

鹿児島市沖積地盤の液状化特性について

鹿児島大学大学院 学生員 ○高田 誠

鹿児島大学工学部 正会員 北村良介

鹿児島大学大学院 学生員 北田貴光

1. まえがき

地震列島日本の中で鹿児島県は、建設省「新耐震設計法(案)¹⁾」における地震動強度の地域区分に示されるように、地震の発生頻度が少ない地域とされている。またプレートテクトニクスからみた地震環境や被害地震記録²⁾を見ても、鹿児島市近傍においてマグニチュード7以上の地震が発生する可能性のある震源は日向灘沖に限られている。従って鹿児島県内に広く分布するしらす(特に沖積低地に分布する二次しらす)の液状化(動的強度・変形)特性は多くを議論されておらず、未だ解明されていないといっても差し支えないであろう。本稿では、先の「しらす地盤における動的変形特性の検討」により明らかとなったしらす地盤の剛性率・減衰定数とせん断ひずみの関係($G, h \sim \gamma$)を用い、鹿児島市を対象地域とした液状化の検討結果について報告するものである。

2. 鹿児島市沖積地盤について

鹿児島市内の沖積低地には、背後のしらす台地から流下した(二次)しらすが厚く分布する。このしらすは土工学的分類によれば砂質土に分類され、建築物を対象とした地盤調査では圧密沈下の心配がないことから、N値の測定のみで終わっているケースが殆どである。なお沖積低地におけるN値の深度分布形態は、図2-1³⁾に示したように下層に致るまでN値の変化が少なくその値はせいぜい15~20程度のものが多い。砂質土では一般に深さとともにN値の増加する傾向があるが、鹿児島市の地盤のように30~50mにわたりN値の低い地層が続く例は、他の地域では見ることのできない特徴である。

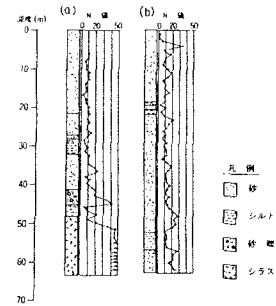


図2-1 N値の深度分布の例

3. しらすの物理・動的強度特性

図3-1はしらすの土粒子密度の度数分布³⁾を参考として示したものであるが、この図に示すように二次しらすの土粒子密度は $2.3 \sim 2.7 \text{ g/cm}^3$ で一般的砂質土と比べると小さい特徴を有している。また図3-2は二次しらすの粒度分布を示したものであるが、この図に示すように細粒分を30~40%含有するシルト質砂に分類される。なおこのしらすの細粒分は活性(粘性)をもつものではなく、粗粒成分と同一の非活性組成を有しており、すべての粒度成分が液状化を起こしやすいとされている⁴⁾。図3-3は岡林らの研究⁵⁾によるしらすと豊浦砂の繰返し強度曲線の比較を示したものである。この図に示すようにゆる詰め(の)のしらす($Dr=50\%$)は繰返し回数50回以下で豊浦砂よりも若干繰返し強度が高く、密詰め($Dr=90\%$)の状態では繰返し回数15回以上で豊浦砂の方が繰返し強度は高い傾向が伺える。またゆる詰め(の)のしらすは有効拘束圧の増加に伴い繰返し強度は増加する傾向があり、密詰め(の)のしらすは有効拘束圧の増加に伴い繰返し強度が減少する傾向があるとされている。⁵⁾

