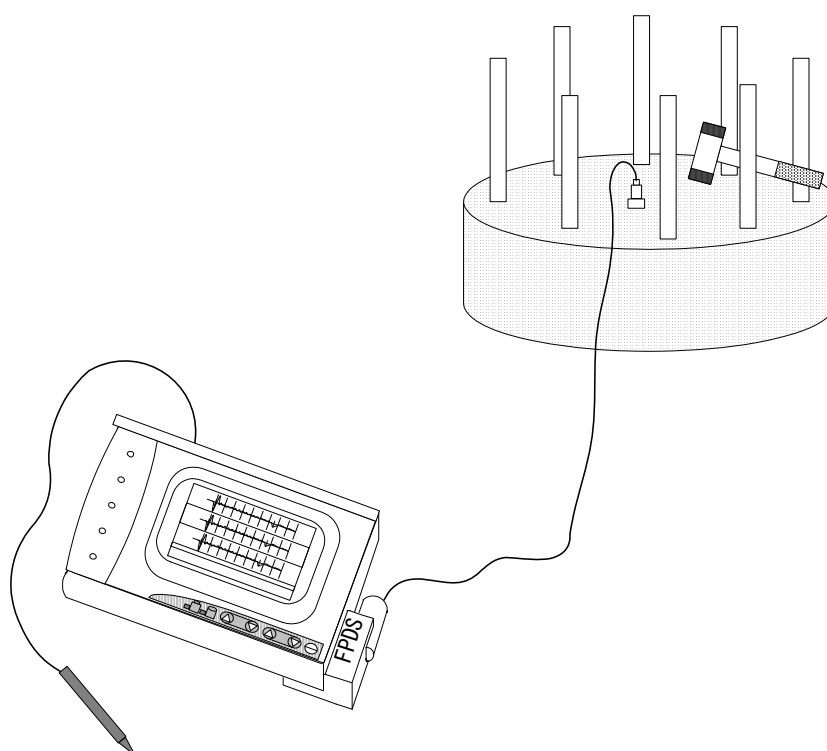


杭のインテグリティテスト 健全性調査試験



2016 年 10 月



株式会社 地盤総合研究所

目 次

1. 杭の健全性調査インテグリティ・テスト (Integrity Testing)	1
1.1. インテグリティ健全性調査試験の概要	1
1.1.1. インテグリティ健全性調査試験の発展経緯	1
1.1.2. インテグリティ健全性調査試験の目的	1
1.2. PIT の概要	2
1.2.1. (1) PIT の目的	2
1.2.2. PIT の特長	2
1.2.3. PIT の限界	2
2. PIT の理論	4
3. PIT の試験法	9
3.1. 計測システム	9
3.1.1. PIT-X 装置	9
3.2. 試験条件	11
3.3. 試験手順	12
3.4. 採取波形の処理	17
4. PIT の計測結果と評価	19
4.1. 採取波形の評価	19
4.2. 波形の特徴	19
4.3. サンプル波形	20
4.3.1. サンプル 1	21
4.3.2. サンプル 2	22
4.3.3. サンプル 3	23
4.3.4. サンプル 4	24
4.3.5. サンプル 5	25
4.3.6. サンプル 6 (破損杭)	26
5. 秋田 P I T 試験	27
5.1. 試験概要	27
5.1.1. 試験目的	27

5.1.2.	試験場所	27
5.1.3.	試験業者	27
5.1.4.	試験期間	27
5.1.5.	試験杭の位置及び数量	27
5.2.	試験結果	27
5.2.1.		27
サンプル 7	(フーチング有無の波形比較)	28

1. 杭の健全性調査インティグリティ・テスト (Integrity Testing)

1.1. インティグリティ健全性調査試験の概要

1.1.1. インティグリティ健全性調査試験の発展経緯

杭の品質管理は、施工後の杭が地中にあることから、日本では品質管理の対象として長い間見過ごしてきた傾向がある。一方、欧米では、1960年代から波動理論を用いた杭の施工管理や支持力推定への適用の実用化が図られ、動的な杭試験が定着しはじめた。1970年代後半にはヨーロッパを中心に場所打ち杭の需要の増加に伴い、施工後の杭の品質に関するトラブルも増えた。このような状況から、杭の品質管理の必要性が高まり、動的な杭試験でつちかってきた技術を展開させたインティグリティ健全性調査試験が、オランダ応用科学研究所（TNO）やフランスの建設研究所（CETBC）、米国の Pile Dynamics Inc.(PDI)などで開発・実用化され、現在では世界各国で利用される様になってきた。

1.1.2. インティグリティ健全性調査試験の目的

インティグリティ健全性調査試験は、低ひずみシグナル（Low Strain）を用いて杭の健全性を検証する方法で、施工後の杭の早期品質管理や、構造物建替時に既存杭を再利用する場合の杭長確認、あるいは地震等で被災した杭の健全性を迅速に経済的に検証することができる。

低ひずみを用いた杭のインティグリティ健全性調査試験には、ソニック・インティグリティ・テスト（PIT : Sonic Integrity Testing）、エコー・テスト、バイブレーション・テスト、リフレクトメトリー・テスト等があり、いずれもハンドハンマや加震器等により外力を加え、杭体に発生する低レベルのひずみ変化を、応答シグナルから計測、解析、検討するものである。



写真1-1 試験状況

1.2. PIT の概要

1.2.1. (1) PIT の目的

PITは、1965年ごろ欧米で開発され、1975年以降、世界各国で数百万本もの杭に対して試験を行い、多くの杭に対して欠陥を発見してきた。PITは施工された基礎杭の健全性を検証するための迅速で経済的な試験法であり、地盤や杭断面の変化、杭体への土の進入、断面の欠損（クラック）あるいは増加等の欠陥の検知が可能である。

PITの計測は、杭頭にトランスデューサ（加速度計）を設置し、軽量のハンドハンマ等で杭頭を打撃して行う。その打撃により生じた入力波は杭体を一往復する間に、クラック等による不連続面や杭先端により反射波となる。打撃により生じた応力波を加速度計で計測し、計測波形に含まれる情報から杭の健全性を判定する試験法である。

1.2.2. PIT の特長

PITには、次のような特長がある。

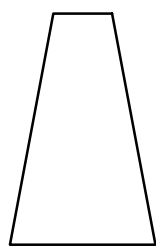
- 場所打ちコンクリート杭や既製コンクリート杭・鋼管杭などに用いることができる。
- 杭施工後の早い時点で、杭に生じた障害を検知できる。
- コアボーリング、掘削調査、載荷試験のどれよりも迅速で廉価である。
- 施工された杭長を確認できる。
- 杭へのアクセスが可能であれば、試験は1名でできる程簡便である。
- 1日10本以上の試験が可能なほど、迅速で経済的であるため全数試験可能である。
- 他の現場作業に及ぼす影響（工程等）は、極めて僅かである。

1.2.3. PIT の限界

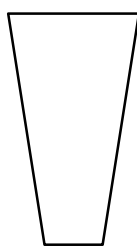
PIT は一次元波動理論を用いた迅速で経済的な試験であるが、次のような限界がある。

- 小さな杭断面の欠陥、緩やかな断面の増加あるいは減少は検知できない。
- 施工された杭の相対的な品質確認を低価格・迅速に行うものであり、杭の支持力を求めることはできない。
- 周面摩擦が応力波を減衰させるため、杭先端まで応力波が透過せず、杭長が判定できない場合がある。非常に緩い粘土では杭長 50m が確認されている。
- ルーズなジョイントを持つ継杭、杭がフーチングや大きなパイルキャップ(断面変化が極端に大きな不連続面を持つ場合)には不适当である。
- 鋼管杭・鋼杭は断面積の割に周面積が広いため、波の減衰が大きく、形状によるノイズが発生しやすいので波形の検討が難しい場合がある。

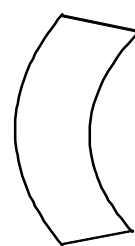
- 異なる特性（材質の変化等）を持った合成杭は、継ぎ手部において杭の断面（インピーダンス）が変化するため、この付近で反射が生る。この継ぎ手部の反射が顕著となり、以深の健全性判定が困難となる。
- プレボーリング工法を採用した杭は、セメントミルクの付着が一定ではない（断面が変化している）ために、小さなクラックは判別できない場合がある。



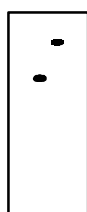
杭径の暫増



杭径の暫小



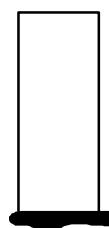
杭体の曲がり



微小な混入物



被りの一部欠損



掘削スライム

図 1-1 PIT の限界

2. PIT の理論

杭頭をハンマで打撃して発生した入力波は、瞬時に杭径全体に拡がり平面波として杭先端に向かって伝播する。杭の断面変化や地盤の影響によって反射波が生じる。クラック等の不連続面が杭断面のかなりを占めると、不連続面を透過せず入力波は先端に到達しない。一方、不連続面が小さいと、先端の反射波が見られる場合もあるが、最初の不連続面の影響を受けた波形が含まれるようになる。また、不連続面が多数あると、反射が複雑に重なりあい、先端や不連続面の判断が困難になる。杭体材料の変化や杭体内に異物が存在する場合にも、これらからの反射も発生する。

反射波は、不連続面いわゆるインピーダンスの変化によって生じるもので、大きなインピーダンスの変化は大きな反射波を発生させる。インピーダンスは、基本的に杭断面積、杭材の関数としての波動伝播速度、および、その深度における杭の拘束状態の関数である。

インピーダンスの関数及び波動の伝播速度は、次式で表される。

$$Z = \frac{EA}{C} = A\sqrt{E\rho}$$

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

ここで、Z：インピーダンス、A：杭断面積、E：杭のヤング係数

ρ ：杭材の密度、c：波動伝播速度

波動の伝播速度は、一般には材料に応じて以下の値となる。

場所打ちコンクリート杭	3800～4000 m/sec
既製コンクリート杭	3500～4000 m/sec
PHC杭	4000～4500 m/sec
鋼管、H－鋼杭 等	5120 m/sec

