

氏 名	リョウ 劉	ゲン 軍
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)	
学 位 記 番 号	工 博 第 1606 号	
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 24 日	
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当	
研究科・専攻	工 学 研 究 科 交 通 土 木 工 学 専 攻	
学位論文題目	水との連成を考えたひずみ軟化型弾塑性構成式の地盤工学への適用に関する研究	

論文調査委員 (主 査) 教 授 足 立 紀 尚 教 授 大 西 有 三 教 授 田 村 武

論 文 内 容 の 要 旨

地盤を掘削する切土斜面等では、切土後相当時間経過して崩壊に至る例がある。このような地盤の時間依存性不安定化現象の要因として、地盤材料の軟弱劣化を含む広義の時間依存特性、掘削により発生する過剰間隙水圧の平衡化またこれらに関連する応力の不均一場の変化による進行性破壊等が考えられている。一方、硬質粘土や軟岩は、比較的低拘束圧下において、ひずみ硬化—軟化型の応力—ひずみ関係と正のダイレイタンス挙動（体積膨張）を示し、これが進行性破壊現象に密接に関連している。

本論文は、ひずみ軟化とダイレイタンス挙動を記述できる弾塑性構成式を用い、Biot の理論により間隙水との相互作用を考えた平面ひずみ状態における有限要素解析を定式化することにより、地盤工学における切土斜面、素掘トンネルならびに盛土載荷時の地盤の時間依存性挙動の解明に関する研究成果をまとめたもので、序論、結論を含め 8 章から成っている。

第 1 章は序論であって、地盤の時間依存性不安定化現象の解明には、その要因の 1 つと考えられる地盤材料のひずみ軟化およびダイレイタンス特性と間隙水との相互作用に着目した検討が重要であることを述べるとともに、本論文の目的と内容の概要を示している。

第 2 章では、連続体力学における構成式の役割を述べ、地盤材料の構成式に関する研究の流れを概観している。また、せん断強度は粘着力やセメンテーションにもとづくものと摩擦によるものとの和から成ると考え、摩擦成分を表す応力履歴テンソルを導入することにより誘導されたひずみ軟化型弾塑性構成式とそれに含まれる 8 個の材料定数の決定方法を与えている。

第 3 章では、地盤工学問題が平面ひずみ条件下で論じられていることが多いことから、その条件に適合する新たな塑性ポテンシャル関数を与えることで平面ひずみ状態に対応する地盤材料の構造骨格のひずみ軟化型弾塑性構成式を求め、その 8 個の材料定数の決定方法を示している。ついで、本構成式を用いた有限要素解析の定式化を行っている。

第 4 章では、3 章で誘導した構成式で表される構造骨格と間隙水との相互作用を解析するためには、

Biot の 2 相混合体理論を適用する必要性を述べるとともに平面ひずみ状態に対する相互作用の連成式の有限要素解析の定式化を行っている。また、本有限要素解析の精度を Terzaghi の 1 次元圧密の理論解により検証している。

第 5 章では、飽和切土斜面の安定問題を先に定式化した有限要素解析で検討している。その結果、切土斜面の法尻等の地盤ではひずみ軟化とそれに伴う体積膨張傾向によって発生する負の過剰間隙水圧との相互作用により、時間依存性不安定化現象が生じうることを示している。また、この不安定化現象は、法尻から斜面上方に時間とともに拡大する進行性破壊であることを明らかにしている。

第 6 章では、飽和地山における円形素掘りトンネル掘削時の周辺地山の間隙水との相互作用による挙動を解析している。その結果、本解析条件下においてはスプリングラインの壁面近傍地山はひずみ軟化状態に達するが、掘削直後では負の過剰間隙水圧が発生するため一定のひずみに留まるものの、時間の経過による負の間隙水圧の消散により不安定化が進み、ひずみが増大することを示している。

第 7 章では、ひずみ軟化を示す地盤上に盛土載荷をする場合の、盛土載荷速度の違いによる地盤の挙動解析を行っている。その結果、地盤が最大せん断応力に達する直前に過剰間隙水圧の増加速度が一旦減少するが、軟化後は増加に転ずるという特異な挙動を示す。この水圧の特異な挙動は地盤の軟化の前兆として施工管理に用いられることを示唆している。

第 8 章は、本研究の結論であって、結果を要約するとともに今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、地盤の時間依存性不安定化現象の 1 要因が地盤のひずみ軟化と応力場の変化に伴って生じる過剰間隙水圧の平衡化過程との相互作用と考え、地盤構造骨格と間隙水の連成問題として定式化を行い、その解明に関する研究成果をまとめたもので、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 平面ひずみ問題に対する地盤のひずみ硬化—軟化型応力ひずみ関係とダイレイタンス挙動を表現できる弾塑性構成式を誘導し、その有限要素解析の定式化を行った。さらに Biot の 2 相混合体理論を適用することで間隙水との相互作用にもとづく地盤の時間依存性挙動の解明に供する連成解法を構築した。

2. 飽和切土斜面の時間依存性不安定化現象は、地盤のひずみ軟化挙動とそれに伴われる体積膨張傾向により発生する負の過剰間隙水圧の平衡化過程における相互作用として説明できることを示し、またこの不安定化現象は切土斜面法尻から斜面上方に拡大する進行性破壊であることを明らかにした。

3. 飽和地山の円形素掘りトンネルの掘削においては、スプリングラインの壁面近傍地山はひずみ軟化状態に至るが、掘削直後には負の過剰間隙水圧の発生により一定のひずみに留まる。しかし、その後間隙水圧が時間の経過とともに平衡化するため不安定化が進み、ひずみが増大することを示した。

4. ひずみ軟化を示す地盤上に盛土を載荷する場合、盛土直下の地盤が最大強度に至る直前に正の過剰間隙水圧の増加速度が一旦減少し、再び増加する特異現象が現れることを明らかにし、この間隙水圧の特異現象を地盤破壊の前兆として活用できることを示唆した。

以上要するに本論文は、地盤の時間依存性不安定化現象に関する各種問題の解明に有効な解析法を構築したもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は、京都大学博士（工学）の

学位論文として価値あるものと認める。また、平成9年2月24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。