水率の値は、砂質土の場合 10~30%、粘性土の場合 30~150% となる。続いて、間隙比は、土中の空隙の割合を示すものであり、試料①の方が小さく地下水が流れ易いことがわかる。そして、土のせん断力や沈下特性に影響すると考えられる粘着力では、試料①の方が小さな値を示し、表土に近い風化泥岩ほど風化の進行度合いが高いことが示されている。即ち、粘着力は、深度方向に明瞭な増加する特徴があると言える。土のせん断抵抗では、別名内部摩擦角とも呼ばれ、砂質土の特性を示すものである。このせん断抵抗角は、図1内の試料①②のN値との相関性が高い傾向が知られているが、試料① (N 値=30) より試料② (N 値=42) のせん断抵抗角が小さい値が示されている。この理由は、試料①では、泥岩の風化がより顕著に進行し、砂質土の土質特性に変化しているからだと考えられる。

表2 試料の物理特性

試験項目	試料① (GL-3.50~4.05m)	試料② (GL-5.50~6.00m)
湿潤密度(g/cm ³)	1.877	1.858
乾燥密度(g/cm ³)	1.533	1.437
土粒子の密度(g/cm ³)	2.649	2.603
自然含水率(%)	22.4	29.3
間隙比	0.728	0.811
飽和度(%)	81.5	94.0
粘着力(kN/m ²)	17.2	53.3
せん断抵抗角(°)	23.5	12.64

えられる。

最後に、三軸圧縮試験から得られた土のせん断力と応力度の相関関係を図3に示した。なお、本試験では、等方圧密により圧密過程を非圧密、軸圧縮によるせん断過程を非排水せん断とするUU試験を採用とした。

3.4. 斜面の安定解析

斜面の安定解析は、二次元断面で検討を行う、スウェーデン分割法を採用とした。

本研究では、GL - 4.5m を地すべり面と想定し、斜面の安定解析を実施する。この地すべり面より上部の土塊を地すべりブロックと定義し、地下水が地すべりブロックに及ぼす影響と斜面の余裕度を明らかにする。このとき、斜面が安定と不安定のバランスが保たれている状態を、安

$$F_s = \frac{(\sum W \cos \theta - U) \cdot \tan \phi + c l}{\sum W \sin \theta} \quad (1)$$

全率 $F_s=1.0$ として式(1)で示す。更に、地下水位による影響を考慮し、飽和した状態の安全余裕度も検証を加える。ここで、

$\sum W \cos \theta$: すべりに抵抗するせん断力 (kN/m²)

$\sum W \sin \theta$: 土の滑動力 (kN/m²)

U : 間隙水圧 (kN/m²)

$\tan \phi$: すべり面の内部摩擦角

c : すべり面土の粘着力 (kN/m²)

l : すべり面長 (m)

を示す。

これらの値に基づき、斜面の安定解析を行い、計算の結果を表3に示す。同表より、非飽和状態における $F_s=1.37$ 、飽和状態における $F_s=1.23$ が得られ、豪雨や長雨等により飽和状態になる場合、斜面の安全余裕度は、1.37 から 1.23 に低下する恐れを指摘することができる。これは、水圧により土の抵抗力が低下することと、大地震により物理的に土粒子の抵抗力が消失する場合にも同様の恐れがあると言える。

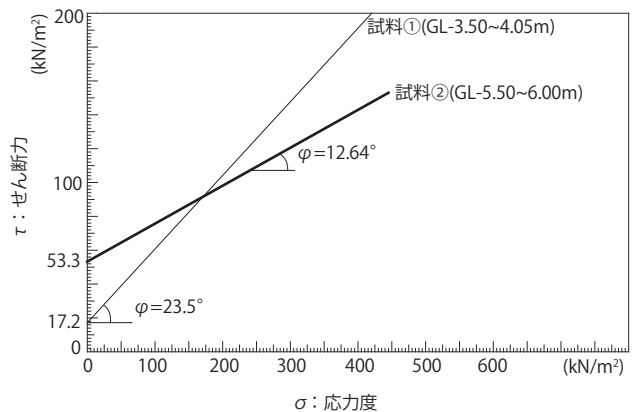


図3 三軸圧縮試験の結果

表3 安全率Fsの算定と土質定数

斜面の状態	安全率Fs	$\Sigma W \cos \theta$ (kN/m ²)	$\Sigma W \sin \theta$ (kN/m ²)	U (kN/m ²)	$\tan \phi$	c (kN/m ²)	l (m)
非飽和状態	1.37	153	63	2	0.224	53.3	1
飽和状態	1.23			45			

4. まとめ

風化泥岩の斜面における安全性を究明するため、ボーリング調査を実施し、これらの敷地から採取したサンプルを用いた土質試験に基づき、土質特性を定量的に評価および分析を行い、以下の知見を得た。ただし、地下水位の変動や降雨による動的な影響は除くものとする。

1) 土質の構成は、風化岩混じり粘土 (GL ± 0 ~ -1.7m)、風化泥岩 (GL - 1.7m ~ -11.8m)、泥岩 (GL - 11.8m ~ -17.32m) となっていることが明らかになった。

2) 地すべり面は、風化進度の著しい泥岩層、GL - 4.5m であることが推定される。

3) 斜面の安定余裕度は、飽和状態の場合に 23% 以上であることが明らかになった。

参考文献

- 1) 山野井徹, 石黒重栄, 布施弘, 神田章: 新潟県の地すべりとその環境, 地すべり学会, 1974年, vol. 11, No. 2, p.2-14
- 2) 田村昌仁: 軟弱地盤における住宅の不同沈下, 日本建築学会構造系論文報告集, 日本建築学会, 1991年, no.420, p.153-161
- 3) Terzaghi, k. and Peck, R. B.: Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley & Sons, New York, 1973
- 4) 大八木規夫: 地すべり地形の判断法, 近未来社
- 5) 高谷精二: 地すべり山くずれの実際, 鹿島出版会
- 6) 建築基礎設計のための地盤調査計画指針: 日本建築学会, 第2版(2011年)
- 7) 建築基礎構造設計指針: 日本建築学会, 第8版(2010年)
- 8) 藤原明敏: 地すべり調査と解析, 理工図書
- 9) 藤井衛, 若命善雄, 真島正人: 建築家のための土質と基礎 ザ・ソイル, 建築技術
- 10) 桑原文夫: 地盤工学, 森北出版,