不連続面での波の反射状況を右図の場合で示す。断面1及び断面2のインピーダンスは、 Z_1 及び Z_2 であり、不連続面への入力波は $V_1 \downarrow$ と $V_2 \uparrow$ 、反射波は $V_1 \uparrow$ と $V_2 \downarrow$ である。反射波 $V_1 \uparrow$ と $V_2 \downarrow$ は、一次元波動理論の解を用いて、次式で示される。

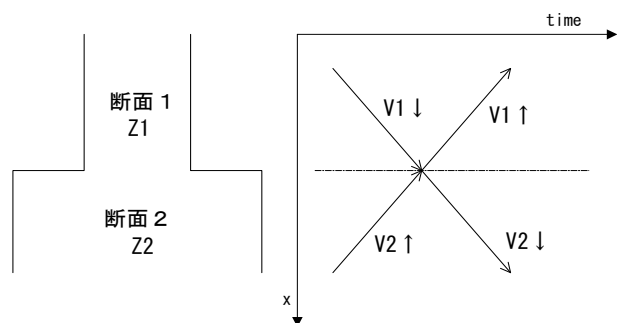


図2-1 断面変化での入力波と反射波

$$V1\uparrow = \frac{Z1 - Z2}{Z1 + Z2} V1\downarrow + \frac{2Z2}{Z1 + Z2} V2\uparrow$$

$$V2\downarrow = \frac{2Z1}{Z1 + Z2} V1\downarrow + \frac{Z1 - Z2}{Z1 + Z2} V2\uparrow$$

以下に簡単な上式の誘導の考え方を示す。

一次元波動理論の D'Alembert の解 u より、 $F\downarrow$ と $F\uparrow$ が得られる。

$$\mu = \mu\downarrow (x - c \cdot t) + \mu\uparrow (x + c \cdot t)$$

$$F\downarrow = ZV\downarrow$$

$$F\uparrow = -ZV\uparrow$$

不連続面での境界条件は、以下のようになる。

$$V1\uparrow + V1\downarrow = V2\uparrow + V2\downarrow$$

$$F1\uparrow + F1\downarrow = F2\uparrow + F2\downarrow$$

以上の式を用いて、 $V1\uparrow$ と $V2\downarrow$ の式が得られる。

次に、代表的な杭の状態における反射波の状況を示す。

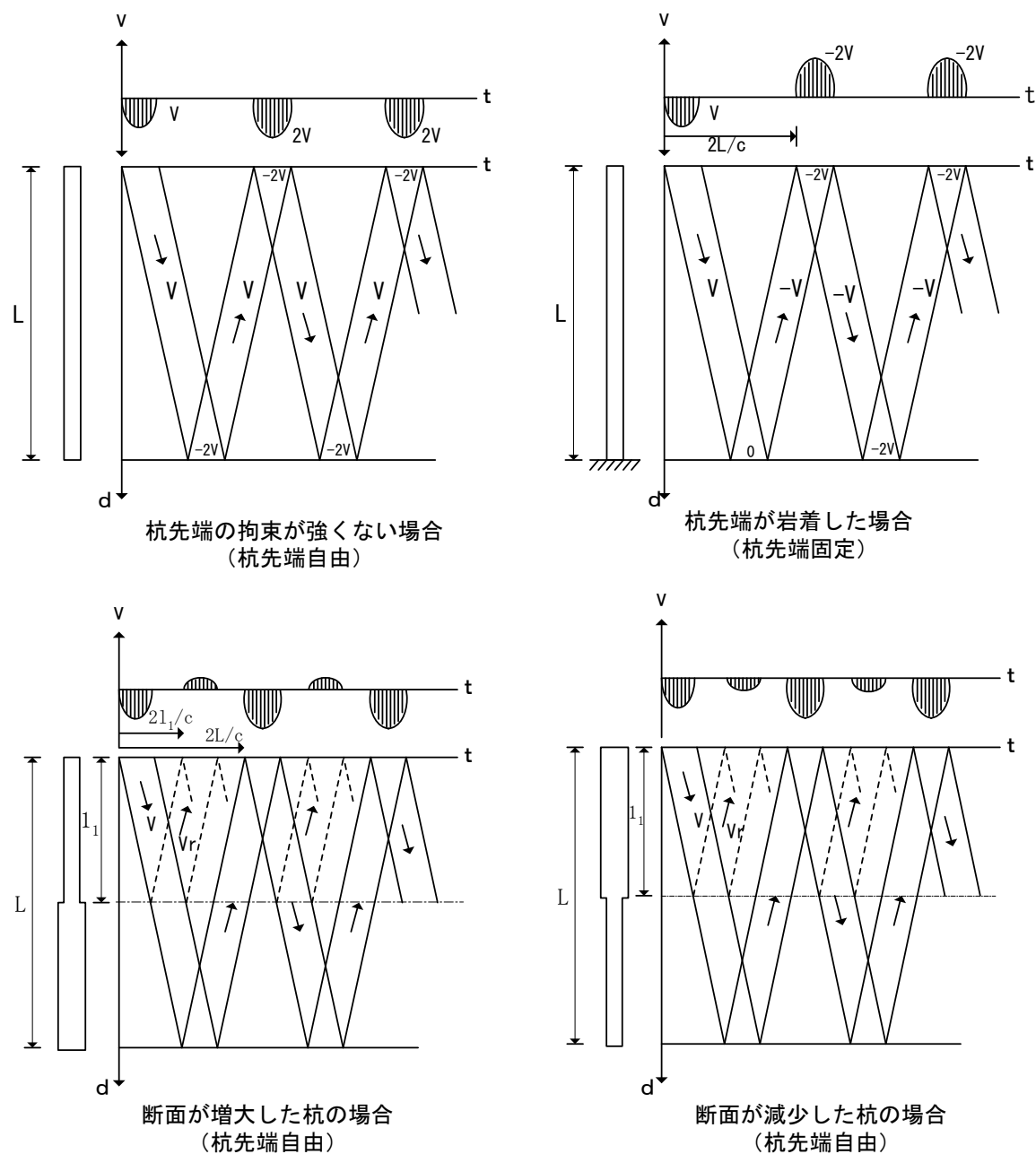


図 2-2 一般的な 4 ケースにおける反射波の状況

健全な杭は，“杭先端の拘束が強くない場合（杭先端自由）”の波形が一般的である。

途中で、クラック等の不連続面が存在すると、2段目の波形が計測され、その波形により断面が増大したか減少したかがわかる。

断面が増大した波形（正の反射波（Positive Reflection））と同じものが計測される場合は以下のケースが考えられる。

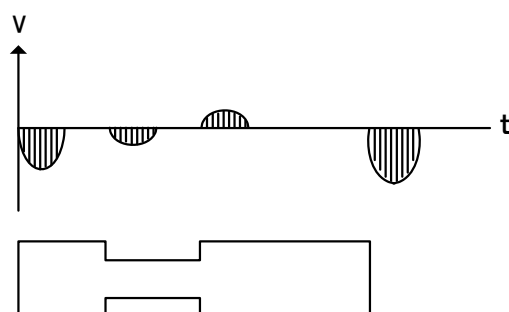
- ・ 地盤抵抗が高い場合
- ・ 弾性係数が高い場合
- ・ 杭材密度が高い場合

断面が減少した波形（負の反射波（Negative Reflection））と同じものが計測される場合は以下のケースが考えられる。

- ・ クラックがある場合
- ・ ジョイントがある場合
- ・ 地盤抵抗が低い場合
- ・ 杭材密度が低い場合
- ・ 弾性係数が低い場合

杭の施工不良で考えられる、杭の一部分が増大または減少したケースの波形を以下に示す。実施に採取される波形は、不連続面での反射波が複雑に重なり合っている場合が多い。

○一部分が減少したケース



○一部分が増大したケース

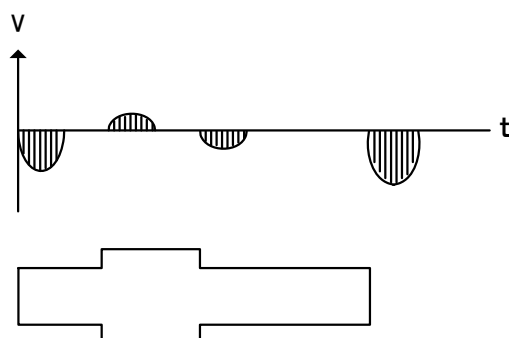


図 2-3 杭断面が一部分減少・増大した杭の波形

図2-4にフーチングを有する杭の波形例を示す。

この場合は、早期にフーチング下面からの繰り返しの反射波が返ってくるために、杭先端反射波が不明瞭になりやすい特徴を持っている。フーチングの影響が少ない場合は先端反射波を確認できる。しかし、杭径が小さく、フーチングの厚さや平面が大きい場合は、フーチングの影響が大きくなる。この場合はフーチング下面からの反射波が大きくなり、先端反射波が小さくなるので、先端反射波を確認することが不可能となる場合が多い。

