

水中での超音波の減衰特性

大同工業大学 正会員 桑山 忠
大同工業大学大学院 学生会員 ○後藤 邦泰

はじめに

液状化対策などの軟弱地盤締固め工法には、サンドコンパクション・薬液注入工法など多くの工法がある。しかしこれらの工法は、振動・騒音・土壌汚染といった面で周辺環境に与える影響が非常に大きい。

そこで筆者らは、このような周辺への支障の少ない超音波を利用した新しい軟弱締固め工法を提案している。

これまでに筆者らが行った室内実験では、非拘束条件下(水槽実験)・拘束条件下(三軸実験)において超音波の発振条件である連続発振にて締固め効果が確認されている。そこで、今回は発振条件をバースト発振(断続波)に変え効果を確認めた。バースト発振(バースト波)とは『発振波数、停止波数を指定する間欠発振』と言われていいる。この報告では音圧値・沈下量を連続波の条件と比較し実験結果について述べたものである。

水槽実験(音圧測定)

実験装置：発振子、水槽、音圧測定器超音波は、空气中より水中のほうが伝播しやすいので実験は水槽に水を入れて行う。また、超音波の反射を防ぐため、超音波の反射しにくいと言われる合板を発振面の対面と底面そして両側面に貼り付け反射を防ぐ。

この実験は水中内で超音波を照射したときの音圧を測定し、連続発振とバースト発振の音圧の減衰特性を調べ、超音波締固めでの発振方法の資料とするためのものである。

実験は水を入れた水槽に超音波を照射し各測点の音圧を測定する。また今回は、超音波のなかの連続波とバースト波のうちバースト波を主として実験をする。実験条件として周波数は 19 kHz とし発振 1 cycle に対して、停止 1~4 cycle を与え、発振 2~4 cycle も同様に停止 cycle を与え実験を行い計 16 条件の実験結果を比較する。(各測点は図-1 に示す。)

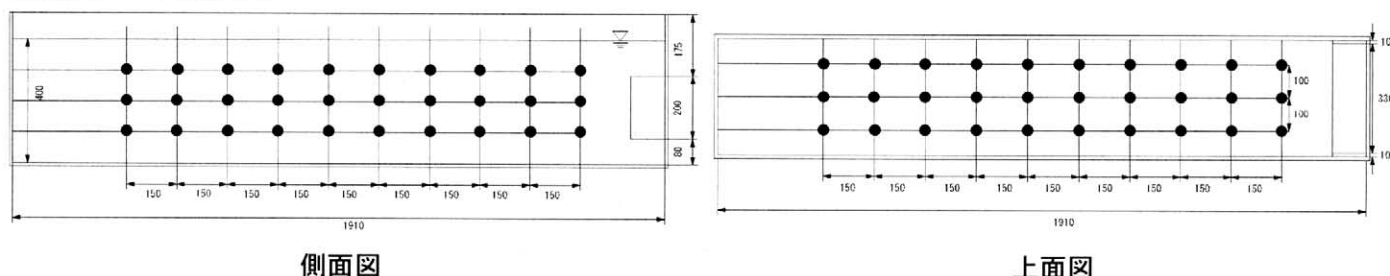


図-1 音圧測定点 (単位: mm)

実験結果と考察

実験結果を、図-2 に示す。この図は最も高い音圧値を表した発振 2 cycle・停止 1~4 cycle (バースト波) と連続波を比較したものである。この発振 2 cycle は他の発振 1・3・4 cycle に比較すると、発振面から一番近い 15 cm 測定点での停止 2 が非常に高い音圧値を示した。また、全体的に低い停止 4 cycle でも他の発振 cycle より高い音圧値を示している。このことから発振 2 cycle の条件は近い範囲では有効な発振方法といえる。しかし、一番高い

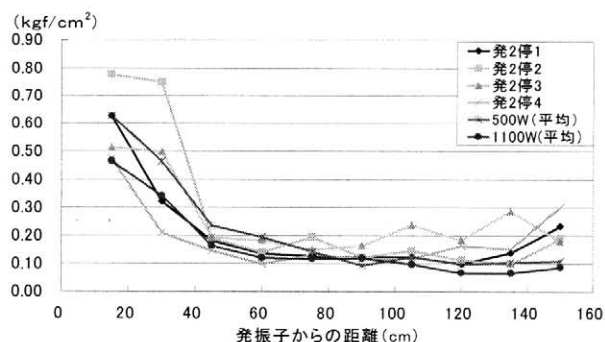


図-2 発振 2 cycle まとめ

キーワード：超音波、バースト波、液状化対策、締固め

連絡先：〒457-8790 愛知県名古屋市南区白水町 40 Tel (052) 612-5571 Fax (052) 612-5953

音圧値の停止 2 cycle は、次の測定点 3 c mの箇所では急激な減衰が見られた。ここで、測定点 15 c mでは高い音圧値を示めさなかった停止 3 cycle に着目すると減衰を見せるものの、他の停止条件より広範囲において高い音圧値を示めた。この結果から以上の事がいえる。発振 2cycle は他の条件に比べ発振面から近い測定点で有効であり、またその中で停止 3 cycle は広範囲において有効であることを確認できた。

