

氏名	鶴ヶ崎 和博
----	--------

(論文内容の要旨)

本論文は、人口、資産、社会資本が集中している沿岸域の持続性ある発展に欠かせない地盤・流体系の相互作用に関する技術課題を取り上げ、その解明を図るために、ドラム型遠心模型実験法の適用性を格段に拡充した研究の成果を述べたものであり、8章より構成されている。

第1章は序論であり、本論文の位置づけと研究の背景を述べている。また、フローチャートにより本論文の構成を説明している。

第2章では、遠心模型実験装置に関して、地盤工学における利用の背景や目的、およびモデル化を図る上で重要となる相似則について述べている。また、遠心模型実験法適用上の留意点についても述べている。

第3章では、ドラム型遠心模型実験装置に着目して、その特徴や諸元を述べている。標準型の遠心模型実験装置であるビーム型遠心装置と対比して、ドラム型遠心模型実験装置の長所を明確に指摘し、ドラム型の特徴を活かした波浪水槽や二次元水路としての適用性を論述している。すなわち、沿岸域の実問題解明のために開発した水中土砂投下実験法、波浪実験法、水塊流出実験法および土砂流出実験法のそれぞれについて、実験上の創意・工夫、導入付属設備および計測法の特徴について述べている。

第4章では、底開式土運船模型を搭載した遠心力場水中土砂投下の実験法をとりあげている。すなわち、大規模埋立の際に重要となる投下土砂の堆積形状、海底地盤への衝撃圧およびめり込み特性に関する検討を行っている。遠心加速度 100G 場において、現地換算水深 6m、10m および 20m の各ケースにおいて一連の土砂投下実験を行い、水深が浅くなると急勾配堆積となりやすく、在来海底地盤の破壊等の影響が派生することを明らかにした。さらに、実験結果に基づいて、海底地盤強度および敷砂層厚の影響を新たに考慮した投下土砂堆積形状の予測式を提案し、実大現地実験（水深 18m）における観測土砂堆積形状と整合することを確かめている。

第5章では、先端部にフロートを有するプランジャー式造波装置を新たに開発し、それを用いて実施した遠心力場波浪実験について述べている。適用例としては、管理型廃棄物埋立護岸における波浪負荷による背面地盤への波圧透過特性に着目している。粘性スケーリングを導入した遠心加速度 100G 場での波浪実験を、現地換算水深=13m、現地換算周期=5s の下で行い、現地換算波高=4m に達する強波浪条件を実現するとともに、別途行った同一縮尺条件下の 1G 場での波浪水槽実験結果とよく対応することを確認した。これらの結果をふまえ、護岸背面地盤への透過波圧の影響に関する検討においては、圧抜工設置による透過波圧の減衰効果を定量的に明らかにした。これにより、遮水シートの押さえ盛土厚を低減し得ることを示した。

第6章では、シャッター板急開装置を新たに開発し、遠心力場における水塊流動実験法を可能とした。具体的には、津波来襲を想定した段波実験、およびダムブレイク実験を実施している。段波実験においては、遠心加速度 100G 場において換算水位差 2.8m の段波の発生・伝播実験に成功した。換算水深 20m のもとで波速 10~12m/s の段波が鉛直壁に衝突した場合の動水圧が 20kPa に達することを実測するとともに、その妥当性を既往の理論解に照らして検討している。ダムブレイク実験においては、遠心加速度 32G 場において換算水位差 6.4m に達する水塊流出を実現した。水塊フロントの移動速度を計測し、その妥当性を数値波動水槽による予測結果に照らして確かめた。

第7章では、シャッター板急開方式を活用した遠心力場土砂流動実験法について述べている。含水比 100%（液性限界に対応する含水状態）、含水比 110% および 120% を有する粘性土試料を準備し、遠心加速度 45G の下で一連の流動実験を行った。レーザーシート発光機による強力な光量下で高速 CCD カメラ撮影を行い、遠心力場模型実験において、はじめて堆積物重力流の流況を明確にとらえた。すなわち、液性限界付近の粘性土試料においては、土塊の構造骨格を維持しながら低速度で土砂が移動する「地すべり型流動」が生じる。一方、液性限界よりも 20% 程度含水比が高い粘性土試料においては、混濁流をとまなう高速の「土石流型流動」が生じることを見出し