また、フーチングを有する杭の場合は、フーチング上部に付随する構造物（ピア、柱、地中梁、壁）からの反射波もあり、さらに複雑な応力波となる。

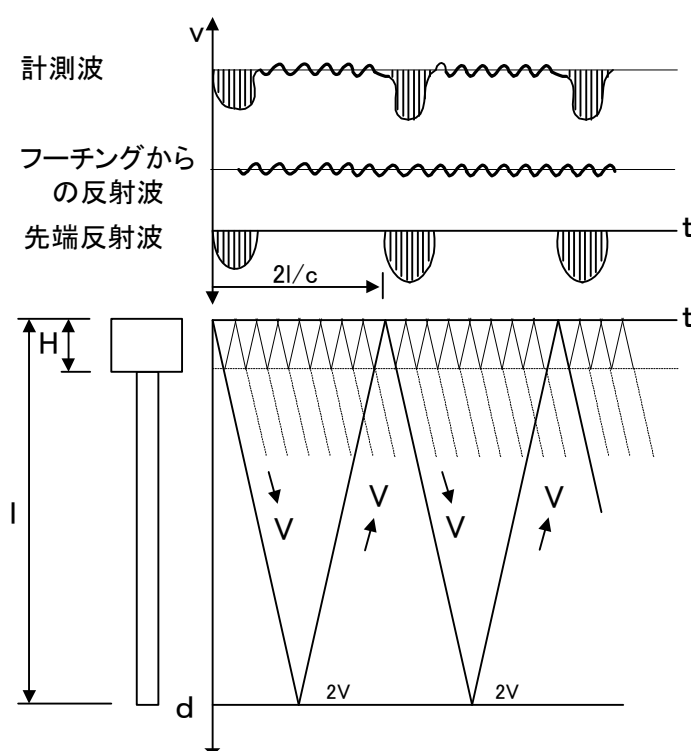


図2-3 フーチングを有する杭のモデル波形

3. PIT の試験法

3.1. 計測システム

PIT は、インテグリティテスト杭健全性調査試験装置である。PIT は、A/D 変換と増幅機能を有するデータロガー、受信子で構成されており、バッテリーで稼動するため現場での計測時に電源を必要とせず、持ち運びが容易に行える構造になっている。計測されたデータは、本体内のハードディスクに保存されるため、計測本数に上限は無く、ハードディスクの容量のある限り計測は行うことが可能である。計測プログラムは、計測波形の再現性を容易に確認できるよう 1 画面に 3 個の波形を表示するようになっており、計測時に増幅、フィルターおよび伝播速度などの設定を変更できるため現場で波形の判定、杭長の確認も可能である。計測したデータは、ローパスフィルターなど機械的な処理を行っていない生のデータとして保存するため、後日容易に設定を変更でき解析できる。

試験手順の概略は以下のようにになっている。

3.1.1. PIT-X 装置

PIT-X 装置は A/D 変換・増幅機能を有するシステムである。全ての操作は、本体付属のペンで行うことが可能であり、増幅の変更やフィルターなどを簡単に変更することが可能である。

プログラムは、MS-DOS/V 上で動作しているため誰でも簡単に操作可能であり、結果出力は日本製のレーザープリンターに対応している。

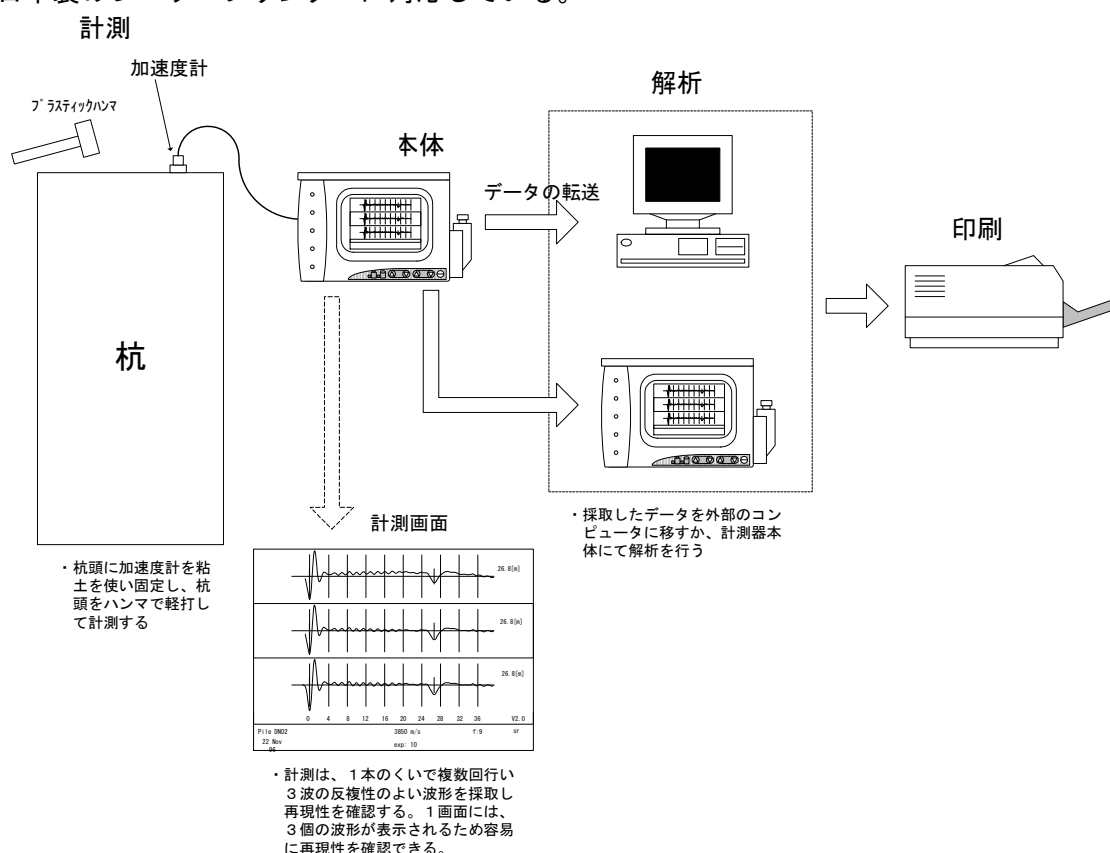


図 3-1 PIT の概略

表 3-1 PIT システム構成

名 称	仕 様	メーカー
P I T	サイズ : 135 X 104 X 52 mm 重量 : 0.45 Kg (バッテリー含む) マイクロプロセッサ: PXA270 @ 520 MHz データ保存: 内蔵 2 GB ドライブ データアウトプット: USB ポート A/D 変換器: 24 ビット アナログ信号応答周波数: 31 KHz (-3dB) デジタルサンプリング周波数: > 1 MHz (net frequency after DSP > 32 KHz) サンプリング周波数精度: 0.09%以内 ワイヤレス到達距離: 3m以内 サンプリング速度: 通常64KHz (最高 128 KHz 短い杭や基礎梁など)	PDI
加速度計	水晶圧電型加速度計 PE Type	PDI
プラスチックハンマ 又は インスツルメントッドハンマ	重量:約 1364g 1 本, 3,636g 1 本	PDI



写真 3-1 PIT システム

3.2. 試験条件

PIT 試験を実施するための、試験条件を以下に示す。

- 杭頭部又は杭体が露出しており、杭へのアクセスができること。
- 杭頭付近で計測できるスペースがあること。
- 場所打ち杭は杭頭処理作業が終了していること。
(スラグがある場合には、正確な杭長を解析できない。)
- 場所打ち杭は打設後、1 週間以上経過していること。
(伝播速度が、コンクリート強度に依存するため。)
- 杭頭が濡れていないこと。
(加速度計の設置に悪影響を及ぼすため。)
- 場所打ち杭は杭頭部のコンクリートの剥離がないこと。
(P H C 杭場合は端板の剥離が無いこと。)

PIT 試験に必要な資料を以下に示す。

- 土質柱状図及び土質試験結果
- 杭伏せ図
- 杭詳細図
- 場所打ち杭は杭の施工日また材令及びコンクリートの基準強度
- 杭に関するその他の試験結果（検尺結果等）

これらの情報を参考し採取波形の解析の際、杭長の判定や伝播速度の設定、杭中間部での地盤による影響による反射の判断を行う。

3.3. 試験手順

計測は基本的には計測装置，ハンマ，センサ（加速度計）が必要であり，その他必要となるものは特になし。

計測は，杭頭にセンサ（加速度計）を十分杭頭と密着するように取り付け，ハンドハンマなどで杭頭を軽く打撃して実施する。この時，場所打ち杭はセンサを杭中央，既製杭は端板上に置き，打撃は約10cm程度離れた位置で行う。杭頭の状態が悪い場合は，両者とも，杭頭の設置条件が良い所を選ぶ必要がある。標準的な杭の打撃位置及びセンサの取付位置を図3-2に示す。

図中の○はセンサの置く位置、△はハンマ打撃位置を示す。

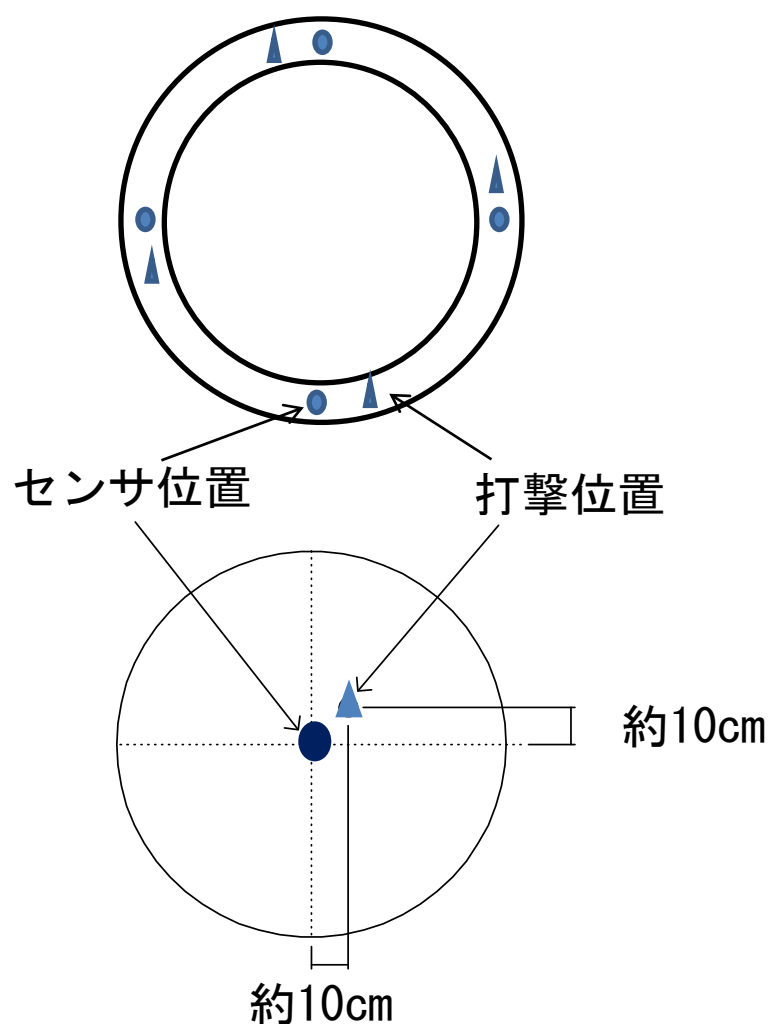


図 3-2 標準的な杭の打撃位置及びセンサの取付け位置

計測結果はその場で確認することができる。通常、同じような波形が確認されるまで計測し、3波以上の波形を採取することが望ましい。同じような波形を計測できない場合は、計測装置または杭の状態のトラブルがあると考えられる。また、計測装置の画面上でIT計測長を確認できるので、入力条件等を確認する。