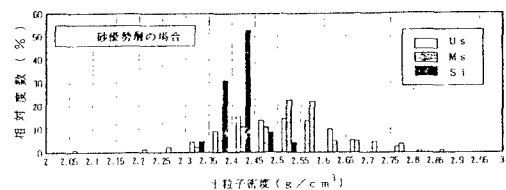


図3-1 しらすの土粒子密度

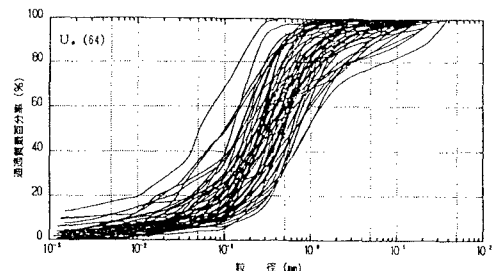
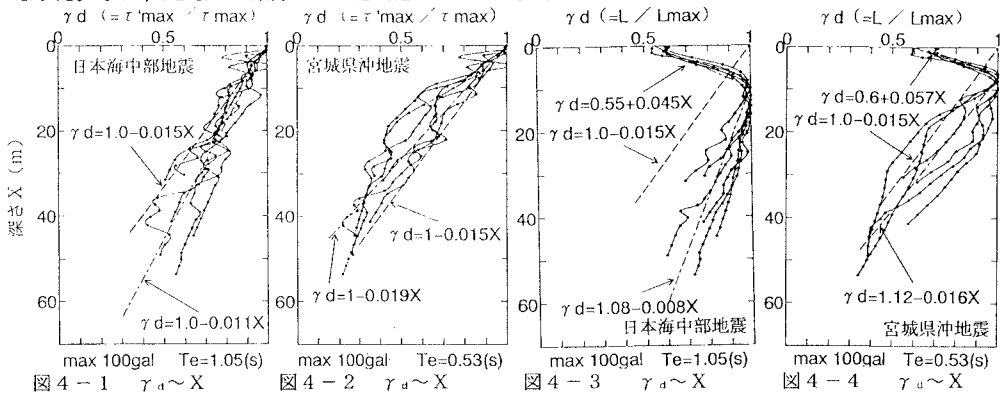


図3-2 二次しらすの粒度分布

4. 動的せん断応力比の深度分布について

動的せん断応力比 γ_d は一般に地表面での設計水平深度と深さ方向の低減率から定義されている。図4-1, 2には鹿児島市の沖積地盤を対象として実施した地震応答解析結果の内、動的せん断応力 τ'_{max} を剛体地盤での τ_{max} で規準化した τ'_{max}/τ_{max} の深度分布として示した。また図4-3, 4は動的せん断応力比 γ_d (τ'_{max}/σ'_v)を各解析ケースの最大値 L_{max} により規準化した L/L_{max} の深度分布をまとめて示した。これらの図より γ_d の定義の 図3-3 しらすと豊浦砂の強度曲線の比較仕方によりその傾向に有意な差が見られることが明らかとなった。

なお γ_d を最小2乗方により定式化したものを参考として図中に示した。



5. 液状化の検討結果について

今回実施した地震応答解析結果から、深度方向の低減係数を提案したがこの低減係数を岩崎・龍岡が提唱した式に投入し、液状化の検討を行った。その結果は次の様に要約される。①想定する地震の規模にも左右されるが、微地形分類による液状化予測結果と明確な相関が認められない。②沖積基底面の深度が浅い鹿児島市中央部（新川～脇田川一帯）においては液状化発生の可能性は中程度と判断される。③鹿児島市北部地域より南部地域の方が幾分液状化発生の可能性が大きい。

6. あとがき

鹿児島市内の沖積低地部を対象に地震応答解析を実施し、地震時せん断応力比の低減係数を明らかにした。またその結果を用いて液状化の検討を行い、地震時液状化発生の可能性について検討した。なおここに示した液状化検討結果は限られた僅かなデータを参照して導いたものであり、しらす地盤を対象とした液状化判定指標の確立ならびに精度の向上を図るためには、より多くの原位置試験・室内試験の実施が必要不可欠と考える。合せて今後は液状化被害の著しかった兵庫県南部地震の教訓を活かし、累積損傷度の概念を導入した繰返し荷重の不規則性の影響についても検討する必要があると考える。

今回、鹿児島県より貴重なデータを提供して頂いた。ここに感謝の意を表します。

【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，1995.3
- 2) 宇佐美龍夫：新編日本被害地震総覧，東京大学出版会，1991
- 3) 鹿児島市地盤図編集委員会：鹿児島市地盤図，鹿児島大学地域共同センター，1995.3
- 4) 兵動正幸・山内豊聡・坂井晃：しらすの液状化に及ぼす粒度分布の影響，第15回土質工学研究発表会講演概要集，pp581～584, 1980
- 5) 岡林巧・兵動正幸・安福規之・村田秀一：乱した一次しらすの非排水単調および繰返しせん断挙動，土木学会論文集，No. 499/Ⅲ-28, pp97～106, 1994.9