

氏 名	ル 路 ミン 明
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2088 号
学位授与の日付	平 成 13 年 9 月 25 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	上越・大潟海岸における広域海浜流系の観測と数理モデルに関する研究

(主 査)
論文調査委員 教 授 高 山 知 司 教 授 井 上 和 也 教 授 酒 井 哲 郎

論 文 内 容 の 要 旨

日本海沿岸の海浜は、冬季季節風によって発生する高波浪のために深刻な海岸侵食を受けている。これまでも幾多の海岸侵食に対する調査や対策が検討されてきたが、これらは波形勾配の大きな高波浪を外力に限定したものであった。そのため、港湾防波堤等の大規模海岸構造物は、沿岸漂砂を阻止し、波浪場を変化させるため構造物周辺の海浜を变形させると考えられてきた。しかしながら、強風作用時に広い海域に発生する流れが、海岸物質、底質の輸送に大きく寄与していることが、近年の現地観測結果から明らかになってきた。これによって海浜変形予測や海岸侵食対策においても広域の流れや広域漂砂を考慮する必要があることが指摘されるようになった。しかしながら、広域の流れ、その鉛直構造に関する観測データは少なく、このような現象に対する数理モデルも無いのが現状である。

本研究では、中部日本海の上越・大潟海岸（新潟県上越地方）において、冬季季節風時に発生する広域の波浪・流れの観測を行っている。また、その観測結果から、強風により海域の広い範囲に発生する流れ（吹送流）と水深に規定された碎波により発生する碎波帯内の流れ（波浪流）とを総合して広域海浜流と定義している。さらに、広域海浜流を考慮した海浜変形予測や海岸侵食対策の必要性、重要性を示し、広域海浜流の数理モデルの構築を行っている。

研究の前半は、京都大学防災研究所大潟波浪観測所の観測専用栈橋による海浜流の3次元観測、沿岸域の広い範囲での海浜流観測により、強風、高波浪時の広域海浜流の構造を波浪および海上風との関係で明らかにしている。一方、研究の後半は、これらの観測された現象に基づき、広域海浜流の数理モデルを構築している。ここでは、広域海浜流の3次元数値解析および海上風の推定方法の検討の後、広域沿岸流の岸沖分布形の理論を展開している。特に、波浪の広域海浜流に及ぼす外力特性とし、海面せん断応力に白波碎波せん断応力を定義して、風による海面せん断応力に付加するモデルを提案している点で、波浪浅水変形領域での大気・海面境界過程に新たな進展をもたらしていると言える。

本研究の概要は以下のようである。

第1章の緒論では、沿岸海域での物質輸送に寄与する種々の流れの特性と外力、これらの数理、数値モデルにおける最近の研究動向を総括している。さらに、海浜変形予測における流れの場として、強風による吹送流および碎波帯の海浜流を総合して捉える広域海浜流の概念の必要性を示している。

第2章は中部日本海の上越・大潟海岸（新潟県上越地方）に設置している京都大学防災研究所大潟波浪観測所の観測専用栈橋を用いた冬季季節風時の3次元海浜流観測結果（1998年から2000年度の3年間）を取りまとめたものである。この観測結果から、強風・高波浪時の海岸流の鉛直分布特性および海域の広い範囲での流れの特性を取りまとめている。特に、広域海浜流場における風の影響の重要性を指摘し、碎波帯内での波浪による戻り流れの発生パターンを整理している点で、沿岸域での海水流動のダイナミクスに新たな知見を提供している。海浜流の観測結果から得られた成果を要約すると、以下のようである。

1) 碎波帯を含む沿岸域における流は、吹送流（風により発生する流れ）と波浪流（碎波により発生する流れ）とで形成

されている。これにより、海浜流の発生機構に波浪流だけでなく、風による吹送流の影響も考慮しなければならない。2) 吹送流は水深 30m 以浅の沿岸域の広い海域で沿岸流として流れ、十分発達した後の流速の鉛直分布はトラフレベル以下ではほぼ一様となる、3) 波浪により生成される海浜流は、碎波帯内部で特に顕著となるが、沿岸流速成分は吹送流の強さに比べて極めて小さい。岸沖方向には流速成分は強いせん断流特性を示し、トラフレベルより上では岸向き、それより下では沖向きで、総量としてはゼロに近い値になるような流速の鉛直分布となる。4) 強風、高波浪時のトラフレベルより下の岸沖方向の流れは、碎波帯内では常に沖向きである。ストームの最盛期から終盤にかけて、突発的に強い沖向き流れとなる、5) 沿岸方向の数点の流速計記録から、この強い沖向き流れは沿岸方向に強弱はあるが、ほぼ同時に発生している。6) 広域海浜流は沿岸方向成分が卓越的で、風と強い相関を有する吹送流である。7) 冬季の広域海浜流、通年の来襲波浪特性から、沿岸部での広い範囲にわたる漂砂の循環系、「広域漂砂循環系」の存在が指摘できる。

