

表層地盤液状化被害の非一様性に及ぼす深部傾斜地層の影響 Non-uniformity of Surface Layer Liquefaction Damage Caused by Layered System Organization and Dip of Deeper Layer

浅岡 顕^{1*}, 野田 利弘², 中井 健太郎²
ASAOKA, Akira^{1*}, NODA, Toshihiro², Kentaro Nakai²

¹ (財)地震予知総合研究振興会, ²名古屋大学大学院
¹Association for the Development of Earthquake Prediction, ²Nagoya University

東北地方太平洋沖地震では、浦安市をはじめ、沿岸部埋立地盤において液状化現象が広範に発生した。その特徴として、(1)震源から約450km離れており、周辺のK-netなどの地表面観測記録では最大100~200gal程度にもかかわらず、比較的長周期の揺れが継続し、(2)細粒分を多く含む埋土層も含めて広範に液状化したこと、などが挙げられている。(2)については地震動が長く継続した点がよく指摘されている。著者らは、液状化被害が軽微であった陸側は沖積砂層直下の軟弱粘土層厚が10m程度と薄いのに対し、液状化被害が甚大であった海側へ向かうほど、軟弱粘土層厚(N値0)が厚くなっている地層構成に着目して、多層系地盤の一次元弾塑性地震応答解析の結果、地震動の継続時間の長さに加え、液状化層以深の軟弱粘土層の存在によって、地震波がやや長周期の範囲で増幅され、これによる大きな塑性ひずみによって、液状化しにくいclayey sandさえもが大きな被害を受けた可能性があることを示した。本稿では、さらに上記の粘土層とその下部に位置する洪積層との境界の傾斜に着目して二次元解析を実施し、この解析から、一次元解析では液状化しない場合でも、この傾斜境界の存在によって、地盤内に液状化が非一様に発生することを示す。なお、これらの解析は、砂から中間土、粘土までを同じ理論的枠組で記述する弾塑性構成式(SYSカムクレイモデル)を搭載した水~土骨格連成有限変形解析コードGEOASIAによる。

図1は、一次元地盤モデルの解析結果であり、解析対象地盤の地層構成と埋土層中央部における時間-過剰間隙水圧比関係を示す。ここでは入力地震動はAsaoka et al.(2011)と同じであるが、層序はより現実に即してモデル化し、埋土層(約0~-5m)と沖積砂層(-5m~-10m)の弾塑性材料定数は液状化しにくい値に変更して解析している。このため、埋土層では過剰間隙水圧比が0.8程度でとどまり、液状化には至っていない。図2は、二次元の解析結果であり、地震開始から150秒後(入力地震波の最大加速度時)のせん断ひずみ分布と、図中点Aで示した埋土層の時間-過剰間隙水圧比関係を示す。この図から、点A近傍で特に大きなひずみが発生し、過剰間隙水圧比が0.95を超えて液状化が発生している。これは、入力地震波が粘土層で増幅されることに加えて、沖積粘土層と洪積層の境界が傾斜しているためである。計算は、地震動のSV成分の発生とともに、洪積層での反射を伴う地震波の多次元的な伝播を示している、表層では点Aのほかにもあちこちで局所的に大きな塑性変形が発生している。

液状化被害の程度が空間的に非一様で、そのばらつきが大きいことも今回の震災の一つの特徴である。地盤材料の不均質性はよく指摘されるが、今回の解析結果は均質な地盤材料であっても層序の不均質性に起因する地盤変状のばらつきが大きいことを示した。これらは一次元解析では考慮しえない事項であり、多次元有効応力解析の必要性が強調される。

Asaoka, A., Noda, T. and Nakai, K. (2011): The effect of stratum organization on the occurrence of liquefaction in silty sand, 日本地震学会講演予稿集 2011 年度秋季大会, p.56.

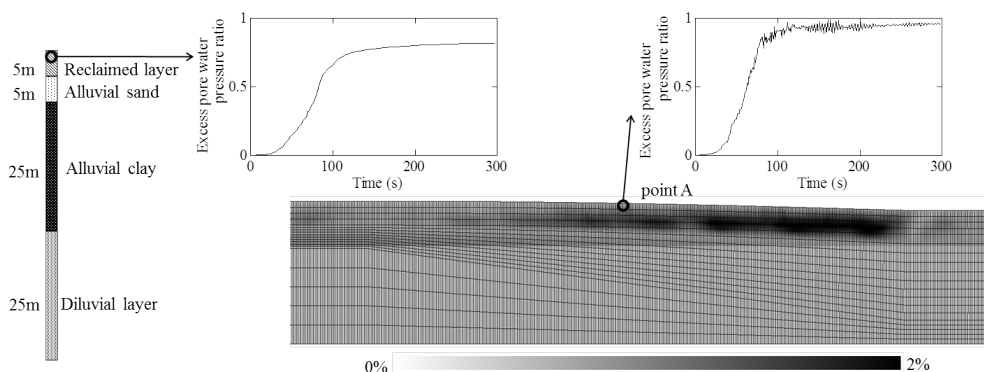


Fig.1: 1D analysis result of excess pore water pressure ratio at the center of the reclamation layer

Fig.2: 2D analysis result of shear strain distribution at 150s after earthquake and excess pore water pressure ratio at the center of the reclamation layer at point A