



既成開発地周辺における神戸層郡の切取斜面の安定に関する研究

木越, 正司

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

1993-03-17

(Date of Publication)

2012-06-19

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙1716

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3070681>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2001716>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	木 越 正 司	(大阪府)
博士の専攻分野の名称	博 士 (工学)	
学位記番号	博い第72号	
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当	
学位授与の日付	平成5年3月17日	
学位論文題目	既成住宅地周辺における神戸層群の切取斜面の安定に関する研究	

審 査 委 員	主査 教授	尾 崎 勲 司			
	教授	西 勝	教授	日下部	馨

論 文 内 容 の 要 旨

神戸層群における切取斜面の安定については、過去において数多くの研究がなされてきた。しかし、多くの研究はすべり面を形成する軟弱化した粘土化層の定性的な把握にとどまり、設計斜面に類似した実規模大の斜面をモデルとしてすべりの発生機構を検証した事例は少ない。また、安定解析においては、すべりが発生した後のいわゆる逆算法による安定解析の結果と、すべり面を形成する粘土のせん断強度との関係を、室内実験や過去のデータからの推定によって求める方法がとられ、すべり面のせん断強度など性状変化に対する詳細な把握がなされている例は少ないと言える。

一方、すべりの大きな誘因となる地下水の影響についても、過去に多くの研究がなされているが、地下水の供給源の把握やすべり面を形成する粘土化層と地下水の水質との拘わりについて、深く追求された事例も同様に少ないと思われる。

本研究では、このような切取斜面の安定性の検討について、通常では行われない実規模の試験斜面による崩壊実験を行うことによって、切取斜面の安定に関する種々の知見を得た。また、地下水は斜面の安定に大きな影響を与えることは周知のことであるが、一般に開発地域を設定した場合、地下水の供給源となる地形的な広がりについて、その設定範囲を踏み越えて他の地域までを対象とはしない。

開発地域内において、地下水及び表面水の流量調査や水質調査を行った結果、地下水の供給範囲が開発地域に隣接する既成開発地まで含まれることに着目し、この地下水の需給関係を様々な角度から検証した。この地下水は花崗岩からの湧出に起因するものと考えられ、隣接開発地域の造成によって、開発地域内に滞層する礫岩や凝灰岩などの透水性のよい地層に流入することが推測された。また、この花崗岩からの地下水の水質と神戸層群の凝灰岩及び泥岩に含まれ粘土鉱物との間には、化学的な変

化を生じ易い関係が見い出された。このため、地下水はこれらの地層中にすべり面を形成する粘土化層に対し、せん断強度を著しく低下させることになり、斜面の安定性に問題を生じることが判明した。これら一連の切取斜面の不安定化に関し、すべり面の強度低下の要因を係数にして提案し、これらの数値について検討を加えた。

本研究は、以上の要旨に従って行ったもので、以下の6章にて構成されている。

第1章 我が国の人口は、昭和30年代後半より急激に増大するに至り、住宅需要が増加し、住宅地の適地が丘陵地帯にまでその必要性が及んだ。また、著者が切取斜面の安定問題に携わりつつ、本研究に至った経緯を述べた。本章の後半には、地すべりに関する既往の関連研究並びに研究の対象地の地形、地質の概要について述べたものである。

第2章 実規模の試験切取斜面による崩壊実験を行い、すべりに関する種々の検証を行った。まず、実験の対象地の選定を行い、その周辺における事前の地質調査を実施した。つぎに試験斜面の設定を行い、地質調査の結果から事前のすべりに対する予測検討を行った。

その結果、設定した試験斜面での安全率(F_s)の予想値はほぼ $F_s=1.0$ 前後と得られ、崩壊の可能性が高いことが伺えた。つぎに地下水位などの動態観測を崩壊実験の開始前から行い、観測を継続しながら試験斜面を造成した。崩壊は予測どおり造成完了後2ヶ月余りにて発生した。崩壊後のトレンチ掘削によって得られたすべり面の性状から判断して、すべり面の深さは比較的浅く、せん断強度は崩壊後の逆算値とほぼ合致するものであった。また、事前のせん断強度の予測値に対し少し下回るものであった。これらの結果から崩壊の発生機構について考察を述べるものである。