IT計測長は入力波形のピークから杭先端での反射波のピークまでの時間を計測し、これを伝播速度から距離に換算し求める。（図3-3）

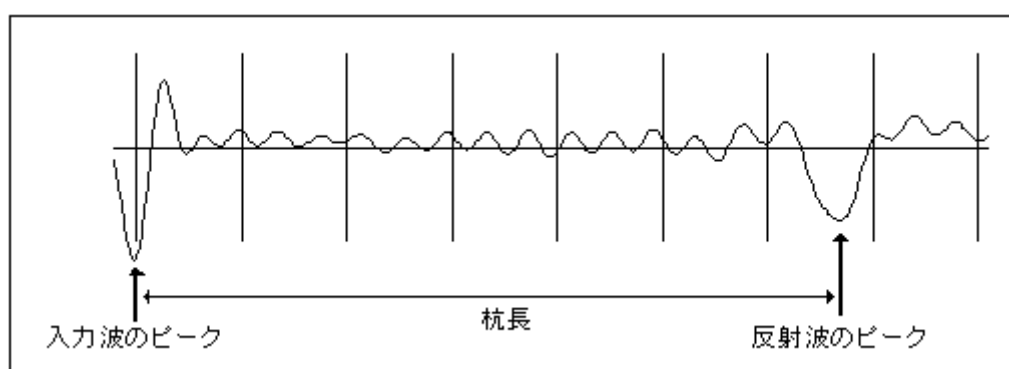


図3-3 PIT計測長

図 3-4 に試験のフローチャートを示し、これに従って手順を説明する。

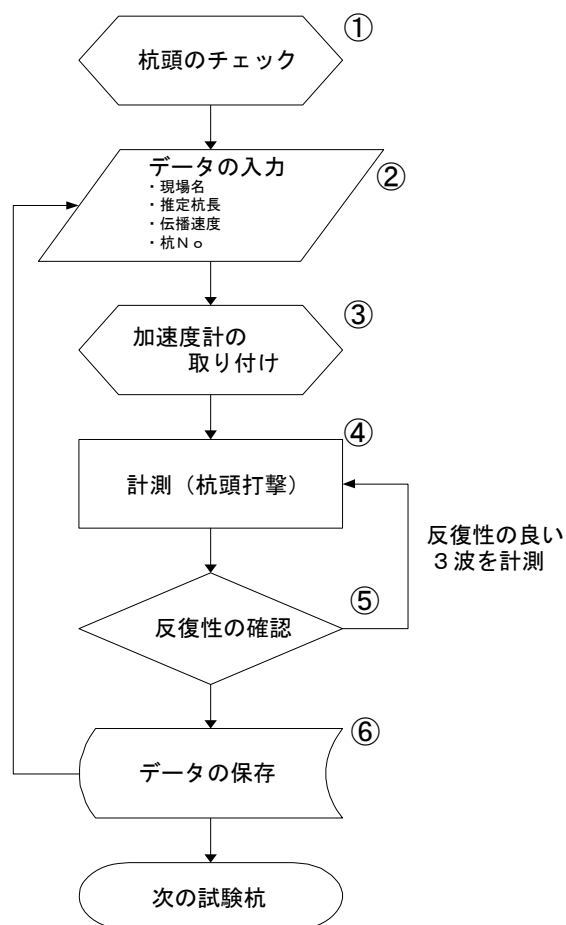


図 3-4 試験フローチャート

① 杭頭のチェック

試験は通常杭頭にて行うため、事前に杭頭の状態を確認する必要がある。杭頭が濡れていると加速度計と杭との接着が悪くなり、採取波形にノイズが多く発生する。また、杭頭処理等の影響により、杭頭表面のコンクリートに浮きがある部分での加速度の取り付けや打撃は、計測に適さない。異常な波形を採取する場合が多い。

② データの入力

試験直前、計測システムに現場名、推定杭長、伝播速度（波速度）、ハンマタイプ、杭 No 等を入力する。

③ 加速度計の取り付け

試験は、杭頭に加速度計を粘土（ペトロプラスト）で取り付け、ハンマにて軽く打撃して行われる。加速度計の取り付けの際、粘土を使用することにより杭と加速度計の密着性を高め波の伝わりを良くすることができる。特に場所打ち杭の杭頭は、凸凹なため粘土によりその凹凸を埋める必要がある。

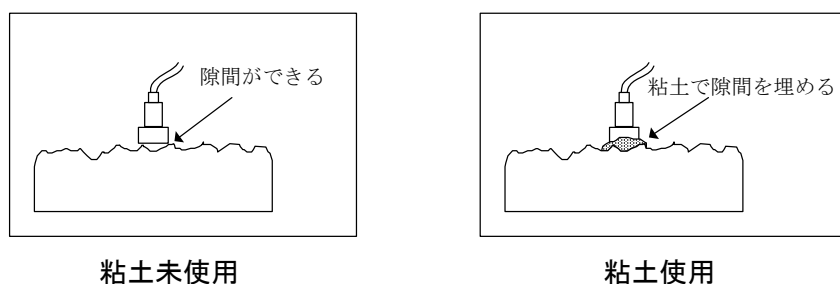


図 3-5 加速度計の取り付け

また、既存構造物の基礎杭試験において、フーチングや地中梁が一体化した状態で試験を行う場合、以下のような方法で計測することも可能であるが、いずれも杭頭で行った試験より精度が落ちるとともに、検討が困難な場合もある。

ケース 1：センサの取り付け・ハンマの打撃共にフーチング上で行う。（図 3-6 左）

- ・この方法は、試験前に準備を行う必要がなく簡易に行えるが、フーチングの影響を強く受けるため、健全性の検討が不可能な場合が多い。
- ・通常の試験装置で行える。

ケース 2：フーチングの下に入れる場合、杭の横にブロックを取り付け、それを打撃する事により、杭の横に取り付けた加速度計で計測を行う。（図 3-6 中央）

- ・フーチングの影響を比較的受けにくい、ブロック部分の反射が現れる。フーチングの下で作業ができるよう掘削等の準備が必要。
- ・通常の試験装置で行える。

ケース 3：フーチングの上またはフーチングの下で打撃を行い、加速度計を 2 個使用する事により縦方向の波だけを採取する。（図 3-6 右）

- ・フーチングの影響を受けることなく計測できるが、フーチングの下へ加速度計を取り付けるスペースを確保する必要がある。
- ・縦方向の波を取り出すため、データの 1 次処理が必要となる。

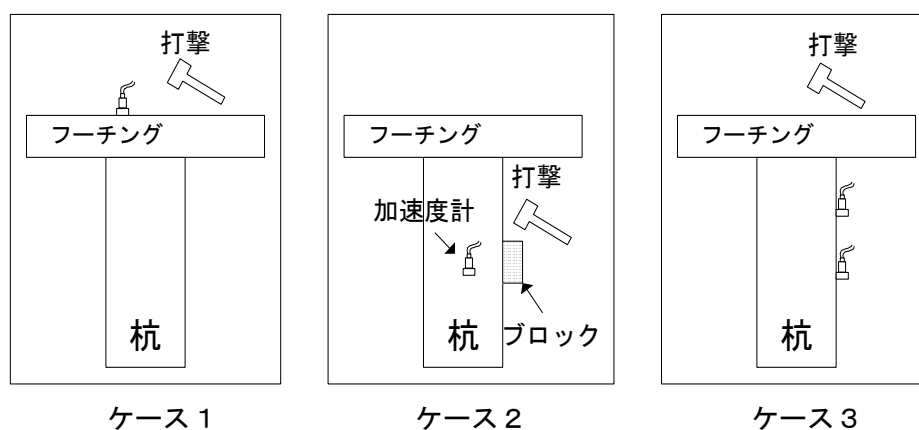


図 3-6 フーチングのある場合の計測方法

④⑤ 計測 & 反復性の確認

1 試験は 3 個の波形を採取し、同一画面上に表示し反復性を確認することで品質管理を行う。現場では、最初の試験杭で地盤や杭長に従った伝播速度の設定を行い、その波形からその妥当性を判断し以降の試験を行う。また、採取された波形から杭体に著しい損傷や異常の有無の暫定的な杭長を現場にて確認できる。

杭頭の状態が悪い場合などは波形が著しく乱れ、反射波を確認しづらくなるので、3 波形の反復性を必ず確認すること。

⑥ データ保存

データを保存する。保存は、FPDS 内蔵のハードディスクにされる。データは波形データ及び増幅値、フィルター値、伝播速度、推定杭長などの設定値が独立に保存されるので、解析時に容易に変更できるデータ形式となっている。

3.4. 採取波形の処理

採取された波形は、深度とともに減衰し更に鉄筋や周辺地盤の影響などによるノイズが発生する。このままでは先端反射や異常等による反射を確認することは困難なため、図 3-7 に示すように時間軸に対し、増幅やノイズの処理を行い、先端反射や異常な反射を明瞭にする必要がある。

ここで用いられる増幅方法は、線形増幅と指数増幅の2種類がある。線形増幅は、杭頭付近のシグナル検討に適しているが、増幅が一定であるため先端部分の検討が難しい場合が多い。短い杭に対しても有効である。指数増幅の場合は、減衰する波形を深度とともに増幅することにより、先端付近の検討を可能にする。この増幅方法の概念図を図 3-8 に示す。

