

I-505 杭基礎模型の破壊振動実験

清水建設(株) (正) 広瀬利光 (正) 田蔵 隆 (正) 清水勝美
 国際電気(株) 前田幸雄
 中央大学大学院 宮川 力
 中央大学 (正) 岡内 功

1. はじめに

構造物基礎杭の地震被害が1964年新潟地震や1978年宮城県沖地震などで発生した。基礎杭の被害の主要因として、上部工の慣性力が杭頭に作用して発生する場合、および地盤振動による地盤の変形に起因する場合が考えられるが、実際には両者を分離して捉えることは難しい。

本研究は群杭基礎模型に対する振動による破壊実験により基礎杭の定性的な破壊現象の解明を試みたものであり、破壊した杭および破壊位置を加振振動数と対応させて考察を行った。

2. 実験の概要

杭基礎模型は、破壊実験であるから本実験では杭材として石膏(石膏:水=100:70)を用い、また相似則なども無視した極めて簡略な実験モデルとなっている。

図1に実験モデルを示す。土槽はせん断土槽(内寸法:長さ500mm、幅250mm、高さ115mm、アクリル製)であり、地盤材料には豊浦標準砂を用いた。この地盤の卓越振動数はおよそ50Hzある。杭基礎模型は9本(3列×3列)の群杭基礎とし、各杭を識別するために1番から9番までの番号をそれぞれの杭に付けている。杭の諸元は、杭径 $\phi=9$ mm、杭長 $l=100$ mmであり、杭間隔 d は杭径 ϕ の2.5倍で22.5mmである。杭頭とフーチングを剛結合させ、また杭先端を固定端とするために、厚さ1cmのアクリル板に各杭の杭端部を埋め込んで固定した。さらに上部工重量として1.5kgfの鉄板をフーチングに取り付けた。

破壊実験は杭基礎模型をせん断土槽の中央に設置し、振動台加振(振動数一定)により、杭が破壊するまで加振加速度を徐々に増加させて行った。加振振動数は、地盤の卓越振動数に相当する50Hzおよびその1/5の低振動数である10Hzについて行った。

基礎杭の破壊の確認は、①杭の上端部と下端部に貼り付けたひずみゲージで検出されるひずみ量の変化から杭の破壊を決める方法と、②杭の折れた音により加振を停止させて杭を掘り出して杭の破壊を調べる方法のどちらかで行った。

3. 実験結果と考察

図2は方法①によって得られた杭のひずみ波形(加振振動数50Hz)の一例を示したものである。同図には

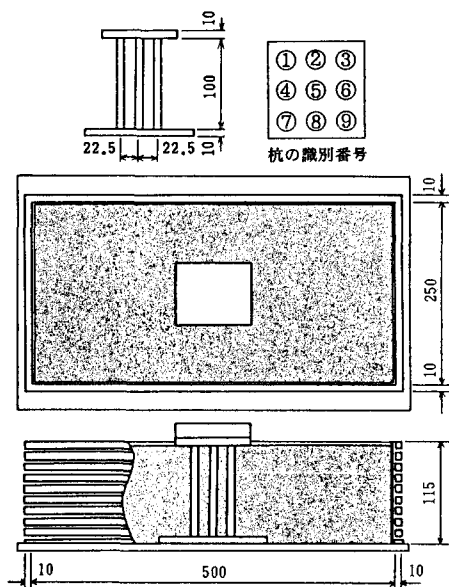


図1 杭基礎と地盤の実験モデル

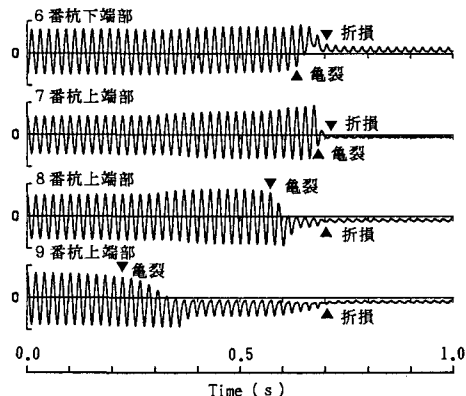


図2 杭のひずみ波形

杭が破壊に至るまでのひずみの変化が明瞭に記録されている。杭に亀裂が入るとひずみ波形の片側の振幅が減少して片振幅状態になり、その後片振幅状態の振幅も減少する。杭が折損状態になるとひずみの発生は見られなくなる。図2において、基礎杭の破壊は9番杭上端に始まり、8番杭上端、6番杭下端、7番杭上端の順に連鎖的に進行していく様子が現れており、杭は同時には破壊に至ってはいないことが分かる。

