

平成 28 年熊本地震における液状化メッシュ Rank と液状化危険度の関係について

○福岡大学 学生会員 山口 紗奈

福岡大学 正会員 村上 哲、西 智美、樫原 弘貴

福岡大学大学院 学生会員 坂本 龍太郎

飛島建設 フェロー会員 三輪 滋

1. はじめに

平成 28 年熊本地震により熊本平野では、近見・川尻地区、土河原地区、城山薬師・城山半田地区の 3 つの地区で特に甚大な液状化被害が発生し、3 本の液状化帯のような限定した範囲で生じたことが特徴である。また、この地震に伴う宅地液状化被害も多く見られ、宅地の被害は地表面から 3～5m 以内に存在する液状化層に影響を受けるという知見が得られている¹⁾。また、Rank は液状化の噴砂の状況により Rank0～4 に分類され²⁾、Rank 1 以上のメッシュランク内の建設被害は 75%が半壊以上であり Rank が 4 になると 50%以上が全壊または大規模半壊である結果が得られている³⁾。このことより Rank が大きくなると宅地被害に与える影響が大きくなること考えられる。

そこで本研究では、液状化危険度と宅地液状化被害の関係を調査するため、村上らが行った液状化メッシュ Rank と液状化危険度の相関性や PL 値や Rank を地図上に可視化することにより Rank と液状化危険度の関係について調査を行った。対象地域は、図-1 に示す、熊本地震が発生した際に液状化の帯が見られた近見・川尻地区、土河原地区、城山薬師・城山半田地区を対象である。



図-1 対象地域

2. 液状化危険度と宅地被害の関係

2.1 PL 値と Rank の関係

液状化危険度(以下 PL 値と表す)は次の式より求められる。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L) \cdot w(z) dz \quad (1)$$

ここで、 F_L は液状化安全率、 $w(z)$ は深度に関する重み係数、 z は深度を示す。重み係数は $w(z) = (10 - 0.5z)$ であり、PL5(深度 0m から 5m までの液状化危険度)、PL10(深度 0m から 10m までの液状化危険度)、PL20(深度 0m から 20m までの液状化危険度)は、式(1)の重み係数は深度 20m までを対象にして設定されているが、PL5 や PL10 を求めるときは、深度 5m まで、深度 10m までを対象に重み係数を設定した方が適切に PL 値を算出できると考えた。そこで、PL5 を求めるときは z に 5 を代入すると $w(z)=0$ 、PL10 を求めるときは z に 10 を代入すると $w(z)=0$ になるように計算最大深度によって重み係数が変化するように次の式で求めることにした。

$$P_L = \int_0^{H_c} (1 - F_L) \cdot w(z) dz \quad (2)$$

ここで、 H_c は計算最大深度、重み係数は $w(z) = \left(10 - \frac{10}{H_c} z\right)$ とする。ここで、 H_c は計算最大深度を示す。式(2)を用いてボーリングデータ(以下 BD と示す)の情報をもとに PL 値を算出する液状化解析プログラムにより解析を行い、解析によって得られた PL 値と Rank を用いてどの深度の PL 値が Rank に相関性があるか調査を行った。図-2～4 は、対象地域の PL5, PL10, PL20 の PL 値の分布図を示しており、図-5 は対象地域の Rank の様子を示している。図-3, 4 の PL10, PL20 の分布図は深度が浅いデータもあり、図-2 の PL5 のデータに比べて BD 数が少ないため PL5 と Rank の比較を行った。図-2, 5 より、城山薬師・城山半田地区では、PL 値が高いにもかかわらず Rank0 の地点が多くみられた。この要因として、BD が水域に位置するデータで噴砂が発生している可能性はあるが、確認できなかったことが考えられる。土河原地区では PL 値が高いにもかかわらず Rank が低い BD がみられた。その要因として、深度 0m～2m に不飽和層や非液状化層が堆積しており、これらの層の下で液状化が発生し、PL 値が高くなっているものの表層が液状化しなかったため噴砂が現れなかったことや、非液状化層であるシルト質土の砂質シルトが上層に堆積しているが、砂質シルトが砂質土の割合が多い砂質シルトで液状化している可能性があることが考えられる。しかし、それ以外の土河原地区の BD や近見・川尻地区では、PL 値が高い BD の地点では Rank が高くなる傾向がみられたことから、PL 値の高いところではメッシュ Rank が大きくなる傾向があることが考えられる。



図-2 対象地域の PL5 値の分布



図-3 対象地域の PL10 値の分布



図-4 対象地域の PL20 値の分布図



図-5 対象地域の Rank の分布図

2.2 メッシュ Rank の違いを表現できる液状化危険度

メッシュ Rank に影響を与える PL 値はどのくらいの深度なのか明らかにするために、PL5, PL10, PL20 の PL 値と Rank の関係について調査を行った。図-6 は、Rank ごとの PL5, PL10, PL20 の PL 値の分布及び PL 値の平均値、平均値の近似直線を示している。近似直線の式は、PL5 が $y=0.93x-1.45$ 、PL10 が $y=0.43x-2.87$ 、PL20 が $y=0.20x-3.97$ である。これを用いてそれぞれの Rank の PL 値の理想値を算出し、PL 値の平均値との残差二乗和を算出する。残差二乗和を算出することにより、近似直線からのばらつきを調べ、ばらつきが少ないほど PL 値が Rank に与える影響が大きいと考える。PL5 の残差二乗和は 6.27、PL10 の残差二乗和は 17.96、PL20 の残差二乗和は 39.53 で、最もばらつきの小さい PL5 が Rank の違いを適切に表現できると考える。

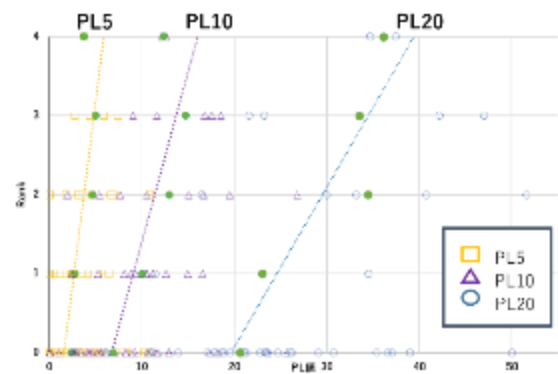


図-6 PL5, PL10, PL20 の PL 値と宅地被害

3. まとめ

本研究により、得られた知見を以下に示す。

- ・ PL 値が高い BD の地点では Rank が高い傾向にあり、液状化危険度が高いところでは、メッシュ Rank が大きくなる傾向にあることが分かった。
- ・ 深度 0m~5m までの液状化危険度である PL5 が Rank の違いを表現できることが分かった。

【謝辞】 本研究を進めるに当たり、熊本市役所震災宅地対策課よりボーリング柱状図を提供いただいた。記して謝意を表します。

【参考文献】 1) 平田涼太郎、村上哲、坂本龍太郎、樋原弘貴、三輪滋：平成 28 年熊本地震における帯状液状化域における地盤特性と液状化影響評価、土木学会西部支部研究発表会, pp323-324, 2019.3 2) 松野雅、村上哲、樋原弘貴：平成 28 年熊本地震で生じた前震・本震による液状化地域拡大、土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.363-364, 2017.3 3) 村上哲：平成 28 年熊本地震により生じた熊本市建物被害と液状化発生状況の関係、土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 2020. (投稿中)