

氏 名	RAMA MOHAN POKHREL
博士の専攻分野の名称	博士（学術）
学 位 記 号 番 号	博理工甲第 852 号
学位授与年月日	平成 23 年 9 月 16 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学 位 論 文 題 目	GIS approach for zoning spatial variation of liquefaction potential in sedimentary deposits (GIS を用いた堆積地盤における液状化危険度の空間分布評価)
論 文 審 査 委 員	委員長 教 授 桑野 二郎 委 員 教 授 岩下 和義 委 員 教 授 渡邊 邦夫 委 員 准教授 小口 千明

論文の内容の要旨

Soil liquefaction is one of the most devastating geotechnical related effects of earthquake which causes enormous loss of life and property every year especially in cities built on young sedimentary deposits. It poses a significant threat to the integrity of structures and facilities during future earthquakes. Zonation for liquefaction potential, therefore, has been an important goal for recent work because potential sites that are prone to liquefaction should be identified in advance which helps to reduce the damage from the disaster. Information about areas with high likelihood of ground liquefaction can be used for effective regional earthquake hazard planning and mitigation.

The present study is concentrated in the thick sedimentary deposits of Saitama City, area about 220 sq. km, 20-30 km North East of Tokyo, Japan. In these sedimentary deposits the liquefaction potential value is spatially variable i.e changes with soil properties over short horizontal distances. In this area it is essential to evaluate the liquefaction potential value at every point. The conventional method uses the borehole geotechnical data to evaluate the liquefaction potential but this gives the potential value at the borehole point only. Therefore the aim of this study is to prepare a continuous zoning map of liquefaction potential which helps to identify the variation in liquefaction potential in localized area.

The first part of this dissertation deals with the geotechnical analysis of the borehole data. Liquefaction potential was calculated for each borehole by considering the Kanto Plain NW Edge Fault Earthquake of magnitude 7.4 about 50 km far from the city centre. The calculation based on the possible horizontal ground acceleration of 150 to 300gal. This calculated liquefaction potential was correlated with the different geotechnical parameters. The result obtained from this calculation shows the general trend of the liquefaction potential is changes with microtopography. Higher the microtopography the lower the liquefaction potential and vice versa. This shows the key factor for liquefaction potential is depth of the ground water table.

In second part the aim is to evaluate liquefaction potential quantitatively at unsampled locations where borehole

data are not available, based on the measured liquefaction potentials at the selected borehole locations. Application and its importance of the geostatistical analytical technique (kriging method) for the estimation of liquefaction potential at the unsampled location are shown.

The data set consists of liquefaction potential measured at randomly distributed 86 boreholes in Saitama city, Japan. With the use of evaluated liquefaction potentials at sampled locations the experimental semivariograms were constructed that characterises the spatial variability of the evaluated liquefaction potential. A suitable model was fitted to the evaluated experimental semivariograms for the interpolation of the liquefaction potential of the whole area. The interpolated liquefaction potentials are compared with the measured liquefaction potentials at the independently collected second set of 40 borehole locations. The interpolated liquefaction potentials show good coincidence with the measured values.

It is quite natural for the behavior of a data set to vary differently in one direction as compared to another it is known as anisotropy. Therefore in this study to consider the anisotropy in the calculation the kriging interpolator is guiding in certain directional bands and checks the anisotropy direction. In this study N10°W is the direction of anisotropy. After considering anisotropy in the analysis the interpolation gives better result.

To check the influence of number of sampled data for liquefaction potential zoning different randomly selected (20, 40, 60 and 80) numbers of data set are used for zoning and compare the interpolated and measured data. The result shows the number of data used for interpolation has played an important role in accuracy of the zoning. Increase in the number of sampled borehole gives the better result.

This study shows that in Saitama city southern part, western part along the Arakawa River and eastern part along the Ayase River and Motoarakawa River have extremely high liquefaction potential. The center of the city along Omiya plateau has low liquefaction potential.

