

氏名	きたのとしかず 北野利一
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第3504号
学位授与の日付	平成12年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	境界層近似を用いた異方性・不均質性を有する海底地盤の波浪応答理論に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 酒井哲郎 教授 高山知司 教授 間瀬 肇

論文内容の要旨

本論文は、境界層近似理論を新たに発展させることにより、地盤の力学的特性が異方性および不均質性となる海底地盤の波浪応答特性を系統的に検討したものであって、7章からなっている。

第1章は序論であり、海底地盤が波浪の影響を受けて不安定となることが原因として発生する石油掘削プラットフォームや海底パイプラインの事故が報告される等、海底地盤の波浪応答特性を把握することの重要性を論じており、より現実的な異方性や不均質性を有する海底地盤を対象に波浪応答特性を検討する必要性を述べている。

第2章では、多孔質地盤の波浪応答特性理論の一般的な考え方について整理し、多孔質弾性体の境界層近似理論は、既存する全ての理論を理解する上で包括的な考え方であることを示した。つまり、地盤全体を混合一相体とみなす外部領域解と、土粒子変位と間隙水の相互速度が顕著になる地盤表面付近の境界層領域解に分けることにより、地盤の全応力と間隙水圧に関する各々独立な方程式に書き換えることが可能となる。その結果、波浪応答現象の物理的意味を明確にすることができ、間隙水圧変動の減衰性、外部領域解と境界層領域解の寄与率および底面波圧との位相差の観点から、基本となる均質かつ等方性地盤の波浪応答特性を整理している。

第3章では、直交異方性の海底地盤について波浪応答特性を検討している。その結果、1) 間隙水圧変動の地盤内部に向かっての減衰率(外部領域解)は、水平方向に対する鉛直方向のヤング率比が大きくなるほど、増加すること、2) 地盤表面付近の間隙水圧変動の地盤内部への減衰率(境界層領域解)は、主として鉛直方向のヤング率に依存すること、3) 外部領域解と境界層領域解の寄与率は、等方性地盤に対しては間隙水と地盤骨格の弾性率の比で表され、異方性地盤の場合にはその弾性率比に異方性のパラメータと飽和度で新たに定義される補正係数を掛けた形式で表現できることを示している。

第4章では、透水係数が鉛直方向に変化する地盤の波浪応答解を考察している。得られた結果として、1) 地盤内部の過剰間隙水圧変動の位相遅れは、均質地盤のように深さに比例して増加するのではなく、地盤表面近傍で位相遅れは小さく、内部に向かって急激に増加すること、2) 土粒子と間隙水の相対速度を考慮すべき領域を表す境界層の厚さは、不均質性の程度により変化すること、3) その境界層厚は、地盤表面での透水係数から推定される境界層厚さよりも小さく、深さ方向に平均化した透水係数を有する均質地盤に対し算定される境界層厚さよりも大きくなることを示している。

第5章では、間隙水飽和度が鉛直に変化する地盤の波浪応答特性を考察している。つまり、1) 鉛直下向きに増加する静水圧が主原因となり間隙水の飽和度が地盤内で鉛直変化し、その結果、間隙水と土粒子骨格の弾性比が変化すること、2) 飽和度が地盤の内部方向に変化することにより、一相体と見なせる地盤内部の間隙水圧変動の減衰率(外部領域解)が深さ方向に変化し、その減衰率は飽和度が均一の場合に比べ小さくなること、3) 飽和度の鉛直変化のスケールより境界層厚さが小さいので、境界層領域解については、飽和度の鉛直変化の影響は無視できることを示している。

第6章では、地盤内において、せん断弾性率が鉛直方向に変化していることも考慮に入れるために多層性地盤の波浪応答特性を検討している。1) 各応答変数の関係を作用素を用いて表現することにより、支配微分方程式を作用素行列の代数演算式に書き換えた。その結果、海底地盤の波浪応答特性をシステム行列により表現した。2) システム行列に合成地盤定数

を導入することにより、各層の無次元層厚が0.5以上であれば、多層地盤の波浪応答特性を等価な一層地盤に置き換えることができることを示している。

第7章では、各章で得られた結果を総括して述べるとともに、今後の課題を指摘して結論としている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、海底地盤の波浪応答問題について、境界層近似理論を発展させた理論を構築し、海底地盤の異方性および不均質性の影響を系統的に検討したものであり、主な内容は次のとおりである。

1. 境界層理論の基礎となるのは、地盤全体を混合一相体とみなす外部領域解と土粒子変位と間隙水の相互速度が顕著になる地盤表面付近の境界層領域解を求め、両者の解の和が境界条件を満たすように決定することである。

2. 境界層近似理論を拡張することにより、種々のパラメータが含まれる異方性・不均質性海底地盤の波浪応答特性を簡潔に表現することができるようになり、各種無次元パラメータの物理的影響や波による地盤の液状化等の不安定解析が可能となる。

3. 具体的には、土骨格を直交異方性弾性体とみなし、透水係数および間隙水飽和度が鉛直方向に変化する不均質地盤に対する波浪応答解を解析的に誘導し、波浪パラメータと地盤定数であるヤング率、透水係数、飽和度および各々の異方性・不均質性パラメータを組み合わせた無次元パラメータの物理的な意味を明確にした。この理論解は、波による海底地盤の液状化に適用できる。

4. せん断弾性率が鉛直的に変化する地盤に対しては、応答システム行列を導入して、多層性地盤の波浪応答特性を等価な均質地盤に帰着させることにより、その波浪応答特性を考察した。

以上、本論文は、境界層理論の拡張・体系化といった手法に新規性があり、提案されている無次元パラメータの物理的意味が明確であるため、沿岸構造物の基礎地盤の安定解析や漂砂量モデルへの組み込みといった応用に貢献するものと判断され、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12年2月21日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。