小型振動実験による間伐材打設間隔と液状化対策効果

飛島建設　正会員　○　本山　寛，正会員　沼田淳紀
森林総合研究所　　桃原郁夫，長尾博文
早稲田大学　正会員　濱田政則
福井工業高等専門学校　正会員　吉田雅穂

１．はじめに

木材を使用することは環境上極めて有利であることから，筆者らは間伐材を打設し液状化対策とすることを検討している．ここでは，砂地盤に間伐材を打設した場合の液状化対策効果の検討を目的とした小型振動実験について述べる．液状化対策は，密度増大工法が多くの実績がある．間伐材を地盤に打設すると，地盤が水平方向に押し広げられ，密度増大工法と同様に地盤を密にする効果や水平応力増加効果が考えられる．さらに，間伐材は，それ自身は液状化せず液状化するような地盤よりもせん断剛性が一般的には大きいので，杭としての支持効果，複合地盤としてのせん断剛性増加効果などが考えられ，これらは間伐材を利用する有利な点だと想定される．そこで，本稿では間伐材打設による液状化対策効果について，密度増大による地盤対策との比較を行い，その有効性を示す．

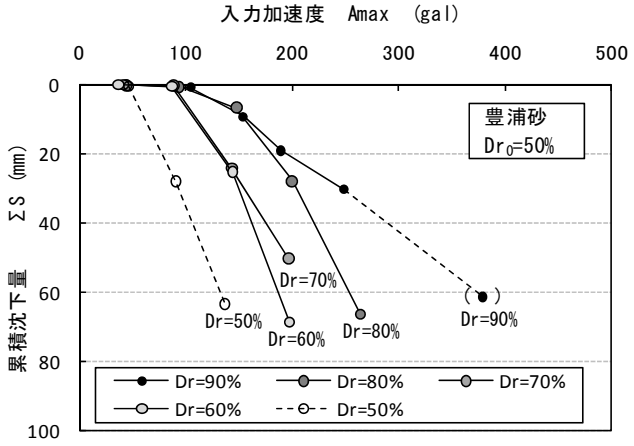
２．実験方法

液状化実験は，小型土槽に模型地盤を作製し，それを加振した．用いた砂は豊浦砂であり，初期の未改良地盤の相対密度は 50%とした．間伐材の樹種はスギで，直径Dは 9mmである．密度増大工法を想定した実験と，間伐材打設を想定した実験を実施した．密度増大では，相対密度を 60%，70%，80%，90%とし，また，間伐材打設では間伐材間隔を 8D（a_s=1.2%，D_r=57.1%），5D（a_s=3.1%，D_r=67.8%），4D（a_s=4.9%，D_r=78.5%），3D（a_s=8.7%，D_r=97.5%）（ただし，a_s：改良率（%），D_r：相対密度（%））とした．計測は，種々実施したが，ここではおもりの沈下量（2 ヶの平均）を液状化対策効果の指標とした．なお，実験の詳細は，1)を参照されたい．

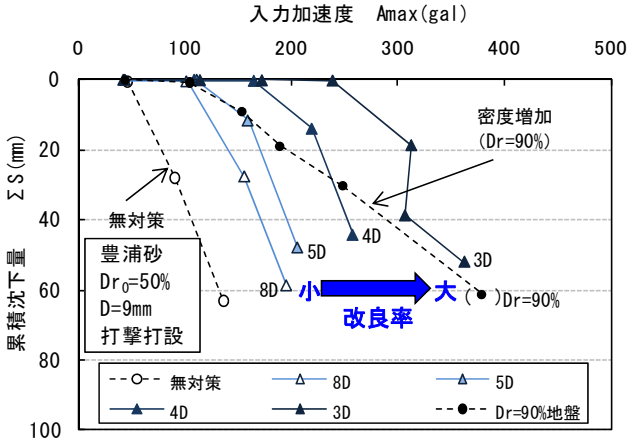
３．入力加速度と沈下量

密度増大工法を想定した実験について，**図－1**に入力加速度と累積沈下量の関係を示す．未改良（D_r=50%）では 100gal で大きな沈下が発生している．それ以外は，150gal以上で大きな沈下が発生し，相対密度が大きくなると沈下量が減少し液状化対策効果が上がることがわかる．相対密度が大きな 80%や 90%でもある程度沈下が発生しているのは，密度増大した下部の層に未改良層が残っていることと，入力加速度が大きくなるとおもりの応答加速度が大きくなり，密度増大した周囲は液状化しているので，おもりによる慣性力により密な地盤が破壊していくためだと考えられる．

図－2に，間伐材を打設した場合の入力加速度と累積沈下量の関係を示す．間伐材間隔が小さくなり改良率が大きくなると，沈下量が減少し液状化対策効果が上がることがわかる．図中には，密度増大の場合の相対密度 90%の結果も併記した．4Dや 3Dでは，密度増大以上に液状化対策効果があることがわかる．8Dと 5Dでは，150gal以上になると大きな沈下を生じ，4Dでは 200gal以上，3Dでは 300gal以上で大きな沈下が生じている．このように沈下の発生が小さい

