砂地盤に対する間伐材貫入後の地盤における液状化抵抗（その 1）

飛島建設　正会員○本山　寛　正会員　沼田淳紀
福井工業高等専門学校　正会員　吉田雅穂
森林総合研究所　桃原郁夫　長尾博文　正会員　原田真樹

１．はじめに

筆者らは，建設分野での木材需要の創出を目的として，間伐材を用いた地盤対策技術の開発を行っている．本稿では，砂地盤に対する間伐材貫入実験 [1] の内，間伐材打設後に土槽地盤より採取した利根川下流砂の不撹乱試料で実施した繰返し非排水三軸試験の結果について述べる．

２．試料と試験方法

本試験に用いた試料は，利根川下流砂で作製した初期相対密度約 60%の土槽地盤に，半径 10cm の間伐材を打設後，地盤を凍結させ採取したものである．供試体（直径 75mm×高さ 150mm）は，質量測定後凍結した状態で試験機へ設置し，厚さ 0.3mm のメンブレンを被せてから寸法を計測した．以下，順を追って試験方法を示す．(1)供試体に 30kPa の負圧を掛けたまま，室温約 20℃の実験室内で 8 時間かけて解凍する．(2)再度，寸法を計測する．(3)供試体上部より CO_2 を約 30 分流し間隙水を追い出す．(4)二重負圧法 [2] により有効拘束圧を 30kPa に保持したまま供試体内側の圧力を-90kPa にする．(5)供試体下部より 2 時間以上掛けて供試体体積の 1.5 倍の通水を行い飽和化する．(6)側圧を大気圧に戻す．(7)せん断波速度 Vs の測定を行う．Vs は，供試体の中心から上下 50mm の位置のメンブレン上に加速度センサを貼り付け，三軸試験機のロッドに微小回転振動を与えて，その伝搬時間から求める．(8)拘束圧 50kPa で圧密を行う．(9)Vs の測定を再度行う．(10)B 値の測定を行う．B 値は，いずれも 0.95 以上であった．(11)供試体を非排水状態にし，0.1Hz の繰返し載荷を行う．

試験は，土槽地盤において間伐材からの距離 10cm，20cm，30cm，40cm のそれぞれに対して各 3 供試体，距離 50cm では 1 供試体を用いて実施し，間伐材からの各距離に対する液状化抵抗を求めた．

３．間伐材貫入による相対密度の変化

図-1 に，50kPa で圧密後の三軸供試体の相対密度と間伐材側面からの距離の関係を示す．間伐材を打設したケースは，凍結試料を採取した位置により土槽壁近傍（白丸）と土槽中央付近（黒丸）に分けて示した．また，図中には，間伐材を打設しないケースにおける土槽地盤作製時の相対密度と，土槽地盤から採取した三軸供試体の相対密度とその平均値を併記した．間伐材が土槽地盤に打設された時に，その分体積が小さくなると仮定して求められる相対密度の想定値は 66.7%であり，この値も併記した．なお，半径 10cm の間伐材を打設する直前の土槽地盤の相対密度は，計測の不具合により求めることができなかった．

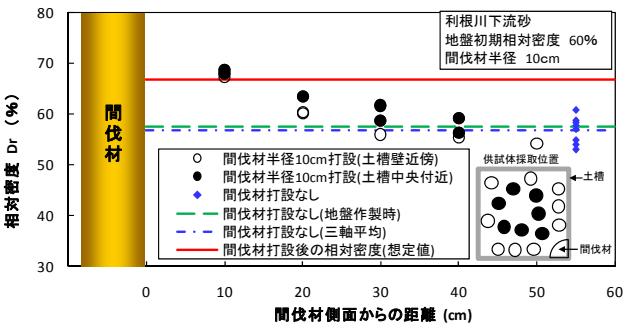

図-1　供試体の相対密度と間伐材側面からの距離の関係

間伐材打設により地盤の相対密度が増加し，その傾向は間伐材に近いほど大きくなることが分かる．地盤は，間伐材の打設貫入により水平方向に圧縮されその分密度が増加するが，それは地盤全体の密度が平均的に増加するのではなく，間伐材に近いほど増加量が大きくなる．今回のケースでは，間伐材側面より 10cm 離れた位置では相対密度が想定値より 0.6～2.0%大きくなり，40cm 離れた位置では初期の相対密度とほとんど変わらないことが分かった．なお，間伐材打設時，地盤からの排水があり，土槽地盤表面の鉛直変位が圧縮方向に約 3mm であったことから，全体がわずかに沈下し地盤が密になったと言える．また，土槽壁近傍の相対密度は，土槽中央付近と比べ最大で 5%程度小さい傾向が認められる．これは土槽作製時に，壁面付近では締固めが弱く密度が小さくなった可能性が考えられる．

４．繰返し非排水三軸試験結果

図-2 に，両振幅ひずみ DA=5%における液状化抵抗曲線を示す．間伐材側面からの距離が近いほど図中右上

キーワード：間伐材，地盤対策，三軸試験，液状化抵抗，相対密度
連絡先：〒270-0222　千葉県野田市木間ヶ瀬 5472　飛島建設(株)　技術研究所　Tel. 04-7198-7553

