

縦方向に断面の変化のある杭に適用できる衝撃载荷試験の基礎的研究

(その2 ハードシステムの検討)

衝撃荷重 波動 ひずみ

(株)ジオトップ 正会員 本間裕介 正会員 小嶋英治
正会員 桑山晋一 正会員 二見智子

1. はじめに

衝撃载荷試験方法は、2002年5月に、杭の鉛直载荷試験方法基準化委員会の成果として、地盤工学会から「杭の鉛直载荷試験方法・同解説(平成14年5月)」¹⁾(以下、地盤工学会基準と称す)として基準化された。しかし、衝撃载荷試験における加速度およびひずみ波形の基礎的なデータに関する記述が少なく、かつこの種のデータの記載してある論文も少ない。このことは、筆者らも責任を感じるところである。そこで、今までの実務で経験的に判っていること、地盤工学会基準に記載されていることで確認したいこと、などの基礎的なデータの収集を行った。また、これらのデータから、開発したハードシステムの測定精度についても検討を行った。

2. 実験

2.1 一般事項

衝撃载荷試験時の杭の挙動を、実際の杭を用いて確認する。本実験では、実験に用いた杭・地盤のモデルは、軟弱地盤の支持杭をイメージし、実大のシンプルな杭・地盤系のモデルを作成して行った。

以下に、実験に用いた杭・地盤系のモデルなどを記す。

杭種：節杭(500-400)および直杭(400)の2種類の杭(8m、B種)を用いた。なお、節杭(500-400)は400の直杭に1mピッチで直径500mmの節が付いた杭である。

地盤：G.L.0~-28mは粘土層である。G.L.0~-21mのN値は2~5で、G.L.-21~-28mのN値は10程度である。ただし、G.L.-5.5~-8.5mのN値は10~15で、支持基盤はこの層とした。G.L.-28mより以深が砂層で、N値は40以上である。

支持条件：杭に関する基本的なデータ収集を行うために杭の周面を自由面とした。ここで、杭の周面を自由面にするために、先端を閉鎖した鋼管をソイルセメント埋設工法で打設し、その鋼管の中に試験杭を立て込んだ。すなわち、この場合は、N値10~15の地盤で杭を支持したことになる。

衝撃方法：衝撃装置は同名論文その1の写真2の左側に示す。モンケン重量は3kNである。

測定箇所：測定箇所は、節杭および直杭で測定可能な箇所とし、杭頭からの距離を400、800mmとした。ただし、本報告では800mmのデータを中心に説明する。なお、測定点ch1~4は円周を4分割し、円周上に沿って番号を付けた。したがって、ch1とch3、ch2とch4が軸対称になっている。