第3章 地下水の流出について、開発地内における表面流出水や地下排水の流出量観測および表面流出水とボーリング孔の水質などの調査を行った結果、地下水は開発地域に隣接する既成開発からも影響を受けていることが判明した。これは基底流量から割り出した比流量の判定に基づくものである。隣接の既成開発地に発生する地下水は、本来別の水系へ流出するところが、開発による造成工事を行ったことにより、盛土内に地下水を滞水させることとなり、この地下水が当開発地に対し新たに流入してくるものと考えられた。

その結果、地下水の流出機構について、流出モデルを仮定し流出機構について提案を行った。また、切取斜面の安定に拘わる要因を分析し、3つの影響要因を提案した。この中で切取に伴った応力解放によるすべり面粘土の強度低下の要因については、すべり面から採取した試料によるせん断試験を実施し、第2章で行った試験斜面の崩壊実験結果から得られた土質強度の関係及びすべり面のせん断強度に対する関係が得られた。

第4章 隣接住宅地に最も近接した切取斜面を造成するにあたり、斜面の安定化について事例研究を行ったもので、対策工の新たな考え方を求めたものである。第2章にて行った試験斜面の実験結果から得られたせん断強度をもとに、安定解析を行い対策工法を決定した。対策工法の決定には判定要素を種々比較検討した結果、対策工として置換工法および置換工と抑止杭工との併用工法を採用した。これらの対策工を実施するあたり、対策を行う各過程において、前段階よりは常に安全率を上昇させることとし、これを必要条件とすることを提案した。

第5章 開発地域の境界部分にあるポンプ場に近接した切取斜面の造成にあたり、この施設からの出水による急激な間隙水圧の上昇が発生したことに起因してすべりの発生が生じた。この事例に対し、斜面の安定解析と安定化対策について述べたものである。

その結果、安定解析には間隙水圧を考慮するとともに、鉛直亀裂の発生した部分には別途水圧を考慮した方法を採用した。礫岩の層中にある地下水に対しては、対策工としての水抜きボーリングを実施して地下水位の低下をはかった。また、この効果について、地下水位の低下状況と水抜きボーリングの実施効果との比較検討を行った結果、よい連動性があることが確認された。地下水の起源を調査するため、花崗岩の層中に深く水抜きボーリングを実施したが、地下水が湧出するほどの水量は得られなかった。しかし、水質試験からは神戸層群の礫岩層にある地下水は花崗岩の影響を強く受けた水質であることが判明した。

第6章 地下水の影響を受け、すべり面を形成する粘土化層の化学的变化について検証を行うものであるが、本研究においては推論を行ったものである。開発地内の溪流における水質を観測した結果、花崗岩からの地下水の影響を強く受けていることが言える。また、すべり面粘土のX線回折試験の結果から、非常に多くのモンモリロナイトを含んでいることが判明したこと、及び花崗岩の地下水を調査した結果、アルカリ性で Na^+ 濃度が非常に高い値を示すことから、すべり面粘土の強度低下となる地下水に含まれる陽イオンと粘土鉱物からの溶出イオンとの交換などによる化学変化は、十分起こり得ることと推察できた。この分野については、今後さらに研究を行い、粘土の強度低下についてのメカニズムを明らかにする必要があるものと思われる。

以上神戸層群の切取斜面の安定について、実規模による試験斜面の崩壊実験を行って、より具体的なすべり面の性状変化を検証するとともに、すべり面の形成に地下水の影響が大きく関与していることに焦点を当て本研究を行った。地下水の起源については、隣接した既成開発地からの特異な供給事例を検証し、水質についても、すべり面粘土との化学的变化について検討を行った。これらの一連の研究は、従来の実験室におけるモデル実験や、材料試験によるものではなく、現地の諸条件に合致したものとなる。また、崩壊の事例研究から得られた知見は従来のものとは異なり、より信頼性の高いものとなった。

