

杭の急速載荷試験方法（JGS1815）
改正案

（参考に押込み試験方法と異なる部分に黄色でハッチングした）

第1章 適用範囲	1
第2章 引用規格	1
第3章 用語及び定義	1
3.1 試験で得られる物理量	1
3.2 試験体及び装置	3
3.3 杭の部位及び寸法	3
3.4 載荷手順	4
3.5 杭の挙動及び特性	4
3.6 試験計画	5
第4章 基本計画	7
4.1 基本事項	7
4.2 試験の目的	7
4.3 計画最大荷重	7
4.4 試験杭の設計及び施工方法	7
4.5 試験杭及び試験杭近傍地盤の養生	8
4.6 載荷手順	8
4.7 測定項目及び測定方法	8
4.8 実施体制	9
第5章 実施計画	10
5.1 実施計画書の作成	10
5.2 急速荷重の計画	10
5.3 試験杭の杭頭及び突出部の仕様	10
5.4 載荷装置	10
5.5 載荷手順の詳細	11
5.6 計測装置	11
第6章 試験の実施	12
6.1 載荷	12
6.2 測定	12

6.3 試験の開始・終了・中断・再開	12
6.4 現場記録	12
第7章 試験結果のまとめ	13
7.1 地盤抵抗力の算出	13
7.2 結果の整理	13
7.3 報告書	14

第1章 適用範囲

この基準は、鉛直に設置された単杭の杭頭に、重錘落下方式により急速荷重を加える試験の方法について規定する。

第2章 引用規格

次に掲げる引用規格は、この規格に引用されることによって、その一部又は全部がこの規格の要求事項を構成している。

JIS A 0207 : 2018 地盤工学用語

第3章 用語及び定義

この基準で用いる主な用語及び定義は、次によるほか、JIS A 0207 : 2018による。

3.1 試験で得られる物理量

a) 載荷時間 t_L

載荷の開始から荷重がゼロとなるまでの時間

注釈1 載荷時間 t_L の算定例を図1に示す。

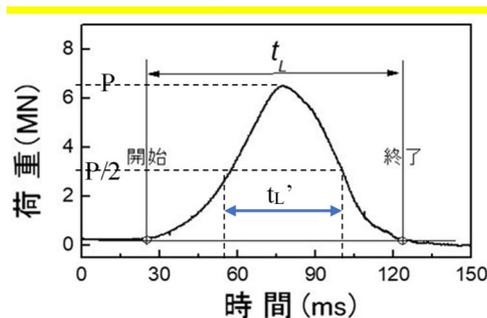


図1—載荷時間 t_L 及び 1/2 荷重継続時間 t_L' の算定例

b) 相対載荷時間 T_r

縦波が評価杭長 L_c の範囲を一往復するのに要する時間に対する載荷時間 t_L の比

注釈1 “縦波”とは、杭体の軸方向に伝播する軸方向ひずみによる応力波である。

注釈2 相対載荷時間 T_r は、式(1)に示す縦波伝播速度 c を用いて式(2)から求められる。

$$c = \sqrt{E/\rho} \quad (1)$$

ここで、 E : 杭材のヤング率

ρ : 杭材の密度

$$T_r = \frac{t_L}{2L_c/c} \quad (2)$$

c) 1/2 荷重継続時間 t_L'

荷重が最大荷重の 1/2 を超えてから 1/2 を下回るまでの時間

注釈1 1/2 荷重継続時間 t_L' の算定例を図1に示す。

d) 1/2 荷重相対載荷時間 T_r'

縦波が評価杭長 L_c の範囲を一往復するのに要する時間に対する 1/2 荷重継続時間 t_L' の比

注釈1 1/2 荷重相対載荷時間 T_r' は、縦波伝播速度 c を用いて次の式(3)から求められる。

$$T_r' = \frac{t_L'}{2L_c/c} \quad (3)$$

e) 急速荷重 F_{rpd}

載荷装置によって杭体内の波動伝播現象が地盤抵抗力の発現に及ぼす影響を無視できるように与えられる押し込み方向の動的な力で、杭頭付近に設置した急速荷重測定用センサーで測定される値

注釈1 “動的な”とは、「杭体及び地盤に生じる速度や加速度が地盤抵抗力に無視できない影響を及ぼす状態」のことである。

注釈2 急速荷重の相対載荷時間 T_r が $5 \leq T_r < 500$ かつ $1/2$ 荷重相対載荷時間 T_r' が $2 \leq T_r'$ の範囲であれば、杭体内の波動伝播現象が地盤抵抗力の発現に及ぼす影響を無視できるものとする。

f) 軸方向力 P

急速荷重 F_{rpd} によって杭体内に生じている軸方向の力

注釈1 この基準では、圧縮方向の軸方向力を正とする。

注釈2 軸方向力 P は一般にひずみゲージなどによって測定される。

g) 変位量 δ

載荷開始直前からの杭体内のある位置の移動量

注釈1 多サイクルの載荷を行う場合には、最初の載荷開始時点からの移動量とする。

注釈2 この基準では押し込み方向への変位量を正とする。

注釈3 杭頭位置での変位量を杭頭変位量 δ_h という。

注釈4 変位量は一般に光学式変位計などによって測定されるが、速度または加速度を積分して求める場合もある。

注釈5 多サイクルの載荷を行う場合は、最初の載荷開始直前からの移動量とするために、各載荷サイクル時に測定される動的な変位量に、別途測定した各載荷直前の変位量を加算する必要がある。