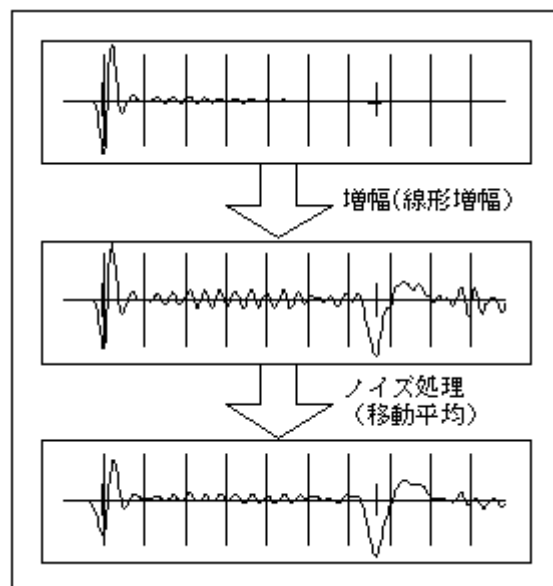


図 3-7 波形の処理方法

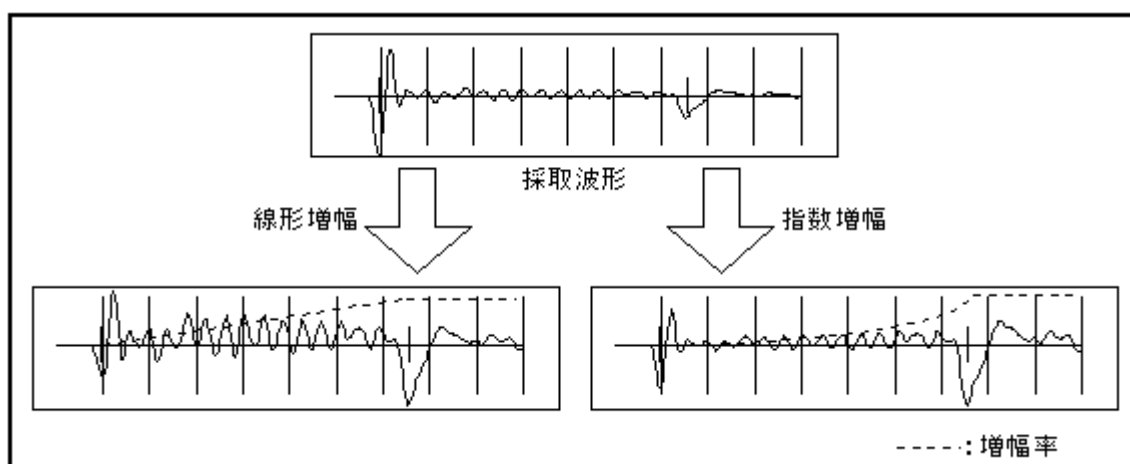


図 3-8 増幅方法の概念図

杭頭打撃の際に、ハンドハンマの代わりにインスツルメンテッドハンマを使用すると、図 3-9 の(a)に示した通常のハンマで計測した波形から杭を打撃したときに生じる入力波の反射の影響を、ハンマ内に内蔵された加速度計を利用して（図 3-9(b)）、その影響を考慮した波形（図 3-9(c)）を得ることが可能である。

このインスツルメンテッドハンマを使用することにより、採取波形に現れる杭頭での入力波の影響を小さくすることができ、杭頭付近での杭の異常が判断しやすくなる。

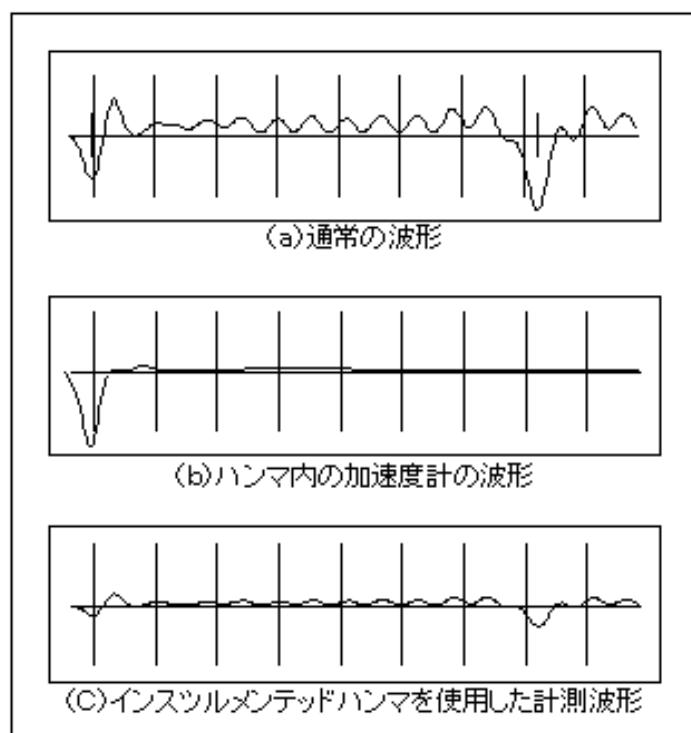


図 3-9 インスツルメンテッドハンマによる波形処理

インスツルメンテッドハンマ

ハンマに内蔵した加速度計で加速度を計測し、ハンマの質量を掛けることにより力を求める。

$$F = m \alpha$$

この力に杭頭のインピーダンス Z を用いて、速度波形にする。

$$V = F / Z$$

この速度波形が図 3-9 (b) に相当する。

4. PIT の計測結果と評価

4.1. 採取波形の評価

採取波形の評価は、前述したような増幅・ノイズ処理後、一貫した特徴をもつ波形から著しい不規則性を見つけることが第一ステップである。これは採取波形に、杭先端からの反射や杭体の異常の他に、地盤の影響による反射がよく現れるためであり、採取波形上の反射波を杭体の異常によるものか、地盤の影響によるものかの判定のため、個々の測定波形を比較することによる判断が有効である。そのため不規則性が確認されたら、更に様々な不規則要因の見直しを行うことが必要となる。

波形の評価は次のような幾つかのポイントが重要となる。

- 設計杭長付近に杭先端からと判断できる反射の確認
- 地盤の影響が反射波形状に見られるかの確認
- 先端反射の深度が、施工あるいは解析上の理由から許容できる範囲か
- 杭の不連続性を示す反射傾向の確認
- 既製杭の場合、ジョイントの存在に起因する反射の確認（P H C 杭）
- 杭体断面の増加や減少に起因する反射の確認
- 材質の変化に起因する反射の確認

4.2. 波形の特徴

杭頭で入力した波は、平面波となり杭の全長を往復する。この波は通常杭材であるコンクリートや杭材とその周面地盤との境界に沿って伝わり、杭体のインピーダンスの変化により反射シグナルが発生する。そのため、計測波形から杭が土中に鉛直に施工されているか、あるいは傾斜しているかなどの情報を得ることは出来ない。また、コンクリートの品質の変化程度ではインピーダンスの変化が小さいため反射波から得られる情報のみによって推定することは不可能である。また、著しいインピーダンスの変化が見られた場合、それ以降に波は伝わらず、そこまでのシグナルの繰り返し波形となる。以下に代表的な波形のサンプルを示す。

4.3. サンプル波形

図 4-1 は、基本的な採取波形の見方を記述したものである。通常採取された波形は、図のような形で 1 ページに 3 波形が出力される。これにより反復性を確認し、杭長や欠損部分の深度を判断する。

サンプル波形として、場所打ち杭・PHC 杭・鋼杭（I 型鋼・鋼矢板・鋼管杭）・損傷のある杭にて実際に採取した波形を以下に添付する。また、フーチングのある場合とない場合の波形の比較として、場所打ち杭・鋼管杭についても添付する。

