

## ハイブリッドクッションを用いた衝撃載荷試験例

ジャパンパイル(株)	正会員	小嶋	英治
ジャパンパイル(株)		熊谷	裕道
ジャパンパイル(株)		遠藤	勝美
北海道開発局		江川	拓也
寒地土木研究所	正会員	富澤	幸一
(株)地盤試験所	正会員	宮坂	享明

## 1. はじめに

載荷試験は相対載荷時間で分類<sup>1)</sup>されており、相対載荷時間の500以上が静的載荷試験, 500未満で5以上が急速載荷試験, 5未満が衝撃載荷試験である。ハイブリッドクッション(以下, HCと称す)は、急速載荷試験である軟クッション重錘落下法式のクッション材として開発<sup>2)</sup>された。ただし、クッションの効果を大きくすると、エネルギーロスが大きくなり、打撃装置が大きくならざるを得ない。そこで、本研究は、このHCを衝撃載荷試験に用い、衝撃載荷試験と急速載荷試験の長所を生かした、新たな動的載荷試験を試みるものである。衝撃載荷試験では、打撃力の載荷時間が短く、打撃エネルギーが短時間に集中していた。HCを用いるのは、載荷時間を長くし、打撃エネルギーの集中をさげ、高支持力およびセメントミルク工法で、杭頭および杭先端の破壊防止することを目的としている。

中掘りセメントミルク噴出攪拌工法に、このHCを用いた衝撃載荷試験を行なう機会を得、その効果を確認したので紹介する。

## 2. 試験地盤および試験杭

試験杭は鋼管杭で、施工法は中掘りセメントミルク噴出攪拌工法である。同工法では打撃工法のように簡易な支持力管理が出来ないため、上記した目的で、HCを用いた衝撃載荷試験を実施した。試験場所は、北海道で、図1に示す土質柱状図の通り、火山灰質の地盤である。

試験杭は本杭で行なったものであり、杭径は800mm、杭長は17.5m(t13/7.0m+t9/10.5m)である。ただし、試験杭のため、杭長を150cm長くし、露頭長は190cmで、計測点は杭頭から120cm下とした。

杭の設計支持力は、許容支持力が、常時1,823kN、地震時2,700kNで、鉛直反力が、常時1,274kN、地震時2,229kNである。

## 3. 載荷試験方法および解析方法

HCクッション材は、相対載荷時間 $T_r$ を3に設定した。相対載荷時間の分類<sup>1)</sup>によれば、衝撃載荷試験であるので、地盤抵抗の同定に波形マッチング解析を行うことを前提としている。なお、重錘質量は7tである。本試験杭は、中掘りセメントミルク噴出攪拌工法であるので、落下高さを10cmから10cmづつ、徐々に高くして、計測波形から杭に損傷の生じないことを確認しながら、140cmの落下高さまで試験を行った。

## 4. 杭頭の軸方向力とマッチング結果

波形マッチング解析には、差分法<sup>3)</sup>を用いている。差分法では、入力波に打撃力を用いるので、計測点の軸方向力を上昇波と下降波に分離し、これ等の波を杭頭に戻して杭頭の軸方向力を求め、杭頭の軸方向力を打撃力



写真1 HCを用いた衝撃載荷試験

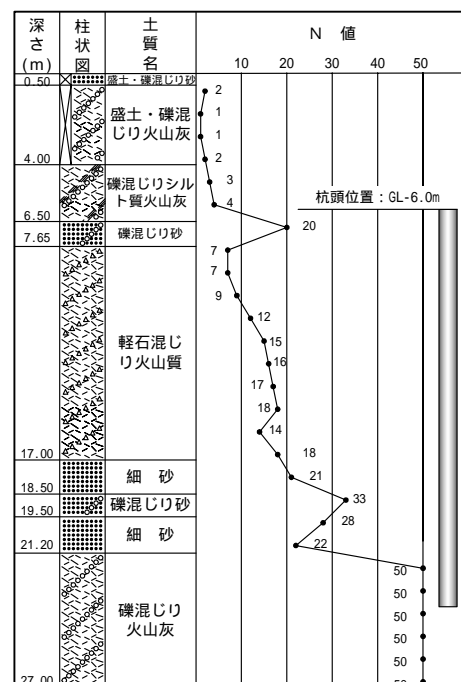


図1 土質柱状図および試験杭位置

キーワード：杭，衝撃載荷試験，クッション材，実験，解析

連絡先：ジャパンパイル(株) 技術開発本部 〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町 2-1-1 Tel 03-5843-4196

と評価<sup>4)</sup>した。なお、マッチング対象波は杭頭の軸方向力の上昇波とした。上昇波は、地盤抵抗に敏感なため、マッチング対象波に適している。計測した全てのデータでマッチング解析を行い、各落下高さでの層別の地盤抵抗の最大値を、その層の地盤抵抗として評価した。

図2に、落下高さ10cmのHC無しと有りの、杭頭の軸方向力、すなわち、打撃力を示す。落下高さの一番低いデータではあるが、载荷時間が長くなり、かつ、打撃力の最大値が、0.9996MNから0.6605MNと、34%減となり、HCの効果を確認できる。

図3に、HCを用いた試験のうち相対沈下の生じた、落下高さ40cm(沈下量1.0mm)、90cm(同0.5mm)、110cm(同0.3mm)、140cm(同0.2mm)の杭頭の軸方向力、すなわち重錘の打撃力、軸方向力の下降波、上昇波(以下、軸方向力を省略して、下降波、上昇波と称す)を示す。なお、試験時の累積沈下量は2.0mmであった。打撃力から、相対载荷時間 $T_r$ が、ほぼ設定した値3となっていることが確認できる。図3.dの落下高さ140cmの軸方向力を用いて重錘の状態を説明すると、打撃力の矢印で示した部分が重錘が杭頭を打撃している時間で、その後は下降波と上昇波が異符号で絶対値の等しいことから、重錘がリバウンドして、杭頭フリー状態であることが判る。なお、サンプリングは15 $\mu$ sとした。

