

博士論文審査結果の要旨

博士論文審査委員会

主 査 並河 努

審査委員 岡本敏郎

審査委員 紺野克昭

審査委員 穴見健吾

審査委員 古関潤一

氏 名	津國正一
論文題目	軟弱・液状化地盤対策としての地盤改良工法での性能設計に用いる解析手法の研究
〔論文審査の要旨〕	
<p>現在、土木構造物の設計では仕様規定型設計法から性能規定型設計法に移行しつつあり、地盤改良工法においても性能規定型設計法の適用が要求されるようになってきている。地盤改良工法に対し性能規定型設計を適用する場合、地盤及び地盤改良部の変位と応力を照査指標とすることが多いが、対象とする構造や地盤改良部の形状が千差万別なため、変位等を精度よく評価するには有限要素法解析（FEM 解析）等による詳細な数値解析を実施する必要がある。しかしながら、FEM 解析等の数値解析を用いた地盤改良工法の性能規定型設計に関する研究事例は少ない。</p> <p>本論文の目的は、FEM 解析を用いることにより複雑な改良形状を有する地盤改良工法に対応した性能規定型設計法の実現可能性を示すことと、変位と応力を照査指標とすることによって従来の仕様規定型設計法では適用対象外となるような条件に対しても地盤改良工法が適用できる可能性を示すことである。本論文では、軟弱粘性土地盤に施工される構造物の圧密沈下対策と地震時の液状化対策としての地盤改良工法を対象としている。</p> <p>軟弱粘性土地盤に施工される構造物の圧密沈下対策としての地盤改良工法を対象とした検討では、改良体の複雑な配置の違いによる圧密沈下量を FEM 解析により定量的に評価できることを明らかにし、最適な改良体配置を設計段階で選択できることを示した。また、FEM 解析結果を試験施工の計測結果と比較することにより解析の精度を検証し、FEM 解析を用いることにより圧密沈下量の予測が可能で、圧密沈下対策地盤改良工法において数値解析を用いた性能規定型設計法が成立することを示した。</p> <p>液状化対策としての格子状地盤改良工法を対象とした検討では、改良体格子間隔の違いによる過剰間隙水圧の上昇量や沈下量を指標とする液状化抑止効果を FEM 解析により定量的に評価できることを明らかにし、最適な格子間隔を設計段階で選択できることを示した。また、FEM 解析結果を遠心載荷模型試験と比較することにより解析の精度を検証し、FEM 解析を用いることにより液状化にともなう地盤と構造物の沈下量が予測可能で、液状化対策地盤改良工法において数値解析を用いた性能規定型設計法が成立することを示した。</p> <p>上記解析結果を踏まえて、地盤及び構造物変位と改良体内応力を設計照査指標とした場合に、従来の簡易解析手法と FEM 解析手法の予測精度の比較を行い、3次元 FEM 解析が性能規定型設計を行う上で有用であることを示した。</p> <p>以上まとめると、本研究では、FEM 解析を用いることにより、複雑な形状を有する地盤改良工法を対象とした性能規定型設計を実施可能であることが示されている。このことは地盤工学の進歩への重要な貢献である。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。</p>	