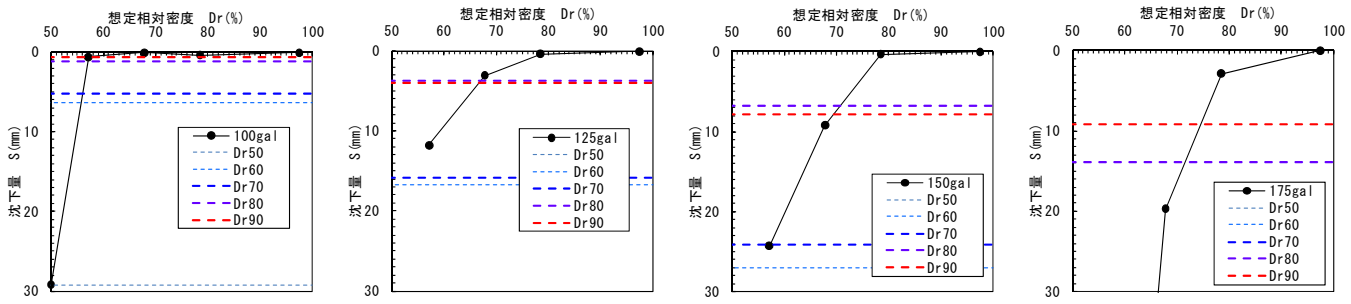


図－１　密度増大による対策の入力加速度と累積沈下量の関係



図－２　間伐材打設による対策の入力加速度と累積沈下量の関係

キーワード：液状化，地球温暖化，間伐材，木材，模型実験，沈下
連絡先：〒270-0222　千葉県野田市木間ヶ瀬 5472, TEL 04-7198-7553, FAX 04-7198-7586



(a) 100gal 入力　(b) 125gal 入力　(c) 150gal 入力　(d) 175gal 入力

図- 3　間伐材打設による想定相対密度と沈下量の関係

のは，密度増大と異なり，おもりの応答加速度が小さいことと，おもりによる慣性力を受けても間伐材を打設した領域が破壊しにくいためだと考えられる．なお，累積沈下量が大きいケースは，未改良層の厚さが 50mmなので，間伐材が底面に当たっていると考えられ，このような場合には沈下量の数値自体にはあまり意味を持たない．

４．密度増大による対策と間伐材打設に等価な相対密度

密度増大による方法と間伐材打設による方法で，同じ入力加速度で同じ沈下量を生じる状態を等価な状態と定義し，密度増大による相対密度と，間伐材打設によって想定される間伐材間の想定相対密度とを比較する．**図- 3**に，間伐材打設によって想定される相対密度と各入力加速度における沈下量の関係を示す．それぞれの想定相対密度に対する沈下量は，間伐材打設について，それぞれの間伐材間隔ごとの入力加速度と沈下量の関係から，任意の入力加速度に対する沈下量を読み取った．なお，各点間の値は直線補完した．図中には，各入力加速度ごとに，密度増大による方法で，それぞれの相対密度で生じた沈下量を破線で併記した．この破線と実線との交点に対応する想定相対密度は，同じ入力加速度で同じ沈下量が生じた事となるので等価な想定相対密度となる．

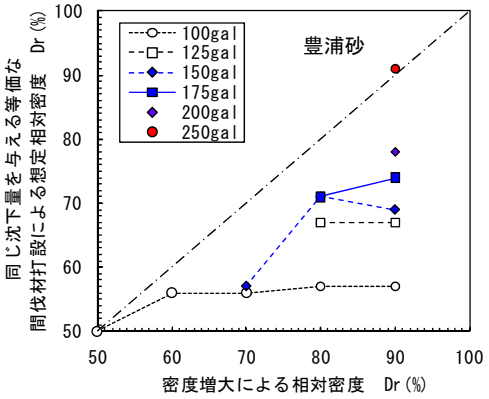


図- 4　密度増大による相対密度と同じ沈下量を与える等価な間伐材打設による想定相対密度の関係

図- 4に，密度増大による相対密度と，それと等価な間伐材打設による想定相対密度の関係を示す．いずれも等価な想定相対密度は，密度増大による相対密度よりも小さく，間伐材打設による液状化対策は，間伐材間で想定される増加した地盤の相対密度以上に効果があるといえる．これは，単に密度増加による効果だけではなく，間伐材の支持力による効果，複合地盤としてせん断剛性が増加している効果，水平土圧の増加による効果などがあるためだと推定される．したがって，増加する間伐材間の相対密度を式(1)より求め，これより打設後の地盤の液状化抵抗を想定すれば安全側の設計が可能となる．

$$D_r = D_{r0}\left(1-\frac{a_s}{100}\right)+\frac{a_s(1+e_{\max})}{(e_{\max}-e_{\min})} \qquad (1)$$

なお，既に実施している土槽に作製した模型地盤への実大規模の間伐材貫入実験では，間伐材打設による改良率が大きくなると間伐材間の相対密度は大きくなるが，その相対密度は 75～80%程度で頭打ちとなる[2]．したがって，このような相対密度では液状化が容易に生じるとは考えにくく，**図- 3**で想定相対密度が 80%以上となる場合でほとんど沈下量が生じないのは，このような理由によるものと考えられる．

５．まとめ

(1) 間伐材打設間隔を小さくするほど，沈下量は減少し液状化対策効果があがる．
(2) 間伐材を打設し液状化対策とする効果は，密度増大する方法以上に効果がある．
(3) 間伐材打設による液状化対策の設計法は，想定される間伐材間の相対密度により液状化抵抗を推定することで安全側の設計が可能である．

謝辞：本研究は，農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」を活用し実施したものである．

参考文献

1) 沼田淳紀，本山寛，桃原郁夫，長尾博文，濱田政則，吉田雅穂：間伐材打設による液状化対策の小型振動実験の方法，土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集，投稿中，2011.9.
2) 沼田淳紀，本山寛，濱田政則，桃原郁夫，長尾博文，吉田雅穂：液状化対策における間伐材打設による地盤の密度増加，第 46 回地盤工学研究発表会発表講演集，投稿中，2011.7.