h) 残留変位量 δ_r

載荷後に急速荷重 F_{rpd} がゼロとなった時点での変位量

注釈1 杭頭位置での残留変位量を杭頭残留変位量 $\delta_{r,h}$ という。

i) 加速度 α

杭体内のある位置の軸方向の加速度

注釈1 この基準では押し込み方向への加速度を正とする。

注釈2 杭頭位置での加速度を杭頭加速度 α_h という。

注釈3 杭先端の加速度を先端加速度 α_b という。

注釈4 加速度は、一般に加速度計により測定されるが、変位を2階時間微分して求める場合もある。

j) 速度 v

杭体内のある位置の軸方向の速度

注釈1 この速度は、波動が伝播する速さではなく、杭体内のある位置に着目した時に、その着目点が運動する速度（着目点の変位の時間微分）である。

注釈2 この基準では押し込み方向への速度を正とする。

注釈3 杭頭位置での速度を杭頭速度 v_h という。

注釈4 杭先端での速度を先端速度 v_b という。

注釈5 速度は、一般に加速度を積分して求めるが、変位を微分して求める場合もある。

3.2 試験体及び装置

a) 試験杭

急速荷重 F_{rpd} を作用させる杭

b) 本杭

実構造物の基礎として設置される杭

注釈 1 本杭を試験杭とする場合がある。

c) 載荷装置

試験杭への載荷に必要な装置

注釈 1 載荷装置は、重錘、クッション、台座及び架台で構成される。

d) 計測装置

各種物理量及び時刻の測定に必要な装置

注釈 1 計測装置は、計測機器などで構成される。

注釈 2 計測機器は、荷重計、非接触式変位計、加速度計又はひずみ計などのセンサー及びそれらの表示・記録機器などで構成される。

3.3 杭の部位及び寸法

a) 杭外縁

杭体と原地盤との境界、ただし、杭の施工に伴い杭体の周りに人工的に改変された地盤が存在する場合はその人工的に改変された地盤と原地盤との境界

注釈 1 鋼管ソイルセメント杭工法など、地盤の固化改良を伴う工法の場合には、固化改良範囲を人工的に改変された地盤と扱う。

注釈 2 場所打ち杭工法、埋込み杭工法など、地盤の掘削を伴う工法の場合には、掘削部の最外縁までの範囲を人工的に改変された地盤と扱う。

注釈 3 既製杭に補強バンド、フリクションカッターなどを設ける工法の場合には、これらの外縁が通過した範囲を人工的に改変された地盤と扱う。

b) 最小径 D_{min}

杭全長における杭外縁の直径の最小値

注釈 1 最小径 D_{min} を求める際には、打込み杭工法で既製杭の下端部に設ける円錐状のシューや、場所打ち杭工法で三角ビットを用いた場合に形成される下端部の円錐状の部分などを除外した部分で最小径を求める。

c) 最大径 D_{max}

杭全長における杭外縁の直径の最大値

d) 拡径部

杭外縁の直径が最小径 D_{min} よりも大きくなった部分

注釈 1 拡径部は、拡大根固め部、拡頭部、中間の拡径部、拡底部、中間の翼部・羽根部、杭先端の翼部・羽根部などが該当する。

e) 杭先端

杭体の下端

f) 杭先端部

杭先端から上方に最大径 D_{max} までの範囲

g) 杭先端部径 D_b

杭先端部における杭外縁の直径の最大値

注釈 1 拡径部がある杭における杭先端部径 D_b の求め方の例を図 2 に示す。

注釈 2 杭先端部に拡径部の一部が含まれる場合は、その拡径部全体での杭外縁の直径の最大

径を杭先端部径 D_b とする (図 2 d) 参照)。

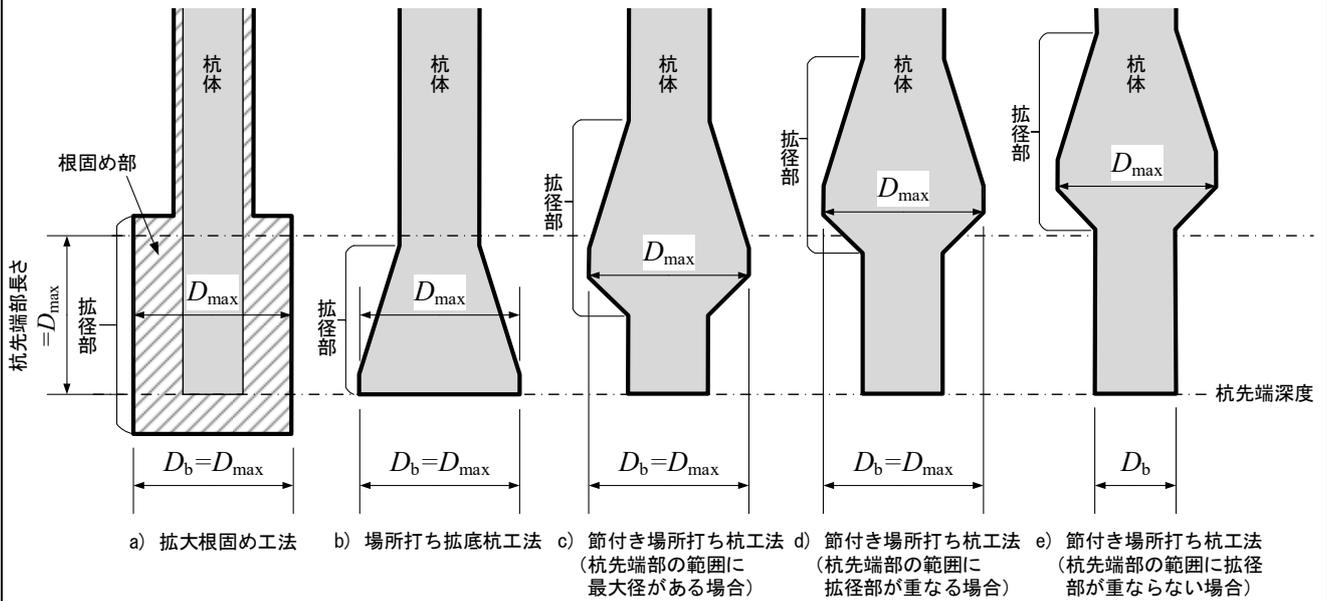


図 2— 拡径部がある杭における杭先端部径 D_b の求め方の例

h) 杭頭部径 D_h

杭頭における杭外縁の直径、ただし、杭頭が地表面よりも上に突出している場合は、地表面における杭外縁の直径

i) 杭頭位置

急速荷重測定用センサーの設置位置

注釈 1 急速荷重測定用センサーとして荷重計を用いる場合は、杭頭位置は実際の杭頭 (杭上端) となるが、ひずみ計を用いる場合は、杭頭位置は実際の杭頭よりも下方のひずみ計貼付位置となる。

