

愛知発明賞

「対象を特定しない地盤解析技術」

(特許 第 4441693 号)

野田 利弘 国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学
大学院工学研究科 土木工学専攻 地盤工学 教授
浅岡 顯 公益財団法人 地震予知総合研究振興会 副首席主任研究員
(兼 国立大学法人 東海国立大学機構 名古屋大学 名誉教授)
中野 正樹 国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学
大学院工学研究科 土木工学専攻 地盤工学 教授

① 応募発明の概要

本応募発明は、間隙が水で満たされた土(飽和土)からなる地盤や土構造物の変形から破壊までの一連の力学挙動を求めるために、様々な外力作用下で刻々と変化する幾何形状の影響(幾何学的非線形性)を考慮できるように、飽和土の単位時間当たりの加速度の変化率(躍度または「加加速度」)を有する速度型運動方程式を新たに定式化するとともにその計算アルゴリズムを開発し、その上で、砂や粘土などの広範な土におけるそれぞれの特性を考慮できる土骨格の計算式を搭載することにより実現した、有限変形場における水と土骨格連成の地盤解析技術である。

② 従来発明等の課題と開発ニーズ

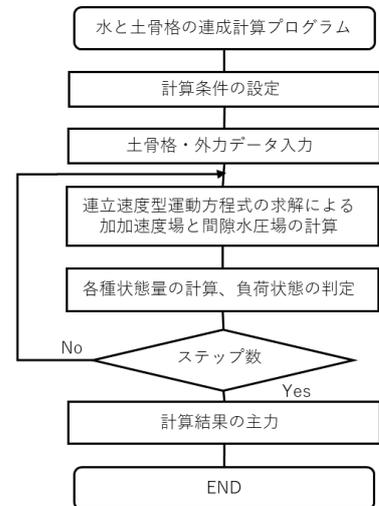
従来の地盤解析技術は、土が実際は大きく変形するものの変形が微小であると仮定したものが大半で、土の大変形や破壊に起因する刻々の幾何形状変化の効果を考慮することが困難であった。また、間隙水の透水問題、粘土の圧密変形問題・支持力問題、砂の地震時の液状化専用などに対する専用解析技術であったため、例えば、砂の液状化専用解析は粘土の圧密問題に適用できず、常に解析者の問題意識に基づいて専用のものを使用していた。つまり、解析者が「地盤に何が起きるか」をあらかじめ決めた上で、どの専用解析技術を使用するのかを決定する必要があった。このため、例えば、軟弱粘土地盤の盛土載荷に伴う変形から破壊に至る進行性破壊の問題や地震による砂地盤の液状化後の圧密沈下などの問題、あるいは粘土地盤に砂杭で改良した後の地盤の耐震効果など、複数のあるいは複合的な事象が連続して発生する問題について一貫した解析技術で検証することができなかった。これに対し、あらゆる土と地盤、あらゆる力学状態、あらゆる種類の外力を対象として連続した解析を可能とする解析技術、例えば、地震時や地震後に地盤や土構造物に何が起きるのか、それに対して事前にどんな対策をすべきかなどに対して答えを出してくれるような防災・減災にも資する解析技術が求められていた。

③ 応募発明等の特徴

本発明は、二つの大きな特徴を有する。

【特徴1】入力した土骨格の状態に関するデータと外力に関するデータとに基づいて土骨格の加加速度項を含む土骨格の速度と間隙水圧に関する連立速度型運動方程式を構築すること