第3章では海面せん断応力に関する基礎的な研究を行っている。乱流エネルギー減衰法 (TDM 法) による大気乱流場の計測による海面せん断応力の計測、海面抵抗係数の風速依存性、海上風の推定方法、および広域海浜流の駆動力としての波浪の影響に関する研究を行い、以下のような成果を得ている。1) 大気乱流場の計測による海面せん断応力特性としては、風速 10~18m/s の強風域の範囲では、抵抗係数 C_d と平均風速 W の関係は $C_d = a + bW$ の形式で表示でき、抵抗係数は風速の増大とともに増加するが、外洋で計測される抵抗係数よりは大きな値になる。2) 気象庁の数値客観解析値 GPV (Grid Point Value) の地上風データから沿岸海域での海上風の推定を行う場合の再現性、グリッドポイントの選定上の注意および問題点を指摘し、このデータの適用方法を示した。3) 波浪推算モデルにおける白波碎波による波浪エネルギーの減衰率から求められる白波碎波せん断応力を定義した。

第4章は広域海浜流の数値モデルに関する研究で、観測事実に基づいた広域海浜流の数値・数値モデルが提案されている。準3次元の数値モデルによる広域海浜流の数値実験ののち、この結果と観測結果を用いて、広域海浜流の沿岸方向成分 (広域沿岸流) の数値モデルを提案している。これらのモデルでは、大気から波浪を介して吹送流に変換されるエネルギー輸送機構に着目した大気乱流場、波浪場、吹送流場を結合モデル化している。準3次元数値モデル (波浪推算モデルと海水流動モデルとを結合させた吹送流モデル) においては波浪エネルギーの白波碎波減衰率と白波碎波せん断応力を連結させるモデル化を行っている。一方、広域沿岸流分布の理論では、波浪が浅水変形することで白波碎波せん断応力が増加する (浅くなると海面せん断応力が強くなる) 機構が浅水係数で考慮され、海底での摩擦抵抗の表示には水深依存型抵抗係数 (流速分布が変化する影響) を導入している。これにより、海上風の風速の沿岸分布を与えると広域沿岸流の岸沖分布を求める定式化を行っている。

第5章の結論では、以上をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、日本海中部に設置されている大湊波浪観測桟橋を中心にして、風による流れ (吹送流) と波浪による流れ (波浪流) に関して現地観測を行ない、現状の海浜変形においてはあまり重要視されていない吹送流も波浪流と同様に重要であることを明らかにするとともに、吹送流と波浪流の総和を広域海浜流としてその流況特性を数値モデルによって解明した結果をとりまとめたものである。得られた主な成果は以下の通りである。

1. 大湊波浪観測桟橋における観測結果から碎波帯を含む沿岸域においては吹送流と波浪流によって流れが形成され、波浪流だけではなく吹送流も海浜流における重要な要素になることが明らかになった。
2. 吹送流は水深 30m 以浅の比較的広い海域で沿岸流として流れ、波浪のトラフレベル以下では流速はほぼ一様になる。一方、波浪流は特に碎波帯内で顕著になり、吹送流に比して沿岸流速は小さいけれども、岸沖流れは、強いせん断流特性を示し、トラフレベルより上では岸向きで、それより下では沖向きの戻り流れで、総量としてはゼロに近い鉛直分布を示す。
3. 強風や高波浪時におけるトラフレベルより下の岸沖方向の流れは碎波帯内では常に沖向きである。暴風の最盛期から終盤にかけて突発的に大きな流れになることがある。この強い流れは、沿岸方向に強弱はあるが、ほぼ同時に発生していることがわかった。

4. 広域海浜流や来襲波浪の経年変化から、沿岸部において広範囲にわたる広域漂砂循環系が形成されていることが推測された。この漂砂循環系を維持することが海浜地形変化および海岸侵食制御、海岸環境の予測に極めて重要であることが推定できた。
5. 大気乱流場の計測による海面せん断応力の計測や海面抵抗係数の風速依存性を検討した結果、海面抵抗係数は、風速 10m/s 以下の微風速ではきわめて高く評価され、風速 10m/s ~ 18m/s では風速の増大とともに増大し、風速 18m/s 以上では飽和状態になり、外洋での値に近くなることがわかった。
6. 海面せん断応力や海上風の推定法を検討し、波浪推算モデルと海水流動モデルを結合させて、広域海浜流の数値モデルを構築した。そして、このモデルを用いて検討を行なった結果、数値モデルは吹送流が広域漂砂循環系の形成に重要な役割を演じている可能性を示唆している。

以上要するに本論文は、日本海沿岸を対象にして、吹送流と波浪流がともに広域沿岸における海浜流に大きく影響することを現地観測データの解析および広域海浜流モデルを用いて明らかにするとともに、吹送流の影響で広域漂砂循環系が形成される可能性を示唆しており、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13年7月23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。