j) 評価杭長 L_e

試験による評価の対象として地盤抵抗力の算出を行う範囲の杭長で、杭頭位置から杭先端までの長さ

3.4 荷重手順

a) 荷重パターン

荷重サイクル数による荷重の繰返し方法の分類

注釈 1 荷重パターンは、単サイクルと多サイクルからなる。

b) 荷重サイクル

急速荷重 F_{tpd} を加え始めてからゼロとなるまでの工程

c) 単サイクル

荷重サイクル数が 1 回の荷重パターン

d) 多サイクル

荷重サイクル数が複数回の荷重パターン

3.5 杭の挙動及び特性

a) 下降波 P_d 、上昇波 P_u

下方または上方への縦波の伝播に伴って生じる評価位置の軸方向応力に杭体の断面積を乗じた軸方向

力 P の波b) 地盤抵抗力 R_{soil}

杭を介して地盤が発揮する抵抗力

注釈 1 地盤抵抗力は動的地盤抵抗力と静的地盤抵抗力の和とする。

注釈 2 動的地盤抵抗力は、地盤抵抗力のうち、地盤に生じる速度や加速度の大きさに依存して変化する成分をいう。

注釈 3 この基準では、杭体の速度がゼロの時に、動的地盤抵抗力はゼロであるとみなす。

c) 除荷点抵抗力 R_{ulp}

載荷サイクル中で杭体の速度がゼロとなる時刻における地盤抵抗力

注釈 1 この基準では、杭体の速度がゼロの時に、動的地盤抵抗力はゼロであるとみなすため、除荷点抵抗力は地盤抵抗力のうち静的地盤抵抗力に相当する。

d) 除荷点変位量 δ_{ulp}

除荷点抵抗力を発揮する時刻における評価位置の変位量

注釈 1 速度がゼロとなる時刻は、変位量 δ が最大となる時刻である。すなわち、除荷点変位量は、載荷サイクル中での変位量の最大値である。

e) Case 法

杭体内の波動伝播の影響を一次元波動理論により簡易に考慮して地盤抵抗力を算出する方法

f) 一質点系モデル法

杭体内の波動伝播の影響を無視して杭体を一質点系と仮定し、急速荷重 F_{pd} から、評価杭長 L_e の範囲の杭体の慣性力を減じて地盤抵抗力を求める方法

g) 残留変位挙動

残留変位量 δ_r とその時点までの静的地盤抵抗力の最大値との段階的な関係

注釈 1 残留変位挙動を把握するためには、多サイクルの載荷パターンが用いられる。

注釈 2 この基準では、残留変位挙動は、残留変位量 δ_r とその時点までの載荷サイクル (i サイクル目) の除荷点抵抗力 R_{ulp} との関係とする。

h) 杭の鉛直抵抗力特性に関する代表指標値

杭の鉛直方向の静的地盤抵抗力の特性を代表する力学的な指標となる値

注釈 1 この基準では、杭の鉛直抵抗力特性に関する代表指標値として第 2 限界抵抗力 R_2 及び第 1 限界抵抗力 (残留変位) R_{1r} の 2 つを定義する。

注釈 2 杭の鉛直支持力特性に関する代表指標値には、試験杭の自重の影響が含まれている。

注釈 3 この基準により判定された杭の鉛直支持力特性に関する代表指標値は、杭の押込み試験方法 (JGS 1811-2022) によって判定された値とは必ずしも一致しない。

i) 第 2 限界抵抗力 R_2

変位量が杭先端部径 D_b の 10% に達するまでの範囲で最大の静的地盤抵抗力の最大値

注釈 1 この基準では、第 2 限界抵抗力 R_2 の判定に用いる変位量は杭頭変位量 δ_h としてもよい。

j) 第 1 限界抵抗力 (残留変位) R_{1r}

残留変位挙動のうち、残留変位量 δ_r とその時点までの静的地盤抵抗力の最大値の関係曲線の明瞭な折れ点に対応する抵抗力

注釈 1 この基準では、第 1 限界抵抗力 (残留変位) R_{1r} の判定に用いる残留変位量 δ_r は、杭頭位置での残留変位量 $\delta_{r,h}$ としてもよい。

3.6 試験計画

a) 試験統括者

試験の基本計画から試験の実施、報告書作成に至る全ての過程において統括・指揮する技術者

注釈 1 試験統括者は地盤工学に精通した者とする。

b) 計画最大荷重 F_p

試験の目的を達成するために計画された最大荷重

注釈 1 この基準における計画最大荷重は、試験の目的を達成するために確認すべき静的地盤抵抗りに相当する。

c) 計画最大荷重レベル

計画最大荷重を設定する際の考え方の違いによって区分された荷重レベル

注釈 1-計画最大荷重レベルは、杭の鉛直抵抗力特性に関する代表指標値との関係から 3 段階に区分されている (4.3 計画最大荷重 表 1 参照)。

第4章 基本計画

4.1 基本事項

試験統括者は、地盤条件、杭に作用する荷重条件、試験の工期・工費などを考慮し、試験の目的、計画最大荷重、試験杭の設計及び施工方法、試験杭及び試験杭近傍地盤の養生、載荷手順、測定項目、測定方法、及び実施体制の基本事項を決定する。

4.2 試験の目的

- a) 試験の目的には、試験杭に急速荷重を加えた場合の挙動として、急速荷重 F_{spd} —杭頭変位量 δ_h 関係、及び除荷点抵抗力 R_{up} —除荷点変位 δ_{up} 関係を把握することを含める。
- b) 試験の目的には、必要に応じて、先端及び周面の抵抗特性などの情報、及び残留変位挙動を把握することを含める。
- c) 試験の目的には、杭の鉛直支持力特性に関する代表指標値のうち必要なものを判定することを含めるのがよい。
- 注記 この基準では杭の鉛直支持力特性に関する代表指標値として、第2限界抵抗力 R_2 、及び第1限界抵抗力（残留変位） R_{1r} の2つが定義されている（3.5 杭の挙動及び特性に関する用語 h)～j) 参照）。

4.3 計画最大荷重

- a) 計画最大荷重 F_p は、試験の目的に応じて適切に定める。
- b) 第2限界抵抗力 R_2 の判定を試験目的に含む場合の計画最大荷重 F_p は、表1のうち計画最大荷重レベルAの考え方によって設定する。
- c) 第2限界抵抗力 R_2 の判定は試験目的に含まないが、第1限界抵抗力（残留変位） R_{1r} の判定を試験目的に含む場合の計画最大荷重 F_p は、表1のうち計画最大荷重レベルBの考え方によって設定する。
- d) 杭の鉛直支持力特性に関する代表指標値の判定を試験目的に含まない場合の計画最大荷重 F_p は、表1のうち計画最大荷重レベルCの考え方によって設定してもよい。

表1—計画最大荷重レベルに応じた計画最大荷重 F_p の設定の考え方

区分	計画最大荷重 F_p の設定の考え方
計画最大荷重レベルA	地盤調査結果などに基づいて第2限界抵抗力 R_2 を推定した上で、変位量が杭先端部径 D_b の10%を超えるまで載荷できるよう、推定誤差の影響も考慮して計画最大荷重 F_p を設定する
計画最大荷重レベルB	地盤調査結果などに基づいて第1限界抵抗力（残留変位） R_{1r} を推定した上で、これらを実際に確認できるまで載荷できるよう、推定誤差の影響も考慮して計画最大荷重 F_p を設定する
計画最大荷重レベルC	地盤調査結果などに基づいて第1限界抵抗力（残留変位） R_{1r} を推定した上で、これらの状態に達しないように計画最大荷重 F_p を設定する、又は本杭を試験杭とする場合で試験後に必要とされる本杭の性能が実構造物に悪影響を与えないように計画最大荷重 F_p を設定する

4.4 試験杭の設計及び施工方法

- a) 試験杭の位置は、地盤調査結果及び載荷装置の架構方法などを十分検討した上で、試験の目的が達成できるように適切に決定する。
- b) 試験杭の基本諸元は、地盤調査結果及び試験結果の評価方法などを十分検討した上で、試験の目的が