論文審査の結果の要旨

人口の都市への集中が始まって以来、都市周辺で多くの宅地造成工事が進められてきており、丘陵地が主に対象となっている。その結果、必然的に造成工事に伴って斜面が造られ、その安定が問題となる。地質的及び土質工学上、多くの問題を含む神戸層群を対象として切取斜面の安定について、本論文は研究したものである。

神戸層群においては過去に多くの斜面破壊が見られ、その対策についての研究も数多いが、定性的なものが多く滑りに対するメカニズムを追求して、それを実際に検証した例は見られない。本研究は現地における実規模の破壊実験を実施し、これより多くの知見を得るとともに、これを実際の斜面安

定工事に適用して好結果を得たもので、極めて斜面安定に関する設計施工上役立つ成果を与えている。

本論文は7章から成っており、その内容について簡単に述べる。

第1章は本研究を行うに至った経緯を述べるとともに、過去の関連する研究を通覧して問題点を示し、本研究の目的、課題、範囲及び論文の構成について述べている。さらに、対象となる地域の地質地形の概要を説明している。

第2章は現地において、実規模大の切取斜面を造成して破壊実験を実施し、別途実施した地質調査、土質試験その他の調査に基づいて予測された結果と実際の崩壊試験より得られた結果との比較検討を行っている。これにより、凝灰岩及び泥岩の層中（神戸層群中）に粘土化した薄層がみられ、これが滑り面となることが見出された。また、トレンチ掘削より採取された滑り面の粘土の強度定数に関して実験を行い、斜面崩壊後に得られた試料についての強度定数は、実験斜面の逆算法による安定計算から得られた強度定数にはほぼ等しく、採取試料の残留せん断強度に近い値となることを見出した。これにより神戸層群での斜面安定計算に用いるべき強度定数 C 、 ϕ についての目安を与えた。

第3章は隣接する既成開発地が斜面の安定に与える影響について検討している。周辺地域が開発されることにより、対象とする地域の地下水の流動状況が変化し、これによって斜面の安定性に大きい影響を与えることが地下水の水質調査から初めて明らかとなった。これにより、精密な造成計画を立案するには通常調査の対象とならない既成開発地域までも含めた調査が必要であることが明らかにされた。地下水の流動に関して一つのモデルを用いて解析しており、本論文での新しい試みで特徴の一つである。

第4章は第2第3章で得られた研究成果を実際に施工される斜面安定に応用した事例研究について述べている。凝灰岩及び泥岩の軟化した層を有し、地下水の流入がみられる地点での斜面安定対策工法を検討するとともに、施工の各段階で斜面安定の安全率が常に増大して行くような施工法を示している。

第5章は開発にともない、地下水の流動状況が変化し、何らかの理由により多量の地下水が斜面背後に流入した場合に誘発された斜面崩壊の事例研究について述べている。地下水位の上昇にともなう間隙水圧の増加が、凝灰岩と泥岩の深い境界に存在する潜在滑り面に影響を与えて滑動を誘発する現象について解明している。その結果滑動が一度誘発されると、その誘因を取除いても滑動は停止せず、恒久的対策が必要であり、その方策について検討し、対策工法を提案している。

第6章は凝灰岩と泥岩の境界に存在する風化粘土が花崗岩層から流入するNaイオンを多量に含む地下水により化学反応を起こし、 CaCO_3 を溶出して軟弱化し強度が減少するメカニズムについて考察検討を加えている。実験的に得られた結果を現地に適用して推論が成立することを確かめている。化学変化にともなう強度低下率がこの場合約60%に達することを示している。またこれらの化学変化の過程においてモンモリロナイトの生成がみられることを示し、斜面の安定度を減少させる一因となることを示している。

第7章は以上の各章で得られた結果をまとめて結論としている。

以上本論文は第3紀層の神戸層群の切取斜面の安定について研究したもので、現地の詳細な調査と現地及び室内実験により、滑り面の形成、滑り粘土の強度変化、これらを原因とする斜面安定に対する調査、設計、施工対策について重要な知見を得たものとして価値ある集積と認める。

よって学位申請者木越正司は、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。