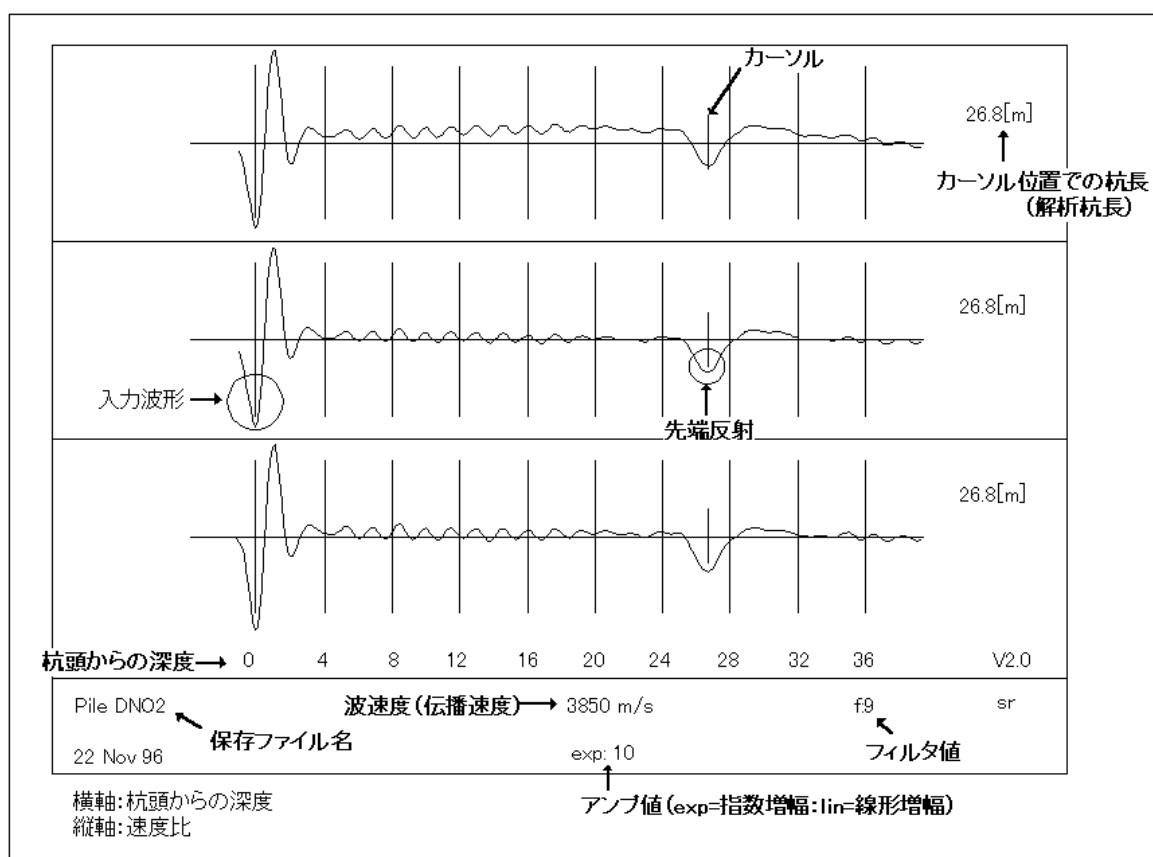


図 4-1 採取波形の見方

4.3.1. サンプル 1

杭仕様

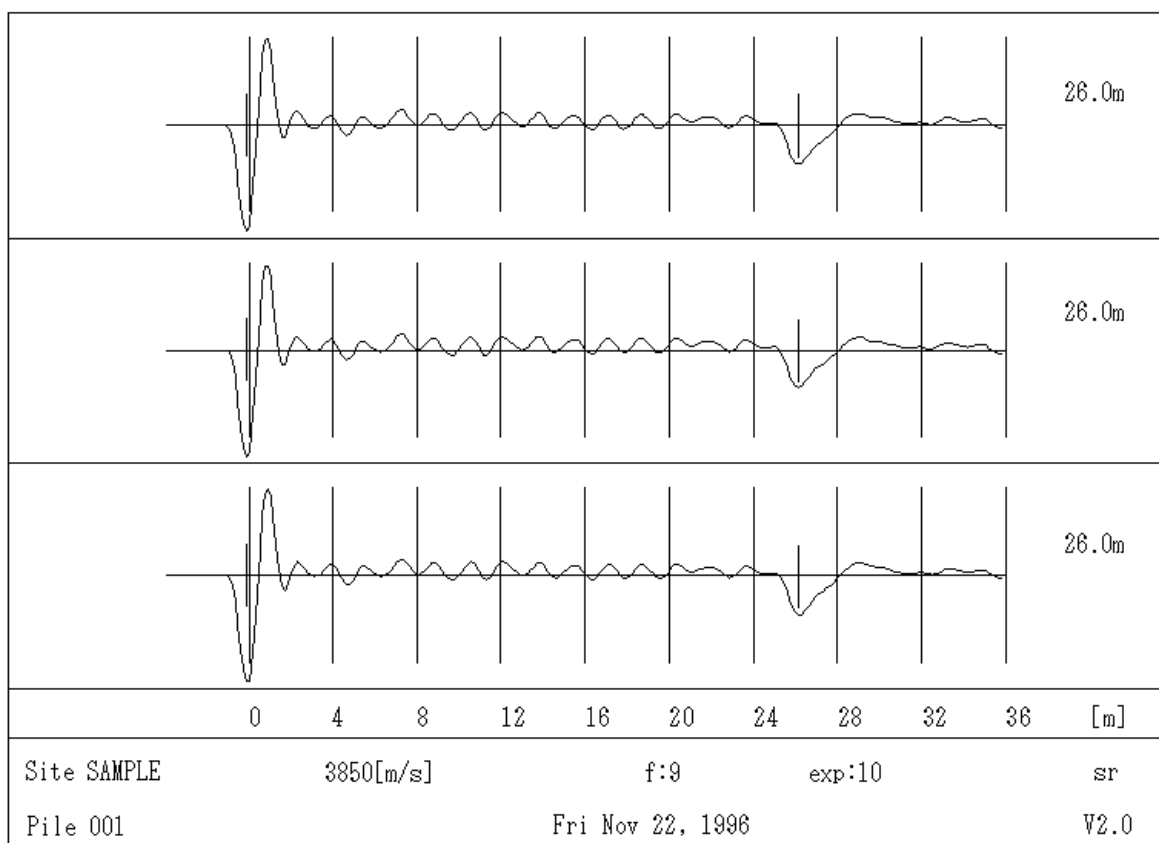
杭種・・・場所打ちコンクリート杭（ベント）

杭長・・・26.0m

杭径・・・1000 mm

詳 細

最初にハンマの打撃による大きな入力波が見られたのち、小さな波が 25.0m 付近まで続き 26.0m で杭先端からの大きな反射が確認できる。ここで見られる小さな波は、先端反射が明瞭に得られていることから杭の損傷等によるものではなく、杭周面からの反射や鉄筋によるものであると判断できる。この小さな波は、場所打ち杭特有のノイズである。



4.3.2. サンプル 2

杭仕様

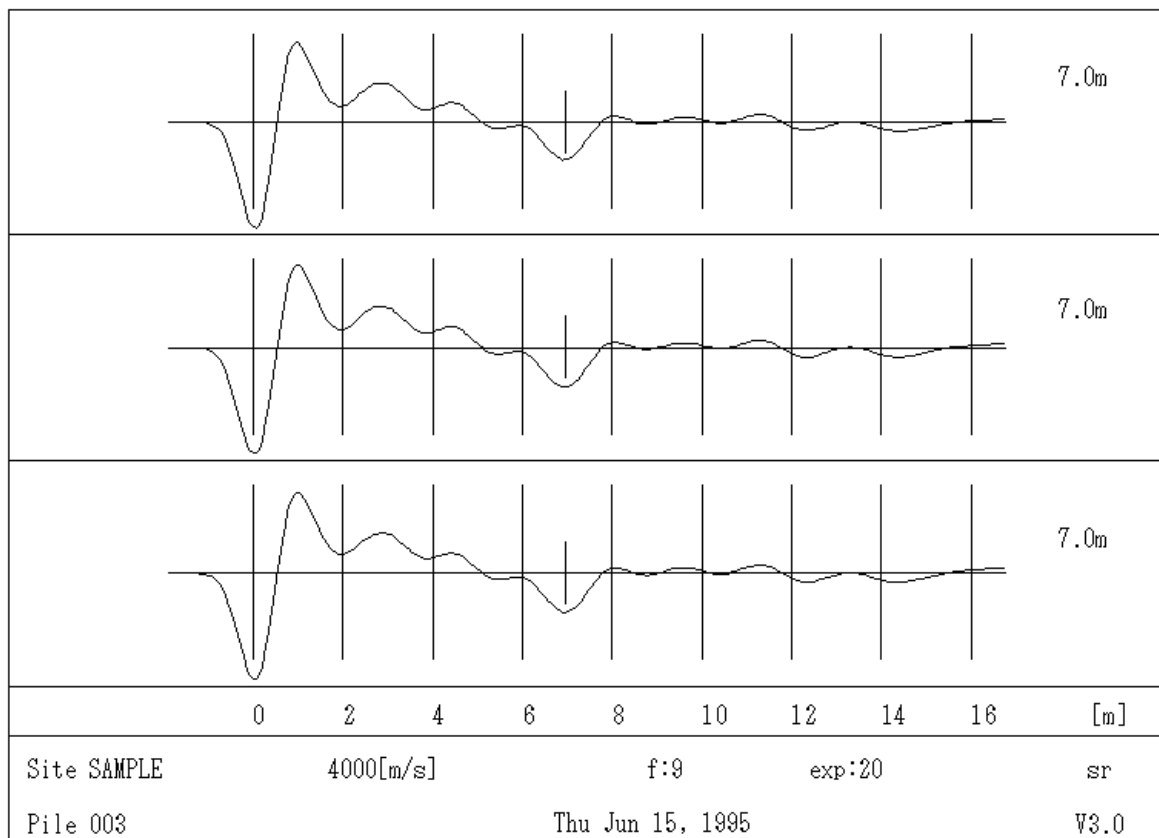
杭種・・・P H C 杭 A 種

杭長・・・7.0m

杭径・・・450 mm

詳 細

場所打ち杭に比べP H C 杭は、地盤による影響を強く受けるため約 2.0m～5.0m の間で、やや上方へシフトするような形になり緩やかな波となっている。しかし、これは損傷による反射とは考えにくく、先端反射も明瞭に確認できていることから健全な杭と判断できる。