達成できるよう適切に設計する。

- c)新たに施工する杭を試験杭とする場合は、地盤調査結果及び試験結果の評価方法などを十分検討した上で、試験の目的が達成できるように、その基本諸元を適切に決定するとともに、その施工記録を入手できるよう計画する。
- d)既存の杭を試験杭とする場合は、試験の目的が達成できるよう必要に応じて杭頭の補強を計画する。
- e)本杭を試験杭とする場合には、試験後の本杭の性能が実構造物に悪影響を与えないよう適切な試験終了条件を設定する。新たに施工する本杭を試験杭とする場合は、必要に応じて杭体の耐力を高めた設計を行う。
- f)本杭とは別の試験杭によって本杭の性能を評価しようとする場合は、本杭のうち代表的な杭と同一の杭径、根入れ深さ及び施工方法とするのがよい。ただし、試験の目的が達せられないと考えられる場合には、杭径、根入れ深さ及び施工方法の違いの影響を適切に補正することを前提として、これらを変更してもよい。

4.5 試験杭及び試験杭近傍地盤の養生

- a)試験杭の養生期間は、試験の安全が確保できるだけの杭体強度が発現できるように適切に設定する。
- b)試験杭近傍地盤の養生期間は、杭の施工が地盤抵抗に及ぼす影響を考慮して、適切に設定する。一般に杭の鉛直支持力特性に関する代表指標値の判定を試験目的に含む場合は表 2 に示す日数とするのがよい。

表 2—試験杭近傍地盤の養生期間

地盤の種類	期間
砂質土	5 日以上
粘性土	14 日以上
注記	杭の鉛直支持力特性に関する代表指標値の判定を試験目的に含まない場合は、表 2 よりも養生期間を短くすることがある。

- c)養生期間中に試験に悪影響を及ぼすような荷重、衝撃及び振動などを試験杭に与えないよう、適切な管理体制又は管理方法を計画する。

4.6 載荷手順

- a)載荷手順として、単サイクル及び多サイクルのいずれかから適切な載荷パターンを選択する。
- b)載荷パターンとして多サイクルを用いる場合は、載荷サイクル数を適切に設定する。
- c)残留変位挙動の把握を試験の目的に含む場合は、載荷サイクル数が 4 サイクル以上の載荷パターンとするのがよい。
- d)残留変位挙動の把握を試験の目的に含む場合で、かつ第 1 限界抵抗力 (残留変位) R_{1r} の判定を試験の主たる目的とするときは、載荷サイクル数が 8 サイクル以上の載荷パターンとする。
- e)第 2 限界抵抗力 R_2 の判定を試験の主たる目的とするときは、載荷サイクル数が 8 サイクル以上の載荷パターンとする。

4.7 測定項目及び測定方法

- a)測定項目は、急速載荷中の時刻、急速荷重、杭頭加速度、杭頭変位量、及び載荷前後の静的な杭頭変

位量のほか，試験の目的に応じて必要な項目とする。

b)測定方法は，試験の目的に応じて，適切に定める。

c)先端及び周面の抵抗特性の評価を試験の目的に含める場合には，地中部の杭体の加速度及び／又は杭体のひずみを測定項目に含め，その測定を行う概略深度又は概略の測定間隔と測定方法及び測定されたひずみから軸方向力 P を求める方法について適切に定める。

注記 測定されたひずみから軸方向力を求める場合に必要となる軸剛性は，材料の公称値などを用いるよりも，杭頭部のひずみを測定して荷重との関係から求めることで，比較的精度のよい結果が得られることが多い。

4.8 実施体制

実施体制は，試験の目的に応じて，適切に定める。

第5章 実施計画

5.1 実施計画書の作成

- a) 試験の実施に先立ち、基本計画の内容及び現地調査の結果に基づいて試験の実施計画書を作成する。
- b) 実施計画書には、試験の目的、地盤条件、計画最大荷重、急速荷重の計画、試験杭の仕様・位置・施工方法、荷重手順、測定項目及び測定方法、荷重装置の仕様、計測機器の構成・仕様・取付け位置、実施体制、試験終了条件、結果の整理方法、工程表、試験期間中の留意事項並びに安全管理体制などを記載する。

5.2 急速荷重の計画

- a) 急速荷重の最大値は、計画最大荷重に地盤の動的抵抗成分の推定値を加えた値を上回るように計画する。
- b) 急速荷重－時間曲線は、相対荷重時間 T_r が $5 \leq T_r < 500$ かつ $1/2$ 荷重相対荷重時間 T_r' が $2 \leq T_r'$ となるように適切に計画する。

5.3 試験杭の杭頭及び突出部の仕様

- a) 試験杭の杭頭は、荷重の偏心による影響などを考慮し、必要に応じて補強する。
- b) 試験杭の地上突出長さは、荷重装置の組立て、基準梁の設置及び計測機器の取付けに必要な長さを確保する。

5.4 荷重装置

- a) 荷重装置として、重錘、クッション、台座、架台及びそれらの接合部材を適切に計画する。

注記 荷重装置の例を図3に示す。

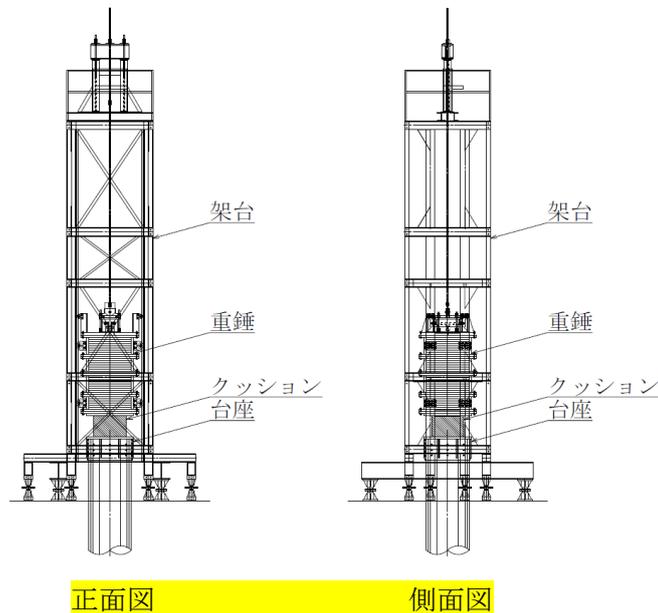


図3－荷重装置の例

- b) 荷重装置は、「5.2 急速荷重の計画」で定めた急速荷重の最大値に対して十分安全なものとする。
- c) 荷重装置は、整備済みのものを用いる。
- d) 荷重装置の配置は、試験杭に対して急速荷重が偏心しないように計画する。
- e) 重錘（重量、最大落下高）及びクッションは、相対荷重時間 T_r 及び $1/2$ 荷重相対荷重時間 T_r' が「5.2 急