図4に、落下高さ140cmの上昇波のマッチング結果を示すが、継続時間が長い割に、比較的良いマッチング結果となっている。なお、上昇波の最初の乱れは、杭の不等厚によるものである。

マッチング結果の総合評価の静的抵抗値は、杭周面摩擦で3,280kN、杭先端で730kN、合計は4,010kNであった。静的抵抗値は、4,010kNに極限支持力推定法の相違による安全率<sup>5)</sup>の補正係数 $\gamma=1.2$ を乗じた、4,812kNと評価され、その結果、極限相当の鉛直反力3,822kN(常時の鉛直反力1,274kNの3倍)を上回った。

衝撃载荷試験で杭頭に与えられた最大打撃力は、モンケン落下高さ1.4mの時に、振動数27Hz程度の3,070kNの軸方向力を受けたことになり、これは地震時の許容支持力2,700kNを上回った。

5. まとめ

中掘りセメントミルク噴出攪拌工法の支持力確認に、HCを用いた衝撃载荷試験を試みた。本杭で行なった試験であったが、支持力確認の目的が果たせた。

HCの設定した相対载荷時間は、落下高さによらず、ほぼ一定値を示したことにより、本クッション材の特徴として、相対载荷時間のコントロールの容易性が確認できた。また、相対载荷時間の把握には、重錘の打撃力で評価する優位性が確認できた。

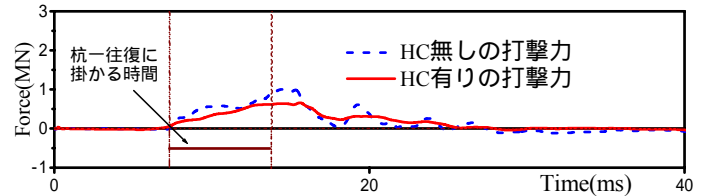


図2 HC有り無しの打撃力の比較

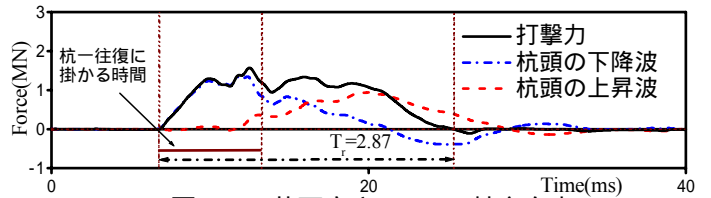


図3.a 落下高さ40cmの軸方向力

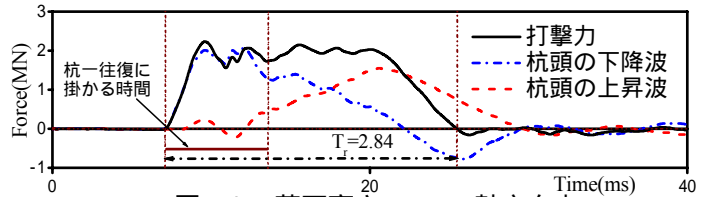


図3.b 落下高さ90cmの軸方向力

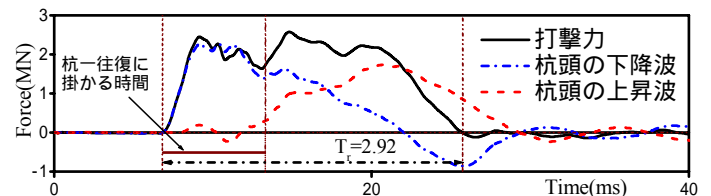


図3.c 落下高さ110cmの軸方向力

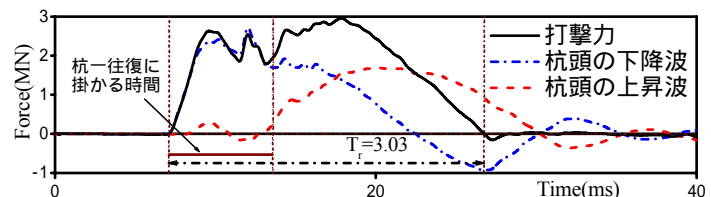


図3.d 落下高さ140cmの軸方向力

図3 杭頭の軸方向力

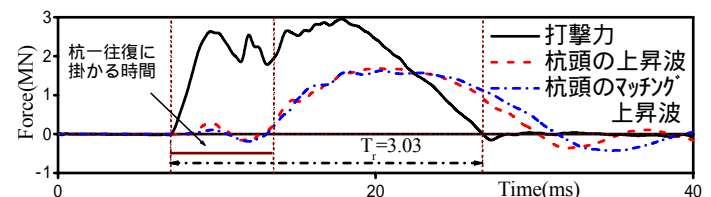


図4 落下高さ140cmの波形マッチング結果

【参考文献】1)地盤工学会：杭の鉛直载荷試験方法・同解説，pp.227-271，2002.5．2)宮坂享明，桑原文夫，その他：大沈下を伴う杭急速载荷試験結果の解釈，第42回地盤工学研究発表会(名古屋)，pp1,185-pp1,186，2007.07．3)小嶋英治・桑山晋一：杭の鉛直载荷試験の開発と実験による検証，第48回地盤工学シンポジウム，pp.99-106，2003.11．4)小嶋英治：衝撃载荷試験の波形マッチングに差分法を用いる場合の入力波の検討，日本建築学会大会(東海)，構造，pp.561-562，2003.09．5)(社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，共通編，下部構造編，平成14年3月，P.353-355．