4.3.3. サンプル 3

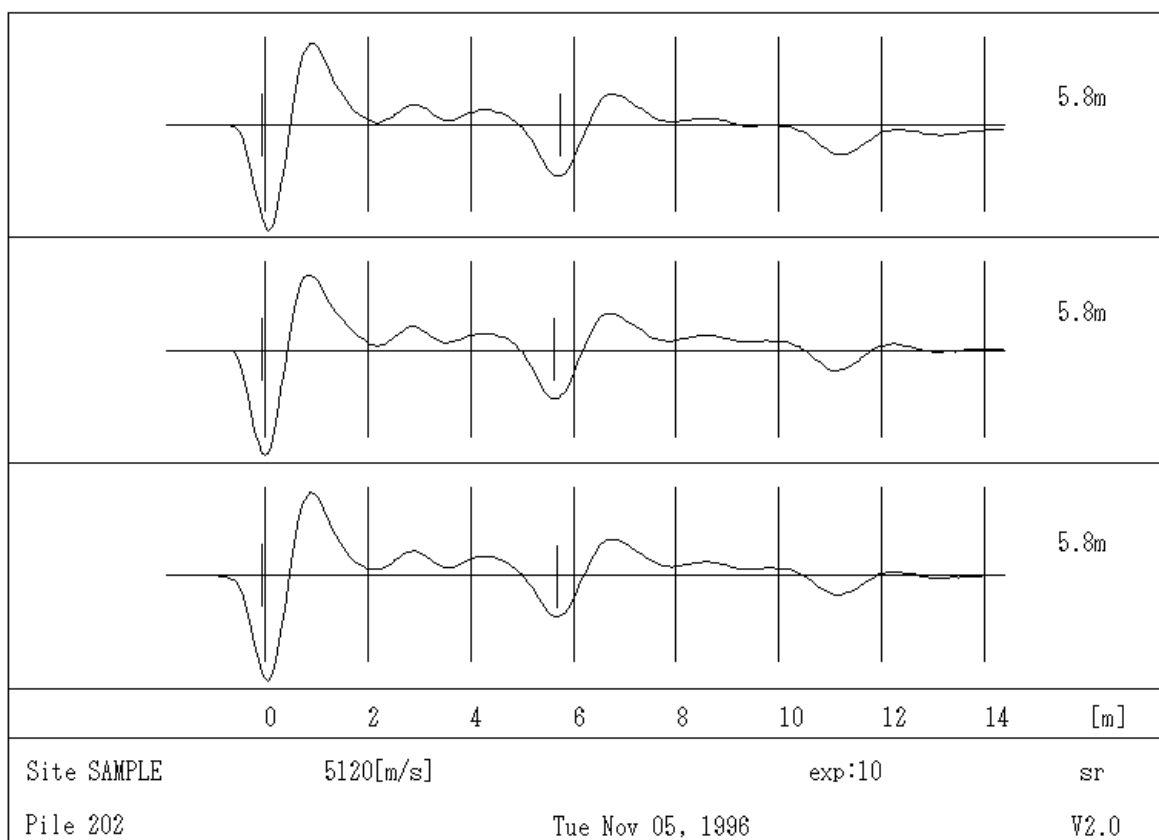
杭仕様

杭種・・・I 型鋼

杭長・・・6.0m

詳 細

この図は、既設の I 型鋼の杭長確認を目的に行った波形である。通常 I 型鋼や鋼管杭などは、杭の断面積の割に周面積が大きいため波の減衰が激しく難しいとされているが、この試験では、杭長も短いことから地盤による影響もほとんど受けることなく 5.8m で先端反射が得られた。また、5.8m の反射が 2 往復した約 11.0m でも大きな反射が得られている。このことから、11.0m を越える杭でも杭長を確認することが可能と考えられる。



4.3.4. サンプル 4

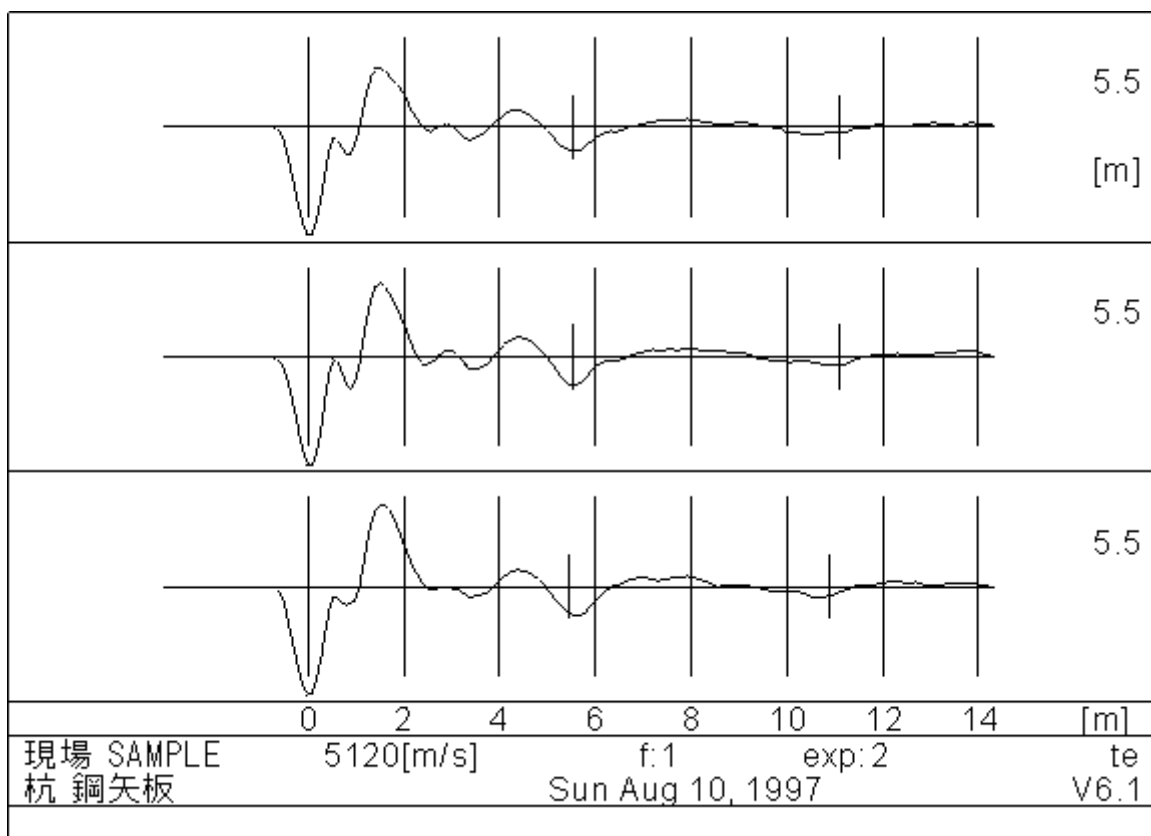
杭仕様

杭種・・・鋼矢板

杭長・・・6.0m

詳 細

この図は、既設の鋼矢板の杭長確認を目的に行った波形である。通常鋼矢板や鋼管杭などは、杭の断面積の割に周面積が大きいため波の減衰が激しく難しいとされているが、この試験では、杭長も短いことから地盤による影響もほとんど受けることなく 5.5m で先端反射が得られた。また、5.5m の反射が 2 往復した約 11.0m でも大きな反射が得られている。このことから、11.0m を越える杭でも杭長を確認することが可能と考えられる。



4.3.5. サンプル 5

杭仕様

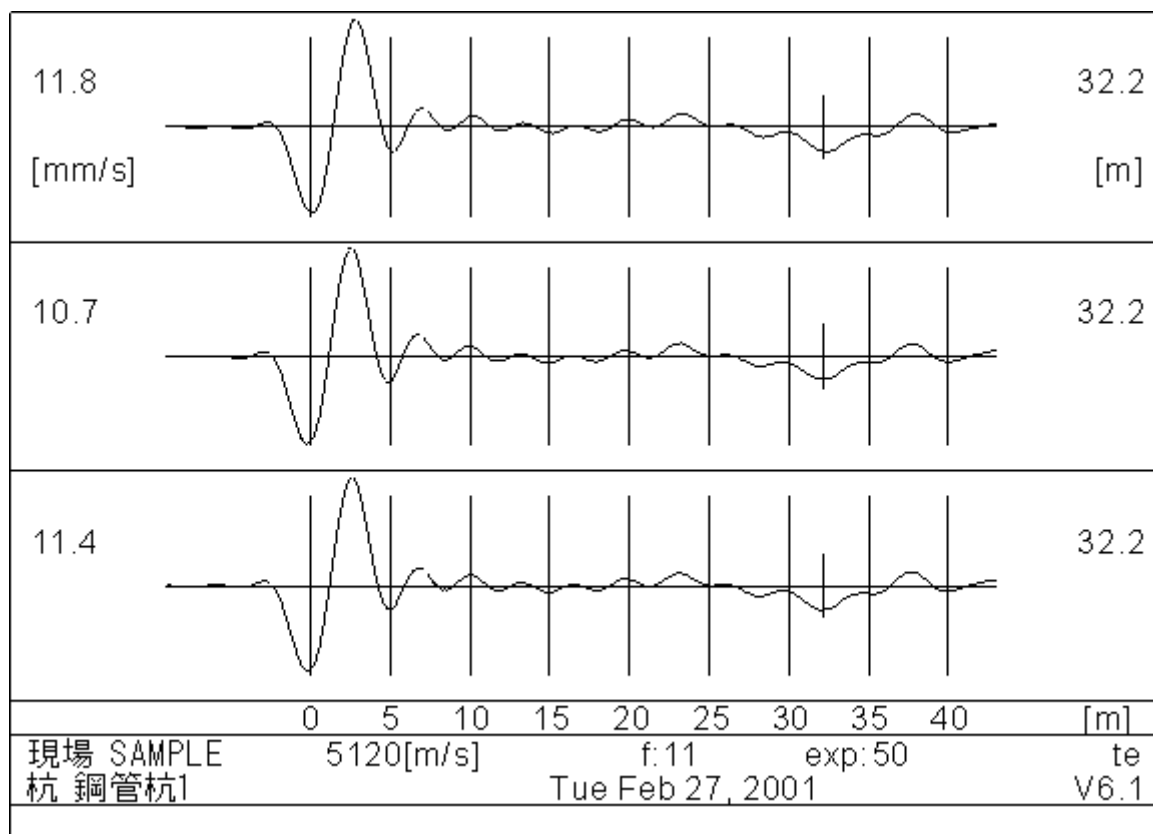
杭種…鋼管杭

杭長…32m

杭径…600mm

詳 細

この図は、既設の鋼管杭の杭長確認を目的に行った波形である。通常鋼矢板や鋼管杭などは、杭の断面積の割に周面積が大きいいため波の減衰が激しく難しいとされているが、この試験では、32.2m で先端反射が得られた。