速荷重の計画」に定める条件を満足するよう適切に計画する。

- f)台座は、「5.2 急速荷重の計画」で定めた急速荷重の最大値に対して剛性が十分に高いものを用いる。
- g)台座の配置は、水平となるように計画する。
- h)架台は、曲げ、せん断、支圧及び座屈に対して安全なものを用いる。
- i)架台の基礎は、架台が転倒せず、過大な沈下が生じないように計画する。

5.5 載荷手順の詳細

- a)載荷手順の詳細として、試験目的に応じて、各載荷サイクルの急速荷重及びそれに対応する重錘落下高さを適切に設定し、その計画図を作成する。
- b)載荷パターンを多サイクルとする場合の各載荷サイクルの急速荷重の大きさは、計画最大荷重 F_p のほか、地盤調査結果などに基づく第 1 限界抵抗力（残留変位） R_{1r} の推定値も考慮して設定するのがよい。

5.6 計測装置

- a)基本計画で定めた測定項目を着実に測定できるよう、計測装置として計測機器を適切に計画する。また、補助的な測定項目として、杭頭の水平変位量など、安全管理及び試験の信頼性確保の観点で必要な項目を定める。
- b)計測機器は、荷重計、非接触式変位計、加速度計又はひずみ計などのセンサー及びそれらの表示・記録機器によって構成し、試験の目的に適合した精度を有した検査・校正済みのものを用いる。
- c)センサーは適切な位置・方向に確実に設置するよう計画する。その際、試験の進行による試験杭・載荷装置の変位・変形・振動によって測定に支障が生じないように計画する。
- d)非接触式変位計の設置位置は、地盤の振動の影響が十分に小さくなるよう計画する。試験杭外縁と非接触式変位計の設置位置の離隔は、10m 以上とするのがよい。ただし、計画最大荷重レベルCの場合は、適切な評価ができると試験統括者が判断した位置としてよい。

第6章 試験の実施

6.1 載荷

載荷は、実施計画書に記載された手順によるものとする。

6.2 測定

測定は実施計画書に記載された方法によるものとし、実施計画書に記載のない詳細については次による。

- a) 測定継続時間は、載荷前の初期状態から載荷後の杭の動揺がほぼ収束するまでとする。
- b) 測定時のサンプリング時間間隔は、1ms以下とするのがよい。

6.3 試験の開始・終了・中断・再開

- a) 試験の開始に際しては、試験場の環境整備、載荷装置・計測装置の準備及び天候の状態などの条件が整ったことを確認しなければならない。
- b) 試験統括者が試験の目的を達成したと判断した場合は、試験を終了する。
- c) 急速荷重 F_{ppd} が計画された最大値に達した場合、又は変位量が杭先端部径 D_b の10%を超えた場合は、試験を終了する。
- d) 載荷装置及び試験杭に異常が認められた場合、又は異常が生じることが予見された場合は、速やかに試験を中断しなければならない。
- e) 試験を中断した原因が除かれて試験統括者が試験の続行が可能と判断した場合には、試験を再開することができる。試験統括者が試験の続行が不可能と判断した場合には、その状態で試験を終了する。

6.4 現場記録

試験の実施に当たっては、次の項目を現場で記録しなければならない。

- a) 試験の開始・中断・再開・終了の年月日及び時刻
- b) 載荷装置・試験杭の配置及び諸元
- c) 試験状況などの写真
- d) その他特記事項（計画された試験方法の内容と差異が生じた場合の状況・原因・処理方法など）

第7章 試験結果のまとめ

7.1 地盤抵抗力の算出

- a) 評価杭長 L_e の範囲で発揮されている地盤抵抗力 R_{soil} の時刻歴を、適切な方法で算出する。
- b) 地盤抵抗力 R_{soil} の算出方法は、波動伝搬現象が考慮できる Case 法によるのがよい。ただし、短い杭など波動伝搬現象が無視できると考えられる場合には、一質点系モデル法によってもよい。
- c) Case 法により評価杭長 L_e の範囲の地盤抵抗力 R_{soil} を算出する場合は、急速荷重 $F_{rpd}(t)$ と杭頭速度 $v(t)$ から次元波動理論により式(4)、式(5)で求めた杭頭位置での軸方向力 P の下降波 P_d 及び上昇波 P_u を用いて式(6)で算出する。

$$P_d(t) = \frac{F_{rpd}(t) + Z \cdot v(t)}{2} \quad (4)$$

$$P_u(t) = \frac{F_{rpd}(t) - Z \cdot v(t)}{2} \quad (5)$$

$$R_{soil}(t) = P_d\left(t - \frac{L_e}{c}\right) + P_u\left(t + \frac{L_e}{c}\right) \quad (6)$$

ここに、 Z : インピーダンス $Z = \frac{EA}{c}$

c : 縦波伝播速度 (式(1))

E : 杭体のヤング率

A : 杭体の断面積

- d) 一質点系モデル法により評価杭長 L_e の範囲の地盤抵抗力 R_{soil} を算出する場合は、急速荷重 $F_{rpd}(t)$ と杭頭加速度 $\alpha_h(t)$ から式(7)により算出する。

$$R_{soil}(t) = F_{rpd}(t) - m \cdot \alpha_h(t) \quad (7)$$

ここで m : 評価杭長の範囲の杭体の質量

- e) 杭体内の加速度及びひずみを計測した場合は、各測定位置のひずみから軸方向力 P を求め、各測定位置よりも下方の地盤抵抗力 R_{soil} の時刻歴を、適切な方法で算出する。

7.2 結果の整理

- a) 試験の各載荷サイクルの測定データを基に、次の 1)~5) の時刻歴波形を図示する。
- 1) 急速荷重 F_{rpd} (図中に相対載荷時間 T_r 及び 1/2 相対載荷時間 T_r' の算定結果を併記する)
 - 2) 杭頭加速度 α_h
 - 3) 杭頭速度 v_h
 - 4) 杭頭変位量 δ_h
 - 5) 地盤抵抗力 R_{soil}
- b) 試験の測定データを基に、次の 1)~3) に示す諸関係曲線を図示する。
- 1) 急速荷重 F_{rpd} - 杭頭変位量 δ_h
 - 2) 地盤抵抗力 R_{soil} - 杭頭変位量 δ_h
 - 3) 除荷点抵抗力 R_{ulp} - 除荷点変位 δ_{ulp}
- c) 試験の目的に応じて、各載荷サイクルの除荷点抵抗力 R_{ulp} とその載荷サイクル終了時の残留変位量 δ_r の関係曲線など、必要な諸関係曲線を図示するのがよい。
- d) 杭体内の加速度及びひずみを計測した場合は、各測定位置について次の 1)~6) の時刻歴波形を図示する。
- 1) ひずみ
 - 2) 軸方向力 P

