

## 博多湾沿岸域の液状化に関するリスク評価

九州大学大学院 学生会員 小川 哲矢 フェロー会員 善 功企  
 正会員 陳 光斉 正会員 笠間 清伸

### 1. 目的

2005年に発生した福岡西方沖地震では、博多湾の沿岸域を中心に、地盤の液状化が発生し、それによる構造物の被害も認められた。図-1に地盤工学会の調査団によって報告された液状化発生地点<sup>1)</sup>を示す。液状化地点は、図に示すように過去に福岡市水道局が作成した液状化マップとかなり一致した。しかし、このような液状化マップは、液状化の有無という評価であり、液状化による構造物などの被害額、経済的損失が考慮されていないため、対策の必要性の定量的判断ができないという課題がある。

本文では、液状化災害のリスクを定量化し液状化リスクマップを作成することを目的とし、その第一歩として、図に示すように、呉服町、薬院および箱崎埠頭付近の三箇所の1km四方の地域について、九州地盤情報共有データベース<sup>2)</sup>を利用して、各地点のボーリングデータを抽出し、液状化判定から液状化指数を計算した。さらに、その地域の資産、地震の年超過確率から、この地域の液状化によるリスクを求め、液状化予測手法との違いを評価した。

### 2. 内容

本文では、リスク(年間の損失期待値)を被害形態*i*の年間における発生確率 $P_i$ 、被害形態*i*に起因した経済損失の大きさ $C_i$ とし、 $R = \sum P_i \times C_i$ と定義し、リスク評価を行った。

#### 2.1 液状化確率の計算

液状化の誘引外力である地震の年超過確率は、石川ら<sup>3)</sup>によって提案された地震ハザード曲線を近似して算出した関係式を用いた。図-3に地震ハザード曲線を示す。

液状化判定には建築基礎構造設計指針の液状化簡易予測式を用いた。地表最大加速度は、50galから350galまで判定を行った。なお、ある地点の液状化に起因した構造物や基礎の被害の程度を表現するものとして、岩崎ら<sup>4)</sup>によって提案された液状化指数 $P_L$ を用いた。なお、液状化安全率 $F_L$ 値はある深さにおける動的せん断強度比 $R$ と、地震時せん断応力比 $L$ の比であり、 $F_L = R/L$ が1より大きいならばその層では液状化しないと判断される。また、 $P_L$ は次式のように定義される。

$$P_L = \int_0^{20} F \cdot (10 - 0.5z) dz \quad \begin{cases} F = 1 - F_L & (F_L < 1.0) \\ F = 0 & (F_L \geq 1.0) \end{cases}$$

$P_L \leq 5$  は液状化ほとんどなし、 $5 < P_L \leq 10$  では液状化の程度は小



図-1 液状化危険地域および液状化発生地点の分布図 (2005年福岡西方沖地震被害調査報告書より引用)

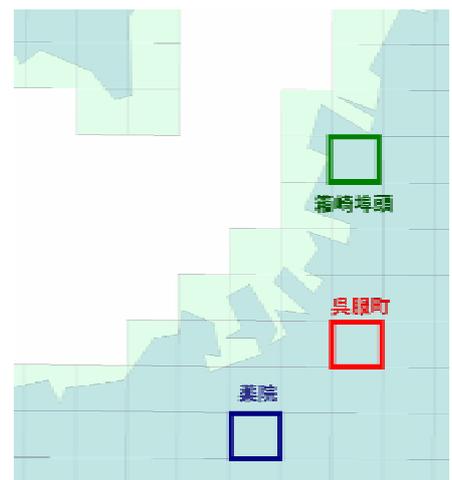


図-2 リスク判定地域

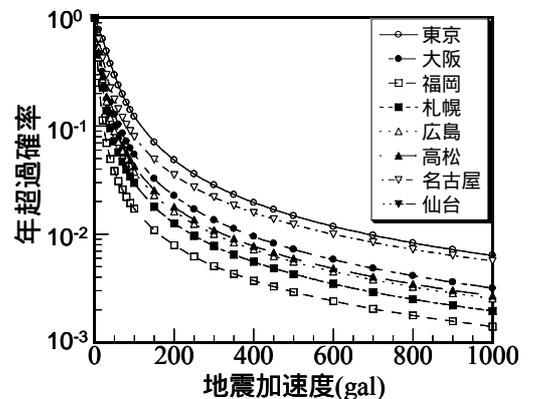


図-3 地震ハザード曲線

表-1 資産価値  $C_0$  (億円)

	呉服町	薬院	箱崎埠頭
資産価値	97.137	92.1	10.622

さい、 $10 < P_L < 20$  では中程度、 $20 < P_L < 35$  では激しい、 $35 < P_L$  では非常に激しい液状化とされる。

図-4 に各地点における地表最大加速度- $P_L$  値の関係を示す。地表最大加速度が増えるにつれ  $P_L$  値も増加している。

2.2 期待損失額の計算

本文では、構造物が液状化により全壊した場合の損失額(被災前の資産価値  $C_0$ )を基準にして、液状化程度の影響を考慮した損害額の評価を試みた。この  $C_0$  に損害額への影響度  $K(P_L)$  を乗じることで、液状化程度による損害額を評価した。資産価値  $C_0$  は公共施設(施設、鉄道、道路)の価格とした。なお、それぞれの地域の資産価値  $C_0$  を表-1 に示す。