表1は杭の破壊の確認を方法②によって行った実験結果を示したものである。表中の上・下は杭が破壊した位置を示すものであり、上および下はそれぞれ杭の上端部および下端部を表している。

まず、9本の杭の中で破壊しやすい杭について検討する。表1より破壊した杭を杭番号別に集計すると、杭の破壊回数は多い順に9番杭、1番杭、7番杭、3番杭、……、5番杭となっている。上位4本の杭はすべて四隅の杭であり、他の杭と比較して四隅の杭の破壊回数は明らかに多い結果となっている。また、43ケースの実験すべてにおいて四隅の杭のいずれかが必ず壊れていることが分った。さらに、破壊回数が最も少ない杭は5番杭（中央部の杭）であることから、基礎杭は四隅の杭が最も破壊しやすく、中央部の杭は破壊しにくいことが言えよう。

次に、杭の破壊位置について検討する。杭はすべての実験において上端部あるいは下端部のいずれかで破壊しており、中間部で破壊した杭はまったくなかった。杭の破壊位置は、弾性波動論による解析において大きなひずみが発生する杭の上端部および下端部に対応しており、実験結果は定性的には弾性解析結果から推定される破壊位置と同様な傾向にあることが分かった。

杭の破壊位置と加振振動数との対応を見ると、杭が破壊した位置は50Hzではほとんど杭上端部であり、10Hzではすべてが杭下端部であった。図1に示した実験モデルにおいて、地盤の共振振動数(50Hz)で加振する場合には上部工の応答加速度は大きく増幅されて杭頭部に大きな上部工慣性力が作用する。これに対して、加振加速度が同じであっても振動数が低くなると地盤の相対変位は増大するが、上部工慣性力は杭頭の加速度応答倍率の低下によって小さくなる。したがって、加振振動数が50Hzの場合における杭上端の破壊は上部工の慣性力によるものであり、10Hzの場合の杭下端の破壊は地盤変形によるものであると考えられる。

4. お わ り に

本研究では、簡略化した実験モデルに対する43ケースの破壊振動実験から基礎杭の破壊に関する定性的な現象について検討した。本実験から得られた結果として、すべての実験ケースにおいて四隅の杭が破壊しており、基礎杭は四隅の杭から破壊する危険性が高いことが分かった。また、杭の破壊位置はすべて上端部あるいは下端部であることから、基礎杭の破壊現象は弾性状態の現象から類推ができ、基礎杭の主要な破壊要因は、杭の上端部は上部工慣性力であり、下端部は地盤変形であると考えられる。

表1 杭基礎の破壊振動実験結果

No.	加振振動数	杭の番号								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	50	上								
2	"							上		上
3	"	上		上						
4	"			上						
5	"			上						上
6	"	上								
7	"							上		
8	"	上						上		
9	"	上								
10	"	上								
11	"							上		
12	"	上								
13	"	上			上			上	上	
14	"							上		上
15	"									上
16	"	上			上			上		
17	"						上		上	上
18	"						上		上	上
19	"	下		下				上		
20	"				上			下		上
21	"			上	上				上	
22	"						上	上	上	上
23	"				上	上				上
24	"	上	下						上	上
25	"				上			上		
26	"		上	上	上		上	上	上	
27	"							上	上	
28	"	下	下							
29	"	上	上							
30	10				下		下			下
31	"		下	下		下				下
32	"	下	下	下	下		下	下		下
33	"			下						下
34	"			下						
35	"			下					下	下
36	"	下					下			下
37	"	下								下
38	"				下					下
39	"		下	下						下
40	"	下								
41	"						下			下
42	"	下								
43	"		下	下						下
合 計		18	8	13	10	2	8	14	9	21