

修正後	修正前
5.6 杭先端の地盤と支持力 B	5.6 杭先端の地盤と支持力 B
<p>(略)</p> <p>2.3 先端支持力</p> <p>先端支持力を求める際の先端平均 N 値は告示式では上 $4D$ 下 $1D$ 間の平均となっている。一方、学会基礎指針²⁾では埋込み杭，場所打ち杭では上 $1D$ 下 $1D$ 間の平均となっている。杭径が $1.5\sim 2.0$ mを超える大径の場所打ち杭では先端付近の平均 N 値として上 $1D$ 下 $1D$ 間の平均が用いられる場合が多いが，この場合の先端支持力度は告示式の $150N$ でなく学会基礎指針式²⁾の $100N$(上限値は $7500kN/m^2$)とすることが必要である。</p> <hr/> <p>また大径杭は先端支持力度が同一でも中小径杭と比較すると沈下が大きくなる傾向がある。大径杭を用いる場合は施工管理をより慎重に行い，沈下の検討を行うことが望まれる。</p> <p>3. 2層地盤の支持力の算定について</p> <p>杭先端を層厚の薄い中間支持層で支持する場合には，先端支持力は杭先端面の検討に加えて，中間支持層下面の応力に対する下部粘性土層の強度や沈下の検討を行う必要がある。ここでは N 値は大きい薄砂質土層を中間支持層とし，その直下で N 値が小さい粘性土の地層を下部粘性土層とする場合について述べる。このような場合には支持力と圧密沈下の両方の確認が必要となる。既往の研究では H/D (H: 杭先端から中間支持層下面までの距離，D: 杭先端径) が 2 以下ではパンチング破壊の可能性が高く，3 以上になると下部粘性土層の影響は小さくなっていくとの研究があるが，中間支持層と下部粘性土層の剛性によりその影響は異なる。学会基礎指針や 2015 技術基準においても明確な設計法は定められてはいない。</p> <p>3.1 支持力の検討について</p> <p>建築学会「建築基礎構造設計のための地盤評価・Q&A」⁴⁾には薄い中間層を支持層として下部に粘性土層がある場合の杭の支持力について解説が示されている。中間支持層下面の応力度は 2層地盤での直接基礎の検討法を準用するとして図-1 に示すように杭先端応力度 p が下部粘性土層表面では応力分散により p' になると考え，粘性土層の極限支持力度 q_u との比較から先端支持力を検討している。</p> <p>この考え方を踏まえ，3.2 で示す圧密沈下の検討を行う条件で下記の検討式(1)を提示する。q_uには学会基礎指針⁵⁾の杭先端が粘性土の場合の極限支持力度 $6c_u$あるいは直接基礎の極限支持力度式 $5.1\alpha c_u + \gamma D_f$を用いている。なお，1988 年版学会基礎指針⁷⁾に従い自重項 γD_fには安全率 βを与えていない。</p>	<p>(略)</p> <p>2.3 先端支持力</p> <p>先端支持力を求める際の先端平均 N 値は告示式では上 $4D$ 下 $1D$ 間の平均となっている。一方，学会基礎指針²⁾では埋込み杭，場所打ち杭では上 $1D$ 下 $1D$ 間の平均となっている。杭径が $1.5\sim 2.0$ mを超える大径の場所打ち杭では先端付近の平均 N 値として上 $1D$ 下 $1D$ 間の平均が用いられる場合が多いが，この場合の先端支持力度は告示式の $150N$ でなく学会基礎指針式²⁾の $100N$(上限値は $7500kN/m^2$)とすることが必要である。ただし，2015 技術基準³⁾にも示されているように過去から実績のある式として場所打ち杭では先端付近の平均 N 値が 50 以上であれば杭頭支持力度の上限を $7500kN/m^2$とすることができる。また大径杭は先端支持力度が同一でも中小径杭と比較すると沈下が大きくなる傾向がある。大径杭を用いる場合は施工管理をより慎重に行い，沈下の検討を行うことが望まれる。</p> <p>3. 2層地盤の支持力の算定について</p> <p>杭先端を層厚の薄い中間支持層で支持する場合には，先端支持力は杭先端面の検討に加えて，中間支持層下面の応力に対する下部粘性土層の強度や沈下の検討を行う必要がある。ここでは N 値は大きい薄砂質土層を中間支持層とし，その直下で N 値が小さい粘性土の地層を下部粘性土層とする場合について述べる。このような場合には支持力と圧密沈下の両方の確認が必要となる。既往の研究では H/D (H: 杭先端から中間支持層下面までの距離，D: 杭先端径) が 2 以下ではパンチング破壊の可能性が高く，3 以上になると下部粘性土層の影響は小さくなっていくとの研究があるが，中間支持層と下部粘性土層の剛性によりその影響は異なる。学会基礎指針や 2015 技術基準においても明確な設計法は定められてはいない。</p> <p>3.1 支持力の検討について</p> <p>建築学会「建築基礎構造設計のための地盤評価・Q&A」⁴⁾には薄い中間層を支持層として下部に粘性土層がある場合の杭の支持力について解説が示されている。中間支持層下面の応力度は 2層地盤での直接基礎の検討法を準用するとして図-1 に示すように杭先端応力度 p が下部粘性土層表面では応力分散により p' になると考え，粘性土層の極限支持力度 q_u との比較から先端支持力を検討している。</p> <p>q_uには学会基礎指針⁵⁾の杭先端が粘性土の場合の極限支持力度 $6c_u$あるいは直接基礎の極限支持力度式 $5.1\alpha c_u + \gamma D_f$を用いている。ここに c_u: 粘性土の非排水せん断強さ，α: 形状係数 1.2，γ: 地上面までの土の単位体積重量，D_f: 粘性土層の地表面までの土被り厚，θ: 応力の広がり角度，である。</p> <p>文献 4)では既往の実験結果との適合性が検討されているが，長期，短期の許容支持力については触れていない。学会基礎指針⁶⁾によれば極限支持力に対して安全率が $2/3$ 以内であれば過大な変形は生じず，長期の安全率は上部建物の剛性を考慮して $2/3$ 以下で設計者が判断することとなっている。以上から下記の検討式を提示する。</p>