になることが分かる．この図より，繰返し回数が Nc 回における繰返しせん断応力比を読み取り，液状化抵抗 R_{Nc} と定義した．**図-3** に，間伐材打設後の液状化抵抗の増加率 R_{Nc}/R_{Nc0} と間伐材側面からの距離の関係を示す．ここで液状化抵抗増加率 R_{Nc}/R_{Nc0} とは，初期の液状化抵抗からの増加率を求めるために，間伐材側面からのそれぞれの距離における液状化抵抗 R_{Nc} を，間伐材を打設しない地盤から求めた液状化抵抗 R_{Nc0} で除したものである．ここでは，Nc が 2 回と 20 回について求めた．相対密度で得られた傾向と同様に，間伐材打設により液状化抵抗が増加するが，その傾向は間伐材に近いほど大きくなり，今回のケースでは 10cm 離れた地点では初期状態の約 2 倍となり，逆に 40cm 離れた地点ではほとんど増加が認められないことが分かる．また，この増加の傾向は，Nc が 2 回と 20 回ではほとんど差がない．

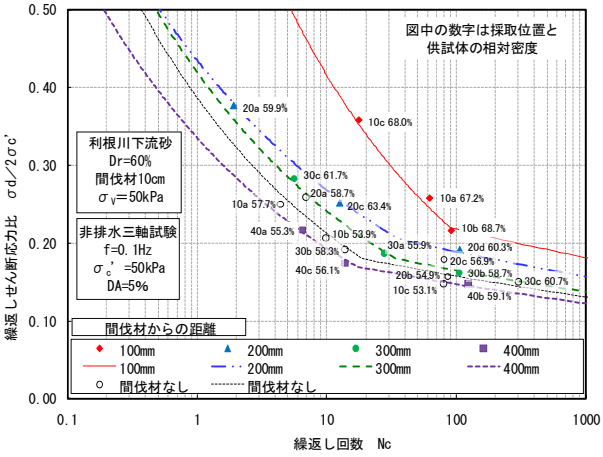

図-2 液状化抵抗曲線（DA=5%）

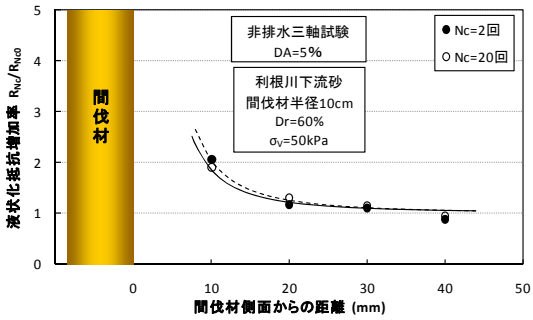

図-3 液状化抵抗増加率と間伐材側面からの距離の関係

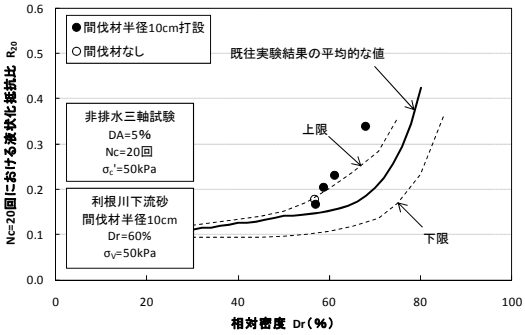

図-4 Nc=20 回における液状化抵抗と相対密度の関係

このように間伐材打設により液状化抵抗が増加する主要因として，地盤の密度増加が考えられる．これを検討するために，相対密度と液状化抵抗の関係を**図-4** に示す．図中には，比較のために既往の実験結果より求めた液状化抵抗の平均的な値とばらつきの上下限値を載せた[3]．ただし，ここでの相対密度は最少法により定義されている．相対密度の増加により液状化抵抗が大きくなる傾向は同じであり，その主要因は地盤の密度増加であると考えられる．しかしながら，その傾向は既往の関係と比べ大きい．これは，間伐材打設により地盤内の水平方向の土圧が上昇することで拘束圧が大きくなっていること[4]，またこれが除荷された後もこの応力履歴が過圧密履歴として残り，地盤の液状化抵抗が大きくなっていること[5] が推察される．

５．まとめ

1) 間伐材が地盤に打設貫入されることで，地盤の相対密度が増加し，その増加量は間伐材に近いほど大きい．

2) 間伐材が地盤に打設貫入されることで，地盤の液状化抵抗は増加し，その増加量は間伐材に近いほど大きい．

3) 間伐材打設貫入で地盤の液状化抵抗が増加する主要因として，密度増加が挙げられる．しかし，液状化抵抗の増加量は密度増加によると考えられる量よりも大きくなることから，その他の要因として水平土圧の増加の影響が考えられる．

謝辞

本研究を行うにあたり，「土木における木材の利用拡大に関する横断的研究会（会長：今村祐嗣京都大学教授)」の「地中海洋利用 WG」の方々にご意見を頂いた．また，実験に関して中央大学の石原研而教授にご意見を頂いた．ここに記して感謝申し上げます．なお，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，吉田雅穂，渡邉雄大，桃原郁夫：砂地盤に対する間伐材貫入実験の概要，第 65 回年次学術講演会講演概要集，土木学会，2010.9.（投稿中）

2) 地盤工学会：土質試験の方法と解説，第 7 編，第 3 章土の三軸試験，pp.461-462，地盤工学会，2000.3.

3) 沼田淳紀：若齢地盤に対する細粒な土の繰返し非排水抵抗推定法，土木学会第 60 回年次学術講演会概要集，第 3 部，pp.203-204，2005.9.

4)Ishihara K. and Takatsu H.：Effects of overconsolidation and K_0 conditions on the liquefaction characteristics of sands, Soils and Foundations, Vol.19, No.14, pp.59-68, 1979.12.

5)Ishihara K., Iwamoto S., Yasuda S. and Takatsu H.：Liquefaction of anisotoropically consolidation sands, Proc. 9th ICSMFE, Vol.2, pp.261-264, 1977 .