

氏 名	張 祐 榮
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2449 号
学位授与の日付	平 成 17 年 3 月 23 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 土 木 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Development of Compression Modeling of Quasi-overconsolidated Pleistocene Clays and Application to Prediction of Long-term Settlement of the Reclaimed Foundations in Osaka Bay (擬似過圧密洪積粘土の圧縮モデルの構築と大阪湾埋立地盤の長期沈下予測への適用性に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 関 口 秀 雄 教 授 井 合 進 教 授 嘉 門 雅 史

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、大阪湾埋立地の洪積地盤の長期沈下に着目し、高位構造を有する擬似過圧密洪積粘土の圧密降伏応力近傍における時間依存挙動を高精度で記述し得る圧縮モデルを提案し、その妥当性を不攪乱試料による室内長期圧密試験によって検証するとともに、実際の埋立地盤の長期変形挙動を提案解析フレームワークに基づいて予測し、その有用性を観測結果に照らして確かめたものである。その結果得られた知見をまとめたものであって、8章からなっている。

第1章は序論であり、本論文の位置づけと研究の動機を述べている。また、フローチャートにより本論文の構成を説明している。

第2章では、大阪湾洪積地盤の成因、堆積環境の特徴、大阪湾埋立地盤における長期沈下の実態、長期圧密試験による長期沈下現象の再現、そして高位構造を有する洪積粘土のひずみ速度依存性挙動について説明している。

第3章では、第2章で示した大阪湾洪積粘土の顕著なひずみ速度依存性挙動が従来の圧縮モデルではうまく評価できない理由を具体的に説明している。特に、圧密降伏応力以下の応力レベルでの計算結果が実測値と全く異なる挙動を与えることが全体の予測精度を落としていることを明確に指摘している。

第4章では、上述の分析結果に基づいて、大阪湾擬似過圧密洪積粘土に対する新しい圧縮モデルを提案し、境界条件が明確で、長期沈下が早期に発生する室内長期圧密試験結果に適用することにより、提案する解析手法の妥当性を検証している。まず、モデル化に際して最も重要な視点として、大阪湾海底地盤の堆積環境を念頭に置いている。すなわち、大阪湾洪積粘土は、土質力学的には正規圧密状態であるにもかかわらず、圧密試験を行うと過圧密比1.1~1.4程度の軽い過圧密性を示す擬似過圧密粘土であることから、このような粘土を「正規圧密年代粘土」と位置づけている。そして、現応力が真の圧密降伏応力に対応すると仮定し、現応力からわずかでも载荷を受けると粘塑性変形が生じ、結果として、圧密試験によるいわゆる圧密降伏応力以下の応力領域であっても顕著なひずみ速度依存性挙動が出現する圧縮モデルを定式化している。この新しい圧縮モデルを有限要素解析コードに組み込み、室内長期圧密試験の解析を実施した。その結果、载荷応力によって正規圧密状態に移行する場合はもちろん、最終応力が圧密降伏応力を下回る場合においても、解析結果は実測結果を精度高く再現し得ることを確かめている。

第5章では、第4章で確立した新しい圧縮モデルを組み込んだ弾粘塑性有限要素法によって、大阪湾の咲洲、舞洲および夢洲の各埋立地盤における層別沈下実測値との比較を行い、提案手法の妥当性を示している。重要なことは、室内圧密試験に用いた手法と土質定数の決定法をそのまま実地盤にも適用し得ることを明示していることである。すなわち、本論文で提案した手法は、室内試験で求めた土質定数をそのまま原位置問題に適用するという論理の一貫性をふまえた普遍性のある解析手順になっている。

第6章では、提案弾粘塑性解析手法に基づいて舞洲埋立地盤における護岸部を含む広範囲な領域の二次元長期変形挙動の

予測を行い、実測変形挙動との比較を通じて得られた興味深い成果を述べている。護岸から十分に離れた埋立地内部の長期沈下挙動に関して、側方変形ゼロを仮定した一次元沈下解析法によっても、二次元変形解析法と同様に精度高く実測沈下挙動や整合的に再現し得ることを実証したことは、実際上からも重要である。

第7章では、洪積砂礫層の透水性と剛性の評価の問題を取りあげている。従来、硬質の洪積砂礫層については、透水性、剛性といった本質的な力学物性についてどのように考え、どのような値を設定するかについては確たる指針がなかった。本章では、地盤情報データベース、およびトンネル工事において実施された地下水位低下工法に伴う洪積砂礫層の圧縮量測定結果を参照し、乱さない状態での洪積砂礫層の土質定数を逆算するといふ方法で、本問題を解決できることを示した。そして、夢洲埋立地盤における盛土開始時点からの洪積層全沈下実測結果を提案解析法に基づいて検討し、砂礫層の圧縮量評価に関する提案法の妥当性を明示している。さらに、将来建設が予定されている埋立人工島に対して事前の変形予測を行い、施工管理や計測管理に有用な埋立速度と沈下量の発達過程の関係を提示している。

第8章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、大阪湾埋立地の長期沈下問題を取扱い、その解明のために高位構造を有する擬似過圧密洪積粘土の長期圧縮特性に注目する必要があることから、圧密降伏応力近傍における時間依存挙動を高精度で記述し得る圧縮モデルを、大阪湾の堆積環境に関する知見をふまえて提案するとともに、それを組み込んだ弾粘塑性解析フレームワークを開発したものである。そして同手法を実問題に適用して、多くの埋立地盤における長期沈下挙動を整合的に説明しうることを示し、沿岸域の埋立地盤の長期変形問題への対応のための指針を明らかにしている。

得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 大阪港の埋立地における洪積粘土層の層別沈下計測結果を詳細に分析し、最終荷重が圧密降伏応力を超えない領域にとどまっている下部洪積粘土層においても長期沈下が発生していることを指摘した。
2. このような洪積粘土層の時間依存圧縮挙動を合理的にモデル化するために、大阪湾の堆積環境に関する地質学的知見を整理し、洪積粘土を過圧密履歴を有しない正規圧密年代粘土と位置づけている。そして、相対降伏応力指数の概念を導入して新たな弾粘塑性圧縮モデルを提案した。
3. 上述の構成モデルを組み込んだ有限要素解析コードを開発し、大阪港の咲洲、舞洲、夢洲の各埋立地に対して、地盤の部分排水条件及び複雑な埋立施工過程を考慮した一連の解析を行い、地盤の層別沈下データを精度高く再現した。
4. 従来、ほとんど検討が行われていない洪積砂礫層の透水性及び圧縮性評価の重要性を指摘し、提案解析フレームワークに基づいて、洪積砂礫層の沈下予測に有用な情報を提示した。
5. 今後建設予定の埋立人工島に対する将来の長期変形予測を行い、今後のモニタリング及び施設維持に有用な情報を提示した。

以上、本論文は、高位構造を有する擬似過圧密洪積粘土の圧密降伏応力近傍における時間依存挙動を高精度で記述し得る圧縮モデルを提案し、それを組み込んだ弾粘塑性解析フレームワークを開発、沿岸域の埋立地盤の長期変形に関する注目すべき様々な知見を得ており、学術上、実際上、寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成17年1月6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。