

九州工業大学大学院 学生会員 ○宇戸田八紀 後藤霞
九州工業大学大学院 正会員 永瀬英生 廣岡明彦

1. はじめに

我が国は世界でも有数の地震発生国であると言われている。これまでも過去の地震によってさまざまな被害を受けてきた。その中でも、特に問題視されている被害が液状化現象である。我が国は埋立地や沖積砂層が多く分布するため、地盤の液状化により多くの構造物が被害を受けてきた。そのため液状化のメカニズムや予測・対策について多くの研究がされてきている。

九州地方は、これまで地震による被害は少ないとされていたが、近年では 2005 年福岡県西方沖地震のように大きな地震が発生しており、液状化の被害も多数報告されている。北九州市では埋立地が多く、埋立地ではもともと海や池、河川などがあった場所に土砂を投入して造成するため、地盤は多分に水を含んだ状態で、緩く堆積しているものと考えられる。したがって、そのような埋立地で対策を施していない場合には、地震による振動が伝わると液状化が発生しやすい状態であるといえる。これまで報告された液状化被害の中で、埋立地で発生したものの多いのは、このような理由によるものと思われる。また、2011 年に起こった東北地方太平洋沖地震でも、東京湾臨海部の埋立地で液状化の被害が多く発生したことが報告されている。今後東南海・南海地震といった巨大地震の発生が予測されており、北九州市でも特に埋立地周辺の液状化判定は必要不可欠であるといえる。

2. 簡易液状化判定方法

液状化の危険度予測を行うにあたって、①微地形や液状化履歴をもとに予測する概略の方法、②N 値を用いる簡易的な方法、③室内液状化試験や地盤応答解析を行う詳細な方法などがあり、一般に②の簡易的な方法がよく用いられている。この方法は、ボーリングデータなどをもとに地質構成と N 値および粒度試験結果などから道路橋示方書 (1996) 等の判定式を用いて液状化強度を算出するものである。基本的にボーリングデータのみで判定可能であることや、各種構造物の設計基準にも用いられていることから、その利用し易さとある程度の精度のよさを保証できるため一般的な実務でも広域な液状化マップの作成などに採用されている。その中でも限界 N 値法と F_L 値法があるが、 F_L 値法の方が数値で表現できるのでよく用いられている。本研究では、この簡易判定法 (F_L 値法) を用いて埋立地を中心とする北九州地域の液状化危険度を判定し、液状化対策を検討する際に用いられる基礎データとしてまとめることを目的とする。

3. 地下水位

既往のボーリングデータは液状化判定のために実施されたものではなく、その多くが構造物の建設にあたって、基礎の支持力や杭基礎の深さなどを設計するために実施されたものである。そのため、通常行われているボーリングでは地下水位は設計にあまり影響がないため、精度に関して十分に注意されていないといえる。しかし、液状化の判定には、地下水位が結果に大きく関係してくる。

通常ボーリングを行う際、ボーリング孔内の水位を測定し、それを地下水位としている。しかしこの孔内水位には誤差が含まれることが多い。そのため、地表面標高を利用して、地下水位を補正するのが望ましい。地表面標高と地下水位の間には、標高が高くなると地下水位は深くなるという関係があることがわかっている。これらの関係は周りの台地や山地からの地下水流の流入の仕方によって地域ごとに異なってくるため、対象とする地域で地下水位と地表面標高の関係

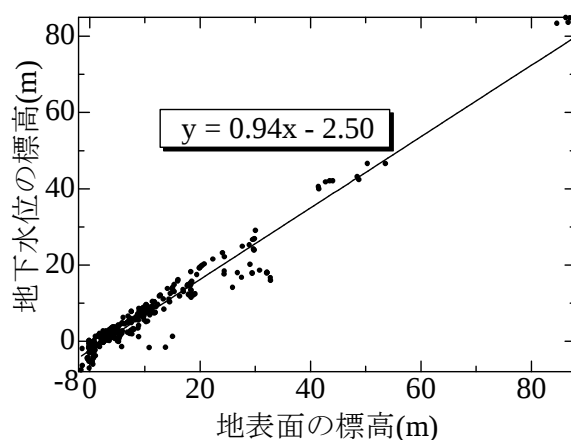


図1 地表面と地下水位の標高の関係

式をあらかじめ見出すことが望ましい．そこで本研究では、これらの関係式から大きく外れた地下水位は算出した関係式によって補正することにした．

今回対象とする北九州市における、地下水位標高と地表面標高の関係を図 1 に示す．これらのグラフの関係において、 $y = 0.94x - 2.50$ という近似式を得た．この算出された式により、ボーリングデータから得た地下水位の値を補正し、また地下水位および孔内水位が表記されていないボーリングデータの標高から地下水位を算出する．