3) 加速度 α

4) 速度 v

5) 変位量 δ

6) 測定位置よりも下方の地盤抵抗力 R_{soil}

e) 杭体内の加速度及びひずみを計測した場合は、各測定位置について次の 1)~4) に示す諸関係曲線を図示する。

1) 軸方向力 P - 変位量 δ

2) 地盤抵抗力 R_{soil} - 変位量 δ

3) 除荷点抵抗力 R_{ulp} - 除荷点変位 δ_{ulp}

4) 除荷点抵抗力 R_{ulp} - 深度

f) 試験の目的に応じて、杭の鉛直支持力に関する代表指標値を、それぞれ次の 1)~2) によって判定する。

1) 第 2 限界抵抗力 R_2 は杭頭位置の除荷点抵抗力 R_{ulp} と除荷点変位 δ_{ulp} を折れ線で結んだ関係曲線から判定し、除荷点変位 δ_{ulp} が杭先端部径 D_b の 10% に達するまでの範囲での最大の荷重とする。

2) 第 1 限界抵抗力（残留変位） R_{1r} は、各載荷サイクルの除荷点抵抗力 R_{ulp} と残留変位量 δ_r の関係曲線から判定し、その明瞭な折れ点の荷重とする。

7.3 報告書

a) 報告書には、試験の目的、地盤の概要、試験杭の諸元（杭径、杭長、杭体重量又は杭体の単位体積重量等）・施工記録、載荷装置・計測装置の諸元、載荷手順及び測定方法、試験工程、測定データ、現場記録、試験結果（地盤抵抗力 R_{soil} の算出に用いた手法や軸方向ひずみから軸方向力 P を求めた経緯など、結果の整理方法の説明や杭頭の水平変位量などの補助的な測定項目の測定結果を含む）を記載しなければならない。

b) 報告書には、地盤調査・土質試験データなどの詳細な地盤情報を添付することが望ましい。

現行基準 (JGS1815-2002) に対する改正公示案での対応

現行基準 (JGS1815-2002)		改正案	
章・節タイトル	枠内本文	対応する章・節タイトル	改正点 (表現変更等の軽微な改訂は記載省略)
第1章 総則			
1.1 適用範囲	本基準は、鉛直に設置された単杭に軸方向の急速荷重による押込み力を加える急速荷重試験 (以下、試験と呼ぶ) に適用する。なお、試験で反力装置を用いる場合の反力抵抗体と載荷梁に関しては、「杭の押込み試験方法 (JGS 1811-2002)」の規定を適用する。	第1章 適用範囲 第2章 引用規格	
1.2 試験の目的	試験は、急速荷重による杭の鉛直支持力特性に関する資料を得ること、 <u>またはすでに定められた杭の設計鉛直支持力の妥当性を確認することを目的とする。</u>	4.2 試験の目的	下線部を削除した上で、表現を修正
1.3 用語の定義	本基準で用いる用語を次のように定義する。	第3章 用語及び定義	大幅に追記
急速荷重	杭体の波動現象は無視できるが、速度および加速度に依存する杭体と地盤の抵抗を無視することができない荷重時間を持つ荷重。急速荷重に相当する荷重の相対荷重時間 T_r はおおむね、 $5 \leq T_r < 500$ の範囲と推定される。	3.1e) 急速荷重 F_{rp}	基準本文中ではほとんど使用していなかった「急速荷重」という行為を表す用語ではなく、地盤抵抗算定式の説明のために使用する頻度が高い計測される物理量 = 荷重としての定義に変更 適用範囲として 1/2 相対荷重時間の規程を注釈 2 に追加
計画最大荷重	試験の目的を達成するために計画された、試験杭に載荷する最大荷重	3.6b)	「注釈 1 この基準における計画最大荷重は、試験の目的を達成するために確認すべき静的地盤抵抗力に相当する。」との扱いに変更
荷重時間 t_L	荷重の開始から最大荷重に達し、除荷が完了するまでの時間	3.1a)	

本杭	実構造物の基礎として設置される杭	3.2b)	
試験杭	載荷試験を実施する杭	3.2a)	
ひずみ速度依存性	地盤が変形する際に、ひずみ速度の大きさに依存した抵抗を発現する性質	(削除)	ひずみ速度依存性の用語は基準本文中で使用しないため、定義も削除。ただし、3.5b)地盤抵抗力の注釈で、動的地盤抵抗力について記述
縦波	杭体の軸方向に伝播する、軸方向ひずみによる応力波。杭体中の縦波の伝播速度（縦波伝播速度） c は、以下の式で表現される。 $c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ ここに、 E：杭材のヤング率 ρ ：杭材の密度	3.1b)注釈	
相対載荷時間 T_r	載荷時間 t_L の、縦波が杭体を一往復するのに要する時間 $2L/c$ に対する比。これは、以下の式で定義される。 $T_r = \frac{t_L}{2L/c}$ ここに、L：杭長	3.1b)	
一質点系モデル解析	杭体を一質点系として、また地盤の抵抗をダッシュポットなどでモデル化して、急速載荷時の杭の挙動を解析する方法	3.5f)	
除荷点抵抗力	最大変位時の荷重から、その時に発生している杭体の加速度に杭体の質量を乗じて求めた杭体の慣性力を補正して	3.5 b) c) 7.1 d)	

	<p>求めた抵抗力 除荷点では、杭体の速度が 0 になることから、一質点系モデル解析の中では、最大変位時の静的抵抗成分とみなされる。これは以下の式で定義される。</p> $R_{ulp} = F_{rapid}(disp(max)) - M\alpha(disp(max))$ <p>ここに、</p> <p>R_{ulp}:除荷点抵抗力</p> <p>$F_{rapid}(disp(max))$:最大変位時の荷重</p> <p>M:杭体の質量</p> <p>$\alpha(disp(max))$:最大変位時の杭体の加速度</p>		
--	--	--	--