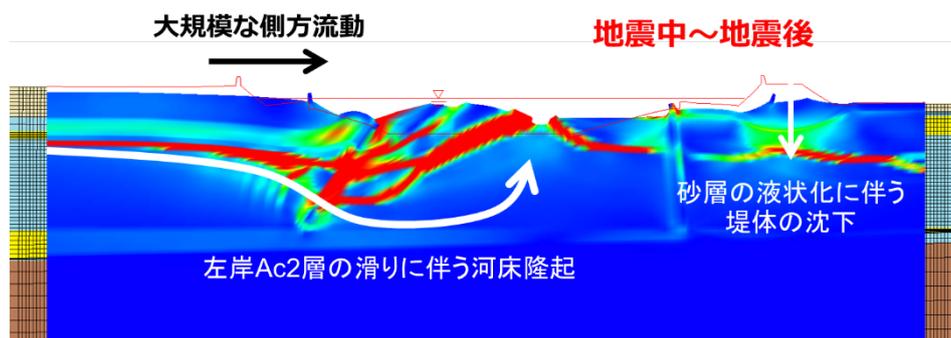
【特徴2】連立方程式に変位、変位速度又は加速度に関する幾何的境界条件及び応力又は応力速度に関する力学的境界条件並びに間隙水圧又は全水頭及び間隙水の流量に関する水理境界条件を与えて随時積分し、速度場および間隙水圧場の時刻歴応答を求めることにより土骨格の変形解析を行なうこと



(a) 本発明のフロー概略

【特徴1】では、本応募発明の連立速度型運動方程式が、土骨格の状態を特定するデータとして、時間的体積変化率、透水性性状、質量、接線剛性を計算要素としており、これら各要素の調整と計算方法の組合せを調整することで、地盤を構成する砂から中間土、粘土、またはその間に稠密に存在する中間土などの広範な土から構成される土骨格の状態と構成を選択することができ、また地盤に対する外力を特定するデータとして、水と土骨格の連成系に与える静的外力である荷重または動的外力である振動のいずれも選択できることで、静的外力である盛土载荷、動的外力である地震などの外力を、それぞれ対象を問わず入力することができ、

【特徴2】では、連立方程式に与える条件として複数の土の種類、異なる外力の種類、間隙水の状態などをマトリクスとして設定し、また得られた計算結果を新たな計算条件や初期状態として連続した状態変化の計算を行うことで統合・連続した地盤状態の変化が得られる作用効果があり、結果として、実際の地盤挙動に近い解析結果を得ることができ、幅広い土質や解析条件に対応できることから、地盤工学だけでなく防災・減災の分野での多様な地盤解析ニーズに応えることができる。



(b) 本応募発明による地震時の変状予測解析例(図はせん断ひずみを示す):
巨大地震を想定した愛知県内の河川堤防の耐震性評価と対策の検討。
本変状予測を踏まえた対策方法が複数検討され、施工された。

④ 応募発明等の実施効果

平成 19 年、発明者らは GEOASIA 研究会を設立、その後平成 21 年には一般社団法人化し、権利者とともに本応募発明の普及と高度化を進めてきた。

<産業性>

GEOASIA 研究会とともに、国・自治体、インフラ企業(電力・ガス・高速道路)、ゼネコン、コンサルタンツなどが所管・設計する各種地盤や土構造物(埋立地盤・人工島、空港滑走路、ダム、盛土、堤防、道路など)の変形予測・安定性や耐震性の性能評価・対策検討などの設計支援、および災害発生メカニズムの検討を本応募発明の受託研究または共同研究の形で実施してきた。この結果、例えば、舞鶴若狭自動車道の盛土建設工事については、長期沈下問題解決に貢献したことから平成 26 年に中日本高速道路(株)から感謝状が授与されている。なお、従前の解析技術における見逃し事項を検出・抽出するため、従前の解析技術と併用してセカンドオピニオン的に使われる場合もある。

<社会性>

地震や豪雨に伴う災害発生時の土構造物の崩壊メカニズム解明や対応策の検討を実施してきた。特に、令和 3 年 7 月に発生した熱海市伊豆山土石流に対して、発生原因究明に貢献したことから令和 4 年に静岡県から GEOASIA 研究会に感謝状が授与されている。また、本応募発明による解析事例は自治体や産業・民間における防災・減災の啓発などの講演会で利用している。加えて、GEOASIA 研究会会員に対し、本応募発明技術の習得を通じて地盤工学・地盤力学の理解を深めることを支援するとともに、本応募発明を実施できる技術者に GEOASIA Master の称号を与えて、新しい地盤力学・解析技術普及に努めている。GEOASIA Master 21 名のうち 8 名(内、社会人コースが 4 名)は、本応募発明を用いた研究内容で名古屋大学の博士(工学)の学位を取得している(令和 7 年 2 月現在)。