4. 液状化指数による液状化の危険度判定

液状化指数（ P_L 値）とは、道路橋示方書（1996）等 に示された手順に従って各深度で F_L 値を算出し、その値を深さ方向に重みをつけて足し合わせ、地点での液状化危険度を表す指数のことである．地震動、地盤特性、地下水位から求められる液状化しやすさと液状化の激しさを表す指標、とも言われる． P_L 値の計算式を式（1）に示す．本研究では F_L 値から P_L 値を算出し、この P_L 値によって液状化被害の大きさを含めた液状化危険度の判定を行う．

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L)(10 - 0.5x)dx \qquad \cdots (1)$$

P_L : 液状化指数
 F_L : 液状化に対する抵抗率
 x : 地表面からの深さ(m)

本研究では、以上の簡易判定法を用いて、北九州市内の埋立地を中心として液状化判定を行う．

5. 液状化予測結果

北九州市内の埋立地を対象としてボーリングデータを用いて簡易液状化判定を行った．想定した地震動はレベル 1 クラス、地表面加速度は 200Gal とした．対象地域のボーリング箇所を図 2 に示す．また求められた F_L 値から P_L 値を算出し結果を表 1 に示す．

表 1 より、この地域では P_L 値が 5.6～31.9 という結果が得られた． P_L 値は一般的に 15 を超えると液状化危険度が極めて高く、液状化に関する詳細な調査と液状化対策が不可避であると言われている．この地域では P_L 値が 15 を超える点が 17 箇所中 11 箇所求められた．そのため、この地域では液状化被害の規模が大規模なものとなる可能性が高いといえる．

以上のことから、1 つの例であるがこの埋立地における液状化の危険性が見られた．このように事前に液状化の危険地域を予測することで、危険が高い地域にはそれなりの土質改善や補強などなんらかの対策を講じる必要がある．このため本研究で示したような液状化予測および構造物の被害予測は、液状化の被害を未然に防ぐ、もしくは被害を最小限に抑えるための地震対策を検討する際必要不可欠となるものと考えられる．

6. まとめ

以上の結果から、今回の対象地域での液状化危険度がきわめて高いことがわかった．本研究では今後、図 2 の地域だけでなく北九州市内における他の埋立地についても同様に既存のボーリングデータを用いた簡易法によって液状化危険度の判定を行う予定である．この際、地表面加速度は 150～250Gal とする．

参考文献

1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，1990
2)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，1996
3)安田他：液状化のハザードマップにおける作成方法の現状と今後のあり方，土木学会論文 A1，Vol.65，No.1（地震工学論文集第 30 巻），pp.188-194，2009．

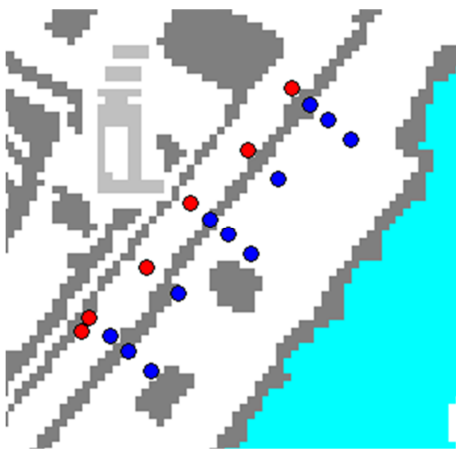


図 2 ボーリング箇所

表 1 液状化危険度判定結果

P_L 値					
8.1	14.5	31.9	18.8	15.3	16.1
11.5	19.2	17.4	6.9	20.3	9.2
22.4	22.3	17.4	5.6	26.4	-