

矢板式岸壁背後に造粒固化処理土を用いた動的遠心模型実験

港湾空港技術研究所 正会員○市川栄徳，正会員 高橋英紀，フェロー会員 北詰昌樹
国土交通省中部地方整備局 西村大司，長谷川雅弘

1. 目的

近年，港湾工事等で発生する軟弱な浚渫土や細粒土の処分が困難になってきている．このような状況から，浚渫土を様々な建設事業に有効利用することが望まれており，浚渫土を石灰やセメントで固化処理し，造粒化した粒状土（以下，造粒砂と称す）を建設用材へ適用する研究が進められている．本研究では，矢板式岸壁の背後地盤に造粒砂を用いた振動実験を遠心力場で行い，造粒砂の裏埋材への適用性を検討した．

2. 実験条件

図-1 に模型地盤の概略図を，表-1 に実験ケースの一覧を，表-2 に造粒砂と相馬砂の物性をそれぞれ示す．矢板背後の埋立材に造粒砂あるいは相馬砂を用いて，合計4 ケースについて振動実験を行った．造粒砂は，浚渫土を普通ポルトランドセメントで造粒化したもの，あるいは碎石スラッジを生石灰で造粒化したものである．相馬砂は，目標相対密度を50%あるいは90%として堆積させた．

模型地盤の作製方法としては，初めに模型矢板（模型スケールで厚さ0.3cm）を試料容器底面に剛結して設置し，多重ふるい法によって相馬砂を落下させて，相対密度 $D_r=90\%$ の原地盤（模型スケールで層厚13cm）を作製した．埋立材に相馬砂を用いる場合は，さらに多重ふるい法で相対密度 $D_r=50\%$ あるいは90%の埋立地盤（模型スケールで層厚20cm）を作製した．埋立材に造粒砂を用いる場合は，あらかじめ粒度および重量を調整しておいた造粒砂を層厚4cmずつ5回に分けて敷き詰めて均質となるように埋立地盤（模型スケールで層厚20cm）を作製した．次に，地盤中の空気を炭酸ガスで置換した後，水の50倍の粘性を持つ粘性流体を真空下で地盤の底面から通水した．作製した模型地盤を50Gの遠心力場において，段階的に加振振幅を上げていき，2～4回のステップ加振を行った．振動中には矢板の水平変位，矢板に生じる曲げひずみ，地盤内の間隙水圧や加速度の計測を行い，振動前後には模型地盤側面の画像を撮影した．

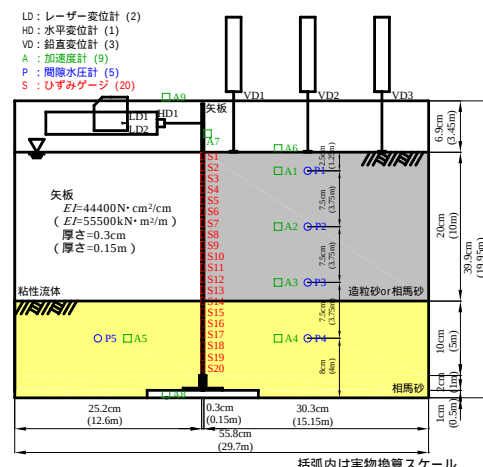


図-1 模型地盤概略図

表-1 実験ケース一覧

ケース名	埋立材料	原材料	固化材	相対密度 (%)		加振回数	入力加速度 (Gal)
				埋立地盤	原地盤		
ケース1	造粒砂	浚渫土	セメント	-	93.9	4	29,62,89,124
ケース2	造粒砂	碎石スラッジ	生石灰	-	93.6	4	28,59,93,129
ケース3	相馬砂	-	-	94.1	94.1	3	35,59,87
ケース4	相馬砂	-	-	54.5	93.4	2	30,63

表-2 造粒砂および相馬砂の物性

	浚渫土	セメント造粒砂	碎石スラッジ	石灰造粒砂	相馬砂
G_s	2.66	2.64	2.68	2.60	2.65
w_L (%)	95.0	-	34.0	-	-
w_p (%)	42.8	-	23.3	-	-
I_p	52.2	-	10.7	-	-
液分 (%)	0	78	0	87	0
砂分 (%)	2	16	9	13	100
シルト分 (%)	74	-	62	-	-
粘土分 (%)	24	6	29	0	0
最大粒径 (mm)	0.250	9.5	0.250	9.5	0.850

3. 実験結果

図-2 に入力加速度と矢板の水平変位の関係を示す．なお，入力加速度は容器底板で計測された加速度波形の片振幅の平均値とし，矢板の水平変位は背後地盤の地表面位置での値とした．1回目の振動前の遠心加速度の増加に対する初期変位を見ると，ケース4の初期変位が0.47mと一番大きく，次いでケース3，ケース2，ケース1の順で，0.36，0.29，0.25mと小さくなっている．振動前の水平土圧に大きな影響を与える要因として，単位体積重量や内部摩擦角が挙げられるが，造粒砂は単位体積重量が小さいために水平土圧が小さいと考えられる．このため，矢板の変位量も小さくなったと推測される．水平加振を行い入力加速度が大きくなるにつ

キーワード 遠心模型実験，造粒砂，矢板式岸壁

連絡先 〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1（独法）港湾空港技術研究所 地盤改良研究チーム TEL 046-844-5055

れて、いずれのケースも水平変位量が大きくなっており、特に、ケース4の水平変位量が大きいことが分かる。次いでケース3の水平変位量が大きく、ケース1とケース2の水平変位量は比較的小さいことが分かる。振動中の水平土圧に大きな影響を与える要因としては液状化の程度や内部摩擦角、単位体積重量が挙げられる。特に液状化による土圧増大の影響は大きく、緩詰め相馬砂は変位が大きくなったと考えられる。以上の結果から、埋立材に造粒砂を用いた場合、少なくとも密な砂地盤と同等以上の性能を有することが分かった。