4.3.6. サンプル 6（破損杭）

杭仕様

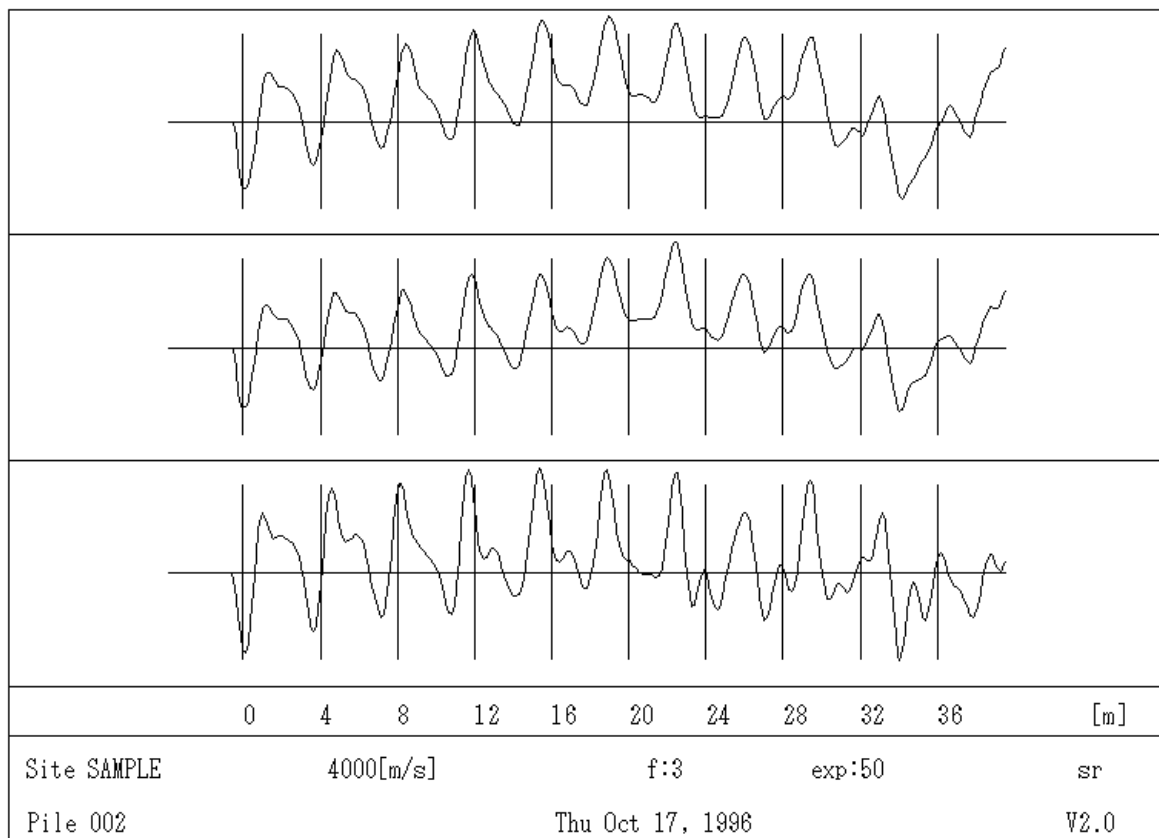
杭種・・・場所打ちコンクリート杭

杭長・・・ — m

杭径・・・800 mm

詳 細

これは、震災で被災した杭の波形である。2.0m で欠損があり 3.8m 付近で完全に折れているものと思われる。そのため、3.8m 以深に波は伝わって無くこの間で波が往復しているため、3.8m の周期（0～3.8m・3.8～7.6m・7.6～10.4m）でほぼ同じ形の波が確認できる。



5. 秋田 P I T 試験

5.1. 試験概要

5.1.1. 試験目的

道路橋の掛け替えにあたり、旧橋台の既存基礎杭の健全性を調査することが目的である。

5.1.2. 試験場所

試験場所は、秋田県能代地区

5.1.3. 試験業者

試験業者は、株式会社地盤総合研究所である。

5.1.4. 試験期間

試験日は、平成 23 年 11 月 21 日、1 日である。

5.1.5. 試験杭の位置及び数量

試験杭の位置は、図 5-1 に示すとおりであり、試験杭の合計数量は、 $\phi 300\text{mmRC}$ 杭、8 本である。

図 5-1

5.2. 試験結果

5.2.1.

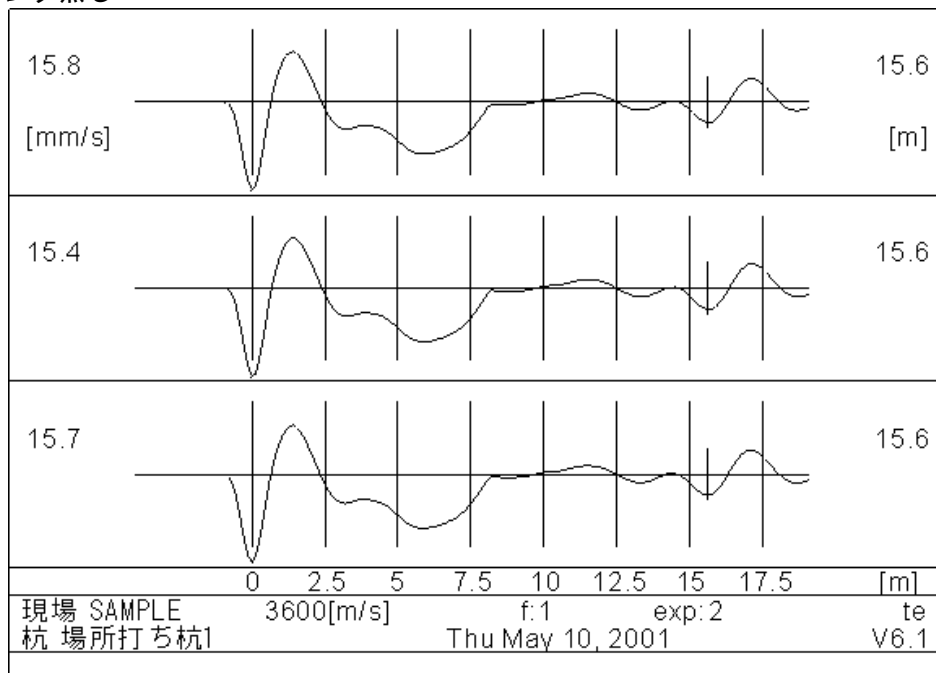
サンプル7（フーチング有無の波形比較）

杭仕様

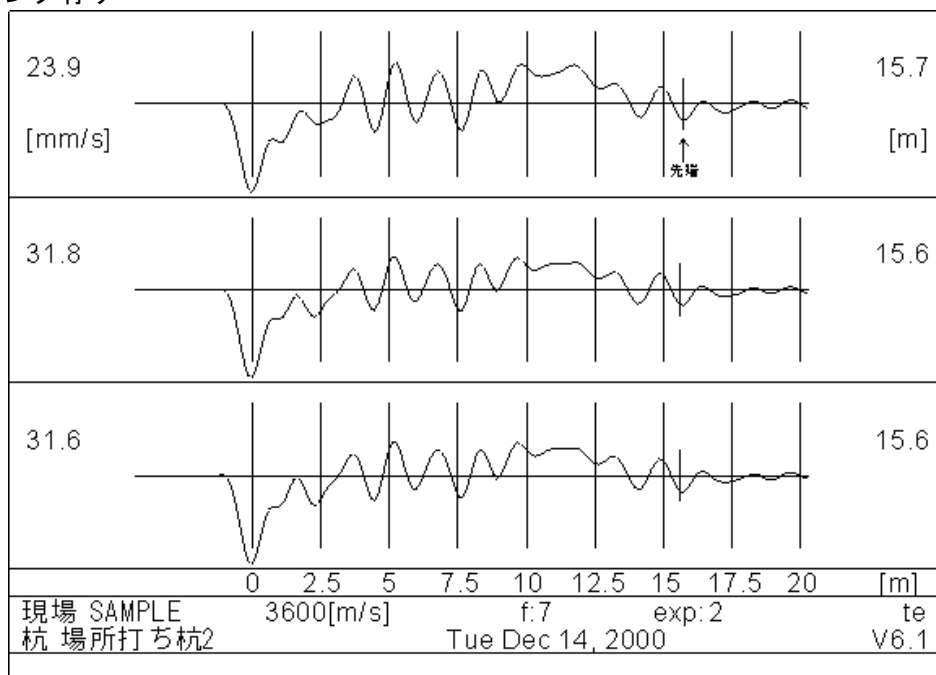
杭種・・・場所打ちコンクリート杭

杭径・・・900 mm

○フーチング無し



○フーチング有り



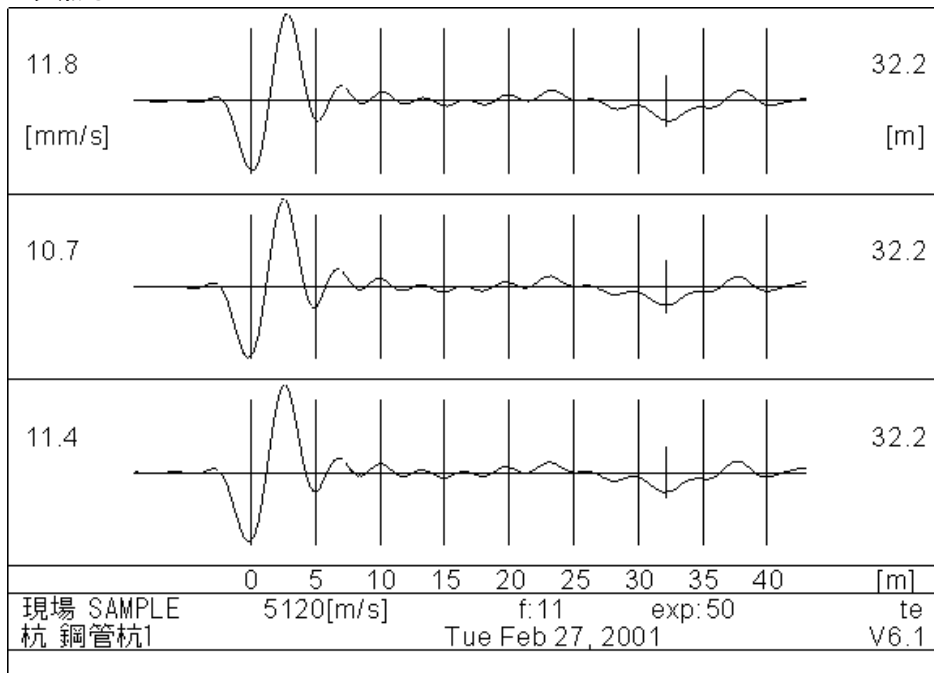
サンプル 8 (フーチング有無の波形比較)

杭仕様

杭種・・・鋼管杭

杭径・・・600mm

○フーチング無し



○フーチング有り

