

別紙様式 2

学位論文要旨

所属専攻 環境共生工学 専攻

氏名 白水 元

論文題名 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

砂質海岸の地形変化に及ぼす底質間隙のサクシオン動態の影響に関する研究

要 旨

平野が少なく四方を海で囲まれる日本では、多くの人々が沿岸に活動の拠点を築き、「海とともにある」文化・経済を発展させてきた。沿岸域は潮汐や風波の自然の営力による流れや波動など力学的な影響、その他、生物・化学的な海洋の影響を陸に及ぼす場であり、一方で、河川水の流入や土砂の運搬、人間の産業などの陸域の影響を海洋に及ぼす場である。高波浪や大規模河川出水などによる自然災害イベントのインパクト、また、ダム・堰といった河川構造物や港湾・漁港・堤防といった海岸構造物の建設による人為的なインパクトは、ある場所では侵食を招き、別のある場所では土砂堆積を起こす。自然の作用での回復が困難となる過大な侵食は砂浜を消失させ、堤防・沿岸道路の崩壊などにも繋がる。一方で過大な堆積は航路埋没や底生生物のへい死などに繋がる問題である。したがって、自然災害イベント後の対応や、沿岸域での建設行為に先立っては、海浜の地形変化を精度良く評価する必要がある。砂質海岸の地形変化予測にあたっては、流体・底質輸送・地形変化のプロセスを考慮した物理モデルが研究されてきた。この領域では、潮汐や遡上波により複雑に変動する地下水の地形変化に与える影響の重要性が認識されてきたが、海水・地下水の媒質として働く底質間隙の変化については十分な理解が及ばず、底質の力学特性の変化が砂浜変形過程に与える影響をモデル化するに至っていない。そこで本研究では、現地調査・模型実験を通して、潮汐・遡上波による地下水位変動に誘発された底質間隙の変化と地形変化への影響を定量的に把握し、これらによって得られた知見を基に、地下水挙動の地形変化への影響を評価するモデルを既存の物理プロセスベースの数値モデルの枠組みの中に導入した。

地下水位変動による底質間隙の変化について主要な要因と捉えられているものに、サクシオン動態が挙げられる。サクシオンとは、底質土砂の吸着力や間隙の毛管力による負のマトリックポテンシャルのことで、大気圧(もしくは通気帯の土中空気圧)より低い値の間隙水圧と言い換えられる。潮間帯の砂質干潟や侵食性の砂浜の前浜など砂質海岸においては、このサクシオンが発達する毛管水帯の分布が、潮汐や遡上波によって変わる。これにより、底質間隙が弾塑性的な収縮が引き起こされているというものである。

潮汐が卓越する砂浜地形である潮間帯多段バーを有する砂質干潟について、地形変化と底質間隙挙動の関係を知ることを目的として現地調査・解析を行った。ここでは、底質が干出時に経験するサクシオンの程度に応じて線形的に間隙構造や表層のベーンせん断強度が変化することを確認した。また、拡張型の Richards 方程式により潮汐作用による地下水位変動下のサクシオンの時空間変動を求め、これに応じた間隙の変化から地形変化を見積もる数値モデルを用い、間隙サクシオン挙動によってもたらされる間隙変化を検証した。ここでは浮遊・掃流による地形変化が極めて少なくなるよう設定された既存の底質模型実験の結果が対照され、サクシオンの挙動によって引き起こされる間隙変化の帰結としての地形変化がモデルでよく表現できていることが明らかになった。

一方で、波浪が卓越する砂浜地形では、陸域と海域の接続域である汀線近傍を対象として地形変化と遡上波による地下水挙動に伴うサクシオン動態の関係を知ることを目的とし、模型実験を行った。2次元造波水路内に実際の砂浜を対象とした砂浜模型を製作しこれに高波浪を想定した波を作用させ、前浜の地形変化過程におけるサクシオン挙動と底質の強度変化を定量的に捉えた。高波浪によって新たに形成された前浜は、更なる波浪の経験により、地下水と連動してその底質の間隙構造が安定方向に変化していることが明らかになった。加えて、入射波の長周期成分の遡上が砂層内の地下水位変動とサクシオン動態に重要な役割を担っていることも示唆された。

また、この模型実験で観測されたサクシオン動態の効果を考慮して数値モデルを構築し、模型実験の再現計算を試みた。数値モデルは、波動場に非線形分散長波モデルを用い、水頭を通して Richards モデルと結合し砂浜の間隙水挙動と接続させる。漂砂量は Bailard の公式によって局所漂砂量を算出するが、ここではサクシオン動態による底質強度増加を考慮した局所漂砂量の調整を行っている。地形変化は底質の連続式から求めた。この結果から、地形変化中のサクシオン動態の影響を考察した。ここでは、サクシオン動態効果の遡上域での地形変化への寄与の再現に成功すると共に、遡上斜面では当該効果による漂砂量抑制効果が有効に働くことを明らかにした。