

学位論文審査の結果の要旨

氏名	北澤 聖司
審査委員	主査 原 忠
	副査 小林 範之
	副査 松本 伸介
	副査 張 浩
	副査 中澤 博志

論文名

河成地形を考慮した液状化危険度評価に関する研究

審査結果の要旨

我が国では、旧河道や埋立地、沖積低地などの微地形区分と液状化の発生との関係性を評価した予測法が提案されている。地域防災において不可欠な液状化ハザードマップのほとんどはこの手法により作成され、住民に公表されるなど全国的な地盤防災に活用されている。しかしながら、現在公表されている液状化ハザードマップには、地盤の堆積構造や土地利用の変遷が必ずしも反映されておらず、実際の地震では液状化の発生箇所と乖離があるなど、予測精度の課題が度々指摘されている。事実として、2016年熊本地震では、液状化の発生確率が高いと判定されていた範囲で建物の不同沈下などの被害が生じた一方、噴砂や地盤の変状が見られない箇所が近接しており、判定結果に対する不一致が河成地形近傍で複数確認されている。

本研究では、河成地形上のより狭い範囲の液状化危険度を精度よく評価するため、地域防災力を向上させるツールとして利用例の多い、地形分類を反映させた簡便な液状化危険度評価法と液状化地盤を形成する地形学的な要因に着目した。はじめに、河川の堆積作用により形成された河成地形で液状化の発生が多い事実について、実際に液状化した熊本市での現地調査から、自然堤防の地形・地盤、その形成に関わる河川や流路の洪水時の流況との関係で整理した。続いて、地形・地盤やその形成に係わる河川、流路の洪水時の流況を評価できる液状化危険度評価法を提案し、その適用性について高知市を例に確認した。最後に、提案した液状化危険度評価法を実務で適用するための実施手順を示した。

第3章では、2016年熊本地震の液状化で建物の変状や不同沈下が生じた自然堤防のうち、地震動がほぼ等価で地形条件が同一であっても被害の程度が大きく異なる熊本市南区について、液状化発生地点および非液状化地点で原位置試験、地下水位調査等を行い、対象地点の地形・地盤の特性と液状化の発生要因の関係性を評価した。現地では、騒音・振動などが軽微で液状化地盤の貫入抵抗を簡便に評価できる簡易動的コーン貫入試験によるサウンディング、表層地盤付近の土層断面を採取できるハンディジオスライサーによるサンプリング、季節変化を考慮した地下水位の測定を行い、採取された試料の物理特性の算出から地盤の貫入特性や粒度特性、地下水位と地盤材料特性との関係性を求め、自然堤防上で極めて近接した範囲における液状化の発生要因を考察した。その結果、熊本地震で液状化した箇所は河成

由来の水路上の凸状の尾根地形の頂部のわずかな範囲に限られること、液状化地盤は N 値が 5~7 の緩い砂質土であることが分かった。さらに、基盤地図情報に基づいた地形分析と古文書から自然堤防と微高地を形成した流路を推定した。厳密な地形分析から、当該箇所は過去に白川から分派した流路の一部を形成するが、堆積土砂で埋没するなど現在の表層地形に表れない地中構造の変遷と地表面の緩い砂質土の堆積が液状化の発生に関係すると推察された。これらは、簡易な現地調査と地形の分析との組み合わせにより、液状化が生じる可能性の高い浅層地盤の堆積構造の変遷を特定することができ、液状化の発生に影響する緩い砂地盤を狭い範囲において特定できる可能性があることを示している。

第 4 章では、河成地形に関わる地盤やその形成過程を評価できる液状化危険度評価法を提案し、南海トラフ地震で液状化が予測される高知県高知市の自然堤防に対して適用を試みた。具体的には、高知市の自然堤防の地形・地盤とその形成に係わる特徴を、河川氾濫による地盤の生成や堆積環境の観点に着目して調べ、地形分析で得られた微地形とボーリング結果から得られた地盤の粒度組成、液状化指数 P_L を組み合わせた液状化危険度評価と既存のハザードマップとを比較した。対象地域は、自然堤防に分類される場合であっても、地盤の堆積環境は河川の溢水氾濫の影響を受け、わずかな立地の差により粒度組成や層構成が異なっていた。液状化が生じる可能性の高い表層付近の地盤は砂質土やシルト質砂で構成され、粒度組成や N 値、地下水位は、いずれも液状化した熊本市のそれに類似していた。液状化指数 P_L は、液状化の発生が激しい液状化が生じるとされる $P_L=15$ 以上の値を示したが、既存のハザードマップでは「液状化の可能性なし」に分類された地点で異なる判定結果が示された。以上の検討結果から、自然堤防に分類された河成地形では、河川規模や洪水時の流況などが地盤の堆積環境や粒度組成に大きく影響されること、河川による地盤の生成過程や地盤調査結果を既存の評価法に組み込むことにより、既存のハザードマップで表現されない狭い範囲での液状化危険度の適切な評価が可能と判断される。提案法は、従来の液状化危険度評価結果を補完しながら液状化の可能性が高い地盤の抽出漏れを補うもので、液状化危険個所の予測精度の向上に大きく貢献する。

第 5 章では、河成地形を考慮した液状化危険度評価法を、実務で適用するための実施手順を示した。既存の液状化ハザードマップで見逃しがちな微地形、地歴、サウンディング、物理試験結果の情報を付与することにより、液状化に影響を及ぼす浅層地盤の層序や平面分布を精度良く判定するねらいである。ここでは、研究成果の他河川への適用を念頭に、必要となる調査と既存資料の活用法、評価手順などについて取りまとめた。

一連の方法は、狭い範囲で液状化が発生した実地盤の調査結果をベースに、自然堤防で形成された平野部の液状化範囲とその危険度を評価するもので、実務面での利用に配慮したものである。河成地形の堆積環境に基づく情報を加えるのみで、従来から課題とされている簡便な液状化危険度評価法の予測精度を飛躍的に向上させることができるので、地域の地盤防災に寄与する可能性を秘めている。

本論文に関する公開審査会は、令和 2 年 7 月 29 日にリモートシステムを利用して開催され、申請者による口頭発表と質疑応答が行われた。引き続き開催された学位論文審査委員会で、本論文の内容を慎重に審議した結果、審査委員全員一致して博士（学術）の学位を授与するものと判定した。