水槽実験（沈下量測定）

水中での音圧測定に加えて、標準砂を用いた人工地盤を水槽で作製し、超音波を照射し、表面の沈下量を測定した。試料の物理的性質は表－1 示すとおりである。水槽に標準砂と水道水を入れ人工的に軟弱地盤を作り、発振面から 0、15、30、45 c mの地盤表面の高さを測定した後、超音波を 3 分間照射し発振面から 0 c mと 15 c mの音圧を測定した。照射後、発振面から 0、15、30、45 c mの位置の沈下量を測定した。発振条件は、発振 2cycle、停止 1 cycle・発振 3 cycle、停止 2 cycle のバースト波 2 条件にて行う。

実験結果と考察

音圧測定で有効な発振方法と思われる発振 2 cycle、停止 1 cycle の実験結果を図 3－1、2、3 に示す。図 3－1 は発振面から 0 c mの位置の音圧、図 3－2 は発振面から 15 c mの位置の音圧、図 3－3 は沈下量を示した図である。この実験結果を、連続波のデータと比較してみると、連続波では音圧が安定しているのに対してこの発振 2 cycle、停止 1 cycle のバースト波では非常に不安定な音圧値が測定された。連続波では、発振面から近いほうの沈下量が大きく、発振面から遠くなるにつれ沈下量が減少する。一方、発振 2 cycle・停止 1 cycle のバースト波では、発振面から 15 c mの位置まで徐々に沈下量が大きくなり 15 c mを過ぎると徐々に沈下量が減少するという実験結果が得られた。

これらの実験結果から次の事が明らかになった。連続波は、発振面から近い箇所では高い締固め効果が得られるが、距離が遠くなるにつれ締固め効果が低下する。しかし、バースト波では発振面から近い位置でも締固め効果が得られ、発振面から 15 c mの位置で一番高い締固め効果が得られた。また、発振面から遠くなるにつれても、締固め効果が確認できた。このため、連続波は発振面から近い位置、バースト波は広範囲の締固めに効果的であることが明らかになった。

このことから、超音波による地盤の締固めには、連続波とバースト波を組合わせて発振する方法が有効であることが分かった。

表－1 試料（標準砂）の諸数値

土粒子密度 (kgf/cm^2)	2.66
透水係数 (cm/s)	2.6×10^{-3}
最大間隙比	1.031
最小間隙比	0.650

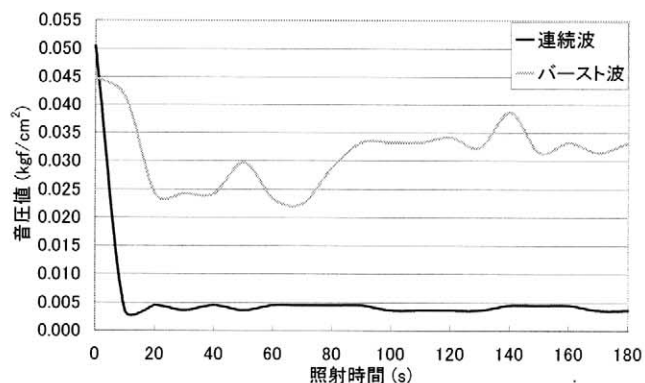


図 3－1 音圧図（発振子から 0cm・底から 20cm）

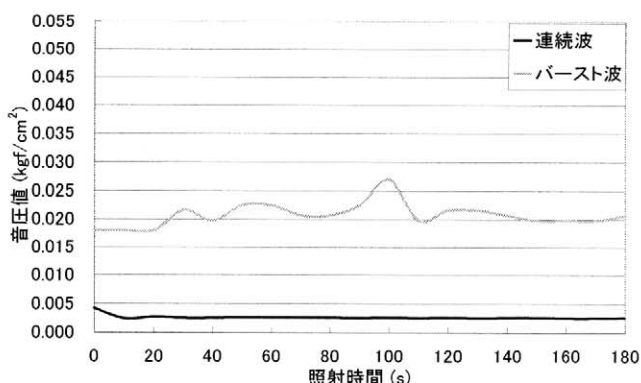


図 3－2 音圧図（発振子から 15cm・底から 20cm）

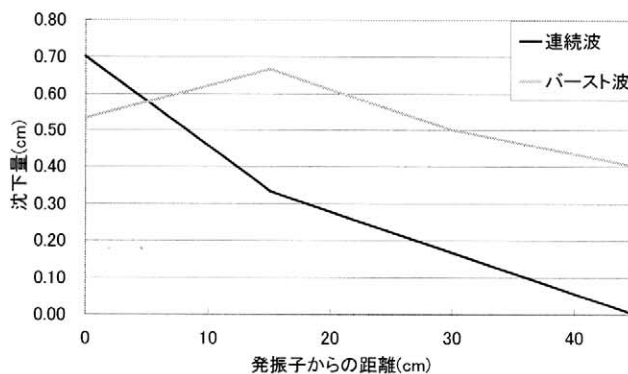


図 3－3 発振条件別沈下量