<p>※報告番号</p>	<p>甲 第 172号</p>	<p>氏 名</p>	<p>津國 正一</p>
<p>主論文題名</p> <p>軟弱・液状化地盤対策としての地盤改良工法での性能設計に用いる解析手法の研究</p>			
<p>内容の要旨</p> <p>性能規定型設計法を適用した地盤改良の設計で用いる解析手法の予測精度を研究テーマとした。用いる設計指標として変位(地盤・住宅)と改良体に発生する応力に着目している。軟弱粘性土地盤基礎の圧密沈下・側方流動対策に性能規定型設計法を用いた設計で地盤改良工法を適用した 2 つの工事と、東北地方太平洋沖地震時に液状化により戸建て住宅に大きな被害を受けた浦安市で、道路と宅地を一体とした液状化対策に格子状地盤改良工法の適用が想定されているプロジェクトを研究対象とした。そして、解析レベルと予測精度の関係を明らかにすることを研究目的とし、格子状地盤改良工法については性能規定型設計法が適用可能かについても研究目的としている。</p> <p>圧密沈下・側方流動対策ではコラムリンク工法と、高圧ガス導管の防護工を対象に設計・施工・動態観測を行っている。</p> <p>コラムリンク工法は土木研究所と民間 13 社の共同研究で開発された工法である。工法の特徴は、壁状改良と杭状改良を組み合わせることによって、道路盛土施工時の圧密による盛土沈下量と周辺地盤の変位抑制を低コストで行える点にある。壁状改良部分を側部壁、杭状改良部分の側部壁から盛土中心側を内部杭、反対の法尻側を外部杭とそれぞれ呼んでいる。3次元 FEM 解析を用いた解析により、側部壁を法肩に配置するのが最適であること、内部杭・外部杭の効果により側部壁に盛土荷重が集中することにより、盛土の沈下抑制・周辺地盤の変状抑止効果が高くなっているメカニズムを明らかにした。熊本宇土道路の試験施工断面の設計を 3次元 FEM 解析で行い、施工後の動態観測結果との比較から、3次元 FEM 解析を用いることによって性能規定型設計法でコラムリンク工法の設計が可能であることを明らかにした。また、側部壁の効果に関するメカニズムも検証された。</p> <p>札幌市郊外の既設高圧ガス導管埋設位置に新設盛土が計画された。盛土荷重による圧密沈下により既設高圧ガス導管に当初設計で考慮していなかった応力発生を防ぐための防護工として、浅層盤状改良と深層混合処理工法で施工する杭状改良を組合せた防護工を考案し、3次</p>			

※ 報告番号	第 172号	氏 名	津國 正一
--------	--------	-----	-------

内容の要旨

元 FEM 解析を用いた設計を行った。設計では高圧ガス導管の沈下量を設計指標としている。そして、施工後の動態観測結果と当初設計での予測値がほぼ対応していることが確認でき、防護工の有効性と 3次元 FEM 解析を用いた設計精度を検証した。

格子状地盤改良工法を浦安市に適用する場合、既設の住宅がある条件での施工となるため格子間隔が広がる。そのため、過剰間隙水圧比・FL 値を設計指標として、格子内地盤で液状化発生を防止できる間隔に格子間隔を設定することが難しい。その解決策として住宅沈下量を設計指標とする性能規定型設計法を採用することで、格子内地盤の部分的な液状化発生が許容できる。格子内地盤で発生する地盤の沈下量・住宅の沈下量に着目した研究で参考のできるものがないため、解析手法の検証対象とするための遠心模型振動実験を実施した。そして、実験で得られた沈下量と FEM 解析で求めた沈下量を比較することで、予測精度を検証した。その結果、改良体発生応力の予測に課題は残るが、等価線形解析を用いた 2次元 FEM 解析を性能規定型設計法の解析手法として用いることが可能であることを明らかにした。また、有効応力解析による FEM 解析は、構成式の信頼性の問題から住宅沈下量の予測精度に課題はあるが、改良体発生応力の予測手法として有効であり、性能規定型設計法の解析手法として用いることが可能であることを明らかにした。

上記の研究内容について、解析レベル毎に変位と改良体発生応力の予測精度について総括した結果、3次元 FEM 解析が総合的に優れた解析手法であることを確認した。

最後に本研究で得られた結論について述べる。

地盤に発生する変位(沈下・水平変位)、住宅沈下量と改良体に発生する応力を、性能規定型設計法の設計指標として用いた場合の予測精度について、解析レベルに応じた評価を行った。その結果、改良体に発生する応力の評価精度に課題は残るが、2次元 FEM 解析を性能規定型設計に適用することは可能であることを示した。また、液状化対策での沈下量の予測精度に課題は残るが、本論文で研究対象とした軟弱粘性土地盤基礎の圧密沈下・側方流動対策と、液状化地盤基礎の液状化対策に用いる地盤改良工法の性能規定型設計に用いる解析手法として、3次元 FEM 解析が総合的に優れた手法であることを明らかにした。

もう一つの研究目的である格子状地盤改良工法の適用範囲拡大に関しては、格子内地盤で発生する部分的な液状化を許容し、住宅沈下量を設計指標とした性能規定型設計法を用いることによって、道路と既設宅地を一体とした液状化対策事業への適用が可能であることを明らかにした。