サンプリングタイムは15 μ sec固定とした。

2.2 実験で確認したい内容

(1)地盤工学会基準の第5章の1)の「軸対称に測定した同種波形の形状が相似であること。」とある。し

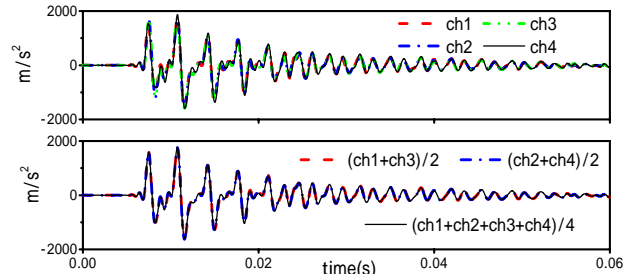


図1 直杭の加速度波形

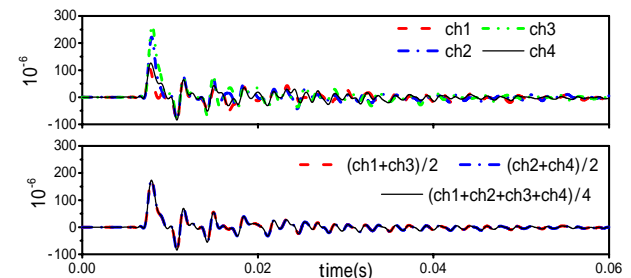


図2 直杭のひずみ波形

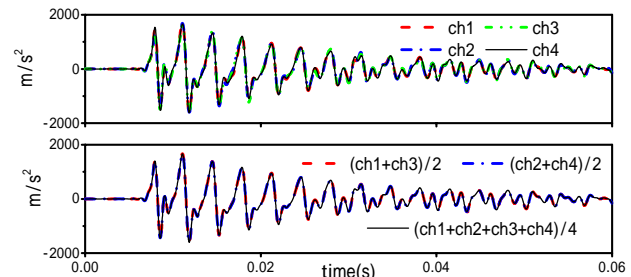


図3 節杭の加速度波形

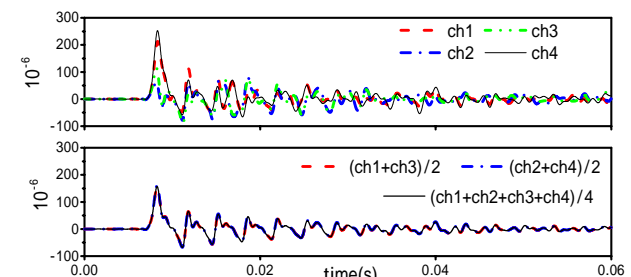


図4 節杭のひずみ波形

かし、小径の杭では、偏打しないように充分気をつけて杭の打撃を行っても、加速度は軸対象で相似になるが、ひずみは相似にならないことを、筆者らは経験している。そこで、杭頭付近の加速度およびひずみが杭周面でどのように分布しているのかを確認する。

(2)杭のP波の伝播速度は、地盤工学会基準の解説には、「コンクリート系の杭で4000m/s程度の値を用いることが多い」とあるが、筆者らは4000m/s程度ではマッチング解析が困難なことを経験している。そこで、実際の杭で杭のP波の伝播速度を調査する。

3. 実験結果

直杭の、杭頭からの距離 800mm における動的な挙動を調査した。図 1 の上図に杭の円周上 4 点の加速度波形を、下図に平均波形を示す。杭頭から同じ距離の杭周面の加速度波形は、杭周面のどの位置でも安定して同じ波形が得られた。一方、図 2 の上図に杭の円周上 4 点のひずみ波形を、下図に平均波形を示す。この結果、ひずみは、杭周面の 4 点では異なったひずみ波形を示すが、軸対称で測定したひずみの平均波形は安定して同一であることを確認した。

節杭についても、直杭と同様に、杭頭からの距離 800mm における加速度およびひずみ波形を測定した。この加速度波形を図 3 に、ひずみ波形を図 4 に示す。この結果からも、杭頭から同じ距離の杭周面の加速度波形は、杭周面のどの位置でも安定して同じ波形が得られた。一方、ひずみは、杭周面の 4 点では異なったひずみ波形を示すが、軸対称で測定したひずみの平均波形は安定して同一であることを確認した。

今回確認した、加速度・ひずみ波形とも、軸対称の測定波の平均がほぼ同一の波であることを用いて、本測定システムの精度を検討する。すなわち、精度の検討に、図 1、2 で示した直杭の軸対称における平均波形の第 1 波の最大値を用いる。加速度波形における、ch1 と ch3 の平均波の最大値は 1596m/s^2 で、ch2 と ch4 では 1591m/s^2 、4 波の平均では 1594m/s^2 であった。2 波と 4 波との平均のばらつきを求めると、軸対称 2 波の平均は $\pm 0.2\%$ 以内にある。同様に、ひずみシステムの精度を確認する。ch1 と ch3 の平均波の最大値は 173.0μ で、ch2 と ch4 では 173.9μ 、4 波の平均では 173.4μ であった。2 波と 4 波との平均のばらつきを求めると、 $\pm 0.3\%$ 以内にある。以上から、本測定システムの精度の良いことが確認できる。

