

地盤の不飽和化が地震時の過剰間隙水圧の発生と地盤の変形に及ぼす影響

愛媛大学大学院 学生会員 岡本辰也○

西日本高速道路株式会社 正会員 富田雄一

愛媛大学大学院 国際会員 岡村未対

1. はじめに

近年、安価な液状化対策工法として、空気注入工法が提案されている¹⁾。平成24年3月には、Air-des工法として設計施工マニュアルがまとめられた。本研究では、空気注入による盛土直下地盤の液状化対策について、過剰間隙水圧の発生抑制効果と地盤の変形抑制効果に着目し、動的遠心模型実験により対策効果の評価を行った。

本研究で行った4ケースの実験模型を図1に示す。各ケースの実験条件は表1に示す通りである。実験の詳細は別報²⁾を参照されたい。

2. 実験結果

図2は、空気注入したケース2,3,4の実験について、過剰間隙水圧比を飽和-不飽和領域の境界からの距離に対してプロットしたものである。過剰間隙水圧比は、加振中の過剰間隙水圧の最大値を、各センサー直上の土層厚さから求めた有効度被り圧で除したものである。無対策のケース1では、地盤のほぼ全域が液状化し、過剰間隙水圧が0.9以上であった²⁾。図の横軸の距離は、不飽和領域内を負値、不飽和領域外側の飽和領域を正值で示している。不飽和領域内では過剰間隙水圧比は0.3以下となっており、不飽和化の明確な効果が見られる。一方、飽和領域では、境界からの距離が2m以内であれば、過剰間隙水圧比が0.7以下となっており、不飽和領域近傍の飽和領域においても、不飽和化による水圧抑制効果³⁾が期待できることがわかる。これは、不飽和領域-飽和領域間で間隙水のマイグレーションが生じている⁴⁾ためであると考えられる。Case 2, 3は、空気注入位置が異なるだけで、不飽和領域の面積はほぼ同じ実験である。この2ケースでは、水圧比と距離の間には概ねユニークな関係が見られる。一方、盛土直下地盤のほぼ全域を不飽和化したCase 4においては、不飽和領域の境界からの距離が約3mの地点で、過剰間隙水圧比が約0.4となっている。このことから、不飽和領域の大きさによっても周辺領域の水圧低減効果に及ぼす影響が異なり、領域が広いと近傍領域の水圧抑制効果が大きくなることが分かる。

次に、地盤内に設置してある加速度計から得られた応答加速度より加振中の地盤のひずみ振幅を算出した。計

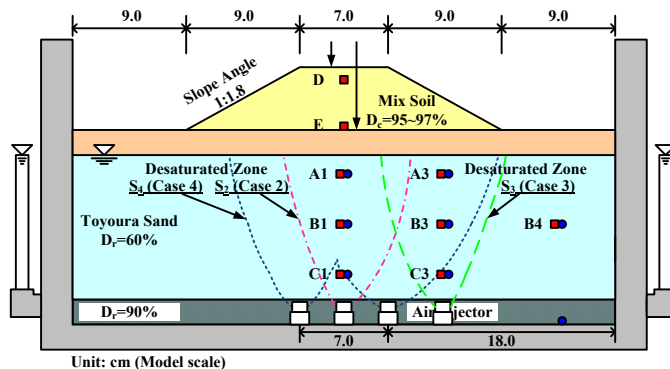


図1 模型概要図

表1 実験条件

Case	D _r (液状化層) (%)	D _c (盛土) (%)	S _r (空気注入前) (%)
1 (無対策)	57.7	96.4	99.8
2 (盛土天端直下不飽和)	59.1	94.4	99.8
3 (盛土法面直下片側不飽和)	57.9	95.2	99.8
4 (盛土直下全域不飽和)	58.8	95.2	99.7

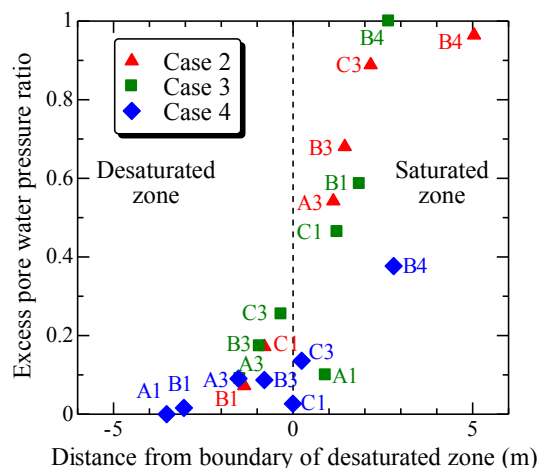


図2 不飽和領域の境界からの距離と過剰間隙水圧比の関係

盛土, 液状化, 不飽和

愛媛大学大学院 理工学研究科 〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番 089-927-9820