現行基準 (JGS1815-2002)		改正案	
章・節タイトル	枠内本文	対応する章・節タイトル	改正点 (表現変更等の軽微な改訂は記載省略)
第2章 基本計画			
2.1 基本事項	試験の計画にあたっては、試験の目的、地盤条件、本杭に作用する荷重条件、本杭の施工方法、本杭の寸法・本数・配置・杭頭レベル、試験工事の工期・工費などを考慮し、計画最大荷重、計画載荷時間、試験杭の仕様・本数・位置、試験装置、載荷・測定方法および実施体制の基本事項を決定する。	4.1 基本事項	試験統括者が決定すべき事項として記述
2.2 計画最大荷重	1) 試験の目的に応じて、予想される本杭の第2限界抵抗力または設計荷重に安全係数を考慮した荷重に、 <u>急速荷重による杭体の慣性力を考慮した値以上を計画最大荷重とする</u> 。さらに、粘性土を含む地盤においては、 <u>ひずみ速度依存性による地盤抵抗の増加を考慮して計画最大荷重を割り増す</u> 。	3.6b)計画最大荷重 4.3 計画最大荷重 5.2 急速荷重の計画 a)	3章で用語の定義に「この基準における計画最大荷重は、試験の目的を達成するために確認すべき静的地盤抵抗力に相当する。」との注釈を記載し、下線部の動的な影響は計画最大荷重から切り離し、5.2 急速荷重の計画の段階で考慮することとした
	2) 試験杭の条件が本杭の設計条件と異なる場合は、その違いによる支持力への影響を考慮して、計画最大荷重を定める。	(削除)	試験杭と本杭の設計条件が異なる影響は設計上の取扱いなので本基準では取扱わないこととした。
2.3 計画載荷時間	載荷時間は、杭体の波動現象を無視するのに十分な時間、すなわち縦波が載荷時間に杭体を5往復する時間(相対載荷時間 $T_r=5$)以上とする。	5.2 急速荷重の計画 b)	
2.4 試験杭の仕様・本数および	1) 試験杭は、原則として、 <u>本杭のうち代表的な杭と同一仕様のも</u> とし、本杭と別に計画する。	4.4 試験杭の設計及び施工方法 d) f) e)	下線部の原則の取扱いを廃止し、多様な条件が選択できる記述に変更した。

位置	2) 本杭の強度に十分余裕があり、試験後の杭の変位性状が構造物に悪影響を与えないと予想される場合には、本杭を試験杭とすることができる。		
	3) 試験杭の本数や位置は、試験の目的に応じて最も適切なものとする。	4.4 試験杭の設計及び施工方法 a)	「試験杭の本数」を削除(試験の基本計画ではないとの扱い)
2.5 載荷および測定方法	1) 加力装置は、計画最大荷重および計画載荷時間を満足できるものを選択する。	5.5 載荷手順の詳細	
	2) 載荷方法を試験の目的に応じて決定する。	4.6 載荷手順	押込み試験で、新たにサイクル数を扱う「載荷パターン」と荷重保持の違いを扱う「載荷方式」の用語を区分して定義し、両者を合わせて「載荷手順」と表記するよう改正したことに対応させて、急速載荷試験基準では、「載荷手順」として「載荷パターン」のみを規定することとした。 目的に応じた必要なサイクル数などを明記
	3) 測定項目および計測機器を試験の目的に応じて決定する。	4.7 測定項目及び測定方法 5.6 計測装置	「計測装置は」は5章実施計画で定めることに変更

現行基準 (JGS1815-2002)		改正案	
章・節タイトル	枠内本文	対応する章・節タイトル	改正点 (表現変更等の軽微な改訂は記載省略)
第3章 試験の準備			
3.1 実施計画書の作成	試験の実施に先立ち、基本計画の内容および現地調査の結果に基づいて、試験の実施計画書を作成する。	5.1 実施計画書の作成 a)	
	実施計画書には、試験の目的、地盤条件、計画最大荷重、計画載荷時間、試験杭の仕様・位置・施工方法、試験装置の組立て図・仕様・施工方法、測定項目、計測機器の構成・仕様、取付け位置、測定継続時間およびサンプリング時間間隔、試験要員の構成、現場記録の項目、結果の整理方法、工程表、試験期間中の留意事項などを記載する。	5.1 実施計画書の作成 b)	
3.2 試験杭の設計	1) 試験杭の杭体は、計画最大荷重に対して十分安全な強度を有するものとする。	4.4 試験杭の設計及び施工方法 c), d)	
	2) 試験杭の長さは、加力装置の組立て、計測機器の取付けに必要な地上露出長さを考慮したものとする。	5.3 試験杭の杭頭及び突出部の仕様 b)	
	3) 試験杭の杭頭は、荷重の偏心による影響などを考慮し、必要に応じて補強する。	5.3 試験杭の杭頭及び突出部の仕様 a)	
3.3 試験杭の施工と養生	1) 試験杭は、原則として本杭と同様に施工する。	4.4 試験杭の設計及び施工方法 f)	
	2) 試験杭の施工にあたっては、施工状況を詳細に記録する。	4.4 試験杭の設計及び施工方法 c)	既存杭が試験杭となるケースも想定し、「その施工記録を入手できるよう計画する」に修正
	3) 試験杭の施工によって乱された地盤の強度回復、コンクリートやセメントミルクの硬化などを考慮して、十分な	4.5 試験杭及び試験杭近傍地盤の養生 a) b)	杭体強度と近傍地盤に考え方を分離して記載 近傍地盤に関しては推奨養生期間を記載

	期間養生する。		
	4) 養生期間中は、試験に悪影響を及ぼすような荷重・衝撃・振動などを試験杭に与えないように配慮する。	4.5 試験杭及び試験杭近傍地盤の養生 c)	「配慮する」⇒「適切な管理体制又は管理方法を計画する」に変更
3.4 試験装置の設置と試験場の環境整備	1) 実施計画書に基づき、試験装置を <u>正確に設置する</u> 。	5.3 載荷装置	5章の実施計画策定段階ではまだ設置作業は行わないので「適切に計画する」に変更
	2) 日射や風雨が試験に悪影響を及ぼさないよう、試験装置の仕様に応じて必要な対策を施す。	(削除)	解説へ移行
	3) 試験場に近接する工事・機械・車両などの振動が測定に与える影響を検討し、必要に応じて、それらの影響を小さくするよう <u>に対処する</u> 。	(削除)	解説へ移行 (具体的な対処法を基準化することが困難なため)

現行基準 (JGS1815-2002)		改正案	
章・節タイトル	枠内本文	対応する章・節タイトル	改正点 (表現変更等の軽微な改訂は記載省略)
第4章 試験装置			
4.1 試験装置の構成	1) 試験装置は、加力装置および計測機器によって構成する。	(削除)	載荷装置, 計測装置をそれぞれ呼称することで, 統一した固有名詞の定義しない
	2) 加力装置は、加力装置本体と本体を受ける台座によって構成する。	5.4 載荷装置 a)	「載荷装置」に呼称変更
	3) 計測装置は、計測機器および基準点によって構成し、計測機器は、荷重、変位、加速度、ひずみなどのセンサーとそれらの表示・記録機器によって構成する。	5.6 計測装置 b)	
4.2 加力装置	1) 加力装置は、計画最大荷重に対して十分安全なものとする。	5.4 載荷装置 b)	
	2) 加力装置は、計画最大荷重および、計画載荷時間に相当する加力能力を有するものとする。	5.4 載荷装置 d)	
	3) 加力装置の加力芯は、試験杭に対して偏心のないように設置する。	5.4 載荷装置 a)	
	4) 台座は、計画最大荷重に対して十分な剛性を有するものとし、水平に設置する。	5.4 載荷装置 e)	
4.3 計測機器	1) 計測機器は、試験の目的に適合した精度および動的応答特性を有し、検査済みのものを用いる。	5.6 計測装置 b)	
	2) センサーは、適切な位置と方向に確実に設置する。	5.6 計測装置 c)	
	3) センサーの設置に際しては、試験の進行による試験杭、加力装置の変位や振動によって、支障を受けないように十	5.6 計測装置 c)d)	