加速度波形を考察すると、波のピーク値の間隔が、途中から半分になっている箇所（矢印で明示）がある。図 1 の直杭では 5 波以降で、図 3 の節杭では 6 ~ 9 波以降である。これは、杭先端の弾性支持の支持条件が、打撃により杭が押さえつけられ、その後浮き上がり、押さえられ方に変化（以下、浮き上がりと呼ぶ）が生じたためと推定する。

図 1 の直杭、図 3 の節杭の加速度波形を用い、杭が浮き上がって支持条件の変化していることに注意し、杭を 10 往復する時間を求め、伝播速度を求めた。この結果、直杭が 4636m/s 、節杭が 4742m/s であった。

図 5、図 6 に直杭および節杭の、杭頭からの距離 400、800mm における加速度およびひずみ波形を示す。ただし、本実験では、杭周面での加速度およびひずみ波形を調査することに主眼を置いていたため、400 および 800mm のおのおのを 4ch ずつ測定していた。すなわち、2 台の測定器を、400mm、800mm で 1 台ずつ使用したため、トリガーが別々に掛かり、400mm と 800mm の進行波の第 1 波が同じ時間に生じたように測定されている。図 5、

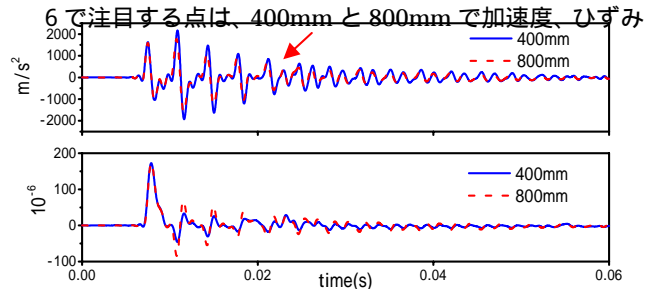


図 5 直杭による杭頭 400・800mm の加速度・ひずみ波形

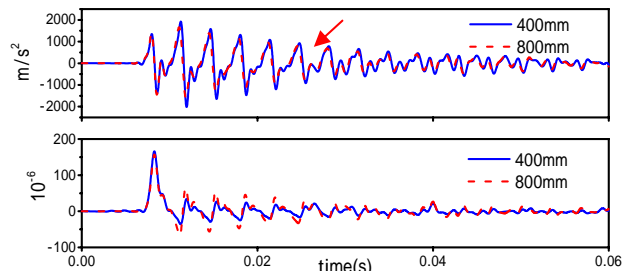


図 6 節杭による杭頭 400・800mm の加速度・ひずみ波形

波形とも第一波が全く同波形であることである。このことは、第一波には進行波しか含まれていないことを意味する。

直杭で測定した加速度とひずみ波形の第 1 波は、杭の周面が自由面であることから、進行波のみであることは明らかである。しかし、節杭においても、400mm および 800mm の加速度およびひずみ波形ともおのおの同波形であることは、節部で波が反射していないと推定される。したがって、直杭および節杭とも、加速度およびひずみの第 1 波は進行波のみであると推定される。

4. まとめ

杭打撃時における杭頭付近の杭周面での加速度およびひずみ波形を調査した。この結果、加速度は杭周面で安定して同一波に近いこと、ひずみは軸対象の平均が安定して同一波に近いことを確認した。そこで筆者らは、今後、衝撃載荷試験の加速度およびひずみ波形を軸対象の 2 点の平均波形で評価することを基本とすることにする。2 点の平均波形で評価する場合には、本ハードのシステムは 2 点ゲージ法および多点の測定点を用いた衝撃載荷試験法にも適用できるシステムとなる。

また、軸対象の平均波形が安定する現象を用いて、本測定システムのハードの精度を検討した。すなわち、測定した 4 波の平均と、軸対象の 2 波の平均との比較から、本測定システムの精度が非常に高いことを確認した。

また、ここで用いた 2 種類の杭における P 波の伝播速度を求めた。

今後、杭先端に弾性または弾塑性体を挿入するモデルおよび杭周面に摩擦抵抗を考慮するモデルについても検討したいと考えている。

参考文献

- 1) 地盤工学会：杭鉛直載荷試験方法・同解説 2002.5