論文の審査結果の要旨

本研究は、堆積地盤における液状化危険度の空間分布評価を行う手法を提案し、液状化事例と比較する事でその検証を行ったものである。液状化は地震により引き起こされるものの中で最も破壊的な地盤工学的問題の一つであり、沖積層のように都市が多く立地する地盤においてしばしば問題を引き起こす。そのような堆積地盤においては、短い距離の中でも土質の違いなどで変化するなど、液状化危険度は空間的に変化を見せる。液状化危険度の空間分布を評価しておくことは、危険度の高い地点で予め液状化対策を行い、災害を軽減するために重要となる。

本論文は、研究成果を7章に分けて記述している。

第1章では、液状化問題の重要性や、本研究で用いたGIS (Geographical Information System) について概説し、本研究の背景と必要性を述べている。さらに本論文の構成を概観している。

第2章では、ある特定の地点での液状化危険度評価手法、さらに液状化空間分布（ゾーネーション）の手法など本研究に密接に関連する分野について、既往の研究を紹介している。特に、空間補間の手法であるkriging法について、これまでの研究の流れをまとめている。

第3章では、本研究で用いた手法について、その背景と他の手法に対する優位点をさらに詳しく述べている。空間補間の手法の一つであるkriging法は、ボーリングデータが存在してその地点での液状化危険度 P_L が得られている場合に、適切な統計的空間補間を行うことによって、ボーリングデータが存在しない任意の地点での P_L を評価する事ができる。この方法では、補間に際して単に距離だけではなく、既知点の分布も考慮される。本章では、地盤特性の等方性と異方性の考慮についても述べられている。

第4章では、まず本研究の対象となったさいたま市域について、更新世と完新世の地層が厚く緩く堆積し、地形的には標高は3mから20m程度でほぼ平らであることなどを述べている。地下水位は浅く、液状化可能性が高いことを示唆している。対象地域内における過去の地震による液状化の発生についても述べられている。

第5章では、220km²の対象領域内にランダムに分布する、それぞれ86箇所と40箇所の完全に独立な2組のボーリングデータについて解析を行った。各ボーリング地点において液状化危険度 P_L を求めたところ、地下水位が下がるほど P_L が小さくなること微地形の影響を受けることなどが述べられている。

第6章では、ボーリング地点において求めた P_L をkriging法で補間することで、ボーリングデータが存在しない地点での P_L を評価した。まずボーリング地点で得られた P_L を用いてsemivariogramを描き、対象領域に適合するモデルを構築した。40箇所の第2のデータの組の各地点において、それらとは独立な86箇所からなる第1のボーリングデータの組から補間により得られる P_L と第2組の40地点で直接評価された P_L とを比較したところ、両者は良い一致を見せ、kriging法による空間補間が適切に行われていることが検証された。本研究においては、kriging法の適用に当たって、ある方位幅ごとにsemivariogramを描くことで異方性に関する検討を行った。さいたま市においては、N10°Wの方角に異方性の主軸があり、地形との関連が考えられる。異方性を考慮することで、kriging補間による2組のボーリングデータの相関性は高まった。また、過去に液状化が見られた地点はkriging補間により得られた液状化危険度が高い地域にあり、提案された手法により作成された液状化危険度分布図は妥当なものと考えられる。さらに、国や地域によっては必ずしも十分なボーリングデータが得られない場合もあることを考え、第1組のデータ数を減らした上で同様な解析を行い、補間値の精度を検討したところ、1km²当り約0.35箇所程度のボーリングデータがあれば、補間で得られる P_L 値は第2組の地点で直接得られた P_L 値と良い相関を示した。

第7章では、本研究により得られた結論と将来の研究課題について述べている。

本研究では、地震により引き起こされる地盤工学的問題の中でも大きな被害を引き起こす液状化について、ボーリングデータが存在する地点のみではなく、データの無い箇所についても液状化危険度を kriging 補間により求め、その空間分布を適切に評価することを提案している。さらに、異方性やデータ数などが精度にどのように影響するかの検討も行っている。従来は点での値をそのまま数百 m メッシュ全体を代表させることがしばしば行われてきたが、本研究では適切な空間補間により液状化危険度が連続的に変化する分布が得られている。そういった点で、研究の独創性、新規性、発展性が大きい。また、結論に至る種々の検討における厳密性も高く評価される。それらの点を総合的に判断して、博士の学位論文として合格と判定した。