	分配慮する。		
4.4 基準点	1) 基準点は、載荷中に不動とみなされる地点を選定して設置する。	5.6 計測装置 d)	
	2) 基準点の位置は、試験杭から原則として 10m 以上離れた位置に設置する。		
	3) 基準点は、加力方法により振動が発生する場合は、試験時の振動の影響を受けないよう、十分な剛性を有するものとする。		

現行基準 (JGS1815-2002)		改正案	
章・節タイトル	枠内本文	対応する章・節タイトル	改正点 (表現変更等の軽微な改訂は記載省略)
第5章 載荷および測定方法			
5.1 載荷方法	載荷方法は連続載荷方式であり, 試験の目的に応じて適切なサイクル数を選択する。	4.6 載荷手順	連続載荷方式との説明は不要なので削除 (解説に記載)
5.2 測定項目	測定項目は, 試験の目的に応じて選択する。 (1) 荷重 (2) 杭頭の変位量 (3) 杭頭の加速度 (4) 先端および中間部の変位量 (5) 杭体のひずみ (6) その他	4.7 測定項目及び測定方法	
5.3 測定継続時間およびサンプリング時間間隔	1) 測定継続時間は, 載荷前の初期状態から載荷後の杭の動揺がほぼ収束するまでとする。	6.2 測定 a)	
	2) 測定時のサンプリング時間間隔は, 1ms 以下とする。	6.2 測定 b)	

現行基準 (JGS1815-2002)		改正案	
章・節タイトル	枠内本文	対応する章・節タイトル	改正点 (表現変更等の軽微な改訂は記載省略)
第6章 試験の実施			
6.1 試験要員の構成	試験要員は、試験管理者および加力、測定、安全管理などの担当者によって構成する。	(削除)	試験統括者 (第3章用語及び定義 3.6 試験計画 a) 参照) 以外の試験要員に関する記述は、試験法自体としては規定する必要は無いため枠内からは削除した。 ただし、参考として、4.8 実施体制の解説に現行基準 (杭の押込み試験方法) の図 2.1 とともに「試験統括者、試験管理者、作業担当者の役割」に関する文章を転載する。
6.2 試験要員の任務	1) 試験管理者は、実施計画書に基づき担当者を配置するとともに、安全かつ確実に試験の目的が達成できるように試験全般を管理する。	(削除)	
	2) 各担当者は、試験開始前に試験装置の安全性を点検し、各装置が正常に作動することを確認する。	(削除)	
	3) 加力担当者は、載荷方法に従って、正確に加力装置を操作する。	(削除)	
	4) 測定担当者は、載荷直前まで計測装置の異常を点検し、載荷時に各計測機器を確実に操作する。	(削除)	
	5) 安全管理担当者は、試験中の試験装置の安全性および環境整備に十分に注意する。	(削除)	
6.3 試験の開始・中断・終了	1) 試験場の環境整備、各装置の準備、天候などの条件が整ったことを確認して、試験を開始する。	6.3 試験の開始・終了・中断・再開 a)	
	2) 試験前に試験装置および試験杭に異常が認められたときは、載荷しない。なお、その原因が除かれて載荷が可能と判断されたときは、試験を開始する。	6.3 試験の開始・終了・中断・再開 d)e)	再開の判断は、試験統括者が行うことを明記
	3) 試験の目的が達成されたときは、試験を終了する。	6.3 試験の開始・終了・中断・再開 b)	終了の判断は、試験統括者が行うことを明記

<p>6.4 現場記録</p>	<p>試験の実施にあたっては、次の項目を現地で記録する。</p> <p>(1) 試験の開始・中断・終了の年月日および時刻</p> <p>(2) <u>試験要員名</u></p> <p>(3) <u>天候の状態</u></p> <p>(4) 試験装置・試験杭の配置および諸元</p> <p>(5) 試験装置，試験状況などの写真</p> <p>(6) 特記事項(計画された試験方法の内容と差異が生じた場合の状況・原因・処理方法など)</p>	<p>6.4 現場記録</p>	<p>下線部は報告書への記載は不要として削除</p>
-----------------	--	-----------------	----------------------------

現行基準 (JGS1815-2002)		改正案	
章・節タイトル	枠内本文	対応する章・節タイトル	改正点 (表現変更等の軽微な改訂は記載省略)
第7章 試験結果のまとめ			
7.1 結果の整理	1) 試験の測定データをもとに、荷重-時間、変位量-時間、速度-時間、加速度-時間、荷重-変位量などの諸関係曲線を図示する。	7.2 結果の整理 a),b)	図化すべきものを明示
	2) 試験の目的に応じて、杭の鉛直支持力に関する特性値を求める。試験データから、特性値として除荷点抵抗力を求める。	7.2 結果の整理 f)	代表指標値として、第2限界抵抗力と第1限界抵抗力(残留変位)の二つの判定方法を記載
	3) 杭体のひずみや先端・中間部の加速度を測定した場合は、軸方向ひずみ分布、軸方向力分布や、測定位置における加速度-時間、速度-時間、変位量-時間などについても図示する。その他の測定したデータについても図示する。	7.2 結果の整理 d),e)	
7.2 結果の解析	1) 結果の解析は、試験の目的に応じて適切な解析法を選択して適用する。	7.1 地盤抵抗力の算出 a)	
	2) 試験データから静的な荷重-変位量曲線を求める場合は、一質点系モデル解析を標準とする。その他、次元波動解析法、動的有限要素法などを、杭の動的挙動の把握も含めた試験データの解析に適用することができる。	7.1 地盤抵抗力の算出 b)c)d)	波動伝播を考慮するCase法を原則とし、短い杭などで一質点系モデルが適用できるとの扱いに変更
7.3 報告書	報告書は、試験目的、地盤の概要・土質性状、試験杭の諸元・施工記録、試験装置、試験工程、載荷および測定方法、試験結果、結果の解析などを記載する。	7.3 報告書 a)	

	<p>なお、土質性状については、できる限り地盤調査・土質試験データなどの詳細は情報を添付する。</p>	<p>7.3 報告書 b)</p>	
--	---	-------------------	--