図-3に2回目の振動における埋立地盤の上層部での過剰間隙水圧の時刻歴を示す。水平加振することによって動水圧が作用し、過剰間隙水圧が大きく変動していることが分かる。動水圧を差し引いて考えると、図-3(a)~(c)に示したケース1~3は水平加振を行っても過剰間隙水圧は大きく上昇せず、速やかに消散している。この原因としては、ケース1~2は造粒砂の粒度のほとんどが礫分であるためと考えられる。また、ケース3は密な砂地盤である。図-3(d)に示したケース4は水平加振することによって過剰間隙水圧が大きくなり、振動後は5~10秒程度で過剰間隙水圧が消散している。また、ケース4は過剰間隙水圧が有効上載圧付近まで上昇しており、水平土圧も増大したと考えられる。以上の結果から、造粒砂を用いた地盤は密な砂地盤と同様に過剰間隙水圧が上昇しないため、振動時に発生する土圧は小さいことが分かった。

図-4に2回目の振動における埋立地盤の上層部での加速度波形を示す。いずれのケースも深度が浅いほど応答加速度が大きくなり、波形が乱れる傾向にある。また、深度が浅いほど入力加速度に対して応答加速度の位相が遅れていることが分かる。各ケースの波形を比較すると、造粒砂を用いたケース1やケース2の方が入力加速度に対して応答加速度が大きくなっている。以上の結果から、上層部ほど応答加速度は増幅され、埋立材に造粒砂を用いた方が増幅比は大きいことが分かった。このことから、相馬砂よりも造粒砂の方が変形係数は小さく、塑性化も進んでいることが推測される。ただし、最終的には矢板の変位量は造粒砂の方が小さく、液状化の生じにくさや単位体積重量の小さいことが変形係数や強度の低さを補っていると考えられる。

4. まとめ

埋立材に造粒砂を用いることで静止時および振動後における矢板の水平変位量を抑制することができた。また、埋立材に造粒砂を用いた地盤は加振によって過剰間隙水圧が大きく上昇することはなく、造粒砂は液状化を生じにくい材料であることが分かった。本研究での限られた条件ではあるが、造粒砂は岸壁背後の埋立材としての適用性が高いと考えられる。

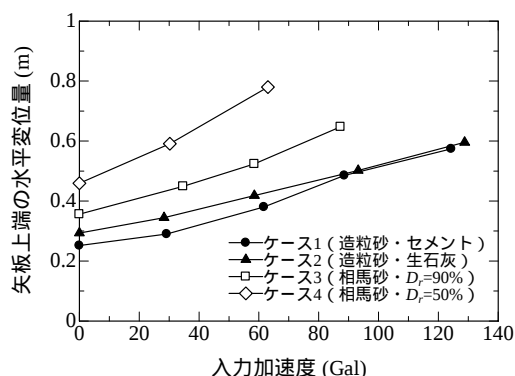


図-2 入力加速度と矢板の水平変位

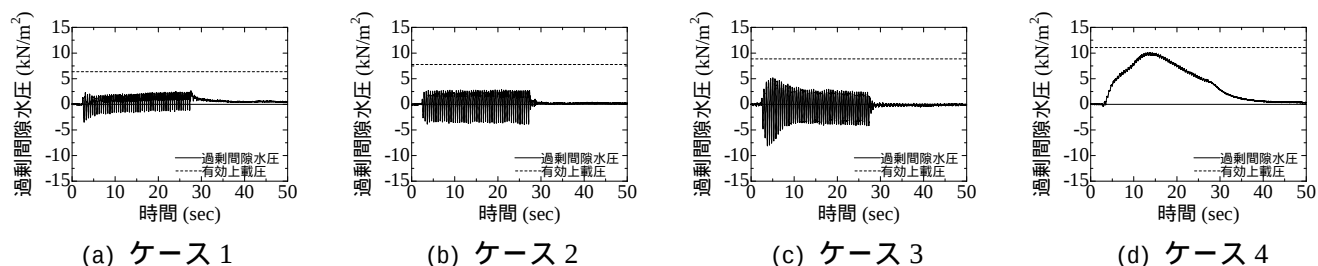


図-3 過剰間隙水圧の時刻歴

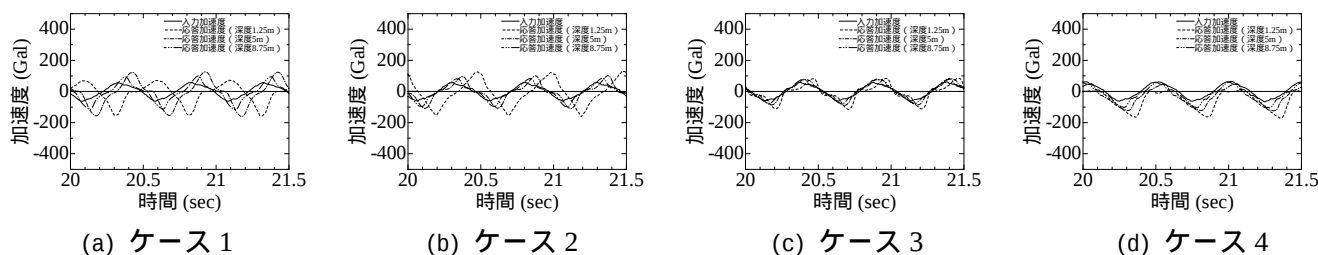


図-4 応答加速度の時刻歴