氏名	鶴ヶ崎 和博
----	--------

た. 地すべり型流動の場合, 無限長斜面安定解析法により, 再堆積土砂の断面勾配(1/12~1/21)を概ね予測できることを示した. しかし, 含水比 120%の粘土試料においては, 混濁流をともなう土石流型の堆積物重力流(流速 1.8m/s)が発生し, 再堆積土砂は極めて緩勾配(1/69)の断面形状を示すことを見出した. このような高流動性は, 既存の土質力学理論の枠組みでは予測が困難であり, 粒状堆積物の特性をふまえた新たな予測体系の展開が必要であることを指摘している. さらに, 遠心力場土砂流動実験法はその特徴からして, 沿岸域の環境再生デザイン, たとえば浚渫土砂を活用した干潟や浅場造成, 大水深海域における浚渫窪地の埋戻し法の検討に資するポテンシャルを有することを述べている.

第8章では, 以上の成果に基づく結論および今後の展望を述べている.

氏名	鶴ヶ崎 和博
----	--------

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、人口、資産、社会資本が集中している沿岸域の持続性ある発展に欠かせない地盤・流体系の相互作用に関する技術課題を取り上げ、その解明を図るために、ドラム型遠心模型実験法の適用性を格段に拡充した研究の成果を述べたものである。

得られた主な研究成果は以下のとおりである。

1. 大規模水中埋立を視野に入れた、遠心力場における水中土砂投下実験法を新たに開発した。一連の実験結果に基づいて、大規模粒状土塊の水中落下特性ならびに水底堆積形状を明らかにした。さらに、遠心模型実験の結果は実大現地実験結果とよく対応することを示した。

2. 水深が浅くなるにつれて、投下土砂による水底地盤へのインパクトが大きくなるとともに、堆積土砂の側面勾配が大きくなるため、在来水底地盤のすべり破壊が生じ易いことを明らかにした。これらの結果は、大規模水中埋立工法を選定する際に有力な示唆を与えるものである。

3. 水中地盤の複雑な波浪応答特性を系統的に調べるために、フロート付プランジャー式造波装置を搭載した遠心力場波浪実験法を新たに開発した。埋立護岸背面地盤への波圧透過特性を対象とした波浪応答実験においては、透過波圧の大きさが護岸からの距離に応じて系統的に減衰することを明らかにした。さらに、護岸背面地盤内に設置した圧力解放工による透過波圧減衰の効果を定量的に把握した。

4. 津波や段波による非定常流体力をうける沿岸防災施設の合理的な設計法に資するために、シャッター板急開装置を搭載した遠心力場非定常水塊流出実験法を新たに開発した。実物換算で2.8mの水位差を有する段波の伝播実験を実現するとともに、観測波速および観測動水圧値の妥当性を、数値波動水槽等による予測結果と突き合わせることで確認した。

5. 水中斜面の崩壊にともなう急激な土砂流出特性には不明な点が多い。そこで、遠心力場非定常流出実験法を高濃度土砂流動過程にも適用できるように、土試料準備のためには可搬式凍結土槽、流況観測のためにはレーザーシート発光および高速 CCD カメラ撮影法の導入等の工夫を凝らした。その結果、混濁流や水中土石流等の堆積物重力流の流動・再堆積過程を、ドラム型という装置特性を活かした遠心力場実験法により再現可能なことを明示した。

以上、本論文は、ドラム型遠心力場装置の特徴をふまえて、地盤・流体系の非定常流動特性に係る斬新な実験法を開発するとともに、その適用性を波浪や津波流体力を受ける沿岸防災施設の実問題に照らして示したものであり、学術上、實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 21 年 2 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。