本文では  $5 < P_L < 20$  で液状化し、 $35 < P_L$  で構造物が全壊するとして、 $P_L$  と  $K(P_L)$  の間に図-5 に示すような直線関係を仮定した。

図-4 に示す地表最大加速度- $P_L$  値の関係、および表-1 と図-5 の期待損失額  $C_0 \cdot K(P_L)$  より地表最大加速度と損害額の間を求め図-6 に示す。損失額は、資産価値が高く液状化も起こりやすいと判定された呉服町が最も高く、資産価値は高いが液状化が起こりにくいと判定された薬院が次いで、資産価値が低く液状化も起こりにくいと判定された箱崎埠頭が最も低くなった。

地震ハザード曲線およびフラジリティ曲線から液状化によるリスク曲線を求めた。図-7 にそれを示す。リスクも呉服町、薬院、箱崎埠頭の順に小さくなった。

3. まとめ

本文で得られた結論を示すと以下ようになる。1) 資産価値の差が少ないと液状化しやすいと判定されたほうが液状化リスクは高くなる。2)  $P_L$  値の差が少ないと、資産価値が高いほうが液状化リスクは高くなる。3) 液状化の判定にリスクの概念を導入することにより、液状化による構造物などの被害額が予測できる。

なお、今回行ったリスクの算出には、1) 液状化判定の際に地盤情報のばらつきが考慮されていない。2) 資産の算定において公共施設しか考慮されていない。3) 液状化の程度と具体的な構造物や岸壁の被害状況との関連性が明らかになっておらず、 $P_L$  値と損害額への影響の関係を単純化しすぎている。などのような問題点がある。今後は、これらを改善して、液状化によるリスクマップを作成していく予定である。

参考文献 1) 地盤工学会九州支部:福岡西方沖地震による被害調査報告,2005.

2) 地盤工学会九州支部:九州地盤情報共有データベース,2005.

3) 石川 裕: 確率論的想定地震と低頻度巨大外力評価への応用に関する研究, 京都大学学位論文, 1998.

4) 岩崎敏男: 地震時地盤液状化の程度の予測について, 土と基礎, vol.28-4, pp.23-29, 1980.

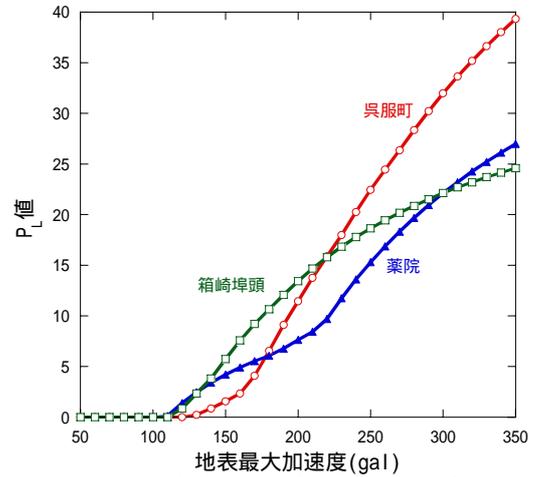


図-4 地表最大加速度による  $P_L$  値

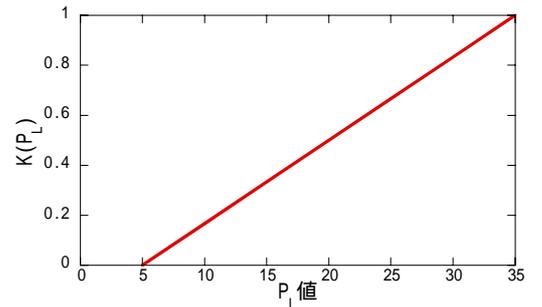


図-5 損害額への影響度関数

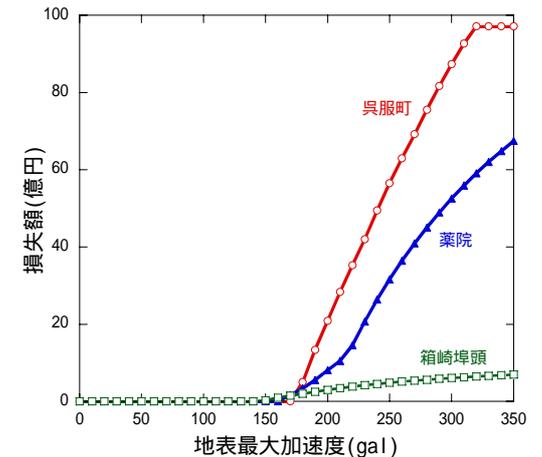


図-6 地表最大加速度と損害額の関係

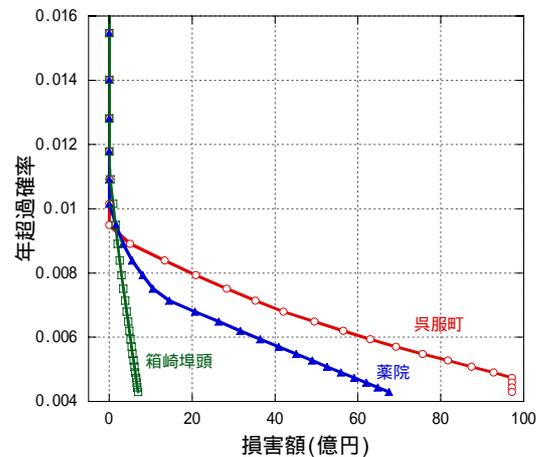


図-7 液状化によるリスク曲線