<p>図-1 杭先端からの応力の広がり</p>	<p>図-1 杭先端からの応力の広がり</p>

修正後	修正前
$p' \leq b \cdot q_u \quad (1)$	$p' \leq b \cdot q_u \quad (1)$
<p>ここで $p' = \frac{pD^2}{(D+2H \tan q)^2}$ $\tan \theta : 0.3 \sim 0.5$ p : 杭先端応力度 (kN/m²)</p> <p>D : 杭径(m), H : 杭先端から支持層下端までの深さ (m) β : 安全率 (2/3 以下) $q_u : 6c_u$ あるいは $5.1\alpha c_u + \gamma D_f / \beta$ c_u : 粘性土の非排水せん断強さ (kN/m²), α : 形状係数 1.2, γ : 地表面から支持層下端までの土の水中単位体積重量 (kN/m³),</p>	<p>ここで $p' = \frac{pD^2}{(D+2H \tan q)^2}$ $\tan \theta : 0.3 \sim 0.5$ p : 杭先端応力度 (kN/m²)</p> <p>D : 杭径(m), H : 杭先端から支持層下端までの深さ (m) β : 安全率 (2/3 以下) $q_u : 6c_u$ あるいは $5.1\alpha c_u + \gamma D_f / \beta$ c_u : 粘性土の非排水せん断強さ (kN/m²), α : 形状係数 1.2, γ : 地表面から支持層下端までの土の____単位体積重量 (地下水位以下では水中単位体積重量) (kN/m³),</p>
<p>文献 4)では 2 層地盤の支持方式による先端支持力の評価と既往の実験結果との適合性が検討されているが、(1)式に採用する数値の設定によっては危険側となるケースがあるので、施工法や地盤条件により慎重な判断が必要である。また、学会基礎指針⁶⁾によれば使用限界状態(長期)での杭頭荷重が極限支持力の 1/3 に至らなければ問題となる沈下がほとんど生じないとの過去の実績があると示されているが、(1)式による 2 層地盤の支持力の検討における安全率 β の設定にあたっては、3.2 で示す圧密沈下の検討を行い上部建物の剛性を考慮して設計者が適切に判断する必要がある。</p>	<p>なお、1988 年版学会基礎指針⁷⁾に従い自重項 γD_fには安全率 β を与えていない。</p>
<p>3.2 圧密沈下の検討</p> <p>圧密沈下の検討には、支持力と同様に下部粘性土層天端での杭先端の応力分散を考えるが、地表面からの土の自重による有効応力を加算する必要がある。この応力 p'' と、下部粘性土の圧密降伏応力 p_c とを比較する。</p>	<p>3.2 圧密沈下の検討</p> <p>圧密沈下の検討には、支持力と同様に下部粘性土層天端での杭先端の応力分散を考えるが、地表面からの土の自重による有効応力を加算する必要がある。この応力 p'' と、下部粘性土の圧密降伏応力 p_c とを比較する。</p>
$p'' \leq p_c \quad (2)$	$p'' \leq p_c \quad (2)$
<p>ここで</p>	<p>ここで</p>
$p'' = \frac{pD^2}{(D+2H \tan q)^2} + \gamma \left(H + D_f \left(1 - \frac{D^2}{(D+2H \tan q)^2} \right) \right) \quad (3)$	$p'' = \frac{pD^2}{(D+2H \tan q)^2} + \gamma \left(H + D_f \left(1 - \frac{D^2}{(D+2H \tan q)^2} \right) \right) \quad (3)$
<p>D_f : 杭先端から地表面までの深さ (m) p_c : 圧密降伏応力 (kN/m²)</p> <p>式(3)の第 1 項は杭先端から下部粘性土層に作用する応力であり、第 2 項は地表面から下部粘性土層までの杭の部分を除いた土の重量である。ここで杭の自重は p に含む。</p>	<p>D_f : 杭先端から地表面までの深さ (m) p_c : 圧密降伏応力 (kN/m²)</p> <p>式(3)の第 1 項は杭先端から下部粘性土層に作用する応力であり、第 2 項は地表面から下部粘性土層までの杭の部分を除いた土の重量である。ここで杭の自重は p に含む。なお、場所打ち杭の先端支持力の評価は杭自重を含んでいるため、場所打ち杭では改めて自重を加算する必要はない。</p>
(略)	(略)
図-2 下部粘性土層の圧密沈下の検討応力	図-2 下部粘性土層の圧密沈下の検討応力