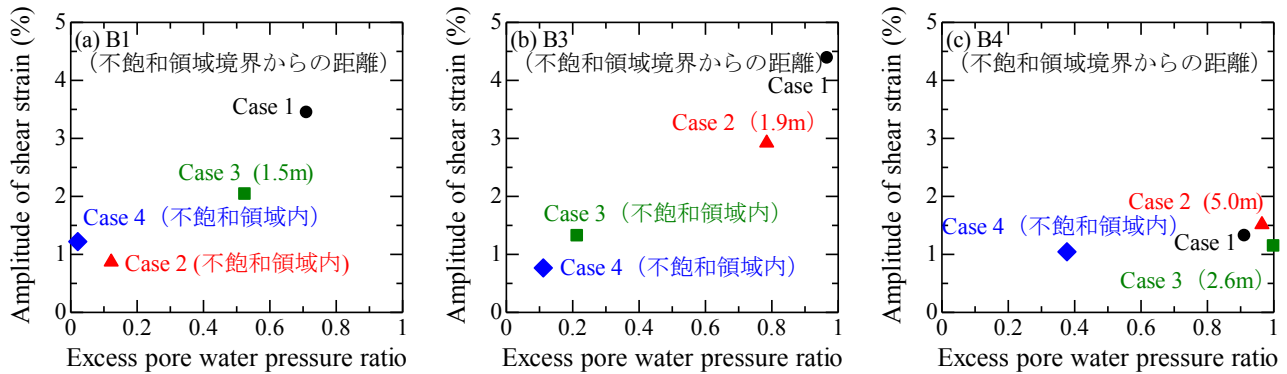


図3 加振中のせん断ひずみ振幅と過剰間隙水圧比の関係 ((a): B1 地点 (b): B3 地点 (c): B4 地点)

測した加速度データを2階積分し、地盤の変形によるドリフト成分をハイパスフィルターで取り去った。入力地震動による入力変位と応答変位との差より加振中の地盤の変位量を求め、これを土槽底面から加速度計を設置地点までの高さで除することでせん断ひずみを求めた。B地点における、各実験ケースの加振中の地盤のせん断ひずみ振幅の最大値と過剰間隙水圧比の関係を図3に示す。ただし、ここで求めているせん断ひずみは、図4に示す地盤の代表3領域の平均的なものである。そこで、図3の水圧は、領域内の平均的な水圧とするために、B地点とC地点の平均値とした。盛土天端直下地盤(図3(a))では、この領域が不飽和領域内であるCase2,4のひずみ振幅は小さいのに対し、飽和領域内にあるCase1(無対策)ではおよそ4%の大きなせん断ひずみ振幅となっている。Case3は飽和領域内にあり、境界からの距離は約1.5mである。このケースでは、せん断ひずみ振幅も無対策のおよそ1/2となっており、水圧だけでなく変形も抑制されていることがわかる。盛土法尻直下地盤(図3(b))では、この領域が不飽和領域内であるCase3,4のひずみは小さく、飽和領域内であるCase1のひずみは大きい。また、境界からおよそ2mの位置にあるCase2の場合には、限定的ではあるが水圧及び変形の抑制効果が見られる。

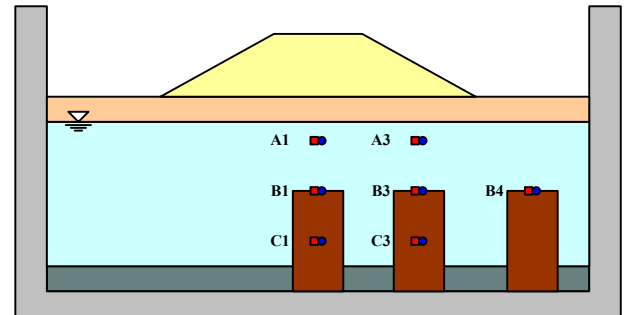


図4 せん断ひずみに用いた地盤の3領域

なお、図2の(c)図より、Case1~3の水平地盤で飽和領域内のB4地点では、過剰間隙水圧比がほぼ1.0になってもせん断ひずみ振幅は1~1.5%となっており、水平地盤ではあまり大きなせん断ひずみ振幅が発生していない。

3. まとめ

本研究では、既設盛土の液状化対策を想定した遠心模型実験を行った。ここでは、遠心模型実験装置内で盛土直下に空気を注入して不飽和化し、続いて加振実験を行うことにより対策効果を調べた。

空気注入によって不飽和化された領域のみならず、その周辺の飽和領域においても、過剰間隙水圧の抑制効果が確認された。水圧抑制効果は、不飽和領域が大きいほどより顕著になることがわかった。また、不飽和化された領域内、およびその周辺の水圧低減効果が認められた飽和領域では、加振中のせん断ひずみ振幅も小さくなっており、過剰間隙水圧のみならず変形も抑制されていることが確認された。これらのことから、既設構造物直下地盤に空気を注入する際、既設構造物直下地盤全域を不飽和化しなくても、不飽和領域間にある程度飽和領域が残されるような、ある程度注入ピッチを大きくする注入についても検討する価値があることがわかった。

参考文献 1)岡村未対：空気注入による安価な液状化対策工法，Soil and Foundation, 54(7), 28-30, 2006 2)冨田雄一，岡本辰也，岡村未対：道路盛土直下への空気注入による液状化対策効果の実験的検討，第67回土木学会研究発表会講演概要集，2012(投稿中) 3)井上寿幸，岡村未対：部分的に不飽和領域が存在する地盤の地震時液状化特性，土木学会四国支部第15回技術発表会講演概要集，pp191-192, 2009 4)相原聡，岡村未対：空気注入によって液状化対策された地盤の未改良部における水圧低下，第46回地盤工学研究発表会，pp699-700, 2011